



**UFOP**

Universidade Federal  
de Ouro Preto

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
ESCOLA DE NUTRIÇÃO  
DEPARTAMENTO DE ALIMENTOS**



**RODRIGO SCHIMITBERGER**

**ANÁLISES FÍSICAS DE PÃES DE LEITE DE  
FERMENTAÇÃO NATURAL E INDUSTRIAL**

**OURO PRETO**

**2022**

**RODRIGO SCHIMITBERGER**

**ANÁLISES FÍSICAS DE PÃES DE LEITE DE  
FERMENTAÇÃO NATURAL E INDUSTRIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Escola de Nutrição da Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Profa. Dra. Silvia Mendonça Vieira - Departamento de Alimentos.

Coorientadora: Profa. Dra. Patrícia Aparecida Pimenta Pereira – Departamento de Alimentos

**OURO PRETO**

**2022**

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

S335a Schimitberger, Rodrigo.  
Análises físicas de pães de leite de fermentação natural e industrial.  
[manuscrito] / Rodrigo Schimitberger. - 2022.  
22 f.: il.: color., tab..

Orientadora: Profa. Dra. Sílvia Vieira.  
Coorientadora: Profa. Dra. Patrícia Pereira.  
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.  
Escola de Nutrição. Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos .

1. Pão. 2. Fermentação. 3. Alimentos - Análise. I. Pereira, Patrícia. II.  
Vieira, Sílvia. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 664.65

Bibliotecário(a) Responsável: Sônia Marcelino - CRB6/2247



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO



REITORIA  
ESCOLA DE NUTRICAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE ALIMENTOS  
**FOLHA DE APROVAÇÃO**

**Rodrigo Schimitberger**

Análises Físicas de Pães de Leite de Fermentação Natural e Industrial

Monografia apresentada ao Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Aprovada em 22 de junho de 2022.

Membros da banca

Doutora Sílvia Mendonça Vieira - Orientador(a) - Universidade Federal de Ouro Preto)  
Doutora Patrícia Aparecida Pimenta Pereira - Co-orientadora (Universidade Federal de Ouro Preto)  
Doutora Cristiana Santos Andreoli - Instituto Federal de Minas Gerais - IFMG

Sílvia Mendonça Vieira, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 19/09/2022.

---

|   |   |
|---|---|
|  | Documento assinado eletronicamente por <b>Sílvia Mendonça Vieira, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR</b> , em 19/09/2022, às 17:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do <a href="#">Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015</a> . |
|---|---|

---

|   |  |
|---|--|
|  | A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <a href="http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&amp;id_orgao_acesso_externo=0">http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&amp;id_orgao_acesso_externo=0</a> , informando o código verificador <b>0400260</b> e o código CRC <b>CF052CFF</b> . |
|---|--|

---

**Referência:** Caso responda este documento, indicar expressamente o Processo nº 23109.011699/2022-44  
R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG,  
CEP 35400-000

Telefone: 3135591838 - [www.ufop.br](http://www.ufop.br)

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus por conseguir chegar até aqui. Sem ele não sou nada.

Aos meus pais e meu irmão que sempre acreditaram em mim e me deram todo suporte para continuar essa caminhada. Obrigado por tanto zelo.

Agradeço a Universidade Federal de Ouro Preto e ao Departamento de Alimentos pelo ensino de qualidade e por todos os desafios que me moldaram de alguma forma.

A orientadora Sílvia Mendonça Vieira, por todo apoio, motivação, todas as oportunidades, paciência e amizade. Obrigado por acreditar em mim.

A coorientadora Patrícia Aparecida Pimenta Pereira, pelos ensinamentos, pela paciência e por acreditar em mim.

À todos os professores do curso por todos os ensinamentos, carinho e ajuda nessa jornada.

Obrigado à todos que me ajudaram de alguma forma a chegar aqui.

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Introdução.....</b>  | <b>06</b> |
| <b>2. Materiais e Métodos.....</b>   | <b>07</b> |
| <b>2.1 Material .....</b>  | <b>07</b> |
| <b>2.2 Métodos.....</b>  | <b>07</b> |
| <b>2.2.1 Produção do fermento natural.....</b>                                   | <b>07</b> |
| <b>2.2.2 Produção dos pães de leite de fermentação natural e industrial.....</b> | <b>09</b> |
| <b>2.2.3 Análises físicas dos pães de fermentação natural e industrial.....</b>  | <b>10</b> |
| <b>2.2.3.1 Determinação do coeficiente de expansão.....</b>                      | <b>10</b> |
| <b>2.2.3.2 Determinação do volume específico.....</b>                            | <b>10</b> |
| <b>2.2.3.3 Densidade aparente.....</b>   | <b>11</b> |
| <b>2.2.3.4 Análise colorimétrica.....</b>  | <b>11</b> |
| <b>2.2.3.5 Determinação da espessura da crosta.....</b>                          | <b>11</b> |
| <b>2.3 Avaliação dos resultados.....</b>   | <b>11</b> |
| <b>3. Resultados e discussão.....</b>  | <b>11</b> |
| <b>3.1 Coeficiente de expansão.....</b>  | <b>11</b> |
| <b>3.2 Volume específico.....</b>  | <b>13</b> |
| <b>3.2 Densidade aparente.....</b>   | <b>14</b> |
| <b>3.3 Análise colorimétrica.....</b>  | <b>16</b> |
| <b>3.4 Espessura da crosta.....</b>  | <b>17</b> |
| <b>4. Conclusão.....</b>   | <b>18</b> |
| <b>5. Referências.....</b>   | <b>18</b> |

# ANÁLISES FÍSICAS DE PÃES DE LEITE DE FERMENTAÇÃO NATURAL E INDUSTRIAL<sup>1</sup>

## Resumo

O pão é um dos produtos alimentícios mais consumidos no mundo. No Brasil, 98% da população consome os mais diversos tipos de pães, dentre os quais merece destaque o pão de leite. Este pão é obtido a partir da mistura de farinha de trigo, açúcar, sal, ovos, fermento biológico e leite, que caracterizam o pão com uma casca fina e miolo macio. O fermento, também conhecido como “*levain*” ou “*sourdough*”, é obtido normalmente a partir de uma massa fermentada de farinha e água, sendo possível utilizar outros ingredientes como substrato, como o abacaxi, iogurte e a cerveja. A fermentação dessa massa dá origem a uma população heterogênea de bactérias lácticas e leveduras bem como produz compostos orgânicos que contribuem para obtenção de um produto com boa textura e volume. As bactérias lácticas também acidificam o meio agindo como agente antimicrobiano, modificando o sabor e alterando as propriedades físicas dos pães. O presente trabalho teve como objetivo avaliar as características físicas de pães de leite obtidos a partir de três diferentes substratos e comparar com as características físicas de pães de leite de fermentação industrial através das análises de coeficiente de expansão, volume específico, densidade aparente, análise colorimétrica e espessura da crosta. Melhores resultados foram obtidos com as formulações com farinha comum e iogurte e farinha comum e abacaxi para os parâmetros de coeficiente de expansão. A formulação com farinha comum e abacaxi também obteve o maior volume específico. No parâmetro densidade aparente, a formulação com farinha comum e cerveja obteve o maior valor, sendo este indesejado devido a quantidade de massa em um mesmo volume, gerando pães menos “fofos”. Nas análises de cor e espessura da crosta não houve diferença significativa entre as formulações, não havendo interferência dos ingredientes em relação ao controle. Os pães do presente estudo com as formulações de farinha comum e iogurte, e farinha comum e abacaxi são uma ótima opção para substituição de pães de leite de fermentação industrial, visto que, apresentam melhor qualidade física.

**Palavras-chave:** Fermentação Natural, Pão, *levain*, Análises Físicas.

## 1. Introdução

Estima-se que o pão tenha surgido há 12 mil anos, junto com o cultivo de trigo, por povos da Mesopotâmia e Egito (RAMOS, 2021). Mas diferente dos pães de hoje, esses eram duros, secos e muitos amargos. Para que pudessem ser ingeridos, precisavam ser lavados com água fervente e depois assados sobre pedras ou debaixo de cinzas. Com o passar do tempo, o pão passou por grandes evoluções tecnológicas e é amplamente consumido em todo o mundo (RAMOS, 2021).

No Brasil a panificação representa um dos maiores segmentos da indústria, sendo sua participação em 36% na indústria de produtos alimentares e 6% na de transformação (SEBRAE, 2017). Segundo esse mesmo estudo, 76% dos brasileiros consomem pão no café da manhã e 98% consomem produtos panificados, sendo o consumo per capita do brasileiro de 22,61 kg de pães por ano (SEBRAE, 2017).

O processo de fermentação mais usado industrialmente envolve a utilização de cepas selecionadas de leveduras da espécie *Saccharomyces cerevisiae* (fermento biológico) (REZAEI, 2014), entretanto, o método mais antigo conhecido é a fermentação natural (em inglês, *sourdough*; no francês, *levain*), que tem ganhado espaço cada vez maior no mercado, devido à reconhecida melhoria nos atributos de qualidade, em especial sabor, aroma, textura e vida de prateleira estendida (ABIP, 2018).

O fermento natural (“*levain*” ou “*sourdough*”), é obtido normalmente a partir de uma massa fermentada de farinha e água, e dá origem a uma população heterogênea de bactérias lácticas e leveduras, desenvolvida por fermentação espontânea ou iniciada através de cultura starter (DE VUYST & NEYSENS, 2005; CORSETTI & SETTANNI, 2007; DE VUYST & VANCANNEYT, 2007).

Os pães produzidos com fermento natural possuem características que os diferenciam dos pães obtidos a partir de leveduras comerciais. Têm a seu favor uma redução da retrogradação do amido, o que retarda seu envelhecimento. Além disso, as bactérias lácticas acidificam o meio, tendo função antimicrobiana e influência no sabor e proporcionam também modificações nas características físicas dos pães (DE VALDEZ et al., 2010).

Dentre os diversos tipos de pães, os pães de massa doce são largamente consumidos no Brasil. São obtidos a partir da mistura de farinha de trigo, açúcar, sal, ovos, fermento biológico e leite, os quais caracterizam o pão com uma casca fina e com grande quantidade de miolo macio (ESTELLER et al., 2004; MARTINI, ESCOBAR & KAMINSKI, 2016).

Há algumas características físicas da massa que são interessantes na panificação, sendo a resistência a deformação, extensibilidade, elasticidade e viscosidade. Os mesmos causam mudanças desejáveis na massa, devido a capacidade de reter bolhas de gás, permitindo assim, a expansão da massa (CAUVAIN & YOUNG, 2009). Segundo (SUAS, 2012) a fermentação é melhorada quando se usa farinha de trigo integral, pois o farelo é rico em minerais servindo de alimento para o fermento, porém, o mesmo prejudica a retenção de gases.

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar pães de leite de fermentação natural, obtidos a partir de diferentes substratos (suco de abacaxi, iogurte e cerveja) comparando-os com pães de leite de fermentação industrial.

## **2. Materiais e Métodos**

As análises físicas realizadas foram: coeficiente de expansão, volume específico, cor do miolo e da crosta e espessura.

### **2.1. Material**

O trabalho foi realizado na Planta Piloto de Produtos Amiláceos da Escola de Nutrição (ENUT) da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Ouro Preto, Minas Gerais.

O iogurte natural (Itambé®) e o abacaxi (*in natura*), bem como os outros ingredientes para a produção dos fermentos e dos pães como: farinha de trigo comum (Boa Sorte®), farinha de trigo integral (Vilma®), farinha de trigo forte (Suprema®) açúcar cristal (Euroçúcar®), margarina sem sal (Qualy®), leite integral UHT (Porto Alegre®), ovos *in natura*, sal (Globo®), óleo refinado de soja (Vila Velha®) e fermento industrial (Dr Oetker®) foram obtidos no mercado local de Ouro Preto, MG. O mosto de cerveja foi doado por uma cervejaria local.

### **2.2 Métodos**

#### **2.2.1 Produção do fermento natural**

Foram produzidos fermentos naturais utilizando tanto a farinha de trigo integral, quanto a farinha de trigo comum, com os substratos iogurte, suco de abacaxi e mosto de cerveja, totalizando 6 formulações (Tabela 1).

Tabela 1. Formulações dos fermentos naturais produzidos com farinha branca e farinha integral.

| Formulação | Descrição                                    |
|------------|--|
| BI         | Farinha de trigo branca + iogurte natural    |
| II         | Farinha de trigo integral + iogurte natural  |
| BA         | Farinha de trigo branca + suco de abacaxi    |
| IA         | Farinha de trigo integral + suco de abacaxi  |
| BM         | Farinha de trigo branca + mosto de cerveja   |
| IM         | Farinha de trigo integral + mosto de cerveja |

**Fonte: Autor**

Os potes utilizados para o armazenamento dos fermentos eram de vidro, e foram esterilizados por 15 minutos em água fervente.

A produção dos fermentos ocorreu ao longo de 6 dias, de acordo com a metodologia de Aplevicz (2013), com modificações, da seguinte forma:

Primeiro dia: 50 g de farinha de trigo (integral ou comum) e 60 g do substrato (suco de abacaxi, cerveja ou iogurte) misturados no pote de vidro esterilizado, com auxílio de uma colher esterilizada com álcool 70%. A mistura foi armazenada em câmara com controle de temperatura a 25°C na presença de oxigênio, por 24 horas.

Segundo dia: Foram adicionados 30 g de farinha comum ou integral e 20 g do substrato (suco de abacaxi, cerveja ou iogurte), misturados e armazenados em câmara com controle de temperatura a 25°C e na presença de oxigênio por mais 24 horas.

Terceiro dia: Adicionou-se a cada porte 50 g de farinha comum ou integral e 30 g de água potável, os quais foram misturados e armazenados em câmara com controle de temperatura a 25°C e na presença de oxigênio por mais 24 horas.

Quarto dia: Foram adicionados a cada pote 75 g farinha comum ou integral e 30 gramas de água potável, misturados e armazenados em câmara com controle de temperatura a 25°C e na presença de oxigênio por 24 horas.

Quinto dia: A cada pote, foi separado 100 g do fermento, e misturados a 300 g de farinha comum ou integral e 200 g de água potável. As misturas foram armazenadas sob refrigeração (8 °C) por mais 24 horas.

Sexto dia: foi realizado o mesmo procedimento que no dia anterior, sendo que, nesta etapa, o fermento estava com a carga microbiana pronta para a fermentação dos pães.

Os potes foram tampados e armazenados sob refrigeração. A cada 15 dias, os fermentos foram alimentados na proporção de 2:2:1 (fermento: farinha: água).

### 2.2.2 Produção dos pães de leite de fermentação natural e industrial

Para a produção dos pães de leite de fermentação natural e industrial foram utilizados os ingredientes de acordo com as Tabelas 2 e 3.

Tabela 2. Formulação do pão de leite com fermentação natural.

| Ingrediente            | Quantidade (%)* | Quantidade (g) |
|------------------------|-----------------|----------------|
| Farinha de trigo forte | 100             | 500            |
| Açúcar cristal         | 20              | 100            |
| Leite integral         | 40              | 200            |
| Óleo de soja           | 10              | 50             |
| Ovos                   | 10              | 50             |
| Margarina sem sal      | 5               | 25             |
| Sal                    | 1               | 7              |
| Fermento natural       | 30              | 150            |

\*em relação a farinha de trigo

**Fonte: Autor**

Tabela 3. Formulação do pão de leite com fermentação industrial.

| Ingrediente            | Quantidade (%)* | Quantidade (g) |
|------------------------|-----------------|----------------|
| Farinha de trigo forte | 100             | 500            |
| Açúcar cristal         | 20              | 100            |
| Leite integral         | 40              | 200            |
| Óleo de soja           | 10              | 50             |
| Ovos                   | 10              | 50             |
| Margarina sem sal      | 5               | 25             |
| Sal                    | 1               | 7              |
| Fermento industrial    | 3               | 13             |

\*em relação a farinha de trigo

**Fonte: Autor**

A formulação e elaboração dos pães foi definida a partir de testes prévios. A farinha de trigo, o açúcar, o leite e o fermento foram misturados em amassadeira (G Paniz, modelo AE 05L) por 7 minutos. Em seguida, foram adicionados os ovos, margarina e sal, sendo misturados por mais 5 minutos. Após o término da mistura, as massas foram fracionadas em porções de 30 g, dispostas em assadeiras de alumínio e deixadas para crescimento (descanso), por um período de 6 horas em câmara com controle de temperatura a 28 °C.

O Processo de cocção foi realizado em forno turbo a gás (Venâncio, modelo Twister), por 40 minutos, a 180 °C. Após o resfriamento, os pães foram embalados em sacos de polipropileno e armazenados em câmara com controle de temperatura à 25 °C, até o momento das análises.

### **2.2.3 Análises físicas dos pães de fermentação natural e industrial**

Foram realizadas as seguintes análises físicas nos pães: coeficiente de expansão, volume específico, densidade aparente, análise colorimétrica e espessura da crosta, sendo que cada análise foi executada em três repetições.

#### **2.2.3.1 Determinação do coeficiente de expansão**

O coeficiente de expansão dos pães de leite de fermentação natural e comercial foi determinado utilizando a equação (Santos, 2006):

$$C_e = \left( \frac{V_2 - V_1}{V_1} \right) \times 100$$

Em que:

$C_e$  = coeficiente de expansão (%);

$V_1$  = volume da massa crua (cm<sup>3</sup>);

$V_2$  = volume do pão de leite assado (cm<sup>3</sup>).

Os volumes foram obtidos através do método de deslocamento de semente de painço, aferidos em proveta 50 cm<sup>3</sup>

#### **2.2.3.2 Determinação do volume específico**

Os volumes específicos dos pães de leite foram determinados pelo método de deslocamento de sementes de painço. O volume específico dos pães foi calculado segundo a equação (Griswold, 1972):

$$V_{esp} = \frac{V}{m}$$

Em que:

$V_{\text{esp}}$  = volume específico ( $\text{cm}^3/\text{g}$ );

$V$  = volume do pão de leite ( $\text{cm}^3$ );

$m$  = massa do pão de leite (g).

### **2.2.3.3 Densidade aparente**

A densidade aparente foi determinada pela pesagem de um volume conhecido da amostra numa proveta graduada. Sendo calculada de acordo com a seguinte equação:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Onde:

$\rho$  = densidade aparente ( $\text{g}/\text{cm}^3$ );

$m$  = massa (g);

$V$  = volume ( $\text{cm}^3$ ).

### **2.2.3.4 Análise colorimétrica**

Foram utilizadas de técnicas instrumentais para obter avaliações objetivas da cor, por meio dos sistemas de cores (Musell, Hunter, CIE, CIELab), definido o espaço cromático em coordenadas retangulares ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ).

As cores dos pães de leite foram determinadas de acordo com a metodologia proposta por Lau et al. (2000). Os valores de  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  e  $h^*$  foram determinados com aparelho colorímetro (Konica Minolta CR 400).

### **2.2.3.5 Determinação da espessura da crosta**

A espessura da crosta foi medida com auxílio do paquímetro em quatro diferentes pontos segundo metodologia proposta por Pereira et al. (2010).

## **2.3 Avaliação dos resultados**

Os resultados foram submetidos a análise de variância pelo teste de Scott-Knott (1974) com significância estatística ao  $p < 0,05$  em software Sisvar (FERREIRA, 2014).

### 3. Resultados e discussão

#### 3.1 Coeficiente de expansão

Os resultados para o coeficiente de expansão das amostras de pães de leite encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4. Média das amostras de pães de leite obtidos por fermentação natural e industrial para coeficiente de expansão.

| Amostras | CV (%)          |
|----------|-----------------|
| BI       | 392,14 ± 39,4 a |
| BA       | 340,00 ± 56,6 a |
| IA       | 220,00 ± 00,0 b |
| IC       | 210,00 ± 14,4 b |
| II       | 150,00 ± 70,7 b |
| BC       | 125,00 ± 35,3 b |
| Controle | 180,93 ± 74,0 b |

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. BI = farinha branca com iogurte, BA = farinha branca com o suco de abacaxi, IA = farinha integral com suco de abacaxi, IC = farinha integral com o mosto de cerveja, II = farinha integral com iogurte, BC = farinha branca com o mosto de cerveja.

De acordo com a tabela 4, os resultados para o coeficiente de expansão variaram de 125,00% a 392,14%. Pode-se observar que as amostras produzidas com BI (farinha de trigo comum com iogurte) e BA (farinha de trigo comum com abacaxi) obtiveram os maiores resultados. O coeficiente de expansão está diretamente relacionado a capacidade de retenção de dióxido de carbono da rede de glúten. Segundo Suas (2012), a acidez além da criação de aromas e aumento da durabilidade dos pães, também fortalece fisicamente e quimicamente a cadeia de glúten, indicando o fato das amostras com iogurte e abacaxi terem os maiores valores de expansão, visto que são ingredientes com baixos valores de pH, sendo o iogurte de 3,6 a 4,5 e o abacaxi em torno de 3,2 a 4,0.

Ainda segundo Suas (2012), a fermentação é melhorada quando se usa farinha de trigo integral, pois o farelo é rico em minerais servindo de alimento para o fermento, porém, o mesmo prejudica a retenção de gases. Tal fato pode ser atribuído aos baixos valores de coeficiente de expansão das amostras com farinha de trigo integral.

### 3.2 Volume específico

Na Tabela 5 encontram-se os resultados para o volume específico dos pães de leite produzidos com os fermentos naturais e fermento industrial.

Tabela 5. Média do volume específico de amostras de fermentos naturais e industrial.

| Amostras | Volume específico (cm <sup>3</sup> /g) |
|----------|--|
| BI       | 4,89 ± 0,09 a                          |
| BA       | 4,28 ± 0,02 b                          |
| IC       | 3,39 ± 0,27 b                          |
| II       | 3,34 ± 0,94 b                          |
| IA       | 3,03 ± 0,07 b                          |
| BC       | 2,01 ± 0,11 b                          |
| Controle | 3,21 ± 0,52 b                          |

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. BI = farinha branca com iogurte, BA = farinha branca com o suco de abacaxi, IA = farinha integral com suco de abacaxi, IC = farinha integral com o mosto de cerveja, II = farinha integral com iogurte, BC = farinha branca com o mosto de cerveja.

O volume específico variou de 2,01 cm<sup>3</sup>/g a 4,89 cm<sup>3</sup>/g. Dentre as amostras analisadas, a formulação BI (farinha comum com iogurte) obteve o maior valor médio de volume específico, diferenciando-se estatisticamente das demais.

De acordo com Clarke et al. (2003), o volume específico no pão depende de dois fatores: quantidade de gás produzido e da capacidade de retenção de gás. O tipo de cultura “starter” e a tecnologia aplicada são fatores que causam efeitos diferentes na produção de gás na massa (HAMMES & GANZLE, 1998).

Como descrito na literatura, a acidez fortalece fisicamente e quimicamente a cadeia de glúten aumentando a retenção de dióxido de carbono na massa (SUAS, 2012). O iogurte possui baixo pH, podendo assim, assimilar os altos valores de volume específico para a composição “BI”. Concomitantemente, a microbiota do “levain” é complexa com mais de 50 espécies de bactérias ácido lácticas e mais de 20 espécies de leveduras, *Saccharomyces* e *Candida* (VUYST & NEYSENS, 2005), em condições com alta disponibilidade de glicose e na presença de oxigênio, as leveduras respiram consumindo os açúcares e produzindo água e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Em contrapartida, como descrito no t3.1 a farinha de trigo integral prejudica a retenção de gases, observando-se os valores aproximados de todas as amostras com farinha de trigo integral.

Em um estudo realizado por Figueira (2010) ao qual foram utilizados p3es sem gl3uten enriquecido com microalga *Spirulina Platensis*, observou-se que a adiç3o de 5% das microalgas causou uma reduç3o do volume espec3fico dos p3es. O estudo sugere que essa porcentagem de *Spirulina Platensis* adicionada acarreta aumento na quantidade de prote3na dispon3vel para a TGase (enzima transglutaminase) formar rede, sendo que, de acordo com Gujral e Rosell (2004) e Moore et al. (2006), pode causar formaç3o excessiva de ligaç3es cruzadas nas prote3nas que a enzima catalisa, tornando assim a massa muito r3gida e dificultando a expans3o das c3lulas de g3s, o que reduz o volume espec3fico.

Segundo Moore et al. (2006) e Mezaize et al. (2009), h3 uma forte correlaç3o entre volume espec3fico e dureza dos p3es, que 3 justificada pela compactaç3o das c3lulas de g3s presentes nos p3es de menor volume espec3fico, causando um aumento na resist3ncia a deformaç3o dos p3es, acarretando maior dureza do miolo. Logo, de acordo com os resultados, a formulaç3o “BI” pode ser considerada com menor dureza do miolo em relaç3o as demais.

### 3.3 Densidade aparente

Os resultados para densidade aparente dos p3es de leite produzidos com fermento natural e industrial encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6. M3dia de densidade aparente das amostras de fermento natural e industrial.

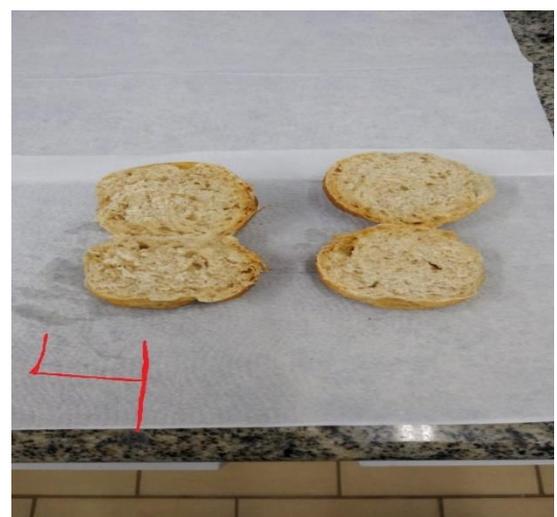
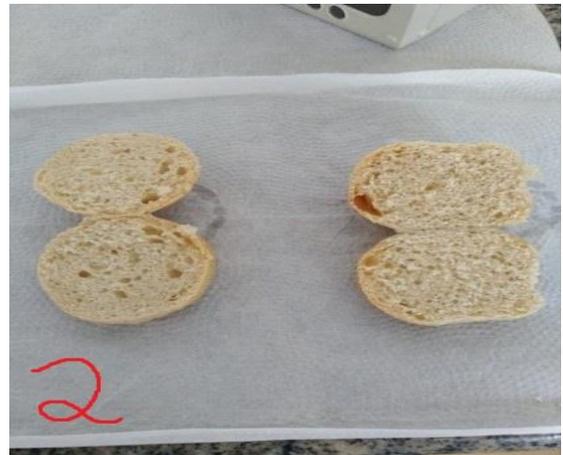
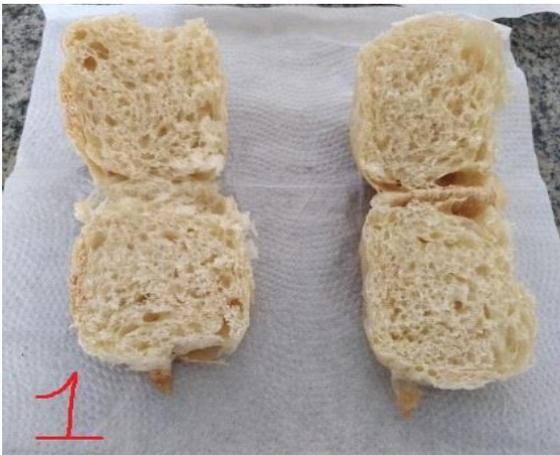
| Amostras | Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> ) |
|----------|---|
| BC       | 0,497 ± 0,03 a                          |
| IA       | 0,329 ± 0,01 b                          |
| II       | 0,311 ± 0,09 b                          |
| IC       | 0,295 ± 0,02 b                          |
| BA       | 0,233 ± 0,00 b                          |
| BI       | 0,203 ± 0,00 b                          |
| Controle | 0,314 ± 0,05 b                          |

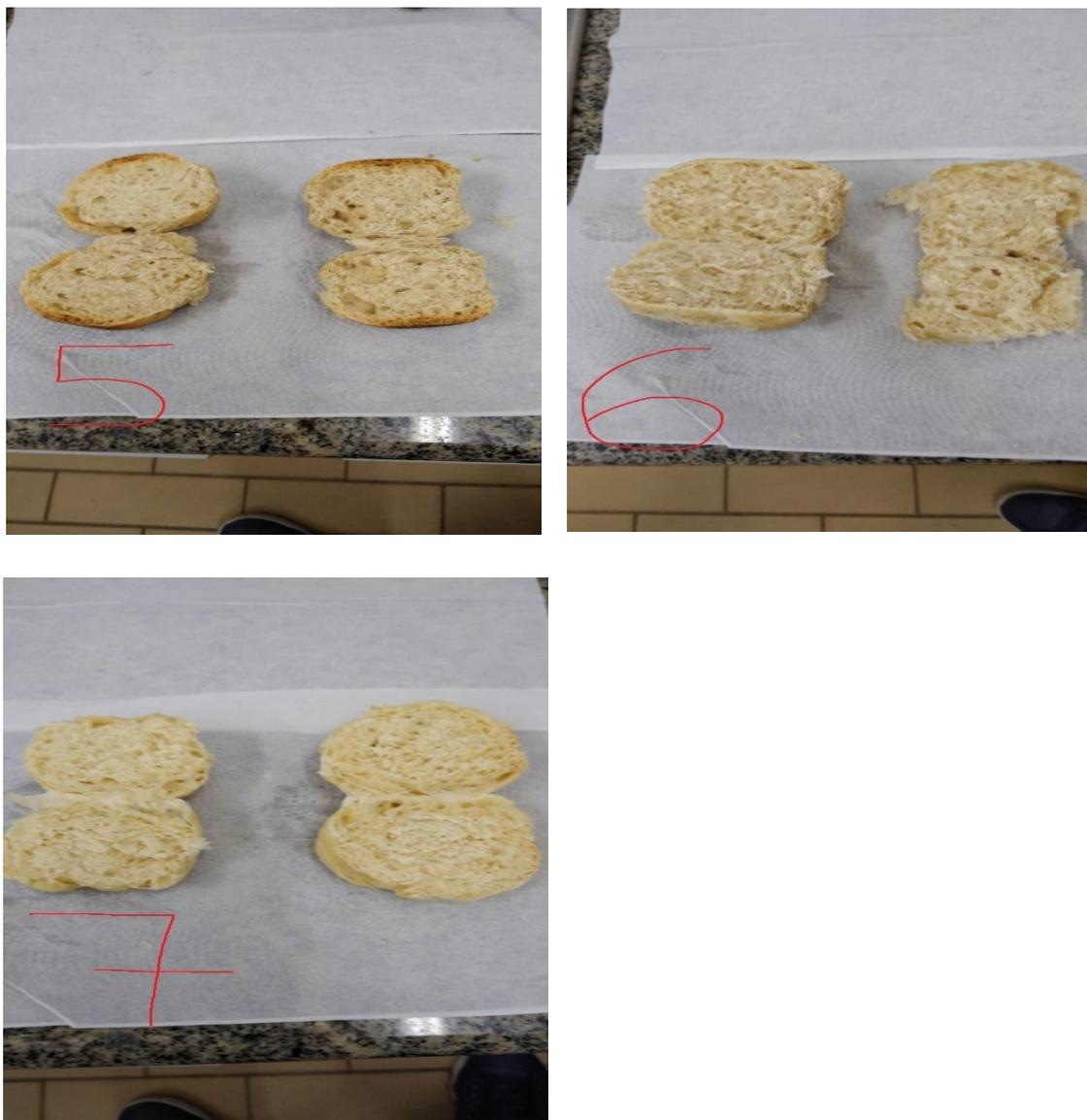
M3dias seguidas da mesma letra, na coluna, n3o diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de signific3ncia. BI = farinha branca com iogurte, BA = farinha branca com o suco de abacaxi, IA = farinha integral com suco de abacaxi, IC = farinha integral com o mosto de cerveja, II = farinha integral com iogurte, BC = farinha branca com o mosto de cerveja.

Como observado na tabela 5, a amostra “BC” (fermento obtido a partir da farinha branca com o mosto de cerveja) obteve o maior valor médio para densidade aparente, se diferenciando das demais formulações que não tiveram diferença significativa.

Na densidade aparente estão inclusos o volume do material sólido, líquidos e poros. No pão, o volume total irá conter uma grande quantidade de ar, sendo este de grande interesse para a densidade aparente (HWANG & HAYAKAWA, 1980).

A formulação “BC”, em todas as análises, foi a composição que menos cresceu, com poros menores e uma massa mais compacta, obtendo assim o menor volume total, como pode ser observado na figura 1.





**Figura 1:** (1) Formulação de farinha comum com iogurte, (2) Formulação de farinha comum com cerveja, (3) Formulação de farinha comum com abacaxi, (4) Formulação de farinha integral com abacaxi, (5) Formulação de farinha integral com cerveja, (6) Formulação de farinha integral com iogurte e (7) Formulação controle.

**Fonte: Autor.**

Todas as formulações, exceto a formulação de farinha comum com cerveja (figura 2) apresentaram poros maiores e conseqüentemente uma densidade menor, em contra partida, a formulação “BC” que possui uma massa mais compacta e, logo, valores de densidade maiores.

Em um estudo realizado por Queiroz e Ramos (2019) que teve como objetivo o desenvolvimento de pães de cebola com substituição parcial da farinha de trigo por folhas desidratadas de ora-pro-nóbis, após as análises de densidade, observou-se que, quanto maior o percentual das folhas adicionadas maior a densidade, obtendo assim, pães menos “fofos” devido a quantidade de massa em um mesmo volume.

### 3.4 Análise colorimétrica

As análises de cor foram divididas em duas partes: cor do miolo e cor da crosta.

Nas tabelas 7 e 8 encontram-se os resultados para a cor da crosta e miolo, respectivamente.

Tabela 7. Médias dos valores de cor da crosta.

| Amostras | L*              | a*             | b*              | C*              | °h               |
|----------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| BI       | 29,15 ± 6,72 a  | 11,90 ± 3,58 a | 18,61 ± 6,60 a  | 22,41 ± 6,13 a  | 56,25 ± 10,78 a  |
| BC       | 28,30 ± 4,78 a  | 7,30 ± 4,51 a  | 23,66 ± 10,75 a | 24,95 ± 11,20 a | 72,26 ± 8,26 a   |
| BA       | 19,93 ± 3,34 a  | 10,06 ± 3,70 a | 7,78 ± 8,69 a   | 14,35 ± 6,06 a  | 91,33 ± 128,44 a |
| II       | 42,55 ± 9,31 a  | 4,98 ± 1,91 a  | 19,21 ± 9,72 a  | 19,98 ± 9,47 a  | 73,33 ± 8,35 a   |
| IC       | 29,88 ± 3,40 a  | 14,53 ± 2,79a  | 25,20 ± 15,56 a | 29,60 ± 14,62 a | 56,30 ± 10,57 a  |
| IA       | 38,81 ± 6,49 a  | 10,01 ± 3,20a  | 15,45 ± 9,65 a  | 19,30 ± 7,91a   | 50,33 ± 22,12 a  |
| Controle | 36,75 ± 10,15 a | 11,65 ± 5,07a  | 20,31 ± 9,37 a  | 23,90 ± 9,34a   | 65,93 ± 7,03 a   |

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. BI = farinha branca com iogurte, BA = farinha branca com o suco de abacaxi, IA = farinha integral com suco de abacaxi, IC = farinha integral com o mosto de cerveja, II = farinha integral com iogurte, BC = farinha branca com o mosto de cerveja.

Tabela 8. Médias dos valores de cor do miolo.

| Amostras | L*             | a*             | b*              | C*              | °h                |
|----------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| BI       | 36,50 ± 7,23 a | -0,43 ± 3,77 a | 18,34 ± 13,21 a | 19,05 ± 12,64 a | 97,73 ± 30,17 a   |
| BC       | 36,10 ± 5,57 a | 0,30 ± 2,7 a   | 27,98 ± 11,77 a | 27,83 ± 12,15 a | 88,14 ± 5,18 a    |
| BA       | 35,35 ± 4,91 a | 0,45 ± 1,88 a  | 18,31 ± 8,19 a  | 19,00 ± 8,26 a  | 88,43 ± 8,22 a    |
| II       | 34,80 ± 8,3 a  | 1,82 ± 2,20 a  | 17,30 ± 8,05 a  | 17,98 ± 7,83 a  | 82,15 ± 9,25 a    |
| IC       | 39,09 ± 9,79 a | 3,75 ± 3,14 a  | 13,44 ± 12,34 a | 15,54 ± 10,55 a | 119,03 ± 107,33 a |
| IA       | 38,20 ± 9,29 a | 1,74 ± 1,60 a  | 19,95 ± 7,89 a  | 20,12 ± 7,79 a  | 83,38 ± 6,60 a    |
| Controle | 34,56 ± 7,16a  | 0,96 ± 2,25 a  | 16,16 ± 6,53 a  | 16,44 ± 6,26 a  | 83,82 ± 12,42 a   |

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. BI = farinha branca com iogurte, BA = farinha branca com o suco de abacaxi, IA = farinha integral com suco de abacaxi, IC = farinha integral com o mosto de cerveja, II = farinha integral com iogurte, BC = farinha branca com o mosto de cerveja.

Em relação ao parâmetro de luminosidade ( $L^*$ ) que varia de 0 a 100, sendo 0 coloração preta e 100 coloração branca, todas formulações ficaram abaixo de 50, tanto para a crosta como para o miolo, sendo caracterizadas as amostras como escuras (COHEN & JACKIX, 2005). Santos e Machado (2021) analisaram a cor de pães de mel enriquecidos com farinha de bagaço de malte em diferentes concentrações, aos quais foram divididas as amostras em formulação padrão e as demais formulações em diferentes concentrações de farinha de trigo e farinha de bagaço de malte; todas as amostras também obtiveram luminosidade ( $L^*$ ) abaixo de 50.

Para os parâmetros de ( $a^*$ ) e ( $b^*$ ), sendo que  $a^*$  mede a intensidade de verde (-) e vermelho (+); e  $b^*$  mede a intensidade de amarelo (+) e azul (-); não apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) tanto para o miolo quanto para crosta. Os valores de  $a^*$  para crosta foram maiores em relação ao miolo, apresentando coloração mais avermelhada. Já para o parâmetro  $b^*$  tanto para crosta como para o miolo apresentaram valores positivos aproximados, ou seja, variou a coloração para o amarelo.

O Ângulo de tonalidade ( $^{\circ}h$ ) tende a uma coloração avermelhada quando próximo de  $0^{\circ}$  e amarelada quando próximo de  $90^{\circ}$ . Logo, observa-se os valores maiores para o miolo, visto que, tende a uma coloração mais amarelada; e valores menores para a crosta, devido sua coloração mais avermelhada.

Em relação a intensidade de cor ( $C^*$ ) tanto para crosta como para o miolo obtiveram valores próximos.

### 3.5 Espessura da crosta

Na tabela 8 pode-se observar os resultados para a espessura da crosta dos pães de leite produzidos com os diferentes tipos de fermento.

Tabela 9. Média da espessura da crosta dos pães de leite de fermentação natural e industrial após a cocção em milímetros.

| <b>Amostras</b> | <b>Espessura da crosta (mm)</b> |
|-----------------|---------------------------------|
| BI              | 47,96 ± 0,93 a                  |
| BA              | 47,81 ± 0,68 a                  |
| II              | 43,35 ± 1,77 a                  |
| IA              | 41,2 2± 0,32 a                  |
| Controle        | 39,05 ± 2,90 a                  |

|    |                |
|----|----------------|
| IC | 38,40 ± 0,13 a |
| BC | 32,55 ± 0,21a  |

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. BI = farinha branca com iogurte, BA = farinha branca com o suco de abacaxi, IA = farinha integral com suco de abacaxi, IC = farinha integral com o mosto de cerveja, II = farinha integral com iogurte, BC = farinha branca com o mosto de cerveja.

Analisando a tabela 9, observa-se que não houve diferença significativa entre as amostras para o parâmetro espessura da crosta. Assim, tanto as formulações com farinha de trigo comum e farinha de trigo integral como também as diferentes culturas *starteres*, usadas nas amostras, não influenciaram de forma considerável a espessura da crosta dos pães de leite.

#### 4. Conclusão

Em relação aos parâmetros analisados, conclui-se que as formulações “BI” e “BA” obtiveram os melhores resultados para coeficiente de expansão, sendo o mesmo correlacionado a pães com miolos aerados e leves. A formulação com farinha comum e iogurte também obteve melhores valores para volume específico, que é associado a menor dureza dos pães. No parâmetro densidade aparente, a formulação “BC” obteve os maiores valores, sendo indesejáveis para os pães. Nas análises de cor e espessura da crosta todas as formulações apresentaram valores próximos, não havendo interferência dos ingredientes em relação ao controle.

Sendo assim, os resultados do presente estudo com as formulações de farinha comum e iogurte e farinha comum e abacaxi são uma ótima opção em substituição aos pães de leite de fermentação industrial, em relação aos parâmetros de qualidade, visto que, apresentam melhores aspectos físicos.

#### 5 Referências

ABIP. **Balço e Tendências do Mercado de Panificação e Confeitaria**. ABIP - Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria. Belo Horizonte, p. 1- 52. 2018.

APLEVICZ, K.S. **Identificação de bactérias lácticas e leveduras em fermento natural obtido a partir de uva e sua aplicação em pães**. 2013. 162f. Dissertação (Doutorado).

Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013.

CAUVAIN, Stanley.P.; YOUNG, Linda.S. **Tecnologia da panificação**. 2.Ed. São Paulo: Manole, 2009

CLARKE, C. I. et al. Use of response surface methodology to investigate the effects of processing conditions on sourdough wheat bread quality. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 217, p.23-33, 2003.

COHEN, K. O.; JACKIX, M. N. H. **Estudo Do Liquor De Cupuaçu**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, V. 25, N. 1, P. 182- 190, 2005.

CORSETTI, A.; SETTANNI, L. **Lactobacilli in sourdough fermentation**. Food Research International, v. 40, p. 539-558, 2007

DE VALDEZ, G. F.; GEREZ, C. L.; TORINO, M. I.; ROLLÁN, G. **New trends in cereal based products using lactic acid bacteria**.In: MOZZI, F.; RAYA, R. R.; VIGNOLO, G. M. **Biotechnology of lactic acid bacteria: novel applications**. WileyBlackwell, Iowa, 2010, 408p.

DE VUYST L; NEYSENS, Patricia. **The sourdough microflora and metabolic interactions**.**Trends in Food Science & Technology**. Vol 16, Issues 1–3, January– 31 March 2005, pages 43–56.

DE VUYST, L.; VANCANNEYT, M. **Biodiversity and identification of sourdough lactic acid bacteria**. Food Microbiology, v. 24, p. 120-127, 2007. Vol 37, February 2014, Pages 11–29

ESTELLER, M. S LANNES, S. C. S. **Parâmetros complementares para fixação de identidade e qualidade de produtos panificados**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 25, n. 4, p. 802-806, out-dez. 2005.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, [s.l.], v. 38, n. 2, p.109-112, abr. 2014.

FIGUEIRA, F. S. **Produção de Pão sem Glúten Enriquecido com Spirulina Platensis**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2010.

GRISWOLD, R. M. **Estudo experimental dos alimentos**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1972. 469 p.

GUIMARÃES RODRIGUES, L. **Desenvolvimento de pão com fermentação natural “Sourdough” adicionado de farinha de painço**. 2016. 47f. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2016. Trabalho de Conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Alimentos).

GUJRAL, H. S.; ROSELL, C. M. 2004. Functionality of rice flour modified with a microbial transglutaminase. **Journal of Cereal Science**, Oxford, v. 39, n. 2, p. 225-230, 2004.

HAMMES, W. P.; GANZLE, M. G. Sourdough breads and related products. In: Wood, Brian J. B. (Ed). **Microbiology of fermented foods**. 2nd ed. London: Blackie Academic e Professional, 1998. P. 199-2016. V. 1.

HWANG, M. P.; HAYAKAWA, K. I. Bulk densities of cookies undergoing commercial baking process. **Journal of Food Science**, v. 45, p. 1400-1402, 1407, 1980.

LAU, M. H.; TANG, J.; SWANSON, B. G. **Kinetics of textural and colour changes in 397 green asparagus during thermal treatments**. *Journal of Food Engineering*, v.45, n. 4, p. 398 231-236, 2000

LENZI NODARI, M. **Elaboração de um *levain* comercial a partir de leveduras obtidas de frutas orgânicas**. 2014. 61f. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos).

MARTINI, N. O.; ESCOBAR, T. D.; KAMINSKI, T. A. **Caracterização físico-química de pães do tipo francês, bolacha e de cachorro quente**. Universidade Federal do Pampa, Rio Grande do Sul, 2016.

MOORE, M. M.; HEINBOCKEL, M.; DOCKERY, P.; ULMER, H. M.; ARENDT, E. K. Network formation in gluten-free bread with application of transglutaminase. **Cereal Chemistry**, Manhattan, v. 83, n. 1, p. 28-36, 2006.

MEZAIZE, S.; CHEVALLIER, S.; LE BAIL, A.; DE LAMBALLERIE, M. Optimization of Gluten-Free Formulations for French-Style Breads. **Journal of Food Science**, Malden, v. 74, n. 3, p. 140-146, 2009.

PEREIRA, A. P.; RAMOS, T. M.; GAJO, A. A. **Viabilidade da utilização de queijo tipo ricota na elaboração de pão de queijo**. Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2010.

QUEIROZ, C. R. A. A; RAMOS, R. O. **Desenvolvimento e caracterização física de pão de cebola com adição de ora-pro-nóbis**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Minas Gerais, 2018.

RAMOS, M. **O pão nosso de cada dia. Fundação Oswaldo Cruz**. Disponível em:<http://www.invivo.fiocruz.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?inford=817&sid=7>.

Acesso em: 25, Junho 2020.

REZAEI, M. N.; DORNEZ, E.; JACOBS, P.; PARSI, A.; VERSTREPEN, K. J.; COURTIN, C. M. (2014). **Harvesting yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) at different physiological phases significantly affects its functionality in bread dough fermentation**. Food Microbiology, 39, 108-115.

SANTOS, A. T.; MACHADO, T. L. C.; **Elaboração e caracterização de pão de mel enriquecido com farinha de bagaço de malte**. Universidade Federal da Grande Dourados, Mato Grosso do Sul, 2021.

SANTOS, J. R. U. **Desenvolvimento de pão de queijo funcional pela incorporação de isolado protéico de soja e polidextrose**. 2006. 319 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

SEBRAE. SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS -. **Estudo de mercado: indústria: panificação**. 2017. 45f. Bahia, 2017. Disponível em: <https://m.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/BA/Anexos/Ind%C3%BAstria%20da%20panifica%C3%A7%C3%A3o.pdf> > Acesso em: 4 jun. 2020.

SUAS, M. **Panificação e Viennoiserie: abordagem profissional**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

TIRLONI, L. **Aplicação tecnológica de fermento natural “levain” em substituição ao processo tradicional de elaboração de pães**. 2017. 33f. Centro Universitário Univates, Lajeado, 2017. Trabalho de conclusão de curso (Técnico em Química).