

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

HENRIQUE PEGORARO

**DESENVOLVIMENTO DE PROCEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO DA
PERFORMANCE DE FOGÕES A GÁS ATRAVÉS DA COCÇÃO**

FRANCISCO BELTRÃO

2022

HENRIQUE PEGORARO

**DESENVOLVIMENTO DE PROCEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO DA
PERFORMANCE DE FOGÕES A GÁS ATRAVÉS DA COCÇÃO**

**Development of a procedure for assessing the performance of gas stoves
through cooking**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia de Alimentos da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Ellen Porto Pinto

Coorientador: Prof. Dr. Wagner da Silveira

FRANCISCO BELTRÃO

2022



Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

HENRIQUE PEGORARO

**DESENVOLVIMENTO DE PROCEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO DA
PERFORMANCE DE FOGÕES A GÁS ATRAVÉS DA COCÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso de
Graduação apresentado como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia de Alimentos da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 09 de junho de 2022

Henrique Cesar de Gaspari
Mestrado
Atlas Eletrodomésticos

Wagner da Silveira
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Ellen Porto Pinto
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

FRANCISCO BELTRÃO
2022

AGRADECIMENTOS

À Deus. A minha família, que me deu todo o suporte e incentivo para que eu buscasse e alcançasse meus objetivos.

A minha namorada, que esteve presente em todos os momentos e sempre me apoiou.

Aos meus amigos, que sempre me apoiaram e estiveram comigo nos momentos de estudos, agradeço, especialmente, aos meus tios Claudécir e Adriane Pegoraro que me auxiliaram com moradia e deram todo o suporte necessário no início desta graduação.

A Dr.^a Ellen Porto Pinto pela orientação.

Ao Dr. Wagner da Silveira pela coorientação.

Ao coordenador de Pesquisa e Desenvolvimento, Henrique César de Gaspari, pela orientação.

A Atlas Eletrodomésticos, por todo o auxílio prestado e oportunidade oferecida.

A todos os professores que contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional.

A UTFPR, por toda a promoção em minha preparação profissional.

E a todos que, de alguma forma, contribuíram para esta realização, o meu muito obrigado.

RESUMO

A cocção é um processo que pode ser obtido através da utilização de um fogão a gás, a qual altera as características do alimento. As pessoas utilizam os fogões a gás para cozinhar seus alimentos, com isso, é necessário que este equipamento possua um bom desempenho, apresentando uma boa distribuição de calor e um assamento uniforme. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo desenvolver um procedimento que sirva para avaliar a performance de fogões a gás em relação à cocção de alimentos. A pesquisa foi realizada através de uma parceria entre professores do curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus Francisco Beltrão, e uma empresa de referência nacional na produção de eletrodomésticos. Foram realizados diferentes testes nos fornos dos fogões para avaliar a distribuição de calor em diferentes modelos. Foi definida, também, uma formulação de bolo com padronização dos ingredientes, além do desenvolvimento de um processo padrão, a fim de identificar a uniformidade do processo de cocção. As avaliações foram feitas com o forno vazio e, também, verificando a performance em relação ao assamento de bolos para compreender como ocorre a distribuição e a homogeneidade de calor no forno. Na avaliação de qualidade, foram confrontados os dados obtidos no processo de cocção com os parâmetros definidos no procedimento, analisando cor e uniformidade de crescimento, sendo que isto que define se um bolo está assado de forma regular. Com os testes foi possível elaborar um procedimento descrito e em formato de fluxograma abrangendo todos os pontos propostos para avaliar a qualidade de um assamento. O procedimento desenvolvido neste trabalho, irá permitir que a empresa tenha uma sequência de testes para avaliar os fornos de seus fogões produzidos, podendo detectar pontos na distribuição de calor que podem ser melhorados para que seus produtos sejam, cada vez mais, agradáveis e satisfatórios para os seus consumidores.

Palavras-chave: cocção de alimentos; avaliação de fornos; formulação padrão; qualidade de assamento.

ABSTRACT

Cooking is a process that can be obtained using a gas stove, which changes the characteristics of the food. People use gas stoves to cook their food, so it is necessary that this equipment has a good performance, presenting a good distribution of heat and a uniform roasting. In this context, this work aimed to develop a procedure that serves to evaluate the performance of gas stoves in relation to food cooking. The research was carried out through a partnership between professors of the Food Engineering course at the Federal Technological University of Paraná (UTFPR), Francisco Beltrão campus, and a national reference company in the production of home appliances. Different tests were carried out in the ovens of the stoves to evaluate the heat distribution in different models. A cake formulation with standardization of ingredients was also defined, in addition to the development of a standard process, to identify the uniformity of the cooking process. The evaluations were made with the oven empty and, also, verifying the performance in relation to the baking of cakes to understand how the distribution and homogeneity of heat occurs in the oven. In the quality assessment, the data obtained in the cooking process were compared with the parameters defined in the procedure, analyzing color and uniformity of growth, which defines whether a cake is baked regularly. With the tests, a described procedure was elaborated in a flowchart format covering all the points proposed to evaluate the quality of a roast. The procedure developed in this work will allow the company to have a sequence of tests to evaluate the ovens of its produced stoves, being able to detect points in the heat distribution that can be improved so that its products are increasingly pleasant and satisfactory for your consumers.

Keywords: cooking food; evaluation of ovens; standard formulation; baking quality.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Conexão da aquisição de dados.....	20
Figura 2 - Distribuição dos termopares no forno.	22
Figura 3 - Distribuição dos termopares na assadeira do bolo na posição vertical.	23
Figura 4 - Distribuição dos termopares na assadeira do bolo na posição horizontal.	23
Figura 5 - Pontos da medição de cor do bolo dentro da assadeira disposta dentro do forno na vertical.....	24
Figura 6 - Pontos da medição da cor do bolo dentro da assadeira disposta dentro do forno na horizontal.....	24
Figura 7 - Corte no bolo para avaliar crescimento.....	25
Figura 8 - Distribuição dos termopares no forno – vista frontal.	29
Figura 9 - Configuração dos termopares.....	31
Figura 10 - Ordem de medição para testes, a) para formas posicionadas transversalmente, b) para formas posicionadas longitudinalmente.....	33
Figura 11 - Cortes no bolo para a análise.	34
Figura 12 - Fluxograma da preparação do forno.	36
Figura 13 - Preparação e assamento do bolo.	37
Figura 14 - Posição dos termopares no forno - visão frontal.	38
Figura 15 - Cortes e crescimento do bolo.....	39
Figura 16 - Posição dos termopares no forno - Visão frontal.	40
Figura 17 - Imagens do bolo assado - Cortes e crescimento do bolo.	41
Figura 18 - Posição dos termopares no forno - Visão frontal.	42
Figura 19 - Imagens do bolo assado - Cortes e crescimento do bolo.	43
Figura 20 - Posição dos termopares no forno - Visão frontal.	45
Figura 21 - Imagens do bolo assado - Cortes e crescimento do bolo.	45
Figura 22 - Posição dos termopares no forno - Visão frontal.	46
Figura 23 - Imagens do bolo assado - Cortes e crescimento do bolo.	47
Figura 24 - Posição dos termopares no forno - Visão frontal.	48
Figura 25 - Imagens do bolo assado - Cortes e crescimento do bolo.	49
Gráfico 1 - Gráfico de cor - Apresentado em escala BCU.....	40
Gráfico 2 - Gráfico de cor - Apresentado em escala BCU.....	42
Gráfico 3 - Gráfico de cor - Apresentado em escala BCU.....	44
Gráfico 4 - Gráfico de cor - Apresentado em escala BCU.....	46
Gráfico 5 - Gráfico de cor - Apresentado em escala BCU.....	48
Gráfico 6 - Gráfico de cor - Apresentado em escala BCU.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Receita do bolo para fogões 4Q e 5Q.	31
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

4Q	4 queimadores
5Q	5 queimadores
BCU	Baking Contrast Units
DAS	Aquisição de dados
EPI	Equipamento de Proteção Individual

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	13
2.1	Objetivo geral	13
2.2	Objetivos específicos	13
3	REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1	Cocção de alimentos	14
3.2	Transferência de calor	14
3.3	Ingredientes base de bolos	16
3.4	Avaliação de qualidade	18
3.4.1	Avaliação do bolo – Análise de cor	18
3.4.2	Avaliação dos fornos – Termopares e aquisição de dados	19
4	MATERIAL E MÉTODO	21
4.1	Produto a ser analisado	21
4.2	Testes de forno	21
4.2.1	Pré-aquecimento	21
4.2.2	Teste sem alimentos	21
4.2.3	Teste com alimentos	22
4.3	Formulação do bolo e validação dos procedimentos	25
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5.1	Procedimento	27
5.1.1	Objetivo	27
5.1.2	Definições.....	27
5.1.3	Equipamentos/sistema necessários para o ensaio	27
5.1.4	Para as análises	28
5.1.5	Para a massa do bolo.....	28
5.1.6	EPI's.....	28
5.1.7	Procedimento normativo.....	29
5.2	Definição de como preparar o forno	29
5.2.1	Teste de pré-aquecimento.....	30
5.2.2	Teste de mapeamento de calor.....	30

5.3	Teste de assamento	30
5.3.1	Preparação do forno.....	30
5.3.2	Massa do bolo	31
5.3.3	Modo de preparo da massa.....	32
5.3.4	Assamento do bolo.....	32
5.4	Avaliação da qualidade	33
5.4.1	Análise de cor.....	33
5.4.2	Análise de uniformidade e crescimento.....	34
5.5	Relatório de ensaio	34
5.5.1	Tratamento dos dados.....	34
5.5.2	Relatório de ensaio.....	35
5.6	Fluxogramas	35
5.6.1	Preparação do forno.....	35
5.6.2	Assamento do bolo.....	37
5.7	Validação do procedimento	38
5.7.1	Forno de fogão com 5 queimadores.....	38
<u>5.7.1.1</u>	<u>Temperaturas no escalonamento 180°C</u>	<u>38</u>
<u>5.7.1.2</u>	<u>Imagens do assamento 180°C</u>	<u>39</u>
<u>5.7.1.3</u>	<u>Gráfico de cor</u>	<u>39</u>
<u>5.7.1.4</u>	<u>Temperatura de escalonamento 210°C</u>	<u>40</u>
<u>5.7.1.5</u>	<u>Imagens do assamento 210°C</u>	<u>41</u>
<u>5.7.1.6</u>	<u>Gráfico de cor</u>	<u>41</u>
<u>5.7.1.7</u>	<u>Temperatura de escalonamento 240°C</u>	<u>42</u>
<u>5.7.1.8</u>	<u>Imagens do assamento 240°C</u>	<u>43</u>
<u>5.7.1.9</u>	<u>Gráfico de cor</u>	<u>43</u>
5.7.2	Forno do fogão com 4 queimadores.....	44
<u>5.7.2.1</u>	<u>Temperatura de escalonamento 200°C</u>	<u>44</u>
<u>5.7.2.2</u>	<u>Imagens do assamento 200°C</u>	<u>45</u>
<u>5.7.2.3</u>	<u>Gráfico de cor</u>	<u>46</u>
<u>5.7.2.4</u>	<u>Temperatura de escalonamento 220°C</u>	<u>46</u>
<u>5.7.2.5</u>	<u>Imagens do assamento 220°C</u>	<u>47</u>
<u>5.7.2.6</u>	<u>Gráfico de cor</u>	<u>47</u>

<u>5.7.2.7</u>	<u>Temperatura de escalonamento 240°C.....</u>	<u>48</u>
<u>5.7.2.8</u>	<u>Imagens assamento 240°C</u>	<u>48</u>
<u>5.7.2.9</u>	<u>Gráfico de cor.....</u>	<u>49</u>
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
	REFERÊNCIAS.....	52

1 INTRODUÇÃO

A cocção é uma técnica de preparo de alimentos, sendo que a maioria dos alimentos, para poderem ser consumidos, devem ser expostos a este processo. O objetivo da cocção é aumentar a digestibilidade, palatabilidade, assim como alterar a cor, sabor e textura do alimento (PHILIPPI, 2014).

As pessoas utilizam os fogões a gás para cozinhar seus alimentos, com isso, é necessário que este equipamento possua um bom desempenho em relação à cocção, apresente uma boa distribuição de calor e um assamento uniforme. Este eletrodoméstico é utilizado para cozinhar, seja para consumo familiar ou até mesmo como fonte de renda na comercialização de produtos, como tortas, pães, carnes, pizzas, bolos, entre outros, utilizando, principalmente, os fornos dos fogões. O esperado de um processo de cocção é que o alimento seja assado de forma homogênea, para isso acontecer, o forno deve apresentar uma distribuição de calor que seja uniforme em seu interior. Para aferir a distribuição de calor e a performance de assamento dos fornos é necessário um procedimento de avaliação, que é de suma importância no preparo de alimentos.

Elaborando um teste de avaliação é possível conhecer a distribuição de calor dos fornos e conhecer o impacto da transferência de calor durante a cocção de alimentos. Entendendo o funcionamento dos fornos dos fogões, pode-se aplicar melhorias aos mesmos, a fim de que os alimentos sejam assados de maneira uniforme e apresentem características adequadas. Com isso, pode-se tomar conhecimento de como o eletrodoméstico está chegando ao consumidor e, através de melhorias aplicadas ao produto, é possível melhorar sua performance com relação à cocção do alimento, visando confiança e qualidade ao consumidor.

Através da parceria entre a empresa Atlas Eletrodomésticos e professores do curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR - FB), campus Francisco Beltrão, desenvolveu-se um procedimento que avalia a performance dos fornos de fogões a gás. Através desse procedimento, pode-se analisar diferentes plataformas e modelos de fogões a gás e entender a distribuição de calor e desempenho do assamento, utilizando uma massa padrão de bolos. Sendo que não existe uma legislação nacional específica a ser seguida, por isso, a importância deste trabalho.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Desenvolver um procedimento para avaliar diferentes plataformas e modelos de fogões a gás e entender a distribuição de calor e a performance de assamento através da produção de bolos a partir de uma receita padrão.

2.2 Objetivos específicos

- Definir como preparar o forno e determinar a quantidade de termopares para a medição de temperatura e como instalar estes no interior do fogão;
- Obter tempos de aquecimento e temperaturas de teste;
- Definir uma formulação padrão e o processo de produção;
- Identificar as análises para avaliar a qualidade do assamento do bolo;
- Elaborar o procedimento operacional padrão de avaliação dos fornos;
- Validar e apresentar o procedimento para empresa.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Cocção de alimentos

Desde os primórdios dos tempos, os homens desenvolveram técnicas de sobrevivência, tornando-as cada vez mais aprimoradas. A descoberta do fogo, o uso de pedras para afiar lanças e facilitar a caça, utilização e armazenamento de alimentos, dentre outras tantas tecnologias usadas e aperfeiçoadas ao longo dos anos, fazem parte da história de todos os seres humanos. A cocção de alimentos representou uma grande inovação a cocção para o consumo dos alimentos, modificando-os do cru ao cozido e dando origem à cozinha, o primeiro laboratório do homem (MOREIRA, 2010).

Partindo deste pressuposto, até os dias atuais, muitos estudos já foram realizados quanto a essa temática, tanto sobre os alimentos quanto sobre o seu processo de cozimento. A cocção representa um processo que utiliza o efeito do calor, promove trocas químicas, físico-químicas e estruturais nos componentes dos alimentos (ALVES *et al.*, 2011). Desta forma, ao efetuar a ação de cozinhar, os seres humanos promovem a inibição de microrganismos e de enzimas, além da alteração das propriedades sensoriais e nutricionais do alimento exposto ao processo. Deve-se levar em conta, também, o tempo de cozimento e a temperatura empregada para o preparo dos alimentos. Além disso, a cocção possibilita a desagregação das estruturas e proporciona uma melhor sensação gustativa e digestibilidade dos alimentos (PHILIPPI, 2006).

3.2 Transferência de calor

Partindo do tema citado anteriormente, deve-se levar em consideração que para efetuar a ação de cozinhar, além das reações químicas e físicas decorrentes dos alimentos, existem também as formas de transmissão de calor. O calor pode ser transmitido por condução, convecção e radiação (BANDEIRA, 2018).

O processo de condução é um fenômeno físico que se realiza por meio do movimento da transferência de energia das partículas mais energéticas para as menos energéticas. Esse processo ocorre em decorrência do contato entre elas em um determinado componente, que se concretiza por meio da condução do calor, atividades atômicas e moleculares, pois são processos nesses níveis que mantêm

esse modo de transferência de calor (BERGMAN; LAVINE, 2019, p. 3). A condução de calor pode ser tratada como permanente ou transiente. A forma permanente é atribuída quando a temperatura não depende do tempo, ao contrário disso, a temperatura dependente do tempo é considerada como condução transiente (ÇENGEL; GHAJAR, 2012).

Já a convecção pode ser definida como um fenômeno físico observado no meio fluido (líquidos e gases), onde há propagação de calor através da diferença de densidade desse fluido submetido a um gradiente de temperatura. Desta forma, voltando-se a questão do cozimento de alimentos, é necessário ater-se ao fato de que o modo de transferência de calor por convecção abrange dois mecanismos. Além da transferência de energia em razão do movimento molecular aleatório (difusão), a energia também é transferida pelo movimento global do fluido. Esse movimento do fluido ocorre devido a mudanças provenientes da ação, em qualquer momento, de um considerável número de moléculas se movendo coletivamente ou como agregados e, a partir disso, com o predeterminante de um aumento ou diminuição das temperaturas que favorecem o movimento do calor (BERGMAN; LAVINE, 2019, p. 4). A convecção pode ocorrer de forma natural ou forçada. O modo de transferência de calor por convecção forçada é quando um agente externo causa movimento ao fluido. Já a convecção natural ocorre quando não se tem influência de mecanismos externos que possam influenciar no fluxo de ar envolvido no processo (QUITES; LIA, 2005).

Para ocorrer a radiação, é necessário que essa energia seja emitida. A radiação é uma forma de transferência de calor que ocorre através de ondas eletromagnéticas, não havendo necessidade de material para que ocorra a sua propagação. Toda matéria emite energia, sendo que todo o transporte dessa energia ocorre na forma de onda. A radiação apresenta uma distribuição contínua, mas o comprimento de sua onda não é uniforme, deste modo, a energia irradiada é função da temperatura na qual o material se apresenta (GARCIA *et al.*, 2017).

Tanto na realização de estudos, quanto em seu uso, há maior atenção à radiação térmica gerada a partir de superfícies sólidas, porém, a mesma pode acontecer por meio de gases e líquidos também. Independente da composição da matéria, a emissão pode ser atribuída a mudança nas configurações eletrônicas dos átomos ou moléculas que constituem a matéria (BERGMAN; LAVINE, 2019, p.6).

Na grande maioria dos fornos a gás, a transferência de calor predominante é a convecção, onde pode ser natural ou forçada. É natural quando se cria correntes de

ar através da diferença de temperatura, causada pelo forno e ambiente, já a convecção forçada ocorre quando o movimento é realizado por ação externa, podendo ser um ventilador (REIS, 2012).

3.3 Ingredientes base de bolos

A massa utilizada na produção de bolos é uma emulsão complexa do tipo gordura em água, onde as bolhas que compõem a mistura são o local onde as partículas da farinha são dispersas. A partir do momento em que a massa começa a sofrer aumento de temperatura, durante o processo de cozimento, ocorre a produção de dióxido de carbono proveniente do fermento, impactando diretamente no crescimento e uniformidade da massa. Esta elevação de temperatura também causa a gelatinização do amido (KOCER *et al.*, 2007).

Em massas, a farinha de trigo é o principal componente para a formulação e desenvolvimento dos produtos, pois é a matriz onde os demais ingredientes serão adicionados formando a massa. O processo de combinar os ingredientes é uma fase crítica e muito importante na produção de bolos, pois detalhes podem alavancar falhas na homogeneidade da massa (EL-DASH; CABRAL; GERMANI, 1994).

As farinhas são produzidas a partir do grão de cereal. Uma das mais utilizadas é a farinha de trigo, que é produzida através dos grãos do trigo, sendo esse grão tem, em média, 5 mm de comprimento e quando maduros apresentam uma coloração dourada. Na produção de massas em geral são utilizadas farinhas fortes e fracas. A farinha forte tem mais proteína na sua composição e a farinha fraca uma menor quantidade, por isso é indicada para a produção de bolos. Esta farinha apresenta um alto valor energético, sendo composta por vitaminas, sais minerais, fibras, hidrato de carbono e um baixo teor de gordura. O glúten é um componente que está presente na farinha de trigo, sendo o responsável por proporcionar a viscoelasticidade da massa (GALVES, 2014).

As frações proteicas de gliadina e glutenina compõem o glúten. A gliadina apresenta-se com característica gomosa quando submetida a hidratação, responsável pela coesividade quando utilizada em massas, pelo fato de não possuir resistência à extensão. Já a glutenina é elástica e fornece resistência e extensão a massa, sendo uma proteína formada por várias cadeias ligadas entre si (ZANDONADI, 2006).

Do total de proteínas presente no trigo, 85% são compostas por gliadina e glutenina. Quando hidratadas e combinadas em ação por força mecânica, formam uma rede tridimensional viscoelástica, formação que é de grande importância em preparos que necessitam de crescimento. Esta rede é insolúvel em água e tem capacidade de reter as bolhas de ar produzidas por fermentos utilizados no preparo, isso faz com que a massa tenha crescimento (CÉSAR *et al.*, 2006).

Os ovos são muito utilizados e exercem uma boa funcionalidade em formulações de bolos. Estes apresentam uma capacidade funcional na mistura por serem emulsificantes e, quando submetidos ao aquecimento, estabilizam a massa com suas proteínas, deixando-a mais homogênea (JOHNSON; HAVEL; HOSENEY, 1979).

Na elaboração de bolos, a gordura é um dos ingredientes que compõem a massa, este ingrediente tem como função, principalmente, atrair o ar para o interior da mistura, então começa o processo de expansão. Os cristais de gordura são absorvidos para a porção de ar com água, com essa junção é formada a interação gordura e água. Este movimento faz com que as bolhas se expandem, tornando-se um agente de crescimento, além disso, auxilia na mastigação e ajuda a conferir sabor ao produto (KOCER *et al.*, 2007).

O açúcar presente na formulação do bolo é utilizado para conferir doçura e, também, possui a função de fazer com que as frações de gordura sejam estabilizadas. Esse processo faz com que as bolhas permaneçam dentro da massa quando o bolo está em processo de cocção. Além disso, o açúcar também contribui para cor, aroma, tamanho e volume do bolo (DEMIRKESEN *et al.*, 2010).

O sal tem a função de conferir aroma, sabor e, também, auxiliar na elasticidade do glúten. O fermento é responsável pelo ato de fermentação, o fermento químico em exposição ao calor produz gás carbônico, fazendo com que a massa expanda, sendo que esta expansão está relacionada a rede de glúten formada (CÉSAR *et al.*, 2006). O fermento químico promove a sua característica de fermentação através da interação de um componente alcalino, ingredientes ácidos e bicarbonato de sódio, onde eliminam o gás carbônico dentro da massa. O bicarbonato de sódio é o mais utilizado nestas misturas, ele mesmo não oferece função fermentadora, para isso acontecer, é necessário ser ativado por um ácido e líquido e quando submetido ao calor libera o gás fazendo a massa expandir (CANELLA-RAWLS, 2005).

O bolo é uma mistura de ingredientes, podendo ser utilizado qualquer tipo de farinha, sendo acrescido de açúcar, gordura, ovos e submetido ao processo de cocção. A qualidade de um bolo está relacionada às características como: textura, uniformidade de crescimento, volume, palatabilidade e cor. A massa de um bolo apresenta uma fase gordurosa com partículas de inúmeros tamanhos. Essas partículas em seu interior possuem bolhas de ar que são incorporadas a mistura através de movimentos, quando levada ao forno, a massa começa a crescer. Esse processo é obtido através da ação do calor sobre o gás carbônico que é liberado na reação química do fermento utilizado. As proteínas que formam o glúten dão estrutura e sustentação para este crescimento. Já o açúcar sofre desidratação e redução em sua estrutura e promove ligações que provocam o aparecimento de cor e aroma (APLEVICZ; SCHMITZ; DIAS, 2014).

3.4 Avaliação de qualidade

A qualidade em que um alimento é apresentado, após o processo de cocção, está ligado ao meio no qual foi realizado. Alguns parâmetros como análise de cor e mapeamentos de temperaturas podem ser utilizados para avaliar a qualidade de um assamento e entender a distribuição de calor em um forno.

3.4.1 Avaliação do bolo – Análise de cor

A cor é um atributo com forte influência nos alimentos, caracterizando a venda do produto pela percepção do olhar. Para ajudar a diferenciar pequenas variações e criar padrões de cor, a Colorimetria vem para ajudar a simular e quantificar, através de modelagens matemáticas, as diferenças de cores vistas pelos seres humanos.

A reação de Maillard é uma reação de escurecimento, promovida em uma grande variedade de alimentos, dentre esses estão os bolos, que sofrem importantes alterações de cor, valor nutricional, sabor e textura durante seu processo de cocção. Alguns fatores são importantes para ocorrer o processo desta reação, como pH entre 6 e 8, atividade de água de 0,4 a 0,7 e temperaturas superiores a 40°C. A reação de Maillard ocorre em três fases. A primeira é o processo de condensação da carbonila do aminoácido e de um açúcar redutor. A segunda segue o processo de aquecimento, onde ocorrem reações químicas como desidratação e enolização, produzindo compostos derivados do furfural. A terceira fase é a dos compostos intermediários, os

quais apresentam composições de lisina ou de arginina em proteínas, fazendo com que ocorra a formação de um complexo estável. Essa fase também gera reações de polimerização e fragmentação, produzindo melanoidinas e outras estruturas (SHIBAO; BASTOS, 2011).

Os colorímetros e espectrofotômetros simulam o que é interpretado pelo cérebro através da percepção do olho e são capazes de mostrar coordenadas colorimétricas (L^* , a^* e b^*), que são medidas universais, através de iluminantes e observadores padrões. Os dados coletados por esses medidores podem ser enviados por meio de internet e reproduzirem a cor avaliada, permitindo comparar padrões e amostras (LOPES, 2009).

Esses equipamentos apresentam alguns valores de interesse, dependendo do estudo e do que se deseja medir. Na panificação, é de interesse conhecer um parâmetro que faz a avaliação da distribuição de cor. Esta distribuição, certamente, é relacionada a forma de calor que o alimento recebe, este parâmetro é o *Baking Contrast Units* (BCU). A BCU é derivada do valor “L” da colorimetria padrão tristímulus. A variação é de 0 para a mais escura e 5,25 para a mais clara. Cada alteração de 0,1 BCU é, aproximadamente, igual a um tom discernível pelo olho humano (PIETA, 2015, p. 35).

3.4.2 Avaliação dos fornos – Termopares e aquisição de dados

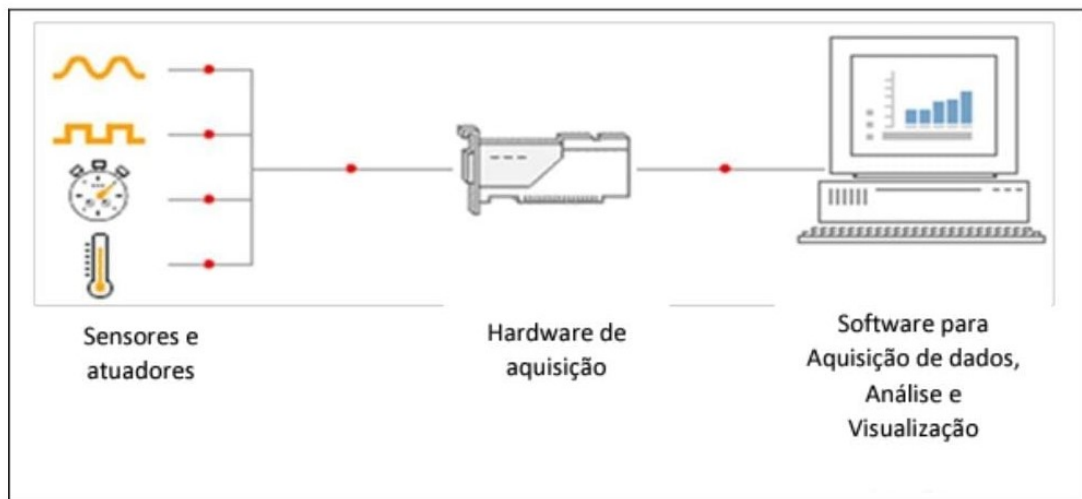
Termopares são muito utilizados para medir a temperatura, sendo que esses sensores são muito simples e confiáveis em sua utilização. Termopares são dois fios de metais com composição química diferentes, unidos em uma das extremidades (MOREIRA, 2002).

Uma das formas de medir a temperatura em fornos é com a utilização desse equipamento. Esses medem a temperatura a partir de dois condutores, sendo unidos em uma das suas extremidades. Quando estes condutores sofrem uma variação de temperatura é gerada uma força eletromotriz, então surge a tensão termoelétrica. No mercado, existem vários tipos de termopares, os dois condutores, que formam o termopar, devem possuir uma relação de forma linear entre temperatura e tensão, gerando a variação de temperatura e que ser notável por equipamentos de medição. Os termopares foram desenvolvidos para atender diversas aplicações, sendo que o que os difere são os pares de condutores. São muito conhecidos os termopares tipo

K e tipo T. O tipo K apresenta um baixo custo e cobre temperaturas entre - 200 a 1200°C e o termopar tipo T é feito para trabalhar entre - 270 a 370 C° (SILVA; COSTA, 2015).

Já a aquisição de dados é realizada por meio do aquisitor, sendo que este é um aparelho que transforma dados analógicos em dados digitais e se relaciona com computadores, agilizando os processos operacionais, gravando e recuperando dados (PINTO; DEGASPERI, 2015). A Figura 1 mostra a importância e como é a atuação da aquisição de dados. Os sensores realizam a captação da informação que se pretende transmitir e os valores são apresentados no aquisitor de dados de forma digital, este sistema é integrado ao computador, o qual viabiliza a sua apresentação.

Figura 1 - Conexão da aquisição de dados.



Fonte: National Instruments (2013 apud Pinto, Degasperri, 2015).

4 MATERIAL E MÉTODO

4.1 Produto a ser analisado

Os modelos de fogões escolhidos para o desenvolvimento do procedimento de avaliação foram selecionados pela empresa. Foram avaliados produtos de alteração em desenvolvimento.

4.2 Testes de forno

Testes realizados, diretamente, no forno de um fogão devem ser analisados a fim de identificar possíveis falhas na distribuição do calor em seu interior e, assim, propor melhorias, visando um assamento uniforme.

4.2.1 Pré-aquecimento

Esta avaliação foi realizada para monitorar a temperatura que chega no interior do forno em um período considerado de pré-aquecimento. Foi feita a medição da temperatura na parte interna do fogão, analisando a temperatura das paredes laterais, chão, teto e no nível inferior das grades dos fornos, conforme Figura 2. Os termopares foram dispostos de tal maneira a obter 3 pontos de medição de calor em cada local de aferição, totalizando 15 termopares. Esta metodologia foi desenvolvida pelos integrantes do projeto.

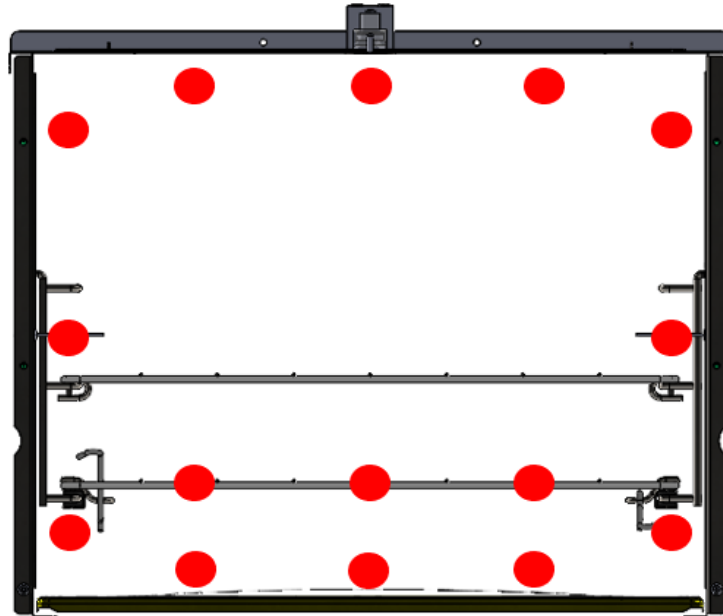
A análise de pré-aquecimento do forno foi realizada em cada temperatura do teste de assamento com o bolo, de acordo com cada modelo testado, já o tempo da análise e temperatura de pré-aquecimento foram de acordo com orientações do fabricante.

4.2.2 Teste sem alimentos

No teste de aquecimento, foi analisada a distribuição de calor dentro do forno sem o alimento. Foi efetuada a medição da temperatura na parte interna do forno, das paredes laterais, chão, teto e no nível inferior das grades dos fornos. Os termopares foram dispostos de tal maneira a obter 3 pontos de medição de calor em cada local de aferição, totalizando 15 termopares, conforme apresentado na Figura 2. As temperaturas utilizadas foram as 3 mínimas apresentadas no manípulo do produto,

sendo determinadas no fogão, onde cada modelo apresenta temperaturas diferentes. O tempo no qual permaneceram selecionadas foi definido através de testes, sendo avaliados e definidos juntamente com a empresa. Com essa etapa de aferição, foi possível entender como o calor se distribui dentro do forno sem que haja a interferência do alimento presente.

Figura 2 - Distribuição dos termopares no forno.

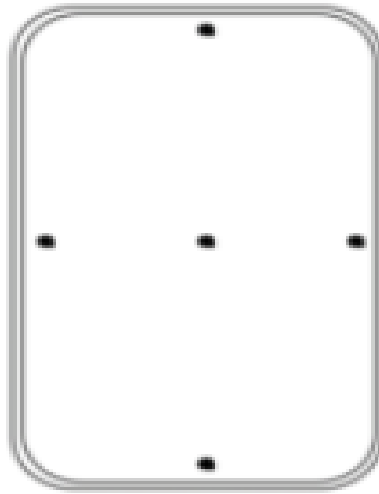


Fonte: Autoria própria (2021).

4.2.3 Teste com alimentos

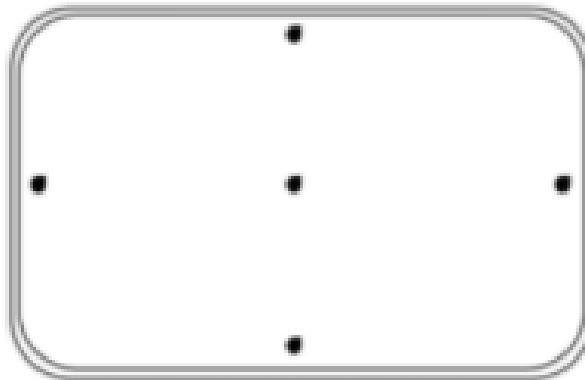
Nesta etapa, o objetivo foi investigar como se mantém a temperatura do forno com o alimento dentro dele. Durante essa fase, registraram-se as variações de temperatura na massa do bolo, em diferentes regiões do alimento. Os termopares foram fixos em quadrantes, respeitando as dimensões das assadeiras. As assadeiras na posição vertical (Figura 3) foram utilizadas em fornos de 4 queimadores e as assadeiras na horizontal (Figura 4) foram usadas em fornos de 5 queimadores, desta forma, as assadeiras ocupavam melhor o espaço no interior dos respectivos fogões.

Figura 3 - Distribuição dos termopares na assadeira do bolo na posição vertical.



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 4 - Distribuição dos termopares na assadeira do bolo na posição horizontal.



Fonte: Autoria própria (2021).

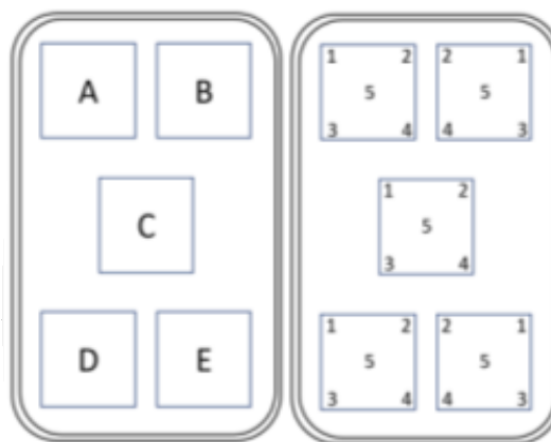
Duplas de termopares foram instalados de tal maneira a obter 5 locais, nos quais aconteceram aferições das temperaturas na parte interior da assadeira, totalizando 10 instrumentos de medição. Em cada dupla, um termopar estava em contato com a massa do bolo ao entrar no forno e o outro estava um pouco acima, ficando no meio da massa, depois de o bolo estar assado. As variáveis consideradas nos testes foram estabelecidas por: teste de assamento, temperatura do forno, análise de cor e análise de crescimento.

O tempo de assamento foi monitorado constantemente e registrado através do computador que estava ligado a um sistema integrado à aquisição de dados. Os dados obtidos nas aferições das temperaturas foram arquivados e apresentados de uma forma, que seja simples o entendimento, utilizando o *software Power BI* para a apresentação.

A temperatura do forno foi medida através de termopares do tipo K e T (Marca *Ecil*) conforme disponibilidade. Os dados foram registrados através do aquisitor de dados, marca *Keysight*, integrado ao computador. As temperaturas obtidas serviram como comparativos entre plataformas e modelos de fogões.

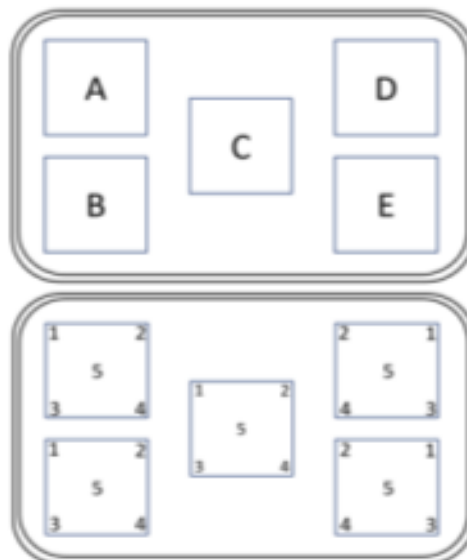
A análise de cor foi medida com colorímetro, marca *Delta Color*, em locais definidos conforme Figura 5 e 6, respeitando as dimensões da assadeira, no qual foi avaliado o parâmetro BCU - *Baking Contrasts Units*.

Figura 5 - Pontos da medição de cor do bolo dentro da assadeira disposta dentro do forno na vertical.



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 6 - Pontos da medição da cor do bolo dentro da assadeira disposta dentro do forno na horizontal.

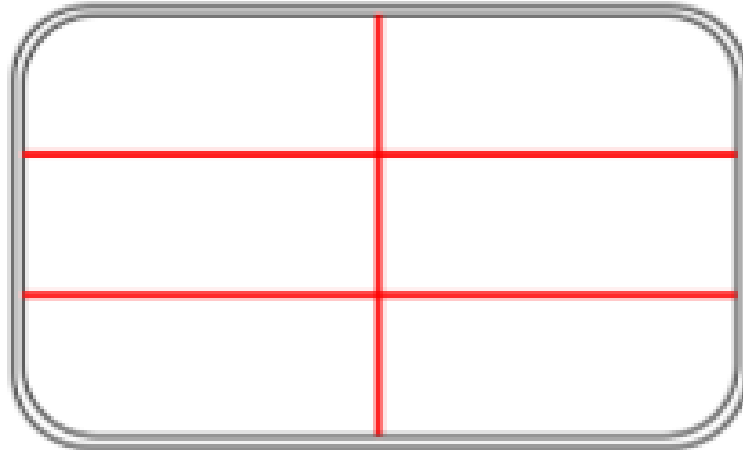


Fonte: Autoria própria (2021).

Com relação ao crescimento do bolo, foi avaliada a homogeneidade da espessura. O bolo foi cortado ao meio, verticalmente e horizontalmente, dependendo

da disposição da assadeira no forno para cozimento do bolo, conforme apresentado na Figura 7. A aparência do bolo após assamento foi registrada em imagens através de uma câmera digital para criar comparativos entre os produtos.

Figura 7 - Corte no bolo para avaliar crescimento.



Fonte: Autoria própria (2021).

O teste de assamento foi realizado 3 vezes por produto, nas 3 temperaturas mínimas que são apresentadas no manípulo do forno, essas já são pré-determinadas nos fogões, podendo variar de um modelo a outro. O assamento foi encerrado quando o centro do bolo atingiu a temperatura de 93°C. Esta temperatura foi definida por meio de testes prévios, sendo que essa metodologia foi proposta pelos envolvidos no projeto.

4.3 Formulação do bolo e validação dos procedimentos

Os bolos foram preparados com base na formulação padrão (BS EN 50304:2009; BS EN 60350:2009). A formulação padrão consiste em: manteiga com teor de gordura de 83% (340g), açúcar refinado (340g), ovos (300g), farinha de trigo (400g), fermento químico (15g) e sal (6g). Todos os ingredientes estavam à temperatura ambiente antes de iniciar o processo da produção da massa. Primeiramente, a manteiga e o açúcar foram batidos em batedeira (potência de 550 ± 50 W) até formar uma mistura, macia e homogênea, para que todo o açúcar fosse incorporado. Gradualmente, foram adicionados os ovos, em seguida, a farinha, o sal e o fermento, estes, sempre peneirados juntos e misturados à massa delicadamente por, aproximadamente, 5 min. A temperatura da mistura deveria estar em $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ após o preparo.

Após o cozimento estabelecido, o bolo foi retirado do forno para esfriar. A assadeira utilizada cobriu pelo menos 80% da largura e 70% da profundidade utilizável da cavidade do forno, fabricada em alumínio, sem revestimento, com altura máxima de 60 mm (BS EN 50304:2009; BS EN 60350:2009).

A metodologia foi validada por otimização e repetição dos testes nas demais plataformas de fogões e ajustada conforme necessário. Os resultados foram apresentados aos interessados e, então, foi escrito um procedimento de avaliação da performance do produto para a empresa.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Seguindo a metodologia proposta, foram realizados vários testes nos fogões da empresa parceira, focando em produtos e projetos de alteração em desenvolvimento. Alguns detalhes da metodologia foram modificados de acordo com equipamentos disponíveis na empresa, características dos fornos e, também, aprimorado de acordo com as repetições realizadas. Como resultado foi obtido o procedimento descrito a seguir.

5.1 Procedimento

O objetivo deste documento é definir os padrões e procedimentos utilizados em ensaios de fornos dos fogões *Atlas* e *Dako*. A finalidade foi de melhorar a qualidade dos produtos através do estudo do mapeamento de calor do forno.

5.1.1 Objetivo

O objetivo deste documento é definir os padrões e procedimentos utilizados em ensaios de fornos dos fogões *Atlas* e *Dako*, com a finalidade de melhorar a qualidade dos produtos através do estudo do mapeamento de calor do forno.

5.1.2 Definições

As definições estabelecidas são:

- **DAS:** Aquisição de dados
- **P&D:** Pesquisa e Desenvolvimento
- **4Q:** 4 queimadores
- **5Q:** 5 queimadores
- **EPI:** Equipamento de Proteção Individual

5.1.3 Equipamentos/sistema necessários para o ensaio

Para a realização dos ensaios são utilizados os seguintes equipamentos e sistemas:

- Programa *Excel*;
- Aquisição de dados *Keysight 34972^a*;

- Forno de interesse;
- Termopares do tipo K e do tipo T;
- Ar-condicionado;
- Geladeira;
- Tomada para os equipamentos;
- Materiais de limpeza;
- Talheres, copos e pratos;
- Tigelas;
- Assadeira em alumínio polido (deve ter no mínimo 80% da largura, 70% da profundidade do forno e uma altura máxima de 60 mm);
- Batedeira *Arno* 600W.

5.1.4 Para as análises

Para a realização das análises são usados os seguintes equipamentos:

- Espectrofotômetro *Delta color vista d8*;
- Câmera digital.

5.1.5 Para a massa do bolo

Para o preparo da massa base do bolo são utilizados os seguintes ingredientes:

- Farinha de trigo *Anaconda* tipo 1;
- Açúcar refinado *Alto Alegre*;
- Margarina *Doriana* com gordura 80% \pm 2%;
- Fermento químico *Royal*;
- Água;
- Sal *Diana* refinado;
- Ovos tipo grande.

5.1.6 EPI's

Os Equipamentos de Proteção Individual necessários são: sapato de segurança e luvas.

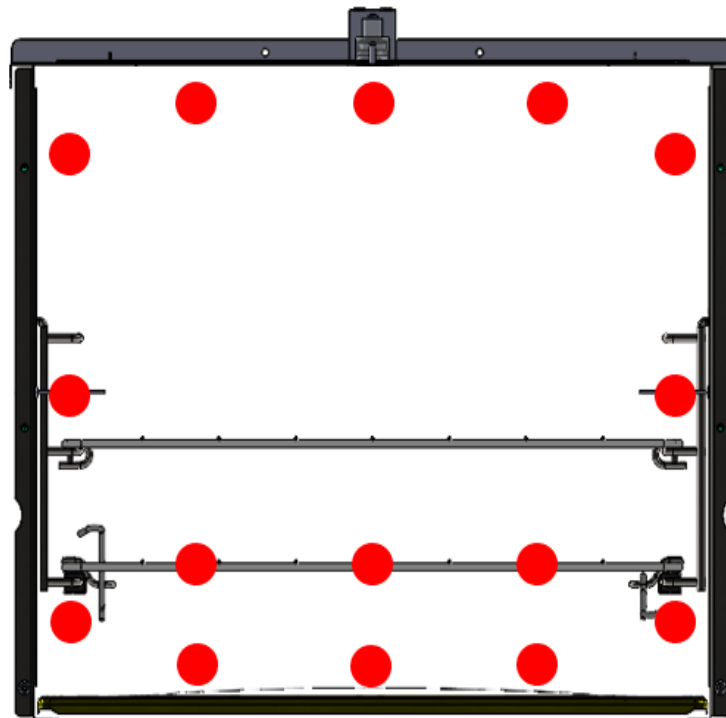
5.1.7 Procedimento normativo

É de responsabilidade do operador do ensaio, podendo ser estagiário, técnico de laboratório ou qualquer outro cargo, preparar todo o ensaio, realizá-lo e redigir um relatório ao final do processo. A responsabilidade de dar suporte, supervisionar e aprovar o relatório é do supervisor do operador de ensaio.

5.2 Definição de como preparar o forno

Antes de iniciar qualquer teste, é necessário preparar o conjunto forno/fogão. Para isso, utiliza-se 15 termopares distribuídos de maneira que atendam os principais pontos do forno, conforme a Figura 8. Eles devem ser colocados por baixo e precisam ser entrelaçados nas grades e nos furos das paredes para poderem ficar fixos.

Figura 8 - Distribuição dos termopares no forno – vista frontal.



Fonte: Autoria própria (2021).

Após todos os termopares estarem devidamente postos, deve-se ligar a Aquisição de Dados (DAS), aparelho que captará os sinais analógicos e converterá em sinais digitais e, posteriormente, serão salvos em um meio digital. O meio digital usado nesses ensaios, é um programa no *software Excel*. Este deve ser programado de modo que seja definido alguns dados, como a unidade de aquisição (UAD 0002), tempo de amostra, duração do ensaio e tipo de cada termopar. O resultado é dado

em formatos gráficos. Antes de iniciar o ensaio, é importante verificar se nenhum termopar está mal conectado ou não está funcionando. Para isso, ligar o DAS e conferir se a temperatura não está variando muito. Caso contrário, deve substituí-lo por outro em bom funcionamento.

5.2.1 Teste de pré-aquecimento

Este ensaio consiste em aquecer o forno na temperatura máxima, por 10 minutos para fogões de 4Q e 15 minutos para fogões de 5Q. Depois que o ensaio terminar, deixe o forno esfriar para poder realizar outro procedimento.

5.2.2 Teste de mapeamento de calor

Este ensaio consiste em aquecer o forno de maneira contínua, iniciando pela temperatura mais baixa durante meia hora. Depois, deve-se aumentar a temperatura para a segunda mais baixa, também por meia hora. Por último, passar para a terceira temperatura mais baixa por mais meia hora. Assim, totaliza uma hora e meia de ensaio, em três diferentes temperaturas.

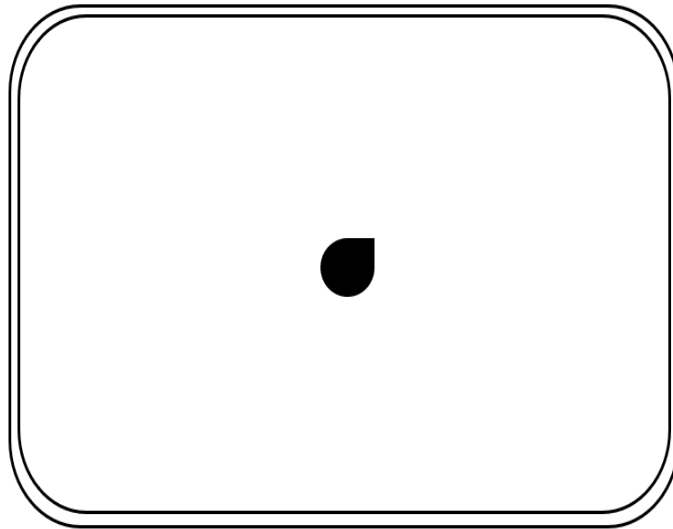
5.3 Teste de assamento

O teste de assamento é de grande importância para verificar qual é a realidade em que se encontra um forno e como ele entrega os alimentos após a cocção. Com esta análise, são reconhecidos os pontos que devem ser melhorados e aplicados no desenvolvimento de novos produtos.

5.3.1 Preparação do forno

Para o ensaio de assamento do bolo, a preparação é feita com 2 termopares, que devem ser instalados no centro do forno, pois estes ficarão no centro da assadeira, conforme ilustra a Figura 9.

Figura 9 - Configuração dos termopares.



Fonte: Autoria própria (2021).

Para dar início ao ensaio, o DAS deve estar programado para realizar a medição a cada 15 segundos e o programa do *Excel* também deve ser programado. Os dados a serem inseridos são a unidade de aquisição (UAD 0002), tempo de amostra, duração do ensaio e o tipo de cada termopar. Antes de iniciar o ensaio, é importante verificar se nenhum termopar está mal conectado ou não está funcionando. Para isso, ligar o DAS e conferir se não está variando muito a temperatura. Caso contrário, deve substituí-lo por outro em bom funcionamento.

5.3.2 Massa do bolo

A massa é a mesma para ensaios em fogões 4Q e 5Q, a diferença é que para fogões de 4Q é utilizado metade das quantidades dos ingredientes, respeitando as mesmas variações, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Receita do bolo para fogões 4Q e 5Q.

	Fogões 4 queimadores	Fogões 5 queimadores
Ingredientes	Quantidades	Quantidades
Margarina com gordura 80% ± 2%	340 g ± 0,25 g	680 g ± 0,5 g
Açúcar refinado	340 g ± 0,25 g	680 g ± 0,5 g
Farinha de trigo	400 g ± 0,5 g	800 g ± 1 g
Água	150 ml ± 2,5 mL	300 ml ± 5 mL
Fermento químico	15 g ± 0,25 g	30 g ± 0,5 g
Sal	6 g ± 0,05 g	12 g ± 0,1 g
Ovos	6 unidades	12 unidades

Fonte: Autoria própria (2021).

Para fogões 5Q, a massa deve ser dividida em dois processos. Ou seja, a massa deve ser batida em duas tigelas separadas, cada uma com metade dos ingredientes. No final do processo, juntá-las em apenas um só recipiente, assadeira untada, para ir ao forno.

5.3.3 Modo de preparo da massa

Para dar início ao procedimento, é necessário que a temperatura ambiente esteja controlada entre 20°C e 24°C. Além disso, os materiais devem estar organizados e os ingredientes devem estar à temperatura ambiente. Depois de tudo preparado, começar juntando o açúcar e a margarina derretida no micro-ondas por 60 segundos. Bater na batedeira por 1 minuto e em uma velocidade igual a 6. Acrescente os ovos e bata por mais 1 minuto na mesma velocidade. Junte a farinha, o fermento e o sal, todos peneirados, como também, a água na massa e bata por mais 1 minuto em menor velocidade. Desligar a batedeira e passar a colher na lateral da tigela para tirar o excesso de ingredientes e deixar bater por mais 30 segundos em velocidade leve. Unte a forma espalhando margarina por toda superfície e laterais e depois cubra com uma leve camada de farinha de trigo. Despeje a massa na forma untada, espalhando-a uniformemente, sem deixar bolhas de ar. Se houver bolhas, deve-se dar leves batidas para elas saírem. Lembrando que, para massas que serão testadas em fogões 5Q, esse procedimento deverá ser realizado em duas etapas, uma em cada tigela, e ao final do processo ambas as massas deverão ser colocadas na assadeira untada. Além disso, o forno deve ser pré-aquecido por 15 minutos em temperatura máxima antes de a massa ir para o ensaio.

5.3.4 Assamento do bolo

O teste de assamento é realizado três vezes em um mesmo produto. Portanto, o processo de preparo da massa do bolo será realizado três vezes. Cada teste será em uma temperatura diferente, nas três primeiras mais baixas. Após a massa estar pronta e na forma untada e, também, o pré-aquecimento ter completado os 15 minutos em temperatura máxima, é hora de pôr a assadeira centralizada no forno respeitando a posição dos termopares (Figura 2), que ficarão dentro da massa a uma altura de 25 mm. Em todos os testes, o forno deverá ser desligado quando a temperatura dos

termopares atingir $93 \pm 1^\circ\text{C}$, independente do tempo que a massa ficou no forno. Após pronto, esperar o bolo esfriar totalmente para dar início às análises.

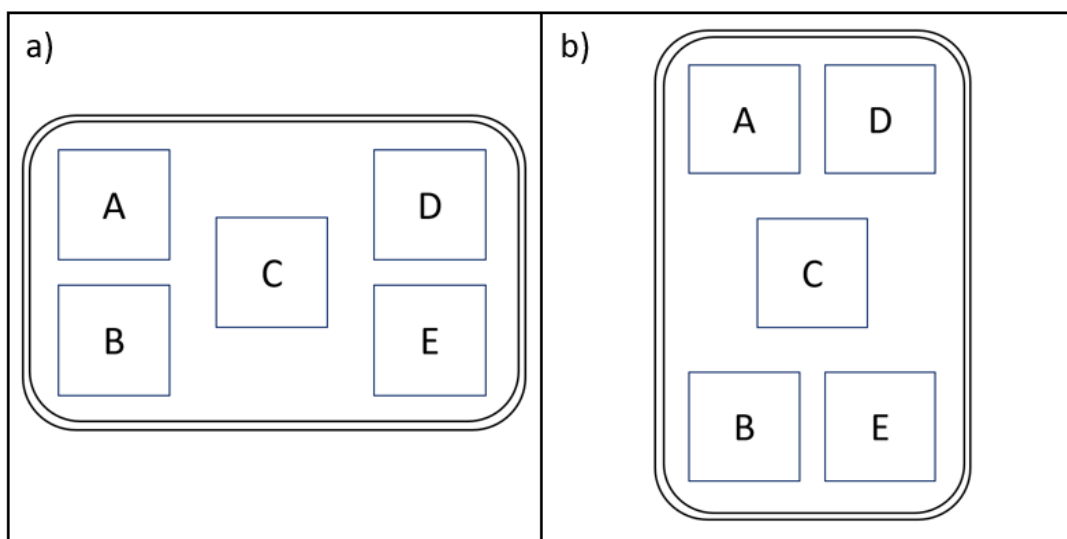
5.4 Avaliação da qualidade

Nesta avaliação são confrontados os dados obtidos no processo de cocção com os parâmetros definidos no procedimento, analisando a cor e a uniformidade de crescimento, sendo essas variáveis que definem se um bolo está assado de forma regular.

5.4.1 Análise de cor

A assadeira deve ser retirada do forno e colocada sob uma superfície, respeitando a mesma posição que estava no forno. Após, deve-se pegar o espectrofotômetro e colocar em contato com a superfície do bolo para realizar as medições. Esse aparelho mede em escala BCU, que permite saber se a massa ficou crua, queimada ou bem assada. A medição deve ser realizada respeitando a ordem alfabética, como ilustra a Figura 11. Em cada região, o espectrofotômetro deve ser posicionado na parte central para a aferição. A posição da assadeira dentro do forno vai depender do tamanho do fogão. Para fogões 5Q, a posição é transversal como mostra a Figura 10a, enquanto para fogões 4Q, a posição é longitudinal, conforme a Figura 10b. Os dados obtidos no aparelho são dados em um programa específico do espectrofotômetro, podendo ser convertido em formato PDF.

Figura 10 - Ordem de medição para testes, a) para formas posicionadas transversalmente, b) para formas posicionadas longitudinalmente.

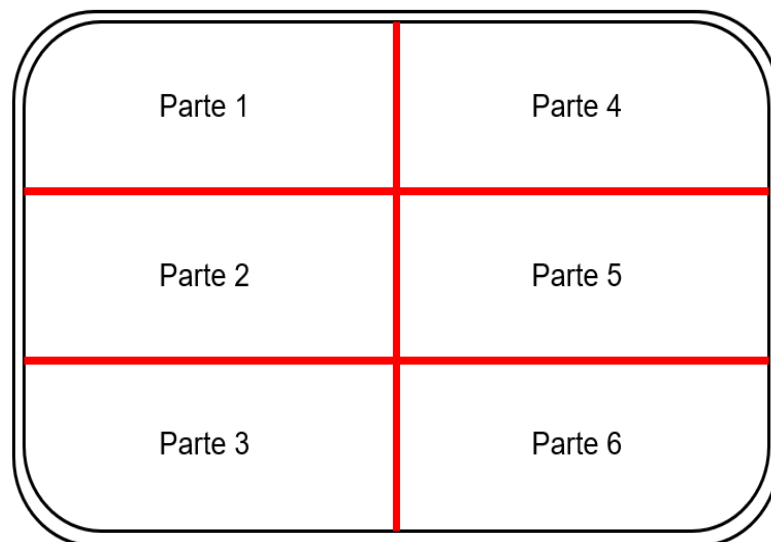


Fonte: Autoria própria (2021).

5.4.2 Análise de uniformidade e crescimento

A segunda análise é para verificar a uniformidade de crescimento. Para isso, deve-se realizar três cortes no bolo, separando-o em seis partes, para facilitar a visibilidade interna, como ilustra a Figura 11. A análise é feita registrando fotos das partes da massa em três posições. A primeira, é virando os lados que estão encostados nas laterais da assadeira para cima. No caso das partes 2 e 5, que estão na região central, tanto faz o lado que será virado. A segunda posição é virar em 180° em relação à primeira posição e, por último, virar para cima os lados encostados no fundo da assadeira, ou seja, o fundo do bolo.

Figura 11 - Cortes no bolo para a análise.



Fonte: Autoria própria (2021).

5.5 Relatório de ensaio

O relatório de ensaios apresenta as principais características do forno que está sendo avaliado e onde, também, é relatado as análises de mapeamento de calor e assamento, ou seja, visão geral da distribuição de calor e se o produto promove um assamento uniforme.

5.5.1 Tratamento dos dados

Os dados gerados pelo DAS são armazenados no próprio programa *Excel* e depois são arquivados na pasta do projeto. Enquanto os dados gerados pelo espectrofotômetro são armazenados em um programa específico do equipamento,

mas antes de serem armazenados na pasta eles são filtrados. O tratamento dos dados é feito no *software Power Bi*, que permite melhor entendimento e visualização dos resultados. Após tratados, eles são armazenados em arquivos *Excel* e salvos na pasta do projeto. Para cada ensaio realizado, é criada uma pasta de projeto de pesquisa e desenvolvimento.

5.5.2 Relatório de ensaio

O relatório de ensaio deve conter todos os resultados obtidos nos procedimentos descritos neste documento, ou seja:

- O resultado do pré-aquecimento;
- Os resultados obtidos nas três temperaturas do mapeamento de calor;
- Os gráficos dos resultados de análise de cor no teste de assamento para as três temperaturas;
- As imagens das análises de uniformidade e crescimento feitas depois do teste de assamento para as três temperaturas. Para cada fogão/forno é realizado um relatório de ensaio contendo todos os requisitos acima.

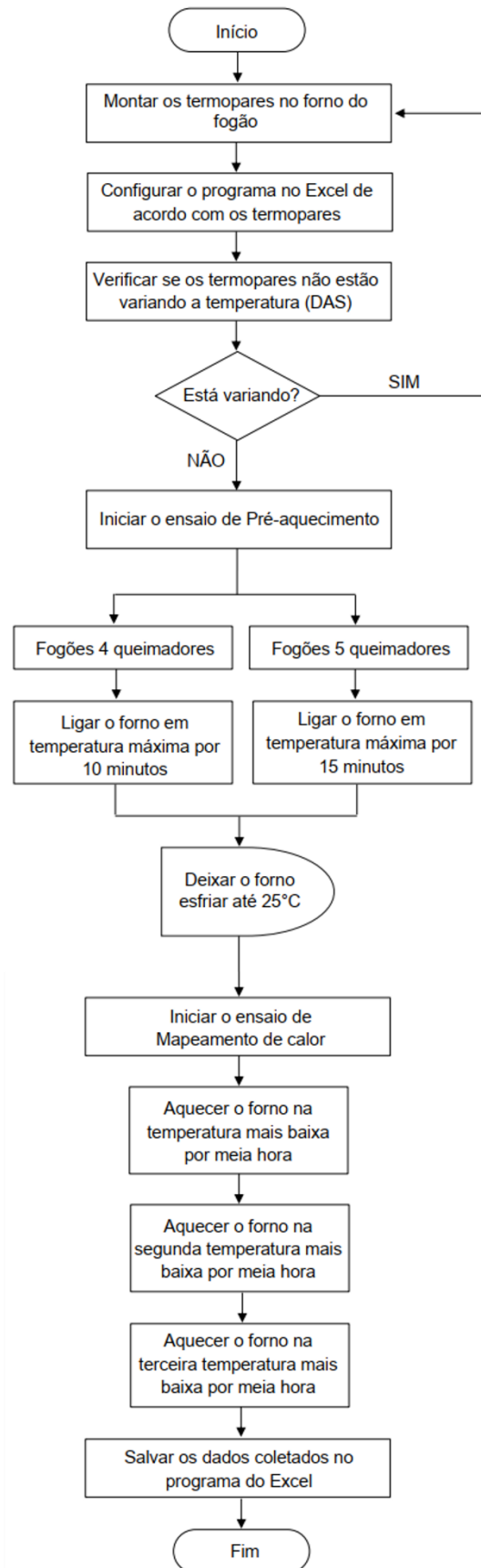
5.6 Fluxogramas

Para compreender melhor o funcionamento dos preparos envolvendo o forno e o assamento do bolo, foram preparados dois fluxogramas (Figura 12 e 13).

5.6.1 Preparação do forno

A Figura 12 demonstra as etapas envolvidas para a preparação do forno.

Figura 12 - Fluxograma da preparação do forno.

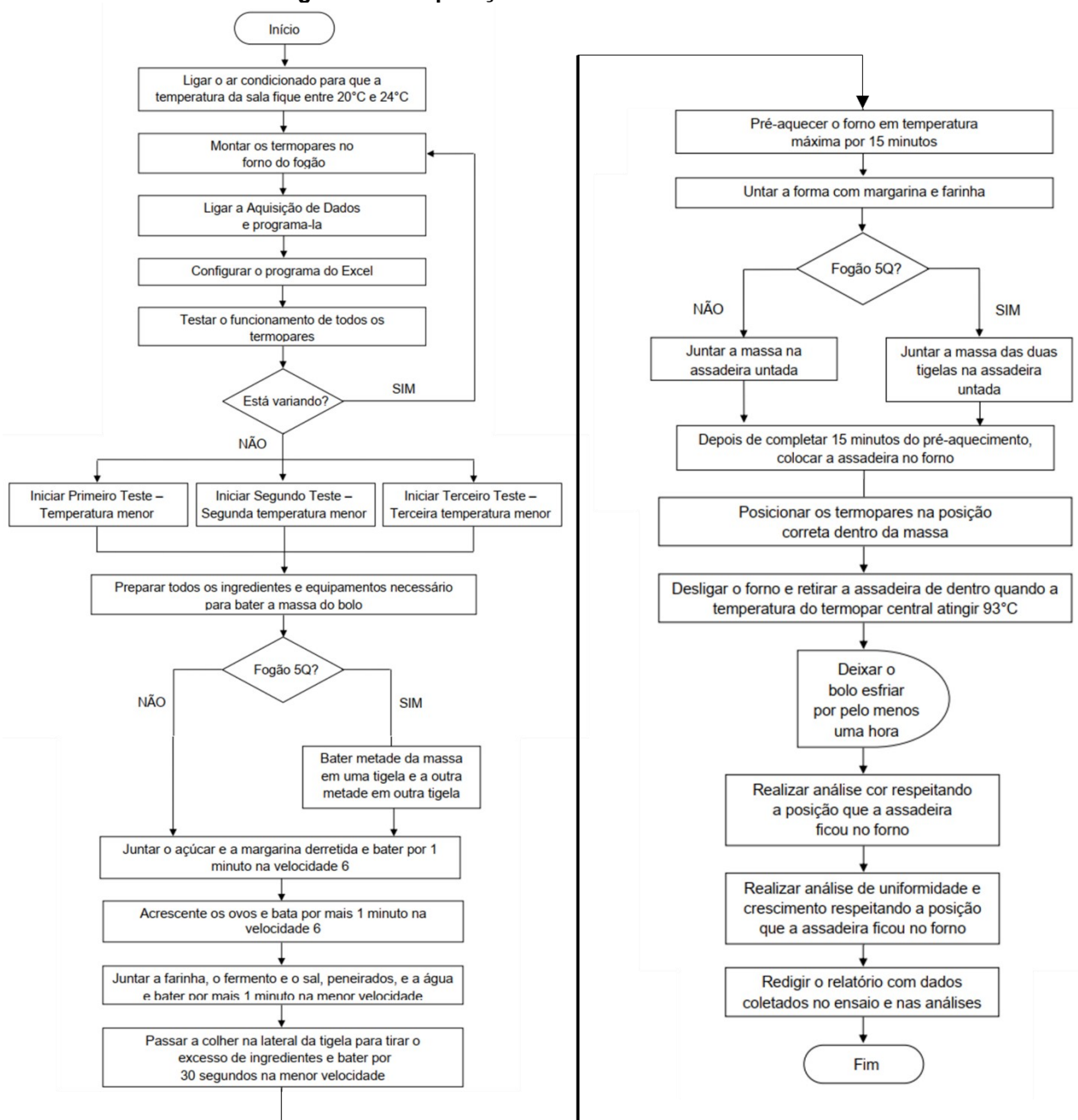


Fonte: Autoria própria (2021).

5.6.2 Assamento do bolo

A Figura 13 demonstra as etapas envolvidas para a preparação e assamento do bolo.

Figura 13 - Preparação e assamento do bolo.



Fonte: Autoria própria (2021).

5.7 Validação do procedimento

O procedimento foi executado em vários produtos da indústria, onde foi possível verificar qual era a real situação desses equipamentos. Abaixo está descrito o procedimento que foi realizado para a avaliação em dois modelos de fogões a gás da empresa, um com 5 e outro 4 queimadores.

5.7.1 Forno de fogão com 5 queimadores

O forno avaliado possui 5 queimadores e as temperaturas mínimas já estabelecidas no produto são 180, 210 e 240°C. Após instrumentar com termopares este fogão, foi realizado o teste de pré-aquecimento, ligando o forno por 15 minutos em temperatura máxima. Neste produto, a temperatura máxima é de 300°C, seguindo o estabelecido no procedimento, foi observado que o termopar localizado na grade inferior do forno detectou 244,3°C naquela posição.

5.7.1.1 Temperaturas no escalonamento 180°C

Após 30 minutos do forno estar ligado em uma temperatura de 180°C, as temperaturas tendem a estabilizar. Na Figura 14 abaixo, foi possível simular o interior do forno, podendo observar as temperaturas em cada região de medição. Neste forno, observou-se que, ao lado direito, as temperaturas apresentam pequenas variações em relação ao lado esquerdo.

Figura 14 - Posição dos termopares no forno - visão frontal.

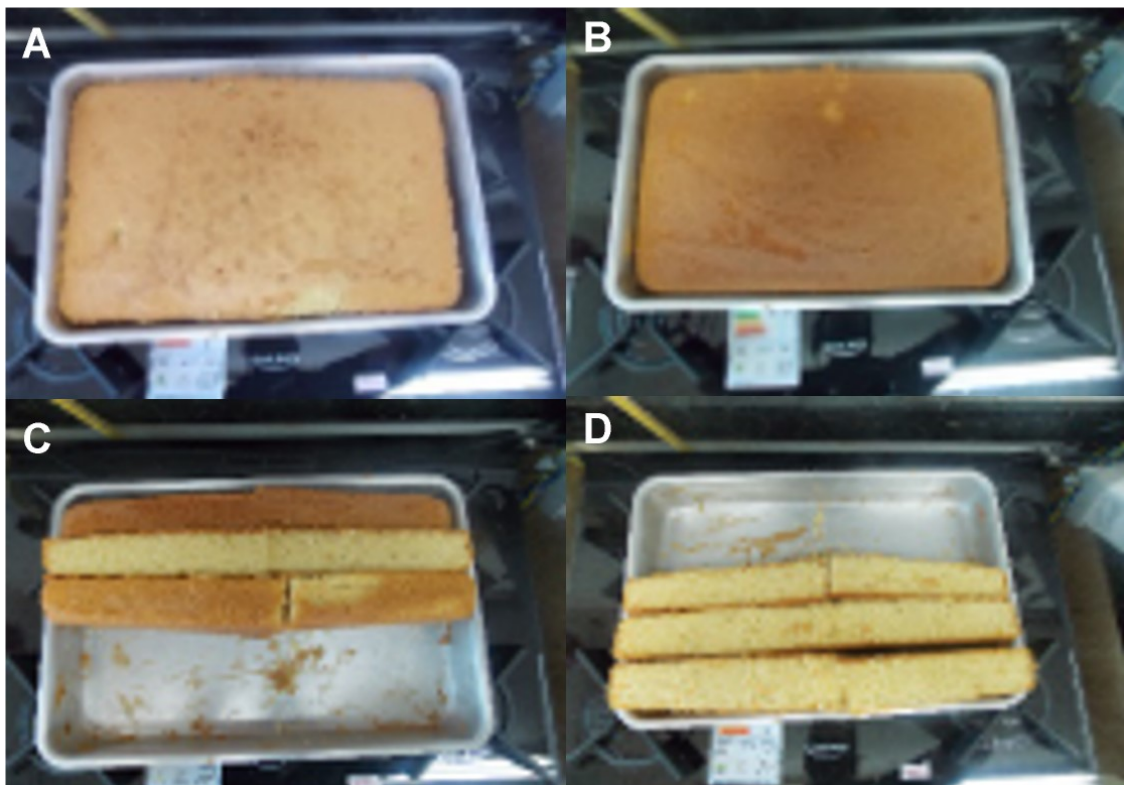
	175,8 - 177,9 - 168,8	
164		160,9
175,7	168,4 - 187 - 160,3	163,3
180,4		159,2
	177,8 - 223 - 169,5	

Fonte: Aatoria própria (2021).

5.7.1.2 Imagens do assamento 180°C

Nas imagens apresentadas, aparentemente, o bolo teve um assamento e um crescimento uniforme, confirmando um assamento regular. O assamento deste bolo demorou 77 minutos para ocorrer, a temperatura central por intermédio da massa foi de 93°C, conforme o procedimento (Figura 15).

Figura 15 - Cortes e crescimento do bolo. *



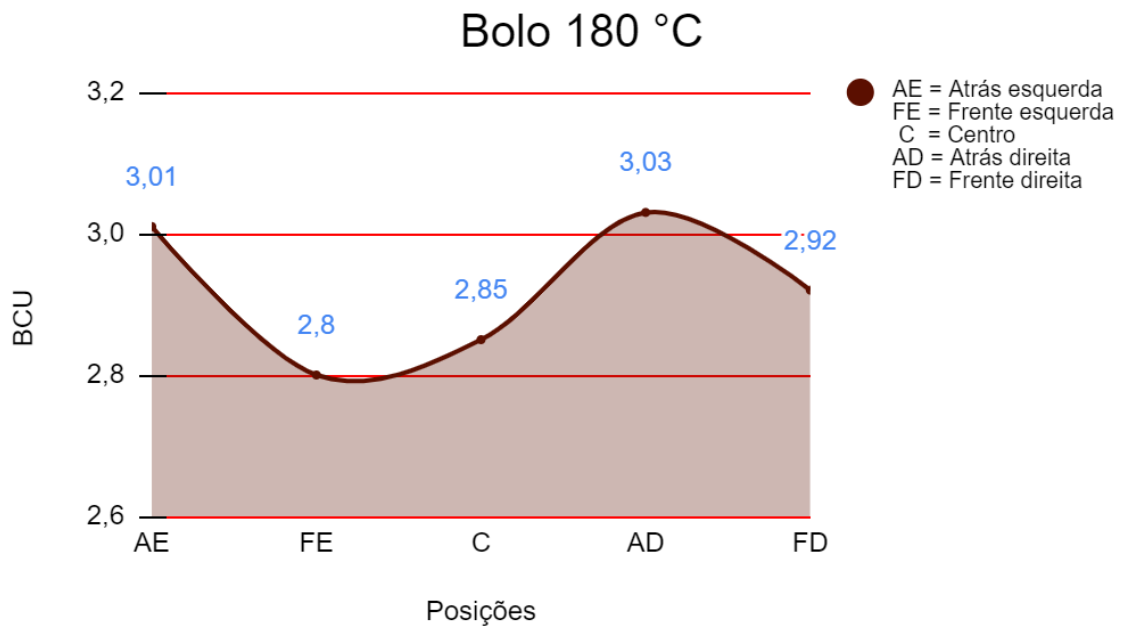
Fonte: Autoria própria (2021).

*A = Imagem da parte de cima do bolo; B = Imagem da parte de baixo do bolo; C = Imagem do bolo cortado virado à esquerda; D = Imagem do bolo cortado virado à direita.

5.7.1.3 Gráfico de cor

De acordo com o intervalo de BCU descrito no procedimento, o bolo é considerado assado quando apresenta valores de BCU entre 2,8 até 3,2. Nesta temperatura de assamento, observou-se que todos os pontos medidos no bolo estão dentro do estabelecido. Em função disso, considerou-se que o bolo está assado regularmente, confirmando os registros de imagem. Alguns pontos estão no limite ou próximos dele, isto já foi possível observar no escalonamento, onde apresentou pequenas divergências na distribuição do calor (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Gráfico de cor - Apresentado em escala BCU.

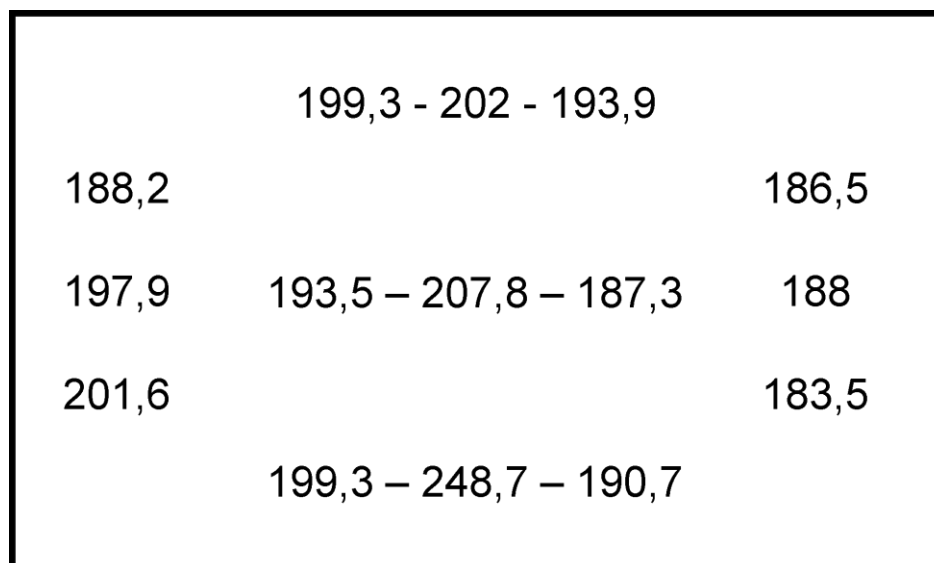


Fonte: Autoria própria (2021).

5.7.1.4 Temperatura de escalonamento 210°C

Realizando a análise de escalonamento a 210°C após 30 minutos do forno estar ligado nesta temperatura, foi possível observar, novamente, pequenas variações no calor das paredes do forno, no lado direito, mais uma vez, o forno apresentou temperaturas mais baixas (Figura 16).

Figura 16 - Posição dos termopares no forno - Visão frontal.

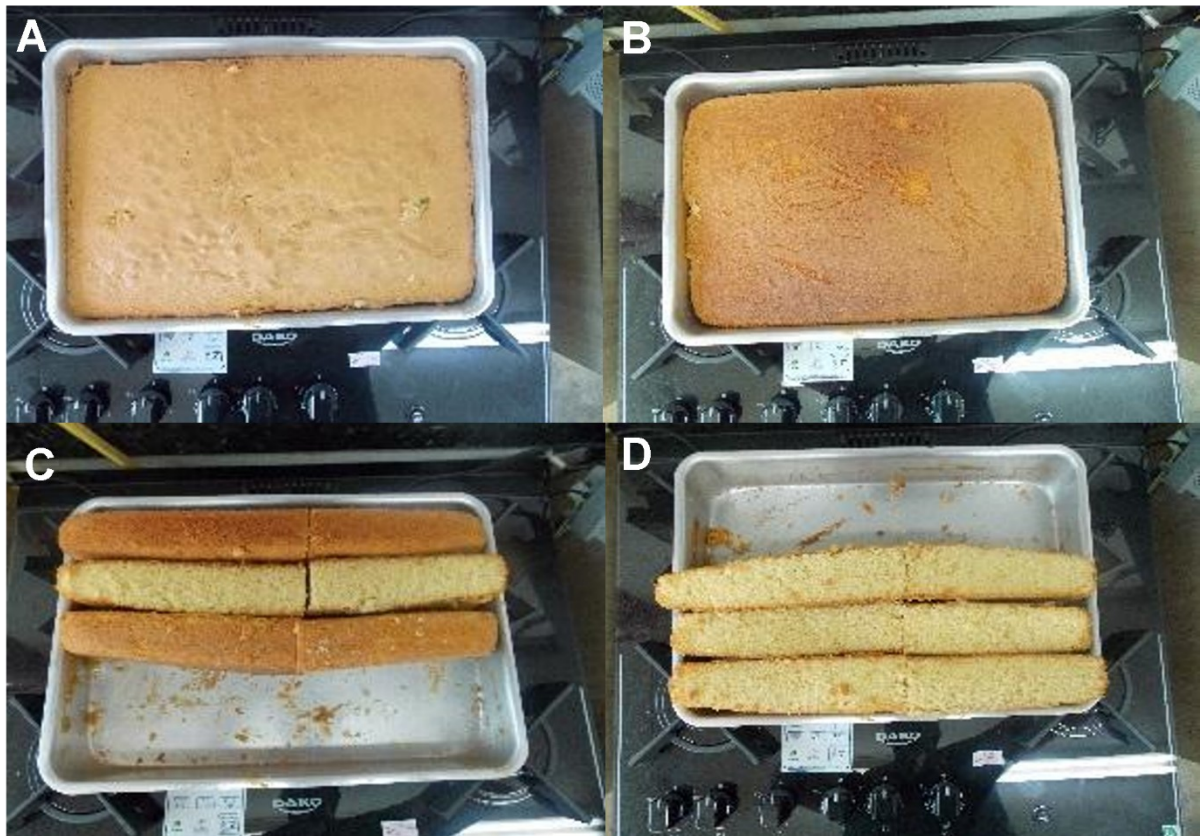


Fonte: Autoria própria (2021).

5.7.1.5 Imagens do assamento 210°C

As imagens mostram um bolo regular, apresentando pequenos contrastes, mas não chegam a influenciar, a ponto de considerá-lo mal assado. O assamento demorou cerca de 70 minutos para chegar na temperatura de 93°C no centro da massa (Figura 17).

Figura 17 - Imagens do bolo assado - Cortes e crescimento do bolo. *



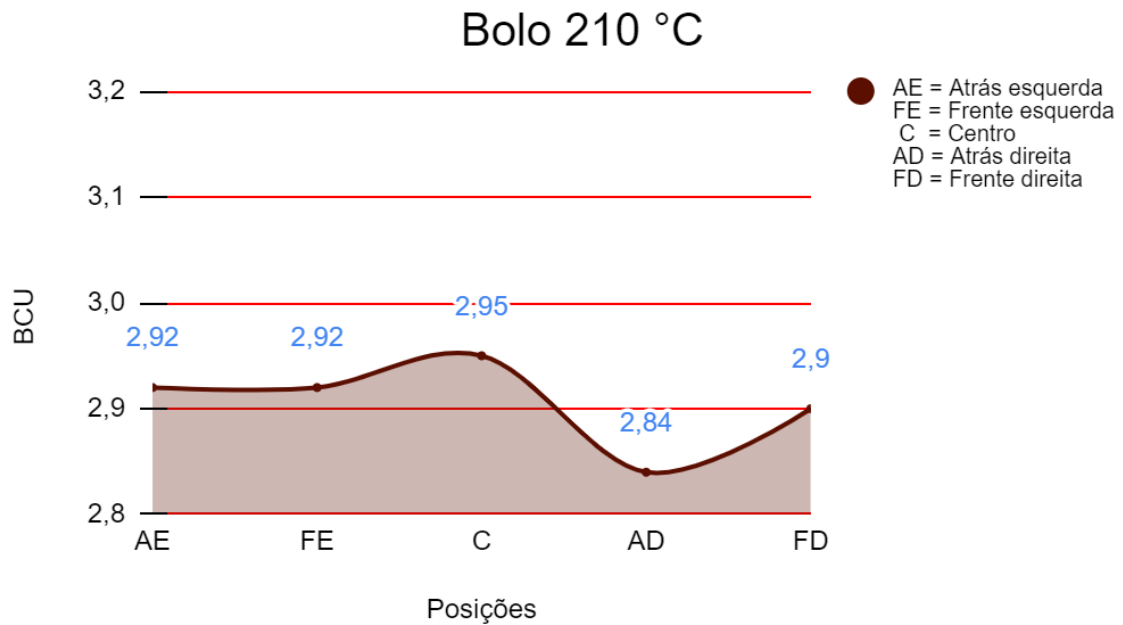
Fonte: Autoria própria (2021).

*A = Imagem da parte de cima do bolo; B = Imagem da parte de baixo do bolo; C = Imagem do bolo cortado virado à esquerda; D = Imagem do bolo cortado virado à direita.

5.7.1.6 Gráfico de cor

No gráfico onde é feita avaliação do intervalo de BCU, observou-se um bolo considerado regular, porém, alguns pontos de avaliação apresentaram-se próximo do limite, isso está relacionado com o que se pode observar no escalonamento, uma distribuição de calor com pequenas variações (Gráfico 2).

Gráfico 2 - Gráfico de cor - Apresentado em escala BCU.

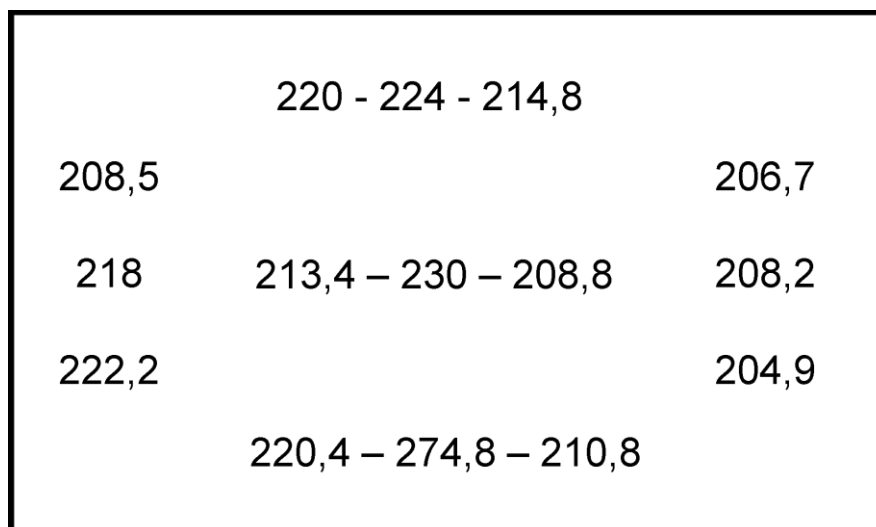


Fonte: Autoria própria (2021).

5.7.1.7 Temperatura de escalonamento 240°C

A análise que avaliou a distribuição de calor no interior do forno, confirmou, novamente, uma pequena variação de temperatura entre as laterais deste produto, após 30 minutos a 240 °C o forno apresentou a seguinte relação demonstrada na (Figura 18).

Figura 18 - Posição dos termopares no forno - Visão frontal.

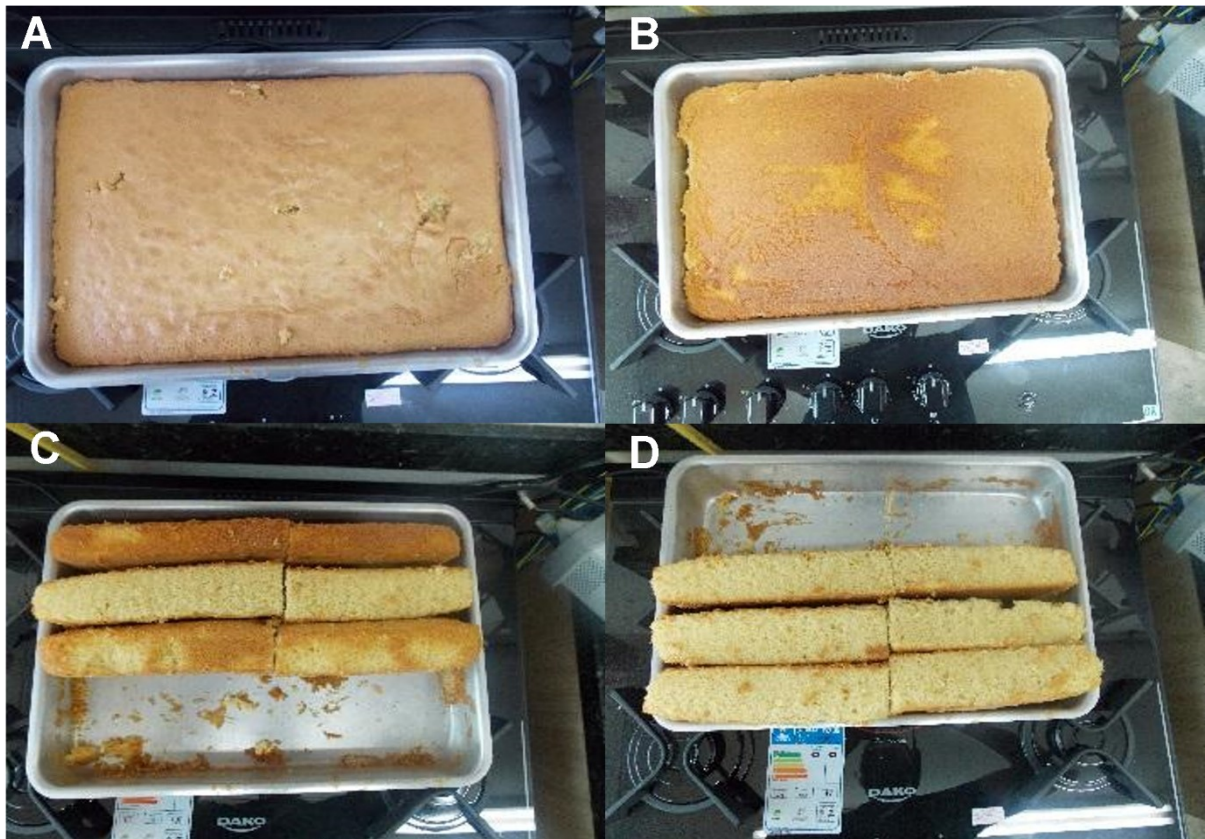


Fonte: Autoria própria (2021).

5.7.1.8 Imagens do assamento 240°C

Através das imagens apresentadas, pode-se verificar um crescimento uniforme do bolo submetido ao teste (Figura 19). Pela imagem, o bolo parece estar regular, porém no gráfico de cor podemos observar as diferenças. O assamento demorou, aproximadamente, 52 minutos para acontecer nesta condição.

Figura 19 - Imagens do bolo assado - Cortes e crescimento do bolo. *



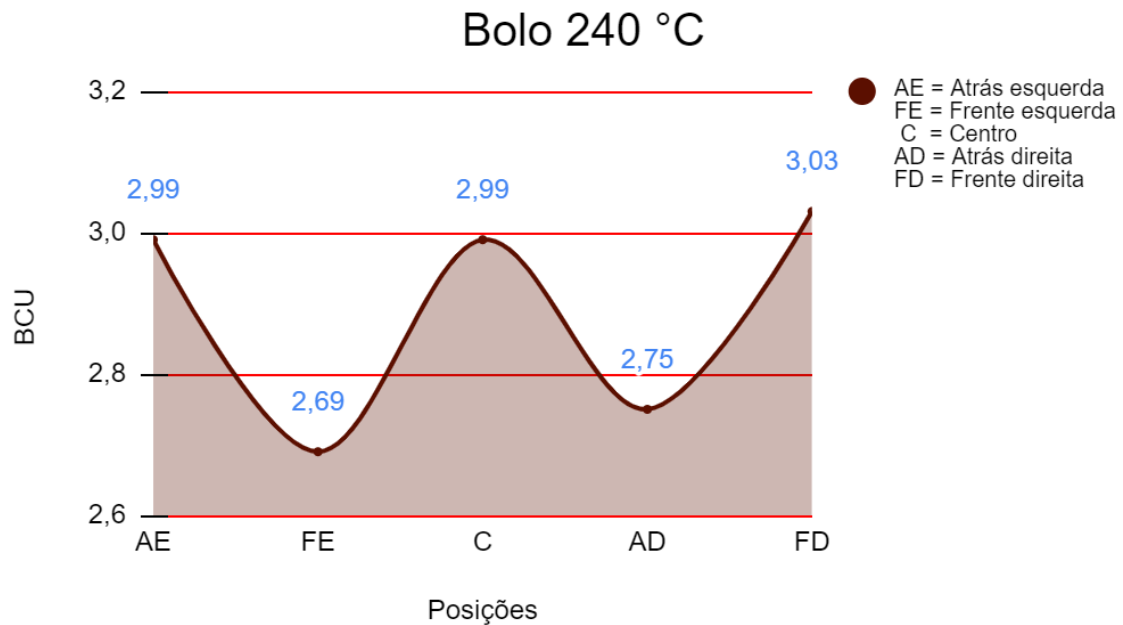
Fonte: Autoria própria (2021).

*A = Imagem da parte de cima do bolo; B = Imagem da parte de baixo do bolo; C = Imagem do bolo cortado virado à esquerda; D = Imagem do bolo cortado virado à direita.

5.7.1.9 Gráfico de cor

No gráfico 3, foi possível identificar dois pontos que estão fora do padrão estabelecido em escala BCU, frente esquerda e atrás direita, apresentando 2,69 e 2,75, respectivamente. São valores próximos à escala definida, mas que identificam uma interferência causada pela distribuição de calor irregular.

Gráfico 3 - Gráfico de cor - Apresentado em escala BCU.



Fonte: Autoria própria (2021).

5.7.2 Forno do fogão com 4 queimadores

O forno avaliado possui 4 queimadores e as temperaturas mínimas já estabelecidas no produto são 200, 220 e 240°C. Após instrumentar com termopares este fogão, foi realizado o teste de pré-aquecimento, ligando o forno por 10 minutos em temperatura máxima. Neste produto, a temperatura máxima é de 290°C, seguindo o estabelecido no procedimento, foi observado que o termopar localizado na grade inferior do forno detectou 214,3°C naquela posição.

5.7.2.1 Temperatura de escalonamento 200°C

Analisando as temperaturas obtidas neste experimento, o forno apresentou temperaturas internas bastante homogêneas, mas pequenas variações nas laterais podem ser notadas (Figura 20).

Figura 20 - Posição dos termopares no forno - Visão frontal.

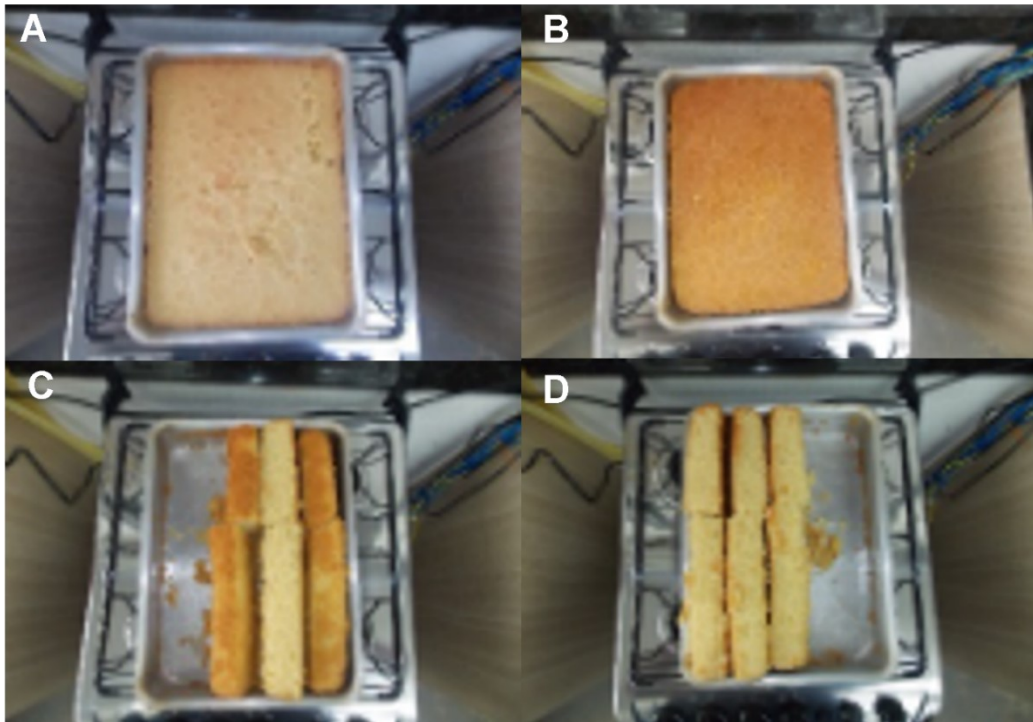
	183 - 172 - 182,7	
173,2		166,6
186,1	185 - 185,8 - 190,5	179,7
180,4		173,5
	197,9 - 212,6 - 202	

Fonte: Autoria própria (2021).

5.7.2.2 Imagens do assamento 200°C

As imagens apresentadas mostram um crescimento uniforme por toda a assadeira e um visual uniforme, sem graves contrastes no bolo que permitem identificar um assamento descontrolado. Este assamento demorou cerca de 56 minutos para atingir os 93°C no centro da massa.

Figura 21 - Imagens do bolo assado - Cortes e crescimento do bolo. *



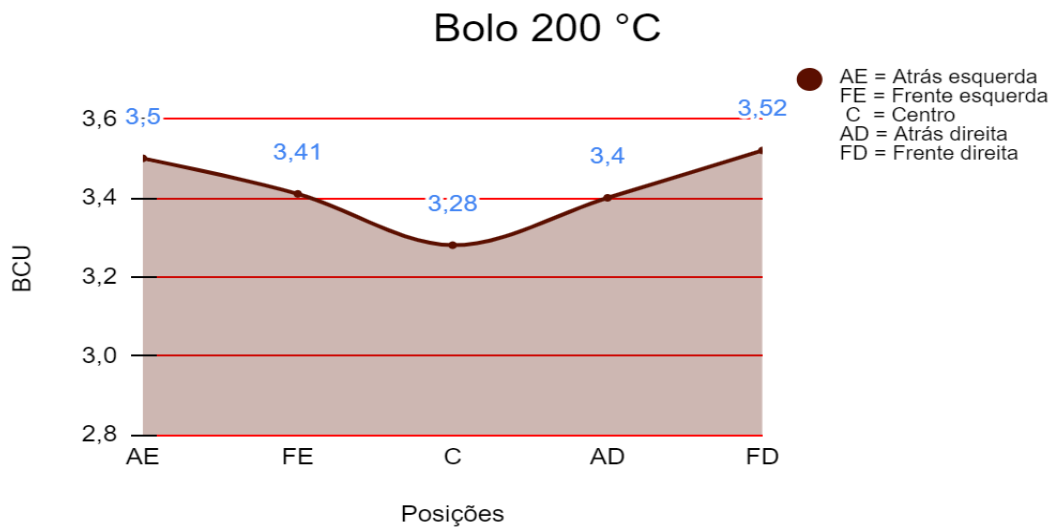
Fonte: Autoria própria (2021).

*A = Imagem da parte de cima do bolo; B = Imagem da parte de baixo do bolo; C = Imagem do bolo cortado virado à esquerda; D = Imagem do bolo cortado virado à direita.

5.7.2.3 Gráfico de cor

Na análise colorimétrica, os dados, representados em escala BCU, mostram que a parte central deste bolo está mais próxima do ideal seguindo o procedimento, porém fora do limite traçado, as outras regiões avaliadas também se apresentaram fora do padrão (Gráfico 4).

Gráfico 4 - Gráfico de cor - Apresentado em escala BCU.



Fonte: Autoria própria (2021).

5.7.2.4 Temperatura de escalonamento 220°C

Realizando a análise de escalonamento, é apresentada uma primeira impressão de como o fogão distribui o calor em seu interior. Neste produto, a distribuição é avaliada como uniforme, com poucas variações de temperatura (Figura 22).

Figura 22 - Posição dos termopares no forno - Visão frontal.

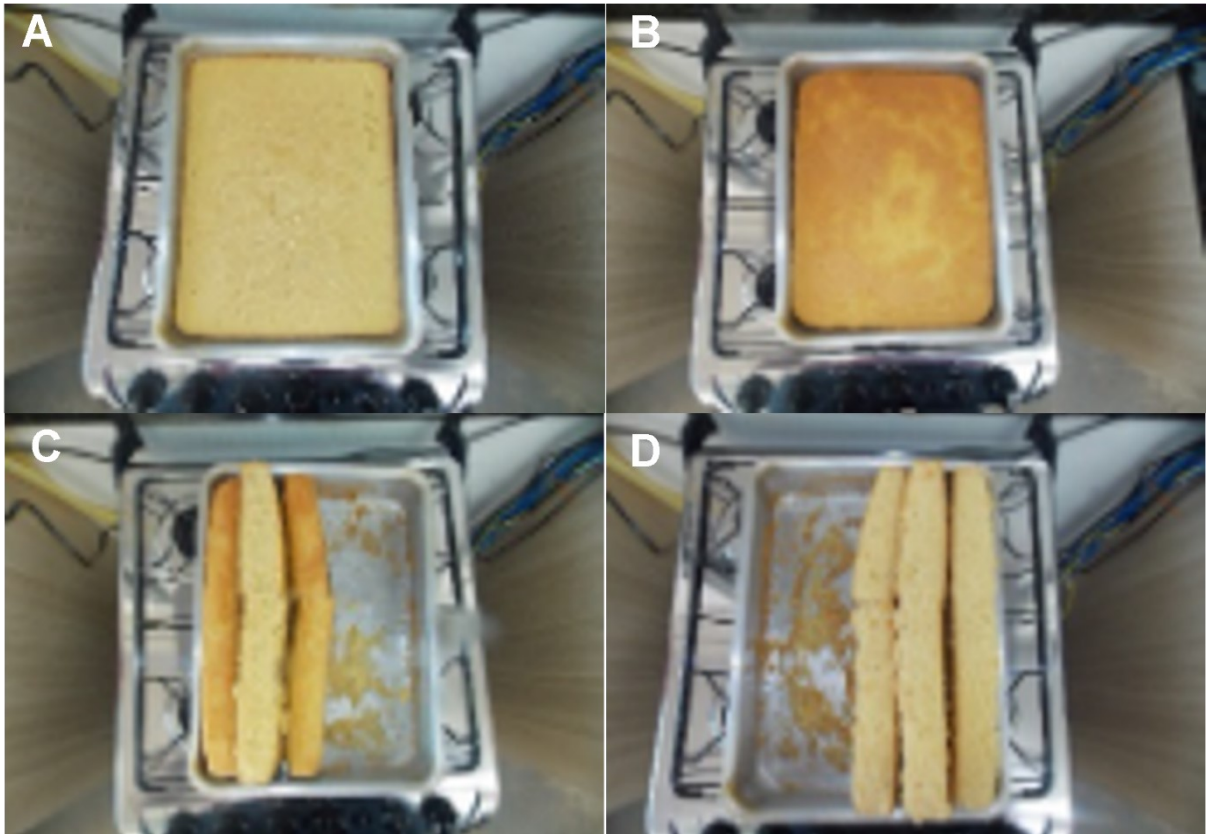
201 – 190,8 – 201		
190,5		185,6
203,3	201,2 – 204,5 – 208,9	191,1
196,5		191,5
215 – 234,5 – 218,2		

Fonte: Autoria própria (2021).

5.7.2.5 Imagens do assamento 220°C

Neste assamento, visivelmente é identificado que o bolo apresentou uma cor mais clara, porém considerada uniforme. Quando analisada a parte superior do bolo, o crescimento da massa é uniforme em todo ele (Figura 23).

Figura 23 - Imagens do bolo assado - Cortes e crescimento do bolo. *



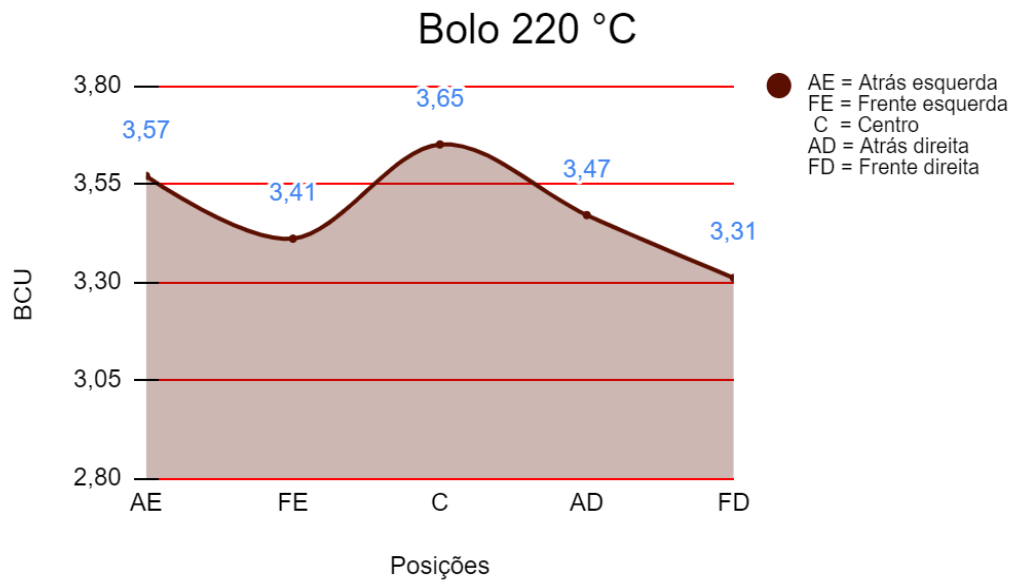
Fonte: Autoria própria (2021).

*A = Imagem da parte de cima do bolo; B = Imagem da parte de baixo do bolo; C = Imagem do bolo cortado virado à esquerda; D = Imagem do bolo cortado virado à direita.

5.7.2.6 Gráfico de cor

Na análise de cor, os parâmetros definidos em escala BCU estavam todos acima do limite tolerado, portanto, considera-se que o bolo está com o assamento irregular. O assamento ocorreu em cerca de 41 minutos (Gráfico 5).

Gráfico 5 - Gráfico de cor - Apresentado em escala BCU.

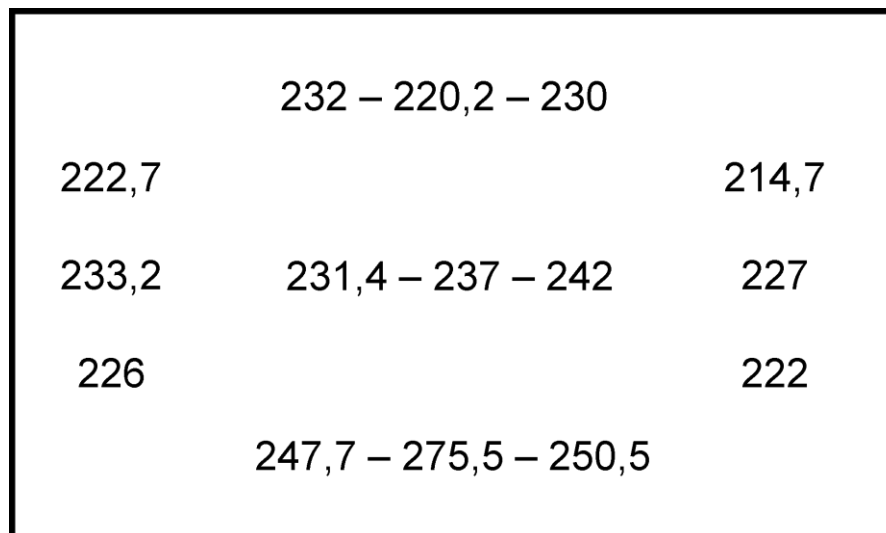


Fonte: Autoria própria (2021).

5.7.2.7 Temperatura de escalonamento 240°C

O escalonamento apresentou pequenas diferenças nas laterais do produto, o que deve influenciar pouco na qualidade do assado (Figura 24).

Figura 24 - Posição dos termopares no forno - Visão frontal.

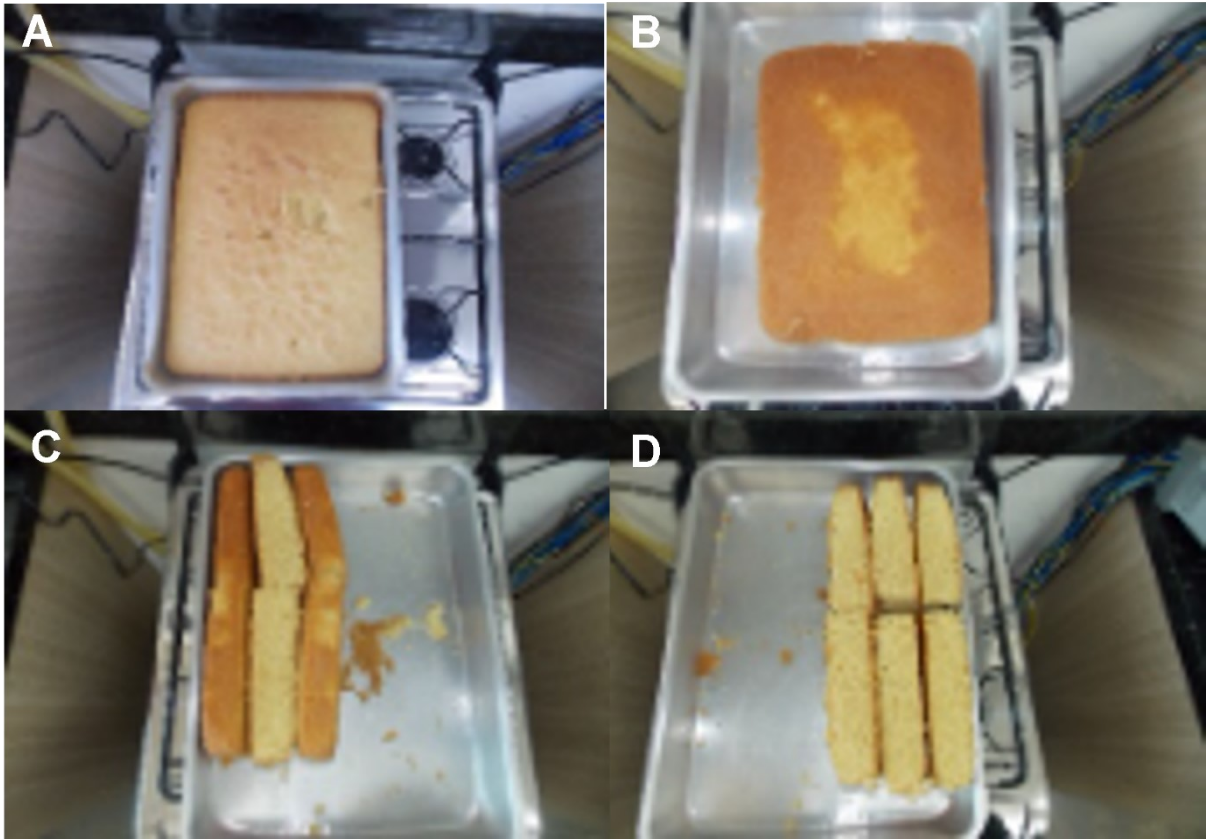


Fonte: Autoria própria (2021).

5.7.2.8 Imagens assamento 240°C

As imagens mostram um bolo com boa uniformidade e algumas variações notáveis na cor superior. O assamento ocorreu em torno de 34 minutos (Figura 25).

Figura 25 - Imagens do bolo assado - Cortes e crescimento do bolo. *

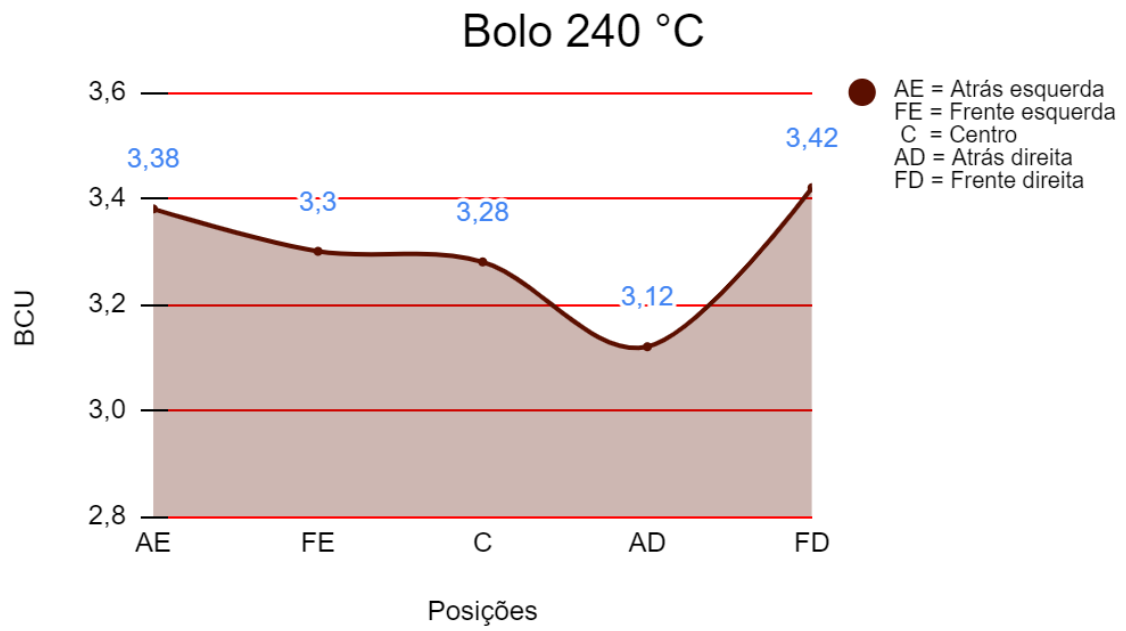


Fonte: Autoria própria (2021).

*A = Imagem da parte de cima do bolo; B = Imagem da parte de baixo do bolo; C = Imagem do bolo cortado virado à esquerda; D = Imagem do bolo cortado virado à direita.

5.7.2.9 Gráfico de cor

Em escala BCU, é possível identificar que só uma das regiões pode ser considerada como assamento regular, a região na parte de trás do lado direito do bolo. Nas imagens, é possível identificar esta diferença e nesta análise se obteve a confirmação. Porém, as outras regiões estão com valores fora do padrão estabelecido, considerando, então, um bolo com assamento irregular e que o forno do fogão necessita de melhorias para melhorar a distribuição de calor (Gráfico 6).

Gráfico 6 - Gráfico de cor - Apresentado em escala BCU.

Fonte: Autoria própria (2021).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da proposta de criar um procedimento para avaliar a qualidade da cocção em fornos de fogões a gás, obteve-se por meio de testes o documento que descreve como realizar a avaliação dos fornos, procedimento detalhado e exemplificado em fluxograma. O método de avaliação descreve como instrumentar os fornos com termopares para captar dados que possam ser analisados referentes a distribuição de calor sem e com alimento.

Para verificar se o assamento está ocorrendo de forma balanceada, uma massa de bolo padrão foi elaborada. Através de análises no bolo após o processo, é possível definir o estado de cocção, sendo que às duas principais variáveis que definem a qualidade do assamento são a uniformidade de crescimento e cor.

A uniformidade do crescimento de um bolo está relacionado com a ação do fermento utilizado. Esta ação é dependente do calor produzido pelo forno, então um desequilíbrio na transferência de calor e na homogeneidade da distribuição, certamente, afetará o crescimento da massa. Por isso, a importância de realizar cortes transversais e longitudinais e criar um banco de imagens com cenário padrão, onde seja possível fazer comparações e entender a dinâmica de determinado produto.

Em um bolo, a cor é um dos aspectos mais atraentes, desta forma, para apresentar uma cor que seja toda uniforme em sua superfície, é necessário que o forno propicie condições para isto ocorrer. A distribuição de calor do forno deve ser uniforme, caso contrário, o bolo vai atribuir contrastes em diferentes tons por toda a superfície. Isto se deve ao fato das reações, que promovem cor ao bolo, acontecerem em tempos e velocidades diferentes.

REFERÊNCIAS

- ALVES, N.E.G.; PAULA, L.R.; CUNHA, A.C.; AMARAL, C.A.A.; FREITAS, M.T. Efeito dos diferentes métodos de cocção sobre os teores de nutrientes em brócolis (*Brassica oleracea* L. var. *italica*). **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 70, n. 4, 2011.
- APLEVICZ, K.S.; SCHMITZ, F.Z.; DIAS, L.F. Aplicação de agentes químicos de crescimento em bolo de chocolate. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três corações, v. 12, n. 1, p. 338-345, 2014.
- BANDEIRA, J.A. **Projeto do sistema de controle de temperatura e monitoramento da umidade em equipamento de secagem de alimentos**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2018.
- BERGMAN, T.L.; LAVINE, A.S. **Incropera**. Fundamentos de transferência de calor e massa. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2019.
- BS EN 50304:2009. **Electric cooking ranges**, hobs, ovens and grills for household use - Methods for measuring performance. British Standard, 2009.
- BS EN 60350:2009. **Electric cooking ranges**, hobs, ovens and grills for household use - Methods for measuring performance. British Standard, 2009.
- CANELLA-RAWLS, S.C. **Pão, arte e ciência**. São Paulo: Senac, 2005.
- CÉSAR, A.S.; GOMES, J.C.; STALIANO, C.D.; FANNI, M. L.; BORGES, M.C. Elaboração de pão sem glúten. **Revista Ceres**, v. 53, n. 306, p. 150-155, mar./abr. 2006.
- ÇENGEL, Y.U.; GHAJAR, A.J. **Transferência de calor e massa**. Uma abordagem prática. 4. ed. Porto Alegre: AMGH, 2012.
- DEMIRKESEN, I.; MERT, B.; SUMNU, G.; SAHIN, S. Rheological properties of gluten - free bread formulations. **Journal of Food Engineering**, v. 96, p. 169-176, 2010.
- EL-DASHI, A.; CABRAL, L.C.; GERMANI, R. **Tecnologia de farinhas mistas**. 3. ed. Brasília: Embrapa - SPI, 1994.
- GALVES, M.C.P. **Técnicas de panificação e massa**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2014.
- GARCIA, R.L; AMARAL, R.A.; ZABADAL, J.; PIBERNAT, C.C.; JUCHEM, F.; SCHMITZ, A. Resfriamento de um cilindro de aço: Estudo experimental da convecção e radiação do calor. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 39, n. 4, mai. 2017.

JOHNSON, L.A.; HAVEL, E.F.; HOSENEY, R.C. Bovine plasma as a replacement for egg in cakes. **Cereal Chemistry**. v. 56; n. 4; p. 339-342, 1979.

KOCER, D.; HICSASMAZ, Z.; BAYINDIRLI, A.; KATNAS, S. Buble and pore formation of the high-ratio cake formulation with polydextrose as a sugar and fat-replacer. **Journal Food Engineering**; v. 78, n. 3, p. 953-964, 2007.

LOPES, L.C. **Controle metrológico da cor aplicado à estampa digital de materiais têxteis**. 2009. Dissertação (Mestrado em Metrologia para Qualidade e Inovação) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

MOREIRA, L. Medição de temperatura usando-se termopar. **Cerâmica Industrial**, v. 7, n. 2, p. 51-53, set./out. 2002.

MOREIRA, S.A. Alimentação e comensalidade: Aspectos históricos e antropológicos. **Ciência e cultura**, São Paulo, v. 62, n. 4, p. 23-26, out. 2010.

PHILLIPI, S.T. **Nutrição e técnica dietética**. 2. ed. Rev. e atual. Barueri: Manole Ltda., 2006.

PHILIPPI, S.T. **Nutrição e técnica dietética**. 3. ed. Barueri: Manole Ltda., 2014.

PIETA, A. **Influência da granulometria do açúcar na textura e cor de biscoitos rosca sabor leite**. 2015. Dissertação (Mestrado em Tecnologias de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2015.

PINTO, C.S.; DEGASPARI, F.T. Desenvolvimento de uma interface para aquisição de dados experimentais utilizando o microcontrolador Arduino UNO. *In: **Sistemas Produtivos e Desenvolvimento Profissional: Desafios e Perspectivas***. São Paulo: Centro Paula Souza, 2015.

QUITES, E.E.C.; LIA, L.R.B. **Introdução a transferência de calor**. Unisanta, 2005. Disponível em: <<http://media.ilang.com/PAT/Upload/686263/APOSTILA-TRANSFERENCIA-DE-CALOR.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

REIS, J.C.D. **Medidas do coeficiente de transferência de calor em fornos combinados**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Instituto Mauá de tecnologia, São Caetano do Sul, 2012.

SHIBAO, J.; BASTOS, D.H.M. Produtos da reação de Maillard em alimentos: implicações para a saúde. **Revista de nutrição**, Campinas, v. 24, n. 6, p. 895-904, nov./dez. 2011.

SILVA, C.L.; COSTA, V.D. **Aplicações de termopares**. 2015. Disponível em: <https://www.aedb.br/wp-content/uploads/2015/05/167216.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2021.

ZANDONADI, R. **O Psyllium como Substituto do Glúten**. 2006. Dissertação (Mestrado em Nutrição Humana) – Universidade de Brasília, Brasília, 2006.