



**Politécnico
de Viseu**

Escola Superior
de Tecnologia
e Gestão de Viseu

Implementação de ferramentas de controlo estatístico e melhoria de processo em Indústria Alimentar

Paulo Manuel Martins Fernandes

Estudo de Caso

Mestrado em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação de
Professora Doutora Maria Odete Monteiro Lopes

Setembro de 2023



**Politécnico
de Viseu**

Escola Superior
de Tecnologia
e Gestão de Viseu

Implementação de ferramentas de controlo estatístico e melhoria de processo em Indústria Alimentar

Paulo Manuel Martins Fernandes

Estudo de Caso

Mestrado em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação de

Professora Doutora Maria Odete Monteiro Lopes

Setembro de 2023

Para os meus Irmãos, Bruno e Mariana.

*“The purest treasure mortal times afford
is spotless reputation: that away,
Men are but gilded loam or painted clay.
Mine honour is my life; both grow in one:
Take honour from me, and my life is done”*

William Shakespeare

Resumo

Num momento em que a escassez alimentar se torna uma realidade cada vez mais evidente, obrigando mesmo ao recurso à exploração de novas fontes proteicas para colmatar esta lacuna, reveste-se de suma importância a otimização dos recursos alimentares disponíveis para transformação e consumo, combatendo todo e qualquer tipo de desperdício. Nesse sentido, neste trabalho identificou-se o sobrepeso no embalamento de produtos alimentares unitários em linhas de produção industrial, significativamente acima do peso nominal referido. Para além do desperdício alimentar associado, existe uma evidente perda financeira inerente a este processo, a qual se estima nas dezenas de milhares de euros anuais. Teve-se como objetivo aproximar o peso real de cada unitário daquilo que é o peso nominal do produto e, com isso, promover uma redução do desperdício e uma melhoria da capacidade de produção da indústria em questão. Resultado de uma apurada recolha e tratamento de dados ao longo de vários meses, foi possível verificar a existência de um sobrepeso médio de cerca de 10%, relativamente ao peso nominal do produto. Ao mesmo tempo verificou-se a existência de uma amplitude de valores demasiado alargada, o que potenciava as perdas e um baixo índice de capacidade do processo. Com o intuito de reverter esta tendência predefiniu-se a parametrização da maquinaria industrial — até aqui parametrizada de forma arbitrária, diariamente, pelos operadores — e realizaram-se pesagens regulares ao longo do processo produtivo, promovendo dessa forma um efetivo controlo de pesos. Tendo o fator humano um impacto direto naquilo que são as cadeias de produção do setor alimentar nacional, dinamizaram-se ainda ações de formação e sensibilização junto dos operadores. Desta forma, foi possível aumentar o índice de capacidade do processo e aproximar o peso real dos produtos unitários daquilo que é o peso nominal referido na rotulagem e, assim, combater o desperdício alimentar, aumentando ao mesmo tempo a rentabilidade dos recursos materiais e financeiros da empresa.

Abstract

Nowadays food scarcity is an increasingly evident reality, forcing the exploration of new protein sources to fill this gap. It is of huge importance to optimize the food resources available for processing and consumption, combating any type of waste. In this investigation, overweight was identified in the packaging of food products in industrial production lines. In addition to the associated food waste, there was an obvious financial loss inherent in this process, which was estimated at several thousands of euros per year. The objective was to approximate the real weight of each unit to its nominal weight and, with this, promote the reduction of waste and an improvement in the production capacity of the industry in question. As a result of a careful collection and treatment of data over several months, it was verified that there was an average overweight of about 10%, in relation to the nominal weight. At the same time, the range of recorded values was too wide, increasing losses and a low process capacity index. With the aim of reversing this trend, it was intended to analyze and correct the parameterization of industrial machinery and carry out regular weightings in the production process, promoting effective weight control. As the human factor has a direct impact on production, it was also intended to improve awareness among operators. It was expected to increase the process capacity index and bring the actual weight of the product closer to the nominal weight indicated on the label and combat food waste, while increasing the company's profitability.

Palavras-chave

Controlo Estatístico de Processo;

Alimentar;

Produção;

Desperdício.

Keywords

Statistical Process Control;

Food;

Production;

Waste.

Agradecimentos

Um dos mais célebres poetas britânicos do século XVI, John Donne, escreveu que “Nenhum homem é uma ilha, completo em si próprio; cada ser humano é uma parte do continente, uma parte de um todo.” Não podia começar esta singela homenagem sem, genericamente, agradecer a todos aqueles que se cruzaram comigo ao longo do meu percurso de vida, nas mais variadas vertentes e áreas. Todos aqueles que comigo se cruzaram ao longo desta caminhada ajudaram a construir as circunstâncias em que me rejo, a realidade em que gravito e, por inerência, a pessoa que sou e o documento em que leem estas palavras.

Começar por agradecer às instituições que permitiram esta investigação: o Instituto Politécnico de Viseu, a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e a Paranhocarnes, Indústria e Comércio de Carnes, S.A., pelos meios disponibilizados, pelo conhecimento transmitido e pelo contributo para uma causa tão nobre. Aqui, agradecer a todos os Professores, colaboradores e colegas cujo conhecimento, sabedoria e experiência ajudaram a enriquecer esta investigação. De forma muito particular, agradecer à Professora Doutora Odete Lopes pelo acompanhamento cuidado e permanente que me conferiu durante este período. No entanto, mais do que os evidentes contributos técnicos e académicos que escuso de referir, agradeço o profundo humanismo, empatia, dedicação, e, acima de tudo, exemplo que se tornou para mim do ponto de vista académico, profissional e pessoal.

Agradecer encarecidamente aos meus amigos desta casa: André Almeida, Joana Nicolau, Carlos Cardoso, Kevin Borges, Tiago Brito e todos os outros, cuja amizade sincera e verdadeira fez valer a pena cada segundo desta etapa.

Nas pessoas da Liliana Marques, Carina Abreu, Melania Rodrigues, Miguel Alves, Eduardo Nunes, Fábio Teixeira, entre tantos outros, agradecer àqueles com quem me cruzei em contexto profissional, com os quais tanto aprendi, e cujas qualidades humanas permitiram que a amizade alcançasse uma dimensão tão pessoal.

Um agradecimento muito especial aos meus queridos amigos João Ribeiro, Marcelo Queiroz, Adriana Silva, Henrique Ferreira, Paulo Nunes, Tiago Coutinho, Rui Silva, João Abreu, etc. pela amizade e carinho que nos une.

Termino agradecendo a toda a minha família, sem a qual nada seria possível: aos meus Pais, Avós, Tios, Primos, Cunhada, e todos os restantes pelo papel basilar que desempenham nesta jornada constante que é a vida.

Por último, uma palavra muito especial para aqueles a quem dedico esta obra, o meu Irmão Bruno e a minha Irmã Mariana. São, para mim, o exemplo maior de inteligência e amor.

Obrigado a todos!

ÍNDICE GERAL

1 – INTRODUÇÃO.....	1
1.1) Enquadramento Teórico	1
1.2) Objetivos Gerais	3
1.3) Metodologia de Investigação	4
1.4) Descrição da Estrutura do Trabalho	5
2- CONTEXTO HISTÓRICO	7
3 – A INDÚSTRIA ALIMENTAR E O FUTURO	9
4 – ESTADO DA ARTE	15
4.1) Filosofia <i>Lean</i>	15
4.2) <i>6 Sigma</i>	18
4.3) O Controlo Estatístico do Processo	22
4.4) Ferramentas de Controlo Estatístico	22
4.5) Cartas de Controlo	27
5 - ESTUDO DE CASO	30
5.1) A Empresa	30
5.2) O Problema.....	32
5.3) Objetivos Específicos.....	32
5.4) O Processo	333
5.5) O Diagrama de Espinha de Peixe Deste Processo	34
5.6) Métodos	35
5.5) Obstáculos e Dificuldades.....	36
6 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
6.1) Uma Primeira Intervenção	39
6.2) Tratamento Estatístico	40
6.3) Resultados a <i>Priori</i> e a <i>Posteriori</i>	43
6.3.1) Cartas de Controlo	43
7- CONCLUSÃO	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: As 7 ferramentas da qualidade	2
Figura 2: A evolução da população mundial ao longo dos milénios (em milhões de habitantes)	9
Figura 3: Consumo calórico diário, por pessoa.	10
Figura 4: Objetivos definidos em 2015 pela ONU para o desenvolvimento sustentável.	10
Figura 5: Segundo objetivo da ONU – Erradicar a fome.	11
Figura 6: Nono objetivo da ONU – Indústria, Inovação e Infraestruturas.....	11
Figura 7: Décimo segundo objetivo da ONU – Produção e consumo sustentáveis.....	12
Figura 8: Décimo terceiro objetivo da ONU – Ação climática.	13
Figura 9: Símbolo da empresa onde o estágio foi realizado	16
Figura 10: O processo de fabrico de enchidos a partir de carne de suíno	17
Figura 11: Diagrama Espinha de Peixe do processo tendo em vista o problema relacionado com o sobrepeso de produtos unitários.	20
Figura 12: Crescimento de publicações sobre <i>Lean Manufacturing</i> , <i>6 sigma</i> , e <i>Lean 6 sigma</i> na indústria alimentar.	21
Figura 13: Dispersão geográfica de publicações científicas sobre o tema.....	23
Figura 14: Defeitos por milhão por nível de qualidade segundo a metodologia 6 sigma	24
Figura 15: Percentagem de conformidade por nível de qualidade segundo a metodologia 6 sigma	25
Figura 16: As 7 Ferramentas da Qualidade	25
Figura 17: Exemplo de histograma	28

Figura 18: Exemplo de Diagrama de Pareto.	29
Figura 19: Modelo de Diagrama de Ishikawa	30
Figura 20: Exemplo de Carta de Controlo	34
Figura 21 (a e b): Exemplo de Cartas de Controlo de médias.	35
Figura 22: Modelos normais desenhados com recurso a um software estatístico automatizado.	41
Figura 23: Distribuição de dados obtidos através da pesagem de Farinheiras antes da intervenção	41
Figura 24: Distribuição de dados obtidos através da pesagem de Morcela antes da intervenção.	42
Figura 25: Distribuição de dados obtidos através da pesagem de Farinheiras após a intervenção	42
Figura 26: Distribuição de dados obtidos através da pesagem de Morcelas após a intervenção.	43
Figura 27 [a e b]: Cartas de Controlo de Médias e Amplitudes de Farinheira antes de qualquer intervenção	45
Figura 28 [a e b]: Cartas de Controlo de Médias e Amplitudes de Morcela antes de qualquer intervenção	46
Figura 29 e 30: Cartas de Controlo de Médias e Amplitudes de Farinheira após intervenção.	48
Figura 31 e 32: Cartas de Controlo de Médias e Amplitudes de Morcela após intervenção.....	49

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Etapas associadas à metodologia DMAIC (Werkema, 2006).....	21
Tabela 2: Resumo dos resultados obtidos através das Cartas de Controlo de Peso.....	49
Tabela 3: Resumo dos resultados obtidos através das Cartas de Controlo de Amplitude.	50
Tabela 4: Resumo dos resultados obtidos a respeito dos Índices de Capacidade do Processo.	50
Tabela 5: Quadro-Resumo com as mais-valias financeiras associadas às metodologias implementadas.....	52

1 – INTRODUÇÃO

Na atual conjuntura, reveste-se de suma importância otimizar os recursos ao dispor das indústrias. Não só na vertente energética importa maximizar a eficiência, como no gasto de consumíveis, material de embalagem e matéria-prima. No setor alimentar, o combate ao desperdício assume uma preponderância particularmente significativa, uma vez que o processo de fabrico de produtos alimentares engloba um conjunto de etapas intermédias às quais está associado um produto em vias de fabrico, cujo rendimento deve ser otimizado. Existe ainda um largo caminho a percorrer no sentido de minimizar o desperdício associado ao setor alimentar.

1.1) Enquadramento Teórico

A indústria do setor alimentar reveste-se de um papel de destacada importância, uma vez que grande parteda produção alimentar e, conseqüentemente, do desperdício, tem lugar em contexto industrial onde os tratamentos a que a matéria-prima é sujeita levam a perdas significativas no processo. Também a existência de rigorosos controlos e normas de segurança alimentar - cada vez mais exigentes - levam a um aumento da quantidade de produto rejeitado, impossibilitando o seu consumo, considerando-o produto a segregar, com destino a outros tratamentos.

De acordo com o estudo “Do Campo ao Garfo - Desperdício Alimentar em Portugal” (Baptista et al., 2012) em Portugal são desperdiçadas cerca de 1 milhão de toneladas de comida todos os anos, o que representa cerca de 274 mil quilos por dia. Segundo o movimento Unidos Contra o Desperdício, esta comida seria suficiente para alimentar as cerca de 360 mil pessoas com carências alimentares no país.

A filosofia *Lean* foi desenvolvida no Japão no pós-segunda guerra mundial e está intrinsecamente ligada ao combate ao desperdício (Sundar et al., 2014). Esta filosofia identifica 8 tipos de desperdício (Figura 1): por produção em excesso, por tempo de espera, por transporte, movimentação, defeitos, processamento desnecessário, excesso de stock e subaproveitamento da capacidade dos trabalhadores (Hopp & Spearman, 2004).



Figura 1: Os 8 tipos de desperdício identificados pela Metodologia Lean (Tokubo, 2021)

Compreender melhor as etapas onde este desperdício é particularmente significativo, conhecer as suas origens, para dessa forma poder atuar ativamente na raiz do problema, a fim de reduzir estas perdas, são etapas importantes no processo de implementação destas metodologias. Só após um estudo apurado dos processos de produção ligados à indústria alimentar, é possível compreender o que origina os desperdícios associados. Tratando-se de material perecível, o tempo e a exposição ao meio ambiente assumem um papel preponderante na conformidade do produto, mas também os processos e as transformações intermédias podem ter um impacto significativo na segurança alimentar. Só conhecendo realmente as matérias-primas e os procedimentos, é possível identificar as causas e, dessa forma, atuar sobre as mesmas, através de controlos, registos, testes e validações que permitam controlar os processos e dessa forma reverter esta tendência.

A utilização de ferramentas estatísticas de controlo da qualidade permite melhorar sobremaneira o processo produtivo e combater os desperdícios. A identificação da origem destes.

desperdícios é essencial para um fiel conhecimento da realidade em questão. Só dessa forma será possível implementar ferramentas de controlo estatísticas e proceder a alterações de processo que permitam minorar os desperdícios e, conseqüentemente, aumentar os rácios financeiros e de produtividade.

As ferramentas de controlo de qualidade possuem um importante papel tanto na qualidade do produto a ser apresentado ao cliente, como na viabilidade e melhoramento de processos (Jacobs & Chase, 2014). Existem diversas ferramentas que podem ser utilizadas nesse sentido tais como Fluxogramas, Cartas de Controlo, Diagrama de Ishikawa, Folha de verificação, Histograma, Diagrama de Dispersão, Diagrama de Pareto, etc. Nesse sentido, antes de proceder a uma efetiva melhoria das linhas de produção, importa conhecer a sua realidade, recorrendo à implementação de um conjunto de práticas estruturadas e sustentadas, assentes em princípios científicos e estatísticos, estudados e validados, que permitam uma eficiente gestão de recursos e redução de tempos, podendo, dessa forma, combater o desperdício alimentar e aumentar os lucros das empresas.

1.2) Objetivos Gerais

A conjuntura atual é altamente condicionada por um cenário pós-pandémico onde os constrangimentos associados às cadeias de produção e abastecimento foram evidentes, demonstrando a fragilidade a que estão dotados os elementos que as constituem, quer ao nível de recursos humanos, quer ao nível de recursos financeiros. Ao mesmo tempo, o despoletar de uma guerra no coração da Europa, criou um conjunto de dificuldades associados á contração dos mercados e incerteza na procura por parte dos habituais destinatários da produção nacional. Fruto de toda esta instabilidade social e económica em que as comunidades se viram envolvidas, absolutamente marcadas pelas dificuldades financeiras que as famílias vivem e pela incerteza que o setor industrial atravessa, são já muitas as previsões de recessão para os anos que se avizinham. A inflação galopante tem vindo a ser uma constante na vida de cidadãos e empresas, com conseqüências altamente danosas para a atividade económica. Por um lado, a indústria vê grande parte das matérias-primas aumentar o seu preço de forma exponencial, constringindo ainda mais as finanças das empresas. Em Portugal, a maioria da atividade empresarial é exercida por pequenas e médias empresas, as quais possuem mais limitados mecanismos de resposta a estas oscilações, assim como uma menor capacidade para absorver estes choques e oscilações. Por outro lado, as famílias e consumidores em geral veem o seu poder de compra diminuir, ao mesmo tempo que os seus rendimentos nominais se mantêm constantes, os preços dos

principais bens de consumo aumentam de forma significativa, levando a uma contração no consumo e consequentes repercussões nos mercados.

Sendo o tecido industrial português essencialmente composto por indústrias de pequena e média dimensão — muitas delas de cariz familiar -, não existe qualquer almofada financeira e o modelo de gestão assenta muitas vezes num tradicionalismo pouco sustentado académica e cientificamente. Prova disso é o facto de Portugal ser o país da Europa onde os gestores de topo possuem menor formação académica. Assim, importa destacar a relevância associada à redução dos desperdícios inerentes à atividade operacional. Muitas vezes, as metodologias *Lean* são implementadas sem que a respetiva nomenclatura lhes seja associada. Por vezes, estas metodologias encontram-se em vigor na cadeia de produção de uma Indústria, sem que o próprio conceito teórico e académico seja do conhecimento dos intervenientes. A verdade, é que uma base teórica sustentada, garante uma mais correta e profícua implementação destes métodos, os quais, quando devidamente sustentados por uma componente académica sólida e coerente, permite obter resultados mais valiosos, diminuindo sobremaneira os desperdícios associados à produção e, dessa forma, melhorar os resultados financeiros da empresa.

O objetivo desta investigação passou por avaliar diversos tipos de desperdícios presentes na atividade operacional da Paranhocarnes, Indústria e Comércio de Carnes S.A., identificando aquele que se revestiria de uma maior significância e atuando em conformidade, minimizando esse desperdício e rentabilizando ao máximo a produção e a alocação de matérias-primas.

1.3) Metodologia de Investigação

A pesquisa bibliográfica aqui apresentada foi realizada em português e inglês. Para esse efeito recorreu-se à biblioteca do Instituto Politécnico de Viseu, ao Google Académico, ao Repositório Científico do Instituto Politécnico de Viseu, à biblioteca *online* B-on, entre outras plataformas. Sendo o setor industrial uma área onde o desenvolvimento tecnológico assume particular relevância, esta pesquisa foi realizada priorizando artigos científicos, dissertações, teses, estudos e livros publicados num passado mais recente. Procurou-se ainda priorizar a informação disponibilizada especificamente sobre a vertente alimentar, uma vez que esta se reveste, em determinadas áreas, de diferenças significativas relativamente ao setor industrial em geral.

A metodologia de investigação utilizada neste trabalho foi o Estudo de Caso. Tendo em

conta as especificidades da área alimentar, optou-se por um método imersivo neste contexto industrial, privilegiando um amplo contacto com a realidade operacional para uma melhor compreensão da mesma. Esta metodologia de investigação é utilizada nas mais diversas áreas e permite explicar, explorar e descrever fenómenos inseridos no seu próprio contexto (Aberdeen, 2013), promovendo dessa forma um estudo detalhado e exaustivo.

1.4) Descrição da Estrutura do Trabalho

Este trabalho principia com uma breve introdução onde são abordadas as intenções teóricas que originaram o interesse no tema, nomeadamente a necessidade urgente em combater o desperdício no setor alimentar e a possibilidade de utilizar as ferramentas de controlo estatístico e a filosofia *Lean* em virtude dessa intenção. Simultaneamente, são elencados os objetivos práticos do trabalho assim como as metodologias utilizadas na investigação elaborada ao longo deste. Por último, a estrutura do trabalho é descrita de forma sucinta para promover uma melhor compreensão do mesmo.

De seguida, encontramos no Capítulo 2, uma contextualização histórica que visa dar a entender o passado daquilo que foi a indústria em geral e da indústria alimentar em particular, para, dessa forma, haver um contexto histórico que melhor permita compreender a realidade. Também é dado destaque ao papel da carne enquanto elemento central da dieta humana, o que visa reforçar a pertinência de uma mais eficiente alocação da mesma.

No Capítulo seguinte é possível compreender a situação vigente da indústria alimentar e o seu papel no desenvolvimento sustentável da humanidade. Fruto dos constrangimentos populacionais com que nos vemos atualmente confrontados, o futuro da sociedade moderna encontra-se umbilicalmente ligado à indústria alimentar e a uma correta alocação dos recursos disponíveis na mesma. Dessa forma é reforçada a importância de mitigar os desperdícios associados ao setor e a relevância desta investigação.

No quarto capítulo somos confrontados com o Estado da Arte, onde é possível avaliar a informação disponibilizada do ponto de vista académico sobre aquilo que é a investigação associada às metodologias *Lean* e às ferramentas de controlo estatístico. Sendo reforçado o interesse naquela que é a utilização destas metodologias e ferramentas em contexto industrial no setor alimentar.

Em seguida temos o Estudo de Caso, no qual é apresentada uma breve descrição da empresa onde teve lugar a investigação assim como os processos nos quais este trabalho

incidiu, para, dessa forma, permitir uma melhor compreensão da atuação possível no contexto operativo. Foram também identificados os principais obstáculos e dificuldades, sendo assim possível transmitir de uma forma mais fiel as debilidades inerentes ao setor industrial e as especificidades do setor alimentar, cujas idiosincrasias associadas às matérias-primas e processos limitam sobremaneira eventuais ações de melhoria.

Numa fase final podemos encontrar os resultados obtidos ao longo da investigação. Inicialmente é fornecida a informação relativamente à utilização das ferramentas de controlo estatístico, nomeadamente a construção das Cartas de Controlo e do Diagrama de Espinha de Peixe. Em seguida são compilados os dados obtidos antes de qualquer intervenção, sendo, em seguida, disponibilizados os dados obtidos após as ações identificadas como pertinentes, permitindo, através do recurso a tabelas, uma melhor compreensão dos resultados obtidos e das efetivas reduções de desperdício alimentar.

Por último, a conclusão, onde se torna possível avaliar tanto a pertinência das ferramentas de controlo estatístico como da filosofia *Lean*. Aí, é também possível quantificar, tanto materialmente, como financeiramente, o retorno associado às ações implementadas, transmitindo, dessa forma, uma melhor compreensão das mais valias associadas a esta investigação.

2- CONTEXTO HISTÓRICO

Tão antiga quanto a roda, é esta a longevidade que os historiadores atribuem à produção alimentar por parte do Homem. Foi no quinto milénio antes de Cristo que as populações viram disseminar a agricultura a partir do Oriente e em todo o sul da Europa, tomando proporções globais (Pilcher, 2023).

Historicamente, as populações nómadas começaram a estabilizar-se em regiões que identificavam como férteis, podendo, dessa forma, utilizar os solos para o desenvolvimento de práticas de cultivo, assim como de pastorícia e criação de gado. A existência de solos férteis, vegetação térrea e cursos de água foram fatores essenciais para a seleção das áreas onde edificar as comunidades, uma vez que estes fatores se revestem de suma importância no que à produção alimentar diz respeito. Este foi o princípio de uma forma rudimentar de indústria alimentar, onde as comunidades tinham na transformação das matérias-primas fornecidas pela natureza, o cerne da sua atividade, alocando grande parte das suas energias para a transformação dos vegetais, frutas e leguminosas provenientes dos solos e das carnes que se lhes tornavam abundantes pela criação de gado (Knorr & Watzke, 2019). Ao mesmo tempo, grande parte dos subprodutos acessórios a esta produção eram utilizados em atividades paralelas. Exemplo disso era o destino dado à pele e carcaça de animais os quais, não podendo ser utilizados para consumo, serviam o propósito de aquecer os corpos humanos perante as intempéries da natureza. A importância deste fenómeno traduz-se no facto de este período ter ficado conhecido na história como a Revolução Neolítica, ou, Revolução agrícola.

A produção alimentar teve uma base altamente rudimentar até finais do Século XVIII, momento no qual, fruto da revolução industrial que teve origem no Reino Unido e se fazia sentir um pouco por todo o mundo, levou a uma aceleração do processo industrial com um impacto significativo no setor alimentar (Deirdre McCloskey, 2023). A passagem de métodos de produção manuais para mecânicos, a utilização crescente de produtos químicos e o uso crescente de energia a vapor levou a um aumento exponencial da produção industrial, a qual resultou num aumento populacional a nível mundial. Isto levou, naturalmente, a um desenvolvimento veloz das transações comerciais e das rotas de comércio, as quais viram o seu fluxo aumentar significativamente num curto período. Esta revolução é, em grande medida, responsável pelo rápido desenvolvimento tecnológico que se tem vindo a verificar ao longo dos últimos dois séculos.

Historicamente, a carne assume um papel preponderante na dieta do Homem. A tipologia de carnes mais consumidas em todo o globo são a carne de frango, suíno, caprino e bovino.

No entanto há um fator cultural significativo, o qual leva a que em determinadas zonas do globo seja comum o consumo de tipologias de carne que em outras regiões é tida como inaceitável. Exemplo disso é o não consumo de carne bovina e suína associada a diversos credos religiosos. Os países cujo consumo de carne assumem uma maior parcela relativamente ao consumo mundial são os EUA onde, em média, cada americano consome 110 kg de carne, a Austrália com um consumo médio anual de 93 kg de carne por habitante, seguida da Argentina, com uma média de 90 kg (Ritchie, 2019).

Segundo as teorias mais consensuais, o consumo de carne por homínidos terá principiado entre 1 milhão e 500 mil anos atrás, altura em que os australopitecos comiam a mesma quantidade de carne que os chimpanzés atuais. Este consumo provocou rápidas e evidentes alterações na morfologia humana (Godfray et al., 2018), uma vez que marcou o fim da dieta vegetal e a introdução de uma dieta rica em ferro, gordura e proteínas. Segundo alguns cientistas, a passagem de uma dieta totalmente vegetariana para uma dieta carnívora levou a um processo de encefalização — crescimento do cérebro humano — e encurtamento do intestino. A carne é tida atualmente como uma boa fonte de importantes nutrientes e, quando consumida de forma regrada, pode assumir um papel central na nutrição humana.

A produção alimentar está indelévelmente associada ao desenvolvimento da sociedade, sendo um espelho cristalino da civilização. Acompanhou os avanços e retrocessos sociais, moldando-se àquela que era a realidade vigente dos tempos, retratando valores culturais, sociais e religiosos, aplicados às comunidades.

3 – A INDÚSTRIA ALIMENTAR E O FUTURO

Como é possível verificar através da Figura 2, o aumento populacional a nível mundial que se tem vindo a verificar ao longo dos últimos séculos levou a que a população do globo seja hoje o dobro daquela que se verificava no início da década de 70 do século passado.

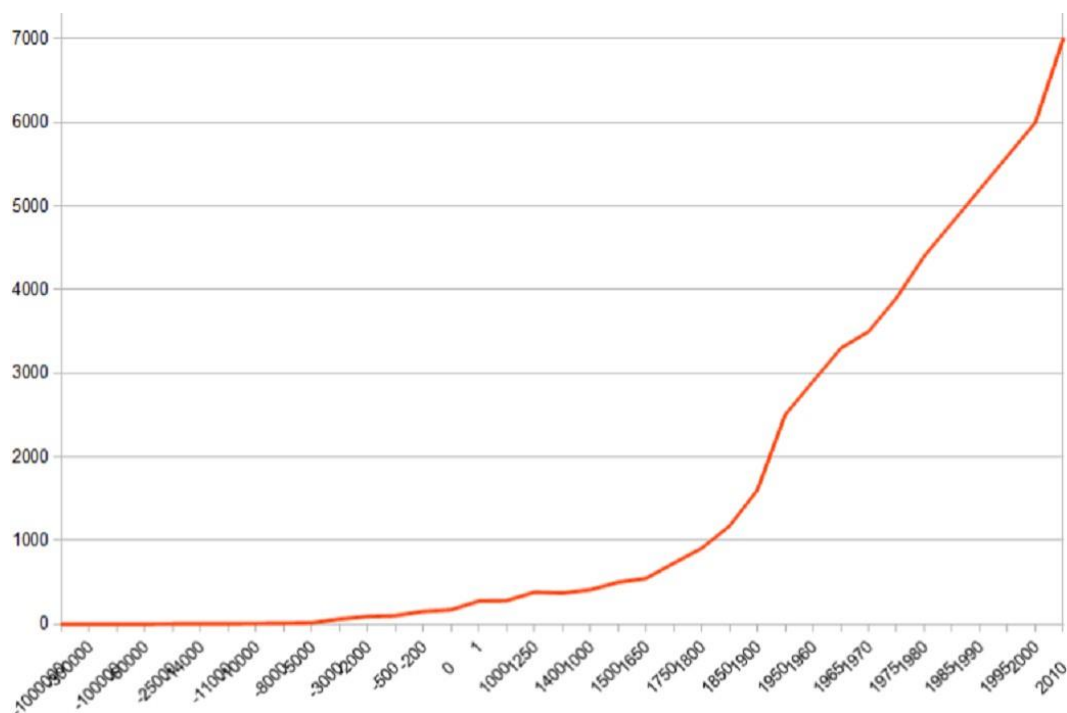
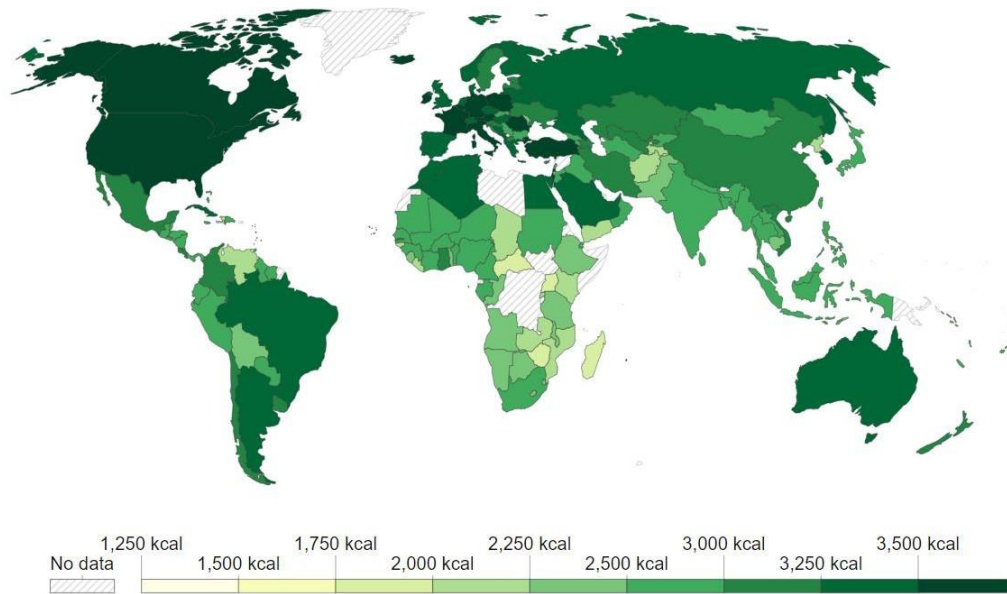


Figura 2: A evolução da população mundial ao longo dos milénios (em milhões de habitantes) (Loh, 2014)

Naturalmente, este crescimento populacional leva a um aumento de pressão sobre as cadeias de produção alimentar, sendo previsível que nas próximas décadas esta pressão se venha a intensificar de forma significativa, tornando cada vez mais difícil responder às necessidades alimentares da população mundial. Dessa forma, torna-se ainda mais urgente promover uma utilização eficaz e responsável da matéria-prima alimentar, otimizando os processos para garantir o mínimo desperdício possível, administrando estes recursos de forma justa e equilibrada, dando resposta àquelas que são as cada vez mais significativas necessidades calóricas da sociedade moderna, altamente concentrada nos países desenvolvidos, como podemos verificar na Figura 3.



Source: Our World in Data based on the Food and Agriculture Organization of the United Nations & historical sources
OurWorldInData.org/food-supply • CC BY

Figura 3: Consumo calórico diário, por pessoa (2018).

No ano de 2015 a Organização das Nações Unidas (ONU) propôs 17 objetivos de desenvolvimento sustentável a alcançar a nível global até ao ano de 2030 (Figura 4), naquilo que ficou conhecido como a Agenda 2030. Estes objetivos pautaram-se pela ambição na construção de um planeta mais justo e socialmente equilibrado, abordando diversas vertentes de desenvolvimento sustentável como o social, o económico e o ambiental, promovendo a paz e a ecologia entre países. De acordo com a ONU, esta é uma visão comum para a Humanidade, um contrato entre os líderes mundiais e os povos e “uma lista das coisas a fazer em nome dos povos e do planeta”.



Figura 4: Objetivos definidos em 2015 pela ONU para o desenvolvimento sustentável. (Organização das Nações Unidas. Todos os objetivos disponíveis em “<https://unric.org/pt/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel/>”)



Figura 5: Segundo objetivo da ONU – Erradicar a fome.

O segundo objetivo (Figura 5) desta proposta passa por um princípio de fome zero e agricultura sustentável. Aqui, a indústria alimentar assume particular preponderância, uma vez que, segundo a ONU, este objetivo passa por duplicar a produtividade dos pequenos produtores alimentares, matéria na qual a implementação de metodologias *Lean* e ferramentas de controlo estatístico podem assumir um papel central. As Nações Unidas referem ainda que pretendem garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos que aumentem a produtividade e a capacidade de produção das cadeias, reforçando, mais uma vez, a importância que os mecanismos de otimização de recursos e combate ao desperdício terão nestes intentos.



Figura 6: Nono objetivo da ONU – Indústria, Inovação e Infraestruturas.

Também o nono objetivo (Figura 6), que passa pela Indústria, Inovação e Infraestruturas, visa transformar, até ao ano de 2030, as infraestruturas industriais em espaços mais sustentáveis e eficientes no uso de recursos. Pretende ainda garantir uma maior adoção de tecnologias e processos industriais limpos e ambientalmente corretos. Consciente de que a aplicação de conceitos académicos e científicos — como a filosofia *Lean* e as ferramentas de controlo estatístico — promovem uma maior eficiência por parte das unidades industriais, a ONU pretende “fortalecer a investigação científica, melhorar as capacidades tecnológicas de setores industriais em todos os países, particularmente os países em desenvolvimento, inclusive, até 2030, incentivar a inovação e aumentar substancialmente o número de trabalhadores na área de investigação e desenvolvimento por milhão de pessoas e a despesa pública e privada em investigação e desenvolvimento.”



Figura 7: Décimo segundo objetivo da ONU – Produção e consumo sustentáveis.

Na Figura 7 encontra-se o 12º objetivo, o qual assenta na produção e consumos sustentáveis, o que não pode ser alcançado sem uma gestão consciente dos recursos. As metodologias *Lean* e as ferramentas de controlo estatístico revelam-se como uma pedra basilar neste sentido, uma vez que uma gestão consciente apenas pode ser garantida através de conhecimento intrínseco da realidade dos processos operativos. Aqui, as Nações Unidas definem o uso eficiente dos recursos naturais disponíveis como um objetivo central, matéria na qual a Indústria Alimentar tem ainda um longo caminho a percorrer. Pretendem ainda, reduzir para metade o desperdício de alimentos a nível mundial e reduzir os desperdícios de alimentos ao longo das cadeias de produção e abastecimento.



Figura 8: Décimo terceiro objetivo da ONU – Ação climática.

Já o objetivo número 13 (Figura 8) visa a ação climática, matéria na qual a Indústria Alimentar merece ser alvo de uma profunda reflexão. Segundo a Diretora Executiva da Associação Smart Waste Portugal, Luísa Magalhães, “cerca de 1/3 dos alimentos produzidos anualmente a nível mundial são desperdiçados, o que corresponde a 1,3 mil milhões de toneladas de alimentos desperdiçados. Na Europa, 30% dos alimentos comprados não são consumidos. E, além disso, o setor alimentar também produz 1/3 dos gases com efeito de estufa a nível mundial. Temos, por isso, um caminho muito longo a percorrer” (Peralta, 2021). Já em setembro de 2021, o Jornal “Expresso” (Bensch, 2021) noticiava que a “produção de carne é responsável por 60% de todos os gases da indústria alimentar que geram aquecimento global.” Sustentado num estudo publicado na revista científica “Nature Food”, o semanário informava que “a indústria alimentar a nível mundial é responsável por um terço de todos os gases emitidos pela atividade humana com efeito no aquecimento global, com a produção de carne e de animais para abate a destacar-se por gerar 60% destas emissões nocivas para o clima do planeta”.

A definição deste conjunto de objetivos por parte da Organização das Nações Unidas visa promover uma reflexão sobre o papel relevante do Homem enquanto elemento integrante desta aldeia global a que chama de Terra. A indústria em geral e a Indústria Alimentar em particular, devem estar conscientes do papel relevante que desempenham em cada um destes objetivos e das ações a adotar para o cumprimento dos mesmos. O fim da fome, a sustentabilidade, o combate às alterações climáticas e a preservação dos ecossistemas apenas podem ser alcançadas através de uma consciente gestão de recursos e de uma responsável administração dos mesmos. É nesse âmbito que tanto as metodologias *Lean*, como as ferramentas de controlo estatístico, se revelam preponderantes para que o

cumprimento destas metas seja alcançado. O conhecimento profundo dos processos de produção é essencial para a garantia do combate ao desperdício e, conseqüentemente, para uma mais correta alocação de recursos, o que nos permitirá almejar o sucesso no cumprimento dos objetivos propostos pela ONU.

4 – ESTADO DA ARTE

Este capítulo visa permitir compreender as diferentes metodologias, métodos e filosofias que sustentaram este estudo. O conhecimento destas, do seu historial e do seu impacto na indústria, promove uma contextualização que permite sustentar a abordagem ao problema identificado e, conseqüentemente, as ações de melhorias implementadas. Procurou-se ainda abordar a realidade do contexto alimentar, uma vez que se reveste de minudências que limitam a aplicação de diversas metodologias e métodos, pelo que a contextualização destas no setor alimentar se reveste de uma importância significativa para a sustentação teórica do trabalho desenvolvido.

4.1) Filosofia *Lean*

De acordo com Dora & Gellynck (2015), o *Lean Manufacturing* tem como propósito primordial a utilização de menos *inputs* para a obtenção do mesmo nível de *outputs*. Esta é uma prática proeminente na gestão da qualidade que tem demonstrado ser responsável por uma melhoria significativa no desempenho operacional das empresas no que diz respeito a custos, qualidade e entrega, sendo predominante no setor automóvel (Bhasin, 2008, Shah e Ward, 2003). Segundo os estudos mais recentes, existe uma tendência de proliferação deste tipo de práticas e metodologias, havendo evidências de que a indústria de transformação alimentar pode também usufruir destas valências (Engelund et al., 2009).

A questão da evolução da produtividade tem vindo a ganhar cada vez mais espaço no debate económico em virtude da necessidade de os países assegurarem a sua competitividade dentro de um cenário globalizado. Países que desejam garantir o seu espaço no cenário internacional e assegurar alto crescimento económico devem estar atentos aos seus ganhos de produtividade (Júnior & Ferreira, 1999).

Quantificar a habilidade de uma economia ou empresa em converter *inputs* em *outputs* é uma condição *sine qua non* para a análise empírica em diversas áreas de investigação (Del Gatto et al., 2011). Nem sempre existe uma linearidade entre o incremento dos *inputs* e dos *outputs*, uma vez que os processos de transformação intermédia absorvem as oscilações nos *inputs* podendo, por um lado, ter uma ação destrutiva, diluindo essas oscilações, impedindo-as de se manifestarem nos *outputs* e, por outro lado, estas etapas intermédias podem ter um efeito catalisador, potenciando de forma exponencial estas oscilações, reforçando a sua consequência nos *outputs*.

A verdade é que através da investigação e conhecimento, é possível reverter esta tendência associada ao aumento do desperdício alimentar que se tem vindo a verificar ao longo das últimas décadas. Vários têm sido os estudos desenvolvidos no sentido de utilizar estes resíduos alimentar, no entanto é também possível reduzir este desperdício através da otimização dos recursos que lhe dão origem. Para isso, linhas de produção mais eficientes, controlos mais rigorosos e práticas mais exigentes são essenciais.

É possível verificar que ao longo dos últimos anos a preocupação em otimizar as linhas de produção alimentar, recorrendo a metodologias *Lean* – como é o caso do *6 sigma* - tem vindo a aumentar de forma significativa, o que se torna evidente na Figura 9, onde se pode verificar que desde 2004 tem vindo a existir um crescimento gradual de publicações relacionadas com *Lean Manufacturing*, *6 sigma* e *Lean 6 sigma* no setor alimentar, o que, por um lado, demonstra um crescente interesse no sentido de combater o desperdício alimentar e, por outro lado, uma necessidade evidente de otimizar as matérias-primas e os recursos disponíveis.

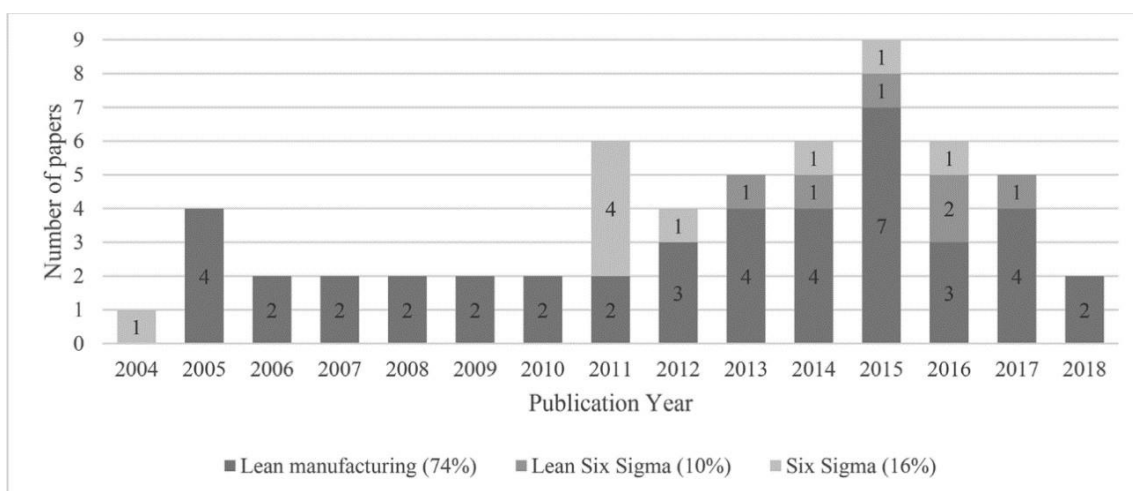


Figura 9: Crescimento de publicações sobre *Lean Manufacturing*, *6 sigma*, e *Lean 6 sigma* na indústria alimentar. (Costa, 2018)

Este crescente interesse na otimização de linhas de produção industrial no setor alimentar está indelévelmente associado às publicações existentes no meio científico, uma vez que esta é a base para a implementação de metodologias sustentáveis e eficazes. Este interesse tem vindo a crescer um pouco por todo o globo, tendo obtido particulares desenvolvimentos no continente Europeu e Asiático, zonas geográficas que representam 84% dos artigos científicos publicados como podemos verificar na Figura 10.



Figura 10: Dispersão geográfica de publicações científicas sobre o tema. (Costa, 2018)

Segundo Costa et al. (2018), a implementação de metodologias *Lean* levam a uma redução dos desperdícios em 2% e de inventário em 7%, a mesma percentagem obtida na redução de custos. No sentido inverso, verifica-se um aumento de produtividade a rondar os 9 pontos percentuais, ao mesmo tempo que se reduz os defeitos em 2% e a variação do processo em 4%. Também o tempo de disponibilidade das máquinas aumentou em 7% enquanto, pelo contrário, o *lead time* reduziu 6%. Tratando a indústria alimentar de cadeias de valor, onde as transformações associadas às etapas intermédias do processo promovem a valorização do produto final, importa realçar que em simultâneo a qualidade do produto aumentou 2%. Isto é congruente com os resultados obtidos por Monden (2014), onde ficou patente que o aumento de produtividade está intrinsecamente ligado à redução de custos, que depende da redução do *lead time* - período entre o início de uma atividade e o seu término - e também é consequência da redução dos desperdícios.

Ainda assim, no Canadá, Scott et al. (2009) descobriu que cerca de 45% das indústrias do setor alimentar não possuem qualquer estratégia de melhoria contínua. Na Malásia, mais de 70% das empresas alimentares não têm qualquer tipo de princípio de gestão *Lean* (Manzouri et al., 2013). No Brasil, segundo Santos & Antonelli (2011), mais de 75% da indústria alimentar não possui qualquer implementação da metodologia *6 Sigma*. Desta forma podemos compreender que existe ainda um longo caminho a percorrer no sentido de combater o desperdício alimentar a nível mundial, tanto nos países desenvolvidos como nos países em desenvolvimento.

No setor alimentar o conceito Qualidade incide estruturalmente sobre a vertente sanitária e higiénica associada à produção alimentar (Dora & Gellynck, 2015), naquilo que é o cumprimento dos requisitos e normas associados a uma correta operação que não coloque em causa a segurança alimentar por parte do consumidor. No setor, a preocupação

associada à Qualidade visa, essencialmente, garantir a conformidade dos produtos do ponto vista da segurança alimentar, impedindo, dessa forma, o surgimento de constrangimentos de saúde pública cuja preocupação passa tanto pelos *players* industriais, como pelos cidadãos e governos (Lim, Antony, & Albliwi, 2014).

A implementação deste tipo de metodologias vê-se também visceralmente limitada por aquilo que é o cumprimento do *shelf-life* — período de validade — associado tanto às matérias-primas como ao produto final, o qual difere entre produtos frescos e congelados, com particular relevância na indústria cárnica, de vegetais ou fruta (Dudbridge, 2011).

Todas estas limitações levam a que exista ainda uma lacuna quanto à implementação deste tipo de metodologias no setor, cuja necessidade de otimização de processos vê a sua relevância e necessidade tornarem-se cada vez mais prementes. Segundo Dora & Gellynck (2015), a principal dificuldade deste tipo de implementação nesta indústria está relacionada com a falta de compreensão dos fatores contextuais e organizacionais específicos do sector. Foi por esse motivo que a autora se propôs a elaborar um quadro que ajudasse a ultrapassar estas dificuldades, permitindo saber iniciar e terminar esta implementação, e como abordar os fatores contextuais, satisfazendo, dessa forma, as necessidades das pequenas e médias indústrias de transformação alimentar. Para o desenvolvimento desta ferramenta baseou-se no cruzamento entre a literatura disponível sobre a temática e dados obtidos através de casos de estudo.

Dora et al. (2012) demonstrou que uma adequada implementação deste tipo de metodologias não pode ser efetivada através da imitação do planeamento, estrutura organizacional e métodos de resolução de problemas de outras empresas, uma vez que isso não garante o melhor desempenho operacional, devido às especificidades inerentes a cada organização. Pelo contrário, para que esta implementação seja bem-sucedida requer planeamento adequado, consistência, flexibilidade e uma compreensão dos fatores contextuais específicos do sector alimentar. Isto depende de um plano bem elaborada e adequado às necessidades da empresa.

4.2) 6 Sigma

A globalização que se tem vindo a verificar desde meados do século passado, com especial enfoque nas últimas décadas, sustentado no grande desenvolvimento e implementação da rede de internet, levou a que as empresas e indústrias enfrentassem uma competição cada vez mais intensa e dinâmica, a qual, para além de estar em permanente mutação, encontra-

se cada vez mais dependente da otimização dos recursos disponíveis. Isto levou a que as organizações procurassem desenvolver métodos, processos, técnicas e tecnologias que lhes permitissem uma cada mais eficiente alocação de recursos e para obter maiores vantagens competitivas de modo a atender as expectativas de seus acionistas e clientes (Mani & Pádua, 2008). A capacidade para gerar o maior volume de *outputs*, recorrendo ao mínimo possível de *inputs*, é um pilar basilar naquilo que é a gestão moderna. Recorrendo a diversas ferramentas da qualidade é possível identificar a raiz dos desperdícios e minimizá-los tanto quanto possível, sem colocar em causa o processo operativo, permitindo uma melhoria constante.

A metodologia *6 sigma* foi desenvolvida para melhoria empresarial na Motorola, pelo engenheiro Bill Smith durante a década de 80 do século passado (Snee, 2010). *Sigma* é um caractere do alfabeto grego utilizado pelos estatísticos para medir a variabilidade de um processo (Pyzdek & Keller, 2010) e tem como propósito a indicação de uma variação relativamente à média. Esta metodologia tem como objetivo identificar e eliminar eventuais erros e defeitos que acarretem prejuízos associados (Costa et al, 2018). Esta identificação foca-se nos outputs que têm uma relevância crítica para os clientes (Snee, 2000). A fim de assegurar a funcionalidade desta metodologia, existem vários passos que assumem singular relevo, nomeadamente aqueles que constituem o DMAIC — Definir, Medir, Analisar, Intervir e Controlar.

Segundo Pande et al. (2000), *6 Sigma* é um sistema amplo e flexível para alcance, sustentação e maximização do sucesso do negócio. É unicamente orientado pelo cumprimento dos requisitos dos clientes, pelo uso disciplinado de dados e análises estatísticas, e pela atenção diligente à gestão, melhoria e reinvenção dos processos de negócios (Trad & Maximiano, 2009).

A metodologia *6 Sigma* prevê 3,4 defeitos por milhão de oportunidade, o que representa um desempenho de 99,99966% de conformidade (Mitchell, 1992), tal como demonstrado na Figura 11.

Nível da qualidade	Defeitos por milhão	% de conformidade
1 Sigma	691.463	30,85%
1,5 Sigma	500.000	50%
2 Sigma	308.537	69,15%
3 Sigma	66.807	93,32%
4 Sigma	6.210	99,38%
5 Sigma	233	99,97%
6 Sigma	3,4	99,99966%

Figura 11: Defeitos por milhão por nível de qualidade segundo a metodologia 6 sigma (Coutinho, 2020)

De acordo com Stamatis (2002), defeitos por milhão de oportunidade é a medida clássica da metodologia 6 *sigma*, que nos indica o número de defeitos verificados em cada milhão de tentativas de produção.

Quando isto se aplica a um processo permite-nos compreender se o mesmo se encontra sob controlo e é com base nesse pressuposto que assenta a construção de diversas Ferramentas de Controlo Estatístico, como as Cartas de Controlo. O seis tem por base o número de desvios padrão existentes desde o centro aos limites especificados do processo numa curva com distribuição normal (Figura 12).

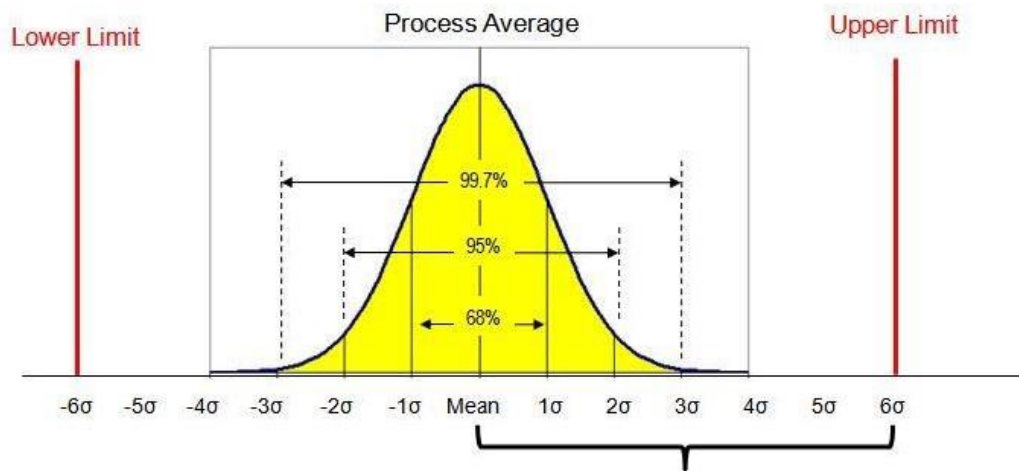


Figura 12: Percentagem de conformidade por nível de qualidade segundo a metodologia 6 sigma (Lean Six Sigma Definition, 2023)

A análise custo/benefício é um vetor central naquilo que é a avaliação das vantagens associadas à filosofia *Lean* em geral e à metodologia *6 sigma*, em particular. Uma mais eficiente alocação dos recursos materiais, financeiros e humanos por parte das organizações, promove um aumento da eficiência e da produtividade de forma simultânea, culminando num evidente impacto direto nos resultados financeiros das organizações.

O *6 Sigma* é, por norma, aplicado com base na metodologia DMAIC, a qual é constituída por cinco etapas tal como Coronado (2002) demonstrou na Tabela 1.

Etapas	Atribuições
Definição (<i>Define</i>)	Identificar qual processo será estudado, quais são seus limites de abrangência, seu cliente e o que é defeito para o produto deste processo.
Medição (<i>Measure</i>)	Elaboração do mapa de processo, identificando todos os sub-processos e etapas do processo-chave anteriormente definidas.
Análise (<i>Analyse</i>)	Selecionar as etapas de desempenho inferior e cuja melhoria promoverá um maior retorno econômico.
Melhoria (<i>Improve</i>)	Utilizando-se de ferramentas como o projeto de experimentos e técnicas de otimização, são estabelecidos limites ótimos de tolerância para as variáveis de entrada, minimizando a variabilidade das variáveis de saída a que se referem.
Controle (<i>Control</i>)	Realiza-se uma forma de controle estatístico sobre as variáveis de entrada de forma que permaneçam dentro dos limites operacionais especificados na etapa anterior. Além disso, é efetuado um plano de controle estabelecendo as variáveis de entrada a serem controladas, forma de controle e medição, frequência de coleta de dados e os limites ótimos de trabalho.

Tabela 1: Etapas associadas à metodologia DMAIC (Werkema, 2006).

Apesar do *6 Sigma* ter já uma implementação generalizada em grande parte das indústrias globais, com o intuito de melhorar a sua performance e competitividade, a adoção desta metodologia por parte da indústria alimentar fica ainda aquém do desejável (Costa et al., 2020). Segundo o autor isto prende-se principalmente com o facto de se tratar de uma indústria com regras de higiene muito restritas, cuja implementação de novas metodologias se vê, dessa maneira, limitada.

4.3) O Controlo Estatístico do Processo

O Controlo Estatístico do Processo (CEP) tem um papel central no controlo de processos industriais. Tanto na gestão da qualidade como na gestão da produtividade, a informação estatística permite-nos obter um melhor conhecimento da realidade. O CEP é uma importante ferramenta utilizada na promoção da melhoria contínua podendo, dessa forma, contribuir para uma maior eficácia operativa e a obtenção de um produto final de maior qualidade (Oakland & Oakland, 2018).

Através da recolha e tratamento de dados e informação estatística, é possível obter uma base consolidada para uma tomada de decisão que vá ao encontro das reais necessidades da organização. O Controlo Estatístico do Processo não visa eliminar a variabilidade do processo, a qual é natural que exista, visa sim controlar essa variabilidade através da definição de limites de controlo superiores e inferiores entre os quais o processo se deve reger (Woodall & Montgomery, 1999). Para isso, o CEP promove um controlo contínuo e permanente que permita a identificação de falhas e lacunas de forma antecipada, evitando assim os desperdícios associados a más práticas e à falta de disciplina e rigor.

Do ponto de vista estatístico o CEP procura recolher e agregar dados suficientes que permitam a identificação de tendências que promovam o aparecimento de defeitos para, de forma informada, atuar de modo a reverter essas tendências e combater o desperdício associado a esses defeitos.

Em última análise, o CEP revela-se como uma forma de controlar os processos recorrendo a técnicas e ferramentas estatísticas. Permitindo, por um lado, uma maior eficiência na atividade das organizações e, por outro lado, um melhor serviço prestado ao cliente (Green, 1999).

4.4) Ferramentas de Controlo Estatístico

As ferramentas de controlo estatístico são utilizadas, de forma mais ou menos rudimentar, desde que o homem iniciou a sua atividade de produção industrial. No entanto, com o salto

tecnológico que se verificou durante o século XX houve um grande desenvolvimento deste tipo de ferramentas, o que permitiu o tratamento estatístico de um maior volume de dados de forma mais rápida e eficaz. A estatística, enquanto ciência que estuda as ocorrências dentro de uma população, sob a forma de amostras, permite estudar o comportamento de uma determinada população, em determinado aspeto (Doty, L. A., 1996). O controlo estatístico é essencial para compreender se o processo se encontra, ou não, controlado. Este controlo estatístico permite-nos conhecer melhor o processo e compreender a gama de valores em que este se situa. Dessa forma, acompanhar a regularidade do mesmo e, estabelecendo limites inferiores e superiores pertinentes, avaliar a estabilidade do processo. Dessa forma, o controlo estatístico do processo, assume-se como uma ferramenta capaz de fornecer um diagnóstico viável e transparente na deteção de defeitos associados ao processo (Fouad, R. H., & Mukattash, A., 2010). Esta identificação permite, em simultâneo, uma atuação pertinente e conseqüente prevenção dos mesmos.

As sete ferramentas da qualidade têm como propósito a resolução de problemas relacionados com o conceito de qualidade (Figura 13).



Figura 13: As 7 Ferramentas da Qualidade (Santos, 2021)

São diversas as ferramentas da qualidade utilizadas em contexto industrial. São privilegiadas as ferramentas com uma aplicação mais prática, com uma compilação de dados mais intuitiva e que forneça resultados no mais curto período. De entre todas destacam-se:

- **Histograma:** Consiste num gráfico cartesiano, onde a informação se encontra distribuída sob a forma de barras, as quais representam uma quantidade ou frequência absoluta (Figura 14).

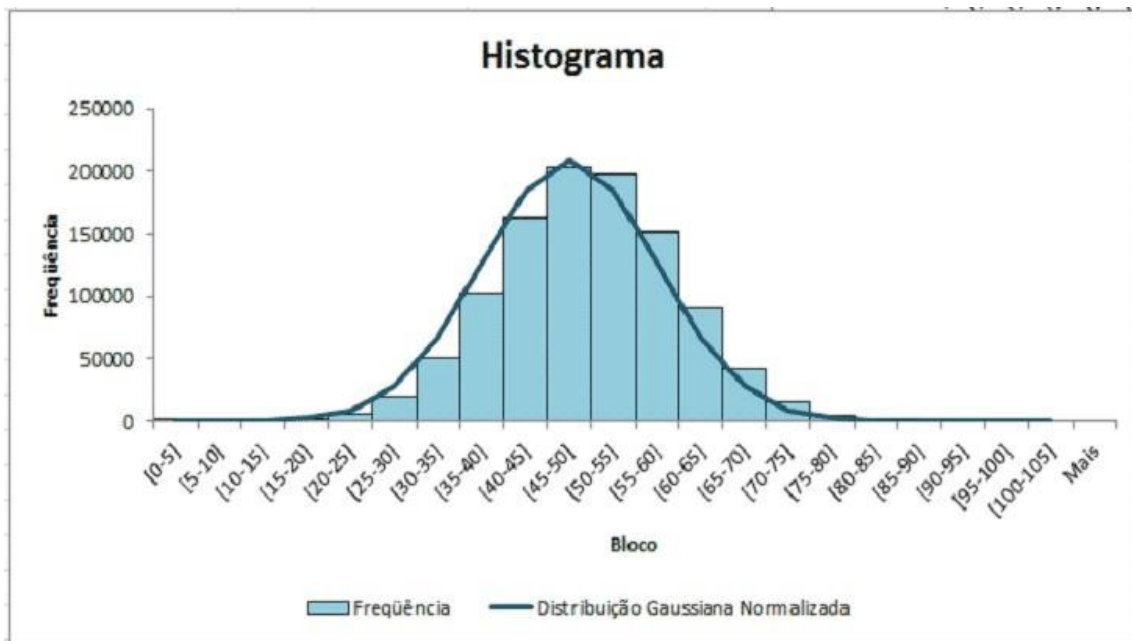


Figura 14: Exemplo de histograma (Érica, 2018)

- **Diagrama de Pareto:** Este diagrama é também, na verdade, um gráfico cartesiano de barras ordenadas de forma decrescente em que cada coluna representa o desvio total relativo a um problema específico. Esta ordenação específica permite organizar os problemas daquela que tem uma maior ocorrência, para aqueles que têm uma menor frequência, permitindo a elaboração de um interessante escalonamento, o qual se reveste de particular relevância aquando do delineamento do plano de ação a tomar, permitindo uma concentração de esforços nos problemas com maior incidência (Figura 15);

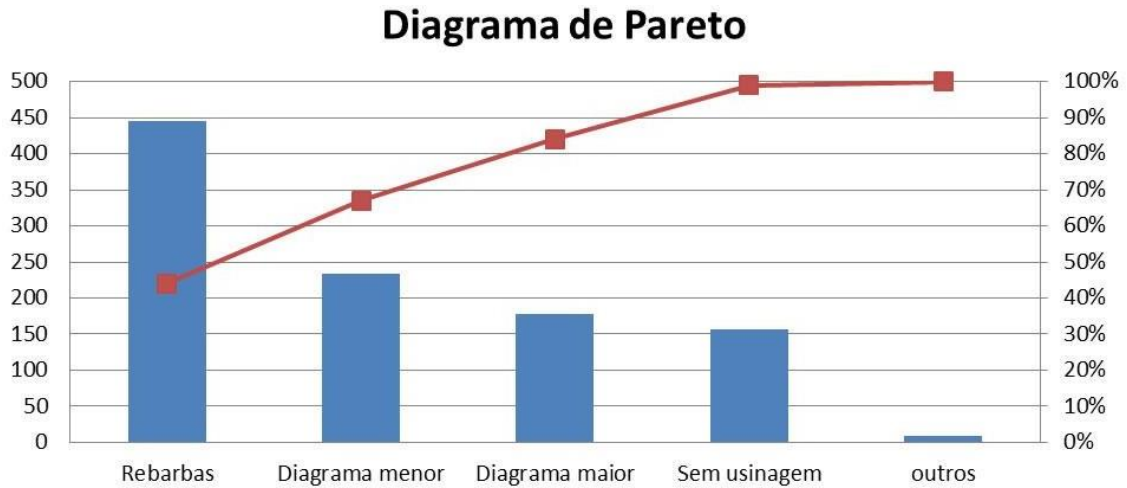


Figura 15: Exemplo de Diagrama de Pareto. (Silveira, 2012)

Diagrama de Ishikawa (Figura 16): Também conhecido como Diagrama Causa/Efeito ou Diagrama de Espinha-de-Peixe, esta ferramenta tem como finalidade estruturar o raciocínio na discussão da origem de problemas específicos, com especial predominância na área industrial. Originalmente proposto pelo engenheiro químico Kaoru Ishikawa em 1943, visa identificar as potências causas que dão origem a um efeito em particular.

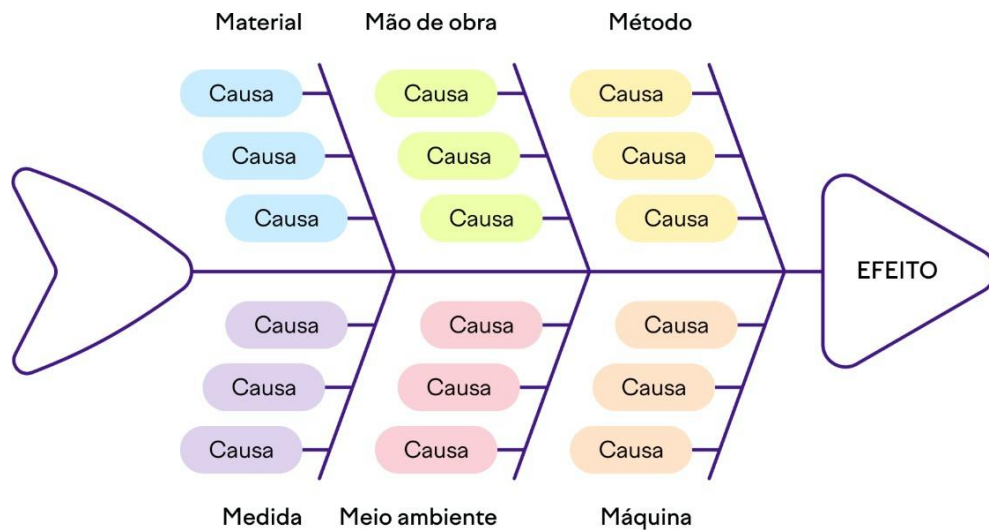


Figura 16: Modelo de Diagrama de Ishikawa (Zhukova, 2022)

O diagrama de espinha de peixe, também conhecido como diagrama causa-efeito, foi desenvolvido pelo engenheiro químico Kaoru Ishikawa, no ano de 1943 (Liliana, L. 2016). Desde aí a sua aplicação tem vindo a ganhar uma cada vez maior abrangência, sendo já aplicado na maior parte dos ramos de atividade, com particular enfoque na produção

industrial (Botezatu, C. et al, 2019). Este diagrama tornou-se, com o passar dos anos, uma das principais ferramentas da qualidade, devido à sua simplicidade de organização de potenciais causas para uma consequência concreta. A fácil interpretação do mesmo tornou-se um dos principais meios de disseminação desta ferramenta, uma vez que a organização visual do mesmo permite uma rápida compreensão do problema e daquilo que o pode originar. A sua estrutura baseia-se nas causas prováveis, as quais podem ser agrupadas em seis tipos diferentes, aplicando a metodologia dos 6M:

- Método: As práticas e operacionalidade das ações de produção;
- Material: As matérias-primas e materiais que são objeto de transformação;
- Mão-de-obra: Os procedimentos adotados por parte dos operadores;
- Máquina: Os equipamentos utilizados ao longo do processo;
- Medida: A efetividade das calibrações, medições, verificações, etc.
- Meio ambiente: O espaço de trabalho e ação de transformação.

Para a identificação de potenciais causas deve-se envolver o maior número de intervenientes possível, recorrendo a uma equipa transversal e multidisciplinar, promovendo reuniões com os operadores, sessões de *brainstorming*, inquéritos, etc. O intuito fundamental é o de conhecer de forma efetiva aquela que é a realidade do processo operativo, uma vez que só dessa forma se torna possível identificar aquilo que poderá estar na base do problema. Esta ferramenta permite assim hierarquizar as potenciais causas originárias do problema, priorizando aquelas onde é premente a atuação. Assim, e após uma ponderada avaliação das causas identificadas, torna-se possível atuar com o intuito de, idealmente, resolver o problema identificado. Ainda que não exista uma completa resolução do problema, o que, muitas vezes, devido à sua complexidade e implementação ao longo de toda a cadeia produtiva se torna difícil, o facto de haver uma redução significativa do mesmo é por si só uma melhoria relevante para a empresa.

Esta ferramenta é popularmente conhecida como “Diagrama Espinha de Peixe” devido à similaridade visual deste esquema com a cartilagem óssea deste animal à qual estão associadas saliências verticais, que se assemelham a espinhas e representam as causas

primárias (macro causas) do problema e as ramificações dessas espinhas representam as causas secundárias. No término da linha horizontal, tida como a cabeça do peixe, encontra-se o problema identificado.

Importa ter atenção para o facto de que as causas identificadas são aquelas que se identificam como prováveis, não tomando por inerência imediata a formulação de hipótese.

4.5) Cartas de Controlo

A utilização de ferramentas de controlo estatístico aplicadas à indústria tem vindo a assumir-se cada vez mais como objetivo de investigação científica. As cartas de controlo foram inicialmente desenvolvidas por Walter A. Shewhart (Klein, 2000), sendo vistas como parte de uma metodologia de melhoria do processo. Segundo o entendimento de Shewhart, a presença de variabilidade dentro de um processo é obrigatoriamente inerente à sua existência, podendo, por vezes, prejudicar o desempenho operacional da organização. A facilidade interpretativa destes gráficos é também uma vantagem dos mesmos, uma vez que a informação visual que transmite é facilmente perceptível, permitindo a assunção de conclusões coerentes de forma consciente. As cartas de controlo são uma ferramenta que, através da recolha e tratamento de dados, procuram promover um conhecimento intrínseco da realidade processual através do delineamento de limites superiores e inferiores que permitam compreender se o processo se encontra controlado. Esta ferramenta permite compreender melhor a variabilidade do processo e o seu impacto no produto. Caso estas variações se encontrem dentro dos limites definidos, o processo encontra-se controlado, já as variações que excedem os limites definidos indicam a necessidade de intervir sobre o processo. De acordo com Nelson (1984), existem 2 tipos de causas de variações: as variações de causa comum, que se revelam uma constante no processo, sendo, por vezes, previsível a sua influência. Existem ainda as variações de causas especiais, as quais são, por norma, esporádicas e imprevisíveis. A construção destas ferramentas tem por base a coleção de dados associados ao processo, através dos quais se definem os limites inferiores e superiores, assim como uma linha média do processo (limite central). Inicialmente deve-se definir a periodicidade de recolha e o número de amostras necessárias. Em seguida deve-se organizar os dados recolhidos e calcular a sua média e os seus limites. Por último devem ser analisados os pontos que se encontram fora dos limites estipulados, os quais devem ser estudados e associados a um dos dois tipos de variabilidade, recorrendo em seguida à análise de eventuais causas raiz que possam estar na origem destas variações. Estas ferramentas permitem ainda a identificação de tendências e uma melhor antecipação de acontecimentos futuros, permitindo prevenir eventuais constrangimentos.

Particularmente no sector alimentar, estatem sido uma matéria cuja investigação se tem vindo a avolumar, assumindo esta temática particular relevância ao longo dos últimos anos.

A tendência sobre populacional que se adensa a cada ano e a escassez alimentar que se avizinha como uma problemática cada vez mais premente leva a que o Homem procure utilizar da forma mais eficiente possível os recursos alimentares que tem ao seu dispor. Para tal, a otimização das linhas de produção alimentar assume-se como uma necessidade, a qual apenas pode ser alcançada conhecendo os processos de forma precisa e realista. Função para a qual a utilização de ferramentas de controlo estatístico assume particular significância. De acordo com Marcuse (1945), estas ferramentas definem-se como meios para monitorizar os resultados de processos e os tipos de variação associadas, identificando as áreas onde a intervenção demonstra ser mais premente.

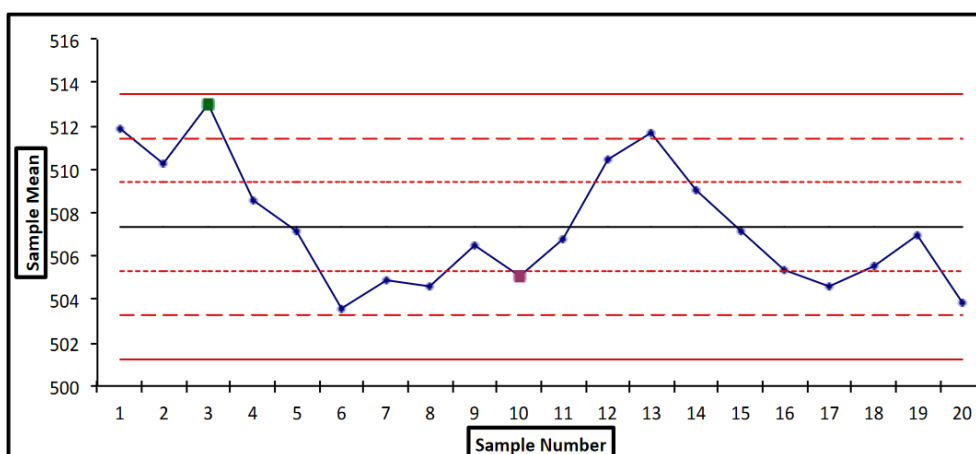


Figura 17: Exemplo de Carta de Controlo.

O processo avaliado por Marcuse teve lugar numa indústria alimentar nepalesa e permitiu avaliar a eficácia dos serviços metrológicos governamentais. Através da construção de diversas cartas de controlo como a representada na Figura 17, Marcuse pode atestar a adequação da periodicidade dos controlos das autoridades nepalesas assim como a qualidade do próprio produto.

Prova disso é o facto de a primeira proposta para a aplicação de cartas de controlo na indústria alimentar moderna, enquanto ferramentas de controlo estatístico, ter tido lugar apenas no ano de 2017 (Şentürk & Antucheviciene, 2017). Já Grigg & Walls (2007), no início da década de 2000, propuseram melhorar linhas industriais de produção alimentar, tendo concluído que a utilização de ferramentas de controlo estatístico como cartas de controlo podem ser benéficas para as organizações, promovendo melhorias de processo. Isto acontece através da transformação dos dados obtidos através da construção de cartas de controlo em informação e conhecimento sobre o processo. Foi ainda possível, através desta investigação no setor alimentar, retirar conclusões generalizadas para outras

indústrias, nomeadamente ao nível da relevância da monitorização e conhecimento associado aos processos operativos. O impacto da satisfação dos clientes sobre a qualidade dos produtos e serviços na posição de mercado das organizações levou a que Vicentin (2023) construísse cartas de controlo recorrendo à recolha de dados sobre o peso de embalagem de produtos alimentares, com o propósito de melhor conhecer a variabilidade do processo e, dessa forma, poder antecipar eventuais falhas e colmatar as respectivas lacunas, promovendo uma melhoria contínua.

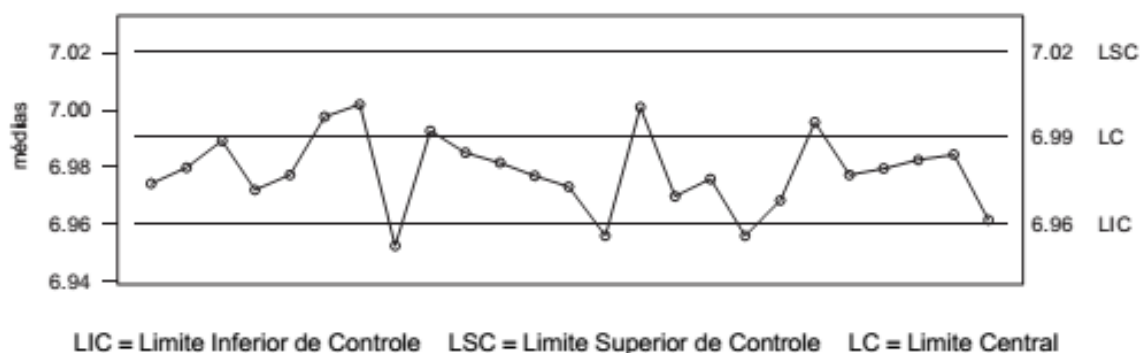


Figura 18: Exemplo de Carta de Controlo de médias (Portaliso, 2015).

Na Figura 18 podemos observar um exemplo de cartas de controlo como aquelas com que Vicentin, através da elaboração de cartas de controlo, concluiu que existia uma alta variabilidade associada ao processo sobre o qual se debruçou. Ao mesmo tempo concluiu que o mesmo não se encontrava controlado, uma vez que eram diversos os pontos que possuía fora dos limites de controlo. Esta investigação levou a que a gestão de topo compreendesse as lacunas do processo e, conseqüentemente, as perdas e desperdícios inerentes a todas as etapas, provocando, por um lado, a necessidade de retrabalho nas unidades abaixo do limite inferior e, por outro lado, o sobrepeso, nas unidades acima do limite superior.

Inclusivamente, do ponto de vista organolético, a aplicação de cartas de controlo para melhor compreensão do nível de controlo do processo foi adotada por Marcuse (1945) na década de quarenta, do século passado, tendo verificado que esta ferramenta é útil quando aplicada a um conjunto de notas atribuídas por um grupo de avaliadores, permitindo avaliar a consistência do odor, palato e coloração dos alimentos.

5 - ESTUDO DE CASO

O método de estudo identificado como mais adequado para o desenvolvimento desta investigação foi o “Estudo de Caso”. A fim de promover um cabal esclarecimento do contexto em que esta investigação decorreu, antes da abordagem às metodologias implementadas e às ações de melhoria ponderadas, os pontos seguintes abordam a realidade da empresa onde teve lugar o estudo, assim como uma análise ao problema identificado. Optou-se também por uma explicação generalizada do processo, promovendo dessa forma uma maior compreensão sobre aquilo que foram os métodos desenvolvidos e as ações de melhoria implementadas.

5.1) A Empresa

Este estágio foi desenvolvido na Paranhocarnes, Indústria e Comércio de Carnes, S.A. (Figura 9), uma empresa cujo *core business* assenta na transformação de carne de porco em enchidos de cariz tradicional, nomeadamente produtos fumados, cozidos e curados. Esta empresa foi fundada há mais de 30 anos, durante o ano de 1992, na localidade de Paranhos da Beira, Seia. Devido à sua longevidade trata-se de uma empresa já perfeitamente estabelecida no mercado nacional e internacional, tendo já estabelecido parcerias comerciais com mais de duas dezenas de países entre os quaisse destacam Espanha, França, Suécia, Holanda, Alemanha, Eslovénia, Polónia, Croácia, República Checa, Finlândia, Dinamarca, Hungria, Hong-Kong, entre outros. Os principais clientes da empresa são as maiores cadeias de retalho do país, com destaque para o Lidl, Sonae e Jerónimo Martins.



Figura 19: Símbolo da empresa onde o estudo foi realizado.

De acordo com a informação disponibilizada pela empresa no seu site (<https://www.tradicao.pt/>), a ação da Paranhocarnes, Indústria e Comércio de Carnes, S.A. assenta numa visão, missão, valores e princípios que se norteiam pela segurança alimentar, social e ambiental, sendo os seus princípios reflexo dessa política.

Missão

- Fornecer um produto seguro e com qualidade na expectativa de um preço justo e nos melhores prazos possíveis;
- Melhorar e consolidar a nossa empresa / negócio respeitando e ajudando o Ambiente, Clientes, Fornecedores, Colaboradores e Acionistas.

Valores

- Compreender e respeitar a cultura de cada um dos nossos clientes, fornecedores e colaboradores;
- Estar empenhados em promover a Qualidade e Segurança Alimentar dos nossos produtos com os elos da cadeia alimentar a montante e a jusante, para ser atingida a garantia da Qualidade e da Segurança Alimentar dos nossos produtos ao consumidor final;
- Em todas as relações manifestar integridade, respeito e confiança;
- Comunicar de forma aberta, bem como promover a saúde e segurança dos nossos colaboradores;
- Promover equipas de trabalho produtivas e empenhadas nas nossas Políticas, Missão e Valores.

Princípios que sustentam a Política da Empresa

- Cumprimento legal e normativo;
- A Política de Higiene da Paranhocarnes, Indústria e Comércio de Carnes, S.A.;
- Responsabilidade social;
- Desenvolver e melhorar a relação qualidade / produtividade utilizando a melhor tecnologia disponível;
- Trabalho em equipa, promovendo a autorresponsabilização dos colaboradores;

- Comunicação interativa.

5.2) O problema

Através de uma recolha de dados aleatórios, recorrendo a autocontrolos de produção, verificou-se que o peso médio real dos produtos unitários a serem comercializados se encontrava sistematicamente acima daquele que era o peso nominal presente na rotulagem. De acordo com a legislação em vigor, encontra-se definido que para produtos com um peso de 200g, existe uma tolerância associada de -9g, estabelecendo o limite inferior em 191g. Internamente, foi definido também um limite superior de +9g, colocando este limite nos 209g. Esta situação revelava-se duplamente problemática: por um lado acarretava um desperdício de matéria-prima alimentar e por outro lado significava uma perda financeira por parte da organização. Num momento em que é uma necessidade absoluta primar por uma correta e eficiente utilização de recursos alimentares, tornou-se imperativo atuar rapidamente com o propósito de corrigir esta situação. Também a perda financeira associada a este desperdício se manifestava relevante, reforçando a necessidade de ser minimizada.

5.3) Objetivos Específicos

Os objetivos propostos para este estudo apresentaram-se de forma bastante evidente. Por um lado, centrar o combate ao desperdício alimentar como uma realidade na organização. Conciliando isso, naturalmente, com um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis. Dessa forma, revestia-se de singular importância diminuir aquele que era o peso real dos produtos, aproximando-o daquele que era o peso nominal presente na rotulagem. Só dessa forma seria possível uma mais adequada alocação da matéria-prima alimentar. Por outro lado, procurou-se também gerar uma mais-valia financeira para a empresa, demonstrando dessa forma que a redução do desperdício se encontra intrinsecamente ligada a um ganho financeiro por parte das instituições.

Pretendia-se assim promover a pertinência da implementação de ferramentas de controlo estatístico e da filosofia *lean* como importantes mecanismos ao dispor das organizações para uma melhoria da sua rentabilidade. Em simultâneo, demonstrar que estas ferramentas podem ser aplicadas à indústria alimentar e que o crescente interesse que as mesmas têm vindo a suscitar no sector se justifica.

5.4) O Processo

Naturalmente, a principal matéria-prima transformada nas instalações fabris é a carne de suíno cuja origem é predominantemente do mercado espanhol. Como é possível verificar através da Figura 20, aquando da receção da matéria-prima é realizado um controlo de temperatura no momento da descarga e ao longo de toda a viagem, sendo também feita uma verificação organolética da mesma, com especial enfoque no odor, textura e coloração das aparas de suíno. Validada a matéria-prima procede-se à picagem da mesma para garantir uma textura adequada e o correto dimensionamento da composição do enchido. A etapa seguinte passa pela mistura e massagem da carne com um conjunto de condimentos e aditivos, conforme a formulação técnica desenvolvida pela empresa e aprovada pelos clientes. Tendo em conta que esta é uma fase do processo onde, devido a um conjunto de reações químicas, há uma grande exposição da carne a um conjunto de elementos que lhe conferem o sabor que lhe é característico, importa cumprir um rigoroso tempo de maturação até ao momento de proceder ao enchimento da massa em 2 tipos de referências: os produtos para fatiamento, os quais são cheios em tripa artificial, a qual será despelada antes do momento do fatiamento e os produtos unitários, os quais são cheios em tripa natural, a qual fará parte do produto a consumir. Finda esta etapa, procede-se à cozedura dos enchidos, a qual é rigorosamente controlada por diversas sondas que garantem a temperatura na estufa e no interior do produto. Estas estufas e sondas são calibradas regularmente para garantir que as temperaturas atingidas pelo produto são as adequadas, não colocando em causa a segurança alimentar do mesmo. Estes produtos seguem depois para a zona dos fumeiros, onde através de uma fogueira alimentada com lenha de azinho e recorrendo a duas dezenas de ventiladores, os produtos entram em contacto com o fumo que lhes garante o sabor e odor que lhes é tão característico. Ao longo de todo este processo são realizados controlos rigorosos e precisos relativamente ao peso dos produtos, para garantir que os tempos de exposição ao fumo, as temperaturas e a perda de água são as adequadas, sem comprometer a segurança do consumidor. Por último, procede-se ao fatiamento — se aplicável — e consequente embalamento dos produtos, momento no qual é feito um exigente conjunto de testes e verificações relacionadas com a estanquidade da embalagem, o peso dos produtos, a presença de oxigénio residual nas cuvetes, etc. Os diversos produtos são colocados em caixas e agrupadas em paletes, as quais são expedidas através de uma empresa subcontratada, que assegura a distribuição da mercadoria até aos diversos entrepostos dos clientes a uma temperatura adequada.

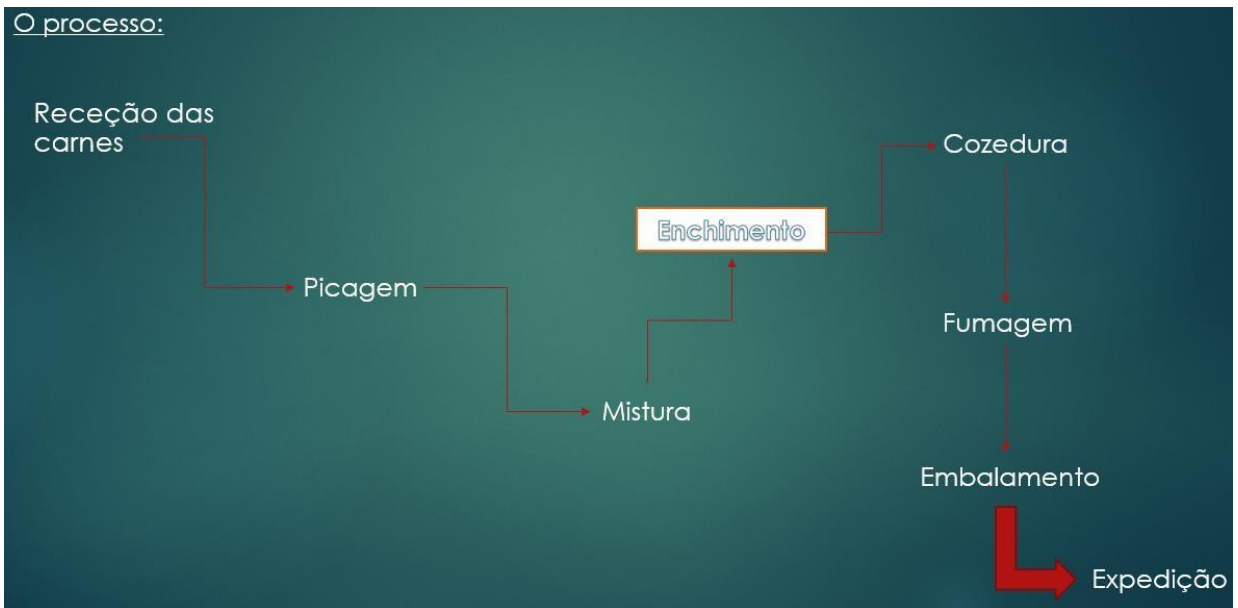


Figura 20: O processo de fabrico de enchidos a partir de carne de suíno.

5.5) O Diagrama de Espinha de Peixe Deste Processo

No caso em estudo, procedeu-se à elaboração de um Diagrama de Espinha de Peixe (Figura 21) aplicado à realidade do processo produtivo das referências identificadas: a Farinheira e Morcelade Seia. A escolha recaiu sobre estas referências uma vez que se trata daquelas que acumulam um maior volume de produção, permitindo maximizar o resultado das ações implementadas, resultando numa mais relevante redução do desperdício. Devido à similaridade das operações que constituem as etapas da cadeia de produção de ambos os produtos entendeu-se por pertinente a elaboração de um Diagrama de Espinha de Peixe comum a ambas as referências.

Este diagrama foi construído com base na metodologia dos 6M's. Nesse sentido, identificou-se como problema o sobrepeso de produtos unitários. No que diz respeito ao Meio Ambiente o facto de as instalações serem obsoletas poderia ser um promotor deste problema, enquanto nas Medidas, a falta de calibrações por parte dos aparelhos utilizados poderia também contribuir para esta realidade. Relativamente aos Métodos, identificou-se como relevante a falta de controlo operacional e a falta de pesagens de verificação, evidenciando uma eventual falta de rigor e disciplina nas operações. Sendo o setor alimentar altamente condicionado pelas matérias-primas em uso, os Materiais poderiam ter um relevante impacto neste problema, tanto com as receitas e aditivos como nos diferentes graus de descongelação das carnes, assim como nas diferentes percentagens de massa gorda e carne na matéria-prima. A volatilidade entre estes recursos leva a

constrangimentos imprevisíveis, sobre os quais muito dificilmente é possível intervir. Também o desgaste da maquinaria e a imprecisão dos mecanismos, leva a que as Máquinas possam contribuir para este problema. Por último, a Mão de Obra, devido a pressa, desmotivação e receio de unidades sem peso – as quais não podem ser comercializadas por não cumprirem os requisitos necessários – levavam a um reforço no sobrepeso de produtos unitários.

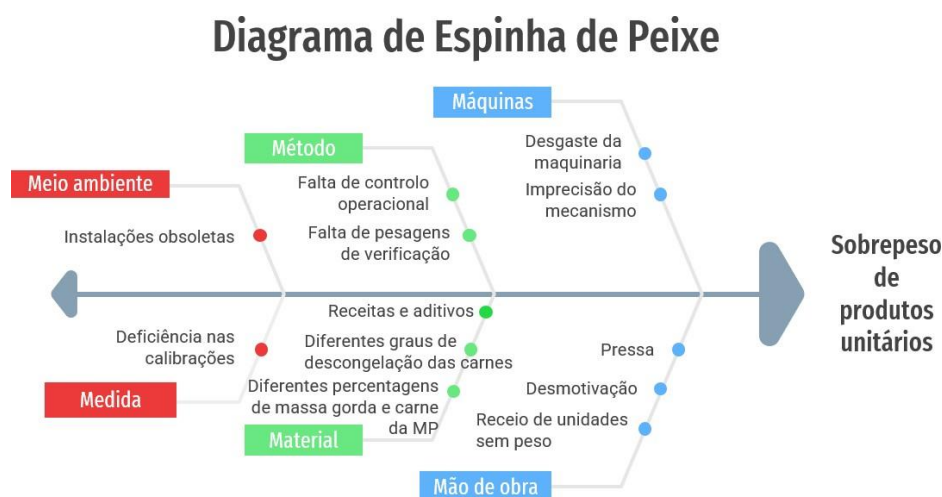


Figura 21: Diagrama Espinha de Peixe do processo tendo em vista o problema relacionado com o sobrepeso de produtos unitários.

5.6) Métodos

Para a definição de uma qualquer estratégia de melhoria é essencial um conhecimento profundo daquele que é o processo operativo. Sem esse conhecimento corre-se o risco de não maximizar os resultados possíveis e até de não obter os resultados desejados. Importa também privilegiar as ações que promovam ganhos mais eficazes e de maior relevância para a organização. Foi com base nestes pressupostos e no resultado da elaboração do diagrama espinha de peixe que se decidiu atuar essencialmente em duas vertentes: por um lado, no método, uma vez que a falta de rigor, disciplina, pesagens de verificação e controlos operacionais se apresentavam como potenciais causas do problema identificado. Interveio-se naquilo que diz respeito à etapa de enchimento do processo, onde se procedeu à parametrização das enchedoras industriais, recorrendo ao cálculo do valor ideal de enchimento. Somou-se ao valor nominal do produto (200g) a quebra prevista durante o processo de cozedura e fumagem (8%), chegando-se à conclusão de que as unidades deviam ser cheias a um peso de 218g. Após a parametrização pesavam-se 10 unidades consecutivas até ser alcançado um peso estável. Esta parametrização foi guardada em

cada uma das enchedoras, não permitindo que a mesma fosse alterada pelos operadores. A verificação do valor de enchimento passou a ser efetuada por um responsável no momento imediatamente antes de principiar o enchimento e a meio do processo, uma vez que, tratando-se de matéria orgânica de origem animal, a volatilidade da constituição das massas pode-se revelar como uma ameaça à estabilidade deste valor. Dessa forma, procurou-se também promover um maior controlo e disciplina por parte dos responsáveis, que passaram a monitorizar o peso de enchimento com a frequência necessária. Por outro lado, procurou-se atuar naquilo que à mão-de-obra diz respeito, uma vez que a desmotivação, a pressa em desempenhar as diversas funções e o receio de unidades sem o peso mínimo legal exigido se afiguravam como causas relevantes. Dessa forma, dinamizaram-se ações de formação e sensibilização junto dos operadores, reuniões e *brainstormings*, com o propósito de transmitir aos trabalhadores a importância de um correto aproveitamento dos recursos disponíveis. Reforçou-se ainda a importância do rigor e disciplina nas ações operativas intermédias de transformação de produto, uma vez que impactam diretamente na qualidade do mesmo, com consequências diretas no produto disponibilizado ao cliente. Em simultâneo procurou-se também ouvir as opiniões e sugestões dos operadores, as quais contribuiram para a definição das ações a implementar e enriquecimento da estratégia de melhoria. Com isto teve-se também a intenção de chamar os operadores ao centro de decisão, para que também eles se sentissem parte integrante neste combate ao desperdício.

5.7) Obstáculos e Dificuldades

Nos últimos anos tem-se verificado que os desafios enfrentados pelas pequenas e médias empresas do setor alimentar na implementação de ferramentas de controlo estatístico e metodologias *Lean* se prendem essencialmente com a existência de um certo nível de confusão pelos gestores. Esta dificuldade encontra-se em grande medida associada à falta de informação e orientação associada a esta implementação. Este enquadramento visa permitir o alcance dos melhores resultados possíveis, o que revela a necessidade da existência de um quadro de implementação sistemática, que permita facilitar este processo (Dora & Gellynck, 2015). Dora & Gellynck (2015), identificaram 8 desafios centrais para a implementação das metodologias *Lean* no setor alimentar:

- a. O conceito de Qualidade associado à produção alimentar – nomeadamente no que diz respeito às pequenas e médias empresas — tende a relevar as práticas de higiene e produção que confirmam ao produto final as características necessárias para a garantia da

segurança alimentar por parte do consumidor, negligenciando as virtudes associadas à otimização de processos, relação custo/benefício e eficiência operacional;

b. A inexistência de um quadro de implementação deste tipo de metodologias, com uma estrutura clara, definida, padronizada e de fácil interpretação, que garanta uma implementação viável, tendo em conta as especificidades do setor;

c. Estas metodologias, por norma, originam benefícios particularmente significativos a médio prazo, os quais são, por vezes, difíceis de prever antecipadamente;

d. Além dos fatores organizacionais inerentes à filosofia *Lean*, como a cultura, a estrutura e o compromisso da gestão de topo, as empresas de transformação alimentar enfrentam árduos desafios relacionados com restrições de tempo, competências e recursos humanos e de capital. A cultura empresarial assume um papel particularmente relevante neste sentido, uma vez que se torna essencial uma cultura de respeito, disciplina e comunicação permanente, requisitos estruturais para o sucesso da implementação desta filosofia;

e. Fatores específicos do setor, tais como as matérias-primas, a natureza do processo de fabrico, dos processos e da fábrica. A própria perecibilidade do produto, o comportamento dos mercados e o *layout* desempenham papéis significativos neste processo;

f. O nível de maturidade *Lean* das microempresas do setor é baixo quando em comparação com as organizações de dimensão mais elevada, beneficiando estas últimas quando em comparação com as primeiras;

g. As empresas de pequena dimensão, aquando da implementação destas metodologias, concentram-se essencialmente naquela que é prática *Lean* associada ao cliente, enquanto as organizações de dimensão superior, por norma, procuram atuar na globalidade do processo;

h. Por último e mais relevante, a principal barreira à implementação das metodologias *Leans* são a falta de conhecimento, recursos limitados, falta de formação, a má distribuição de responsabilidades, a má seleção de projetos, as técnicas inadequadas de controlo de processos, o fraco envolvimento dos fornecedores e a variabilidade na qualidade e quantidade das matérias-primas. As pequenas empresas de transformação alimentar que gerem eficazmente estes fatores determinantes têm maior probabilidade de sucesso na implementação desta filosofia.

O ser humano é, por norma, avesso à mudança. Nesse sentido, esse foi um dos principais obstáculos enfrentados aquando da implementação destas metodologias. O facto de haver uma acomodação às práticas comuns, sustentadas em décadas de processos similares e praticados pelos mesmos intervenientes, levam muitas vezes a uma suspeição

inerentemente associada a qualquer tentativa de mudança. Nesse sentido, importa consciencializar os intervenientes, desde operadores a administradores, dos benefícios associados às melhorias implementadas, recorrendo a estratégias como reuniões ou *brainstormings*, as quais podem servir para um enriquecimento das propostas de melhorias, uma vez que o contributo de uma equipa multidisciplinar, com vários anos de experiência e um conhecimento intrínseco daquela que é a realidade do chão de fábrica torna a proposta mais eficiente, indo ao encontro daqueles que são os anseios da organização.

Outro dos obstáculos identificados relacionam-se com o rigor, disciplina e autoconsciências, os quais exigiram um reforço da comunicação e uma rotina de verificações reforçada, a fim de assegurar que os processos eram realizados da forma proposta.

6 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo de mais de 4 meses procedeu-se à recolha e tratamento de dados relativos ao peso das unidades a serem expedidas para o mercado. Esta recolha foi naturalmente condicionada pela capacidade produtiva da organização e as necessidades do mercado, uma vez que, tratando-se de material perecível, a produção encontrava-se altamente dependente do volume encomendado, não sendo possível a produção para stock. Através da recolha dessa informação foi possível proceder à construção de cartas de controlo de médias e amplitudes, as quais permitem apurar a viabilidade do processo e a exata gama de pesos na qual se operava inicialmente.

6.1) Uma Primeira Intervenção

Identificado o problema e respeitando as necessidades de produção em contexto industrial, naturalmente condicionada pelo volume de encomendas e pela sazonalidade das próprias referências, foi possível implementar as medidas identificadas como pertinentes. Por motivos de precaução optou-se por, numa fase inicial, atuar sobre 1 massa de produto, evitando, dessa forma, colocar em causa a produção e promover o desperdício de bens alimentares. Dessa forma, identificou-se uma massa de Farinheira, cuja produção seria realizada de forma comum, à exceção de uma massa na qual se parametrizou a enchedora a 218 e se pesaram 10 unidades consecutivas até ser alcançado um peso estável. Esta parametrização foi efetuada no momento imediatamente antes de principiar o enchimento da massa e verificado a meio do processo. Os carros de cozedura e fumagem no qual estas unidades foram colocadas, tiveram, naturalmente, uma identificação particular, tendo, no entanto, sofrido todo o tratamento térmico e de conservação semelhante à restante produção.

Aquando do embalamento desta produção, procedeu-se à segregação das unidades sobre as quais atuamos, uma vez que careciam de uma mais rigorosa avaliação, a fim de verificar o cumprimento integral da legislação e normas de segurança alimentar, no sentido de garantir a conformidade do produto a ser disponibilizado no mercado e a segurança do consumidor. Nesse sentido, estes carros foram os últimos a ser embalados. Com um intervalo de 2 minutos, foram registados os pesos de amostras de 4 unidades que se encontravam na linha de embalamento a ser pesados nas balanças automáticas entre o processo de embalagem primária e embalagem secundária.

Terminado este processo, foi possível averiguar que os requisitos de segurança alimentar

se encontravam integralmente cumpridos e que as normativas legais eram respeitadas.

Findo o embalamento, foi possível agregar os dados e perceber que a média de embalamento deste produto, nesta massa, havia descido significativamente, tendo o desperdício reduzido cerca de 55% e a amplitude 54%. O peso médio das recolhas anteriores rondava os 223g, 23g acima do peso nominal do produto, já nesta massa o peso final médio de cada unitário rondou os 210g, 10g acima do peso nominal referido na rotulagem do enchido, uma redução de mais demetade do desperdício associado a cada unidade. Verificou-se ainda que na amplitude a redução foi em grande medida similar, uma vez que nas produções anteriores rondava os 16g e nesta massa de produção, reduziu-se para 8g. Uma diminuição também ela significativa que conferiu robustez à pertinência das medidas a implementar.

6.2) Tratamento estatístico

Segundo Sousa (2019), a Distribuição Normal (ou Gaussiana) foi referida inicialmente pelo matemático francês Abraham de Moivre no seu livro “A doutrina do caso”, de 1738, uma vez que este se apercebeu que à medida que o número de repetições do lançamento de uma moeda aumentava a distribuição binomial aproximava-se de uma curva específica. Já no princípio do Século XIX, o também francês Pierre Simon de Laplace estendeu os conhecimentos na área com o livro “Teoria Analítica da Probabilidade” onde mostrou que quanto maior for a amostra, melhor será a aproximação à curva Gaussiana. Já Galileo Galilei, séculos antes, havia notado simetria nos erros apresentados pelas sucessivas amostras. A Distribuição Normal é utilizada para encontrar níveis de significância em vários testes de hipóteses e intervalos de confiança. Esta distribuição assenta numa curva simétrica em torno do seu ponto médio, o que origina um formato semelhante a um sino (Figura 22), tal como referiu o francês Esprit Pascal Jouffret. Este tipo de distribuição é tido como a mais relevante uma vez que a curva de distribuição normal representa o comportamento de muitos fenómenos comuns (Viali, 2006), entre os quais características populacionais como peso e altura. São muitos os fenómenos naturais que apresentam uma distribuição normal ou, pelo menos, aproximadamente normal. Esta distribuição é uma função que define uma curva, sendo a área abaixo da mesma a probabilidade de ocorrer um evento.

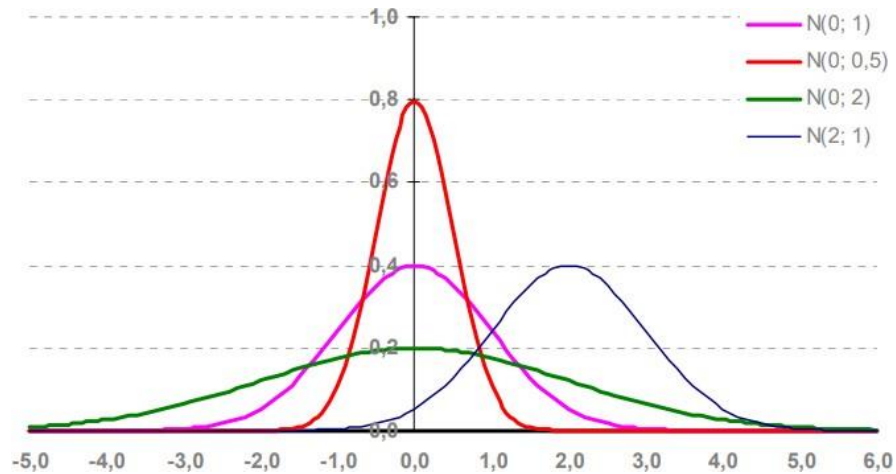


Figura 22: Modelos normais desenhados com recurso a um software estatístico automatizado (Rodrigues, 2020).

Através dos histogramas representados nas Figuras 23, 24, 25 e 26 é possível verificar que os dados reunidos, tanto antes, como depois das intervenções implementadas, seguem uma distribuição normal, uma vez que é evidente a formação de uma curva gaussiana com o formato muito próximo ao de um sino. Em simultâneo a existência de um muito reduzido número de valores deslocados do eixo central reforça a assunção deste tipo de distribuição, pela qual se optou.

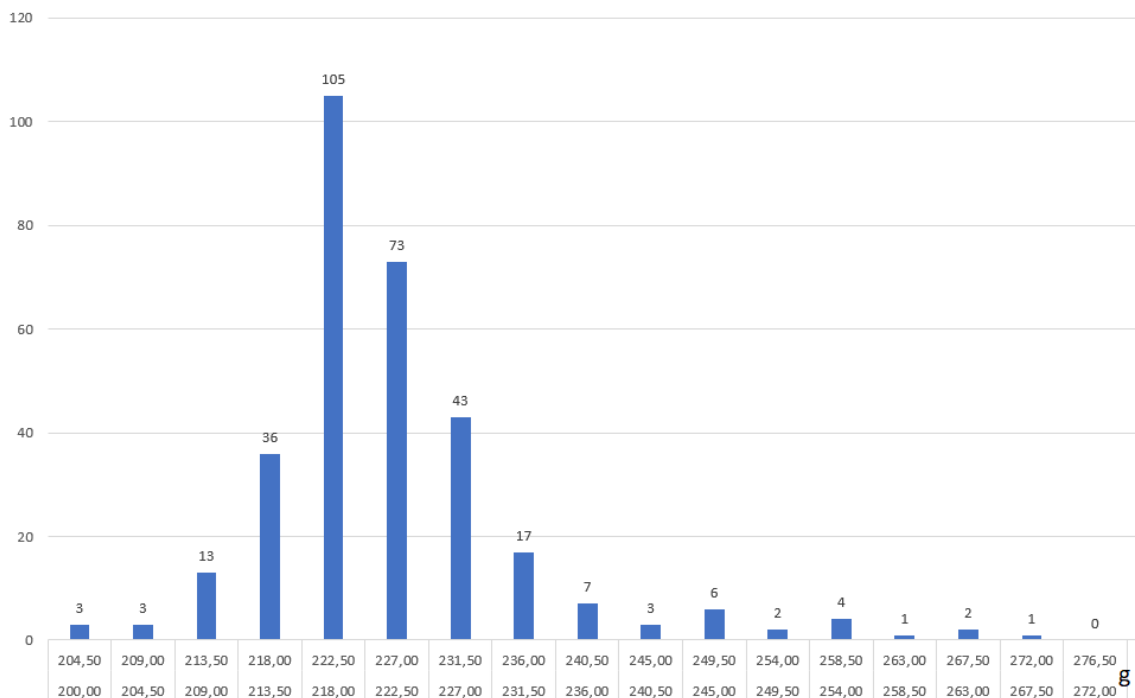


Figura 23: Distribuição de dados obtidos através da pesagem de Farinheiras antes da intervenção.

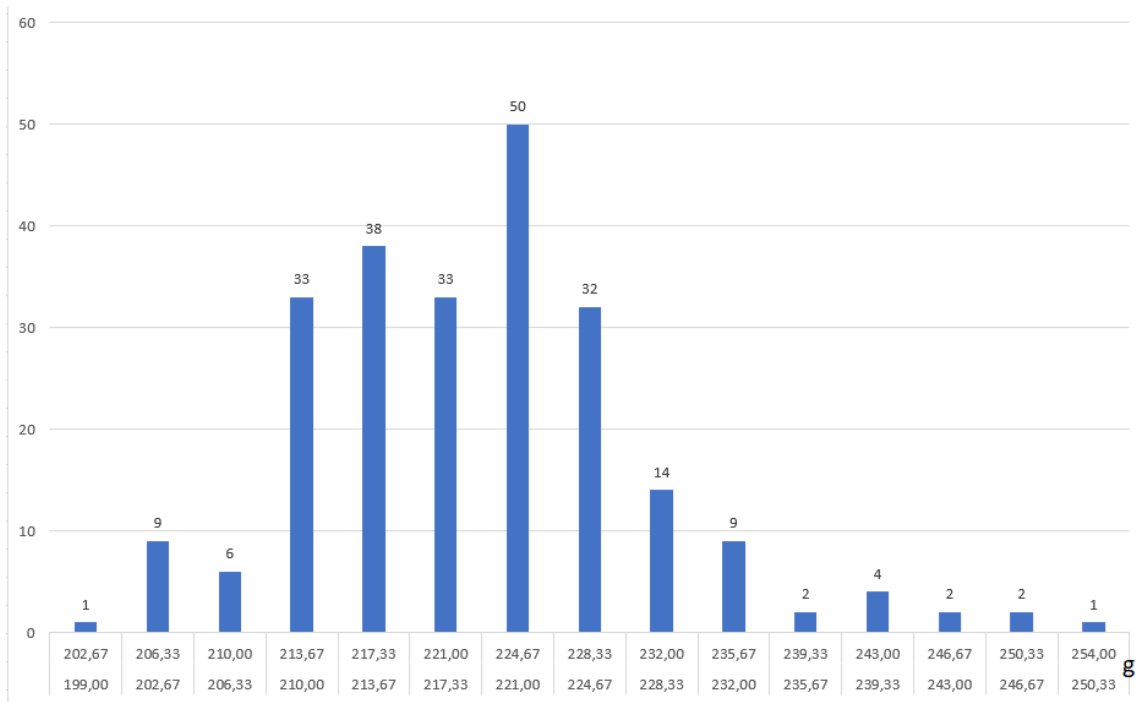


Figura 24: Distribuição de dados obtidos através da pesagem de Morcela antes da intervenção.

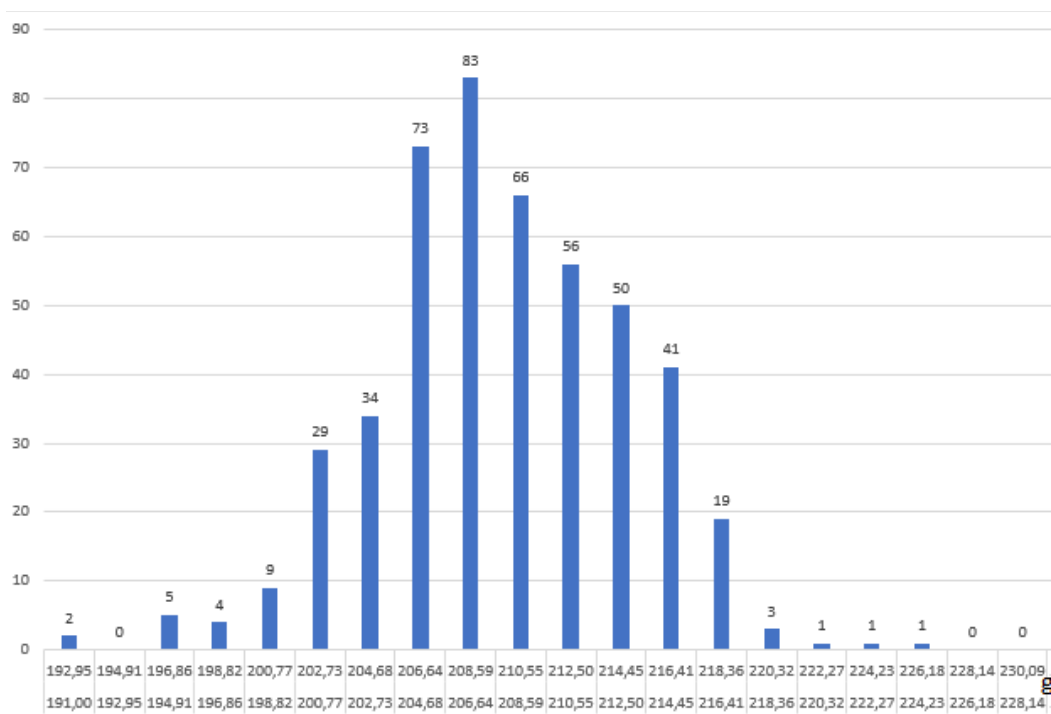


Figura 25: Distribuição de dados obtidos através da pesagem de Farinheiras após a intervenção.

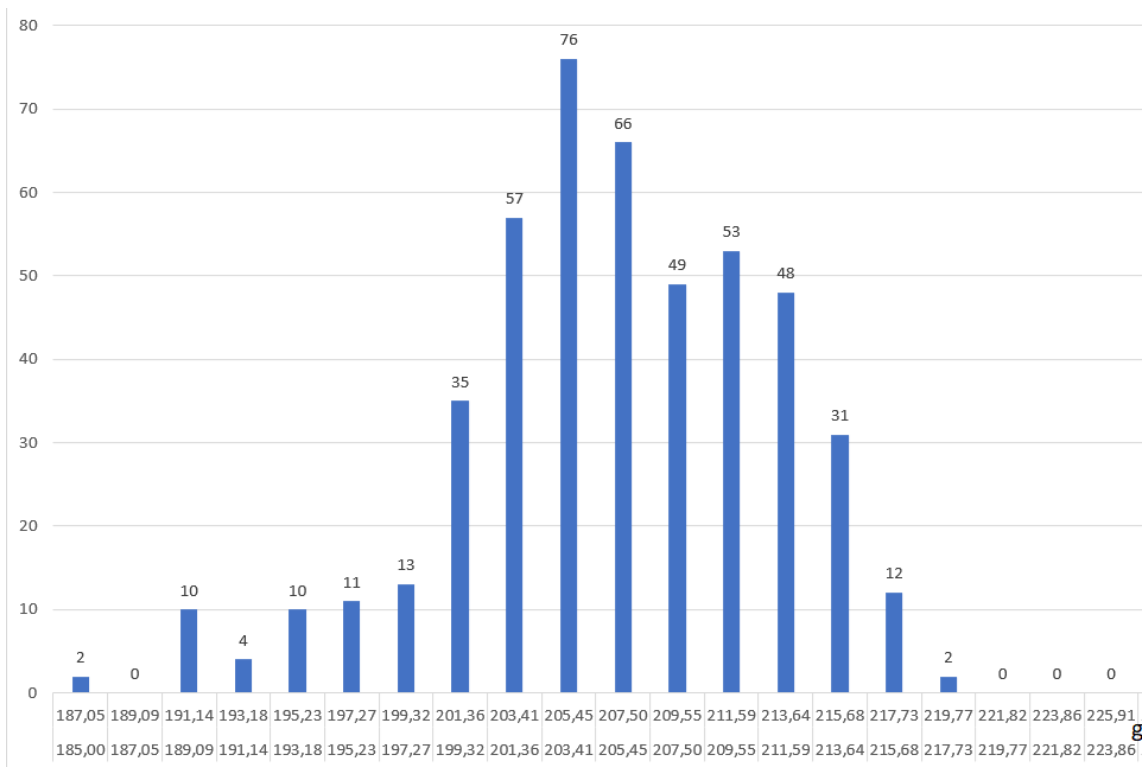


Figura 26: Distribuição de dados obtidos através da pesagem de Morcelas após a intervenção.

6.3) Resultados a Priori e a Posteriori

A fim de compreender o estado do processo *a priori*, procedeu-se à construção de cartas de controlo para as médias de peso e amplitude de cada referência, permitindo dessa forma avaliara gama de valores nas quais a operação ocorria e, ao mesmo tempo, proceder a uma avaliaçãodo ponto de vista do controlo estatístico do processo.

6.3.1) Cartas de controlo

As cartas de controlo deste processo foram construídas com base nos dados recolhidos e tratados ao longo de mais de seis meses. Para a obtenção de dados que fossem um espelho fiel da realidade operativa procedeu-se à recolha de amostras no momento da embalagem. Esta fase do processo procedia imediatamente o momento em que o artigo era disponibilizado ao cliente, pelo que nos permitia compreender a realidade em que estas referências chegavam ao mercado. Durante todo este período, aquando da

produção destas referências, foram recolhidas sistematicamente quatro unidades para pesagem a cada 15 minutos, registando em simultâneo toda a informação inerente àquela unidade, como a hora da pesagem, o lote, data, etc.

A construção destas cartas de controlo permitiu quantificar o problema identificado, compreender o desperdício de matéria-prima e financeiro associado, assim como contribuiu para esclarecer a média de peso unitária em cada momento e a amplitude média que se verificava entre unidades ao longo da produção.

Esta informação permitiu segmentar os dados através de períodos temporais, no entanto, devido à uniformidade de matérias-primas e processos, foi possível construir as cartas de controlo de médias e amplitudes absolutas, reunindo a totalidade dos dados recolhidos e tratados. Dessa forma, foram recolhidas 80 amostras de Farinheira antes de qualquer intervenção (Figura 27 [a e b]) com 4 repetições cada e 55 amostras de Morcela (Figura 28 [a e b]), com o mesmo número de repetições.

Recorrendo às fórmulas e constantes disponibilizadas abaixo, foi possível calcular o Desvio Padrão, os Índices de Capacidade do Processo (Cp e Cpk's), o Limite Inferior de Controlo (LIC) e o Limite Superior de Controlo (LSC), que nos ajudaram a melhor compreender a viabilidade e dimensão do processo.

$$\begin{aligned} \bar{R} &= \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_m}{m} & LSC &= \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} & LSC &= D_4 \bar{R} \\ \bar{\bar{X}} &= \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_m}{m} & LIC &= \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} & LIC &= D_3 \bar{R} \\ Cp &= \frac{TS - TI}{6\sigma} & Cp_k &= \min\left(\frac{TS - \bar{\bar{X}}}{3\sigma}; \frac{\bar{\bar{X}} - TI}{3\sigma}\right) & \sigma &= \frac{\bar{R}}{d_2} \end{aligned}$$

TABELA DAS CONSTANTES (Cartas X e R)

n	A ₂	d ₂	D ₃	D ₄
2	1,880	1,128	-	3,267
3	1,023	1,693	-	2,574
4	0,729	2,059	-	2,282
5	0,577	2,326	-	2,114

A utilização de ferramentas de controlo estatístico, como é o caso das cartas de controlo, deve servir como um elemento que nos permita traduzir a realidade operativa em gráficos, tabelas, etc. servindo estas como úteis tradutores visuais e aglomeradores do processo.

Farinheira:

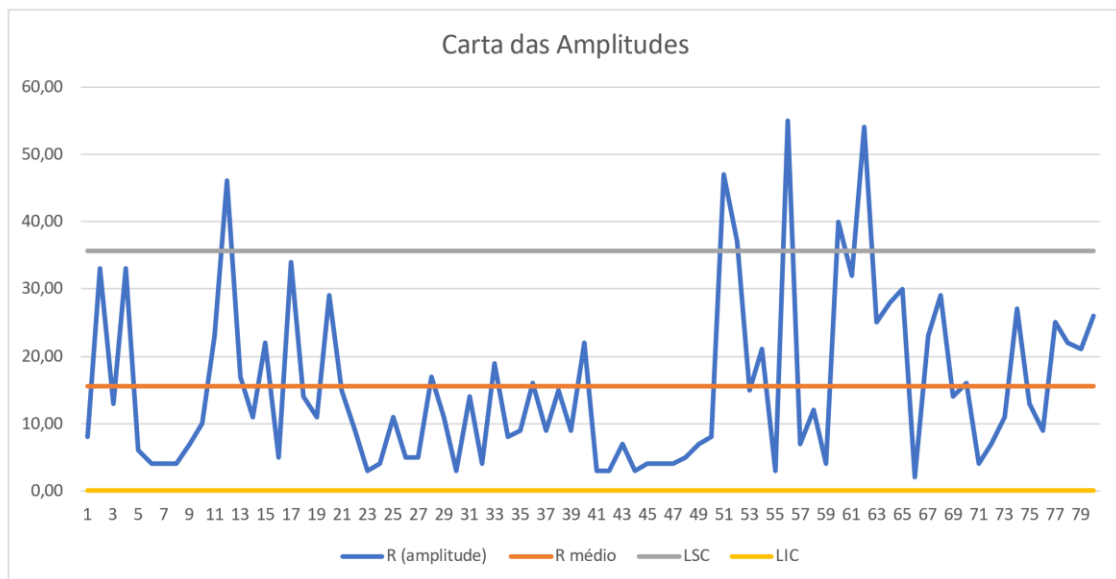
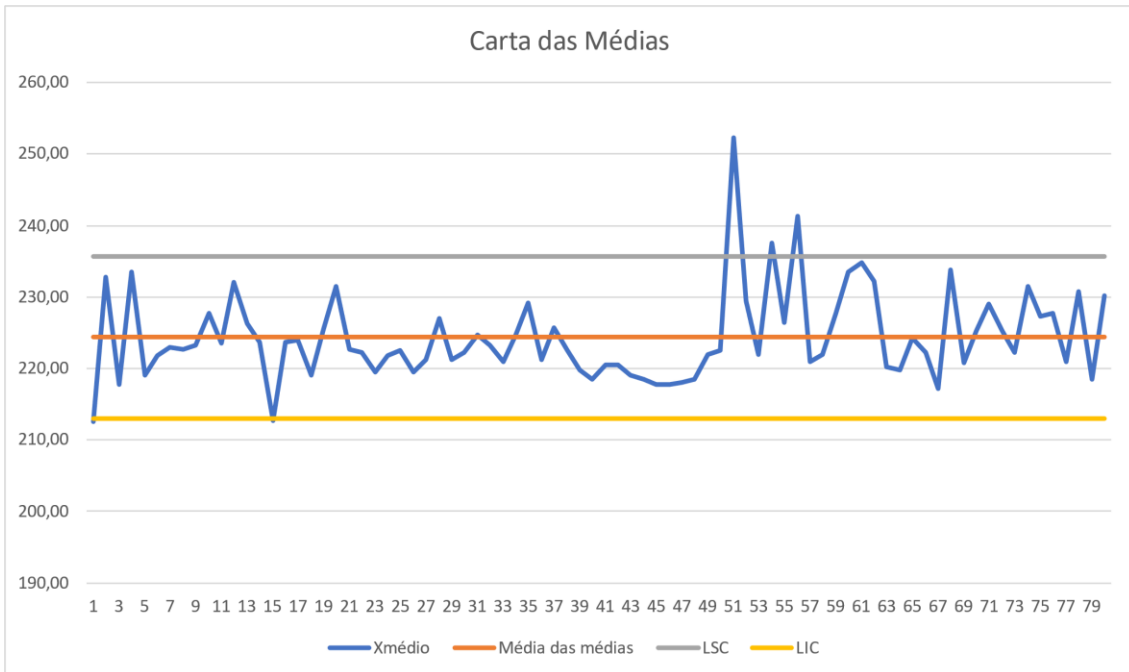


Figura 27 [a e b]: Cartas de Controle de Médias (g) e Amplitudes (g) de Farinheira antes de qualquer intervenção.

Morcela:

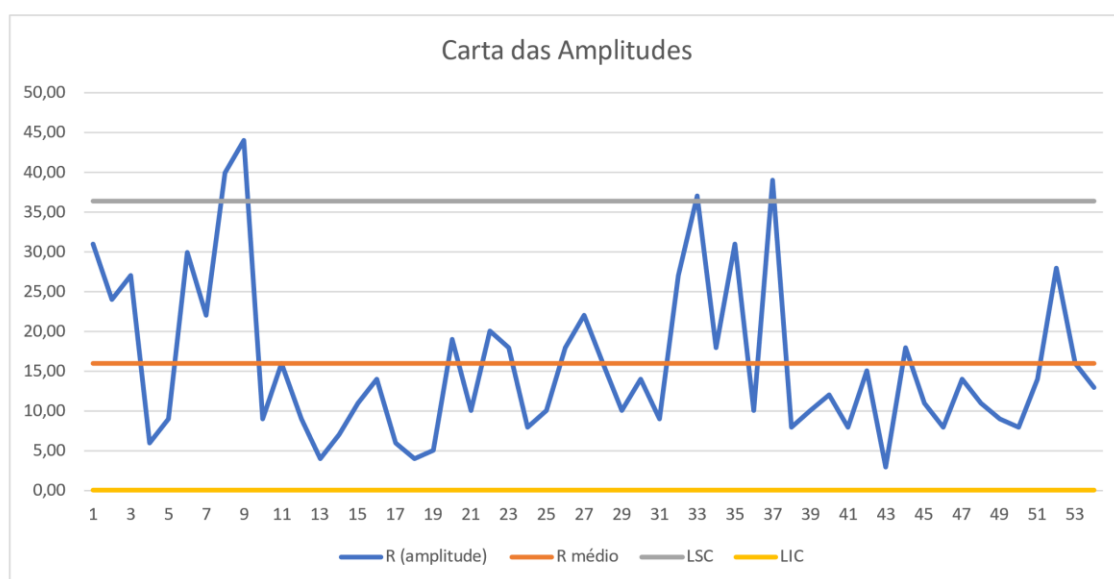
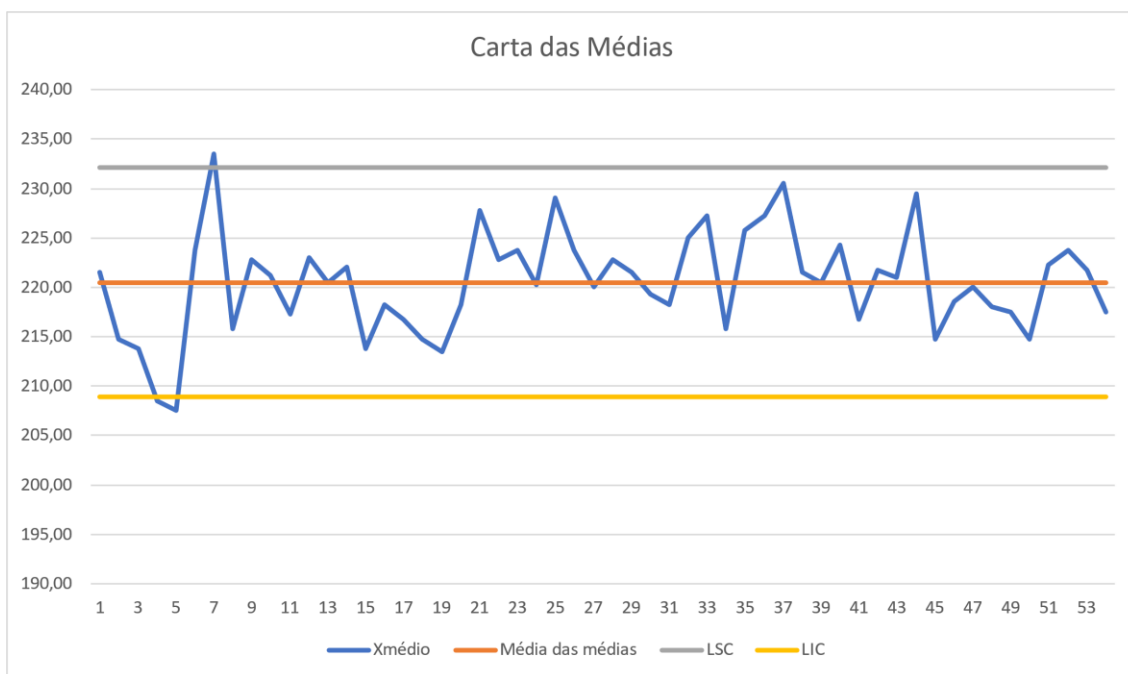


Figura 28 [a e b]: Cartas de Controlo de Médias (g) e Amplitudes (g) de Morcela antes de qualquer intervenção.

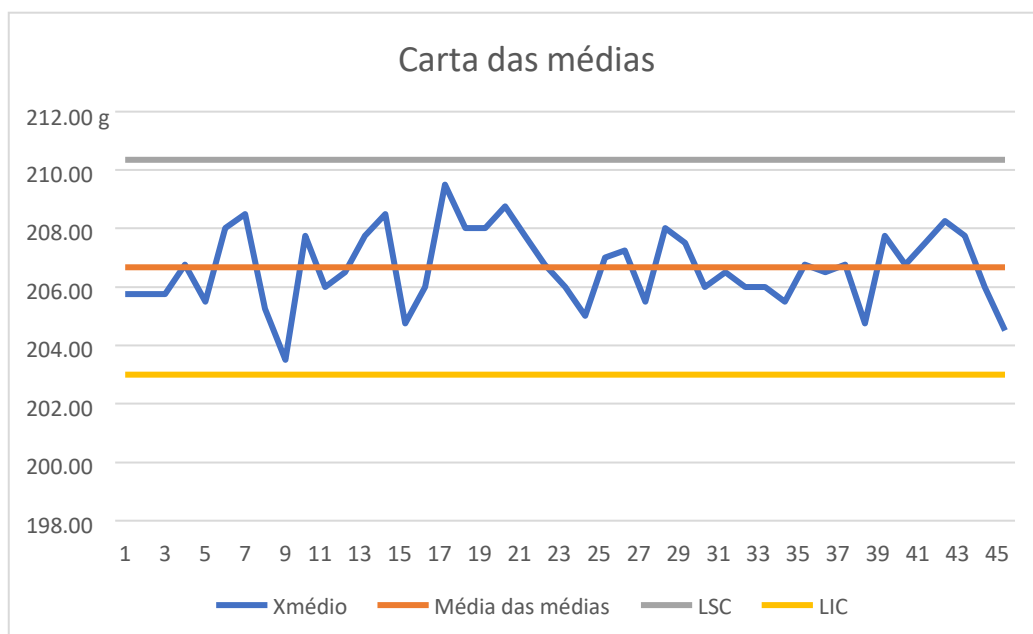
Através da análise das cartas de controlo elaboradas foi possível verificar que a Farinheira possuía, inicialmente, um peso médio de 224,36g, mais de 10% acima do peso nominal referido na rotulagem do produto a consumir pelo cliente. Ao mesmo tempo verificou-se a

existência de uma amplitude média de 15,61g entre unidades. Já no que diz respeito à Morcela foi possível observar que o peso médio se encontrava nos 220,47g. Um valor em mais de 10% superior ao rotulado. A amplitude média medida entre unidades foi de 15,93g. Verifica-se uma proximidade nas grandezas obtidas entre ambas as referências, tanto no que diz respeito ao peso como à amplitude. Foi ainda possível identificar, tanto na Farinheira como na Morcela, a existência de diversos pontos fora dos limites de controlo, indiciando a ausência de controlo estatístico do processo.

A implementação de metodologias *Lean* e ferramentas de controlo estatístico está indelevelmente associada a um conhecimento intrínseco daquela que é a realidade operacional dos processos, sem o qual não é possível usufruir do máximo de potencialidade que advém destes instrumentos.

Nesse sentido, e após um apurado conhecimento da realidade do processo operativo, procedeu-se à obtenção de dados após a implementação das ações identificadas obtendo as cartas de controlo refletidas nas Figuras 29, 30, 31 e 32. A recolha das amostras sucedeu de forma rigorosamente semelhante àquela que ocorreu antes de qualquer intervenção: na etapa de embalagem, a cada 15 minutos, foram recolhidas 4 unidades para respetiva pesagem, sendo utilizada a médias dos valores obtidos para a elaboração das Cartas de Controlo das médias e amplitudes.

Farinheira:



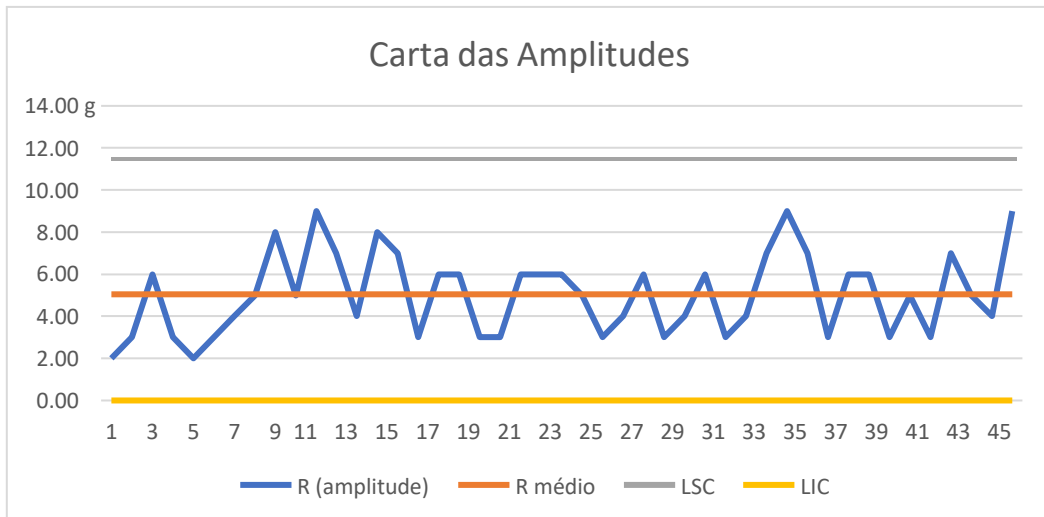
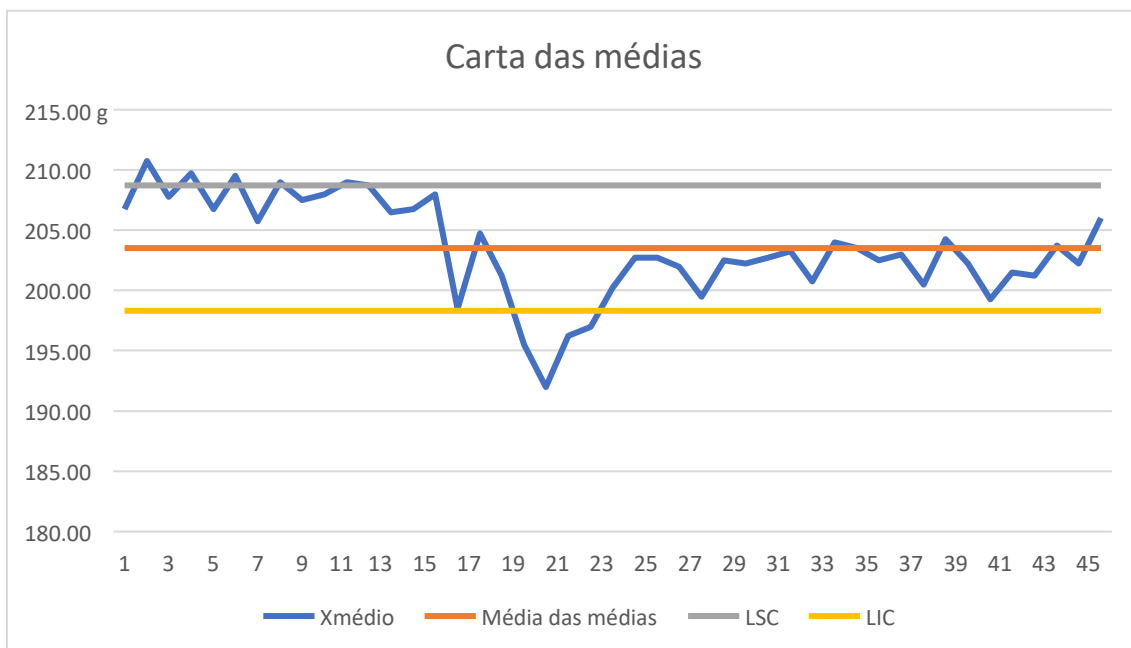


Figura 29 e 30: Cartas de Controlo de Médias e Amplitudes de Farinheira após intervenção.

Morceira:



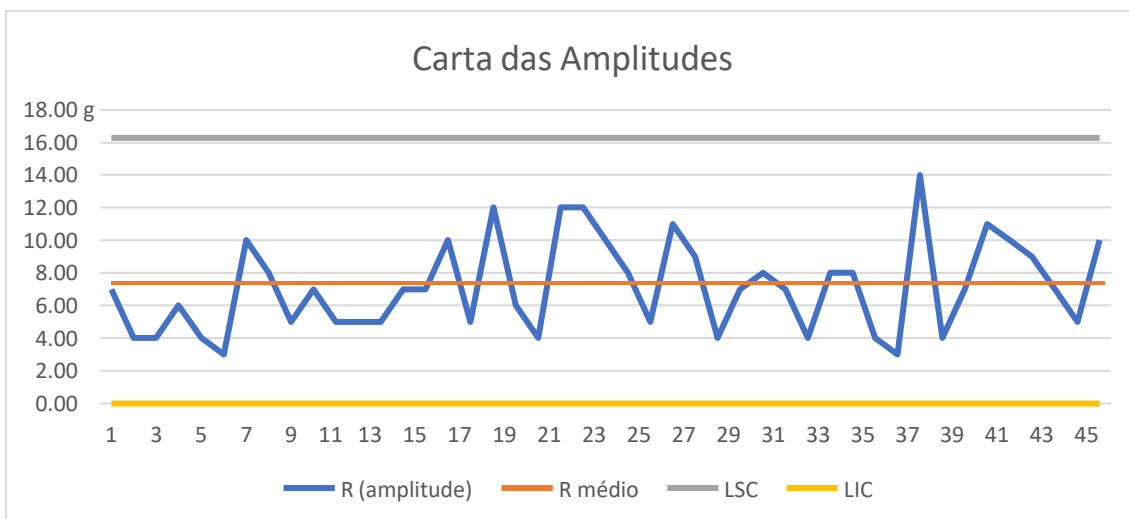


Figura 31 e 32: Cartas de Controlo de Médias e Amplitudes de Morcela após intervenção.

É possível constatar que, no caso da Morcela, numa fase inicial da recolha verificou-se alguma instabilidade no processo, essencialmente no que diz respeito ao peso do produto, mas, ao longo do tempo, foi possível melhorar o processo, como é notório no gráfico das médias apresentado.

Através da análise das cartas de controlo obtidas podemos verificar que o peso médio da Farinheira foi reduzido para 206,67g, enquanto a amplitude média diminuiu para 5,04g. No que diz respeito à Morcela, verificou-se um peso médio de 203,52g e uma amplitude média de 7,13g. Esta informação encontra-se resumida nas Tabela 2 e 3.

Tabela 2: Resumo dos resultados obtidos através das Cartas de Controlo de Peso.

	Peso médio inicial (g)	Peso médio final(g)	Diferença de peso (g)	Redução do desperdício
Farinheira	224,36	206,67	17,69	72,61%
Morcela	220,47	203,52	16,95	82,80%

Tabela 3: Resumo dos resultados obtidos através das Cartas de Controle de Amplitude.

	Amplitude média inicial (g)	Amplitude média final (g)	Diferença de amplitude (g)	Redução da Amplitude
Farinheira	15,61	5,04	10,57	67,71%
Morcela	15,93	7,13	8,80	55,24%

Já os resultados relativos aos Índices de Capacidade do Processo (Cp e Cpk) encontram-se plasmados na Tabela 4.

Tabela 4: Resumo dos resultados obtidos a respeito dos Índices de Capacidade do Processo.

	Cp inicial	Cp final	Cpk inicial	Cpk final
Farinheira	0,40	1,23	-0,68	0,32
Morcela	0,39	0,87	-0,49	0,53

7- CONCLUSÃO

O desenvolvimento tecnológico que se tem vindo a verificar ao longo das últimas décadas tem promovido uma maior competitividade nos mercados. A globalização e o derrubar de barreiras que até há poucas décadas acreditávamos ser insuperáveis colocam desafios aos setores industriais de forma constante. Isto leva a que a indústria se veja obrigada a uma transformação permanente e um acompanhamento exaustivo daquilo que são as mais recentes técnicas e metodologias de otimização de meios e recursos. Este aumento de competitividade leva a que a sobrevivência nos mercados esteja cada vez mais associada a um combate permanente aos desperdícios, cuja rentabilização se apresenta cada vez mais como uma vantagem competitiva perante a concorrência.

No caso de estudo em questão é possível afirmar que as ações implementadas surtiram um efeito que vai ao encontro daquilo que era desejado. O intuito de combater o desperdício e a promoção de uma correta alocação dos recursos disponíveis revelou-se um sucesso.

O facto de se ter promovido uma redução de 72,61% e 82,80% na quantidade desperdiçada na produção de Farinheira e Morcela, respetivamente, revelou-se um enorme sucesso, tendo contribuído sobremaneira para potenciar a utilização de recursos da empresa e combater o desperdício alimentar.

Também o facto de se ter garantido uma maior homogeneidade do peso dos unitários contribui, por um lado, para a prestação de um melhor serviço ao cliente e, por outro lado, promove uma mais eficiente alocação da matéria-prima alimentar. Neste parâmetro a diminuição de 67,71% na amplitude média entre as unidades de Farinheira e de 55,24% na amplitude média entre as unidades de Morcela permitiram confirmar que as ações implementadas foram ao encontro dos objetivos inicialmente definidos.

O incremento de qualidade do produto final encontra-se também patente no aumento dos Índices de Capacidade do Processo - tanto do C_p como do C_{pk} -, os quais refletem uma melhoria da capacidade potencial e efetiva do processo, traduzindo um ajuste significativo entre a tolerância e a variabilidade do processo e, em simultâneo, entre a sua média e as suas especificações.

A metodologia *Lean* e as ferramentas de controlo estatístico permitiram uma mais eficiente utilização de recursos e uma redução efetiva do desperdício.

Tal como é possível verificar na Tabela 4, isto representa uma poupança anual de mais de 27 milhares de euros, os quais serão relevantes na tesouraria da empresa a curto e médio

prazo, onde, ao fim de 20 anos, pode ser contabilizada uma poupança superior a meio milhão de euros apenas nestas referências. Estas quantias podem ser investidas em inovação e desenvolvimento de produto, investimentos tecnológicos, aumentos salariais, ou até serem investidas na melhoria da rentabilidade de outras linhas de produção, uma vez que o combate ao desperdício é uma constante que se deve promover diariamente.

Tabela 5: Quadro-Resumo com as mais-valias financeiras associadas às metodologias implementadas.

Poupança para a Empresa por:	Valor poupado:
Unidade	0,070€
Caixa	1,26€
Palete	80,64€
Semana	564,48€
Mês	2257,92€
Ano	27.095,04€
5 anos	135.475,20€
10 anos	270.950,40€
20 anos	541.900,80€

Apesar das melhorias significativas obtidas, importa compreender que esta deve ser uma jornada constante de conquistas diárias, que promovam uma efetiva melhoria contínua que não deve ser encarada em momento algum como um fim em si mesmo, mas sim como um meio para uma maior eficiência e aperfeiçoamento de processos.

A busca por uma mais eficiente alocação de recursos deve ser uma constante presente no dia-a-dia de cada um de nós, não só em contexto industrial, como na nossa rotina diária. O

aumento populacional mundial e as alterações climáticas têm vindo a provocar um aumento na pressão exercida sobre a indústria mundial, com particular enfoque no setor alimentar relevando sobremaneira a necessidade de uma mais eficiente alocação deste tipo de recursos. O contexto pandémico e a invasão da Ucrânia pela Federação Russa deixaram evidentes as limitações das cadeias de produção e abastecimento das quais a humanidade se encontra cada vez mais dependente, o que leva a que a exigência sobre estas cadeias seja cada vez maior e mais presente. É neste contexto que as metodologias *Lean* e as Ferramentas de Controlo Estatístico vêm reforçadas as suas valências e a sua relevância, tendo, garantidamente, um papel central naquilo que será o futuro da indústria e, conseqüentemente, da sociedade como a conhecemos. A investigação e a academia, enquanto pilares basilares do conhecimento e da inovação, devem continuar a aprofundar o desenvolvimento destas matérias contribuindo, dessa forma, para uma sociedade mais justa e sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aberdeen, T. (2013). Case study research: Design and methods. *The Canadian Journal of Action Research*, 14(1), Artigo 1. <https://doi.org/10.33524/cjar.v14i1.73>
- Albliwi, S., Antony, J., Lim, S. A. H., & van der Wiele, T. (2014). Critical failure factors of Lean Six Sigma: a systematic literature review. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 31(9), 1012-1030.
- Banuelas Coronado, R., & Antony, J. (2002). Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organisations. *The TQM Magazine*, 14(2), 92– 99. <https://doi.org/10.1108/09544780210416702>
- Baptista, P., Campos, I., Pires, I., & Vaz, S. G. (2012). *Do campo ao garfo: Desperdício alimentar em Portugal*. CESTRAS. https://www.cncda.gov.pt/images/DocumentosLegislacao/Estudos_e_Relat%C3%B3rios/PERDA_do_campo_ao_garfo.pdf
- Bensch (2021) Produção de carne é responsável por 60% de todos os gases da indústria alimentar que geram aquecimento global. Retirado a 23 de setembro de 2023 de <https://expresso.pt/sociedade/2021-09-13-Producao-de-carne-e-responsavel-por-60-de-todos-os-gases-da-industria-alimentar-que-geram-aquecimento-global-1c1a03bc>
- Bhasin, S. (2008). Lean and performance measurement. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 19(5), 670-684.
- Botezatu, C., Condrea, I., Oroian, B., Hrițuc, A., Ețcu, M., & Slătineanu, L. (2019, November). Use of the Ishikawa diagram in the investigation of some industrial processes. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 682, No. 1, p. 012012). IOP Publishing.
- Costa, L. B. M., Godinho Filho, M., Fredendall, L. D., & Ganga, G. M. D. (2020). The effect of Lean Six Sigma practices on food industry performance: Implications of the Sector's experience and typical characteristics. *Food Control*, 112, 107110. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107110>
- Coutinho (2020) Métricas Seis Sigma e Indicadores-chave de desempenho (KPIs). Retirado a 1 de Maio de 2023 de <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/metricas-seis-sigma>
- Deirdre McCloskey: Publications: Industrial Revolution*. (sem data). <http://www.deirdremccloskey.org/articles/revolution.php>
- Del Gatto, M., Di Liberto, A., & Petraglia, C. (2011). Measuring Productivity. *Journal of Economic Surveys*, 25(5), 952–1008. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6419.2009.00620.x>
- Dora, M., & Gellynck, X. (2015). House of lean for food processing SMEs. *Trends in Food Science & Technology*, 44(2), 272–281. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.03.008>
- Dudbridge, M. (2011). *Handbook of lean manufacturing in the food industry*. John Wiley & Sons.
- Engelund, E. H., Breum, G., & Friis, A. (2009). Optimisation of large-scale food production using Lean Manufacturing principles. *Journal of foodservice*, 20(1), 4-14.
- Érica (2018) Como fazer um histograma. Retirado a 16 de Janeiro de 2023 de <https://engenheiradoexcel.com.br/histograma-no-excel/>

Fouad, R. H., & Mukattash, A. (2010). Statistical process control tools: a practical guide for Jordanian industrial organizations. *JmIE*, 4(6), 693-700.

Godfray, H. C. J., Aveyard, P., Garnett, T., Hall, J. W., Key, T. J., Lorimer, J., Pierrehumbert, R. T., Scarborough, P., Springmann, M., & Jebb, S. A. (2018). Meat consumption, health, and the environment. *Science*, 361(6399), eaam5324. <https://doi.org/10.1126/science.aam5324>

Green, R. S. (1999). The application of statistical process control to manage global client outcomes in behavioral healthcare. *Evaluation and Program Planning*, 22(2), 199–210. [https://doi.org/10.1016/S0149-7189\(99\)00004-X](https://doi.org/10.1016/S0149-7189(99)00004-X)

Grigg, N., & Walls, L. (2007). The role of control charts in promoting organisational learning: New perspectives from a food industry study. *The TQM Magazine*, 19(1), 37–49. <https://doi.org/10.1108/09544780710720826>

Hopp, W. J., & Spearman, M. L. (2004). To Pull or Not to Pull: What Is the Question? *Manufacturing & Service Operations Management*, 6(2), 133–148. <https://doi.org/10.1287/msom.1030.0028>

Intergovernmental Panel on Climate Change (Ed.). (2014). Summary for Policymakers. *Em Climate Change 2013 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp.1–30). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Jacobs, F. R., & Chase, R. B. (2014). *Operations and supply chain management* (Fourteenth edition). McGraw-Hill/Irwin.

Jeffrey M. Pilcher is Professor of History at the University of Toronto. His books include *¡Que vivan los tamales! Food and the Making of Mexican Identity* (1998), *Planet Taco: A Global History of Mexican Food* (2012), and the *Oxford Handbook of Food History* (2012), and he is a co-editor of the journal *Global Food History*.

Júnior, J. L. R., & Ferreira, P. C. (1999). *Evolução da produtividade industrial brasileira abertura comercial*. 29(1), 35.

Klein, M. (2000). Two Alternatives to the Shewhart \bar{X} Control Chart. *Journal of Quality Technology*, 32(4), 427–431. <https://doi.org/10.1080/00224065.2000.11980028>

Knorr, D., & Watzke, H. (2019). Food Processing at a Crossroad. *Frontiers in Nutrition*, 6. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2019.00085>

Lean Six Sigma Definition, Retirado a 29 de Abril de 2023 de <https://www.leansixsigmadefinition.com/glossary/six-sigma/>

Liliana, L. (2016, November). A new model of Ishikawa diagram for quality assessment. In *IOP conference series: Materials science and engineering* (Vol. 161, No. 1, p. 012099). IOP Publishing.

Loh (2014) A evolução da população mundial, desde a pré-história até os dias atuais. Retirado a 15 de junho de 2023 de <http://miningtext.blogspot.com/2014/07/a-evolucao-da-populacao-mundial-desde.html>

Mani, G. M., & Pádua, F. S. M. de. (2008). LEAN SEIS SIGMA. *Revista Interface Tecnológica*, 5(1), Artigo 1.

Manzouri, M., Nizam Ab Rahman, M., Saibani, N., & Rosmawati Che Mohd Zain, C. (2013). Lean supply chain practices in the Halal food. *International Journal of Lean Six Sigma*, 4(4), 389-408.

- Marcuse, S. (1945a). An Application of the Control Chart Method to the Testing and Marketing of Foods. *Journal of the American Statistical Association*, 40(230), 214–222. <https://doi.org/10.1080/01621459.1945.10501844>
- Mitchell, B. (1992). The Six Sigma appeal. *Engineering Management Journal*, 2(1), 41–47. <https://doi.org/10.1049/em:19920010>
- Nelson, L. S. (1984). The Shewhart Control Chart—Tests for Special Causes. *Journal of Quality Technology*, 16(4), 237–239. <https://doi.org/10.1080/00224065.1984.11978921>
- Oakland, J., & Oakland, R. J. (2018). *Statistical Process Control*. Routledge.
- Organização das Nações Unidas (2015) <https://unric.org/pt/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel/> Retirado a 3 de Agosto de 2023 de <https://unric.org/pt/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel/>
- Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. (2000). *The Six Sigma Way: How GE, Motorola, and Other Top Companies are Honing Their Performance*. McGraw Hill Professional.
- Peralta (2021) Um terço dos alimentos produzidos no mundo é desperdiçado. Retirado a 8 de Março de 2023 de <https://www.dn.pt/sociedade/um-terco-dos-alimentos-produzidos-no-mundo-e-desperdicado-14049871.html>
- Pilcher, J. M. (2023). *Food in World History*. Taylor & Francis.
- Portaliso (2015) Carta de Controlo. Retirado a 11 de Setembro de 2023 de <https://ferramentas-da-qualidade.portaliso.com/carta-de-controle/>
- Pyzdek, T., & Keller, P. (2011). *Seis Sigma: guia do profissional-um guia completo para green belts, black belts e gerentes de todos os níveis*.
- Ritchie, H., & Roser, M. (2023). Food production is responsible for one-quarter of the world's greenhouse gas emissions. *Our world in data*.
- Rodrigues (2023) Você sabe quais são as funcionalidades do cálculo da Distribuição Normal? Retirado a 20 de Setembro de 2023 de https://www.voitto.com.br/blog/artigo/distribuicao-normal#google_vignette
- Santos (2021) Conheça 7 ferramentas da Qualidade. Retirado a 25 de Maio de 2023 de <https://pt.linkedin.com/pulse/conhe%C3%A7a-7-ferramentas-da-qualidade-ana-paula-dias-dos-santos>
- Santos, A. B., & Antonelli, S. C. (2011). Aplicação da abordagem estatística no contexto da gestão da qualidade: um survey b com indústrias de alimentos de São Paulo. *Gestão & Produção*, 18, 509-524.
- Şentürk, S., & Antucheviciene, J. (2017). Interval Type-2 Fuzzy c-Control Charts: An Application in a Food Company. *Informatica*, 28(2), 269–283.
- Silveira (2012) Diagrama de Pareto. Diagrama de Pareto. Retirado a 28 de Dezembro de <https://www.citisystems.com.br/diagrama-de-pareto/>
- Sousa, Á. (2019). O papel da distribuição normal na Estatística. *Correio dos Açores*, 14–14.
- Snee, R.D. (2010), "Lean Six Sigma – getting better all the time", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 1 No. 1, pp. 9-29. <https://doi.org/10.1108/20401461011033130>

Stamatis, D. H. (2002). *Six Sigma and Beyond: Design for Six Sigma, Volume VI*. CRC Press.

Sundar, R., Balaji, A. N., & Kumar, R. M. S. (2014). A Review on Lean Manufacturing Implementation Techniques. *Procedia Engineering*, 97, 1875–1885.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.341>

Tokubo (2021) 8 desperdícios do Lean Manufacturing. Retirado a 15 de junho de 2023 de <https://pt.linkedin.com/pulse/8-desperd%C3%ADcios-do-lean-manufacturing-camila-sayuri-tokubo>

Trad, S., & Maximiano, A. C. A. (2009). Seis sigma: Fatores críticos de sucesso para sua implantação. *Revista de Administração Contemporânea*, 13, 647–662.
<https://doi.org/10.1590/S1415-65552009000400008>

Viali, L. (2006). *Contribuições para o ensino da distribuição normal ou curva de Gauss em cursos de Graduação*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1240.8165>

Vicentin, D. C., & Silva, B. B. (2023). Carta de controle EWMA aplicada em uma empresa do setor alimentício: EWMA control chart applied in a company of the food sector. *Brazilian Journal of Business*, 5(1), Artigo 1. <https://doi.org/10.34140/bjbv5n1-049>

Ward, M. J., Willis, D. W., Miller, B. H., & Chipps, S. R. (2007). Walleye consumption and long-term population trends following gizzard shad introduction into a western South Dakota reservoir. *Journal of Freshwater Ecology*, 22(2), 339-345.

Woodall, W. H., & Montgomery, D. C. (1999). Research Issues and Ideas in Statistical Process Control. *Journal of Quality Technology*, 31(4), 376–386.
<https://doi.org/10.1080/00224065.1999.11979944>

Zhukova (2022) Diagrama Ishikawa: o que é, para que serve e como usar o diagrama espinha de peixe. Retirado a 12 de Fevereiro de 2023 de <https://pt.semrush.com/blog/diagrama-ishikawa/>