

ESTUDO E MELHORIA DA CAPACIDADE DE UM PROCESSO INDUSTRIAL DE PANIFICAÇÃO

Pedro Manuel Ferreira dos Santos



Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Área de Especialização de Sistemas e Planeamento Industrial

Departamento de Engenharia Electrotécnica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

2011

Este relatório satisfaz, parcialmente, os requisitos que constam da Ficha de Disciplina de
Tese/Dissertação, do 2º ano, do Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de
Computadores

Candidato: Pedro Manuel Ferreira dos Santos, Nº 1030369, 1030369@isep.ipp.pt

Orientação científica: Manuel Pereira Lopes, mpl@isep.ipp.pt

Empresa: Panike, S.A.

Supervisão: José Lima, joselima@panike.pt



Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Área de Especialização de Sistemas e Planeamento Industrial
Departamento de Engenharia Electrotécnica
Instituto Superior de Engenharia do Porto
15 de Novembro de 2011

«Sei muito bem o que quero e para onde vou».

Agradecimentos

A elaboração desta tese de mestrado contou com a colaboração de pessoas e organizações que gostaria de enunciar e agradecer:

Ao orientador o Prof. Manuel Pereira Lopes, pela sua disponibilidade, entrega e empenho nesta tese.

Fui muito didáctico a ida ao CATIM, calibrar a massa de 7500g, na qual agradeço ao Prof. Carlos Sousa essa oportunidade.

Ao Sr. Pedro Castro, CATIM, por ter facultado o laboratório para a calibração dos pesos, como também o material necessário.

Ao Sr. António Fernandes, agradeço acima de tudo, por ter dado esta oportunidade, para fazer a tese na empresa Panike, S.A.

Ao Eng. José Lima, pela discussão de ideias e sugestões, que sempre demonstrou querer nas reuniões que tivemos, como também fora delas.

Ao Eng. Marco Neves, por preciosos conselhos que me deu.

À minha família, pela força e compreensão com que sempre demonstraram.

Por fim, agradeço a todos o que tornaram, directa e indirectamente, possível a execução deste trabalho.

Resumo

Esta dissertação apresenta um estudo da capacidade do processo inserido uma empresa de panificação.

Antes de iniciar o estudo propriamente dito, foi realizada uma calibração à balança na qual este estudo seria realizado.

Os índices de capacidade do processo têm como principal finalidade verificar se a média e a variabilidade do processo estão em concordância com o alvo e os limites de especificação. Esta verificação permite o ajustamento do processo de maneira a reduzir a produção de produtos defeituosos.

Neste trabalho foram utilizados os índices de capacidade considerando que as condições são ideais, isto é, quando existe normalidade nas amostras. Quando as condições não são ideais, como foi verificado, foram utilizadas técnicas para o cálculo dos índices de capacidade para este tipo de situações.

A aplicação da metodologia de análise da capacidade do processo foi realizada com sucesso com recurso a amostras retiradas numa balança calibrada para o efeito.

Palavras-Chave

Controlo estatístico do processo, dados normais e dados não normais.

Abstract

This dissertation presents a study of the capacity of the process entered in a bakery company.

Before starting the study itself, we performed a calibration of the balance on which this study would be conducted. The process capability index whose main purpose is to verify the mean and process variability is in agreement with the target and specification limits. This check allows the adjustment process in order to reduce the production of defective products. In this study we used indices of capacity considering that the conditions are ideal, i.e., when there is normal in the samples.

When conditions are not ideal, as verified, techniques were used to calculate the rates of capacity for this type of situation. The application of the methodology of the process capability was successfully performed using a calibrated scale samples taken for this purpose.

Keywords

Statistical process control, data and normal data is not normal

Résumé

Cette thèse présente une étude de la capacité du processus est entrée dans une entreprise de boulangerie.

Avant de commencer l'étude elle-même, nous avons effectué un étalonnage de la balance sur laquelle cette étude serait menée. L'indice de capabilité du processus dont l'objectif principal est de vérifier la variabilité moyenne et les processus sont en accord avec la cible et des limites de spécification. Cette vérification permet au processus d'ajustement afin de réduire la production de produits défectueux. Dans cette étude nous avons utilisé des indices de capacité estimant que les conditions sont idéales, c'est à dire, quand il est normal que dans les échantillons.

Lorsque les conditions ne sont pas idéales, des techniques comme l'a vérifié ont été utilisés pour calculer le taux de capacité pour ce type de situation. L'application de la méthodologie de la capabilité du processus a été réalisée avec succès en utilisant une échelle graduée des échantillons pris à cet effet.

Mots-clés

Maîtrise statistique des processus, des données et des données normales n'est pas normal.

Índice

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1. MOTIVAÇÕES	16
1.2. OBJECTIVOS	16
1.3. CONTRIBUIÇÕES	16
1.4. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO	16
1.5. ESTRUTURA	17
2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO.....	18
2.1. INTRODUÇÃO	18
2.2. OS ELEMENTOS DA GESTÃO DA QUALIDADE TOTAL	23
2.3. CONTROLO ESTATÍSTICO DO PROCESSO.....	25
2.4. ÍNDICES DE CAPACIDADE PARA DISTRIBUIÇÕES NÃO NORMAIS	33
2.5. AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS DE MEDIÇÃO	42
2.6. RASTREABILIDADE	43
3. MELHORIA DO PROCESSO.....	46
3.1. DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE FABRICO	46
3.2. MAPEAMENTO DO PROCESSO DE FABRICO	47
3.3. IDENTIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO A ANALISAR	51
3.4. PLANIFICAÇÃO DO PROCESSO DE ANÁLISE DO EQUIPAMENTO.....	51
3.5. ESTUDO DA NORMALIDADE DA NOVA AMOSTRA	65
3.6. ESTUDO DA CAPACIDADE DO PROCESSO.....	66
4. CONCLUSÕES.....	69
REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS	71
ANEXOS.....	74

Índice de Figuras

Figura 1	Curva da distribuição normal com diferentes desvios padrão [24].	26
Figura 2	A distribuição da média das amostras [11]	27
Figura 3	Cartas de controlo para a média da ligação de um centro de chamadas [11]....	28
Figura 4	Evidências em Cartas de controlo [12]	29
Figura 5	Redução da Variância do Processo [3]	32
Figura 6	Distribuições dos processos A, B e C [15].....	33
Figura 7	Fluxograma do Processo	48
Figura 8	Ensaio de Excentricidade da balança Metler Modelo PE 11	53
Figura 9	Resultado da Calibração da Balança.....	59
Figura 10	Histograma da Farinha T65	60
Figura 11	Histograma da Farinha T70	60
Figura 12	Histograma do Melhorante	61
Figura 13	Histograma do Sal.....	61

Índice de Tabelas

Tabela 1	Índice de capacidade do processo [13].....	31
Tabela 2	Análise da capacidade do Processo [13].....	32
Tabela 3	Índices de capacidade para os processos A, B e C [17].....	34
Tabela 4	Comparação das distribuições [17].....	34
Tabela 5	Resultado do estudo [17].....	35
Tabela 6	Três fórmulas de transformação da transformada de Johnson [21].....	38
Tabela 7	Comparação dos três métodos estudados [25].....	42
Tabela 8	Ensaio Prévio da balança Metler Modelo PE 11.....	52
Tabela 9	Ensaio de Exactidão da balança Metler Modelo PE 11.....	52
Tabela 10	Esquema ABBA.....	54
Tabela 11	Calibração da massa de 7500 g.....	55
Tabela 12	Ensaio prévio da balança.....	56
Tabela 13	Tabela de Excentricidade.....	58
Tabela 14	Teste de <i>Kolmogorov-Smirnov</i> (KS) da Farinha T65.....	62
Tabela 15	Teste de <i>Kolmogorov-Smirnov</i> (KS) da Farinha T70.....	62
Tabela 16	Teste de <i>Kolmogorov-Smirnov</i> (KS) do Melhorante.....	62
Tabela 17	Teste de <i>Kolmogorov-Smirnov</i> (KS) do Sal.....	62
Tabela 18	Análise dos Índices de simetria da Farinha T65.....	63

Tabela 19	Análise dos Índices de simetria da Farinha T70	63
Tabela 20	Análise dos Índices de simetria do Melhorante	64
Tabela 21	Análise dos Índices de simetria do Sal	64
Tabela 22	Teste de <i>Kolmogorov-Smirnov</i> (KS) da nova amostra de Sal	65
Tabela 23	Análise dos Índices de simetria da nova amostra de Sal	65

Índice de Equações

Equação 1 - Definição da Transformação exponencial de Box - Cox [18].....	36
Equação 2 – Equação simplificada de Box - Cox [18]	37
Equação 3 – Equação Idealizada por Yeo e Johnson [19]	37
Equação 4 – Índice de capacidade de Clements [22].....	38
Equação 5 – Índices C'_{pl} e C'_{ps} de Clements [22]	39
Equação 6 – Generalização da fórmula única para distribuições normais [15]	40
Equação 7 – Índice de Chen e Ding [23]	41
Equação 8 – Índice de não conformidade de Chen e Ding [23].....	41

Acrónimos

BRC	–	British Retail Consortium
CATIM	–	Centro de Apoio Tecnológico à Indústria Metalomecânica
CEP	–	Controlo Estatístico do Processo
CQ	–	Controlo da Qualidade
CRM	–	Customer Relationship Management
EUA	–	Estados Unidos da América
HACCP	–	Hazard Analysis and Critical Control Points
IPAC	–	Instituto Português de Acreditação
KS	–	Teste Kolmogorov Smirnov
QFD	–	Quality Function Deployment
TQM	–	Total Quality Management
VIM	–	Vocabulário Internacional da Metrologia
IP	–	Instrumentos de Pesagem
DO	–	Distribuição Observada
DN	–	Distribuição Normal
Q-Q	–	Gráfico Quantil-Quantil

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo elucida o leitor sobre o tema escolhido, bem como as motivações e objectivos.

Actualmente, as empresas sentem a necessidade de produzir com a menor perda possível, de tempo, de recursos e de custos, sem deixar de prestar atenção ao essencial, aos desejos e necessidades dos clientes. Para atingir esse objectivo, muitas empresas fazem uso do controlo estatístico do processo, um dos ramos do controlo de qualidade, que trata da recolha, análise e interpretação de dados para a proposta de melhorias e controlo da qualidade de produtos e serviços.

A qualidade dos produtos produzidos, conhecida como qualidade da conformidade, pode ser atingida quando os processos que a produzem são capazes, isto é, produzem as peças de acordo com o que foi especificado em projecto. As especificações de projecto são os valores alvos de características de produtos que se querem produzir mais as tolerâncias admitidas em torno destes alvos. Esta tolerância em torno de um alvo é definida dado que existe variabilidade em processos produtivos, não sendo possível produzir todas as peças exactamente com as mesmas medidas. Como existe esta variabilidade, o estudo da capacidade estima qual a proporção de produtos produzidos que está dentro dos limites de especificação. Quando a produção de defeituosos ocorre acima do admitido, o processo é

considerado incapaz, basicamente por dois motivos: a variabilidade do processo é muito grande em relação aos limites de especificação ou a média do processo não está centrada no alvo. Tendo conhecimento destas informações, pode-se então tomar medidas correctivas no processo, reduzindo a produção de defeituosos, com consequentes reduções de custos.

É neste sentido que um estudo de controlo do processo numa empresa de panificação, ajuda não só a reduzir os custos da empresa (com matérias primas) como a diminuir a taxa de não conformidade de produto, melhorando assim o processo.

1.1. MOTIVAÇÕES

O tema escolhido, dada a sua abrangência e profundidade exigida na análise do processo e no contexto dos objectivos da empresa, é uma forma prática de avaliar o processo produtivo, num contexto de mercado mais competitivo e exigente, contribuindo ainda para a melhoria contínua da empresa.

1.2. OBJECTIVOS

O principal objectivo deste trabalho é fazer um estudo de controlo do processo, numa unidade de panificação, com utilização dos índices de capacidade.

O processo escolhido foi a dosagem automática de matérias-primas. Este processo foi escolhido por duas razões principais:

- É um processo comum a todas as linhas de produção,
- É o primeiro processo do *layout* produtivo.

1.3. CONTRIBUIÇÕES

Este trabalho contribui com um estudo aprofundado sobre a doseadora automática no sentido de reduzir a taxa de produtos defeituosos da empresa, bem como para a contínua certificação da mesma.

1.4. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO

O trabalho a desenvolver consiste em três fases fundamentais:

A primeira fase, descrição do processo de fabrico, no qual será feita uma identificação dos sub-processos, inputs e outputs, variáveis controláveis, os parâmetros que, não sendo controláveis pelos agentes de decisão, podem afectar o resultado das decisões e medidas de desempenho.

A segunda fase, será identificar e descrever o sub-processo em análise.

A terceira fase, cálculo da capacidade do processo.

1.5. ESTRUTURA

O presente relatório organiza-se em 4 capítulos principais, passando de seguida a descrever cada um deles.

O Capítulo 1 descreve, em termos gerais, a proposta de trabalho no âmbito da empresa.

O Capítulo 2 explica os conceitos teóricos que foram necessários conhecer para a realização da tese/dissertação.

O Capítulo 3 apresenta, detalhadamente, o estudo que foi feito na obtenção dos objectivos a que estava proposto, isto é, o cálculo da capacidade do processo.

O Capítulo 4 apresenta as conclusões gerais do relatório, bem como algumas ideias para trabalho futuro.

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Este capítulo apresenta a teoria necessária à elaboração deste trabalho.

2.1. INTRODUÇÃO

A Qualidade propriamente dita, teve origem na década de 20, quando *Walter Shewhart* desenvolveu a primeira carta de controlo do processo, na *Bell Labs*.

Com o decorrer da II Guerra Mundial, aumentou a necessidade na utilização da estatística para controlar a qualidade da produção devido, em parte, ao excedente de material produzido e à falta de mão-de-obra nos *EUA*.

Depois da guerra, a procura por mercadorias estava alta nos Estados Unidos, como resultado, a ênfase na qualidade, tão importante durante a guerra, deu lugar ao foco no volume na produção.

Nos Estados Unidos, o paradigma da qualidade, como um elemento chave no sucesso das organizações, não foi reconhecida até ao final dos anos 70, acontecia o oposto no Japão.

W. Edwards Deming e *Joseph Juran* educaram os japoneses a “fazer correcto da primeira vez”, para assim baixarem os custos e melhorar a qualidade. Como resultado, as mercadorias japonesas, na década de 70, foram consideradas das melhores do mundo.

Na década de 80, a estação de televisão *NBC*, apresentou um documentário intitulado “se o Japão consegue, por que nós não conseguimos?”. Neste documentário, foi salientado a importante contribuição de *Deming* para a melhoria da qualidade dos produtos japoneses.

Depois da apresentação deste documentário, as empresas americanas, solicitaram o auxílio de *Deming* para melhorar a qualidade dos seus produtos. A mudança de foco das companhias dos *EUA* para a qualidade não passou despercebida, os clientes reconheceram melhorias significativas na qualidade dos *EUA*.

Deming desenvolveu uma filosofia de gestão da qualidade baseada na interacção de pessoas, máquinas, materiais e ambiente. O principal objectivo desta filosofia, é garantir que o trabalho dos trabalhadores fosse o mais uniforme e previsível possível, e os defeitos que ocorressem não eram falhas dos operadores mas sim falhas do sistema [3].

2.1.1. QUALIDADE – DEFINIÇÃO

A qualidade de um produto ou serviço é algo que o cliente espera desse produto. O mesmo produto ou serviço pode ser entendido de formas diferentes. As expectativas diferem de cliente para cliente, devido a variados factores como, por exemplo, experiências passadas, conhecimento individual e histórico.

2.1.2. FUNÇÃO ESTRATÉGICA DA QUALIDADE

Depois da II Guerra Mundial, a ênfase da qualidade estava no Controlo da Qualidade (*CQ*), como resultado, era dada maior importância à inspecção (separar o não defeituoso do defeituoso) do que a prevenção.

Muitos dos controlos da qualidade (medições) eram realizadas principalmente nas saídas, por consequência, não conseguiam evitar a expedição de produtos defeituosos.

2.1.2.1. QUALIDADE DOS PRODUTOS

David Garwin, em 1987, enumerou 8 dimensões da qualidade dos quais uma empresa pode competir em termos de qualidade. São elas: desempenho, características, fiabilidade, conformidade, durabilidade, serviço, estética e qualidade percebida [5].

- Desempenho

O desempenho é uma das principais características da operação de um produto. O desempenho é geralmente medido em termos quantitativos, por exemplo, para um automóvel, as características de desempenho incluiriam o tempo de acelerar dos 0 aos 100km/h e a quantidade de dióxido de carbono que é libertada para o ambiente.

- Características

As características não são os aspectos principais de um produto, mas podem ser muito importantes como factor de decisão. Por exemplo, a cor ou o equipamento do carro podem ser os factores de decisão para a compra de um automóvel novo.

- Fiabilidade

A fiabilidade de um produto relaciona-se com a probabilidade de um produto falhar num tempo especificado. A fiabilidade é frequentemente, medida como o tempo médio entre falhas (*MTBF*) ou a taxa de falhas por unidade de tempo. A fiabilidade alta, de um produto, é muito importante em produtos como automóveis, computadores, aviões, máquinas, telemóveis.

- Durabilidade

A durabilidade relaciona-se com a vida útil de um produto, por exemplo, uma lâmpada, o filamento pode partir e todo o produto deve ser substituído. Noutros tipos de produtos, como o carro, o consumidor deve avaliar o *trade-off* entre substituir inteiramente o produto ou arranjar o automóvel.

- Conformidade

A conformidade de um produto reflecte o modo como o produto obedece aos padrões estabelecidos.

- Serviço

O serviço está relacionado com a facilidade com que um produto pode ser reparado, a velocidade de reparação, a competência e a cortesia associada ao reparo. Muitas das vezes, esta dimensão da qualidade é colocada de parte na elaboração do projecto.

- Estética

A estética é uma dimensão da qualidade na qual existe um elevado nível de subjectividade. Em termos de estética, a qualidade pode ser boa para um grupo de clientes e má para outro grupo de clientes. Esta dimensão da qualidade é uma oportunidade para as companhias encontrarem nichos de mercado específicos.

- Qualidade Percebida

Para *David Garvin*, em 1987, a qualidade percebida está directamente relacionada com a reputação da empresa que fabrica o produto. Por vezes, as informações a respeito dos vários aspectos da qualidade de um produto não estão totalmente acessíveis, especialmente nos casos de lançamento de um produto novo. Os clientes confiam no desempenho e na reputação passados da empresa que produz o produto [5].

2.1.2.2. QUALIDADE DOS SERVIÇOS

De acordo com *Parasuraman, Zeithaml e Berry*, em 1986, existem dez factores que contribuem para a qualidade de um serviço prestado pela empresa aos seus clientes. Os dez factores são: tangibilidade, fiabilidade, receptividade, competência, cortesia, credibilidade, segurança, acesso, comunicação, compreensão e respeito pelo cliente [6].

- Tangibilidade

A tangibilidade é as evidências físicas do serviço, por exemplo, o tipo de uniforme que as funcionárias de uma padaria vestem e a limpeza desses uniformes são algumas das tangibilidades que podem ser observadas quando vamos comprar pão.

- Fiabilidade

A fiabilidade relaciona-se com a consistência no desempenho do serviço.

- Receptividade

Este factor relaciona-se com a disposição e/ou prontidão dos funcionários para prestar um serviço. O tempo gasto para receber uma ligação de reclamação ou resolver um problema também é uma medida da receptividade da empresa.

- Competência

A competência relaciona-se com o conhecimento dos trabalhadores para realizar o serviço apropriado.

- Cortesia

Este factor refere-se ao respeito, boa educação, amabilidade das pessoas que estão em contacto com os clientes.

- Credibilidade

A credibilidade refere-se às características de confiança e honestidade do trabalhador que presta o serviço.

- Segurança

A segurança refere-se à isenção de qualquer perigo, risco ou problema. Esta é uma dimensão particularmente importante da qualidade do serviço profissional.

- Acesso

O acesso refere-se à acessibilidade e à facilidade de contacto com quem presta o serviço.

- Comunicação

Esta é uma dimensão da qualidade muito importante em alguns serviços, como por exemplo, nos serviços de saúde.

- Compreensão a respeito do cliente

Esta dimensão da qualidade refere-se ao esforço feito pelo trabalhador que realiza o serviço para entender as necessidades específicas de cada cliente.

2.2. OS ELEMENTOS DA GESTÃO DA QUALIDADE TOTAL

A gestão da qualidade total (*TQM – Total Quality Management*) é vista como uma abordagem organizacional focada na produção de produtos e nos serviços com a mais alta qualidade. A *TQM*, quando correctamente utilizada, é uma parte integrante da organização, na qual envolve, todas as áreas e todos os níveis dentro de uma organização, entre os quais os fornecedores.

Os 4 elementos principais que integram os programas de *TQM* bem sucedidos são: foco no cliente, excelência do produto/processo, envolvimento dos funcionários e liderança [3].

- Foco no Cliente

A percepção do cliente a respeito da qualidade deve ter em conta os níveis de qualidade aceitáveis, isto é, determinar junto do cliente, as especificações do produto. Um produto é conforme a menos que o cliente diga que o é.

A qualidade de um produto ou serviço é definida:

- a. Pela qualidade do seu projecto (qualidade do produto) A qualidade do projecto refere-se ao valor do produto no mercado, portanto é uma decisão estratégica da empresa;
- b. E pela qualidade da sua conformidade com o projecto. A qualidade de conformidade refere-se ao grau com o qual o produto ou serviço atende às especificações do projecto.

- Excelência do produto/processo

A excelência do produto/processo engloba a qualidade de projecto e a análise do modo de falhas, no qual se engloba o controlo estatístico de processo (*CEP*).

O controlo de processo relaciona-se com a monitorização da qualidade em pontos chaves do processo, para informar, enquanto os itens estão a ser produzidos, se os mesmos atendem às especificações do cliente ou se existem variações no processo que sinalizem que os próximos produtos a serem produzidos podem não atender aos requisitos do cliente. O controlo de processo ocorre verdadeiramente quando as acções correctivas são tomadas, tais como, ajuste do tamanho e do peso de uma peça, visto que essa peça tinha tamanho e peso a mais, substituição de uma peça de uma máquina, tendo em conta, que essa peça está a criar produtos não conformes.

Utilizando como exemplo, o *layout* produtivo da empresa de panificação onde foi realizado este trabalho, elimina-se a maior parte do produto não conforme, com excepções, se no processo da moldagem das massas, existir o controlo de processo sobre as peças.

O produto pode estar excelente, mas se no processo houver paragens, devido a factores do processo, continua a ver produtos não conforme, qual é a solução?

A resposta para esta pergunta é o conceito de melhoria contínua.

Este conceito está relacionado com a melhoria continuada dos processos, numa perspectiva de eliminar os erros e melhorar a qualidade do produto entregue ao cliente.

- Envolvimento dos funcionários

O principal elemento do envolvimento dos funcionários é que cada trabalhador assuma a responsabilidade de inspeccionar a qualidade do seu próprio trabalho. Este tipo de procedimento é conhecido como qualidade na fonte.

O envolvimento dos funcionários é mais um elemento para a implementação bem sucedida de um programa de *TQM*. Com o envolvimento dos funcionários nos processos de tomada de decisão, com este *feedback*, a administração recebe contribuições valiosas das pessoas que estão mais próximas dos problemas e em melhor posição para propor soluções viáveis.

- Liderança

Tudo o que foi dito anteriormente não faz sentido se, a liderança da administração de uma organização, não for o principal alicerce para o desenvolvimento e implementação de um programa *TQM*. Quando adequadamente conduzido, o programa de *TQM* envolve toda a companhia, transcendendo as áreas funcionais tradicionais e incluindo todos os funcionários da empresa, portanto, é necessário visão, planeamento e comunicação, cuja responsabilidade é da administração.

A administração pode demonstrar o seu empenhamento com o *TQM* de várias maneiras, como por exemplo, a incorporação do *TQM* na estratégia global da empresa, e de que a qualidade é a prioridade número um da organização.

2.3. CONTROLO ESTATÍSTICO DO PROCESSO

Os principais objectivos do controlo estatístico do Processo (*CEP*) são:

- Controlar o desempenho dos processos mantendo-os dentro das especificações,
- Melhorar o desempenho através da redução das variações em relação aos níveis desejados.

Para melhorar / controlar o desempenho dos processos é necessário aplicar técnicas estatísticas para entender a variação do desempenho ao longo do tempo.

2.3.1. VARIAÇÕES NO PROCESSO

As cartas de controlo são uma ilustração do desempenho dinâmico de um processo, medindo como alguns aspectos do desempenho do processo variam com o tempo. Todos os processos variam até certo ponto, por exemplo, pessoas diferentes diferem na forma como fazem as coisas, cada vez que executam um trabalho, por isso, não é de admirar que qualquer medida da qualidade (atributo ou variável) varie.

As variações podem ser devido a:

- Causas normais ou comuns;
- Causas anormais ou especiais.

As causas normais ou comuns de variação, são causas que podem nunca ser eliminadas totalmente, mas podem ser reduzidas.

2.3.2. LIMITES DE CONTROLO

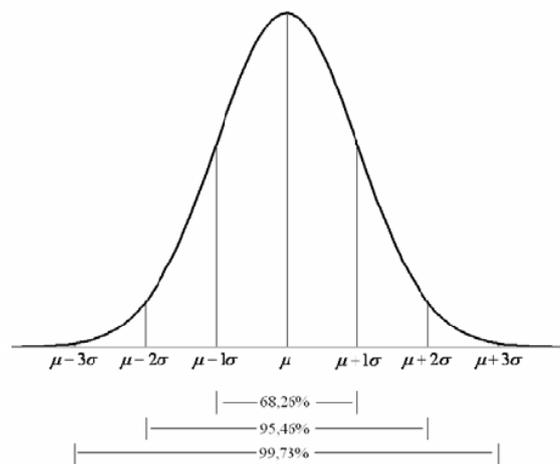


Figura 1 Curva da distribuição normal com diferentes desvios padrão [24].

Uma das características das distribuições normais reside no facto de que 99,7 % das medidas estarão dentro de um intervalo de ± 3 desvios padrão (Figura 1) e que para variáveis que seguem uma distribuição normal, pode-se aplicar a grande maioria dos testes e métodos estatísticos conhecidos.

Os limites de controlo que são definidos em ± 3 desvios padrão, de cada lado da média da população, são chamados de limite superior de controlo (LSC) e limite inferior de controlo (LIC).

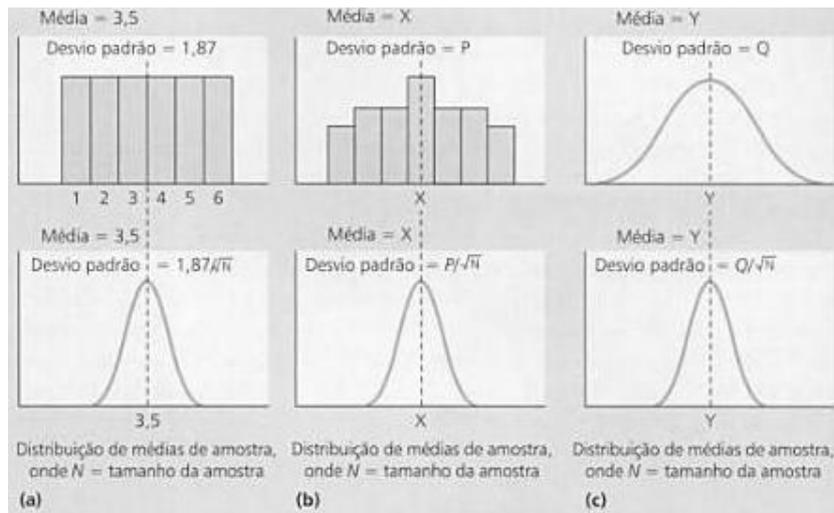


Figura 2 A distribuição da média das amostras [11]

Nem todos os processos variam de acordo com uma distribuição normal. Mas, se uma amostra é tomada de qualquer tipo de distribuição, a distribuição da média das amostras aproximará de uma distribuição normal, por exemplo, há a mesma probabilidade de sair qualquer número entre um e seis num dado de seis lados, sem os dados estarem viciados. A distribuição é rectangular com uma média de 3.5 (Figura 2). Mas se um dado lançado seis vezes repetidamente e a média das seis jogadas for calculada, a média da amostra será também 3.5, mas o desvio padrão da distribuição será o desvio padrão da distribuição rectangular original dividido pelo quadrado do tamanho da amostra. Mas, de certa forma, a forma da distribuição estará perto da distribuição normal, então pode ser tratada como uma distribuição, isto torna-se importante quando os limites do controlo são calculados [11].

2.3.3. O PROCESSO ENCONTRA-SE SOB CONTROLO?

O controlo das operações reside no facto de qualquer amostra, quando desenhada numa carta de controlo, representar simplesmente a variação devido a causas comuns ou devido a alguma causa especial específica e possível de ser alterada. A Figura 3 (a) ilustra um exemplo de uma carta de controlo para a duração média de ligações de amostras de ligações dos clientes para um centro de chamadas público. Como em qualquer processo os resultados variam, mas os últimos três pontos parecem estar mais baixos que o normal. A questão é se isso é variação natural ou alguma variação anormal. A variação é o resultado de causas comuns ou indica causas especiais que estão a ocorrer no processo?

Para responder a esta questão, os limites de controlo podem ser adicionados às cartas de controlo que indicam a extensão esperada da variação da causa comum. Se algum ponto estiver fora desses limites de controlo, então o processo pode ser considerado fora de controlo, no sentido que a variação provavelmente será devido a causas especiais, algo de anormal. A Figura 3 (b) mostra a mesma carta de controlo da Figura 3 (a) mas com os limites de controlo colocados a ± 3 desvios padrão da média.

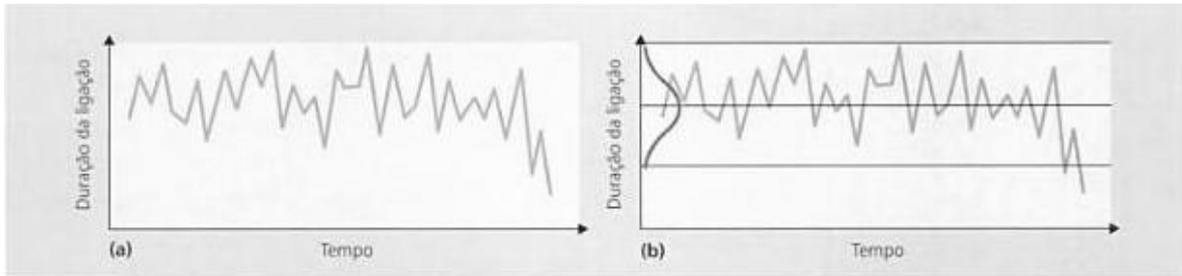


Figura 3 Cartas de controlo para a média da ligação de um centro de chamadas [11]

Por observação da Figura 3 (b), o último ponto está fora dos limites de controlo, isto denota que esse ponto foi influenciado por uma causa especial, sem dúvida muito forte. Quando o processo tem um comportamento que está fora da faixa normal, diz-se que o processo está fora de controlo. No entanto, isto não é assim tão linear, visto que há uma possibilidade pequena, mas finita, de que o ponto seja um resultado raro, mas natural no final da distribuição.

2.3.4. GRÁFICOS DO CONTROLO ESTATÍSTICO DO PROCESSO

Os gráficos do controlo estatísticos de processo estão baseados no teorema do limite central. Os limites de controlo, como já foi mencionado anteriormente, são estabelecidos com três desvios padrão acima e abaixo da média.

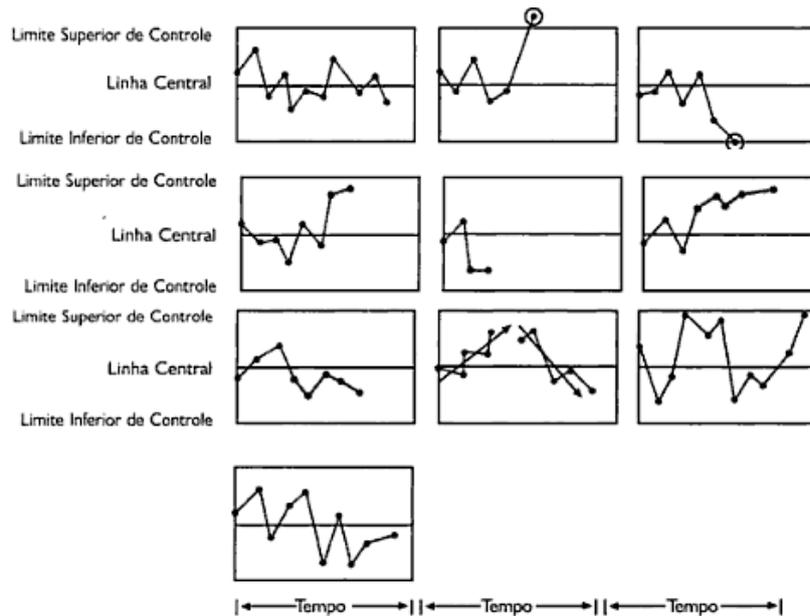


Figura 4 Evidências em Cartas de controle [12]

Para os gráficos da Figura 4, o eixo das abcissas (x), encontra-se o tempo e no eixo das ordenadas (y) encontra-se a variação a partir do valor médio do processo.

A linha central de um gráfico para atributos é a média para esse atributo, tal como a percentagem de defeituosos, e a linha central de um gráfico para variáveis é o valor objectivado para o processo.

Quando visualizamos um gráfico de *CEP*, estamos a procurar por evidências de um comportamento não aleatório - o processo comporta-se de uma forma que não estávamos à espera, tendo em consideração aquilo que sabemos sobre ele.

O primeiro gráfico da Figura 4 mostra um comportamento ideal para uma carta de controlo, enquanto os outros gráficos ilustram possíveis causas no processo.

O segundo gráfico ilustra um ponto acima do limite superior de controlo, este ponto, como o ponto abaixo do limite inferior de especificação do 3º gráfico, pode ser resultado de pontos no final da distribuição.

Os gráficos seguintes mostram muita variação no processo, isto deve-se às causas normais e anormais que estão a influenciar muito o processo.

2.3.5. CEP UTILIZANDO MEDIÇÕES POR ATRIBUTOS

As medições por atributos são dados que são contados, como por exemplo, as unidades não conforme produzidas por uma máquina.

Se as amostras forem retiradas, de uma máquina, durante a produção podemos contabilizar, para cada amostra, o número de unidades conforme e não conforme.

Depois disto podemos, comparar o número de unidades não conforme em cada amostra com a percentagem histórica de unidades não conforme para esta máquina, e verificar se o processo está de acordo ou não, com as especificações.

2.3.6. MEDIÇÕES DE VARIÁVEIS UTILIZANDO CARTAS \bar{x} E R

As variáveis podem ser medidas, como por exemplo o comprimento e a largura. Para a elaboração de uma carta de controlo deste tipo, é necessário conhecer 4 tópicos fundamentais. São eles: tamanho da amostra, o número de amostras, a frequência de amostragem e os limites de controlo.

2.3.6.1. TAMANHO DA AMOSTRA

Em aplicações industriais o tamanho da amostra tem que ser pequeno por duas razões fundamentais: a primeira, amostra tem que ser colectada dentro de intervalo de tempo razoável, pois o processo, devido a causas externas e internas, pode modificar-se, a segunda causa está relaciona-se com o tamanho da amostra, visto que, quanto maior o tamanho da amostra for, mais será o custo da recolha.

2.3.6.2. NÚMERO DE AMOSTRAS

Uma vez configurada a carta, cada amostra retirada pode ser comparada no gráfico e uma decisão pode ser tomada sobre se o processo é aceitável ou não. Para configurar as cartas, 50 é o número ideal de amostras [9].

2.3.6.3. FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM

A frequência de amostragem está relacionada com o custo de amostragem e o benefício em prol do sistema.

Geralmente, é melhor iniciar com amostragens frequentes num processo e depois, quando o processo estabiliza, diminuir o número de amostragens.

2.3.6.4. LIMITES DE CONTROLO

Como foi dito anteriormente, os limites de controlo são configurados em três desvios padrão acima da média e três desvios padrão abaixo, isto significa, que 99,7% das médias das amostras têm que estar dentro dos limites de controlo, se isso não acontecer significa que o processo está fora de controlo.

2.3.7. CAPACIDADE DO PROCESSO

2.3.7.1. ÍNDICE DE CAPACIDADE (VARIÁVEIS)

Quando o histograma do processo apresenta a forma de uma distribuição normal, quando é mais fácil a utilização dos métodos estatísticos, e o processo estiver em controlo estatístico é possível avaliar a capacidade do processo através dos índices de capacidade.

Índices de capacidade de processo (c_p e c_{pk}).

Índice de Capacidade do Processo	
Processo com Média \bar{X} e Desvio Padrão σ	Índice de Capacidade do Processo
Geral	$Cp = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$ $Cpk = \min \left[Cp = \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma}, Cp = \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma} \right]$
Superior (USL)	$Cp = \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma}$
Inferior (LSL)	$Cp = \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma}$

Tabela 1 Índice de capacidade do processo [13]

Estes índices indicam a variabilidade de um processo ou máquina, que estão sujeitos, em relação à tolerância dos seus componentes (Tabela 1).

Análise da Capacidade do Processo	
$1.33 \leq C_p$ (ou C_{pk})	Satisfatória
$1.0 \leq C_p$ (ou C_{pk}) < 1.33	Adequada
C_p (ou C_{pk}) < 1.0	Inadequada

Tabela 2 Análise da capacidade do Processo [13]

O índice C_p indica a dispersão inerente ao processo, enquanto o índice C_{pk} indica o ajuste e a dispersão do processo (Tabela 2).

Na Figura 5A, visualizamos um processo que, na média, está a produzir itens dentro dos limites de controlo, mas a variação é tanta que não consegue atender às especificações para todos os itens. A Figura 5B, mostra a redução nesta variabilidade, mas o processo ainda está deficiente. Na Figura 5C, verifica-se que a variabilidade do processo está controlada. Como foi isto conseguido?

Melhorando o desempenho de cada fonte de variação: operadores, máquinas, ferramentas, *setup*, material, e o meio ambiente.

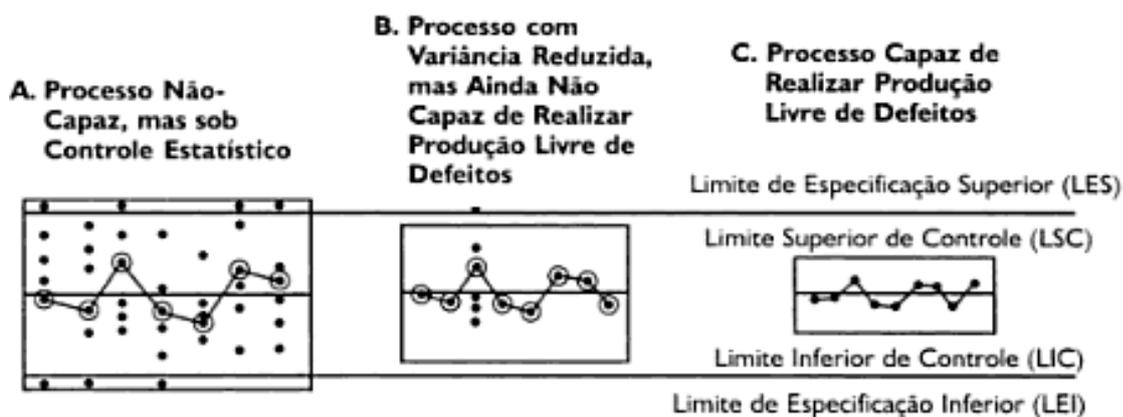


Figura 5 Redução da Variância do Processo [3]

2.4. ÍNDICES DE CAPACIDADE PARA DISTRIBUIÇÕES NÃO NORMAIS

Muitas empresas, pelo desconhecimento dos métodos de análise da capacidade de processos não normais, assumem que o seu processo fornece dados que são normalmente distribuídos e fazem uso dos índices de capacidade (Tabela 1), para analisar a capacidade do processo. Este tipo de prática pode gerar interpretações erradas sobre a capacidade de processo, já que os índices de capacidade supõem normalidade. Para demonstrar os erros, provocados por esta interpretação errônea, *Pearn e Chen*, em 1997, consideram três processos A, B e C, todos estes processos com distribuição χ (chi) quadrado e com 2 graus de liberdade. Na Figura 6, são ilustradas as distribuições dos três processos, bem como, os respectivos limites de especificação. O processo A apresenta média igual a 30, o processo B, média igual a 37 e o processo C média igual a 44. Todos os processos apresentam o mesmo desvio padrão igual a 2 [15].

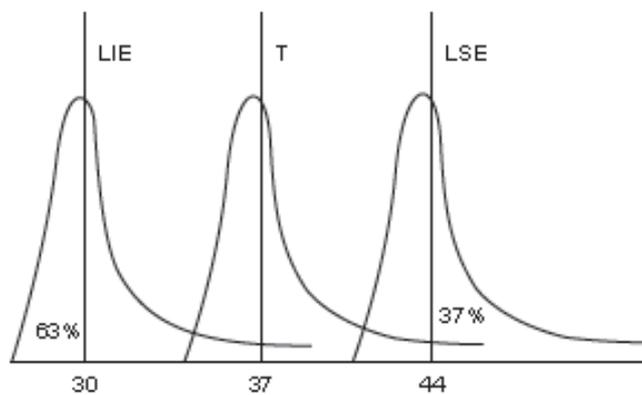


Figura 6 Distribuições dos processos A, B e C [15]

Por observação da Figura 6, nota-se que o processo A tem média igual ao limite inferior de especificação (LIE), a média do processo B é igual ao valor nominal de especificação e que o processo C tem média igual ao limite superior de especificação (LSE). A partir destas informações, o processo B está centrado no valor nominal e os processos A e C apresentam-se distantes do valor nominal.

Processo	C_p	C_{pk}	C_{pm}	C_{pmk}
A	1,17	0,00	0,32	0,00
B	1,17	1,17	1,17	1,17
C	1,17	0,00	0,32	0,00

Adaptado de Somerville e Montgomery (1996-1997).

Tabela 3 Índices de capacidade para os processos A, B e C [17]

Calculando os índices de capacidade, para cada um dos processos, e supondo normalidade dos processos, como podemos ver na Tabela 3, o índice de capacidade C_p é igual aos três processos, bem como, o índice de capacidade C_{pk} para o processo B, porque este processo apresenta distribuição normal com média de 37 e desvio padrão semelhante ao C_p [16].

Somerville e Montgomery, em 1996-1997, fizeram um estudo para verificar os efeitos da falta de normalidade para dados no cálculo do número de produtos não conformes produzidos pelo processo em quatro distribuições não normais: *t-student*, *gamma*, *lognormal* e *Weibull*. Neste estudo, diversos valores de C_{pk} foram usados para estimar o número de itens não conformes, em partes por milhão (ppm), considerando que o processo seguia uma distribuição normal. Com isto, *Somerville e Montgomery*, em 1996-1997, verificaram que pequenos afastamentos de uma curva em relação à normal produziam erros de estimação do número de não conformes. As tabelas 4 e 5 apresentam os resultados obtidos pelo estudo [17].

Valor C_{pk}	t-Student		Gamma ($\beta = 1$)		Lognormal ($\alpha = 1$)		Weibull ($\beta = 1$)	
	5 σ	20 σ	$\alpha = 1,5$	$\alpha = 3$	$\beta = 0,25$	$\beta = 1$	$\alpha = 1$	$\alpha = 3$
0,67	1906	1164	25396	21440	15788	14224	27037	2801
1,00	4512	1100	14475	10446	7063	16698	16966	148
1,33	1755	180	5063	2905	1668	9831	6706	-5
1,67	664	18	1617	696	332	5833	2478	-0,17
2,00	287	2	508	159	65	3658	912	-0,0009

Nas distribuições Gamma e Weibull, α é parâmetro de forma e β é de escala, e na distribuição Lognormal é o contrário. Adaptado de Somerville e Montgomery (1996-1997).

Tabela 4 Comparação das distribuições [17]

Valor C_{pk}	t-Student		Gamma ($\beta = 1$)		Lognormal		Weibull ($\beta = 1$)	
	5 gl	20 gl	$\alpha = 1,5$	$\alpha = 3$	$\beta = 0,25$	$\beta = 1$	$\alpha = 1$	$\alpha = 3$
0,67	-	-	0,55	0,57	0,59	0,60	0,55	0,65
1,00	-	-	0,72	0,75	0,80	0,70	0,70	0,99
1,33	-	-	0,86	0,92	0,98	0,78	0,82	1,35
1,67	0,97	1,17	0,98	1,07	1,13	0,84	0,94	1,72
2,00	-	-	1,10	1,20	1,28	0,89	1,04	2,12

Adaptado de Somerville e Montgomery (1996-1997).

Tabela 5 Resultado do estudo [17]

A Tabela 4, indica, de uma forma geral, quanto maior a capacidade do processo, menor é o erro absoluto cometido na estimação do número de itens não conformes. Em relação às distribuições estudadas, no caso da distribuição *t-student*, o erro torna-se menor quanto maior o número de graus de liberdade. Para a distribuição *gamma*, fixado o parâmetro β , quanto maior o valor de α , mais simétrica a distribuição se torna, o que iria diminuir o erro na estimação do número de não conformes. Para a distribuição *lognormal*, a assimetria aumenta com o aumento do parâmetro β , aumentando assim o valor do erro na estimação de não conformes. Para a distribuição *Weibull*, com um $\beta=1$, quanto maior o valor de α , mais próxima ela fica da distribuição normal, porém quando $\alpha > 3$, a área sob a cauda na distribuição *Weibull* é menor que a cauda da distribuição normal.

Somerville e Montgomery, em 1996-1997, calcularam o valor equivalente de C_{pk} da distribuição normal, para comparar com os itens não conformes das quatro distribuições apresentadas. A Tabela 5 mostra os valores obtidos quando se supõe normalidade. A capacidade do processo é estimada para as quatro distribuições anteriores, com exceção da distribuição de *Weibull*, que apresenta uma área sob a cauda menor que a da distribuição normal quando o parâmetro $\alpha = 3$, para processos capazes. De acordo com o que foi dito anteriormente, *Somerville e Montgomery*, em 1996-1997, exemplificaram como a suposição de normalidade, produz conclusões erradas no número de não conforme [17].

Para o cálculo da capacidade de distribuições não normais podem-se utilizar duas possibilidades [16].

- Transformações Box-Cox ou de Johnson;
- Métodos Clements, Pearn-Chen e Chen-Ding.

A escolha do tipo de transformação não é uma tarefa fácil, pois matematicamente, existem inúmeras possibilidades e apenas o método de tentativa e erro nem sempre é o mais recomendado. Uma transformação matemática, por muito fácil que seja, nem sempre produz os resultados esperados. A transformação linear, por exemplo, altera a escala da distribuição, mas não altera a sua forma.

2.4.1. TRANSFORMAÇÃO BOX-COX

Uma forma eficiente para normalizar os dados não normais é através da utilização das transformações matemáticas.

Box e Cox, em 1964, realizaram um estudo detalhado na análise de dados, com ênfase na transformações de variáveis dependentes, onde a ideia principal era dedicar atenção a transformações indexadas por um parâmetro λ desconhecido e a partir de então estimar os outros parâmetros do modelo. Deste estudo resultou a definição da transformação exponencial da variável y para $y^{(\lambda)}$ (Equação 1) [18].

$$y^{(\lambda)} = \begin{cases} \frac{y^\lambda - 1}{\lambda} & (\lambda \neq 0) \\ \ln y & (\lambda = 0) \end{cases}$$

Equação 1 - Definição da Transformação exponencial de Box - Cox [18]

Onde:

$y^{(\lambda)}$ – Variável dependente após transformação;

y – Variável dependente antes da transformação;

λ – Parâmetro que define a transformação;

De acordo com *Box e Cox*, em 1964, esta transformação é definida para variáveis cujo y toma valores positivos, isto é, $y > 0$ e o parâmetro λ , é o elemento que define a transformação específica. Como a análise da variância não é afectada por uma transformação linear, a Equação 1 pode ser simplificada para a seguinte forma [18]:

$$y^{(\lambda)} = \begin{cases} y^\lambda & (\lambda \neq 0) \\ \ln y & (\lambda = 0) \end{cases}$$

Equação 2 – Equação simplificada de Box - Cox [18]

Por outras palavras, a transformação de Box – Cox indica o valor do parâmetro λ que minimiza o erro quadrático (e conseqüentemente o desvio-padrão) da variável transformada, sendo a transformação resultante igual a $y^{(\lambda)}$ quando λ é diferente de zero e $\ln y$ quando λ é igual a zero.

Segundo *Yeo e Johnson*, em 2000, a transformação de Box – Cox é o maior passo para a determinação da transformação de dados. Como visto anteriormente, a transformação Box – Cox é válida apenas para valores positivos de y , havendo espaço para algum tipo de melhoria. Embora seja possível efectuar uma troca de parâmetros, em caso de valores negativos para a utilização da transformação de Box - Cox, existe o inconveniente de tal acção afectar a teoria que suporta a definição do intervalo de confiança λ [19].

Yeo e Johnson, em 2000, utilizaram a “falha” da transformação de Box – Cox, para criar uma nova família de transformação de dados, que válida tanto para valores positivos como para valores negativos da variável y (Equação 3) [19].

$$\Psi^{(\lambda, x)} = \begin{cases} \{(x + 1)^\lambda - 1\} / \lambda & (x \geq 0, \lambda \neq 0) \\ \log(x + 1) & (x \geq 0, \lambda = 0) \\ -\{(-x + 1)^{2-\lambda} - 1\} / 2 - \lambda & (x < 0, \lambda \neq 2) \\ -\log(-x + 1) & (x < 0, \lambda = 2) \end{cases}$$

Equação 3 – Equação Idealizada por Yeo e Johnson [19]

2.4.2. TRANSFORMAÇÃO DE JOHNSON

Outro método que pode ser utilizado para transformar dados não normais em dados normais é a transformação de Johnson. Esta transformação foi desenvolvida em 1949 por Norman L. Johnson. Esta transformação consiste em converter a variável x para a distribuição normal padronizada. A transformação inclui três famílias de distribuição:

- Família S_B (onde o índice B provém de *bounded* ou limitado);

- Família S_L (onde o índice L significa *Lognormal*);
- Família S_U (onde o índice U provem de *unbounded* ou ilimitado);

Segundo *Johnson*, em 1949, a transformação é definida por uma das três fórmulas a partir da determinação dos parâmetros γ , ϵ , η e λ . As três fórmulas de transformação da transformada de Johnson são mostradas na Tabela 6 [21].

FAMÍLIA	TRANSFORMAÇÃO	PARÂMETROS
S_B	$\gamma + \eta \cdot \ln \left[\frac{x - \epsilon}{\lambda + \epsilon - x} \right]$	$\eta, \lambda > 0,$ $-\infty < \gamma < \infty$ $-\infty < \epsilon < \infty$ $\epsilon < x < \epsilon + \lambda$
S_L	$\gamma + \eta \cdot \ln(x - \epsilon)$	$\eta > 0,$ $-\infty < \gamma < \infty$ $-\infty < \epsilon < \infty$ $\epsilon < x$
S_U	$\gamma + \eta \cdot \text{Sinh}^{-1} \left[\frac{x - \epsilon}{\lambda} \right]$	$\eta, \lambda > 0,$ $-\infty < \gamma < \infty$ $-\infty < \epsilon < \infty$ $\epsilon < x < \epsilon + \lambda$

Tabela 6 Três fórmulas de transformação da transformada de Johnson [21]

2.4.3. MÉTODO DE CLEMENTS

Clements, em 1989, propôs um método simples de cálculo dos índices C_p e C_{pk} para qualquer tipo de distribuição dos dados de interesse, usando a família de curvas de *Pearson*. Essa família de curvas foi publicada em 1893, pelo matemático *Karl Pearson*, e inclui diversas distribuições, entre elas, a *lognormal*, a *t-student* a beta e a gamma [22].

O índice C'_p de *Clements* é definido pela Equação 4.

$$C'_p = \frac{LSE - LIE}{F_{99,865} - F_{0,135}}$$

Equação 4 – Índice de capacidade de Clements [22]

onde:

LSE – Limite Superior de Especificação;

LIE – Limite Inferior de Especificação;

F_α – Percentil na posição α -ésima do processo.

Mas como o índice C'_p considera apenas a dispersão do processo e não leva em conta a sua posição em relação aos limites de especificação, podem levar a uma interpretação errada da capacidade do processo. Tendo em conta a posição do processo, tem-se o índice C'_{pk} de *Clements*, que é definido como o mínimo de dois índices, C'_{pl} e C'_{ps} , definidos pela Equação 5.

$$C'_{pl} = \frac{M - LIE}{M - F_{0,135}}$$
$$C'_{ps} = \frac{LSE - M}{F_{99,865} - M}$$

Equação 5 – Índices C'_{pl} e C'_{ps} de Clements [22]

onde:

M – Mediana do processo;

LSE – Limite superior de especificação;

LIE – Limite inferior de especificação;

F_α – Percentil na posição α -ésima do processo.

Para garantir que C'_{pl} e C'_{ps} venham a medir a relação de cada metade da distribuição, tanto inferior como superior, com as respectivas especificações, utiliza-se a mediana como medida de tendência central.

Quando a distribuição dos dados é normal, a distância entre a mediana e cada um dos limites de especificação é igual a 3σ . Com isso, os índices de capacidade C'_p e C'_{pk} de *Clements* são equivalentes aos índices de capacidade para distribuições normais.

2.4.4. MÉTODO DE PEARN – CHEN

Pearn e Chen, em 1997, propuseram uma generalização da fórmula única para distribuições normais (Equação 6), chamada de $C_{NP}(u,v)$ que atende a casos em que a suposição de normalidade não seja verificada [15].

$$C_p(u, v) = \frac{d - u|\mu - m|}{3\sqrt{\sigma^2 + v(u - T)^2}}$$

$$C_{NP}(u, v) = \frac{d - u|M - m|}{3\sqrt{\left[\frac{F_{99,865} - F_{0,135}}{6}\right]^2 + v(M - T)^2}}$$

Equação 6 – Generalização da fórmula única para distribuições normais [15]

Onde:

F_α – Percentil na posição α -ésima do processo;

M – Mediana da distribuição;

$d = \frac{(LSE - LIE)}{2}$ é metade do comprimento do intervalo de especificação;

$m = \frac{(LSE + LIE)}{2}$ é o ponto médio entre os limites de especificação.

Para desenvolver essa generalização, *Pearn e Chen* substituíram o desvio-padrão σ de $C_p(u, v)$ por $\frac{F_{99,865} - F_{0,135}}{6}$ em $C_{NP}(u, v)$, pois assim é mantida a ideia de medir a variabilidade inerente ao processo. Outra substituição feita foi da média μ em $C_p(u, v)$ pela mediana M em $C_{NP}(u, v)$, já que a mediana é uma medida mais robusta para a tendência central que a média quando existe uma distribuição assimétrica, especialmente se essa distribuição tiver caudas longas.

2.4.5. MÉTODO DE CHENG E DING

A proposta de *Cheng e Ding*, em 2001, denominada S_{pmk} , atende a qualquer distribuição de dados, e considera no seu cálculo a variabilidade do processo, a distância da média do processo em relação ao valor nominal e a proporção de não conformes [23]. Esse índice é dado pela Equação 7.

$$S_{pmk} = \frac{\Phi^{-1}\left(\frac{1+F(LSE)-F(LIE)}{2}\right)}{3\sqrt{1+\left(\frac{\mu-T}{\sigma}\right)^2}}$$

Equação 7 – Índice de Chen e Ding [23]

onde:

F(x) – Função da distribuição acumulada do processo;

M – Media do processo;

σ – Desvio padrão do processo;

T – Valor nominal de especificação;

LIE – Limite Inferior de Especificação;

LSE – Limite Superior de Especificação.

A proporção de não conformes, P, pode ser estimada a partir de S_{pmk} , e é dada pela Equação 8.

$$P = 2 \times \left[1 - \Phi \left(3S_{pmk} \sqrt{1 + \left(\frac{\mu - T}{\sigma} \right)^2} \right) \right]$$

Equação 8 – Índice de não conformidade de Chen e Ding [23]

2.4.6. COMPARAÇÃO DOS TRÊS MÉTODOS ESTUDADOS

Os métodos propostos por *Clements e Pearn e Chen* baseiam-se em medidas de percentil para obter os índices de capacidade. A proposta destes dois métodos é semelhante, sendo que a única diferença está no cálculo dos índices C'_{pk} e C'_{pmk} , respectivamente. O denominador na equação do índice C'_{pk} , avalia a distância entre a mediana e o percentil (superior ou inferior), já no método de Pearn e Chen, considera-se a metade da distância entre os percentis superior e inferior. O terceiro método proposto por *Chen e Ding*, elabora o índice S_{pmk} que atende qualquer distribuição de dados, além de considerar a variabilidade

do processo, a distância entre a média e o valor nominal e a proporção de itens não conformes (Tabela 7) [25].

Índices de Clements	Índices de Pearn e Chen	Índice de Chen e Ding
$C'_p = \frac{LSE - LIE}{F_{99,865} - F_{0,135}}$	$C_{Np} = \frac{LSE - LIE}{F_{99,865} - F_{0,135}}$	$S_{pk} = \frac{\Phi^{-1}\left(\frac{1+F(LSE)-F(LIE)}{2}\right)}{3\sqrt{1+\left(\frac{\mu-T}{\sigma}\right)^2}}$
$C'_{pk} = \min\left(\frac{LSE-M}{F_{99,865}-M}, \frac{M-LIE}{M-F_{0,135}}\right)$	$C_{Npk} = \min\left(\left[\frac{LSE-M}{F_{99,865}-F_{0,135}}\right], \left[\frac{M-LIE}{F_{99,865}-F_{0,135}}\right]\right)$	

Tabela 7 Comparação dos três métodos estudados [25]

2.5. AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS DE MEDIÇÃO

2.5.1. O NASCIMENTO DA METROLOGIA

O Homem e a Metrologia dependem mutuamente desde tempos imemoriais. Mas de uma certa forma de metrologia pode considerar-se ser mais antiga que o próprio homem.

Todas as medições estão sujeitas a erros e incertezas, isto é, os animais aumentam o seu porte, em situações de conflito, quer eriçando os pêlos ou as penas, quer erguendo-se, tudo isto para o adversário possa medir, a olho é certo, todo o tamanho do rival.

Medir de facto, consciente e intencionalmente, terá sido já uma actividade humanóide, recorrendo a instrumentos também rudimentares – uma vara, uma pedra ou uma qualquer parte do corpo – mas sempre procurando comparar com uma dimensão que serve de referência.

Mas para medir – comparando - torna-se necessário definir unidades, criar padrão, comparar instrumentos de medição com o padrão.

A Metrologia moderna tem como principal objectivo garantir que se medem valores de determinadas grandezas que são reprodutíveis e que são semelhantes internacionalmente, através do sistema internacional de medidas [26].

2.5.2. A METROLOGIA EM PORTUGAL

A metrologia, em Portugal, como no resto da Europa, evoluiu lentamente, desde uma situação de extrema diversidade, na idade média, até à actual uniformidade, resultante do sistema internacional de unidades.

A história da metrologia em Portugal dividiu-se em três grandes épocas:

- Idade média, período caracterizado por uma grande diversidade metrológica;
- Época moderna, período em que todo o reino devia utilizar os padrões metrológicos de Lisboa, conforme determinado pelo rei da altura, Dom Manuel I;
- Época contemporânea, marcada pela implantação progressiva do sistema métrico decimal.

2.6. RASTREABILIDADE

Uma cadeia de rastreabilidade é um conjunto ininterrupto de comparações que asseguram que o resultado duma medição, ou o valor de um padrão, se relaciona com as referências de nível mais elevado, terminando no nível final do padrão primário.

Convém, alertar que existem duas definições de rastreabilidade:

- Uma, adoptada no contexto da Qualidade;
- Outra, adoptada no contexto da Metrologia (rastreabilidade metrológica).

No contexto da Qualidade, a Rastreabilidade está associada a uma capacidade genérica de seguir a história, aplicação ou localização do que estiver a ser considerado. Como exemplo, podemos referir que, no caso de um produto, a rastreabilidade pode relacionar-se:

- A origem dos materiais e componentes;

- O historial do processamento;
- A distribuição e localização do produto após entrega.

A Rastreabilidade Metrológica é a propriedade de um resultado de medição através da qual o resultado pode ser relacionado a uma referência por intermédio de uma cadeia ininterrupta e documentada de calibrações, cada uma contribuindo para a incerteza de medição.

2.6.1. CALIBRAÇÃO

A calibração, segundo o *VIM* (Vocabulário Internacional da Metrologia), é uma operação que, em condições especificadas, estabelece a relação entre os valores da grandeza com incertezas de medição provenientes de padrões e as indicações correspondentes com incertezas de medição associadas. Num segundo passo, usa essa informação para estabelecer uma relação para obter o resultado de medição de uma indicação.

A calibração dos instrumentos de medição é uma ferramenta básica para assegurar a rastreabilidade de uma medição.

A calibração envolve a determinação das características metrológicas de um instrumento, sendo conseguida através de uma comparação directa com um padrão.

A uma calibração corresponde a emissão de um certificado de calibração e a colocação de uma etiqueta. Baseado nesta informação um utilizador pode decidir se o instrumento é adequado à aplicação em causa.

Existem três razões principais para se utilizarem instrumentos calibrados:

- Assegurar que as leituras de um instrumento são consistentes com outras medições;
- Determinar a exactidão das leituras do instrumento e sua fidelidade;
- Estabelecer a viabilidade do instrumento, isto é, se pode confiar nele.

Através da calibração é possível:

- Atribuir os valores das mensuradas às indicações;

- Determinação das correções relativas às indicações;
- Determinar outras propriedades metrológicas tais como o efeito das grandezas de influência.

2.6.2. PADRÃO

Um padrão de medição pode ser um artefacto, um instrumento de medição, um material de referência ou um sistema de medição destinado a definir, realizar, conservar ou reproduzir uma unidade ou um ou mais valores de uma grandeza para servir de referência

Nos níveis superiores da cadeia de rastreabilidade, são utilizadas as medidas materializadas como os blocos – padrão, sendo a rastreabilidade assegurada usando um interferómetro óptico para determinar o comprimento dos blocos – padrão, e tendo como referência o comprimento de onda da radiação laser.

3. MELHORIA DO PROCESSO

Este capítulo faz uma descrição do processo de fabrico, bem como, a metodologia adoptada para a realização do objectivo proposto.

3.1. DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE FABRICO

A Panike S.A é a maior empresa Portuguesa especializada no fabrico e comercialização de produtos de Padaria e Pastelaria ultracongelados. Fundada em 1986, a Empresa aliou uma experiência de 20 anos no sector das massas congeladas à tecnologia avançada de produção.

Com uma área produtiva superior a 20000 m², capacidade logística própria com cobertura total do País, e mais de 11000 clientes em Portugal.

Devido a questões de natureza metodológica e dado não ser possível analisar todo o processo em simultâneo, optamos por iniciar o estudo na dosagem de matérias-primas, particularizando o estudo na doseadora automática. Desta forma constitui-se como objectivo fundamental do trabalho desenvolver um método de análise estatística deste equipamento, no sentido de conhecer a sua variação e capacidade em cumprir as especificações.

Metodologia adoptada

- Mapeamento do processo de fabrico;
- Identificação dos principais problemas;
- Selecção do problema;
- Estudo e implementação da solução;
- Resultados e Conclusões.

3.2. MAPEAMENTO DO PROCESSO DE FABRICO

3.2.1. O LAYOUT PRODUTIVO

A Panike S.A. possui um vasto portfólio de produtos. Sendo a lista dos produtos extensa, serão apenas analisados os principais produtos da unidade fabril onde foi realizada a tese/dissertação.

Dos principais produtos destacam-se os seguintes:

- Pão Saloio Fatiado, Pão Fatiado, Pão com Chouriço. Maxi Baguette, Meia Baguette, Mini Cacetinho, Pão Rústico 90g, Pão Bijou e Bola Rústica.

O processo é composto por 4 linhas de produção de padaria, três linhas automáticas e uma manual (linha automática de Baguettes, linha automática de pães rústicos, linha automática de bolas e uma linha manual para produtos que exigem elevada intervenção humana).

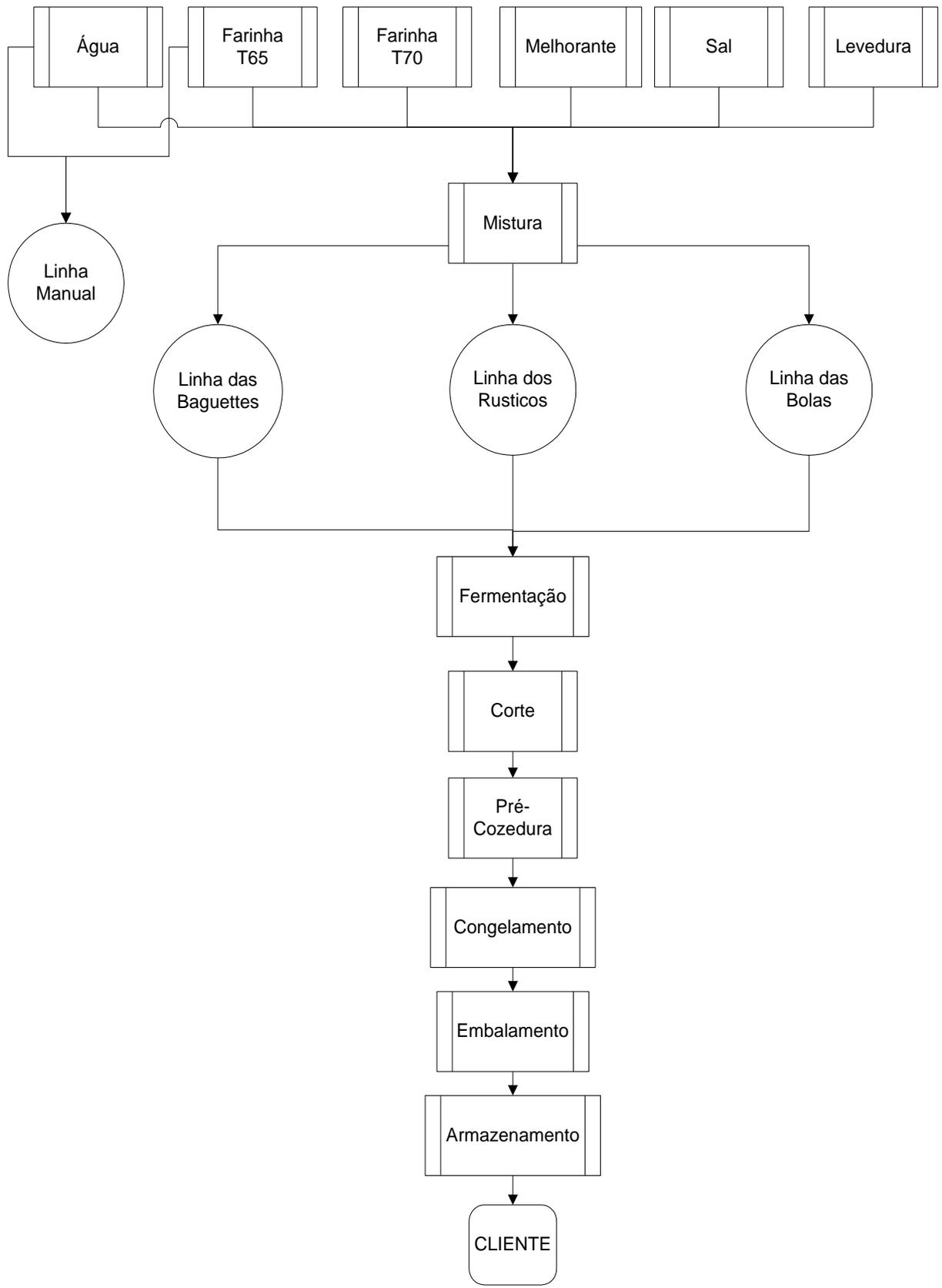


Figura 7 Fluxograma do Processo

Das três linhas automáticas, só funciona uma de cada vez, visto que as três linhas convergem na câmara de fermentação, isto é, só permite fazer um tipo de produto de cada vez (Figura 7). Na linha manual, isto não acontece, permitindo fazer dois produtos de cada vez.

O processo numa empresa de panificação baseia-se em 8 etapas: mistura, moldagem, fermentação, corte, pré-cozedura, congelamento, embalagem e armazenamento.

A única etapa que não é comum às outras é a moldagem, visto que para produtos específicos temos que mudar de linha de produção (por exemplo, produtos rústicos numa linha de produção, baguettes noutra linha de produção).

MISTURA

Os ingredientes das receitas são pesados individualmente por balanças, sendo que este processo é todo automatizado. Depois de os ingredientes estarem pesados, são doseados para tinas de tamanho industrial para serem amassados.

Esta é uma das etapas mais importantes do processo, visto que estamos a falar de linhas contínuas de produção, dado que tem repercussões nas outras etapas (é nesta etapa que incidimos o estudo, visto que todos os produtos necessitam de um mistura exacta de matérias primas).

MOLDAGEM

Nesta etapa, o produto é moldado de acordo com as especificações do mercado.

Nesta etapa é feito um controlo do produto, na qual, se controla o comprimento, o peso, e a forma.

FERMENTAÇÃO

Etapa para a qual o produto se encontra em descanso, onde fermenta e onde é preparado para a cozedura, normalmente é a etapa mais longa do processo.

O produto está na câmara de fermentação, com temperatura e humidade de acordo com o respectivo programa.

Para cada produto existe um programa específico.

CORTE

Etapa que o produto pode passar ou não. Nesta etapa, o produto pode levar cortes de acordo com as especificações do mercado.

PRÉ-COZEDURA

Etapa onde o produto ganha a textura e forma final. Esta etapa utiliza altas temperaturas. O produto nesta etapa é pré-cozido – ganha estrutura de um produto cozido, mas sem ganhar cor, a cor só é dada na cozedura final em casa do cliente. A cor no pão acontece devido a uma reacção, denominada de Reacção de *Maillard*. É uma reacção que ocorre entre os aminoácidos ou proteínas e os açúcares (carboidratos). Quando o alimento é aquecido (cozido) o grupo *carbonita* do *carboidrato* interage com o grupo *amino* do aminoácido ou proteína, e após várias etapas produz as *melanoidinas* que dão a cor e o aspecto característicos dos alimentos cozidos ou assados.

CONGELAMENTO

Etapa final de transformação do produto. É nesta etapa que o produto congela a baixas temperaturas e depois de congelado é embalado.

De notar que à saída do congelador é novamente feito um controlo ao produto.

EMBALAMENTO

Etapa onde o produto é embalado em caixas de cartão com as especificações que o cliente pretende.

ARMAZENAMENTO

Etapa onde o produto é guardado no armazém, a temperaturas baixas, para manter o estado congelado.

3.3. IDENTIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO A ANALISAR

A escolha da doseadora automática, está ligada ao facto de ser a primeira etapa do processo, e como é um processo contínuo, se tivermos uma dosagem fora das especificações, afecta o produto logo de início, aumentando assim o número de produtos não conformes.

3.4. PLANIFICAÇÃO DO PROCESSO DE ANÁLISE DO EQUIPAMENTO

A planificação do processo de análise baseia-se em 3 etapas principais: calibração das massas utilizadas, calibração da balança e recolha das amostras para análise da capacidade do equipamento.

3.4.1. CALIBRAÇÃO DAS MASSAS UTILIZADAS

O procedimento de calibração deverá basear-se no método por comparação ou pesagem directa, usando um comparador ou uma balança com características adequadas, e pesos devidamente calibrados, e ainda [27]:

- Deverão estar escritos os cuidados a ter e operações a efectuar antes, durante e após a execução das pesagens, nomeadamente quanto a condições ambientais a respeitar, estabilização e funcionamento dos comparadores e balanças, e limpeza e manuseamento dos pesos.
- Deverão existir estudos relativos ao comportamento e características metrológicas dos comparadores e balanças usadas, nomeadamente a sua Repetibilidade e Linearidade.
- Deverão existir estudos relativos à estabilidade das características metrológicas dos pesos de referência e trabalho usados.

3.4.1.1. CALIBRAÇÃO DE PESOS E MEDIDAS MATERIALIZADAS DE MASSA

Para efectuar este ponto, foi necessário pedir ao laboratório de Qualidade da empresa, massas padrão. As massas padrão facultadas pelo laboratório foram as seguintes: 200 g, 1000 g e 2000 g, sem certificado de calibração. Posto isto, nem para o ensaio prévio da balança dava, visto que o ensaio prévio da balança utiliza 1/4 do valor máximo admissível da balança [27] (Máximo admissível da balança – 20 kg).

Foram facultadas 4 peças torneadas para terem a massa de 7500 g. Visto que estas peças não são massas padrão, foi necessário fazer os testes necessários para o uso das mesmas.

A massa de 7500 g foi calibrada, num laboratório acreditado, no qual se utilizou a balança Mettler modelo PE 11.

ENSAIO PREVIO

Padrão		Leitura no equipamento (g)	Erro de indicação (g)
Massa convencional (g)	Nº de Série		
4999,992	G003537	4999,9	-0,1
11000,015	G002794/22229010	11000,8	0,8

"Foi efectuado um ensaio prévio (indicado na tabela), tendo em seguida sido efectuada a regulação do instrumento de pesagem segundo as instruções do fabricante."

Tabela 8 Ensaio Prévio da balança Metler Modelo PE 11

A Tabela 8 ilustra o ensaio prévio que a balança Metler Modelo PE 11 foi sujeita [27]. Este ensaio prévio, consiste em comparar o valor da massa convencional com o valor lido no equipamento, isto é, para uma massa convencional de 11000,015 g o valor lido na balança é de 11000,8 g, portanto existe, para esta massa, um desvio de 0,8 g.

Este ensaio prévio é feito para ver em que estado se encontra a balança.

ENSAIO DE EXACTIDAO

Padrão		Leitura no equipamento (g)	Erro Indicação (g)	Incerteza (g)	k	vef
Massa convencional (g)	Nº de Série					
0	---	0,0	0,0	± 0,1	2,00	INFINITO
10,00000	G002794	10,0	0,0	± 0,1	2,00	> 1000
999,99906	G002794	1000,0	0,0	± 0,1	2,00	> 1000
4000,004	24229687/24229219	4000,0	0,0	± 0,1	2,00	> 1000
6999,995	G003535/7	7000,1	0,1	± 0,1	2,04	69
11000,015	G002794/22229010	11000,4	0,4	± 0,1	2,04	60

Tabela 9 Ensaio de Exactidão da balança Metler Modelo PE 11

k – Factor de expressão (Ideal $k=2$);

vef – Indicador de quanto a distribuição *t-student* se aproxima da distribuição normal (Ideal = Infinito).

A Tabela 9 ilustra o ensaio de exactidão que a balança Metler Modelo PE 11, foi sujeita. Utilização de 5 massas convencionais, para verificar a incerteza e o desvio de indicação da balança [27]. Para as últimas massas, 6999,995 g e 11000,015 g, respectivamente, existe

um desvio entre o valor lido no equipamento e a massa convencional. No primeiro caso de 0,1 g e 0,4 g no segundo caso, o parâmetro k é praticamente igual a 2 enquanto o vef tem valor 69 e 60, respectivamente. O valor 60 do vef é o valor mínimo para a aproximação da distribuição *t-student* à distribuição normal. Posto isto, a balança Metler Modelo PE 11, para qualquer massa convencional dentro da gama de trabalho, teve resultados satisfatórios.

ENSAIO DE EXCENTRICIDADE

Padrão		Leitura no equipamento (g)	POSIÇÃO
Massa convencional (g)	Nº de Série		
3000,002	G002794/24229687	3000,0	CENTRO
		2999,9	ESQUERDA SUPERIOR
		2999,9	DIREITA SUPERIOR
		3000,1	DIREITA INFERIOR
		3000,2	ESQUERDA INFERIOR

Excentricidade máxima: 0,2 g

Figura 8 Ensaio de Excentricidade da balança Metler Modelo PE 11

Neste ensaio foi colocada uma massa convencional em várias posições da balança. Este ensaio serve para verificar qual a excentricidade nas várias posições da balança (Figura 8).

A excentricidade máxima relaciona-se com a maior diferença entre a leitura do equipamento e a massa convencional em várias posições da balança. Este valor é máximo na posição esquerda inferior na ordem dos 0,2 g. Mesmo para esta diferença, a balança Metler Modelo PE 11, teve um resultado satisfatório neste teste.

Fonte: Certificado de calibração nº 20094001631/10 de 2009-12-23, da balança Mettler modelo PE 11 com um alcance de 11000 g e resolução de 0,1 g.

A massa 7500 g foi calibrada de acordo com o documento “ Guia para a Acreditação da Metrologia de Massa” [27].

Massa de 7500 g			Diferença entre as massas
Numero	Massa Convencional	Leitura	
1	Padrão	0	
	Peso	+ 52,40	
	Peso	+ 52,50	
	Padrão	0	+ 52,40
2	Padrão	0	
	Peso	+ 52,40	
	Peso	+ 52,40	
	Padrão	0	+ 52,40
3	Padrão	0	
	Peso	+ 52,40	
	Peso	+ 52,40	
	Padrão	0	+ 52,40
Media			52,40
Pior Desvio			52,50
Incerteza			0,10

Tabela 10 Esquema ABBA

Neste ensaio foram feitas 3 repetições do esquema ABBA. A letra A representa a massa convencional padrão de 7500g, enquanto a letra B representa a massa a calibrar. Como podemos ver na Tabela 10, o desvio entre a massa a calibrar e massa convencional de 7500 g é de 52,40 g, isto significa, que o valor da massa calibrada tem o valor de 7552,40 g e não 7500 g.

Massa de 7500 g				
Grandeza	Estimativa	Incerteza padrão (g)	Coefficiente de sensibilidade	Contribuição para a incerteza padrão (g ²)
m_s	7500,10	0,00575	1,0	0,00575
δm_D	0,00	0,00895	1,0	0,00895
δm	52,40	0,00000	1,0	0,00000
δm_c	0,00	0,00433	1,0	0,00433
δB	0,00	0,00433	1,0	0,00433
m_x	7552,50			0,01470
$U = k \times u$				0,02940

Tabela 11 Calibração da massa de 7500 g

A Tabela 11 foi realizada de acordo com a norma EA 4/02, onde a grandeza m_s representa a massa padrão de 7500 g, facultada pelo CATIM. A grandeza δm_D representa o valor da deriva relativa à última calibração, como esta massa nunca foi calibrada, este valor é zero. A grandeza δm representa a diferença entre a massa padrão e a massa que foi calibrada. As grandezas δm_c e δB representam as correcções de excentricidade e do ar, respectivamente. Estas duas correcções são zero, porque são valores sem significado. A grandeza m_x (massa convencional) é a soma das grandezas anteriores. De acordo com a norma EA 4/02, o coeficiente de sensibilidade é 1 para todas as grandezas. Depois da massa e da incerteza padrão calculada, é necessário multiplicar a incerteza padrão por $k=2$, visto tratar-se de uma distribuição normal, logo o valor da massa de peso calibrada é de $7552,50 \text{ g} \pm 0,03 \text{ g}$. Como se pode observar, o valor que tem mais peso na incerteza final é o valor da incerteza padrão da massa. Se a massa de 7500 g tivesse uma diferença mais pequena relativamente à massa padrão, este valor seria mais reduzido.

3.4.2. METODOLOGIA PARA A CALIBRAÇÃO DA BALANÇA

Ensaio Prévios

Nos instrumentos de pesagem (IP) em que seja possível efectuar a regulação ou auto-regulação deverá proceder-se de acordo com o “ Guia para a acreditação da metrologia de massa “ [27]:

- Em primeiro lugar, deverá ser efectuado um ensaio prévio do erro de indicação do IP, pelo menos num ponto (por defeito a 1/4 Max ou 3/4 Max; Max = alcance máximo do IP);
- Em seguida será efectuada a regulação (com peso(s) externo(s)), ou a;
- Auto-regulação (usando peso(s) interno(s) do IP), conforme aplicável.

O ensaio prévio serve para verificar o estado da balança antes de calibrar.

Ensaio de Exactidão/Repetibilidade

- Deverão ser escolhidas pelo menos 5 cargas, regularmente distribuídas ao longo da gama de trabalho, que cubra o alcance mínimo e máximo. Para cada massa efectuaram-se 5 medições. A calibração deve cobrir toda a gama de trabalho [27].

Ensaio de Excentricidade

- Deve seleccionar-se uma carga aproximadamente 1/3 Max, que deverá ser colocada sucessivamente ao centro do dispositivo receptor da carga e em cada um dos pontos excêntricos escolhidos, de acordo com a OIML R-76 ou EN 45501. A balança tem um máximo de 20 kg [27].

3.4.3. REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS

Ensaio Prévio

Ensaio Prévio		
Valor Nominal (g)	Leitura no equipamento (g)	Erro de Indicação (g)
7552,5	7560	+7,5

Tabela 12 Ensaio prévio da balança

A Tabela 12 mostra o desvio entre o valor lido no equipamento e o valor convencional da massa. É um valor aceitável, visto trata-se de uma massa com valor 7552,5 g.

Ensaio de Exactidão/Repetibilidade

Deverão ser escolhidas pelo menos 5 cargas, regularmente distribuídas ao longo da gama de trabalho, deve cobrir o alcance mínimo e máximo. Das quatro massas 200g, 1kg, 2kg, 7,5 kg, 10,5 kg (7,5+2+1) serão efectuadas 5 medições [27].

Ensaio de Exactidão/Repetibilidade					
Ensaio	200g	1000g	2000g	7560g	10500g
1	260	1040	2040	7600	10580
2	260	1040	2040	7580	10580
3	260	1040	2040	7580	10560
4	260	1040	2040	7580	10560
5	260	1040	2040	7620	10580
Media	260	1040	2040	7592	10572
Desvio Padrão	0,000	0,000	0,000	17,889	10,954
Variância Exp. Média	0,000	0,000	0,000	64,000	24,000

Erro de indicação		
Ensaio	200g	Erro de indicação (g)
1	260	+60
2	260	+60
3	260	+60
4	260	+60
5	260	+60

Erro de indicação		
Ensaio	1000 g	Erro de indicação (g)
1	1040	+40
2	1040	+40
3	1040	+40
4	1040	+40
5	1040	+40

Erro de indicação		
Ensaio	2000g	Erro de indicação (g)
1	2040	+40
2	2040	+40
3	2040	+40
4	2040	+40
5	2040	+40

Erro de indicação		
Ensaio	7560g	Erro de indicação (g)
1	7600	+40
2	7580	+20
3	7580	+20
4	7580	+20
5	7620	+60

Como podemos observar nas tabelas anteriores, o maior dispersão nos desvios de indicação encontra-se na massa de 7560 g. Isto é devido, como já foi dito anteriormente, a ser uma massa torneada para ter 7500 g com a forma circular e de difícil colocação na balança.

Para a função que a balança está programada, é adequada a utilização de pesos na ordem dos Quilogramas, visto que, segundo os dados das tabelas anteriores, os desvios de pesos, são mais acentuados para valores mais pequenos.

Ensaio de Excentricidade

Deve seleccionar-se uma carga aproximadamente $1/3$ Max, que deverá ser colocada sucessivamente ao centro do dispositivo receptor da carga e em cada um dos pontos excêntricos escolhidos, de acordo com a OIML R-76 ou EN 45501 [27].

Excentricidade			
Extremo Esquerdo	Centro cima	Extremo direito	Centro baixo
7600	7560	7620	7520

Excentricidade Máxima: **60 g**

Tabela 13 Tabela de Excentricidade

A Tabela 13 mostra a variação que a balança tem nos pontos excêntricos. De notar a diferença entre os extremos (direito e esquerdo) de 20 g, enquanto a diferença dos centros (cima e baixo) é de 40 g. Estas diferenças podem ser explicadas devido à balança ter 3 células de carga posicionadas sobre a forma de um triângulo recto.

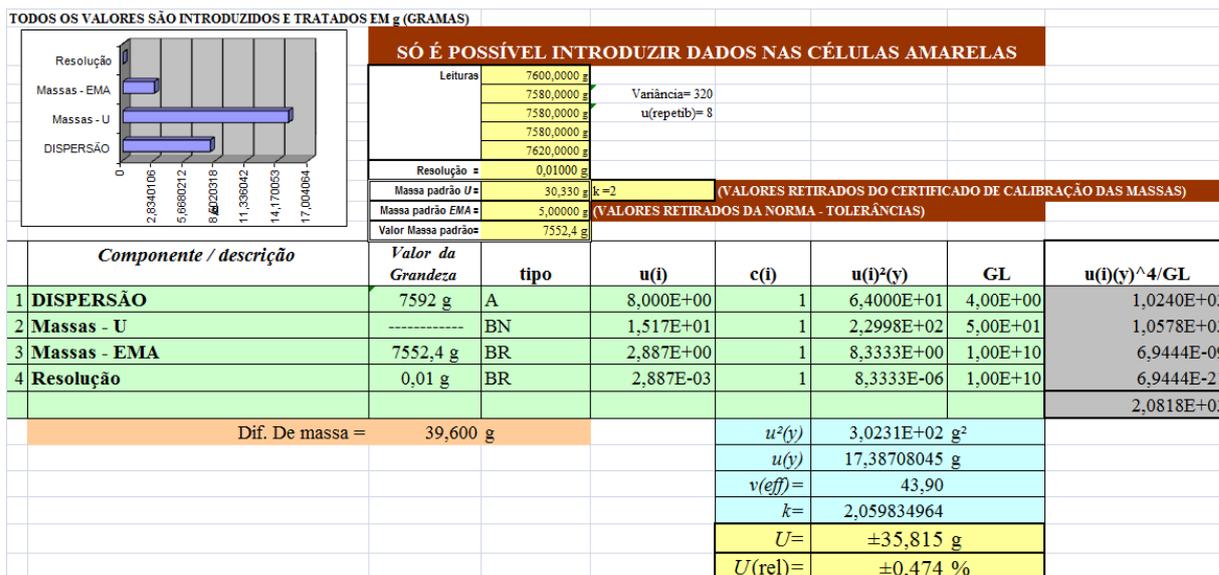


Figura 9 Resultado da Calibração da Balança

Como podemos ver na Figura 9, o erro da calibração da balança é de $\pm 35,815$ g, enquanto a incerteza relativa é de $\pm 0,474$ %.

A massa utilizada para a calibração da balança foi a massa de 7560 g, anteriormente calibrada.

Para a massa de 7560 g, a balança tem um erro de $\pm 35,815$ g, isto é, qualquer pesagem que a balança fizer, é acrescentado / retirado 35,815 g do valor que a balança pesa.

3.4.4. IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO DE ANÁLISE DO EQUIPAMENTO

Depois da recolha das amostras, foram realizados histogramas para comparar as amostras com a distribuição normal.

Das quatro matérias-primas, Farinha T65, Farinha T70, Melhorante e Sal aquelas que mais se aproximam de uma distribuição normal são a Farinha T65 e o Sal (só com uma comparação das Figuras 10 a 13).

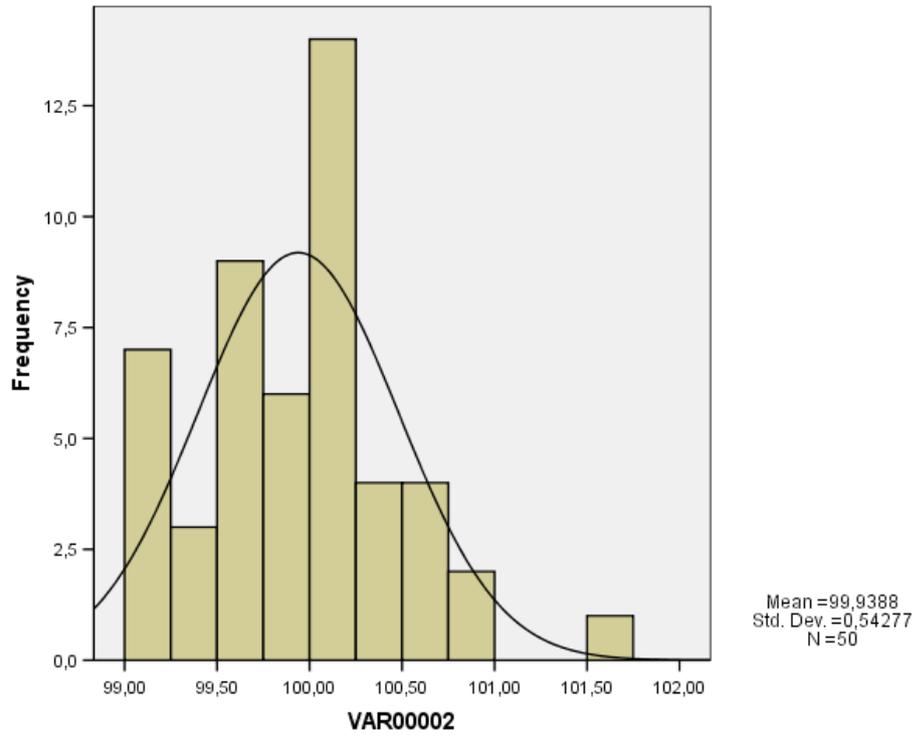


Figura 10 Histograma da Farinha T65

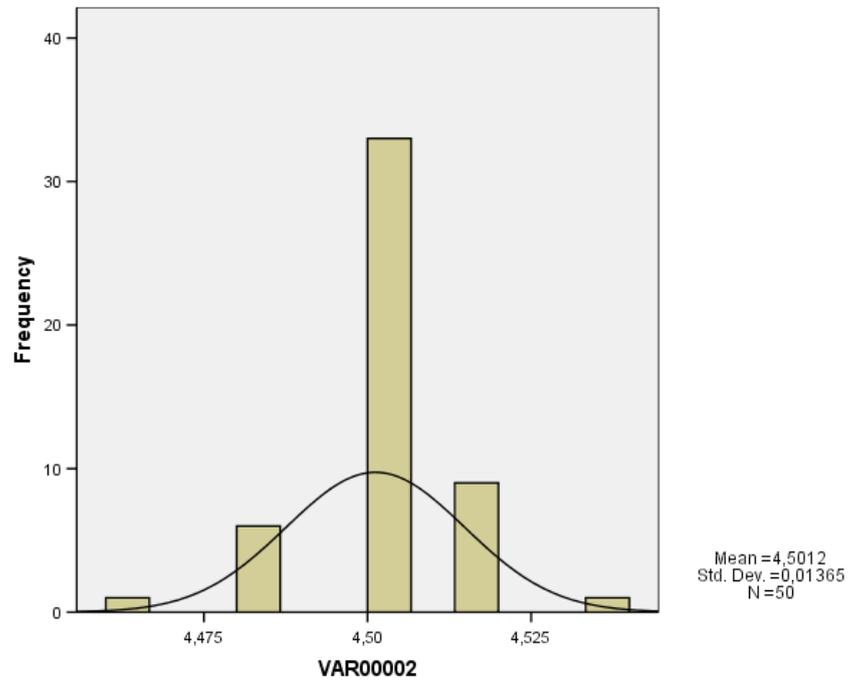


Figura 11 Histograma da Farinha T70

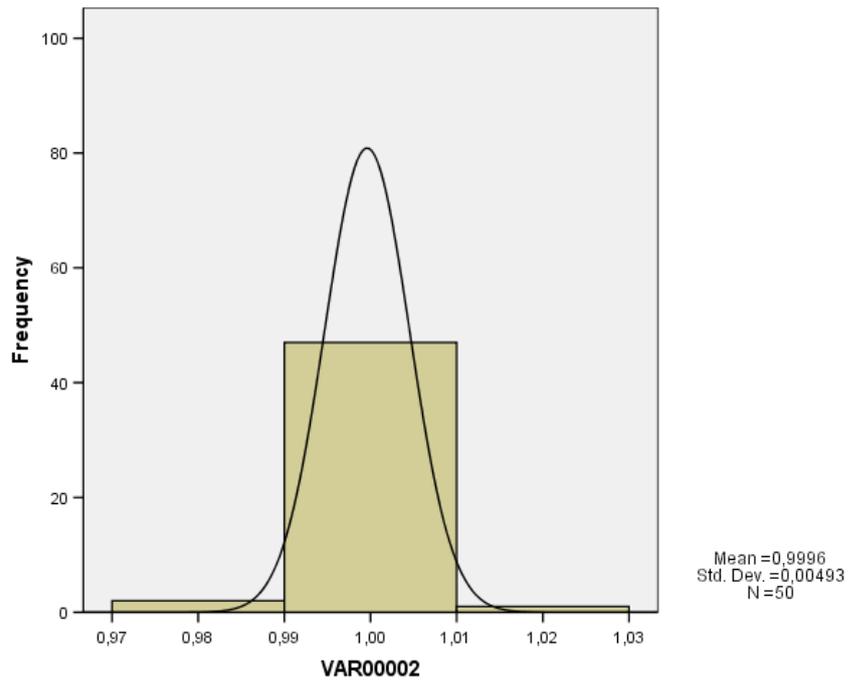


Figura 12 Histograma do Melhorante

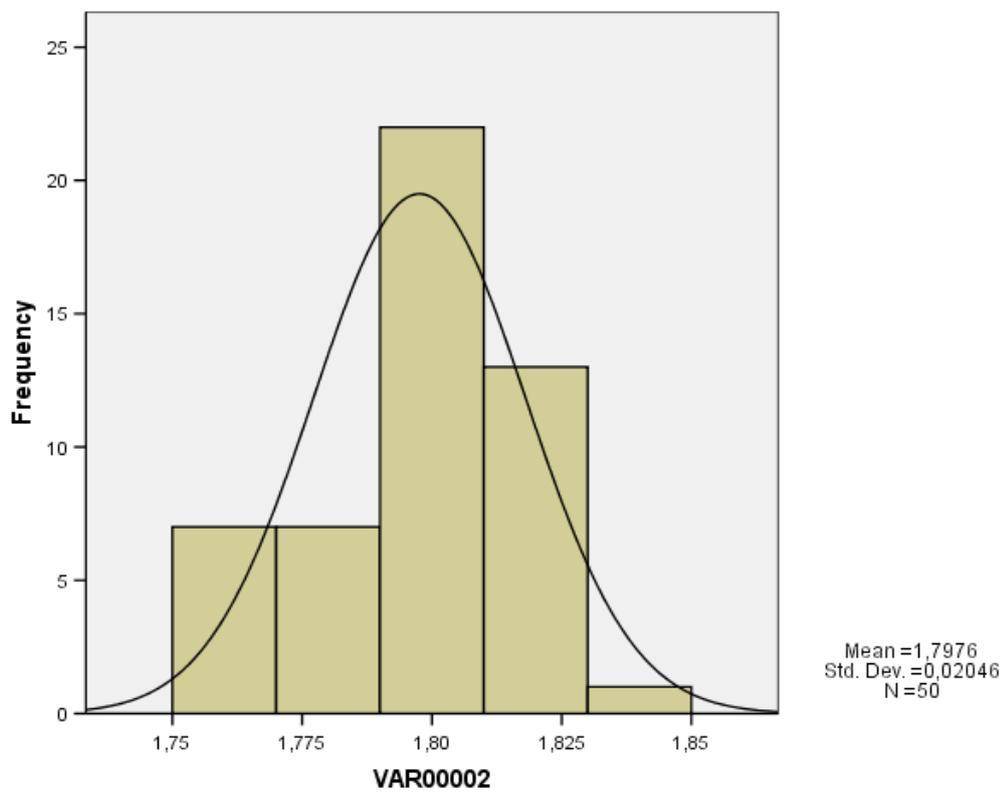


Figura 13 Histograma do Sal

Aprofundando o estudo, foi realizado o teste de *Kolmogorov-Smirnov* (KS) de uma amostra. O Teste KS compara uma distribuição cumulativa observada (DO) com uma distribuição teórica normal (DN) (Distribuição Normal, Poisson, exponencial ou uniforme). Este teste foi utilizada por ser mais simples e mais poderoso que o teste de Chi-Quadrado [29].

	VAR00001	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
VAR00002	100,00	,091	50	,200(*)	,964	50	,134

* This is a lower bound of the true significance.

a Lilliefors Significance Correction

Tabela 14 Teste de *Kolmogorov-Smirnov* (KS) da Farinha T65

	VAR00001	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
VAR00002	4,50	,335	50	,000	,794	50	,000

a Lilliefors Significance Correction

Tabela 15 Teste de *Kolmogorov-Smirnov* (KS) da Farinha T70

	VAR00001	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
VAR00002	1,00	,492	50	,000	,314	50	,000

a Lilliefors Significance Correction

Tabela 16 Teste de *Kolmogorov-Smirnov* (KS) do Melhorante

	VAR00001	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
VAR00002	1,80	,267	50	,000	,872	50	,000

a Lilliefors Significance Correction

Tabela 17 Teste de *Kolmogorov-Smirnov* (KS) do Sal

No teste *Kolmogorov-Smirnov* a significância (*sig.*) tem que ser $\geq 0,05$ para poder afirmar que as amostras obedecem a uma distribuição normal [29].

Como podemos ver nas Tabelas 14 a 17 a Farinha T65 é a única que tem uma significância superior a 0,05, enquanto as outras matérias-primas têm significância abaixo dos 0,05.

Outro método de estudo da aderência à Distribuição Normal é a análise dos Índices de Assimetria (*Skewness*) e de Curtose (*Kurtosis*) de uma distribuição. Se o valor for

negativo, a distribuição está desviada para a esquerda. Se o valor for positivo, está desviada para a direita. Uma distribuição razoavelmente simétrica tem coeficiente de assimetria entre -1 e 1 .

Visualmente no gráfico (histograma ou *Box Plot*, onde se verifica a presença de valores extremos “*outliers*”) pode-se verificar o formato da distribuição, identificando-se assimetria ou curtose.

	VAR00001		Statistic	Std. Error
VAR00002	100,00	Mean	99,9388	,07676
		95% Confidence Interval for Mean	99,7845	
		Lower Bound		
		Upper Bound	100,0931	
		5% Trimmed Mean	99,9176	
		Median	100,0050	
		Variance	,295	
		Std. Deviation	,54277	
		Minimum	99,03	
		Maximum	101,58	
		Range	2,55	
		Interquartile Range	,57	
		Skewness	,453	,337
		Kurtosis	,551	,662

Tabela 18 Análise dos Índices de simetria da Farinha T65

	VAR00001		Statistic	Std. Error
VAR00002	4,50	Mean	4,5012	,00193
		95% Confidence Interval for Mean	4,4973	
		Lower Bound		
		Upper Bound	4,5051	
		5% Trimmed Mean	4,5013	
		Median	4,5000	
		Variance	,000	
		Std. Deviation	,01365	
		Minimum	4,46	
		Maximum	4,54	
		Range	,08	
		Interquartile Range	,00	
		Skewness	-,075	,337
		Kurtosis	1,782	,662

Tabela 19 Análise dos Índices de simetria da Farinha T70

	VAR00001		Statistic	Std. Error
VAR00002	1,00	Mean	,9996	,00070
		95% Confidence Interval for Mean		
		Lower Bound	,9982	
		Upper Bound	1,0010	
		5% Trimmed Mean	1,0000	
		Median	1,0000	
		Variance	,000	
		Std. Deviation	,00493	
		Minimum	,98	
		Maximum	1,02	
		Range	,04	
		Interquartile Range	,00	
		Skewness	-1,163	,337
		Kurtosis	15,064	,662

Tabela 20 Análise dos Índices de simetria do Melhorante

	VAR00001		Statistic	Std. Error
VAR00002	1,80	Mean	1,7976	,00289
		95% Confidence Interval for Mean		
		Lower Bound	1,7918	
		Upper Bound	1,8034	
		5% Trimmed Mean	1,7980	
		Median	1,8000	
		Variance	,000	
		Std. Deviation	,02046	
		Minimum	1,76	
		Maximum	1,84	
		Range	,08	
		Interquartile Range	,04	
		Skewness	-,466	,337
		Kurtosis	-,406	,662

Tabela 21 Análise dos Índices de simetria do Sal

Ainda há métodos gráficos de avaliarmos a aderência da DO à DN: Gráfico Normal Q-Q (*Quantil – Quantil*). Os gráficos Normal Q-Q das quatro matérias-primas estudadas encontram-se em anexo.

Depois de verificar os estudos e as Tabelas 14 a 21, as conclusões são as seguintes:

- A Farinha T65 segue uma distribuição normal, podemos utilizar a maioria dos métodos estatísticos.
- A Farinha T70, Melhorante e Sal não seguem uma distribuição normal
 - Quando as amostras não seguem a distribuição normal, podemos fazer duas coisas,

- Aumentar o valor de n ,
- Retirar outra amostra.

Para a Farinha T70, Sal e Melhorante foi retirada uma nova amostra com um n maior (de 50 para 70 amostras).

3.5. ESTUDO DA NORMALIDADE DA NOVA AMOSTRA

A amostra de Farinha T70 contém mais 0,5 kg do que a amostra anterior, visto que não existiam mais dados com 4,5 kg (a produção com 4,5 kg tinha terminado).

Ao comparar as duas amostras de Farinha T70, denotou-se que a segunda amostra, é melhor em todos os aspectos que a primeira, mas mesmo assim ainda não se aproxima de uma distribuição normal.

Relativamente ao melhorante, os resultados da segunda amostra são idênticos aos da primeira amostra.

	VAR00010	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
VAR00011	1,70	,159	50	,003	,929	50	,005

- a Lilliefors Significance Correction

Tabela 22 Teste de Kolmogorov-Smirnov (KS) da nova amostra de Sal

	VAR00010		Statistic	Std. Error
VAR00011	1,70	Mean	1,6976	,00377
		95% Confidence Interval for Mean		
		Lower Bound	1,6900	
		Upper Bound	1,7052	
		5% Trimmed Mean	1,6978	
		Median	1,7000	
		Variance	,001	
		Std. Deviation	,02669	
		Minimum	1,64	
		Maximum	1,74	
		Range	,10	
		Interquartile Range	,04	
		Skewness	-,094	,337
		Kurtosis	-,900	,662

Tabela 23 Análise dos Índices de simetria da nova amostra de Sal

Por observação das Tabelas 22 e 23, o Sal teve resultados melhores do que a primeira amostra, principalmente no teste de *Kolmogorov-Smirnov (KS)*, chegando a ter uma significância próxima dos 0,05 (0,03, para ser mais preciso).

3.6. ESTUDO DA CAPACIDADE DO PROCESSO

De acordo, com os estudos feitos anteriormente, deparamos que, de entre as amostras estudadas, umas obedecem a uma distribuição normal e outras não.

Para as amostras que não obedecem a uma distribuição normal, existem dois caminhos que se podem seguir: o primeiro caminho é usar as transformações de *Box-Cox* e *Johnson*. Nestas transformações os dados que não são normalmente distribuídos são convertidos em dados que apresentam distribuição normal [16]. O segundo caminho é a utilização de três métodos para o cálculo da capacidade para distribuições não normais (método *Clements*, método *Pearn e Chen* e método *Chen e Ding*) [16[24].

Nesta dissertação utilizou-se o método de *Clements*, visto ser o método mais simples e de fácil utilização [16].

Cálculo da capacidade pelo método de *Clements*, relativo às 70 amostras.

Farinha T70

Assimetria =0,151

Curtose =-0,258

$$F_{0,135} = \bar{X} - s \cdot F'_1 = 4,9983 - 0,0155 \cdot 2,961 = 4,952$$

$$F_{99,865} = \bar{X} + s \cdot F'_2 = 4,9983 + 0,0155 \cdot 2,962 = 5,044$$

- em que F'_1 depende do sinal do valor de assimetria das amostras, isto é, se a assimetria for maior que 0 consulta-se a Tabela A3 de Pearson, se for menor que 0 consulta-se a Tabela A1 de Pearson.

- em que F'_2 depende do sinal do valor de assimetria das amostras, isto é, se a assimetria for maior que 0 consulta-se a Tabela A1 de Pearson, se for menor que 0 consulta-se a Tabela A3 de Pearson.

Logo,

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{F_{99,865} - F_{0,135}} = \frac{0,200}{5,044 - 4,952} = \mathbf{2,178}$$

$$C_{pk} = \min \left[\frac{LSE - M}{F_{99,865} - M}, \frac{M - LIE}{M - F_{0,135}} \right] =$$

$$= \min \left[\frac{5,1 - 5}{5,044 - 5}, \frac{5 - 4,9}{5 - 4,952} \right] = \min[2,262; 2,101] = \mathbf{2,101}$$

Melhorante

Assimetria = -1,8

Curtose = 10

$$F_{0,135} = \bar{X} - s \cdot F'_1 = 0,8991 - 0,0079 \cdot 4,405 = 0,864$$

$$F_{99,865} = \bar{X} + s \cdot F'_2 = 0,8991 + 0,0079 \cdot 4,405 = 0,934$$

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{F_{99,865} - F_{0,135}} = \frac{0,04}{0,934 - 0,864} = \mathbf{0,575}$$

$$C_{pk} = \min \left[\frac{LSE - M}{F_{99,865} - M}, \frac{M - LIE}{M - F_{0,135}} \right] =$$

$$= \min \left[\frac{0,92 - 0,9}{0,934 - 0,9}, \frac{0,9 - 0,88}{0,9 - 0,864} \right] = \min[0,590; 0,560] = \mathbf{0,560}$$

Sal

Assimetria = -0,01

Curtose = -0,9

$$F_{0,135} = \bar{X} - s \cdot F'_1 = 1,671 - 0,0260 \cdot 1,966 = 1,620$$

$$F_{99,865} = \bar{X} + s \cdot F'_2 = 1,671 + 0,0260 \cdot 1,966 = 1,722$$

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{F_{99,865} - F_{0,135}} = \frac{0,04}{1,722 - 1,620} = \mathbf{0,391}$$

$$C_{pk} = \min \left[\frac{LSE - M}{F_{99,865} - M}, \frac{M - LIE}{M - F_{0,135}} \right] =$$

$$= \min \left[\frac{1,72 - 1,7}{1,722 - 1,7}, \frac{1,7 - 1,68}{1,7 - 1,620} \right] = \min[0,904; 0,250] = \mathbf{0,250}$$

Em resumo, a Farinha T70 apresenta $C_p = 2,178 > 1,33$ e $C_{pk} = 2,101 > 1,33$. Ambos os índices C_p e C_{pk} são maiores que 1,33 logo a capacidade é satisfatória.

Relativamente ao Melhorante e ao Sal tanto, C_p como C_{pk} , são menores que 1 a capacidade é inadequada e produzem itens não conformes numa taxa acima do desejável.

4. CONCLUSÕES

Este capítulo indica as conclusões gerais do tema abordado, bem como perspectivas de trabalho futuro.

O presente trabalho incidiu no cálculo da capacidade de um processo incorporado numa unidade fabril de panificação.

O trabalho começou pela calibração da balança na qual foi feito o estudo. Para a calibração da balança, foi necessário calibrar uma massa que foi adaptada para ter 7500 g, visto ser indispensável escolher pelo menos 5 cargas, distribuídas ao longo da gama de trabalho.

A calibração da massa de 7500 g, criou uma enorme dificuldade na realização do trabalho, visto necessitar de ser calibrada num laboratório acreditado.

Depois da calibração da massa de 7500 g, foram retiradas 50 amostras das matérias-primas utilizadas na produção de pão (Farinha T65, Sal, Melhorante, Farinha T70). Na primeira recolha das amostras, a Farinha T65 e o Sal foram as que mais se aproximaram de uma distribuição normal. Com a utilização do teste de *Kolmogorov-Smirnov*, a Farinha T65 era a única que obedecia a uma distribuição normal. Relativamente às amostras que não obedeciam a uma distribuição foram recolhidas novas amostras e foi aumentado o número

de amostras de 50 para 70. O resultado da segunda recolha de amostras foi melhor que a primeira, mas mesmo assim não conseguiram obedecer a uma distribuição normal. Quando este tipo de situação acontece, amostras que não obedecem a uma distribuição normal, é necessário utilizar métodos para amostras não normais.

Existem dois caminhos, para as amostras que não obedecem a uma distribuição normal. O primeiro é usar as transformações de *Box – Cox* e *Johnson*. Nestas transformações os dados são transformados para obedecerem a uma distribuição normal.

O segundo caminho é a utilização de métodos de *Clements*, *Pern* e *Chen* e *Chen* e *Ding*, que permitem o cálculo da capacidade para dados não normais. Foi escolhido o método de *Clements*, visto ser um método simples e de fácil utilização.

Em conclusão, o cálculo da capacidade do processo foi atingido, com recurso a amostras retiradas numa empresa de panificação. A Farinha T70, teve uma capacidade satisfatória com capacidade superior a 1,33, enquanto as restantes duas matérias-primas, o sal e o melhorante, tiveram resultados piores com uma capacidade inferior a 1, logo a capacidade dessas duas matérias-primas é inadequada.

O tema que foi abordado nesta dissertação foi um desafio enorme, visto que não tinha qualquer conhecimento neste tipo de assunto.

Como trabalho futuro, serão estudadas formas de aumentar a capacidade do processo da balança doseadora.

Referências Documentais

- [1] CEPAL/UNESCO- *Educación y conocimiento: eje de la transformación productiva con equidad*. — Santiago de Chile: Naciones Unidas, 1992.
- [2] OSBORNE, D. e GAEBLER, T. - *Reinventando o governo*. — Brasília: MHC, 1994.
- [3] DAVIS, M., CHASE, R. B., AQUILANO, N. J., *Fundamentos da Administração da Produção*, Bookman, 2001, p.148 a 166
- [4] GABOR, A. – *O Homem que descobriu a Qualidade* – Rio de Janeiro, Qualitymark Ed., 1994
- [5] GARVIN, David – *Competing on the Eight Dimensions of Quality*, Harvard Business Review, Novembro – Dezembro 1987, pp. 101-9.
- [6] PARASURAMAM, A., ZEITHAML, V. A. e BERRY, L. L., *SERVQUAL: A Multiple-Item Scale for Measuring Consumer Perceptions of Service Quality*, Marketing Science Institute, Cambridge, MA, 1986.
- [7] PARASURAMAM, A., ZEITHAML, V. A. e BERRY, L. L., *Five Imperatives for Improving Service Quality*, Sloan Management Review 29, 1990.
- [8] FEIGENBAUM, A. V., *Total Quality Control*, 3ªed. McGraw-Hill, 1983, p.112.
- [9] JURAN, Joseph M. e GRYNA, F. M., *Quality Planning and Analysis*, McGraw-Hill, 1970, p.60.
- [10] WYCHOFF, D. D., *New Tools for Achieving Service Quality*, Carnell Hotel and Restaurant Administration Quarterly, 1984, p.246.
- [11] SLACK, N., CHAMBERS S., JOHNSTON, R., BETTS, A., *Gerenciamento de Operações e de Processos*, Bookman, 2008.
- [12] BERTRAND, L. Hansen, “*Quality Control: Theory and Applications*”, 1963, p.65. Impresso por autorização da *Prentice Hall, Inc*.
- [13] BASTOS, J., *Estatística Industrial – capacidade do processo*, 2001, p.1 a 10.
- [14] OZEKI, K. e ANAKA, T., *Les Outils de le Qualité*, AFNOR pour l’édition française, 1992. (Tradução de Handbook of Quality Tools, The Japanese Approach, 1990, Productivity Press, Inc)

- [15] PEARN, W. L.; CHEN, K. S. *Capability indices for non-normal distributions with an application in electrolytic capacitor manufacturing*, Microelectronics Reliability, p.1853 -1858, 1997.
- [16] GONÇALEZ, P. U., WERNER, L., *Comparação dos índices de capacidade do processo para distribuições não-normais*, 2009
- [17] SOMERVILLE, S. E.; MONTGOMERY, D. C. *Process capability indices and non-normal distributions*, Quality Engineering, p. 305-316, 1996-1997.
- [18] BOX, G.E.P.; COX, D.R. *An Analysis of Transformations*, Journal of Royal Statistical Society, p. 211-252, 1964.
- [19] YEO, I.K.; JOHNSON, R.A. *A New Family of Power Transformation to Improve Normality or Symmetry*, Biometrika, p. 954-959, 2000.
- [20] MORAES, C.F.; FERREIRA, J.R.; BALESTRASSI, P.P. *Análise Crítica da Aplicação de Métodos Estatísticos em Processos Definidos por Dados que não apresentam Distribuição Normal*, 2006.
- [21] JOHNSON, N.L. *Systems of Frequency Curves Generated by Methods of Translation*, Biometrika, p. 149-176, 1949.
- [22] CLEMENTS, J.A. *Process Capability calculations for Non-Normal Distributions*, Quality Progress, p.95-100, 1989.
- [23] CHEN, J.P.; DING, C.G. *A new process capability index for non-normal distributions*, The International Journal of Quality & Reliability Management, p.762-770, 2001.
- [24] MIRANDA, R., *Um modelo para a análise da capacidade de processos com ênfase na transformação de dados*, 2005
- [25] SOUZA, F. S.; PEDRINI, D.C.; CATEN, C.S. *Índices de Capacidade do Processo: Proposta Baseada em Modelos de Regressão e um Fluxograma Orientado.*, 2008-2009.
- [26] SOUSA, C., *Metrologia- Notas Históricas*, CATIM, 2010 p. 3 a 17.
- [27] IPAC, *Guia Para Acreditação em Metrologia de Massa*, 2005-09-14
- [28] LOPES, L.S. *A Cultura da Medição em Portugal ao longo da História*, p. 42 a 48, 2005.
- [29] RICCI, V., *Fitting Distributions With R*, 2005

- [30] https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/.../1/QCS_AulaJN3.pdf
- [31] <http://www.panike.pt/institucional/>
- [32] <http://portalaction.com.br/606-%C3%ADndices-de-performance-do-processo-pp-e-ppk>
- [33] <http://portalaction.com.br/731-ap%C3%AAndice#tabelaA2>
- [34] <http://portalaction.com.br/668-fam%C3%ADlia-de-pearson>

Anexos

1 Estudo das amostras com número de amostras maior

- Teste de *Kolmogorov-Smirnov* (KS) da Farinha T70

Tests of Normality

	VAR00001	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
VAR00002	5,00	,244	70	,000	,859	70	,000

a Lilliefors Significance Correction

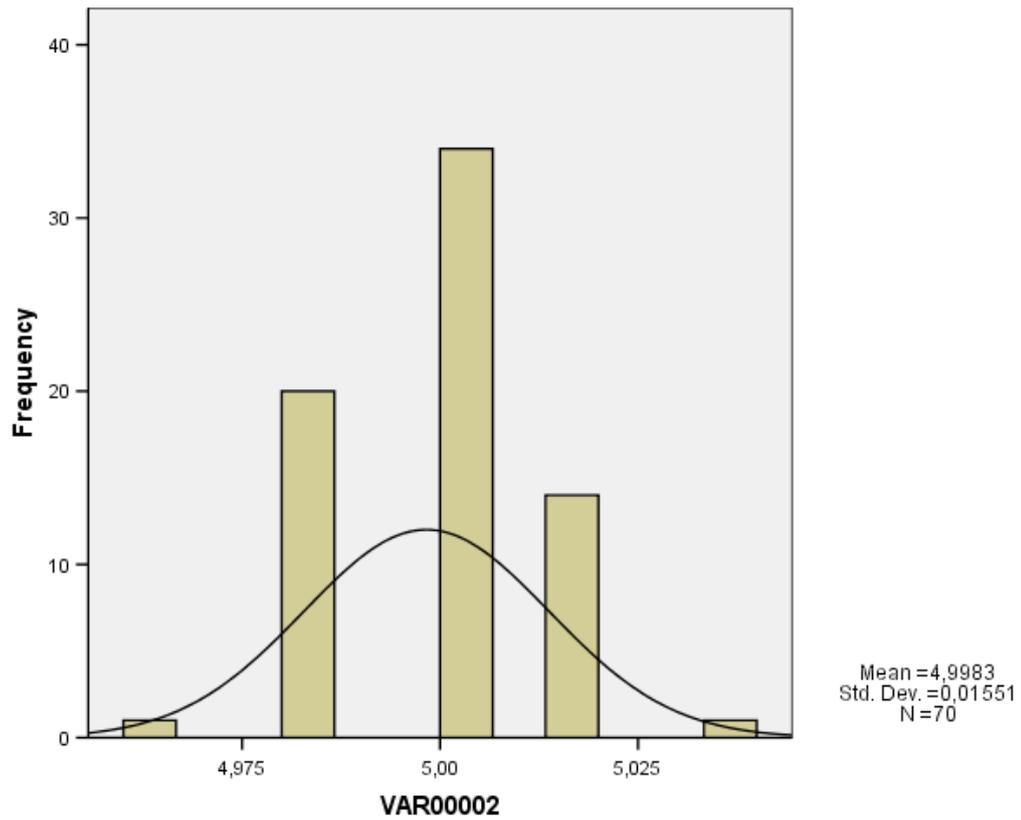
- Analise dos índices de simetria

- **Descriptives**

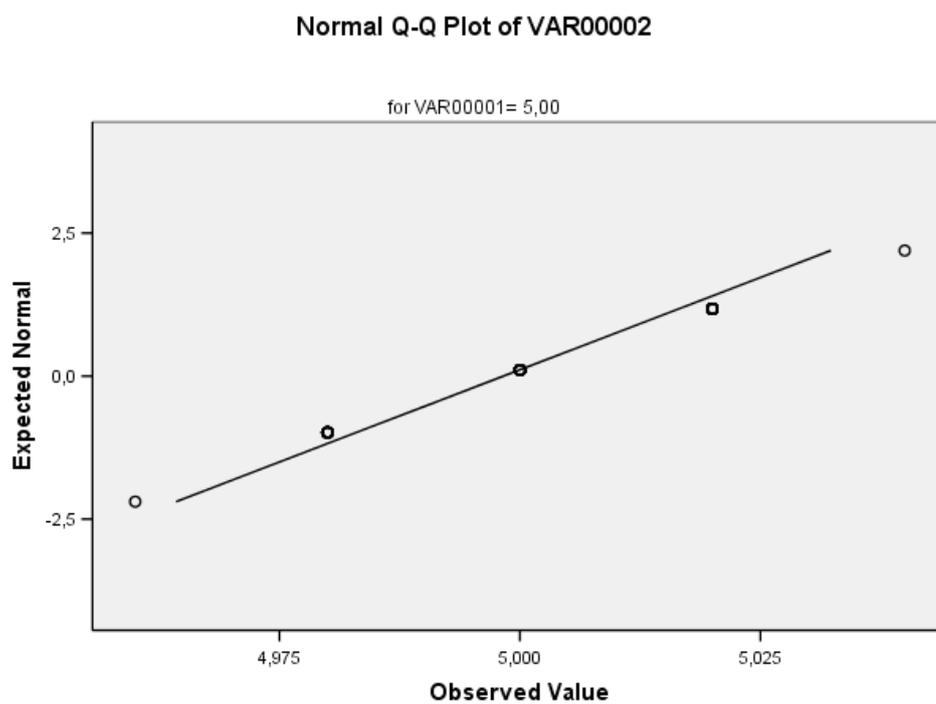
	VAR00001		Statistic	Std. Error
VAR00002	5,00	Mean	4,9983	,00185
		95% Confidence Interval for Mean	4,9946	
		Lower Bound		
		Upper Bound	5,0020	
		5% Trimmed Mean	4,9981	
		Median	5,0000	
		Variance	,000	
		Std. Deviation	,01551	
		Minimum	4,96	
		Maximum	5,04	
		Range	,08	
		Interquartile Range	,02	
		Skewness	,151	,287
		Kurtosis	-,258	,566

-

- Histograma



- Gráfico Normal Q-Q (*Quantil – Quantil*)



- Teste de *Kolmogorov-Smirnov* (KS) do Melhorante

Tests of Normality

	VAR00003	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
VAR00004	,90	,472	70	,000	,454	70	,000

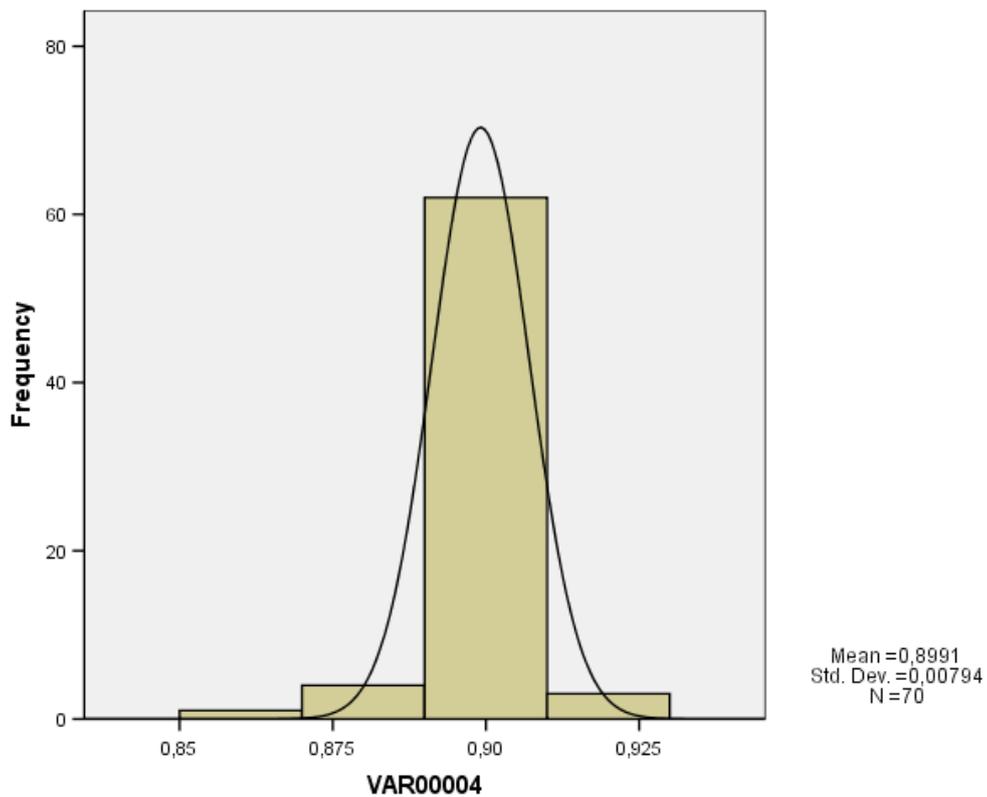
- a Lilliefors Significance Correction

- Analise dos índices de simetria

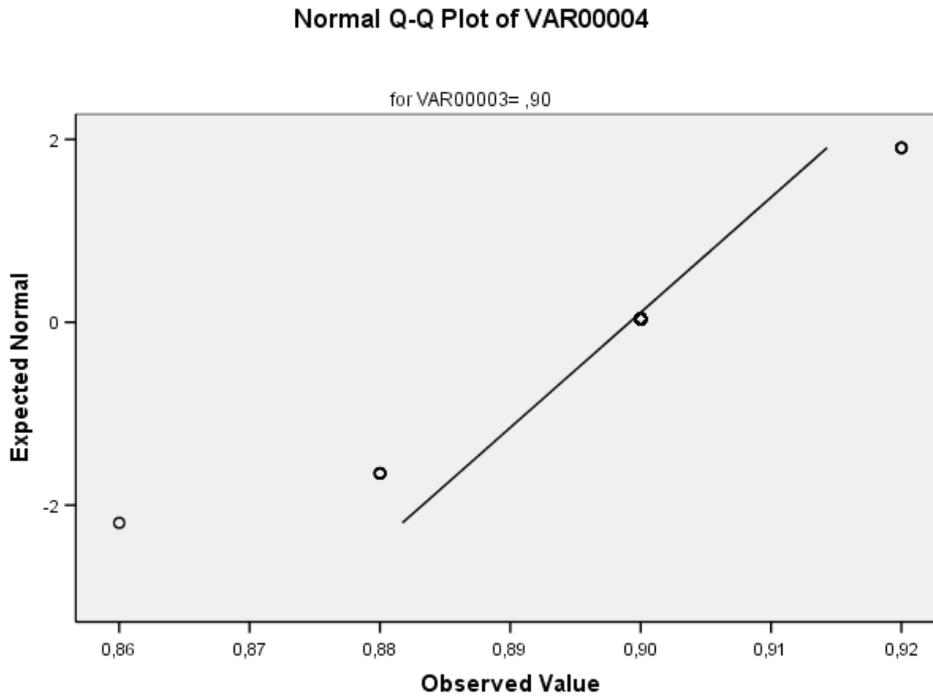
Descriptives

	VAR00003		Statistic	Std. Error
VAR00004	,90	Mean	,8991	,00095
		95% Confidence Interval for Mean		
		Lower Bound	,8972	
		Upper Bound	,9010	
		5% Trimmed Mean	,8995	
		Median	,9000	
		Variance	,000	
		Std. Deviation	,00794	
		Minimum	,86	
		Maximum	,92	
		Range	,06	
		Interquartile Range	,00	
		Skewness	-1,812	,287
		Kurtosis	10,607	,566

- Histograma



- Gráfico Normal Q-Q (*Quantil – Quantil*)



- Teste de *Kolmogorov-Smirnov* (KS) do Sal

•
•

Tests of Normality

	VAR00005	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
VAR00006	1,70	,159	70	,000	,927	70	,001

- a Lilliefors Significance Correction

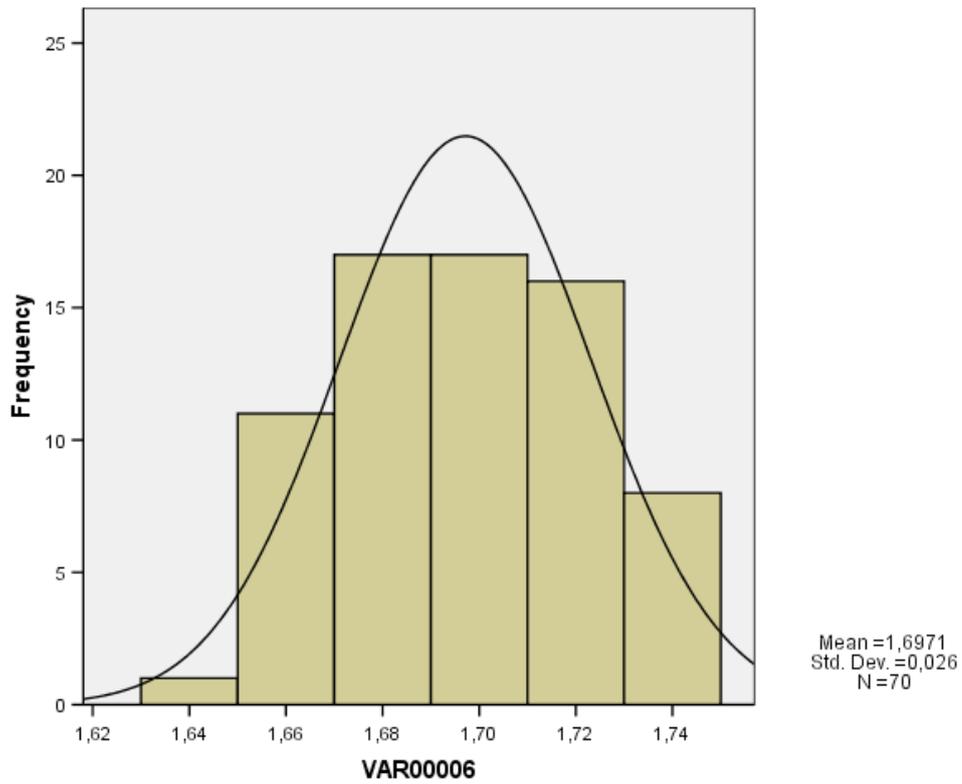
- Analise dos índices de simetria

•
•

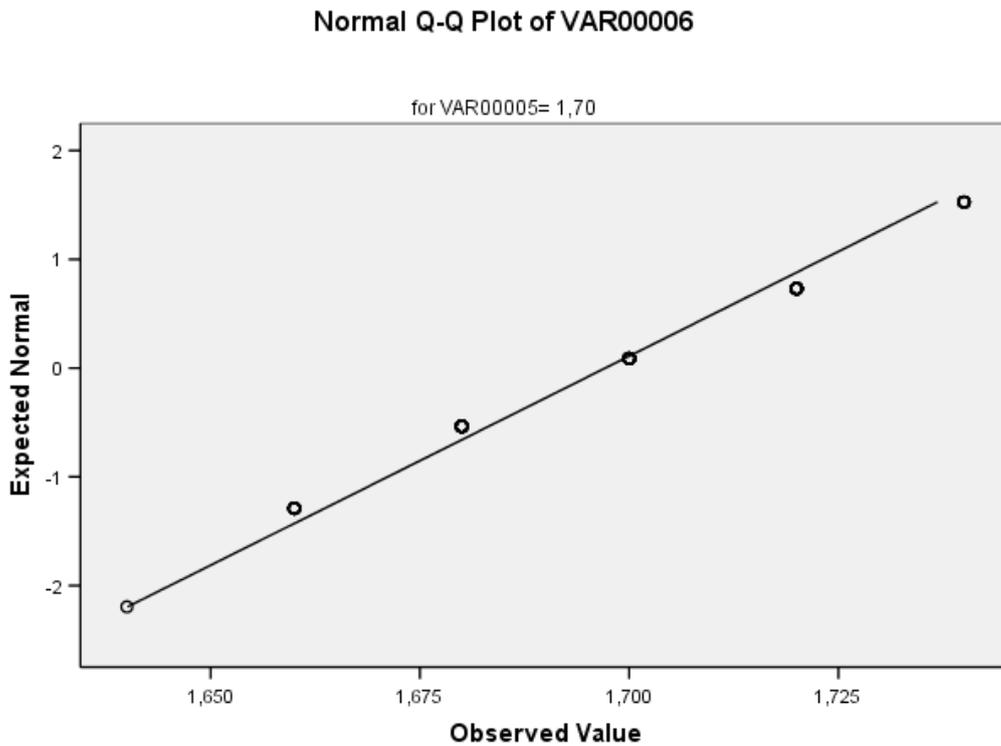
Descriptives

	VAR00005		Statistic	Std. Error
VAR00006	1,70	Mean	1,6971	,00311
		95% Confidence Interval for Mean	1,6909	
		Lower Bound		
		Upper Bound	1,7033	
		5% Trimmed Mean	1,6971	
		Median	1,7000	
		Variance	,001	
		Std. Deviation	,02600	
		Minimum	1,64	
		Maximum	1,74	
		Range	,10	
		Interquartile Range	,04	
		Skewness	-,012	,287
		Kurtosis	-,905	,566

- Histograma



- Gráfico Normal Q-Q (*Quantil – Quantil*)



2 Estudo da normalidade da nova amostra

- Teste de *Kolmogorov-Smirnov* (KS) da Farinha T70

•
•

Tests of Normality

	VAR00004	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
VAR00005	5,00	,230	50	,000	,876	50	,000

- a Lilliefors Significance Correction

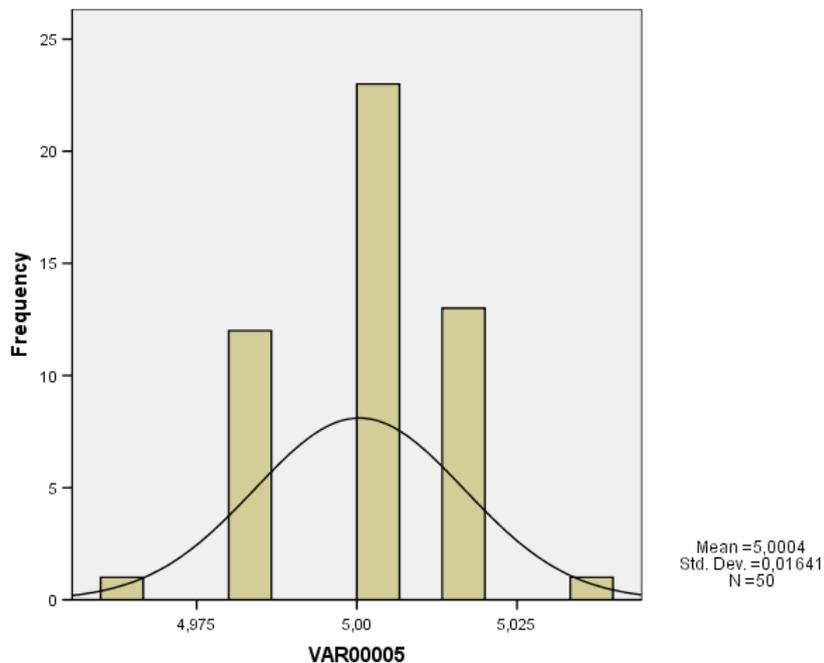
•

- Analise dos índices de simetria

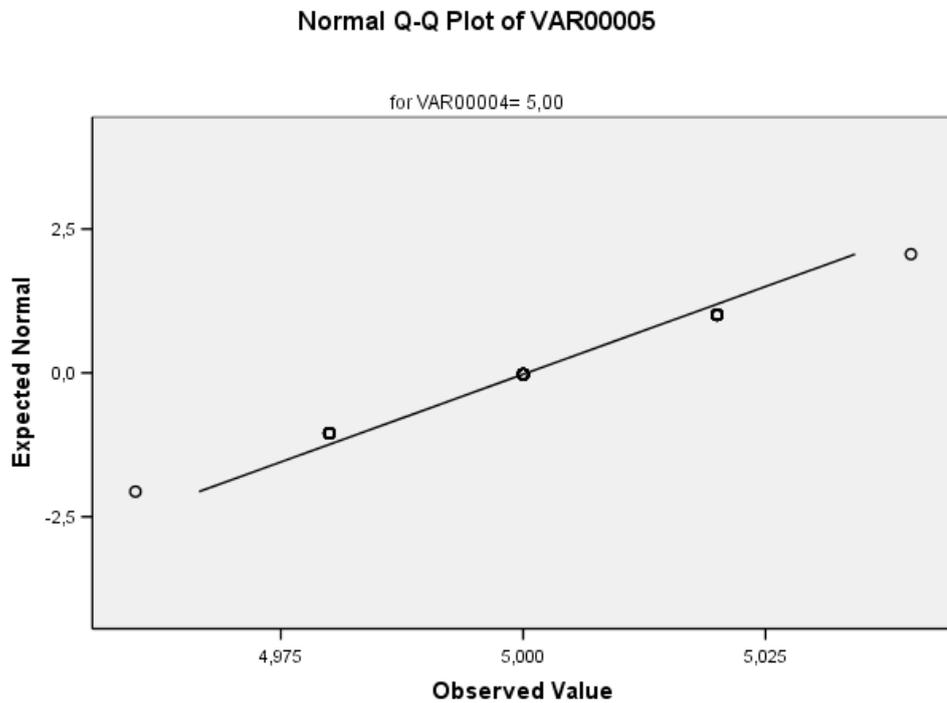
Descriptives

	VAR00004		Statistic	Std. Error
VAR00005	5,00	Mean	5,0004	,00232
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	4,9957
			Upper Bound	5,0051
		5% Trimmed Mean	5,0004	
		Median	5,0000	
		Variance	,000	
		Std. Deviation	,01641	
		Minimum	4,96	
		Maximum	5,04	
		Range	,08	
		Interquartile Range	,04	
		Skewness	-,038	,337
		Kurtosis	-,290	,662

- Histograma



- Gráfico Normal Q-Q (*Quantil – Quantil*)



- Teste de *Kolmogorov-Smirnov* (KS) de Melhorante

-
-

Tests of Normality

	VAR00007	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
VAR00008	,90	,480	50	,000	,416	50	,000

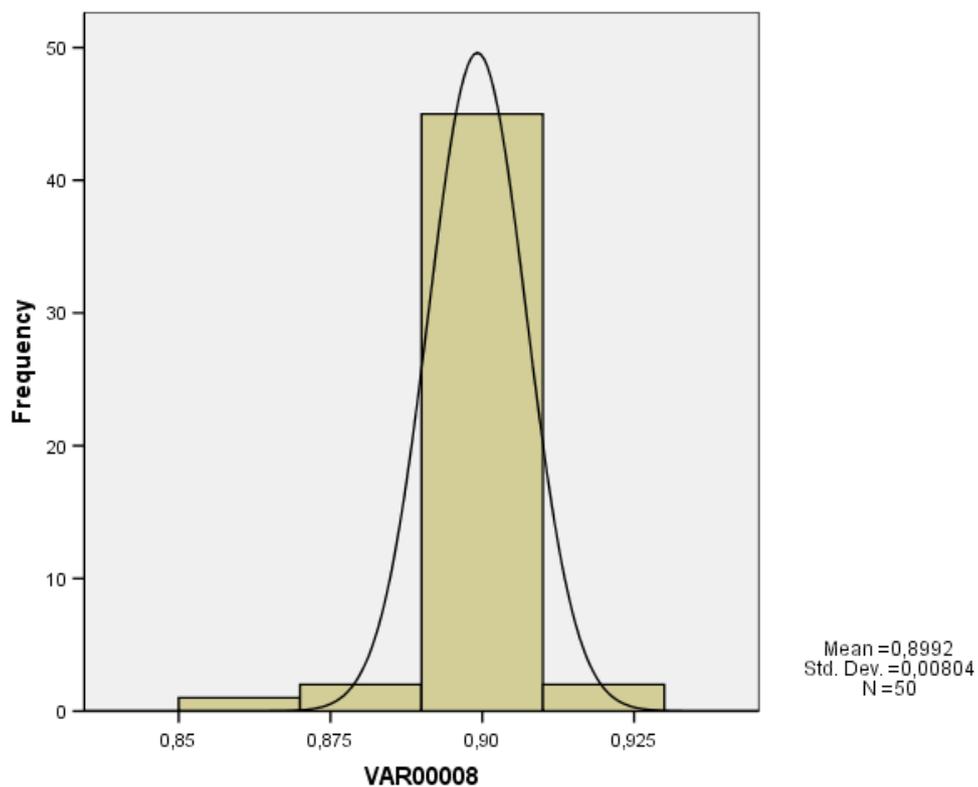
- a Lilliefors Significance Correction

- Análise dos índices de simetria

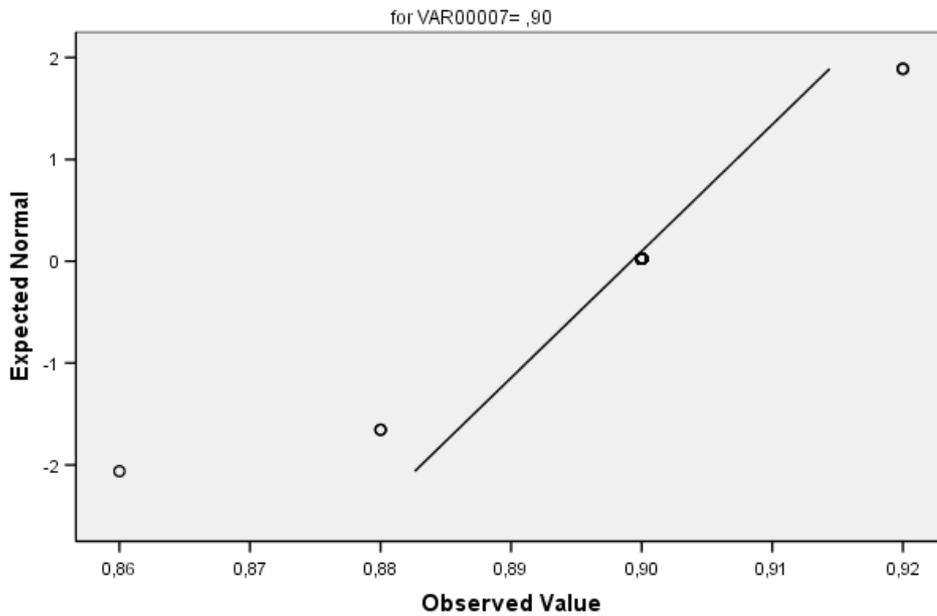
Descriptives

	VAR00007		Statistic	Std. Error
VAR00008	,90	Mean	,8992	,00114
		95% Confidence Interval for Mean		
		Lower Bound	,8969	
		Upper Bound	,9015	
		5% Trimmed Mean	,8998	
		Median	,9000	
		Variance	,000	
		Std. Deviation	,00804	
		Minimum	,86	
		Maximum	,92	
		Range	,06	
		Interquartile Range	,00	
		Skewness	-2,305	,337
		Kurtosis	13,404	,662

- Histograma

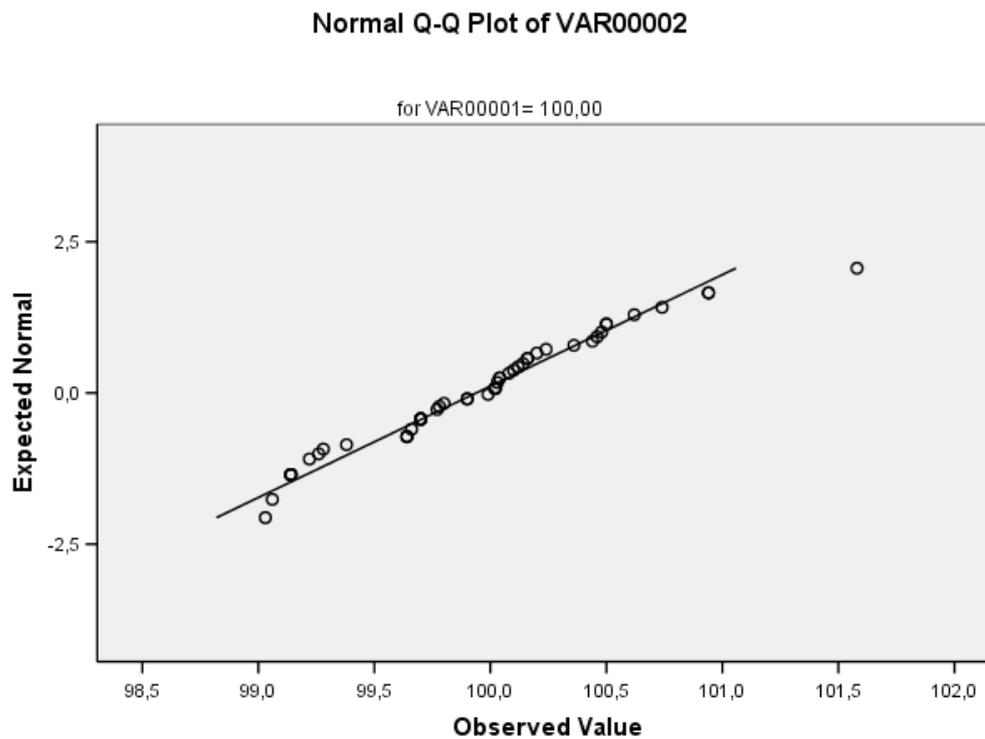


- Gráfico Normal Q-Q (*Quantil – Quantil*)

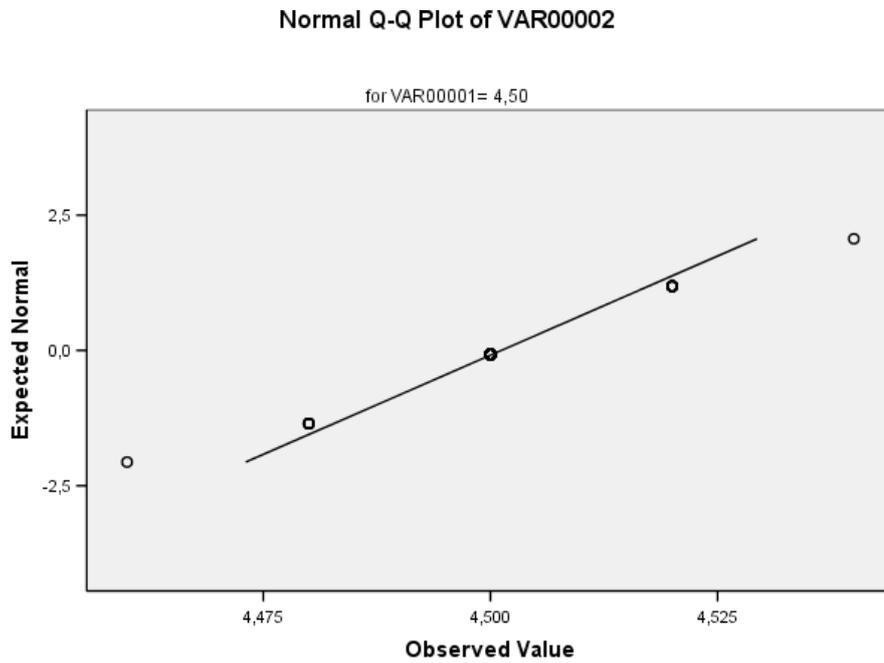


3 Implementação do Plano de Análise do Equipamento

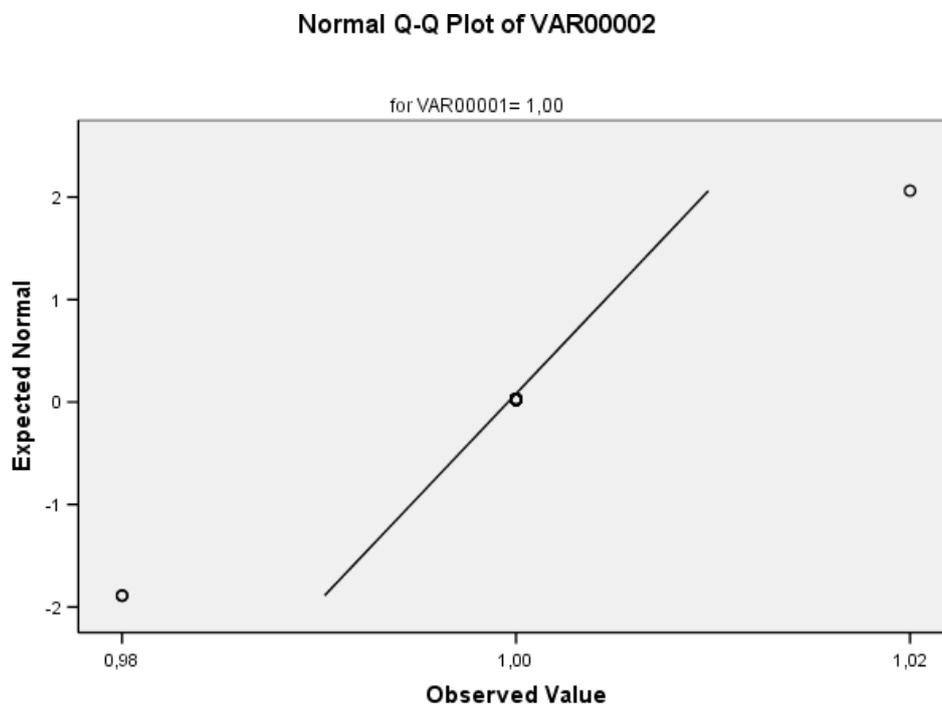
- Gráfico Normal Q-Q (*Quantil – Quantil*) da Farinha T65



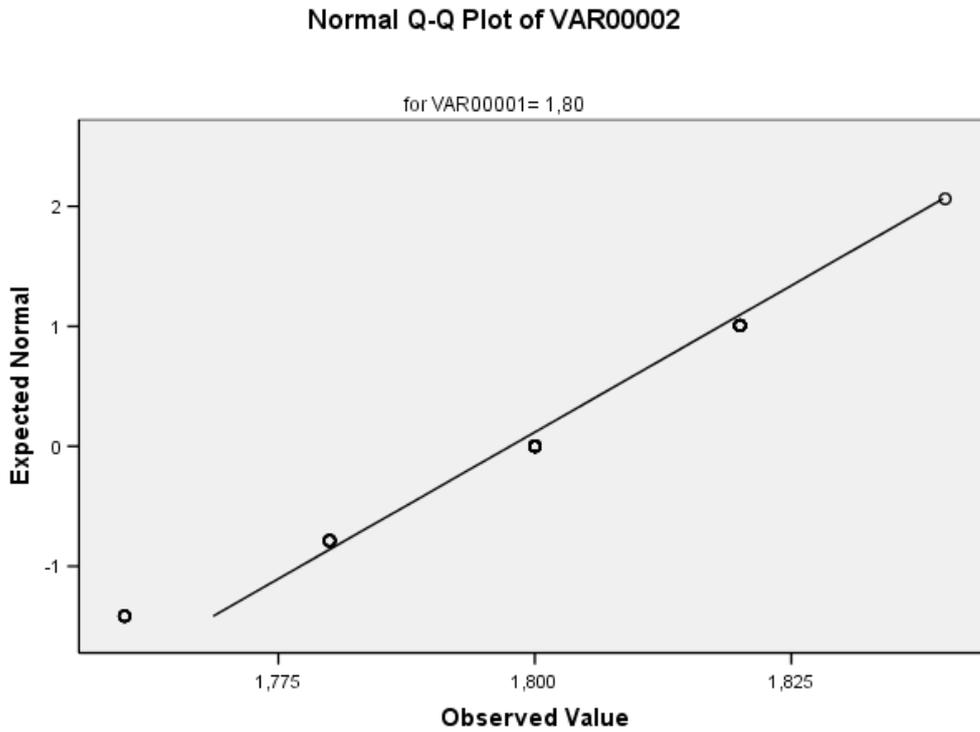
- Gráfico Normal Q-Q (*Quantil – Quantil*) da Farinha T70



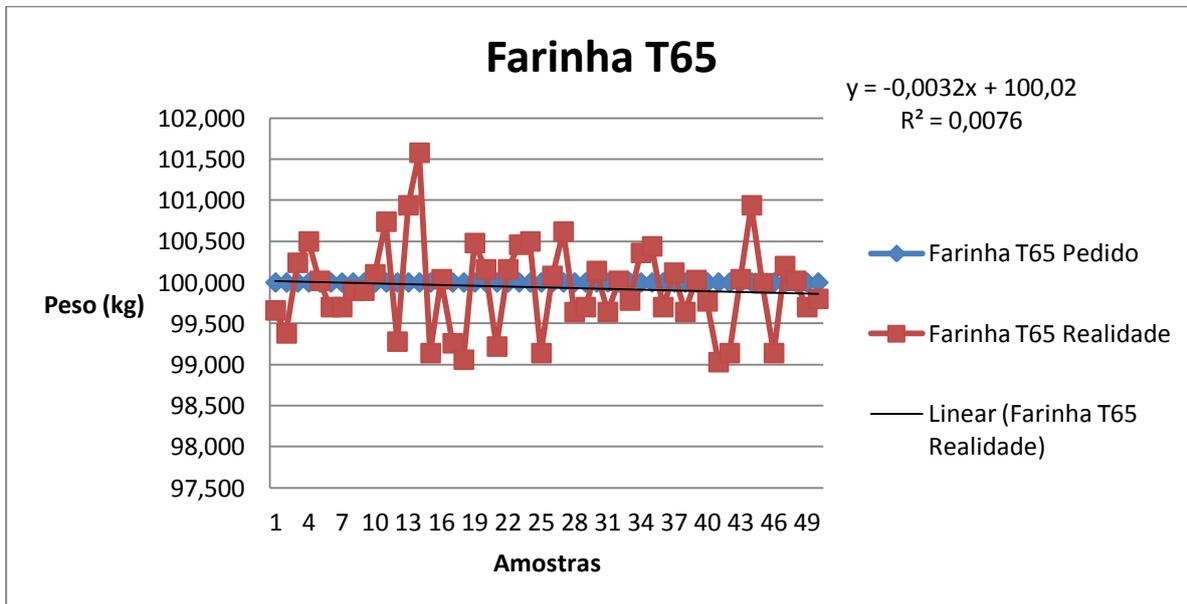
- Gráfico Normal Q-Q (*Quantil – Quantil*) do Melhorante

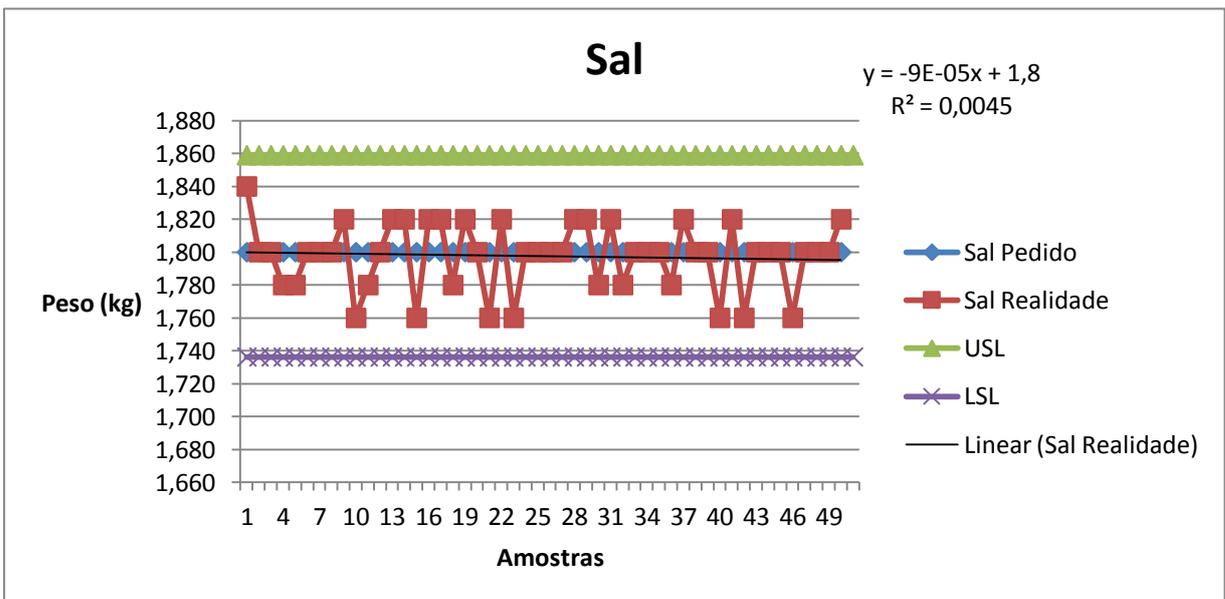
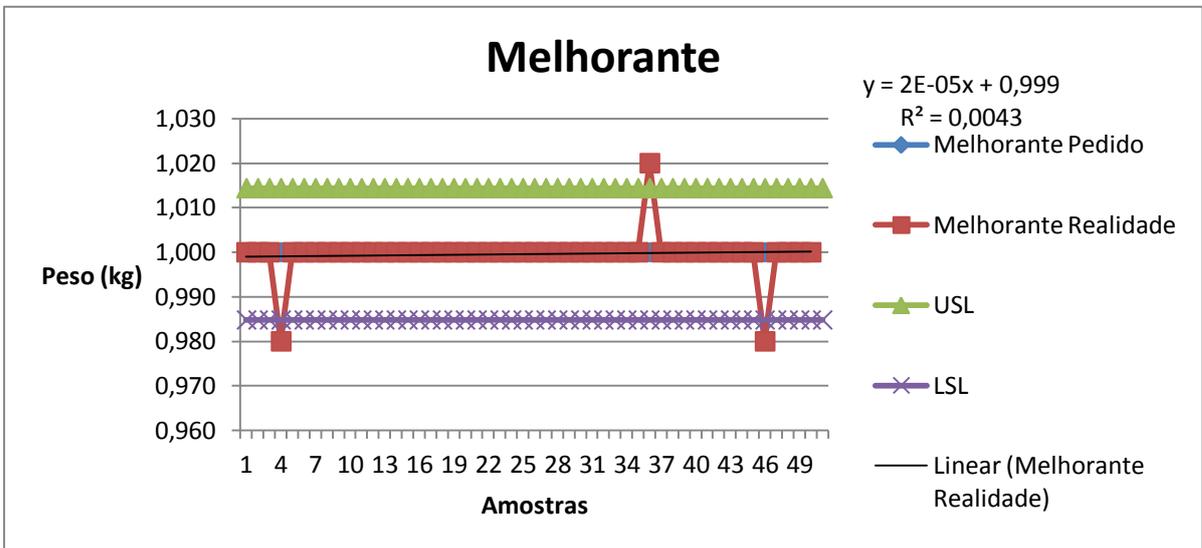
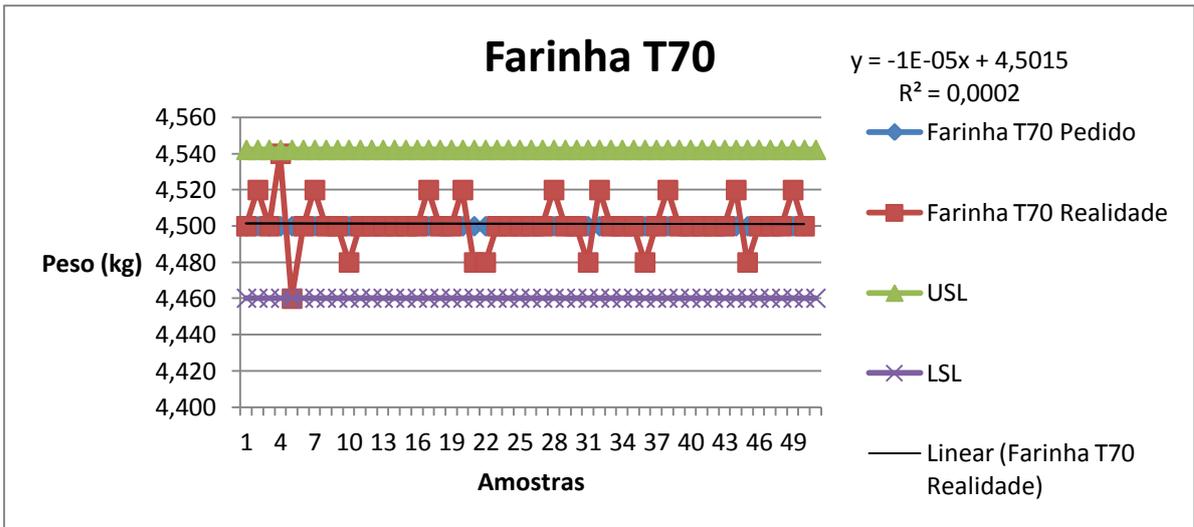


- Gráfico Normal Q-Q (*Quantil – Quantil*) do Sal



4 Amostras depois da calibração da balança





5 Amostras com n maior

