Revisão do Sistema HACCP e Aplicação de Estratégias de Melhoria Contínua para Redução de Defeitos Críticos do Produto Final em Linhas de Produção Alimentar

Marisa Rebelo Clemente

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Mestrado Integrado em Engenharia Biológica

Orientador: Professora Maria das Mercedes Leote Tavares Esquível

Júri

Presidente:	Professor Duarte Miguel de França Teixeira dos Prazeres
Orientador:	Professora Maria das Mercedes Leote Tavares Esquível
Vogais:	Professora Marília Clemente Velez Mateus

Dezembro 2014

AGRADECIMENTOS

Concluída esta dissertação, gostaria de agradecer a todos a preciosa ajuda dada ao longo da sua realização.

À Professora Engenheira Mercedes Esquível por ser minha orientadora de estágio, pela ajuda, disponibilidade dada e por todas as anotações e conselhos para melhorar este trabalho.

À empresa Panrico S.A. pela oportunidade oferecida, a todo o departamento de Qualidade pelo acolhimento e auxílio dado, à Mónica, à Sílvia, à Paula, ao Zé, à Sandra, à Susana e à Fátima. Agradeço especialmente à Paula Mota pela simpatia e disponibilidade, paciência e sabedoria para me esclarecer as mais diversas dúvidas ao longo do meu trabalho. Acrescento ainda os meus agradecimentos ao Zé, a Joana, a Susana e a Mariana pela companhia e pelas várias boleias que tive para Lisboa.

À Marta Matias, agradeço por toda a ajuda, disponibilidade e acompanhamento dada no decorrer do estágio, tal como o partilhar de ideias e o resolver de desafios em conjunto no desenvolvimento deste projeto de melhoria contínua do produto.

Agradeço também à Ana Ângelo por me ter orientado numa primeira parte do estágio.

Aos operadores da linha do pão, pela pronta colaboração e pelos momentos de boa disposição. Agradeço ainda os restantes funcionários com os quais fui contactando ao longo destes seis meses, em especial ao Nuno Calcinha pela simpatia e por todos os esclarecimentos prestados.

Aos meus amigos e companheiros de sempre da faculdade, pelo apoio e por todos os momentos que passámos juntos durante este percurso académico.

Por último, um agradecimento especial ao meu namorado Gonçalo Aguiar, por toda a paciência e apoio constante a todos os níveis, sem a qual teria sido mais difícil passar esta fase.

RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido numa indústria panificadora, com principal objetivo de revisão e melhoria do sistema HACCP implementado.

Procedeu-se a uma examinação cuidadosa e confirmação "in loco" da documentação que constitui a identificação dos perigos, a avaliação de riscos e respetivas medidas preventivas implementadas que permitem eliminar ou reduzir a ocorrência do perigo a níveis aceitáveis. Foram identificados os pontos críticos de controlo e implementados novos limites críticos de controlo no caso do detetor de metal.

A segunda parte do trabalho foi realizada no âmbito da melhoria da qualidade dos produtos da linha do pão, com o intuito de diminuir a incidência de aparecimento de buracos nos pães, defeito recorrente nos pães integrais, nomeadamente no Pão 0% Açúcares. Neste sentido, foram identificadas possíveis causas que poderão levar ao aparecimento desse defeito, ao longo de todo o processo de fabrico e tendo em conta as matérias-primas. Com base nos dados recolhidos, analisaram-se correlações entre parâmetros do processo e o aparecimento de buracos no pão.

Ao longo do projeto, foram repostas algumas condições básicas de funcionamento e implementadas ações corretivas, que não se mostraram eficazes na diminuição da incidência desse defeito, tendo-se apenas eliminado algumas das causas possíveis identificadas anteriormente.

Palavras-Chave: Panificação, Segurança alimentar, HACCP, Controlo de Qualidade, Melhoria Contínua

ABSTRACT

The following project was developed in a bakery industry, with the main focus on the review and improvement of the implemented HACCP System.

A careful examination and on-site confirmation of the HACCP documentation was carried out. This documentation identifies the hazards, evaluates the risks and respective implemented preventive measures that allow to eliminate and reduce the probability of the hazard to acceptable levels. Many critical control points were identified and new critical control limits were implemented for the metal detector.

The second half of the work was carried out in the framework of improving the quality of the bread production line, in order to decrease the appearance of holes in the bread crumb, a recurring defect in the whole grain breads, namely the Pão 0% Açucares brand (0% Sugars Bread). In this sense, many possible causes that may lead to the existence of this defect were identified, having in mind the whole manufacturing process and also the raw materials used. Correlations between the process parameters and the appearance of holes in the bread crumb were analyzed, using the data retrieved.

During this project, some basic process parameters were reset and corrective actions were implemented. However, these efforts did not prove effective in the reduction of the defect's occurrence, although some of the possible causes presented before were ruled out.

Keywords: Bakery, Food Safety, HACCP, Quality Control, Continuous Improvement

ÍNDICE

Agradecimentos i

Resumo ii

Abstract iii

Índice iv

Índice de Figuras vi

Índice de Tabelas vii

Símbolos e Abreviaturas viii

1. Introdução 1

1.1. Enquadramento e objetivos 1

1.2. Estrutura do documento 1

1.3. Qualidade na Indústria Alimentar 2

2. *Hazard Analysis and Critical Control Points* (HACCP) 3

2.1. Enquadramento 3

2.1.1. Origem do Conceito e Enquadramento Legal 3

2.1.2. Vantagens do Sistema HACCP 4

2.1.3. Os princípios e a metodologia HACCP 5

2.1.4. Pré-requisitos 11

2.2. Revisão do sistema HACCP 16

2.2.1. Manual HACCP 16

2.2.2. Descrição do produto 16

2.2.3. Fases operacionais e diagramas de fluxo 17

2.2.4. Análise de perigos e medidas preventivas 17

2.2.5. Árvore de decisão 22

2.2.6. Pontos críticos de controlo: Limites críticos, sistema de monitorização e ações corretivas 23

2.3. Lista de acrílicos e plásticos rígidos 25

2.4. Conclusão e Recomendações 26

3. Projeto de melhoria contínua de um produto 27

3.1. Enquadramento 27

3.1.1. Matérias-primas 27

3.1.2. Processo industrial de panificação 32

3.2. Caso de estudo 38

3.2.1. Situação inicial 38

3.2.2. Metodologia aplicada 38

3.2.3. Identificação de possíveis causas do defeito 39

3.2.4. Recolha e análise de dados 52

3.2.5. Reconstituição das condições básicas, ações corretivas e resultados 55

3.2.6. Conclusões e recomendações 56

4. Conclusão e Discussão 58

5. Bibliografia 59

Anexo 1: Lista de acrílicos e plásticos rígidos veículos existentes na fábrica (antes reparações) Gráficos de dispersão 63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Árvore de decisão utilizada pela Panrico 22
Figura 2 – Exemplo de padrões de teste para verificação do desempenho dos detetores de metais. [15] 23
Figura 3 – Ilustração do "efeito de orientação" em detetores de metais e respetiva dificuldade de deteção. [18] 24
Figura 4 – ilustração das diferentes porções de um grão de trigo. [19] 28
Figura 5 –Fermento padeiro no formato de um bloco compacto. [22] 29
Figura 6 - Diagrama simplificado do processo de produção de pão com indicação dos equipamentos e tempo aproximado de cada etapa. 33
Figura 7 - Estado da massa nas diversas fases de amassadura até ao ponto de batimento ótimo, na produção de pão branco. A: Ponto depois de atingir a homogeneidade da massa, esta apresenta-se frágil e rompe-se com facilidade; B: Massa não totalmente desenvolvida; C: Massa totalmente desenvolvida. Ponto ideal ou ponto de véu. [32] 34
Figura 8 – Ilustração de uma formadora, equipamento onde ocorre o enrolamento e formação da massa. 35
Figura 9 – Fatias de um pão 0% Açúcares. À direita, uma fatia conforme/sem defeito e à esquerda uma fatia com buraco superior a 1cm. 38
Figura 10 – Metodologia utilizada no desenvolvimento do projeto de redução de ICS no pão 0% Açúcares. 39
Figura 11 - Fatias de um pão 0% Açúcares onde é evidenciado uma estrutura do miolo muito aberta. 40
Figura 12 – Máquina formadora 45
Figura 13 – Máquina divisora e controladora de peso da sala dos amassados. 56

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2 – Matérias-primas em que se considerou o perigo químico de contaminação por dioxinas, PCBs e benzopirenos. 18

Tabela 3 - Classificação da gravidade do perigo potencial. 21

Tabela 4 - Classificação da probabilidade do perigo potencial. 21

Tabela 5 – Determinação do nível de risco e medidas de controlo a tomar. 21

Tabela 6 – Características analíticas (humidade, acidez, cinza total, cinza insolúvel e glúten seco) limites estabelecidos pela Portaria n.o 254/2003, consoante o Tipo da farinha de trigo. 29

Tabela 7 – Aditivos presentes na formulação do Pão Integral 0% Açúcares e seus efeitos na panificação. Fonte: [38] [39] [40] 41

Tabela 8 – Análise 5 Porquês realizada para melhor compreensão e identificação das causas-raiz que poderão dar origem ao aparecimento de pães com buracos no miolo, nomeadamente no pão 0% Açúcares. 48

Tabela 9 – Variáveis de controlo relevantes para o estudo 52

Tabela 10 – Coeficientes de determinação (R^2) obtidos da regressão linear entre cada fator e a percentagem de pães examinados com buracos em cada produção. 53

Tabela 11 – Coeficientes de correlação amostral (r) obtidos entre cada fator e a percentagem de pães examinados com buracos em cada produção. 54

Símbolos e Abreviaturas

A_w	Atividade da água
BPF	Boas Práticas de Fabrico
BPH	Boas Práticas de Higiene
DATEM	Diacetyl tartaric acid ester of mono- and diglycerides
FAO	Food and Agriculture Organization
FDA	Food and Drug Administration
G	Gravidade
HACCP	Hazard Analysis and Critical Control Points
H_{Ferm}	Humidade real da câmara de fermentação
ICMSF	International Commission on Microbiological Specifications for Foods
ICS	Indice de Calidad de Salida
IFS	International Featured Standards
IR	Índice de Risco
ISO	International Organization for Standardization
KPI	Key Performance Indicator
$m_{Água}$	Massa de água
$m_{Lev.}$	Massa de levedura
NACMCF	National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods
NAS	National Academy of Sciences
NASA	National Aeronautics and Space Administration
OMS	Organização Mundial de Saúde
P	Probabilidade
PC	Ponto de Controlo
PCB	Bifenilo policlorado
PCC	Ponto Crítico de Controlo
PPR	Programa de Pré-requisitos
r	Coeficiente de correlação amostral

R^2	Coeficiente de determinação
S	Soma das áreas dos buracos de cada pão
SSL	Sodium stearoyl lactylate
T_{atm}	Temperatura atmosférica média mensal
t_{Batido}	Tempo de batido
t_{Massa}	Temperatura da massa
$T_{Ferm.}$	Temperatura real da câmara de fermentação
$t_{Ferm.}$	Tempo de fermentação
T_{Forno}	Temperatura do forno
T_{Sala}	Temperatura da sala dos amassados

1. INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO E OBJETIVOS

Este trabalho surgiu no seguimento de um programa de estágio curricular realizado na fábrica de Mem Martins da Panrico, no departamento da Qualidade, no âmbito da elaboração da dissertação para obtenção do grau de mestre em Engenharia Biológica.

A Panrico é uma empresa de produção alimentar espanhola que se dedica à elaboração e distribuição de pão de forma e de bolaria industrial. Fundado em 1962, o grupo Panrico é agora líder no mercado ibérico de bolos e pão de forma. Na fábrica de Mem Martins, são produzidas as seguintes gamas de produtos:

- Uma gama de bolaria, que inclui uma variedade de produtos doces como as marcas Bollycao®, Donuts® e Manhãzitos®.
- Produtos de padaria que inclui uma grande variedade de pão de forma, pão de leite, bolaria especial para hamburguer e *hot dog*.

Este trabalho focar-se-á, em primeira instância, na revisão do Sistema HACCP, no âmbito da sua revisão anual obrigatória, bem como pela necessidade de se certificarem todas as linhas de produção.

Transversalmente, efetuar-se-á um estudo com o objetivo de melhorar a qualidade dos produtos da linha do pão, de modo a reduzir a incidência de um defeito recorrente. Defeitos deste tipo podem pôr em causa a competitividade do produto e a satisfação do cliente final, pelo que serão estudadas as causas do defeito e propostas as respetivas soluções corretivas. Por fim, o sucesso das medidas tomadas será avaliado.

1.2. ESTRUTURA DO DOCUMENTO

A estrutura da dissertação encontra-se dividida em duas partes. A primeira centra-se na revisão do Sistema HACCP da empresa e a segunda parte trata do estudo efetuado para redução do defeito do pão 0% Açúcares, ou seja, a incidência de pães com buracos.

Desta forma o documento é composto pelos seguintes capítulos:

- **Capítulo 1:** Breve enquadramento do trabalho, descrição dos objetivos e da estrutura do documento. Introdução ao conceito da Qualidade na Indústria Alimentar.
- **Capítulo 2:** Introdução teórica do sistema HACCP. Revisão do sistema HACCP implementado pela Panrico para todas as linhas de produção da fábrica.

- **Capítulo 3:** Breve introdução ao processo de panificação. Apresentação do estudo de melhoria da qualidade de um produto da linha do pão, pela análise das possíveis causas de um defeito. Apresentação de medidas corretivas para mitigação do defeito.
- **Capítulo 4:** Conclusão e discussão.

1.3. Qualidade na Indústria Alimentar

Na indústria alimentar, o principal objetivo dos sistemas da qualidade é englobar um conjunto de atividades que garantam o desenvolvimento de alimentos de acordo com os requisitos de qualidade e segurança impostos pela legislação, pelos clientes e pelos consumidores.

A qualidade e segurança são termos que englobam conceitos distintos. A qualidade é o conjunto de características que o alimento deve apresentar, enquanto que a segurança alimentar está exclusivamente relacionada com os riscos que poderão ser prejudiciais à saúde do consumidor. Apesar desta distinção, os princípios e práticas exigidas ao nível da segurança alimentar estão, na maioria dos casos, integrados no sistema da qualidade das empresas.

Desta forma, o sistema HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) costuma fazer parte do sistema de gestão da qualidade de uma empresa alimentar. Esta é uma ferramenta essencial para avaliar perigos, estabelecer medidas para o seu controlo e cuja finalidade é a aposta forte na prevenção. No entanto, a implementação de um Sistema HACCP não é por si só suficiente. Deverão já estar implementadas e em pleno funcionamento as medidas básicas de higiene, permitindo que o sistema se centre nas etapas que são críticas para a segurança dos alimentos. Todas estas medidas que constituem as bases sólidas para a implementação de um sistema HACCP efetivo são denominadas no seu conjunto por pré-requisitos e estão claramente descritas na legislação comunitária. [1] [2]

Decorrente das imposições comunitárias e das exigências dos próprios consumidores, a garantia de uma correta gestão da qualidade alimentar no que concerne à higiene e segurança dos alimentos é fundamental para as empresas do sector alimentar. Esta garantia pode ser comprovada através da implementação de Sistemas de Gestão da Qualidade Alimentar, segundo a metodologia HACCP, com a consequente certificação por uma entidade certificadora independente.

Como foi referido, o controlo da qualidade também tem como objetivo prever e controlar a qualidade dos alimentos e o processo que permite obter, no final, um produto com as características esperadas. Para que uma organização consiga manter a qualidade dos seus produtos, com vista a garantir a completa satisfação das necessidades dos clientes e atingir o objetivo de produtos com “zero defeitos”, é necessário que o foco esteja sempre voltado para a melhoria contínua do seu processo e produto. Deste modo, esse trabalho contínuo visa a otimização dos processos de produção, procurando diminuir a sua variabilidade e minimizar a ocorrência de não conformidades nos produtos a nível das suas especificações que poderão originar reclamações e insatisfação por parte dos clientes.

2. *HAZARD ANALYSIS AND CRITICAL CONTROL POINTS* (HACCP)

2.1. ENQUADRAMENTO

O HACCP, "Hazard Analysis and Critical Control Points" ou em português "Análise dos Perigos e Pontos Críticos de Controlo", é uma metodologia de controlo da segurança alimentar que permite identificar os perigos ao longo de toda a cadeia alimentar e definir as medidas preventivas para o seu controlo. Esta metodologia assenta na prevenção para garantir que os géneros alimentícios produzidos, armazenados e transportados sejam seguros para os consumidores.

O sistema HACCP é assim encarado como uma ferramenta de análise sistemática e estruturada dos perigos ligados ao processamento alimentar, totalmente documentada e verificável. [3]

2.1.1. Origem do Conceito e Enquadramento Legal

O conceito HACCP foi desenvolvido nos anos 60 pela empresa Pillsbury Corporation, em colaboração com os laboratórios do Exército dos Estados Unidos e a NASA, com o objetivo de produzir alimentos totalmente seguros para o Programa Espacial dos Estados Unidos, em particular o Programa Apollo. Uma das preocupações da NASA era garantir a inocuidade final dos alimentos que seriam consumidos pelos astronautas, visto que a existência de microrganismos patogénicos ou as suas toxinas poderia causar doenças, o que seria desastroso numa missão. Para tal, os métodos tradicionais de controlo de qualidade, como a amostragem do produto final e as provas destrutivas, eram claramente insuficientes uma vez que não garantiam a total inocuidade dos alimentos produzidos.

A NASA pretendia um programa do tipo "Zero defeitos" como o que tinha sido utilizado para testar o equipamento utilizado no programa espacial. Este era baseado numa série de provas não destrutivas que permitiam garantir que os equipamentos funcionariam corretamente, no entanto, um tal programa não era adaptável para testar a qualidade dos alimentos. Após vários ensaios, a Pillsbury acabou por adaptar o conceito de "Modo de Falhas" dos Laboratórios Nacionais do Exército dos EUA que se baseia na obtenção de conhecimento e experiência relativos à produção e/ou processamento do alimento; fazer um levantamento dos "perigos potenciais", ou seja, quais, onde e em que parte do processo poderiam ocorrer essas falhas; e com base nessa análise, selecionar ações para verificar se o processo está ou não sob controlo. Estes pontos identificados ao longo de um processo passaram a ser designados por "Pontos Críticos de Controlo", que deram origem ao HACCP. Assim, conseguiu-se obter uma ferramenta que, aplicada aos fatores associados à matéria-prima, ingredientes, processo de produção, processamento e outros, permitia prevenir a incidência dos perigos e garantir a inocuidade final do alimento. [4]

O conceito HACCP foi apresentado pela primeira vez durante a Conferência Nacional sobre Proteção dos Alimentos, em 1971, suscitando bastante interesse e, em 1974, a FDA (Food and Drug Administration)

incorporou na sua regulamentação os princípios do HACCP para alimentos enlatados de baixa acidez e acidificados. [5]

Em 1985, o Comité de Proteção de Alimentos da Academia Nacional de Ciências dos EUA (NAS) determinou que a abordagem HACCP constituia a base para a garantia da segurança alimentar. Esta metodologia foi então recomendada para empresas do sector alimentar por organizações como a Organização Mundial de Saúde (OMS), a Comissão Internacional de Especificações Microbiológicas dos Alimentos (ICMSF) e a Organização das Nações Unidas para a Agricultura (FAO). No entanto, visto que a descrição dos seus princípios ainda era relativamente breve e o desenvolvimento de um plano HACCP bastante complexo, a metodologia apenas foi adotada por algumas grandes empresas. [4] [5]

Os princípios do HACCP foram profundamente e detalhadamente estudados pela indústria e por agências governamentais, tal como a FDA, o Comité Nacional de Assessoria em Critérios Microbiológicos para Alimentos (NACMCF) e, subsequentemente pelo Comité de Higiene de Alimentos do Codex Alimentarius. Este último publicou, em 1993, um Guia para aplicação do Sistema HACCP e, no mesmo ano, a União Europeia procedeu à harmonização de um conjunto de normas para a legislação comunitária pela Diretiva 43/93 do Conselho de 14 de Junho, estabelecendo as normas gerais de higiene dos alimentos, em todas as fases do seu processamento, bem como os modos de verificação do cumprimento dessas normas. Em Portugal, a diretiva foi transposta para o Decreto-Lei n.º 67/98, de 18 de Março de 1998. O sistema de HACCP tinha então que ser baseado em dados concretos e objetivos da empresa e não em cópias ou repetições de outras empresas. [5]

Mais recentemente, o Regulamento (CE) n.º 852/2004, que se tornou obrigatório a partir do dia 1 de Janeiro de 2006, define que os operadores das empresas do sector alimentar devem criar, aplicar e manter um sistema permanente baseado nos princípios HACCP. Este é aplicável em todas as fases da produção, transformação e distribuição de alimentos, sem prejuízo de requisitos mais específicos em matéria de higiene dos géneros alimentícios.

Em Setembro de 2005, a International Organization for Standardization (ISO) criou a ISO 22000 que define os requisitos para a implementação de Sistemas de Gestão da Segurança Alimentar, segundo a Metodologia HACCP. A implementação desta Norma permite a definição de um Sistema de Gestão de Segurança Alimentar que possibilitará, além do reconhecimento da empresa como "Empresa Certificada", o cumprimento dos requisitos legais, nomeadamente do Regulamento (CE) n.º 852/2004. [6]

2.1.2. Vantagens do Sistema HACCP

O sistema HACCP usa uma abordagem de controlo de pontos críticos durante o processamento de produtos de modo a prevenir problemas de segurança alimentar, desde as matérias-primas até ao produto final. Baseado em evidências científicas, esta metodologia permite identificar, de modo sistemático, os perigos específicos que têm impacto na saúde do consumidor e as medidas para seu

controlo. Desta forma, a sua aplicação supõe uma garantia de segurança dos alimentos, apostando principalmente na prevenção e reduzindo assim a dependência de inspeções e testes nos produtos acabados, o que se traduz numa diminuição de custos operacionais. Este pode ser aplicado em todos os sectores da indústria alimentar, do produtor primário até ao consumidor. [5]

A aplicação de um tal sistema permite direcionar os recursos humanos e materiais para os pontos-chave do processo e, devidamente implementado, permite um maior envolvimento e empenho de todos os funcionários no entendimento e na garantia da segurança alimentar.

Este proporciona uma evidência documentada do controlo do processo de fabrico, no que se refere à segurança dos alimentos. Demonstra o cumprimento das especificações, normas e requisitos legais, facilitando a avaliação de situações não conformes. Providencia então os meios para prevenir erros na gestão da segurança alimentar que possam prejudicar a sobrevivência da empresa. Além disso, a aplicação do sistema HACCP auxilia os serviços oficiais de fiscalização e controlo a cumprir as suas tarefas e promove o comércio internacional através da melhoria da confiança na segurança e inocuidade dos alimentos por parte dos consumidores.

A estes benefícios contrapõem-se algumas dificuldades que podem condicionar a aplicação deste sistema, como o custo que as empresas terão de suportar para a sua implementação, dada a necessidade de recursos técnicos e materiais, nem sempre existentes ou disponíveis, especialmente nas empresas de pequena dimensão. A resistência à mudança e a alteração de práticas e hábitos poderá também ser um obstáculo para certas empresas. Não significa que devem ser deixados de lado os procedimentos de garantia de qualidade e as boas práticas de fabricação já estabelecidos. Estas têm é que ser revistas para que façam parte de uma abordagem sistemática e sejam integradas no plano HACCP, o que exige um esforço e investimento de tempo considerável e posteriormente a constante necessidade de atualização de conhecimentos por parte de todos os intervenientes. [7]

2.1.3. Os princípios e a metodologia HACCP

Quando o conceito HACCP foi apresentado pela primeira vez na Conferência Nacional sobre Proteção dos Alimentos, em 1971, o sistema assentava em três princípios:

1. Identificar e avaliar os perigos associados com a criação / comercialização/ abate / industrialização / distribuição dos alimentos;
2. Determinar os pontos críticos para controlar qualquer perigo identificado, ou seja, os fatores específicos que precisam ser controlados para evitar problemas, antes que estes ocorram;
3. Estabelecer sistemas para monitorizar os pontos críticos de controlo, de modo a verificar se estes fatores estão a ser controlados adequadamente. [8]

Foi após vários estudos desenvolvidos por agências governamentais, como a FDA, o NACMCF e o Comité de Higiene de Alimentos do *Codex Alimentarius* que resultou o Sistema HACCP com os 7 princípios tal como é atualmente conhecido.

Os 7 princípios fundamentais em que se assenta o Sistema HACCP são:

Princípio 1 – Conduzir uma análise de perigos;

Princípio 2 – Determinar os pontos críticos de controlo (PCC's);

Princípio 3 – Estabelecer os limites críticos para cada ponto crítico de controlo (PCC);

Princípio 4 – Estabelecer procedimentos de monitoramento para controlo de cada ponto crítico.

Princípio 5 – Estabelecer as ações corretivas a tomar quando um dado ponto crítico de controlo (PCC) se encontra fora dos níveis aceitáveis.

Princípio 6 – Estabelecer procedimentos para a verificação que evidenciem que o sistema HACC funciona efetivamente.

Princípio 7 – Estabelecer sistemas de registo e arquivo de dados que documentem todo o plano HACCP.

De acordo com as recomendações do *Codex Alimentarius*, a aplicação prática dos princípios referidos segue uma metodologia constituída por três grandes fases que se subdividem em 14 etapas sequenciais.

A primeira fase engloba as seis primeiras etapas do método. São chamadas de etapas preliminares e correspondem à estruturação da equipa que vai desenvolver o estudo e planeamento do HACCP, tal como, a compilação de informação de suporte relevante para a realização da análise de perigos, nomeadamente a descrição do produto, a forma como é utilizado pelo consumidor e das condições do processo. A segunda fase, composta por 7 passos, corresponde à aplicação dos 7 princípios do HACCP. Finalmente, a terceira e última fase consiste na implementação de uma verificação do sistema, permitindo uma adaptação permanente deste. [1]

Segue-se abaixo, de forma detalhada, as 14 etapas que permitem a implementação da metodologia HACCP.

I. Definição do Âmbito do Estudo.

Nesta primeira etapa, define-se qual o produto ou processo que irá ser alvo da abordagem e que tipos de perigos vão ser considerados (químicos, físicos ou biológicos). Também deve estar definido à partida o limite do plano, ou seja, as fases do processo em que o estudo inicia e termina (produto à saída da

fábrica, no ponto de venda ou no momento de consumo). Convém assegurar que os perigos associados às matérias-primas estão contemplados no plano HACCP do fornecedor ou no processo em estudo.

II. Constituição da Equipa HACCP

A equipa HACCP é responsável pela elaboração, implementação e manutenção do Sistema HACCP na empresa e deve ser selecionada de forma a garantir a multidisciplinaridade desta, para que a troca de experiências seja proveitosa. Desta forma, devem ser envolvidas pessoas responsáveis de diversos departamentos da empresa, especialistas com conhecimentos técnicos (microbiologia, técnico alimentar, etc.) e práticos (produção, controlo de qualidade, manutenção), bem como colaboradores que estejam diariamente e diretamente envolvidos no processo para garantir a eficácia do sistema.

Não é aconselhável que a equipa tenha mais do que seis elementos e é indispensável que os seus membros tenham uma formação inicial sobre o sistema para que a equipa utilize a mesma terminologia e compreenda o âmbito do estudo.

As responsabilidades da equipa HACCP são as seguintes:

- Efetuar o estudo HACCP e gerar a respetiva documentação;
- Elaborar o plano HACCP;
- Assegurar a elaboração e o cumprimento do plano de formação na área de Higiene e Segurança Alimentar;
- Assegurar a implementação de ações corretivas;
- Assegurar o cumprimento dos procedimentos de verificação;
- Assegurar a revisão do plano HACCP.

III. Descrição do Produto

Trata-se de elaborar as fichas técnicas dos produtos comercializados de forma a caracterizá-los. Isto inclui informação sobre a sua composição e propriedades físico-químicas (a_w, pH, etc.), condições de processamento, tipo de embalagem, perigos (alergénios, por exemplo), a durabilidade, condições de armazenamento e sistema de distribuição.

IV. Identificação do uso esperado do produto

Deverão ser identificados os potenciais consumidores do produto para uma avaliação rigorosa dos riscos associados ao produto, tendo assim em conta grupos de risco (crianças, idosos, grávidas, etc.). Também deverá ser estudado qual o uso expectável do produto pelo consumidor, analisando as formas

habituais e inadequadas no seu modo de armazenamento, utilização e a sua duração, visto que estas condições podem ter incidências sobre os perigos. A rotulagem do produto deverá então ter estes fatores em conta.

V. Elaboração do Diagrama de Fluxo e *Layout*

No fluxograma a elaborar, deve-se detalhar todos os passos do processo em sequência, desde a receção de matérias-primas até à distribuição do produto final, na forma de um diagrama simplificado. É este documento que servirá de base para a análise de perigos. O fluxograma também pode incluir informações sobre as matérias-primas, embalagem, como também ciclos de reciclagem ou de reprocessamento. O *layout* pode contemplar o fluxo de pessoal e fluxo dos produtos.

VI. Verificação *in loco* do fluxograma

Esta etapa consiste em comparar o fluxograma elaborado com a operação que este representa no local, validando todo o processo. Deve-se observar o processo em todos os turnos de produção para assegurar que o diagrama é válido para todos os períodos de atividade.

VII. Identificação de perigos associados a cada etapa do processo e considerar medidas preventivas (Princípio 1)

Usando o fluxograma como guia, a equipa HACCP deverá identificar todos os perigos razoavelmente esperados em cada etapa do processo, cuja eliminação ou redução a níveis aceitáveis é indispensável, para produzir um alimento seguro. Para tal, é necessário conhecer as características físicas, químicas e biológicas do produto, dos vários ingredientes e as etapas do processo que influenciam essas características. Cada perigo será então categorizado em três tipos diferentes:

- Perigos Químicos: Os contaminantes químicos provêm normalmente de origem externa, como metais pesados, aditivos adicionados em excesso, resíduos de detergentes, pesticidas, lubrificantes, entre outros. No entanto, também poderão pertencer à constituição química do alimento.
- Perigos Físicos: Estes são associados à presença de qualquer material físico que, quando incorporado no alimento, pode causar danos à saúde do consumidor. Entre outros contaminantes físicos, destacam-se: lascas de madeira, estilhaços de vidro, ossos, pêlos, terra, parafusos e adornos pessoais (anéis, brincos, etc.).
- Perigos Biológicos (ou Microbiológicos): Este perigo é geralmente associado a falhas nas boas práticas de higiene e fabrico, matérias-primas contaminadas, ou incumprimento de regras de

higiene por parte dos trabalhadores. Os percursores destes perigos biológicos são as bactérias patogénicas (*Salmonela, S. aureus, etc.*), os fungos, bolores, vírus e parasitas que podem provocar toxi-infecções alimentares.

Depois de identificar e listar todas as causas possíveis de um perigo, a equipa HACCP terá de efetuar uma análise de risco para cada perigo considerado, em função da probabilidade de ocorrência e da sua severidade (impacto que terá na saúde do consumidor), bem como a identificação de medidas preventivas existentes ou a implementar, que permita eliminar o perigo ou reduzir a sua ocorrência a níveis aceitáveis. A documentação resultante deste trabalho deverá ser muito bem estruturada e baseada em informação fidedigna (estudos e artigos técnico-científicos).

VIII. Identificação dos Pontos Críticos de Controlo (Princípio 2)

Uma vez listados todos os perigos, as suas fontes de contaminação e respetivas medidas preventivas, a equipa HACCP deverá identificar os pontos do processo nos quais seu controlo é crítico (PCC), ou seja, os pontos que devem ser monitorizados de modo a eliminar ou reduzir a ocorrência de um perigo e onde a falha de controlo leva a um risco inaceitável sem possibilidade de correção posterior. A ferramenta usada para tal identificação é a Arvore de Decisão, recomendada pelo *Codex Alimentarius*, que consiste na aplicação de uma série de questões sobre cada perigo de cada etapa do processo. A aplicação da árvore de decisão deve ser flexível, para se adequar ao tipo de operação a analisar, e requer o uso de bom senso.

IX. Estabelecimento dos Limites Críticos de Controlo (Princípio 3)

Para cada PCC estabelecido, deve-se especificar o parâmetro a controlar e respetivo limite crítico, cujo respeito é imperativo para assegurar o seu controlo efetivo. Esses limites críticos terão de ser definidos numa base científica ou pela consulta de legislação. Os critérios normalmente utilizados incluem medições de temperatura, de tempo, humidade, pH, cloro livre ou até inspeção visual (com especificações bem claras).

X. Estabelecimento de um Sistema de Monitorização (Princípio 4)

A monitorização permite detetar situações fora dos limites estabelecidos para cada PCC. Os procedimentos de monitorização devem ser concebidos para permitirem a deteção em tempo útil da perda de controlo de um PCC, de forma a permitir o restabelecimento do controlo antes de ser necessário segregar ou destruir produto. Desta forma, são preferíveis os métodos que permitem uma resposta rápida como a inspeção visual, medições físicas ou químicas. No caso de a monitorização não ser contínua, a sua frequência deve ser definida no plano HACCP, de forma a garantir a fiabilidade necessária

para o controlo do ponto crítico. O controlo é suportado por um sistema adequado e rigoroso de registo para uso futuro como historial.

XI. Estabelecimento de ações corretivas (Princípio 5)

Um plano de ações corretivas descreve os procedimentos a adotar caso os resultados do controlo revelem que um PCC está fora do seu limite. O plano de ação a definir para cada PCC deve conter os seguintes pontos:

- Ações a tomar de imediato;
- Quem deve ser informado e o tipo de relatório a fazer;
- O destino do produto não conforme;
- Investigação sobre a possível causa do problema e como deve ser evitado;
- O responsável pela tomada de decisão.

As ações tomadas deverão ficar documentadas em registos HACCP

XII. Estabelecimento de procedimentos de verificação (Princípio 6)

Os procedimentos de verificação permitem determinar se o plano HACCP está corretamente implementado, se este é apropriado para o presente produto/processo e se é efetivo no controlo dos perigos. Deve-se assegurar que os PCCs, os procedimentos de monitorização e limites críticos são apropriados e que as ações corretivas são corretamente executadas.

Entre os procedimentos de verificação, incluem-se:

- Auditorias ao Plano de HACCP;
- Auditorias ao Sistema de HACCP e seus registos;
- Revisão de desvios e ações corretivas;
- Confirmação que os PCCs estão sob controlo;
- Sempre que possível, as atividades de validação deverão incluir medidas que confirmem a:
  i) Eficácia de todos os elementos do Plano de HACCP;
  ii) Testes microbiológicos a produtos intermédios e produto final;
  iii)Pesquisa de problemas aos produtos na cadeia de distribuição/postos de venda;
  iv)Análise do uso do produto por parte do consumidor.

A frequência da verificação deve ser suficiente para validar o sistema HACCP e ser realizada sempre que ocorram modificações ao processo, equipamentos ou matérias-primas.

XIII. Estabelecimento dos sistemas de registos e arquivos de dados (Princípio 7)

Um bom sistema de registo e arquivo, prático e preciso, é essencial para a aplicação efetiva do HACCP. Os documentos do sistema de HACCP podem incluir:

- A descrição do sistema de HACCP;
- Os dados e toda a informação utilizada para realizar a análise dos perigos;
- As atas/conclusões das reuniões da equipa de HACCP;
- Os registos de identificação dos PCCs;
- A especificação dos limites críticos;
- Os procedimentos de monitorização e registos;
- Os registos de monitorização dos PCCs assinados e datados;
- Os registos de desvios e ações de correção efetuadas;
- Os relatórios de auditorias ao sistema (interna/externa);
- Relatórios de revisões ao sistema HACCP.

XIV. Revisão do plano HACCP

A revisão do plano HACCP permite verificar a sua adequação e necessidade de atualização. Desta forma, as revisões devem ser efetuadas em intervalos regulares programados e cada vez que um elemento novo o justifique, levando a uma constante adaptação do sistema à realidade da empresa. Para tal, deve-se ter em conta os registos de ações corretivas, os relatórios das auditorias internas e externas, e as reclamações dos clientes.

2.1.4. Pré-requisitos

Como foi dito anteriormente, a capacidade de determinada organização para implementar o sistema HACCP está dependente do grau de implementação e cumprimento das Boas Práticas de Higiene (BPH), as Boas Práticas de Fabrico (BPF) e os apropriados requisitos de segurança alimentar, que permitem prevenir, eliminar ou reduzir os perigos que possam vir a contaminar o alimento durante ou depois da sua produção. São estes princípios, designados por pré-requisitos, que são a base da estrutura sob a qual o HACCP será implementado. Estes programas, claramente descritos na legislação comunitária (Regulamento (CE) n.º 852/2004), devem ser estabelecidos de forma sólida, ser totalmente operacionais e verificados.

Assim, estes controlam os perigos associados ao meio envolvente ao processo de produção do género alimentício, enquanto que o sistema HACCP controla os perigos associados ao processo de produção.

De forma geral, são considerados os seguintes pré-requisitos HACCP :

I. Instalações

As instalações onde são produzidos produtos alimentares devem atender a diversos aspetos, desde o seu projeto inicial. Deverá estar localizado em zonas onde não existem indústrias ou outros agentes passíveis de contaminação nas imediações. Os materiais de construção deverão ser resistentes, não tóxicos, de fácil higienização, lisos (não porosos) e de fácil inspeção. A área das instalações deve ser limpa e conter proteções eficazes contra a entrada de todo o tipo de pragas e devem possuir todas as condições indispensáveis ao processo de laboração, tais como: energia elétrica, sistema de esgoto, iluminação e ventilação adequadas. O seu desenho deverá permitir um fluxo contínuo das operações, de tipo "marcha em frente", de modo a evitar contaminações cruzadas e proporcionar condições de operacionalidade adequadas à higienização, produção e comercialização de produtos alimentares. Entre outros aspetos importantes a considerar, deve ainda estar previsto zonas específicas para cada tarefa, dispositivos de acesso restrito à área de laboração e saídas de emergência. [9] [10]

II. Equipamentos e Utensílios

Os equipamentos e utensílios utilizados devem ser resistentes, não tóxicos e o seu *design* e construção deverão permitir uma fácil higienização, de forma a evitar qualquer contaminação do alimento. Sempre que necessário, os equipamentos deverão ser amovíveis ou suscetíveis de serem desmontados de forma a permitir a manutenção, limpeza, desinfeção, monitorização e facilitar a inspeção para efeitos de deteção de pragas. Todo o equipamento deverá ter um registo que inclua qualquer informação existente sobre o mesmo, onde se incluirão os planos de manutenção, calibração e verificação dos equipamentos. [10]

III. Plano de Higienização

A correta higienização de instalações e equipamentos tem de ser previamente assegurada para garantir a eficácia do sistema de segurança alimentar. Para tal, deve ser elaborado e posto em prática um Plano de Limpeza e Desinfeção que contemple todos os produtos de limpeza, procedimentos e periodicidade que devem ser adotados para cada uma das zonas e equipamentos a higienizar. Tem de ser designado o pessoal responsável pela higienização e como forma de comprovar o cumprimento desse plano, essas operações devem ser monitorizadas através do preenchimento de registos e verificadas. [9]

IV. Controlo de pragas

As pragas representam uma séria ameaça à segurança e à adequação dos alimentos. Estas são portadoras de microrganismos patogénicos e podem contaminar os alimentos, para além dos prejuízos que provocam nas instalações e equipamentos. Para além das boas práticas de higiene que evitam a criação de um ambiente favorável ao desenvolvimento das pragas, deve efetuar-se o controlo dos insetos e roedores nos locais onde se manipulam, confecionam, conservam, armazenam e comercializam os alimentos. O controlo de pragas pode contemplar medidas de carácter preventivo ou corretivo. As medidas de carácter preventivo minimizam a possibilidade de as pragas entrarem nas instalações,

enquanto as ações corretivas, têm como objetivo corrigir as situações quando estas ocorrem. O controlo de pragas deve ser efetuado por pessoal especializado, com uma periodicidade determinada, e os seus procedimentos nunca poderão colocar a possibilidade de contaminação dos géneros alimentícios. Devem existir, nas instalações da empresa, documentos comprovativos desse controlo, como relatórios de visitas, fichas técnicas dos iscos utilizados, mapa de iscos, entre outros. [11]

V. Abastecimento de água

Tendo em conta que a água é utilizada para a preparação dos alimentos, bem como para a lavagem de utensílios e equipamentos que vão estar em contacto com eles, esta tem de respeitar os mínimos (microbiológicos e químicos) descritos no Decreto-lei, nº306/2007 de 27 de Agosto, referentes à água destinada ao consumo humano. Se a água não cumprir os requisitos mínimos para a água destinada a consumo humano, estar-se-á a criar condições de contaminação aos alimentos que estão a ser produzidos. [11]

VI. Recolha de resíduos

Em qualquer sector de produção, transporte e distribuição alimentar são produzidos resíduos que devem ser separados e encaminhados de acordo com o seu tipo. A empresa deve estabelecer procedimentos documentados que previnam a contaminação dos alimentos durante o curto período de armazenamento desses resíduos. Esse sistema de gestão de resíduos não pode permitir a acumulação de resíduos nas áreas de produção e os circuitos de recolha deverão ser definidos de forma a minimizar a ocorrência de contaminações cruzadas (espacial e temporalmente). Os resíduos deverão ser depositados em contentores de lixo com tampa de ação não manual e que sejam fáceis de limpar e desinfetar. Estes deverão ser mantidos em boas condições de higiene. [9]

VII. Controlo de fornecedores e matéria-prima

Na confeção de alimentos, deve-se assegurar que as matérias-primas cumprem os requisitos necessários para a confeção de um alimento seguro, pelo que a seleção de fornecedores é fundamental. Desta forma, os fornecedores deverão ser escolhidos de acordo com o cumprimento dos requisitos de segurança alimentar. Devem ser definidos e acordados com os fornecedores os critérios de aceitação para a matéria-prima recebida, como as suas características organoléticas, microbiológicas, físicas ou químicas, assim como condições de transporte (temperatura, humidade), estado das embalagens, ou outras. A conformidade dessas especificações serão verificadas no ato de receção da matéria-prima, tendo em conta a qualidade e segurança dos itens recebidos e das condições em que foram transportados e entregues. [11]

VIII. Material para contacto com os alimentos

As embalagens deverão ser de material próprio para contactar com os géneros alimentícios e estarem armazenadas em local próprio, de forma a não ficarem expostas a riscos de contaminação. Além disso, as operações de acondicionamento e embalamento devem ser executadas de forma a evitar a contaminação dos produtos. [9]

IX. Saúde e Higiene Pessoal

As contaminações nos alimentos surgem muitas vezes por falta de rigor no manuseamento, higiene pessoal ou hábitos de operadores e outros indivíduos que possam entrar em contacto com os alimentos. Como tal, devem ser adotados procedimentos mais corretos de higiene e manipulação dos alimentos, de forma a minimizar esse risco. Os operadores devem então dispor de uma formação adequada ao seu posto de trabalho, manter um elevado grau de higiene pessoal, usar vestuário adequado e limpo, adotar hábitos de higiene adequados (lavar as mãos no início da atividade e sempre que possa existir o risco de uma contaminação cruzada) e absterem-se de comportamentos que possam constituir um risco como beber, espirrar, tossir, comer ou mascar na presença de alimentos desprotegidos. [11]

Também interessa a saúde dos manipuladores, pois existem determinadas doenças que podem provocar contaminação nos alimentos e dar origem a toxi-infeções alimentares. Estes não poderão sofrer de qualquer doença infectocontagiosa e terão de comunicar aos seus responsáveis se estiverem afetados, por exemplo, ferimentos infetados, infeções cutâneas, anginas, tosse, náuseas e vómitos, entre outros sintomas. Estas situações podem levar ao afastamento temporário dos manipuladores, por forma a prevenir a contaminação dos alimentos que manipulam. [9] [12]

X. Formação

A formação em higiene alimentar é fundamental para todos os que, diretamente ou indiretamente, manuseiem produtos alimentares. De acordo com o definido no capítulo XII do anexo II do Reg. (CE) n.º 852/2004 de 29 de Abril, os operadores devem garantir que o pessoal que manuseia os alimentos e os responsáveis pelo desenvolvimento e manutenção dos sistemas de segurança alimentar tenham a formação/instrução adequada em termos de higiene e segurança alimentar. [9]

Todo o pessoal envolvido na produção, transformação, distribuição e comércio de produtos alimentares (manipuladores e responsáveis) devem estar consciencializados das suas responsabilidades na garantia da segurança alimentar e possuir as competências e conhecimentos necessários ao bom desempenho das suas funções, assegurando a proteção dos géneros alimentícios contra contaminações. Para tal, certos colaboradores das empresas do sector alimentar ficam responsáveis por elaborar planos de formação, numa base contínua para garantir a atualização de todos os envolvidos. Toda a documentação associada a esse processo deve ser guardada e mantida de modo a estar disponível para consulta.

Paralelamente, os responsáveis pelo desenvolvimento e manutenção do plano HACCP da empresa têm de ser formados adequadamente sobre a aplicação dos princípios HACCP.

2.2. REVISÃO DO SISTEMA HACCP

O objetivo principal do trabalho desenvolvido consistiu na revisão e melhoria do sistema HACCP implementado pela Panrico para todas as linhas de produção da fábrica de Mem Martins, dando enfase à examinação mais minuciosa da documentação que constitui a análise de perigos e o estabelecimento das medidas preventivas. O estudo dos perigos potenciais associados a cada uma das fases do processo e, posteriormente, a determinação dos pontos críticos de controlo, foram realizados mediante uma nova tabela em formato Excel proposta pela sede da empresa. A apresentação da documentação neste formato facilitou o estudo, permitindo uma fácil leitura e preenchimento, englobando toda a informação relevante num só ficheiro.

Este trabalho constituiu um passo para a renovação da certificação da segurança alimentar da empresa, e a preparação para a certificação das linhas que ainda não estão certificadas.

De seguida são apresentados os capítulos dos manuais HACCP que foram revistos no decorrer do desenvolvimento deste trabalho.

2.2.1. Manual HACCP

Cada linha de produção da empresa possui o seu próprio manual HACCP que é totalmente revisto pelo menos uma vez por ano. Estes têm como objetivo garantir a qualidade e segurança alimentar dos produtos produzidos nas respetivas linhas, por meio da identificação, análise e avaliação dos perigos físicos, químicos e biológicos que podem ocorrer no seu fabrico. Cada plano abrange a receção de matérias-primas até ao armazenamento do produto nos centros de distribuição.

Os manuais HACCP da empresa encontram-se estruturados em 7 secções:

Capítulo 1: Introdução;
Capítulo 2: Descrição HACCP, referências legislativas e bibliográficas;
Capítulo 3: Conteúdo e alcance;
Capítulo 4: Equipa HACCP;
Capítulo 5: Descrição do produto;
Capítulo 6: Fases operacionais e diagramas de fluxo;
Capítulo 7: Análise de perigos e Pontos críticos de controlo.

2.2.2. Descrição do produto

Este capítulo inclui o resultado das etapas III e IV apresentadas no capítulo 2.1.4. Compreende uma ficha técnica para cada produto produzido na linha em questão. Cada ficha técnica compreende os seguintes pontos que terão de ser atualizados:

- Nome e descrição do Produto;
- Países onde é comercializado e método de distribuição;
- Requisitos legais para a segurança do produto;
- Características importantes do produto;
- Ingredientes;
- Alergénios;
- Peso líquido;
- Tipo de embalagem;
- Condições do processo;
- Dias de vida;
- Condições de conservação;
- Especificações físico-químicas e microbiológicas do produto;
- Especificações de matérias-primas;
- Especificações de material de embalagem;
- Texto do rótulo.

O uso esperado dos produtos comercializados mantém-se. Estes são destinados a um público de todas as idades, desde crianças até aos adultos, excluindo-se as pessoas sensíveis aos alergénios mencionados na descrição do produto. Todos os produtos são de consumo direto, sem nenhum tratamento prévio. Esta descrição de uso do produto terá impacto na avaliação de riscos.

2.2.3. Fases operacionais e diagramas de fluxo

No manual HACCP de cada linha estão documentadas as fases operacionais e fluxogramas dos processos com as sequências exatas de todos os passos de fabrico. Para além das etapas do processo e sua sequência, estão também representadas no fluxograma as entradas de matérias-primas e de produtos intermédios, a remoção de resíduos, reciclagem de matérias-primas/produtos e o reembalamento de produtos acabados. Neste capítulo também foram atualizados os *layouts* que evidenciam os fluxos da matéria-prima, embalagens, produtos, resíduos e os percursos do pessoal.

Durante o desenvolvimento do trabalho, foi verificada a exatidão dos diagramas de fluxo no local e feitas as alterações necessárias para que fiquem em concordância com a realidade observada. A listagem das fases operacionais servirão de guia na etapa de análise de perigos.

2.2.4. Análise de perigos e medidas preventivas

Durante o processo de fabrico pode ocorrer a introdução de contaminações no produto pelo que é essencial a identificação, em cada etapa do processo, dos perigos potenciais e explicadas as fontes de contaminação dos mesmos, para além das ações de controlo e medidas preventivas (plano pré-requisito) que controlam o ambiente que envolve o alimento. A identificação dos possíveis perigos, sua análise e as medidas preventivas associadas encontravam-se já documentadas pela Panrico nos respetivos manuais HACCP.

Esta secção do manual HACCP foi totalmente revista, corrigidas algumas incoerências e atualizada para que reflita a realidade presente da fábrica. Nesta nova edição do capítulo, foram considerados com mais detalhe os perigos veiculados por matérias-primas, devido a contaminações a montante. Também se efetuou o levantamento de outros perigos de interesse que ainda não constavam nessa análise.

No final efetuou-se com a equipa HACCP a confirmação no local do conteúdo da documentação deste capítulo.

Os potenciais perigos que poderão levar a uma contaminação do produto estão divididos em três categorias: os perigos químicos, físicos e biológicos.

Perigos químicos

Relativamente aos contaminantes químicos de origem industrial que poderiam estar contidos nas matérias-primas utilizadas na confeção de produtos de panificação, consideraram-se os metais pesados, resíduos de pesticidas, a melamina, dioxinas, PCBs e benzopirenos, que por serem bioacumulativos podem constituir um grave risco para a saúde.

Os metais pesados como o cádmio, arsénio, mercúrio e chumbo, são componentes naturalmente presentes no meio ambiente e a libertação excessiva destes elementos deve-se principalmente à atividade humana. Estes não são metabolizáveis e tendem a acumular-se no corpo humano, causando a longo prazo danos graves para a saúde.

As dioxinas e os bifenilos policlorados (PCB) sob forma de dioxina são substâncias químicas muito disseminadas no meio ambiente em virtude de no passado terem sido usados em materiais de construção, lubrificantes, impermeabilizantes e tintas. Estas substâncias tendem-se a acumular nas matérias gordas, acumulando-se igualmente na cadeia alimentar. Estes dois tipos de substâncias podem ter efeitos graves na saúde, sobretudo a longo prazo, entre os quais o desenvolvimento de cancro, problemas imunitários e do sistema nervoso, lesões do fígado e esterilidade [13]. O benzopireno é um hidrocarboneto aromático policíclico, que a longo prazo e cronicamente, pode ser cancerígeno e genotóxico. Esta contaminação pode ocorrer em certos géneros alimentícios que contenham gorduras e óleos e em alimentos em que os processos de fumagem ou secagem possam ter dado origem a níveis elevados de contaminação [13]. Na Tabela 1 estão representadas as matérias-primas utilizadas pela Panrico em que se considerou perigo de contaminação por dioxinas, PCBs e benzopirenos.

Tabela 1 – Matérias-primas em que se considerou o perigo químico de contaminação por dioxinas, PCBs e benzopirenos.

Matérias-Primas	Dioxinas	PCB	Benzopireno
Óleos	X	X	X
Margarinas	X	X	X
Outras gorduras	X	X	X
Leite em pó	X	X	
Ovo líquido pasteurizado	X	X	

A melamina também se encontra no meio ambiente devido ao seu grande uso na indústria e devido à sua presença em pesticidas e herbicidas, resultando na sua acumulação na cadeia alimentar. Lamentavelmente, também já foi utilizado no passado para adulterar testes por conteúdo de proteínas, quando doseadas por nitrogénio, em alguns produtos alimentícios como produtos lácteos e em rações para animais. Devido a baixa solubilidade, a melamina acumula-se nos rins e pode levar a uma crise renal. [13]

Para além dos contaminantes de origem industrial, considerou-se como perigo químico as toxinas de *S. aureus* (coagulase positiva) que podem contaminar o ovo líquido e as micotoxinas, metabolitos secundários tóxicos produzidos por fungos filamentosos que podem contaminar diversas matérias-primas. As aflatoxinas, produzidas por fungos do género *Aspergillus*, são as micotoxinas mais abundantes e mais tóxicas que se conhecem. Estas são substâncias cancerígenas e genotóxicas. Os fungos do género *Aspergillus* encontram-se bastante disseminados na natureza, afetando diversos tipos de culturas agrícolas e podendo contaminar os animais através das suas rações, o que pode trazer graves consequências, uma vez que as micotoxinas passam para o leite, ovos e carne, colocando em risco todos os consumidores. No entanto, estas são termolábeis o que limita este perigo, por exemplo no ovo líquido pasteurizado. Desta forma, considera-se o perigo de uma contaminação por micotoxinas nas matérias-primas de tipo farinha, açúcar e gorduras como óleos e margarinas. [14]

Estes perigos químicos relativos às matérias-primas são adequadamente controlados pela seleção, qualificação e homologação de fornecedores e pela verificação da conformidade das especificações a partir da análise de certificados de conformidade, boletins de análise e outras fichas técnicas providenciadas pelo fornecedor.

Para além de contaminações que poderão provir da matéria-prima rececionada, são considerados como perigos químicos as contaminações por lubrificantes, fluídos refrigerantes, sujidades, alergénios e por vestígios de detergentes, entre outros.

Relativamente aos lubrificantes para uso em indústrias alimentares, existem duas principais classificações: os NSF H1 que podem ser utilizados onde existe a probabilidade de contacto com o produto (contacto alimentar ocasional) e os NSF H2 que são apenas empregados onde não há possibilidade de contacto com produtos alimentares. Durante a revisão deste capítulo, verificou-se se estes lubrificantes estavam corretamente identificados. A identificação dos fluidos refrigerantes utilizados na fábrica também foi atualizada.

Os perigos devido a contaminações cruzadas pelo equipamento, por sujidade ou por resíduos de detergentes e desinfetantes devido ao enxaguamento insuficiente das instalações, recipientes e utensílios são controlados pelo plano de limpeza e seu controlo, tal como pela formação dos colaboradores.

Perigos Físicos

O perigo físico pode ser dividido em dois tipos: As contaminações por elementos estranhos metálicos e os não metálicos. Visto que a maioria do equipamento usado nas fábricas de processamento de alimentos é constituído por metal, é concebível que exista o risco de contaminação por elementos metálicos (limalhas, parafusos, etc.) durante o processo de fabricação, mesmo numa operação normal sem falha do equipamento. Um detetor de metal é então colocado no fim da linha, garantindo que o produto alimentício resultante estará ausente deste tipo de contaminante.

Exemplos possíveis de contaminantes não metálicos são as lascas de madeira, fragmentos de embalagens de matérias-primas e fragmentos de acrílicos e plásticos rígidos provenientes das instalações. A formação ao nível de boas práticas no interior da fábrica (BPF) limita a ocorrência deste perigo, tal como a existência de listas de verificação dos plásticos rígidos presentes na área fabril. É também de notar que a presença de vidros na zona de produção é proibida.

Tanto para limitar contaminantes metálicos e não metálicos existem crivos de segurança, filtros, peneiros e ímanes em diversos pontos do processo fabril (receção matérias primas, pontos de consumo, entre outros).

Perigo Biológico

A Panrico decidiu dividir este tipo de perigo em duas sub-categorias: os perigos microbiológicos que correspondem principalmente a contaminações por microrganismos patogénicos (*Salmonella*, *S. aureus*, etc), fungos e bolores, e os perigos biológicos que estão associados a contaminações por vetores de tipo insetos e seus fragmentos, roedores, entre outros.

As contaminações microbiológicas podem ter origem em matérias-primas provenientes do fornecedor, pelo seu transporte inadequado, devido a falhas de higienização dos equipamentos da linha de produção, por manuseamento inadequado do produto ou falha de higiene pessoal, ou até por armazenamento incorreto (temperatura, humidade). Mais uma vez o programa de pré-requisitos, medidas preventivas como, por exemplo, a inspeção e ensaios (análises microbiológicas) efetuados na receção de matérias-primas, os planos de limpeza, BPF em termos de manipulações, planos de controlo das câmaras frigoríficas e registos contínuos da temperatura limitam a ocorrência destes perigos.

Relativamente ao perigo biológico, a Panrico tem implementado para as suas instalações um programa de controlo de pragas periodicamente analisado e documentado e, para matérias-primas do tipo farinhas, muito apetecíveis por insetos como o gorgulho, um controlo por amostragem no ato da receção que consiste em inspeção visual e peneiração para garantir a ausência destes insetos.

Análise de risco

Para cada um dos perigos potenciais, reavaliou-se a probabilidade (P) de ocorrência bem como a gravidade (G) das suas consequências. Com base em pesquisa bibliográfica, o historial recente da empresa e a experiência dos diversos membros da equipa HACCP, classificou-se a probabilidade e a gravidade de cada perigo, considerando as seguintes tabelas (Tabela 2 e Tabela 3)

Tabela 2 - Classificação da gravidade do perigo potencial.

Valor	Classificação	Descrição
1	Leve	Não se causariam danos nem enfermidades.
2	Moderada	Podem-se produzir danos ou enfermidades leves que não necessitarão assistência médica.
3	Grave	Provavelmente se produzirão danos ou enfermidades com necessidade de assistência médica, mas sem necessidade de hospitalização.
4	Muito grave	Provavelmente produzirão danos ou enfermidades que necessitarão hospitalização e que, inclusive, podem chegar a provocar a morte.

Tabela 3 - Classificação da probabilidade do perigo potencial.

Valor	Classificação	Descrição
1	Praticamente impossível	Não ocorreu nunca e a possibilidade de que ocorra é praticamente "zero".
2	Improvável	A frequência de ocorrência é < 1 vez/ano.
3	Provável	A frequência de ocorrência é de 1 a 5 vezes/ano.
4	Muito provável	A frequência de ocorrência é > 5 vezes / ano.

Subsequentemente, determinou-se o nível de risco associado a cada perigo potencial pelo cálculo do Índice de risco (IR) mediante a Equação 1 e pela Tabela 4.

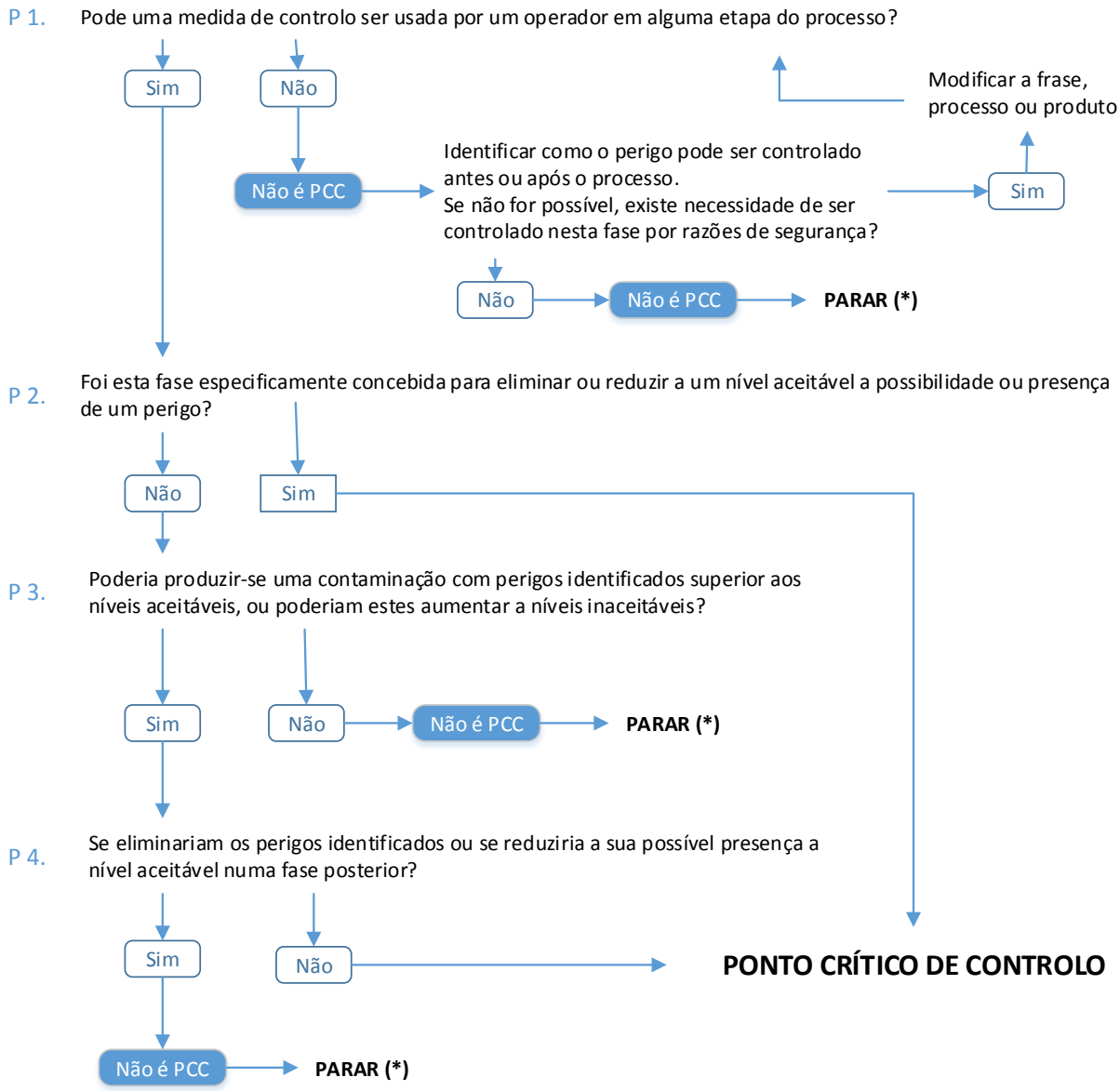
$$IR = P \times G \qquad \text{Equação 1}$$

Tabela 4 – Determinação do nível de risco e medidas de controlo a tomar.

IR	Nível de Risco	Requisitos
$IR \leq 3$	Nulo	Medidas gerais BPF´s e BPH´s podem ser suficientes desde que operacionais e regularmente verificadas
$4 \leq IR \leq 6$	Baixo	Medidas gerais BPF´s e BPH´s podem ser suficientes desde que operacionais e regularmente verificadas
$7 \leq IR \leq 8$	**Médio**	Requere medidas de controlo específicas (identificação PCC – arvore decisão)
$9 \leq IR \leq 15$	**Alto**	Requere medidas de controlo específicas (identificação PCC – arvore decisão)
$IR = 16$	**Muito Alto**	Requere medidas de controlo específicas (identificação PCC – arvore decisão)

2.2.5. Árvore de decisão

Recorrendo à árvore de decisão, determinaram-se as etapas que acarretam um risco significativo, constituindo estas como PCC. Apenas foram alvos desta avaliação os perigos com um nível de risco médio a muito alto, visto que o controlo dos perigos não significativos (risco "baixo" ou "nulo") é efetuado pelo programa de pré-requisitos definido pela empresa. No Manual da linha do pão, as quatro questões da árvore de decisão levaram à identificação como PCCs a etapa da cozedura e o detetor de metais . A árvore de decisão utilizada pela Panrico encontra-se na Figura 1.



(*) Passar ao perigo seguinte identificado com o processo descrito.

Figura 1 – Árvore de decisão utilizada pela Panrico

2.2.6. Pontos críticos de controlo: Limites críticos, sistema de monitorização e ações corretivas

Para cada um dos PCCs determinados, é estabelecido o respetivo limite crítico, parâmetro mensurável que será capaz de demonstrar a conformidade ou não dos controlos executados, garantindo a segurança do produto. Esse critério ou valor que determinará a aceitabilidade ou não do processo deve ser estabelecido como bases científicas e/ou pela consulta de legislação.

Na sequência da revisão anual, bem como das recomendações resultantes de auditorias anteriores, foram revistos alguns limites críticos.

Detetor de metais

Devido à possibilidade de contaminações por elementos metálicos durante o processo de fabricação. O detetor de metal que se encontra no fim da linha é então imprescindível para garantir que nenhum produto contaminado por elementos estranhos metálicos chegue ao consumidor. Como medida de controlo, é verificado periodicamente o correto funcionamento dos detetores de metais, passando padrões de teste que contêm uma esfera de metal, devendo este ser rejeitado. Com estes padrões, garante-se que todos os elementos estranhos metálicos de diâmetro superior ou igual ao da respetiva esfera metálica serão rejeitados.

Figura 2 – Exemplo de padrões de teste para verificação do desempenho dos detetores de metais. [15]

Os metais podem ser classificados em três principais categorias: os metais ferrosos, não ferrosos e aço inoxidável. Destas três categorias, o aço inoxidável, que inclui os principais aços utilizados na indústria alimentar (304 e 316), é o mais dificilmente detetável, o que constitui uma grande limitação na capacidade de detetar pequenos contaminantes como limalhas. [16]

Para determinar os limites de detetabilidade, teve-se em conta que a FDA considera como perigosos os objetos estranhos afiados ou rijos de um comprimento entre 7 mm e 25 mm e que acrescenta que objetos de um comprimento inferior a 7 mm ainda podem provocar lesões em grupos de riscos como as crianças e idosos. Para além desta recomendação da FDA, não se encontra nenhuma legislação sobre o assunto. Não obstante ao facto das crianças fazerem parte do público-alvo dos produtos da empresa, é

evidente que um contaminante com 7 mm de comprimento nunca seria aceite pelos consumidores. O limite crítico de detetabilidade a estabelecer terá então de ser mais exigente. [17]

A forma mais fácil de se superar a dificuldade de detetar elementos em aço inoxidável seria de operar o detetor de metais num nível superior de sensibilidade. No entanto, a própria natureza do produto pode confundir o detetor de metais e provocar falsos positivos, pois os alimentos também têm alguma condutividade elétrica, traduzindo-se na leitura de um sinal, mesmo que pequeno, pelo detetor de metais. Esta condutividade elétrica deve-se ao teor de sal, açúcar, minerais e humidade contida nos alimentos e poderá ser maior ou menor consoante o produto. Devido a este fenómeno, referido como "efeito do produto", o detetor de metais não poderá operar a um nível de sensibilidade demasiado elevado, o que levaria à instabilidade do sistema, provocando falsos positivos. [18]

Uma outra limitação dos detetores de metais é o chamado "efeito de orientação" que é percetível nas amostras não esféricas como fios, lascas e limalhas, mas que é mais pronunciado nos fios de pequeno diâmetro, tornando a deteção de um tal contaminante mais ou menos difícil consoante o seu comprimento e a sua orientação quando passa pelo detetor. Por exemplo, se um detetor de metal estiver programado para detetar uma esfera de 1,5 mm de diâmetro, todos os fios com um diâmetro superior ou igual a 1,5 mm serão detetados, independentemente do seu comprimento. No entanto um fio com um diâmetro, por exemplo, de 1 mm poderá não ser detetado dependendo da orientação com que passa no detetor, mesmo que este seja mais comprido.

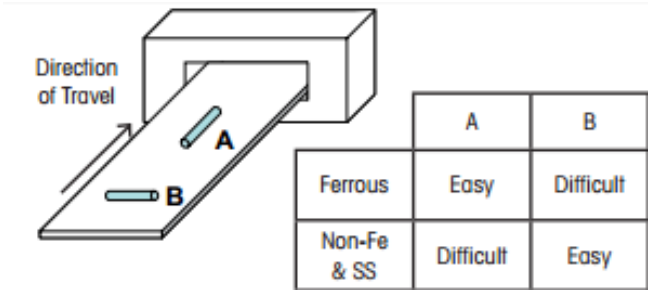


Figura 3 – Ilustração do "efeito de orientação" em detetores de metais e respetiva dificuldade de deteção. [19]

Em primeiro lugar, otimizou-se a banda de leitura dos detetores de metais para que estes pudessem operar com uma maior sensibilidade sem sofrerem o efeito do produto. Desta forma, conseguiu-se reduzir os limites de detetabilidade dos detetores de todas as linhas.

Cozedura

O perigo potencial nesta etapa do processo é a sobrevivência de microrganismos devido a uma cozedura insuficiente . Para o controlo deste PCC, é efetuado, com uma certa periodicidade, o controlo da temperatura no centro do produto (temperatura crítica) à saída do forno. A temperatura mínima aceitável no centro do produto ou limite crítico desse controlo foi estabelecido pela Panrico tendo como base um estudo prévio e verificou-se no decorrer do trabalho desenvolvido a sua adequação e que este parâmetro está sob controlo.

2.3. LISTA DE ACRÍLICOS E PLÁSTICOS RÍGIDOS

A Panrico tem listado e registado o estado de integridade dos acrílicos e plásticos rígidos existentes nas linhas de produção e igualmente em zonas fora da área fabril como os armazéns, o laboratório, a oficina, a casa dos chocolates e a sala de pesagens, de forma a controlar este perigo físico que não seria detetado por um detetor de metal. A partir deste registo, são criadas listas de verificação (*check lists*) que permitem a verificação diária da integridade destes elementos. No decorrer do desenvolvimento do trabalho, estas listagens e respetivas *check lists* foram atualizadas e criou-se uma nova lista de plásticos rígidos e acrílicos de todos os veículos existentes na fábrica (empilhadores, porta-paletes, etc.). Foi comunicada aos responsáveis de manutenção a lista dos elementos que foram encontrados deteriorados para poderem ser reparados ou substituídos e, caso não fosse possível, foi recomendado que se medisse a parte rachada/deteriorada para posterior seguimento.

O documento onde estão listados os plásticos rígidos inclui, para além do seu estado de integridade, o tipo de material e espessura do elemento e uma análise de risco análoga ao que foi descrito anteriormente.

2.4. Conclusão e Recomendações

O recurso a ferramentas preventivas é o melhor meio para garantir a segurança dos alimentos para o consumidor, sendo o HACCP o sistema de controlo reconhecido como o mais eficaz para a produção alimentar. No entanto, o sistema HACCP está dependente da implementação de pré-requisitos para ser eficaz, implicando deste modo o envolvimento de todos os intervenientes da cadeia alimentar, em particular dos manipuladores de géneros alimentícios.

O trabalho executado constituiu uma parte importante na revisão do sistema HACCP, nomeadamente com a atualização e melhoria do manual HACCP de todas as linhas de produção da fábrica, e a sua verificação no local. Este trabalho contribuiu para a renovação da certificação da segurança alimentar da empresa, ou a preparação para a sua obtenção para as linhas que ainda não estão certificadas.

No decorrer desta revisão, foram detetadas possibilidades de melhoria em certos pontos da fábrica, como no armazém das matérias-primas, onde se ponderou separar fisicamente as matérias-primas com tipos de alergénios diferentes de modo a evitar possíveis contaminações entre estes. Além disso, recomenda-se criar um procedimento no caso de ocorrer um risco de contaminação por alergénios, por exemplo, no caso de um derrame.

Relativamente ao manual HACCP, como toda a análise dos perigos potenciais de cada etapa do processo e as medidas preventivas, tais como as medidas de controlo, frequência e ações corretivas referentes aos PCC encontram-se juntamente numa única tabela, em formato Excel, seria interessante adicionar as medidas de controlo, frequência e ações corretivas referentes aos restantes pontos de controlo para um melhor aproveitamento dessa nova ferramenta.

3. PROJETO DE MELHORIA CONTÍNUA DE UM PRODUTO

3.1. ENQUADRAMENTO

O estudo desenvolvido nesta segunda parte do trabalho foca-se na melhoria da qualidade dos produtos produzidos na linha do pão, mais especificamente do pão integral 0% Açúcares cujo ICS (*Indice de Calidad de Salida*) é o mais elevado da linha. O ICS é um indicador-chave de desempenho (KPI) utilizado pelo departamento de Controle de Qualidade da Panrico que se foca na avaliação da qualidade das características físicas do produto, verificando se estes estão de acordo com as especificações estabelecidas. O defeito mais recorrente no pão integral 0% Açúcares é a presença de buracos no miolo.

O produto Pão 0% Açúcares é um pão de forma com farinha integral na sua composição e sem adição de açúcares. Como qualquer pão de forma, no seu processo de fabricação, a massa constituída pelos diversos ingredientes passa por uma etapa de fermentação seguida de cozedura dentro de um molde paralelepipédico.

Ao longo da fabricação do pão de forma, a massa passa por uma série de transformações físicas e químicas complexas, resultantes das interações entre os diferentes componentes da farinha e os restantes ingredientes utilizados. Tem-se conhecimento que os parâmetros das várias etapas do processo de fabricação, bem como a quantidade e qualidade dos ingredientes utilizados, condicionam bastante o bom desenvolvimento da estrutura alveolar final do pão. Consequentemente, um modo de fabricação ou formulação inadequados poderá levar à formação uma estrutura alveolar irregular, com o possível aparecimento de buracos no miolo do pão.

Descreve-se nos capítulos seguintes o papel de cada ingrediente utilizado na produção do pão e apresentaram-se as sucessivas etapas de produção da linha, dando ênfase às alterações físico-químicas decorrentes em cada etapa.

3.1.1. Matérias-primas

Os principais ingredientes, essenciais para a elaboração do pão são a farinha, o fermento padeiro, a água e o sal, no entanto outros ingredientes secundários podem ser adicionados para melhorar a sua qualidade ou rendimento. De seguida serão referidos os papéis dos ingredientes mais utilizados em panificação e realçadas as suas características que influenciam na estrutura final do pão.

Farinha

Do ponto de vista tecnológico os grãos de trigo são divididos em três partes: o farelo (13 - 17% m/m), o endosperma (80 - 83%) e o germe (2,0 - 3,5%). Quimicamente são em grande parte constituídos por amido (cerca de 83 % da matéria seca total da semente) e proteínas.

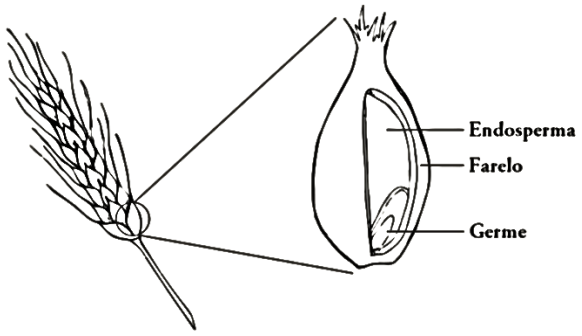


Figura 4 – ilustração das diferentes porções de um grão de trigo. [20]

As duas classes de proteínas presentes na farinha de trigo que terão maior importância na formação do pão são as gliadinas e as gluteninas. Estas proteínas que representam cerca de 80% a 90% das proteínas totais da farinha de trigo são ambas insolúveis em água e, no seu estado nativo, são compactadas numa estrutura globular. Quando a farinha é misturada com água e se procede à amassadura, estas proteínas ligam-se entre elas, formando o glúten, uma matriz viscoelástica com a capacidade de dar extensibilidade e elasticidade à massa, além de a tornar retentora de bolhas de gás. Desta forma, a rede de glúten formada pela ação do trabalho mecânico tem a capacidade de reter o dióxido de carbono produzido pelas leveduras durante a fermentação. Assim, esta rede proteica tem um papel crítico na formação, crescimento da massa e na sustentação do produto final desejado. [21] [22]

A farinha é obtida a partir de grãos de cereais moídos e a sua composição deriva principalmente da parte do grão que é aproveitada durante o processo de moagem. As farinhas podem ser constituídas maioritariamente por endosperma, ou por misturas de endosperma, farelo e germe, consoante a sua taxa de extração (percentagem de farinha obtida a partir do grão durante o processo de moagem). No caso da farinha branca, no processo de moagem do grão e de peneiração, o farelo e o germe são separados do endosperma, principal fonte de amido. Na farinha integral, o grão é descascado e moído mas o endosperma não é separado das restantes frações, obtendo-se uma farinha com uma granulometria mais grosseira e uma cor mais escura.

As farinhas são classificadas pelo seu “Tipo”, com valor crescente com o aumento da sua taxa de extração. Assim, as farinhas com taxa de extração de 75% a 78% são de Tipo 55, ou T55 (farinha branca), e com uma taxa de extração de 90% a 98% são de Tipo 150 (farinha integral). Na linha do pão da Panrico são utilizadas as farinhas T55 e T150.

Em Portugal as características das farinhas, bem como as regras de rotulagem, acondicionamento, transporte, armazenagem e comercialização estão reguladas pela portaria Portaria n.o 254/2003. É de constatar, na Tabela 5, que com o aumento do número relativo ao Tipo da farinha, o teor em cinzas (total e insolúveis) aumenta, devido principalmente à maior presença de farelo, e que o teor em glúten seco diminui.

Tabela 5 – Características analíticas (humidade, acidez, cinza total, cinza insolúvel e glúten seco) limites estabelecidos pela Portaria n.o 254/2003, consoante o Tipo da farinha de trigo.

Tipos de farinha	Humidade (percentagem máxima)	Acidez (1) (g/100 g máximo)	Cinza total (percentagem limite)	Cinza insolúvel (2) (percentagem máxima)	Glúten seco (3) (percentagem mínima)
Farinhas de trigo:					
Tipo 45	14,5	0,120	0,49	Vestígios	8
Tipo 55	14,5	0,120	0,50-0,60	Vestígios	8
Tipo 65	14,5	0,120	0,61-0,75	0,02	8
Tipo 80	14,5	0,120	0,76-0,90	0,02	8
Tipo 110	14,5	0,120	0,91-1,20	0,04	8
Tipo 150	14,5	0,120	1,21-2,00	0,06	7

(1) A acidez é determinada no extracto alcoólico e expressa em ácido sulfúrico.
(2) Cinza insolúvel em *HCl*.
Os valores de acidez, cinza total, cinza insolúvel e glúten seco são referidos à matéria seca.
O valor da humidade refere-se ao momento de embalamento. Posteriormente as variações de humidade devido ao carácter higroscópico da farinha deverão ser relacionadas com a variação em massa.
(3) Salvo nos casos em que pela sua utilização específica se requer um teor inferior, o qual deverá constar do rótulo ou quaisquer outros documentos referentes ao produto.

Fermento ou levedura

Quando se fala de fermento biológico, refere-se a uma levedura selecionada, a *Saccharomyces cerevisiae*. A levedura mais frequentemente utilizada em panificação é a fresca prensada. No seu processo de produção, a levedura é concentrada e prensada, apresentando-se no final sob a forma de um bloco compacto que deve ser mantido refrigerado.

Figura 5 –Fermento padeiro no formato de um bloco compacto. [23]

No processo de panificação, a principal função da levedura é a conversão dos açúcares livres da massa em etanol e dióxido de carbono. Este processo metabólico que decorre na ausência de oxigénio é a fermentação alcoólica. O CO_2 produzido é retido pela massa devido à rede de glúten formada e vai permitir que a massa ganhe volume, dando a sua textura fofa e porosa ao pão depois de cozido. A produção de dióxido de carbono pela ação da levedura ocorre durante todo o processo de produção do pão desde a amassadura, mas a expansão da massa ocorre especialmente durante a fermentação e no início da cozedura. [24]

Durante o processo de fermentação, a atividade fermentativa da levedura depende das condições do meio, como a temperatura em que se encontra. A atividade da levedura é máxima a cerca de 35 - 37 °C e a temperaturas superiores a 65 °C, a levedura morre.

Água

A água é também um ingrediente imprescindível na formulação da massa. Esta liga-se às proteínas da farinha de trigo, hidratando-as, o que torna possível a formação da rede de glúten. A água atua também como solvente ao dissolver o açúcar, o sal e o fermento, cria um meio que facilita a ação das enzimas tornando possível o desenvolvimento das leveduras, determina a consistência da massa e permite que ocorra o fenómeno de gelatinização do amido durante a cozedura do pão.

A quantidade de água a adicionar varia consoante as propriedades da farinha. O nível ótimo de água a incorporar depende do teor em proteínas, do teor em amido e de outros ingredientes que poderão competir na sua assimilação. A falta de água não permite a formação completa da estrutura do glúten e produzirá uma massa com desenvolvimento irregular. Por outro lado, o excesso de água leva a formação de um glúten enfraquecido. [25] [26]

Sal

O sal ou cloreto de sódio tem participação importante na fabricação da massa, mesmo que a sua percentagem seja pequena. Para além de realçar o sabor do pão e favorecer a sua conservação, o sal reforça as ligações entre as cadeias de glúten, tornando-as mais coesas. Tem também a função de regular o desempenho da levedura na massa, o que influencia favoravelmente a estrutura do miolo. No entanto, se sua adição for excessiva, poderá inibir a atividade da levedura. [27]

Açúcar

A função principal do açúcar presente na massa é servir de substrato para as leveduras realizarem a fermentação. Os açúcares simples envolvidos no processo de fermentação provêm de açúcares pré-

existentes nas farinhas, presentes entre 1% a 2%, como a sacarose, glicose e a levulose; e moléculas de açúcar geradas pela degradação do amido pelas amílases contidas na massa, a maltose. Para um desenvolvimento adequado do pão, poderá ser necessário a adição de açúcares de outras fontes, geralmente açúcar comum (sacarose).

Para além do fornecimento de nutrientes para a levedura, favorecendo a fermentação e a produção de dióxido de carbono, os açúcares tornam a côdea mais corada devido à caramelização das partículas existentes na superfície da massa e atuam como amaciador ao absorver a água e atenuar o desenvolvimento do glúten. Como o açúcar compete com as proteínas formadoras do glúten pela água, este previne que muito glúten seja desenvolvido o que tornaria a massa muito rígida e dura.

É de notar que a levedura não transforma todos os açúcares com a mesma velocidade e, se o açúcar estiver em excesso, poderá ter um efeito inibitório na fermentação. [25] [27]

Gorduras

As gorduras e óleos exercem uma grande influência na maciez da massa. Estas encurtam as cadeias de glúten formadas e lubrifica-as, impedindo o seu sobre desenvolvimento e endurecimento. Desta forma a rede de glúten torna-se mais elástica, o que melhora a retenção do gás carbónico libertado na fermentação. As gorduras contribuem portanto favoravelmente no aumento do volume do pão e na obtenção de uma estrutura do miolo mais regular e alvéolos mais pequenos.

O uso de emulsificantes permite uma distribuição ideal das gorduras na massa. [25]

Aditivos

Na panificação moderna, são geralmente adicionados aditivos em pequenas quantidades que permitem corrigir ou neutralizar deficiências da farinha de trigo, alterar o comportamento reológico da massa como a sua elasticidade e extensibilidade, ou até proporcionar maior segurança contra falhas no processo, como por exemplo, períodos prolongados de amassamento mecânico ou fermentações mais longas. Estes compostos químicos permitem portanto uma certa tolerância no processo o que facilita a padronização da qualidade dos produtos finais. Dos aditivos alimentares utilizados em panificação, destacam-se os emulsionantes, agentes oxidantes e agentes redutores.

Os emulsionantes têm uma ação ligante da água e gordura, e proporcionam um fortalecimento da massa, garantindo massas de qualidade constante. O produto final apresenta um miolo com boa estrutura, um bom volume e uma frescura e duração prolongada. Os emulsionantes são categorizados em duas classes:

- Os que formam complexos com o amido, favorecendo a maciez do miolo e prevenindo o envelhecimento, como por exemplo, os monoglicerídeos (E471).

- Os que interagem com as proteínas, fortalecendo a massa pelo aumento da capacidade do glúten de formar um filme que retém a produção de gás pela levedura, como por exemplo, o SSL (estearoil-2-lactil lactato de sódio – E 481) e o DATEM (ésteres de ácido diacetil tartárico de mono e diglicerídeos – E472e) [28]

Os agentes oxidantes permitem a oxidação dos grupos tiol (-SH) das proteínas do glúten, promovendo a ligação entre as cadeias de proteína ao formar pontes de dissulfureto, o que torna a farinha mais "forte", com melhor capacidade de retenção de gás das massas e o seu desenvolvimento, obtendo-se um pão com maior volume e com melhor textura. [29]

Os agentes redutores são adicionados para enfraquecer a estrutura da massa, uma vez que promovem a rutura das pontes de dissulfureto do glúten. Desta forma, aumenta a extensibilidade e diminui a elasticidade da massa. Estes são usados para redução da resistência à deformação da massa e torna a massa mais macia. [30]

3.1.2. Processo industrial de panificação

O processo geral de fabricação do pão de forma da Panrico encontra-se representado na Figura 6. É uma linha dedicada exclusivamente ao pão de forma, semiautomática. Por dia, são produzidos, na linha, diferentes formatos de pão de forma (de 360g a 1000g) de composição variável, compostas por farinha branca ou farinha integral.

Figura 6 - Diagrama simplificado do processo de produção de pão com indicação dos equipamentos e tempo aproximado de cada etapa.

Mistura / Amassado

A produção de pão começa pelo doseamento das quantias certas de farinha, fermento, água e restantes ingredientes que são doseados para a batedeira. Procede-se posteriormente à amassadura, promovendo a mistura e homogeneização de todos os ingredientes. Deste modo, a farinha é hidratada e, pela ação do trabalho mecânico, as gluteninas e gliadinas sofrem modificações nas suas conformações e interagem com a água. Durante esta fase, a massa apresenta um aspeto grumoso, tornando-se mais elástica e com menor tendência a aderir às paredes da batedeira com a continuação da amassadura. A amassadura leva à formação de novas ligações entre as gluteninas e as gliadinas, nomeadamente pontes de dissulfureto, reorganizando-se e formam uma rede viscoelástica, o glúten, na qual a água fica retida.

A amassadura permite a incorporação de ar que irá constituir os núcleos de gás na massa e proporciona à levedura condições mais favoráveis de temperatura, humidade e alimento, levando-a a multiplicar-se na massa. As leveduras consomem os açúcares disponíveis na composição da massa, e quando ficam na presença de pouco oxigénio, convertem-nas em dióxido de carbono e etanol. A fermentação da massa inicia-se logo na etapa da amassadura. [31] [32]

A duração da amassadura deverá ser adequada para se obter um bom desenvolvimento da massa. No caso de um tempo de batido demasiado curto, a rede de glúten não é suficientemente desenvolvida, ficando incapaz de reter o dióxido de carbono e de ganhar a estrutura do pão. No caso de excesso do tempo de batido, a rede de glúten constituída fica novamente rasgada, o que resulta numa massa pegajosa e sem força. Percebe-se então que é necessário um bom desenvolvimento da rede de glúten para resultar numa perfeita retenção de gás na massa, permitindo uma expansão adequada da massa durante a fermentação. Esse ponto de batimento ótimo é atingido quando a massa pode ser alongada num filme fino e contínuo, o chamado ponto de véu (Figura 7.C). No final, a massa tem de se descolar facilmente das paredes da batedeira.

Figura 7 - Estado da massa nas diversas fases de amassadura até ao ponto de batimento ótimo, na produção de pão branco. A: Ponto depois de atingir a homogeneidade da massa, esta apresenta-se frágil e rompe-se com facilidade; B: Massa não totalmente desenvolvida; C: Massa totalmente desenvolvida. Ponto ideal ou ponto de véu. [33]

Existe um intervalo de tempo ou tolerância em que uma massa que atingiu o ponto ideal ainda pode ser amassada, até que o trabalho mecânico começa a ser excessivo. A tolerância na amassadura difere de uma farinha para a outra e pode ser aumentada pela adição de melhorantes. [27] [32]

Constata-se uma subida de temperatura da massa durante a amassadura, o que pode levar a dificuldades em controlar esse parâmetro que tem influência direta na fermentação da massa, sobretudo se o tempo de batido é prolongado. Controla-se a temperatura final da massa com a temperatura da água.

Este processo industrial de produção de pão de forma caracteriza-se numa intensidade de amassadura mais elevada do que os processos mais tradicionais de panificação. A amassadura é efetuada a alta velocidade, o que permite uma maior incorporação de ar na massa, para além de tornar mais rápido o desenvolvimento da estrutura proteica do glúten. A incorporação de ar, logo de oxigénio, ajuda a uma rápida maturação da massa (ao oxidar-se, formando mais pontes de dissulfureto entre as cadeias de proteínas, o que ocorre naturalmente durante a fermentação da massa) que confere uma maior elasticidade e resistência à rede de glúten. Esta maior incorporação de oxigénio permite a redução de uma primeira fermentação denominada de estanca, que costuma ocorrer depois da amassadura, ou até a supressão desta etapa, como é o caso neste processo. Deste modo, assim que a massa acaba de amassar, segue imediatamente para a etapa de corte. [34] [35]

Corte

Depois de amassada, a massa é levada para a divisora volumétrica. A massa é introduzida numa cuba no topo da divisora, descendo por gravidade para a zona onde é cortada em pedaços de um certo volume regulável para se obter o peso pretendido.

Laminagem / Formação

A etapa de laminagem e, posteriormente, de formação permitem dar o formato desejado da massa para ser colocado no molde, ou seja em forma de barra, para além de dividir e redistribuir as bolhas de gás e as células da levedura.

Na etapa de laminagem, as bolas passam por um conjunto de cilindros sucessivamente mais apertados que apertam a massa em forma de disco. Desta forma, uma parte do gás presente é expulsa, enquanto que a estrutura da massa é apertada. Os alvéolos são, consequentemente, mais numerosos e mais pequenos, obtendo-se uma distribuição mais regular destes. Por outro lado, esta desgaseificação e redistribuição das bolhas de gás impede que se criem tensões em cadeias de glúten que rodeiam as bolhas gasosas, provocadas por grandes quantidades de gás acumulado. O grau de aperto dos cilindros leva a uma maior ou menor expulsão de gás e uma divisão dos alvéolos mais ou menos intensa.

A etapa de formação, ilustrada na Figura 8, começa pelo enrolamento da massa, quando esta é levada por um tapete móvel e travada por uma malha metálica que se encontra em cima desta, obrigando-a a enrolar-se. Posteriormente, a massa enrolada passa por entre dois tapetes que rodam em sentido inverso, a formadora, apertando-a, assegurando o comprimento desejado da barra.

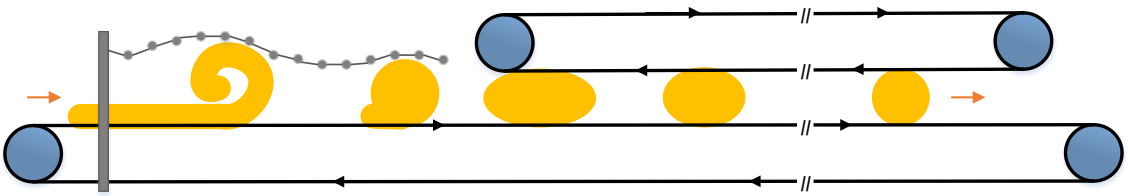


Figura 8 – Ilustração de uma formadora, equipamento onde ocorre o enrolamento e formação da massa.

Os ajustes no aperto da laminagem e da formadora dependem da consistência da massa que é função de várias variáveis como a taxa de hidratação, temperatura e quantidade do glúten na massa. [36] [37]

No final da formação, as barras são colocadas em moldes teflonados com as dimensões do pão final.

Fermentação

Segue-se a etapa de fermentação das barras em moldes sem tampa, que decorre a temperatura e humidade controlada. Esta fermentação dá-se numa gama de temperatura mais favorável à atividade das leveduras, e humidade suficiente para evitar a formação de crosta na massa. Apesar do processo de fermentação promovido pelas leveduras ter começado na etapa da amassadura, é nesta etapa que a produção de CO_2 é mais relevante. O gás produzido difunde-se nas bolhas de ar anteriormente incorporadas na etapa de amassadura e fica retido pela estrutura de glúten. Deste modo, se o glúten estiver bem desenvolvido, a elasticidade e extensibilidade da sua estrutura permitirá que se estique sob a pressão do dióxido de carbono produzido, fazendo com que a massa se expanda e aumente o seu volume. [38]

O tempo de fermentação depende do tipo de pão, da quantidade de massa (tamanho do pão), da temperatura e humidade.

Cozedura

À saída da câmara de fermentação os moldes previamente tapados são alimentados através de um tapete rolante metálico ao forno.

Durante o aumento da temperatura, verifica-se uma forte produção de dióxido de carbono que leva a um ligeiro ganho de volume da massa, ajustando-se ao molde. Aos 50-60 °C, a levedura é destruída pelo calor e cessa toda a sua atividade. Entre os 60 °C e 80 °C, ocorre a gelatinização do amido e a desnaturação/coagulação da rede proteica, impedindo-a de colapsar. Esta estrutura solidifica-se, tornando-se no miolo e os espaços ocupados pelo gás tornam-se nos numerosos alvéolos do miolo. A cerca de 80 °C, o gás que continuava a expandir-se devido ao calor, consegue passar pelas malhas da rede proteica que perdeu a capacidade de o reter. A água que estava incluída na rede de glúten também se evapora, contribuindo para a gelatinização do amido.

No miolo, a temperatura nunca chega aos 100 °C, enquanto que a superfície da massa atinge temperaturas muito superiores. Na superfície ocorrem reações de caramelização e reações de Maillard* que levam à formação da côdea e ao seu escurecimento. [24] [31]

Ao sair do forno, os pães recém-formados são desmoldados e passam para a última etapa.

---

* Reacção de Maillard: Reacção Química entre um hidrato de carbono redutor e um aminoácido ou proteína com aminas livres na cadeia lateral, onde se obtêm produtos que dão sabor, aroma e cor aos alimentos.

Arrefecimento

Depois de saírem dos moldes, os pães passam por uma etapa de arrefecimento que decorre numa câmara com circulação de ar húmido. Os pães são arrefecidos nesse ambiente controlado de forma a que o dióxido de carbono e o vapor de água possa escapar corretamente. Efetivamente, se o arejamento dos pães não for adequado, a migração da água contida nos pães pára ao nível da côdea, o que a tornaria mole. No entanto, a humidade na câmara deve ser tal que não permita a secura do produto. Uma vez arrefecidos, os pães podem ser finalmente fatiados e embalados. [31]

3.2. CASO DE ESTUDO

3.2.1. Situação inicial

Como foi visto no ponto 3.1.2, são produzidos diferentes formatos de pão por dia. Em cada produção de um formato, a amostragem feita para determinação do ICS segundo plano adequado a cada produto.

Esta inspeção do produto segue um procedimento pré-estabelecido, em que se avaliam um conjunto de requisitos de qualidade.

O valor de ICS tem por objectivo ser o menor possível, sendo zero correspondente a produto totalmente dentro da especificação. Os produtos da linha do pão com maior ICS mensal são os integrais. No Pão Integral 0% Açúcares, verifica-se que a totalidade das contribuições para o aumento do ICS do produto devem-se à presença de buracos no produto. Um pão de forma é classificado com esse defeito, se em pelo menos uma das fatias do pão, se encontrar um buraco (visível dos dois lados da fatia) com um diâmetro igual ou superior a 1 cm (Figura 9).

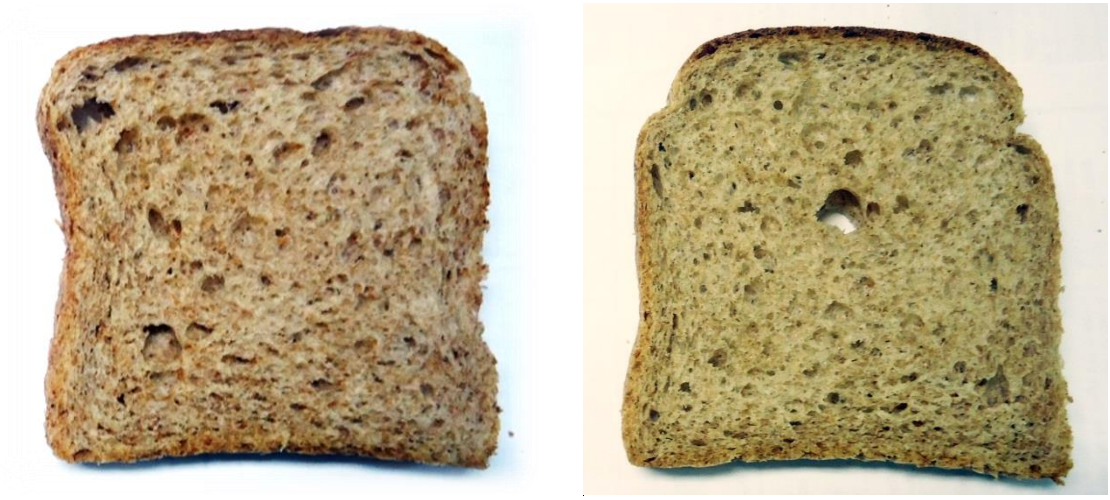


Figura 9 – Fatias de um pão 0% Açúcares. À direita, uma fatia conforme/sem defeito e à esquerda uma fatia com buraco superior a 1cm.

O presente trabalho recaiu exclusivamente na procura das causas para o aparecimento de buracos do Pão Integral 0% Açúcares e propostas de melhoria para a redução deste defeito. No entanto, guardou-se sempre em mente que este estudo é válido para os restantes pães de forma, principalmente os integrais cujo aparecimento de buracos no miolo também é recorrente. Deste modo, pretende-se uma aplicação das ações tomadas para outros formatos de pão com mesmo tipo de defeito.

3.2.2. Metodologia aplicada

No desenvolvimento deste estudo, foi adotada a metodologia proposta pela Panrico, baseada em algumas ferramentas da Melhoria Contínua. Esta metodologia divide-se em seis etapas. A primeira etapa

consistiu na descrição do defeito e a identificação das possíveis causas do mesmo, seguido de uma segunda etapa em que são reconstituídas as condições básicas do processo. A terceira etapa do estudo consiste na definição dos parâmetros de controlo, seguida de uma recolha intensiva de dados do produto e do processo, procedendo-se de seguida à sua análise. Desta análise, devem ser identificadas as causas básicas com uma análise dos 5 Porquês. Na etapa 4, devem ser planificadas e implementadas ações corretivas. Depois das melhorias implementadas, finaliza-se com uma padronização do processo, verificação da eficácia das alterações e são propostas novas melhorias (etapa 5 e 6).

A metodologia em questão encontra-se resumida na Figura 10.

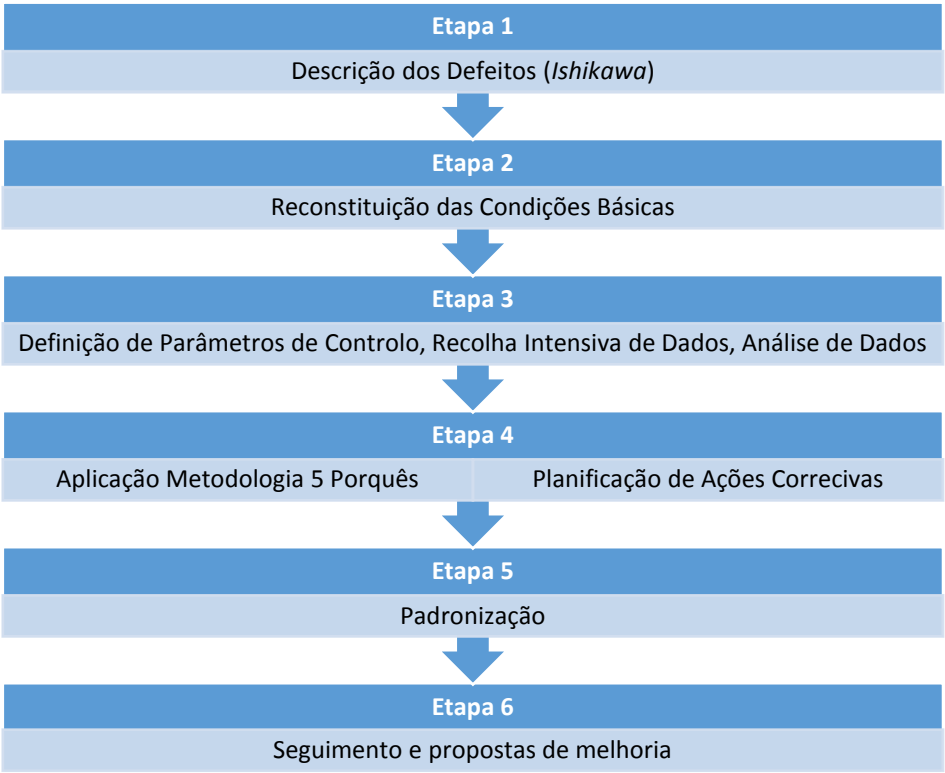


Figura 10 – Metodologia utilizada no desenvolvimento do projeto de redução de ICS no pão 0% Açúcares.

3.2.3. Identificação de possíveis causas do defeito

Como foi visto nas secções 3.1.1 e 3.1.2, o processo de produção, tal como a quantidade e natureza dos ingredientes utilizados acabam por condicionar o desenvolvimento da estrutura alveolar do pão de forma. No pão 0% Açúcares e restantes pães integrais produzidos, o uso de farinha integral (T150) dificulta o processo de panificação, afetando bastante a textura do miolo. Esta farinha com elevado teor em fibras insolúveis terão, consequentemente, um menor teor das duas proteínas que formam o glúten, fator determinante para a qualidade da rede formada no processo de panificação. Deste modo, estas fibras insolúveis interferem na formação do glúten, enfraquecendo-o. A retenção dos gases é comprometida e tende-se a uma redução do volume do miolo, levando geralmente à formação de pães mais densos. Neste sentido, e como será visto mais à frente, farinhas pobres em proteínas são

enriquecidas em glúten de trigo e em outros aditivos para assegurar o volume e estrutura e leveza do pão de forma.

No entanto, ao inspecionar os pães 0% Açúcares acabados, verificou-se que as fatias eram pouco densas e apresentavam frequentemente uma estrutura do miolo muito aberta (alvéolos grandes), o contrário do que seria esperado num pão de forma de farinha integral. É de notar que, ao verificar uma estrutura de miolo muito aberta, a probabilidade de aparecimento de buracos será maior. Este facto levou-nos a investigar o efeito de ingredientes como o glúten de trigo e aditivos na formação do pão. Por vezes, também são encontrados pães com buracos em fatias consecutivas, logo que o buraco se formou no comprimento do pão de forma.

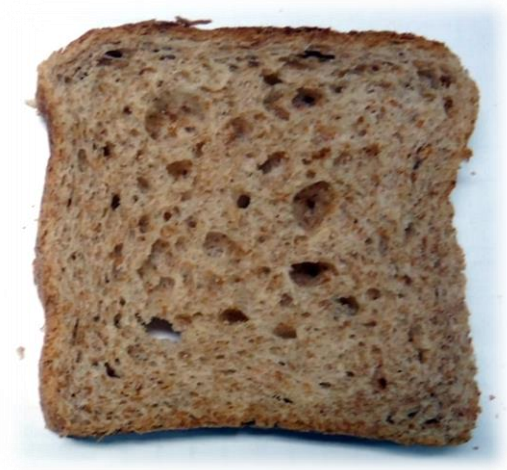


Figura 11 - Fatias de um pão 0% Açúcares onde é evidenciado uma estrutura do miolo muito aberta.

Observou-se também, na etapa da amassadura, que a massa apresenta-se com uma consistência mole e muito "pegajosa" depois de batida, o que leva a certas dificuldades nas etapas subsequentes.

Causas relacionadas com os ingredientes

Formulação

Uma vez que as farinhas integrais levam à formação de pães densos, com menos volume, é necessário enriquecê-las com glúten de trigo para a obtenção de um pão de maior volume e com um miolo mais fofo, característica desejada num pão de forma. Ao adicionar o glúten de trigo, a rede proteica fica mais forte, sustentando assim a massa para não abater durante a fermentação e retém com mais eficácia o CO_2 produzido. No entanto, há outros aditivos que podem ter efeito cumulativo com o glúten de trigo.

Na Tabela 6 estão apresentados os aditivos utilizados na formulação do pão 0% Açúcares, sempre nas condições legalmente fixadas (Regulamento No 1129/2011 do 11 de Novembro) e os seus efeitos na panificação.

Tabela 6 – Aditivos presentes na formulação do Pão Integral 0% Açúcares e seus efeitos na panificação. Fonte: [39] [40] [41]

Aditivo	A	B	C	D	E
Classe	Emulsionante	Emulsionante	Emulsionante	Estabilizador	Antioxidante
Ligante de água livre				×	
Fortalece o glúten		×	×		×
Melhora a retenção do gás		×	×		×
Aumenta a tolerância às solicitações mecânicas		×	×		×
Permite diminuir a duração da estanca					×
Aumenta a resistência da massa ao colapso		×	×		×
Maior volume do produto acabado		×	×		×
Melhora a maciez do miolo	×	×			
Aumenta tempo de vida	×	×		×	

Verifica-se que o aditivo B, o C e o E atuam nas proteínas, fortalecendo a massa e aumentando a capacidade do glúten de reter o gás produzido pela levedura. Embora um fortalecimento da massa seja necessário para a produção de pães com farinhas pobres em glúten, um excesso desses aditivos poderão ter um efeito cumulativo adverso para a formação da estrutura do pão. Um fortalecimento excessivo do glúten, tornando a massa mais impermeável ao gás, poderia levar ao colapso das bolhas que contêm o gás durante a fermentação, devido à falta de extensibilidade, e consequentemente, ao aparecimento de buracos no miolo.

Constatou-se também que o teor em sal dos diferentes tipos de pão é inversamente proporcional à percentagem de pães com buracos, sendo o pão 0% Açúcares o que tem menor teor em sal, seguido pelos outros dois pães de farinha integral. Como foi visto na secção 3.1.1, o sal reforça as ligações entre as cadeias de glúten, tornando-as mais coesas.

Tempo de maturação da farinha

O tempo e condições de armazenamento da farinha de trigo têm influência, na sua qualidade tecnológica, melhorando as suas propriedades. Após a moagem, a farinha de trigo não apresenta boas características para panificação. O tempo que a farinha passa desde então até ao seu consumo favorece a sua maturação, melhorando as propriedades que levam à formação de uma melhor e mais coesa rede de glúten. Uma farinha com maior tempo de repouso conseguirá reter o CO_2, aguentando melhor a sua pressão, sem se rasgar. Com um aumento do tempo de maturação da farinha, esta também ganha uma maior capacidade de absorção da água. O glúten fica mais hidratado e aprisiona mais amido na sua rede.

As alterações bioquímicas da farinha começam a quatro ou cinco dias depois da moagem e duram aproximativamente três semanas, sendo a melhoria das suas propriedades já significativa após dez a quinze dias. No entanto, o tempo em que a farinha está em repouso, é o período que esta fica armazenada em silos, pelo que os fornecedores de farinha precisariam de uma maior capacidade de armazenamento para realizar uma boa maturação, o que poderá não ser economicamente viável. [42]

Variação das características da farinha

As características viscoelásticas da massa obtida de uma determinada farinha pode ser avaliada mediante um equipamento, o alveógrafo. O teste alveográfico consiste na preparação de uma massa com a farinha de trigo a testar e uma solução de cloreto de sódio por meio de um procedimento padronizado. A massa obtida, na forma de um pequeno disco circular e de espessura constante, é posteriormente submetida a uma pressão constante ao insuflar-se uma quantidade de ar até à sua extensão total e rutura. Deste teste, obtém-se um alveograma com informação sobre a tenacidade P (ou elasticidade) que é a resistência oferecida pela massa à deformação, a extensibilidade L definida como a capacidade da farinha de se deformar até romper e a força W da farinha.

Estes parâmetros definem se uma farinha é de qualidade para a produção de pão, sendo por exemplo desejável uma razão de P/L próximo de 1, o que significa uma massa equilibrada. Deste modo, as farinhas brancas rececionadas têm de cumprir requisitos estabelecidos relativamente a estes parâmetros. No entanto, a gama de aceitação desses parâmetros é bastante alargada devido à dificuldade dos fornecedores responderem a esses requisitos (influência do solo, clima e época do ano, pragas e outros no crescimento e desenvolvimento do trigo). As características das farinhas rececionadas são deste modo muito variáveis e torna difícil os ajustes a efetuar na linha de produção, nomeadamente os ajustes no doseamento da levedura e no tempo de batido da massa.

Além disso, a informação sobre as características (L, P, W, entre outros) da farinha utilizada nem sempre está disponível a tempo útil no local de produção, o que dificulta ainda mais os ajustes, reparando-se nas eventuais correções a fazer quando os primeiros pães estiverem a meio ou no fim do processo.

Atividade da levedura

Apesar de dentro das especificações, a atividade da levedura prensada varia bastante de lote para lote, o que dificulta os ajustes no seu doseamento pelo operador. Esta levedura também poderá ativar-se demasiado cedo, levando a um pico de produção de CO_2 antes do desejado. No entanto, este ponto não foi estudado neste trabalho.

Quantidade de levedura

A quantidade de levedura utilizada na formulação pode estar em excesso, levando a uma maior produção de CO_2. Verificou-se no entanto que a quantidade média de levedura utilizada é inferior à especificada na instrução de operação.

Quantidade de água

A hidratação da massa também é um parâmetro importante na formação da rede de glúten. Massas pouco hidratadas tornam a sua estruturação mais lenta na amassadura enquanto que em massas sobre hidratadas, o excesso de água provoca um efeito de diluição que não favorece o desenvolvimento da rede proteica. Efetivamente, o trabalho mecânico levado pela amassadura não é tão eficaz, por ser menos intenso num meio mais fluído. A água deverá hidratar as proteínas e incorporar-se por meio da rede de glúten e existem outros elementos que poderão competir na sua assimilação, como o amido, já presente na farinha, a sêmea adicionada e o xarope de sorbitol.

A quantidade de água na massa influencia o tempo de batido. O aumento da hidratação da massa leva a uma formação mais rápida da rede de glúten (exceto no caso de sobre hidratação) o que leva a uma diminuição do tempo de batido necessário. O facto da massa ter uma constituição mais "pegajosa" poderá vir de um tempo de batido desajustado em função da água adicionada, ou mais simplesmente pelo facto da massa estar sobre hidratada por uma adição excessiva de água. [26]

Causas do defeito relacionadas com etapas do processo produtivo

Ordem de adição dos ingredientes

Existe uma ordem pré-estabelecida para a adição dos ingredientes na cuba da batedeira. Ao colocar a levedura prensada no início, esta irá dissolver rapidamente, levando a um começo mais rápido da sua atividade e a um início de fermentação da massa mais acentuado, o que não é desejável.

Nesta etapa, certificou-se também que as substâncias higroscópicas presentes na formulação nunca entravam em contacto com os líquidos antes de iniciar a amassadura, o que caso contrário, poderia levar ao aparecimento de buracos na massa.

Tempo de batido da massa

O tempo de batido é crucial para um bom desenvolvimento do glúten. No caso de um tempo de batido demasiado curto, a rede proteica fica pouco desenvolvida, logo mais fraca, e em caso de uma amassadura prolongada, a rede de glúten que tinha sido constituída rasga-se, perdendo a capacidade de reter a água por meio da rede. Produzir uma massa com farinha integral torna mais difícil a determinação do tempo de

batido ótimo visto que não existe propriamente um ponto de véu para estas massas. A massa não pode ser alongada num filme fino e contínuo, como é demostrado na Figura 7, devido aos fragmentos de sêmea que dificultam a ligação da massa durante a amassadura.

Uma vez que as massas do 0% Açúcares ficam com uma consistência "pegajosa", logo com dificuldade em absorver a água presente devido a uma rede de glúten mal desenvolvida, colocou-se a hipótese que o tempo de batido desta massa não estaria otimizado. Além disso, verificou-se que o tempo de batido operado é superior ao especificado. No entanto, este efeito deve ser avaliado em conjunto com a quantidade de água adicionada na massa. Também não é de excluir a hipótese dessa consistência da massa dever-se ao efeito conjunto de outros ingredientes da formulação.

Temperatura da massa na cuba de amassados

A temperatura da massa tende a aumentar significativamente durante a amassadura intensiva a que é submetida e quanto maior o tempo de batido, maior é o aumento de temperatura. Para controlar esse parâmetro, a água adicionada está mais fria e acrescenta-se ainda uma parte em gelo. A temperatura da massa no final da amassadura é determinante para que a levedura não atinja logo a temperatura ótima de fermentação, levando a uma elevada produção de CO_2 antes do tempo. Verificou-se que essa temperatura está, em média, superior à especificação.

Farinha de polvilhar na cuba de amassados

Antes do fim da amassadura, uma pequena porção de farinha é polvilhada nos bordos da cuba da batedeira pelo operador para esta se soltar ao ser vertida para a cuba da divisora. Devido à sua consistência, a massa em estudo costuma levar um pouco mais dessa farinha de polvilhar que pode contribuir para o aparecimento de buracos.

Peso da massa cortada

Existe uma certa variabilidade no peso das massas cortadas pela divisora. Ao longo do processo de corte, a massa que está na cuba da divisora continua a fermentar e deste modo a sua densidade diminui. A massa cortada com um mesmo volume terá consequentemente um menor peso. A controladora de peso não está ligada com a divisora não sendo o ajuste automático. É portanto necessário ajustar o volume da massa cortada ao longo da produção e esse ajuste é feito manualmente pelo operador. Existe um limite de peso em que as massas cortadas com peso inferior a esse limite são automaticamente rejeitadas pela controladora de peso, no entanto, há sempre massas que, não atingindo esse limite, têm um peso abaixo do pretendido que continuam no processo. Estas massas, ao fermentar e ao ganhar a forma do molde, podem formar pães menos densos, o que é favorável ao desenvolvimento de um miolo mais aberto e à possível formação de buracos.

Temperatura ambiente da sala dos amassados

A temperatura da sala dos amassados, onde são realizadas as etapas de doseamento de ingredientes e amassadura até à etapa de corte da massa, é mantida a uma temperatura adequada pelo ar condicionado. Mas em dias de maior calor, sobretudo no verão, a temperatura da sala é superior devido a um funcionamento "deficitário" do ar condicionado. Deste modo, deverá ser ajustada a quantidade de gelo a adicionar consoante a temperatura ambiente e assim evitar uma maior fermentação da massa antes de entrar na câmara de fermentação.

Ajuste da laminadora e formadora

Estas são duas etapas importantes que influenciam a alveolação ao promover uma expulsão e redistribuição das bolhas de gás mais ou menos acentuada. Relativamente à laminagem, verificou-se que os rolos por onde as bolas de massa passam estão menos apertados durante a produção de 0% açúcares do que na produção de pães de farinha branca com o mesmo peso. Isto porque se os rolos forem mais apertados, a massa que tem uma consistência mole acaba por colar aos rolos e/ou rasgar-se ao ser espalmada. Para evitar que a massa cole aos rolos, encontra-se uma máquina de polvilhar farinha em cima destes. Posteriormente, a massa, já em forma de disco, é enrolada e passa por entre os dois tapetes que constituem a formadora, formando uma barra com a forma e comprimento certo. A altura do tapete superior é regulável e deverá apertar cada vez mais a massa para uma formação progressiva desta.

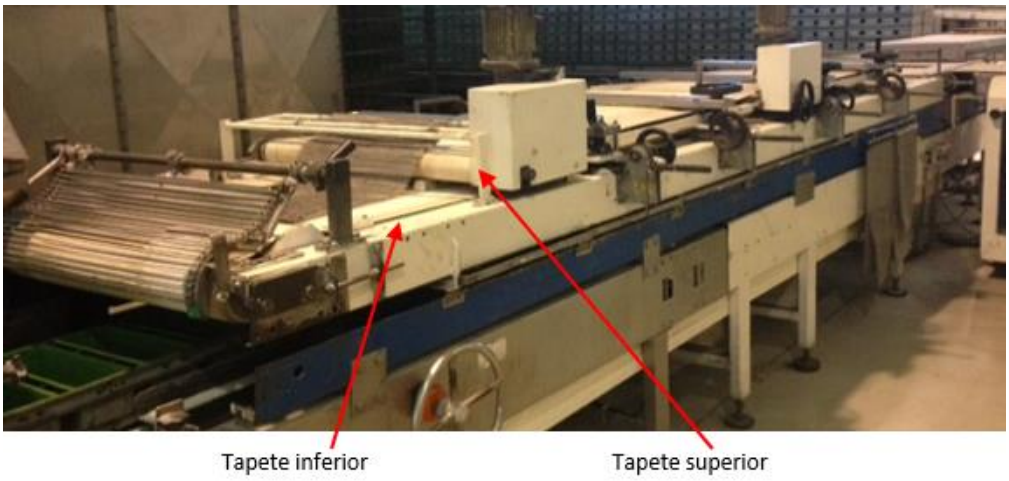


Figura 12 – Máquina formadora

O aparecimento de buracos no comprimento da barra leva a crer que o aperto dos cilindros da laminadora ou do tapete da formadora não são adequados, isto ao promover uma desgaseificação insuficiente da massa ou levando a um aperto insuficiente na sua formação. No entanto esses parâmetros estão condicionados pela consistência da massa e pelo equipamento em si, como por exemplo o

comprimento da formadora, no caso de se querer uma formação mais progressiva. Também foi verificado na linha que, por vezes, a massa depois de laminada dobra-se, por ser muito mole, e acaba por não ser enrolada corretamente.

Ao cortar as barras de massa que saem da formadora às rodelas, verifica-se por vezes a presença de buracos na massa que, após a fermentação e cozedura, irão dar origem a grandes buracos no miolo do pão. Este facto confirma o que foi dito mais a cima.

As marcas feitas para o ajuste do aperto da altura da formadora são pouco visíveis, o que pode dificultar o trabalho dos operadores.

Fermentação

A fermentação é provavelmente a etapa que tem mais repercussões na estrutura do miolo. Por exemplo, se a fermentação for excessiva, a massa poderá abater e obter-se-ia uma estrutura do miolo grosseira (rasgamento das células de gás). A duração e temperatura de fermentação estão dependentes de outros parâmetros a montante do processo, a quantidade de levedura e a temperatura do local. O uso de certos aditivos reduz grandemente a sensibilidade da massa às condições de fermentação a que esta está sujeita. É então possível operar em condições menos ideais de fermentação, o que seria difícil nesta linha, com a produção sucessiva de diferentes formatos de pães.

Ao consultar as cartas de controlo para a temperatura e humidade, constatou-se que os seus limites são pouco restritas, e que a temperatura e humidade da câmara estão, por vezes, fora de especificação para este produto (Gráfico 1 e Gráfico 2).

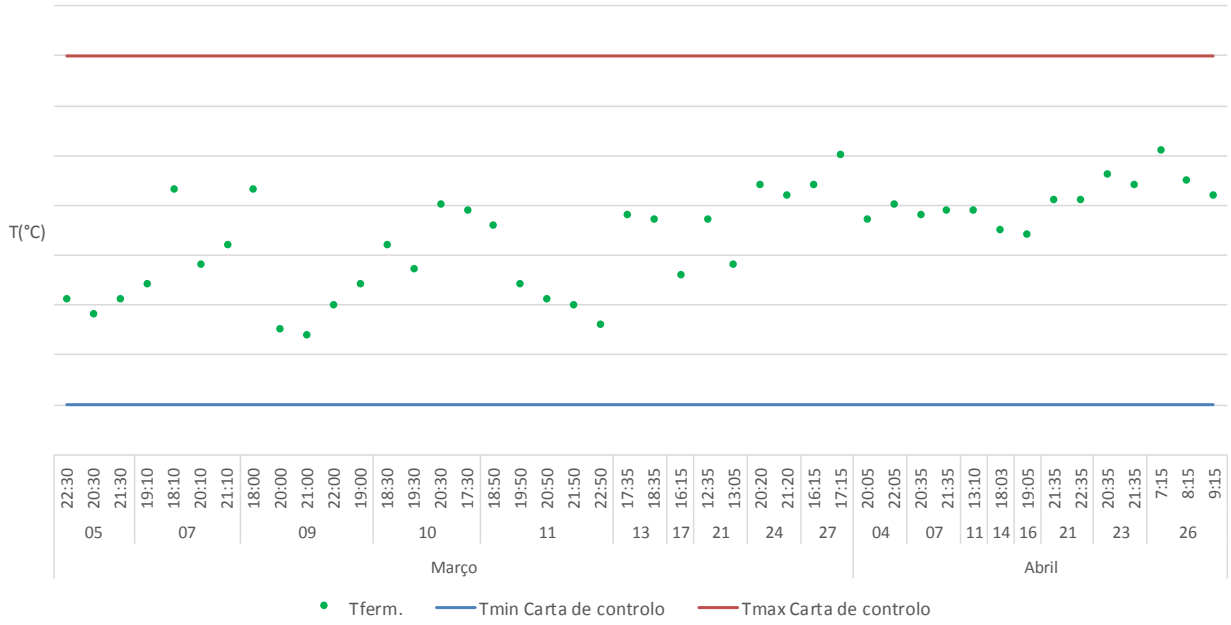


Gráfico 1 – Carta de controlo respetiva à temperatura da câmara de fermentação.

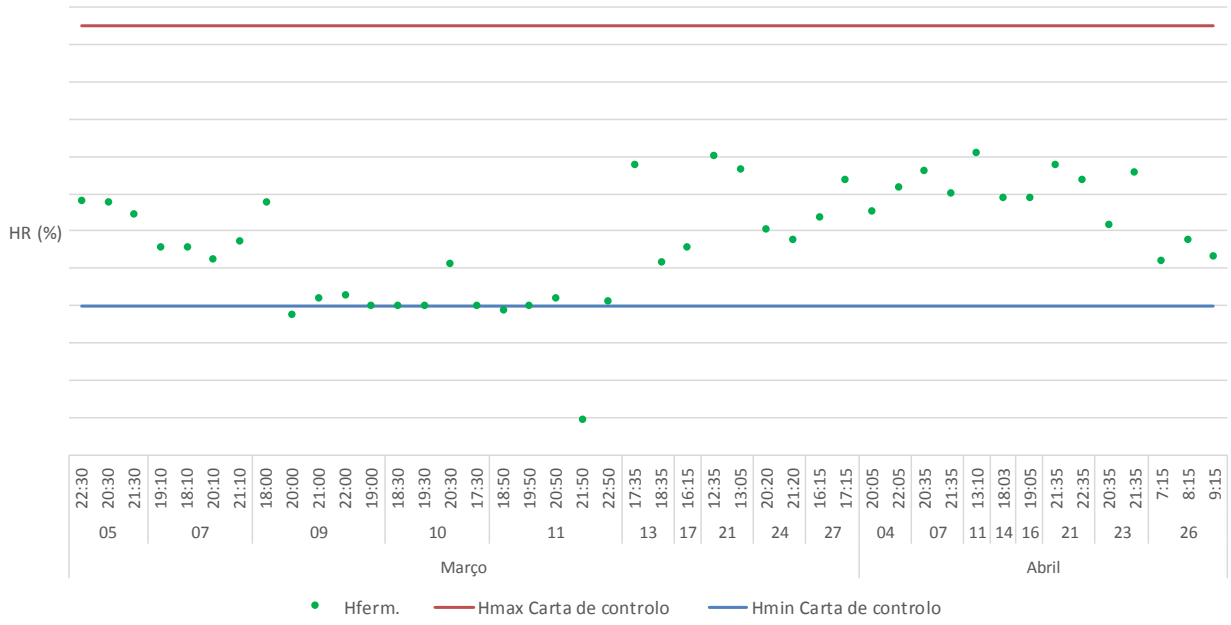


Gráfico 2 - Carta de controlo respetiva à humidade da câmara de fermentação.

Temperatura no início da Cozedura

Considerou-se que apenas a primeira zona do forno poderia ter influência na alveolação da massa, visto que nessa zona ainda ocorre aumento de produção de CO_2, como explicado anteriormente. Se essa produção de CO_2 ou a dilatação do gás for muito abruta nesta fase, poderá levar a ruturas da estrutura que sustêm a massa.

Análise 5 Porquês

Recorreu-se a uma análise de 5 Porquês para reorganizar as diferentes causas descritas anteriormente. Pensa-se, no entanto, que não existe uma única causa para o aparecimento de buracos nos pães, mas sim um conjunto de fatores. A análise 5 Porquês encontra-se na Tabela 7.

Tabela 7 – Análise 5 Porquês realizada para melhor compreensão e identificação das causas-raiz que poderão dar origem ao aparecimento de pães com buracos no miolo, nomeadamente no pão 0% Açúcares.

1º PORQUÊ	2º PORQUÊ	3º PORQUÊ	4º PORQUÊ	5º PORQUÊ	MODO DO DEFEITO
Formulação da massa	Interação entre matérias-primas	Permeabilidade da massa (ar, óleo, água)	Quantidades relativas / efeito de matérias-primas		Método / Matéria-prima / Mão-de-obra
		Ordem de adição dos ingredientes	Timming de ativação da levedura dependente do contacto direto com a água		Método
			Ingredientes que dificultam a ligação da massa durante o tempo de batido		Método
	Desadequada para os equipamentos existentes	Equipamentos adquiridos para produção de pães brancos	Na altura de aquisição do equipamento, este era adequado a todos os produtos fabricados		Material
Dificuldade em efetuar ajustes nos amassados	Variação das características da farinha	Variação entre campanhas e fornecedores (ajustes para cumprir especificação)			Matéria-prima
		Tempo de maruração da farinha insuficiente	Cumprir prazos de entrega (por parte do fornecedor)	Falta de capacidade (por parte do fornecedor)	Método / Material
	Informação das características das matérias-primas (silos, levedura) não está online com o local de produção				Método

1º PORQUÊ	2º PORQUÊ	3º PORQUÊ	4º PORQUÊ	5º PORQUÊ	MODO DO DEFEITO
	Dificuldade em saber a quantidade adequada de levedura a utilizar	Variação da atividade da levedura	Especificação demasiado alargada		Matéria-prima
	Necessidade de alteração da quantidade de água	Influencia o tempo de batido da massa			Método / Mão-de-obra
		Influenciada pelas características das matérias-primas			Método / Mão-de-obra
Tempo de batido da massa	Fora das especificações	Necessidade de ajuste do tempo de batido da massa	Oscilação de características das matérias-primas.		Matéria-prima
			Para massa ligar		Método
			Massa com consistência correta para cortar na divisora		Material
		Não cumprimento do método			Mão-de-obra
Uso de farinha de polvilhar na cuba de amassados	Para soltar a massa da cuba	Necessidade do processo			Mão-de-obra
Massa demasiado fermentada antes da laminagem	Fermentação excessiva antes do corte	Massa preparada com muita antecedência			Método
		Paragem devido a avaria			Material
		Tempo de corte excessivo	Tamanho das massas excessivo		Método

1º PORQUÊ	2º PORQUÊ	3º PORQUÊ	4º PORQUÊ	5º PORQUÊ	MODO DO DEFEITO
			Divisora deixa de cortar		Material
		Temperatura da massa	Tempo de batido		Método / Mão-de-obra
			Quantidade de gelo utilizada		Método / Mão-de-obra
			Temperatura ambiente	Eficiência do ar condicionado da sala de amassados	Material
Peso em massa insuficiente	Variabilidade no peso das massas cortadas pela divisora	A controladora de peso não está ligada com a divisora para um ajuste automático de pesos	Avaria		Material
Laminagem mal ajustada	Não cumprimento do método				Mão-de-obra
	Método desadequado				Método
	Equipamento desadequado	Sistema de ajuste			Material
Formadora mal ajustada	Não cumprimento do método				Mão-de-obra
	Método desadequado				Método / Material

1º PORQUÊ	2º PORQUÊ	3º PORQUÊ	4º PORQUÊ	5º PORQUÊ	MODO DO DEFEITO
	Equipamento desadequado	Sistema de ajuste			Material
Fermentação inadequada (tempo, temperatura, humidade)	Fora da especificação	Ordem de sequência de produção dos diferentes formatos (câmbios curtos entre produtos)			Método
		Dificuldade na desmoldagem	Formulação da massa		Método / Matéria-prima
			Desgaste dos moldes		Material
		Limites críticos de controlo (superior e inferior) desajustados			Método
Acumulação de gás na cozedura	Temperatura inadequada no início da Cozedura	Linha em funcionamento contínuo com diferentes formatos			Método / Mão-de-obra
		Secar o pão e facilitar a desmoldagem			Mão-de-obra
	Impermeabilidade da massa	Formulação			Método / Matéria-prima

3.2.4. Recolha e análise de dados

Com base no estudo feito sobre as possíveis causas de aparecimento de buracos, selecionaram-se os parâmetros que podem ter influência no aparecimento desse defeito para analisar se existe alguma correlação. Neste sentido, cada um dos fatores que constam na Tabela 8 foram comparados com a percentagem de pães não conformes, mediante diagramas de dispersão, para se verificar se existe alguma relação. Destes fatores, o único que não pode ser diretamente ou indiretamente regulado pelo operador é a temperatura da sala dos amassados (T_{sala}).

Tabela 8 – Variáveis de controlo relevantes para o estudo

Fase do processo	Variável de controlo	Símbolo
Dosagem de ingredientes	Massa de levedura	$m_{Lev.}$
	Massa de água	$m_{Água}$
Mistura / Amassado	Tempo de batido	t_{Batido}
	Temperatura da massa	T_{Massa}
Fermentação	Temperatura real da câmara de fermentação	$T_{Ferm.}$
	Humidade real da câmara de fermentação	$H_{Ferm.}$
	Tempo de fermentação	$t_{Ferm.}$
Cozedura	Temperatura real do forno	T_{Forno}
Outros	Temperatura da sala dos amassados	T_{sala}

No caso do T_{Massa}, $T_{Ferm.}$, T_{Forno} e H_{Ferm} utilizou-se o valor médio das temperaturas e humidades que constam nos respetivos registos de controlo.

Investigou-se se os dados em cada diagrama de dispersão se ajustam linearmente, por meio de uma regressão linear obtida pelo método dos mínimos quadrados. Deste modo, para cada variável, pretendeu-se obter a reta:

$$Y = a + b\,X_i \qquad \text{Equação 2}$$

em que cada valor de Y corresponde à percentagem de pães com buracos de uma determinada produção e X_i corresponde aos valores das respetivas produções de cada uma das variáveis em estudo apresentadas na Tabela 8.

Ao analisar os gráficos resultantes, verificou-se que as variáveis de processo não se ajustam ao modelo linear da Equação 2, pelo que se conclui que não existe uma relação linear entre os fatores analisados e o aparecimento de buracos. A título de exemplo, apresenta-se o gráfico de dispersão obtido para o tempo de batido (Gráfico 3). Os valores de R^2 apresentam-se na Tabela 9 e os restantes gráficos de dispersão no Anexo 3.

Como se pode ver, os valores de R^2 são próximos de zero o que indica que os dados não se ajustam ao modelo linear, sendo inconclusiva a relação entre os fatores e a percentagem de pães com buracos.

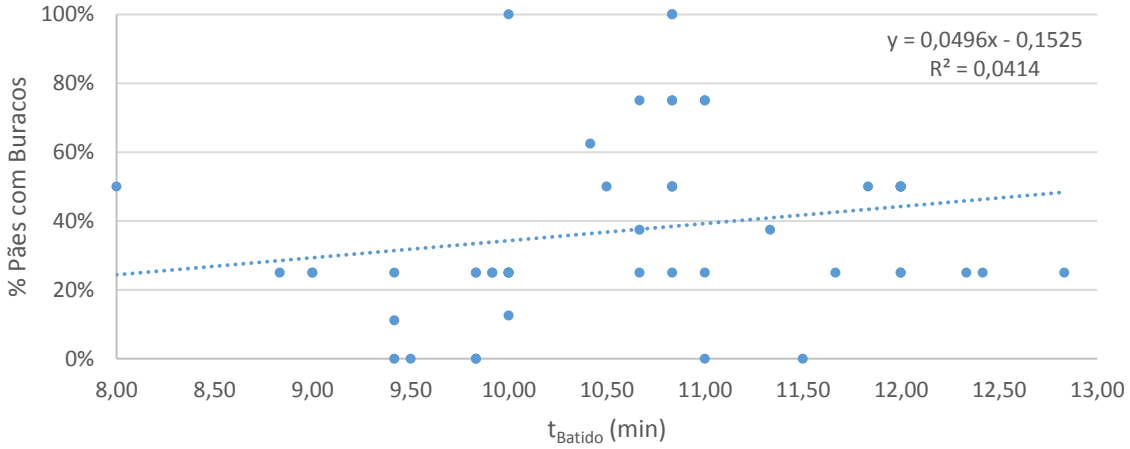


Gráfico 3 – Gráfico de dispersão entre o tempo de batido (t_{Batido}) e a percentagem de pães examinados com buracos (% Pães com Buracos). Dados de 16 de Dezembro 2013 até 28 de maio 2014. (R^2=0,0414)

Tabela 9 – Coeficientes de determinação (R^2) obtidos da regressão linear entre cada fator e a percentagem de pães examinados com buracos em cada produção.

Fator	R^2
$m_{Lev.}$	0,238
$m_{Água}$	0,052
t_{Batido}	0,041
T_{Massa}	0,010
$T_{Ferm.}$	0,074
$H_{Ferm.}$	0,046
$t_{Ferm.}$	0,082
T_{Forno}	0,182
T_{sala}	0,050

Dos mesmos dados de cada diagrama de dispersão, também se determinou o coeficiente de correlação amostral de Pearson que é uma medida para o grau de associação linear entre duas variáveis quantitativas.

O coeficiente de correlação amostral (r) calcula-se a partir da seguinte fórmula:

$$r(X,Y) = \frac{\sum_n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_n (x_i - \bar{x})^2 \sum_n (y_i - \bar{y})^2}} \qquad \text{Equação 3}$$

em que X e Y são as variáveis em estudo, x_i e y_i são cada um dos seus valores e $\bar{x}$ e $\bar{y}$ são as respetivas médias. O coeficiente de correlação assume valores entre -1 e 1, e quanto maior for o seu valor, em módulo, maior será o grau de associação linear entre as variáveis.

Pela Tabela 10, onde estão apresentados os coeficientes de correlação amostral obtidos, verifica-se que existe apenas uma associação fraca no caso da massa de levedura utilizada (m_{Lev}) e a temperatura do forno (T_{Forno}). Os restantes coeficientes de correlação são próximo de zero.

Tabela 10 – Coeficientes de correlação amostral (r) obtidos entre cada fator e a percentagem de pães examinados com buracos em cada produção.

Fator	r
$m_{Lev.}$	**-0,488**
$m_{Água}$	-0,229
t_{Batido}	0,203
T_{Massa}	0,101
$T_{Ferm.}$	0,272
$H_{Ferm.}$	0,216
$t_{Ferm.}$	0,286
T_{Forno}	**0,427**
T_{sala}	0,224

Note-se que a amostragem de pães por produção foi bastante reduzida, o que poderá gerar erros estatísticos excessivos devido à não representatividade da amostra.

Das percentagens de pães inspecionados com buracos durante cada mês, observou-se que havia uma tendência sazonal. Isto é, os meses de maior calor aparentam maior percentagem de aparecimento do defeito, como se pode verificar no Gráfico 4, no qual se representaram as temperaturas médias mensais determinadas a partir das temperaturas médias diárias da região de Sintra. Este facto explica a ligeira correlação com a massa de levedura doseada com a presença de buracos, visto que se coloca uma menor quantidade de levedura quando a temperatura da fábrica é maior. Deste modo, temperaturas elevadas no interior da fábrica poderão ter alguma relevância na incidência do defeito quer por alterações nas matérias-primas quer nas diferentes etapas do processo de produção.

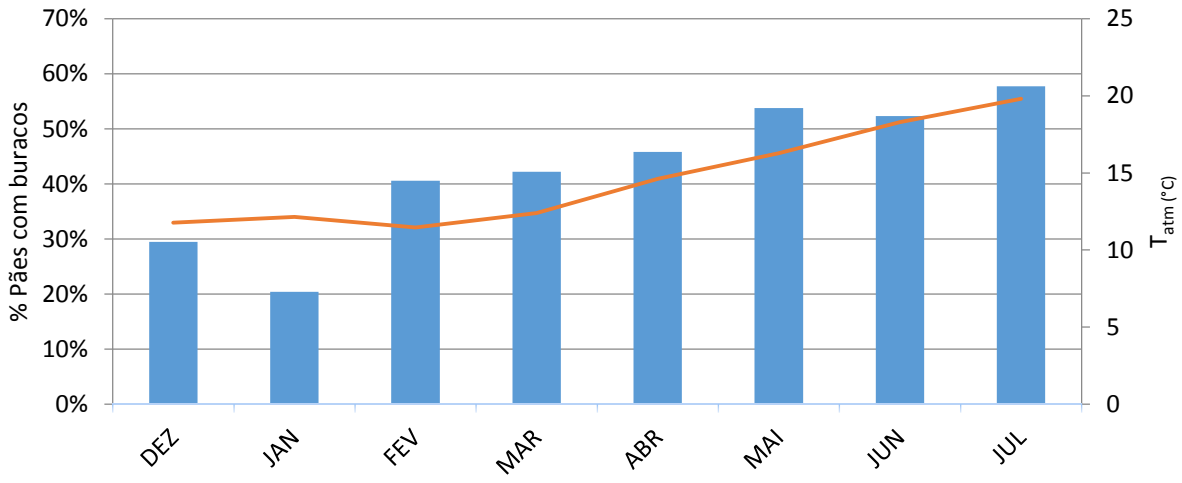


Gráfico 4 – Comparação das percentagem de Pães 0% Açúcares inspecionados com buracos, de Dezembro 2013 até Julho 2014, com a temperatura média mensal da atmosfera em Sintra (T_{atm}). [43]

Também se tentou verificar a existência de alguma correlação entre o peso dos pães e a presença de buracos. O diâmetro dos buracos encontrado em cada pão é um dado apontado na folha de cálculo onde é verificada a conformidade dos requisitos dos pães acabados. Deste modo, supondo que cada buraco tem a forma de um círculo, determinou-se a soma das áreas dos buracos de cada pão (S), sendo esse valor

igual a zero quando não há buracos no pão e, com o peso de cada pão, efetuou-se um gráfico de dispersão (Gráfico 5). No entanto, estes dois fatores também não se correlacionam (R^2= 0,0016).

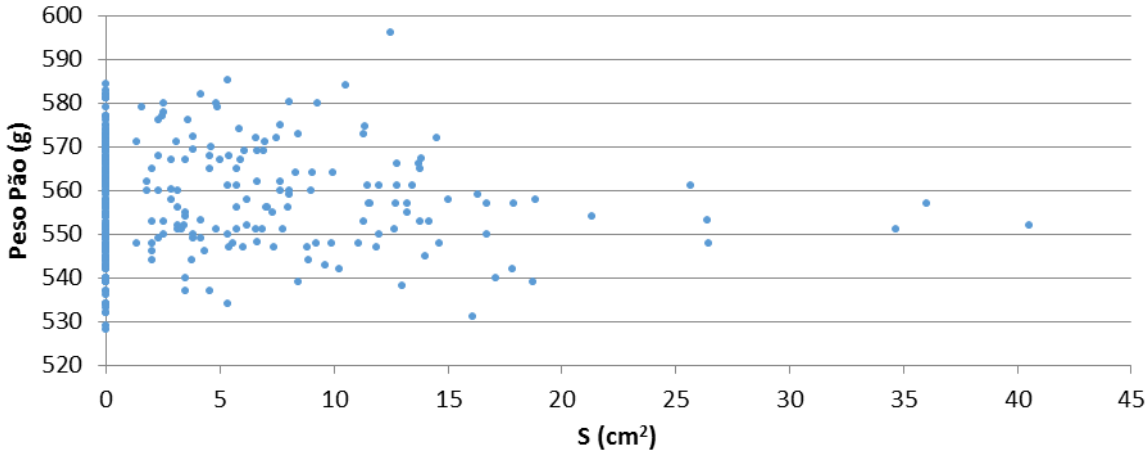


Gráfico 5 – Gráfico de dispersão entre a soma da área de todos os buracos de um pão (S) e o seu peso.

3.2.5. Reconstituição das condições básicas, ações corretivas e resultados

Ao longo do projeto, foram executadas algumas ações de reposição de condições básicas e ações corretivas. Segue-se a descrição das ações implementadas e os respetivos resultados:

- Relativamente à temperatura excessiva da massa do 0% Açúcares depois da etapa de amassadura, foi conduzida uma ação de formação aos operadores sobre o tema, com o objetivo de reavivar que a temperatura da massa tem de estar dentro da especificação. No entanto já com a temperatura da massa dentro das especificações não se observou uma redução de buracos no pão 0% Açúcares.
- Foi substituído o bloco mecânico da máquina divisora (zona onde as massas são cortadas) e efetuada uma revisão geral da máquina. A partir desta ação, o ar que impedia a massa de descer na cuba da divisora deixou de se acumular, reduzindo-se o número de paragens da linha devido à divisora deixar de cortar, o que levava a uma fermentação em excesso da massa antes de entrar na câmara de fermentação. Com esta ação, seria expetável uma redução da percentagem de pães inspecionados com buracos, mas tal não se verificou.
- Na mesma altura em que o bloco mecânico da divisora foi substituído, também foi substituído e atualizado o software da controladora de peso a jusante da divisora. Desta forma foi possível ligar a controladora de peso com a máquina divisora e automatizar o ajuste de volume/peso das massas cortadas. Desta alteração resultou uma menor oscilação no peso das massas cortadas.

Figura 13 – Máquina divisora e controladora de peso da sala dos amassados.

- Relativamente à ordem de adição dos ingredientes, foi definido que a levedura deverá ser colocada em último lugar e foi dada formação aos operadores do amassado para que essa ordem seja cumprida.

Apesar das ações implementadas, não se conseguiu uma redução da presença de buracos no pão integral 0% Açúcares no decorrer deste estudo (Gráfico 4). Apresentam-se, na secção 3.2.6, propostas de melhoria e outras sugestões para uma possível melhoria deste defeito.

3.2.6. Conclusões e recomendações

De momento, não se conseguiu descobrir qual ou quais são as causas para o aparecimento recorrente de buracos nos pães de forma integrais, principalmente no pão 0% Açúcares. No entanto, constatou-se uma tendêncial sazonal com maior incidência do defeito em meses de maior calor. Foram eliminados alguns fatores e ficaram apontadas outras possíveis causas que poderão ser estudadas em futuros trabalhos. Estão de seguida apresentadas várias propostas de trabalhos que podem levar a certos melhoramentos:

- As cartas de controlo do processo de fermentação deverão ser revistas de forma a que, no final, os limites de controlo de temperatura e humidade fiquem dentro dos limites de especificação. Este processo poderá levar a um ajuste das especificações do produto 0% Açúcares relativos à temperatura e humidade de fermentação.
- Relativamente ao tempo de batido da massa do 0% Açúcares, tinha-se verificado que esse parâmetro estava frequentemente superior à especificação. No entanto, ao observar a massa a ser amassada na batedeira, não pareceu possível diminuir esse tempo de batido. É aconselhado a revisão da especificação deste parâmetro do processo.

- A quantidade de levedura adicionada na massa também é inferior à especificação. No entanto, se se usasse a quantidade de levedura especificada, mantendo o resto do processo, a massa iria ganhar um volume superior ao desejado durante a sua fermentação. É necessário redefinir a massa de levedura a utilizar na especificação.
- Na formadora, o sistema de ajuste da altura do tapete superior é pouco preciso e as marcações feitas para os diferentes apertos, consoante o formato do pão, estão pouco visíveis, o que dificulta o seu acerto pelo operador. A alteração do sistema de ajuste ou colocação de marcas mais evidentes poderá ser benéfico para um bom ajuste deste equipamento.
- Neste estudo, não foi avaliada a possibilidade do aperto dos rolos da laminadora e do tapete da formadora terem alguma influência no aparecimento dos buracos. Como existem indícios de uma das fontes do problema se localizar nessas duas etapas do processo, com o aparecimento de buracos em fatias consecutivas, logo no comprimento do pão, a realização de um trabalho de estudo nesses dois equipamentos seria conveniente.
- Relativamente ao facto da informação das características das farinhas colocadas nos silos não estar sempre disponível na sala dos amassados, poderia ser revisto ou reformulado o circuito de informação para que os dados sejam disponibilizados na linha a tempo útil.
- Na análise de dados, observou-se que os meses de maior calor aparentavam maiores percentagens de aparecimento do defeito. Neste sentido, é recomendável avaliar durante um tempo adicional a influência que poderá ter a temperatura ambiente.

4. CONCLUSÃO E DISCUSSÃO

O trabalho executado constituiu uma parte importante na revisão do sistema HACCP, nomeadamente com a atualização e melhoria do manual HACCP de todas as linhas de produção da fábrica, e a sua verificação no local. Este trabalho contribuiu para a renovação da certificação da segurança alimentar da empresa com a extensão para as linhas que ainda não estão certificadas.

Da examinação da documentação existente que constitui a análise dos perigos e respetivas medidas preventivas implementadas, foram encontradas incongruências factuais, ou seja, para além do conteúdo a atualizar, alguns das descrições que vigoravam no documento não correspondiam à realidade observada. Foi então necessário proceder-se a uma revisão geral do documento.

No decorrer desta revisão, foram levantadas algumas Instruções de Higienização e uma Instrução de Trabalho a atualizar. Além disso, foram detetadas outras possibilidades de melhoria em certos pontos da fábrica.

Relativamente ao estudo sobre o aparecimento de pães com buracos no miolo, não se conseguiu descobrir qual ou quais são as causas deste defeito, nem reduzir a sua incidência. No entanto, constatou-se uma maior incidência do defeito em meses de maior calor. Foram eliminados alguns fatores e ficaram apontadas outras possíveis causas que poderão ser estudadas em futuros trabalhos.

Ponderou-se aplicar a análise fatorial na linha, que consistiria em variar um dos fatores em estudo numa produção, mantendo os restantes constantes, de modo a verificar se este iria influenciar no aparecimento dos buracos nos pães. No entanto, julgou-se que estes testes poderiam levar à perda de uma porção da produção, deste modo não foi possível a concretização destas experiências. No final do estudo, foram propostas trabalhos futuros com vista na melhoria da qualidade dos produtos da linha do pão e na diminuição da incidência deste defeito.

5. BIBLIOGRAFIA

[1] G. Afonso, "Revista Segurança e Qualidade Alimentar," *N. 01,* 11 2006.

[2] J. Dias, "O controlo da qualidade na indústria alimentar," Hipersuper, [Online]. Available: http://www.hipersuper.pt/2008/10/17/o-controlo-da-qualidade-na-industria-alimentar/. [Acedido em 02 12 2014].

[3] A. Santos, Manual do Formando - Higiene e Segurança Alimentar, ISLA de Leiria: Gabinete de Formação.

[4] "A Origem do HACCP," Portal de Segurança Alimentar, 2004. [Online]. Available: http://www.segurancalimentar.com/conteudos.php?id=55. [Acedido em 12 09 2014].

[5] A. Vaz, R. Moreira e T. Hogg, "Introdução ao HACCP," [Online]. Available: http://www.esac.pt/noronha/haccp/manual%20HACCP%20spiral.pdf. [Acedido em 12 09 2014].

[6] d. T. Rita, "Higiene e Segurança Alimentar: o que significa? Qual a sua aplicação?," Naturlink, [Online]. Available: http://naturlink.sapo.pt/Natureza-e-Ambiente/Interessante/content/Higiene-e-Seguranca-Alimentar-o-que-significa-Qual-a-sua-aplicacao/section/1?bl=1. [Acedido em 12 9 2014].

[7] V. Dashöfer e D. Holding, Manual de Qualidade Alimentar, Edições Profissionais Sociedade Unipessoal, Lda., 2009.

[8] "O Primeiro Modelo de HACCP," Portal de Segurança Alimentar, 2004. [Online]. Available: http://www.segurancalimentar.com/conteudos.php?id=58. [Acedido em 14 09 2014].

[9] "Regulamento (CE) N.º 852/2004 de 29 de Abril de 2004," *Jornal Oficial da União Europeia.*

[10] Food And Agriculture Organization of the United Nations, Food Hygiene - Basic Texts, Fourth edition ed., Rome, 2009.

[11] "Pré-requisitos," GrupoEnge, 2009. [Online]. Available: http://www.grupoenge.com/alimentar/?p=13#center. [Acedido em 22 09 2014].

[12] FQA e DCTA/ESAC, "HACCP - Manual de formação," *Projecto AGRO DE&D nº 44,* 2002.

[13] R. Bhat e V. Gómez-López, Practical Food Safety - Contemporary Issues and Future Directions, Wiley Blackwell, 2014.

[14] "Aflatoxinas - Introdução," U. Porto - Faculdade de Farmácia, [Online]. Available: http://www.ff.up.pt/monografias_toxicologia/monografias/ano0607/aflatoxinas/intro.htm.

[Acedido em 09 10 2014].

[15] "Test Sticks," Bunting Magnetics Co., [Online]. Available: http://www.buntingmagnetics.com/products-backup/metal-detection/test-sticks/. [Acedido em 13 19 2014].

[16] Mettler Toledo, "Deteção de Metais," [Online]. [Acedido em 14 12 2014].

[17] Food and Drug Administration, Compilance Policy Guide, Chapter 5 - Sub Chapter 555, 1999.

[18] "Food: Cassels Metal Detection Compendium," CASSEL, [Online]. Available: http://www.cassel-inspection.com/industries/food/food-compendium. [Acedido em 30 09 2014].

[19] "Metal Detection," Mettler Toledo, [Online]. Available: http://www.mt.com/dam/SafelineUS_Images/Blank/MD_Improving%20Sensitivity.pdf. [Acedido em 13 10 2014].

[20] "Our Flour," Le Pain Quotidien, [Online]. Available: http://www.lepainquotidien.com/editorial/our-flour/#.VGfxxzSsWSq. [Acedido em 3 10 2014].

[21] J. C. Vilela, "Glúten: Importância e Aplicação na Indústria de Panificação," [Online]. Available: http://www.academia.edu/5056440/Gl%C3%BAten_Import%C3%A2ncia_e_Aplica%C3%A7%C3%A3o_na_Ind%C3%BAstria_de_Panifica%C3%A7%C3%A3o. [Acedido em 11 10 2014].

[22] "On the rise," *Bread chemistry - Chemistry World,* 10 2009.

[23] "Fermento da cerveja do padeiro fresco," dreamstime, [Online]. Available: http://pt.dreamstime.com/imagem-de-stock-fermento-da-cerveja-do-padeiro-fresco-image22543591. [Acedido em 6 11 2014].

[24] "O Pão," [Online]. Available: http://www.cienciaviva.pt/projectos/pollen/sessao6pao.pdf. [Acedido em 11 10 2014].

[25] "Panificação," *Food Ingredents Brasil,* 10 2009.

[26] A. Le Blanc, "Le Petrissage," [Online]. Available: http://lamainalapate.asso-web.com/uploaded/Cours1_P%C3%A9trissage.pdf. [Acedido em 14 10 2014].

[27] E. V. Marques , "Apostila panificacao," [Online]. Available: http://pt.slideshare.net/EnockVianaMarques/apostila-panificacao. [Acedido em 15 10 2014].

[28] K. M. Gandra, M. Del Bianchi, V. P. Godoy, F. P. C. Queiroz e C. J. Steel, "Aplicação de lipase e monoglicerídeo em pão de forma enriquecido com fibras," *Ciência e Tecnologia de Alimentos,* 2008.

[29] E. Pereira, E. Amorim, H. Ambiel e Y. Chang, “Influência de agentes oxidantes sobre as propriedades reológicas de massas de farinha de trigo branca e de grão inteiro e sobre o volume específico de pão francês,” *Braz. J. Food Technol.,* vol. 12, pp. 161-171, Setembro 2009.

[30] Wacker, “Melhorar A Extensibilidade Da Massa Com L-Cisteína De Fonte Vegetal,” [Online]. Available: http://www.wacker.com/cms/media/publications/downloads/6882_PT.pdf. [Acedido em 20 11 2014].

[31] B. Stéphane, “Réseau Viscoélastique,” Protéines Alimentaires, [Online]. Available: http://biochim-agro.univ-lille1.fr/proteines/co/ch3_III_a.html. [Acedido em 18 10 2014].

[32] UNIFA, “La boulangerie d'aujourd'hui,” [Online]. Available: http://www.unifa.be/_STUDIOEMMA_WWW/images/publicaties/Brochure_Boulangerie_2006_08.pdf?PHPSESSID=a6c4b728798990e31ede1c9b674ef51e. [Acedido em 8 10 2014].

[33] “Ponto de Véu,” Marilda Fajardo, [Online]. Available: http://www.marildafajardo.com.br/2011/03/ponto-de-vu/. [Acedido em 14 10 2014].

[34] “Gluten,” Boulangerie.net, [Online]. Available: http://www.boulangerie.net/forums/bnweb/dt/gluten/gluten11.php. [Acedido em 15 10 2014].

[35] “Mixing of the dough,” Classofoods, [Online]. Available: http://www.classofoods.com/page2_1.html. [Acedido em 14 10 2014].

[36] F. Tejero, “El Formato Del Pan,” Asesoria Tecnica En Panificacion, [Online]. Available: http://www.franciscotejero.com/tecnica/formado/formado%20del%20pan.htm. [Acedido em 16 10 2014].

[37] A. Le Blanc, “Divisage, Façonnage et Cuisson du pain,” [Online]. Available: http://lamainalapate.asso-web.com/uploaded/Cours4_DivisFa%C3%A7onCuisson.pdf. [Acedido em 16 10 2014].

[38] “La fabrication du pain,” [Online]. Available: http://www.ispeed.org/docs/1_Alimentation/La.Fabrication.Du.Pain_par.fairesonpain.free.fr.pdf. [Acedido em 17 10 2014].

[39] Wissensforum Backwaren, “Emulsifiers in bread improvers and bakery ingredients,” [Online]. Available: http://www.wissensforum-backwaren.de/files/wfb_broschuere27_e.pdf. [Acedido em 20 11 2014].

[40] L. C. Sousa, “Incorporação E Optimização De Aditivos Alimentares E Auxiliares Tecnológicos Em Produtos De Panificação,” Setembro 2012.

[41] M. Eduardo, . U. Svanberg e L. Ahrné, “Effect of Hydrocolloids and Emulsifiers on Baking Quality of Composite Cassava-Maize-Wheat Breads,” *International Journal of Food Science,* 2014.

[42] M. Hrusková e D. Machová, “Changes of Wheat Flour Properties during Short Term Storage,” *Czech J. Food Sci.,* vol. 20, 2002.

[43] “Tempo histórico para Sintra, Portugal,” Weather Wunderground, [Online]. Available: wunderground.com. [Acedido em 30 11 2014].

Anexo 1: LISTA DE ACRÍLICOS E PLÁSTICOS RÍGIDOS VEÍCULOS EXISTENTES NA FÁBRICA (ANTES REPARAÇÕES) GRÁFICOS DE DISPERSÃO

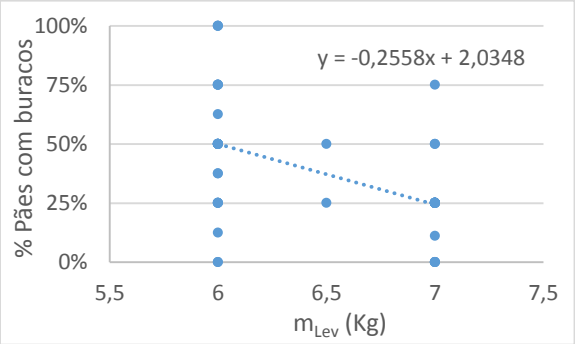


Gráfico 6 - Gráfico de dispersão entre a massa de levedura (m_{Lev}) e a percentagem de pães examinados com buracos (% Pães com Buracos). (r = -0,49; R^2 = 0,24)

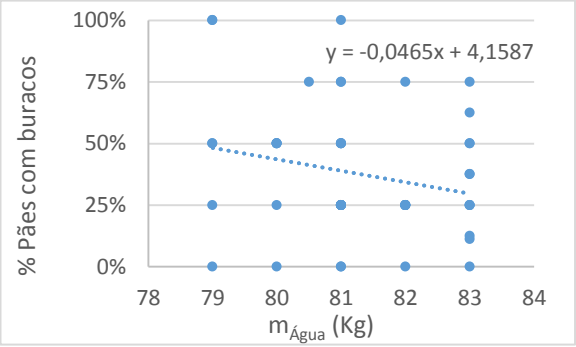


Gráfico 7 - Gráfico de dispersão entre a massa de água ($m_{Água}$) e a percentagem de pães examinados com buracos (% Pães com Buracos). (r = 0,23; R^2 = 0,052)

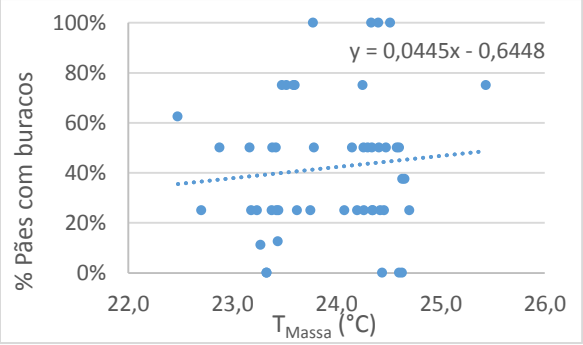


Gráfico 8 - Gráfico de dispersão entre a Temperatura da massa (T_{Massa}) e a percentagem de pães examinados com buracos (% Pães com Buracos). (r = 0,10; R^2 = 0,010)

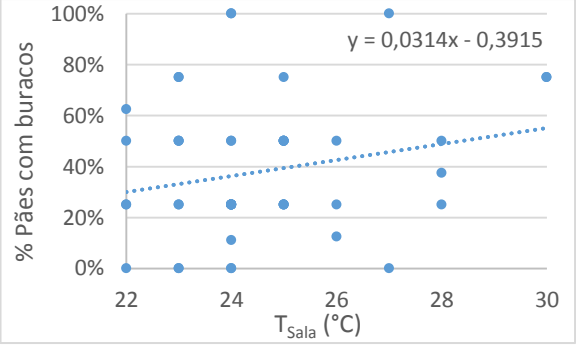


Gráfico 9 - Gráfico de dispersão entre a temperatura da sala dos amassados (T_{Sala}) e a percentagem de pães examinados com buracos (% Pães com Buracos). (r =0,22; R^2 = 0,050)

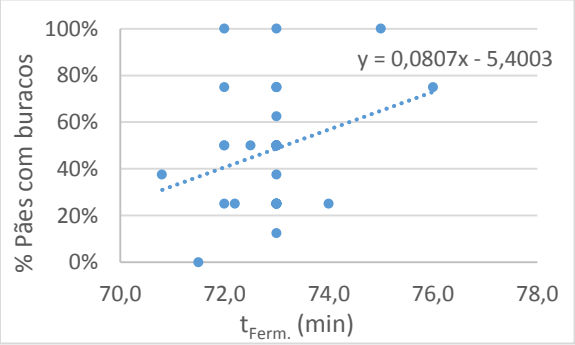


Gráfico 10 - Gráfico de dispersão entre o tempo de fermentação ($t_{Ferm.}$) e a percentagem de pães examinados com buracos (% Pães com Buracos). (r = 0,29; R^2 = 0,082)

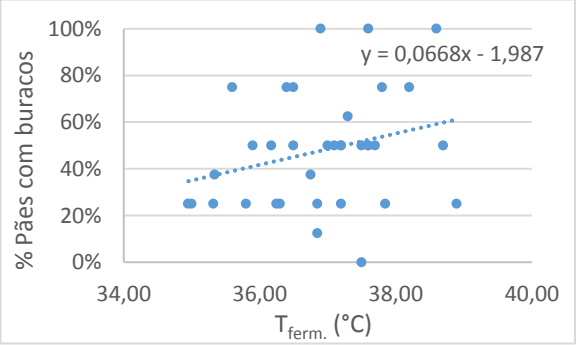


Gráfico 11 - Gráfico de dispersão entre a temperatura real da câmara de fermentação ($T_{Ferm.}$) e a percentagem de pães examinados com buracos (% Pães com Buracos). (r = 0,27; R^2 =0,074)

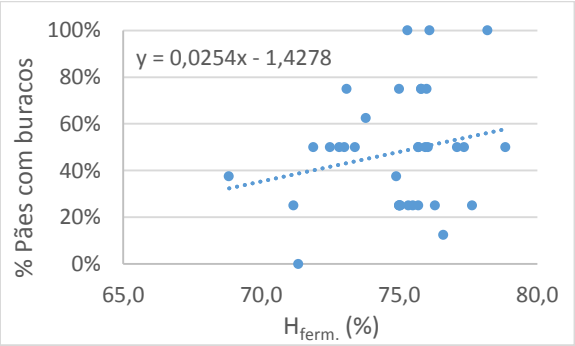


Gráfico 12 - Gráfico de dispersão entre a humidade real da câmara de fermentação ($H_{ferm.}$) e a percentagem de pães examinados com buracos (% Pães com Buracos). (r = 0,22; R^2 = 0,046)

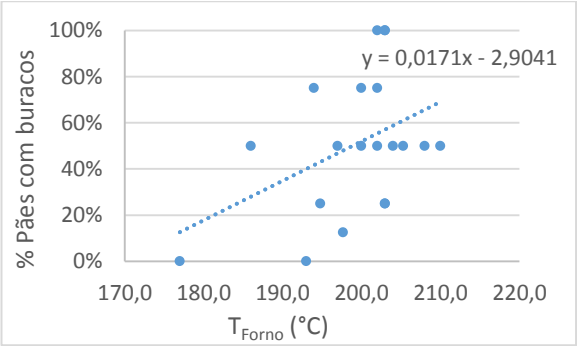


Gráfico 13 - Gráfico de dispersão entre a temperatura real do forno (T_{Forno}) e a percentagem de pães examinados com buracos (% Pães com Buracos). (r = 0,43; R^2 =0,18)