



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO REGIONAL**  
**DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**  
**CURSO TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**MARIA EDUARDA DE FREITAS GUARABIRA**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE PÃES INTEGRAIS: IMPACTO DO**  
**USO DE FARINHAS INTEGRAIS RECONSTITUÍDAS**

**JOÃO PESSOA**

**2023**

MARIA EDUARDA FREITAS GUARABIRA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE PÃES INTEGRAIS: IMPACTO DO  
USO DE FARINHAS INTEGRAIS RECONSTITUÍDAS**

Trabalho de Conclusão do Curso Superior de Tecnologia de Alimentos, do Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional, da Universidade Federal da Paraíba, apresentado como pré-requisito para obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Luiza Mattos Braga

JOÃO PESSOA

2023

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

G914a Guarabira, Maria Eduarda de Freitas.

Avaliação da qualidade de pães integrais: impacto do  
uso de farinhas integrais reconstituídas / Maria  
Eduarda de Freitas Guarabira. - João Pessoa, 2023.  
52 f. : il.

Orientação: Ana Luiza Mattos Braga.  
TCC (Graduação) - UFPB/CTDR.

1. Pão integral. 2. Farinha integral reconstituída.  
3. Glúten. 4. Textura. I. Braga, Ana Luiza Mattos. II.  
Título.

UFPB/CTDR

CDU 664.65

MARIA EDUARDA FREITAS GUARABIRA

## **AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE PÃES INTEGRAIS: IMPACTO DO USO DE FARINHAS INTEGRAIS RECONSTITUÍDAS**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado a Universidade Federal da  
Paraíba, como parte das exigências para  
a obtenção do título de Tecnólogo de  
Alimentos.

João Pessoa, 06 de Novembro de 2023.

### **BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente  
 **ANA LUIZA MATTOS BRAGA**  
Data: 09/11/2023 14:40:35-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. (Ana Luiza Mattos Braga)-Orientadora**  
Departamento de Tecnologia de Alimentos/Universidade Federal da Paraíba

Documento assinado digitalmente  
 **NELY DE ALMEIDA PEDROSA**  
Data: 10/11/2023 20:17:30-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Prof. (Nely de Almeida Pedrosa)**  
Departamento de Tecnologia de Alimentos/Universidade Federal da Paraíba

Documento assinado digitalmente  
 **MARCELO LIMA DOS SANTOS**  
Data: 10/11/2023 17:01:58-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**(Marcelo Lima dos Santos )**  
Departamento de Gastronomia/Universidade Federal da Paraíba

À Deus por me dar força e coragem  
E a minha família por ser meu alicerce  
Dedico.

## **ADRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, que me deu forças para perseverar e chegar até aqui, por ouvir minhas orações e me ajudar a realizar esse sonho.

Agradeço a mim mesma, que nunca deixei de sonhar e lutar.

Minha eterna gratidão aos meus pais Eduardo e Osivânia, que sempre batalharam muito para que eu conseguisse ter a oportunidade que eles não tiveram, e sempre me deram todas as condições possíveis para que eu lutasse pelos meus sonhos.

Com todo amor do mundo agradeço a minha avó Ozanete que mesmo não estando mais nesse plano foi minha base e minha maior apoiadora, e tanto sonhou comigo com esse momento.

A meu noivo Daniel Henrique que sonhou comigo e viu toda minha caminhada, desde o vestibular até aqui, me apoiou em cada passo, obrigada por tanto.

A professora e orientadora Dra Ana Luiza Mattos Braga, por toda paciência, e ensinamento e por ter compartilhado tantos aprendizados valiosos que foram muito além da sala de aula e a orientação para realização desse trabalho.

A todos os técnicos de laboratório, mas em especial a Natasha e Marcelo sem a ajuda de vocês eu jamais teria conseguido realizar esse trabalho.

Aos meus amigos Roberta, Leticia, Marcele, Rosana, Eleny, Reginaldo e Karolayne que tornaram a caminhada até aqui mais leve e divertida.

Aos professores do Departamento de Tecnologia de Alimentos-DTA, pelos ensinamentos, dedicação e paciência.

Agradeço a toda minha família por todo apoio.

O meu colega de turma Matheus Barbosa Santiago pela ajuda para realizar esse trabalho.

A empresa Nutralle pela confiança nesse trabalho.

## RESUMO

O consumo de pão é uma prática antiga que vem dos primórdios das civilizações, e até os dias atuais, ele continua sendo um componente fundamental da dieta diária das pessoas. Contudo, uma preocupação crescente com a alimentação elevou o interesse por alimentos integrais, especialmente o pão. Os rótulos dos produtos desempenham um papel crucial na orientação nas escolhas alimentares, ajudando as pessoas a fazerem escolhas conscientes. No entanto, pesquisas recentes identificaram problemas na rotulagem de produtos à base de cereais integrais, nos quais muitos rótulos careciam de informações claras sobre sua composição. Essa falta de clareza leva as pessoas a tomarem decisões equivocadas. Como resultado, surgiu uma nova legislação para produtos integrais, impondo critérios mais rigorosos para a composição e rotulagem, com o objetivo de garantir a transparência nas informações fornecidas aos consumidores. Essa questão cria espaço para diversas discussões, incluindo o uso de farinha integral reconstituída na produção de produtos integrais. Assim, este estudo foi realizado em parceria com uma indústria de pré-misturas industriais para panificação e confeitaria (Nutralle), onde teve como objetivo investigar o impacto da utilização da farinha integral reconstituída na qualidade dos pães integrais em fatores cruciais para a panificação como a formação da rede de glúten, a extensibilidade da massa e a textura do produto final, realizando análise de glúten, perfil de textura, análise visual e físico-química. Para este estudo, três formulações de pães foram criadas em dois formatos diferentes: tipo cachorro quente e pão de forma. O estudo comparou diferentes formulações de pão integral, incluindo uma feita com farinha integral (F2), outra com farinha integral reconstituída (F3) e uma terceira utilizando um núcleo integral industrial da Nutralle (Unilance) para reconstituir a farinha da formulação 1 (F1), onde esse núcleo tem uma proposta tecnológica, pois em sua composição contém diversos cereais integrais e enzimas.

**Palavras-Chaves:** pão integral; farinha integral reconstituída; glúten; textura.

## **ABSTRACT**

Bread consumption is an ancient practice that dates back to the dawn of civilizations, and to this day, it remains a fundamental component of people's daily diet. However, a growing concern about food has increased interest in whole foods, especially bread. Product labels play a crucial role in guiding food choices, helping people make informed choices. However, recent research has identified problems in the labeling of whole grain products, with many labels lacking clear information about their composition. This lack of clarity leads people to make the wrong decisions. As a result, new legislation for whole products emerged, imposing stricter criteria for composition and labeling, with the aim of ensuring transparency in the information provided to consumers. This issue creates space for several discussions, including the use of reconstituted wholemeal flour in the production of wholemeal products. Therefore, this study was carried out in partnership with an industrial pre-mix industry for bakery and confectionery (Nutralle), where the objective was to investigate the impact of using reconstituted wholemeal flour on the quality of wholemeal bread on crucial factors for bakery such as formation of the gluten network, the extensibility of the dough and the texture of the final product, performing gluten analysis, texture profile, visual and physical-chemical analysis. For this study, three bread formulations were created in two different formats: hot dog and sliced bread. The study compared different formulations of wholemeal bread, including one made with wholemeal flour (F2), another with reconstituted wholemeal flour (F3) and a third using an industrial wholemeal core from Nutralle (Unilance) to reconstitute the flour from formulation 1 (F1). , where this core has a technological proposal, as its composition contains several whole grains and enzymes.

**Keywords:** wholemeal bread; reconstituted wholemeal flour; gluten; texture

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### FIGURAS

|                                                                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1-</b> Estrutura do grão de trigo                                                                                                          | 15 |
| <b>Figura 2 -</b> Formação de Glúten                                                                                                                 | 17 |
| <b>Figura 3 -</b> Fabricação dos Pães                                                                                                                | 31 |
| <b>Figura 4 -</b> Análise de extensibilidade da massa por tensão                                                                                     | 33 |
| <b>Figura 5 -</b> Análise da extensibilidade da massa por compressão                                                                                 | 34 |
| <b>Figura 6 -</b> Extensibilidade das massas dos pães por teste de compressão                                                                        | 39 |
| <b>Figura 7-</b> Aspectos visuais dos pães                                                                                                           | 40 |
| <b>Figura 8 -</b> Perfil de textura de pães de forma integral. a) dureza, b) coesividade, c) elasticidade, d) resiliência, e) mastigabilidade        | 44 |
| <b>Figura 9 -</b> Perfil de textura de pães cachorro quente integral. a) dureza, b) coesividade, c) elasticidade, d) resiliência, e) mastigabilidade | 47 |

### TABELAS

|                                                                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1-</b> Formulação dos Pães                                                                                      | 30 |
| <b>Tabela 2 -</b> Reconstituição da Farinha                                                                               | 30 |
| <b>Tabela 3 -</b> Parâmetros de textura                                                                                   | 35 |
| <b>Tabela 4 -</b> Teores de glúten seco e úmido das formulações de pães integrais e das farinhas utilizadas na fabricação | 37 |
| <b>Tabela 5 -</b> Parâmetros obtidos na análise de extensibilidade da massa por tensão.                                   | 38 |
| <b>Tabela 6 -</b> Avaliação microscópica do miolo e casca do pão de forma para as diferentes formulações.                 | 41 |
| <b>Tabela 7 -</b> Altura dos pães na seção de corte                                                                       | 42 |
| <b>Tabela 8 -</b> Características físico-químicas dos pães integrais                                                      | 43 |

# SUMÁRIO

## Sumário

|                                                     |           |
|-----------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO.....</b>                           | <b>12</b> |
| <b>2. OBJETIVOS .....</b>                           | <b>14</b> |
| 2.1 OBJETIVO GERAL .....                            | 14        |
| 2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....                     | 14        |
| <b>3. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>                 | <b>15</b> |
| <b>3.1 TRIGO .....</b>                              | <b>15</b> |
| 3.1.2 PROTEÍNAS DO TRIGO .....                      | 16        |
| 3.1.3 GLÚTEN .....                                  | 16        |
| 3.1.4 GLIADINAS .....                               | 17        |
| 3.1.5 GLUTENINAS .....                              | 17        |
| 3.1.6 RESÍDUO PROTÉICO .....                        | 17        |
| 3.2 FARINHA DE TRIGO .....                          | 18        |
| 3.2.1 FARINHA DE TRIGO INTEGRAL .....               | 19        |
| 3.2.2 FARINHA INTEGRAL RECONSTITUÍDA .....          | 19        |
| 3.3 PÃO.....                                        | 20        |
| 3.4 FUNÇÃO TECNOLÓGICA DOS INGREDIENTES DO PÃO..... | 21        |
| 3.4.1 FERMENTO.....                                 | 21        |
| 3.4.2 SAL .....                                     | 21        |
| 3.4.3 ÁGUA .....                                    | 22        |
| 3.4.4 ÓLEOS E GORDURA.....                          | 23        |
| 3.4.5 AÇÚCAR .....                                  | 23        |
| 3.4.6 FARINHA DE TRIGO.....                         | 24        |
| 3.5. MELHORADORES DE FARINHA.....                   | 24        |
| 3.5.1 ÁCIDO ASCÓRBICO .....                         | 24        |
| 3.5.2 ALFA AMILASE .....                            | 25        |

|                                                      |           |
|------------------------------------------------------|-----------|
| 3.5.3 MONO E DIGLICERÍDEOS DE ÁCIDOS GRAXOS .....    | 26        |
| 3.6 LEGISLAÇÃO DE ALIMENTOS INTEGRAL.....            | 27        |
| 3.7 PRÉ-MISTURAS.....                                | 27        |
| <b>4. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>                    | <b>29</b> |
| 4.1 FORMULAÇÃO E ELABORAÇÃO DOS PÃES.....            | 29        |
| 4.2 ANÁLISE DE GLÚTEN .....                          | 31        |
| 4.3 PROPRIEDADES DA MASSA.....                       | 32        |
| 4.4 ANÁLISE DO PERFIL DE TEXTURA (TPA) DOS PÃES..... | 34        |
| 4.5 ANÁLISE DOS PÃES EM ESTEREOMICROSCÓPIO .....     | 35        |
| 4.7.2 AÇUCARES TOTAIS .....                          | 36        |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....                      | 37        |
| 5.1 GLÚTEN SECO E ÚMIDO.....                         | 37        |
| 5.2 PROPRIEDADES DA MASSA.....                       | 38        |
| 5.3 ANÁLISE DAS PROPRIEDADES DOS PÃES.....           | 40        |
| 5.3.1 CARACTERIZAÇÃO VISUAL E MICROSCÓPICA .....     | 40        |
| 5.3.2 ALTURA.....                                    | 41        |
| 5.3.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA .....            | 43        |
| 5.3.4 PERFIL DE TEXTURA DOS PÃES.....                | 44        |
| <b>6. CONCLUSÃO.....</b>                             | <b>48</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>                             | <b>49</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria de panificação desempenha um papel essencial na oferta de produtos alimentícios que fazem parte do cotidiano de muitas pessoas em todo o mundo. Com o aumento do interesse na alimentação saudável e nutritiva, os pães integrais são destacados como uma opção saudável e acessível (ABIP, 2022).

No Brasil, o pão é um alimento amplamente apreciado, sendo consumido por 76% da população como parte do café da manhã. Além disso, produtos panificados são uma escolha frequente para 98% da população. Esse hábito resulta em um consumo médio de 22,61 quilogramas de pão por habitante a cada ano no país. (ABIP, 2018).

Segundo a Resolução - RDC N° 90, de 18 de outubro de 2000, o pão integral é definido como um produto que deve ser preparado obrigatoriamente com farinha de trigo e farinha de trigo integral e/ou fibra de trigo e/ou farelo de trigo. Essa definição estabelece os componentes essenciais que caracterizam o pão integral, destacando a importância da presença da farinha de trigo integral e de outros componentes ricos em fibras na sua composição (Brasil, 2000).

Pesquisas realizadas pela Associação Brasileira de Defesa do Consumidor (PROTESTE) em 2012 e posteriormente em 2016, juntamente com estudos conduzidos pelo Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor (IDEC) e outras entidades, identificaram problemas no mercado de produtos à base de cereais integrais no Brasil. Os estudos revelaram que muitos rótulos careciam de informações sobre a quantidade de ingredientes integrais, muitas vezes apresentando maior presença de farinha de trigo refinada do que integral. A percepção dos consumidores sobre o termo "integral" era frequentemente equivocada, e a falta de critérios claros de composição e rotulagem criava assimetria de informações entre fabricantes e consumidores. Essas descobertas motivaram a inclusão do tema "Requisitos sanitários para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos" na Agenda Regulatória da Anvisa. A intenção da regulamentação era estabelecer critérios mais rigorosos para a composição e rotulagem de produtos integrais, visando garantir a precisão e a transparência das informações ao consumidor (Anvisa, 2018).

A Resolução RDC N° 493, de 15 de abril de 2021, representa um marco importante no cenário de alimentos integrais. Ela estabelece requisitos rigorosos de composição e rotulagem para produtos alimentícios que desejam ser classificados e identificados como integrais (Brasil, 2021).

É importante ressaltar que, à medida que se procura satisfazer as expectativas dos consumidores em relação a alimentos mais saudáveis, é essencial desenvolver formulações que incluam ingredientes ricos em fibras, ferro, cálcio e outros nutrientes essenciais para uma alimentação de qualidade. Isso reflete a crescente demanda por produtos que promovam a saúde e o bem-estar dos consumidores (Guia alimentar, 2005).

Este estudo é resultado de uma colaboração com uma indústria especializada em pré-misturas para panificação e confeitaria, com o objetivo de avaliar o impacto do uso de farinhas integrais reconstituídas na qualidade de pães integrais. A pesquisa busca entender os atributos que tornam um pão integral excepcional, considerando fatores como formação de glúten na massa, textura do produto final e características físicas, como cor, miolo e altura. Para esses objetivos, conduzimos três formulações distintas. Na primeira formulação, utilizamos o Unilance Integral, que é um núcleo integral industrial fornecido pela Nutralle, esse núcleo foi usado para reconstituir a farinha integral na primeira formulação do pão integral. Na segunda formulação, usou-se uma farinha integral convencional. Na terceira, realizamos a reconstituição de uma farinha integral, combinando farinha branca, gérmen de trigo e farelo de trigo. A expectativa é oferecer percepções valiosas para a indústria de panificação, incentivando inovações que atendam às demandas do mercado por pães integrais de alta qualidade.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar o efeito do uso de farinha de trigo integral reconstituída sobre a qualidade de pães integrais.

### **2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Produzir três formulações de pães integrais nos tipos forma e tipo cachorro quente utilizando i) uma farinha integral reconstituída por um núcleo integral industrial, ii) farinha de trigo integral comercial e iii) farinha de trigo integral reconstituída.
- Realizar análises físico-químicas de teor de proteínas, cinzas e açúcares totais.
- Avaliar as propriedades reológicas das massas das três formulações.
- Analisar a formação de glúten nas farinhas e massas das três formulações.
- Realizar análises de volume, textura e microestrutura dos pães.

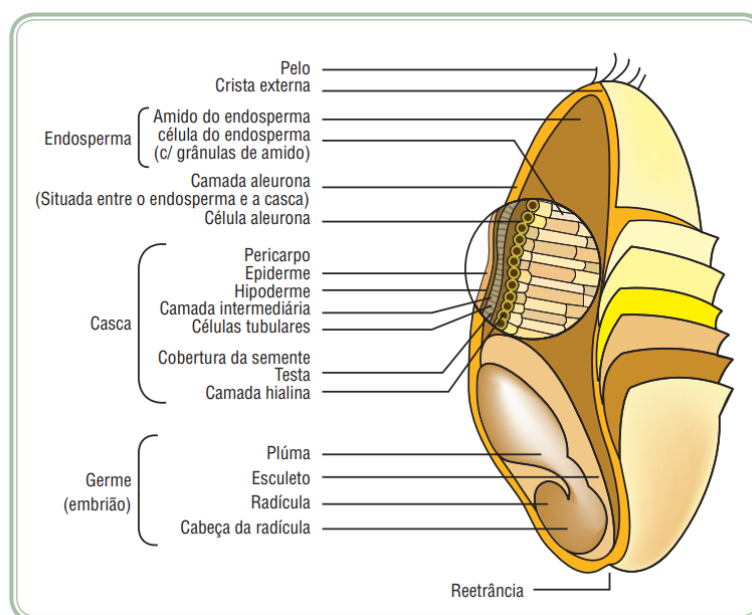
### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 TRIGO

O trigo desempenha um papel fundamental na produção dos alimentos consumidos diariamente, que se tornaram hábitos alimentares comuns, tais como pães, biscoitos e massas. Esses produtos constituem uma parte essencial da base da pirâmide alimentar e são fortemente promovidos pelo Guia Alimentar da População Brasileira, incentivando o seu consumo (Scheuer, 2011).

Estruturalmente, os grãos de trigo são cariopses, ou seja, existem apenas uma semente (Hoseney, 1991). Os grãos de trigo são compostos basicamente por pericarpo (casca) (14% a 18%), endosperma (80% a 83%) e gérmen (2,5% a 3%) (Quaglia, 1991).

**Figura 1-** Estrutura do grão de trigo



Fonte: Brandão, 2011

A Instrução Normativa 38/2010 estabelece uma classificação para as variedades de trigo com base em diferentes critérios, como a força do glúten (resistência fásical) e a quantidade de grãos quebrados. Essas variedades são agrupadas em cinco categorias distintas: trigo mole, trigo panificável, trigo melhorador, trigo para outros fins e trigo duro. Além disso, dentro de cada categoria, elas são subdivididas em três tipos, identificados como tipo 1, tipo 2 e tipo 3. Essa subdivisão é determinada com base em requisitos específicos, que incluem um peso mínimo por hectolitro e limites percentuais

máximos para características como umidade, presença de corpos estranhos, impurezas e grãos que não atendem aos padrões estabelecidos (MAPA, 2010)

Como enfatiza Atwell (2001), a casca é uma rica fonte de fibras e sais minerais. Representa a camada mais externa e protetora que envolve o grão, conforme especificado por Popper et al. (2006). Já o endosperma é descrito como uma matriz proteica contendo grande número de recolhedores de amido, conforme demonstrado por Haddad et al. (2001), essencialmente a base da farinha de trigo branca, conforme explicado por Hosney (1991). Finalmente, o germe representa cerca de 2 a 3 por cento do peso do grão e é a parte embrionária da planta. Conforme descrito por Atwell (2001), esta composição pode ser encontrada na maior parte dos lipídios e compostos necessários para a germinação dos grãos.

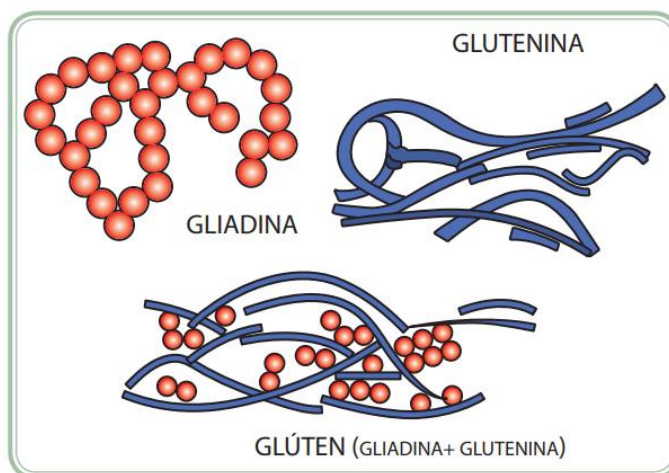
### **3.1.2 PROTEÍNAS DO TRIGO**

As proteínas do trigo são predominantemente encontradas no endosperma, embora também estejam presentes no gérmen e nas fibras. Elas são categorizadas com base em sua solubilidade em diversos sistemas de solventes, mas a análise foi historicamente complicada devido à sua insolubilidade nos solventes comumente usados. No entanto, com o avanço das técnicas de cromatografia e eletroforese, a caracterização das proteínas do trigo se tornou mais precisa. Essas proteínas do trigo podem ser divididas em cinco frações: albuminas (6% a 10%), globulinas (6% a 10%), gliadinas (35%), gluteninas (35%) e resíduo protéico (10%) (Mandarino, 1994).

### **3.1.3 GLÚTEN**

O glúten é composto pelas gliadinas, gluteninas e resíduo protéico. As gliadinas são responsáveis pela extensibilidade, enquanto as gluteninas e o resíduo protéico conferem elasticidade à massa. Essas frações exibem composições de proteínas variáveis e desempenham funções biológicas essenciais (Mandarino, 1994).

**Figura 2 - Formação de Glúten**



Fonte: Brandão, 2011

### **3.1.4 GLIADINAS**

As gliadinas são solúveis em soluções alcoólicas, como etanol a 70%. Elas têm um peso molecular que varia de 30.000 a 50.000 e são encontradas na forma de moléculas individuais estabilizadas por pontes de dissulfeto intramoleculares. Essas proteínas são conhecidas por sua alta extensibilidade, o que significa que podem ser esticadas ou estendidas facilmente, mas têm baixa elasticidade, o que as torna menos capazes de retornar ao seu estado original após o estiramento (Mandarino, 1994).

### **3.1.5 GLUTENINAS**

Os complexos proteicos que apresentam pontes dissulfeto intramoleculares e intermoleculares, possuem um peso molecular acima de 100.000 e são solúveis em soluções ácidas ou alcalinas diluídas são as gluteninas. Elas são caracterizadas por sua baixa extensibilidade, alta elasticidade e a capacidade de formar complexos com os lipídios (Mandarino, 1994).

### **3.1.6 RESÍDUO PROTÉICO**

A fração que é insolúvel em soluções alcoólicas, bem como em soluções ácidas ou alcalinas diluídas, e que desempenha um papel crucial na qualidade da panificação é o resíduo protéico. Estudos demonstraram uma correlação positiva entre o teor percentual do resíduo protéico na farinha e a qualidade do pão produzido a partir dela, tornando essa

fração um fator importante a ser considerado na produção de pães de qualidade (Mandarino, 1994).

### **3.2 FARINHA DE TRIGO**

A farinha de trigo, uma matéria-prima amplamente utilizada na elaboração de diversos alimentos, como pães, biscoitos, bolos e massas, é o resultado da moagem da espécie *Triticum aestivum*, bem como de outras espécies pertencentes ao gênero *Triticum*. (MAPA, 2005).

O processo de moagem para produção de farinha de trigo branca envolve a redução do endosperma em farinha, sendo precedido pela separação do farelo e do gérmen. Esse processo tem como objetivo a produção de produtos finais mais palatáveis e de maior qualidade (Atwell, 2001).

Conforme Portaria nº 354, de 18 de julho de 1996, Norma Técnica do Ministério da Saúde, a farinha de trigo deve apresentar uma tonalidade predominantemente branca, com a possibilidade de nuances em amarelo, marrom ou cinza, dependendo da variedade de trigo utilizado, desde que mantenha uma aparência limpa, seca e isenta de odores e sabores estranhos ao produto.

De acordo com a Resolução-RDC nº 344/2002, é obrigatório que os moinhos adicionem à farinha de trigo, a cada 100 gramas, uma quantidade entre 4mg e 9mg de ferro, para combater a anemia, e entre 140µg e 220µg de ácido fólico, a fim de prevenir possíveis más-formações em bebês (ANVISA, 2002).

De forma geral, a composição da farinha de trigo é predominantemente composta por amido, que representa cerca de 70 a 75% de sua constituição, seguido de água, que compreende aproximadamente 12 a 14%. Além disso, as proteínas estão presentes em uma faixa que varia de 8% a 16%, enquanto outros componentes em quantidades menores incluem polissacarídeos não amiláceos (2% a 3%), lipídeos (cerca de 2%), e cinzas (aproximadamente 1%). É relevante ressaltar que as quantidades e características específicas desses componentes podem variar dependendo da variedade de trigo utilizada, e essas variações exercem um impacto significativo na qualidade da farinha de trigo, como demonstrado em estudos, como o conduzido por Morita et al. em 2002.

### **3.2.1 FARINHA DE TRIGO INTEGRAL**

A farinha de trigo integral preserva os principais componentes anatômicos do grão, como endosperma, farelo e gérmen, em proporções semelhantes à forma intacta do grão. Portanto, ela contém quantidades vantajosas mais elevadas de vitaminas, minerais, antioxidantes e outros nutrientes em comparação com a farinha de trigo refinada. Essa diferença nutricional decorre do fato de que tais compostos estão concentrados nas camadas externas do grão em maior quantidade (Weaver, 2001).

O Whole Grains Council estabelece que grãos integrais ou produtos feitos a partir de grãos integrais devem preservar todas as partes essenciais e os nutrientes naturalmente presentes no grão inteiro. Se ocorrer algum processamento, como quebra, esmagamento, laminação, extrusão ou cozimento, o produto final deve manter um equilíbrio nutricional semelhante ao do grão original. Em essência, isso significa que 100% do grão original, incluindo o farelo, o germe e o endosperma, deve estar presente para que o grão seja considerado integral (Whole grains council, 2004).

A farinha de trigo integral é obtida através da moagem do grão de trigo na sua totalidade, ou seja, com uma taxa de extração de 100% (Philippi, 2019).

Conforme estabelecido pela Portaria nº354, de 18 de julho de 1996, que ratifica a Norma Técnica referente à farinha de trigo, a farinha de trigo integral é definida como aquela derivada do cereal limpo, com um teor máximo de cinzas de 2,0% em base seca para uso doméstico e 2,5% em base seca para uso industrial

### **3.2.2 FARINHA INTEGRAL RECONSTITUÍDA**

De acordo com a RDC nº 493 2021 e orientação da ANVISA, a farinha de trigo integral reconstituída é um produto composto pela combinação de farinha refinada, farelo e gérmen, uma vez que esses ingredientes são adicionados em situações que garantem a anatomia típica presente no alimento. Cariopse completa. Os fabricantes devem manter registros de produção para garantir que a farinha reconstituída atenda aos requisitos de grãos integrais, levando em consideração as proporções de cada componente anatômico presente no grão intacto, bem como as proporções de cada componente na farinha e no farelo utilizado. Essas informações são essenciais para definir a quantidade de cada ingrediente utilizado na farinha de trigo integral reconstituída.

No entanto, é importante destacar que, apesar do rótulo permitir a designação de "farinha integral reconstituída," os consumidores devem estar cientes de que este produto

pode não ser integral de verdade, uma vez que exclui o gérmen, uma parte nutricionalmente valiosa do grão, e é frequentemente escolhido pelas indústrias devido ao seu maior prazo de validade, embora contenha menos nutrientes em comparação com a farinha integral genuína (Brasil, 2021).

### **3.3 PÃO**

O pão é reconhecido como o primeiro alimento produzido pelo ser humano, evoluindo ao longo do tempo para uma ampla variedade de tipos, embora quase todos compartilhem os três ingredientes fundamentais: farinha, fermento ou fermento e água. Além desses elementos essenciais, a preparação de pão envolve outros ingredientes, como sal, gordura, açúcar, ovos e leite, sendo que cada um desempenha uma função específica (Philippi, 2019).

As interpretações sobre o pão são variadas, embora essencialmente semelhantes. Segundo as determinações legais, a Resolução RDC 263/2005 estabelece:

“Produtos obtidos da farinha de trigo e ou outras farinhas, adicionados de líquido, resultantes do processo de fermentação ou não e cocção, podendo conter outros ingredientes, desde que não descaracterizem os produtos. Podem apresentar cobertura, recheio, formato e textura diversos.” (BRASIL, 2005).

O pão é amplamente consumido como alimento, seja como lanche ou acompanhando refeições, sendo valorizado por sua aparência, aroma, sabor, acessibilidade e preço. Seu mercado está em constante expansão, demandando inovações em instalações, equipamentos, receitas e ingredientes seguros. No entanto, após o processo de produção, o pão passa por mudanças que resultam na perda de sua crocância e na tendência de endurecimento com o tempo (Esteller, 2004).

#### **3.3.1 PÃO INTEGRAL**

Pães integrais apresentam um melhor valor nutricional, pois a maior parte dos minerais, vitaminas, fibras, lipídios e proteínas é perdida no processo de refinamento, que envolve a remoção do farelo. O uso de farinhas integrais, que preservam o farelo, gérmen e endosperma, fornece um transporte mais rico em fibras e nutrientes, mantendo não apenas os macronutrientes (proteínas, carboidratos e gorduras), mas também vitaminas e minerais essenciais (Menezes et al., 2009).

Atualmente, há uma crescente demanda por alimentos saudáveis, e a indústria alimentícia desempenha um papel fundamental no desenvolvimento desses produtos

(Badaró et al., 2008). A crescente procura e o aumento no consumo de pães integrais, pães com ingredientes funcionais adicionados e cereais têm ampliado significativamente as oportunidades na indústria de panificação (Nobre, 2013).

De acordo com a RESOLUÇÃO - RDC Nº 90, de 18 de outubro de 2000, o pão integral é definido como um produto que deve ser preparado obrigatoriamente com farinha de trigo, farinha de trigo integral e/ou fibra de trigo e/ou farelo de trigo. Portanto, um pão integral, conforme definido por esta resolução, é aquele que incorpora farinha de trigo, farinha de trigo integral e/ou outras fontes de fibra de trigo ou farelo de trigo em sua fabricação.

### **3.4 FUNÇÃO TECNOLÓGICA DOS INGREDIENTES DO PÃO**

#### **3.4.1 FERMENTO**

A função do fermento é desencadear o processo de fermentação, resultando na produção de gás carbônico, o qual é responsável pelo aumento do volume da massa (Philippi, 2019).

As funções principais do fermento na produção de pão são:

1. Agente de crescimento: O fermento atua como um agente de crescimento que converte o açúcar presente na massa em dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), causando a expansão da massa e contribuindo para a obtenção de um volume maior no pão.

2. Produção de substâncias aromáticas: Além de seu papel na expansão da massa, o fermento também desempenha um papel importante na produção de substâncias aromáticas. Ele fermenta os açúcares mais simples presentes na massa, resultando na formação de compostos aromáticos que conferem sabor e aroma característicos ao pão. Isso é essencial para o paladar e a qualidade do pão (Brandão, 2011).

#### **3.4.2 SAL**

A inclusão de sal na massa do pão desempenha uma função que vai além de simplesmente conferir sabor ao produto. Sua presença é crucial para controlar a fermentação, uma vez que reduz a quantidade de água disponível para o fermento, regula o branqueamento do miolo do pão e contribui para sua conservação. Em geral, é uma prática comum adicionar cerca de 2% de sal em relação ao peso da farinha ao fazer pão. No entanto, a quantidade de sal pode variar de acordo com a formulação específica da

receita. A ausência de sal na massa de pão pode resultar na perda de controle sobre o processo de fermentação, fazendo com que a massa fermente em excesso e muito rapidamente, além de resultar em uma massa sem sabor e com uma textura mole. Por outro lado, o excesso de sal pode retardar a fermentação, exigindo um tempo maior de preparo, e levar a um produto final mais denso e rígido, o que tem implicações diretas na aceitação do produto pelos consumidores. (Vianna, 2019).

O sal de cozinha, essencial na massa do pão, deve ser puro e uniforme em sua granulometria. Sua função vital está ligada à formação do glúten, particularmente da gliadina, componente que confere elasticidade à massa. Na ausência de sal, as proteínas se esticariam e romperiam. Com a quantidade adequada de sal, as fibras se tornam mais elásticas, permitindo o estiramento sem ruptura (Brandão, 2011).

### **3.4.3 ÁGUA**

A água desempenha um papel fundamental na produção de pães, sendo um dos elementos mais cruciais em conjunto com a farinha de trigo. Sua inclusão possibilita o desenvolvimento do glúten, é essencial para a atuação do fermento, facilita a dissolução dos ingredientes, contribui para a gelatinização do amido durante o cozimento e desempenha um papel importante no controle da temperatura e na consistência da massa (Vianna, 2019).

A capacidade de absorção de água pela massa de pão está diretamente relacionada à quantidade de proteínas presentes na farinha. Quanto maior a concentração de proteínas, maior será a quantidade de água que a massa poderá absorver, o que resulta em uma hidratação mais elevada para o pão (Viana, 2019).

A água empregada na fabricação de pães deve ser de qualidade e potável, destacando-se a importância de um baixo teor de cloro, pois o contrário pode deixar resíduos de sabor e prejudicar o desempenho dos microrganismos fermentativos. A presença de minerais na água é desejável, pois contribui para fortalecer o desenvolvimento do glúten. No entanto, a água comumente disponível através dos sistemas de abastecimento nas cidades frequentemente apresenta baixos níveis de sais minerais e pode conter quantidades variáveis de cloro. Isso, por vezes, leva os fabricantes a considerar o uso de melhoradores de farinha (Arnaut, 2019).

### **3.4.4 ÓLEOS E GORDURA**

As gorduras, que incluem triglicerídeos ou ésteres do glicerol e ácidos graxos, desempenham funções cruciais na panificação e confeitaria. Enquanto óleos são líquidos em temperatura ambiente, as gorduras assumem um estado semissólido ou plástico. Exemplos incluem manteiga e banha, com altos teores de ácidos graxos saturados. Tanto óleos quanto gorduras vegetais, como azeite de oliva, margarina e óleo de coco, são comumente utilizados na produção de pães e bolos. Na confeitaria, a gordura hidrogenada, especialmente em margarinas vegetais, é amplamente empregada. Sua presença nas massas proporciona várias funções, incluindo aumento do volume e extensibilidade, retenção de ar, maciez e sabor, bem como retardamento do envelhecimento do pão ao manter a umidade e prolongar a vida útil do produto (Brandão, 2011).

A gordura desempenha um papel de extrema importância na produção de pães. Além de melhorar a qualidade da massa e do próprio pão, também contribui para um maior valor energético. A gordura atua como um lubrificante molecular, aumentando a maleabilidade da massa. Embora seja possível utilizar concentrações elevadas de gordura, variando de 6% a 7%, a prática comum envolve o uso de concentrações de 3%. O uso excessivo de gordura pode resultar em uma massa excessivamente maleável, tornando-a incapaz de resistir à pressão do gás gerado durante a fermentação (El-dash et al., 1986).

### **3.4.5 AÇÚCAR**

A sacarose, um tipo de carboidrato, é obtida a partir da cana-de-açúcar em regiões de clima tropical e da beterraba em áreas de clima temperado. A inclusão de açúcares na massa de pão desempenha um papel crucial ao facilitar a adaptação das leveduras durante o processo de fermentação (Brandão, 2011).

O açúcar é responsável pelo aumento da velocidade da fermentação, contribui para a maciez da massa, ajuda no desenvolvimento de uma crosta com uma cor agradável, auxilia na retenção de umidade no miolo e contribui para o sabor do pão. No entanto, quando utilizado em excesso, pode resultar num pão que se desfaz em migalhas. As concentrações de açúcar podem variar de 2% a 10% (Philippi, 2019).

### **3.4.6 FARINHA DE TRIGO**

A farinha de trigo desempenha um papel fundamental na criação da estrutura da massa de pão. É o ingrediente essencial que contém proteínas, como a gliadina e a glutenina, com propriedades funcionais especiais. Essas proteínas têm a capacidade única de se unir e formar uma rede conhecida como glúten (Panificação, 2017).

A seleção adequada da farinha a ser utilizada é de extrema importância. Suas proteínas, incluindo a gliadina e a glutenina, colaboram na formação de uma estrutura de glúten que retém o gás carbônico liberado durante a fermentação, resultando no crescimento do pão e conferindo-lhe uma textura macia. O tipo específico de grão de trigo utilizado na produção da farinha influencia sua elasticidade e extensibilidade, determinando assim sua aplicação em preparações específicas (Philippi, 2019).

As características da farinha de trigo a ser empregada variam conforme o tipo de produto ao qual se destina. Um desafio significativo relacionado à farinha de trigo no Brasil reside na falta de uniformidade e na frequente variação de sua qualidade. Isso representa um obstáculo para as indústrias e padarias, que precisam superar essa questão por meio da combinação de diferentes tipos de farinha ou da utilização de aditivos, a fim de manter os produtos dentro dos padrões de qualidade estabelecidos (Benassi, 1997)

## **3.5. MELHORADORES DE FARINHA**

Os melhoradores desempenham um papel significativo na produção de pães, proporcionando diversas vantagens para a indústria de panificação. A utilização desses ingredientes pode resultar em benefícios que incluem a redução do tempo de fermentação, aprimoramento na aparência e a garantia da qualidade do produto final. Conforme mencionado por Cauvain e Young (2009), os melhoradores podem ser classificados como naturais e artificiais. Os melhoradores naturais abrangem substâncias como lecitina de soja, ácido ascórbico, alfa amilase e glúten. Esses ingredientes naturais desempenham funções específicas na melhoria das propriedades da massa e do pão, como o aprimoramento da textura, maciez e capacidade de retenção de gás durante a fermentação.

### **3.5.1 ÁCIDO ASCÓRBICO**

O ácido ascórbico desempenha um papel fundamental como agente oxidante na indústria de panificação. Sua quantidade de uso pode variar consideravelmente, já que

ele é empregado desde a correção da coloração da farinha nos moinhos até a obtenção dos resultados desejados na qualidade final dos produtos de panificação (Lopes, 2007)

De acordo com a Resolução nº 386 de 1999 do Ministério da Saúde, em situações específicas, a quantidade exata de um ingrediente a ser adicionada é determinada como "q.s." (quantum satis), o que significa que será usada a quantidade necessária para alcançar o efeito desejado, adaptando-a às especificações do produto e às condições de fabricação. Além disso, o ácido ascórbico é citado na resolução como um componente que desempenha um papel significativo no fortalecimento da estrutura do glúten na massa de pão. Esse fortalecimento melhora a capacidade de retenção de gases, impactando positivamente a textura e a qualidade do produto final na panificação.

O ácido ascórbico atua diretamente nas proteínas do glúten, fortalecendo a rede de glúten por meio da formação de ligações dissulfídicas, o que, por sua vez, altera as propriedades reológicas da massa, aumentando sua resistência à extensão e reduzindo sua extensibilidade. Como consequência direta desse fortalecimento proporcionado pelos agentes oxidantes nas proteínas do glúten, a capacidade de retenção de gases é aprimorada, resultando em pães com um volume maior. Além disso, esses agentes oxidantes também contribuem para um aumento do "oven-rise" ou "salto de forno", que é o rápido aumento de volume que ocorre nos primeiros minutos após a entrada da massa no forno. Isso se traduz em uma textura e aparência mais atraentes nos produtos de panificação (MENEGUSSO et al., 2014).

### **3.5.2 ALFA AMILASE**

A enzima alfa-amilase desempenha um papel crucial e benéfico na panificação, principalmente influenciando o volume dos pães, pois aumenta a produção de gases durante o processo de fermentação. Além disso, contribui para aprimorar a textura, cor e sabor dos produtos de panificação. A enzima alfa-amilase também é responsável por criar uma estrutura de miolo mais uniforme, resultando em pães mais macios e com uma aparência melhorada. Em resumo, a presença da enzima alfa-amilase na panificação pode aprimorar várias características do produto final, tornando-o mais atraente e saboroso (Cauvain; Young, 2009).

Conforme a Portaria n.º 996 de 1994, os ingredientes e auxiliares tecnológicos, incluindo a alfa-amilase fúngica, em farinhas corrigidas e compostas devem ser utilizados de acordo com as regulamentações para garantir a manutenção das características e

composição estabelecidas. Eles devem ser misturados de forma homogênea, evitando reações ou interações que possam alterar suas funções específicas até a data de validade mínima do produto final. No caso da alfa-amilase, sua quantidade pode ser determinada como "q.s." (quantum satis), o que significa que deve ser adicionada em quantidades suficientes para alcançar o efeito desejado na produção das farinhas corrigidas e compostas. Isso permite a adaptação da quantidade conforme as necessidades específicas da receita e do processo, garantindo a eficácia da enzima na panificação.

### **3.5.3 MONO E DIGLICERÍDEOS DE ÁCIDOS GRAXOS**

Os estabilizantes desempenham um papel crucial na preservação das características físicas dos alimentos, assegurando a uniformidade e evitando a separação de seus diversos ingredientes. Geralmente, esses estabilizantes são compostos por mono e diglicerídeos, que são derivados de óleos vegetais, como a lecitina de soja. Sua função na indústria alimentícia é diversificada, abrangendo a facilitação da dissolução, o aumento da viscosidade dos ingredientes, a prevenção da formação indesejada de cristais que poderiam afetar a textura (contribuindo para melhorá-la) e a manutenção da aparência homogênea do produto. Esses componentes trabalham em conjunto para criar uma estrutura que mantém os diferentes elementos do alimento coesos, resultando em um produto mais estável. Além disso, têm a capacidade de modificar ou controlar a consistência de um produto durante os processos de resfriamento, aquecimento e armazenamento, assegurando que o produto final preserve suas características desejadas ao longo do tempo (Rocha, 2014).

O aditivo DS-190, também conhecido como estabilizante mono e diglicerídeos de ácidos graxos (INS 471), é permitido para uso dentro dos limites estabelecidos pelas Boas Práticas de Fabricação, conforme definido na Resolução nº 386, de 5 de agosto de 1999. Os regulamentos estabelecem que esse aditivo pode ser utilizado em quantidades variando de 0,3% a 1% do peso da farinha, dependendo das diretrizes e dos requisitos específicos aplicáveis ao produto ou processo de fabricação em questão. Esses limites de uso são estabelecidos para garantir a segurança e a qualidade dos alimentos processados (Brasil, 1999).

### **3.6 LEGISLAÇÃO DE ALIMENTOS INTEGRAL**

Conforme a Resolução - RDC nº 493/2021, que estabelece requisitos de composição e rotulagem para alimentos contendo cereais com o objetivo de classificá-los e identificá-los como integrais, os alimentos são considerados integrais se atenderem aos seguintes critérios de composição, conforme indicado na embalagem do produto à venda:

I - O produto deve conter, no mínimo, 30% de ingredientes integrais; e II - A quantidade de ingredientes integrais deve ser superior à quantidade de ingredientes refinados (Brasil, 2021).

No caso de alimentos concentrados ou em pó que necessitem de reconstituição, esses critérios de composição devem ser atendidos no alimento pronto para consumo, conforme as instruções de preparo indicadas pelo fabricante no rótulo (Brasil, 2021).

É crucial enfatizar a importância da rotulagem de produtos industrializados, já que o acesso a informações claras e abrangentes ajuda os consumidores a fazer escolhas conscientes em relação à sua saúde (Moraes et al., 2010).

### **3.7 PRÉ-MISTURAS**

As pré-misturas consistem em uma combinação precisa de sólidos particulados, cuidadosamente pesada de acordo com as formulações específicas para produtos de panificação. Sua característica de homogeneidade facilita o processo de produção de pães e produtos relacionados. Quando produzidos em conformidade com os padrões estabelecidos no Manual de Boas Práticas de Fabricação, as pré-misturas garantem a segurança alimentar dos produtos e a produção de padronizados de excelente qualidade (Fleischmann, 2012).

A farinha de trigo desempenha um papel fundamental nas pré-misturas, sendo um de seus principais componentes. Sua principal função é conferir forma e consistência à massa. Dentro dos elementos presentes na farinha, a proteína, ou seja, o glúten, é o mais crucial para o processo de panificação. O glúten proporciona a massa sua extensibilidade e elasticidade, desempenhando um papel essencial na formação da estrutura final do produto (Miranda, 2009).

Adicionalmente, as pré-misturas incluem ingredientes como açúcares ou substâncias semelhantes, cuja função é múltipla. Eles fornecem alimento para o fermento biológico, o que é essencial para a fermentação da massa. Além disso, esses ingredientes

contribuem para a prolongada conservação dos produtos, graças à sua capacidade de reter a umidade, o que resulta em uma textura mais suave e macia. Além disso, eles desempenham um papel na coloração externa dos produtos finais (Almeida, 1998).

Outro ingrediente de grande importância é o cloreto de sódio, também conhecido como sal. Além de conferir sabor, o sal desempenha um papel crucial no controle da atividade dos fermentos e das enzimas, tornando mais fácil o manuseio da massa. Ele fortalece a rede de glúten e regula a hidrólise do amido. As dosagens recomendadas variam, sendo geralmente de 1 a 1,12% para massas doces e de 2% a 3% para massas salgadas. O sal desempenha um papel vital no controle da fermentação, e em massas doces, ele também realça o sabor dos aromas presentes na massa (Canella-rawls, 2006).

De acordo com a RESOLUÇÃO-RDC Nº 273, de 22 de setembro de 2005, misturas para o preparo de alimentos são produtos resultantes da combinação de ingredientes destinados a serem usados pelo próprio consumidor no processo de preparação culinária. Isso requer a adição de outros ingredientes, conforme necessário, e pode envolver etapas como aquecimento ou cozimento durante a preparação. O produto final, quando preparado de acordo com as instruções fornecidas pelo fabricante, deve corresponder à designação especificada na embalagem da mistura.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

Foram elaboradas três formulações de pães integrais, cada uma submetida a dois formatos de preparo, pão de forma e pão tipo cachorro quente.

A produção dos pães ocorreu no Laboratório de Panificação do Departamento de Gastronomia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). As análises de textura, imagens e propriedades físicas foram conduzidas no Laboratório Tecnológico em Segurança Alimentar e Nutricional (LTSAN) do CTDR na UFPB, enquanto as análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Análises Físico-química do CTDR na UFPB.

### **4.1 FORMULAÇÃO E ELABORAÇÃO DOS PÃES**

No contexto da Formulação 1 (F1), realizou-se a reconstituição da farinha integral utilizando o núcleo integral industrial (Unilance) fornecida pela Nutrallle (CABEDELLO, BRASIL) a reconstituição foi realizada utilizando as recomendações da empresa (20% do núcleo integral somado a quantidade de farinha utilizada, utilizamos 200g de Unilance para 1000g de farinha de trigo, totalizando 1200g de farinha reconstituída), onde nesse núcleo além de conter farelo de trigo e gérmen de trigo, sua composição também conta com outros componentes como: fécula de mandioca, glúten de trigo, extrato de malte, farinha de malte, enzimas hemicelulase, ácido ascórbico e massa madre desidratada. Na Formulação 2 (F2), utilizou-se farinha de trigo integral obtida no comércio local e um melhorador de farinha cedido pela Nutrallle, assim como adição de farinha de malte afim de equiparar as formulações, tendo em vista a presença de melhoradores e farinha de malte no Unilance Integral, utilizado na (F1). Já na Formulação 3 (F3), realizou-se a reconstituição da farinha de trigo com a adição de farelo e gérmen de trigo (Tabela 2), bem como o uso de melhoradores de farinha e farinha de malte, todos fornecidos pela Nutrallle. Em todas as formulações, empregamos agentes antimoho, também fornecido pela Nutrallle. O melhorador utilizado e o Antimoho se tratam de produtos fabricados pela empresa chamado Superconcentrado e Natupan respectivamente, onde em suas composições o Superconcentrado tem a presença de ácido ascórbico e enzima alfa-amilase e o Natupan antimicrobiano natural a base de óleo de orégano.

É relevante ressaltar que os melhoradores e agentes antimoho são produtos comumente usados na indústria alimentícia, essas especificações foram disponibilizadas pela Nutrallle para o processo de fabricação.

**Tabela 1-** Formulação dos Pães

| Ingrediente                           | F1            |          | F2            |          | F3            |          |
|---------------------------------------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|
|                                       | Proporção (%) | Peso (g) | Proporção (%) | Peso (g) | Proporção (%) | Peso (g) |
| <b>Farinha de Trigo Tipo 1</b>        | -             | -        | 21,20         | 372      | 21,23         | 372      |
| <b>Farinha de Trigo Integral</b>      | -             | -        | 35,9          | 630      | -             | -        |
| <b>Farinha Integral Reconstituída</b> | 60,36         | 1200     | -             | -        | 35,84         | 628      |
| <b>Margarina</b>                      | 2,01          | 40       | 2,28          | 40       | 2,29          | 40       |
| <b>Fermento Fresco</b>                | 0,51          | 10       | 0,57          | 10       | 0,57          | 10       |
| <b>Açúcar</b>                         | 4,03          | 80       | 4,56          | 80       | 4,57          | 80       |
| <b>Água Gelada</b>                    | 32,60         | 648      | 34,21         | 600      | 34,24         | 600      |
| <b>Natupan</b>                        | 0,51          | 10       | 0,57          | 10       | 0,57          | 10       |
| <b>Superconcentrado</b>               | -             | -        | 0,12          | 2        | 0,12          | 2        |
| <b>Farinha de Malte</b>               | -             | -        | 0,57          | 10       | 0,57          | 10       |
| <b>TOTAL</b>                          |               | 1988     |               | 1754     |               | 1752     |

Fonte: Autoria Própria, 2023

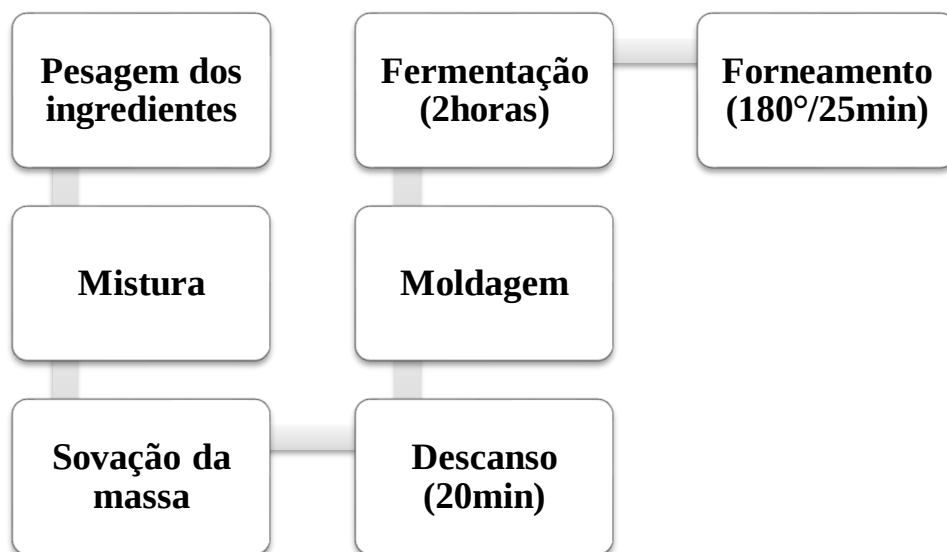
**Tabela 2 -** Reconstituição da Farinha

| <b>Farinha Integral Reconstituída (F3)</b> |                 |            |
|--------------------------------------------|-----------------|------------|
| <b>Ingrediente</b>                         | <b>Peso (g)</b> | <b>(%)</b> |
| <b>Farinha de Trigo</b>                    | 521             | 82         |
| <b>Farelo de Trigo</b>                     | 91              | 14,49      |
| <b>Gérmen de Trigo</b>                     | 16              | 2,55       |
| <b>TOTAL</b>                               | 628             | 100        |

Fonte: Autoria Própria, 2023

A elaboração de cada formulação, e formato dos pães seguiu o fluxo indicado na Figura 3.

**Figura 3 - Fabricação dos Pães**



Fonte: Autoria Própria, 2023

Inicialmente, os ingredientes foram pesados utilizando-se uma balança eletrônica digital com precisão 0,5 em seguida os ingredientes secos foram misturados antes da adição dos demais componentes, passando por uma mistura manual inicial seguida de uma etapa na batedeira Planetária Industrial Vbp12 marca Venâncio (VENÂNCIO AIRES-BRASIL) para garantir a uniformidade. Após isso, os pães foram moldados a mão em dois tamanhos distintos: pães de cachorro-quente, com cerca de 60g, e pães de forma usando formas de 22,5cm de comprimento, 10,8cm de largura e 5cm de altura, pesando aproximadamente 300g cada pão. Em seguida, os pães foram deixados para fermentar em Armário de Crescimento Epóxi Imeca (BAURU-BRASIL), onde a fermentação foi diferente para as 3 formulações, porém em média os pães fermentaram por 2 horas e trinta minutos, permitindo o desenvolvimento adequado de sabor e textura. Por fim, os pães foram assados em um forno Turbo a Gás em Inox 485W 220V - VENANCIO-FVT5D (VENÂNCIO-BRASIL) pré-aquecido a 180 °C por 25 minutos.

## **4.2 ANÁLISE DE GLÚTEN**

O procedimento de determinação dos teores de glúten úmido e glúten seco foram realizados segundo o método oficial 38-10.01 (AACC, 1999), com algumas

modificações. Foram analisadas amostras das 2 farinhas, e amostra das massas das 3 formulações de pães.

#### **A) Teor de glúten úmido**

Para a análise de glúten úmido, 100 g de amostra de cada farinha utilizada em cada formulação foram pesadas e distribuídas em *bowl*s, seguidas pela adição gradual de 58 mL de água destilada. Após o repouso da massa por 30 minutos, foi realizada a cobertura com uma solução de 2% de NaCl, sendo feito mais 30 minutos de descanso. A seguir, as massas foram submetidas a um processo de amassamento, ainda imersas na solução de NaCl, seguido por lavagem em água corrente para remover os constituintes restantes da farinha. Posteriormente, a massa foi pesada e, utilizando a Equação 1 determinou-se o teor de glúten úmido (%).

$$\text{Glúten Úmido}(\%) = \frac{PGU \times 100}{P} \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

P – Peso da amostra inicial;

PGU – Peso do glúten úmido.

#### **B) Teor de glúten seco**

As amostras preparadas para a análise do teor de glúten úmido foram colocadas para secar em estufa a 105 °C, sendo monitoradas até peso constante. Após a secagem, as amostras foram resfriadas e, em seguida, pesadas. Utilizando a Equação 2, determinou-se o teor de glúten seco (%).

$$\text{Glúten Seco}(\%) = \frac{PGS \times 100}{P} \quad \text{Eq. 2}$$

Onde: P – Peso da amostra:

PGS – Peso do glúten seco.

### **4.3 PROPRIEDADES DA MASSA**

As propriedades reológicas das massas de cada formulação foram analisadas em um texturômetro CT3 Brookfield (MIDDLEBORO, ESTADOS UNIDOS), com célula de carga de 25 kg. Todos os parâmetros foram obtidos a partir do *software* TexturePro CT V1.3 Build 15.

Para o teste em tensão, foram cortadas tiras de 5x60mm em cortador próprio para retirar amostras de massa. Cada tira de massa foi submetida ao teste com acessório *Kieffer Dough & Gluten extensibility rig*. Os parâmetros para a análise foram velocidade pré-teste 2,0 mm/s, velocidade de teste 3,3mm/s, velocidade pós-teste 10,0 mm/s e distância de tensão de 75 mm. foram obtidos parâmetros de resistência à extensão, extensibilidade na ruptura e energia aplicada à massa até a ruptura.

**Figura 4** - Análise de extensibilidade da massa por tensão



Fonte: Braseq, 2014

Para o teste em compressão, foram cortados pedaços de massa 8 cm de largura, 8 cm de comprimento e 5 mm de espessura. Cada pedaço de massa foi submetido ao teste com probe esférico de *nylon* de 25,4 mm de diâmetro. Os parâmetros para a análise foram velocidade pré-teste 2,0 mm/s, velocidade de teste 3,3 mm/s, velocidade pós-teste 10,0 mm/s e distância de compressão de 60 mm. Foram obtidos parâmetros de força, extensibilidade e trabalho.

**Figura 5** – Análise da extensibilidade da massa por compressão



Fonte: Braseq, 2014

#### **4.4 ANÁLISE DO PERFIL DE TEXTURA (TPA) DOS PÃES**

O teste de TPA foi realizado comprimindo-se fatias dos pães. Para os pães de forma a região de teste foi a do miolo, enquanto as fatias de pães de cachorro quente foram comprimidas sobre a casca superior de cada formulação. Para ambos os testes, foram cortadas fatias de 25mm de espessura na porção central dos pães. Cada fatia foi submetida ao teste em texturômetro CT3 Brookfield (MIDDLEBORO, ESTADOS UNIDOS), com célula de carga de 25kg e com probe cilíndrico acrílico de 25,4mm de diâmetro. Os parâmetros para a análise foram velocidade pré-teste 2,0mm/s, velocidade de teste 1,7mm/s, velocidade pós-teste 10,0mm/s e dupla compressão de 40%. Foram obtidos parâmetros (Tabela 3) de dureza, coesividade, elasticidade, resiliência e mastigabilidade. Estes parâmetros foram obtidos a partir do *software* TexturePro CT V1.3 Build 15.

**Tabela 3** - Parâmetros de textura

| <b>Parâmetros</b> | <b>Definição</b>                                                                                     |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dureza            | É a força necessária para produzir certa deformação                                                  |
| Coesividade       | Resistência das ligações internas que compõem o corpo do produto                                     |
| Elasticidade      | Velocidade com que um material retorna à sua condição original após a remoção da força de deformação |
| Resiliência       | Resposta da massa após a compressão                                                                  |
| Mastigabilidade   | Esforço necessário para mastigar um alimento sólido até a deglutição                                 |

Fonte: Szczesniak et al, 2002

#### **4.5 ANÁLISE DOS PÃES EM ESTEREOMICROSCÓPIO**

A análise foi conduzida utilizando um estereomicroscópio com lupa da marca Leica (WETZLAR, ALEMANHA), com ampliação de 0,61x e as imagens foram capturadas e processadas no software Leica Las X.

#### **4.6 ALTURA DOS PÃES**

A determinação da altura dos pães foi realizada com 24 horas após o assamento, para isso, as amostras foram seccionadas transversalmente ao meio, e a altura foi medida em seu eixo central utilizando um paquímetro, com precisão de 0,1 mm. Essa técnica assegurou uma medição precisa da altura dos pães, contribuindo para uma análise detalhada das características físicas dos produtos.

#### **4.7 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS PÃES**

##### **4.7.1 TEOR DE CINZAS**

A análise das cinzas da amostra de pães foi realizada em triplicada no laboratório de físico-química do CTDR, seguindo o método de Adolfo Lutz. A amostra foi carbonizada e incinerada a 550°C até atingir uma coloração branca ou levemente acinzentada, sem pontos negros. Após a incineração, o cadinho foi transferido para um

dessecador por 30 minutos. Posteriormente, a massa foi pesada, e com base na Equação 3, determinou-se o teor de cinzas (Instituto Adolf Lutz, 2008).

$$\% \text{ CINZAS} = \frac{C \times 100}{P_a} \quad \text{Eq. 3}$$

Onde:

C = Quantidade de cinzas obtida na análise (Peso do cadinho com amostra incinerada - Peso do cadinho)

P<sub>a</sub> = Peso da amostra inicial

#### 4.7.2 ÁÇUCARES TOTAIS

Na determinação de açúcares totais, o método utilizado foi o titulométrico (método Fehling), seguindo as diretrizes do método de Adolfo Lutz, e a análise foi conduzida em triplicada no laboratório de físico-química do CTDR. Posteriormente, com base na Equação 4, procedeu-se à determinação do teor de açúcares totais na amostra.

$$\% \text{ Açúcares Totais} = \frac{\frac{P_c}{2} \times V_b \times 100}{V \times P} \quad \text{Eq. 4}$$

Onde:

FC = título da solução de Fehling (FC/2 quando usados 5 ml das soluções de Fehling)

V<sub>b</sub> = volume do balão volumétrico (nesta metodologia foi utilizado 250 mL) V = volume da amostra gasto na titulação, em mL

P = peso da amostra em g

#### 4.7.3 PROTEÍNAS

Para a determinação de proteínas, utilizou-se o Método de Kjeldahl modificado conforme as diretrizes de Adolfo Lutz. A análise foi realizada em triplicada. Posteriormente, com base na Equação 5, o teor de proteínas foi determinado, empregando o fator de correção 5,83.

$$\% \text{ Proteínas} = \frac{V \times F \times 0,14 \times f}{P_a} \quad \text{Eq. 5}$$

V = volume de ácido clorídrico 0,1 mol.L-1 gasto na titulação

F = fator de correção da solução de ácido clorídrico 0,1 mol.L-1

0,14 = fator do nitrogênio

f = fator de convenção de proteína do alimento

P<sub>a</sub> = peso da amostra

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 GLÚTEN SECO E ÚMIDO

Os índices obtidos da avaliação do glúten úmido e seco nas amostras das três formulações de pães integrais, assim como das amostras das farinhas utilizadas na fabricação de cada pão estão dispostas em porcentagem (%) na Tabela 3.

**Tabela 4** - Teores de glúten seco e úmido das formulações de pães integrais e das farinhas utilizadas na fabricação

| <i>Amostra</i>      | <i>Glúten úmido (%)</i> | <i>Glúten seco (%)</i> |
|---------------------|-------------------------|------------------------|
| <i>F1 (massa)</i>   | 20,65                   | 12,18                  |
| <i>F2 (massa)</i>   | 26,43                   | 15,37                  |
| <i>F3 (massa)</i>   | 25,61                   | 14,77                  |
| <i>F2 (farinha)</i> | 56,34                   | 14,51                  |
| <i>F3 (farinha)</i> | 59,07                   | 11,83                  |

Fonte: Autoria Própria, 2023

Conforme o Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos (ICTA), a faixa desejada para os teores de glúten úmido e seco são  $> 26$  e  $> 8,5$  respectivamente, para farinhas designadas para a fabricação de pães. Isso implica que todas as farinhas analisadas são apropriadas para a fabricação de pães. No caso das farinhas destinadas à panificação, é vantajoso ter teores mais elevados de glúten (seja úmido ou seco), uma vez que eles desempenharão um papel fundamental na formação da estrutura da rede de glúten. Essa rede é essencial para a retenção dos gases durante o processo de fermentação, o que, por sua vez, assegura o aumento do volume dos pães.

É importante citar que não foi possível realizar essa análise no produto utilizado para reconstituir a farinha da F1, pois se trata de um produto industrial que não é denominado como farinha, mas sim um núcleo integral para reconstituição de farinhas integrais.

A diferença nos teores de glúten entre a análise realizada apenas na farinha em comparação com a análise feita na massa de pães se deve à influência dos demais ingredientes usados na fabricação dos pães. Isso ocorre porque a formação do glúten pode ser afetada pela inclusão de gorduras na formulação, as quais atuam como uma barreira

física que impede o contato entre as proteínas do glúten. Como consequência, as estruturas de glúten formadas são menores e mais compactas do que seriam sem a presença da gordura, o que é conhecido como "encurtamento do glúten" (America, 2019). Em massas de trigo integral, a presença de pedaços de farelo cria obstáculos físicos que dificultam a formação de grandes redes de glúten (Bock et.al.,2013). Portanto, as massas de trigo integral tendem a ser mais densas do que aquelas que não contêm farelo. Isso explica por que os teores de glúten variam entre a farinha isolada e a massa de pães, já que os ingredientes adicionados durante o processo de fabricação podem alterar as características da rede de glúten formada.

## 5.2 PROPRIEDADES DA MASSA

Amostras de cada formulação foram submetidas ao teste de extensibilidade, um parâmetro utilizado para avaliar a capacidade da massa de resistir à deformação em tensão, ou seja, a capacidade da massa de esticar. Essa análise fornece informações valiosas sobre o desenvolvimento da estrutura da cadeia de glúten. Os resultados desse teste estão apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5** - Parâmetros obtidos na análise de extensibilidade da massa por tensão.

| <i><b>Formulações</b></i> | <i><b>Força (N)</b></i>  | <i><b>Extensibilidade (mm)</b></i> | <i><b>Trabalho (mJ)</b></i> |
|---------------------------|--------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| <i>F1</i>                 | 0,51 ± 0,06 <sup>b</sup> | 17,73 ± 1,44 <sup>b</sup>          | 8,2 ± 0,8 <sup>b</sup>      |
| <i>F2</i>                 | 0,35 ± 0,05 <sup>a</sup> | 16,12 ± 1,32 <sup>a,b</sup>        | 5,3 ± 0,5 <sup>a</sup>      |
| <i>F3</i>                 | 0,37 ± 0,03 <sup>a</sup> | 14,69 ± 1,80 <sup>a</sup>          | 5,2 ± 1,1 <sup>a</sup>      |

Resultados expressos como média ± desvio padrão.

\*Valores médios com letras minúsculas diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes ( $p < 0,5$ ), pelo teste de Tukey

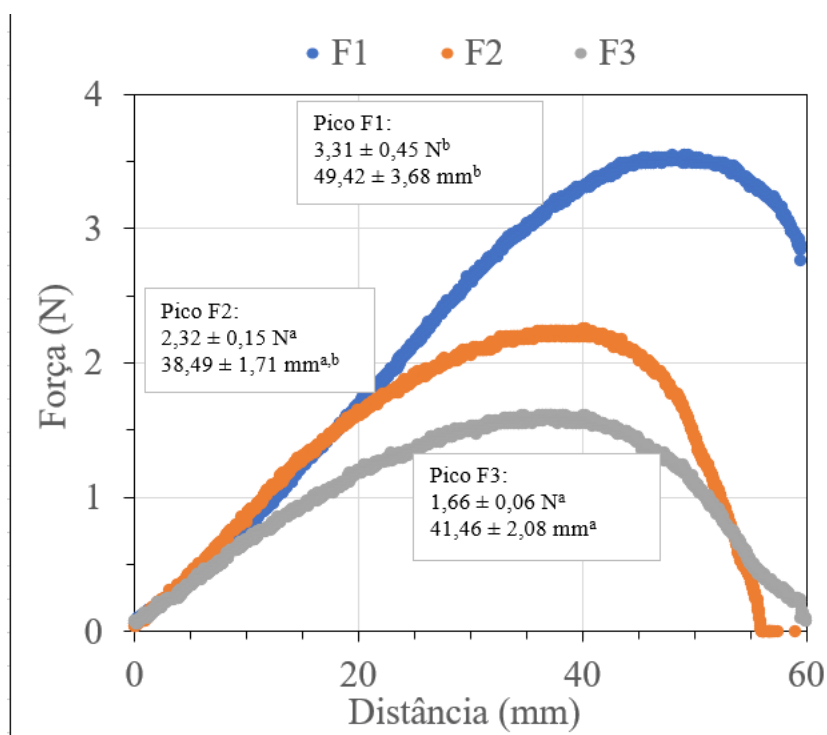
Fonte: Autoria Própria, 2023

Conforme evidenciado na Tabela 5, e considerando que uma maior força aplicada indica uma maior resistência da massa à extensão, assim como uma maior energia aplicada sugere uma maior resistência da massa à extensão, podemos inferir que um maior nível de resistência à extensão está relacionado a um desenvolvimento mais eficaz do glúten. Portanto, ao analisar os resultados, notamos que a formulação F1 demonstrou uma maior resistência à extensão, considerando o baixo desvio padrão dos resultados, exigindo uma força maior. Isso nos leva a concluir que houve um desenvolvimento mais robusto da estrutura de glúten em comparação com as formulações F2 e F3. A

extensibilidade, distância até o rompimento da massa sob tensão, foi similar para todas as amostras.

A Figura 6 apresenta as curvas de resistência da massa à extensão, pelo teste de compressão, obtida através da expansão da massa até o ponto de ruptura.

**Figura 6** - Extensibilidade das massas dos pães por teste de compressão



\*Valores médios com letras minúsculas diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes ( $p < 0,5$ ), pelo teste de Tukey

Fonte: Autoria Própria, 2023

Conforme observado na Figura 4, F2 e F3 apresentam níveis de resistência semelhantes, atingindo o ponto de ruptura em torno de 40 mm. No entanto, F1 destaca-se ao romper apenas aos 50 mm, demonstrando uma resistência consideravelmente superior, sendo mais de duas vezes maior que a força aplicada em F3. A diferença crucial reside no fato de que, enquanto F2 e F3 passam por um rompimento completo durante o teste de extensibilidade, em F1, pode-se observar apenas o início do rompimento antes que o teste seja interrompido. Esses resultados sugerem que o F1 possui uma capacidade significativamente maior de suportar a fermentação e retenção dos gases, o que, por sua vez, contribui para um volume de pão superior.

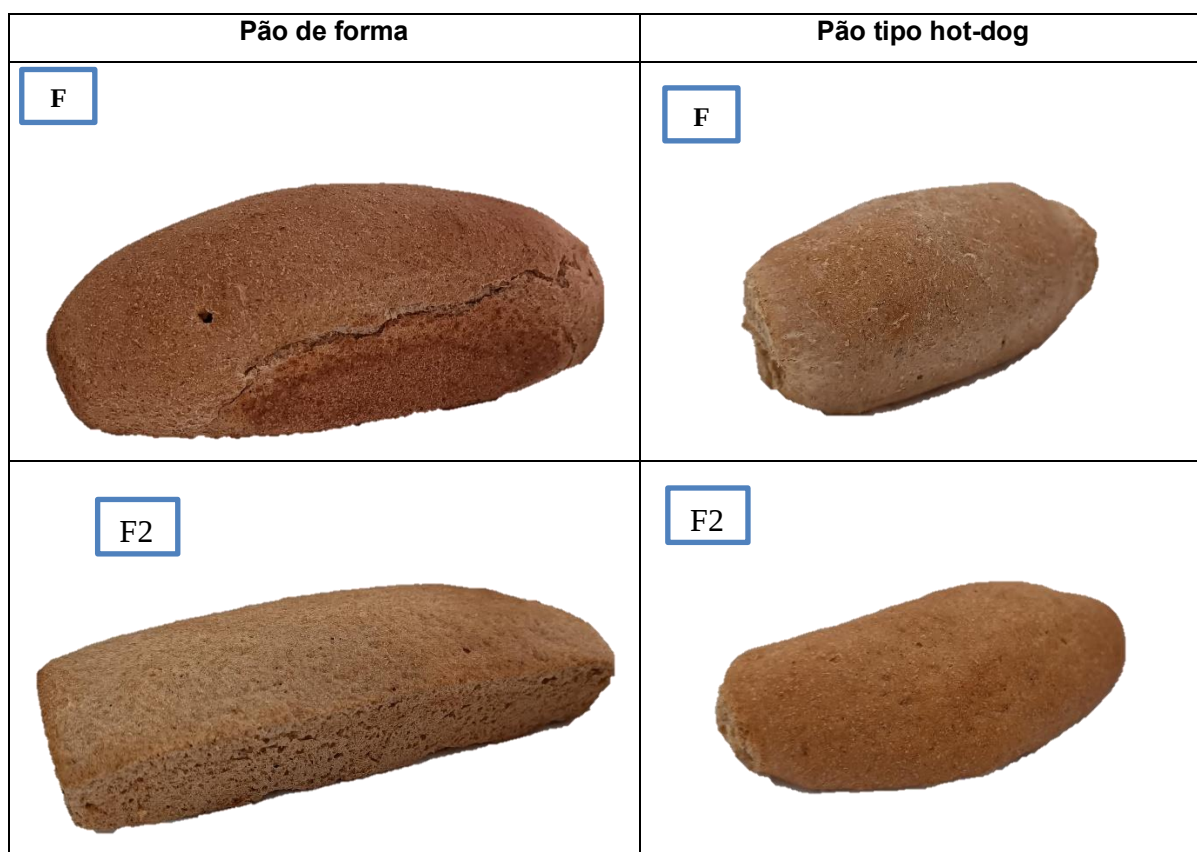
## 5.3 ANÁLISE DAS PROPRIEDADES DOS PÃES

### 5.3.1 CARACTERIZAÇÃO VISUAL E MICROSCÓPICA

A figura 7 apresenta as características visuais dos pães e a Tabela 6 as micrografias dos mesmos, evidenciando as cascas e miolos.

Na formulação F1 o pão de forma apresentou uma casca fina e com cor uniforme e um miolo com poros pequenos, uniformes e com coloração mais clara que a casca. O pão de forma da F2 apresentou uma casca irregular, espessa e com uma coloração irregular, e um miolo com poros pequenos e uma coloração clara. A F3 apresentou uma casca rígida e irregular.

**Figura 7-** Aspectos visuais dos pães





Fonte: Autoria Própria, 2023

**Tabela 6** - Avaliação microscópica do miolo e casca do pão de forma para as diferentes formulações.

|           | CASCA                                                                               | INTERFACE                                                                            | MIOLO                                                                                 |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>F1</b> |   |   |   |
| <b>F2</b> |  |  |  |
| <b>F3</b> |  |  |  |

Fonte: Autoria Própria, 2023

### 5.3.2 ALTURA

A Tabela 7 revela uma diferença nos valores de altura medidos na seção central dos pães. Os resultados indicam uma maior altura dos pães da F1, isso pode ser

explicado pelo uso do núcleo integral Unilance na formulação F1, resultando em um aumento no volume dos pães, em contraste com as formulações F2 e F3.

**Tabela 7 - Altura dos pães na seção de corte**

| <i>Amostra</i>                | <i>Altura (cm)</i>      |
|-------------------------------|-------------------------|
| <i>F1* (forma)</i>            | 6,8                     |
| <i>F2* (forma)</i>            | 4,7                     |
| <i>F3* (forma)</i>            | 4,3                     |
| <i>F1** (cachorro quente)</i> | 4,1 ± 0,15 <sup>c</sup> |
| <i>F2** (cachorro quente)</i> | 2,7 ± 0,15 <sup>a</sup> |
| <i>F3** (cachorro quente)</i> | 3,1 ± 0,11 <sup>b</sup> |

\* avaliação de uma amostra, \*\* valor médio e desvio padrão de 3 amostras

\*Valores médios com letras minúsculas diferentes na mesma coluna são significativamente diferentes ( $p < 0,5$ ), pelo teste de Tukey

Fonte: Autoria Própria, 2023

A altura maior observada na formulação 1 (F1) pode ser explicada por diversos fatores. Primeiramente, na F1, utilizou-se uma pré-mistura integral fornecido pela empresa Nutrallé, que contém farelo de trigo e gérmen de trigo, em conformidade com as exigências legais. Além disso, esse produto inclui outros componentes integrais que impactam diretamente na adição de água durante a fabricação dos pães. A maior adição de água é crucial para a formação da massa, já que a água hidrata as proteínas da farinha, tornando possível a criação de uma rede de glúten mais forte. Isso já foi abordado anteriormente nas discussões sobre extensibilidade e teor de glúten.

Também é relevante destacar que, durante o processo de fabricação, a F1 fermentou por um período mais longo em comparação com as outras formulações. Isso ocorreu porque, além de ser a primeira a ser preparada, a massa da F1 resistiu mais à fase de fermentação, ao contrário das outras, que seguiram o tempo mínimo estipulado. As demais formulações iniciaram um processo de colapso, quando decidiu-se iniciar o assamento de todas as massas. Como resultado, observa-se que as formulações F2 e F3 apresentaram redução no volume do pão, em relação a F1 e ao padrão esperado no mercado. Na panificação, a fermentação desempenha um papel fundamental na produção de dióxido de carbono, que influencia o crescimento da massa, a textura do miolo, o peso

do pão e o desenvolvimento de sabores e aromas característicos do processo. Assim, a fermentação mais longa da F1 resultou em uma maior produção de dióxido de carbono, afetando diretamente o crescimento da massa.

Além disso, quando o farelo de trigo é reintegrado à farinha refinada, ele pode afetar o comportamento reológico da massa, pois as fibras presentes no farelo têm uma alta capacidade de absorção de água, o que reduz a disponibilidade de água para o glúten durante o desenvolvimento da massa. A F1 teve a vantagem de conter outros ingredientes em sua composição, o que a diferencia das outras formulações. Esses ingredientes impactaram a distribuição de água na massa, resultando em propriedades reológicas diferenciadas e um tempo de desenvolvimento da massa prolongado, o que permitiu que o pão F1 fermentasse por mais tempo.

### 5.3.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

Os valores médios dos teores de proteínas, cinzas e açúcares totais dos pães integrais que foram realizados em triplicada estão apresentados na Tabela 8.

**Tabela 8** - Características físico-químicas dos pães integrais

|                        | <b>F1</b>                 | <b>F2</b>                 | <b>F3</b>                 |
|------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| <b>Proteínas</b>       | 9,72 ± 2,82 <sup>b</sup>  | 11,13 ± 2,03 <sup>a</sup> | 9,02 ± 0,47 <sup>a</sup>  |
| <b>Cinzas</b>          | 2,19 ± 0,06 <sup>b</sup>  | 1,32 ± 0,11 <sup>a</sup>  | 1,23 ± 0,02 <sup>a</sup>  |
| <b>Açúcares Totais</b> | 21,26 ± 1,89 <sup>a</sup> | 18,14 ± 0,74 <sup>b</sup> | 22,45 ± 0,58 <sup>a</sup> |

Resultados expressos como média ± desvio padrão.

\*Valores médios com letras minúsculas diferentes na mesma linha são significativamente diferentes ( $p < 0,5$ ), pelo teste de Tukey.

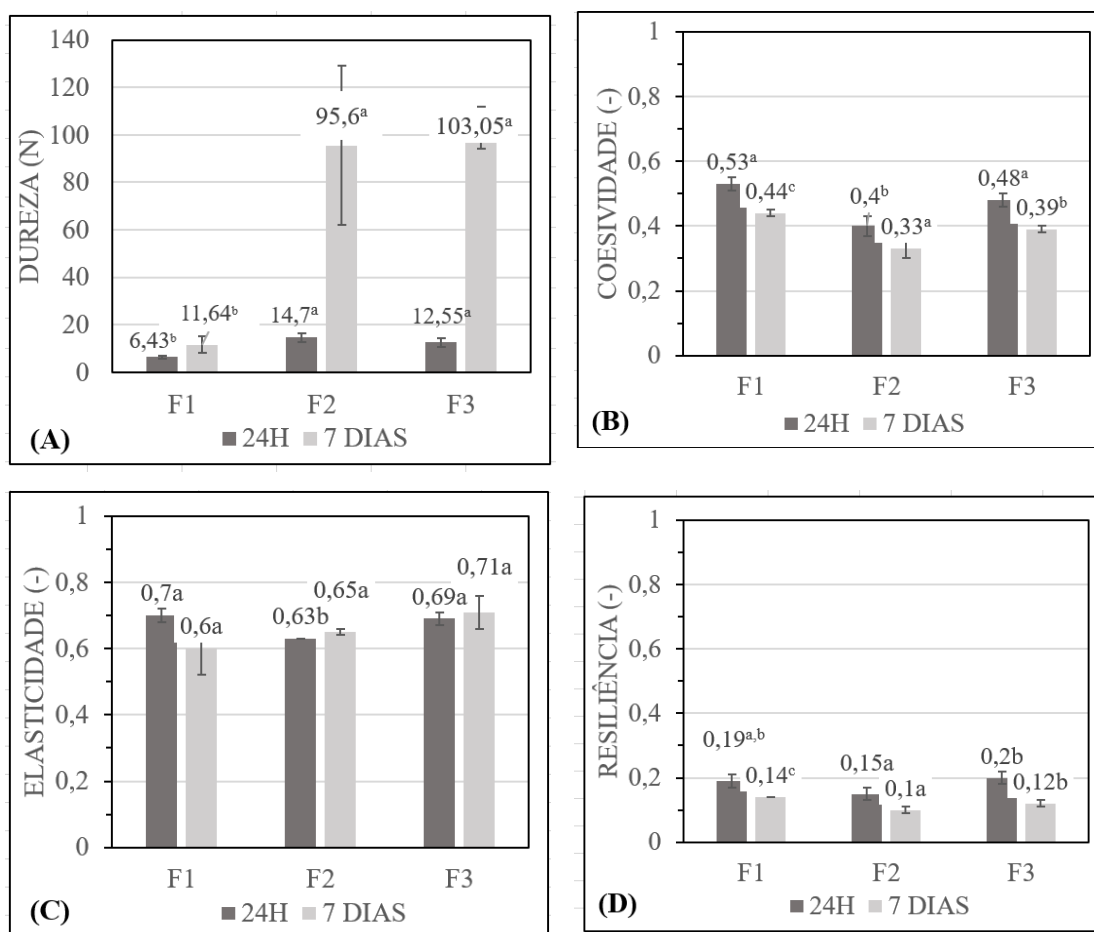
Fonte: Autoria Própria, 2023

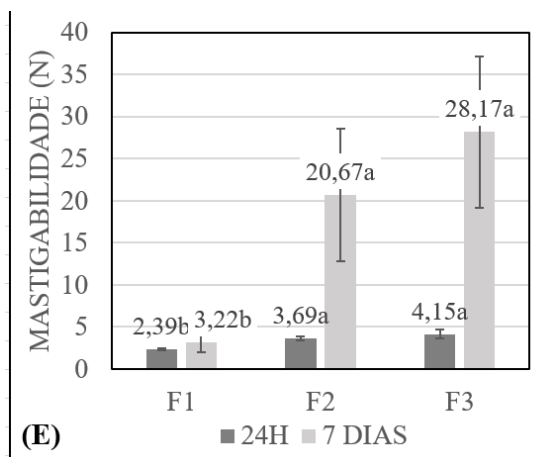
Os teores de proteínas e açúcares totais não apresentaram diferenças entre as amostras, considerando-se os valores de desvio padrão. No entanto, houve um maior teor de cinzas na F1 em comparação com as demais formulações. Isto pode ser atribuído à presença de outros componentes integrais no núcleo integral da Nutrallé, que foi empregado na reconstituição da farinha utilizada na F1, elevando assim os níveis de cinzas nessa amostra.

### 5.3.4 PERFIL DE TEXTURA DOS PÃES

A Figura 8 apresenta os resultados obtidos para textura dos pães de forma para os parâmetros analisados de dureza, coesividade, elasticidade, resiliência e mastigabilidade. O parâmetro de dureza refere-se à força necessária para deformar o miolo do pão de forma, sendo indicativo da maciez do produto. Conforme ilustrado na Figura 8(a), a F1 demonstrou a menor dureza ao longo da vida de prateleira, mantendo uma maciez similar ao longo do tempo. Por outro lado, as amostras F2 e F3 exibiram uma dureza maior em comparação com F1, com um aumento significativo na dureza observado entre as análises realizadas em 24 horas e 7 dias após. A menor dureza e estabilidade observadas em F1 podem ser atribuídas ao uso de enzimas de maciez presentes no núcleo integral industrial da Nutrallé.

**Figura 8** - Perfil de textura de pães de forma integral. a) dureza, b) coesividade, c) elasticidade, d) resiliência, e) mastigabilidade





Resultados expressos como média  $\pm$  desvio padrão.

\*Valores médios com letras minúsculas diferentes na mesma linha são significativamente diferentes ( $p < 0,5$ ), pelo teste de Tukey.

Fonte: Autoria Própria, 2023

A coesividade está relacionada resistência das ligações internas que compõem o corpo do produto (Silva, 2013). Conforme evidenciado na Figura 6, os parâmetros de coesividade para as amostras F1 e F3 apresentaram-se similares, com valores em torno de 0,5, enquanto a F2 demonstrou uma menor coesividade, ou seja um pão que tende a se esfarelar mais facilmente.

O parâmetro de elasticidade refere-se ao grau com que um material retorna à sua condição original compressão (Silva, 2013). Com base nesse conceito, podemos notar, na Figura 5C, que as amostras não apresentaram diferenças entre si e ao longo do tempo, tendo um valor médio de elasticidade entre 60-70%. O parâmetro de resiliência mede a capacidade do produto de retornar à sua forma original, em termos de energia gasta (Szczeniak, 2002). As três amostras apresentaram um comportamento similar ao longo do período de análise, sendo um retorno rápido com pouco gasto energético até o novo tamanho de amostra.

O parâmetro de mastigabilidade, cujo resultado está apresentado na Figura 5E, refere-se ao esforço necessário para mastigar um alimento sólido até a deglutição (Szczeniak, 2002), e está diretamente associado à maciez do produto e a quanto este se esfarela/desintegra facilmente (coesividade). Considerando que todas as amostras apresentaram coesividade similar (Figura 5B), a mastigabilidade seguiu a mesma tendência da resposta de dureza (Figura 5A).

A Figura 9 apresenta os resultados de perfil de textura para os pães integrais tipo cachorro quente. A formulação 2 apresentou maior dureza no tempo de 24h, sendo mais

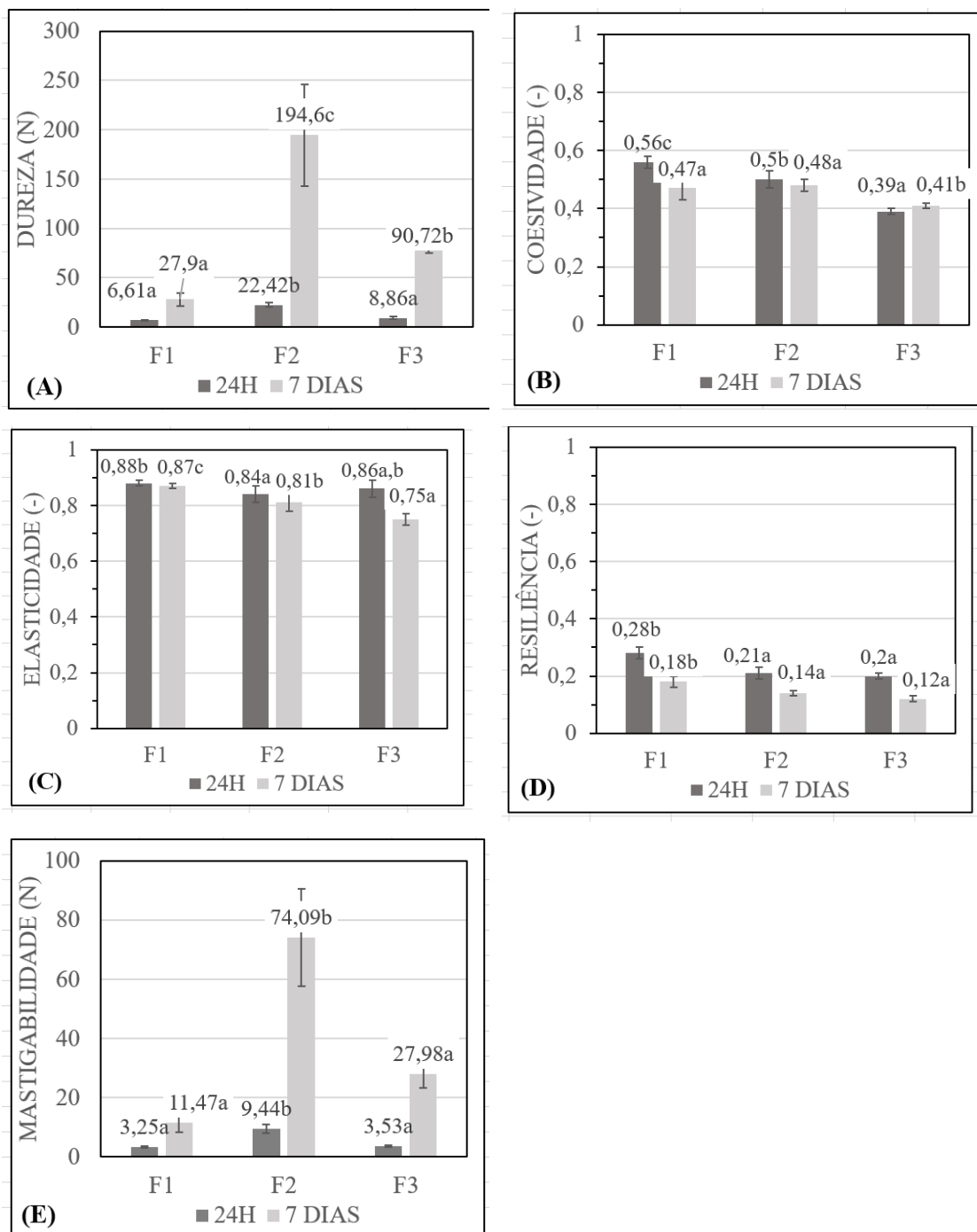
de duas vezes maior que os valores de F1 e F3, os quais foram entre 6-9 N. Após 7 dias, a dureza da F1 atingiu um valor semelhante a dureza da F2 em 24h. Já as formulações F2 e F3 tiveram seus valores de dureza aumentados em aproximadamente dez vezes.

Essa disparidade pode ser explicada pelo fato de que o pão tipo hot-dog tem uma área superficial maior do que o pão de forma. Essa característica faz com que o pão tipo cachorro quente seja mais suscetível à perda de água. A análise de TPA foi conduzida comprimindo-se a casca e o miolo do pão, de forma que os resultados da F2 evidenciam uma casca mais dura do que as demais formulações.

Os parâmetros de coesividade, elasticidade e resiliência não apresentaram variações importantes entre as amostras e ao longo da vida de prateleira. Os parâmetros de coesividade e resiliência foram similares aos obtidos para os pães de forma. No entanto, percebe-se que os pães de cachorro quente possuem maior elasticidade que os pães de forma. Considerando-se que a elasticidade é um parâmetro governado principalmente pelo miolo do pão, pode-se inferir que o formato de cachorro quente promove uma maior percepção de elasticidade no produto, possivelmente por uma quantidade menor de miolo estar rodeada pela casca que promove uma maior estruturação da amostra durante a análise.

Comparando-se os resultados de mastigabilidade entre os dois formatos de pães, percebe-se que não houve diferença no tempo de 24h e 7 dias para F1 e F3. No entanto, F2 foi maior para o pão cachorro-quente. Isto demonstra que a casca de F1 e F3 foram finas, enquanto a casca de F2 foi mais grossa, seca e dura.

**Figura 9** - Perfil de textura de pães cachorro quente integral. a) dureza, b) coesividade, c) elasticidade, d) resiliência, e) mastigabilidade



Resultados expressos como média  $\pm$  desvio padrão.

\*Valores médios com letras minúsculas diferentes na mesma linha são significativamente diferentes ( $p < 0,5$ ), pelo teste de Tukey.

Fonte: Autoria Própria, 2023

## 6. CONCLUSÃO

Os resultados das formulações F2 e F3 revelaram uma similaridade notável, com teores de glúten aproximados e desempenho mais satisfatório nesse aspecto em comparação com a F1. No entanto, ao avaliar a extensibilidade da massa por tensão e compressão, ficou evidente que, embora a F1 possuísse uma quantidade menor de glúten, o glúten formado era mais resistente do que o das formulações F2 e F3. Isso é crucial, pois afeta diretamente a etapa de fermentação, uma vez que massas com glúten menos resistente não conseguem reter adequadamente os gases produzidos.

Na prática, durante a fabricação dos pães, as formulações F2 e F3 entraram em colapso devido à fragilidade do glúten formado, enquanto a F1 demonstrou uma massa mais forte, capaz de reter os gases durante a fermentação. Essa resistência na etapa de fermentação foi determinante para a qualidade final dos pães. As diferenças foram evidentes na análise visual e física, com a F1 apresentando altura, cor de casca, miolo e tamanho de poros notavelmente superiores em comparação com F2 e F3.

A distinção entre as formulações também foi evidente no perfil de textura dos pães após 24 horas e 7 dias. A F1 manteve melhor a maciez e características desejáveis em comparação com as formulações F2 e F3, que, após 7 dias, exibiram características indesejadas, especialmente no formato de pão de cachorro-quente.

Este estudo revelou que a incorporação de produtos tecnologicamente avançados, como o Unilance Integral contendo uma diversidade de ingredientes integrais e enzimas, pode trazer melhorias significativas ao produto final. Comparativamente, o método tradicional de reconstituir farinha integral adicionando farelo de trigo e gérmen de trigo à farinha branca e utilizando à farinha integral não alcançou os mesmos resultados em termos de textura e volume nos pães integrais. Essas descobertas não apenas têm o potencial de redefinir os padrões de qualidade na indústria de panificação, mas também destacam a necessidade de compreender as demandas do mercado e explorar opções inovadoras para atender à busca crescente por pães integrais de alta qualidade.

Esses resultados não são apenas uma resposta técnica, mas também uma chamada à ação para a indústria de panificação. A busca por excelência em pães integrais não se limita apenas à escolha dos ingredientes, mas sim à adoção de abordagens tecnológicas mais abrangentes.

## REFERÊNCIA

- 247-255. Instituto Adolfo Lutz, 2008. Métodos físico-químicos para análise de alimentos, fourth ed. Instituto Adolfo Lutz, Brasília
- AACC. American Association of Cereal Chemists. Approved Methods, 11th ed., St. Paul: AACC, 1999.
- ABIP. Balanço e Tendências do Mercado de Panificação e Confeitaria. ABIP - Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria. Belo Horizonte, p. 1- 52. 2018
- Agência Nacional de Vigilância Sanitária [ANVISA] . Resolução-RDC nº 344, de 13 de dezembro de 2002 . Regulamento Técnico para a Fortificação das Farinhas de Trigo e das Farinhas de Milho com Ferro e Ácido Fólico. Brasília, 2002.
- Alimentos à Base de Cereais Integrais. [s.l: s.n.]. Disponível em:  
<<https://pesquisa.anvisa.gov.br/upload/surveys/242871/files/Documento%20de%20Base.PDF>>.
- ALMEIDA, Daniel Francisco Otero de. Padeiro e Confeiteiro. Canoas- RS 1º edição, Editora da Ulbra, 1998
- AMERICA. A Tasting of Culinary Science—Gluten. YouTube, 20 nov. 2019. Disponível em:  
<<https://www.youtube.com/watch?v=fdI4P9FCxF0>>. Acesso em: 11 nov. 2023
- ANDERSON, J. W. Whole grains and coronary heart disease: the whole kernel of truth. American Journal of Clinical Nutrition, v. 80, n. 6, p. 1459–1460, 2004.
- ARNAUT, Andrey Nascimento. Desenvolvimento e avaliação de pão de fermentação natural enriquecido com farinha de bagaço de malte. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Brasil.
- Atwell, W. A. Wheat Flour. Eagen Press Handbook Series. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, 2001.
- Avaliação da Qualidade Tecnológica/Industrial da Farinha de Trigo. Disponível em:  
<<https://lume-re-demonstracao.ufrgs.br/avaliacao-qualidade/1e.php>>. Acesso em: 11 nov. 2023.
- BADORÓ, LCA et al. Alimentos probióticos: aplicações como promotores da saúde humana, parte 1. Nutrir Gerais, Rev Digital Nutr, Minas Gerais, v.2 , n.3, p.1-29, ago/dez 2008.
- BENASSI, VT, WATANABE, E Fundamentos da tecnologia de panificação. Rio de Janeiro EMBRAPA CTAA 1997 60 p. (EMBRAPA CTAA Documentos, 21)
- BOCK, E., J., DAMODARAN, S. Bran-induced changes in water structure and gluten conformation in model gluten dough studied by fourier transform infrared spectroscopy. Food Hydrocolloids, v.31, p. 146-155, 2013
- Brandão, Silvana Soares. Tecnologia de panificação e confeitaria / Silvana Soares Brandão, Hércules de Lucena Lira. - Recife: EDUFRPE, 2011.
- Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução de Diretoria Colegiada - RDC nº 273, de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico para Misturas para o Preparo de Alimentos e Alimentos Prontos para o Consumo.

Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução de Diretoria Colegiada - RDC nº 90, de 18 de outubro de 2000. Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Pão.

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução nº 386, de 5 de agosto de 1999. Regulamento técnico que aprova o uso de Aditivos Alimentares, estabelecendo sua Funções e seus Limites Máximos para a Categoria de Alimentos 7- Produtos de Panificação e Biscoitos. Diário Oficial da União República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 9 ago.1999

Brasil. Ministério da Saúde; Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº 263, de 2005 . Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos . Brasília, 2005.

Brasil. Ministério da Saúde; Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 493, de 15 de abril de 2021. Requisitos de composição e rotulagem dos alimentos contendo cereais para classificação e identificação como integral e para destaque da presença de ingredientes integrais. Brasília, 2021.

Brasil. Ministérios da Agricultura, da Saúde, do Comércio e Turismo e do Ambiente e Recursos Naturais. Portaria nº 996/94, de 12 de novembro. Define e caracteriza as farinhas corrigidas e compostas e estabelece as suas condições de fabrico, rotulagem e acondicionamento.

BREDARIOL, Priscila. Controlar os parâmetros de assamento (tempo, temperatura, umidade) pode permitir a melhoria de algumas propriedades físicas e nutricionais de pães. 2019. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia de Alimentos) – Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2019

CANELLA- RAWLS, S. Pão Arte e ciência. São Paulo : SENAC, 2º edição, 2006.

CANELLA-RAWLS, S. Pão: arte e ciência. 4. ed. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2003

CAUVAIN, Stanley P.; YOUNG, Linda S. Tecnologia da Panificação. São Paulo: Editora Manole, 2009. E-book. ISBN 9788520442180. Disponível em:  
<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788520442180/> . Acesso em: 17 out. 2023.

DA, M. Portaria 996/94, de 12 de Novembro. Disponível em:  
<<https://dre.tretas.org/dre/62840/portaria-996-94-de-12-de-novembro>>. Acesso em: 11 nov. 2023.

EL-DASH, A. A. Fundamentos da tecnologia de panificação: tecnologia agroindustrial. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia. 1986. 347 p.

ESTELLER, M.S. Fabricação de pães com reduzido teor calórico e modificações reológicas ocorridas durante o armazenamento. São Paulo, 2004, 248 p. Dissertação (mestrado em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo (USP).

FLEISCHMANN – Normas de Higiene. Disponível em: [www.fleischmann.com.br](http://www.fleischmann.com.br).

GUIA ALIMENTAR - GUIA ALIMENTAR PARA A POPULAÇÃO BRASILEIRA  
Promovendo a Alimentação Saudável. Brasília – DF / Série A. Normas e Manuais Técnicos. Tiragem: 1.ª edição – 2005.

Haddad, Y.; Benet, J. C.; Delenne, J. Y.; Mermet, A.; Abecassis, J. Rheological Behaviour of Wheat Endosperm—Proposal for Classification Based on the Rheological Characteristics of Endosperm Test Samples. Journal of Cereal Science. v.34, n.1, p.105-113, 2001.

Hoseney, R. C. Principios de ciencia y tecnologia de los cereales. Zaragoza: Acribia, 1991. 321p.

LOPES, Alessandra Santos et al. Influência do uso simultâneo de ácido ascórbico e azodicarbonamida na qualidade do pão francês. Food Science and Technology, v. 27, p. 307-312, 2007.

Mandarino, JMG (1994). Componentes do trigo: características físico-químicas, funcionais e tecnológicas. EMBRAPA-CNPSo, Londrina. EMBRAPA-CNPSo Documentos, nº 75.

MENEGUSSO, F.J.; MIRANDA, J.; FICAGNA, T.; ZANETTI, F.; LOPES, P.M.; FERREIRA, D.T.L. Qualidade reológica da farinha de trigo com adição de ácido ascórbico. In: 4º Simpósio de Segurança Alimentar, Gramado, RS, 2012.

MENEZES, E. W. et al. New information on carbohydrates in the Brazilian Food Composition Database. Journal of Food Composition and Analysis, v.22, n.5, p. 446-452, 2009.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa 38, de 2010. Regulamento Técnico do Trigo. Brasília, 2010.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa nº 8, de 03 de junho de 2005. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Farinha de Trigo. Brasília, 2005.

Ministério da Saúde. Portaria nº 354, de 18 de julho de 1996 . Norma Técnica referente à Farinha de Trigo. Brasília, 1996.

MIRANDA, Martha Z. de. Qualidade e tecnologia de grãos. 2009.

MORAES, DMG et al. Avaliação da Informação nutricional contida nos rótulos de biscoitos do tipo cream cracker. V Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica - CONNEPI. Sobral-Ce, p.1-6, 2010. Anais eletrônicos. Sobral-Ce: CONNEPI, 2010.

Morita, N.; Maeda, T.; Miyazaki, M; Yamamori, M.; Mjura, H.; Ohtsuka, I. Dough and baking properties of highamylose and waxy wheat flours. Cereal Chemistry. v.79, p.491-495, 2002.

NOBRE, FM. Produção de Pão a partir de Farinhas Extremes de aveia. Lisboa, p.1-92, 2013. PANIFICAÇÃO, D. [s.l: s.n.]. Disponível em: <[https://revista-fi.com/upload\\_arquivos/201712/2017120460156001512498192.pdf](https://revista-fi.com/upload_arquivos/201712/2017120460156001512498192.pdf)>.

PHILLIPPI, Sonia T. Nutrição e técnica dietética. São Paulo: Editora Manole, 2019. E-book. ISBN 9788520454312. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788520454312/>. Acesso em: 17 out. 2023.

Popper, L; Schäfer, W. & Freund, W. Future of Flour – A Compendium of Flour Improvement. Kansas City: Agrimedia, 2006. 325p.

Quaglia, G. Ciencia y tecnologia de La panificación. Zaragoza: Acribia, 1991. 485p.

ROCHA, Amanda Lais da. Planejamento de misturas aplicado ao uso de melhoradores de farinha para panificação. 2014. 40 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2014.

SCHEUER, Patrícia Matos et al. Trigo: características e utilização na panificação. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v. 13, n. 2, p. 211-222, 2011.

SILVA, William S. da. Comportamento mecânico do queijo de coalho tradicional, com carne seca, tomate seco e orégano armazenados sob refrigeração. William Soares da Silva.-Itapetinga: UESB, 2013.

SMS, Stable Micro Systems (1995). TA-XT21 application study, extensibility of dough and measure of gluten quality. Texture expert guide contents.

SZCZESNIAK, A. S. Texture is a sensory property. Food Quality and Preference, v. 13, p. 215 – 225, 2002.

TORMENA, L.M.M., DESENVOLVIMENTO DE FORMULAÇÃO PARA BOLO CONTENDO FARINHA DE MACA E YACON. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.

VAN SOEST, P. J. The use of detergents in the analysis of fibrous feeds: II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. Official Agriculture Chemistry., v. 46, p. 829, 1963.

Veja as principais tendências para a indústria de panificação em 2022 – ABIP. Abip.org.br. Disponível em: <<https://www.abip.org.br/site/veja-as-principais-tendencias-para-a-industria-de-panificacao-em-2022/>>. Acesso em: 12 out. 2023.

VIANNA, F. S. V. Manual prático de panificação SENAC. São Paulo: SENAC, 2018

WEAVER, G. L. A miller's perspective on the impact of health claims. Nutrition Today, v. 36, p. 115- 118, 2001.