



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS**  
**BACHARELADO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**JULIANA HELLEN DA SILVA MELO**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO PÃO FRANCÊS DE MASSA**  
**CONGELADA COM DIFERENTES COMBINAÇÕES DE MELHORADOR DE**  
**FARINHA DE TRIGO**

**GARANHUNS - PE**

**2019**

**JULIANA HELLEN DA SILVA MELO**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO PÃO FRANCÊS DE MASSA  
CONGELADA COM DIFERENTES COMBINAÇÕES DE MELHORADOR DE  
FARINHA DE TRIGO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências do Curso de Engenharia de Alimentos, para a obtenção do título de Bacharela em Engenharia de Alimentos, sob orientação da prof. Dr. Daniele Silva Ribeiro.

**GARANHUNS – PE  
2019**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- M528a Melo, Juliana Hellen da Silva  
Avaliação da qualidade do pão francês de massa congelada com diferentes combinações de melhorador de farinha de trigo / Juliana Hellen da Silva Melo. - 2019.  
46 f. : il.
- Orientadora: Daniele Silva Ribeiro.  
Inclui referências.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Engenharia de Alimentos, Garanhuns, 2020.
1. Pão francês. 2. Enzimas. 3. Farinha de trigo. 4. Congelamento. I. Ribeiro, Daniele Silva, orient. II. Título

**JULIANA HELLEN DA SILVA MELO**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO PÃO FRANCÊS DE MASSA  
CONGELADA COM DIFERENTES COMBINAÇÕES DE MELHORADOR DE  
FARINHA DE TRIGO**

Comissão julgadora do trabalho de conclusão de curso para obtenção do título de  
Bacharel em **ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Daniele Silva Ribeiro  
Unidade Acadêmica de Garanhuns (UAG)  
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)  
(Orientadora e Presidente)

---

Prof. Dr. Raimundo Bernadino Filho  
Unidade Acadêmica de Garanhuns (UAG)  
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)  
(Membro Titular Interno)

---

Severino Lourenço de Lima  
Nutricionista  
(Membro Titular Externo)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, por me conceder a realização deste trabalho. Sei que não estaria aqui se não fosse à fé que me sustentou e me fez ter paciência para superar os desafios e dificuldades ao longo desses anos. Por renovar minhas forças e me conceder uma vida plena de realizações. Obrigada Deus, por sua proteção divina e bênçãos concedidas na minha vida.

Agradeço aos meus pais, Edna e Mauricio, por não medirem esforços para que eu conseguisse chegar até aqui, vocês são minha maior força e exemplo de vida, tudo que passei foi por amor a vocês. Aos meus irmãos Maurício, Maylson, Mylena e Maryane que me acompanham desde o início dessa caminhada, obrigada por me apoiarem em tantos momentos difíceis, obrigada pela alegria diária e, por serem os melhores irmãos do mundo, amo cada um de vocês.

Agradeço a minha orientadora Daniele Ribeiro, por todo o apoio e incentivo, por ser tão prestativa e pela paciência comigo. Obrigada por ter acreditado no meu potencial, por me inspirar e motivar em todos os momentos, por todo profissionalismo, dedicação e direcionamento durante o processo de construção desse trabalho. Sua contribuição foi indispensável!

À Empresa cedente do espaço para realização do experimento, pela oportunidade que me ofereceu, disponibilizando os componentes necessários para a pesquisa. A toda equipe do controle de qualidade, Severino Lourenço, por todo o conhecimento repassado, sempre me direcionando da melhor forma perante sua experiência profissional vivenciada. A Kaio Cabral por todo apoio e ensinamento na realização deste trabalho, a Matheus Leal e a Patrícia Santos, pela boa companhia e pela troca de experiência, vocês tornam os dias mais leves. Muito obrigada!

Agradeço também aos meus colegas de turma, pois passamos por essa trajetória juntos, e, em meio a cada dificuldade, o companheirismo entre todos, foi o que tornou essa jornada mais leve, obrigada Venancio, Rodrigo, Renato, Ana Paula e Raniele!

A Universidade Federal Rural de Pernambuco - Unidade Acadêmica de Garanhuns, a todos os docentes do curso de Engenharia de Alimentos, pelos conhecimentos repassados durante o curso e por todas as exigências que me fizeram crescer profissionalmente. A todos que estiveram presente durante essa caminhada, na certeza que cada um deixou sua contribuição para o final dessa etapa, obrigada!

## **DEDICATORIA**

Aos meus pais, pelo incentivo, amor e princípios morais que formaram os alicerces base para minha vida.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Formulações utilizadas para teste de qualidade de pão francês congelado ....	28
Tabela 2: Laudo técnico das Farinhas de trigo utilizadas nas formulações.....	29
Tabela 3: Massa, volume e volume específico dos pães forneados.....	35
Tabela 4: Altura, diâmetro e formato dos pães forneados.....	37
Tabela 5: Abertura de pestana do pão francês após assamento.....	39
Tabela 6: Perda de água e rendimento do pão francês .....	41

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Fluxograma do processo de elaboração do pão francês de massa congelada .	30
Figura 2: Processo de fabricação dos pães tipo francês congelado .....	31
Figura 3: Verificação de abertura de pestana dos pães.....	33
Figura 4: <i>BoxPlot</i> para formato do pão francês após o forneamento .....	38
Figura 5: <i>Boxplot</i> para abertura de pestana do pão francês forneado .....	40

## RESUMO

MELO, J. H. S. **Avaliação da qualidade do pão francês de massa congelada com diferentes combinações de melhorador de farinha de trigo.** 46p. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns – PE, 2019.

O crescimento do número de padarias e o aumento do consumo de pães têm contribuído para novos investimentos nesse setor, como o mercado de pães congelados, que se encontra em ascensão. Essa nova tendência está chamando a atenção das panificadoras, por permitir maior praticidade, padronização do produto, redução de custos e aumento no prazo de validade da massa. O efeito do congelamento na massa pode ser minimizado através do uso de melhoradores de farinha de trigo e ingredientes adequados, sendo possível melhorar a qualidade do produto final através da sua formulação. O presente trabalho buscou avaliar cinco formulações, sendo uma padrão, de pães tipo francês de massa congelada, alterando o conteúdo dos melhoradores de farinha; teor do mix de enzimas (glicose oxidase - Gox, alfa amilase, fosfolipase e hemicelulase), emulsificantes e oxidantes, observando a interação desses, com o intuito de obter pães dentro dos padrões de qualidade, através da avaliação dos parâmetros; volume específico, formato, abertura de pestana, perda de massa e rendimento dos pães. Como resultados, com exceção da formulação F5 os tratamentos (F2, F3 e F4) que concentraram maior quantidade de agentes oxidantes de farinha (ácido ascórbico, ADA), emulsificantes (Datem e SSL) e enzimas (alfa amilase e gox) resultaram em um maior volume específico dos pães, sendo classificados como muito grande, assim como a formulação padrão. A abertura da pestana ficou em torno de 50 mm para todas as formulações, exceto para F2, a qual pode ter sido influenciada pela concentração de enzimas. Para o formato dos pães, todos se apresentaram esféricos. Não houve diferença estatística nos parâmetros perda de água e rendimento. Pode-se concluir que os pães obtidos das quatro formulações de massas congeladas estudadas apresentaram valores satisfatórios, de uma forma geral, em relação aos parâmetros avaliados, em comparação a formulação padrão. Desta forma, a empresa detém de novas formulações que poderão substituir o melhorador comercial. Todavia, foi sugerida a adoção da formulação F5, devido ao melhor volume específico obtido.

**Palavras-chave:** Pão francês; Enzimas; Farinha de trigo; Congelamento.

## ABSTRACT

MELO, J. H. S. **Quality evaluation of frozen dough French bread with different combinations of wheat flour improver**. 46p. Final Paper. Graduation Work - Federal Rural University of Pernambuco, Garanhuns – PE, 2019

The growth in the number of bakeries and the increase in the consumption of bread has contributed to new investments in this sector, such as the frozen bread market, which is on the rise. This new trend is attracting the attention of bakeries, allowing greater practicality, standardization of the product, cost reduction and increase in the shelf life of the dough. The mass freezing effect can be minimized through the use of better wheat flour and ingredients used, making it possible to improve the quality of the final product through its application. The present work sought to evaluate five formulations, being a standard, the French type of frozen dough, changing the content of the best flour; content of mixtures of enzymes (glucose oxidase - Gox, alpha amylase, phospholipase and hemicellulase), emulsifiers and oxidants, observing an interaction of these, in order to obtain breads within the quality standards; specific volume, shape, lash opening, loss of mass and bread yield. As a result, with the exception of the F5 or control application (F2, F3 and F4), which concentrate more flour oxidizing agents (ascorbic acid, ADA), emulsifiers (Datem and SSL) and enzymes (alpha amylase and gox) resulting in a greater specific volume of bread, being classified as very large, as well as the standard pattern. The lash opening was around 50 mm for all formulations, except for F2, which may have been influenced by the concentration of enzymes. For the shape of the loaves, all are spherical. There was no statistical difference in water loss and yield. It can be concluded that the breads selected from the four frozen pasta formulations studied include satisfactory values, in general, in relation to the recommended parameters, compared to the standard standard. In this way, a company has new formulations that can replace the best commercial. However, the adoption of the F5 application was suggested, due to the better specified volume.

**Keywords:** Frozen french ; Enzymes; Wheat flour; Freeze

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	12
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	14
2.1	O setor de panificação no Brasil e a inserção da tecnologia do pão francês de massa congelada .....	14
2.2	Composição da massa do pão francês .....	16
2.2.1	Farinha de trigo .....	16
2.2.2	Água .....	17
2.2.3	Fermento .....	18
2.2.4	Sal.....	21
2.2.5	Reforçador.....	22
2.2.6	Enzimas .....	22
2.2.7	Emulsificantes .....	25
2.2.8	Oxidantes .....	26
3	MATERIAL E MÉTODOS .....	27
3.1	Formulação.....	27
3.2	Procedimento Experimental .....	29
3.2.1	Elaboração da massa, modelagem e congelamento dos pães.....	30
3.2.2	Descongelamento, fermentação e forneamento .....	31
3.3	Parâmetros avaliados.....	32
3.3.1	Volume específico.....	32
3.3.2	Formato .....	33
3.3.3	Abertura de pestana.....	33
3.3.4	Perda de água .....	34
3.3.5	Rendimento .....	34
3.4	Análise Estatística .....	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	35
4.1	Volume específico.....	35
4.2	Formato dos pães pós forneamento.....	37
4.3	Abertura de pestana.....	39
4.4	Perda de água e Rendimento .....	41
5	CONCLUSÃO .....	43
	REFERÊNCIAS .....	44

## 1 INTRODUÇÃO

O Setor da panificação no Brasil reúne cerca de 70 mil padarias que são caracterizadas, na maioria das vezes, como pequenas empresas que trabalham em sua pluralidade com venda de pães e produtos de confeitarias. Este segmento está entre os seis maiores setores da indústria de alimentos no país, onde no ano de 2017 contribuíram para um faturamento de mais de R\$ 90 bilhões, representando 2,2% do seu PIB (ABIP, 2018).

O pão é composto basicamente de farinha de trigo, água, fermento biológico e sal (cloreto de sódio). Entretanto, outros componentes são adicionados em pequenas quantidades para melhorar as características físicas e reológicas da massa durante o processamento e a qualidade do produto final. Estes componentes podem ser gorduras vegetais, açúcares, emulsificantes, agentes oxidantes e enzimas (MATUDA, 2004).

Tradicionalmente o pão francês é elaborado e em seguida assado, horas depois da fermentação, tornando-o disponível para o consumo. Contudo, a retrogradação do amido causa uma série de reações físico-químicas, como a perda de umidade que resulta na dureza do pão, logo, pães tradicionais no mercado têm uma vida útil curta. O uso de baixas temperaturas na panificação revolucionou o mercado, possibilitando maior praticidade, padronização do produto, redução de custos, equipamentos, agilidade e flexibilidade para a produção além de melhorar significativamente o prazo de validade da massa (TAO *et al.*, 2017; LUO *et al.*, 2018).

No Brasil a tecnologia de pães congelados é recente, mas na Europa ela surgiu na década de 1990. Tornou-se conhecida em 1995 numa feira realizada na Alemanha. A ideia é que os clientes tenham pães sempre novos, o que economizaria mão-de-obra e equipamentos. Todavia, se o processo de congelamento não for bem controlado, a massa de pão congelada pode apresentar enfraquecimento na estrutura do glúten e redução da viabilidade da levedura após o descongelamento, o que pode ocasionar redução da produção e retenção de CO<sub>2</sub> durante a fermentação, comprometimento na viabilidade do fermento biológico, causando um menor volume específico do pão e alterações na textura (KECHINSKI *et al.*, 2010; LUO *et al.*, 2018).

O uso da tecnologia de congelamento de massas para pães causa danos principalmente na viabilidade do fermento e na destruição da estrutura da rede de glúten, que levam à deterioração da qualidade da massa, ambos causados pela formação de

cristais de gelo. A adição de agentes protetores para inibir a formação e o crescimento de cristais de gelo e o controle da taxa de congelamento para formar cristais de gelo finos com uma distribuição mais uniforme são medidas tomadas para reduzir os danos causados às massas (RAMOS, 2017; LUO *et al.*, 2018).

Além disso, vários aditivos são utilizados para melhorar as propriedades e a qualidade da massa congelada na indústria de panificação. Entretanto, o setor se defronta com o desafio de encontrar substituição de aditivos químicos por aditivos mais naturais, sendo as enzimas candidatas promissoras para essa substituição (ALMEIDA, 2014).

Durante as últimas décadas, a aplicação de reforçadores de farinha tem revolucionado a tecnologia de panificação. Os avanços tecnológicos e as formulações que utilizam reforçadores de farinha são responsáveis pela melhoria na qualidade do pão francês de massa congelada. A inclusão de melhoradores de farinhas nas formulações minimiza os problemas associados à massa congelada. Estudos feitos por Luo *et al.* (2018) mostraram que a adição de aditivos pode não apenas melhorar a tolerância ao congelamento da levedura, mas também manter as propriedades reológicas e termofísicas da massa. Além disso, a combinação de emulsificantes, oxidantes e enzimas pode ter efeitos sinérgicos, levando a um melhor desempenho no processo de forneamento (TAO *et al.*, 2017).

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar diferentes formulações para massa congelada de pães tipo francês, alterando o conteúdo dos melhoradores de farinha; teor do mix de enzimas (glicose oxidase - Gox, alfa amilase, fosfolipase e hemicelulase), emulsificantes e oxidantes, com o intuito de obter pães dentro dos padrões de qualidade da empresa, através da avaliação dos parâmetros de volume específico, formato, abertura de pestana, perda de água e rendimento dos pães forneados.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 O setor de panificação no Brasil e a inserção da tecnologia do pão francês de massa congelada**

A panificação está entre os seis maiores segmentos da indústria no Brasil, com participação de 36% na indústria de produtos alimentares e 6% na de transformação. As empresas deste segmento registraram em 2015 um crescimento de 2,7%, e o faturamento chegou a R\$ 84,7 bilhões. Aproximadamente 63,2 mil panificadores fazem parte do mercado de panificação no Brasil, dessas, 60 mil são micro e pequenas empresas. O setor foi responsável por mais de 700 mil empregos diretos, sendo 245 mil (35%) envolvidos diretamente na produção. No total, são 127 mil empresários gerenciando os negócios do setor (ABIP, 2017). A Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria (ABIP, 2016) afirma que 76% dos brasileiros consomem pão no café da manhã e 98% consomem produtos panificados. Dos pães consumidos 86% são artesanais, sendo 52% do tipo francês, e 34% são pães industrializados. Para este segmento no Brasil, no ano de 2015, foi registrado um faturamento de R\$ 5,183 bilhões, número 3,4% superior ao verificado em 2014.

O pão fresco é um produto de curta vida de prateleira. Durante o seu armazenamento várias alterações físico-químicas ocorrem alterando as suas características sensoriais, entre elas, o envelhecimento, que ocorre devido à retrogradação do amido e que contribui para aumentar a firmeza do miolo, dando uma sensação de produto seco ao ser ingerido (GUTKOSKI; SANTOS, 2004; RAMOS, 2017).

Há indícios que, no ano de 1926, na Áustria foram realizados os primeiros experimentos utilizando baixas temperaturas para retardar a etapa de fermentação dos pães, numa tentativa de reduzir a mão-de-obra noturna nas padarias. Na década de 50, houve as primeiras tentativas de congelar massa para produção de pão nos Estados Unidos. Entretanto, a escassez de equipamentos adequados para realizar essa função fez com que equipamentos inapropriados fossem utilizados para tal função, o que acarretou em uma tentativa falha desse processo (BONA, 2002; WATANABE; BENASSI, 2000).

Somente na década de 70 essa tecnologia começou a se difundir nos Estados Unidos, com um aumento significativo nos últimos anos. O crescimento é devido, principalmente, aos novos canais de marketing através do crescente número de padarias nos grandes supermercados, redes de franquia e lojas de varejo. Em 1990, a massa

congelada foi usada por mais de 50% das padarias desses estabelecimentos nos Estados Unidos. No Brasil, a tecnologia que permitiu o congelamento do pão surgiu em 1995, tornou-se conhecida após uma feira realizada na Alemanha no mesmo ano, com o conceito de que os clientes tenham pães sempre novos, esta tendência vem satisfazendo, principalmente, aos supermercados, que necessitam de apenas um freezer e um forno para que o pão esteja pronto para comercialização (BONA, 2002; WATANABE; BENASSI, 2000; BRANDÃO; LIRA, 2011).

O emprego da tecnologia de massas e pães congelados surgiu devido à necessidade e exigência dos clientes por pães disponíveis em qualquer horário do dia. Entre as vantagens da tecnologia de pão francês de massa congelada, em relação aos processos tradicionais, destacam-se à redução de espaço físico, praticidade e flexibilidade de produção, resultando na diminuição da mão-de-obra noturna nas padarias. A massa ou pães congelados podem ser elaborados em grandes quantidades e enviados para supermercados ou lojas de varejo, as quais possuem padarias que exercem a função de pontos de venda do produto, onde os pães são descongelados, fermentados e forneados nos horários de maior demanda, atendendo as exigências dos consumidores por produtos frescos em qualquer horário. Todas estas vantagens fizeram com que o uso da massa congelada começasse a ganhar aceitação por parte da indústria de panificação (WATANABE; BENASSI, 2000; GUTKOSKI; SANTOS, 2004; KECHINSKI *et al.*, 2010).

As tecnologias no Brasil para a produção desse tipo de produto estão difundindo cada vez mais. Ressalta-se que para a implantação desse processo tecnológico é necessário investimento em equipamentos indispensáveis, como túnel de ultracongelamento, câmaras de armazenamento de congelados, embaladora e caminhão com câmara de refrigeração. Entretanto, a mudança do processo convencional de produção de pães para a implantação dessa nova tecnologia desencadeia uma série de vantagens como a redução de custos, expansão de vendas, economia de tempo, melhor distribuição de serviços e aberturas de pontos de venda.

Além disso, um estudo realizado pelo relatório de inteligência do Sebrae (2015) demonstrou que o mercado mundial de panificação congelada faturou em 2013 R\$ 11,3 bilhões, com previsão de \$ 32,5 bilhões para o ano de 2018, estabelecendo um crescimento médio de 7,1% ao ano entre 2013 e 2018. Assim, o crescimento do número de padarias e aumento do consumo de pães levam os empresários a pensar e investir nesse campo tecnológico.

## 2.2 Composição da massa do pão francês

O pão francês é constituído essencialmente por farinha de trigo, água, sal e fermento biológico. Contudo, outros componentes são adicionados em baixas concentrações para melhorar as características reológicas da massa durante sua produção e do seu produto final. Esses componentes são gordura vegetal, açúcares, emulsificantes, oxidantes e enzimas. Na tecnologia de massa para pão congelado esses componentes combinados são chamados de reforçador ou melhorador de farinha.

### 2.2.1 Farinha de trigo

A farinha de trigo é resultante do processo de moagem dos grãos de trigo. O objetivo da moagem é quebrar o grão, retirar o máximo de endosperma, isento de farelo e gérmen, e reduzi-lo à farinha. Sua composição é constituída por proteínas, amido e outros carboidratos, cinzas, fibras, lipídios, água e pequena quantidade de vitaminas, minerais e enzimas, com concentrações que variam de acordo com o seu grau de extração e do tipo de trigo utilizado. O processo de elaboração da farinha de trigo é composto por várias fases, iniciando na recepção e estocagem dos grãos, seguindo para limpeza, moagem, peneiragem, purificação e por fim a embalagem. O rendimento da moagem da farinha de trigo se refere à taxa de extração. Para uso na alimentação a farinha deve conter os nutrientes necessários para sua utilização. A quantidade desses irá depender do grau de extração, o qual é indicado 80%, visando manter os nutrientes do trigo sem causar grandes alterações na cor ou qualidade da farinha para panificação (GUTKOSKI *et al.*, 1999; BONA, 2002).

As proteínas correspondem a 12% da composição da farinha de trigo, entretanto, para a formulação de massa para pães congelados é essencial que se tenha farinha com proteínas de boa qualidade e com teor proteico superior ao usado na produção convencional, devido ao processo de congelamento, armazenamento e descongelamento, esse teor deve estar entre 11 e 13%, não estando acima desse limite para que não haja restrição do volume do pão (WATANABE; BENASSI, 2000; BONA, 2002). As proteínas se classificam de acordo com sua funcionalidade, sendo 80 a 85% proteínas formadoras de glúten (gliadina e glutenina) e 15 a 20% proteínas não formadoras de glúten (albumina e globulina). A gliadina é uma molécula de cadeia única, rica em glutamina e prolina, a qual pode se associar entre si ou com gluteninas, sendo responsável pela característica de extensibilidade e coesão da massa. Já a glutenina é uma molécula de cadeia múltipla, caracterizando resistência à extensibilidade da massa (MATSUDA, 2007). As gliadinas e gluteninas se agregam

formando compostos proteicos estáveis. Entretanto, quando é adicionado água na farinha, esses agregados são destruídos, formando pequenas unidades com seus grupos reativos mais expostos, esses rearranjam-se e formam uma rede com características viscoelásticas. O complexo proteico formado pelas gliadinas e gluteninas denomina-se glúten (AQUINO, 2012).

O amido é o carboidrato de maior quantidade que se encontra na farinha de trigo, representando aproximadamente 65% na sua composição. São constituídos por 24% de amilose e 76% de amilopectina. A amilose é um polímero linear formado por ligações glicosídicas  $\alpha$ -1,4 enquanto a amilopectina é uma estrutura altamente ramificada com 20 a 30 unidades de glicose onde cada molécula de amilopectina contém centenas de ramificações. Ligações  $\alpha$  – 1,4 unem as unidades de glicose e os pontos de ramificações são efetuados por meio das ligações  $\alpha$ -1,6 (DENARDIN; SILVA, 2008; MATUDA, 2008).

Na panificação o amido é imprescindível para formação do miolo, além disso, sua quebra por enzimas amilases transforma-o em açúcares, principal substrato para a levedura durante o processo de fermentação. No processo da moagem do grão de trigo uma parte do amido é danificado fisicamente (em média 8%), modificando sua estrutura e propiciando uma maior absorção de água e mais suscetibilidade à hidrólise enzimática. Contudo, nas farinhas destinadas à produção de massa congelada, o conteúdo de amido danificado não deve ser elevado às quais devem apresentar baixa concentração de enzimas (como  $\alpha$  e  $\beta$ -amilase), não sendo recomendável a adição de enzimas termo-estáveis de malte (MATUDA, 2004; AQUINO, 2012).

A farinha de trigo é o principal ingrediente para formulação da massa de pão, sendo os outros ingredientes calculados a sua base, que corresponde a 100%. Na produção de massa para pães congelados, suas características devem apresentar uma alta resistência à extensão e baixa extensibilidade, capazes de manter bom desenvolvimento do volume do pão, além de uma boa elasticidade para minimizar o enfraquecimento da rede de glúten durante o congelamento (WATANABE; BENASSI, 2000; MATUDA, 2008).

### 2.2.2 Água

Considerado um ingrediente necessário do qual seria impossível à formação de massa de pão, a água possui papel fundamental na panificação, junto com a farinha de trigo, fermento e o sal. Detém a função de hidratar a farinha, inchar os grãos de amido, possibilitando a união das proteínas que darão origem à rede de glúten na qual se insere

o amido. Ao mesmo tempo, promove a formação de um meio úmido favorável às atividades fermentativas e enzimáticas (SALLAS-MELLADO, 2003; MATUDA, 2008).

As propriedades viscoelásticas da massa são refletidas nas características gerais do pão e podem ser determinadas pelo nível de absorção de água pela farinha, durante a mistura. Através do farinógrafo é possível medir a quantidade de água a ser utilizada, onde a absorção de água de uma farinha é descrita como a quantidade de água necessária para produzir uma consistência específica até o ponto de ótima absorção (RESENDE, 2011). A concentração nas formulações é determinante na consistência final da massa contribuindo para a maciez e textura do pão. Segundo Caar *et al.* (2003), a insuficiência de água provoca uma baixa hidratação do glúten, que não desenvolve sua elasticidade de forma adequada, enquanto uma quantidade excessiva de água resulta em uma massa grudenta com baixa resistência à extensão.

Na produção de massa para pão congelado, a quantidade de água na formulação deve ser menor comparada à produção convencional de pães, para que se tenha uma massa firme que diminua os movimentos da água durante o processo de congelamento e ainda, os processos de cristalização e relaxamento que ocorrem no descongelamento da massa (SALLAS-MELLADO, 2003). Jackel (1991) afirma que a redução seja de até 2% para que a massa seja mais elástica, com menor formação de cristais de gelo e obtenção de um melhor resultado no produto final. Já Inoue e Bushuk e Kerr (2006) citam uma absorção de água de 3 a 5% para massas congeladas quando comparadas com as massas convencionais.

As proteínas, em especial, são danificadas no processo de congelamento, devido à formação de cristais de gelo, como consequência a massa perde sua característica de retenção de gás. Quando ocorre redução de água na massa convencional, são observadas massas mal desenvolvidas, de difícil fermentação e menor volume do pão. Entretanto, GÉLINAS *et al.* (1995) afirmaram que tal medida, ao contrário do que comumente se acredita, não apresenta efeito na estabilidade da massa a ser congelada (WATANABE; BENASSI, 2000; ZAMBELLI, 2014).

### 2.2.3 Fermento

De acordo com a CNNPA n. 38, o fermento biológico é o produto obtido de culturas puras de leveduras por procedimento tecnológico adequado e empregado para

dar sabor próprio e aumentar o volume e a porosidade dos produtos forneados (BRASIL, 1977).

A *Saccharomyces cerevisiae* é a levedura utilizada como fermento na panificação, responsável pela fermentação da massa, metabolizando açúcares sob condições anaeróbias, produzindo gás carbônico (CO<sub>2</sub>) necessário para o crescimento da massa e para obtenção de compostos aromáticos característicos do pão. A fermentação é chamada de alcoólica, sendo necessárias condições ideais de temperatura para que ocorra, pois a ação da levedura inicia-se a 7° C, em seguida ocorre à fermentação láctica a 20° C e por fim, a fermentação butírica a 35° C. Logo, é necessário um controle de temperatura nessa etapa, evitando que ocorra formação de compostos indesejáveis na massa (SALAS-MELLADO, 2003; MATUDA, 2004; CASTRO, 2006).

A fonte energética para *S. cerevisiae* são, em essencial, os carboidratos. Entres os diversos carboidratos utilizados na metabolização do carbono através das leveduras, estudam-se os dissacarídeos (sacarose e maltose) e as hexoses (glicose, galactose ou manose), as pentoses não são metabolizadas. O principal substrato das vias metabólicas é a glicose, que atua tanto na obtenção de energia como precursor da síntese de diversos compostos e macromoléculas imprescindíveis para a célula (RAMOS, 2017).

Na fermentação, as leveduras são representadas pelo poder de formação de gás e volume de massas frescas, sendo, de acordo com Meziani *et al.* (2012) , classificadas em 3 fases; a fase lag, que ocorre nos primeiros 30 minutos da fermentação sob temperatura de 28°C, onde verifica-se a adaptação do metabolismo da levedura à massa; a fase exponencial, onde acontece máxima fermentação simultânea a constante produção de CO<sub>2</sub> entre 65 a 130 minutos e, por fim, a fase de redução da produção de CO<sub>2</sub>, na qual reduz-se a produção de gás pelas leveduras na massa.

Dentre os fatores que influenciam o processo de metabolismo de *S.cerevisiae* encontra-se o pH, sendo sua faixa de tolerância entre 2,5 a 8,5. A faixa de pH ótimo para crescimento da levedura pode variar de 4 a 6, dependendo da cultura, da temperatura e da presença de oxigênio, sendo que, em processos de panificação, o pH deve estar em torno de 5,5. A quantidade de fermento adicionado a massa depende do tipo de pão, para massas salgadas varia entre 1 e 4% em relação a quantidade de farinha, para o processo convencional de produção de pão. Outro fator que influencia é a temperatura, sendo considerada ótima para fermentação entre 28 °C a 32 °C, classificando o microrganismo em mesofílico. Temperaturas menores aumentam o

período de fermentação e acima de 40 °C a fermentação é reduzida ou interrompida (AQUINO, 2012; RAMOS, 2017).

Considerada um dos mais importantes ingredientes na elaboração de massa congelada, a levedura apresenta variações entre sua concentração, tipo e temperatura utilizada para que tolere o processo de congelamento. A formação de gás na massa decorre da concentração de levedura, da temperatura inicial da massa, da temperatura de congelamento e da capacidade de retenção de gás da massa. Normalmente, utiliza-se uma concentração de fermento superior ao empregado no processo de massas convencionais, variando de 4 a 6,5%, sendo esta influenciada pelo tempo de armazenamento da massa congelada, da formulação e do tempo de fermentação após o processo de descongelamento dos pães (WATANABE; BENASSI, 2000; ZAMBELLI, 2014).

Existem três diferentes tipos de fermento disponíveis para massas congeladas; o fresco prensado, o seco biológico o seco instantâneo. Tanto a levedura seca instantânea como a prensada funciona bem em massa congelada. Leveduras secas instantâneas resultam em pães com volumes inferiores aos obtidos com levedura prensada. A levedura seca, não instantânea, deve sempre ser reidratada antes da adição na massa. No caso da levedura instantânea, a reidratação só deve ser feita se a temperatura final da massa for inferior a 16 °C (WATANABE; BENASSI, 2000).

#### *2.3.3.1 Fermento fresco prensado*

O fermento fresco, fermento prensado ou levedura prensada deve apresentar características de massa prensada, pastosa, homogênea e de consistência firme, exibindo coloração creme claro característico, com odor e sabor próprio. O teor de umidade máximo deve ser de 75 % e cinzas 5 % (BRASIL, 1977). Devido ao seu alto teor de umidade, este fermento deve ser armazenado em temperaturas de refrigeração, entre 4 °C a 8 °C, até que seja utilizado para a elaboração de massas. Normalmente, este produto é comercializado em blocos de 15 g a 500 g e embalado em papel encerado e sua durabilidade sob refrigeração é em torno de 15 dias (BRANDÃO; LIRA, 2011; CASTRO; MARCELINO, 2012).

### 2.3.3.2 *Fermento biológico seco*

O fermento biológico seco é obtido a partir da secagem do fermento biológico fresco por ar quente. Este fermento é fracionado em pequenos grânulos adquirindo textura grossa e coloração creme acinzentado ou amarelo palha escuro. Possui umidade em torno de 7% a 9%, podendo ser encontrados em embalagens metalizadas, a vácuo ou com atmosfera modificada, podendo variar entre 7 g a 1 kg. Neste tipo de fermento, as células estão num estado latente. A reidratação deste produto consiste na utilização de água com temperatura entre 37° C a 38° C por 20 min (CASTRO; MARCELINO, 2012).

### 2.3.3.3 *Fermento biológico seco instantâneo*

O fermento seco instantâneo apresenta-se em grânulos muito pequenos, quase como areia fina, menores e mais lisos do que o fermento seco ativo, de coloração branca ao castanho claro, com odor e sabor característicos. A umidade deverá estar em torno de 4% a 6%, sendo diretamente incorporado à massa. Este produto é comercializado em pacotes pequenos e grandes destinados a uso institucional embalados a vácuo, o que aumenta o seu tempo de vida útil em até 2 anos em embalagem fechada, não havendo necessidade de reidratação no momento de uso uma vez que possui características peculiares que permite a sua adição diretamente à farinha bastando aumentar a quantidade de água na formulação. O processo de obtenção deste tipo de fermento consiste na extração da água das células por desidratação em leito fluidizado. Esse tipo de fermento destaca-se por apresentar maior tempo de vida de prateleira, além de dispensar o armazenamento refrigerado, tornando-o mais econômico e ainda, mais seguro microbiologicamente. Já o fermento fresco necessita de transporte, armazenamento e rigoroso controle de temperatura para manter a viabilidade das células, além de apresentar um menor tempo de prateleira (CASTRO; MARCELINO, 2012; RAMOS, 2017).

### 2.2.4 Sal

Responsável por conferir sabor, melhorar a cor e o *flavor* do pão, o sal é fundamental na elaboração do pão francês. Age no controle da fermentação devido ao efeito osmótico na célula da levedura e, conseqüentemente, no volume final do pão. Além disso, atua principalmente sobre a formação do glúten, a gliadina, um dos componentes responsável pela rede de glúten, possui baixa solubilidade em água com

sal. Quando não ocorre a adição de sal, as fibras de proteínas esticam até arrebentar. Com adição ideal de sal, as fibras se comportam com mais elasticidade, sem arrebentar (BRANDÃO; LIRA, 2011).

O sal também influencia na duração e conservação do pão, devido a sua capacidade de absorver água, no qual se caracteriza higroscópico. Quando um pão é armazenado em ambiente seco, a transferência da umidade do produto ao ar é reduzida devido à presença de sal, que retarda o ressecamento e endurecimento da casca e, em pão conservado em ambiente úmido, o sal tende a adquirir a umidade do ar, introduzindo-a no produto e causando assim um efeito negativo sobre o tempo de conservação. Ressalta-se ainda que este retarda as fermentações secundárias dos microrganismos produtores de alguns ácidos (lático, butírico e acético) durante a fermentação. A quantidade normal de adição do sal fica em torno de 2% sobre o peso da farinha, porém, se há a presença de açúcar, em especial em altos níveis, o nível de sal pode ser reduzido para 1% (RESENDE, 2011; AQUINO, 2012; RAZAMBELLI, 2014).

#### 2.2.5 Reforçador

É um produto recente na panificação que ainda está buscando uma definição de tipo e quantidade a ser utilizado, em razão da instabilidade do trigo padrão que se encontra nos moinhos brasileiros. Basicamente, é constituído por uma mistura de enzimas reforçadoras, emulsificantes e oxidantes devidamente balanceados para o tipo de pão que se deseja produzir. Sua aceitação já é uma realidade, sendo que as formulações utilizadas produzem efeitos sinérgicos, sendo apresentados no mercado em forma de pó ou pasta (BONA, 2002; BRANDÃO; LIRA, 2011).

#### 2.2.6 Enzimas

As enzimas são ingredientes enriquecedores, atuando como produtos biológicos seguros que substituem ingredientes químicos com um grande número de vantagens, seja na produção de pão francês ou de pães industrializados. Além disso, proporcionam maior competitividade à indústria e maior segurança aos consumidores. Outros benefícios que podem ser gerados com a aplicação de enzimas em formulações de produtos panificados são a redução da quantidade de açúcar e gordura adicionados, sem que ocorra perda de qualidade no produto final (CARMIGNOLA, 2017).

Devido sua ação, as enzimas são catalisadores biológicos que substituem ingredientes químicos com grande número de vantagens, tanto na produção de pão francês quanto de pães industrializados. A maioria das enzimas utilizadas na panificação hidrolisam algum componente do cereal usado na elaboração do pão e, por esta razão, tais enzimas possuem certas limitações técnicas, devido aos efeitos negativos que podem ocorrer quando usadas em quantidades inadequadas, na maioria dos casos resultando em massas grudentas (BONA, 2002).

O objetivo do uso de enzimas em panificação é unicamente controlar as propriedades reológicas da massa. Durante a elaboração da massa, atuam nas moléculas de amido ou de proteínas da farinha, como também agem branqueando farinhas com alto teor de pigmentos escuros. A farinha de trigo não teria algumas de suas características se não fosse pela presença de enzimas no grão do trigo. Segundo Vitti (2001), durante o amadurecimento do grão, enzimas são responsáveis pelo crescimento e armazenamento de reservas de energia nas várias partes do vegetal. Outros benefícios que podem ser gerados com a aplicação de enzimas em formulações de produtos panificados são a redução da quantidade de açúcar e gordura adicionados, sem perda de qualidade final (BONA, 2002; SALAS-MELLADO, 2003).

A utilização de enzimas amilolíticas na farinha de trigo proporciona a ação catalítica que converte o amido em açúcares fermentáveis, que são substratos essenciais no processo de fermentação das leveduras. Na tecnologia de massas congeladas, essas enzimas auxiliam no processo de reter água na massa, pois as amilases possuem a capacidade de desdobrar o amido da farinha, incorporando mais água na massa, a qual se retém de forma homogênea, o que reduz a formação de cristais de gelo grandes nas massas. Com isso, a massa apresenta melhor tolerância à fermentação e o pão, melhor aumento no volume, gosto e aroma (SALAS-MELLADO, 2003).

#### *2.2.6.1 Alfa-amilases*

Essas enzimas de origem fúngica, são adicionadas na massa e atuam sobre as moléculas de amilose e amilopectina, quebrando-as em cadeias menores que são chamadas de dextrinas. Quanto maior a concentração adicionada, maior a formação dessas, que ficam disponíveis para a subsequente transformação em maltose. Desta adição observa-se uma maior produção de gás nas massas, resultando em pães com

maiores volumes, boas características no miolo e na cor da crosta (BONA, 2002; MATUDA, 2008).

As enzimas, tais como as presentes no malte e as alfa-amilases microbianas, têm sido amplamente usadas pela indústria de panificação por décadas para melhorar o processamento da massa e influenciar a qualidade final do pão (SALAS-MELLADO, 2003).

A farinha de trigo apresenta em sua composição cerca de 1% de açúcares fermentáveis, quantidade suficiente de substrato para as primeiras horas de fermentação. No entanto, a adição de açúcares na massa ocorre para que mais nutrientes sejam fornecidos ao fermento, para que no caso de fermentações prolongadas a quantidade seja suficiente. A baixa concentração de carboidratos pode acarretar num pão com baixo volume e ainda, coloração pálida na crosta. Logo, as amilases tem função de prover uma quantidade complementar de açúcares na massa, quando os presentes na massa são esgotados (BONA, 2002; SALAS-MELLADO, 2003).

#### 2.2.6.2 *Hemicelulases (xilanases)*

A xilanase tem sido utilizada na indústria de panificação para aumentar a estabilidade e flexibilidade da massa, melhorando o volume e a estrutura do miolo do pão. Essa enzima atua clivando a cadeia das arabinoxilanas, modificando a funcionalidade dessas. É reconhecido que as arabinoxilanas exercem um papel importante na formação da rede do glúten e da massa. Tem sido informado que arabinoxilanas não extraíveis em água apresentam efeito negativo em panificação, enquanto que as arabinoxilanas extraíveis em água de médio a alto peso molecular têm efeitos benéficos (ALMEIDA, 2011).

Devido às diferenças na especificidade do substrato, modo de ação e interação com inibidores, nem todas as xilanases são benéficas na panificação. Geralmente, as mais apropriadas são aquelas que agem sobre as frações não extraíveis em água, solubilizando arabinoxilas insolúveis em água, ocasionando um aumento na viscosidade. Essa ação não remove apenas arabinoxilanas insolúveis, mas também aumentam a estabilidade da massa devido ao aumento da viscosidade. Ou seja, na presença de xilanase ocorre o aumento do conteúdo de amido incluso no glúten, aumentando assim seu rendimento e evidenciando o aumento da taxa de formação de glúten. Há indícios que o rendimento de glutenina também seja aumentado (SILVA, 2007; ALMEIDA, 2011).

Quando ocorre concentração em excesso de xilanase, as massas apresentam características indesejáveis, pertinente da alta degradação de arabinosilanas que, causam a diminuição da capacidade da massa reter água, tornando assim a massa fraca e pegajosa. Conseqüentemente, os pães obtidos nessa situação apresentam perdas nas características das estruturas do miolo, distribuição de gás e cor da crosta. Visando melhorar as características de manipulação da massa, volume do pão e estrutura do miolo, combinações de xilanase e glicose oxidase são amplamente utilizadas na panificação. Mesmo existindo várias teorias do mecanismo de ação de cada enzima, o efeito positivo da combinação das duas ainda não é completamente entendido (BONA, 2002; SILVA, 2007).

#### 2.2.6.3 Fosfolipases

O uso de fosfolipases em panificação permite a correção de possíveis deficiências da farinha, levando à produção de pães de maior qualidade. Há melhora na formação da massa, melhorando sua maleabilidade, promoção de salto de forno e aumento do volume dos pães. Podem substituir total ou parcialmente emulsificantes e gorduras, além de atuar no aumento de vida útil do produto (CARMIGNOLA, 2017).

#### 2.2.6.4 Glicose Oxidase (GOX)

A glicose oxidase é uma enzima oxidativa que pode ser utilizada na panificação a fim de substituir parcialmente os oxidantes químicos, melhorando a estabilidade da massa e resultando em um produto final com melhor qualidade, ou ainda, ser utilizada em combinação com outra enzima para aprimorar as características desejáveis no pão.

Devido a sua ação de oxidação da matriz protéica, a glicose oxidase chama atenção para uso em melhorador de farinha de trigo. Seu mecanismo de catalisação é complexo, e resulta em ligações cruzadas nas proteínas. Essa característica é responsável pelas melhorias tecnológicas dos pães forneados (SILVA, 2007).

#### 2.2.7 Emulsificantes

Os emulsificantes apresentam uma parte lipofílica e outra hidrofílica. A tensão superficial entre fases imiscíveis é reduzida quando se adicionam os emulsificantes, facilitando a formação da emulsão. Na panificação, são divididos em duas classes segundo seu efeito, os que formam complexos com o amido proporcionando maciez ao miolo, como os monoglicérides; e os que atuam na interação das proteínas,

fortalecendo a massa e aumentando a habilidade do glúten de formar um filme que retém a produção de gás pela levedura, como o ácido diacetil tartárico de mono e diglicerídeo (DATEM), esteroil-2-lactil lactato de sódio (SSL), esteroil-2-lactil lactato de cálcio (CSL) e o polisorbato (PS). Os emulsificantes que proporcionam maciez não são bons fortalecedores de massa e vice-versa. Normalmente, faz-se o uso de mais de um tipo, pois suas características desejáveis não se encontram em um único emulsificante. Entre os diversos, os principais utilizados na produção de pão agem para minimizar o envelhecimento, melhorar o manuseio e força da massa, aumentar a tolerância ao tempo de descanso e de fermentação entre outras características (MATSUDA, 2007; MATUDA, 2008).

A inclusão do DATEM e SSL melhora consideravelmente o volume, a textura e a qualidade em massas para produção de pães congelados. O uso de fosfolipídios minimiza os danos às leveduras provocadas pelo congelamento da massa, resultando no aumento do volume dos pães (WATANABE; BENASSI, 2000). Matuda *et al.* (2004) realizaram um estudo para otimizar o uso de emulsificantes em massas congeladas para pães armazenados a longo tempo e concluíram que a formulação ótima foi uma mistura binária de Polisorbato 80 e DATEM.

#### 2.2.8 Oxidantes

Os agentes oxidantes são empregados na tecnologia de pães para branquear a farinha, produzir um efeito melhorador na estrutura, na força e retenção de gás da massa, agindo na formação de glúten através das ligações dissulfídicas entre as proteínas do glúten. O fortalecimento da matriz de glúten é o principal interesse no comportamento da massa durante o seu processamento, melhorando as suas propriedades reológicas e a qualidade final do produto, além de fortalecer a matriz de glúten para resistir o estresse sofrido durante o batimento rápido (MATUDA, 2008 RESENDE, 2011).

Experimentos foram realizados em massa congelada e os pesquisadores Gélinas *et al.* (1995) e Marston (1978) utilizaram ácido ascórbico e bromato de potássio como agentes oxidantes, onde observaram que o uso combinado dos dois é mais eficiente do que o uso isolado do primeiro, resultando em pães com melhores qualidades. Entretanto, o bromato de potássio foi proibido no Brasil pelo Ministério da Saúde em 2001 (BRASIL, 2001), sendo substituído pelo ácido ascórbico, que é considerado eficiente tão quanto o bromato. O ácido ascórbico é responsável pelo tamanho do pão nos

primeiros minutos do forneamento. Ressalta-se ainda que, o ácido ascórbico é mais eficiente que a ADA (BONA, 2002; SALAS-MELLADO, 2003).

Um estudo realizado por Matuda *et al.* (2006) avaliou as propriedades reológicas de massas congeladas contendo ácido ascórbico (0 a 300 ppm) ao longo de 13 dias de armazenamento. A resistência à extensão aumentou com a adição de ácido ascórbico, indicando a ação do agente oxidante sobre a rede de glúten, todavia, ao longo do armazenamento, a resistência diminuiu para todas as formulações estudadas.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

A pesquisa foi realizada em parceria com uma empresa de massas e pães congelados, a qual dispõe uma sala de testes e/ou desenvolvimentos de novos produtos, onde foram realizados todos os experimentos. Os insumos, emulsificantes, enzimas e oxidantes utilizados para elaboração dos pães nesse estudo foram disponibilizados pela empresa parceira.

#### **3.1 Formulação**

Foram determinadas cinco formulações diferentes (F1, F2, F3, F4 e F5) para comparação dos parâmetros avaliados, sendo F1 a formulação padrão utilizada para comparação com as demais amostras, a qual é composta pela formulação base para elaboração de pão francês de massa congelada. Na Tabela 1 encontram-se os componentes e concentrações percentuais utilizadas em cada uma das diferentes formulações.

A determinação das formulações dos melhoradores de farinha baseou-se na quantidade máxima permitida dos agentes oxidantes, emulsificantes e enzimas, obedecendo à Resolução nº 383 (BRASIL, 1999) e variando a concentração sem que esse limite fosse extrapolado.

Os demais insumos (farinha de trigo, sal, fermento, água e gelo) apresentaram a mesma concentração da formulação padrão. Todos os componentes foram baseados na concentração de farinha de trigo que corresponde a 100%. Para esse estudo, foi utilizado um Mix de duas farinhas de trigo, ou seja, 50% de Farinha de trigo 1 e 50% de Farinha de trigo 2. As especificações das Farinhas segundo laudo técnico apresentam-se na Tabela 2.

**Tabela 1:** Formulações utilizadas para teste de qualidade de pão francês congelado

<b>Componentes</b>	<b>F1 %</b>	<b>F2 %</b>	<b>F3 %</b>	<b>F4%</b>	<b>F5%</b>
Farinha de trigo 1	50	50	50	50	50
Farinha de trigo 2	50	50	50	50	50
Água e gelo	55,5	55,5	55,5	55,5	55,5
<b>Melhorador de farinha comercial</b>	0,3	-	-	-	-
Fermento	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Sal	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Polisorbato <sup>1</sup>	-	0	0	0	0,3
SSL <sup>1</sup>	-	0,05	0,05	0,05	0
Datem <sup>1</sup>	-	0,2	0,2	0,2	0,1
Ác. Ascórbico <sup>2</sup>	-	0,03	0,03	0,03	0,025
Ada 25% <sup>2</sup>	-	0,016	0,016	0,016	0,013
Glicose oxidase (Gox) <sup>3</sup>	-	0,01	0,0035	0,002	0,008
Fosfolipase <sup>3</sup>	-	0,0015	0,002	0,002	0,0015
Alfa amilase <sup>3</sup>	-	0,002	0,004	0,002	0,0015
Hemicelulase <sup>3</sup>	-	0,01	0,005	0,0035	0,01
<b>Melhorador de farinha formulado (<sup>1+2+3</sup>)</b>	-	0,32	0,31	0,30	0,46

**Nota:** 1.emulsificantes; 2.oxidantes; 3.enzimas. **Fonte:** Autor, 2019

**Tabela 2:** Laudo técnico das Farinhas de trigo utilizadas nas formulações

<b>Análises</b>	<b>Farinha de trigo 1</b>	<b>Farinha de trigo 2</b>	<b>Especificação Técnica</b>
<b>Umidade (%)</b>	13,74	13,3	< 13,8
<b>Cinzas (%)</b>	0,69	0,66	< 0,70
<b>Glúten Úmido (%)</b>	27,6	25,5	> 24,5
<b>Glúten Index (%)</b>	97,4	98,9	90,0
<b>Glúten Seco (%)</b>	9,3	-	> 8,2
<b>Falling Number (s)</b>	305	317	280 - 380
<b>Cor (L*)</b>	92,36	92,37	91,0 L
<b>Farinografia</b>			
<b>Absorção (%)</b>	60,1	60,6	> 60
<b>Estabilidade (min)</b>	12,5	14,9	12,0 - 19,0
<b>Alveografia</b>			
<b>P (mm)</b>	95	112	> 90
<b>L (mm)</b>	95	84	-
<b>W (10<sup>-4</sup> J)</b>	307	311	> 280
<b>P/L</b>	1,0	1,33	1,0 - 1,5

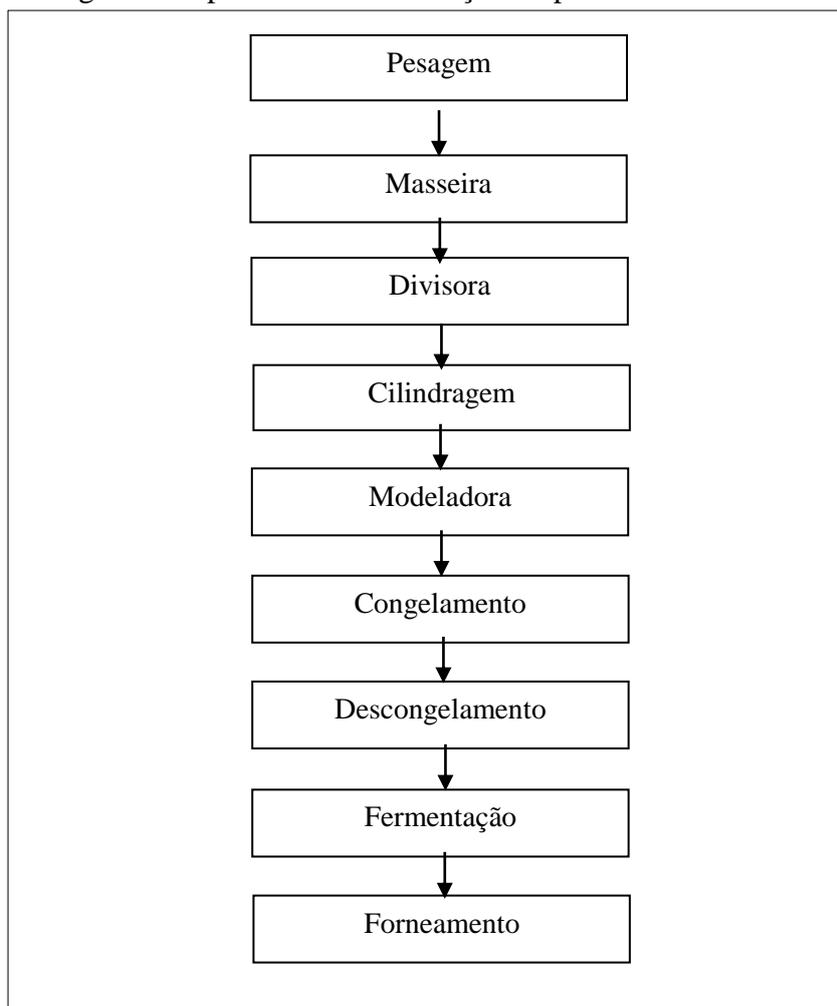
**Fonte:** Autor, 2019

### 3.2 Procedimento Experimental

A primeira etapa para produção dos pães foi pesar os ingredientes pré-definidos nas formulações (Tabela 1), sendo realizado um teste por vez. Utilizando uma balança analítica, pesaram-se todos os ingredientes necessários para o preparo da massa, exceto as farinhas de trigo, que foram pesadas em balança digital. A produção dos pães seguiu o processo de massa direta modificado, conforme fluxograma do processo apresentado na Figura 1.

Como o objetivo foi avaliar as características finais do produto sob as diferentes formulações, todos os tratamentos foram submetidos aos mesmos procedimentos de fabricação, monitorando tempo e temperatura de cada etapa. Cada batimento foi preparado com 5 kg de farinha de trigo, sendo adicionados os demais ingredientes com pequenas variações, de acordo com cada formulação, perfazendo-se 7,84 kg de massa que foram subdivididas em partes para elaboração dos pães. Do total de pães produzidos, separou-se uma amostra de 27 unidades, de cada formulação, para seguirem-se as devidas análises.

**Figura 1:** Fluxograma do processo de elaboração do pão francês de massa congelada



**Fonte:** Autor, 2019

### 3.2.1 Elaboração da massa, modelagem e congelamento dos pães

Todos os componentes secos foram adicionados à Masseira Espiral Lieme 25 kg e misturados por 1 min em baixa velocidade, com o intuito de homogeneizar os ingredientes. Em seguida, foram adicionados a água e o gelo previamente pesados de acordo com a concentração estabelecida, sendo misturados por 4 min em baixa velocidade (V1). Após esse tempo, ocorreu a mistura da massa em alta velocidade (V2) durante o tempo de 10 minutos, apenas para F1, formulação padrão, a qual se manteve o mesmo processo base de elaboração e, 9 minutos em alta velocidade para as demais formulações, havendo homogeneização total da massa.

Após a mistura, as massas foram divididas em 4 porções de 1,960 kg, de acordo com a capacidade da divisora G. Paniz DV 30 onde, após a pesagem, a massa foi transportada para separação mecânica e corte uniforme (Figura 2). Não ocorreu

descanso da massa, para que o processo de fermentação fosse totalmente suprimido, ficando a massa exposta somente o tempo necessário para sua manipulação.

Em seguida, a massa foi passada em uma Modeladora G. Paniz MPS350 para cilindragem e moldagem dos pães, que foram dispostos em telas como observado na Figura 2. Ao término do processo de modelagem, as telas foram rapidamente levadas ao túnel Ultracongelador Ecoclima, onde foram submetidas ao processo de congelamento rápido, utilizando a convecção do ar forçado à baixa temperatura (-40 °C). O tempo de permanência no túnel para congelamento dos pães foi de 40 minutos.

**Figura 2:** Processo de fabricação dos pães tipo francês congelado



**Nota:** Da esquerda para direita: 1.masseira; 2.mistura dos ingredientes secos; 3.homogeneização da massa; 4.corte/divisão da massa; 5.pães moldados; 6.pães congelados dispostos na tela para descongelamento/fermentação. **Fonte:** Autor, 2019.

### 3.2.2 Descongelamento, fermentação e forneamento

Após análises dos pães congelados, os mesmos seguiram para as etapas de descongelamento, fermentação e forneamento. Untou-se uma tela de aço inoxidável subdividida em 6 linhas na qual os pães foram dispostos com espaçamento médio de 3

cm entre eles, alternando a quantidade de pães em 5 e 4 unidades por linha, totalizando 27 amostras por tela, para cada tratamento. Posteriormente, a tela foi levada a um armário próprio para fermentação, este sendo de aço inoxidável, onde permaneceu com a porta aberta durante um período de 30 minutos, em temperatura ambiente, para ocorrência de descongelamento dos pães.

Após a etapa de descongelamento, fechou-se a porta do armário para iniciar o processo de fermentação, o qual foi monitorado durante 4 horas. Logo, após essa etapa os pães foram levados ao Forno turbo elétrico G-Paniz, este previamente aquecido, para iniciar o processo de forneamento dos pães, onde foi aplicada uma injeção de vapor nos primeiros 3 segundos do processo, o qual ocorreu sob uma temperatura de 190 °C durante um período de 17 minutos. O mesmo procedimento foi realizado em cada uma das cinco formulações avaliadas.

### **3.3 Parâmetros avaliados**

#### **3.3.1 Volume específico**

O volume (cm<sup>3</sup>) dos pães foi estabelecido de acordo com equação 1. A metodologia adotada é aplicada na empresa para comparação de média entre unidades. Foram dispostos dez unidades do pão francês forneado em fileira e, utilizando uma fita métrica aferiu-se o comprimento, altura e largura dessa sequência, determinando a média aproximada para uma unidade. A massa das amostras foi verificada, individualmente, em balança digital portátil.

O volume específico dos pães assados foi determinado pela relação volume/massa e expresso em cm<sup>3</sup>/g de acordo com a equação 2. Ressalta-se que a determinação da massa foi realizada uma hora após o forneamento dos pães, para que a temperatura ambiente fosse atingida.

$$V = c \times a \times l \tag{1}$$

Onde:

V – volume (cm<sup>3</sup>)

c – comprimento (cm);

a – altura (cm);

l – largura (cm);

$$V_{esp} = \frac{V}{m} \quad (2)$$

Onde:

$V_{esp}$  - volume específico (cm<sup>3</sup>/g)

$m$  - massa do pão forneado (g)

$V$  - volume (cm<sup>3</sup>)

### 3.3.2 Formato

A análise de formato dos pães foi realizada de acordo com Bodroza-Solarov *et al.* (2008). Medidas da altura e do diâmetro na porção central do pão assado foram realizadas com o auxílio de um paquímetro digital em 27 repetições de cada formulação estudada. O formato é obtido pela relação altura/diâmetro. Relação igual a 0,5 indica um pão de formato regular, uma relação maior que 0,5 indica um formato esférico, enquanto que uma relação abaixo de 0,5 indica um formato plano.

### 3.3.3 Abertura de pestana

Após o processo de forneamento dos pães, foi mensurada a abertura de pestana de 27 unidades de cada ensaio. Utilizou-se um paquímetro digital para a verificação. A abertura dos pães assados foi definida como a distância linear, em milímetros, entre os dois lados do corte no centro do pão (Figura 3).

**Figura 3:** Verificação de abertura de pestana dos pães



**Fonte:** Autor, 2019

### 3.3.4 Perda de água

Para determinar a perda de água das amostras, utilizou-se uma balança digital portátil para verificação da massa (g) de 27 unidades de pão francês após o processo de congelamento. O mesmo procedimento foi realizado após o processo de forneamento dos pães, onde determinou-se a massa (g) de cada unidade do pão francês assado. A perda de massa percentual dos pães foi calculada através da Equação 3.

$$\text{Perda de água \%} = \frac{m_o - m_f}{m_o} \times 100 \quad (3)$$

Onde:

$m_o$  = massa do pão congelado (g)

$m_f$  = massa do pão forneado (g)

### 3.3.5 Rendimento

O rendimento foi calculado a partir da relação entre a massa obtida dos pães forneados e a massa obtida dos pães congelados. O resultado foi expresso em porcentagem, de acordo com a Equação 4.

$$\text{Rendimento \%} = \frac{m_f}{m_o} \times 100 \quad (4)$$

Onde:

$m_o$  = massa do pão congelado (g)

$m_f$  = massa do pão forneado (g)

## 3.4 Análise Estatística

Para comparar a diferença das características dos pães devido à diferença de concentração dos componentes, os dados obtidos foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e ao teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), utilizando o programa Statistica 7.0 (StatSoft, Inc., Tulsa, EUA).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Volume específico

Os resultados obtidos para volume e volume específico dos pães podem ser observados na Tabela 3. De acordo com Ferreira (2002) o pão francês é classificado quanto ao volume específico como Muito bom quando se apresenta entre 6 e 8 cm<sup>3</sup>/g; Bom quando apresenta valores entre 5 e 6 cm<sup>3</sup>/g; Regular quando for entre 4 e 5 cm<sup>3</sup>/g e para valores acima de 8 cm<sup>3</sup>/g o pão francês é considerado Muito grande.

**Tabela 3:** Massa, volume e volume específico dos pães forneados

Amostras	Massa (g)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Volume específico (cm <sup>3</sup> /g)
F1	46,5	542,4	11,7
F2	52,74	446,3	8,4
F3	48,57	414,46	8,5
F4	49,89	440,22	8,8
F5	50,04	402,3	8,0

**Fonte:** Autor, 2019

Observa-se que o tratamento F1 apresentou o volume específico de 11,7 cm<sup>3</sup>/g, sendo este o maior valor para o parâmetro avaliado quando comparado às demais formulações. Ressalta-se que esta foi à formulação padrão, ou seja, fez uso do melhorador comercial. No entanto, apesar de demonstrar o maior volume, este ficou fora do padrão, sendo considerado um pão muito grande. Além do uso do melhorador padronizado, o aumento de volume nesta formulação ocorreu também devido ao processo de modelagem, onde o pão francês do ensaio F1 apresentou um maior comprimento quando comparado aos demais tratamentos. Outro fator que pode estar atrelado foi o tempo de batimento durante o processo de elaboração dos pães, onde a formulação F1, por ser a padrão, apresenta maior tempo no batimento em velocidade rápida do que os outros ensaios, sendo essa etapa necessária para formação da rede de glúten, a qual pode ser observada durante esse processo. Segundo Rouillé *et al.* (2000), o tempo de mistura da massa em velocidade rápida é o fator que mais influi nas características de qualidade do pão com relação ao volume do pão, volume de CO<sub>2</sub> produzido na fermentação e ao volume específico do pão.

Somente a formulação F5 se manteve dentro do padrão estabelecido pela literatura, sendo considerado um pão muito bom neste parâmetro. As formulações F2, F3 e F4 apresentaram valores de volume específico de 8,4, 8,5 e 8,8 cm<sup>3</sup>/g

respectivamente, sendo uma diferença pouco significativa entre elas. Ressalta-se que a determinação do volume foi uma média entre 10 amostras, o que torna os valores aproximados, não sendo um valor de exatidão. Outras metodologias com melhor precisão da determinação de volume constam na literatura, entretanto, não foi possível ser realizada no presente estudo devido à ausência dos equipamentos necessários.

Dentre os tratamentos, o F5 foi à única formulação que utilizou um maior teor total de emulsificantes, utilizando somente o Datem (0,1%) e o polisorbato (0,3%). Também houve redução na concentração dos agentes oxidantes (ácido ascórbico e ADA) e da enzima  $\alpha$ -amilase nessa formulação (Tabela 1), o que poderia justificar o menor volume. Desta forma, o maior volume específico nos demais tratamentos (F2, F3 e F4) pode ter sido influenciado pelas formulações utilizadas para estes pães, as quais concentraram maior quantidade de agentes oxidantes de farinha (ácido ascórbico, ADA), emulsificantes (Datem e SSL) e de algumas enzimas. Além disso, a interação desses agentes com a qualidade da farinha utilizada no estudo foi satisfatório, propiciando uma massa com boa formação da rede glúten, devido à boa elasticidade das farinhas (Tabela 2) onde a rede de glúten não enfraqueceu nos processos de congelamento/descongelamento e fermentação. Não foram obtidos resultados de volume específico abaixo de 4 cm<sup>3</sup>/g, o que demonstra o bom desempenho de todas as formulações como também atrela-se à qualidade das farinhas de trigo (Tabela 2).

Gutkoski e Santos (2004) estudaram quatro formulações de massa congelada não fermentada para pão francês, sendo uma formulação padrão, duas obtidas pela adição das enzimas fosfolipase e hemicelulase e uma que apresentou maior volume em um procedimento anterior (F4). Os resultados variaram entre 6,11 a 7,67 cm<sup>3</sup>/g, todos os volumes estavam no padrão para a literatura, entretanto, os maiores volumes obtidos foram da formulação padrão e F4, que não diferiram estatisticamente. Ambas apresentavam ácido ascórbico, polisorbato e alfa amilase na sua composição.

Romeu *et al.* (2004) estudaram a influência do uso de aditivos na panificação sobre o comportamento de textura da massa de pão francês após ciclos de congelamento e descongelamento. Dentre os ensaios, os pães produzidos com a mistura de 0,3% de polisorbato, 0,2% de datem e com adição de 200 ppm de ácido ascórbico apresentaram maior volume específico, entretanto, menores valores dos parâmetros de textura (firmeza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade) em comparação aos produzidos com a mesma mistura, porém sem adição de ácido ascórbico.

## 4.2 Formato dos pães pós forneamento

As médias, desvio padrão e classificação para altura, diâmetro e formato dos pães assados encontram-se na Tabela 4. A razão entre altura e diâmetro resulta no formato do pão. Valores iguais a 0,5 indicam um formato regular, uma relação maior que 0,5 indicam um formato esférico, enquanto uma relação menor que 0,5 indicam um formato plano.

**Tabela 4:** Altura, diâmetro e formato dos pães forneados

FORMULAÇÕES					
	F1	F2	F3	F4	F5
<b>Altura (mm)</b>	66,20 <sup>a</sup> ± 4,90	73,25 <sup>b</sup> ± 3,48	72,58 <sup>b</sup> ± 5,11	72,82 <sup>b</sup> ± 3,74	72,90 <sup>b</sup> ± 3,83
<b>Diâmetro (mm)</b>	80,15 <sup>a</sup> ± 4,24	84,97 <sup>b</sup> ± 3,48	90,38 <sup>c</sup> ± 4,49	89,04 <sup>c</sup> ± 3,52	87,65 <sup>bc</sup> ± 5,42
<b>Formato</b>	0,83 <sup>b</sup> ± 0,06	0,86 <sup>a</sup> ± 0,04	0,80 <sup>b</sup> ± 0,04	0,82 <sup>b</sup> ± 0,04	0,833 <sup>ab</sup> ± 0,03
<b>Classificação</b>	Esférico	Esférico	Esférico	Esférico	Esférico

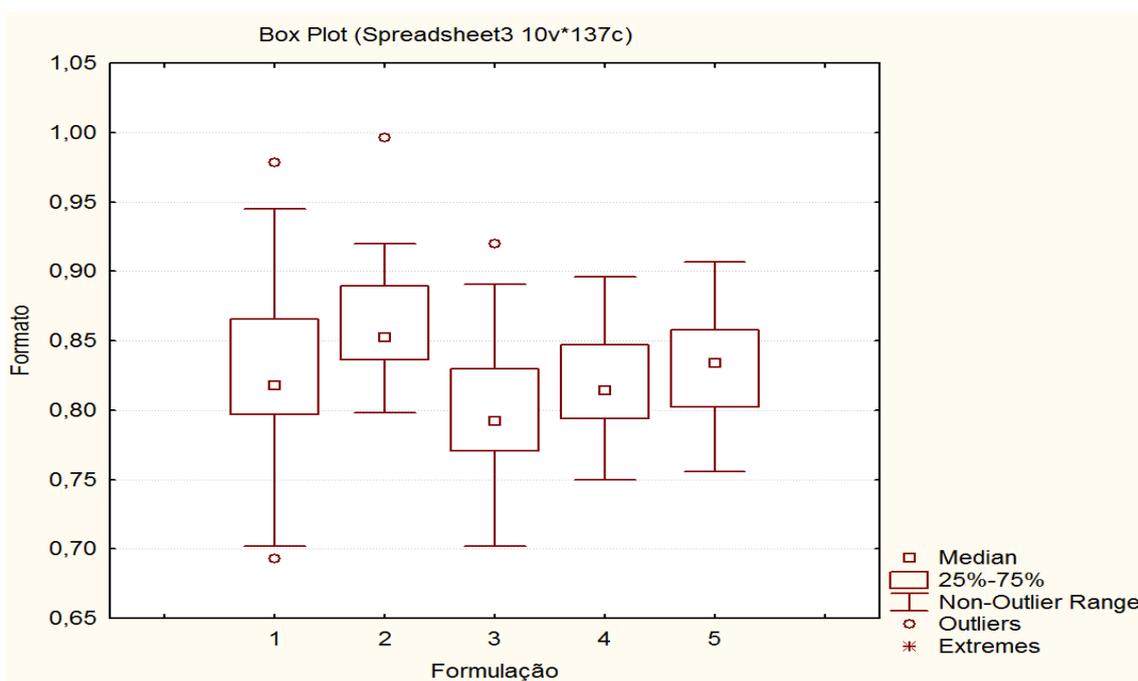
F1 – formulação 1, F2 – formulação 2, F3 – formulação 3, F4 – formulação 4, F5 – formulação 5; mm - milímetro. Médias seguidas pela mesma letra, na mesma linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,001$ ). **Fonte:** Autor, 2019.

As médias avaliadas para formato dos pães nos cinco tratamentos aplicados permaneceram entre  $0,80 \pm 0,04$  a  $0,86 \pm 0,04$  mm, ou seja, maiores que 0,5, indicando um formato esférico para todas as formulações, sendo um resultado positivo para todas as formulações analisadas. O formato do tratamento F2 não diferiu estatisticamente de F5 segundo teste Tukey. Ressalta-se que F5 utilizou a menor concentração de agentes oxidantes (Ácido ascórbico e ADA) e a maior concentração de emulsificantes (Polisorbato e Datem), enquanto F2 utilizou a maior concentração de enzimas (Glicose oxidase - Gox, alfa-amilase). Pode-se concluir que em uma formulação é possível reduzir a quantidade de enzimas e de agentes oxidantes e aumentar apenas a concentração de emulsificantes que os resultados não irão diferir no parâmetro formato dos pães. Além disso, a combinação de Polisorbato e Datem só foi incluída em F5, mostrando então que houve uma eficiência significativa desses emulsificantes na qualidade do pão, onde interagiram com as proteínas da farinha, fortalecendo a massa e resultando em um pão com boas características tanto no parâmetro formato como

também no volume específico dos pães. Para os resultados obtidos no parâmetro altura (mm), observa-se que a formulação padrão F1 diferiu estatisticamente de todos os outros tratamentos (F2, F3, F4 e F5). Pode-se inferir que, o melhorador de farinha comercial utilizado em F1 contém uma concentração de seus componentes combinados diferente das concentrações utilizadas nos demais ensaios, onde suas formulações não interferiram neste parâmetro. Com relação ao diâmetro dos pães, observa-se que F1 se apresenta estatisticamente diferente dos outros ensaios. Esse resultado também ocorreu ao analisar o volume específico e altura dos pães, onde F1 foi à única que diferiu dos outros ensaios, mostrando que esses resultados estão alinhados, tanto a formulação quanto ao processo de modelagem dos pães, ressaltando que F1 é a formulação padrão.

Para uma melhor compreensão da média das amostras estudadas, podem-se observar os comportamentos de acordo com cada formulação no gráfico *Boxplot* (Figura 4).

**Figura 4:** *BoxPlot* para formato do pão francês após o forneamento



**Fonte:** Autor, 2019

Observa-se que F1 foi o ensaio que houve a maior amplitude dos resultados, variando de 0,70 a 0,95. Essa variação pode estar relacionada ao processo de modelagem dos pães e ao melhorador comercial utilizado em F1. As demais amostras encontraram-se com menor variação dos dados, demonstrando que os melhoradores

formulados em F2, F3, F4 e F5 apresentam menor dispersão de dados, entretanto, todas as formulações analisadas resultaram em um pão francês com formato esférico.

### 4.3 Abertura de pestana

Os valores da abertura ficaram entre 49,35 e 59,76 mm (Tabela 5).

**Tabela 5:** Abertura de pestana do pão francês após assamento

FORMULAÇÕES					
	F1	F2	F3	F4	F5
<b>Abertura de pestana (mm)</b>	54,87 <sup>ab</sup> ±7,21	59,76 <sup>a</sup> ±7,12	49,35 <sup>b</sup> ±9,09	50,04 <sup>b</sup> ±11,29	50,81 <sup>b</sup> ±9,45

F1 – formulação 1, F2 – formulação 2, F3 – formulação 3, F4 – formulação 4, F5 – formulação 5; mm - milímetro. Médias seguidas pela mesma letra, na mesma linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,001$ ). **Fonte:** Autor, 2019.

De acordo com Johann, 2018, o corte aberto no topo (pestana) deve ser fino, preso ao pão e com abertura entre 20 mm e 50 mm. Assim, somente a formulação F2 não atendeu a este padrão apresentando um valor acima do estabelecido na literatura e, visto que diferiu estatisticamente das demais formulações, com exceção do resultado de F1 que foi igual às demais formulações ( $p < 0,05$ ). Ressalta-se que esse corte é feito manualmente com o auxílio de bisturi, sendo realizados minutos antes do processo de forneamento. Com isso, a habilidade do manipulador, a inclinação e força exercida ao realizar o corte são fatores que influenciam a abertura da pestana dos pães.

O processo de fermentação dos pães é de suma importância para este parâmetro, onde é necessário que após a fermentação a massa apresente uma característica sedosa e não pegajosa, para que o corte seja realizado de maneira adequada. Além disso, a combinação de hemicelulase e glicose oxidase melhoram as propriedades de manipulação da massa. Essa característica foi observada em todos os ensaios estudados.

A formulação F4 concentrou o menor teor de enzimas enquanto F5 obtinha a maior concentração de emulsificantes, entretanto, o parâmetro avaliado não diferiu nas formulações citadas, significando que é possível reduzir a concentração de enzimas e ainda assim, obter resultados satisfatórios para a abertura de pestana dos pães.

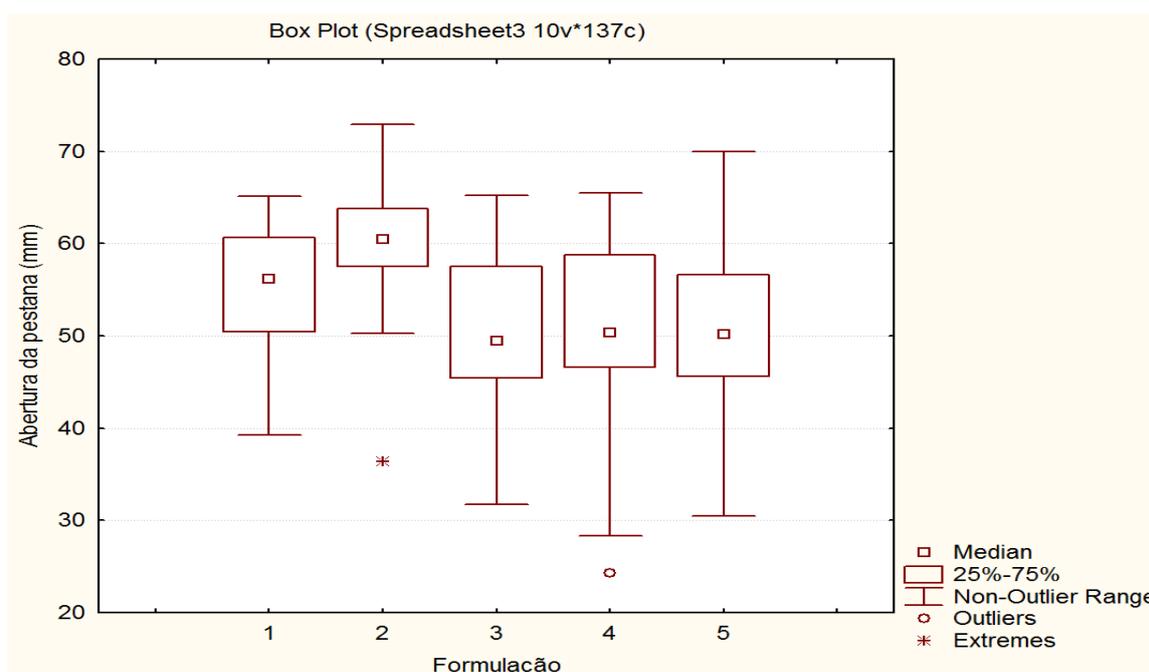
Estudo realizado por Gutkoski e Santos (2004) demonstraram que as formulações que continham maior concentração das enzimas fosfolipase e hemicelulase melhoraram principalmente à abertura de pestana dos pães de massa congelada.

De modo geral, é importante observar que para obtenção de um maior volume, este foi alcançado durante a fermentação e a estrutura do pão já foi estressada para reter o gás extra produzido, ao chegar ao forno, o pão parece não ter “força” suficiente para abrir a pestana dos pães. Logo, a intensidade do aumento de volume durante a fermentação e a perda da abertura de pestana durante o forneamento como consequência, parece depender da formulação. Todavia, além da formulação, a etapa de modelagem é um dos fatores que influência muito na abertura e na pestana dos pães. Segundo Almeida *et al.* (2014) uma abertura menor do rolo modelador geralmente favorece a abertura e a pestana e, vice-versa. Para esse estudo, o rolo foi ajustado em abertura média, essa ideal para formação de pães de 50g.

Assim como no pão francês elaborado por tecnologia convencional, o pão francês de massa congelada também deve apresentar bom resultado para este parâmetro. O corte tem como objetivo aliviar a pressão da massa durante o processo de assamento, aumentando a área da casca durante a expansão. Os agentes oxidantes utilizados nas formulações influenciaram nessa etapa, visto que melhoram a estrutura, força e retenção de gás na massa, tornando-a mais resistente ao processo de batimento e forneamento e, consequentemente resultaram em uma melhor abertura dos pães.

Na Figura 5 podemos observar a variação das médias obtidas para esse parâmetro de acordo com as formulações aplicadas.

**Figura 5:** *Boxplot* para abertura de pestana do pão francês forneado



Fonte: Autor, 2019

Observa-se que F3, F4 e F5 apresentaram a maior amplitude dos resultados, variando de 30 a 70 mm de abertura de pestana. Contudo, estes permaneceram dentro da média estabelecida pela literatura para este parâmetro.

A formulação F2 foi a que apresentou menor variabilidade de amplitude, entretanto, permaneceu fora do padrão estabelecido na literatura. Essa característica pode estar atrelada tanto a habilidade de realizar o corte no pão fermentado como também na concentração de enzimas do melhorador formulado.

#### 4.4 Perda de água e Rendimento

Os valores médios para os parâmetros perda de água e rendimento encontram-se na Tabela 6. É possível verificar que não houve diferença significativa entre os cinco tratamentos.

Esse resultado indica que todas as formulações apresentaram uma boa retenção de água no processo de batimento da massa. A temperatura média da massa ao final do batimento foi de  $\pm 24$  °C, sendo a temperatura ideal a ser alcançado pela massa, depois da mistura de 20 °C, evitando-se, desta forma, o início do processo de fermentação.

**Tabela 6:** Perda de água e rendimento do pão francês

	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>	<b>F5</b>
<b>Massa do pão congelado (g)</b>	66,1 $\pm$ 2,06	67,5 $\pm$ 2,66	66,55 $\pm$ 1,76	66,05 $\pm$ 1,70	64,9 $\pm$ 3,29
<b>Massa do pão assado (g)</b>	51,14 <sup>ab</sup> $\pm$ 2,05	51,31 <sup>a</sup> $\pm$ 2,11	49,51 <sup>c</sup> $\pm$ 1,85	49,69 <sup>bc</sup> $\pm$ 1,65	49,63 <sup>bc</sup> $\pm$ 2,76
<b>Perda de água (%)</b>	23,53 <sup>a</sup> $\pm$ 2,04	24,23 <sup>a</sup> $\pm$ 0,69	24,58 <sup>a</sup> $\pm$ 1,7	24,83 <sup>a</sup> $\pm$ 0,08	25,42 <sup>a</sup> $\pm$ 0,15
<b>Rendimento (%)</b>	76,47 <sup>a</sup> $\pm$ 0,1	75,77 <sup>a</sup> $\pm$ 0,69	75,42 <sup>a</sup> $\pm$ 1,7	75,17 <sup>a</sup> $\pm$ 0,08	74,58 <sup>a</sup> $\pm$ 0,15

F1 – formulação 1, F2 – formulação 2, F3 – formulação 3, F4 – formulação 4, F5 – formulação 5; g – grama. Médias seguidas pela mesma letra, na mesma linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,001$ ). **Fonte:** Autor, 2019.

O procedimento de elaboração dos pães influenciou nesse resultado, pois todos os tratamentos foram submetidos ao mesmo processo de forneamento, ou seja, no mesmo tipo forno, sob a mesma temperatura (190 °C) e durante o mesmo tempo (17 minutos). É durante esse processo que ocorre a evaporação da água, com isso, observa-se que o

percentual da perda de água foi à mesma para todos os ensaios. Após o processo de forneamento, vários fenômenos ocorrem na massa pela ação do calor que, no final, resulta em um produto leve e poroso. O calor da base do forno atravessa a superfície superior e lateral da massa e a superfície inferior, essa transmissão de calor se dá por convecção e condução.

De acordo Sallas Melado (2003), na produção direta de pães, que foi a realizada nesse estudo, a utilização de fornos com movimentação de ar tem dado bons resultados, porque proporcionam condições adequadas e desejáveis nas características da crosta. Essa característica foi observada ao final do processo de assamento. Tempos normais de forneamento de 20 minutos com temperaturas menores (10 a 20 °C menos que o usual) com injeção de vapor no início do cozimento, resultam em produtos de boa qualidade, diminuindo as características indesejáveis devido à superfície fria da massa.

O rendimento de todas as amostras apresentou-se iguais ( $p < 0,05$ ). Na Tabela 6 é possível observar que o valor médio do rendimento foi de 75%. Esse resultado é positivo, visto que o pão passa pelo processo de congelamento e após o processo de fermentação é levado à cocção, onde ocorre perda de água e de gases que interferem diretamente no rendimento dos pães. Ressalta-se que todos os ensaios foram submetidos ao mesmo processo e tempo de congelamento. O congelamento eficiente altera minimamente o produto, contudo a utilização de velocidades de congelamento inadequadas e flutuação na temperatura de armazenamento podem alterar características físicas e sensoriais do produto (FELLOWS, 2000).

Segundo Sallas-Melado (2003), o uso de enzimas amilolíticas em massas congeladas é importante no que se refere à retenção de água na massa, pois estas desdobram parcialmente o amido da farinha, permitindo assim a incorporação de uma quantidade maior de água, sendo retida de forma homogênea na massa, minimizando assim a formação de cristais de gelo grandes na massa congelada. Com isso, no processo de evaporação, que ocorre durante o forneamento, a quantidade de água livre para evaporação será menor, reduzindo assim a perda de água e conseqüentemente aumentando o rendimento do pão. Entretanto, a alta concentração dessas enzimas deve ser evitada, pois uma alta atividade enzimática na farinha de trigo resulta em um pão pesado, com baixo volume e miolo úmido e pegajoso.

Para esse estudo, foi verificado que tanto a formulação quanto o processo e controle de congelamento e forneamento influenciaram positivamente nos parâmetros

perda de água e rendimento. As características desejadas para um pão francês de qualidade são boa tolerância à fermentação e ao corte de pestana, bom volume específico, formato arredondado, boa abertura de pestana e um bom rendimento. Esses parâmetros apresentaram resultados positivos dentre as amostras avaliadas, onde houve influência significativa nos resultados, de acordo com a concentração dos melhoradores de farinha utilizados.

## 5 CONCLUSÃO

Pode-se concluir que os pães obtidos das quatro formulações de massas congeladas estudadas apresentaram valores satisfatórios, de uma forma geral, em relação aos parâmetros avaliados (volume específico, formato, abertura de pestana, perda de água e rendimento dos pães forneados), em comparação a formulação padrão. E, que os melhoradores formulados (mix) influenciaram nas características físicas dos pães, devido à ação dos mesmos na força da farinha. Desta forma, os pães obtidos das 4 formulações apresentaram boa tolerância à fermentação e ao corte de pestana, formato esférico, boa abertura de pestana e um bom rendimento. Todavia, em relação ao volume específico, a única amostra classificada em muito bom foi à formulação F5 (volume específico de 8,0 cm<sup>3</sup>/g), as demais foram classificadas como sendo muito grande.

Em relação ao formato dos pães, todos os tratamentos classificaram-se em esféricos, onde constatou-se que é possível reduzir a concentração de enzimas (gox e alfa amilase) e de agentes oxidantes (ADA e Ácido ascórbico) em uma formulação e aumentar a quantidade de emulsificantes (Polisorbato, Datem, SSL) que os resultados não irão diferir no parâmetro formato dos pães. Já em relação à abertura de pestana, somente a formulação F2 obteve uma abertura acima do valor estabelecido pela literatura. A combinação de Polisorbato e Datem, incluída em F5, mostrou que houve uma eficiência significativa desses emulsificantes na qualidade do pão. Não houve diferença estatística nos parâmetros perda de água e rendimento. Contudo, ressalta-se a importância de realizar o processamento de elaboração dos pães congelados controlando tempo e temperatura, pois estes também influenciam nas características final dos pães. Desta forma, a empresa agora detém de novas formulações que poderão substituir o melhorador comercial, no entanto, sugeriu-se adotar a formulação F5 como novo padrão, tendo em vista as características físicas dos pães obtidos nesta formulação.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. L. **Estudo da qualidade de pão francês pré-assado congelado elaborado com farinha do trigo integral: influência da formulação, processo e estocagem congelada.** Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos - Campinas, SP: [s.n.], 2011.

ALMEIDA, E. L.; STEEL, C. J.; CHANG, Y. K. **Tecnologia de pão pré-cozido: estudos de formulação e processos para melhorar a qualidade.** Revisões críticas em ciência e nutrição de alimentos, 10.1080 / 10408398.2012.715603, 2014.

AQUINO, V. C. **Estudo da estrutura de massas de pães elaboradas a partir de diferentes processos fermentativos.** Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012.

Associação Brasileira da Indústria de Panificação. Produção de pães no Brasil em 2018 (ABIP, 2018).

BONA, S. **Estudos da viabilidade da produção de pão francês a partir de massa congelada.** Dissertação (Mestrado) Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina - Florianópolis, Maio 2002.

BRANDÃO, S. S.; LIRA, H. L. Tecnologia de Panificação e confeitaria. Revista e-tec Brasil. UFRPE/CODAI, 2011.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Lei nº 10273, de 05 de Setembro de 2001. Dispõe sobre o uso do bromato de potássio na farinha e nos produtos de panificação. Diário Oficial da União, de 06 de Setembro de 2001.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 383, de 05 de agosto de 1999. Dispõe 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; Poder Executivo, de 09 de agosto de 1999.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária . Resolução nº 38 de 1977. Aprova como coadjuvantes da tecnologia de fabricação as substâncias constantes dos anexos I, II, III e IV, destinadas ao fabrico de produtos forneados, tais como: pão, broa, biscoito, bolacha, bolo, torta e demais produtos afins de confeitaria. Poder Executivo, de 27 de dezembro de 1977.

CARMIGNOLA, E. Tecnologia das enzimas em panificação. - Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação; Revista Food Ingredients Brasil, 2017.

CASTRO, Maria Helena M. M. S.; MARCELINO, Marlene S. Fermentos químicos, biológicos e naturais Instituto de Tecnologia do Paraná - TECPAR 19/12/2012.

DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. Ciência Rural, Santa Maria. ISSN 0103-8478 Recebido para publicação 18.04.08 Aprovado em 09.10.08

GUSMAO, Thaisa Abrantes Souza et al. **Substituição parcial de cloreto de sódio por cloreto de potássio na formulação de pão francês: efeito nos parâmetros físicos, físico-químicos e sensoriais.** *Food Sci. Technol*, Campinas, v. 37, supl. 1, p. 55-62, dez. De 2017.

GUTKOSKI, L. C.; ANTUNES, E.; ROMAN, I. T. Avaliação do grau de extração de farinhas de trigo e de milho em moinho tipo colonial. *B.CEPPA*, Curitiba, v. 17, n. 2, p. 153-166, jul./dez.1999.

GUTKOSKI, L. C.; SANTOS, E. **Estudo de formulação na produção de pão francês congelado não fermentado.** *R. bras. Agrociência*, v.10, n. 3, p. 347-352, jul-set, 2004.

KECHINSKI, C. P., CASTRO, M. R.; FLECK, R. J.; NOREÑA, C. Z. **Viabilidade de células de levedura em massas congeladas de pão francês.** *Ciência Rural*, Santa Maria, Online ISSN 0103-8478. *Ciência Rural*, v.40, n.5, maio 2010.

LUO, W.; SUN, W; ZHU, Z. WANG, Q-J. Improving freeze tolerance of yeast and dough properties for enhancing frozen dough quality. *LWT - Food Science and Technology*. Volume 72, páginas 25-33. February 2018

MATSUDA, L. Y. **Concentração de amido resistente em pão francês pré-assado congelado: aspectos tecnológicos.** Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Química. São Paulo, 2007.

MATUDA, T. G. **Estudo do congelamento da massa de pão: Determinação experimental das propriedades termofísicas e desempenho de panificação.** Tese (Doutorado) Escola Politécnica, Universidade de São Paulo (USP), Departamento de Engenharia Química. São Paulo, 2008.

MATUDA, T. G. **Análise térmica da massa de pão francês durante os processos de congelamento e descongelamento: otimização do uso de aditivos.** 2004, 142p. Dissertação (Mestre em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo (USP), Departamento de Engenharia Química. São Paulo, 2004.

RAMOS, M. S. **Extrato de proteínas estruturadoras de gelo obtido de folhas de trigo na crioproteção de *Saccharomyces cerevisiae*.** Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa- MG, 2017.

RESENDE, F. S. **Efeito do congelamento sobre a microestrutura da massa do pão.** Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Química. São Paulo, 2011.

RIBOTA, P. D.; LEÓN, A. E.; AÑÓN, M.C. Effect of freezing and frozen storage of doughs on bread quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.49, n.2, p. 913-918, 2003.

ROMEU, C. C.; TADINI, C.C.; MATUDA, T.G. Influência do congelamento na estrutura da massa do pão francês. *PIC-EPUSP N°3*, 2006.

SALAS-MELLADO, M.M. **Estudo da influência da formulação e das condições operacionais dos tipos de congelamento na qualidade da massa e do pão.** 242f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP - 2003.

SALAS-MELLADO, M.M.; CHANG, Y.K. Effect of formulation on the quality of frozen bread dough. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v.46, p.461-468, 2003.

TAO, H.; XIAO, Y.; WUB, F.; XU, X. Optimization of additives and their combination to improve the quality of refrigerated dough. *LWT - Food Science and Technology*. Volume 89, Pages 482-488, March 2018.

VIEIRA, C. R. **Proteína estruturadora de gelo em cultivares brasileiras de trigo e centeio: ocorrência, caracterização e aplicação em massas congeladas.** Tese (Doutorado) Orientadora: Mônica Ribeiro Pirozi. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa- MG, 2017.

WATANABE, E; BENASSI, V. T. **O USO DE MASSA CONGELADA NA PRODUÇÃO DE PÃO.** Pesquisadores da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ. *B.CEPPA*, Curitiba, v. 18, n. 1, p. 71-84, jan./jun.2000.

YI, J.; KERR, W.L. Combined effects of freezing rate, storage temperature and time on bread dough and baking properties. *LWT - Food Science and Technology*, v.42, n.9, p.1474- 1483, 2008.

ZAMBELLI, R. A. **Desenvolvimento de massas congeladas de pães tipo forma contendo ingredientes funcionais.** Dissertação (Mestrado) - Departamento de tecnologia de alimentos - Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza – CE, 2014.