



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**  
**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PROCESSAMENTO E ARMAZENAMENTO DE**  
**PRODUTOS AGRÍCOLAS**

**AGDYLANNAH FELIX VIEIRA**

**EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE AMIDOS DE DIFERENTES FONTES**  
**VEGETAIS E USO EM PRODUTO ALIMENTÍCIO**

**CAMPINA GRANDE – PB**  
**FEVEREIRO 2019**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**



**AGDYLANNAH FELIX VIEIRA**

**EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE AMIDOS DE DIFERENTES FONTES  
VEGETAIS E USO EM PRODUTO ALIMENTÍCIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas

Orientadora: Profa. Dra. Ana Paula Trindade Rocha

**CAMPINA GRANDE – PB**  
**FEVEREIRO 2019**

V658e      Vieira, Agdylannah Felix.  
              Extração e caracterização de amidos de diferentes fontes vegetais e  
              uso em produto alimentício / Agdylannah Felix Vieira. – Campina Grande,  
              2020.  
              112 f. : il. color.

              Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade  
              Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais,  
              2020.  
              "Orientação: Profa. Dra. Ana Paula Trindade Rocha".  
              Referências.

              1. Celíacos. 2. Massa Alimentícia. 3. Refeição Pronta. I. Rocha, Ana  
              Paula Trindade. II. Título.

CDU 641(043)



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO

AGDYLANNAH FELIX VIEIRA

“EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE AMIDOS DE DIFERENTES FONTES  
VEGETAIS E USO EM PRODUTO ALIMENTÍCIO”

APROVADO (A): 25 de fevereiro de 2019

BANCA EXAMINADORA

Dra. Ana Paula Trindade Rocha  
Orientadora – UAEAI/CTRN/UFCG

Dra. Thaisa Abrantes Souza Gusmão  
Examinadora – UAEAI/CTRN/UFCG

Dra. Renata Duarte de Almeida  
Examinadora – UAEAI/CTRN/UFCG

Dra. Rossana Maria Feitosa de Figueiredo  
Examinadora – UAEAI/CTRN/UFCG

A DEUS e a minha família que são minha  
fortaleza.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, presença constante em minha vida, por ter me dado forças durante esta caminhada.

A meus pais, Alanna e Gilberto, por todo amor e incentivo na realização dos meus sonhos. A minha mãe por toda ajuda e suporte durante a realização desta pesquisa.

A minha família, por sempre estarem ao meu lado me incentivando a prosseguir com os estudos.

Ao meu namorado, Neto, pelo companheirismo, parceria e incentivo em todos os momentos.

A minha orientadora, Dra. Ana Paula Trindade Rocha, por toda paciência, parceria, conhecimento transmitido e pela confiança em mim depositada durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor Gilmar Trindade, pela contribuição e disponibilidade.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Área de Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas, pelos conhecimentos transmitidos.

A Luis Paulo, pela amizade, ajuda, parceria e companheirismo não só no laboratório mais na vida.

Aos amigos maravilhosos que o mestrado me concedeu, Joana, Semirames, Suíane, Janaína, Polyana, Zanelli e Larissa, por toda ajuda e por fazerem a caminhada ser mais leve e divertida.

A Renata Duarte, pela amizade, paciência e toda contribuição durante a minha caminhada acadêmica.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro.

A todos que eu possa ter deixado de mencionar, mas que contribuíram de alguma forma, para a realização deste sonho, minha gratidão!

“Tudo posso naquele que me fortalece.”

Filipenses 4:13

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	xii
LISTA DE TABELAS .....	xiv
RESUMO .....	xvi
ABSTRACT .....	xvii
1. INTRODUÇÃO .....	1
2.1. Objetivo geral.....	2
2.2. Objetivos específicos .....	2
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
3.1. Amido .....	3
3.1.1. Estrutura e característica dos grânulos .....	3
3.1.2. Amido de raízes e tubérculos.....	5
3.1.3. Amido de mandioca .....	5
3.1.4. Importância Industrial .....	7
3.2. Doença Celíaca.....	7
3.3. Massa Alimentícia .....	8
3.4. Congelamento.....	9
3.5. Pratos prontos congelados.....	10
3.5.1. Lasanha.....	11
3.6. Análise Sensorial .....	12
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
4.1. Matérias-primas.....	14
4.1.1. Isolamento dos amidos .....	14
4.1.2. Padronização granulométrica dos amidos .....	14
4.1.3. Caracterização físico-química.....	15
4.1.4. Propriedades físicas.....	16
4.1.5. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) .....	19
4.1.6. Cristalinidade .....	19
4.1.7. Espectroscopia no infravermelho com a transformação de Fourier – FTIR..	20
4.1.8. Análise Termogravimétrica/Derivada Termogravimétrica – TGA/DTA.....	20
4.2. Elaboração das massas alimentícias .....	20
4.2.1 Caracterização físico-química.....	21
4.2.2. Comportamento reológico das massas cruas .....	22
4.2.4. Armazenamento congelado das massas .....	22



4.3 Lasanhas sem glúten .....	24
4.3.1 Preparação das lasanhas sem glúten.....	24
4.3.2 Caracterização físico-química.....	25
4.3.3 Perfil de textura das lasanhas sem glúten .....	25
4.3.4 Avaliação microbiológica.....	25
4.3.5 Análise Sensorial.....	25
4.3.6 Cinética de congelamento.....	26
4.4 Análise estatística .....	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
ARTIGO 1- ANÁLISE ESPECTROSCÓPICA, CALORIMÉTRICA E ESTRUTURAL DE AMIDOS ORIUNDOS DE DIFERENTES FONTES.....	38
RESUMO: .....	38
1. INTRODUÇÃO .....	39
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	40
2.1. Matérias primas e isolamento dos amidos .....	40
2.2. Caracterização físico-química dos amidos.....	40
2.3. Análise de cor.....	40
2.4. Teor de amilose e amilopectina.....	41
2.5. Propriedades físicas .....	41
2.6. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).....	41
2.7. Cristalinidade .....	41
2.8. Espectroscopia no infravermelho com a transformação de Fourier – FTIR.....	42
2.9. Análise Termogravimétrica/Derivada Termogravimétrica – TGA/DTA .....	42
2.10. Análise estatística .....	42
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
3.1. Caracterização físico-química dos amidos.....	43
3.2. Propriedades físicas dos amidos.....	45
3.3. Microscopia eletrônica de varredura .....	47
3.4. Difractometria de Raio X.....	49
3.5. Espectroscopia no Infravermelho .....	50
3.6. Termogravimetria - TGA/DTG.....	51
4. CONCLUSÕES .....	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
ARTIGO 2 – ARMAZENAMENTO CONGELADO DE MASSA SEM GLÚTEN: QUALIDADE MICROBIOLÓGICA, DE TEXTURA E SENSORIAL.....	60

RESUMO .....	60
1. INTRODUÇÃO .....	61
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	62
2.1. Elaboração das massas alimentícias .....	62
2.2. Caracterização físico-química .....	62
2.3. Comportamento reológico.....	62
2.4. Congelamento rápido .....	63
2.5. Armazenamento congelado das massas .....	63
2.5.1. Avaliação microbiológica.....	63
2.5.2. Análise de textura das massas.....	63
2.5.3. Análise sensorial .....	64
2.6. Análise estatística .....	64
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	66
3.1. Caracterização físico-química das massas .....	66
3.2. Estudo do comportamento reológico das massas cruas .....	68
3.3. Avaliação microbiológica das massas .....	71
3.4. Perfil de textura das massas .....	73
3.5. Avaliação sensorial das massas.....	75
4. CONCLUSÕES .....	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81
ARTIGO 3- ELABORAÇÃO DE LASANHAS CONGELADAS SEM GLÚTEN COM DIFERENTES RECHEIOS .....	85
RESUMO .....	85
1. INTRODUÇÃO .....	86
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	87
2.1. Preparação das lasanhas sem glúten .....	87
2.2. Caracterização físico-química .....	87
2.3. Perfil de textura das lasanhas sem glúten .....	88
2.4. Avaliação microbiológica .....	88
2.5. Análise Sensorial.....	88
2.6. Cinética de congelamento .....	89
2.7. Análise estatística .....	89
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	91
3.1. Caracterização físico-químicas das lasanhas sem glúten.....	91
3.2. Perfil de textura (TPA) das lasanhas sem glúten.....	93

3.3. Avaliação microbiológica .....	94
3.4. Análise Sensorial .....	95
3.5. Cinética de congelamento .....	101
4. CONCLUSÕES .....	109
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	110

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - (a) Massa elaborada com amido de mandioca e (b) Massa elaborada com farinha de trigo	21
<b>Figura 2</b> - Lasanha à bolonhesa (a), lasanha de frango (b) e lasanha de quatro queijos (c)	25
<b>Figura 3</b> - Preparação da etapa experimental de congelamento	27

### ARTIGO 1

<b>Figura 1</b> – Fotomicrografias de MEV do amido de mandioca (a) e (b), amido de batata doce (c) e (d) e amido de batata inglesa (e) e (f) com aumento de 500x e 1000x, respectivamente	48
<b>Figura 2</b> – DRX dos amidos de mandioca, de batata doce e de batata inglesa	49
<b>Figura 3</b> – Espectro de infravermelho por transformada de Fourier dos amidos de mandioca, batata doce e batata inglesa	50
<b>Figura 4</b> – Espectro de infravermelho por transformada de Fourier dos amidos de mandioca, batata doce e batata inglesa	51

### ARTIGO 2

<b>Figura 1</b> – Reograma das massas elaboradas com amido de mandioca (F1) e farinha de trigo (F2) em função da tensão de cisalhamento versus taxa de deformação	69
<b>Figura 2</b> – Evolução da firmeza (a), mastigabilidade (b), coesividade (c) e adesividade(d) da massa durante o armazenamento congelado	73
<b>Figura 3</b> – Distribuição de frequência da intenção de compras das massas durante o armazenamento nos meses: (a) 0, (b) 1, (c) 2, (d) 3, (e) 4, (f) 5 e (g) 6, respectivamente	79

### ARTIGO 3

<b>Figura 1</b> – Gráfico box plot para os atributos analisados na análise sensorial	97
--	----

<b>Figura 2</b> – Porcentagens de aprovação, indiferença e rejeição das lasanhas sem glúten	98
<b>Figura 3</b> – Histograma de frequência para intenção de compras	99
<b>Figura 4</b> – Bidimensional da Análise de Componentes Principais dos atributos sensoriais das amostras de lasanha sem glúten	101
<b>Figura 5</b> – Curva de congelamento dos dados experimentais e preditos a temperatura de -25°C, para as lasanhas L1, L2 e L3	102
<b>Figura 6</b> – Curva de congelamento dos dados experimentais e preditos a temperatura de -50°C, para as lasanhas L1, L2 e L3	104
<b>Figura 7</b> – Curva de congelamento dos dados experimentais e preditos a temperatura de -150°C, para as lasanhas L1, L2 e L3	106

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Modelos reológicos	22
<b>Tabela 2</b> - Ingredientes usados para preparação das lasanhas sem glúten	24

### ARTIGO 1

<b>Tabela 1</b> - Composição química, análise de cor e teor de amilose e amilopectina dos amidos liofilizados	43
<b>Tabela 2</b> - Propriedades físicas dos amidos liofilizados	45
<b>Tabela 3</b> - Faixas de temperaturas de degradação dos amidos de mandioca, batata doce e batata inglesa e as perdas de massa correspondentes	52

### ARTIGO 2

<b>Tabela 1</b> - Modelos reológicos utilizados nos ajustes das curvas de escoamento das massas alimentícias sem glúten	63
<b>Tabela 2</b> - Caracterização físico-química das massas	66
<b>Tabela 3</b> - Parâmetros dos modelos reológicos de Ostwald-de-Waele, Mizrahi–Berk e Bingham	70
<b>Tabela 4</b> - Resultado das análises microbiológicas das massas durante o armazenamento congelado	72
<b>Tabela 5</b> - Evolução das médias da análise sensorial das massas durante o armazenamento congelado para os atributos aparência e odor	75
<b>Tabela 6</b> - Evolução das médias da análise sensorial das massas durante o armazenamento congelado para os atributos sabor e textura	76
<b>Tabela 7</b> - Evolução das médias da análise sensorial das massas durante o armazenamento congelado para o atributo impressão global	78

### ARTIGO 3

<b>Tabela 1</b> - Ingredientes usados para preparação das lasanhas sem glúten	87
---	----

<b>Tabela 2</b> - Caracterização físico-química das lasanhas sem glúten	91
<b>Tabela 3</b> - Perfil de textura das Lasanhas sem glúten	93
<b>Tabela 4</b> - Valores médios da análise sensorial das lasanhas sem glúten	95
<b>Tabela 5</b> - Valores das espessuras (L), coeficientes de difusão, difusividade efetiva e difusividade efetiva média das formulações de lasanha sem glúten nos estágios de congelamento a -25 °C	103
<b>Tabela 6</b> - Valores das espessuras (L), coeficientes de difusão, difusividade efetiva e difusividade efetiva média das formulações de lasanha sem glúten nos estágios de congelamento a -50 °C	105
<b>Tabela 7</b> - Valores das espessuras (L), coeficientes de difusão, difusividade efetiva e difusividade efetiva média das formulações de lasanha sem glúten nos estágios de congelamento a -150 °C	107

## RESUMO

Objetivou-se no estudo extrair e caracterizar amidos de mandioca, batata doce e batata inglesa com vistas a verificar o potencial dos mesmos para elaboração de massas alimentícias sem glúten. Os amidos foram caracterizados quanto as suas características químicas, físicas, morfológicas e térmicas. O amido de mandioca obteve destaque em relação aos demais amidos apresentando maior solubilidade e capacidade de absorção de óleo e menor índice de carr, fator de hausner, higroscopicidade e grau de cristalinidade, sendo portanto, utilizado na elaboração de massas sem glúten, onde estas foram caracterizadas quanto aos parâmetros físico-químicos e reológicos. As massas foram avaliadas também quanto a influência do congelamento à temperaturas baixas (-50 e -150°C) nos parâmetros microbiológicos, de textura e sensoriais durante o armazenamento congelado de seis meses à -25°C. As massas foram utilizadas para elaboração de lasanhas sem glúten com três diferentes recheios (bolonhesa, frango e quatro queijos) e foram caracterizadas quanto as suas características físico-químicas, microbiológicas, textura e sensoriais. Foi realizado o estudo da cinética de congelamento das lasanhas sem glúten, em diferentes temperaturas -25, -50 e -150°C. A massa sem glúten apresentou menor teor de gordura, maior teor de fibras, carboidratos e valor calórico em relação à massa padrão com glúten. Com relação ao comportamento reológico mostrou-se com características de fluido não newtoniano com comportamento pseudoplástico. A utilização de temperaturas iniciais de congelamento mais baixas não impediu que houvesse perdas nos parâmetros de textura das massas durante o armazenamento congelado. As massas permaneceram aptas para o consumo durante os seis meses de armazenamento e com boa aceitação sensorial. As lasanhas sem glúten tiveram suas características fortemente relacionadas com a composição dos recheios, onde a amostra F2 lasanha de frango obteve o menor teor de gordura e valor calórico e maior teor de proteínas, enquanto F3 (quatro queijos) obteve o maior teor de gordura, fibras, carboidratos e valor calórico. As lasanhas apresentaram-se aptas para o consumo do ponto de vista microbiológico, tiveram boa aceitação sensorial e de intenção de compras, onde a lasanha F1 (bolonhesa) obteve a melhor avaliação seguida das lasanhas F2 (frango) e F3 (quatro queijos). Na cinética de congelamento foi possível observar a influência do gradiente de temperatura na velocidade do congelamento e na difusividade efetiva das amostras, bem como a influência da composição das mesmas no tempo de congelamento. Dessa forma, concluiu-se que o amido de mandioca apresenta potencial para o uso em preparações alimentícias, como na elaboração de massas e em refeições prontas para o consumo, a exemplo, as lasanhas, diversificando a dieta de celíacos e não celíacos.

**Palavras-chave:** celíacos. massa alimentícia. refeição pronta



## ABSTRACT

The objective of this study was to extract and characterize cassava, sweet potato and potato starches in order to verify their potential for the preparation of gluten free pasta. Starches were characterized by their chemical, physical, morphological and thermal characteristics. Cassava starch was prominent in relation to the other starches presenting higher solubility and oil absorption capacity and lower carrage index, hausner factor, hygroscopicity and degree of crystallinity, being therefore used in the preparation of gluten-free masses, where these were characterized as the physicochemical and rheological parameters. The masses were also evaluated for the influence of freezing at low temperatures (-50 and -150 ° C) on microbiological, texture and sensory parameters during six months frozen storage at -25 ° C. The pastas were used to make gluten-free lasagna with three different fillings (bolognese, chicken and four cheeses) and were characterized for their physicochemical, microbiological, texture and sensory characteristics. The freezing kinetics of gluten free lasagna was studied at different temperatures -25, -50 and -150 ° C. Gluten-free pasta had lower fat content, higher fiber, carbohydrate and caloric content compared to standard gluten mass. Regarding rheological behavior, it showed non-Newtonian fluid characteristics with pseudoplastic behavior. The use of lower initial freezing temperatures did not prevent loss of dough texture parameters during frozen storage. The pasta remained fit for consumption during the six months of storage and with good sensory acceptance. Gluten-free lasagna had their characteristics strongly related to the composition of the fillings, where the chicken lasagna sample F2 had the lowest fat and caloric value and the highest protein content, while F3 (four cheeses) obtained the highest fat content. fiber, carbohydrate and caloric value. Lasagna were suitable for consumption from a microbiological point of view, had good sensory acceptance and purchase intention, where lasagna F1 (bolognese) obtained the best evaluation followed by lasagna F2 (chicken) and F3 (four cheeses). In the freezing kinetics it was possible to observe the influence of the temperature gradient on the freezing velocity and the effective diffusivity of the samples, as well as the influence of their composition on the freezing time. Thus, it can be concluded that cassava starch has potential for use in food preparations, such as pasta preparation and ready-to-eat meals, such as lasagna, diversifying the diet of celiac and non-celiac.

**Keywords:** celiac. Pasta. ready meal

## 1. INTRODUÇÃO

A utilização de matérias-primas de baixo custo e fácil disponibilidade, como os amidos, em substituição a tradicional farinha de trigo, estão sendo amplamente utilizadas na indústria alimentícia para elaboração de novos produtos, os quais podem ser encontrados em diferentes fontes vegetais, possuindo características distintas, quanto as suas propriedades, composição, estrutura e morfologias sendo o conhecimento destes necessário para indicar a sua aplicação (GUO et al., 2018).

No setor de refeições prontas, que tem ganhado destaque devido as mudanças no estilo de vida da população (SORENSEN; HENCHION, 2011), o desenvolvimento de novos produtos, isentos do glúten, que atendam ao público que possua restrições alimentares, como os celíacos, é ainda escasso na literatura, havendo alguns estudos com relação a esse tipo de produto voltado apenas para o público em geral como, quanto o efeito do armazenamento na qualidade da lasanha congelada (REDMOND et al., 2005); Olivera e Salvadori (2006) avaliaram a caracterização da lasanha preparada com trigo integral orgânico; Kimura et al. (2017) estudou a composição de lasanhas utilizando uma mistura seca de atum e tilápia na massa.

A doença celíaca é uma enteropatia autoimune caracterizada pela inflamação do intestino delgado, atrofia das vilosidades, hiperplasia das criptas e má absorção, tendo como único tratamento a exclusão do glúten da dieta (KAHALY; FROMMER; SCHUPPAN, 2018). No entanto, algumas considerações específicas são importantes para a concepção de produtos alimentares saudáveis destinados a esta alimentação restrita. Vários fatores devem ser levados em consideração, tais como o problema de saúde, demanda atual, custo e aceitabilidade (JNAWALI et al., 2016).

Segundo Capacci, Leucci e Mazzocchi (2018), um dos maiores problemas encontrados pelos celíacos é que os produtos sem glúten quando disponíveis no comércio apresentam em média o dobro do valor de um produto convencional, além de se ter uma variabilidade na disponibilidade e no custo destes produtos de acordo com o local da compra.

Diante do exposto, objetivou-se estudar amidos de diferentes fontes vegetais a fim de avaliar seus potenciais como matéria-prima para elaboração de produtos alimentícios.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo geral

Extração de amido de mandioca, batata doce e batata inglesa e aplicação do melhor amido em um produto alimentício.

### 2.2. Objetivos específicos

- a) Extrair e caracterizar os amidos de mandioca, batata doce e batata inglesa, quanto as suas características físicas, químicas, morfológicas e térmicas.
- b) Elaborar e caracterizar massas alimentícias sem glúten a partir do amido de mandioca e massa padrão com glúten, quanto as suas características físico-químicas.
- c) Estudar a influência do congelamento rápido das massas nas temperaturas de -50 e -150 °C nos parâmetros microbiológicos, de textura e sensorial durante o armazenamento congelado à -25 °C.
- d) Elaborar e caracterizar lasanhas sem glúten com recheios de bolonhesa, frango e quatro queijos, quanto as suas características físico-químicas, microbiológicas, de textura e sensoriais.
- e) Estudar a cinética de congelamento das lasanhas sem glúten nas temperaturas de -25, -50 e -150 °C.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1. Amido

O amido é um dos polímeros naturais mais abundantes, sendo a principal fonte de reserva de carboidratos nas plantas, onde na dieta humana se caracteriza como um alimento essencial e de excelente fonte de energia, representando cerca de 50% da ingestão calórica diária mundial (SULLIVAN-TRAINOR, 2013).

O amido é encontrado em sementes, frutas, grãos de cereais, raízes e tubérculos, que dependem deste composto para o seu crescimento e reprodução. Nas plantas, o amido apresenta-se sob a forma de grânulos insolúveis que em contacto com a água aumentam de volume (BELITZ, GROSH, SCHIEBERLE, 2009). Pode ser considerado como o responsável pelas propriedades tecnológicas que caracterizam grande parte dos produtos processados (BEZERRA et al., 2013).

##### 3.1.1. Estrutura e característica dos grânulos

O amido é o único polissacarídeo, que se organiza na forma de grânulos, sendo estes pequenas unidades individuais e densas. O desenvolvimento dos grânulos se dá ao redor do ponto de nucleação, chamado de hilum, onde seu tamanho e forma variam de acordo com o vegetal (LIU, 2005).

A estrutura do amido por estar relacionada ao desenvolvimento da planta, também será influenciada pelas condições agronômicas do local de cultivo. Algumas alterações de clima também podem influenciar na formação do grânulo, na deposição do amido, interferindo no tamanho, formação e composição química do grânulo (MOLAVI et al., 2015).

O amido em sua forma estrutural é um homopolissacarídeo composto por cadeias de amilose e amilopectina. A amilose é formada por unidades de glicose unidas por ligações glicosídicas  $\alpha$ - (1,4), formando uma cadeia linear e podendo apresentar pequenas ramificações. A amilopectina é formada por unidades de glicose unidas em  $\alpha$ - (1, 4) e com pontos de ramificações  $\alpha$ - (1,6), formando uma estrutura ramificada (BONILLA et al., 2013; JIMÉNEZ et al., 2012).

A amilopectina representa cerca de 60-90% da massa dos grânulos de amido do tipo nativo. Possui em seu arranjo ramificação em padrões definidos e cria hélices duplas

que são compactadas para regiões semicristalinas estáveis de grânulos de amido, onde as ramificações se acumulam na região amorfa do grânulo (WU; MORELL; GILBERT, 2013). O arranjo complexo multidimensional da amilopectina se enquadra em todos os amidos vegetais, o qual determina sua característica insolúvel em água. A estrutura da amilopectina varia entre as espécies, mas também difere em organelas dentro da mesma espécie, sendo estas diferenças estruturais responsáveis pelas variações em suas propriedades funcionais (STREB; ZEEMAN, 2014).

As maiores moléculas de amilose são encontradas no centro do grânulo e, possivelmente, participam das duplas hélices com a amilopectina, suas moléculas menores estão presentes na periferia e podem ser lixiviadas para fora do grânulo durante o intumescimento. Na formação dos domínios cristalinos possui um limitado papel, no entanto, pode influenciar na organização das duplas hélices, interferindo no empacotamento das cadeias de amilopectina (TESTER; KARKALAS, 2004).

A estrutura e textura de muitos produtos alimentícios são influenciadas pelo amido. Ao ser aquecido em presença de água, o amido absorve e incha, sofrendo uma desordem em sua estrutura inicial, levando ao processo de gelatinização. Com a continuação da expansão dos grânulos, ocorre a lixiviação da amilose da fase intergranular para a fase aquosa, resultando em algumas alterações irreversíveis e, conseqüentemente, à perda de sua cristalinidade e ruptura do grânulo. Um gel constituído por uma fase contínua de amilose e/ou amilopectina solubilizada e uma fase descontínua, composta por fragmentos, é formado com o aquecimento do amido em excesso de água. As moléculas se reorganizam com o fim do processo de gelatinização e iniciam um processo contínuo, onde ocorre a recristalização rápida de moléculas de amilose e uma lenta recristalização de moléculas de amilopectina formando complexos mais ordenados. O processo de retrogradação do amido influencia nas propriedades estruturais, mecânicas e sensoriais, afetando também a consistência e opacidade de produtos à base de amido (DELCOUR et al., 2010; VANIER et al., 2017).

A compreensão da estrutura e composição do amido é de extrema importância, uma vez que, a proporção de amilose e amilopectina presente no amido influenciam fortemente a organização da estrutura granular, o tamanho e a funcionalidade do amido, onde esta proporção varia de acordo com a fonte de obtenção do amido e grau de maturação da planta (HOYOS-LEYVA et al., 2017). Outras características associadas com o grânulo como, forma, o tipo de superfície e outros compostos associados ao amido

influenciam, também as propriedades do amido para sua aplicação (ALCÁZAR-ALAY; MEIRELES, 2015; VAMADEVAN; BERTOFT, 2015).

### 3.1.2. Amido de raízes e tubérculos

O amido presente nas culturas de raízes e tubérculos são importantes fontes globais de carboidratos, perdendo apenas para os cereais, fornecem energia para diferentes populações variando de acordo com o país. A importância dessas culturas se evidencia com a sua produção global anual de aproximadamente 836 milhões de toneladas, onde entre as diferentes espécies e variedades consumidas, a mandioca, batata e batata doce representam 90% da produção total de tubérculos e raízes tuberosas (CHANDRASEKARA; KUMAR, 2016; FAOSTAT, 2016).

Segundo Wang, Nie e Zhu (2016), o amido presente na batata doce (*Ipomoea batatas* L.) é o seu principal componente e corresponde a cerca de 80% de sua matéria seca, sendo considerado um excelente ingrediente para alimentos funcionais.

O amido da batata inglesa é caracterizado pela sua alta viscosidade e fácil expansão dos grânulos do amido, no entanto, sua aplicabilidade é limitada devido a algumas deficiências como, tendência de retrogradação e a instabilidade sob condições de cisalhamento e ácidas (BEMILLER, 2011).

Alguns estudos caracterizam o amido de batata doce e inglesa, Zhu, Corke e Bertoft (2011) estudaram a relação da amilopectina com as propriedades físicas do amido de batata doce, Guo et al. (2019) avaliaram as propriedades estruturais e funcionais de amidos de raiz tuberosa de batata-doce branca, amarela e roxa, Verma et al. (2018) estudaram as propriedades físico-químicas e funcionais do trigo mourisco irradiado e do amido de batata. Zhang et al. (2018) analisaram os efeitos da adubação potássica sobre as propriedades físico-químicas do amido de batata.

### 3.1.3. Amido de mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é bastante cultivada em regiões tropicais e subtropicais, sendo considerada uma cultura importante e barata em muitos países (OSUNDAHUNSI; SEIDU; MUELLER, 2014).

A mandioca encontra-se como o produto agrícola de terceira maior produtividade no Brasil, contribuindo satisfatoriamente para a economia do país (IBGE, 2011), por

apresentar alta tolerância à seca e as ásperas condições climáticas, bem como à disponibilidade em torno do ano, a mandioca se caracteriza como uma cultura confiável (ZHU, 2015).

Dessa forma, é de grande importância a exploração da mandioca para elaboração de alimentos básicos sendo também, uma boa substituição para outros recursos alimentares (HAGGBLADE et al., 2017, TUMWESIGYE et al., 2016), já que a utilização dos produtos oriundos da mandioca, como o amido, pode vir a aumentar a diversidade de alimentos básicos para uma grande população, especialmente no ramo de alimentos sem glúten, importante para pessoas com doença celíaca (LIU et al., 2019).

Segundo o regulamento técnico de identidade e qualidade dos produtos amiláceos derivados da raiz de mandioca, a fécula é o produto amiláceo extraído das raízes de mandioca, não fermentada, obtida por decantação, centrifugação ou outros processos tecnológicos adequados (BRASIL, 2005).

O amido de mandioca é constituído, em média, por 18% de amilose e 82% de amilopectina (NWOKOCHA et al., 2009), assim a funcionalidade do amido deve-se à estas duas macromoléculas que a compõe, assim como à organização física das mesmas dentro da estrutura granular (BELLO-PÉREZ et al., 2006). Possui cerca de 40% a mais de carboidratos em sua composição do que o arroz e 25% a mais que o milho, se caracterizando como uma fonte barata de calorias para a nutrição humana. Em sua composição a raiz de mandioca apresenta cerca de 70% de umidade, 24% de amido, 2% de fibras, 1% de proteína, 3% de minerais e outras substâncias (TONUKARI, 2004).

O amido é a principal fonte de carboidratos, aplicado amplamente na indústria alimentícia e na panificação, sendo o Brasil, a Tailândia e a China os maiores produtores mundiais de amido de mandioca, perdendo apenas para o milho, no entanto, existem elevadas perdas em seu processamento quando comparada a outros amidos comerciais, (AQUINO; GERVIN; AMANTE, 2016).

O amido de mandioca pode ser amplamente utilizado e transformado em outros produtos de acordo com a necessidade do mercado (LIMA et al., 2007; SILVA et al., 2013), sendo aplicado na formulação de alimentos como, pães, bolos, biscoitos e massas alimentícias. Segundo Vieira et al. (2010) a adição do amido de mandioca às preparações em substituição parcial ou total do trigo apresenta boa aceitação.

O uso do amido de mandioca como substituto da farinha de trigo, tem sido difundido por todo o país, fazendo parte da refeição diária da maioria dos brasileiros, especialmente das regiões Norte e Nordeste, pois se caracteriza como um alimento de alto

valor energético, rico em amido, possuindo ainda fibras e alguns minerais como potássio, cálcio, fósforo, sódio e ferro (DIAS; LEONEL, 2006).

O principal objetivo da adição do amido de mandioca no processamento de alimentos está relacionado à obtenção da textura desejada e ao aumento da retenção de água, resultando em maior rendimento e melhor qualidade sensorial (DEMIATE; KOTOVICZ, 2011).

#### 3.1.4. Importância Industrial

O amido é um importante carboidrato alimentar, sendo um alimento essencial para os seres humanos. A produção de extração de amido possui um mercado consolidado e com previsão de rendimento de 77 bilhões de dólares para o ano de 2018 (SULLIVAN-TRAINOR, 2013; MCWILLIAMS, 2017).

Os amidos também se constituem como importantes ingredientes utilizados em diversas indústrias e para múltiplas aplicações, incluindo alimentos, fermentação, têxteis, cosméticos, farmacêuticos, embalagens, indústrias de polímeros sintéticos e em outros processos tecnológicos (SANTANA; ANGELA; MEIRELES, 2014).

Os amidos nativos têm sido considerados como um dos materiais de biopolímeros mais promissores, possuem algumas combinações atrativas, estão disponíveis na natureza, possuem geralmente preços relativamente baixos e bom desempenho (ABDILLAHY et al., 2013).

Na indústria de alimentos a capacidade de geleificação do amido é uma das suas propriedades mais atrativas e consiste na transformação irreversível do amido granular em uma pasta viscoelástica oriunda do aquecimento do amido em meio aquoso, provocando o rompimento do grão e a perda da birrefringência (MALI et al, 2010).

#### 3.2. Doença Celíaca

A doença celíaca (DC) é uma desordem autoimune que é desencadeada pelo consumo de glúten em indivíduos geneticamente susceptíveis (SELIMOGLU; KARABIBER, 2010; SCHERER, 2008). É uma doença que afeta o trato intestinal caracterizada, principalmente, pela inflamação do intestino delgado podendo ainda afetar a absorção de nutrientes importantes, onde o tratamento requer a exclusão do consumo de produtos que contenham glúten (MIRHOSSEINI et al., 2015).



O glúten consiste em um conjunto de proteína responsável pela formação da cadeia tridimensional que confere o volume, principalmente, a produtos de panificação estando presente em cereais como o trigo, aveia, centeio e cevada (CLERICI et al, 2009).

Estudos apontam que a incidência desta doença está crescendo e, atualmente, afeta entre 0,3% a 1% da população mundial (SEGURA; ROSELL, 2011; LUDVIGSSON; GREEN, 2011), sendo que o único tratamento para a doença celíaca ainda consiste na dieta isenta de glúten por toda a vida (RUBIO-TAPIA et al., 2013).

No entanto, a substituição do glúten pode ser feita utilizando-se de outros alimentos que não o contenha como milho, arroz, soja, batata e mandioca, de forma que a dieta atenda às necessidades nutricionais de acordo com a idade do indivíduo (LA BARCA et al., 2010).

O desenvolvimento de produtos sem glúten para pacientes celíacos não se trata apenas de uma necessidade urgente, mas também um trabalho exigente, pois pelo fato da dieta ser pobre requer a adoção de metodologias alternativas (MAZZEO et al., 2013).

Para assegurar a saúde da população celíaca, em 1992 o governo brasileiro promulgou a Lei nº 8.543 (BRASIL, 1992) que determina a impressão da advertência *contém glúten* nos rótulos e embalagens de alimentos industrializados que apresentarem em sua composição, trigo, aveia, cevada, malte, centeio e/ou derivados. A Lei nº 10.674 e a Resolução RDC nº 40, também são consideradas medidas preventivas e de controle da doença celíaca pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2002; BRASIL, 2003).

### 3.3. Massa Alimentícia

Segundo a legislação brasileira as massas alimentícias são definidas como sendo produtos oriundos da farinha de trigo (*Triticum aestivum* L.) e/ou de outras espécies do gênero *Triticum* e/ou derivados de trigo durum (*Triticum durum* L.) e/ou derivados de outros cereais, leguminosas, raízes e/ou tubérculos, resultantes do processo de empasto e amassamento mecânico, sem fermentação (ANVISA, 2005).

De acordo com a abimapi atualmente o Brasil é o terceiro maior mercado consumidor de massas alimentícias, ficando atrás apenas da Itália e dos EUA, haja vista que só em 2013, consumiu-se cerca de 1,2 milhão de toneladas de macarrão no país, com faturamento de mais de R\$ 6,5 bilhões (ABIMAPI, 2017).

Com a orientação do Food and Drug Administration (FDA), responsável pelo controle e supervisão da segurança alimentar, quanto ao enriquecimento de massas utilizando ingredientes não provenientes do trigo, houve um aumento nas pesquisas para o melhoramento nutricional das massas e otimização dos níveis de adição de tais ingredientes nas mesmas, por meio de métodos instrumentais e análise sensorial (KHAN et al., 2014).

A qualidade da massa está diretamente relacionada com a farinha utilizada para sua obtenção, ou seja, influenciando a qualidade do produto final. Segundo Módenes et al. (2009) a qualidade das farinhas é determinada por uma variedade de características que assumem diferentes significados dependendo da designação de uso ou tipo de produto ao qual estes serão empregados e estas características podem ser divididas em físicas, químicas, enzimáticas e reológicas.

As massas alimentícias oriundas de matérias primas não convencionais podem formar uma estrutura semelhante à do glúten, através do emprego de tecnologias que explorem as propriedades funcionais do amido presente nestas matérias primas (ORMENESE; CHANG, 2003), apresentando-se como um interessante objeto de pesquisa no que diz respeito à obtenção de novos produtos à base de matérias primas alternativas (MENEGLASSI; LEONEL, 2006).

### 3.4. Congelamento

O congelamento é uma operação unitária, em que a temperatura do alimento é reduzida para abaixo do ponto de congelamento, assim, uma proporção elevada de água muda de estado físico, ocorrendo a formação de cristais de gelo, sendo um processo destinado a conservação de alimentos por um maior período de conservação (FELLOWS, 2006).

Esse processo se caracteriza como um dos métodos mais difundidos e utilizados para a preservação de diversos tipos de alimentos, pelo longo tempo de armazenamento ao qual proporciona ao alimento, em relação aos demais meios de conservação, mantendo as qualidades do produto (CARVALHO et al., 2011).

É uma tecnologia que une qualidade à redução de perdas, pois o congelamento, reduz a taxa de deterioração da qualidade dos alimentos ao longo do tempo, reduzindo as atividades microbianas e enzimáticas, a oxidação e a respiração (CHASSAGNE-BERCES et al., 2010).

Durante o processo de congelamento, inicialmente o calor sensível é removido para diminuir a temperatura do alimento até o ponto de congelamento, onde tal remoção, pode interferir ou não na composição e estrutura do produto através da formação de cristais, por isso existe o congelamento lento e o rápido (CORREIA, FARAONI, PINHEIROSANT'ANA, 2008).

O congelamento lento tem como característica a formação de grandes cristais de gelo nas regiões extracelulares dos alimentos congelados, o que pode vir a causar danos à microestrutura alimentar, afetando a cor, sabor, composição nutricional, como também, modificando a textura após o descongelamento (SUN, 2011).

O congelamento rápido evita a formação de grandes cristais de gelo e a ruptura de membranas celulares, então nesse processo, ocorre a formação de pequenos cristais de gelo nos espaços intercelulares e intracelulares, em grande quantidade, com mínimo deslocamento de água, mantendo o valor nutricional do alimento (CORREIA FARAONI, PINHEIROSANT'ANA, 2008; SOARES et al., 2012).

Observa-se que no congelamento rápido há uma menor migração de água e quebra das paredes celulares, portanto melhor preservação da estrutura alimentar, devido a formação de pequenos cristais de gelo (CHASSAGNE-BERCES et al., 2009). Assim, quanto menores os cristais de gelo formados durante o congelamento, menores serão os danos causados às estruturas das paredes celulares, fazendo com que os produtos possam readquirir a consistência e aparência original após o descongelamento (FELLOWS, 2006).

O tempo de congelamento é um fator relevante que afeta a qualidade final de alimentos congelados. Este parâmetro está fortemente relacionado com a composição química dos alimentos, em termos de teor de água e porcentagem de sólidos solúveis e insolúveis (ASHRAE, 2010). De acordo com Fellows (2006) este é um parâmetro difícil de ser determinado experimentalmente com precisão devido às diferenças da temperatura inicial, tamanho e forma dos alimentos, diferenças no ponto de congelamento e na taxa de formação dos cristais de gelo entre diferentes pontos do alimento, ocasionando também mudanças na densidade, condutividade térmica, calor específico e na difusividade térmica com a redução de temperatura do alimento (FELLOWS, 2006).

### 3.5. Pratos prontos congelados

De acordo com Sun (2011), os alimentos congelados representam um dos maiores setores da indústria alimentícia, se caracterizando para os consumidores como uma maneira prática de acesso à refeições prontas, visto que, o setor de alimentos congelados oferece oportunidades contínuas para o desenvolvimento de novos produtos, que são aprimorados para acompanhar a demanda dos consumidores por produtos seguros e inovadores.

Os consumidores que valorizam produtos que promovem comodidade e praticidade, com sabor natural e nutritivo tem crescido e se caracteriza como fator desencadeante da tendência mundial de alimentos prontos para o consumo (HERNANDES et al. 2007). Além disso, esta tendência tem sido incentivada pelo desenvolvimento de novos produtos com altos níveis de inovação (SORENSEN; HENCHION, 2011).

Os pratos prontos para comer estão se tornando cada vez mais populares entre os consumidores devido à sua praticidade para ser utilizado no dia a dia e pelas mudanças de hábitos alimentares. Entre os pratos prontos, os preparos com massa se caracterizam como, principal categoria, por ser um segmento de mercado muito grande, especialmente na Ásia, América Latina, Oriente Médio e Norte da África (DIANTOM et al., 2016).

### 3.5.1. Lasanha

Produtos de massas alimentícias, como a lasanha, podem ter seu valor nutricional aumentado devido a utilização de diferentes ingredientes em sua formulação, sem que haja perda de qualidade (PETITOT et al., 2010).

A lasanha é considerada uma refeição pronta muito popular, vendida como um produto congelado, cuja preparação geralmente inclui o reaquecimento pelo consumidor por micro-ondas ou forno de cozimento. Em geral, é composta de múltiplas camadas (molho, carne e massa) que são preparadas separadamente e, em seguida, utilizadas para montagem manualmente (DURACK et al., 2011).

A forte tendência dos consumidores por alimentos que somem praticidade e qualidade nutricional impulsiona as pesquisas no sentido de desenvolver produtos tradicionais, como a lasanha, mas com perfil inovador, utilizando por exemplo, matérias primas não convencionais.

Encontra-se na literatura algumas pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de pratos prontos, como a lasanha. Redmond et al. (2005) que analisaram o efeito do tempo

de armazenamento sobre a qualidade das lasanhas congeladas, Kindt et al. (2006) estudaram sobre os efeitos de lipídios na qualidade das refeições comerciais congelada, Kindt et al. (2008) em sua pesquisa propuseram uma escala de qualidade para refeições prontas congeladas de macarrão, com base em teor de umidade e lipídeos, capacidade de manter molho, totalidade e defeitos do macarrão, Stratacos et al. (2015) em seu estudo trataram sobre o efeito do processamento de alta pressão no prazo de validade, segurança e características organolépticas das refeições prontas à base de lasanha durante o armazenamento refrigerado e em abuso de temperatura. Também há estudos inovadores com relação à utilização de novos recheios para lasanhas, que agreguem valor nutricional a mesma como Kimura et al. (2017) em seu estudo com lasanhas utilizando uma mistura seca de atum e tilápia.

### 3.6. Análise Sensorial

A análise sensorial segundo a NBR 12.806 (ABNT, 1993) é definida como uma disciplina científica usada para evocar, medir, analisar e interpretar reações das características dos alimentos e materiais como são percebidas pelos sentidos da visão, olfato, paladar, tato e audição.

Um alimento além de seu valor nutritivo deve produzir satisfação e ser agradável ao consumidor, isto é resultante do equilíbrio de diferentes parâmetros de qualidade sensorial. Em um desenvolvimento de um novo produto é imprescindível otimizar parâmetros, como forma, cor, aparência, odor, sabor, textura, consistência e a interação dos diferentes componentes, com a finalidade de alcançar um equilíbrio integral que se traduza em uma qualidade excelente e que seja de boa aceitabilidade (WASZCZYNSKY et al., 2003).

A análise sensorial tem se mostrado importante ferramenta na indústria de alimentos, envolvendo um conjunto de técnicas diversas elaboradas com o intuito de avaliar um produto quanto à sua qualidade sensorial, em várias etapas de seu processo de fabricação. É uma ciência que objetiva, principalmente, estudar as percepções, sensações e reações do consumidor sobre as características dos produtos, incluindo sua aceitação ou rejeição (MINIM, 2013).

Pode-se então considerar a análise sensorial como uma análise subjetiva, uma vez que depende do julgamento por meio dos órgãos do sentido, sendo influenciada pela experiência e capacidade do julgador e de fatores externos, tais como o local da análise,

estado emocional e de saúde do julgador e condições e formas de apresentação da amostra-teste, dentre outros (CHAVES; SPROESSER, 2006).

Basicamente os métodos sensoriais são agrupados em dois grandes grupos: analíticos e afetivos. Os primeiros são utilizados em avaliações onde é necessária a seleção e/ou treinamento da equipe sensorial, sendo também exigida uma avaliação objetiva, ou seja, na qual não são consideradas as preferências ou opiniões pessoais dos membros da equipe. Os testes analíticos, por sua vez, também se dividem em dois grupos: testes discriminativos (de diferença) e descritivos.

No caso dos métodos afetivos, é possível utilizar pessoas sem treinamento prévio, pois buscam-se respostas resultantes de estímulos e reações espontâneas do indivíduo ao degustar e avaliar o alimento, sendo normalmente empregados para determinar a aceitabilidade ou preferência de um produto, pois as principais aplicações dos testes afetivos são a manutenção da qualidade do produto, otimização de produtos e/ou processos e desenvolvimento de novos produtos (DUTCOSKY, 2013).

Os testes afetivos possibilitam que o julgador expresse seu estado emocional ao escolher um produto pelo outro. É a forma usual de se medir a opinião de um grande número de consumidores com respeito as suas preferências. As escalas mais empregadas são: de intensidade, a hedônica, do ideal e de atitude ou de intenção. Os julgadores não precisam ser treinados bastando serem consumidores frequentes do produto em avaliação (DUTCOSKY, 2013).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) e no Laboratório de Engenharia de Alimentos (LEA) pertencentes à Universidade Federal de Campina Grande.

### 4.1. Matérias-primas

A mandioca (*Manihot esculenta*), a batata doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) e a batata inglesa (*Solanum tuberosum* L.) foram adquiridas no comércio local e encaminhadas para o laboratório em sacos estéreis, onde foram lavadas em água corrente para remoção das sujidades, retiradas as cascas e cortadas em pedaços menores com auxílio de uma faca de inox.

#### 4.1.1. Isolamento dos amidos

O isolamento do amido de mandioca, batata doce e batata inglesa foi realizado de acordo com a metodologia proposta por Silva et al. (2013) com adaptações. Inicialmente cada tipo de matéria-prima foi submersa em solução de bissulfito de sódio a 0,5% por 10 minutos e logo após triturados em liquidificador, junto com água destilada na proporção de 1:2 (material : água), por aproximadamente 4 minutos e filtrados em sacos de organza (abertura da malha próxima a 100 mesh). A suspensão de amido filtrada foi decantada, em ambiente refrigerado a 5 °C por 24 h e em seguida a suspensão teve seu sobrenadante descartado e três lavagens do amido foram feitas com água destilada. Os amidos foram congelados a -25 °C por 24 horas e liofilizados a -50°C por 48 h, utilizando um liofilizador de bancada (Christ - ALPHA 1-2 Ldplus).

#### 4.1.2. Padronização granulométrica dos amidos

Os amidos liofilizados obtidos foram padronizados quanto a sua granulometria, passando-se o material na peneira granulométrica de 9 mesh (2 mm) e em seguida na peneira de 16 mesh (1 mm). Em seguida, os amidos foram armazenados em sacos laminados e hermeticamente fechados.

#### 4.1.3. Caracterização físico-química

Foram realizadas em triplicata as seguintes análises nos amidos:

##### 4.1.3.1. Atividade de água ( $a_w$ )

Foi realizada por leitura direta a 25 °C, utilizando-se o equipamento Aqualab modelo 3TE, da Decagon Devices.

##### 4.1.3.2. Teor de água

Consiste em secagem da amostra a 105 °C em estufa, até massa constante, de acordo com a metodologia descrita pela AOAC (2012).

##### 4.1.3.3. pH

Foi determinado pelo método potenciométrico, com uso de pHmetro digital, modelo 0400 (Quimis, São Paulo, Brasil), conforme os procedimentos analíticos descritos pela AOAC (2012).

##### 4.1.3.4. Acidez Total Titulável

Foi determinada por titulometria utilizando solução de NaOH 0,1M e indicador fenolftaleína (1%), conforme os procedimentos analíticos descritos pela AOAC (2012).

##### 4.1.3.5. Cinzas

A porcentagem de cinzas das amostras foi determinada em mufla a 550 °C e os resultados foram expressos em porcentagem (p/p). Conforme os procedimentos analíticos descritos pela AOAC (2012).

##### 4.1.3.6. Proteínas

Foi realizada por meio da avaliação do nitrogênio total da amostra, pelo método Kjeldahl (AOAC, 2012).

##### 4.1.3.7. Teor de amilose

O teor de amilose foi quantificado por método colorimétrico conforme Martinez e Cuevas (1989). Uma amostra de 100 mg foi transferida para um balão volumétrico de 100 mL, acrescido de 1 mL de álcool etílico 96% GL e 9 mL de solução de NaOH 1mol/L



e colocada em banho-maria a 100 °C por 10 min, resfriada durante 30 min e o volume completado com água destilada. Uma alíquota de 5 mL foi transferida para balão volumétrico de 100 mL em que foi adicionado 1 mL de ácido acético 1 mol/L e 2 mL de solução de iodo 2% (p/v) preparada três horas antes da análise, então, o volume de cada balão volumétrico foi completado com água destilada. Para construção da curva padrão, foram utilizados 40 mg de amilose pura (sigma) submetida ao mesmo procedimento utilizado para os amidos. Foram retirados alíquotas de 1, 2, 3, 4 e 5 ml do balão volumétrico acrescidos de 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; e 1 mL de ácido acético e de 0,4; 0,8; 1,2; 1,6 e 2 mL de iodo respectivamente, completando-se o volume a 100 mL com água destilada. A leitura de absorvância a 610 nm foi realizada em espectrofotômetro, da marca COLEMAN modelo 35-D, 30 min após a adição da solução de iodo.

#### 4.1.3.8. Amilopectina

O teor de amilopectina foi calculado pela diferença, retirando-se a porcentagem de amilose.

#### 4.1.4. Propriedades físicas

##### 4.1.4.1. Análise colorimétrica

A análise colorimétrica dos amidos foi realizada em espectrofotômetro portátil Hunter Lab Mini Scan XE Plus, modelo 4500 L, obtendo-se os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , em que  $L^*$  define a luminosidade ( $L^* = 0$  – preto e  $L^* = 100$  – branco) e  $a^*$  e  $b^*$  são responsáveis pela cromaticidade ( $+a^*$  vermelho e  $-a^*$  verde;  $+b^*$  amarelo e  $-b^*$  azul).

##### 4.1.4.2. Higroscopicidade

A higroscopicidade foi determinada de acordo com o método proposto por Goula e Adamopoulos (2010), com algumas modificações. As amostras em pó ( $\pm 1$  g) foram pesadas em cápsulas de vidro, colocadas em um recipiente hermético contendo uma solução saturada de NaCl (umidade relativa de 75,29%) a 25 °C por sete dias, com posterior pesagem dos pós e, calculada por meio da Equação 4.1:

$$H = \frac{X}{U \cdot a} \times 100 \quad (4.1)$$

Em que:

$H$  – higroscopicidade, %

$X$  - massa de água absorvida, g

$U$  - teor de água do pó em base seca, g. g<sup>-1</sup>

$a$  - massa da amostra, g.

#### 4.1.4.3. Densidade aparente

A densidade aparente foi determinada segundo o método utilizado por Caparino et al. (2012), com algumas modificações, onde 3 g do amido foi pesado em proveta graduada de 10 mL, sem compactação, para determinação do volume total ocupado pelo sólido. A densidade aparente foi calculada conforme Equação 4.2:

$$\rho_a = \frac{m_s}{V_t} \quad (4.2)$$

Em que:

$\rho_a$  - densidade aparente, g.mL<sup>-1</sup>

$m_s$  - massa do sólido, g

$V_t$  - volume total, mL.

#### 4.1.4.4 Densidade compactada

Para a determinação da densidade compactada, pesou-se uma massa do amido até completar uma proveta graduada de 10 mL. A densidade compactada foi determinada a partir da massa de pó contida na proveta depois de ser batida manualmente 50 vezes sobre a superfície de bancada a uma altura de 10 cm (TONON et al. 2013) e, calculada conforme a Equação 4.3:

$$\rho_c = \frac{m_s}{V_c} \quad (4.3)$$

Em que:

$\rho_c$  - densidade compactada, g.mL<sup>-1</sup>

$m_s$  - massa do sólido, g

$V_c$  - Volume do sólido após compactação, mL

#### 4.1.4.5. Densidade Real

Foi pesado 1g do pó dos amidos em uma proveta graduada de 10 mL. Adiciona-se a uma bureta de 25 mL óleo até que a proveta estivesse com 10 mL, fez-se a leitura da quantidade de óleo que sobrou na bureta e, assim, se determinou quanto líquido foi

necessário para completar os 10 mL na roseta, de acordo com a metodologia de Hawkes (2004) adaptada. Calcula-se a densidade real utilizando a equação 4.4:

$$\rho_r = \frac{m_s}{10 - V_g} \quad (4.4)$$

Em que:

$\rho_r$  - densidade real, g.mL<sup>-1</sup>

$m_s$  - massa do sólido, g

$V_g$  - Volume gasto de óleo, mL

#### 4.1.4.6 Índice de compressibilidade ou Índice de Carr

O índice de compressibilidade (IC) é um método simples para avaliar indiretamente as propriedades de fluxo de pós através da comparação da densidade aparente ( $\rho_a$ ) e da densidade compactada ( $\rho_c$ ) do pó (USP, 2006), e foi calculado de acordo com a Equação 4.5:

$$IC = \frac{\rho_c - \rho_a}{\rho_c} \times 100 \quad (4.5)$$

Em que:

IC- Índice de compressibilidade

$\rho_c$  - densidade compactada, g.mL<sup>-1</sup>

$\rho_a$  - densidade aparente, g.mL<sup>-1</sup>

#### 4.1.4.7. Fator de Hausner

O fator de Hausner (FH) é usado para avaliar indiretamente as propriedades de fluxo de pós. A partir da densidade aparente ( $\rho_a$ ) e de compactação ( $\rho_c$ ) determina-se o fator de Hausner, de acordo com a metodologia de Hausner (1967), onde o fator está correlacionado com a fluidez de um pó ou material granulado, sendo calculado conforme a Equação 4.6:

$$FH = \frac{\rho_c}{\rho_a} \quad (4.6)$$

Em que:

FH- fator de Hausner

$\rho_c$  - densidade compactada, g.mL<sup>-1</sup>

$\rho_a$  - densidade aparente, g.mL<sup>-1</sup>

#### 4.1.4.8. Porosidade

A porosidade ( $\varepsilon$ ) dos amidos foi calculada utilizando a densidade aparente e a densidade real, de acordo com Jinapong, Suphantharika e Jamnong (2008). Conforme a equação 4.7:

$$\varepsilon = \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_r}\right) \times 100 \quad (4.7)$$

Em que:

$\varepsilon$  – porosidade

$\rho_a$  - densidade aparente, g.mL<sup>-1</sup>

$\rho_r$  - densidade real, g.mL<sup>-1</sup>

#### 4.1.4.9. Solubilidade

A solubilidade dos amidos liofilizados foi determinada pela adição de 1 g de amostra de pó em 100 mL de água destilada a 25 °C, de acordo com a metodologia proposta por Dacanal e Menegalli (2009).

#### 4.1.4.10. Capacidade de absorção de água e óleo

A capacidade de absorção de água e de óleo foram determinadas de acordo com a metodologia descrita por Beuchat (1977).

#### 4.1.5. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A morfologia das partículas foi avaliada por microscopia eletrônica de varredura (MEV) com um TESCAN VEGA 3, operado a 5 kV e com ampliações variando de 250x a 1000x. Nenhum revestimento foi necessário. As imagens de MEV foram analisadas em triplicata usando ImageJ para determinação do tamanho e forma das partículas.

#### 4.1.6. Cristalinidade

A estrutura cristalina dos grânulos de amido foi investigada por difratometria de raios-X, em difratômetro de raio-X modelo XRD-7000, da Shimadzu Corporation e o grau de cristalinidade foi calculado pelo software XRD\_LA.

#### 4.1.7. Espectroscopia no infravermelho com a transformação de Fourier – FTIR

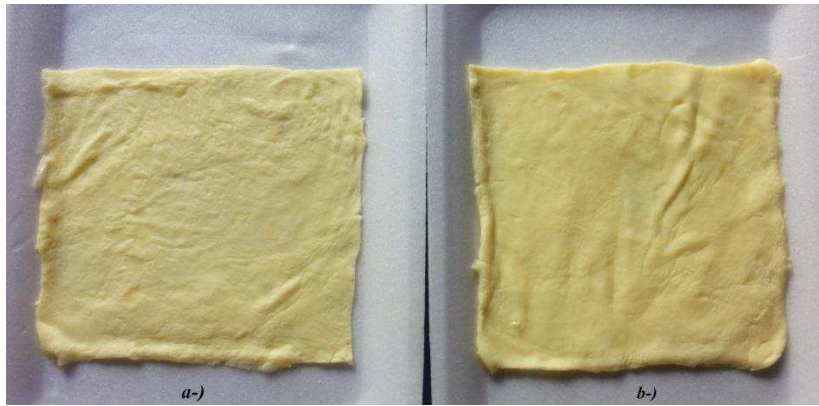
A obtenção dos espectros na região do infravermelho foi feita utilizando o sistema Perkin Spectrum 400 Series com transformada de Fourier (FTIR), ao longo de um intervalo de 400 – 4.000  $\text{cm}^{-1}$ , a partir de um sedimento de brometo de potássio (KBr).

#### 4.1.8. Análise Termogravimétrica/Derivada Termogravimétrica – TGA/DTA

Para a técnica de TGA utilizou-se um analisador termogravimétrico Perkin, modelo PYRIS 1, por meio da qual as análises foram realizadas em modo dinâmico com programação de temperatura de 30 °C até 730 °C. Foi realizada com uma velocidade de aquecimento de 10 °C/min e a taxa atmosfera de 20 mL  $\text{N}^2/\text{min}$ .

#### 4.2. Elaboração das massas alimentícias

Os ingredientes utilizados para elaboração das massas, além do amido de mandioca liofilizado, escolhido como o melhor amido na pesquisa, foram: ovos, farinha de trigo e leite de coco, obtidos no mercado local. Foram elaboradas duas formulações de massas alimentícias: (F1) contendo amido de mandioca, ovos e leite de coco; (F2) massa padrão com glúten, elaborada com farinha de trigo, ovos e leite de coco, representadas na Figura 1. Os ingredientes foram pesados, misturados, homogeneizados, e dispostos em uma forma retangular formando uma fina camada (0,13x0,13x0,001m) largura, altura e espessura, respectivamente, sendo posteriormente assadas a 180°C por um minuto. Em seguida, foram armazenadas em sacos laminados vedados para posterior caracterização, congelamento e armazenamento.



**Figura 1-** (a) Massa elaborada com amido de mandioca e (b) Massa elaborada com farinha de trigo

#### 4.2.1 Caracterização físico-química

As massas (F1 e F2) foram caracterizadas em, triplicata, quanto aos parâmetros físico-químicos, em triplicata, quanto a atividade de água, teor de água, pH, acidez total titulável, cinzas e proteínas de acordo como descrito no item 4.1.3.

Foram verificados ainda o teor lipídeos, fibras, carboidratos e valor calórico total, conforme as metodologias citadas a seguir.

##### 4.2.1.1 Lipídeos

As amostras foram avaliadas pelo método de determinação a frio proposto por Bligh e Dyer (1959).

##### 4.2.1.2 Fibra bruta

Conforme metodologia descrita por AOAC (2012).

##### 4.2.1.3 Carboidratos

Foi realizada por meio de cálculo teórico (por diferença), incluindo fibra bruta, conforme a fórmula: % Carboidratos = 100 – (% umidade + % proteína + % lipídios + % cinzas).

#### 4.2.1.4 Valor calórico total

O total de calorias (kcal) foi calculado utilizando-se os valores Atwater (ou calor de combustão) para lipídios (9 kcal/g), proteína (4,02 kcal/g) e carboidratos (3,87 kcal/g) (ATWATER e WOODS, 1896).

#### 4.2.2. Comportamento reológico das massas cruas

As massas (F1 e F2) foram avaliadas na temperatura de 25 °C, utilizando-se um viscosímetro com camisa termostaticada, modelo RVDVII+, marca Brookfield, para obtenção da viscosidade aparente (mPa.s) e torque (%), em todas as formulações, nas velocidades de rotações de 50 a 200 rpm à pressão constante.

Para transformar as leituras dos torques em medidas reológicas foi utilizado a metodologia proposta por Mitschka (1982).

Com os dados de tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação foram traçados reogramas e ajustados aos modelos reológicos de de Ostwald-de-Waelle (Lei da Potência), Mizrahi–Berk e Bingham conforme a Tabela 1.

**Tabela 1-** Modelos reológicos

Ostwald-de-Waelle	Mizrahi–Berk	Bingham
$\tau = K\gamma^n$	$\tau^{0,5} = K_{OM} + K_M\gamma^{0,5}$	$\tau = \tau_0 + n_p\gamma$

$\tau$ = Tensão de cisalhamento (Pa);  $K_{OM}$ =Tensão de cisalhamento (Pa);  $K_M$ = Índice de consistência (Pa.s<sup>n</sup>);  $\gamma$ = Taxa de deformação (s<sup>-1</sup>);  $K$ = Índice de consistência (Pa.sn);  $n$  = Índice de comportamento de fluxo (adimensional);  $\tau_0$ = limite de escoamento;  $n_p$ = viscosidade plástica

#### 4.2.3. Congelamento das massas

As massas elaboradas foram congeladas em embalagens laminadas, em freezers nas temperaturas de -50 e -150 °C, por um período de cinco horas, tempo necessário para que estas estivessem completamente congeladas.

#### 4.2.4. Armazenamento congelado das massas

As massas, após o congelamento rápido, foram armazenadas em um freezer vertical, na temperatura de -25 °C, por um período de seis meses, sendo realizadas análises periódicas, a primeira após 24 h de armazenamento e em seguida mensalmente, para analisar a qualidade microbiológica, de textura e sensorial das mesmas.

#### 4.2.4.1. Avaliação microbiológica

Foram realizadas as análises microbiológicas nas massas quanto à: coliformes termotolerantes, *Staphylococcus* coagulase positiva e *Salmonella* sp. segundo APHA (2001).

#### 4.2.4.2. Análise de textura das massas

Análise do Perfil Textura (TPA) das massas foi realizada no texturômetro TATX plus – STABLE MICRO SYSTEMS. As amostras foram comprimidas com velocidade pré-teste: 2,0 mm/s; velocidade de teste: 1,0 mm/s, velocidade pós-teste: 10,0 mm/s; e distância de retorno: 20 mm, com o probe P/36R, cilindro de alumínio com diâmetro de 36 mm de diâmetro. No perfil de textura, os parâmetros avaliados foram: firmeza, adesividade, mastigabilidade e coesividade.

#### 4.2.4.3. Análise Sensorial

O trabalho foi previamente submetido ao Comitê de Ética da Universidade Federal de Campina Grande. O estudo foi realizado conforme os preceitos da Resolução N° 466/12, do Conselho Nacional de Saúde, estando entre eles, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

As massas foram submetidas à avaliação sensorial por 60 julgadores não-treinados de ambos os gêneros, durante o período de seis meses com avaliações mensais. Após o descongelamento, as massas foram aquecidas por 30 segundos no micro-ondas, aproximadamente 10 g de cada formulação, F1<sup>-150</sup> e F1<sup>-50</sup> (sem glúten) e F2<sup>-150</sup> e F2<sup>-50</sup> (com glúten) em bandejas de isopor codificadas com números de três dígitos aleatórios, de forma balanceada e em blocos completos, acompanhada da ficha para realização do teste. Foram fornecidos ainda molho de tomate industrial e água mineral para limpeza do palato entre a avaliação das amostras.

Foram aplicados o teste de aceitação na avaliação sensorial (DUTCOSKY, 2011), com uso de escala hedônica de nove pontos, com escores variando entre 1 (desgostei muitíssimo) e 9 (gostei muitíssimo), avaliando-se os atributos sensoriais de aparência, odor, sabor, textura e impressão global. A intenção de compra das massas foi avaliada com uso da escala estruturada mista de cinco pontos, com escores compreendidos entre 1 (certamente não compraria) e 5 (certamente compraria o produto).



### 4.3 Lasanhas sem glúten

#### 4.3.1 Preparação das lasanhas sem glúten

Para montagem das lasanhas foram utilizadas as massas elaboradas com o amido de mandioca descritas no item 4.2, utilizando-se três tipos de recheios distintos: bolonhesa, frango e quatro queijos, descritos na Tabela 2. A montagem ocorreu com a intercalação de camadas de massa, molho de tomate industrial e seus respectivos recheios (Figura 2).

**Tabela 2-** Ingredientes usados para preparação das lasanhas sem glúten

Lasanha à bolonhesa		Lasanha de Frango		Lasanha de quatro queijos	
Ingredientes (g)		Ingredientes (g)		Ingredientes (g)	
Massa	70	Massa	70	Massa	70
Carne moída	130	Peito de frango	125	Queijo mussarela	56
Tempero completo	15	Tempero completo	15	Queijo prato	60
Molho de tomate	70	Amido de milho	5	Queijo coalho	70
Queijo mussarela	56	Leite pasteurizado	90	Queijo Parmesão	20
		Molho de tomate	14	Molho de tomate	28
		Queijo mussarela	56		

A carne moída e o frango foram previamente cozidos, separadamente, utilizando 350 mL de água e tempero completo. Em seguida, para o recheio à bolonhesa misturou-se a carne ao molho de tomate e para o recheio de frango foi adicionado o leite e o amido de milho e levados para aquecimento até formação de um creme viscoso.



**Figura 2-** Lasanha à bolonhesa (a), lasanha de frango (b) e lasanha de quatro queijos (c)

#### 4.3.2 Caracterização físico-química

As lasanhas foram caracterizadas quanto aos parâmetros físico-químicos: teor de água, cinzas, proteínas, fibra bruta de acordo com a metodologia descrita pela AOAC (2012), Lipídeos (BLIGH; DYER, 1959), Atividade de água a 25 °C por leitura direta, utilizando-se o equipamento Aqualab 3TE, Carboidratos por meio de cálculo teórico (por diferença) e valor calórico total (ATWATER e WOODS, 1896).

#### 4.3.3 Perfil de textura das lasanhas sem glúten

Análise do Perfil Textura (TPA) das lasanhas, foi realizada no texturômetro TATX plus – STABLE MICRO SYSTEMS. As amostras foram comprimidas com velocidade pré-teste: 2,0 mm/s; velocidade de teste: 1,0 mm/s, velocidade pós-teste: 10,0 mm/s; tensão: 50%, com o probe P/36R, cilindro de alumínio com diâmetro de 36 mm de diâmetro. No perfil de textura, os parâmetros avaliados foram: firmeza, elasticidade, coesividade, adesividade e mastigabilidade.

#### 4.3.4 Avaliação microbiológica

Foram realizadas as análises microbiológicas nas lasanhas quanto à: coliformes termotolerantes, *Staphylococcus* coagulase positiva e *Salmonella* sp. segundo APHA (2001).

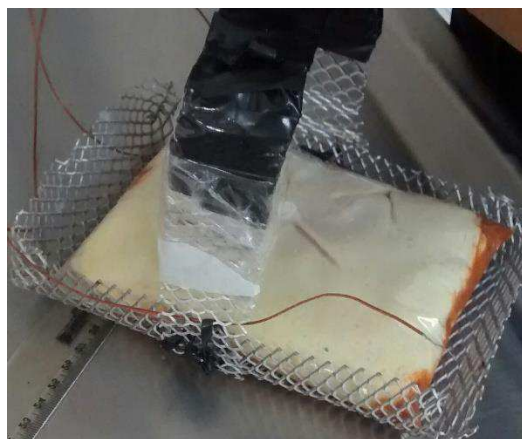
#### 4.3.5 Análise Sensorial

A análise sensorial das lasanhas (bolonhesa, frango e quatro queijos) foi realizada de acordo com o procedimento descrito no item 4.2.4.5. Sendo avaliadas por 60 julgadores não treinados de ambos os gêneros, os quais foram oferecidos, 15 g de cada formulação de lasanha, aquecidas em forno micro-ondas por 20 segundos, em bandejas de isopor codificadas com números de três dígitos aleatórios de forma balanceada e em blocos completos, acompanhada da ficha para realização do teste. Foram fornecidos ainda água mineral para limpeza do palato entre a avaliação das amostras.

Foram aplicados o teste de aceitação na avaliação sensorial (DUTCOSKY, 2011), com uso de escala hedônica de nove pontos, com escores variando entre 1 (desgostei muitíssimo) e 9 (gostei muitíssimo), avaliando-se os atributos sensoriais de aparência, odor, sabor, textura e impressão global. A intenção de compra das lasanhas foi avaliada com uso da escala estruturada mista de cinco pontos, com escores compreendidos entre 1 (certamente não compraria) e 5 (certamente compraria o produto).

#### 4.3.6 Cinética de congelamento

A cinética de congelamento das lasanhas (bolonhesa, frango e quatro queijos) foi realizada em freezers nas temperaturas de -25, -50 e -150 °C. Os dados foram coletados para a construção da curva de congelamento em função do tempo, utilizando-se as amostras de aproximadamente 300 g de lasanha e espessuras de 2 cm (placa plana). A temperatura do freezer foi monitorada por um termopar e a temperatura da amostra a partir de outro termopar instalado na parte central da lasanha (Figura 3). As leituras foram realizadas em intervalos de 30 e 60 segundos até que houvesse a estabilização das temperaturas do freezer e amostras avaliadas.



**Figura 3-** Preparação da etapa experimental de congelamento

A coleta dos dados experimentais para obtenção da curva de congelamento foi realizada em triplicata. A equação 4.11 foi utilizada para o ajuste dos dados experimentais, sendo proposta por Crank (1975), com a finalidade de calcular a transferência de calor em regime transiente para o produto, com formato de placa plana.

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad 4.11$$

$$RT = \frac{T - T_{\infty}}{T_0 - T_{\infty}} = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cdot \exp(-\sigma_n^2 \cdot Fo) \quad 4.12$$

$$A_n = \frac{2 \operatorname{sen} \sigma_1}{\sigma_1 + \operatorname{cos} \sigma_1} \quad 4.13$$

$$Fo = \frac{\alpha}{L^2} t \quad 4.14$$

em que:

RT = razão de temperatura (adimensional);

T = temperatura em cada instante (°C);

T<sub>∞</sub> = temperatura do meio de congelamento (°C);

T<sub>0</sub> = temperatura inicial do produto (°C);

Fo = número de Fourier (adimensional);

A<sub>n</sub> = constante que depende do produto;

σ<sub>n</sub> = raiz transcendental; n

α = difusividade térmica efetiva (mm<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>);

L = espessura da amostra/2;

t = tempo (segundos).

Foi realizada uma análise de regressão não-linear através do programa STATISTICA, versão 7.0, para determinar os coeficientes e construir os gráficos da razão de temperatura em função do tempo.

#### 4.4 Análise estatística

Os resultados das análises físicas, físico-químicas e análise sensorial foram submetidos a um delineamento inteiramente casualizado e as diferentes amostras foram analisadas por meio de análise de variância e teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando-se o programa estatístico ASSISTAT versão 7.7. Com relação a reologia, a realização do ajuste dos modelos matemáticos aos dados experimentais foi aplicado à

análise de regressão não linear, pelo método Quasi-Newton, a partir do software STATISTICA 7.0.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDILLAH, H.; CHABRAT, E.; ROUILLY, A.; RIGAL, L. Influence of citric acid on thermoplastic wheat flour/poly(lactic acid) blends II. Barrier properties and water vapor sorption isotherms. **Industrial Crops and Products**, v. 50, n.1, p.104–111, 2013.
- ABIMAPI -Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães & Bolos Industrializados. Disponível em : <http://www.abimapi.com.br/macarrao.php>. Acesso em 09/05/2017.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 12806 – Análise sensorial dos alimentos e bebidas**. São Paulo: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1993.
- ALCÁZAR-ALAY, S. C.; MEIRELES, M. A. A. Physicochemical properties, modifications and applications of starches from different botanical sources. **Food Science and Technology**, v. 35, n.2, 2015. p. 215-236.
- APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. Washington, DC., 676 p. 2001.
- AQUINO, A. M. S.; GERVIN, V. M.; AMANTE, E. R. Avaliação do processo produtivo de polvilho azedo em indústrias de Santa Catarina. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 19, n.1, p.1-8, 2016.
- ASHRAE. *Refrigeration ASHRAE Handbook*. 2010; ISBN 978 1 933742 82 3
- ATWATER, W.O.; WOODS, C.D. The chemical composition of american food materials. Farmers' Bulletin. n. 28. U.S. Department of Agriculture. Washington, 1896.
- BELITZ, H. D.; GROSH, W.; SCHIEBERLE, P. **Food Chemistry**. 4th revised and extended ed. Berlin: Springer-Verlag; 2009. p. 315-318.
- BELLO-PÉREZ, L. A. GARCÍA-SUÁREZ, F. J.; MÉNDEZ-MONTEALVO, G.; NASCIMENTO, J. R. O.; LAJOLO, F. M.; CORDENUNSI, B. R. Isolation and Characterization of Starch from Seeds of *Araucaria brasiliensis*: A novel Starch for Application in Food Industry. **Starch/Starke**, v. 58, n.6, p. 283-291, 2006.
- BEMILLER, J.N. Pasting, paste, and gel properties of starch–hydrocolloid combinations, **Carbohydrate Polymers**, v.86, n.2, p. 386-423, 2011.
- BEUCHAT, L. R. Functional and electrophoretic characteristic of succinylated peanut flour proteins. **Journal Agriculture Chemistry**, v. 25, n. 2, p. 258-260, 1997.
- BEZERRA, C. V.; AMANTE, E. R.; OLIVEIRA, D. C.; RODRIGUES, A. M. C.; DA SILVA, L. H. M. Green banana (*Musa cavendishii*) flour obtained in spouted bed - effect

- of drying on physico-chemical, functional and morphological characteristics of the starch. **Industrial Crops and Products**, v. 41, n.1, p. 241-249, 2013.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A Rapid Method of Total Lipid Extraction and Purification, **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v.37, n.1, p. 911–917, 1959.
- BONILLA, J.; ATARES, L.; VARGAS, M.; CHIRALT, A. Properties of wheat starch film-forming dispersions and films as affected by chitosan addition. **Journal of Food Engineering**. v. 114, n.3 p. 303-312, 2013.
- BRASIL – ANVISA – Lei nº 8543 de 23 de dezembro de 1992. **Determina a impressão de advertência em rótulos e embalagens de alimentos industrializados que contenham glúten, a fim de evitar a doença celíaca ou síndrome celíaca**. Diário Oficial da União, Brasília.
- BRASIL – ANVISA – Lei nº 10674 de 16 de maio de 2003. **Dispõe a obrigatoriedade da informação de “contém glúten” nos rótulos dos alimentos**. Diário Oficial da União, Brasília.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005**. Disponível em <http://www.elegis.bvs.br/leisref/public/search.php>. Acesso em: 08/05/2017.
- CAPACCI, S.; LEUCCI, A. C.; MAZZOCCHI, M. There is no such thing as a gluten-free lunch: Higher food prices and the cost for coeliac consumers. **Economics & Human Biology**, v.30, n.1, p.84-91, 2018.
- CAPARINO, O. A.; TANG, J.; NINDO, C. I.; SABLANI, S. S.; POWERS, J. R.; FELLMAN, J. K. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine ‘Carabao’ var.) powder. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v.111, n.1, p.135-148, 2012.
- CARVALHO, A. V.; SECCADIO, L. L.; SOUZA, T. C. L.; FERREIRA, T. F.; ABREU, L. F. Avaliação físico-química e sensorial de mandioca pré-processada armazenada sob congelamento. **Boletim do CEPPA**, v. 29, n. 2, p. 223-228, 2011.
- CHANDRASEKARA, A.; KUMAR, T. J. Roots and tuber crops as functional foods: a review on phytochemical constituents and their potential health benefits. **International Journal of Food Science**. v. 2016, n,1, p.1-15, 2016.
- CHASSAGNE-BERGES, S.; POIRIER, C.; DEVAUX, M. F.; FONSECA, F.; LAHAYE, M.; PIGORINI, G.; GIRAULT, C.; MARIN, M.; GUILLON, F. Changes in texture, cellular structure and cell wall composition in apple tissue as a result of freezing. **Food Research International**, v.42, n.7, p.788-797, 2009.

- CHASSAGNE-BERCES, S.; FONSECA, F.; CITEAU, M.; MARIN, M. Freezing protocol effect on quality properties of fruit tissue according to the fruit, the variety and the stage of maturity, **LWT- Food Science and Technology**, v.43, n.9, p.1441-1449, 2010.
- CHAVES, J. B. P.; SPROESSER, R. L. **Práticas de laboratório de análise sensorial de alimentos e bebidas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 81 p.
- CLERICI, M. T. P. S.; AIROLDI, C.; EL-DASH, A. A. Production of acidic extruded rice flour and its influence on the qualities of gluten-free bread. **Food Science Technology**, v. 42, n. 2, p. 618-623, 2009.
- CRANK, J. **The Mathematics of diffusion**. 2<sup>nd</sup> ed. Clarendon Press, Oxford, 1975.
- DACANAL, G. C.; MENEGALLI, F. C. Experimental study and optimization of the agglomeration of acerola powder in a conical fluid bed. *Powder Technology*, v. 188, n. 3, p. 187-194, 2009.
- DEMIATE, I. M.; KOTOVICZ, V. Cassava starch in the Brazilian food industry. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 31, n. 2, p. 388-397, 2011.
- DELCOUR, J. A.; BRUNEEL, C.; DERDE, L. J.; GOMAND, S. V.; PAREYT, B.; PUTSEYS, J. A.; WILDERJANS, E.; LAMBERTS, L. Fate of starch in food processing: from raw materials to final food products. **Food Science and Technology**, v.1, n.1, p.87-111, 2010.
- DIAS, L. T.; LEONEL, M. Caracterização físico-química de farinhas de mandioca de diferentes localidades do Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 4, p.692- 700, 2006.
- DIANTOM, A.; CARINI, E.; CURTI, E.; CASSOTTA, F.; D'ALESSANDRO, A.; VITTADINI, E. Effect of water and gluten on physico-chemical properties and stability of ready to eat shelf-stable pasta, **Food Chemistry**, v.195, n.1, p. 91-96, 2016.
- DUTCOSKY SD. Análise sensorial de alimentos. 3<sup>a</sup> ed. Curitiba: Editora Universitária Champagnat, P.426, 2011.
- DUTCOSKY, S. D. **Análise Sensorial de Alimentos**. 2. ed. Curitiba: Champagnat, 2013.
- DURACK, E.; ALONSO-GOMEZ, M.; WILKINSON, M. G.. Growth of *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* in individual lasagne layers and evidence for migration of *E. coli* throughout the product, **Food Control**, v.22, n.1, p. 2000-2005, 2011.
- FELLOWS, P. J. Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602 p.



- GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. A new technique for spray drying orange juice concentrate. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.11, p.342-351, 2010.
- GUO, K.; LIU, T.; XU, A.; ZHANG, L.; BIAN, X.; WEI, C. Structural and functional properties of starches from root tubers of white, yellow, and purple sweet potatoes, **Food Hydrocolloids**, v.89, n.1, p.829–836, 2019.
- GUO, K.; LIN, L.; FAN, X.; ZHANG, L.; WEI, C. Comparison of structural and functional properties of starches from five fruit kernels. **Food Chemistry**, v. 257, p. 75 – 82, 2018.
- HAGGBLADE, S.; ME-NSOPE, N. M.; STAATZ, J. M. Food security implications of staple food substitution in Sahelian West Africa, **Food Policy**, v.71, n.1, p.27-38, 2017.
- HAUSNER, H. H. Friction conditions in a mass of metal powder. **Powder Metall**, v.3, p.7-13, 1967.
- HAWKES, K. The Grandmother Effect. **Nature**, v.428, n.1, p.128-129, 2004.
- HERNANDES, N. K.; CONEGLIAN, R. C. C.; GODOY, R. L. O.; VITAL, H. C.; FREIRE JUNIOR, M. Testes Sensoriais de Aceitação da Beterraba Vermelha (*Beta vulgaris* ssp. *Vulgaris* L.), cv. Early Wonder, minimamente processada e irradiada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, p. 64-68, 2007.
- HOYOS-LEYVA, J. D.; ALONSO-GOMEZ, L.; RUEDA-ENCISO, J.; YEE-MADEIRA, H.; BELLO-PEREZ, L.; ALVAREZ-RAMIREZ, J. Morphological, physicochemical and functional characteristics of starch from *Marantha ruiziana* Koern, **LWT - Food Science and Technology**, v.83, n.1, p.150-156, 2017.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Prognóstico da produção agrícola nacional—comparativo entre as safras de 2010/2011. Disponível em: < [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa\\_201101.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201101.pdf) >. Acesso em: 23 out. de 2017.
- JINAPONG, N.; SUPHANTHARIKA, M.; JAMNONG, P. Production of instant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying and fluidized bed agglomeration. **Journal of Food Engineering**, v.84, n.1, p. 194-205, 2008.
- JIMÉNEZ, A.; FABRA, M. J.; TALENS, P.; CHIRALT, A. Edible and Biodegradable Starch Films: A Review. **Food Bioprocess Technology**. v. 5, n.6, p.2058-2076, 2012.
- JNAWALI, P.; KUMAR, V.; TANWAR, B. Celiac disease: Overview and considerations for development of gluten-free foods. **Food Science and Human Wellness**, v.5, n.4, p.169-176, 2016.

- KAHALY, G. J.; FROMMER, L.; SCHUPPAN, D. Celiac disease and endocrine autoimmunity – the genetic link. **Autoimmunity Reviews**, v.17, n.12, p.1169-1175, 2018.
- KIMURA, K. S. ; SOUZA, M. L. R.; GASPARINO, E. ; MIKCHA, J. M.; GRATON; CHAMBÓ, A. P. S.; VERDI, R.; CORADINI, M. F. ; MARQUES, D. R.; FEIHRMANN, A.; GOES, E. S. R. . Preparation of lasagnas with dried mix of tuna and tilapia. **Ciência e Tecnologia de alimentos (online)**, v. 37, n.3 p. 1-9, 2017.
- KINDT, M., LERCKER, G., MAZZARACCHIO, P., BARBIROLI, G. Effects of lipids on the quality of commercial frozen ready pasta meals. **Food Control**. v.17, .11, p.847–855, 2006.
- KINDT, M., MAZZARACCHIO, P., BARBIROLI, G. Quality factors and grades for the classification and standardisation of complex ready pasta meals. **International Journal of Food Science and Technology** v.43, n.9, p. 1645–1656, 2008.
- KHAN, I.; YOUSIF, A.M.; JOHNSON, S.K.; GAMLATH, S. Effect of Sorghum flour addition on in vitro starch digestibility, cooking quality and consumer acceptability of durum wheat pasta. *Journal of Food Science*, v.79, n.8, p. 1560, 2014.
- LA BARCA, A. M.; ROJAS-MARTÍNEZ, M. E.; ISLAS-RUBIO, A. R.; CABRERA-CHÁVEZ, F. Gluten-free breads and cookies of raw and popped amaranth flours with attractive technological and nutritional qualities. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 65, n. 3, p. 241-246, 2010.
- LIMA, C. P.S.; SERRANO, N.F.G.; LIMA, A.W.O.; SOUSA, C.P. Presença de Micro-organismos Indicadores de Qualidade em Farinha e Goma de Mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). **Revista APS**, v.10, n.1, p. 14-19, 2007.
- LIU, Q. Understanding starches and their role in foods. In: CUI, S. W. (ed). **Food Carbohydrates: Chemistry, Physical Properties and Applications**. Boca Raton : CRC Press, 2005. 309-305 p.
- LIU, R.; SUN, W.; ZHANG, Y.; HUANG, Z.; HU, H.; ZHAO, M. Preparation of starch dough using damaged cassava starch induced by mechanical activation to develop staple foods: Application in crackers, **Food chemistry**, v.271, n.1, p.284-290, 2019.
- LUDVIGSSON, J.F.; GREEN, P.H. Clinical management of celiac disease. **Journal of Internal Medicine**, v. 269, n.6, p.560-571, 2011.
- MALI, S.; GROSSMANN, M.V.E.; YAMASHITA, F. Filmes de amido: produção, Propriedades e potencial de utilização. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 1, p. 137-156, 2010.

- MARTINEZ, C.; CUEVAS, F. Evaluación de la calidad culinária y molinera del arroz: guia de estudio para ser usada como complemento de la unidad auditutorial sobre el mismo tema. **Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT-Tercera Edición**. Cali, Colômbia, 1989.
- MAZZEO, M. F., BONAVENTA, R., MAURANO, F., BERGAMO, P., SICILIANO, R. A., & ROSSI, M. Biochemical modifications of gliadins induced by microbial transglutaminase on wheat flour. **Biochimica et Biophysica Acta**, v.1830, p. 5166-5174, 2013.
- MCWILLIAMS, A. **Biodegradable Polymers**, BCC research, USA, MA, 2017.
- MENEGASSI, B.; LEONEL, M. Análise de qualidade de uma massa alimentícia mista de mandioquinha-salsa. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**. v. 2, n.1, p. 27-36, 2006.
- MINIM, V. P. R. **Análise Sensorial Estudos com Consumidores**. 3ª ed. Editora: UFV, 2013. 332p.
- MIRHOSSEINI, H.; RASHID, F. A.; AMID, B. T.; CHEONG, K. W.; KAZEMI, M.; ZULKURNAIN, M. Effect of partial replacement of corn flour with durian seed flour and pumpkin flour on cooking yield, texture properties, and sensory attributes of gluten free pasta. **LWT e Food Science and Technology**, v.63, p184-190, 2015.
- MITSCHKA, P. **Simple conversion of brookfield RVT: readings into viscosity functions**, 1982.
- MÓDENES, A.N.; SILVA, A.M.; TRIGUEROS, D.E.G.; Avaliação das propriedades reológicas do trigo armazenado. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.9, n.3, p. 508-512, 2009.
- MOLAVI, H.; BEHFAR, S.; SHARIATI, M. A.; KAVIANI, M.; ATAROD, S. A review on biodegradable starch based film. **Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences**. v. 4, n.5, p. 456-461, 2015.
- NWOKOCHA, L. M.; AVIARA, N. A.; SENAN, C.; WILLIAMS, P. A. A. Comparative study of some properties of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and cocoyam (*Colocasia esculenta*, Linn) starches. *Carbohydrate Polymers*, Barking, v.76, n.3, p.362-367, 2009.
- OLIVERA, D. F.; SALVADORI, V. O. Textural characterisation of lasagna made from organic whole wheat. **International Journal of Food Science and Technology**, v.41, n.2, p.63-69, 2006.
- ORMENESE, R. C.; CHANG, Y. K. Macarrão de arroz: características de cozimento e textura em comparação com o macarrão convencional e aceitação pelo consumidor. **Brazilian Journal of Food Technology**. v.6, n.1, p.91-97, 2003.

- OSUNDAHUNSI, O. F.; SEIDU, K.T.; MUELLER, R. Effect of presence of sulphurdioxide on acetylation and sorption isotherm of acetylated starches from cultivars of cassava, **Food Chemistry**, v.151, n.15, p. 168-174, 2014.
- PETITOT, M.; BOYER, L.; MINIER, C.; MICARD, V. Fortification of pasta with split pea and faba bean flours: pasta processing and quality evaluation. **Food Research International**, v.43, n.2, p.634-641, 2010.
- REDMOND, G., GORMLEY, T., BUTLER, F. Effect of short- and long-term frozen storage with MAP on the quality off freeze-chilled lasagne. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, v.38, p. 81–87, 2005.
- RUBIO-TAPIA, A.; HILL, I. D.; KELLY, C. P.; CALDERWOOD, A. H.; MURRAY, J. A. ACG clinical guidelines: diagnosis and management of celiac disease. **American Journal of Gastroenterology**, v.108, n.5, p.656-76, 2013.
- SANTANA, Á. L.; ANGELA, M.; MEIRELES, A. New starches are the trend for industry applications: a review, **Food Public Health** v.4, n.5, p.229–241, 2014.
- SEGURA, M.E.M.; ROSELL, M.C. Chemical composition and starch digestibility of different gluten-free breads. **Plants Foods for Human Nutrition**, v. 66, n.3 p. 224-230, 2011.
- SELIMOGLU, M. A.; KARABIBER, H. Celiac disease: prevention and treatment. **Journal of Clinical Gastroenterology**, v.44, n.1, p.4-8, 2010.
- SILVA, P. A.; CUNHA, R. L.; LOPES, A. S.; PENA, R. S. Caracterização de farinhas de tapioca produzidas no estado do Pará. **Ciência Rural**, v.43, n.1, p.185-191, 2013.
- SILVA, G. A.; CAVALCANTI, M. T., ALMEIDA, M. C. B. M.; ARAÚJO, A. S.; CHINELATE, G. C. B.; FLORENTINO, E. R. Utilização do amido da amêndoa da manga Tommy Atkins como espessante em bebida láctea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.12, p.1326–1332, 2013.
- SOARES, D. S. C et al. Avaliação do tempo de congelamento da mangaba (*Hancornia Speciosa* Gomes) em ultrafreezer através dos modelos matemáticos de Planck e Pham. **Science Plena**, v. 8, n. 4, 2012.
- SORENSEN, D.; HENCHION, M. Understanding consumers' cognitive structures with regard to high pressure processing: a means-end chain application to the chilled ready meals category. **Food Quality and Preference**, v.22, n.1, p.271–280, 2011.
- STRATAKOS, A. C.; LINTON, M.; PATTERSON, M. F.; KOIDIS, A. Effect of high-pressure processing on the shelf life, safety and organoleptic characteristics of lasagne

- ready meals during storage at refrigeration and abuse temperature, **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v.30, n.1, p.1-7, 2015.
- STREB, S.; ZEEMAN, S.C. Replacement of the endogenous starch debranching enzymes ISA1 and ISA2 of arabidopsis with the rice orthologs reveals a degree of functional conservation during starch synthesis, **Public library of science**, v.9, n. 3, p.1-9, 2014.
- SULLIVAN-TRAINOR, M. **Starches/glucose**, Global markets, MA, 2013.
- SUN, W. D. Handbook of frozen processing and packaging, 2<sup>a</sup> ed., Taylor & Francis 2011. 893p.
- SUN, D. W. **Quality and safety of frozen foods**. Handbook of Frozen Food processing and packaging (2nd ed.), CRC Press, New York, p. 303-456, 2011.
- TESTER, R. F.; KARKALAS, J.; QI, X. Starch- composition, fine structure and architecture, **Journal Cereal Science**, v. 39, n.2, p. 151-165, 2004.
- TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Aplicação da secagem por atomização para a obtenção de produtos funcionais com alto valor agregado a partir do açaí. **Inc. Soc**, v.6, n.2, p.70-76, 2013.
- TONUKARI, N. J. Cassava and the future of starch. **Biotechnology Issues for Developing Countries**, Valparaíso, v. 1, n. 1, p. 5-8, 2004.
- TUMWESIGYE, K. S.; OLIVEIRA, J. C.; GALLAGHER, M. J. S. Integrated sustainable process design framework for cassava biobased packaging materials: Critical review of current challenges, emerging trends and prospects, **Trends, Food Science & Technology**, v.56, n.1, p.103-114, 2016.
- USP-United States Pharmacopeia: USP 29. Rockville: United States Pharmacopeial Convention, 2006.
- VAMADEVAN, V.; BERTOFT, E. Structure function relationships of starch components. **Starch Stärke**, v. 67, n. 1-2, p. 55-68, 2015.
- VANIER, N. L.; HALAL, S. L. M. E.; DIAS, A. R. G.; ZAVAREZE, E. R. Molecular structure, functionality and applications of oxidized starches: A review. **Food Chemistry**, v.221, n.1, p.1546–1559, 2017.
- VERMA, R.; JAN, S.; RANI, S.; JAN, K.; Swer, T. L.; Prakash, K. S.; Dar, M.Z.; Bashir, K. Physicochemical and functional properties of gamma irradiated buckwheat and potato starch, **Radiation Physics and Chemistry**, v.144, n.1, p. 37-42, 2018.
- VIEIRA, J. C.; MONTENEGRO, F. M.; LOPES, A. S.; PENA, R. S. Qualidade física e sensorial de biscoitos doces com fécula de mandioca. **Ciência Rural**, v. 40, n. 12, p. 2574-2579, 2010.

- WANG, S.; NIE, S.P.; ZHU, F. Chemical constituents and health effects of sweet potato **Food Research International**, v.89, n.1, p. 90-116, 2016.
- WASZCZYNSKY, N.; FREITAS, R. J. S.; BARBOZA, L. M. V. Desenvolvimento de produtos e análise sensorial. **Brasil Alimentos** - nº 18 - Janeiro/Fevereiro de 2003.
- WU, A.C.; MORELL, M.K.; GILBERT, R.G. A Parameterized model of amylopectin synthesis provides key insights into the synthesis of granular starch. **Public library of science**, v.8, n.6, p.1-12, 2013.
- ZENEON, O.; PASCUET, NS; TIGLEA, P. (Coord.). Procedimentos e determinações gerais. Em: ZENEON, O.; PASCUET, NS; TIGLEA, P. (Coord.). **Métodos físicos-químicos para análise de alimentos**. 4.ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.
- ZHANG, W.; LIU, X.; WANG, O.; ZHANG, H.; LI, M.; SONG, B.; ZHAO,Z. Effects of potassium fertilization on potato starch physicochemical properties. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.117, n.1, p.467–472, 2018.
- ZHU, F.; CORKE, H.; BERTOFT, E. Amylopectin internal molecular structure in relation to physical properties of sweetpotato starch, **Carbohydrate Polymers**, v.84, n.3, p. 907-918, 2011.
- ZHU, W.; LESTANDER, T. A.; ORBERG, H.; WEI, M.; HEDMAN, B.; REN, J.; XIE, G.; XIONG, S. Cassava stems: a new resource to increase food and fuel production. **GCB Bioenergy**, v.7, n.1, p. 72–83, 2015.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### ARTIGO 1- ANÁLISE ESPECTROSCÓPICA, CALORIMÉTRICA E ESTRUTURAL DE AMIDOS ORIUNDOS DE DIFERENTES FONTES

**RESUMO:** O objetivo do estudo foi extrair e caracterizar o amido da mandioca, batata doce e batata inglesa, quanto aos parâmetros físicos, químicos, morfológicos e térmicos. Observou-se que a composição química dos amidos apresentou-se dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente. O amido de mandioca apresentou a maior solubilidade e capacidade de absorção de óleo e menor índice de carr, fator de hausner e higroscopicidade. Com a avaliação da Microscopia eletrônica de varredura observou-se menor relação de tamanho para os grânulos do amido de mandioca e a de maior tamanho para os grânulos de batata inglesa. O amido de mandioca obteve o menor grau de cristalinidade em relação ao amido de batata de doce e batata inglesa. Pode-se observar que apesar de todos os amidos estudados apresentarem boas características para aplicação na indústria, o amido de mandioca apresentou as melhores características para o uso em produtos alimentícios.

**Palavras-chaves:** *Manihot esculenta* Crantz. *Ipomoea batatas* L. *Solanum tuberosum* L.

**ABSTRACT:** The aim of this study was to extract and characterize the cassava, sweet potato and potato starch, according to the physical, chemical, morphological and thermal parameters. It was observed that the chemical composition of starches was within the limits established by current legislation. Cassava starch presented the highest solubility and oil absorption capacity and the lowest carrot index, hausner factor and hygroscopicity. With the evaluation of Scanning Electron Microscopy, a smaller size relationship was observed for cassava starch granules and the largest one for potato chips. Cassava starch obtained the lowest degree of crystallinity in relation to sweet potato and potato starch. It can be observed that although all starches studied have good characteristics for application in industry, cassava starch presented the best characteristics for use in food products.

**Keywords:** *Manihot esculenta* Crantz. *Ipomoea batatas* L. *Solanum tuberosum* L.

## 1. INTRODUÇÃO

As raízes e tubérculos estão entre os alimentos mais importantes para a alimentação após os cereais e leguminosas. Tendo seu cultivo e consumo em praticamente todas as regiões em diversos países, estes são constituídos por cerca de 16 a 24% de amido em matéria úmida. O amido é um biopolímero semicristalino, que se caracteriza como fonte principal de carboidratos para alimentação humana, podendo ser obtido de matérias-primas agrícolas tais como, cereais, raízes e tubérculos, rizomas, caules e frutas. Dentre as raízes e tubérculos, a mandioca, a batata doce e a batata tem se destacado em pesquisas e aplicações industriais (SUKHIJA; SINGH; RIAR, 2016; HAN et al., 2019; GUO et al., 2019).

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) pertence à família *Euphorbiaceae*, é originária do Brasil, cultivada em todo o território nacional e em regiões tropicais do mundo (FIALHO; VIEIRA, 2011). Além disso, na mandioca, o amido é o carboidrato primário e amplamente utilizado em aplicações comerciais, devido às suas características espessas (TAN et al., 2017).

A batata doce (*Ipomoea batatas* L.) é originária das Américas Central e do Sul e pertence à família *Convolvulacea* (ALMEIDA et al., 2017). Seu amido é geralmente constituído em amilose (20-30%) e amilopectina (70-80%) (ZHU; WANG, 2014) e possui propriedades que são semelhantes ao amido de batata comum (ISSA; IBRAHIM; TAHERGORABI, 2017).

A batata (*Solanum tuberosum* L.), popularmente conhecida como batatinha ou batata inglesa, é originária da América do Sul, da Cordilheira dos Andes. É a quarta maior fonte de alimento para o homem, ficando atrás, em termos de produção do trigo, milho e arroz (FIGUEIREDO et al. 2011). Além disso, os tubérculos de batata podem ser utilizados para a produção industrial de amido, principalmente na indústria têxtil e alimentícia (SIMKOVA et al., 2013).

Os amidos de raízes e tubérculos têm sido alvos de diversos estudos, devido às suas características, por terem uma alta disponibilidade, inércia, biodegradabilidade, não serem tóxicos, pelas suas propriedades físico-químicas satisfatórias e baixo custo (DAS et al., 2015; REDDY, KIMI E HARIPRIYA, 2016).

Os amidos oriundos de diferentes fontes vegetais possuem características distintas, tais quanto as suas morfologias, estruturas e propriedades variadas, que são de extrema importância para determinar sua utilidade (GUO et al., 2018). Dessa forma,



objetivou-se com o estudo extrair os amidos da mandioca, batata doce e batata inglesa e caracterizá-los quanto as suas características físicas, químicas, morfológicas e térmicas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Matérias primas e isolamento dos amidos

A mandioca (*Manihot esculenta*), a batata doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) e a batata inglesa (*Solanum tuberosum* L.) foram adquiridas no comércio local, lavados em água corrente para remoção das sujidades, descascadas e cortadas em pedaços menores. Os amidos foram isolados de acordo com a metodologia proposta por Silva et al. (2013) com adaptações, em que o material foi inicialmente submerso em solução de bissulfito de sódio a 0,5% por 10 minutos e logo após triturados junto com água destilada na proporção de 1:2 (material : água), por aproximadamente 4 minutos e filtrados em sacos de organza (abertura da malha próxima a 100 mesh). A suspensão de amido filtrada foi decantada, em ambiente refrigerado a 5 °C por 24 h e em seguida à decantação a suspensão teve seu sobrenadante descartado e três lavagens do amido foram feitas com água destilada. Os amidos foram congelados a -25 °C por 24 horas e liofilizados a -50 °C por 48 h, utilizando um liofilizador de bancada (Christ - ALPHA 1-2 Ldplus).

### 2.2. Caracterização físico-química dos amidos

Os amidos obtidos foram padronizados quanto a sua granulometria, passando-se o material na peneira granulométrica de 9 mesh (2 mm) e, em seguida, na peneira de 16 mesh (1 mm), sendo posteriormente armazenados em sacos laminados e hermeticamente fechados.

As análises realizadas nos amidos seguiram a metodologia descrita por AOAC (2012) para, pH, acidez total titulável, teor de água, proteínas e cinzas. A atividade de água foi verificada por leitura direta, utilizando-se o equipamento aqualab modelo 3TE, da Decagon Devices.

### 2.3. Análise de cor

A análise colorimétrica foi realizada em espectrofotômetro portátil Hunter Lab Mini Scan XE Plus, modelo 4500 L, obtendo-se os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , em que  $L^*$  define a luminosidade ( $L^* = 0$  – preto e  $L^* = 100$  – branco) e  $a^*$  e  $b^*$  são responsáveis pela cromaticidade ( $+a^*$  vermelho e  $-a^*$  verde;  $+b^*$  amarelo e  $-b^*$  azul).

#### 2.4. Teor de amilose e amilopectina

O conteúdo de amilose foi determinado segundo método colorimétrico proposto por Martineze Cuevas (1989). A leitura foi realizada em Espectrofotômetro da marca COLEMAN modelo 35-D a 610nm de absorbância (A). O teor de amilopectina foi determinado por diferença (Amilopectina = 100 - %amilose).

#### 2.5. Propriedades físicas

Os amidos foram caracterizados quanto a higroscopicidade (GOULA; ADAMOPOULOS, 2010), densidade aparente (CAPARINO et al., 2012), densidade compactada (TONON et al., 2013), densidade real (HAWKES, 2004), Índice de compressibilidade ou índice de Carr (USP, 2006), Fator de Hausner (HAUSNER, 1967), porosidade (JINAPONG; SUPHANTHARIKA; JAMNONG, 2008), solubilidade (DACANAL; MENEGALLI, 2009) e capacidade de absorção de água e óleo (BEUCHAT, 1977).

#### 2.6. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A morfologia das partículas foi avaliada por microscopia eletrônica de varredura (MEV) com um TESCAN VEGA 3, operado a 5 kV e com ampliações variando de 250x a 1000x. Nenhum revestimento foi necessário. As imagens de MEV foram analisadas em triplicata usando ImageJ para determinação do tamanho e forma das partículas.

#### 2.7. Cristalinidade

A estrutura cristalina dos grânulos de amido foi investigada por difratometria de raios-X, em difratômetro de raio-X Modelo XRD-7000, da Shimadzu Corporation, e o grau de cristalinidade foi calculado pelo software XRD\_LA.

## 2.8. Espectroscopia no infravermelho com a transformação de Fourier – FTIR

A obtenção dos espectros na região do infravermelho foi feita utilizando o sistema Perkin Spectrum 400 Series com transformada de Fourier (FTIR), ao longo de um intervalo de 400 – 4.000  $\text{cm}^{-1}$ , a partir de um sedimento de brometo de potássio (KBr).

## 2.9. Análise Termogravimétrica/Derivada Termogravimétrica – TGA/DTA

Para a técnica de TGA utilizou-se um analisador termogravimétrico Perkin, modelo PYRIS 1, por meio do qual as análises foram realizadas em modo dinâmico com programação de temperatura de 30 °C até 730 °C. Foi realizada com uma velocidade de aquecimento de 10 °C/min e a taxa atmosfera de 20 mL  $\text{N}_2$ /min.

## 2.10. Análise estatística

Os resultados das análises físicas e físico-químicas foram submetidos a um delineamento inteiramente casualizado e as diferentes amostras foram analisadas por meio de análise de variância e comparação entre médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando-se o programa estatístico ASSISTAT versão 7.7.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Caracterização físico-química dos amidos

Na Tabela 1 encontra-se a composição físico-química dos amidos liofilizados, estando estes dentro dos limites estabelecidos pela resolução RDC nº263/2005 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, que preconiza para o amido de mandioca e batata: umidade máxima 18 e 21%p/p; acidez máxima 1,5 e 2,0% v/p; amido mínimo 80% p/p, resíduo mineral fixo máximo 0,25 e 0,50% p/p; respectivamente (BRASIL, 2005).

**Tabela 1-** Composição físico-química, análise de cor e teor de amilose e amilopectina dos amidos de mandioca, batata doce e batata inglesa liofilizados

	AM	ABD	ABI
$a_w$	0,139 <sup>a</sup> ±0,005	0,136 <sup>a</sup> ±0,010	0,117 <sup>a</sup> ±0,015
Cinzas (%)	0,23 <sup>c</sup> ±0,02	0,30 <sup>b</sup> ±0,03	0,40 <sup>a</sup> ±0,01
Acidez (%)	1,55 <sup>b</sup> ±0,01	1,81 <sup>a</sup> ±0,11	1,94 <sup>a</sup> ±0,01
Teor de água (%)	6,44 <sup>b</sup> ± 0,18	7,25 <sup>a</sup> ±0,24	6,31 <sup>b</sup> ±0,30
pH	6,77 <sup>a</sup> ±0,04	6,3500 <sup>c</sup> ±0,02	6,48 <sup>b</sup> ±0,00
Proteínas (%)	0,66 <sup>b</sup> ±0,01	0,70 <sup>b</sup> ±0,03	1,61 <sup>a</sup> ±0,10
Amilose (%)	11,75 <sup>b</sup> ±0,10	15,29 <sup>a</sup> ±0,21	15,09 <sup>a</sup> ±0,01
Amilopectina (%)	88,25 <sup>a</sup> ±0,10	84,70 <sup>b</sup> ±0,21	84,90 <sup>b</sup> ±0,01
L	90,36 <sup>a</sup> ±0,11	88,59 <sup>b</sup> ±0,22	87,86 <sup>c</sup> ±0,04
A	-0,45 <sup>b</sup> ±0,18	-0,29 <sup>b</sup> ±0,05	-0,77 <sup>a</sup> ±0,03
B	2,63 <sup>b</sup> ±0,21	3,01 <sup>b</sup> ±0,34	3,87 <sup>a</sup> ±0,09

AM- amido de mandioca; ABD- amido de batata doce; ABI- amido de batata inglesa; \*Médias seguidas de mesma letra na mesma linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Observa-se que apenas para a atividade de água ( $a_w$ ) não obteve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as amostras. A redução da atividade de água nos amidos provenientes do processo de liofilização evita o desenvolvimento de microrganismos e as reações de degradação, assegurando uma maior vida útil destes. Fiorda et al. (2013) ao estudarem polvilho e farinha do bagaço da mandioca, observaram  $a_w$  das amostras coletadas, superiores a 0,30, determinando como uma condição não susceptível à

oxidação de lipídios, e inferior a 0,60, valor considerado limitante para a multiplicação microbiana. Os valores encontrados neste estudo são inferiores aos deste autor, podendo o método de secagem utilizado ter influenciado para obtenção de valores considerados baixos para atividade de água.

Após o processo de secagem, ocorre a concentração de alguns constituintes, como as proteínas e o conteúdo mineral, devido a remoção da água (SANTOS et al., 2015). Hung et al. (2017), em seu estudo com amidos de batata e de mandioca, observaram valores de 0,3 e 0,1% de resíduo mineral e de 0,9 e 0,8% de proteínas respectivamente, sendo os valores encontrados neste estudo superiores para os resíduos minerais e inferiores com relação a proteínas para os amidos de mandioca e batata doce.

Os amidos apresentaram pH próximos a neutralidade com valores variando de 6,35 a 6,77, evidenciando que os amidos possuem baixa acidez. Segundo Castro et al. (2017), a exposição do produto a elevadas temperaturas reduz os ácidos orgânicos devido a oxidação, no entanto, quando se utiliza o processo de secagem menos agressivo como a liofilização, ao qual os amidos foram submetidos resulta na preservação destes ácidos orgânicos, havendo apenas uma maior concentração após a remoção da água.

Com relação a composição do amido, em sua grande maioria é composta por 15-30% de amilose e 70-85% de amilopectina (CORRADINI et al., 2005). Sendo esta proporção dos dois polissacarídeos dependente da origem botânica do amido (PIETRZYK et al., 2018). Observou-se neste estudo que a composição de amilose e amilopectina do amido de mandioca se mostrou discrepante em relação aos demais amidos avaliados. Segundo Teixeira et al. (2017) a variedade da mandioca influencia na composição de seu amido, onde em seu estudo avaliando dezenove variedades desta raiz tuberosa, obteve valores variando de 13,39% a 29,91% de amilose e 70,09% a 86,71% de amilopectina. Kim, Ren e Shin (2013) ao estudarem oito variedades de batata doce japonesa, observaram valores entre 14,7 a 30,5% de amilose. Ao avaliarem diferentes genótipos de batata, Noda et al. (2007) observaram a composição do seu amido variando entre 18,4-26,2% de amilose.

Segundo Zhang et al. (2018) o teor variante de amilose em diferentes variedades deve-se, principalmente, às diferentes origens genótípicas, onde o teor de amilose e a relação amilose a amilopectina, se caracterizam como fatores importantes que podem afetar a estrutura e as propriedades do amido, determinando as aplicações do amido e, conseqüentemente, as características dos produtos finais aos quais serão aplicados.

A cor dos amidos é uma característica importante do produto e contribui para a aceitação do consumidor. A análise colorimétrica realizada nos amidos apresentou diferença significativa para a luminosidade ( $L^*$ ), observando-se que apesar de todas as amostras apresentarem alta luminosidade e tendência a cor branca, o maior valor obtido foi para o amido de mandioca, se caracterizando assim como o amido mais claro. O parâmetro  $a^*$  apresentou uma leve tendência de coloração na escala do verde e para o parâmetro  $b^*$  na escala do amarelo. A avaliação dos valores dos parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  dos amidos permitiram classificá-los como produto de coloração branca.

### 3.2. Propriedades físicas dos amidos

Na Tabela 2 encontram-se os resultados obtidos para caracterização quanto às propriedades físicas dos amidos.

**Tabela 2-** Propriedades físicas dos amidos liofilizados

	AM	AB	ABI
Solubilidade (%)	93,00 <sup>a</sup> ±0,48	92,00 <sup>a</sup> ±0,42	92,35 <sup>a</sup> ±0,56
Densidade compactada (g/cm <sup>3</sup> )	0,63 <sup>b</sup> ±0,01	0,62 <sup>b</sup> ±0,01	0,88 <sup>a</sup> ±0,01
Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> )	0,54 <sup>b</sup> ±0,00	0,52 <sup>b</sup> ±0,01	0,73 <sup>a</sup> ±0,00
Densidade real (g/cm <sup>3</sup> )	0,63 <sup>b</sup> ± 0,00	0,63 <sup>b</sup> ±0,03	0,92 <sup>a</sup> ±0,00
Porosidade	14,07 <sup>b</sup> ±0,23	14,68 <sup>b</sup> ±0,34	19,72 <sup>a</sup> ±0,48
Índice de Carr (%)	14,00 <sup>b</sup> ±0,65	16,54 <sup>a</sup> ±0,72	16,76 <sup>a</sup> ±0,65
Fator de Hauser	1,17 <sup>a</sup> ±0,01	1,18 <sup>a</sup> ±0,02	1,20 <sup>a</sup> ±0,00
Higroscopicidade (%)	94,99 <sup>c</sup> ±0,10	96,81 <sup>a</sup> ±0,04	95,33 <sup>b</sup> ±0,07
Capacidade de absorção de óleo (g/100g)	76,60 <sup>a</sup> ±0,78	62,68 <sup>b</sup> ±0,57	60,47 <sup>c</sup> ±0,59
Capacidade de absorção de água (g/100g)	72,78 <sup>b</sup> ±0,69	52,32 <sup>c</sup> ±0,49	92,65 <sup>a</sup> ±0,67

AM- amido de mandioca; ABD- amido de batata doce; ABI- amido de batata inglesa; \*Médias seguidas de mesma letra na mesma linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Uma das principais características físicas que reflete em boa aceitação pelos consumidores é a boa dispersibilidade dos pós, característica que está associada a

solubilidade dos mesmos. A solubilidade é um dos parâmetros que demonstra a capacidade do pó em se manter em mistura homogênea com a água (DUARTE et al., 2017). Os resultados obtidos mostram que o amido de mandioca tem a maior solubilidade em relação aos demais amidos apresentando 93%. Ao estudarem as propriedades físico-química do amido de caroços de manga da variedade Tommy Atkins, Mendes et al. (2015) encontraram solubilidade de 33,90%.

As densidades aparente, real e compactada apresentaram comportamento semelhante, onde os amidos de mandioca e batata doce apresentaram mesmo comportamento diferindo estatisticamente ( $p < 0,05$ ) do amido de batata inglesa.

Com relação à densidade compactada, o amido de batata inglesa obteve o maior valor ( $0,88 \text{ g/cm}^3$ ) seguido do amido de mandioca ( $0,63 \text{ g/cm}^3$ ) e amido de batata doce ( $0,62 \text{ g/cm}^3$ ). Dias et al. (2010) ao estudarem as propriedades tecnológicas de granulados de amido e lactose, observaram valores de densidade compactada de  $0,580$  e  $0,710 \text{ g/cm}^3$ , sendo portanto, inferiores aos encontrados neste estudo.

Produtos na forma de pós possuem densidade aparente entre  $0,3-0,8 \text{ g/cm}^3$  e densidade real próxima de  $1,4 \text{ g/cm}^3$ , onde alguns fatores combinados podem afetar os mesmos, como a intensidade das forças de atração das partículas, tamanho da partícula, número de pontos de contato e a higroscopicidade (BARBOSA-CÁNOVAS et al., 2005).

A densidade aparente das amostras apresentou valores menores que a densidade real, resultado este devido a se considerar os espaços vazios entre as partículas inerentes ao processo de liofilização (SUBIA et al., 2010). A densidade é um parâmetro importante na especificação de embalagens, transporte e armazenamento (SILVA et al., 2013).

Os amidos de mandioca e batata doce apresentaram a menor porosidade,  $14,07$  e  $14,68$ , respectivamente e, conseqüentemente, a menor capacidade de absorção de água. Segundo Bouchonneau et al. (2010), a porosidade de um material está diretamente relacionada com sua capacidade de absorver água, pois com o aumento da porosidade haverá uma maior entrada da água nos espaços vazios.

Com relação à fluidez dos amidos, esta pode ser expressa por meio do Índice de Carr (IC), onde quanto maior for este, menor será a fluidez do produto (SANTHALAKSHMY et al., 2015). A fluidez de pós é uma propriedade de grande importância, pois, afeta o manuseio, processamento e armazenamento dos mesmos. Os pós que apresentam índice de carr menor do que 15 são classificados como muito bons e entre 15-20 possuem boa fluidez (FITZPATRICK et al., 2004; FERNANDES, et al. 2016), dessa forma os amidos liofilizados deste estudo apresentam-se com boa fluidez e

o amido de mandioca (AM) devido ao menor (IC) possui a maior fluidez, seguido de ABD e ABI.

Os amidos apresentaram baixa coesividade, onde de acordo com a classificação de Villa Nova et al. (2012), valores para Fator de Hausner menores que 1,25 demonstram que os amidos podem ser facilmente escoados, o que facilita no envase do produto. Resultado este, que condiz com o encontrado para o índice de carr, sendo o amido de mandioca caracterizado com boa fluidez e fácil escoamento.

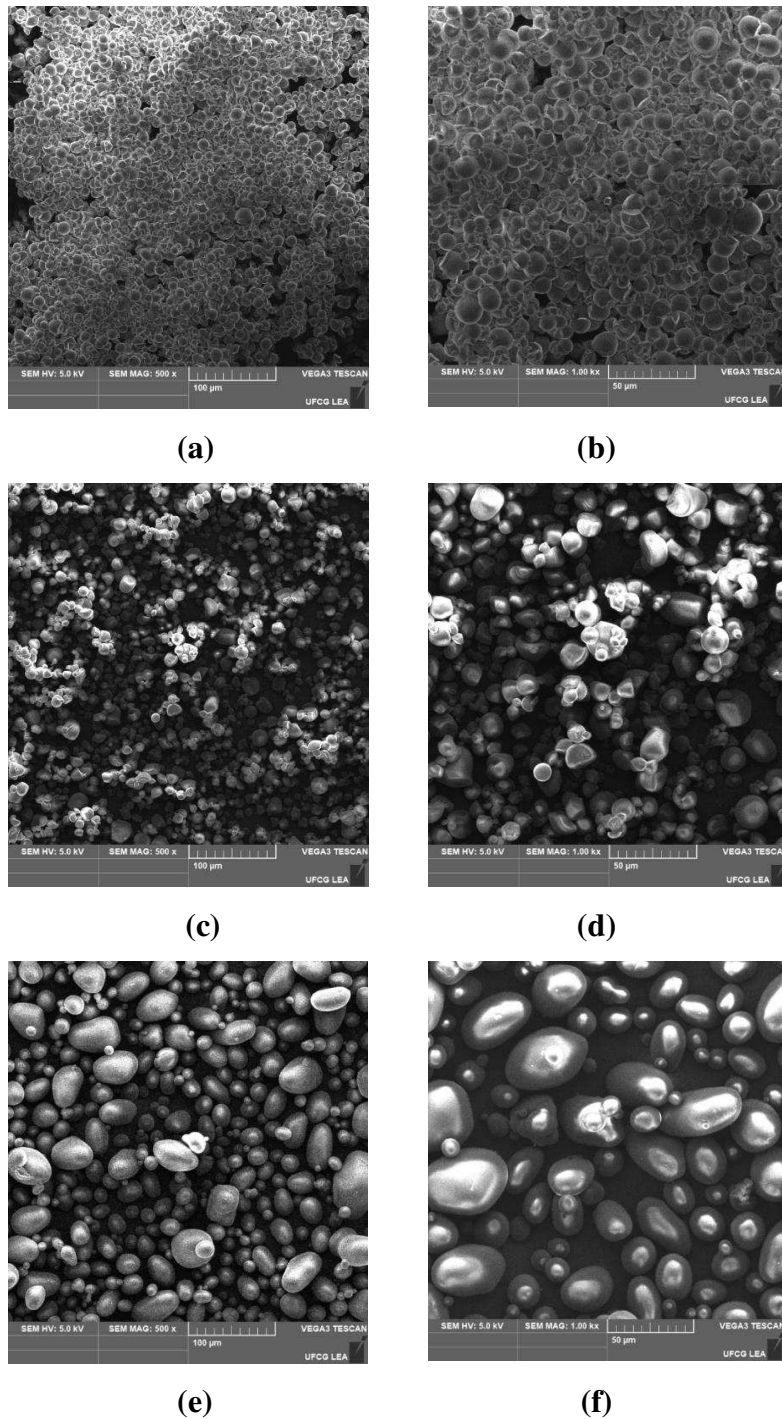
Segundo a classificação do Gea Niro Research Laboratory (2003), pós que apresentem higroscopicidade acima de 25% são considerados extremamente higroscópicos, estando os amidos deste trabalho nesta classificação, devendo-se ter um maior cuidado no armazenamento dos mesmos. Segundo Oliveira, Clemente e Costa (2012), a estabilidade física, química e microbiológica de um alimento está diretamente relacionada à sua higroscopicidade. Neste parâmetro o amido de mandioca (AM) também obteve a menor porcentagem, seguido dos amidos de batata inglesa (ABI) e batata doce (ABD).

O amido de mandioca e o de batata inglesa apresentaram os maiores valores de capacidade de absorção de água, 72,78 g/100g e 92,65 g/100g, respectivamente. Enquanto que para a capacidade de absorção de óleo os maiores valores encontrados foram para o amido de mandioca e de batata doce, 76,60g/100g e 62,68g/100g, respectivamente. Fiorda et al. (2013) obtiveram para o amido de mandioca maiores valores para a capacidade de absorção de óleo em relação a absorção de água, comportamento semelhante ao encontrado no presente trabalho. Segundo Porte et al. (2011) o conhecimento destas propriedades é de fundamental importância, quando se tem por finalidade a elaboração de produtos alimentícios, sendo altos valores para capacidade de absorção de água e óleo desejáveis.

### 3.3. Microscopia eletrônica de varredura

Os resultados dos MEV para as três espécies estudadas mostraram diferenças quanto ao tamanho e formato dos grânulos de amido para as diferentes fontes botânicas, sendo a menor relação de tamanho para os grânulos do amido de mandioca e a de maior tamanho para os grânulos de batata inglesa (Figura 1).





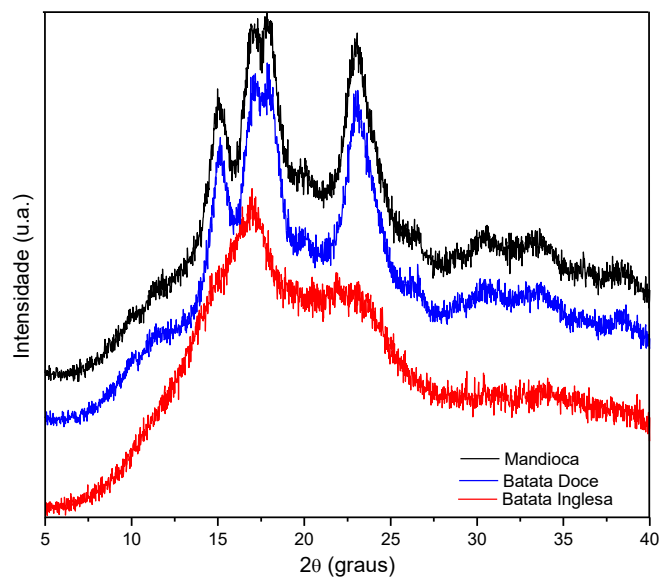
**Figura 1-** Fotomicrografias de MEV do amido de mandioca (a) e (b); amido de batata doce (c) e (d); e amido de batata inglesa (e) e (f) com aumento de 500x e 1000x, respectivamente.

Os grânulos do amido de mandioca apresentaram forma esférica com superfície lisa e com algumas esferas ligeiramente achatadas. São grânulos sem rugosidades aparentes com tamanhos variando entre um tamanho mínimo aproximado de 2,5 μm a tamanho máximo de 20 μm. Os grânulos do amido de batata doce apresentaram forma

esférica, ovalada e poligonal com e sem rugosidades aparente com tamanho variando entre um mínimo de aproximadamente 10  $\mu\text{m}$  a um tamanho máximo de 25  $\mu\text{m}$ . No amido de batata inglesa, os grânulos apresentam formas predominantemente ovaladas e esféricas com algumas rugosidades aparentes e com tamanhos variando entre um tamanho mínimo de aproximadamente 10  $\mu\text{m}$  a um tamanho máximo de 50  $\mu\text{m}$ . Vieira et al. (2010) observaram formato oval e esférico medindo de 4 a 15  $\mu\text{m}$  para o amido de mandioca. Gonçalves et al. (2010) relataram que a aparência típica dos grânulos do amido de batata doce é de formato redondo, ovalado e poligonal. Leonel (2007) observou para os grânulos de amido de batata formato ovalado e circular com diâmetros entre 20 e 40  $\mu\text{m}$ .

### 3.4. Difratometria de Raio X

Na Figura 2 encontram-se os difratogramas dos amidos de mandioca, batata doce e batata inglesa.



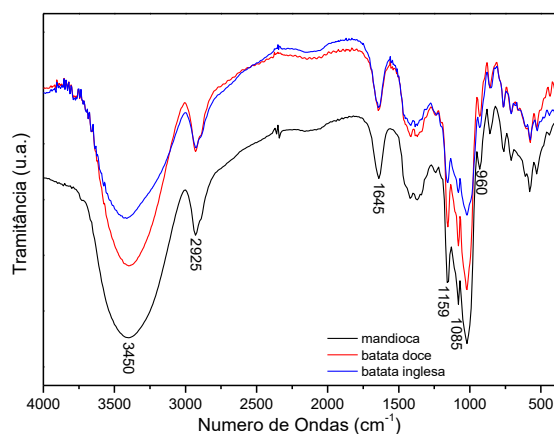
**Figura 2** – DRX dos amidos de mandioca, de batata doce e de batata inglesa.

Os graus de cristalinidade estimados foram de 28%, 35% e 32% para os amidos de mandioca, batata doce e batata inglesa, respectivamente. Young et al. (2018) ao avaliarem o amido de sete variedades de batata doce roxa obtiveram cristalinidade variando de 34 a 37,5%, Zhang et al. (2018) ao estudarem os efeitos da adubação potássica sobre as propriedades físico-químicas do amido de batata obtiveram cristalinidade de 32,1 a 35,8% e Dudu et al. (2019) ao avaliarem o impacto do tratamento

térmico nas propriedades estruturais e funcionais da farinha e amido de mandioca observaram 31,52% de cristalinidade, valores estes próximos aos encontrados neste estudo. Os graus de cristalinidade encontrados para os amidos se mostraram proporcionais aos teores de amilose determinados para as amostras (Tabela 1) e também são funções do tamanho das cadeias dos polissacarídeos presentes, que com o aumento de tamanho apresentam maior possibilidade de interação intermolecular, o que pode provocar modificações em algumas propriedades térmicas e reológicas do amido. (TEXEIRA et al., 2018).

### 3.5. Espectroscopia no Infravermelho

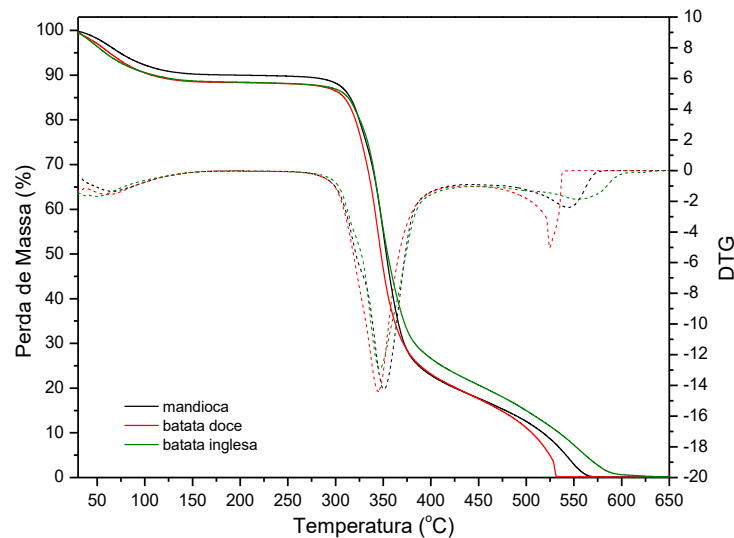
Observa-se na Figura 3 os espectros da região do infravermelho para os amidos de mandioca, batata doce e batata inglesa. As principais bandas observadas, e que são características de moléculas de amilose e amilopectina presentes em estruturas de amido, são: em  $3450\text{ cm}^{-1}$ , atribuída à presença de deformações axiais de grupos hidroxilas O-H; em  $2925\text{ cm}^{-1}$  atribuída a deformações axiais das ligações C-H; bandas de deformações axiais de ligações C-O-C de éteres entre os comprimentos de ondas entre  $1159$  e  $1085\text{ cm}^{-1}$ ; e entre  $1190$  e  $960\text{ cm}^{-1}$  observa-se as bandas de deformação C-O. Comportamento semelhante foi observado por Lima et al. (2012) ao estudarem o amido de farinhas comerciais.



**Figura 3** – Espectro de infravermelho por transformada de Fourier dos amidos de mandioca, batata doce e batata inglesa

### 3.6. Termogravimetria - TGA/DTG

Na Figura 4 tem-se as curvas termogravimétricas e suas derivadas, pode-se observar os eventos de perda percentual de massa com o aumento de temperatura para os três amidos estudados, com o início e fim dos eventos determinados com auxílio da DTG. Verifica-se, a ocorrência de três eventos distintos de perda de massa, assim como observado por Di-Medeiros et al. (2014).



**Figura 4**– Espectro de infravermelho por transformada de Fourier dos amidos de mandioca, batata doce e batata inglesa.

O primeiro evento, que iniciou em cerca de 30 °C até cerca de 200 °C, corresponde a perda de água nas três amostras de amido analisadas. As cadeias de glicose, estruturas formadoras do amido, que se apresentam naturalmente noveladas e interligadas, principalmente pelas ligações de hidrogênio que se formam entre as cadeias devido à presença da hidroxila ligada ao anel hexagonal, interagem com a água apresentando determinado grau de hidratação. Nessa faixa, o aumento da temperatura tende a provocar reações hidrotérmicas, que promovem alterações estruturais nos grânulos, devido às interações entre as unidades de glicose do amido com a água que se encontra presente.

No segundo evento, onde se inicia os processos de degradação e perda efetiva de massa das unidades de amido, com início em cerca de 200 °C e final em aproximadamente 450 °C, observa-se, principalmente, a degradação da amilopectina.

No terceiro, que tem início em cerca de 450 °C e termina em cerca de 700 °C, observa-se a degradação da amilose, que pela sua linearidade e cristalinidade, apresenta-se mais resistente a degradação térmica.

Os valores estimados para os eventos que caracterizam os termogramas dos amidos estudados estão relacionados na Tabela 3.

**Tabela 3**– Faixas de temperaturas de degradação dos amidos de mandioca, batata doce e batata inglesa e as perdas de massa correspondentes.

Amido	Temperatura (°C)	Perda de massa (%)
Mandioca	30 – 197	9,78
	197 – 443	71,66
	443 – 700	18,26
Batata Doce	30 – 191	11,04
	191 – 441	69,80
	441 – 700	18,47
Batata Inglesa	30 – 203	11,28
	203 – 452	67,94
	452 – 700	20,25

Observa-se que os amidos estudados apresentaram perfil térmico semelhante, porém, na faixa correspondente ao final da segunda e na terceira etapa de degradação, correspondente a faixa de degradação do amido na batata inglesa se mostrou ligeiramente mais resistente. Esse fato pode está relacionado, ao tamanho da cadeia das moléculas de amilopectina e amilose presentes nessa espécie e a interação entre essas cadeias.

#### **4. CONCLUSÕES**

O amido de mandioca obteve o menor teor de amilose e, conseqüentemente, maior teor de amilopectina. Com relação as propriedades físicas, este obteve destaque, uma vez que, estas influenciam significativamente em sua aplicação em processos industriais, obtendo menor índice de Carr, apresentando boa fluidez, menor higroscopicidade e maior capacidade de absorção de óleo. Apresentou menor tamanho de grânulo e o menor grau de cristalinidade em relação ao amido de batata de doce e batata inglesa. Os demais amidos estudados também apresentaram propriedades atraentes para o uso industrial.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, D. J.; JIACOMELLI, V. G.; MACHADO, I. S.; FREITAS, G. B. L. Quantificação e Caracterização de Amido e Proteínas de Diferentes Cultivares de Batata Doce *Ipomoea batatas*, **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v.21, n.3, p. 156-160, 2017.
- BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; ORTEGA-RIVAS, E.; JULIANO, P.; YAN, H. (2005). Food powders: Physical properties, processing, and functionality. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- BEUCHAT, L. R. Functional and electrophoretic characteristic of succinylated peanut flour proteins. **Journal Agriculture Chemistry**, v. 25, n. 2, p. 258-260, 1997.
- 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. Disponível para busca em: 01/09/18.
- BOUCHONNEAU, N.; CARVALHO, A. R.; MACÊDO, A. R. L.; VIANA, L. U.; NASCIMENTO, A. P.; DUARTE, J. B. F.; MACÊDO, A. R. M. Análise da absorção de água em dois polímeros expandidos: desenvolvimento do módulo de fluabilidade de um mini-robô submarino. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v.20, n.3, p.181-187, 2010.
- CAPARINO, O. A.; TANG, J.; NINDO, C. I.; SABLANI, S. S.; POWERS, J. R.; FELLMAN, J. K. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine ‘Carabao’ var.) powder. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v.111, n.1, p.135-148, 2012.
- CASTRO, D. S.; OLIVEIRA, T. K. B.; LEMOS, D. M.; ROCHA, A. P. T.; ALMEIDA, R. D. Efeito da temperatura sobre a composição físico-química e compostos bioativos de farinha de taro obtida em leite de jorro. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.20, n.1, p. 1-5, 2017.
- CORRADINI, E.; LOTTI, C.; MEDEIROS, E. S.; CARVALHO, A. J. F.; CURVELO, A. A. S.; MATTOSO, L. H. C. Estudo comparativo de amidos termoplásticos derivados do milho com diferentes teores de amilose. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 15, p. 268- 273, 2005.
- DACANAL, G. C.; MENEGALLI, F. C. Experimental study and optimization of the agglomeration of acerola powder in a conical fluid bed. **Powder Technology**, v. 188, n. 3, p. 187-194, 2009.

- DAS, D., JHA, S., & KUMAR, K. J. (2015). Isolation and release characteristics of starch from the rhizome of Indian Palo. **International Journal of Biological Macromolecules**, 72, 341–346.
- DENARDIN, C.C.; SILVA, L.P.; Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Ciência Rural**, v.39, n.3, p.945-954, 2009.
- DI-MEDEIROS, M. C. B.; PASCOAL, A. M. BATISTA, K. A.; BASSINELO, P. Z.; LIÃO, L. M.; LELES, M. I. G.; FERNANDES, K. F. Rheological and biochemical properties of Solanum lycocarpum starch. **Carbohydrate Polymers**, v.104, n.1, p.66-72, 2014.
- DIAS, I. L. T.; SOUZA, H. B.; PINTO, J. D. B.; MENIN, S. E. A.; PINTO, M. C. Avaliação das propriedades tecnológicas de granulados de amido e lactose e para produção de comprimidos por compressão direta. **Ciência & Inovação**, v. 1, n. 1, p. 1-10, 2010.
- DUARTE, E. L.; CARLOS, L. A.; GONÇALVES, C. R.; ANDRADE, R. M.; OLIVEIRA, K. G. Influência da liofilização sobre os carotenoides de frutos do cerrado e comportamento higroscópico dos produtos liofilizados. **Perspectivas online: biológicas e da saúde**, v.23, n.7, p.22-33, 2017.
- DUDU, O. E.; OYEDEJI, A. B.; OYEYINKA, S. A.; MA, Y. Impact of steam-heat-moisture treatment on structural and functional properties of cassava flour and starch. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.126, n.1, p.1056-1064, 2019.
- ESPINOSA-SOLIS, V.; JAY-LIN J.; BELLO-PEREZ, L. A. Physicochemical Characteristics of Starches from Unripe Fruits of Mango and Banana. **Starch/Stärke**, v.61, n.5, p.291–299, 2009.
- FERNANDES, R. V. B.; CARMO, E. L.; BORGES, S. V.; BOTREL, D. A.; SILVA, Y. F.; SOUZA, H. J. B. Comportamento de óleo essencial de alecrim microencapsulado por spray drying em diferentes umidades relativas. **Ciência Agrícola**. v.14, n.1, p.73-82, 2016.
- FIALHO, J. F.; VIEIRA, E. A. **Mandioca No Cerrado: Orientações Técnicas**. Embrapa Cerrados, Planaltina (2011), p. 208.
- FIGUEIREDO, P. G.; TANAMATI, F. Y.; MARTINS, D.; BICUDO, S. J.; CURCELLI, F. Cultivares, qualidade de tubérculos e comercialização da batata no Brasil. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 7, n. 1, p.42-52, 2011.



- FIORDA, F. A.; JUNIOR, M. S. S.; SILVA, F. A.; SOUTO, L. R. F.; GROSSMANN, M. V. E. Farinha de bagaço de mandioca: aproveitamento de subproduto e comparação com fécula de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 4, p. 408-416, 2013.
- FITZPATRICK, J. J.; IQBAL, T.; DELANEY, C.; TWOMEY, T.; KEOGH, M. K. Effect of powder properties and storage conditions on the flowability of milk powders with different fat contents. **Journal of Food Engineering**, v.64, n.1, p.435–444, 2004.
- GEA Niro Research Laboratory. **Analytical methods dry milk products**. Soeborg: GEA NIRO, 2003. 103p. (GEA Niro Analytical methods 14a-15a).
- GONÇALVES, M. F. V.; SARMENTO, S. B. S.; DIAS, C. T. S.; MARQUEZENI, N. Tratamento térmico do amido de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) sob baixa umidade em micro-ondas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.29, n.2, p.270-276, 2009.
- GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. A new technique for spray drying orange juice concentrate. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.11, p.342-351, 2010.
- GRUMEZESCU, A.; Food Packaging: Nanotechnology in the Agri-Food Industry, v.7, Academic Press: New York, 2016.
- GUO, K.; LIN, L.; FAN, X.; ZHANG, L.; WEI, C. Comparison of structural and functional properties of starches from five fruit kernels. **Food Chemistry**, v. 257, p. 75 – 82, 2018.
- GUO, K.; LIU, T.; XU, A.; ZHANG, L.; BIAN, X.; WEI, C. Structural and functional properties of starches from root tubers of white, yellow, and purple sweet potatoes. **Food Hydrocolloids**, v.89, n.1, p.829-836, 2019.
- HAN, H.; HOU, J.; YANG, N.; ZHANG, Y.; CHEN, H.; ZHANG, Z.; SHEN, Y.; HUANG, S.; GUO, S. Insight on the changes of cassava and potato starch granules during gelatinization. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.126, n.1, p.37-43, 2019.
- HAUSNER, H. H. Friction conditions in a mass of metal powder. **Powder Metall**, v.3, p.7-13, 1967.
- HAWKES, K. The Grandmother Effect. **Nature**, v.428, n.1, p.128-129, 2004.
- HOGEKAMP, S.; SCHUBERT, H. Rehydration of Food Powders. **Food Science Technology International**, v. 9, n.1, p. 223-235, 2003.
- HUNG, P. V.; HUONG, N. T. M.; PHI, N. T. L.; TIEN, N. N. T. Physicochemical characteristics and *in vitro* digestibility of potato and cassava starches under organic acid

and heat-moisture treatments. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.95, n.1, p. 299-305, 2017.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análises de alimentos**. 4ª ed. 1ª ed. Digital, São Paulo, 2008. 1020p

ISSA, A.; IBRAHIM, S. A.; TAHERGORABI, R. Impact of Sweet Potato Starch-Based Nanocomposite Films Activated With Thyme Essential Oil on the Shelf-Life of Baby Spinach Leaves, **Foods**, v.6, n.43, 2017.

JINAPONG, N.; SUPHANTHARIKA, M.; JAMNONG, P. Production of instant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying and fluidized bed agglomeration. **Journal of Food Engineering**, v.84, n.1, p. 194-205, 2008.

KIM, J.; REN, C.; SHIN, M. Physicochemical properties of starch isolated from eight different varieties of Korean sweet potatoes. **Starch**, v.65, n.1, p.923-930, 2013.

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

LIMA, B. N. B.; CABRAL, T. B.; NETO, R. P. C.; TAVARES, N. I. B.; Estudo do Amido de Farinhas Comerciais Comestíveis. **Polímeros**, v.22, n.5, p.486-490, 2012.

NODA, T.; KOTTEARACHCHI, N. S.; TSUDA, S.; MORI, M.; TAKIGAWA, S.; MATSUURA-ENDO, C.; KIN, S. J.; HASHIMOTO, N.; YAMAUCHI, H. Starch phosphorous content in potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars and its effect on other starch properties. **Carbohydrate Polymers**, v.68, n.1, p.793-796, 2007.

MENDES, M. L. M.; RIBEIRO, A. P. L.; ALMEIDA, E. C. Efeito da acidificação nas propriedades físicoquímicas e funcionais do amido de sementes de manga (*Mangifera indica* L.), variedade Tommy Atkins. **Revista Ceres**, v. 62, n. 3, p. 225-232, 2015.

OLIVEIRA, D. M.; CLEMENTE, E.; COSTA, J. M. C. Hygroscopic behavior and degree of caking of grugru palm (*Acrocomia aculeata*) powder. **Journal of Food Science and Technology**, v.1, n.1, p.1-7, 2012.

PIETRZYK, S.; FORTUNA, T.; JUSZCZAK, L.; GAŁKOWSKA, D.; BACZKOWICZ, M.; ŁABANOWSKA, M.; KURDZIEL, M. Influence of amylose content and oxidation level of potato starch on acetylation, granule structure and radicals' formation. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.106, n.1, p.57-67, 2018.

PIRES, P. S.; QUADROS, G. S. L.; GADELHA, G. G. P. Desenvolvimento e caracterização de pão sem glúten à base de farinha de vegetais, **e-xacta**, v. 11, n. 1, p. 85-95, 2018.

- REDDY, C. K.; KIMI, L.; HARIPRIYA, S. Variety difference in molecular structure, physico-chemical and thermal properties of starches from pigmented rice. **International Journal of Food Engineering**, v.12, n.6, 557–565, 2016.
- ROSARIO, R. R.; FLORES, D. M. Functional properties of four types of mung bean flour. **Journal Science Food Agricultural**, v. 32, n.1, p.175–180, 1981.
- SANTHALAKSHMY, S.; BOSCO, S. J. D.; FRANCIS, S.; SABEENA, M. Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder. **Powder Technology**, v.274, n.1, p.37-43, 2015.
- SANTOS, D. C.; OLIVEIRA, E. N. A.; MARTINS, J. N.; ROCHA, A. P. T. Secagem da polpa de caju em secador de leito de jorro. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v.9, n.2, p.1875-1887, 2015.
- SILVA, P. A.; CUNHA, R. L.; LOPES, A. S. PENA, R. D. Characterization of tapioca flour obtained in Para state, **Ciência Rural**, v.43, n.1, p. 185-191, 2013.
- SILVA, G. A.; CAVALCANTI, M. T., ALMEIDA, M. C. B. M.; ARAÚJO, A. S.; CHINELATE, G. C. B.; FLORENTINO, E. R. Utilização do amido da amêndoa da manga Tommy Atkins como espessante em bebida láctea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.12, p.1326–1332, 2013.
- ŠIMKOVÁ, D.; LACHMAN, J.; HAMOUZ, K.; VOKÁL, B. Effect of cultivar, location and year on total starch, amylose, phosphorus content and starch grain size of high starch potato cultivars for food and industrial processing. *Food Chem*, v.141, n.4, p.3872–3880, 2013.
- SUBIA, B.; KUNDU, J.; KUNDU, S.C. Biomaterial Scaffold Fabrication Techniques for Potential Tissue Engineering Applications. **Tissue Engineering**, v.1, n.1, p.142-158, 2010.
- SUKHIJA, S.; SINGH, S.; RIAR, C. S. Isolation of starches from different tubers and study of their physicochemical, thermal, rheological and morphological characteristics. **Starch-Stärke**, v.68, n.1, p.160–168, 2016.
- TAN, X.; XIAOXI, L.; CHEN, L.; XIE, F.; LI, L.; HUANG, J. Effect of heat-moisture treatment on multi-scale structures and physicochemical properties of breadfruit starch. **Carbohydrate Polymers**, v. 161, p. 286-294, 2017.
- TEIXEIRA, P. R. G.; VIANA, A. E. S.; CARDOSO, A. D.; MOREIRA, G. L. P.; MATSUMOTO, S. N.; RAMOS, P. A. S. Physical-chemical characteristics of sweet cassava varieties, **Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.12, n.2, p.158-165, 2017.

- TEIXEIRA, B. S.; GARCIA, R. H. L.; TAKINAMI, P. Y. I.; MASTRO, N. L. Comparison of gamma radiation effects on natural corn and potato starches and modified cassava starch. **Radiation Physics and Chemistry**, v.142, n.1, p. 44-49, 2018.
- TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Aplicação da secagem por atomização para a obtenção de produtos funcionais com alto valor agregado a partir do açaí. **Inclusão Social**, v.6, n.2, p.70-76, 2013.
- VIEIRA, J. C.; MONTENEGRO, F. M.; LOPES, A. S.; PENA, R. S. Influência da adição de fécula de mandioca nas características do pão tipo chá. **B. Ceppa**, v.28, n.1, p.37-48, 2010.
- VILLANOVA, J. C. O.; LIMA, T. H.; PATRÍCIO, P. S.; PEREIRA, F. V.; AYRES, E. Síntese e caracterização de *beads* acrílicos preparados por polimerização em suspensão visando aplicação como excipiente farmacêutico para compressão direta. **Química Nova**, v. 35, n. 1, p. 124-131, 2012.
- 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. **Food Science and Technology**, v. 26, n.3, p.666-671, 2006.
- YOUNG, H.; WANG, X.; SUN, J.; FANG, Y.; LIU, J.; JIN, C. Comparison of the structural characterization and physicochemical properties of starches from seven purple sweet potato varieties cultivated in China. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.120, n.1, p.1632-1638, 2018.
- ZENEBON, O.; PASCUET, NS; TIGLEA, P. (Coord.). Procedimentos e determinações gerais. Em: ZENEBON, O.; PASCUET, NS; TIGLEA, P. (Coord.). **Métodos físicos-químicos para análise de alimentos**. 4.ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.
- ZHANG, L.; ZHAO, L.; BIAN, X.; GUO, K.; ZHOU, L.; WEI, C. Characterization and comparative study of starches from seven purple sweet potatoes, **Food Hydrocolloids**, v.80, n.1, p.168-176, 2018.
- ZHANG, W.; LIU, X.; WANG, Q.; ZHANG, H.; LI, M.; SONG, B.; ZHAO, Z. Effects of potassium fertilization on potato starch physicochemical properties. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.117, n.1, p.467-472, 2018.
- ZHU, F.; WANG, S. Physicochemical properties, molecular structure, and uses of sweet potato starch. **Food Science & Technology**, v. 36, n. 2, p. 68-78, 2014.

**ARTIGO 2 – ARMAZENAMENTO CONGELADO DE MASSA SEM GLÚTEN: QUALIDADE MICROBIOLÓGICA, DE TEXTURA E SENSORIAL**

**RESUMO:** Este trabalho teve como objetivo elaborar massas alimentícias sem glúten utilizando o amido de mandioca. As massas foram caracterizadas quanto as suas características físico-químicas e reológicas. Verificou-se a influência do congelamento nas temperaturas de -50 °C e -150 °C nos parâmetros microbiológicos, de textura e sensoriais no armazenamento à -25 °C. Quanto a composição nutricional as massas sem glúten apresentaram baixo teor de gordura e proteínas, alto teor de fibra bruta, carboidratos e valor energético em relação a massa com glúten. As massas apresentaram comportamento de fluido não newtoniano pseudoplástico e o modelo de Mizrahi–Berk foi o que melhor ajustou os dados experimentais. Durante os seis meses de armazenamento congelado as massas permaneceram do ponto de vista microbiológico, satisfatória para o consumo, apresentaram variações nos parâmetros de textura, sendo esta menor, para as massas congeladas à -150°C, porém essa diferença na temperatura não foi percebida pelos julgadores durante as análises sensoriais. Conclui-se que o congelamento à temperaturas mais baixas que as convencionais utilizadas para congelar as massas não impediu as perdas de textura do produto e não foi percebido pelos julgadores nas análises sensoriais, no entanto, as massas apresentaram boa qualidade microbiológica durante os seis meses e com boa aceitação sensorial.

**Palavras-chave:** *Manihot esculenta* Crantz. Massa alimentícia. Composição nutricional. Vida útil.

**ABSTRACT:** This work had as its theme the gluten free food industries using cassava starch. Filming was characterized by its physicochemical and rheological characteristics. Resistance to freezing at temperatures of -50 °C and -150 °C for microbiological, texture and sensory parameters in storage at -25 °C. Regarding the nutritional composition such as gluten-free pasta, low fat and protein, high crude fiber content, carbohydrates and energy value in relation to gluten mass. The pseudoplastic non-Newtonian behavioral options and the Mizrahi-Berk model improved experimental data. During the six months of frozen storage as maintenance waves from a microbiological point of view, satisfactory for consumption, the damage in texture parameters, being smaller for frozen masses at -150 °C, although this change was not noticed. by the judges during the sensory analyzes. It is concluded that freezing at temperatures lower than those used to freeze the masses as an impediment to product texture loss was not perceived by the judges in the sensory analysis, however, as a greater microbiology for six months with good sensory acceptance.

**Keywords:** *Manihot esculenta* Crantz. Pasta. Nutritional composition. Shelf life.

## 1. INTRODUÇÃO

As massas alimentícias se caracterizam como uma das formas mais antigas de alimentação, apresentando-se como um alimento de alta versatilidade por serem elaboradas com tecnologia simples, de baixo custo, praticidade no preparo, disponível nos mais variados formatos, com qualidade nutricional e elevado índice de aceitabilidade, fazendo parte do hábito alimentar da população de todas as faixas etárias e classes sociais (MINGUITA et al., 2015).

De modo geral, as massas possuem como matéria-prima majoritária a farinha de trigo (NICOLLETTI et al., 2008). Nesse cenário, novas pesquisas estão sendo desenvolvidas no sentido de disponibilizar massas sem glúten que apresentem características sensoriais e qualidade tecnológica semelhantes as tradicionais (TOMICKI, et al., 2015), visando trazer benefícios não só financeiros, mas também atender as necessidades da população que possui restrições alimentares, como os celíacos.

Neste sentido, o amido de mandioca é uma matéria-prima sem glúten, que pode ser utilizada na elaboração de massas alimentícias, possui grande produção regional e, que ao ser agregado valor, pode vir a dar sustentabilidade ao crescimento industrial da mandioca e aumentar a demanda interna e os mercados da mesma (MILDE et al., 2017).

É necessário estudar métodos de armazenamento destes produtos, visando uma extensão de vida útil dos mesmos. Segundo Kondakci, Zhang e Zhou (2015), o congelamento tem se mostrado um dos métodos mais adequados, por conseguir reduzir a atividade de microrganismos e enzimas em massas. Alguns estudos foram realizados com o intuito de verificar o efeito do congelamento em massas alimentícias (OLIVERA; SALVADORI, 2009; OLIVERA; SALVADORI, 2011; LIU; GUO; ZHU, 2019), tendo em vista que este processo pode vir a influenciar nas características sensoriais, de textura e vida útil deste produto.

Diante do exposto, tem-se como objetivo elaborar massas alimentícias sem glúten utilizando o amido de mandioca e caracterizá-las quanto as suas características nutricionais, reológicas e estudar a influência do armazenamento congelado na qualidade microbiológica, de textura e sensoriais das mesmas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Elaboração das massas alimentícias

Os ingredientes utilizados para elaboração das massas foram: amido de mandioca liofilizado, ovos, farinha de trigo e leite de coco. Foram elaboradas duas formulações de massas alimentícias: (F1) contendo amido de mandioca, ovos e leite de coco; (F2) massa padrão com glúten, elaborada com farinha de trigo, ovos e leite de coco. Os ingredientes foram pesados, misturados, homogeneizados e dispostos em uma forma retangular formando uma camada fina, 0,13x0,13x0,001m, de largura, altura e espessura, respectivamente, sendo posteriormente assadas a 180°C por um minuto. Em seguida, foram dispostas em sacos laminados para posterior caracterização e armazenamento.

### 2.2. Caracterização físico-química

As massas foram caracterizadas, em triplicata, quanto aos seguintes parâmetros físico-químicos: teor de água, pH, acidez total titulável, cinzas, proteínas, fibras (AOAC, 2012).

A atividade de água ( $a_w$ ) a 25 °C foi realizada por leitura direta, utilizando-se o equipamento Aqualab modelo 3TE, da Decagon Devices. Os lipídeos foram avaliados pelo método de determinação a frio proposto por Bligh e Dyer (1959). Os carboidratos foram determinados por meio de cálculo teórico (por diferença), conforme a fórmula: % Carboidratos = 100 – (% umidade + % proteína + % lipídios + % cinzas); e o valor calórico total (kcal) foi calculado utilizando-se os valores Atwater (ou calor de combustão) para lipídios (9 kcal/g), proteína (4,02 kcal/g) e carboidratos (3,87 kcal/g) (ATWATER e WOODS, 1896).

### 2.3. Comportamento reológico

As massas cruas foram avaliadas na temperatura de 25 °C, utilizando-se um viscosímetro com camisa termostatizada, marca Brookfield, modelo RVDVII+, para obtenção da viscosidade aparente (mPa.s) e torque (%), em todas as formulações (F1 e F2), nas velocidades de rotações de 50 a 200 rpm à pressão constante.

Para transformar as leituras dos torques em medidas reológicas foi utilizado a metodologia proposta por Mitschka (1982).

Com os dados de tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação foram traçados os reogramas e ajustados aos modelos reológicos (Tabela 1) de Ostwald-de-Waele (Lei da Potência), Mizrahi–Berk e Bingham.

**Tabela 1-** Modelos reológicos utilizados nos ajustes das curvas de escoamento das massas alimentícias sem glúten

Ostwald-de-Waele	Mizrahi–Berk	Bingham
$\tau = K\gamma^n$	$\tau^{0,5} = K_{OM} + K_M\gamma^{0,5}$	$\tau = \tau_O + n_P\gamma$

$\tau$ = Tensão de cisalhamento (Pa);  $K_{OM}$ =Tensão de cisalhamento (Pa);  $K_M$ = Índice de consistência (Pa.s<sup>n</sup>);  $\gamma$ = Taxa de deformação (s<sup>-1</sup>);  $K$ = Índice de consistência (Pa.sn);  $n$  = Índice de comportamento de fluxo (adimensional);  $\tau_O$ = limite de escoamento;  $n_P$ = viscosidade plástica

#### 2.4. Congelamento rápido

Com o objetivo de avaliar o efeito do congelamento a baixas temperaturas na qualidade microbiológica, sensorial e na textura das massas elaboradas, as mesmas foram congeladas em freezers nas temperaturas de -50 e -150°C, por um período de cinco horas, tempo necessário para que estas estivessem completamente congeladas.

#### 2.5. Armazenamento congelado das massas

Após o congelamento rápido, as massas foram armazenadas em freezer vertical, na temperatura de -25 °C, por um período de seis meses, sendo realizadas análises periódicas, a primeira após 24 h de armazenamento e mensalmente, para analisar a qualidade das mesmas.

##### 2.5.1. Avaliação microbiológica

Foram realizadas as análises microbiológicas nas massas quanto à: coliformes termotolerantes, *Staphylococcus* coagulase positiva e *Salmonella* sp. segundo APHA (2001).

##### 2.5.2. Análise de textura das massas



Análise do Perfil Textura (TPA) das massas, foi realizada no texturômetro TATX plus – STABLE MICRO SYSTEMS. As amostras foram comprimidas com velocidade pré-teste: 2,0 mm/s; velocidade de teste: 1,0 mm/s, velocidade pós-teste: 10,0 mm/s; e distância de retorno: 20 mm, com o probe P/36R, cilindro de alumínio com diâmetro de 36 mm de diâmetro. No perfil de textura, os parâmetros avaliados foram: firmeza, adesividade, mastigabilidade e coesividade.

### 2.5.3. Análise sensorial

O trabalho foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Campina Grande CAAE 88009818.3.0000.5182. O estudo foi realizado conforme os preceitos da Resolução N° 466/12 do Conselho Nacional de Saúde. Os julgadores estavam cientes dos objetivos da pesquisa, segundo o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

As massas foram submetidas à avaliação sensorial por 60 julgadores não-treinados de ambos os gêneros com idade superior a 18 anos. Sendo estas oferecidas aos provadores, após o descongelamento e aquecimento por 30 segundos no micro-ondas (Electrolux, 1390 W), aproximadamente 10 g de cada formulação, em bandejas de isopor codificadas com números de três dígitos aleatórios de forma balanceada e em blocos completos. Foram fornecidos ainda molho de tomate industrial e água mineral para limpeza do palato entre a avaliação das amostras.

Foi aplicado o teste de aceitação na avaliação sensorial (DUTCOSKY, 2011), com uso de escala hedônica de nove pontos, com escores variando entre 1 (desgostei muitíssimo) e 9 (gostei muitíssimo), avaliando-se os atributos sensoriais de aparência, odor, sabor, textura e impressão global. A intenção de compra das massas foi avaliada com uso da escala estruturada mista de cinco pontos, com escores compreendidos entre 1 (certamente não compraria) e 5 (certamente compraria o produto).

### 2.6. Análise estatística

Os resultados das análises físico-químicas e de textura foram submetidos a um delineamento inteiramente casualizado e para a análise sensorial foi utilizado um delineamento experimental fatorial, com dois fatores: 7 períodos de armazenamento (0, 1, 2, 3, 4, 5 e 6 meses) e quatro formulações de massas com 60 repetições por tratamento.

A comparação entre médias foi feita por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando-se o programa estatístico ASSISTAT versão 7.7. Com relação a reologia, a realização do ajuste dos modelos matemáticos aos dados experimentais foi aplicado à análise de regressão não linear, pelo método Quasi-Newton, a partir do software STATISTICA 7.0.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Caracterização físico-química das massas

Na Tabela 2 encontram-se os resultados da caracterização das massas com glúten e sem glúten. Observa-se que apenas para a atividade de água ( $a_w$ ) não houve diferença estatística ( $p < 0,05$ ) entre as amostras, mostrando que a diferença na composição foi estatisticamente significativa.

**Tabela 2-** Caracterização físico-química das massas

	F1	F2
<b><math>a_w</math></b>	0,995 <sup>a</sup> ± 0,002	0,996 <sup>a</sup> ± 0,001
<b>Teor de água (%)</b>	67,44 <sup>b</sup> ± 0,91	69,78 <sup>a</sup> ± 0,09
<b>pH</b>	7,12 <sup>b</sup> ± 0,03	7,29 <sup>a</sup> ± 0,01
<b>Acidez Total Titulavel</b>	0,39 <sup>b</sup> ± 0,00	0,58 <sup>a</sup> ± 0,01
<b>Cinzas (%)</b>	0,67 <sup>a</sup> ± 0,02	0,61 <sup>b</sup> ± 0,02
<b>Proteínas (%)</b>	7,18 <sup>b</sup> ± 0,50	10,10 <sup>a</sup> ± 0,33
<b>Lipídeos (%)</b>	3,70 <sup>b</sup> ± 0,01	4,73 <sup>a</sup> ± 0,03
<b>Fibra bruta (%)</b>	2,71 <sup>a</sup> ± 0,64	1,07 <sup>b</sup> ± 0,48
<b>Carboidratos (%)</b>	20,46 <sup>a</sup> ± 0,24	14,78 <sup>b</sup> ± 0,42
<b>Valor energético (kcal/g)</b>	142,79 <sup>a</sup> ± 0,81	140,39 <sup>b</sup> ± 0,30

F1- massa de mandioca; F2- massa de trigo; \*Médias seguidas de mesma letra na mesma linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

A atividade de água das massas apresentou valores superiores a 0,90, mostrando que as mesmas são altamente susceptíveis ao crescimento microbiano, devendo-se ter um maior cuidado no seu manuseio e na utilização de técnicas adequadas de armazenamento. Segundo Quek et al. (2007) este é um parâmetro importante e que influencia diretamente na vida de prateleira do produto.

Resta e Oliveira (2013) analisaram em seu estudo quatorze amostras de massas frescas alimentícias e obtiveram valores médios de 0,96 de atividade de água, estando em similaridade com os resultados obtidos.

O teor de água de ambas as massas apresentaram-se com valores médios elevados, o que corrobora com a atividade de água das mesmas. Resultado este, inerente da característica da massa que apesar de ser obtida por aquecimento, apresenta-se ainda

úmida. Fracaro et al. (2013) em seu estudo com massa de panqueca com fibras encontraram um valor médio de 46% de teor de água, sendo inferior ao encontrado neste estudo.

Os valores de pH encontrados apresentaram-se como neutros 7,12 e 7,29 para as massas com amido de mandioca e farinha de trigo, respectivamente. Dessa forma, os valores obtidos para acidez total das massas demonstraram-se baixo 0,39 e 0,58. Leite et al. (2018) ao avaliarem massas alimentícias produzidas com farinha de arroz e berinjela em diferentes proporções, obtiveram valores de pH entre 5,82 e 6,77, sendo a formulação elaborada apenas com farinha de arroz a que deteve o maior pH. Observa-se então, que a composição da massa influencia no aumento ou diminuição do pH.

O conteúdo mineral das massas encontram-se próximos aos encontrados por Ciccoritti et al. (2019) ao avaliarem em massas tradicionais elaboradas com três cultivares de trigo duro, que obtiveram valores entre 0,65 e 0,68%. Segundo estes autores, a quantidade de conteúdo mineral está relacionada com a quantidade e distribuição dos nutrientes na amostra.

Observa-se que o conteúdo de proteínas nas massas apresentam-se distintos, onde a massa elaborada com farinha de trigo obteve a maior média, 10,1% , em relação a massa elaborada com o amido de mandioca (7,18%). Gull, Prasad e Kumar (2018) ao elaborarem uma massa funcional sem glúten com farinha de milho e bagaço de cenoura e compararem com a massa feita com semolina de trigo durum e observaram o mesmo comportamento, encontrando 10,16 e 11,60% de proteína, respectivamente. Cornicelli et al. (2018) também observaram, ao analisarem alimentos comuns e sem glúten vendidos no mercado, menor quantidade de proteínas nos alimentos sem glúten. Tal comportamento deve-se a constituição, no que diz respeito a proteína, da matéria-prima principal utilizada, ou seja, a composição das farinhas influencia significativamente no produto final.

O mesmo comportamento da composição de proteínas nas massas foi observado em relação aos lipídeos, obtendo-se maior média para a massa elaborada com a farinha de trigo. De acordo com Giuberti et al. (2015), as massas alimentícias sem glúten apresentam menor teor de fração lipídica quando comparadas as tradicionais. Volpato, Ruiz e Pagamunici (2013), em seu estudo com massa fresca adicionada de amido de mandioca e farinha de quinoa como substituto parcial da farinha de trigo, observaram que a formulação contendo 35% amido de mandioca com 15% de farinha de quinoa e 50% de farinha de trigo em relação a amostra com 100% farinha de trigo, obtiveram menor

quantidade de lipídeos, 7,48 e 8,60%, respectivamente, sendo esses valores superiores aos encontrados neste estudo.

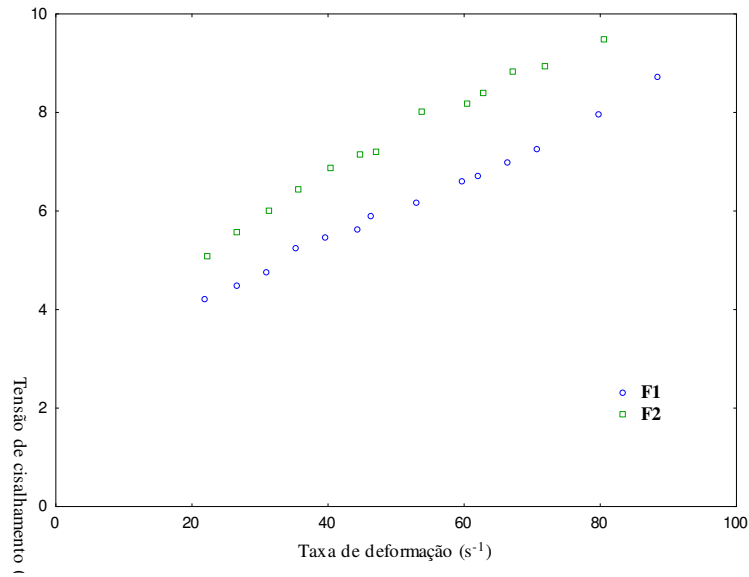
Com relação a fibra bruta, observa-se que a massa sem glúten (F1) obteve uma maior concentração das mesmas (2,7%). De acordo com Minguita et al. (2015), as massas alimentícias disponíveis no mercado possuem baixo teor de fibras e que segundo Fernandes et al. (2006) essas fibras podem ser encontradas em quantidades significativas em grãos, raízes, folhas e frutos, por isso, justifica-se o maior valor encontrado para a massa com amido de mandioca em relação à massa elaborada com farinha de trigo. Tomicki et al. (2015) observaram na massa alimentícia isenta de glúten produzida a partir de diferentes proporções de farinha de milho e farinha de arroz, valores para fibras variando entre 0,61 a 0,84%. Remonato et al. (2017) ao elaborarem uma massa alimentícia adicionada de farinha de batata doce obtiveram um valor de 2,3 % de fibras.

A massa elaborada com amido de mandioca apresentou maior porcentagem de carboidratos e conseqüentemente, maior valor energético, que a formulação com farinha de trigo, isso deve-se, segundo Fernandes et al. (2017) ao fato de que a mandioca tem um alto teor de carboidratos, onde em seu estudo com massa elaborada com farinha de mandioca obteve para carboidratos 71,73 (g/100g) e 287 kcal/100g, sendo superior ao encontrado neste estudo, devido aos menores valores de teor de água encontrados pelos autores.

Milde et al. (2017) ao caracterizarem a massa sem glúten elaborada com amido de mandioca adicionado de goma xantana, obtiveram valores de 72% para o teor de água, 6,9% de proteínas e 9,7% de fibras, estando em similaridade com os resultados obtidos neste estudo, exceto para fibras.

### 3.2. Estudo do comportamento reológico das massas cruas

Na Figura 1 encontram-se os reogramas das massas com amido de mandioca e farinha de trigo, expressando o comportamento reológico das mesmas.



**Figura 1** – Reograma das massas cruas elaboradas com amido de mandioca (F1) e farinha de trigo (F2)

Observa-se que a curva obtida para a formulação F2 se manteve acima da formulação F1 indicando que a massa com glúten (F2) obteve maior viscosidade aparente. No entanto, nota-se que não houve uma diferença muito acentuada em relação ao resultado obtido para massa sem glúten (F1), podendo então considerar que apesar de não ter sido utilizado nenhum aditivo para conferir uma maior viscosidade, a massa elaborada com amido de mandioca, apresentou características reológicas próximas as da formulação processada com farinha de trigo.

De acordo com Demirkesen et al. (2013), devido as particularidades reológicas do glúten, o desenvolvimento de produtos sem glúten é um desafio que engloba barreiras tecnológicas que podem afetar o processamento e a vida útil dos produtos. Os autores sugerem que para se obter a qualidade desejada, deve-se usar algum aditivo, tal como gomas, emulsificantes ou fibras alimentares, que tem a capacidade de imitar as propriedades viscoelásticas do glúten.

Na Tabela 3 são apresentados os parâmetros dos modelos reológicos de Ostwalde-Waele (Lei da Potência), Mizrahi–Berk e Bingham para as massas na temperatura de 25 °C, com os seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e desvio quadrático médio (DQM).

Observa-se que para todos os modelos reológicos, os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) foram superiores a 0,90 e os desvios quadráticos médios menores que 0,2, significando que todos os modelos ajustados podem ser utilizados para estimar os dados

reológicos das massas. Porém, entre os modelos estudados, o de Mizrahi–Berk apresentou-se como o melhor modelo, com os maiores valores dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), superiores a 0,995 e os menores desvios quadráticos médios.

Das e Bhattacharya (2019) ao avaliarem o comportamento reológico de massa sem glúten, para bolo elaborada com farinha de arroz vermelho, também obtiveram os maiores coeficientes de determinação e menores desvios quadráticos médios e, conseqüentemente, melhor ajuste dos dados experimentais, para o modelo de Mizrahi–Berk.

O índice de comportamento do fluido ( $n$ ) para os modelos de Ostwald-de-Waele, Mizrahi-Berk e Bingham mostrou-se menor do que um ( $n < 1$ ), para todas as amostras, caracterizando, dessa forma, as massas cruas como um fluido não-newtoniano com comportamento pseudoplástico, ou seja, a viscosidade diminui com o aumento da taxa de deformação do fluido (SILVA et al., 2015). Observa-se que para os modelos de Ostwald-de-Waele e Mizrahi-Berk este parâmetro apresentou-se maior para a formulação elaborada com amido de mandioca.

**Tabela 3-** Parâmetros dos modelos reológicos de Ostwald-de-Waele, Mizrahi–Berk e Bingham

Modelo	Amostras	Parâmetros			$R^2$	DQM
		K	n			
Ostwald-de-Waele	F1	0,7595	0,5330		0,9821	0,1693
	F2	1,0485	0,5042		0,9937	0,1183

Modelo	Amostras	Parâmetros			$R^2$	DQM
		Koh	Km	n		
Mizrahi–Berk	F1	1,6642	0,0294	0,8380	0,9953	0,0175
	F2	0,8538	0,4491	0,3668	0,9952	0,0189

Modelo	Amostras	Parâmetros		$R^2$	DQM
		$\tau_0$	$n_p$		
Bingham	F1	2,7639	0,0647	0,9942	0,0962
	F2	3,6384	0,0753	0,9902	0,1477

F1- Massa com amido de mandioca; F2- Massa com farinha de trigo

O limite de escoamento ( $\tau_0$ ) ou tensão de cisalhamento inicial, parâmetro fornecido pelo modelo de Bingham representa o esforço necessário para iniciar o movimento de um fluido, sendo um indicador das forças de atração entre as partículas quando o fluido está em movimento, este por sua vez, ainda está diretamente relacionado com a viscosidade do produto (MATHIAS et al., 2013). E esta característica foi verificada no presente estudo, onde a formulação F2 elaborada com farinha de trigo deteve o maior valor para o limite de escoamento e também apresentou maior viscosidade.

Os índices de consistência  $k$  do modelo de Ostwald-de-Waele e  $k_m$  de Mizrahi-Berk apresentou os menores valores para a formulação F1, para a massa elaborada com amido de mandioca. Segundo Meyer et al. (2017) este parâmetro está fortemente relacionado com a consistência do fluido, ou seja, com a viscosidade do mesmo e também com a quantidade de sólidos adicionados ao produto.

### 3.3. Avaliação microbiológica das massas

Durante o armazenamento congelado foram realizadas análises periódicas para atestar a qualidade microbiológica das massas, a fim de serem submetidas as respectivas análises sensoriais e verificada sua vida de prateleira dentro das condições as quais foram submetidas.

Na Tabela 4 encontram-se os resultados referentes as análises microbiológicas das massas durante o armazenamento de seis meses. As amostras foram avaliadas com relação aos Coliformes a 45 °C, *Salmonella* sp. e *Staphylococcus* coagulase positiva.

As massas apresentaram-se de acordo com o que preconiza a legislação vigente sobre a regulamentação dos padrões microbiológicos para alimentos (BRASIL, 2001), em que para as massas alimentícias secas, frescas, cruas e não fermentadas, com ou sem ovos, com ou sem recheio e cobertura, e similares, refrigeradas, a bactéria *Salmonella* sp. deve estar ausente, coliformes a 45 °C deve estar no alimento em contagens de até  $5 \times 10^2$  NMP/g e *Staphylococcus* coagulase positiva de até  $5 \times 10^3$  UFC/g.



**Tabela 4-** Resultado das análises microbiológicas das massas durante o armazenamento congelado

Tempo (meses)	Coliformes totais NMP/g				<i>Estafilococos coagulase positivo</i> UFC/g			
	F1-150 °C	F1-50 °C	F2-150 °C	F2-50 °C	F1-150 °C	F1-50 °C	F2-150 °C	F2-50 °C
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	3,6x10 <sup>1</sup>	0	0	5x10 <sup>2</sup>	1x10 <sup>3</sup>	0
4	3x10 <sup>1</sup>	0	3x10 <sup>1</sup>	3x10 <sup>1</sup>	0	0	0	2x10 <sup>3</sup>
5	6,2x10 <sup>1</sup>	0	0	0	4x10 <sup>3</sup>	3x10 <sup>3</sup>	0	0
6	0	0	3,6x10 <sup>1</sup>	3,6x10 <sup>1</sup>	2x10 <sup>3</sup>	3 x10 <sup>3</sup>	0	1x10 <sup>3</sup>
<b>Padrão*</b>	<b>&lt;5x10<sup>2</sup></b>				<b>&lt;5x10<sup>3</sup></b>			

F1-150°C - massa de mandioca -150°C; F1-50°C - massa de mandioca -50°C; F2-150°C - massa de trigo -150°C; F2-50°C - Massa de trigo -50°C

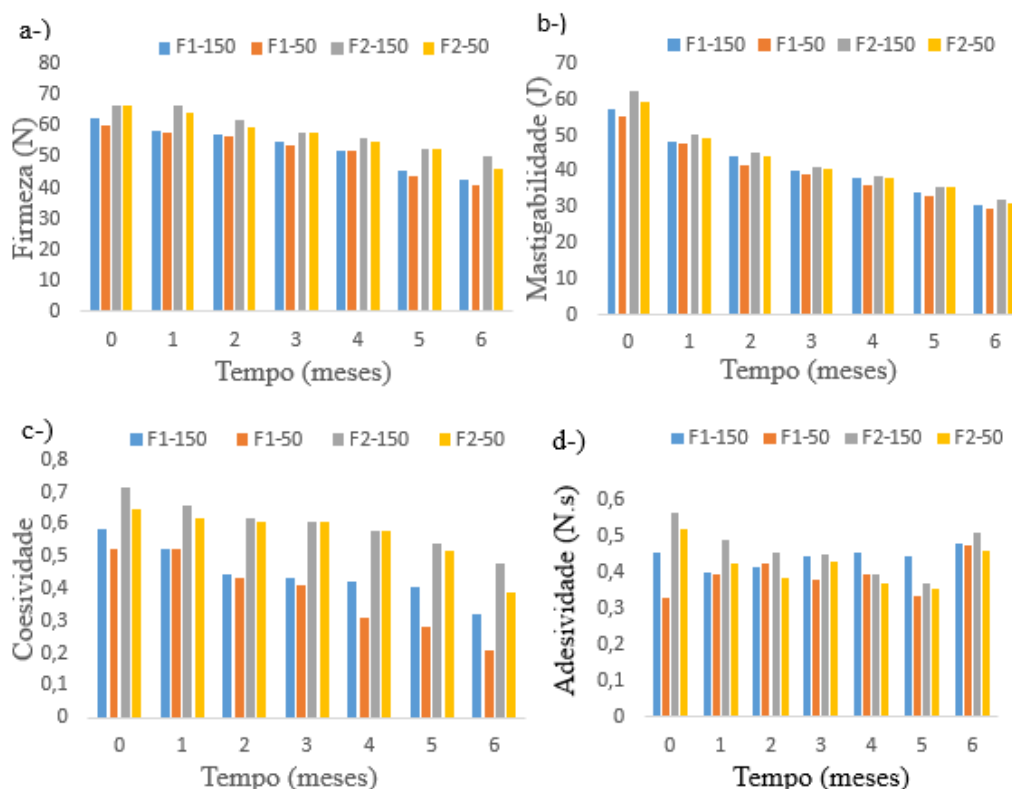
As massas foram congeladas em baixas temperaturas, -50 e -150 °C, de forma rápida e permaneceram congeladas de maneira uniforme na temperatura de -25 °C por seis meses. Lidon e Silvestre (2008) afirmaram que para a eficiência do processo de congelamento é necessário o uso de temperaturas de -18°C, ou inferiores, sendo ideal para manter as características iniciais dos alimentos, a aplicação do congelamento rápido para evitar a formação de cristais de gelo maiores, conseguindo então, minimizar a destruição mecânica das células.

Observa-se que as massas durante o período de seis meses mantiveram-se dentro dos padrões microbiológicos estabelecidos na legislação, atestando a sua qualidade durante o armazenamento, onde as temperaturas utilizadas para o congelamento rápido das mesmas mostraram-se eficiente na sua conservação. Simon et al. (2010) ao analisarem o armazenamento de seu produto sem adição de aditivo, relatam que o uso inicial do congelamento rápido inibiu e/ou retardou o crescimento microbiano durante o armazenamento do produto, mesmo comportamento deste estudo. Matuda, Pessoa Filho e Tadini (2011) relatam que a vida de prateleira de massas congeladas pode chegar até seis meses, mediante uso correto da cadeia de frio, ou seja, com a união de temperatura de congelamento e armazenamento adequadas.

## 3.4. Perfil de textura das massas

Na Figura 2 encontra-se o perfil de textura das massas congeladas durante os seis meses de armazenamento expresso em termos de firmeza, mastigabilidade, coesividade e adesividade. De modo geral, observa-se um comportamento semelhante para os diferentes parâmetros avaliados, havendo uma diminuição dos mesmos com o tempo de armazenamento, exceto para a adesividade.

Com relação a diferença entre as amostras e as respectivas temperaturas as quais foram submetidas ao congelamento rápido, verifica-se que as formulações elaboradas com farinhas de trigo e congeladas na temperatura de  $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$  obtiveram os maiores valores, para maioria dos parâmetros, no entanto, não havendo elevada diferença quando comparada com a temperatura de  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , mesmo comportamento observado para as amostras com amido de mandioca.



**Figura 2-** Evolução da firmeza (a), mastigabilidade (b), coesividade (c) e adesividade(d) das massas durante o armazenamento congelado. F1- $-150^{\circ}\text{C}$  - massa de mandioca ( $-150^{\circ}\text{C}$ ); F1- $-50^{\circ}\text{C}$  - massa de mandioca ( $-50^{\circ}\text{C}$ ); F2- $-150^{\circ}\text{C}$  - massa de trigo ( $-150^{\circ}\text{C}$ ); F2- $-50^{\circ}\text{C}$  - Massa de trigo ( $-50^{\circ}\text{C}$ ).

Segundo Olivera e Salvadori (2009) as massas congeladas de forma mais lenta apresentam menor firmeza e, conseqüentemente, menor mastigabilidade, comportamento semelhante foi encontrado neste estudo.

Observa-se que para o parâmetro firmeza, as massas F2-150 e F2-50, elaboradas com farinha de trigo, decresceram de forma pouco acentuada durante todo o período de armazenamento, havendo uma maior diminuição da firmeza para F2-150, entre o segundo e terceiro mês, e para F2-50 entre o primeiro e o segundo mês. Para as amostras F1-150 e F1-50, elaboradas com amido de mandioca, o maior decréscimo da firmeza ocorreu próximo ao fim do armazenamento, entre o quarto e o quinto mês. Ribotta et al. (2004) observaram também uma redução na firmeza da massa causada pelo armazenamento congelado.

Wojtowicz e Mosciki (2014) detectaram menor firmeza nas massas fortificadas com feijão e leguminosas e relataram que ao adicionar à sêmola de trigo duro a farinha de feijão que não possui glúten, ocorreu um enfraquecimento na matriz de glúten, ocasionando a diminuição da firmeza da massa. Segundo Larrosa et al. (2016) o glúten presente na farinha de trigo é a principal proteína formadora de estrutura, portanto, sua ausência na massa sem glúten, resulta em algumas diminuições tecnológicas e de qualidade, justificando a menor firmeza encontrada para as massas com amido de mandioca nesta pesquisa.

Segundo Machado e Pereira (2010) o contato com a água provoca modificações na estrutura interna dos grânulos do amido, ocasionando quebra de pontes de hidrogênio que mantêm o seu arranjo molecular, com isso ocorre maior hidratação dos amidos de mandioca e conseqüentemente, menor firmeza dos produtos, aos quais são incorporados.

Com relação a coesividade, observa-se uma redução ao longo do tempo, mas não ocorre de forma tão acentuada, principalmente, para as formulações F2-150 e F2-50, processadas com farinha de trigo. A coesividade apresentou o mesmo comportamento dos demais parâmetros avaliados.

A adesividade das amostras F2-150 e F2-50 apresentaram até o quinto mês comportamento correlacionado com a firmeza, exceto para o terceiro mês (F2-50) e sexto mês (F2-150 e F2-50), que sofreram um leve aumento pontual. As amostras F1-150 e F1-50 não apresentaram comportamento definido para este parâmetro durante o armazenamento. Segundo Besbes et al. (2009) ao longo do armazenamento alguns fatores como pH e teor de água influenciam no comportamento do perfil de textura das amostras,

e que as mesmas, tendem a ser menos adesivas quanto menor for a firmeza, comportamento este que não foi verificado em todas as amostras.

Oliveira e Salvadori (2011) ao estudarem o armazenamento congelado de massas, previamente congeladas em criogenia e em túnel de jato de ar, observaram que a diferença entre as amostras, referentes aos dois meios de congelamento, também foi reduzida com o a progressão do tempo de armazenamento, ou seja, as pequenas vantagens oriundas da utilização de um congelamento mais rápido é perdida ao longo do armazenamento congelado, podendo então considerar, que os meios de congelamento trazem pequenas diferenças entre as amostras.

### 3.5. Avaliação sensorial das massas

Nas Tabelas 5 a 7 encontram-se os valores médios referentes às análises sensoriais realizadas durante o período de armazenamento de seis meses, para as massas com amido de mandioca e farinha de trigo que foram submetidas inicialmente a um congelamento rápido nas temperaturas de  $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  e, em seguida, armazenadas a  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , avaliadas quanto aos atributos sensoriais: aparência, odor, sabor, textura e impressão global.

**Tabela 5-** Evolução das médias da análise sensorial das massas durante o armazenamento congelado para os atributos aparência e odor

Tempo (meses)	Aparência				Odor			
	F1-150	F1-50	F2-150	F2-50	F1-150	F1-50	F2-150	F2-50
0	7,05 <sup>a</sup>	7,07 <sup>a</sup>	7,03 <sup>a</sup>	6,87 <sup>a</sup>	6,50 <sup>ab</sup>	6,58 <sup>ab</sup>	6,57 <sup>ab</sup>	6,17 <sup>ab</sup>
1	6,78 <sup>a</sup>	6,75 <sup>a</sup>	6,72 <sup>a</sup>	6,70 <sup>a</sup>	6,28 <sup>ab</sup>	6,43 <sup>ab</sup>	6,25 <sup>ab</sup>	6,40 <sup>ab</sup>
2	7,02 <sup>a</sup>	7,23 <sup>a</sup>	6,92 <sup>a</sup>	6,80 <sup>a</sup>	6,38 <sup>ab</sup>	6,68 <sup>ab</sup>	6,27 <sup>ab</sup>	6,08 <sup>b</sup>
3	7,10 <sup>a</sup>	7,22 <sup>a</sup>	7,35 <sup>a</sup>	7,37 <sup>a</sup>	6,30 <sup>ab</sup>	6,73 <sup>ab</sup>	6,33 <sup>ab</sup>	6,43 <sup>ab</sup>
4	7,25 <sup>a</sup>	7,50 <sup>a</sup>	7,28 <sup>a</sup>	7,42 <sup>a</sup>	6,98 <sup>ab</sup>	6,93 <sup>ab</sup>	6,72 <sup>ab</sup>	6,83 <sup>ab</sup>
5	7,40 <sup>a</sup>	7,22 <sup>a</sup>	7,27 <sup>a</sup>	7,45 <sup>a</sup>	6,93 <sup>ab</sup>	7,10 <sup>a</sup>	6,90 <sup>ab</sup>	6,82 <sup>ab</sup>
6	7,48 <sup>a</sup>	7,30 <sup>a</sup>	7,32 <sup>a</sup>	7,35 <sup>a</sup>	6,33 <sup>ab</sup>	6,62 <sup>ab</sup>	6,42 <sup>ab</sup>	6,48 <sup>ab</sup>

F1-150°C - massa de mandioca -150°C; F1-50°C - massa de mandioca -50°C; F2-150°C - massa de trigo -150°C; F2-50°C - Massa de trigo -50°C; \*Médias seguidas de mesma letra na mesma linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

Observa-se de modo geral, que as massas tiveram uma boa aceitação sensorial ao longo do armazenamento, com notas variando entre 6 (gostei ligeiramente) e 7 (gostei moderadamente).

Para o atributo sensorial aparência não foi verificado diferença estatística ( $p < 0,05$ ) entre as amostras ao longo do período de armazenamento, este atributo é bastante importante, tendo em vista que boa parte dos consumidores são atraídos inicialmente, pela aparência do produto.

O atributo odor, apesar de estar entre as médias dos demais atributos, obtiveram os menores escores, tal fato deve-se ao aroma residual do ovo presente na massa, sendo este relatado pelos julgadores nas fichas sensoriais. Entretanto, a adição de ovos nas massas, além de aumentar o teor de proteínas das mesmas, cria uma rede proteica que é benéfica para produtos sem glúten, pois reduz a penetração da água e, conseqüentemente, o inchaço dos grânulos do amido durante o preparo da massa (MAKDOUD; ROSENTRATER, 2017), com isso deve-se apenas estudar uma melhor forma de adicionar o ovo no processo, para reduzir o odor característico deste ingrediente. Giménez et al. (2014) também obtiveram relatos em sua análise sensorial sobre o odor e sabor de ovo presente em suas massas. Não há diferença estatística entre as amostras para a maioria dos tempos estudados, exceto no segundo mês na massa com glúten (F2-50) e no quinto mês na massa de mandioca (F1-50).

**Tabela 6-** Evolução das médias da análise sensorial das massas durante o armazenamento congelado para os atributos sabor e textura

Tempo (meses)	Sabor				Textura			
	F1-150	F1-50	F2-150	F2-50	F1-150	F1-50	F2-150	F2-50
0	6,28 <sup>b</sup>	6,73 <sup>ab</sup>	6,75 <sup>ab</sup>	6,40 <sup>ab</sup>	6,52 <sup>cd</sup>	6,72 <sup>abcd</sup>	6,93 <sup>abcd</sup>	6,53 <sup>bcd</sup>
1	6,35 <sup>ab</sup>	6,63 <sup>ab</sup>	6,27 <sup>b</sup>	6,58 <sup>ab</sup>	6,45 <sup>d</sup>	6,47 <sup>d</sup>	6,65 <sup>abcd</sup>	6,83 <sup>abcd</sup>
2	6,75 <sup>ab</sup>	6,87 <sup>ab</sup>	6,72 <sup>ab</sup>	6,53 <sup>ab</sup>	6,05 <sup>abcd</sup>	7,12 <sup>abcd</sup>	6,87 <sup>abcd</sup>	7,93 <sup>abcd</sup>
3	6,65 <sup>ab</sup>	7,03 <sup>ab</sup>	6,85 <sup>ab</sup>	6,85 <sup>ab</sup>	7,78 <sup>abcd</sup>	7,25 <sup>abcd</sup>	7,37 <sup>abc</sup>	6,03 <sup>abcd</sup>
4	7,08 <sup>ab</sup>	7,05 <sup>ab</sup>	7,02 <sup>ab</sup>	7,28 <sup>a</sup>	7,43 <sup>a</sup>	7,25 <sup>abcd</sup>	7,40 <sup>abc</sup>	7,27 <sup>abcd</sup>
5	6,82 <sup>ab</sup>	6,78 <sup>ab</sup>	6,98 <sup>ab</sup>	6,95 <sup>ab</sup>	7,18 <sup>abcd</sup>	7,17 <sup>abcd</sup>	7,32 <sup>abcd</sup>	7,22 <sup>abcd</sup>
6	6,99 <sup>ab</sup>	7,00 <sup>ab</sup>	7,03 <sup>ab</sup>	6,87 <sup>ab</sup>	7,42 <sup>abcd</sup>	7,20 <sup>abcd</sup>	7,40 <sup>abcd</sup>	7,32 <sup>abcd</sup>

F1-150°C - massa de mandioca -150°C; F1-50°C - massa de mandioca -50°C; F2-150°C - massa de trigo -150°C; F2-50°C - Massa de trigo -50°C; \*Médias seguidas de mesma letra na mesma linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

Com relação ao atributo sabor, observa-se também que para maioria dos meses avaliados as amostras não apresentaram diferença estatística entre si, comprovando a qualidade das massas durante o armazenamento. Giménez et al. (2014) estudaram a aceitabilidade de massas tipo espaguete formulada com milho andino, entre julgadores celíacos e não celíacos, onde para o atributo sabor esta obteve uma boa aceitação em comparação com a massa controle, sendo esta boa apreciação mais bem vista pelos celíacos, com isso os autores sugerem ainda uma reformulação em suas massas, para que estas sejam aceitas de maneira semelhante pelos não celíacos.

A textura é um dos atributos mais importantes nos alimentos, em especial nas massas, ao relacionar a textura em termos de firmeza instrumental e sensorial, percebe-se que os julgadores não foram influenciados e não perceberam a perda de firmeza instrumental das massas durante o armazenamento, caso contrário esta percepção teria refletido no decréscimo das notas, o que não ocorreu. Observa-se que no primeiro mês as formulações (F1-150) e (F1-50) de amido de mandioca apresentaram diferença estatística e obtiveram os menores escores em relação as amostras de farinha de trigo. No quarto mês de armazenamento observou-se que as formulações (F1-150) e (F2-150) apresentaram diferença estatística entre si, sendo o maior escore obtido para a massa de mandioca. Segundo Schoenlechner et al. (2010) a diferença entre algumas propriedades, como a textura, é um grande desafio para a pesquisa e o desenvolvimento de alimentos sem glúten, devido as características inerentes a capacidade de formação de rede de glúten.

A impressão global é a média geral para todos os atributos avaliados, com relação a este parâmetro, a formulação (F1-50) e (F2-50) no tempo zero obtiveram os menores escores assim como (F1-150) e (F2-150) no primeiro mês, enquanto que no quarto mês de armazenamento (F1-150) e (F2-150) obtiveram as maiores notas. Observa-se com isso que não houve uma tendência na atribuição de notas dos julgadores relacionada as temperaturas utilizadas inicialmente para congelar as massas.

**Tabela 7-** Evolução das médias da análise sensorial das massas durante o armazenamento congelado para o atributo impressão global

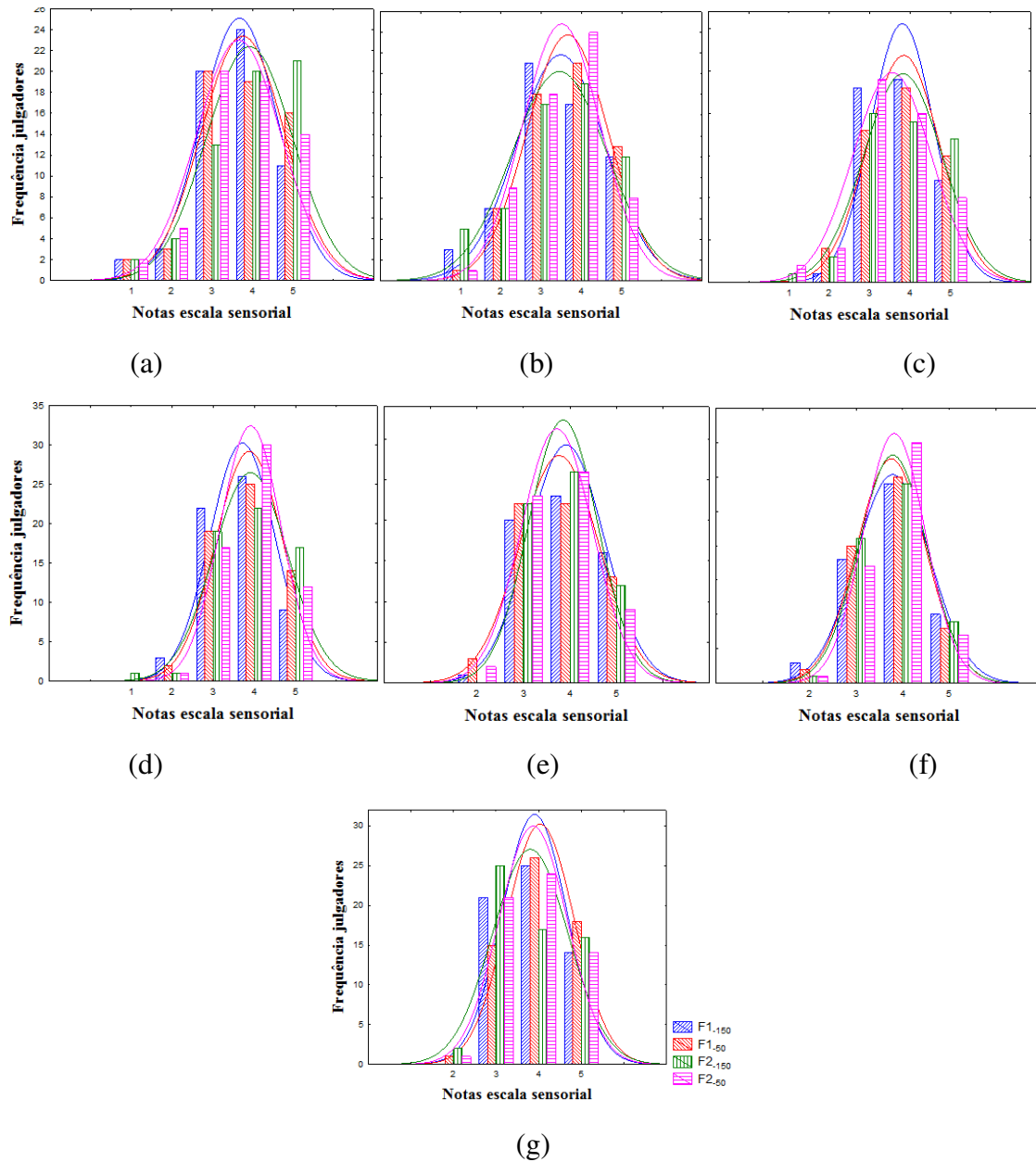
Tempo (meses)	Impressão Global			
	F1-150	F1-50	F2-150	F2-50
0	6,63 <sup>abc</sup>	6,60 <sup>abcd</sup>	7,05 <sup>abc</sup>	6,42 <sup>d</sup>
1	6,48 <sup>abcd</sup>	6,68 <sup>abcd</sup>	6,45 <sup>cd</sup>	6,78 <sup>abcd</sup>
2	6,07 <sup>abcd</sup>	7,27 <sup>abcd</sup>	6,92 <sup>abcd</sup>	7,79 <sup>abcd</sup>
3	7,67 <sup>abcd</sup>	7,03 <sup>abcd</sup>	7,15 <sup>abcd</sup>	6,00 <sup>abcd</sup>
4	7,28 <sup>abc</sup>	7,22 <sup>abcd</sup>	7,32 <sup>ab</sup>	7,13 <sup>abcd</sup>
5	7,08 <sup>abcd</sup>	7,15 <sup>abcd</sup>	7,23 <sup>abcd</sup>	7,22 <sup>abcd</sup>
6	7,43 <sup>a</sup>	7,37 <sup>a</sup>	7,25 <sup>abcd</sup>	7,33 <sup>ab</sup>

F1-150°C - massa de mandioca -150°C; F1-50°C - massa de mandioca -50°C; F2-150°C - massa de trigo -150°C; F2-50°C - Massa de trigo -50°C; \*Médias seguidas de mesma letra na mesma linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

Makdoud e Rosentrater (2017) em estudo com massas sem glúten à base de farinhas de arroz, quinoa e amaranto, quando comparadas a massas comercializadas sem glúten, em termos de impressão global, obtiveram os mesmos escores. Segundo estes autores, o atributo que deve ser melhorado em suas massas sem glúten é a textura, no entanto, o sabor e o odor também poderiam ser melhorados, pois as opiniões sobre estes atributos foram bem diversas.

Na Figura 3 encontram-se os histogramas referentes a intenção de compras das massas com glúten e sem glúten. Observa-se que para todos os tempos analisados as notas se concentraram entre 3 (talvez comprasse/talvez não comprasse) e 5 (certamente compraria).

De modo geral, as amostras apresentaram boa intenção de compras, mostrando que se o produto estivesse disponível para comercialização, ele teria chances de ser bastante consumido.



**Figura 3-** Distribuição de frequência da intenção de compras das massas durante o armazenamento nos meses: (a) 0, (b) 1, (c) 2, (d) 3, (e) 4, (f) 5 e (g) 6, respectivamente.

Ribeiro et al. (2018) ao avaliarem a intenção de compras de massas sem glúten adicionadas da farinha da casca de maracujá, observaram o mesmo comportamento deste estudo, onde a formulação tradicional com farinha de trigo obteve uma maior intenção de compras, mas que as formulações sem glúten, também demonstraram aprovação para consumo bem próxima as massas tradicionais.



#### **4. CONCLUSÕES**

As massas elaboradas com amido de mandioca apresentaram-se como fonte de fibras e carboidratos. Com relação ao comportamento reológico, as massas se caracterizaram como fluido não newtoniano com comportamento pseudoplástico. Nota-se que durante o armazenamento congelado as massas apresentaram-se satisfatórias do ponto de vista microbiológico durante os seis meses, onde as temperaturas baixas de congelamento inicial utilizadas, não impediram a variação dos parâmetros da textura e não foram percebidas pelos julgadores nas análises sensoriais. As massas apresentaram boa aceitação e, segundo a pesquisa de intenção de compra, seriam consumidas rotineiramente pelos julgadores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATWATER, W.O.; WOODS, C.D. The chemical composition of american food materials. Farmers' Bulletin. n. 28. U.S. Department of Agriculture. Washington, 1896.
- BESBES, S.; DRIRA, L.; BLECKER, C.; DEROANNE, C. ATTIA, H. Adding value to hard date (*Phoenix dactylifera* L.): compositional, functional and sensory characteristics of date jam. **Food Chemistry**, v.112, n.1, p.406-11, 2009.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A Rapid Method of Total Lipid Extraction and Purification, **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**. v.37, p. 911–917, 1959.
- CICCORITTI, R.; NOCENTE, F.; SGRULLETTA, D.; GAZZA, L. Cooking quality, biochemical and technological characteristics of bran-enriched pasta obtained by a novel pasta-making process. **LWT**, v.101, n.1, p.10-16, 2019.
- CORNICELLI, M.; SABA, M.; MACHELLO, N.; SILANO, M.; NEUHOLD, S. Nutritional composition of gluten-free food versus regular food sold in the Italian market. **Digestive and Liver Disease**, v.50, n.12, p.1305-1308, 2018.
- DAS, A. B.; BHATTACHARYA, S. Characterization of the batter and gluten-free cake from extruded red rice flour. **LWT**, v.102, n.1, p.197-204, 2019.
- DEMIRKESEN, I.; SUMNU, G.; SAHIN, S. Quality of Gluten-Free Bread Formulations Baked in Different Ovens. **Food Bioprocess Technology**, New York, v. 6, n.1, p.746–753, 2013.
- DUTCOSKY, S. D. Análise sensorial de alimentos. 3ª ed. Curitiba: Editora Universitária Champagnat, P.426, 2011.
- FERNANDES, R. O. C.; SILVA, G. T.; CANDIDO, C. J.; ARAKAKI, D. G.; BOGO, D.; HIANE, P. A.; NASCIMENTO, V. A.; GUIMARÃES, R. C. A. Development of cassava-based pasta (*manihot esculenta* cranz): physico-chemical, microbiological and sensory evaluation. **International Journal of Development Research**, v.7, n.7, p.13792-13796, 2017.
- FRACARO, L.; CAMARGO, I. M.; PANTANO, J. B.; ANTONIO, G.; ZANCHET, F.; LUCCA, P. S. R. Elaboração e caracterização de massa de panqueca com fibras. **Biosaúde**, v. 15, n. 1, 2013.
- GIUBERTI, G.; GALLO, A.; CERIOLI, C.; FORTUNATI, P.; MASOERO, F. Cooking quality and starch digestibility of gluten free pasta using new bean flour. **Food Chemistry**, v. 175, p. 43-49, 2015.

- GIMÉNEZ, M. A.; GÁMBARO, A.; MIRABALLES, M.; ROASCIO, A.; AMARILLO, M.; SAMMÁN, N.; LOBO, M. Sensory evaluation and acceptability of gluten-free Andean corn spaghetti. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.1, n.1, p.1-8, 2014.
- GULL, A.; PRASAD, K.; KUMAR, P. Nutritional, antioxidant, microstructural and pasting properties of functional pasta. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v.17, n.2, p.147-153, 2018.
- LARROSA, L.; LORENZO, G.; ZARITZKY, N.; CALIFANO, A. Improvement of the texture and quality of cooked gluten-free pasta, **LWT - Food Science and Technology**, v.70, n.1, p. 96-103, 2016.
- LEITE, N. D.; OLIVEIRA, D. S.; SANTOS, P. A.; EGEEA, M. B. Farinha de arroz e berinjela em massa alimentícia: propriedades químicas e físicas. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 25, n. 1, p. 65-75, 2018.
- LIDON, F. C.; M. M. A. Silvestre. 2008. Conservação de Alimentos – Princípios e Metodologias, Escolar Editora, Lisbon.
- LIU, Q.; GUO, X. N.; ZHU, K. X. Effects of frozen storage on the quality characteristics of frozen cooked noodles. **Food chemistry**, v.15, n.1, p.522-529, 2019.
- KONDAKCI, T.; ZHANG, J. W.; ZHOU, W. Impact of flour protein content and freezing conditions on the quality of frozen dough and corresponding steamed bread. **Food and Bioprocess Technology**, v.8, n.1, p.1877–1889, 2015.
- MACHADO, A.V.; PEREIRA, J. Efeito do escaldamento nas propriedades tecnológicas da massa e do pão de queijo. **Ciência e agrotecnologia**, v. 34, n. 2, p. 421-427, 2010.
- MAKDOUD, S.; ROSENTRATER, K. A. Development and Testing of Gluten-Free Pasta Based on Rice, Quinoa and Amaranth Flours. **Journal of Food Research**, v.6, n.4, 2017.
- MATHIAS, T. R. S.; ANDRADE, K. C. S.; ROSA, C. L. S.; SILVA, B. A. Avaliação do comportamento reológico de diferentes iogurtes comerciais. **Brazilian Journal Food Technology**, v.16, n.1, p. 12-20, 2013.
- MATUDA, T. G.; PESSÔA FILHO, P. A.; TADINI, C. C. Experimental data and modeling of the thermodynamic properties of bread dough at refrigeration and freezing temperatures. **Journal of Cereal Science**, v.53, n.1, p.126-132, 2011.
- MILDE, L. B.; CHADE, M. E.; SILVA, C. G.; ZUBRESKI, E. R. Premezcla de fécula de mandioca para pastas. Características químicas y vida útil en anaquel. **Reunión Especializada de Ciencia y Tecnología**, v.19, n.28, p.42-46, 2017.

- MINGUITA, A. P. S.; CARVALHO, J. L. V.; OLIVEIRA, E. M. M.; GALDEANO, M. C. Produção e caracterização de massas alimentícias a base de alimentos biofortificados: trigo, arroz polido e feijão carioca com casca. **Ciência Rural**, v.45, n.10, p.1-7, 2015.
- MITSCHKA, P. **Simple conversion of brookfield RVT: readings into viscosity functions**, 1982.
- OLIVERA, D. F.; SALVADORI, V. O. Effect of freezing rate in textural and rheological characteristics of frozen cooked organic pasta. **Journal of Food Engineering**, 90, n.1, p.271–276, 2009.
- OLIVERA, D. F.; SALVADORI, V. O. Instrumental and sensory evaluation of cooked pasta during frozen storage. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 46, n.1, p.445–1454, 2011.
- QUEK, S.Y.; CHOK, N.K.; SWEDLUND, P. The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. **Chemical Engineering and Processing**, v.46, n.5, p.386–392, 2007.
- RESTA, M. S. A.; OLIVEIRA, T. C. R. M. Avaliação do padrão *estafilococos coagulase* positiva estabelecido pela legislação brasileira para massas alimentícias. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 16, n. 4, p.319-325, 2013.
- RIBEIRO, T. H. S.; BOLANHO, B. C.; MONTANUCI, F. D.; RUIZ, S. P. Physicochemical and sensory characterization of gluten-free fresh pasta with addition of passion fruit peel flour. **Ciência Rural**, v.48, n.12, p.1-9, 2018.
- RIBOTTA, P.; PEREZ, G.; LEÓN, A.; AÑÓN, M. C. Effect of emulsifier and guar gum on micro structural, rheological and baking performance of frozen bread dough. **Food Hydrocolloids**, v.18, n.2, p. 305-313, 2004.
- SCHOENLECHNER, R.; DRAUSINGER, J.; OTTENSCHLAEGER, V.; JURACKOX K.; BERGHOFER, E. Functional properties of gluten-free pasta produced from amaranth, quinoa and buckwheat. **Plant Foods for Human Nutrition** , v.65, n.4, p.339-349, 2010.
- SIMON, J. W.; DAIUTO, E. R.; VIEITES, R. L.; RALL, V. L. M. Avaliação microbiológica e sensorial de guacamole conservado pelo frio. **Revista Higiene Alimentar**, v. 24, n. 180/181, p. 108-115, 2010.
- SILVA, L. M. M.; SANTOS, A. R. L. SILVA, C. N.; SOUZA, J. A. R.; ARGUELLO, V. M. estudo do comportamento reológico da polpa e da geléia de umbu (*spondias tuberosa* arr.). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.17, n.4, p.349-358, 2015.

TOMICKI, L.; RIGO, A. A.; DURIGON, A.; GUTKOSKI, L. C.; ZENI, J.; VALDUGA, E.; STEFFENS, C.; TONIAZZO, G.. Elaboração e avaliação da qualidade de macarrão isento de glúten. **Ciência Rural**, v. 45, n.7, p.1311-1318, 2015.

VOLPATO, A. A.; RUIZ, S. P.; PAGAMUNICI, L. M. Desenvolvimento de massa alimentícia fresca com adição fécula de mandioca e farinha de quinoa. **Revista Uningá**, v.1, n.36, p. 23-31, 2013.

WOJTOWICZ, A.; MOSCIKI L. Influence of legume type and addition level on quality characteristics, texture and microstructure of enriched pre-cooked pasta. **LWT-Food Science and Technology**, v.59, n.1, p.1175-1185, 2014.

ZENEBON, O.; PASCUET, NS; TIGLEA, P. (Coord.). Procedimentos e determinações gerais. Em: ZENEBON, O.; PASCUET, NS; TIGLEA, P. (Coord.). **Métodos físicos-químicos para análise de alimentos**. 4.ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008

### ARTIGO 3- ELABORAÇÃO DE LASANHAS CONGELADAS SEM GLÚTEN COM DIFERENTES RECHEIOS

**RESUMO:** O objetivo deste estudo foi desenvolver, a partir de massa sem glúten, elaborada com amido de mandioca, lasanhas com diferentes recheios (bolonhesa, frango e quatro queijos), caracterizá-las quanto aos parâmetros físico-químicos, microbiológicos, perfil de textura e sensoriais, avaliando-se ainda a cinética de congelamento das mesmas nas temperaturas de -25°C, -50°C e -150°C. As lasanhas apresentaram variação na sua composição nutricional em função do recheio, onde a lasanha de frango (L2), apresentou menor teor de gordura, menor valor calórico e maior teor de proteínas, enquanto a lasanha de quatro queijos (L3) deteve os maiores valores de lipídeos, fibras, carboidratos e valor calórico. Do ponto de vista microbiológico as lasanhas apresentaram-se aptas para o consumo de acordo com o que preconiza a legislação vigente. Em relação a textura, a formulação L2 apresentou-se mais macia com menores médias de firmeza e mastigabilidade. A aceitação sensorial e a intenção de compras das lasanhas apresentaram resultados satisfatórios, onde tiveram uma boa avaliação pelos julgadores, sendo a lasanha L1 (bolonhesa) a que obteve as maiores médias. Observou-se com a cinética de congelamento que quanto maior o gradiente térmico ao qual as lasanhas foram expostas maior foi a velocidade de congelamento e a difusividade térmica. Conclui-se que os recheios das lasanhas influenciaram na sua composição nutricional, na textura, na avaliação sensorial e na cinética de congelamento.

**Palavras-chave:** Amido de mandioca. Celíacos. Refeição pronta. Cinética de Congelamento.

**ABSTRACT:** The objective of this study was to develop from the gluten-free mass, elaborated with cassava starch, lasagnas with different fillings (bolognese, chicken and four cheeses), to characterize them as to the physical-chemical, microbiological parameters, texture and sensorial profile, and the kinetics of freezing them at temperatures of -25 ° C, -50 ° C and -150 ° C. The lasagne presented variation in its nutritional composition as a function of the filling, where the chicken lasagne (L2) presented lower fat content, lower caloric value and higher protein content, whereas the lasagne of four cheeses (L3) had the highest values of lipids, fiber, carbohydrates and caloric value. From a microbiological point of view lasagne was suitable for consumption according to what the current legislation recommends. In relation to texture, the L2 formulation was softer with lower averages of firmness and chewability. The sensory acceptance and the intention to buy the lasagne presented satisfactory results, where they had a good evaluation by the judges, being the lasagne L1 (bolognese) that obtained the highest averages. It was observed with the freezing kinetics that the higher the thermal gradient at which the lasagne were exposed the higher the freezing rate and the thermal diffusivity. It is concluded that the filling of the lasagne influenced its nutritional composition, texture, sensorial evaluation and freezing kinetics.

**Keywords:** Cassava starch. Celiacs. Meal ready. Kinetics of freezing.

## 1. INTRODUÇÃO

Na atualidade, o desenvolvimento e comercialização de refeições prontas tem experimentado um crescimento significativo, ganhando cada vez mais espaço, devido à falta de tempo disponível no dia a dia da população e pela conveniência oferecida (KANATT et al., 2013; KANZLER et al., 2015).

Nesse setor, a lasanha se caracteriza como um produto altamente popular, elaborada tipicamente por alternadas camadas de massa, molho, carne e queijo e comercializada congelada, sendo necessário para o consumo apenas o reaquecimento ou cozimento por microondas ou em forno convencional (DURACK; ALONSO-GOMEZ; WILKINSONS, 2011).

O estudo de uma refeição pronta como a lasanha, que pode ser consumida por uma diversidade de públicos, até mesmo por aqueles que possuem restrição ao glúten, como os celíacos, se caracterizando como inovador, tendo em vista, que segundo Saueressig, Kaminski e Escobar (2016) boa parte das receitas e produtos voltados para os celíacos são basicamente preparações caseiras, devido à falta de produtos industrializados no mercado, o que dificulta na rotina diária a alimentação destes.

Com isso, buscando inovação e diversificação de produtos disponíveis para os celíacos, mas que também tragam benefícios para a população de um modo geral, se faz necessário ao estudar novas matérias-primas com o objetivo, de desenvolver novos produtos, como a lasanha sem glúten, se ter o conhecimento da qualidade nutricional, sensorial e de textura, pois estas informações influenciam significativamente na escolha do produto pelos consumidores (CAVADA et al., 2012; QUEIROZ et al., 2017).

Industrialmente as lasanhas são preparadas em bandejas, também em sequência de camadas, seladas e congeladas normalmente em freezer espiral a -18 °C, sendo comercializadas e armazenadas congeladas até seu consumo (DURACK; ALONSO-GOMEZ; WILKINSONS, 2011), desse modo, do ponto vista industrial, o estudo de algumas propriedades inerentes ao processamento do produto, que vão além das características nutricionais e sensoriais, como o congelamento, são necessárias para definir o comportamento do produto e se ter uma melhor conservação e armazenamento do mesmo (SOARES et al., 2012).

Diante do exposto, o objetivo desta pesquisa foi elaborar lasanhas sem glúten, com três diferentes recheios (bolonhesa, frango e quatro queijos), caracterizá-las quanto aos

parâmetros físico-químicos, de textura, microbiológicos e sensoriais e realizar o estudo da cinética de congelamento das mesmas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Preparação das lasanhas sem glúten

Para montagem das lasanhas foi utilizada massa sem glúten, elaborada com amido de mandioca, leite de coco e ovos e três tipos de recheios distintos: bolonhesa, frango e quatro queijos, descritos na Tabela 1. A montagem ocorreu com a intercalação de camadas de massa, molho de tomate industrial e seus respectivos recheios. Os ingredientes utilizados para fabricação das lasanhas foram obtidos no comércio local.

**Tabela 1-** Ingredientes usados para preparação das lasanhas sem glúten

Lasanha à bolonhesa (L1)		Lasanha de Frango (L2)		Lasanha quatro queijos (L3)	
Ingredientes (g)		Ingredientes (g)		Ingredientes (g)	
Massa	70	Massa	70	Massa	70
Carne moída	130	Peito de frango	125	Queijo mussarela	56
Tempero completo	15	Tempero completo	15	Queijo prato	60
Molho de tomate	70	Amido de milho	5	Queijo coalho	70
Queijo mussarela	56	Leite pasteurizado	90	Queijo Parmesão	20
		Molho de tomate	14	Molho de tomate	28
		Queijo mussarela	56		

Fonte: A autora, 2019.

A carne moída e o frango foram previamente cozidos, separadamente, utilizando 350 mL de água e tempero completo. Em seguida, para o recheio à bolonhesa misturou-se a carne ao molho de tomate e para o recheio de frango foi adicionado o leite e o amido de milho e levados para aquecimento até formação de um creme viscoso.

### 2.2. Caracterização físico-química



As lasanhas foram caracterizadas quanto aos parâmetros físico-químicos: teor de água, cinzas, proteínas, fibra bruta de acordo com a metodologia descrita pela AOAC (2012), lipídeos de acordo com Bligh; Dyer (1959), atividade de água A 25 °C por leitura direta, utilizando-se o equipamento Aqualab, carboidratos por meio de cálculo teórico (por diferença); e valor calórico total pela metodologia de Atwater; Woods (1896).

### 2.3. Perfil de textura das lasanhas sem glúten

Análise do Perfil Textura (TPA) das lasanhas foi realizada no texturômetro TATX plus – STABLE MICRO SYSTEMS. As amostras foram comprimidas com velocidade pré-teste: 2,0 mm/s; velocidade de teste: 1,0 mm/s, velocidade pós-teste: 10,0 mm/s; tensão: 50%, com o probe P/36R, cilindro de alumínio com diâmetro de 36 mm de diâmetro. No perfil de textura, os parâmetros avaliados foram: firmeza, elasticidade, coesividade, adesividade e mastigabilidade.

### 2.4. Avaliação microbiológica

Foram realizadas as análises microbiológicas nas lasanhas quanto à: coliformes termotolerantes, *Staphylococcus* coagulase positiva e *Salmonella* sp. segundo APHA (2001).

### 2.5. Análise Sensorial

O trabalho foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Campina Grande CAAE 88009818.3.0000.5182. O estudo foi realizado conforme os preceitos da Resolução N° 466/12 do Conselho Nacional de Saúde. Os julgadores estavam cientes dos objetivos da pesquisa, segundo o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

As lasanhas foram submetidas à avaliação sensorial por 60 julgadores não treinados, de ambos os gêneros, aos quais foram oferecidos, aproximadamente 15 gramas de cada formulação de lasanha, aquecidas em forno micro-ondas (Electrolux, 1390 W) por 30 segundos, em bandejas de isopor codificadas com números de três dígitos

aleatórios de forma balanceada e em blocos completos. Foi fornecida ainda água mineral para limpeza do palato entre a avaliação das amostras.

Foi aplicado o teste de aceitação sensorial (DUTCOSKY, 2011), com uso de escala hedônica de nove pontos, com escores variando entre 1 (desgostei muitíssimo) e 9 (gostei muitíssimo), avaliando-se os atributos sensoriais de aparência, odor, sabor, textura e impressão global. A intenção de compra das lasanhas foi avaliada com uso da escala estruturada mista de cinco pontos, com escores compreendidos entre 1 (certamente não compraria) e 5 (certamente compraria o produto).

## 2.6. Cinética de congelamento

A cinética de congelamento das lasanhas foi realizada em freezers nas temperaturas de -25, -50 e -150 °C. Os dados foram coletados para a construção das curvas de congelamento em função do tempo, utilizando-se as amostras de aproximadamente 300 g de lasanha com espessuras de 2 cm (placa plana). A temperatura do freezer foi monitorada por um termopar e a temperatura da lasanha a partir de outro termopar instalado na parte central da lasanha. As leituras foram realizadas em intervalos de 30 e 60 segundos até que houvesse a estabilização das temperaturas do freezer e amostras avaliadas.

A coleta dos dados experimentais para obtenção da curva de congelamento foi realizada em triplicata e para o ajuste aos dados experimentais, utilizou-se a metodologia de Crank (1975), com a finalidade de calcular a transferência de calor em regime transiente para o produto, com formato de placa plana.

Foi realizada uma análise de regressão não-linear através do programa STATISTICA, versão 7.0, para determinar os coeficientes e construir os gráficos da razão de temperatura em função do tempo.

## 2.7. Análise estatística

Os resultados das análises físico-químicas, textura e do teste de aceitação sensorial foram submetidos a um delineamento inteiramente casualizado e as diferentes amostras foram analisadas por meio de análise de variância e a comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico ASSISTAT versão 7.7. As respostas sensoriais foram avaliadas pela metodologia da Análise de

Componentes Principais (ACP). Também foi construído o gráfico box plot para verificar a distribuição dos dados analisados. Essas análises foram realizadas no programa Statistica 7.0. Foram realizadas análises através de histogramas de frequência e calculados os índices de aceitação e rejeição das notas atribuídas aos atributos da análise sensorial (STATSOFT, 2004).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Caracterização físico-químicas das lasanhas sem glúten

Na Tabela 2 encontram-se os dados da composição físico-química das lasanhas elaboradas com a massa de mandioca sem glúten. Observa-se que para todos os parâmetros, exceto atividade de água, houve diferença estatística significativa ( $p < 0,05$ ), mostrando que os diferentes recheios utilizados para compor a lasanha influenciam na sua composição nutricional.

**Tabela 2-** Caracterização físico-química das lasanhas sem glúten

	L1	L2	L3
$A_w$	0,990 <sup>a</sup> ±0,001	0,989 <sup>a</sup> ±0,001	0,988 <sup>a</sup> ±0,001
Teor de água (%)	73,10 <sup>a</sup> ±0,55	69,47 <sup>b</sup> ±0,57	60,43 <sup>c</sup> ±0,38
Cinzas (%)	1,79 <sup>b</sup> ±0,04	1,28 <sup>c</sup> ±0,04	2,57 <sup>a</sup> ±0,31
Lipídeos (%)	8,42 <sup>b</sup> ±0,0273	4,26 <sup>c</sup> ±0,03	12,99 <sup>a</sup> ±0,07
Proteínas (%)	11,48 <sup>c</sup> ±0,07	17,35 <sup>a</sup> ±0,29	14,40 <sup>b</sup> ±0,39
Fibras (%)	0,85 <sup>b</sup> ±0,07	0,9773 <sup>b</sup> ±0,23	2,1277 <sup>a</sup> ±0,00
Carboidratos (%)	5,21 <sup>c</sup> ±0,54	7,64 <sup>b</sup> ±0,70	9,60 <sup>a</sup> ±0,31
Valor energético (kcal/100g)	140,96 <sup>b</sup> ±0,97	136,60 <sup>c</sup> ±0,86	210,49 <sup>a</sup> ±0,91

L1- Lasanha de bolonhesa; L2- Lasanha de frango; L3- Lasanha de quatro queijos; \*Médias seguidas de mesma letra na mesma linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

A alta atividade de água indica que estas são susceptíveis ao ataque microbiano (GOCK et al., 2003), devendo existir uma manipulação adequada durante o processamento e armazenamento das mesmas, a fim de não afetar a qualidade e a vida útil do produto.

O teor de água das lasanhas também se apresentou elevado e condizente com o que foi encontrado para a atividade de água. A lasanha L3, elaborada com queijos, apresentou menor teor de água em relação as demais, fato este que pode ser justificado pela presença do queijo, matéria-prima utilizada em maior quantidade no produto.

O conteúdo mineral está fortemente relacionado com a quantidade de sólidos presentes no produto (SEGURA-CAMPOS et al., 2013), neste caso, a formulação L3,

devido a maior quantidade de ingredientes utilizados em sua preparação apresentou os maiores valores, seguidos da amostra L1 e L2.

Mesmo comportamento do conteúdo mineral foi observado para o conteúdo de lipídeos, apresentando o maior teor lipídico a amostra L3, lasanha elaborada com quatro tipos de queijos.

Com relação as proteínas, a amostra L2, lasanha elaborada com frango, deteve a maior média, uma vez que, o frango se destaca como uma carne com elevado valor proteico. Segundo Shah, Bosco e Mir (2014) a carne de frango é uma das carnes mais consumidas devido ao seu valor nutricional, que consiste em alto teor de proteína e baixo teor de gordura.

O teor de fibras encontradas na lasanha foi baixo para as amostras L1 e L2 que não apresentaram diferença estatística ( $p < 0,05$ ) entre si, com comportamento diferente para a amostra L3 que deteve 2,13%. Segundo Remnant e Adams (2015) o conteúdo de fibras encontrado em refeições prontas para o consumo é baixo e que este é um dos nutrientes que mais deveríamos buscar e consumir.

Segundo Costa et al. (2018) a composição bruta do frango é de teor de água de 73,5%; 0,91% de cinzas; 4,64% de gordura e 21% de proteínas. Com relação a composição bruta do queijo, o teor de água é de 65%; 2,21% de cinzas; 14,44% de gordura e 15,7% de proteínas. Desse modo, explicam-se os resultados obtidos para a composição das lasanhas de frango e queijo deste estudo, onde as mesmas apresentaram comportamento semelhante aos fornecidos por estes autores, devido a principal matéria-prima presente nas mesmas, em que o conteúdo de água na amostra L2 demonstrou-se maior que a L3, bem como para o conteúdo de cinzas e de proteínas e com relação aos lipídeos, a amostra com queijo (L3) apresentou maior teor que a de frango (L2), evidenciando a forte ligação da matéria-prima principal com a composição do produto final.

Remnant e Adams (2015) estudaram o conteúdo nutricional de refeições prontas encontradas nos supermercados e para a lasanha encontraram os seguintes valores médios: lipídeos (3,6-6,8%), proteínas (5,8-7,8%), fibras (1,2-1,7%), carboidratos (9,8-13,5%) e valor energético (105-149Kcal/100g). O conteúdo de proteínas encontrado no presente estudo obteve médias superiores aos observados pelos autores, para o teor de lipídios apenas a amostra L2 obteve média que esteve entre os intervalos encontrados, as fibras foram abaixo destes valores, exceto a amostra L3 que apresentou valores acima, os carboidratos apresentaram-se inferiores e para o valor energético apenas a formulação L3

apresentou-se superior aos intervalos encontrados pelos mesmos. Kimura et al. (2017) elaboraram lasanhas com molhos de atum, bolonhesa e frango, utilizando a massa contendo 15% de mistura seca de atum e tilápia, onde caracterizando-as quanto ao seu valor nutricional observaram com relação as lasanhas de frango e bolonhesa, teor de água de 62,84% e 61,44%, respectivamente, maior valor proteico na lasanha elaborada com frango (14,13%) em relação a bolonhesa (12,90%), para os lipídios 4,98 e 4,60%, carboidratos 15,43 e 17,96% e valor energético 163,04 e 164,83kcal/100g para as lasanhas de frango e bolonhesa, respectivamente. Durazzo et al. (2019) ao avaliarem pratos tradicionalmente consumidos na Itália, observaram para a lasanha 63,9% teor de água, 11,7% de proteínas, 10,8% de gordura, 0,8% de fibras e 194 kcal de valor energético. Ao relacionar os resultados obtidos neste estudo com os respectivos autores pode-se perceber que as matérias-primas, tanto das massas, quanto dos recheios utilizados para composição do produto final, as lasanhas, são fundamentais para descrever o conteúdo nutricional das mesmas, encontrando-se dessa forma algumas semelhanças e divergências com relação a alguns parâmetros analisados.

### 3.2. Perfil de textura (TPA) das lasanhas sem glúten

Na Tabela 3 encontram-se os resultados obtidos para o perfil de textura das lasanhas. Foram avaliados os parâmetros firmeza, elasticidade, coesividade, adesividade, gomosidade e mastigabilidade.

Observa-se que apenas o parâmetro elasticidade não apresentou diferença estatística ( $p < 0,05$ ) entre as amostras, mostrando que a composição das lasanhas afeta o perfil de textura das mesmas.

**Tabela 3-** Perfil de textura das Lasanhas sem glúten

Parâmetro	L1	L2	L3
Firmeza (N)	9,77 <sup>b</sup>	7,65 <sup>c</sup>	14,09 <sup>a</sup>
Elasticidade	1,00 <sup>a</sup>	1,00 <sup>a</sup>	1,00 <sup>a</sup>
Coesividade	0,43 <sup>a</sup>	0,28 <sup>b</sup>	0,43 <sup>a</sup>
Adesividade (N.s)	2,50 <sup>a</sup>	3,19 <sup>b</sup>	1,48 <sup>c</sup>
Mastigabilidade	4,17 <sup>b</sup>	2,14 <sup>c</sup>	8,49 <sup>a</sup>

L1- Lasanha de bolonhesa; L2- Lasanha de frango; L3- Lasanha de quatro queijos; \*Médias seguidas de mesma letra na mesma linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Para a firmeza observa-se que a amostra L3, lasanha elaborada com recheio de quatro queijos, deteve a maior média. Segundo Larrosa et al. (2016) este resultado é inerente ao menor teor de água da formulação e que a firmeza está diretamente relacionada a força de corte, portanto, a força necessária para cortar a amostra L3 será maior em relação as demais.

A coesividade é a taxa a que um determinado material se desintegra sob ação mecânica, ou seja, é a medida em que um material pode ser deformado antes de quebrar e está relacionado com o grau ao qual um alimento é comprimido entre os dentes (KILCAST, 2013). Dessa forma a lasanha de frango (L2) apresentou a menor taxa de desintegração seguida pelas lasanhas L1 e L3.

Para massas alimentícias e seus derivados, a firmeza e a adesividade obtidas no TPA são os parâmetros mais importantes na avaliação da textura (ORMENESE; CHANG, 2002). Segundo Olivera e Salvadori (2006) a adesividade é uma propriedade de suma importância em massas, tendo em vista, sua influência no manuseio do produto e nos processos industriais, onde baixos valores são apreciados. Com isso, observa-se o menor valor em L3

O parâmetro mastigabilidade apresentou comportamento relacionado com a firmeza, onde a lasanha L2 (frango) apresentou a menor média e a L3 (quatro queijos) a maior média.

Olivera e Salvadori (2006) ao estudarem a textura de lasanha orgânica, elaborada com recheio feito com espinafre, molho de tomate e queijo ralado, obtiveram para a lasanha cozida, firmeza de 5,93 N, adesividade de -0,50 N.s, coesividade de 0,57 e mastigabilidade de 1,19, resultados inferiores aos do presente estudo, tendo em vista, que a lasanha orgânica passou por um processo de aquecimento, o que conseqüentemente, fez com que houvesse diminuição dos parâmetros de textura. Com relação a coesividade esta apresentou maior valor do que os encontrados nesta pesquisa, fato este, que deve-se a utilização da farinha de trigo integral utilizada pelos autores.

### 3.3. Avaliação microbiológica

As lasanhas sem glúten elaboradas com diferentes recheios apresentaram-se adequadas para o consumo humano, de acordo com o que preconiza a legislação (BRASIL, 2001). Foram observadas para *Staphylococcus* coagulase positiva uma concentração inferior a  $<2 \times 10^2$  UFC/g. As amostras avaliadas não apresentaram

coliformes termoresistentes a 45 °C e foi verificada ausência para pesquisa de *Salmonella* sp. em 25 gramas de amostra.

### 3.4. Análise Sensorial

Na Tabela 4 encontram-se os valores médios referente a análise sensorial realizada nas lasanhas com sabores de bolonhesa, frango e quatro queijos, em relação aos atributos sensoriais: aparência, odor, sabor, textura e impressão global.

A análise sensorial foi realizada com 60 julgadores não treinados, onde, 61,67% eram do gênero feminino e 38,33% do gênero masculino, com frequência de idade de 75,0% de 17 até 30 anos, 16,67% de 31 até 40 anos, e 8,33% entre 41 e 50 anos. Os julgadores apresentaram grau de escolaridade de 78,33% cursando o ensino superior e 21,66% cursando pós-graduação. Com relação à frequência de consumo de lasanha pelos julgadores, obteve-se o seguinte resultado: 5% - diariamente; 30% - pelo menos uma vez por semana; 36,67% - de uma a duas vezes por mês; e 11,67% de uma a duas vezes ao ano.

Observa-se que houve diferença estatística ( $p < 0,05$ ), para maioria dos atributos avaliados, exceto, para o odor, o que mostra que os diferentes recheios utilizados influenciam na avaliação dos julgadores.

**Tabela 4** - Valores médios da análise sensorial das lasanhas sem glúten

Lasanha	L1	L2	L3
Aparência	7,75 <sup>ab</sup>	8,03 <sup>a</sup>	7,45 <sup>b</sup>
Odor	7,53 <sup>a</sup>	7,50 <sup>a</sup>	7,22 <sup>a</sup>
Sabor	7,87 <sup>a</sup>	7,62 <sup>a</sup>	6,90 <sup>b</sup>
Textura	7,77 <sup>a</sup>	7,57 <sup>ab</sup>	7,27 <sup>b</sup>
Impressão Global	7,85 <sup>a</sup>	7,75 <sup>a</sup>	7,27 <sup>b</sup>

L1- Lasanha de bolonhesa; L2- Lasanha de frango; L3- Lasanha de quatro queijos; \*Médias seguidas de mesma letra na mesma linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Para avaliação dos atributos sensoriais foi utilizada uma escala hedônica de nove pontos, variando de 1 (desgostei muitíssimo) a 9 (gostei muitíssimo). De modo geral, as lasanhas obtiveram notas entre 6,9 e 8,03, estando na escala entre gostei ligeiramente e gostei muito, apresentando desse modo uma ótima aceitação sensorial.



Para o atributo aparência observa-se que a lasanha L2 obteve o maior escore 8,03, seguida da lasanha L1 e L3. A aparência é um atributo muito importante, tendo em vista, que o primeiro contato com o consumidor, é o contato visual do produto. De acordo com Texeira (2009) a aparência é a apresentação visual do produto, é um atributo extrínseco que determina a aceitação, indiferença ou rejeição. Neste quesito, pode-se dizer que o contato visual com as lasanhas foi satisfatório.

Com relação ao atributo odor, não houve diferença estatística ( $p < 0,05$ ) entre as amostras, onde apesar de terem sido elaboradas com recheios distintos, para os julgadores essa diferença no odor não foi detectada.

Para o atributo sabor, verificou-se que as lasanhas L1 e L2 obtiveram os maiores escores e a lasanha L3 o menor escore. Segundo o que foi relatado pelos julgadores, a amostra L3, lasanha elaborada com quatro tipos de queijos apresentou um sabor salgado acentuado, sabor este devido a característica de alguns dos queijos utilizados na elaboração. Segundo Wani et al. (2012) as massas elaboradas com amido apresentam sabor suave, tal característica, foi fundamental para a boa avaliação deste atributo nas lasanhas prontas.

A textura é um atributo muito importante, quando se trata de produtos elaborados com massas, neste quesito todas as massas foram bem avaliadas, sendo a amostra L3 a que obteve o menor escore, uma vez que, ao ser elaborada com queijos, estes por sua vez ao serem aquecidos, tendem a apresentar uma menor firmeza. Neste quesito pode-se perceber que os julgadores apreciam produtos com uma maior firmeza. Segundo Saueressig, Kaminski e Escobar (2016) produtos elaborados sem glúten tendem a apresentar textura de desintegração e, conseqüentemente, menor aceitação sensorial, no entanto, observa-se neste estudo, que as lasanhas elaboradas sem glúten apresentaram do ponto vista sensorial uma textura satisfatória.

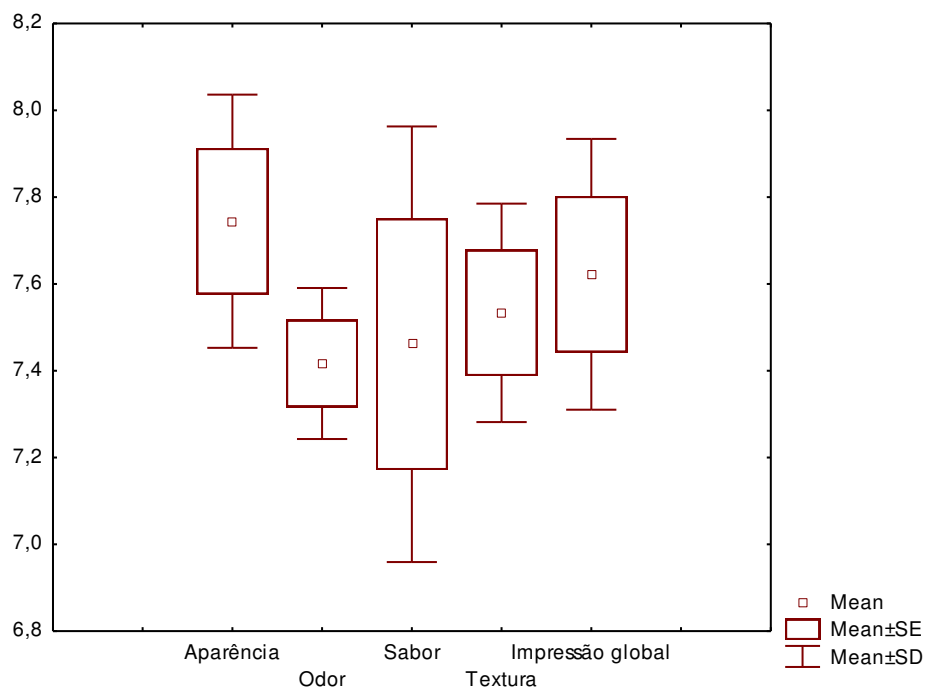
Seguindo o comportamento da maioria dos atributos, a impressão global, tida como uma média geral de todos os atributos avaliados, a lasanha L1 apresentou os maiores escores, seguida das lasanhas L2 e L3.

Kimura et al. (2017) ao avaliar a aceitação sensorial da lasanha, elaborada com massa contendo diferentes níveis de mistura seca de atum e tilapia, com molho de atum encontraram escores para sabor entre 7,31 a 7,81 e para textura de 7,22 a 7,56, sendo próximos aos encontrados neste estudo.

Prolo et al. (2014) observaram para sua massa de lasanha sem glúten, escores de 6,18 para aparência, 5,86 para o sabor e 6,20 para textura, estando essas médias inferiores as encontradas para as lasanhas sem glúten desta pesquisa.

Uma das principais reclamações dos portadores da doença celíaca é a inferioridade na qualidade sensorial dos produtos destinados a este público (HERA et al., 2013). Desse modo, a avaliação sensorial das lasanhas sem glúten, mesmo tendo sido avaliada por não portadores da doença, por ter apresentado notas satisfatórias na escala de aceitação sensorial, podem ser classificadas com um produto de alta qualidade sensorial.

Com o intuito de analisar a distribuição dos dados sensoriais, foi obtido o gráfico Box plot (Figura 1).



Mean= média; Mean±SE= média± erro padrão; Mean±SD= média± desvio padrão

**Figura 1-** Gráfico box plot para os atributos analisados na análise sensorial

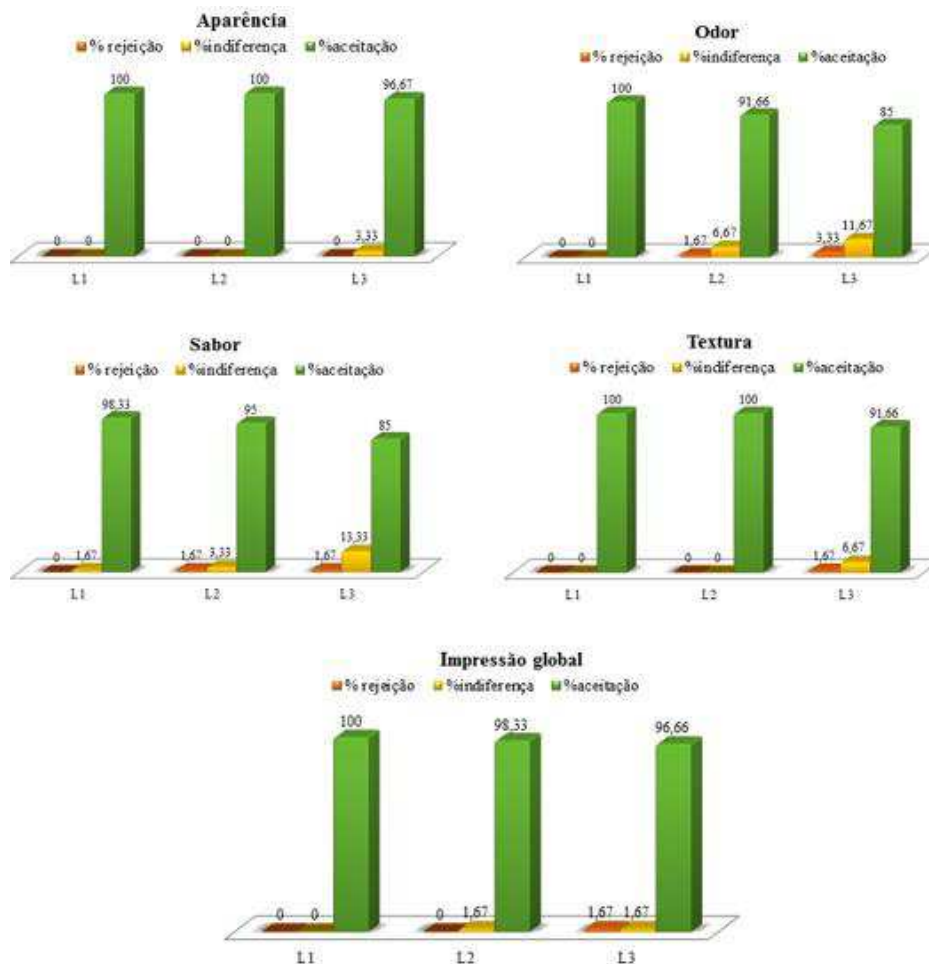
Ao analisar o gráfico, pode-se obter informações a respeito do centro dos dados em relação a média ou mediana e a amplitude dos dados para os valores máximo-mínimo. Através da média e o desvio padrão verifica-se a variabilidade dos dados em torno da média. E com a média e o erro padrão, verifica-se o intervalo de confiança.

O atributo odor foi o que obteve a menor média e o atributo aparência foi o que obteve a maior média entre as amostras analisadas. Com relação à variabilidade das notas,

os atributos sabor e impressão global apresentaram maiores variabilidades e, conseqüentemente, maiores valores de desvio padrão. O atributo odor obteve menor variabilidade e menores valores para o desvio padrão.

Verifica-se que a distribuição dos dados foi simétrica, uma vez que houve diferença estatística significativa na maioria dos atributos avaliados. A distribuição dos dados apresenta simetria, quando a linha que representa a mediana fica no centro do retângulo e as duas linhas que partem das extremidades do retângulo tendem a ter os mesmos comprimentos.

Na Figura 2 encontram-se as porcentagens de aprovação, indiferença e rejeição dos atributos (aparência, odor, sabor, textura e impressão global) avaliados na análise sensorial.



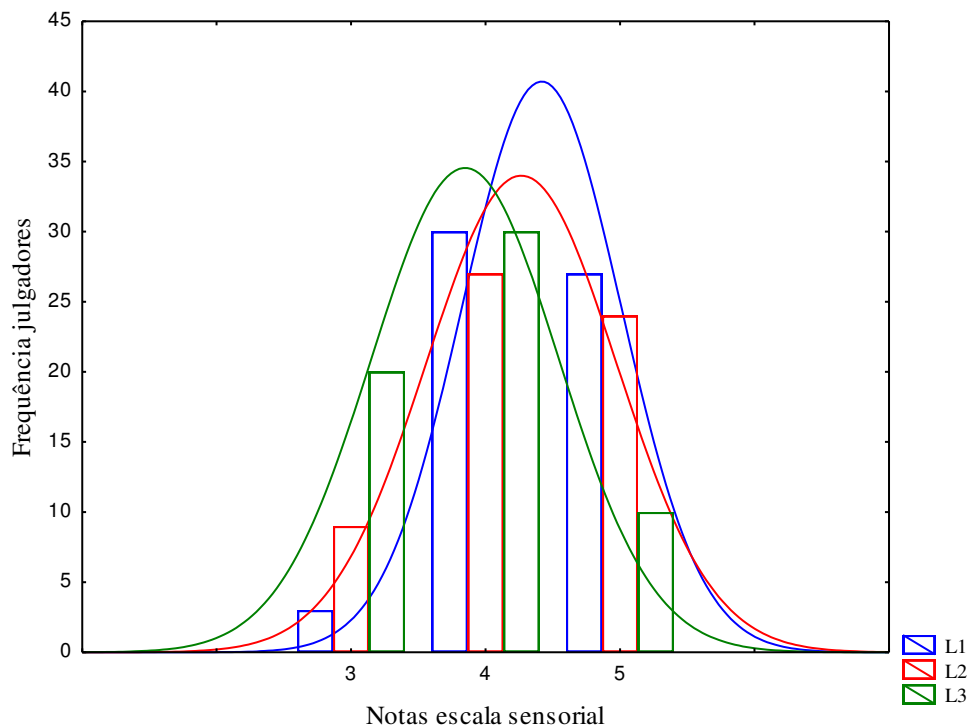
\*% de aprovação= porcentagem de notas de 6 a 9; % de indiferença= porcentagem de notas 5; % de rejeição= porcentagem de notas de 1 a 4; L1- Lasanha de bolonhesa; L2- Lasanha de frango; L3- Lasanha de quatro queijos;

**Figura 2-** Porcentagens de aprovação, indiferença e rejeição das lasanhas sem glúten.

Analisando a Figura 2, pode-se observar que todas as formulações obtiveram alto índice de aceitação (>90 %), exceto para a formulação L3 que apesar de boa aceitação, obteve o menor índice de aceitação para o atributo odor e sabor (85%). Os resultados obtidos apresentam-se de acordo com as médias encontradas no teste de aceitação (Tabela 3).

A amostra L1 obteve 100% de aceitação para a maioria dos atributos sensoriais avaliados, exceto para o atributo sabor, onde mesmo assim deteve a maior porcentagem de aceitação, se caracterizando como a amostra mais aceita pelos julgadores. Com relação aos atributos, a aparência, impressão global e textura obtiveram os maiores percentuais para o índice de aceitação e os menores percentuais para o índice de rejeição, caracterizando-se como os atributos mais aceitos em todas as formulações, com a maioria das notas da escala hedônica variando de 6 (gostei ligeiramente) a 9 (gostei extremamente).

A intenção de compras avalia a intenção dos julgadores em adquirir o produto que está sendo avaliado, caso o mesmo estivesse disponível no comércio. A Figura 3 ilustra os resultados para a intenção de compra das amostras de lasanha sem glúten, com a distribuição de frequência das notas de acordo com a escala utilizada para avaliação.



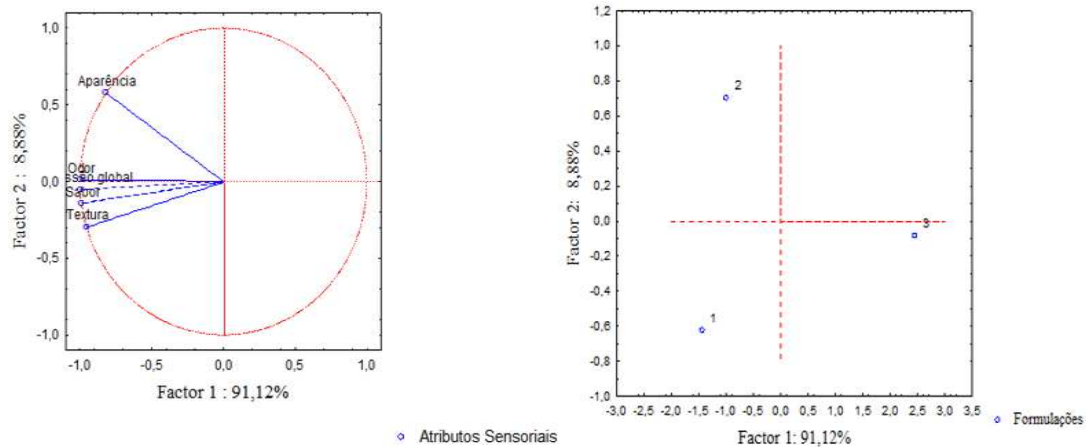
**Figura 3-** Histograma de frequência para intenção de compras

Na Figura 3 observa-se que a amostra L1 obteve a maior concentração de notas 5, correspondente a “certamente compraria”, seguida da amostra L2 e L3. Para a nota 4, correspondente a “provavelmente compraria” a maior concentração de notas esteve para as formulações L1 e L3, e a concentração de notas para os julgadores que tiveram dúvidas sobre a compra do produto foi maior para a formulação L3.

Nenhuma das amostras obteve notas 1 e 2 que correspondem a certamente não compraria e provavelmente não compraria, o que mostra que as lasanhas apresentaram-se como propícias a comercialização, sendo as amostras L1 e L2 as que detiveram a melhor intenção de compras pelos julgadores.

A dificuldade de se encontrar disponível no mercado produtos diversificados para os celíacos é um dos principais motivos para o desenvolvimento de pesquisas neste sentido, impulsionados também pelo fato de que os alimentos existentes por não serem produzidos em larga escala, são agregados com um alto valor comercial o que os torna inacessíveis às classes sociais menos favorecidas (PAIM; SCHUCK, 2010). Neste sentido o produto em estudo por ser elaborado, com o amido de mandioca como matéria prima principal da massa, ingrediente este tipicamente regional, agrega valor a um produto que é bastante produzido na nossa região, a mandioca, e fornece a opção de uma matéria prima barata para elaboração de um prato pronto como a lasanha que pode vir a ser ofertado com preço abaixo do produto tradicional encontrado no mercado.

No gráfico da ACP (Figura 4) cada amostra de lasanha é representada por um ponto, onde o mesmo representa o valor médio atribuído pela equipe sensorial. Amostras que apresentam similaridade ocupam regiões próximas no gráfico e são caracterizadas pelos vetores (atributos) que se apresentam mais próximos a elas. Pode-se observar que as formulações apresentam características sensoriais distintas pois encontram-se situadas em quadrantes diferentes.



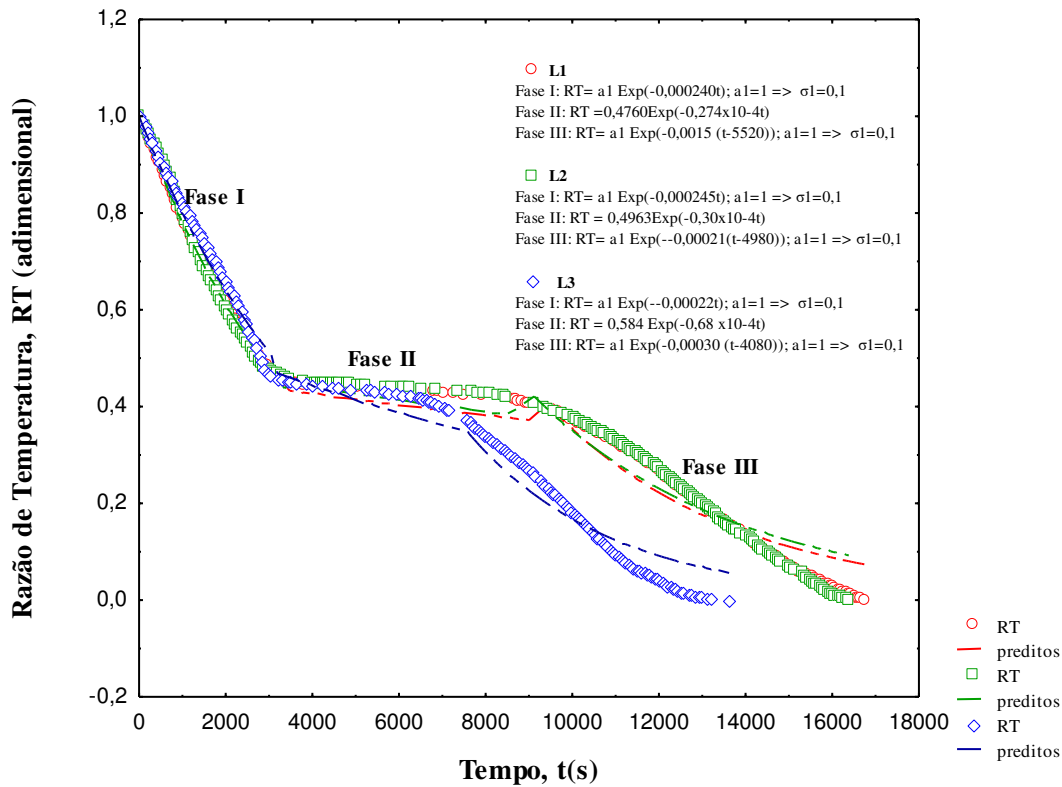
**Figura 4-** Bidimensional da Análise de Componentes Principais dos atributos sensoriais das amostras de lasanha sem glúten

A maior parte das variações que ocorreram entre as amostras foi explicada pelo Componente Principal 1, no entanto, quando avaliada e associada ao Componente Principal 2 observou-se que os dois componentes explicaram 100% das informações contidas nos valores médios das sensoriais, isto significa que, a variabilidade entre as formulações pôde ser totalmente explicada utilizando esses dois eixos.

Observa-se que a formulação L2 (lasanha de frango) foi discriminada das demais formulações quanto a aparência e odor, enquanto a formulação L1 (lasanha de bolonhesa) foi discriminada pelo sabor, textura e impressão global. Não foi exposta por nenhum dos atributos sensoriais, a formulação L3 (lasanha de quatro queijos), onde esta formulação se encontra distante dos atributos no espaço vetorial e em quadrante oposto, indicando uma correlação negativa em relação aos atributos sensoriais. No entanto, apesar de não ser discriminada por nenhum atributo sensorial, a formulação L3 obteve uma boa aceitação sensorial.

### 3.5. Cinética de congelamento

Na Figura 5 estão expostas as curvas de congelamento das lasanhas sem glúten, na temperatura de  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Observa-se a presença de três fases distintas do congelamento, ou seja, percebe-se com clareza a fase I (resfriamento), fase II (congelamento ou cristalização) e fase III pós-congelamento. De acordo com Goldfarb et al. (2010) a evidência das três fases de congelamento ocorre em produtos que possuem um elevado teor de água, em torno de 50 a 90% (b.u.).



**Figura 5-** Curva de congelamento dos dados experimentais e preditos a temperatura de  $-25^{\circ}\text{C}$ , para as lasanhas L1, L2 e L3.

A fase de resfriamento, denominada fase I, ocorre até o início da temperatura de congelamento, observa-se que L1 apresentou maior tempo de resfriamento, 3480 segundos, e as amostras L2 e L3 apresentaram resfriamento mais rápido 3120 e 3000 segundos, respectivamente.

A fase de cristalização ou congelamento, denominada fase II, ocorre a formação dos cristais de gelo, onde a água presente no produto, na sua forma líquida ou de vapor, absorve a energia necessária para formar os cristais de gelo (DEMODARAN et al., 2008), nesta fase observa-se que a formulação com o menor tempo de cristalização foi a L3 (4080 segundos) e a maior foi a L1 (5520 segundos). A temperatura inicial de cristalização das formulações L1, L2 e L3, foram  $-2,2$ ,  $-1,8$  e  $-2^{\circ}\text{C}$ , respectivamente.

Na fase de pós congelamento, fase III, a formulação que apresentou o menor tempo de congelamento ainda foi a formulação L3, seguida da amostra L2 e L1, com 6420 segundos, 7560 segundos e 7620 segundos, respectivamente.

Observa-se de forma geral, nas curvas apresentadas, que o teor de água das formulações é o principal fator no congelamento, havendo uma relação entre este

parâmetro e o tempo necessário para se atingir o congelamento total do produto, desse modo, as formulações com o maior teor de água, a (L1) 73% e a (L2) 69%, demandam um maior tempo para obter o estado final do congelamento.

Na Tabela 5 encontram-se os valores das espessuras (L), coeficientes de difusão, difusividade efetiva e difusividade efetiva média das formulações de lasanha sem glúten nos estágios de congelamento a -25 °C.

**Tabela 5**– Valores das espessuras (L), coeficientes de difusão, difusividade efetiva e difusividade efetiva média das formulações de lasanha sem glúten nos estágios de congelamento a -25 °C

<b>L1 – congelamento a -25 °C</b>				
<b>Fases</b>	<b>L/2 (mm)</b>	<b>Coeficiente de difusão (m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>)</b>	<b>Difusividade efetiva (m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>)</b>	<b>Difusividade efetiva média (m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>)</b>
<b>I</b>	8,75	2,41X10 <sup>-4</sup>	1,84x10 <sup>-4</sup>	-
<b>III</b>	8,75	2,32X10 <sup>-4</sup>	1,78 x10 <sup>-4</sup>	1,19 x10 <sup>-4</sup>
<b>L2 – congelamento a -25 °C</b>				
<b>Fases</b>	<b>L/2 (mm)</b>	<b>Coeficiente de difusão (m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>)</b>	<b>Difusividade efetiva (m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>)</b>	<b>Difusividade efetiva média (m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>)</b>
<b>I</b>	8,80	2,46X10 <sup>-4</sup>	1,90X10 <sup>-4</sup>	-
<b>III</b>	8,80	2,30X10 <sup>-4</sup>	1,62X10 <sup>-4</sup>	1,10 x10 <sup>-4</sup>
<b>L3 – congelamento a -25 °C</b>				
<b>Fases</b>	<b>L/2 (mm)</b>	<b>Coeficiente de difusão (m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>)</b>	<b>Difusividade efetiva (m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>)</b>	<b>Difusividade efetiva média (m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>)</b>
<b>I</b>	9,25	2,22X10 <sup>-4</sup>	1,90X10 <sup>-4</sup>	-
<b>III</b>	9,25	3,0 X10 <sup>-4</sup>	2,58X10 <sup>-4</sup>	1,64X10 <sup>-4</sup>

Observa-se que os valores de difusividade efetiva média das formulações foram (I) 1,19 x10<sup>-4</sup> m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>, (II) 1,10 x10<sup>-4</sup> m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>, (III) 1,64X10<sup>-4</sup>m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>, respectivamente, percebe-se que houve um aumento da difusividade efetiva média para a formulação com menor teor de água e conseqüentemente maior teor de sólidos, Cavalcanti-Mata et al. (2012)

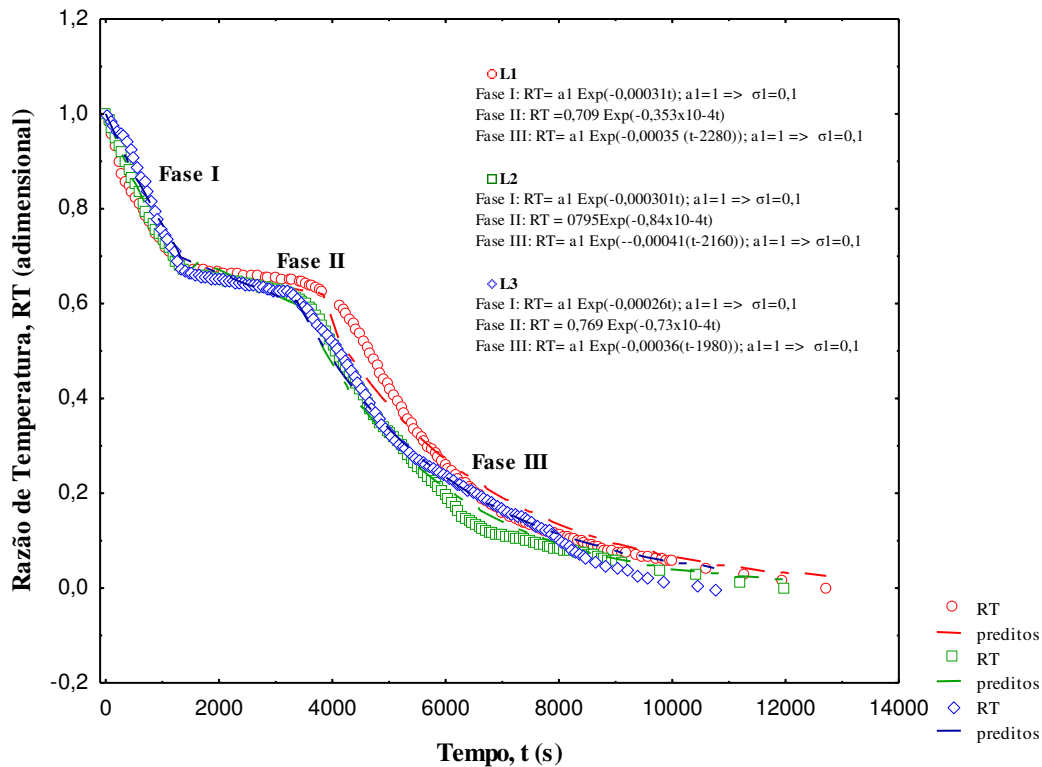


também observaram o mesmo comportamento durante o estudo do congelamento de feijão gordo.

Na Figura 6 encontram-se as curvas de congelamento das lasanhas sem glúten na temperatura  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Observa-se que para esta temperatura, o fim da fase de resfriamento (fase I) e início da fase de cristalização (fase II), seguiu o mesmo comportamento da temperatura de  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  em relação as formulações, no entanto, percebendo-se uma redução no tempo necessário para finalizar a fase I e iniciar a fase seguinte. Segundo Cavalcanti-Mata et al. (2012) quanto maior o gradiente térmico a que o produto está exposto, implicará numa maior velocidade de congelamento.

A amostra L1 atingiu o fim da fase de resfriamento com cerca de 1500 segundos, a formulação (L2) com 1380 segundos e a formulação (L3) 1260 segundos, onde os valores da temperatura diminuíram de  $22,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  para  $-0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $24\text{ }^{\circ}\text{C}$  para  $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $23,9\text{ }^{\circ}\text{C}$  para  $-0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , respectivamente.

A fase de cristalização (Fase II) durou cerca de 2280 segundos com a temperatura de  $-4,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  para formulação (L1), 2160 segundos até  $-6,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  (formulação L2) e 1980 segundos até  $-4,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  (L3).



**Figura 6-** Curva de congelamento dos dados experimentais e preditos a temperatura de  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , para as lasanhas L1, L2 e L3.

Encontram-se na Tabela 6, os valores das espessuras (L), coeficientes de difusão, difusividade efetiva e difusividade efetiva média das formulações de lasanha sem glúten nos estágios de congelamento a -50 °C.

Observa-se assim como para a temperatura de congelamento de -25°C, que a maior difusividade efetiva média foi encontrada para a formulação (L3), com  $2,99 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ . Para a fase (III), o menor tempo, 7380 segundos, também foi verificado para a formulação (L3) na lasanha sem glúten elaborada com quatro queijos.

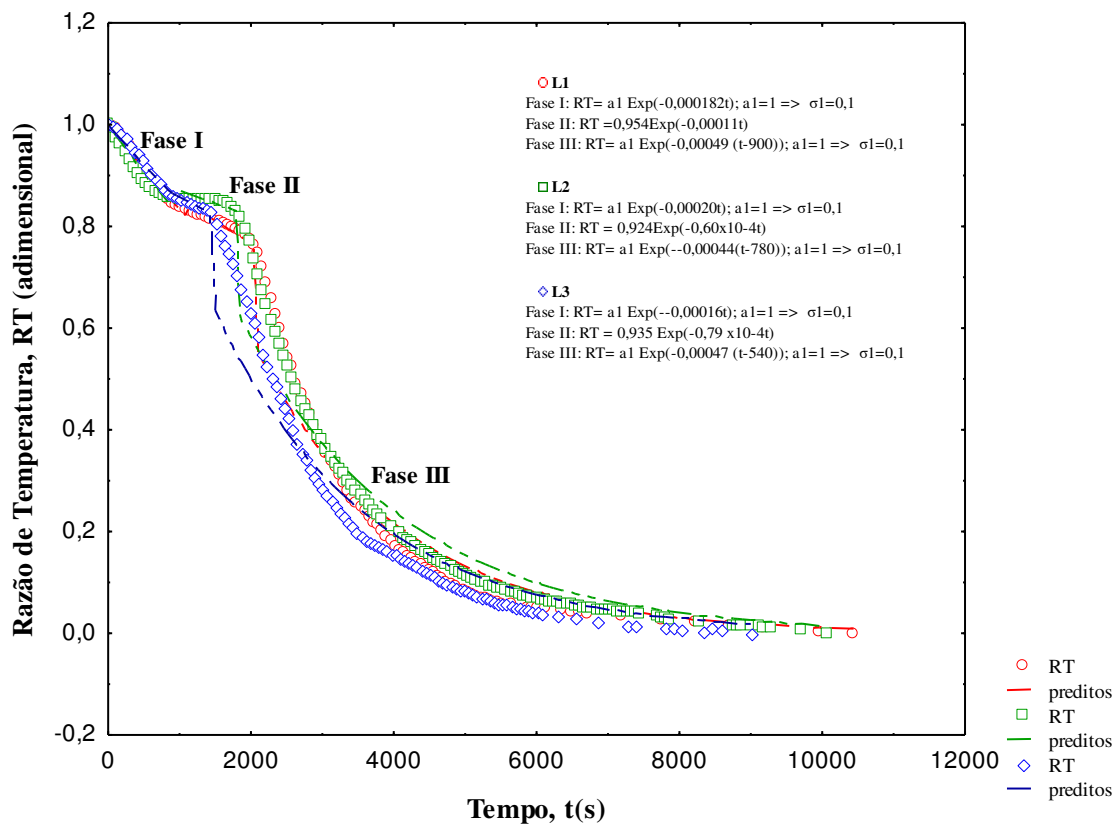
**Tabela 6**– Valores das espessuras (L), coeficientes de difusão, difusividade efetiva e difusividade efetiva média das formulações de lasanha sem glúten nos estágios de congelamento a -50 °C

<b>L1– congelamento a -50 °C</b>				
<b>Fases</b>	<b>L/2 (mm)</b>	<b>Coefficiente de difusão (<math>\text{m}^2 \text{s}^{-1}</math>)</b>	<b>Difusividade efetiva (<math>\text{m}^2 \text{s}^{-1}</math>)</b>	<b>Difusividade efetiva média (<math>\text{m}^2 \text{s}^{-1}</math>)</b>
<b>I</b>	8,85	$3,09 \times 10^{-4}$	$2,42 \times 10^{-4}$	-
<b>III</b>	8,85	$3,51 \times 10^{-4}$	$2,75 \times 10^{-4}$	$2,19 \times 10^{-4}$
<b>L2 – congelamento a -50 °C</b>				
<b>Fases</b>	<b>L/2 (mm)</b>	<b>Coefficiente de difusão (<math>\text{m}^2 \text{s}^{-1}</math>)</b>	<b>Difusividade efetiva (<math>\text{m}^2 \text{s}^{-1}</math>)</b>	<b>Difusividade efetiva média (<math>\text{m}^2 \text{s}^{-1}</math>)</b>
<b>I</b>	8,80	$3,01 \times 10^{-4}$	$2,33 \times 10^{-4}$	-
<b>III</b>	8,80	$4,06 \times 10^{-4}$	$3,14 \times 10^{-4}$	$2,45 \times 10^{-4}$
<b>L3 – congelamento a -50 °C</b>				
<b>Fases</b>	<b>L/2 (mm)</b>	<b>Coefficiente de difusão (<math>\text{m}^2 \text{s}^{-1}</math>)</b>	<b>Difusividade efetiva (<math>\text{m}^2 \text{s}^{-1}</math>)</b>	<b>Difusividade efetiva média (<math>\text{m}^2 \text{s}^{-1}</math>)</b>
<b>I</b>	9,30	$2,66 \times 10^{-4}$	$1,57 \times 10^{-4}$	-
<b>III</b>	9,30	$3,61 \times 10^{-4}$	$2,66 \times 10^{-4}$	$2,99 \times 10^{-4}$

Na Figura 7 encontram-se as curvas de congelamento das lasanhas sem glúten na temperatura -150 °C, nota-se que as curvas de congelamento são caracterizadas por uma leve declínio nas fase I e II (resfriamento e cristalização), sendo difícil a distinção destas

fases e a fase III se apresenta mais definida. A utilização de uma temperatura mais baixa em relação as demais estudadas (-25 e -50°C) faz com que haja uma velocidade de congelamento e, conseqüentemente, diminuição da temperatura, de forma mais rápida e acentuada.

Observa-se que com a diminuição da temperatura de congelamento, houve conseqüentemente, uma redução do tempo de todas as fases, onde foram necessários para, essa temperatura de estudo (-150°C), 900 segundos para finalizar a fase de cristalização da formulação (L1), 780 segundos para formulação (L2) e 540 segundo para formulação (L3).



**Figura 7-** Curva de congelamento dos dados experimentais e preditos a temperatura de -150°C, para as lasanhas L1, L2 e L3.

Observa-se na Tabela 7, os valores das espessuras (L), coeficientes de difusão, difusividade efetiva e difusividade efetiva média das formulações das lasanhas sem glúten nos estágios de congelamento a -150 °C.

**Tabela 7**– Valores das espessuras (L), coeficientes de difusão, difusividade efetiva e difusividade efetiva média das formulações de lasanha sem glúten nos estágios de congelamento a -150 °C

<b>L1 – congelamento a -150 °C</b>				
<b>Fases</b>	<b>L/2 (mm)</b>	<b>Coefficiente de difusão (m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>)</b>	<b>Difusividade efetiva (m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>)</b>	<b>Difusividade efetiva média (m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>)</b>
<b>I</b>	8,9	1,82 x10 <sup>-4</sup>	1,44x10 <sup>-4</sup>	-
<b>III</b>	8,9	4,94 x10 <sup>-4</sup>	3,91x10 <sup>-4</sup>	3,27 x10 <sup>-4</sup>
<b>L2 – congelamento a -150 °C</b>				
<b>Fases</b>	<b>L/2 (mm)</b>	<b>Coefficiente de difusão (m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>)</b>	<b>Difusividade efetiva (m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>)</b>	<b>Difusividade efetiva média (m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>)</b>
<b>I</b>	8,85	1,96 x10 <sup>-4</sup>	1,59x10 <sup>-4</sup>	-
<b>III</b>	8,85	4,44 x10 <sup>-4</sup>	3,57x10 <sup>-4</sup>	2,97x10 <sup>-4</sup>
<b>L3 – congelamento a -150 °C</b>				
<b>Fases</b>	<b>L/2 (mm)</b>	<b>Coefficiente de difusão (m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>)</b>	<b>Difusividade efetiva (m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>)</b>	<b>Difusividade efetiva média (m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>)</b>
<b>I</b>	9,1	1,64 x10 <sup>-4</sup>	1,36x10 <sup>-4</sup>	-
<b>III</b>	9,1	4,73 x10 <sup>-4</sup>	3,82x10 <sup>-4</sup>	3,39x10 <sup>-4</sup>

Observa-se na Tabela 7, que os valores de difusividade efetiva média foi maior para formulação (L3) 3,39 x10<sup>-4</sup> m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>, amostra com menor teor de água, mas que não seguiu o mesmo comportamento, relacionado com o teor de água, para as demais formulações.

Segundo Tres et al. (2011) a quantidade de água, a temperatura, a composição e a porosidade, assim como em outros processos, influência na difusividade térmica de um material. Com a utilização de temperaturas cada vez mais baixas para avaliação do comportamento das lasanhas durante o congelamento, nota-se que existe uma relação entre a temperatura e a difusividade efetiva média, onde há um aumento desta, quando se tem um aumento na diferença de temperatura, ou seja, a difusividade efetiva média é

maior, a medida que a diferença entre a temperatura do produto e a temperatura ao qual o produto esta sendo congelado aumenta. Mesmo comportamento foi verificado por Feitosa et al. (2017) ao realizarem o estudo da cinética de congelamento do feijão fava.

O conhecimento do coeficiente da difusividade térmica é importante, por estar diretamente relacionado com as propriedades de transporte e, conseqüentemente, na modelagem e nos cálculos de transferência de calor transiente, sendo de fundamental importância para a simulação do processo de congelamento no interior de um alimento, propriedades estas, que são de grande valia para o processo industrial (TRES et al., 2011). Observa-se que os coeficientes de difusão apresentaram-se maiores na fase III para as temperaturas de -50 e -150 °C em todas as formulações estudadas. Goldfarb et al. (2010) também observaram um aumento no coeficiente de difusão ao reduzir as temperaturas de congelamento.

#### 4. CONCLUSÕES

As lasanhas apresentaram variação quanto a composição nutricional e de textura, de acordo com o recheio utilizado, obtiveram excelente aceitação sensorial e, se disponíveis no mercado, seriam facilmente comercializadas, de acordo com a avaliação de intenção de compras dos julgadores. Com relação a cinética de congelamento, esta demonstrou que quanto maior o gradiente térmico, ao qual as lasanhas foram expostas, maior foi a velocidade de congelamento e a difusividade térmica, sendo esta fortemente relacionada com o diferencial de temperatura entre a amostra e o meio a que é submetido. Observou-se que a utilização de temperaturas cada vez mais baixas acelerou todas as etapas do processo de congelamento, onde as lasanhas na temperatura de  $-25^{\circ}\text{C}$  demandaram um maior tempo para concluir o processo, do que na temperatura de  $-150^{\circ}\text{C}$  e que houve influência da composição das amostras, especialmente, relacionada ao teor de água.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. Washington, DC., 676 p. 2001.
- ATWATER, W.O.; WOODS, C.D. The chemical composition of american food materials. Farmers' Bulletin. n. 28. U.S. Department of Agriculture. Washington, 1896.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST – AOAC (2012). **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemist** (18th ed.). (Washington, D.C.).
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A Rapid Method of Total Lipid Extraction and Purification, **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**. v.37, p. 911–917, 1959.
- CAVADA, G. S.; PAIVA, F. F.; HELBIG, E.; BORGES, L. R. Rotulagem nutricional: você sabe o que está comendo? **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 4, n. spe, p.84-88, 2012.
- CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; MORAIS, J. O.; DUARTE, M. E. M.; FARIAS, P. A.; QUEIROZ, A. J. M. Cinética de congelamento do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) a baixas temperaturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.6, p.667–674, 2012.
- DEMODARAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O.R. **Fennema's food chemistry**. 4th ed. Boca Raton: CRC, 2008.1144p.
- CRANK, J. **The Mathematics of diffusion**. 2<sup>nd</sup> ed. Clarendon Press, Oxford, 1975.
- DURACK, E.; ALONSO-GOMEZ, M.; WILKINSONS, M. G. Growth of *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* in individual lasagne layers and evidence for migration of *E. coli* throughout the product. **Food control**. V.22, n.12, p.2000-2005, 2011.
- DURAZZO, A.; CAMILLI, E.; MARCONI, S.; LISCIANI, S.; GABRIELLI, P.; GAMBELLI, L.; AGUZZI, A.; LUCARINI, M.; KIEFER, J.; MARLETTA, L. Nutritional composition and dietary intake of composite dishes traditionally consumed in Italy. **Journal of food composition and analysis**, v.77, n.1, p.115-124, 2019.
- DUTCOSKY S. D. Análise sensorial de alimentos. 3<sup>a</sup> ed. Curitiba: Editora Universitária Champagnat, P.426, 2011.

- FEITOSA, R. M.; SILVA, R. C.; MELO, J. C. S.; LINS, A. D. F.; PÊ, P. R.; OLIVEIRA, S. N. Cinética de congelamento e difusividade térmica efetiva do feijão fava. **Revista Agropecuária Técnica**, v.38, n.3, p.147-152, 2017.
- GOCK, M. A.; HOCKING, A. D.; PITT, J. I.; POULOS, P. G. Influence of temperature, water activity and pH growth of some xerophilic fungi. **International Journal of Food Microbiology**, v.81, n.1, p.11-19, 2003.
- GOLDFARB, M.; DUARTE, M. E. M.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; PIMENTEL, L. W.; SEVERINO, L. S. Cinética de congelamento criogênico de sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). **Engenharia Ambiental**, v.7, n.1, p.195-203, 2010.
- HERA, E.; MARTINEZ, M.; GOMEZ, M. Influence of flour particle size on quality of gluten-free rice bread. **LWT – Food Science and Technology**, v. 54, n.1, p. 199-206, 2013.
- KANATT, S. R.; RAO, M. S.; CHAWLA, S. P. SHARMA, A. Effects of chitosan coating on shelf-life of ready-to-cook meat products during chilled storage. **LWT-Food Science and Technology**, v.53, n.1, p.321-326, 2013.
- KANZLER, S.; MANSCHEIN, M.; LAMMER, G.; WAGNER, K. H. The nutrient composition of European ready meals: Protein, fat, total carbohydrates and energy **Food Chemistry**, v.172, n.1, p.190-196, 2015.
- KILCAST, D. – Instrumental Assessment of Food Sensory Quality. 1ªed. Cambridge: Woodhead Publishing, 2013. 627p
- KIMURA, K. S.; SOUZA, M. L. R.; GASPARINO, E.; MIKCHA, J. M. G.; CHAMBÓ, A. P. S.; VERDI, R.; CORADINI, M. F.; MARQUES, D. R.; FEIHRMANN, A.; GOES, E. S. R. Preparation of lasagnas with dried mix of tuna and tilapia. **Food Science and Technology**, v.37, n.3, p.507-514, 2017.
- LARROSA, V.; LORENZO, G.; ZARITZKY, N.; CALIFANO, A. Improvement of the texture and quality of cooked gluten-free pasta. **LWT - Food Science and Technology**, v.70, n.1, p.96-103, 2016.
- OLIVERA, D. F.; SALVADORI, V. O. Textural characterisation of lasagna made from organic whole wheat. **International Journal of Food Science and Technology**, v.41, n.2, p.63–69, 2006.
- ORMENESE, R. C. S. C. & CHANG, Y. K. Massas alimentícias de arroz: uma revisão. **B. CEEPA**. v.20, n.2, p.175-190, 2002.



- PAIM, V.; SCHUCK, C. O custo da alimentação sem glúten no brasil. **Revista Vida sem Glúten e sem Alergias**, v.1, n.1, p.1-19, 2010.
- PROLO, T.; SANTOS, M. M.; NOVELLO, D.; CZAIKOSKI, K.; CECCHIN, G. Aceitabilidade sensorial e composição físico-química de massa de lasanha sem glúten. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v.8, n.2, p.1627-1636, 2014.
- QUEIROZ, A. M.; ROCHA, R. F. J.; GARRUTI, D. S.; SILVA, A. P. V.; ARAÚJO, I. M. S. Preparation and characterization of gluten-free cookies enriched with coconut flour: an alternative for celiacs. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, n.1, p.1-11, 2017.
- REMNANT, J.; ADAMS, J. The nutritional content and cost of supermarket ready-meals. Cross-sectional analysis. **Appetite**, v.92, n.1, p.36–42, 2015.
- SAUERESSIG, A. L. C.; KAMINSKI, T. A.; ESCOBAR, T. D. Inclusion of dietary fiber in gluten-free breads. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 19, n.1, p.1-8, 2016.
- SEGURA- CAMPOS, M. R.; SALAZAR-VEGA, I. M.; CHEL-GUERRERO, L. A.; BETANCUR-ANCONA, D. A. Biological potential of chia (*Salvia hispanica* L.) protein hydrolysates and their incorporation into functional foods. **LWT - Food Science and Technology**, v.50, n.1, p.723-731, 2013.
- SAUERESSIG, A. L. C.; KAMINSKI, T. A.; ESCOBAR, T. D. Inclusão de fibra alimentar em pães isentos de glúten. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 19, n.1, p.1-8, 2016.
- SHAH, M. A.; BOSCO, S. J. D.; MIR, S. A. Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products. **Meat Science**. v.98, n.1, p.21-33, 2014.
- SOARES, D. S. C.; SANTOS, J. T. S.; CAMPOS, A. F. P.; COSTA, F. S. C.; NUNES, T. P.; JÚNIOR, A. M. O. Avaliação do tempo de congelamento da mangaba (*Hancornia Speciosa* Gomes) em ultrafreezer através dos modelos matemáticos de Planck e Pham. **Scientia Plena**, v.8, n.4, p.1-6, 2012.
- TRES, M. V.; BORGES, G.R.; CORAZZA, M. L.; ZAKRZEWSKI, C. A. Determinação da difusividade térmica de alimentos: medidas experimentais e simulação numérica. **Perspectiva**, v.35, n.131, p. 43-56, 2011.
- WANI, A. A.; SINGH, P.; SHAH, M. A.; SCHWEIGGERT-WEISZ, U.; GUL, K. & WANI, I. A. Rice starch diversity: effects on structural, morphological, thermal and physicochemical properties – A Review. **Food Science and Food Safety**. v. 11, n.1, p.417-436, 2012.