



MAFALDA OLIVEIRA
SURREADOR

IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE CONTROLO
DE QUALIDADE ATRAVÉS DE UM PLANO DE
ACEITAÇÃO POR AMOSTRAGEM À RECEÇÃO DE
MATÉRIA PRIMA



MAFALDA OLIVEIRA
SURREADOR

IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE CONTROLO
DE QUALIDADE ATRAVÉS DE UM PLANO DE
ACEITAÇÃO POR AMOSTRAGEM À RECEÇÃO DE
MATÉRIA PRIMA

Relatório de projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizado sob a orientação científica da Doutora Maria João Machado Pires da Rosa, Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

Aos meus pais.

o júri

presidente

Professora Doutora Leonor da Conceição Teixeira
Professora Auxiliar, Universidade de Aveiro

Professor Doutor Paulo Alexandre da Costa Araújo Sampaio
Professor Associado, Escola de Engenharia da Universidade do Minho

Professora Doutora Maria João Machado Pires da Rosa
Professora Auxiliar, Universidade de Aveiro

Agradecimentos

Aos meus pais e ao meu irmão por todo o apoio e incentivo, valorizando sempre o meu potencial, mesmo nos momentos mais difíceis.

À minha orientadora e professora Maria João Rosa por toda a disponibilidade e apoio demonstrados constantemente ao longo da realização deste projeto.

À Ariana, à Catarina e ao Rui, que me acompanharam em tudo ao longo destes cinco anos e que sei que continuarão para a vida.

Ao Tiago, por toda a motivação e compreensão nos momentos mais críticos deste percurso.

palavras-chave

Controlo de Qualidade, Matéria Prima, Sistema de Gestão da Qualidade, ISO 9001:2015, AHP, Planos de Aceitação por Amostragem.

resumo

O presente documento foi elaborado ao longo do estágio curricular realizado na empresa Lifial – Indústria Metalúrgica de Águeda, Lda., com o principal objetivo de implementar um controlo de qualidade à receção da matéria prima. Ainda que o Sistema de Gestão da Qualidade da empresa seja, atualmente, certificado de acordo com a norma ISO 9001:2015, a Lifial encontra-se ainda limitada no que diz respeito ao processo de inspeção da matéria prima. De forma a atingir os objetivos propostos, foram analisadas as necessidades da organização, tendo como base as reclamações de clientes e a fornecedores, cuja origem assentasse na falta de qualidade da matéria prima. Para além da elaboração dos planos de amostragem em questão, foram ainda expostas formas de melhorar o processo de controlo, como a aplicação do método Analytical Hierarchy Process (AHP) para na fase de classificação de fornecedores.

Considera-se que através das ações propostas e planeadas no decorrer deste projeto, a Lifial conseguirá proceder, com sucesso, à implementação de um sistema de controlo de qualidade à receção de matéria prima, com base num plano de aceitação por amostragem, sendo expectável uma diminuição do número de reclamações por parte dos clientes, cuja origem assente na ausência de um controlo de qualidade da matéria prima.

keywords

Quality Control, Raw Material, Quality Management System, ISO 9001:2015, AHP, Acceptance Sampling Plan.

abstract

This document was prepared during a curricular internship at Lifial – Indústria Metalúrgica de Águeda, with the main objective of implementing a quality control in the reception of raw material. Despite the fact that Lifial's Quality Management System is currently certified according to the ISO 9001:2015, the organization continues to be very limited when it comes to the raw material inspection process. In order to achieve the proposed objective, the needs of the organization were analysed, based on the complaints from the customers and to the suppliers, whose origins were traced to the lack of quality in the raw material. Besides the elaboration of the sampling plans in question, new ways of improving the control process were exposed, such as the application of the Analytical Hierarchy Process (AHP) in the supplier classification phase. Through the proposed and planned actions that took place throughout this project, Lifial is expected to successfully implement a quality control system in the reception of raw material, based on an acceptance sampling plan. A decrease of customer complaints is expected, whose origin is based on the absence of quality control of the raw material.

Índice

1. Introdução	1
1.1. Enquadramento do Projeto	1
1.2. Apresentação da Empresa	2
1.2.1. Organização Interna	5
1.2.2. Processo de Fabrico	6
1.3. Empresa certificada de acordo com a Norma ISO 9001:2015	7
1.3.1. Departamento da Qualidade e Ambiente	7
1.4. Objetivo	8
1.5. Metodologia	8
1.6. Organização do Relatório de Projeto.....	9
2. Gestão e Controlo da Qualidade	10
2.1. Qualidade e Gestão da Qualidade.....	10
2.2. Sistemas de Gestão da Qualidade.....	11
2.2.1. Família de Normas ISO 9000 e Norma NP EN ISO 9001:2015	11
2.2.1.1. Abordagem por processos	13
2.2.1.2. Ciclo PDCA (<i>Plan-Do-Check-Act</i>)	14
2.2.1.3. Pensamento baseado em risco	16
2.2.2. Certificação	16
2.3. Controlo à Receção	17
2.3.1. Controlo por Amostragem.....	18
2.3.1.1. Controlo por Amostragem – Atributos.....	20
2.3.1.1.1. Amostragem Simples	20
2.3.1.1.2. Amostragem Dupla	22
2.3.1.2. Controlo por Amostragem – Variáveis	24
2.3.1.2.1. Variabilidade desconhecida – especificação com dois limites	24
2.3.1.2.2. Variabilidade conhecida – especificação com dois limites	25
2.4. Classificação de Fornecedores - <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP).....	28
3. Implementação de um Sistema de Controlo de Qualidade através de um Plano de Aceitação por Amostragem à Receção de Matéria Prima	33
3.1. Situação Atual	33
3.2. Proposta para a Implementação de um Controlo de Qualidade à Receção de Matéria Prima.....	35
3.2.1. Matéria Prima.....	35
3.2.2. Análise de Reclamações.....	36
3.2.3. Classificação de Fornecedores	38

3.2.3.1. Situação Atual	38
3.2.3.2. Proposta para Situação Futura – Método AHP	39
3.2.4. Planos de Aceitação por Amostragem	42
3.2.5. Fichas de Registo para o Controlo de Qualidade	55
3.3. Avaliação das ações propostas	58
4. Conclusões e Trabalho Futuro	60
5. Bibliografia	62
6. Anexos	66
6.1. Letras código para o tamanho da amostra	66
6.2. Planos de Amostragem Simples para Inspeção Normal	67
6.3. Planos de Amostragem Duplos para Inspeção Normal	68
6.4. Planos de Amostragem baseados na Variabilidade Desconhecida.....	69
6.5. Estimação da percentagem de não conformes no lote (método do desvio padrão)	70
6.6. Valores de constantes para a elaboração de gráficos de controlo por variáveis	72
6.7. Planos de Amostragem baseados na Variabilidade Conhecida	73
6.8. Estimação da percentagem de não conformes no lote (variabilidade conhecida)	74
6.9. Normalização e cálculo da consistência das comparações	75
6.10. Plano de Amostragem Dupla para Inspeção Normal – Folha 2 Excel.....	76
6.11. Plano de Amostragem Dupla para Inspeção Reduzida – Folha 3 Excel.....	77
6.12. Plano de Amostragem Dupla para Inspeção Reforçada – Folha 4 Excel.....	78

Índice de Figuras

Figura 1 - Mapa de Processos da Lifial.....	4
Figura 2 - Equipa de Liderança do Grupo NORMA (2020)	5
Figura 3 - Organograma da Lifial (2020).....	5
Figura 4 - Fluxograma Geral do Processo de Fabrico.....	6
Figura 5 - Ciclo PDCA.....	14
Figura 6 - Princípio de um plano de amostragem simples	21
Figura 7 - Princípio de um plano de amostragem dupla.....	23
Figura 8 - Representação Hierárquica do AHP.....	29
Figura 9 - Fluxograma do Processo de Inspeção à Receção de Matéria Prima atual	34
Figura 10 - Folha 1 do Excel do Plano de Amostragem Dupla para Inspeção Normal - Letra Código	43
Figura 11 - Nível de Inspeção - Folha 1 do Excel do Plano de Amostragem Dupla para Inspeção Normal - Letra Código	44
Figura 12 - Dimensão do Lote e NQA - Folha 1 do Excel do Plano de Amostragem Dupla para Inspeção Normal - Letra Código.....	44
Figura 13 – Dimensão das Amostras e Critérios de Aceitação e de Rejeição - Folha 2 Excel do Plano de Amostragem Dupla para Inspeção Normal	44
Figura 14 - Fluxograma do Processo de Inspeção à Receção de Matéria Prima proposto.....	46
Figura 15 - Bobines de chapa (Lifial)	47
Figura 16 - Secção de chapa retirada de uma das bobines	47
Figura 17 - Desenho Técnico Abraçadeira Lifial.....	48
Figura 18 - Desenho Técnico Parafuso Lifial	49
Figura 19 – Taco Roscado.....	51
Figura 20 - Desenho Técnico Taco Furado Lifial	51
Figura 21 - Patilha.....	52
Figura 22 - Desenho Técnico Patilha Lifial	53
Figura 23 - Varão	54
Figura 24 - Desenho Técnico Varão Roscado Lifial.....	54
Figura 25 - Defeitos verificados nas caixas de cartão	55
Figura 26 - Ficha de Registo para o Controlo de Qualidade	56
Figura 27 - Ficha de Registo para o Controlo de Qualidade – Seleção do Nível de Inspeção.....	56
Figura 28 - Ficha de Registo para o Controlo de Qualidade - Seleção da Matéria Prima.....	56
Figura 29 - Ficha de Registo para o Controlo de Qualidade - Seleção do Fornecedor	57

Figura 30 - Ficha de Registo para o Controlo de Qualidade - Informação Plano de Amostragem..	57
Figura 31 - Ficha de Registo para o Controlo de Qualidade - Exemplo lote aceite	57
Figura 32 - Ficha de Registo para o Controlo de Qualidade - Exemplo necessidade de 2ª amostra.	58
Figura 33 - Ficha de Registo para o Controlo de Qualidade - Exemplo lote rejeitado	58

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Valores resultantes da equação da CCO	22
Tabela 2 - Valores medidos, média e desvio padrão	25
Tabela 3 - Valores medidos e média	27
Tabela 4 - Escala de pontuação para comparação (Escala Fundamental de Saaty)	30
Tabela 5 - Matriz de comparação	30
Tabela 6 - Valores tabelados para o índice de consistência aleatória (RI).....	31
Tabela 7 - Parâmetros a controlar para cada tipo de matéria prima	35
Tabela 8 - Análise da origem das reclamações de clientes	36
Tabela 9 - Análise das reclamações de clientes com origem na matéria prima	36
Tabela 10 - Análise da origem das reclamações a fornecedores	37
Tabela 11 - Análise das reclamações a fornecedores com origem na matéria prima.....	37
Tabela 12 - Critérios para a avaliação de fornecedores.....	38
Tabela 13 - Correspondência entre a pontuação obtida e a classe do fornecedor	38
Tabela 14 - Correspondência entre a classe do fornecedor e o nível de inspeção.....	39
Tabela 15 - Matriz de comparação de critérios	39
Tabela 16 - Matriz de comparação de critérios normalizada	40
Tabela 17 - Cálculo do autovetor principal da matriz de comparação de critérios	40
Tabela 18 - Cálculos para a avaliação da consistência das comparações.....	40
Tabela 19 - Matriz de comparação de fornecedores.....	41
Tabela 20 - Resultados das matrizes de comparação de critérios e de fornecedores, com respetivos CI e CR.....	42
Tabela 21 - Pontuações finais de cada fornecedor ordenadas	42
Tabela 22 - Atributos para controlo de qualidade da chapa	48
Tabela 23 - Critérios de Aceitação e Rejeição – Exemplo chapa.....	49
Tabela 24 - Atributos para controlo de qualidade do parafuso	50
Tabela 25 - Critérios de Aceitação e Rejeição – Exemplo parafuso	50
Tabela 26 - Atributos para controlo de qualidade do taco.....	52
Tabela 27 - Atributos para controlo de qualidade da patilha.....	53
Tabela 28 - Atributos para controlo de qualidade do varão roscado	54

Índice de Gráficos

Gráfico 1 - CCO de um plano de amostragem simples	22
---	----

Abreviaturas

SGQ – Sistema de Gestão da Qualidade

AHP – *Analytical Hierarchy Process*

CCO – Curva Característica de Operação

NQA – Nível de Qualidade Aceitável

LNQ – Limite do Nível de Qualidade

LSC – Limite Superior de Controlo

LC – Limite Central

LIC – Limite Inferior de Controlo

1. Introdução

1.1. Enquadramento do Projeto

Atualmente, tendo em conta o constante desenvolvimento e aumento das exigências do mercado, existe, cada vez mais, uma necessidade de adaptação por parte das organizações a estas alterações. Posto isto, é necessário garantir e assegurar elevados níveis de qualidade, de forma a corresponder às expectativas do cliente. Estes níveis de qualidade devem estar refletidos desde a receção da matéria prima, até à entrega do produto no cliente final, passando ainda pelos fornecedores e serviço pós-venda prestado. Desta forma, a gestão dos elementos relacionados com a qualidade torna-se crucial para o sucesso das empresas.

Neste sentido, e derivado desta necessidade, surgiram normas internacionais que contemplam requisitos relacionados com a implementação, desenvolvimento, avaliação e manutenção de Sistemas de Gestão da Qualidade (SGQ), nomeadamente a família de normas ISO 9000. Estas normas permitem dar resposta às diferentes necessidades em diversas áreas, como, por exemplo, na relação cliente/fornecedor, nos mercados concorrentes e nas alterações a nível tecnológico e social, de forma a integrar todas as informações que fluem na organização. Os requisitos que constituem as normas são utilizados para demonstrar a capacidade por parte da organização de fornecer produtos e/ou serviços de acordo com determinados padrões de qualidade, indo ao encontro dos requisitos do cliente. Dentro desta família, é de destacar a norma ISO 9001, que adota uma abordagem por processos, incorporando sete princípios de gestão da qualidade, nomeadamente o foco no cliente, a liderança, a abordagem por processos, o comprometimento das pessoas, a melhoria, a tomada de decisão baseada em evidências e a gestão das relações (ISO 9000:2015).

O ponto de partida para o desenvolvimento deste projeto, foi a análise do requisito 8.4. da Norma ISO 9001:2015, referente ao “Controlo dos processos, produtos e serviços de fornecedores externos”. Este requisito expõe que a organização deve garantir o controlo dos processos subcontratados, abrangendo todas as formas de fornecimentos externos, como a compra a um fornecedor, um acordo com uma empresa externa ou o *outsourcing* de processos e funções da organização. Pela ISO 9001:2015, “a organização deve determinar os controlos a aplicar a processos, produtos e serviços de fornecedores externos quando os produtos e serviços de fornecedores externos se destinam a ser incorporados nos próprios produtos e serviços da organização”. Assim, é necessário garantir que os processos, produtos e serviços que são fornecidos externamente atendem aos requisitos especificados pela organização.

Após esta análise, tornou-se evidente que o controlo de qualidade existente atualmente na Lifial, no que diz respeito à receção de matéria prima por parte de fornecedores externos, é muito limitado e,

na maior parte das vezes, inexistente. Neste sentido, foi definido como principal objetivo do presente projeto, a elaboração de uma proposta para a implementação de um controlo de qualidade no momento da receção de matéria prima.

1.2. Apresentação da Empresa

O Grupo NORMA é uma multinacional que opera uma rede global de 30 instalações fabris, com cerca de 8.900 funcionários, bem como inúmeros sites de vendas e distribuição na Europa, Américas e Ásia-Pacífico. Dedicar-se ao fabrico de uma ampla gama de soluções de conexão inovadoras e tecnologia de gestão de água, oferecendo mais de 40.000 produtos para clientes em 100 países. O Grupo NORMA apoia os seus clientes e parceiros de negócios a reagir perante desafios globais, como as mudanças climáticas e a crescente escassez de recursos. Os produtos do Grupo NORMA podem ser encontrados em automóveis, comboios, navios, aviões, edifícios e sistemas de gestão de água, assim como em aplicações para a indústria farmacêutica e de biotecnologia.

A Lifial – Indústria Metalúrgica de Águeda, Lda., líder de mercado no fabrico de abraçadeiras metálicas, foi adquirida pelo Grupo NORMA e está em fase de integração no mesmo desde janeiro de 2017. O seu portfólio inclui abraçadeiras para serviços pesados, abraçadeiras de suporte de tubo e abraçadeiras de parafuso em U para montagem de antenas e módulos solares. A empresa emprega atualmente cerca de 175 pessoas e vende os seus produtos de marca registada diretamente e através de distribuidores para uma ampla gama de clientes na Europa e no norte de África.

A filosofia global orientada pelo Grupo NORMA tem como objetivo oferecer soluções inovadoras, económicas e abrangentes, disponibilizando aos seus clientes produtos de qualidade. Para atingir esses objetivos, o Grupo NORMA introduziu um sistema de gestão da qualidade orientado de acordo com a ISO 9001:2015 para os locais de produção com vista a descrever e controlar os processos da empresa. A Lifial conta com um sistema de gestão da qualidade autónomo enquadrado no sistema de gestão global do grupo.

As principais atividades desenvolvidas pela organização são a industrialização, produção e comercialização de elementos de aperto e fixação como, por exemplo, abraçadeiras metálicas, abarcones, grampos para estruturas e artigos similares.

Os elementos chave do sistema de gestão da Lifial, representado na Figura 1, são os processos de negócio, sendo que estes estão divididos em processos de gestão, processos principais e processos de suporte.

Os Processos de Gestão (M1) direcionam o curso de ação através dos indicadores do processo com o objetivo constante de melhoria contínua e de fornecer os recursos necessários. Para a análise dos

processos, está definido um conjunto de indicadores que permitem avaliar a satisfação dos clientes e dos funcionários, sustentabilidade, o desenvolvimento de negócio financeiro, entre outros. A revisão regular e anual providencia a comparação entre o objetivo e o estado atual e é a base para o planeamento a curto, médio e longo prazo, o que contribui para a melhoria contínua do processo.

Nos Processos Principais estão incluídos:

- Processo de Compras e Avaliação de Fornecedores (COP 1): O Departamento de Compras seleciona os fornecedores mais adequados e funciona em articulação com o Departamento da Qualidade. O Departamento de Compras seleciona fornecedores locais, após consulta com o Departamento de Compras do Grupo NORMA. Estão definidos os critérios específicos para avaliação, seleção, monitorização do desempenho e reavaliação de fornecedores externos com base na respetiva capacidade para fornecer processos ou produtos e/ou serviços de acordo com os requisitos estabelecidos.
- Processo Comercial (COP2): A Lifial fornece, de forma cooperativa, um serviço completo aos seus clientes durante todo o processo – desde a industrialização à produção em série (o Design e Desenvolvimento de novos produtos são da responsabilidade do Grupo NORMA). As equipas de coordenação de clientes dão um suporte relevante ao longo de todo o processo e são a base para a competitividade no mercado. No âmbito deste processo, existe um esforço significativo para assegurar respostas rápidas e assistência aos requisitos dos clientes.
- Processo de Produção (COP 3): Os clientes da Lifial beneficiam de uma produção com grande flexibilidade no fabrico de soluções específicas, embalagens especiais e soluções de transporte. A diversidade do equipamento de produção e a aproximação efetiva com os clientes ajudam a satisfazer rapidamente os pedidos de fabricação. Os investimentos constantes permitem uma produção autónoma, adaptável e altamente flexível.

Dos Processos de Suporte fazem parte:

- Processo da Qualidade (S1): A Lifial possui um Departamento da Qualidade e Ambiente. O representante de gestão de topo para a qualidade (Diretor Geral) e as suas equipas aconselham e apoiam os colaboradores sobre assuntos relacionados com a qualidade. São realizadas auditorias ao Sistema de Gestão da Qualidade, por auditores qualificados para o efeito, assegurando a eficácia do mesmo e a melhoria contínua do seu desempenho.
- Processo de Gestão Ambiental (S2): O responsável pelo Departamento da Qualidade e Ambiente é responsável pela manutenção e melhoria do sistema de Gestão Ambiental e, ainda, por fornecer consultoria especializada em todas as áreas da empresa de forma a garantir a conformidade de todos os aspetos ambientais.

O Modelo de Processos da Lifial está representado na Figura 1.

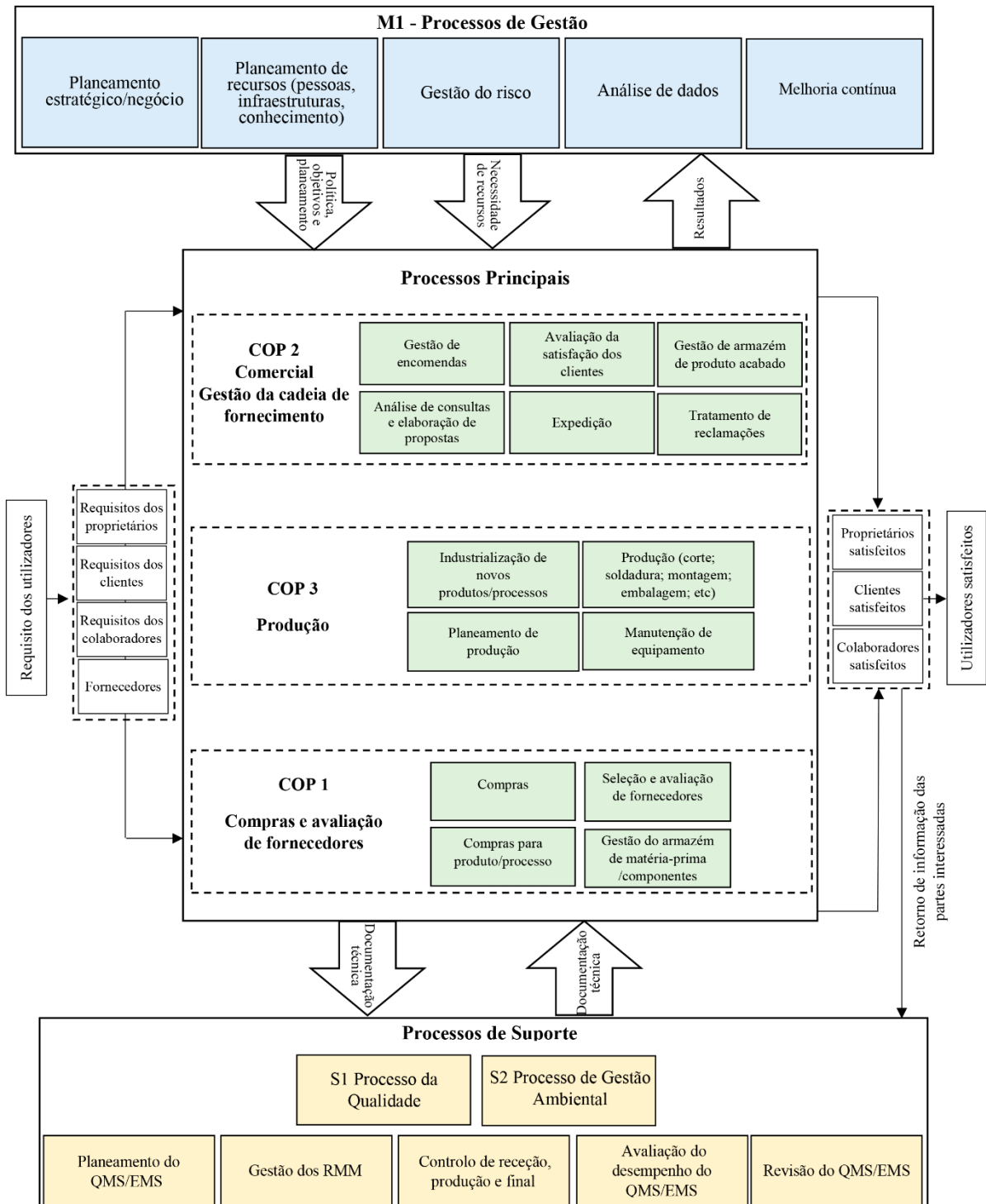


Figura 1 - Mapa de Processos da Lifial

1.2.1. Organização Interna

A Equipa de Liderança do Grupo NORMA está representada, de forma esquemática, na Figura 2.

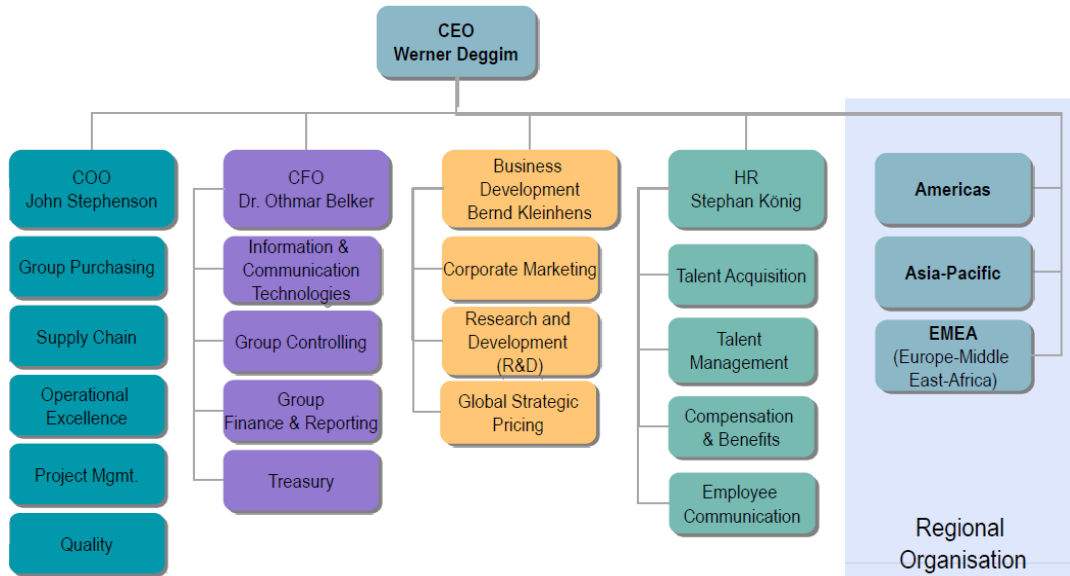


Figura 2 - Equipa de Liderança do Grupo NORMA (2020)

O Grupo NORMA possui uma organização matricial. Alguns funcionários do Grupo NORMA também estão a trabalhar em empresas locais, dando suporte remoto para outros locais, dependendo das necessidades e tarefas.

A Figura 3 mostra o organograma atual da Lifial.

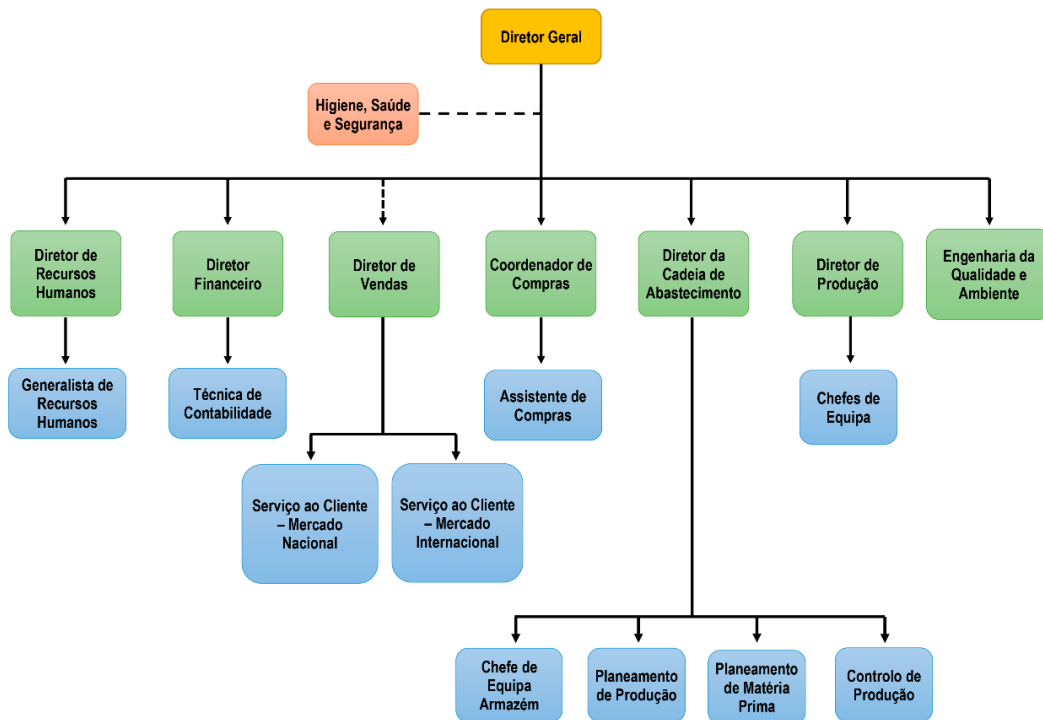


Figura 3 - Organograma da Lifial (2020)

1.2.2. Processo de Fabrico

Relativamente ao processo de fabrico da organização, este varia consoante o produto a fabricar. No entanto, de forma geral, este decorre da seguinte forma (Figura 4): i) a matéria-prima é rececionada no armazém e é dada entrada da quantidade para o *stock* no ERP da empresa (PHC); ii) no momento da produção, o material pode passar por diversos processos como corte, soldadura, zincagem e estampagem, por exemplo; iii) na fase seguinte, na secção de montagem, é feita a junção dos diversos componentes da abraçadeira; iv) por último, o produto é embalado, rotulado e encontra-se pronto para o envio.

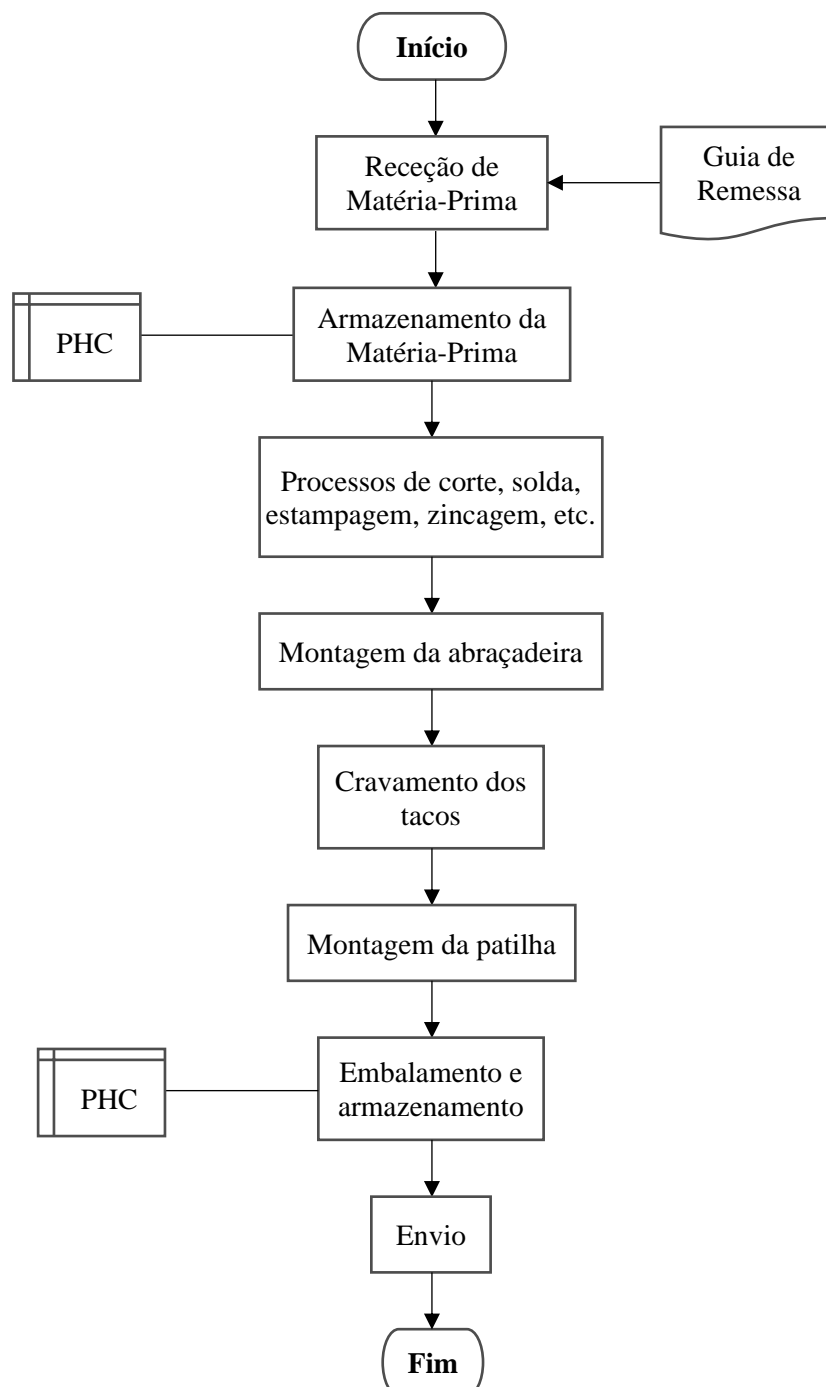


Figura 4 - Fluxograma Geral do Processo de Fabrico

1.3. Empresa certificada de acordo com a Norma ISO 9001:2015

A Lifial certificou o seu Sistema de Gestão da Qualidade de acordo com os requisitos da Norma ISO 9001:2015 em novembro de 2018. Em novembro de 2019, passou por uma auditoria de acompanhamento e em 2020 passará por uma de recertificação.

1.3.1. Departamento da Qualidade e Ambiente

O Departamento da Qualidade e Ambiente tem como principais funções manter, desenvolver e melhorar o desempenho dos Sistemas de Gestão da Qualidade e do Ambiente em cooperação com todas as outras funções da empresa, de forma a assegurar o cumprimento dos requisitos das Normas ISO 9001:2015 e 14001:2015, coordenar o controlo de qualidade de matéria prima e de produto acabado, assegurar o tratamento de reclamações de clientes e a fornecedores, investigando as causas das não conformidades e posterior avaliação, aprovação e acompanhamento da implementação de ações corretivas e preventivas.

Derivado da crescente preocupação com a qualidade, meio ambiente e satisfação dos clientes, a Lifial implementou um Sistema de Gestão da Qualidade baseado na Norma ISO 9001:2015 e um Sistema de Gestão Ambiental de acordo com a Norma ISO 14001:2015, estando ambos atualmente certificados de acordo com as duas normas referidas.

A qualidade é uma das palavras chave na Lifial e, tendo como referência as orientações e os objetivos estratégicos vinculados pelo Grupo NORMA, é colocado um grande esforço na melhoria da qualidade, promovendo este princípio numa base diária em todos os aspetos do negócio.

Desta forma, a política da qualidade da Lifial pretende assegurar:

- Mentalidade falha zero – Compromisso de garantir falha mínima nos processos de produção e negócio;
- Perspetiva do cliente – Foco na satisfação do cliente e no fornecimento de produtos de alta qualidade. Corresponder às expectativas dos clientes, oferecendo uma gama alargada de produtos e flexibilidade;
- Melhoria Contínua – Compromisso de assegurar melhorias através dos sistemas da Norma, começando pela *Norma Production System* até ao *Norma Business System*, e através dos requisitos do Sistema de Gestão da Qualidade;
- *Compliance/Conformidade* – Cumprimento com os requisitos legais e estatutários e foco em atingir os *standards* aplicáveis e relevantes de acordo com a respetiva atividade de negócio;

- Tomada de decisão baseada em evidências – Compromisso de conduzir os negócios a todos os níveis, vigiando e agindo diariamente de acordo com os indicadores definidos. Monitorização dos processos e garantia da eficácia das ações;
- Tecnologia – Investimento na melhoria contínua dos processos, respeitando os requisitos da qualidade, meio ambiente e segurança.

Com esta política da qualidade, a Lifial está determinada a cumprir com todos os processos de trabalho e atividades de acordo com o seu Sistema de Gestão da Qualidade.

1.4. Objetivo

O principal objetivo deste projeto é a implementação de um sistema de controlo de qualidade na receção de matéria prima, através de um plano de aceitação por amostragem.

Desta forma, é pretendido assegurar e melhorar os níveis de qualidade, não só do produto final, como também dos fornecedores a quem a empresa está associada. É ainda expectável uma diminuição acentuada do número de reclamações de clientes cuja origem assente na falta de controlo de qualidade no momento da receção da matéria prima.

Pretende-se também que, futuramente, seja possível alargar este modelo de inspeção ao armazém principal, onde são rececionadas mercadorias, isto é, componentes de peças para montagem ou produtos acabados enviados diretamente ao cliente final, e em que a Lifial funciona apenas como um intermediário.

1.5. Metodologia

De forma a atingir o objetivo proposto, numa primeira fase obteve-se uma listagem que contemplou todas as matérias primas, analisando quais os tipos e quantidades que chegam à Lifial. Após este estudo, a matéria prima foi agrupada por “tipo” (ex: parafusos, varões, chapa, patilhas, etc.) e foram definidos quais os “tipos” que seriam sujeitos ao controlo de qualidade.

Paralelamente, foi feita uma análise às reclamações recebidas por parte dos clientes e a fornecedores, com o objetivo de determinar casos em que a origem das mesmas tivesse tido relação com a falta de controlo da matéria prima. Desta forma, foi possível ter uma perceção do impacto que a implementação de um sistema de controlo de qualidade na receção de matéria prima pode ter no número de reclamações recebidas e efetuadas.

Posteriormente à fase de recolha e análise de dados, contruiu-se o plano de aceitação por amostragem. Analisou-se também o método utilizado para a avaliação e classificação dos fornecedores. Esta classificação coloca os fornecedores em diferentes classes (A, B ou C), de forma a fazer corresponder

cada classe ao nível de controlo necessário para os fornecedores que a integram (reduzido, normal ou reforçado). Partindo deste procedimento, é proposto um método alternativo com vista a melhorar o processo de classificação de fornecedores: o método *Analytical Hierarchy Process* (AHP).

De forma a ir ao encontro da gestão documental do Sistema de Gestão da Qualidade da empresa, foi criada uma ficha de registo para a documentação e monitorização do processo.

Procurou-se, por fim, avaliar os impactos que decorreriam da implementação das ações propostas, bem como a eventual necessidade de introdução de melhorias no futuro, tendo por base uma estimativa das reclamações de clientes e a fornecedores.

1.6. Organização do Relatório de Projeto

O presente relatório está organizado em quatro capítulos principais. O primeiro capítulo tem como objetivo contextualizar e especificar o problema e a motivação para o projeto, fazendo uma apresentação geral da empresa, assim como do departamento, e apresentando o objetivo e a metodologia para o seu desenvolvimento.

O segundo capítulo expõe o tema da Gestão da Qualidade, criando assim uma base teórica para o projeto. Aqui, são mencionados tópicos como a família de normas ISO 9000 e a norma ISO 9001:2015, incluindo uma breve exposição dos seus requisitos. Posteriormente, é abordado o conceito de controlo de receção, nomeadamente as noções de controlo por amostragem, plano de aceitação e amostragem por atributos e variáveis. É ainda exposto o funcionamento do método *Analytical Hierarchy Process* (AHP), para a classificação e seleção de fornecedores.

No terceiro capítulo é descrita e analisada a situação da Lifial (processo de controlo à receção atual), sendo identificados os problemas e as necessidades existentes. Neste capítulo, para além da apresentação da proposta de implementação de controlo de qualidade à receção, assim como dos planos de amostragem elaborados para o efeito, é ainda apresentada a análise realizada às reclamações por parte de clientes e a fornecedores e uma proposta para o processo de classificação de fornecedores, tendo por base o método AHP.

Por último, o quarto capítulo apresenta as principais conclusões obtidas com a realização do projeto e algumas sugestões para trabalhos futuros.

2. Gestão e Controlo da Qualidade

2.1. Qualidade e Gestão da Qualidade

Numa tentativa de alcançar um posicionamento competitivo no mercado global, diversas abordagens de gestão têm sido estudadas e adotadas por variados tipos de organizações. Contudo, os conceitos de qualidade e gestão da qualidade foram aqueles que mais se destacaram. A norma ISO 9000:2015 refere que “Uma organização focada na qualidade promove uma cultura que se traduz em comportamentos, atitudes, atividades e processos que proporcionam valor ao satisfazer as necessidades e as expectativas dos clientes e de outras partes interessadas relevantes”. Nesta introdução feita ao conceito de qualidade, é ainda mencionado que esta assenta na capacidade da organização satisfazer as necessidades dos clientes e de ir ao encontro dos requisitos estabelecidos pelas partes interessadas.

O conceito de gestão da qualidade traduz-se num conjunto de princípios orientadores, apoiados por uma série de práticas e técnicas, com vista a representar a base de melhoria contínua de uma organização (Kharub & Sharma, 2018). Esta abordagem à gestão foi desenhada para apoiar as organizações na obtenção de um melhor desempenho, na melhoria contínua dos seus processos e no aumento da qualidade dos produtos e serviços (Ma, Zhang, & Yin, 2020).

De acordo com Arumugam, Ooi, & Fong (n.d.), os conceitos de liderança e de gestão da qualidade relacionam-se profundamente, na medida em que não é possível desejar a mudança sem o envolvimento da gestão de topo. O seu comprometimento desempenha um papel imprescindível na implementação de práticas de gestão da qualidade, na definição de objetivos e, sobretudo, no envolvimento dos colaboradores. O envolvimento dos colaboradores em atividades de gestão da empresa como tomada de decisões, planeamento e resolução de problemas, é recomendado no processo de implementação da gestão da qualidade.

A ISO 9000:2015 descreve sete princípios de gestão da qualidade, justificando a sua importância para a organização, nomeadamente:

- Foco no cliente: o sucesso da organização tem como base a confiança e comprometimento dos clientes e das partes interessadas. Desta forma, devem ser analisadas e aproveitadas as oportunidades que permitam à organização criar valor acrescentado para o cliente;
- Liderança: líderes dos diferentes níveis permitem à organização traçar estratégias e organizar recursos de forma a atingir os objetivos definidos;
- Comprometimento das pessoas: a envolvimento de pessoas comprometidas e competentes potencializa a criação de valor;

- Abordagem por processos: os processos interligados, com respostas expectáveis e consistentes, permitem a otimização da performance da organização;
- Melhoria: para o sucesso da organização é necessária a constante mudança e melhoria face às alterações do mercado;
- Tomada de decisão baseada em evidências: a tomada de decisão é sempre um processo de risco e incerteza. Assim sendo, a análise de evidências gera resultados mais objetivos.
- Gestão das relações: é fundamental a gestão e manutenção das relações com fornecedores e partes interessadas, uma vez que estes têm influência no desempenho da organização.

2.2. Sistemas de Gestão da Qualidade

Um sistema de gestão da qualidade pode ser definido como um conjunto de elementos interligados e integrados na organização de forma a ir ao encontro dos seus objetivos e da sua política da qualidade (Viriansky & Shaposhnikov, 2019). Quando funcional e corretamente estruturado pode levar à redução de custos e ao aumento da produtividade e da satisfação do cliente, conduzindo assim a uma vantagem competitiva da organização (Ma et al., 2020). Segundo a norma ISO 9001:2015, os requisitos especificados para a estruturação de um sistema de gestão da qualidade estão direcionados para que, através dos seus produtos e/ou serviços, a organização consiga atender às especificações do cliente (Aggelogiannopoulos, Drosinos, & Athanasopoulos, 2007).

O desenvolvimento de um sistema de gestão da qualidade surge, geralmente, da necessidade de dispor de um sistema único para toda a organização, de forma a prevenir erros, aumentar a eficiência e garantir que os requisitos e necessidades organizacionais são satisfeitos (Viriansky & Shaposhnikov, 2019). A estrutura e a implementação do sistema de uma determinada organização são influenciadas pelas necessidades e objetivos específicos desta, pelos produtos fornecidos, pelo processo de fabrico e pela dimensão da organização (Aggelogiannopoulos et al., 2007).

2.2.1. Família de Normas ISO 9000 e Norma NP EN ISO 9001:2015

No contexto organizacional, a qualidade costumava assentar na inspeção de produto acabado, antes da entrega ao cliente final. No entanto, atualmente, a definição de qualidade, na qual os princípios da ISO 9000 se baseiam, é constituída pelo conjunto de características de uma organização que sustentam a sua capacidade de satisfazer as necessidades e requisitos dos clientes. A família de normas ISO 9000 é constituída por ferramentas usadas para atingir um objetivo ou conjunto de objetivos e tem como meta a gestão da qualidade total com base na melhoria contínua (Eicher, 1997).

A ISO 9000:2015 prevê a documentação de todos os aspetos relacionados com os métodos de produção e procedimentos operacionais. Coloca ainda um grande foco em toda a atividade de gestão

que necessita de ser documentada e está projetada para reduzir as alterações nos fluxos produtivos, assim como para eliminar o desperdício (Kharub & Sharma, 2018).

A norma ISO 9001:2015 está inserida na família de normas ISO 9000, que é constituída por quatro normas principais:

- ISO 9000:2015 Sistemas de Gestão da Qualidade – Fundamentos e vocabulário;
- ISO 9001:2015 Sistemas de Gestão da Qualidade – Requisitos;
- ISO 9004:2018 Gestão do sucesso sustentado de uma organização – Uma abordagem da gestão da qualidade;
- ISO/TS 9002:2016 Sistemas de Gestão da Qualidade – diretrizes para aplicar a ISO 9001:2015.

Além destas, esta família integra ainda normas de suporte, documentos para orientação e relatórios técnicos. Apesar da ISO 9000 e da ISO 9002 servirem de suporte à implementação de um sistema de gestão da qualidade, apenas se pode obter a certificação do mesmo relativamente à ISO 9001 (Aggelogiannopoulos et al., 2007).

A norma ISO 9001:2015 inicia-se com um capítulo introdutório e com três cláusulas que incluem o seu objetivo e campo de aplicação, referências normativas e termos e definições.

Em seguida, é descrito detalhadamente um modelo para um sistema de gestão da qualidade, através de sete cláusulas:

- Contexto da Organização
- Liderança
- Planeamento
- Suporte
- Operacionalização
- Avaliação do desempenho
- Melhoria

Cada uma das cláusulas mencionadas faz referência a um conjunto de requisitos que devem ser implementados para que a organização tenha um SGQ elegível para certificação.

Começando pela cláusula “Contexto da Organização” esta integra os principais requisitos para o planeamento e implementação do sistema. Neste ponto, estão presentes requisitos relativos à análise do contexto da organização, análise das necessidades das partes interessadas e âmbito e objetivos do sistema. Por último, é referido o princípio da abordagem por processos.

A cláusula “Liderança” contém os requisitos relativos à forma como a gestão de topo deve demonstrar comprometimento total com a implementação e manutenção do sistema de gestão da qualidade.

De seguida, a cláusula “Planeamento” estabelece que organização deve fazer uma análise dos riscos e oportunidades e, com base nesse estudo, planear as ações a tomar no sentido de minimizar os riscos e potenciar as oportunidades. Deve ainda ser feito o planeamento relativamente aos objetivos que se pretende alcançar (referidos na cláusula “Contexto da Organização”).

Os requisitos relacionados com as atividades de suporte ao sistema de gestão da qualidade estão representados na cláusula “Suporte”, onde é referido que a organização deve dar o suporte necessário no que diz respeito aos recursos, como infraestruturas, materiais e recursos humanos, assim como equipamentos e a manutenção dos mesmos. É ainda neste ponto que é enfatizada a importância dos requisitos para a gestão da documentação.

A cláusula “Operacionalização” está diretamente ligada às atividades operacionais da organização, no que diz respeito ao planeamento, implementação e controlo dos processos necessários para atender aos requisitos do fornecimento do produto e/ou serviço.

A cláusula “Avaliação do Desempenho” inclui requisitos relativos à avaliação, monitorização e análise dos resultados do sistema. O resultado desta fase de avaliação crítica ao sistema será a proposta de ações de melhoria (ou ações corretivas).

Finalmente, a “Melhoria”, inclui os requisitos necessários ao tratamento e implementação das ações conducentes à melhoria contínua do sistema.

Esta norma combina a abordagem por processos com o ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) e o pensamento baseado em risco. Estes três conceitos constituem uma parte essencial da norma ISO 9001:2015.

2.2.1.1. Abordagem por processos

A norma ISO 9000:2015 define um “processo” como um conjunto de atividades interrelacionadas capazes de receber uma “entrada” (*input*) e transformá-la numa “saída” (*output*). Um SGQ é formado por um conjunto de processos que se relacionam entre si. Compreender os resultados que são devolvidos por estes processos, permite à organização monitorizar e otimizar o seu sistema e, consequentemente, o seu desempenho (Abuazza, Labib, & Savage, 2019).

A fim de aumentar a satisfação do cliente atendendo aos seus requisitos, esta norma promove a adoção de uma abordagem por processos no desenvolvimento, implementação e melhoria do sistema de gestão da qualidade (Chen & Cheng, 2012). Desta forma, devem ser estipulados os processos

fundamentais para o SGQ e definir de que forma estes se integram e se relacionam dentro da organização para que os objetivos desta possam ser sucessivamente alcançados (Samani, Ismail, Leman, & Zulkifli, 2019).

Uma das ferramentas mais utilizadas para desenvolver a abordagem por processos é a aplicação do ciclo PDCA.

2.2.1.2. Ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*)

O ciclo PDCA, também conhecido por ciclo de Deming, está diretamente associado com o princípio da abordagem por processos. Este método foi desenvolvido por Walter Shewhart e popularizado pelo Dr. William Edward Deming (Habibie et al., n.d.).

O ciclo PDCA visa prevenir a repetição de erros, através da criação de padrões. A sua utilização está diretamente relacionada com a melhoria contínua dos processos ou produtos (Kurniawan, Andrianto Susilo, Hardi Purba, & Aisyah, n.d.). Assim, permite à organização, não só assegurar que todos os recursos são providenciados e geridos de forma adequada, como também garantir que as oportunidades de melhoria são identificadas e analisadas (Habibie et al., n.d.).

Este ciclo está dividido em quatro fases (Figura 5): planeamento (*plan*), execução (*do*), verificação (*check*) e ação (*act*). A fase de planeamento procura analisar a situação atual, definir objetivos e metas para a melhoria e estabelecer ações para atingir esses objetivos; a segunda fase remete para a implementação das ações previamente projetadas; na etapa da verificação, são analisados os dados recolhidos na fase anterior, avaliando o impacto das ações na organização e identificando problemas; por último, na etapa final, são utilizados os resultados da fase de verificação, aplicando as melhorias na organização (Huang & Wongthai, 2019).

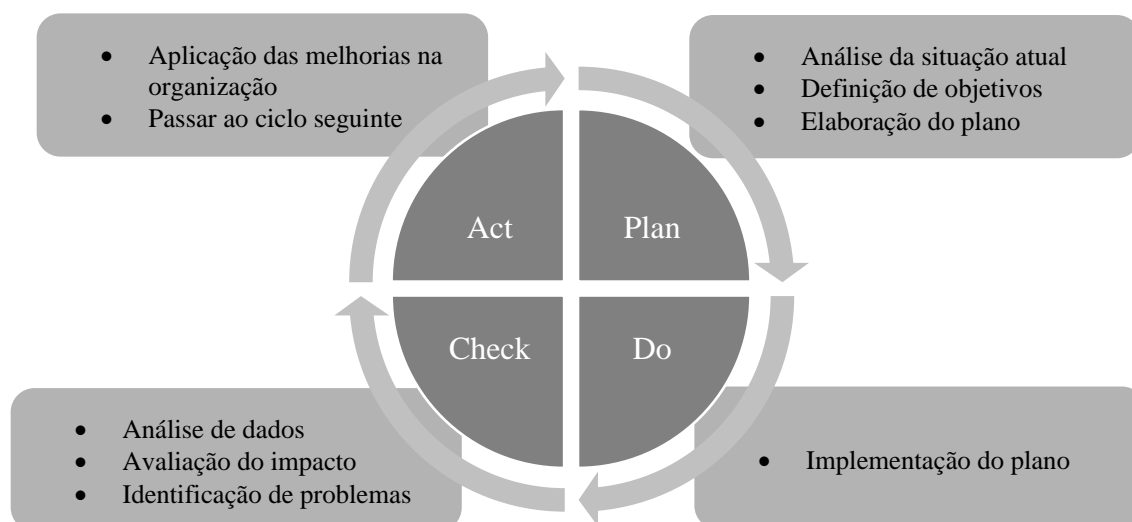


Figura 5 - Ciclo PDCA

Fonte: Adaptado de Guo, Y., Gao, H., Cai, Z., Zhang, S., & Hu, F. (2019).

A análise da Figura 5, permite obter uma perceção gráfica do funcionamento cíclico do método PDCA, isto é, a fase de Planeamento incorpora os resultados da fase de Ação do ciclo anterior. Assim, dada esta análise sistemática para averiguar as causas raiz dos problemas e desenvolver possíveis soluções, é possível verificar a relação direta deste ciclo com a melhoria contínua (Guo, Gao, Cai, Zhang, & Hu, 2019).

a. Planear (*Plan*):

A ISO 9001:2015 refere que “a organização deve planear ações para tratar riscos e oportunidades; integrar e implementar as ações nos processos do seu sistema de gestão da qualidade; e avaliar a eficácia dessas ações”.

No “Planeamento” encontra-se chave do sucesso do ciclo, uma vez que é nesta fase que são definidos os indicadores e as metodologias a utilizar nas restantes etapas (Guo et al., 2019).

Nesta fase, a organização deve delinear não só a sua política e os seus objetivos, como também os planos de ações para que essas metas sejam alcançadas (Y. Chen & Li, n.d.). Além disso, é nesta etapa que ocorre a identificação e análise dos problemas na situação atual (Cousson et al., 2019).

b. Executar (*Do*):

De acordo com a ISO 9001:2015, esta fase tem como objetivo “implementar o que foi planeado”, ou seja, é o momento de colocar em prática as ações que foram definidas no planeamento, de acordo com os procedimentos e prazos definidos (Verde, Roca, & Pugliese, 2019).

Inicialmente, é necessário selecionar possíveis soluções para o problema em causa para posteriormente aprofundar as mais favoráveis. De seguida, surge o momento de efetivamente “Executar” as soluções escolhidas (Cousson et al., 2019). É importante também fazer um acompanhamento das ações de forma a garantir que estas são executadas conforme o planeado (Júnior & Broday, 2019).

c. Verificar (*Check*):

Nesta etapa, segundo a ISO 9001:2015, o objetivo é “monitorizar e medir os processos e os produtos e serviços resultantes por comparação com políticas, objetivos, requisitos e atividades planeadas”.

Na verificação, é necessário analisar a implementação e os seus efeitos e identificar desvios e problemas relativamente ao plano. Normalmente, este processo é realizado em duas fases: primeiro, verificar se o plano de ação foi rigorosamente implementado, resumir os pontos de sucesso e identificar as possíveis falhas; em segundo lugar, analisar os resultados da implementação (Y. Chen & Li, n.d.). O “antes” e o “depois” do processo são comparados e, caso os resultados não sejam os expectáveis, é necessário retornar à fase de Planeamento (Júnior & Broday, 2019).

d. Atuar (*Act*):

Nesta fase, a norma ISO 9001:2015 refere que é necessário “empreender ações para melhorar o desempenho”.

Esta etapa consiste na aplicação das práticas melhoradas e na formação de padrões de modo a facilitar a sua execução e consolidação dos resultados (Y. Chen & Li, n.d.). A padronização contribui para uma correta execução dos processos, quando conjugada com procedimentos bem definidos e formação das pessoas (Júnior & Broday, 2019).

Periodicamente, deve ser realizada uma verificação do sistema de forma a garantir que tudo decorre conforme o que foi planeado. Assim, sempre que existir necessidade, um novo ciclo pode ser iniciado. Esta possibilidade contribui para a melhoria contínua do processo (Verde et al., 2019).

2.2.1.3. Pensamento baseado em risco

A ISO 9001:2015 refere que “uma organização deve planear e implementar ações para tratar os riscos e as oportunidades”. Desta forma, são necessários mecanismos para identificar os potenciais riscos que podem afetar a organização e atuar sobre os mesmos, evitando consequências indesejadas e erros no sistema de gestão (Habibie & Basuki, n.d.).

Cada vez mais o pensamento baseado em risco (ou também conhecido como gestão de risco) é um conceito que integra a análise e gestão de riscos com o SGQ. Pode ser aplicado nos diversos tipos de organização, independentemente da sua dimensão e produtos (Samani et al., 2019). Tem vindo a ser implementado em diversas áreas de trabalho, principalmente na padronização dos processos (Habibie & Basuki, n.d.). Este pensamento ajuda na análise sistemática do SGQ e das suas ações, possibilitando a identificação de eventuais irregularidades em relação aos resultados desejados. Isto apoia no desenvolvimento de práticas para controlo preventivo e no levantamento de oportunidades benéficas para a organização (de Melo & de Medeiros, 2020).

Cada processo gera riscos e oportunidades e, por essa razão, devem ser planeadas e implementadas ações para lhes dar a resposta adequada. Assim, é importante que esta noção esteja presente na elaboração de políticas, objetivos e no planeamento estratégico (Samani et al., 2019).

2.2.2. Certificação

A certificação do SGQ de uma organização de acordo com os requisitos da norma ISO 9001:2015 tem como principal objetivo afirmar, de forma válida e objetiva, o reconhecimento do mesmo através de uma auditoria e inspeção. Esta certificação é aplicável a todos os tipos de organizações,

independentemente da sua dimensão, e pode ser altamente relevante no momento da tomada de decisão por parte dos consumidores (Wu & Jang, 2014).

As melhorias organizacionais e de processos que contribuem para o aumento da qualidade e satisfação dos clientes são as principais motivações internas das organizações que procuram alcançar a certificação ISO 9001. Estas melhorias conduzem a um melhor desempenho a nível económico e de posicionamento competitivo no mercado. As motivações externas passam essencialmente pela vantagem de introdução nos mercados, pela satisfação dos requisitos e necessidades dos consumidores e, sobretudo, por enaltecimento e elevar a imagem da empresa (Fonseca, Domingues, Machado, & Calderón, 2017).

Os principais benefícios provenientes da implementação e certificação de um SGQ de acordo com a ISO 9001 estão relacionados com a melhoria e padronização de procedimentos, com o aumento da satisfação dos clientes e dos seus trabalhadores, refletindo-se assim na sua produtividade, e com o aprimoramento da imagem organizacional, melhorando a sua presença no mercado. Desta forma, é gerada uma diminuição dos custos e, conseqüentemente, o aumento da margem de lucro (Santos & Millán, 2013).

No entanto, as organizações deparam-se com diversos obstáculos durante o processo que conduz à certificação: aumento da burocracia, documentação exaustiva, elevado custo de serviços de consultoria e de auditoria, tempo e recursos necessários e resistência à mudança dentro da organização (Boiral, 2011).

Atualmente, mais de um milhão de organizações por todo o mundo estão certificadas segundo os requisitos da norma ISO 9001. Embora esta certificação não seja uma garantia de qualidade, esta assegura consistência no processo de implementação de procedimentos e constitui uma oportunidade de melhoria para as organizações, assim como as conduz à melhoria contínua, a fim de obter a recertificação (Rybski, Jochem, & Homma, 2017).

2.3. Controlo à Receção

O controlo de qualidade é, naturalmente, mais eficaz quando implementado ao longo do processo em vez de ser implementado em lotes de produto acabado. No entanto, em situações em que lidamos com produtos e/ou serviços de fornecedores externos torna-se um desafio garantir os padrões de qualidade destes. Neste sentido, é muitas vezes fundamental a implementação de um controlo à receção.

Este tipo de controlo é efetuado em lotes de peças em que o seu processo de fabrico já se deu como terminado, em momentos como: receção no armazém, entrega de um fornecedor ou anteriormente à

próxima operação. Pode ser realizado com diversas intenções, tais como a tomada de decisão quanto à aceitação ou rejeição do lote, avaliação de um processo de fabrico ou avaliação da qualidade de um fornecedor (Duret & Pillet, 2009).

Como nem sempre a inspeção a 100% é possível ou necessária e de forma a executar este controlo de forma economicamente viável e eficaz, as organizações recorrem muitas vezes a um controlo por amostragem sobre o lote.

2.3.1. Controlo por Amostragem

O controlo por amostragem, tendo como base um plano de aceitação por amostragem apoiado por ferramentas estatísticas, consiste no processo de avaliação da qualidade de uma fração de produto presente num lote, com o objetivo de aceitar ou rejeitar esse lote (Duarte & Granjo, 2019a). Um plano de aceitação por amostragem é utilizado com o objetivo de melhorar o sistema de gestão, assegurar a qualidade, reduzir desperdícios, alargar a margem de lucro e satisfazer os requisitos dos consumidores (Balamurali, Aslam, Ahmad, & Jun, 2019).

Existem dois principais tipos de classificação para os planos de amostragem: por atributos e por variáveis. No caso de uma amostragem por atributos, as unidades analisadas são classificadas como conformes ou não conformes, relativamente a uma especificação. Por outro lado, no caso da amostragem por variáveis, os aspetos em causa são de carácter mensurável, numa escala contínua (Ramyamol & Kumar, 2019).

Estes dois tipos de planos são realizados, resumidamente, da seguinte forma (Gryna, 2001):

1. Amostragem por atributos: uma amostra aleatória é retirada de um lote e cada unidade é classificada como aceitável ou defeituosa. O número de unidades rejeitadas é comparado com o número de rejeições permitidas definido no plano e é tomada a decisão de aceitar ou rejeitar o lote.
2. Amostragem por variáveis: uma amostra aleatória é retirada de um lote e é feita, em cada unidade, uma medição de uma determinada característica. Os valores medidos são compilados numa estatística de amostragem (por exemplo, média da amostra) e o valor observado é comparado com o valor permitido definido no plano. Por fim, é tomada a decisão de aceitar ou rejeitar o lote.

Relativamente ao método de amostragem, segundo Duarte & Granjo (2019a), os planos podem ser:

1. simples, onde é utilizada apenas uma amostra para a tomada de decisão;
2. duplos, onde uma segunda amostra é inspecionada caso os resultados da primeira não sejam decisivos;

3. múltiplos, onde uma, duas ou várias amostras de pequena dimensão são inspecionadas até se obter uma decisão sobre a aceitação ou rejeição do lote.

Apesar de serem necessários alguns custos adicionais para o planeamento e implementação dos planos de amostragem, estes são cobertos pela redução de custos originada pela inspeção de apenas uma parte do lote em vez do lote completo. Desta forma, este tipo de controlo conduz a uma redução de custos, sendo esta uma das suas principais vantagens (Gryna, 2001).

No entanto, o controlo por amostragem apresenta o risco de uma amostra não refletir corretamente o estado do lote. Existe o risco de um lote “bom” ser rejeitado (risco do produtor - α) e o risco de um lote “mau” ser aceite (risco do consumidor - β) (Nadi, Gildeh, & Afshari, 2020). Estes riscos são, por sua vez, quantificados na curva de característica de operação (CCO).

A CCO é a representação gráfica da probabilidade de um lote ser aceite pelo plano de amostragem em relação à percentagem de unidades defeituosas presentes no lote. Ainda assim, nenhum plano de amostragem pode ser 100% confiável, sendo a situação ideal aquela em que a aceitação de lotes “bons” é mais provável do que a aceitação de lotes “maus”. Para o desenvolvimento da CCO é necessário determinar a probabilidade de aceitação de vários valores de quantidade recebida. Esta probabilidade de aceitação pode ser definida como a probabilidade do número de defeitos existentes na amostra ser menor ou igual ao valor de aceitação estipulado no plano de amostragem (Gryna, 2001).

Segundo Gryna (2001), para encontrar essa probabilidade de aceitação, podem ser utilizadas três distribuições, tais como: hipergeométrica, binomial e Poisson.

A ANSI/ASQ Z1.4 – *Sampling Procedures and Tables for Inspection by Attributes* e a ANSI/ASQ Z1.9 – *Sampling Procedures and Tables for Inspection by Variables for Percent Nonconforming* são duas normas que estabelecem planos e procedimentos de amostragem para a inspeção por atributos e por variáveis, respetivamente.

O Nível de Qualidade Aceitável (NQA) é definido pela ANSI/ASQ Z1.4 & Z1.9 (2003) como a percentagem máxima de unidades de defeituosos cujo valor, para propósitos de amostragem, seja considerado aceitável pelo consumidor como média do processo. Para a elaboração do plano de amostragem, o valor do NQA é acordado, previamente, entre o cliente e o fornecedor. Um Nível de Qualidade Aceitável não significa que uma determinada quantidade de produto não conforme seja aceite. O NQA apenas define que algum produto não conforme passará pelo sistema de controlo. A percentagem esperada de lotes aceites, normalmente, varia de 89% a 99%. A seleção pode ser feita entre 26 valores disponíveis de NQA compreendidos entre 0.010 e 1000. Se a inspeção for realizada em termos de percentagem de defeituosos, o NQA pode tomar valores de 0,01% até

10%. No caso de ser contabilizado o número de defeitos por 100 unidades, o NQA varia entre 0,01 e 1000 (Gryna, 2001).

O Limite do Nível de Qualidade (LNQ) é definido como a percentagem de unidades não conformes num lote para a qual, para fins de amostragem, o consumidor considera insatisfatória como média do processo (ANSI/ASQ Z1.4, 2003; ANSI/ASQ Z1.9, 2003)

Outro conceito relevante é o Nível de Inspeção. Segundo a ANSI/ASQ Z1.4 & Z1.9 (2003) existem três níveis: I (reduzido), II (normal) e III (reforçado). No caso de um controlo normal, é considerado que o lote apresenta uma qualidade média superior ao NQA definido. Nesse caso, se uma grande porção de lotes for rejeitada, isso significa que a qualidade desses lotes é inferior ao NQA e, conseqüentemente, deve passar-se ao controlo reforçado. Noutra cenário, em que está a ser realizado um controlo reforçado e a qualidade dos lotes é, em média, maior do que o NQA, então deve passar-se ao controlo normal. Por último, numa situação em que a qualidade média de uma grande porção de lotes apresenta um valor superior ao NQA num controlo normal, então torna-se viável passar ao controlo reduzido, possibilitando assim uma diminuição de custos. No caso de rejeição de um lote, retorna-se ao controlo normal (Duret & Pillet, 2009). O conceito de nível de inspeção permite ao utilizador equilibrar o custo da inspeção com a quantidade de proteção necessária (Gryna, 2001). Além destes três níveis gerais, existem ainda quatro níveis especiais (S1, S2, S3 e S4) para os casos em que a dimensão da amostra é muito reduzida (por exemplo, para ensaios destrutivos, que acarretam elevados riscos de amostragem) (ANSI/ASQ Z1.4, 2003; ANSI/ASQ Z1.9, 2003).

2.3.1.1. Controlo por Amostragem – Atributos

Existem diversos casos em que as características de qualidade não podem ser representadas de forma numérica, sendo que, em termos de inspeção, são consideradas como conformes ou não conformes. Este tipo de características qualitativas definem-se como atributos (Mahalingam & Balamurali, 2019).

2.3.1.1.1. Amostragem Simples

No caso da norma ANSI/ASQ Z1.4 (2003), para uma amostragem simples, o plano indica o número de unidades a inspecionar (tamanho da amostra). Se o número de unidades não conformes presentes na amostra for maior ou igual ao critério de rejeição definido, o lote é rejeitado; se o número de unidades não conformes for menor do que critério de rejeição definido, o lote é aceite.

A Figura 6 é uma esquematização do princípio da amostragem simples, considerando um lote de dimensão N , uma amostra de dimensão n com d peças defeituosas e um critério de rejeição R .

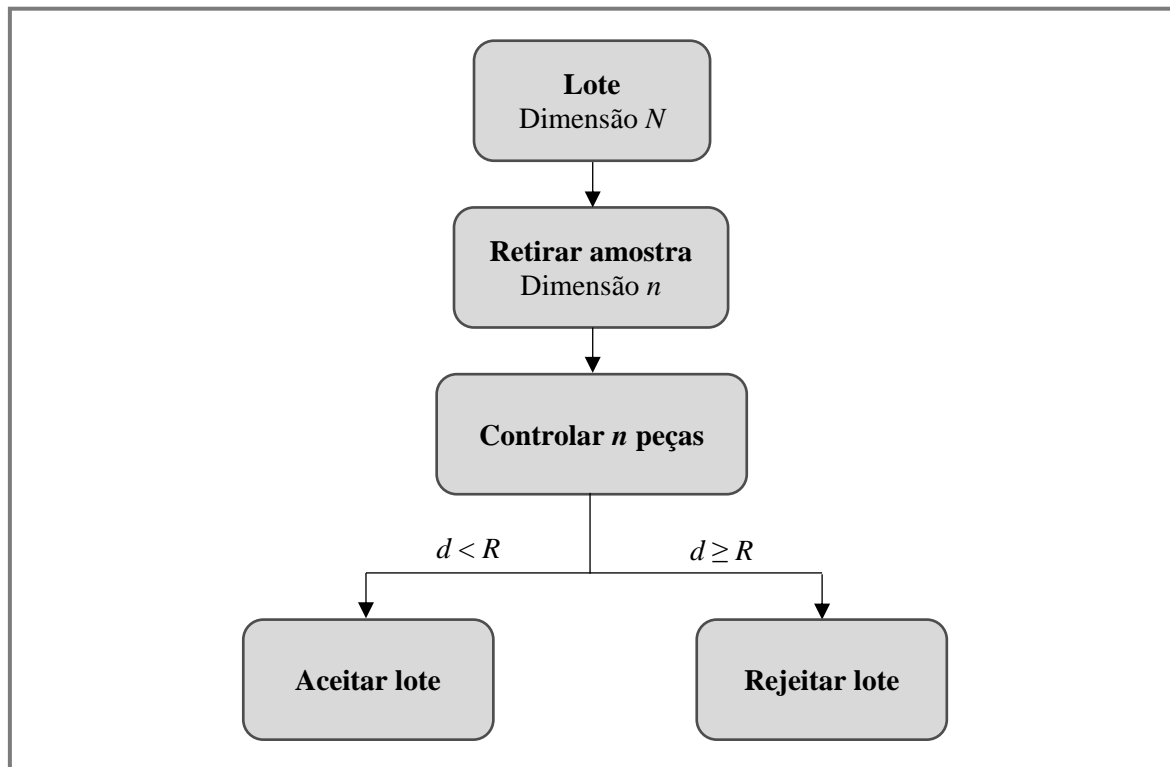


Figura 6 - Princípio de um plano de amostragem simples

Cada plano de amostragem tem associado uma única curva característica de operação (CCO), traduzida pela seguinte equação (Duret & Pillet, 2009):

$$P_A = \sum_{k=0}^{k=A} \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k} \quad \text{com} \quad \binom{n}{k} = \frac{n!}{k!(n-k)!}$$

Considerando o exemplo prático de um NQA de 0,65 e um lote com 2000 peças (N). Através da dimensão do lote e do nível de inspeção escolhido por defeito (II – normal), é possível apurar a letra código (ANEXO 6.1. Letras código para o tamanho da amostra). Com o apoio do ANEXO 6.2. Planos de Amostragem Simples para Inspeção Normal, a letra código K fornece diretamente a dimensão da amostra (125 peças) e, fazendo o cruzamento com o valor do NQA definido, são revelados os valores correspondentes ao critério de aceitação (2 peças) e ao critério de rejeição (3 peças). Por outras palavras, o lote em questão com uma proporção p de peças defeituosas, será aceite no caso de serem encontradas 0, 1 ou 2 peças não conformes entre as 125 que constituem a amostra. Então, para o exemplo em questão, $P_A = P_0 + P_1 + P_2$, de onde resultam os seguintes valores e respetiva CCO:

p	P_A
0,00%	1,000
0,44%	0,982
1,00%	0,869
2,00%	0,543
2,80%	0,317
3,50%	0,183
4,00%	0,120
5,00%	0,048
7,00%	0,006
10,00%	0,000

Tabela 1 - Valores resultantes da equação da CCO

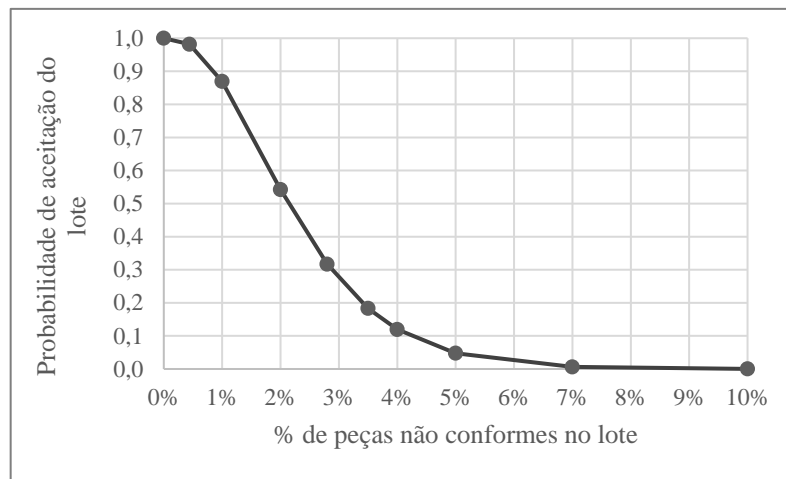


Gráfico 1 - CCO de um plano de amostragem simples

Através deste exemplo, é possível constatar a eficácia reduzida da amostragem simples por atributos, uma vez que foi selecionado um NQA relativamente baixo (0,65) e foi recolhida uma amostra com uma dimensão considerável (125 peças) e, ainda assim, um lote com 2% de não conformes apresenta apenas cerca de 54% de hipóteses de ser aceite.

2.3.1.1.2. Amostragem Dupla

A amostragem dupla por atributos é, geralmente, mais económica do que a amostragem simples, alcançando um mesmo nível de eficácia. Isto acontece porque, se o lote for “muito bom”, a aceitação é logo feita na primeira amostra (que tem uma dimensão inferior à que seria retirada no caso da amostragem simples). Caso contrário, se a primeira amostra se revelar “muito má”, o lote é logo rejeitado. No caso de ser necessária uma segunda amostra, a fiabilidade da amostragem também aumenta (Duret & Pillet, 2009).

Segundo Duarte & Granjo (2019b), um plano duplo de aceitação por amostragem de atributos pode ser representado através da seguinte função $F(n_1, A_1, R_1; n_2, A_2, R_2)$, onde:

- n_1 : tamanho da primeira amostra;
- n_2 : tamanho da segunda amostra;
- A_1 : número máximo de unidades não conformes na primeira amostra para aceitação do lote;
- A_2 : número máximo do total de unidades não conformes nas duas amostras para aceitação do lote;
- R_1 : número mínimo de unidades não conformes na primeira amostra para rejeição do lote;
- R_2 : número mínimo do total de unidades não conformes nas duas amostras para rejeição do lote.

Considerando ainda que a dimensão do lote é representada por N e que d_1 e d_2 representam o número de peças defeituosas na 1ª amostra e o número total de peças defeituosas nas duas amostras, respetivamente, o processo de controlo pode ser descrito através dos passos representados na Figura 7.

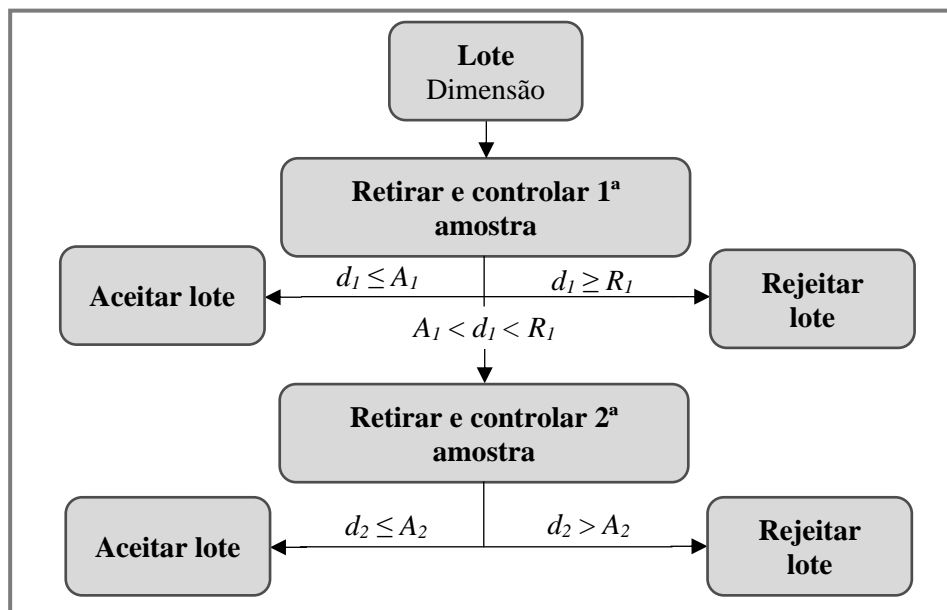


Figura 7 - Princípio de um plano de amostragem dupla

Considerando novamente o mesmo exemplo prático com um NQA de 0,65 e um lote com 2000 peças (N), para o caso da amostragem dupla, a letra código seria K (ANEXO 6.1. Letras código para o tamanho da amostra). Através do ANEXO 6.3. Planos de Amostragem Duplos para Inspeção Normal, retira-se a informação de que a dimensão, tanto da primeira amostra como da segunda, é de 80 peças e que os critérios de aceitação e de rejeição são, respetivamente, para a primeira amostra 0 e 3 peças e para a segunda amostra 3 e 4 peças.

2.3.1.2. Controlo por Amostragem – Variáveis

Um dos pressupostos para a realização da amostragem por variáveis é o de a população seguir um modelo de distribuição Normal, sendo que a veracidade dos resultados só se confirma caso esta condição se verifique (Duret & Pillet, 2009).

A norma ANSI/ASQ Z1.9 (2003) define os procedimentos para uma amostragem por variáveis, para o caso em que a variabilidade é desconhecida (método do desvio padrão e método da amplitude) e para o caso em que a variabilidade é conhecida. Cada um dos procedimentos está ainda dividido em duas partes: especificação com apenas um limite e especificação com dois limites. Neste tipo de amostragem são utilizados parâmetros estatísticos como a média, o desvio padrão e a amplitude como apoio à tomada de decisão relativamente à aceitação ou rejeição do lote (Vieira, 2014).

2.3.1.2.1. Variabilidade desconhecida – especificação com dois limites

O método para a variabilidade desconhecida é utilizado no caso de (Duret & Pillet, 2009):

- Rececionar pela primeira vez um lote de um novo fornecedor;
- Rececionar pela primeira vez uma referência nova de um fornecedor já conhecido;
- Não haver certezas quanto à consistência do fornecedor (não se poder considerar que o desvio padrão é constante entre duas entregas).

Segundo Vieira (2014), o método do desvio padrão para uma variabilidade desconhecida e com especificação de dois limites, pode ser descrito da seguinte forma:

1. Determinar a letra código da dimensão da amostra, com base na dimensão do lote e no nível de controlo;
2. Determinar a dimensão da amostra (através da letra código) e a percentagem máxima de unidades não conformes, M ;
3. Realizar as medições na amostra;
4. Efetuar o cálculo da média, \bar{X} , e da estimativa do desvio padrão, s .
5. Calcular, através das seguintes equações, os índices de qualidade QU e QL , sendo QU o índice de qualidade superior e QL o índice de qualidade inferior, e U e L os limites superior e inferior, respetivamente, definidos para o material sujeito a medição:

$$QU = \frac{U - \bar{X}}{s} \qquad QL = \frac{\bar{X} - L}{s}$$

6. Estimar a percentagem de unidades não conformes presentes no lote $p = pU + pL$, sendo que pU e pL são valores tabelados;
7. Se o valor de p :

1. É menor ou igual a M , aceita-se o lote.
2. É maior do que M , ou pU , pL ou ambos são negativos, rejeita-se o lote.

Considerando um exemplo prático em que a dimensão do lote é de 80 peças, o NQA definido é 1,0 e a característica de uma determinada matéria prima tem como limites superior e inferior os valores 100 e 60, respetivamente. Do ANEXO 6.1. Letras código para o tamanho da amostra, fazendo a correspondência com a dimensão do lote, retira-se a letra código E (por defeito, nível de inspeção normal). Em seguida, no ANEXO 6.4. Planos de Amostragem baseados na Variabilidade Desconhecida, é dada a informação da dimensão da amostra (7 peças) e, através do cruzamento com o valor do NQA, do valor de $M = 3,55\%$.

Supondo os seguintes registos de medição, e respetivos valores de média e desvio padrão:

Valores medidos	
78	
89	
97	
85	
76	
88	
74	
Média (\bar{X})	83,86
Desvio Padrão (s)	8,27

Tabela 2 - Valores medidos, média e desvio padrão

Através das equações referidas anteriormente, são obtidos os valores 1,95 e 2,88 para QU e QL , respetivamente. Em seguida, com o apoio do ANEXO 6.5. Estimação da percentagem de não conformes no lote (método do desvio padrão), são obtidos os valores de $pU = 0,65\%$ e $pL = 0,00\%$. Concluindo, uma vez que $p = 0,65 + 0,00 = 0,65\%$, tem-se que $p < M$, logo, o lote é aceite.

2.3.1.2.2. Variabilidade conhecida – especificação com dois limites

O método baseado na variabilidade pode ser implementado quando se constata que o desvio padrão dos lotes recebidos se mantém estável. É possível averiguar essa informação através de uma carta de controlo dos desvios padrão (Duret & Pillet, 2009).

Segundo Ribeiro & Alves (2016), considerando que foram realizados m controlos de qualidade de um dado material, cada um com n medições e sendo s_i o desvio padrão correspondente a cada controlo realizado, é possível calcular a média dos m desvios padrão (\bar{s}), através da seguinte equação:

$$\bar{s} = \frac{s_1 + s_2 + \dots + s_m}{m}$$

Para o cálculo da média das médias ($\bar{\bar{X}}$), sendo que $\bar{X}_1, \bar{X}_2, \dots, \bar{X}_m$ correspondem às médias de cada controlo, tem-se que:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_m}{m}$$

Em seguida, para a elaboração da carta de controlo de \bar{X} , é necessário o cálculo de três parâmetros:

- Limite Superior de Controlo: $LSC = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{s}$
- Limite Central: $LC = \bar{\bar{X}}$
- Limite Inferior de Controlo: $LIC = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{s}$

Para a determinação dos limites de controlo de \bar{s} , tem-se:

- $LSC = B_4\bar{s}$
- $LC = \bar{s}$
- $LIC = B_3\bar{s}$

Nas equações anteriores, A_3 , B_3 e B_4 são valores tabelados, relacionados com a dimensão da amostra (n) (ANEXO 6.6. Valores de constantes para a elaboração de gráficos de controlo por variáveis).

Assim, através de representação gráfica das cartas de controlo, é possível observar se todos os valores do desvio padrão se encontram dentro dos limites. Desta forma, a hipótese de que o desvio padrão é conhecido pode ser validada (Ribeiro & Alves, 2016).

Partindo das receções já desempenhadas, é possível estimar o valor do desvio padrão através da média ponderada das variâncias (Duret & Pillet, 2009).

No caso de um ou mais pontos se encontrarem fora dos limites de controlo, então deve ser rejeitada a hipótese referida anteriormente e deve ser executado o plano baseado na variabilidade desconhecida (Duret & Pillet, 2009).

Segundo Vieira (2014), para uma variabilidade conhecida e com uma especificação de dois limites, o processo pode ser descrito da seguinte forma:

1. Determinar a letra código da dimensão da amostra, com base na dimensão do lote e no nível de controlo;
2. Determinar a dimensão da amostra (através da letra código), a percentagem máxima de unidades não conformes, M , e o fator v ;
3. Realizar as medições na amostra;

4. Efetuar o cálculo da média, \bar{X} ;
5. Calcular, através das seguintes equações, os índices de qualidade QU e QL , sendo QU o índice de qualidade superior e QL o índice de qualidade inferior, U e L os limites superior e inferior, respetivamente, definidos para a medição e σ a variabilidade do processo:

$$QU = \frac{(U - \bar{X})\nu}{\sigma} \qquad QL = \frac{(\bar{X} - L)\nu}{\sigma}$$

6. Estimar a percentagem de unidades não conformes presentes no lote $p = pU + pL$, sendo que pU e pL são valores tabelados;
7. Se o valor de p :
 1. É menor ou igual a M , aceita-se o lote.
 2. É maior do que M , ou QU , QL ou ambos são negativos, rejeita-se o lote.

Considerando o exemplo prático em que o lote tem uma dimensão de 300 peças, o NQA é 1,5 e a variabilidade do processo é 0,85. Os limites inferior e superior são, respetivamente, 52,0 e 58,0. Pelo ANEXO 6.1. Letras código para o tamanho da amostra, obtém-se a letra código H (por defeito, nível de inspeção normal). Sem seguida, o ANEXO 6.7. Planos de Amostragem baseados na Variabilidade Conhecida, fornece a dimensão da amostra (8 peças), a estimativa da percentagem máxima de não conformes $M = 3,68\%$ e o fator $\nu = 1,069$.

Supondo os seguintes registos de medição e respetiva média:

Valores medidos	
55,6	
55,0	
55,4	
55,0	
55,5	
54,8	
55,1	
54,8	
Média (\bar{X})	55,15

Tabela 3 - Valores medidos e média

Através das equações de QU e QL , são obtidos os seguintes valores:

$$QL = 3,96$$

$$QU = 3,58$$

Com o ANEXO 6.8. Estimação da percentagem de não conformes no lote (variabilidade conhecida), são obtidos os valores de $pU = 0,017\%$ e $pL = 0,004\%$. Logo, uma vez que $p = 0,017 + 0,004 = 0,021\%$, conclui-se que $p < M$ e, por isso, o lote é aceite.

2.4. Classificação de Fornecedores - *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

As práticas relacionadas com a gestão de fornecedores costumavam ser algo sem grande impacto para o posicionamento da organização no mercado. No entanto, essa perspetiva tem vindo a mudar radicalmente ao longo das últimas décadas. Atualmente, a gestão das compras é responsável por conseguir os melhores produtos, de forma rápida e flexível, ao menor custo possível (Handfield, Walton, Sroufe, & Melnyk, 2002). Uma correta seleção de fornecedores é essencial para garantir a qualidade da matéria prima, no momento certo, na quantidade certa, a um preço vantajoso (Akarte, Surendra, Ravi, & Rangaraj, 2001).

Silva & Belderrain (2009) propõe uma *framework* para a seleção de fornecedores, dividida em cinco etapas:

1. Formulação do problema

Esta primeira etapa tem como objetivo estudar as necessidades atuais, colocando questões como “um ou mais fornecedores?”, “substituição de fornecedores atuais?”, “quantidade a encomendar a cada fornecedor?”, “qual a relação a construir entre fornecedor e consumidor?”, entre outras.

2. Definição dos critérios

Esta etapa centra-se na formulação dos critérios de decisão a utilizar, consoante o problema definido na primeira etapa. Estes critérios podem ser tanto de carácter quantitativo como qualitativo.

3. Pré-qualificação dos potenciais fornecedores

Na terceira etapa são eliminados aqueles fornecedores que não faz sentido serem considerados, por não corresponderem de todo aos requisitos necessários. Desta forma, o conjunto de fornecedores a analisar diminui, reduzindo também o número de alternativas disponíveis e aumentando a eficiência do processo.

4. Seleção final dos fornecedores

Nesta etapa, os potenciais fornecedores selecionados na etapa anterior são organizados num *ranking* final.

5. Monitorização dos resultados

Por fim, a última fase assenta na monitorização dos fornecedores selecionados pelo processo, de forma a garantir a consistência dos resultados. Normalmente, esta avaliação é realizada através de uma análise de desempenho.

Um dos métodos muito utilizados para esta seleção e classificação é o *Analytic Hierarchy Process* (AHP), um método de tomada de decisão baseado em multicritérios (Napitupulu, n.d.). No AHP, os problemas são divididos de forma hierárquica, considerando diferentes critérios e priorizando alternativas (Simões & Simões, 2017).

Para a modelação através do AHP, devem ser seguidos os seguintes passos (Haddad, Sanders, & Tewkesbury, 2020):

1. Formular o problema, através da identificação de objetivos, critérios e alternativas;
2. Realizar comparações aos pares em cada parte da hierarquia;
3. Classificar através de uma escala, tendo em conta que o AHP avalia critérios tanto quantitativos, como qualitativos, utilizando a mesma escala (de nove níveis).
4. Calcular a pontuação para cada elemento através dos respetivos critérios.

Os objetivos devem ser estabelecidos, assim como os critérios e as alternativas para a resolução do problema (Silva & Belderrain, 2009). Na Figura 8 está representada a estrutura hierárquica de um determinado problema de decisão, com o objetivo de representar os elementos básicos do problema.

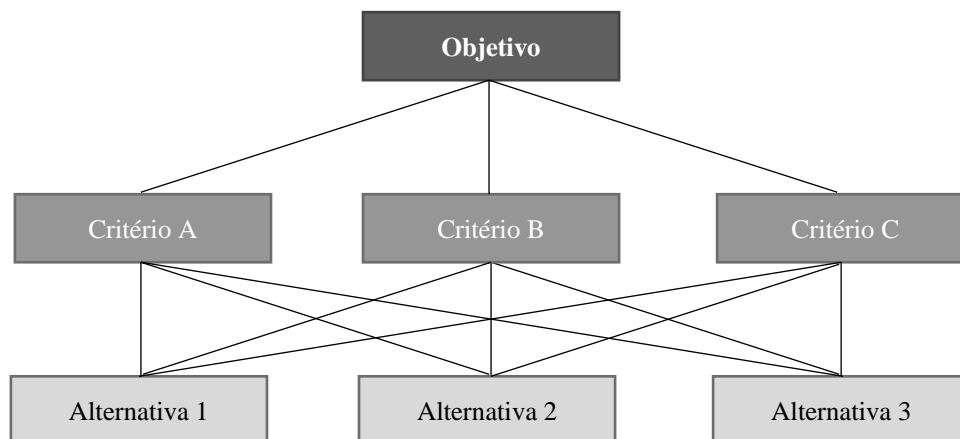


Figura 8 - Representação Hierárquica do AHP

Fonte: Adaptado de Simões, T. L., & Simões, W. L. (2017)

Partindo desta representação, a fase seguinte implica a construção de matrizes de comparações par a par dos seus elementos. Estas matrizes são utilizadas para comparar um nível superior com o nível imediatamente abaixo, isto é, as alternativas são comparadas com os critérios (ou primeiro com os subcritérios, caso existam), os critérios, por sua vez, são comparados diretamente ao objetivo global (Silva & Belderrain, 2009). Este passo tem como base a Escala Fundamental de Saaty (1991) (Tabela 4).

Escala numérica	Escala teórica	Descrição
1	Igual importância	Os dois elementos contribuem igualmente para o objetivo
3	Pouco mais importante	A análise e a experiência indicam que um elemento é um pouco mais importante do que o outro
5	Mais importante	A análise e a experiência indicam que um elemento é um claramente mais importante do que o outro
7	Muito mais importante	A análise e a experiência indicam que um elemento tem uma contribuição predominante para o objetivo
9	Extremamente mais importante	Sem dúvida, um dos elementos tem uma contribuição absolutamente predominante para o objetivo
2, 4, 6, 8	Valores intermédios são utilizados quando existe dificuldade em escolher entre dois graus adjacentes.	

Tabela 4 - Escala de pontuação para comparação (Escala Fundamental de Saaty)

Fonte: Adaptado de Simões, T. L., & Simões, W. L. (2017)

Assim sendo, a Tabela 5 mostra de uma forma geral, uma matriz de comparação de n alternativas ($a_1, a_2 \dots a_n$), em relação ao critério C_A , onde x_{ij} representa as entradas da comparação em que i e j variam de 1 a n (Ribeiro & Alves, 2016):

C_A	a_1	a_2	...	a_n
a_1	1	x_{12}	...	x_{1n}
a_2	$1/x_{12}$	1	...	x_{2n}
...	1	...
a_n	$1/x_{n1}$	$1/x_{n2}$...	1

Tabela 5 - Matriz de comparação

Fonte: Elaborado a partir de Ribeiro, M. C., & Alves, A. (2016).

Esta matriz deve ser construída de acordo com as seguintes regras lógicas (Ribeiro & Alves, 2016):

- Se $x_{ij} = \alpha$, então $x_{ji} = 1/\alpha$, $\alpha \neq 0$, onde α corresponde ao valor de comparação retirado da escala numérica (Tabela 4). Assim, $x_{ji} = 1/x_{ij}$;
- Se a_i e a_j têm a mesma importância relativa, então $x_{ij} = 1$ e $x_{ji} = 1$ para $i = j$.

Construída a matriz de comparação, efetuam-se os cálculos das prioridades locais e globais (chamadas de autovetores ou vetores de prioridades) (Silva & Belderrain, 2009). A prioridade média

local de cada elemento (nó) é calculada através da prioridade de cada elemento em relação ao seu elemento imediatamente superior. Para o cálculo da prioridade global (contributo relativo de cada elemento em relação ao objetivo principal) de um determinado elemento, faz-se a multiplicação da sua prioridade média local pelas prioridades médias locais dos nós superiores na hierarquia (Ribeiro & Alves, 2016).

As prioridades médias locais dos elementos são obtidas através de operações matriciais, começando por calcular o autovetor principal da matriz e, em seguida, normalizando-o. No entanto, existem procedimentos mais simples para gerar este vetor de prioridades, com valores aproximados (Ribeiro & Alves, 2016).

Vargas (2010) descreve um desses procedimentos simplificados para a obtenção do vetor de prioridades:

1. Cálculo do somatório de cada coluna da matriz;
2. Criação de uma nova matriz normalizada: a normalização é feita através da divisão entre cada valor da matriz pelo total do somatório de cada coluna;
3. Cálculo do vetor de prioridades através da média aritmética dos valores de cada linha da nova matriz (o somatório deste valor é sempre igual a 1).

Por último, é necessário verificar a consistência das comparações, pelo índice de consistência (CI) (Ribeiro & Alves, 2016). Inicialmente, é calculado o autovalor principal da matriz ($\lambda_{m\acute{a}x}$), através do somatório do produto de cada elemento do vetor de prioridades pelo total da coluna correspondente na matriz original. O índice de consistência pode ser calculado através da seguinte equação (Vargas, 2010):

$$CI = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - n}{n - 1}$$

onde n corresponde ao número de critérios considerados na matriz.

Em seguida, calcula-se a taxa de consistência (CR), a ser comparada com o CI. O CR é a razão entre o índice de consistência e o índice de consistência aleatória (RI). Este último valor está tabelado (Tabela 6) e depende do número de critérios a ser considerados (Vargas, 2010).

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Tabela 6 - Valores tabelados para o índice de consistência aleatória (RI)

Fonte: Vargas, R. (2010)

Segundo Vargas (2010), a matriz pode ser considerada consistente se:

$$CR = \frac{CI}{RI} < 0,1 \sim 10\%$$

A metodologia AHP é utilizada na seleção e classificação de fornecedores, avaliando e quantificando as vantagens e desvantagens de cada um para um dado conjunto de critérios estabelecidos, de forma a ser possível agrupá-los por níveis (Napitupulu, n.d.).

3. Implementação de um Sistema de Controlo de Qualidade através de um Plano de Aceitação por Amostragem à Receção de Matéria Prima

O pensamento baseado na melhoria contínua – conceito presente na norma ISO 9001:2015 – conduz as organizações a uma adaptação constante às necessidades atuais dos mercados, com grande foco na sua produtividade. Isto implica a otimização e desenvolvimento dos processos, procurando, cada vez mais, assegurar a qualidade dos seus produtos e/ou serviços (Franklin, Tubon-Nunez, Carrillo, Buele, & Franklin, 2019).

O processo produtivo inicia-se na matéria prima. Muitas vezes, são identificados problemas ao longo do processo que poderiam ser evitados se tivessem sido detetados e corrigidos no momento da receção do material. Assim, com vista ao aumento da produtividade e dos níveis de qualidade dos seus produtos, as organizações recorrem muitas vezes à implementação de planos de controlo de qualidade à receção de matéria prima.

3.1. Situação Atual

Atualmente na Lifial, no momento da chegada da matéria prima, o operador responsável pelo Armazém de Matéria Primas recebe a Guia de Remessa e verifica se a quantidade do lote corresponde à quantidade encomendada. Esta verificação é feita através de uma pesagem numa balança industrial. Esta pesagem é meramente figurativa, uma vez que esta balança nunca passou por um processo de calibração e, por essa razão, não poderia ser usada para fundamentar, por exemplo, uma reclamação ao fornecedor. Por último, é feita uma análise visual. No entanto, isto apenas acontece com alguns materiais onde este tipo de controlo é mais exequível como, por exemplo, nos rolos de chapa, sendo que facilmente se detetam a “olho nu” não conformidades como manchas ou outras imperfeições.

No caso de o operador detetar alguma não conformidade, notifica o Departamento da Qualidade que procede a uma nova avaliação. Normalmente, esta avaliação já é feita de forma mais intensa e cuidada, com aparelhos de medição e de pesagem fidedignos, se necessário.

Após o Departamento da Qualidade aferir se o material se encontra conforme ou não conforme, o operador deste armazém é informado. Uma vez que não existe nenhuma identificação para o material não conforme, ou em estado de observação, nem nenhuma zona física identificada e devidamente delimitada para o colocar, este é armazenado num espaço que se encontre livre no armazém e, por esta razão, apenas o operador responsável do armazém tem conhecimento do local onde o material foi colocado.

No caso da matéria prima apresentar um estado de não conformidade, o Departamento da Qualidade inicia a recolha de informação inerente à mesma, isto é, referência, quantidade recebida, quantidade

não conforme, fornecedor, lote, data de receção, entre outras. A pessoa responsável pelos *stocks* (*Production Controller*) deve dar entrada no ERP do material não conforme para o armazém virtual 3, de forma a disponibilizar a quantidade sob condição. O Departamento da Qualidade, em colaboração com o Departamento de Compras, faz o seguimento da situação remetendo uma reclamação ao fornecedor sobre a situação identificada.

A Figura 9 apresenta um fluxograma ilustrativo do processo descrito.

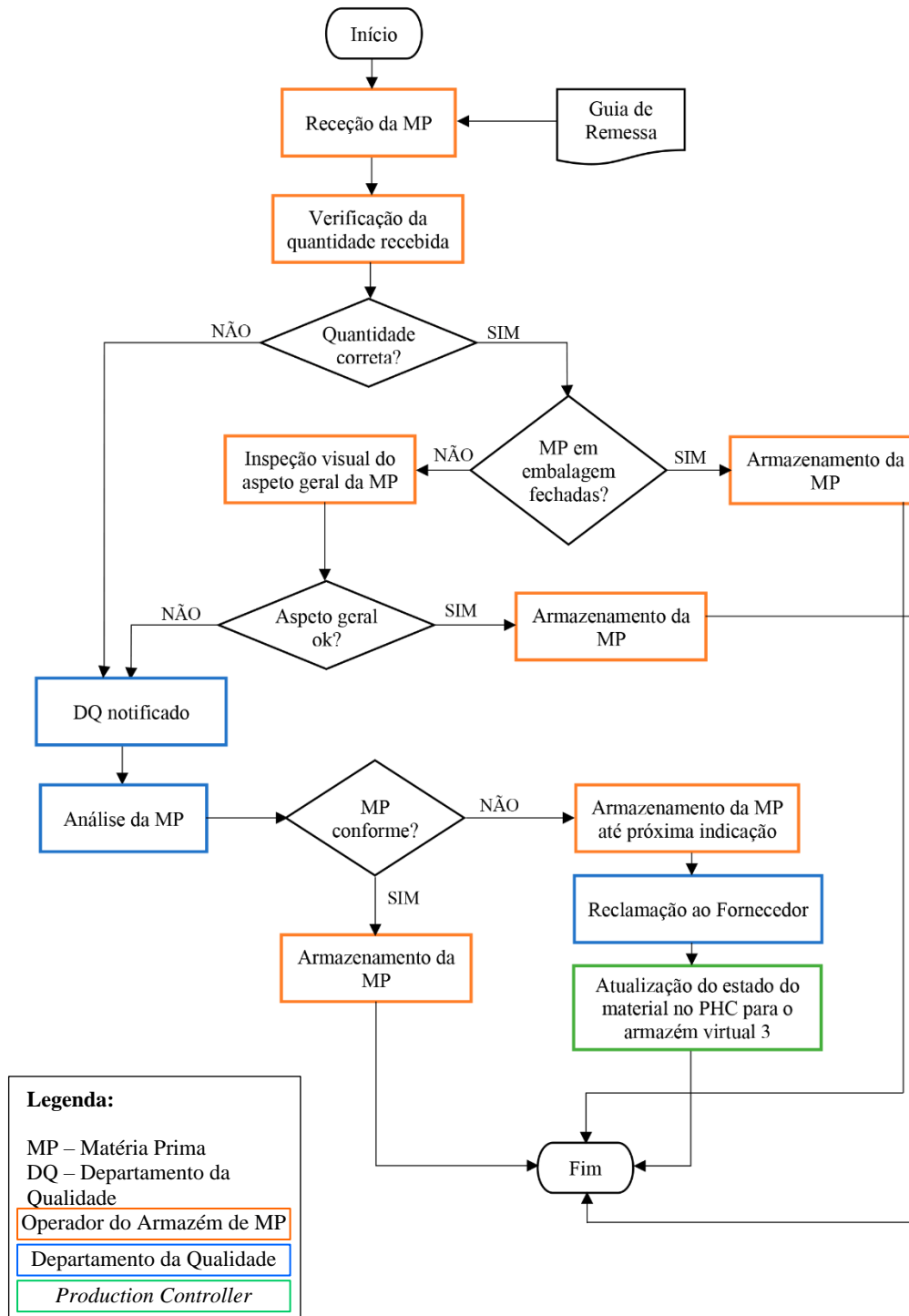


Figura 9 - Fluxograma do Processo de Inspeção à Receção de Matéria Prima atual

3.2. Proposta para a Implementação de um Controlo de Qualidade à Receção de Matéria Prima

3.2.1. Matéria Prima

No Armazém de Matéria Prima são rececionados seis tipos principais de matéria prima:

- Chapa;
- Parafusos;
- Tacos;
- Patilhas;
- Varão;
- Caixas de Cartão.

Para cada tipo de material, existem diferentes parâmetros a controlar, discriminados na Tabela 7.

Matéria Prima	Parâmetros a controlar
Chapa	Aspeto geral (rebarba, machas)
	Largura
	Espessura
Parafusos	Aspeto geral (ferrugem, estado da rosca)
	Comprimento
	Diâmetro e altura da cabeça
	Dimensão da rosca
Tacos	Aspeto geral (ferrugem, rosca, buraco centrado, rebarba)
	Comprimento
	Diâmetro exterior
	Diâmetro do buraco
Patilhas	Aspeto geral (ferrugem, rebarba, orelhas simétricas, batente centrado)
	Largura
	Altura das orelhas
Varão	Aspeto geral (ferrugem)
	Diâmetro
	Comprimento
Caixas de Cartão	Aspeto geral (zonas danificadas ou mal coladas)

Tabela 7 - Parâmetros a controlar para cada tipo de matéria prima

3.2.2. Análise de Reclamações

De modo a compreender a necessidade de um controlo de qualidade à receção de matéria prima, foi realizada uma análise às reclamações de clientes e às reclamações a fornecedores (esta análise foi realizada às reclamações de 2019 e de 2020 até ao mês de maio).

Começando pelas reclamações de clientes, estas podem ser recebidas por diversos motivos, como a falta de qualidade dos produtos enviados, envio das peças erradas, atrasos nos prazos de entrega, peças em falta na encomenda, entre outros.

Através da análise realizada, foi possível observar que parte das reclamações recebidas tiveram origem na falta de qualidade da matéria prima utilizada no seu fabrico. Logo, se esta falta de qualidade tivesse sido identificada no momento da sua receção, a matéria prima já não teria sido integrada no processo de fabrico, evitando assim a reclamação por parte do cliente.

Na Tabela 8 pode ser observada a percentagem de reclamações com origem na falta de qualidade de matéria prima e com outras origens.

Origem da reclamação	2019	2020 (até maio)
Matéria prima	20%	24%
Outras	80%	76%

Tabela 8 - Análise da origem das reclamações de clientes

Foi ainda realizada uma análise aos tipos de matéria prima que originaram as reclamações identificadas anteriormente.

Matéria Prima	2019	2020 (até maio)
Chapa	20%	40%
Parafusos	30%	20%
Tacos	40%	20%
Patilhas	10%	0%
Varão	0%	20%
Caixas de cartão	0%	0%

Tabela 9 - Análise das reclamações de clientes com origem na matéria prima

Através desta análise, pode-se concluir que a chapa, os parafusos e os tacos são os materiais que estão na origem de grande parte das reclamações de clientes com origem na falta de qualidade da matéria prima.

Para compreender a análise de reclamações a fornecedores é importante realçar que a Lifial tem dois armazéns: o Armazém de Matéria Prima e o Armazém Principal. No primeiro é onde são rececionados os tipos de matéria prima enunciados anteriormente; no Armazém Principal são rececionadas mercadorias, que podem ser semipartes (componentes já fabricados e na Lifial é apenas feita a sua montagem) ou outros produtos já fabricados e embalados, em que a Lifial é apenas um intermediário na sua venda. Assim sendo, a empresa pode fazer reclamações a fornecedores relacionadas com a matéria prima, mas também com estas mercadorias.

Na Tabela 10 pode observar-se a percentagem de reclamações a fornecedores sobre a matéria prima ou sobre outros materiais rececionados.

Origem da reclamação	2019	2020 (até maio)
Matéria prima	54%	74%
Outras	46%	26%

Tabela 10 - Análise da origem das reclamações a fornecedores

Mais uma vez, foi feita a discriminação por tipo de matéria prima reclamada:

Matéria Prima	2019	2020 (até maio)
Chapa	53%	29%
Parafusos	20%	0%
Tacos	13%	29%
Patilhas	7%	6%
Varão	0%	6%
Caixas de cartão	7%	29%

Tabela 11 - Análise das reclamações a fornecedores com origem na matéria prima

Por esta análise, conclui-se que a chapa, os tacos e as caixas de cartão foram os tipos de matéria prima que originaram mais reclamações a fornecedores.

É relevante referir que, para além das não conformidades detetadas aquando da receção, a maioria é detetada apenas durante o processo de fabrico, dado que o sistema de controlo da qualidade à receção é, como referido anteriormente, pouco eficiente e tem muitas limitações. Desta situação, resultam grandes desperdícios de tempo e de recursos, uma vez que as máquinas já estão montadas com um determinado material e, quando é identificada a não conformidade, o processo produtivo tem de ser interrompido, o material das máquinas alterado e é necessária uma verificação e seleção das peças já produzidas com o material não conforme (antes da deteção da não conformidade).

Através do estudo feito às reclamações de clientes e a fornecedores, é evidente a necessidade da implementação de uma inspeção de qualidade à receção de matéria prima.

3.2.3. Classificação de Fornecedores

3.2.3.1. Situação Atual

Atualmente na Lifial, a avaliação de fornecedores é feita anualmente através dos fornecimentos efetuados pelos mesmos. O modelo de classificação existente divide os fornecedores em três níveis: A, B e C. Esta divisão é útil para a implementação dos planos de controlo de matéria prima, no momento de atribuir a cada fornecedor um nível de inspeção, com base no seu desempenho no ano anterior.

Os critérios definidos para a avaliação são os apresentados na Tabela 12.

Preço
Serviço Pós-Venda
Prazo de Entrega
Qualidade do Produto

Tabela 12 - Critérios para a avaliação de fornecedores

A avaliação do fornecedor é realizada através do cálculo da média aritmética da classificação de cada um destes critérios. Para cada um dos parâmetros especificados, é atribuída uma pontuação de 0% a 100% em cada fornecimento. Se o fornecedor fizer mais do que um fornecimento, é calculada a média de todos os fornecimentos para a obtenção da classificação.

Conforme a pontuação, os fornecedores são considerados:

Fornecedor aprovado Classe A	81 a 100 %
Fornecedor aprovado Classe B	51 a 80 %
Fornecedor aprovado Classe C	Menor que 50%

Tabela 13 - Correspondência entre a pontuação obtida e a classe do fornecedor

Na seleção de um fornecedor deve ser dada prioridade a fornecedores da classe A. Os fornecedores da classe C apenas serão selecionados nos casos em que não existam fornecedores das outras classes, ou em situações comercialmente favoráveis que assim o justifiquem.

Apesar de não estar a ser realizado um controlo de qualidade da matéria prima, está definido no processo de classificação de fornecedores, a ligação com os diferentes níveis de inspeção que deveriam ser aplicados a cada fornecedor. A correspondência é feita da seguinte forma:

Classe A	Controlo Reduzido
Classe B	Controlo Normal
Classe C	Controlo Reforçado

Tabela 14 - Correspondência entre a classe do fornecedor e o nível de inspeção

3.2.3.2. Proposta para Situação Futura – Método AHP

A classificação de fornecedores é fundamental para o correto funcionamento dos planos de controlo por amostragem. É importante garantir que o nível de inspeção atribuído a um determinado fornecedor vai ao encontro do seu desempenho, de forma a salvaguardar e assegurar os níveis de qualidade pretendidos pela organização.

Em seguida é apresentada uma proposta de aplicação do método AHP na Lifial, de forma a melhorar o processo atual de seleção e classificação de fornecedores.

Como foi referido no capítulo anterior, o primeiro passo consiste na definição dos critérios a utilizar para a classificação dos fornecedores. Cada organização define um conjunto de critérios adequados ao seu contexto e alinhados com os seus objetivos estratégicos.

Seguindo os critérios já definidos pela organização (Preço, Serviço Pós-Venda, Prazo de Entrega, Qualidade do Produto) e considerando três fornecedores fictícios designados pelas letras X, Y e Z para exemplificar a aplicação prática do AHP na organização, é avaliada a prioridade dos critérios de seleção através da construção da matriz de comparações par a par:

	Preço	Serviço Pós-Venda	Prazo de Entrega	Qualidade do Produto
Preço	1	7	3	1/2
Serviço Pós-Venda	1/7	1	1/4	1/8
Prazo de Entrega	1/3	4	1	1/7
Qualidade do Produto	2	8	7	1
TOTAL	3,48	20,00	11,25	1,77

Tabela 15 - Matriz de comparação de critérios

O passo seguinte passaria por normalizar a matriz de comparação anterior, obtendo-se a matriz de comparação de critérios normalizada (Tabela 16):

					Prioridade Local	Prioridade Global
Preço	0,288	0,350	0,267	0,283	0,297	29,7%
Serviço Pós-Venda	0,041	0,050	0,022	0,071	0,046	4,6%
Prazo de Entrega	0,096	0,200	0,089	0,081	0,116	11,6%
Qualidade do Produto	0,575	0,400	0,622	0,566	0,541	54,1%

Tabela 16 - Matriz de comparação de critérios normalizada

Em seguida, é necessário calcular a consistência destas comparações. Para isso, é calculado o autovalor principal da matriz ($\lambda_{\text{máx}}$) (Tabela 17):

Vetor de Prioridades	0,297	0,046	0,116	0,541
Total Colunas (Matriz Original)	3,48	20,00	11,25	1,77
Autovetor principal ($\lambda_{\text{máx}}$)	4,22			

Tabela 17 - Cálculo do autovetor principal da matriz de comparação de critérios

A informação apresentada na Tabela 18 permite verificar que as comparações realizadas são consistentes, uma vez que $CR = 0,08 < 0,10$.

Autovetor principal	Nº de Critérios	CI	RI (consoante o nº de critérios)	CR
4,22	4	0,072	0,9	0,08

Tabela 18 - Cálculos para a avaliação da consistência das comparações

No passo seguinte, são contruídas novas matrizes de comparação, mas, desta vez, de comparação dos fornecedores à luz de cada um dos critérios (Tabela 19).

Critério Preço

	Fornecedor X	Fornecedor Y	Fornecedor Z
Fornecedor X	1	6	2
Fornecedor Y	$\frac{1}{6}$	1	$\frac{1}{5}$
Fornecedor Z	$\frac{1}{2}$	5	1
TOTAL	1,67	12,00	3,20

Critério Serviço Pós-Venda

	Fornecedor X	Fornecedor Y	Fornecedor Z
Fornecedor X	1	2	$\frac{1}{4}$
Fornecedor Y	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{6}$
Fornecedor Z	4	6	1
TOTAL	5,50	9,00	1,42

Critério Prazo de Entrega

	Fornecedor X	Fornecedor Y	Fornecedor Z
Fornecedor X	1	7	2
Fornecedor Y	$\frac{1}{7}$	1	$\frac{1}{6}$
Fornecedor Z	$\frac{1}{2}$	6	1
TOTAL	1,64	14,00	3,17

Critério Qualidade do Produto

	Fornecedor X	Fornecedor Y	Fornecedor Z
Fornecedor X	1	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{2}$
Fornecedor Y	5	1	4
Fornecedor Z	2	$\frac{1}{4}$	1
TOTAL	8,00	1,45	5,50

Tabela 19 - Matriz de comparação de fornecedores

Mais uma vez, as matrizes anteriores têm de ser normalizadas, de forma a averiguar a consistência das suas comparações. A normalização e cálculo da consistência das comparações para os quatro critérios referidos são apresentados no ANEXO 6.9. Normalização e cálculo da consistência das comparações.

Os resultados estão reunidos na Tabela 20.

Critérios	Prioridade Local	Fornecedor X	Fornecedor Y	Fornecedor Z	CI	CR
Preço	0,297	0,575	0,082	0,343	0,020	0,034
Serviço Pós-Venda	0,046	0,194	0,107	0,700	0,007	0,013
Prazo de Entrega	0,116	0,580	0,070	0,350	0,022	0,039
Qualidade do Produto	0,541	0,118	0,681	0,201	0,019	0,033

Tabela 20 - Resultados das matrizes de comparação de critérios e de fornecedores, com respetivos CI e CR

A pontuação final de cada fornecedor é calculada através do somatório do produto entre a prioridade local de cada critério pela pontuação obtida por cada fornecedor à luz dos diferentes critérios. Na Tabela 21 são apresentadas as pontuações finais obtidas por cada fornecedor.

Fornecedor Y	Fornecedor X	Fornecedor Z
0,4057	0,3109	0,2834

Tabela 21 - Pontuações finais de cada fornecedor ordenadas

Se o objetivo do estudo fosse a seleção de fornecedores, o Fornecedor Y seria o escolhido. Os Fornecedores X e Z seriam selecionados apenas na eventualidade de o Fornecedor Y, por qualquer motivo, não poder fornecer.

No caso da classificação de fornecedores, o objetivo final será agrupá-los por níveis (A, B e C), que correspondem aos três níveis de inspeção (Reduzido, Normal e Reforçado). Assim, após uma análise mais abrangente, com um grupo maior de fornecedores, devem ser definidos intervalos de pontuação correspondentes a cada um dos níveis.

3.2.4. Planos de Aceitação por Amostragem

Como foi referido anteriormente, os planos de amostragem dupla são, geralmente, mais eficientes do que os de amostragem simples. Por essa razão, para implementação na Lifial, é proposto um controlo de qualidade à receção de matéria prima, através de um plano de amostragem dupla. Além disso, uma vez que será o primeiro tipo de controlo à receção implementado na organização, é sugerido que seja realizada uma amostragem dupla por atributos, devido à sua maior simplicidade face à amostragem por variáveis. A decisão de adotar uma amostragem por atributos prendeu-se igualmente com o facto de, para uma mesma amostragem, se poder verificar um conjunto alargado de características relevantes para averiguar a qualidade do material em questão.

De facto, para os tipos de matéria prima analisados, existem parâmetros a controlar que são considerados atributos e outros que são variáveis. No entanto, foi verificado junto da empresa a reduzida flexibilidade e disponibilidade em termos de recursos e formação em prol da implementação deste controlo de qualidade. Desta forma, o objetivo passou por elaborar uma proposta passível de ser implementada na realidade atual da empresa, sem comprometer a viabilidade do plano de amostragem. Assim sendo, foi feita uma adaptação em algumas das características dos materiais de forma a ser possível considerá-las como atributos e, desta forma, utilizar apenas planos de amostragem por atributos.

Em termos de recursos, para esta implementação, será necessário selecionar um colaborador para “Inspetor da Qualidade”. Este colaborador deve ter acesso a um computador e a uma bancada de trabalho com os devidos instrumentos de medição, para que seja possível realizar os ensaios necessários ao controlo.

De modo a facilitar a realização do controlo e não existirem desperdícios de tempo na consulta das tabelas de amostragem, será utilizado um documento Excel onde estão contruídos os planos de amostragem.

Na primeira folha deste Excel, está presente a tabela de correspondência entre a dimensão do lote e a letra código para a dimensão da amostra. O utilizador apenas preenche as células coloridas a amarelo (Figura 10).

Códigos para a Dimensão da Amostra									
Dimensão do lote			Níveis Especiais de Inspeção				Níveis Gerais de Inspeção		
			S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2	a	8	A	A	A	A	A	A	B
9	a	15	A	A	A	A	A	B	C
16	a	25	A	A	B	B	B	C	D
26	a	50	A	B	B	C	C	D	E
51	a	90	B	B	C	C	C	E	F
91	a	150	B	B	C	D	D	F	G
151	a	280	B	C	D	E	E	G	H
281	a	500	B	C	D	E	F	H	J
501	a	1200	C	C	E	F	G	J	K
1201	a	3200	C	D	E	G	H	K	L
3201	a	10000	C	D	F	G	J	L	M
10001	a	35000	C	D	F	H	K	M	N
35001	a	150000	D	E	G	J	L	N	P
150001	a	500000	D	E	G	J	M	P	Q
500001	e	superiores	D	E	H	K	N	Q	R

Nível de Inspeção:	
Dimensão do lote:	
Letra Código:	?
NQA:	

Figura 10 - Folha 1 do Excel do Plano de Amostragem Dupla para Inspeção Normal - Letra Código

O primeiro campo a preencher é o do Nível de Inspeção. Aqui existe a possibilidade de escolher entre os três tipos de inspeção gerais e os quatro especiais (Figura 11).

Nível de Inspeção:	▼
Dimensão do Lote:	Reduzida
Letra Código:	Normal
NQA:	Reforçada
	S-1
	S-2
	S-3
	S-4

Figura 11 - Nível de Inspeção - Folha 1 do Excel do Plano de Amostragem Dupla para Inspeção Normal - Letra Código

Em seguida, ao preencher o campo da Dimensão do Lote, o utilizador recebe automaticamente a letra código para o tamanho da amostra. Por último, deve ser introduzido o valor do NQA definido previamente pela empresa e pelo fornecedor de acordo com as suas necessidades (Figura 12).

Nível de Inspeção:	Normal
Dimensão do lote:	8000
Letra Código:	L
NQA:	0,65

Figura 12 - Dimensão do Lote e NQA - Folha 1 do Excel do Plano de Amostragem Dupla para Inspeção Normal - Letra Código

O Anexo 6.10. Plano de Amostragem Dupla para Inspeção Normal – Folha 2 Excel mostra a tabela construída para o Plano de Amostragem Dupla para o nível de inspeção normal. Nesta folha, o utilizador não tem de preencher nenhuma das células. A letra código e o valor do NQA são automaticamente preenchidos após serem introduzidos na Folha 1. Além disso, a folha fornece automaticamente a dimensão das amostras a analisar e os critérios de aceitação e de rejeição para ambas as amostras (Figura 13).

Letra Código:	L	Dimensão 1ª amostra:	125
NQA:	0,650	Dimensão 2ª amostra:	125

	Aceita	Rejeita
Primeira amostra	1	4
Segunda amostra	4	5

Figura 13 – Dimensão das Amostras e Critérios de Aceitação e de Rejeição - Folha 2 Excel do Plano de Amostragem Dupla para Inspeção Normal

Pela Figura 13 é possível observar as informações que o Excel devolve ao utilizador. Através da introdução da dimensão da amostra (exemplo: 8000 peças) e do NQA definido (exemplo: 0,65) na Folha 1, o colaborador irá ver automaticamente na Folha 2 a dimensão de ambas as amostras (exemplo: 125 peças) e os critérios de aceitação e rejeição para a primeira amostra (exemplo: 1 e 4, respetivamente) e para a segunda amostra (exemplo: 4 e 5, respetivamente).

O funcionamento da Folha 3 (Plano de Amostragem Dupla para Inspeção Reduzida) e da Folha 4 (Plano de Amostragem Dupla para Inspeção Rigorosa) é semelhante ao da Folha 2, descrito anteriormente. Estes dois planos são apresentados no Anexo 6.11. Plano de Amostragem Dupla para Inspeção Reduzida – Folha 3 Excel e no Anexo 6.12. Plano de Amostragem Dupla para Inspeção Reforçada – Folha 4 Excel.

Na Figura 14 é possível observar o fluxograma para o processo proposto de controlo de qualidade à receção de matéria prima. É de salientar que este fluxograma indica em que circunstâncias se deve alternar entre os diferentes níveis de inspeção. Além disso, esta proposta pressupõe a criação de uma zona física para produtos não conformes ou sob observação.

Implementação de um Sistema de Controlo de Qualidade através de um Plano de Aceitação por Amostragem à Receção de Matéria Prima

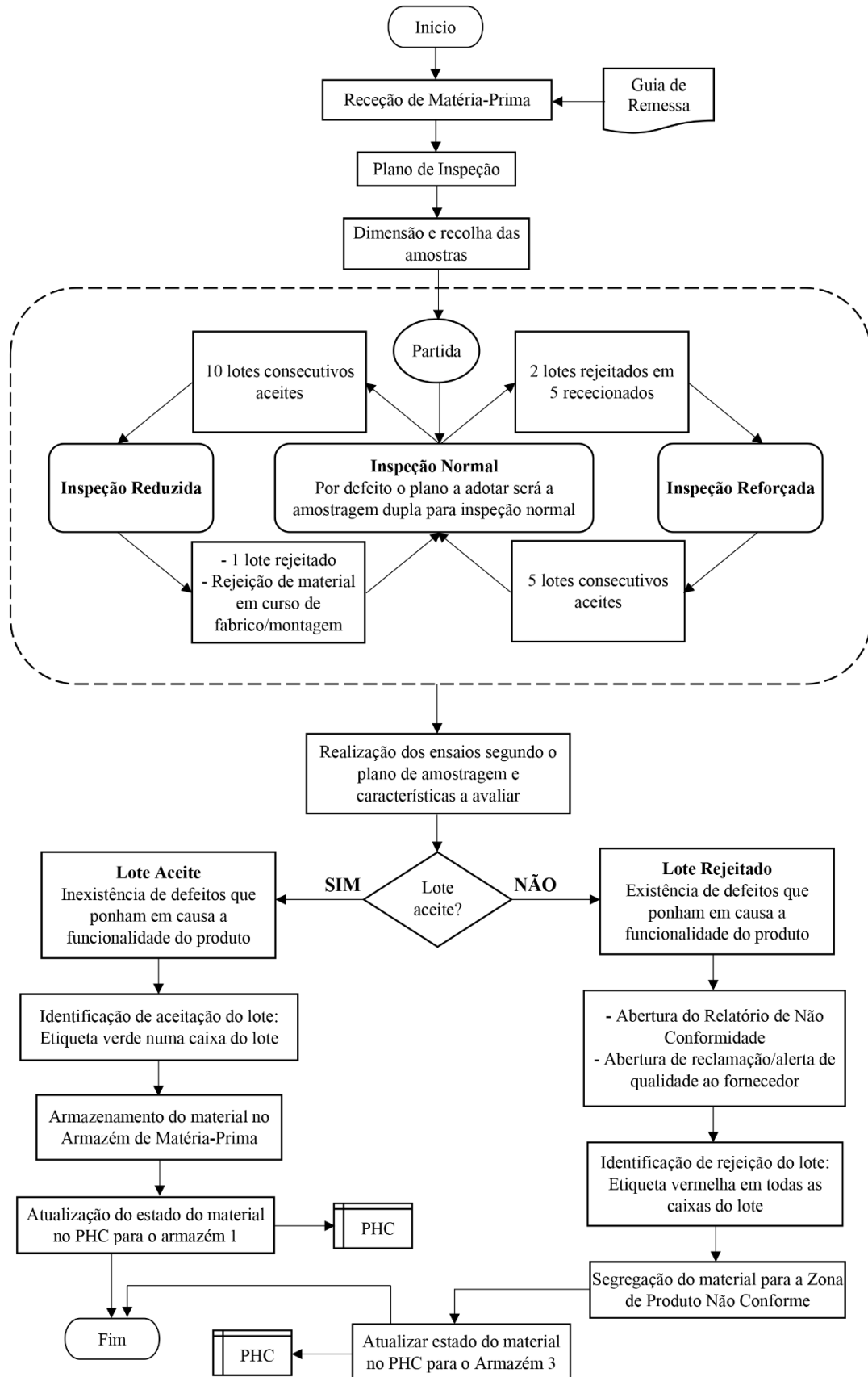


Figura 14 - Fluxograma do Processo de Inspeção à Receção de Matéria Prima proposto

De forma a possibilitar uma melhor compreensão do processo de controlo utilizando os planos anteriormente descritos, serão a seguir apresentados os procedimentos necessários para os principais tipos de matéria prima rececionados na Lifial:

a. Chapa

A chapa é recebida na Lifial em bobines, como é apresentado na Figura 15. Por essa razão, o procedimento para o controlo de qualidade difere um pouco em relação aos restantes materiais.



Figura 15 - Bobines de chapa (Lifial)

Para a dimensão do lote é considerado o número de bobines recebidas. Por exemplo, se o carregamento recebido for constituído por 10 bobines de chapa, a dimensão do lote é 10 e a dimensão da 1ª amostra retirada é 2. Como no caso da chapa não é aplicável a dimensão da amostra como “o número de peças retiradas do lote”, são retiradas de duas das bobines uma secção de cerca de 20 cm (Figura 16), onde serão efetuadas as medições.



Figura 16 - Secção de chapa retirada de uma das bobines

Para a chapa existem três parâmetros a controlar: o aspeto geral (presença de rebarba ou manchas), a largura e a espessura. Através da Figura 17, é possível observar um desenho técnico de uma

abraçadeira metálica fabricada na Lifial. As especificações da chapa encontram-se rodeadas a amarelo.

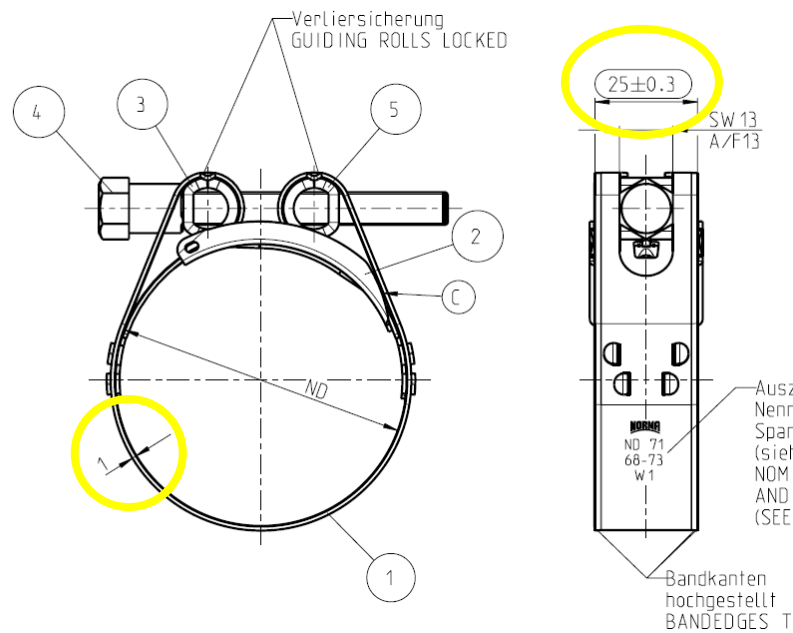


Figura 17 - Desenho Técnico Abraçadeira Lifial

A chapa utilizada para o fabrico desta abraçadeira deve ter $25 \pm 0,3$ mm de largura e $1 \pm 0,1$ mm de espessura (a tolerância para a espessura não está indicada no desenho).

Transpondo estes parâmetros para um controlo por atributos, ter-se-ia o seguinte:

Parâmetro	Especificações	Método de Inspeção	Conforme	Não Conforme
Aspeto Geral	Rebarba, de manchas ou outras imperfeições	Controlo visual	Ausência de rebarba, de manchas ou outras imperfeições	Existência de rebarba, de manchas ou outras imperfeições que inviabilizem a utilização do material
Largura	$25 \pm 0,3$ mm	Paquímetro	Entre 24,7 e 25,3 mm	Menor que 24,7 mm ou maior que 25,3 mm
Espessura	$1 \pm 0,1$ mm	Paquímetro	Entre 0,9 e 1,1 mm	Menor que 0,9 mm ou maior que 1,1 mm

Tabela 22 - Atributos para controlo de qualidade da chapa

Por exemplo, para um lote de dimensão 10, NQA de 15, previamente definido entre o fornecedor e o cliente, e nível de inspeção normal, têm-se os seguintes critérios de aceitação e de rejeição:

	Crítério de Aceitação	Crítério de Rejeição
1ª Amostra	0	2
2ª Amostra	1	2

Tabela 23 - Critérios de Aceitação e Rejeição – Exemplo chapa

Isto significa que:

- Caso as duas secções de chapa retiradas se encontrem conformes, o lote é logo aceite.
- Caso as duas secções de chapa retiradas se encontrem não conformes, o lote é logo rejeitado.
- Caso uma das secções esteja conforme e a outra não conforme (isto é, o número de não conformes na primeira amostra é maior do que o critério de aceitação e menor do que o critério de rejeição), é necessário retirar uma segunda amostra (mais duas secções de duas bobinas diferentes das que foram utilizadas para as amostras anteriores). Para a segunda amostra:
 - Caso as duas secções de chapa retiradas se encontrem conformes (isto é, há apenas uma não conforme da primeira amostra e, por isso, o número total de não conformes nas duas amostras é menor ou igual a 1), o lote é aceite.
 - Caso uma ou as duas secções de chapa retiradas se encontrem não conformes (isto é, o número total de não conformes nas duas amostras é maior do que 2), o lote é rejeitado.

b. Parafusos

Para a inspeção dos parafusos é necessário considerar o seu aspeto geral (presença de ferrugem, estado da rosca), comprimento, diâmetro e altura da cabeça e as dimensões da rosca.

A Figura 18 mostra um desenho técnico de um dos parafusos rececionados na Lifial. Os parâmetros a controlar estão rodeados a amarelo.

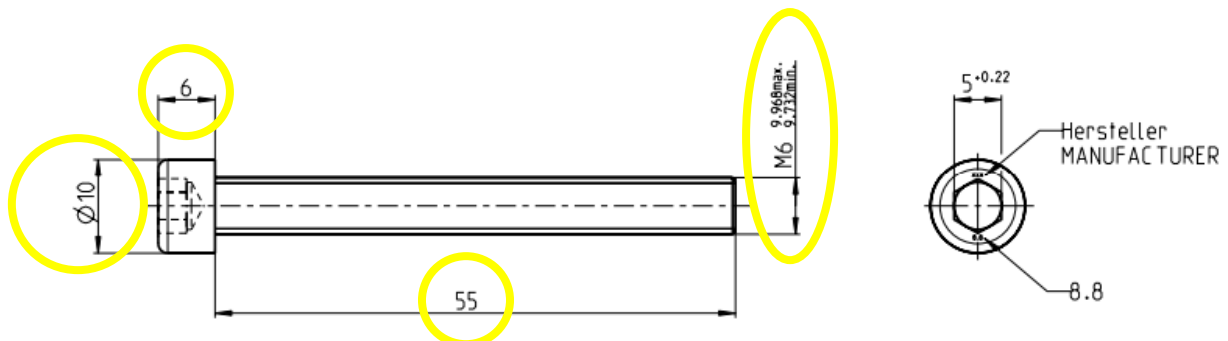


Figura 18 - Desenho Técnico Parafuso Lifial

Este parafuso deve ter $55 \pm 1,0$ mm de comprimento, um diâmetro da cabeça de $10 \pm 0,5$ mm e respetiva altura de $6 \pm 0,3$ mm e o diâmetro da rosca dentro dos limites máximo 9,968 mm e mínimo 9,732 mm (as tolerâncias não estão indicadas no desenho).

Existem diferentes tipos de parafusos (com gola, sem gola, de cabeça sextavada, auto roscantes, entre outros), sendo que todos apresentam as mesmas características base, mas, para efeitos de inspeção, pode ser necessário adaptar os parâmetros a controlar em cada um.

A Tabela 24 mostra de que forma, na amostragem por atributos, o parafuso em questão seria considerado conforme ou não conforme.

Parâmetro	Especificações	Método de Inspeção	Conforme	Não Conforme
Aspeto Geral	Ferrugem, estado da rosca ou outras imperfeições	Controlo visual	Ausência de ferrugem e de outras imperfeições, bom estado da rosca	Existência de ferrugem, mau estado da rosca ou outras imperfeições que inviabilizem a utilização do material
Comprimento	$55 \pm 1,0$ mm	Paquímetro	Entre 54,0 e 56,0 mm	Menor que 54,0 mm ou maior que 56,0 mm
Diâmetro da cabeça	$10 \pm 0,5$ mm	Paquímetro	Entre 9,5 e 10,5 mm	Menor que 9,5 mm ou maior que 10,5 mm
Altura da cabeça	$6 \pm 0,3$ mm	Paquímetro	Entre 5,7 e 6,3 mm	Menor que 5,7 mm ou maior que 6,3 mm
Limites do diâmetro da rosca	Min: 9,732 mm Máx: 9,968 mm	Paquímetro	Entre 9,732 e 9,968 mm	Menor que 9,732 mm e maior que 9,968 mm

Tabela 24 - Atributos para controlo de qualidade do parafuso

Por exemplo, para um lote de 5000 parafusos, NQA igual a 1,5 e nível de inspeção normal, a dimensão tanto da primeira amostra como da segunda seria de 125 parafusos. Para estas amostras, os critérios de aceitação e de rejeição seriam os seguintes:

	Critério de Aceitação	Critério de Rejeição
1ª Amostra	3	7
2ª Amostra	8	9

Tabela 25 - Critérios de Aceitação e Rejeição – Exemplo parafuso

Isto significa que:

- Caso apenas três ou menos parafusos se encontrem não conformes, o lote é logo aceite.
- Caso sete ou mais parafusos se encontrem não conformes, o lote é logo rejeitado.

- Caso quatro, cinco ou seis parafusos se encontrem não conformes, é necessário retirar uma segunda amostra. Para a segunda amostra:
 - Caso o total de parafusos não conformes presentes na primeira e na segunda amostra seja menor ou igual a oito parafusos, o lote é aceite.
 - Caso contrário, o lote é rejeitado.

c. Tacos

Existem dois tipos de tacos: tacos furados e tacos roscados. Em cada abraçadeira são colocados sempre dois tacos, um de cada tipo. Para efeitos de inspeção, os parâmetros são semelhantes para ambos. É necessário considerar o aspeto geral (presença de ferrugem ou rebarba, buraco centrado e, no caso do taco roscado, estado da rosca), o comprimento, o diâmetro exterior do taco e o diâmetro do buraco.



Figura 19 – Taco Roscado

Na Figura 20 é possível observar um desenho técnico de um dos tacos furados utilizados na Lifial. O taco roscado correspondente seria exatamente igual mas teria o interior do buraco roscado. Os parâmetros a controlar estão rodeados a amarelo.

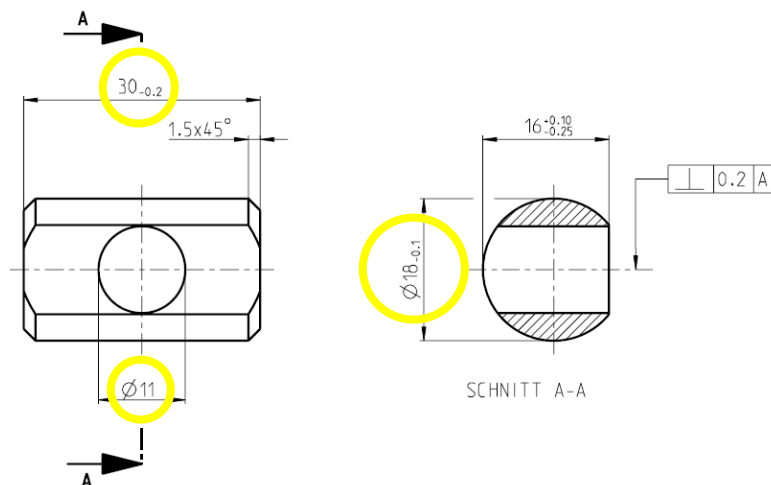


Figura 20 - Desenho Técnico Taco Furado Lifial

Este taco deve ter 30 - 0,2 mm de comprimento, um diâmetro exterior de 18 - 0,1 mm e um diâmetro do buraco de $11 \pm 0,1$ mm (a tolerância do diâmetro do buraco não se encontra indicada no desenho).

A Tabela 26 indica de que forma, para estas características, os tacos são considerados conformes ou não conformes.

Parâmetro	Especificações	Método de Inspeção	Conforme	Não Conforme
Aspeto Geral	Ferrugem, buraco centrado, estado da rosca ou outras imperfeições	Controlo visual	Ausência de ferrugem e de outras imperfeições, bom estado da rosca e buraco centrado	Existência de ferrugem, mau estado da rosca, buraco descentrado ou outras imperfeições que inviabilizem a utilização do material
Comprimento	30 - 0,2 mm	Paquímetro	Entre 29,8 e 30,0 mm	Menor que 29,8 mm ou maior que 30,0 mm
Diâmetro exterior	18 - 0,1 mm	Paquímetro	Entre 17,9 e 18,0 mm	Menor que 17,9 mm ou maior que 18,0 mm
Diâmetro do buraco	$11 \pm 0,1$ mm	Paquímetro	Entre 10,9 e 11,1 mm	Menor que 10,9 mm ou maior que 11,1 mm

Tabela 26 - Atributos para controlo de qualidade do taco

O exemplo dado para o controlo de um lote de 5000 parafusos, aplicam-se da mesma forma à inspeção dos tacos.

d. Patilhas

Através da Figura 21 é possível observar a aparência de uma patilha. Neste tipo de material é necessário controlar o seu aspeto geral (presença de ferrugem ou rebarba, simetria das orelhas e a posição do batente), largura e altura das orelhas.



Figura 21 - Patilha

A Figura 22 mostra um desenho técnico de uma patilha. Os parâmetros a controlar estão rodeados a amarelo.

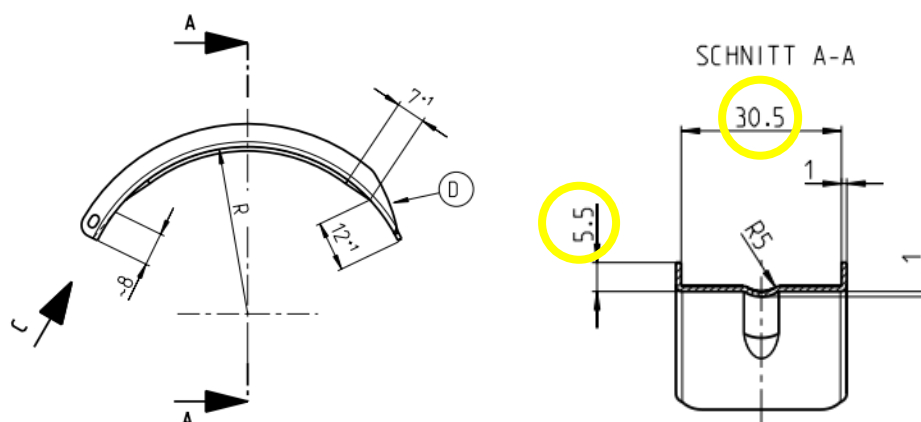


Figura 22 - Desenho Técnico Patilha Lifial

Esta patilha deve ter $30,5 \pm 0,3$ mm de largura e orelhas com uma altura de $5,5 \pm 0,1$ mm (as tolerâncias não estão indicadas no desenho).

Pela Tabela 27 é possível compreender de que forma a patilha é considerada conforme ou não conforme.

Parâmetro	Especificações	Método de Inspeção	Conforme	Não Conforme
Aspeto Geral	Ferrugem, rebarba, simetria das orelhas, posição do batente ou outras imperfeições	Controlo visual	Ausência de ferrugem e de outras imperfeições, orelhas simétricas e batente centrado	Existência de ferrugem e de outras imperfeições, orelhas assimétricas, batente descentrado ou outras imperfeições que inviabilizem a utilização do material
Largura	$30,5 \pm 0,3$ mm	Paquímetro	Entre 30,2 e 30,8 mm	Menor que 30,2 mm ou maior que 30,8 mm
Altura das orelhas	$5,5 \pm 0,1$ mm	Paquímetro	Entre 5,4 e 5,6 mm	Menor que 5,4 mm ou maior que 5,6 mm

Tabela 27 - Atributos para controlo de qualidade da patilha

Mais uma vez, o exemplo dado para o controlo de um lote de 5000 parafusos, aplica-se da mesma forma à inspeção das patilhas.

e. Varão

Existem dois tipos principais de varão: o varão liso e o varão roscado. Para a inspeção do varão liso, é apenas necessário controlar o seu diâmetro e aspeto geral (presença de ferrugem). Para o varão

roscado, é necessário controlar os diâmetros mínimo e máximo da rosca e o aspeto geral (presença de ferrugem e estado da rosca).



Figura 23 - Varão

A Figura 24 mostra o desenho técnico de um varão rosçado. O varão liso correspondente seria exatamente igual, mas sem a rosca. Os parâmetros a controlar estão rodeados a amarelo.

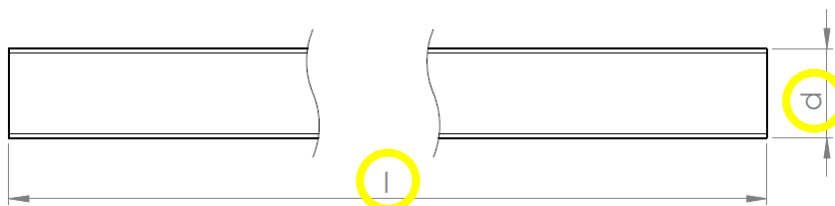


Figura 24 - Desenho Técnico Varão Roscado Lifial

Por exemplo, para um varão de comprimento 1 metro (l) e rosca M6, tem-se:

Parâmetro	Especificações	Método de Inspeção	Conforme	Não Conforme
Aspeto Geral	Ferrugem, estado da rosca ou outras imperfeições	Controlo visual	Ausência de ferrugem e de outras imperfeições, bom estado da rosca	Existência de ferrugem, mau estado da rosca ou outras imperfeições que inviabilizem a utilização do material
Limites do diâmetro da rosca	Exterior da rosca: Min: 5,794 mm Máx: 5,974 mm	Paquímetro	Entre 5,794 e 5,974 mm	Menor que 5,794 mm ou maior que 5,974 mm
	Interior da rosca: Min: 5,212 mm Máx: 5,324 mm	Paquímetro	Entre 5,212 e 5,324 mm	Menor que 5,212 mm ou maior que 5,324 mm
Comprimento	$100 \pm 1,0$ cm	Fita métrica	Entre 99 e 101 cm	Menor que 99 cm ou maior que 101 cm

Tabela 28 - Atributos para controlo de qualidade do varão rosçado

As especificações seriam semelhantes para o varão liso, à exceção dos limites do diâmetro da rosca. Nesse caso, estaria indicado apenas um valor para o diâmetro do varão com as respetivas tolerâncias. Novamente, o exemplo dado para o controlo de um lote de 5000 parafusos, aplicam-se da mesma forma à inspeção do varão.

f. Caixas de Cartão

As caixas de cartão rececionadas são as caixas utilizadas para embalar as abraçadeiras terminadas e prontas para venda. Neste caso, a Lifial não tem interesse em ocupar recursos para garantir as dimensões corretas das caixas. O controlo prende-se mais com o estado e qualidade das caixas do que com as suas medidas.

Através da Figura 25, é possível observar alguns dos defeitos encontrados ao longo do último ano nas caixas de cartão.



Figura 25 - Defeitos verificados nas caixas de cartão

Desta forma, para a inspeção das caixas, o principal parâmetro a controlar será o aspeto geral. O material será considerado não conforme no caso de serem identificadas arestas mal coladas ou faces coladas umas às outras, zonas do cartão danificadas ou outras imperfeições que ponham em causa o correto acondicionamento do material dentro das mesmas.

3.2.5. Fichas de Registo para o Controlo de Qualidade

Para efeitos de monitorização do controlo de qualidade proposto, foi elaborado um modelo de Ficha de Registo. Esta ficha foi construída numa folha de cálculo do Excel de forma a facilitar o processo para o colaborador (uma vez que os planos de amostragem também pressupõem a utilização de um Excel). No entanto, caso seja necessário, esta folha pode também ser preenchida em papel.

Na Figura 26 é possível observar esta ficha sem qualquer registo inserido.

Data:		
Referência:		
Lote:		
Dimensão de lote:		
Nível de Inspeção:		
NQA:		
Matéria Prima:		
Fornecedor:		
Dimensão das amostras		
1ª:	2ª:	
Registo de Inspeção		
1ª amostra	nº de conformes:	
	nº de não conformes:	
2ª amostra	nº de conformes:	
	nº de não conformes:	
Resultado 1ª amostra:		
Resultado 2ª amostra:		
Critérios		
	Aceitação	Rejeição
1ª amostra		
2ª amostra		

Figura 26 - Ficha de Registo para o Controlo de Qualidade

Inicialmente, o colaborador deve inserir a data do registo, a referência do produto, o código do lote, a dimensão do lote, o nível de inspeção e o NQA a utilizar. É relevante registar o nível utilizado em cada inspeção de forma a perceber quando é necessário, ou não, alternar entre níveis (Figura 27).

Data:	19/07/2020
Referência:	5916254145
Lote:	4E785LX534
Dimensão do lote:	5000
Nível de Inspeção:	
NQA:	0,65
Dimensão	Reduzida Normal Reforçada S-1 S-2 S-3 S-4
1ª:	

Figura 27 - Ficha de Registo para o Controlo de Qualidade – Seleção do Nível de Inspeção

Em seguida, encontram-se os campos para seleccionar o tipo de matéria prima a analisar (Figura 28) e o respetivo fornecedor (Figura 29).

Matéria Prima:	
Fornecedor	Chapa Parafusos Tacos Patilhas Varão Caixas de Cartão
Registo de Inspeção	

Figura 28 - Ficha de Registo para o Controlo de Qualidade - Seleção da Matéria Prima

Matéria Prima:	Parafusos
Fornecedor:	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> Fornecedor A Fornecedor B Fornecedor C Fornecedor D Fornecedor E </div>

Figura 29 - Ficha de Registo para o Controlo de Qualidade - Seleção do Fornecedor

Através deste registo será possível monitorizar a taxa de aceitação e de rejeição de lotes para um determinado fornecedor.

Em seguida, são preenchidas manualmente as informações dadas pelo Excel do Plano de Amostragem (Figura 30).

Dimensão das amostras			
1ª:	125	2ª:	125

Critérios		
	Aceitação	Rejeição
1ª amostra	1	4
2ª amostra	4	5

Figura 30 - Ficha de Registo para o Controlo de Qualidade - Informação Plano de Amostragem

Por último, é colocada a informação relativa à quantidade de peças conformes e não conformes. Com base nos critérios de aceitação, é automaticamente devolvido ao utilizador o resultado da amostragem (aceitação ou rejeição do lote). Por exemplo, no caso de apenas ter sido identificada uma peça não conforme, tem-se (Figura 31):

Dimensão das amostras			
1ª:	125	2ª:	125

Critérios		
	Aceitação	Rejeição
1ª amostra	1	4
2ª amostra	4	5

Registo de Inspeção		
1ª amostra	nº de conformes:	124
	nº de não conformes:	1
2ª amostra	nº de conformes:	
	nº de não conformes:	

Resultado 1ª amostra:	LOTE ACEITE
Resultado 2ª amostra:	

Figura 31 - Ficha de Registo para o Controlo de Qualidade - Exemplo lote aceite

Caso o número de peças não conformes identificadas fosse superior a 4 (critério de rejeição), ter-se-ia (Figura 33):

Dimensão das amostras			
1ª:	125	2ª:	125

Critérios		
	Aceitação	Rejeição
1ª amostra	1	4
2ª amostra	4	5

Registo de Inspeção		
1ª amostra	nº de conformes:	118
	nº de não conformes:	7
2ª amostra	nº de conformes:	
	nº de não conformes:	

Resultado 1ª amostra:	LOTE REJEITADO
Resultado 2ª amostra:	

Figura 33 - Ficha de Registo para o Controlo de Qualidade - Exemplo lote rejeitado

Para o mesmo exemplo, se o número de peças não conformes encontradas estivesse entre 1 e 4, o resultado apresentado seria (Figura 32):

Dimensão das amostras			
1ª:	125	2ª:	125

Critérios		
	Aceitação	Rejeição
1ª amostra	1	4
2ª amostra	4	5

Registo de Inspeção		
1ª amostra	nº de conformes:	122
	nº de não conformes:	3
2ª amostra	nº de conformes:	
	nº de não conformes:	

Resultado 1ª amostra:	RETIRAR 2ª AMOSTRA
Resultado 2ª amostra:	

Figura 32 - Ficha de Registo para o Controlo de Qualidade - Exemplo necessidade de 2ª amostra

Da mesma forma, ao fazer os registos das não conformidades para a 2ª amostra, o resultado seria de aceitação do lote caso a soma de não conformes das duas amostras fosse menor ou igual a 4. Caso contrário, o lote seria rejeitado.

3.3. Avaliação das ações propostas

Após a implementação do controlo de qualidade proposto, é de extrema importância realizar uma análise à eficácia do mesmo. Para esta avaliação, deveria ser efetuado um novo estudo às reclamações, após um determinado período de utilização dos planos de amostragem descritos. Relativamente às reclamações de clientes, é expectável que se verifique uma diminuição no número de reclamações recebidas com origem na falta de qualidade da matéria prima. No entanto, na análise às reclamações a fornecedores, não será necessariamente encontrada uma diminuição do número destas. Pelo contrário, será previsível que o número de reclamações aumente, uma vez que as não

conformidades que não eram identificadas anteriormente, pela falta de inspeção, serão agora detetadas.

4. Conclusões e Trabalho Futuro

O processo de implementação do controlo de qualidade proposto encontra-se numa fase inicial, uma vez que foi apenas executada toda a fase de planeamento e de elaboração da proposta, mas não foi possível passar à fase seguinte de testes, implementação e análise dos resultados. Atualmente, a empresa está numa fase de ponderação relativamente à escolha do colaborador para a posição de “Inspetor da Qualidade”, responsável pelo controlo de qualidade à receção de matéria prima. É importante salientar que a formação apresenta um papel essencial para o comprometimento das pessoas e, por isso, numa fase seguinte, deverá existir um investimento na formação do colaborador selecionado e de um colaborador suplente, para que este controlo seja sempre assegurado.

Uma vez implementado, deve existir uma monitorização constante, de forma a ser possível identificar potenciais falhas e ineficiências, adaptações necessárias ao nível dos parâmetros definidos para cada material, entre outros. Além disso, futuramente fará sentido verificar a necessidade de se implementar uma amostragem por variáveis, dado que grande parte dos parâmetros são controlados através de medições. Pode ser realizado um estudo relativamente às principais causas de rejeição dos diversos materiais (por exemplo, recorrendo a um Diagrama de Pareto) e se as principais causas forem de carácter dimensional, pode-se optar por fazer a adaptação para um controlo por variáveis.

A implementação desta inspeção para todas as matérias primas enunciadas implicaria, futuramente, a elaboração de um catálogo onde constassem todas as características relevantes a controlar dos mesmos. De forma a seguir o mesmo modelo da proposta anteriormente descrita, esta base de dados poderia ser desenvolvida numa folha de Excel, onde, ao ser inserida a referência do produto, seriam devolvidos os parâmetros a controlar. Assim, seria possível reduzir o desperdício de tempo de consulta e de compreensão das fichas técnicas dos produtos por parte do colaborador. No entanto, poderia ser ainda mais vantajoso integrar esta base de dados no ERP da empresa, tendo assim todos os dados reunidos no mesmo sistema de informação.

Para o processo de classificação de fornecedores, como sugestão de trabalho futuro, pode ser relevante considerar um critério relacionado com o desempenho de cada fornecedor nos controlos de qualidade aos quais os seus lotes foram submetidos. Tendo em conta que, atualmente, esta avaliação é realizada anualmente, este critério poderia ser adicionado um ano após a implementação do controlo de qualidade à receção de matéria prima. Desta forma, estariam reunidas as informações necessárias relativas a cada fornecedor: níveis de qualidade apresentados, lotes aceites e lotes rejeitados.

De forma a facilitar esta e outras análises que possam ser relevantes, seria pertinente, mais uma vez, integrar a Ficha de Registo para o controlo de qualidade no ERP utilizado pela empresa. Isto

permitiria que fossem retiradas informações diretamente do sistema, como por exemplo, o número de lotes rejeitados de determinado fornecedor, o nível de inspeção a ser utilizado para um dado fornecedor nesse momento, os lotes rejeitados por matéria prima ou até o número de inspeções realizadas num determinado período.

Outra alteração que deve ser feita, agora ao nível do armazém, seria a criação de uma zona física destinada à alocação do material não conforme ou sob observação. Esta zona é, como já foi referido anteriormente, essencial para o correto funcionamento do controlo de qualidade proposto.

Além disso, como foi referido anteriormente, a Lifial receciona outros produtos para além da matéria prima (como semipartes e produtos acabados). Foi constatado junto da organização que seria pertinente e benéfico o alargamento deste modelo de inspeção ao Armazém Principal, para a receção destes produtos. Através de uma curta observação, foi verificado que, durante o processo de receção na Lifial e envio para o cliente final, para determinados produtos, as caixas nem chegam a ser abertas. Assim sendo, dá-se diversas vezes o caso de, no cliente final, serem identificados defeitos nas peças, acabando por originar um processo de reclamação. Esta situação seria facilmente evitada com a implementação de um controlo de qualidade neste armazém.

Por último, um dos principais objetivos da Lifial é o de certificar a empresa pela norma ISO 45001:2019, fazendo a integração dos três sistemas de gestão: qualidade, ambiente e segurança e saúde no trabalho. Assim, a implementação de um controlo de qualidade bem estruturado e adequado às necessidades da empresa, não deixa de ser uma mais valia para a organização e para todo o processo de integração e certificação dos sistemas de gestão, nomeadamente da qualidade.

5. Bibliografia

- Abuazza, O. A., Labib, A., & Savage, B. M. (2019). Development of a conceptual auditing framework by integrating ISO 9001 principles within auditing. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 37(3), 411–427. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-06-2018-0154>
- Aggelogiannopoulos, D., Drosinos, E. H., & Athanasopoulos, P. (2007). Implementation of a quality management system (QMS) according to the ISO 9000 family in a Greek small-sized winery: A case study. *Food Control*, 18(9), 1077–1085. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2006.07.010>
- Akarte, M. M., Surendra, N. V., Ravi, B., & Rangaraj, N. (2001). Web based casting supplier evaluation using analytical hierarchy process. *Journal of the Operational Research Society*, 52(5), 511–522. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601124>
- ANSI/ASQ Z1.4 - *Sampling Procedures and Tables for Inspection by Attributes*. (2003).
- ANSI/ASQ Z1.9 – *Sampling Procedures and Tables for Inspection by Variables for Percent Nonconforming*. (2003).
- Arumugam, V., Ooi, K.-B., & Fong, T.-C. (n.d.). *TQM practices and quality management performance An investigation of their relationship using data from ISO 9001:2000 firms in Malaysia*. <https://doi.org/10.1108/17542730810909383>
- Balamurali, S., Aslam, M., Ahmad, L., & Jun, C.-H. (2019). *Communications in Statistics-Theory and Methods A mixed double sampling plan based on C pk A mixed double sampling plan based on C pk*. <https://doi.org/10.1080/03610926.2019.1565836>
- Boiral, O. (2011). Managing with ISO Systems: Lessons from Practice. *Long Range Planning*, 44(3), 197–220. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2010.12.003>
- Chen, H. R., & Cheng, B. W. (2012). Applying the ISO 9001 process approach and service blueprint to hospital management systems. *TQM Journal*, Vol. 24, pp. 418–432. <https://doi.org/10.1108/17542731211261575>
- Chen, Y., & Li, haoqi. (n.d.). *Research on Engineering Quality Management Based on PDCA Cycle*. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/490/6/062033>
- Cousson, P.-Y., Decerle, N., Munoz-Sanchez, M.-L., Roux, D., Doméjean, S., Nicolas, E., & Hennequin, M. (2019). The “Plan” phase of a Deming cycle: Measurement of quality and outcome of root canal treatments in a university hospital. *European Journal of Dental Education*, 23(1), e1–e11. <https://doi.org/10.1111/eje.12393>
- de Melo, F. J. C., & de Medeiros, D. D. (2020). Applying interpretive structural modeling to analyze the fundamental concepts of the management excellence model guided by the risk-based thinking of ISO 9001: 2015. *Human and Ecological Risk Assessment: An International*

- Journal*, 1–31. <https://doi.org/10.1080/10807039.2020.1752144>
- Duarte, B. P. M., & Granjo, J. F. O. (2019a). Journal of Statistical Computation and Simulation Optimal exact design of double acceptance sampling plans by attributes Optimal exact design of double acceptance sampling plans by attributes. *JOURNAL OF STATISTICAL COMPUTATION AND SIMULATION*, 89(17), 3313–3329. <https://doi.org/10.1080/00949655.2019.1663519>
- Duarte, B. P. M., & Granjo, J. F. O. (2019b). Optimal exact design of double acceptance sampling plans by attributes. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 89(17), 3313–3329. <https://doi.org/10.1080/00949655.2019.1663519>
- Duret, D., & Pillet, M. (2009). *Qualidade na Produção da ISO 9000 ao Seis Sigma* (3ª Edição; Lidel, Ed.).
- Eicher, L. D. (1997). The ISO 9000 family of International Standards. *Accreditation and Quality Assurance*, 2(7), 323–326. <https://doi.org/10.1007/s007690050157>
- Fonseca, L. M., Domingues, J. P., Machado, P., & Calderón, M. (2017). Management system certification benefits: Where do we stand? *Journal of Industrial Engineering and Management*, 10(3), 476–494. <https://doi.org/10.3926/jiem.2350>
- Franklin, T. O., Tubon-Nunez, E., Carrillo, S., Buele, J., & Franklin, S. L. (2019). Quality management system based on the ISO 9001:2015: Study case of a coachwork company. *Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI, 2019-June*. <https://doi.org/10.23919/CISTI.2019.8760816>
- Gryna, F. M. (2001). *Quality Planning and Analysis: From Product Development Through Use* (4ª edição; McGraw-Hill, Ed.).
- Guo, Y., Gao, H., Cai, Z., Zhang, S., & Hu, F. (2019). Continuous Improvement of Industrial Engineering Education Based on PDCA Method and Structural Importance. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 2019-Decem*, 311–315. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2018.8607498>
- Habibie, M. H., & Basuki, B. (n.d.). *Risk-based thinking on calibration and testing laboratory: Current challenge in transition period*. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/673/1/012075>
- Habibie, M. H., Kresiani, R. H., Riset dan Pengembangan SDM, P., Standardisasi Nasional, B., Puspipstek, K., & Selatan, T. (n.d.). *Implementation of PDCA Cycle in Calibration and Testing Laboratory Based on ISO/IEC 17025:2017*. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/598/1/012108>
- Haddad, M., Sanders, D., & Tewkesbury, G. (2020). Selecting a discrete multiple criteria decision making method for Boeing to rank four global market regions. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 134, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.01.026>
- Handfield, R., Walton, S. V., Sroufe, R., & Melnyk, S. A. (2002). Applying environmental criteria

- to supplier assessment: A study in the application of the Analytical Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, 141(1), 70–87. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(01\)00261-2](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00261-2)
- Huang, H. T., & Wongthai, W. (2019). The design of an online information system of the check stage in plan-do-check-act cycle for evaluation of student learning in Taiwan Preschools. *ACM International Conference Proceeding Series*, 16–22. <https://doi.org/10.1145/3355166.3355168>
- IPQ - Instituto Português da Qualidade. (2015a). *NP EN ISO 9000:2015 Sistemas de Gestão da Qualidade - Fundamentos e Vocabulário*.
- IPQ - Instituto Português da Qualidade. (2015b). *NP EN ISO 9001:2015 Sistemas de Gestão da Qualidade - Requisitos*.
- Júnior, A. A., & Broday, E. E. (2019). Adopting PDCA to loss reduction: A case study in a food industry in Southern Brazil. *International Journal for Quality Research*, 13(2), 335–347. <https://doi.org/10.24874/IJQR13.02-06>
- Kharub, M., & Sharma, R. (2018). *Total Quality Management & Business Excellence An integrated structural model of QMPs, QMS and firm's performance for competitive positioning in MSMEs An integrated structural model of QMPs, QMS and firm's performance for competitive positioning in MSMEs*. <https://doi.org/10.1080/14783363.2018.1427500>
- Kurniawan, W., Andrianto Susilo, F., Hardi Purba, H., & Aisyah, S. (n.d.). *Reducing tyre scrap blister under tread with PDCA approach: a case study in manufacturing industry*. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/508/1/012089>
- Ma, Y., Zhang, Q., & Yin, H. (2020). Environmental management and labor productivity: The moderating role of quality management. *Journal of Environmental Management*, 255. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109795>
- Mahalingam, U., & Balamurali, S. (2019). Economic design of quick switching sampling system for resubmitted lots. *Communications in Statistics - Theory and Methods*, 48(16), 4019–4033. <https://doi.org/10.1080/03610926.2018.1484141>
- Nadi, A. A., Gildeh, B. S., & Afshari, R. (2020). Optimal design of overall yield-based variable repetitive sampling plans for processes with multiple characteristics. *Applied Mathematical Modelling*, 81, 194–210. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2019.11.037>
- Napitupulu, H. L. (n.d.). *Determining the priority level of suppliers by using AHP and TOPSIS*. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/505/1/012154>
- Ramyamol, P. C., & Kumar, M. (2019). Optimal design of variable acceptance sampling plans for mixture distribution. *JOURNAL OF APPLIED STATISTICS*, 46(15), 2700–2721. <https://doi.org/10.1080/02664763.2019.1610162>

- Ribeiro, M. C., & Alves, A. (2016). Aplicação do método Analytic Hierarchy Process (AHP) com a mensuração absoluta num problema de seleção qualitativa. *Sistemas & Gestão*, 11(3), 270–281. <https://doi.org/10.20985/1980-5160.2016.v11n3.988>
- Rybski, C., Jochem, R., & Homma, L. (2017). Empirical study on status of preparation for ISO 9001:2015. *Total Quality Management & Business Excellence*, 28(9–10), 1076–1089. <https://doi.org/10.1080/14783363.2017.1303886>
- Samani, M. A., Ismail, N., Leman, Z., & Zulkifli, N. (2019). Development of a conceptual model for risk-based quality management system. *Total Quality Management & Business Excellence*, 30(5–6), 483–498. <https://doi.org/10.1080/14783363.2017.1310617>
- Santos, G., & Millán, A. L. (2013). Motivation and benefits of implementation and certification according ISO 9001 - the Portuguese experience. *International Journal for Quality Research*, 7(1), 71–86.
- Silva, A. S., & Belderrain, M. N. (2009). *O Problema de Seleção de Fornecedores: Abordagem AHP com Uso de Ratings*.
- Simões, T. L., & Simões, W. L. (2017). Tomada de decisão na escolha de fornecedores utilizando Analytic Hierarchy Process (AHP) Decision making on supplier selection using Analytic Hierarchy Process (AHP). In *FTT Journal of Engineering and Business* (Vol. 1).
- Vargas, R. (2010). Utilizando a programação multicritério (Analytical Hierarchy Process - AHP) para selcionar e priorizar projetos na gestão de portfólio. *PMI Global Congress 2010 – North America Washington – DC – EUA – 2010*. Retrieved from https://ricardo-vargas.com/pt/articles/analytic-hierarchy-process/#available_files
- Verde, G. La, Roca, V., & Pugliese, M. (2019). Quality assurance in planning a radon measurement survey using PDCA cycle approach: what improvements? *International Journal of Metrology and Quality Engineering*, 10, 2. <https://doi.org/10.1051/IJMQE/2019004>
- Vieira, S. (2014). *Estatística para a Qualidade* (3ª edição; ELSEVIER, Ed.).
- Viriansky, Z. Y., & Shaposhnikov, S. O. (2019). Quality Assurance of Quality Management Systems. *Proceedings of the 2019 IEEE International Conference; Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies; IT and QM and IS 2019*, 323–325. <https://doi.org/10.1109/ITQMIS.2019.8928299>
- Wu, S.-I., & Jang, J.-Y. (2014). The impact of ISO certification on consumers' purchase intention. *Total Quality Management & Business Excellence*, 25(3–4), 412–426. <https://doi.org/10.1080/14783363.2013.776770>

6. Anexos

6.1. Letras código para o tamanho da amostra

Dimensão do lote (2.3.1.2.2)		Dimensão do lote (2.3.1.2.1)		Special inspection levels				General inspection levels		
				S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
Lot or batch size										
2	to	8	A	A	A	A	A	A	B	
9	to	15	A	A	A	A	A	B	C	
16	to	25	A	A	B	B	B	C	D	
26	to	50	A	B	B	C	C	D	E	
51	to	90	B	B	C	C	C	E	F	
91	to	150	B	B	C	D	D	F	G	
151	to	280	B	C	D	E	E	G	H	
281	to	500	B	C	D	E	F	H	J	
501	to	1200	C	C	E	F	G	J	K	
1201	to	3200	C	D	E	G	H	K	L	
3201	to	10000	C	D	F	G	J	L	M	
10001	to	35000	C	D	F	H	K	M	N	
35001	to	150000	D	E	G	J	L	N	P	
150001	to	500000	D	E	G	J	M	P	Q	
500001	and	over	D	E	H	K	N	Q	R	

Nível de controlo utilizado por defeito

Letra código (2.3.1.2.1)

Letra código (2.3.1.2.2)

Dimensão do lote (2.3.1.1.1 e 2.3.1.1.2)

Letra código (2.3.1.1.1 e 2.3.1.1.2)

Fonte: ANSI/ASQ Z1.4 - Sampling Procedures and Tables for Inspection by Attributes. (2003).

6.2. Planos de Amostragem Simples para Inspeção Normal

NQA

Sample size code letter	Sample size	Acceptance Quality Limits, AQLs, in Percent Nonconforming Items and Nonconformities per 100 Items (Normal Inspection)																											
		0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1000		
		Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	
A	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
C	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
D	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
E	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
F	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
G	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
H	50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
J	80	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
K	125	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
L	200	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
M	315	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
N	500	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
P	800	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
Q	1250	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
R	2000	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑		

Letra código: K
Dimensão da amostra: 125 peças

↓ = Use the first sampling plan below the arrow. If sample size equals, or exceeds, lot size, carry out 100 percent inspection.
 ↑ = Use the first sampling plan above the arrow.
 Ac = Acceptance number.
 Re = Rejection number.

Critério de Aceitação: 2
Critério de Rejeição: 3

Fonte: ANSI/ASQ Z1.4 - Sampling Procedures and Tables for Inspection by Attributes. (2003).

6.3. Planos de Amostragem Duplos para Inspeção Normal

NQA

Sample size code letter	Sample	Sample size	Cumulative sample size	Acceptance Quality Limits (reduced inspection)																											
				0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1000		
				Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re	Ac Re
A				↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
B	First Second	2 2	2 4	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
C	First Second	3 3	3 6	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
D	First Second	5 5	5 10	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
E	First Second	8 8	8 16	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
F	First Second	13 13	13 26	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
G	First Second	20 20	20 40	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
H	First Second	32 32	32 64	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
J	First Second	50 50	50 100	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
K	First Second	80 80	80 160	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
L	First Second	125 125	125 250	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
M	First Second	200 200	200 400	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
N	First Second	315 315	315 630	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
P	First Second	500 500	500 1000	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
Q	First Second	800 800	800 1600	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
R	First Second	1250 1250	1250 2500	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		

Letra código: K
 Dimensão da 1ª amostra: 80 peças
 Dimensão da 2ª amostra: 80 peças

- ↓ = Use first sampling plan below arrow. If sample size equals or exceeds lot or batch size, do 100 percent inspection.
- ↑ = Use first sampling plan above arrow.
- Ac = Acceptance number.
- Re = Rejection number.
- * = Use corresponding single sampling plan.
- + = Use corresponding single sampling plan or double sampling plan for code letter B below.

1ª amostra:
 Critério de Aceitação: 0
 Critério de Rejeição: 3
 2ª amostra:
 Critério de Aceitação: 3
 Critério de Rejeição: 4

Fonte: ANSI/ASQ Z1.4 - Sampling Procedures and Tables for Inspection by Attributes. (2003).

6.4. Planos de Amostragem baseados na Variabilidade Desconhecida

Sample size code letter	Sample size	NÍVEIS DE QUALIDADE ACEITÁVEIS (Inspeção Normal)											
		<i>T</i>	0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,00	1,50	2,50	4,0	6,50	10,00
		<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>	<i>k</i>
B	3												
C	4												
D	5												
E	7				0,442	1,06	2,14	3,55	5,35	8,40	12,20	17,35	23,29
F	10			0,349	0,716	1,30	2,17	3,26	4,77	7,29	10,54	15,17	20,74
G	15	0,186	0,312	0,503	0,818	1,31	2,11	3,05	4,31	6,56	9,46	13,71	18,94
H	20	0,228	0,365	0,544	0,846	1,29	2,05	2,95	4,09	6,17	8,92	12,99	18,03
I	25	0,250	0,380	0,551	0,877	1,29	2,00	2,86	3,97	5,97	8,63	12,57	17,51
J	35	0,264	0,388	0,535	0,847	1,23	1,87	2,68	3,70	5,57	8,10	11,87	16,65
K	50	0,250	0,363	0,503	0,789	1,17	1,71	2,49	3,45	5,20	7,61	11,23	15,87
L	75	0,228	0,330	0,467	0,720	1,07	1,60	2,49	3,20	4,87	7,15	10,63	15,13
M	100	0,220	0,317	0,447	0,689	1,02	1,53	2,20	3,07	4,69	6,91	10,32	14,75
N	150	0,203	0,293	0,413	0,638	0,949	1,43	2,05	2,89	4,43	6,57	9,88	14,20
P	200	0,204	0,294	0,414	0,637	0,945	1,42	2,04	2,87	4,40	6,53	9,81	14,12
		0,10	0,15	0,25	0,40	0,65	1,00	1,50	2,50	4,00	6,50	10,00	
		NÍVEIS DE QUALIDADE ACEITÁVEIS (Inspeção Rigorosa)											

NQA

→

% máxima de não conformes (*M*): 3,55%

Letra código: E
Dimensão da amostra: 7 peças

Fonte: Vieira, S. (2014). Estatística para a Qualidade (3a edição; ELSEVIER, Ed.).

6.5. Estimação da percentagem de não conformes no lote (método do desvio padrão)

Valor de QU

Dimensão da amostra

Valor de $pU = 0,65\%$

QU ou QL	DIMENSÃO DA AMOSTRA														
	3	4	5	7	10	15	20	25	30	35	50	75	100	150	200
1,90	0,00	0,00	0,00	0,93	1,75	2,21	2,40	2,51	2,57	2,62	2,70	2,76	2,79	2,82	2,83
1,91	0,00	0,00	0,00	0,87	1,68	2,14	2,34	2,44	2,51	2,56	2,63	2,69	2,72	2,75	2,77
1,92	0,00	0,00	0,00	0,81	1,62	2,08	2,27	2,38	2,45	2,49	2,57	2,63	2,66	2,69	2,70
1,93	0,00	0,00	0,00	0,76	1,56	2,02	2,21	2,32	2,38	2,43	2,51	2,57	2,60	2,62	2,64
1,94	0,00	0,00	0,00	0,70	1,50	1,96	2,15	2,25	2,32	2,37	2,45	2,51	2,54	2,56	2,58
1,95	0,00	0,00	0,00	0,65	1,44	1,90	2,09	2,19	2,26	2,31	2,39	2,45	2,48	2,50	2,52
1,96	0,00	0,00	0,00	0,60	1,38	1,84	2,03	2,14	2,20	2,25	2,33	2,39	2,42	2,44	2,46
1,97	0,00	0,00	0,00	0,56	1,33	1,78	1,97	2,08	2,14	2,19	2,27	2,33	2,36	2,39	2,40
1,98	0,00	0,00	0,00	0,51	1,27	1,73	1,92	2,02	2,09	2,13	2,21	2,27	2,30	2,33	2,34
1,99	0,00	0,00	0,00	0,47	1,22	1,67	1,86	1,97	2,03	2,08	2,16	2,22	2,25	2,27	2,29
2,00	0,00	0,00	0,00	0,43	1,17	1,62	1,81	1,91	1,98	2,03	2,10	2,16	2,19	2,22	2,23
2,01	0,00	0,00	0,00	0,39	1,12	1,57	1,76	1,86	1,93	1,97	2,05	2,11	2,14	2,17	2,18
2,02	0,00	0,00	0,00	0,36	1,07	1,52	1,71	1,81	1,87	1,92	2,00	2,06	2,09	2,11	2,13
2,03	0,00	0,00	0,00	0,32	1,03	1,47	1,66	1,76	1,82	1,87	1,95	2,01	2,04	2,06	2,08
2,04	0,00	0,00	0,00	0,29	0,98	1,42	1,61	1,71	1,77	1,82	1,90	1,96	1,99	2,01	2,03
2,05	0,00	0,00	0,00	0,26	0,94	1,37	1,56	1,66	1,73	1,77	1,85	1,91	1,94	1,96	1,98
2,06	0,00	0,00	0,00	0,23	0,90	1,33	1,51	1,61	1,68	1,72	1,80	1,86	1,89	1,92	1,93
2,07	0,00	0,00	0,00	0,21	0,86	1,28	1,47	1,57	1,63	1,68	1,76	1,81	1,84	1,87	1,88
2,08	0,00	0,00	0,00	0,18	0,82	1,24	1,42	1,52	1,59	1,63	1,71	1,77	1,79	1,82	1,84
2,09	0,00	0,00	0,00	0,16	0,78	1,20	1,38	1,48	1,54	1,59	1,66	1,72	1,75	1,78	1,79
2,10	0,00	0,00	0,00	0,14	0,74	1,16	1,34	1,44	1,50	1,54	1,62	1,68	1,71	1,73	1,75
2,11	0,00	0,00	0,00	0,12	0,71	1,12	1,30	1,39	1,46	1,50	1,58	1,63	1,66	1,69	1,70
2,12	0,00	0,00	0,00	0,10	0,67	1,08	1,26	1,35	1,42	1,46	1,54	1,59	1,62	1,65	1,66
2,13	0,00	0,00	0,00	0,08	0,64	1,04	1,22	1,31	1,38	1,42	1,50	1,55	1,58	1,61	1,62
2,14	0,00	0,00	0,00	0,07	0,61	1,00	1,18	1,28	1,34	1,38	1,46	1,51	1,54	1,57	1,58
2,15	0,00	0,00	0,00	0,06	0,58	0,97	1,14	1,24	1,30	1,34	1,42	1,47	1,50	1,53	1,54
2,16	0,00	0,00	0,00	0,05	0,55	0,93	1,10	1,20	1,26	1,30	1,38	1,43	1,46	1,49	1,50
2,17	0,00	0,00	0,00	0,04	0,52	0,90	1,07	1,16	1,22	1,27	1,34	1,40	1,42	1,45	1,46
2,18	0,00	0,00	0,00	0,03	0,49	0,87	1,03	1,13	1,19	1,23	1,30	1,36	1,39	1,41	1,42
2,19	0,00	0,00	0,00	0,02	0,46	0,83	1,00	1,09	1,15	1,20	1,27	1,32	1,35	1,38	1,39
2,20	0,00	0,00	0,00	0,015	0,437	0,803	0,968	1,061	1,120	1,161	1,233	1,287	1,314	1,340	1,352
2,21	0,00	0,00	0,00	0,010	0,413	0,772	0,936	1,028	1,087	1,128	1,199	1,253	1,279	1,305	1,318
2,22	0,00	0,00	0,00	0,006	0,389	0,743	0,905	0,996	1,054	1,095	1,166	1,219	1,245	1,271	1,283
2,23	0,00	0,00	0,00	0,003	0,366	0,715	0,875	0,965	1,023	1,063	1,134	1,188	1,212	1,238	1,250
2,24	0,00	0,00	0,00	0,002	0,345	0,687	0,845	0,935	0,992	1,032	1,102	1,154	1,180	1,205	1,218
2,25	0,00	0,00	0,00	0,001	0,324	0,660	0,816	0,905	0,962	1,002	1,071	1,123	1,148	1,173	1,186
2,26	0,00	0,00	0,00	0,000	0,304	0,634	0,789	0,876	0,933	0,972	1,041	1,092	1,117	1,142	1,155
2,27	0,00	0,00	0,00	0,000	0,285	0,609	0,762	0,848	0,904	0,943	1,011	1,062	1,087	1,112	1,124
2,28	0,00	0,00	0,00	0,000	0,267	0,585	0,735	0,821	0,876	0,915	0,982	1,033	1,058	1,082	1,094
2,29	0,00	0,00	0,00	0,000	0,250	0,561	0,710	0,794	0,849	0,887	0,954	1,004	1,029	1,053	1,065

Fonte: Vieira, S. (2014). Estatística para a Qualidade (3a edição; ELSEVIER, Ed.).

[Continuação]

QU ou QL	DIMENSÃO DA AMOSTRA														
	3	4	5	7	10	15	20	25	30	35	50	75	100	150	200
2,70	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,069	0,130	0,171	0,200	0,220	0,250	0,286	0,302	0,317	0,325
2,71	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,064	0,124	0,164	0,192	0,212	0,249	0,278	0,293	0,307	0,315
2,72	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,060	0,118	0,157	0,184	0,204	0,241	0,269	0,283	0,298	0,305
2,73	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,057	0,112	0,151	0,177	0,197	0,232	0,260	0,274	0,288	0,296
2,74	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,053	0,107	0,144	0,170	0,189	0,224	0,252	0,266	0,279	0,286
2,75	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,049	0,102	0,138	0,163	0,182	0,216	0,243	0,257	0,271	0,277
2,76	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,046	0,097	0,132	0,157	0,175	0,209	0,235	0,249	0,262	0,269
2,77	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,043	0,092	0,126	0,151	0,168	0,201	0,227	0,241	0,254	0,260
2,78	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,040	0,087	0,121	0,145	0,162	0,194	0,220	0,233	0,246	0,252
2,79	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,037	0,083	0,115	0,139	0,156	0,187	0,212	0,225	0,238	0,244
2,80	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,035	0,079	0,110	0,133	0,150	0,181	0,205	0,218	0,230	0,237
2,81	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,032	0,075	0,105	0,128	0,144	0,174	0,198	0,211	0,223	0,229
2,82	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,030	0,071	0,101	0,122	0,138	0,168	0,192	0,204	0,216	0,222
2,83	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,028	0,067	0,096	0,117	0,133	0,162	0,185	0,197	0,209	0,215
2,84	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,026	0,064	0,092	0,112	0,128	0,156	0,179	0,190	0,202	0,208
2,85	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,024	0,060	0,088	0,108	0,122	0,150	0,173	0,184	0,195	0,201
2,86	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,022	0,057	0,084	0,103	0,118	0,145	0,167	0,178	0,189	0,195
2,87	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,054	0,080	0,099	0,113	0,139	0,161	0,172	0,183	0,188
2,88	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,019	0,051	0,076	0,094	0,108	0,134	0,155	0,166	0,177	0,182
2,89	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,017	0,048	0,073	0,090	0,104	0,129	0,150	0,160	0,171	0,176
2,90	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,016	0,044	0,069	0,087	0,100	0,125	0,145	0,155	0,165	0,171
2,91	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,015	0,043	0,066	0,083	0,096	0,120	0,140	0,150	0,160	0,165
2,92	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,013	0,041	0,063	0,079	0,092	0,115	0,135	0,145	0,155	0,160
2,93	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012	0,038	0,060	0,076	0,088	0,111	0,130	0,140	0,149	0,154
2,94	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011	0,036	0,057	0,072	0,084	0,107	0,125	0,135	0,144	0,149
2,95	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,034	0,054	0,069	0,081	0,103	0,121	0,130	0,140	0,144
2,96	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,032	0,051	0,066	0,077	0,099	0,117	0,126	0,135	0,140
2,97	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,030	0,049	0,063	0,074	0,095	0,112	0,121	0,130	0,135
2,98	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,028	0,046	0,060	0,071	0,091	0,108	0,117	0,126	0,130
2,99	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,027	0,044	0,057	0,068	0,088	0,104	0,113	0,122	0,126
3,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,025	0,042	0,055	0,065	0,084	0,101	0,109	0,118	0,122
3,01	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,024	0,040	0,052	0,062	0,081	0,097	0,105	0,114	0,118
3,02	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,022	0,038	0,050	0,059	0,078	0,093	0,101	0,110	0,114
3,03	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,021	0,036	0,048	0,057	0,075	0,090	0,098	0,106	0,110
3,04	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,019	0,034	0,045	0,054	0,072	0,087	0,094	0,102	0,106
3,05	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,018	0,032	0,043	0,052	0,069	0,083	0,091	0,099	0,103
3,06	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,017	0,030	0,041	0,050	0,066	0,080	0,088	0,095	0,099
3,07	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,016	0,029	0,039	0,047	0,064	0,077	0,085	0,092	0,096
3,08	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,015	0,027	0,037	0,045	0,061	0,074	0,081	0,089	0,092
3,09	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,014	0,026	0,036	0,043	0,059	0,072	0,079	0,086	0,089

Fonte: Vieira, S. (2014). Estatística para a Qualidade (3a edição; ELSEVIER, Ed.).

6.6. Valores de constantes para a elaboração de gráficos de controlo por variáveis

n	Fatores para Limites de Controle											Fatores para Linha Central			
	A	A ₂	A ₃	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	c ₄	1/c ₄	d ₂	1/d ₂
2	2,121	1,880	2,659	0,000	3,267	0,000	2,606	0,000	3,686	0,000	3,267	0,7979	1,2533	1,128	0,8865
3	1,732	1,023	1,954	0,000	2,568	0,000	2,276	0,000	4,358	0,000	2,574	0,8862	1,1284	1,693	0,5907
4	1,500	0,729	1,628	0,000	2,266	0,000	2,088	0,000	4,698	0,000	2,282	0,9213	1,0854	2,059	0,4857
5	1,342	0,577	1,427	0,000	2,089	0,000	1,964	0,000	4,918	0,000	2,114	0,9400	1,0638	2,326	0,4299
6	1,225	0,483	1,287	0,030	1,970	0,029	1,874	0,000	5,078	0,000	2,004	0,9515	1,0510	2,534	0,3946
7	1,134	0,419	1,182	0,118	1,882	0,113	1,806	0,204	5,204	0,076	1,924	0,9594	1,0423	2,704	0,3698
8	1,061	0,373	1,099	0,185	1,815	0,179	1,751	0,388	5,306	0,136	1,864	0,9650	1,0363	2,847	0,3512
9	1,000	0,337	1,032	0,239	1,761	0,232	1,707	0,547	5,393	0,184	1,816	0,9693	1,0317	2,970	0,3367
10	0,949	0,308	0,975	0,284	1,716	0,276	1,669	0,687	5,469	0,223	1,777	0,9727	1,0281	3,078	0,3249
11	0,905	0,285	0,927	0,321	1,679	0,313	1,637	0,811	5,535	0,256	1,744	0,9754	1,0252	3,173	0,3152
12	0,866	0,266	0,886	0,354	1,646	0,346	1,610	0,922	5,594	0,283	1,717	0,9776	1,0229	3,258	0,3069
13	0,832	0,249	0,850	0,382	1,618	0,374	1,585	1,025	5,647	0,307	1,693	0,9794	1,0210	3,336	0,2998
14	0,802	0,235	0,817	0,406	1,594	0,399	1,563	1,118	5,696	0,328	1,672	0,9810	1,0194	3,407	0,2935
15	0,775	0,223	0,789	0,428	1,572	0,421	1,544	1,203	5,741	0,347	1,653	0,9823	1,0180	3,472	0,2880
16	0,750	0,212	0,763	0,448	1,552	0,440	1,526	1,282	5,782	0,363	1,637	0,9835	1,0168	3,532	0,2831
17	0,728	0,203	0,739	0,466	1,534	0,458	1,511	1,356	5,820	0,378	1,622	0,9845	1,0157	3,588	0,2787
18	0,707	0,194	0,718	0,482	1,518	0,475	1,496	1,424	5,856	0,391	1,608	0,9854	1,0148	3,640	0,2747
19	0,688	0,187	0,698	0,497	1,503	0,490	1,483	1,487	5,891	0,403	1,597	0,9862	1,0140	3,689	0,2711
20	0,671	0,180	0,680	0,510	1,490	0,504	1,470	1,549	5,921	0,415	1,585	0,9869	1,0133	3,735	0,2677
21	0,655	0,173	0,663	0,523	1,477	0,516	1,459	1,605	5,951	0,425	1,575	0,9876	1,0126	3,778	0,2647
22	0,640	0,167	0,647	0,534	1,466	0,528	1,448	1,659	5,979	0,434	1,566	0,9882	1,0119	3,819	0,2618
23	0,626	0,162	0,633	0,545	1,455	0,539	1,438	1,710	6,006	0,443	1,557	0,9887	1,0114	3,858	0,2592
24	0,612	0,157	0,619	0,555	1,445	0,549	1,429	1,759	6,031	0,451	1,548	0,9892	1,0109	3,895	0,2567
25	0,600	0,153	0,606	0,565	1,435	0,559	1,420	1,806	6,056	0,459	1,541	0,9896	1,0105	3,931	0,2544

Fonte: Cardoso De Oliveira, C., Granato, D., Solange, M., Caruso, F., & Sakuma, A. M. (2013).

6.7. Planos de Amostragem baseados na Variabilidade Conhecida

NQA

Letra código da dimensão da amostra	NÍVEIS DE QUALIDADE ACEITÁVEIS (inspeção Normal)																	
	1,00			1,50			2,50			4,00			6,50			10,00		
	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>v</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>v</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>v</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>v</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>v</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>v</i>
<i>B</i>	2	2,73	1,414	2	3,90	1,414	2	6,11	1,414	2	9,27	1,414	3	17,74	1,225	3	24,22	1,225
<i>C</i>	2	2,23	1,414	2	3,00	1,414	3	7,56	1,225	3	10,79	1,225	3	15,60	1,225	4	22,97	1,155
<i>D</i>	3	2,76	1,225	3	3,85	1,225	4	6,99	1,155	4	9,97	1,155	5	15,21	1,118	5	20,80	1,118
<i>E</i>	4	2,58	1,155	4	3,87	1,155	5	6,05	1,118	5	8,92	1,118	6	13,89	1,095	7	19,46	1,080
<i>F</i>	6	2,57	1,095	6	3,77	1,095	7	5,83	1,080	8	8,62	1,069	9	12,88	1,061	11	17,88	1,049
<i>G</i>	7	2,62	1,080	8	3,68	1,069	9	5,68	1,061	10	8,43	1,054	12	12,35	1,045	14	17,36	1,038
<i>H</i>	9	2,59	1,061	10	3,63	1,054	11	5,60	1,049	13	8,13	1,041	15	12,04	1,035	17	17,05	1,031
<i>I</i>	12	2,49	1,045	14	3,43	1,038	15	5,34	1,035	18	7,72	1,029	20	11,57	1,026	24	16,23	1,022
<i>J</i>	17	2,35	1,031	19	3,28	1,027	22	4,98	1,024	25	7,34	1,021	29	10,93	1,018	33	15,61	1,016
<i>K</i>	25	2,19	1,021	28	3,05	1,018	32	4,68	1,016	36	6,95	1,014	42	10,40	1,012	49	14,87	1,010
<i>L</i>	33	2,12	1,016	36	2,99	1,014	42	4,55	1,012	48	6,75	1,011	55	10,17	1,009	64	14,58	1,008
<i>M</i>	49	2,00	1,010	54	2,82	1,009	61	4,35	1,008	70	6,48	1,007	82	9,76	1,006	95	14,09	1,005
<i>N</i>	65	2,00	1,008	71	2,82	1,007	81	4,34	1,006	93	6,46	1,005	109	9,73	1,005	127	14,02	1,004
<i>P</i>																		

NÍVEIS DE QUALIDADE ACEITÁVEIS (inspeção Rigorosa)																	
1,50			2,50			4,00			6,50			10,00					

Letra
código: H

Dimensão da amostra: 8
% máxima de não conformes (M): 3,68%
Fator v: 1,069

Fonte: Vieira, S. (2014). Estatística para a Qualidade (3a edição; ELSEVIER, Ed.).

6.9. Normalização e cálculo da consistência das comparações

NORMALIZAÇÃO

	Critério Preço			Prioridade Local	Prioridade Global
Fornecedor X	0,600	0,500	0,625	0,575	57,5%
Fornecedor Y	0,100	0,083	0,063	0,082	8,2%
Fornecedor Z	0,300	0,417	0,313	0,343	34,3%
	Critério Serviço Pós-Venda			Prioridade Local	Prioridade Global
Fornecedor X	0,182	0,222	0,176	0,194	19,4%
Fornecedor Y	0,091	0,111	0,118	0,107	10,7%
Fornecedor Z	0,727	0,667	0,706	0,700	70,0%
	Critério Prazo de Entrega			Prioridade Local	Prioridade Global
Fornecedor X	0,609	0,500	0,632	0,580	58,0%
Fornecedor Y	0,087	0,071	0,053	0,070	7,0%
Fornecedor Z	0,304	0,429	0,316	0,350	35,0%
	Critério Qualidade do Produto			Prioridade Local	Prioridade Global
Fornecedor X	0,125	0,138	0,091	0,118	11,8%
Fornecedor Y	0,625	0,690	0,727	0,681	68,1%
Fornecedor Z	0,250	0,172	0,182	0,201	20,1%

CONSISTÊNCIA DAS COMPARAÇÕES

PREÇO	Vetor de Prioridades		0,575	0,082	0,343
	Total Colunas Matriz Original		1,67	12,00	3,20
	Autovetor Principal		3,04		
	Autovetor Principal	Nº Critérios	CI	RI (consoante nº critérios)	CR
	3,04	3	0,020	0,58	0,034

SERVIÇO PÓS-VENDA	Vetor de Prioridades		0,194	0,107	0,700
	Total Colunas Matriz Original		5,50	9,00	1,42
	Autovetor Principal		3,01		
	Autovetor Principal	Nº Critérios	CI	RI (consoante nº critérios)	CR
	3,01	3	0,007	0,58	0,013

PRAZO DE ENTREGA	Vetor de Prioridades		0,580	0,070	0,350
	Total Colunas Matriz Original		1,64	14,00	3,17
	Autovetor Principal		3,04		
	Autovetor Principal	Nº Critérios	CI	RI (consoante nº critérios)	CR
	3,04	3	0,022	0,58	0,039

QUALIDADE	Vetor de Prioridades		0,118	0,681	0,201
	Total Colunas Matriz Original		8,00	1,45	5,50
	Autovetor Principal		3,04		
	Autovetor Principal	Nº Critérios	CI	RI (consoante nº critérios)	CR
	3,04	3	0,019	0,58	0,033

