



Mariana Oliveira Zeferino

Licenciada em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

Aplicação de metodologias *Lean* e de Ergonomia numa Indústria Corticeira

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Orientadora: Professora Doutora Isabel Maria do Nascimento Lopes Nunes,
Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Professora Doutora Virgínia Helena Arimateia de Campos Machado

Arguente: Professor Doutor Nelson Bruno Martins Marques Costa

Vogal: Professora Doutora Isabel Maria do Nascimento Lopes Nunes

Vogal: Engenheira Maria Silveira Gonçalves Ferreira Cortez



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Setembro, 2014

Aplicação de metodologias *Lean* e de Ergonomia numa Indústria Corticeira

Copyright©: Mariana Oliveira Zeferino, Universidade Nova de Lisboa – Faculdade de Ciências e Tecnologia

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

À Professora Doutora Isabel Nunes, pela orientação e disponibilidade, agradeço o apoio e incentivo à minha melhoria enquanto pessoa e profissional.

À empresa Equipar S.A., onde foi realizado o caso de estudo, agradeço a prontidão e disponibilidade com que me receberam.

Agradeço a toda a equipa da Equipar S.A., em particular ao Engenheiro Rui Dias, pelas palavras de incentivo e à Engenheira Maria Cortez, pelo acompanhamento do meu trabalho e pelos conhecimentos que me transferiu.

Agradeço à minha família, por tudo. À minha mãe pelo amor incondicional. À minha irmã pelos conselhos prestados ao longo da minha vida.

Aos meus amigos, agradeço aos que me acompanharam no percurso académico, aos que me inspiraram enquanto pessoa e aos que me transmitiram palavras de motivação ao longo deste trabalho.

Resumo

A presente dissertação tem como pilares o *Lean*, a sua filosofia de melhoria contínua *Kaizen* e a Ergonomia.

O *Lean* visa o aumento do desempenho e da competitividade das organizações através da eliminação de desperdícios. Para atingir esta finalidade, são utilizadas metodologias e ferramentas para descobrir e eliminar atividades que não acrescentam valor aos processos de trabalho e são prejudiciais para a produtividade das organizações.

Contudo, o *Lean* tem sido associado ao aumento da tensão fisiológica e psicológica dos trabalhadores. De modo a evitar problemas de saúde e segurança aos trabalhadores e, consequentes prejuízos para as empresas, revela-se a importância cada vez maior de tornar a Ergonomia um dos valores do *Lean*.

Sendo a Ergonomia uma disciplina orientada para a adaptação dos sistemas ao ser humano, de modo a preservar a sua segurança, saúde, conforto e bem-estar, o estudo desenvolvido na presente dissertação procura otimizar um processo produtivo através da eliminação de desperdício e de fatores de risco de natureza ergonómica para os seus trabalhadores.

A metodologia utilizada neste estudo englobou a aplicação de metodologias para a avaliação ergonómica de várias tarefas de trabalho, bem como a aplicação de várias metodologias e ferramentas *Lean* em diferentes fases do caso de estudo, para a eliminação de desperdícios.

Foram sugeridas propostas de melhoria para duas operações do processo estudado e para uma tarefa de trabalho que abrange todo o fluxo produtivo. As melhorias alcançadas refletiram-se, quer na produtividade do processo, quer no bem-estar dos trabalhadores. O ganho monetário obtido foi de 34 000€/ano.

Palavras-chave: *Lean*, Ergonomia, *Kaizen*, produtividade, bem-estar.

Abstract

Lean management, its philosophy of continuous improvement Kaizen, and Ergonomics are the cornerstones of this dissertation.

Lean aims at increasing the performance and competitiveness of organizations by eliminating waste. To achieve this purpose, methodologies and tools are used to discover and eliminate activities that do not add value to the work processes and are detrimental to the productivity of organizations.

However, Lean has been linked to the increase in physiological and psychological stress of workers. In order to avoid problems of health and safety for workers and consequential losses for businesses, it becomes increasingly important to make Ergonomics become one of the Lean values.

Being Ergonomics geared towards adapting systems to human beings in order to preserve their safety, health, comfort and well-being, the study developed in this dissertation seeks to optimize a production process by eliminating waste and ergonomic risk factors.

The methodology used in this study consists in the application of ergonomic methodologies for the evaluation of various job tasks, as well as the application of various methods and Lean tools in different phases of the case study for waste elimination in various operations.

Improvement proposals were made for two operations of the process and for a work task covering its entire production flow. The goals achieved in this study reflected positively on both process productivity and workers well-being. The monetary growth was of 34 000€ per year.

Keywords: Lean, Ergonomics, Kaizen, productivity, well-being.

Índice

1. Introdução.....	1
1.1. Contexto.....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Metodologia.....	2
1.4. Estrutura	3
2. Enquadramento Teórico	5
2.1. <i>Lean</i>	5
2.2. <i>Kaizen</i>	12
2.3. Ergonomia.....	13
2.4. <i>Lean/Kaizen</i> e Ergonomia.....	15
3. Metodologia	19
3.1. <i>Kaizen</i> Diário.....	20
3.2. <i>Kobestu Kaizen</i>	21
3.3. SMED	23
3.5. Guia de <i>Mital, Nicholson & Ayoub</i>	25
3.6. <i>Checklist</i> para avaliação de um posto de trabalho sentado	33
3.7. <i>Brainstorming</i>	34
3.8. 5S	35
3.9. Gestão Visual.....	37
3.10. <i>Standard Work</i>	37
4. Caso de estudo	39
4.1. Apresentação da Empresa	39
4.1.1. Gama de Produtos.....	40
4.1.2. Fluxo Produtivo das Rolhas Técnicas	41
4.2. Identificação das oportunidades de melhoria	50
4.3. Análise das oportunidades de melhoria	53
4.3.1. Estudo do <i>setup</i> de troca de “marca” da Marcação	53
4.3.2. Estudo das perdas do Embalamento.....	59
4.3.3. Avaliação da Movimentação Manual de Cargas do Embalamento Manual	67

4.3.4. Avaliação da Movimentação Manual de Cargas do Embalamento Automático	72
4.3.5. Avaliação do posto de trabalho “Escolha”, do Embalamento Automático	75
4.3.6. Avaliação da Movimentação Manual de Cargas de todo o Fluxo Produtivo	79
5. Propostas de melhoria, implementação de melhorias e discussão dos resultados	83
6. Conclusões e sugestões de trabalho futuro	103
6.1. Conclusões	103
6.2. Barreiras encontradas	105
6.3. Sugestões de trabalho futuro	106
Referências bibliográficas	109

Índice de Figuras

Figura 1.1 - Representação esquemática da metodologia aplicada na dissertação	3
Figura 2.1 - Fatores inerentes à criação do <i>Lean</i> (adaptado de Aziz & Hafez, 2013).....	6
Figura 2.2 – Os cinco princípios do <i>Lean</i> (adaptado de Lian & van Landeghem, 2007).....	11
Figura 3.1 - Metodologia utilizada no desenvolvimento do caso de estudo (Reuniões com chefe dos diversos departamentos; KD = Kaizen Diário; Obs = Observações diretas; IP = Indicadores de Produção; Entrevistas = Entrevistas informais com os operadores, GV = Gestão Visual; SW = <i>Standard Work</i>).....	19
Figura 3.2 – Etapas da metodologia 5S.....	36
Figura 4.1 - Organigrama de negócios de Rolhas Técnicas do grupo empresarial Corticeira Amorim	40
Figura 4.2 - Rolhas (a) <i>Twin-top</i> ®, (b) Aglomerada, (c) <i>Advantec</i> ®.....	41
Figura 4.3 - Fluxograma do processo produtivo das rolhas produzidas na Equipar S.A.....	42
Figura 4.4 - 1) zona de Marcação, 2) <i>buffer</i> Marcação-Tratamento, 3) <i>buffer</i> Tratamento, 4) zona de Tratamento, 5) <i>buffer</i> Tratamento-Embalamento, 6) zona de Embalamento Automático, 7) zona de Embalamento Manual, 8) <i>buffer</i> do Embalamento, 9) zona de selagem de paletes, 10) armazém do Embalamento	43
Figura 4.5 - Modo de supervisão da qualidade da Marcação	44
Figura 4.6 - Abastecimento da tinta para garantir a qualidade da Marcação	45
Figura 4.7 - Abastecimento do tapete elevatório do Tratamento, com rolhas	46
Figura 4.8 – “Operador da Máquina Automática” a posicionar uma caixa para embalamento...47	
Figura 4.9 – “Operador da Máquina Automática” a colocar etiquetas nas caixas com embalagens	47
Figura 4.10 – “Operadora da Escolha” a escolher rolhas não conformes	48
Figura 4.11 - “Operador da Máquina Manual” a colocar embalagens numa caixa	49
Figura 4.12 - Movimentação manual de contentores com rolhas.....	49
Figura 4.13 - Oportunidades de melhoria do fluxo produtivo do Processo de Acabamento de Rolhas de Cortiça	50
Figura 4.14 - Atividades de um <i>setup</i> de troca de “marca”	53
Figura 4.15 - Subatividades da atividade 5, para o <i>Setup</i> a Tinta.....	55
Figura 4.16 - Subatividades da atividade 5, para o <i>Setup</i> a Fogo Corpo e o <i>Setup</i> Fogo Corpo e Topos	56
Figura 4.17 - Diagrama de spaghetti de <i>Setup</i> a Tinta, realizado na máquina T7	57
Figura 4.18 - Diagrama de spaghetti de um <i>Setup</i> Fogo Corpo e Topo, realizado na máquina F3	57
Figura 4.19 - Quantificação e qualificação das atividades nos <i>Setups</i> a Tinta.....	58
Figura 4.20 - Quantificação e qualificação das atividades nos <i>Setups</i> Fogo Corpo e Fogo Corpo e Topos	58
Figura 4.21 – Perdas da máquina de embalar Automática e suas durações diárias	62

Figura 4.22 - Perdas da máquina de embalar Manual e suas durações diárias	63
Figura 4.23 - Diagrama de <i>Ishikawa</i> de problema “Arranque”, do Embalamento Automático....	66
Figura 4.24 - Diagrama de <i>Ishikawa</i> de problema “Avarias”, do Embalamento Automático	66
Figura 4.25 - Disposição e dimensões das caixas e da palete de madeira, na tarefa de paletização do Embalamento Manual	67
Figura 4.26 – Atividade nº1 da paletização do Embalamento Manual	68
Figura 4.27 - Atividade nº2 da paletização do Embalamento Manual	68
Figura 4.28 - Atividade nº3 da paletização do Embalamento Manual	68
Figura 4.29 - Disposição e dimensões das caixas e da palete de madeira, na tarefa de paletização do Embalamento Automático	72
Figura 4.30 - “Operador da Máquina Automática” a agarrar numa caixa com rolhas	73
Figura 4.31 - Flexão do tronco e ângulo do cotovelo inadequado	77
Figura 4.32 – Flexão do pescoço/cabeça	77
Figura 4.33 – Rotação do pescoço/cabeça, flexão e abdução dos ombros e, esmagamento da parte superior das coxas	78
Figura 4.34 – Pés inadequadamente apoiados nos apoios existentes e ângulo entre as coxas e as pernas inadequado.....	78
Figura 4.35 – Posicionamento do dinamómetro para medir as forças atuais da tarefa Empurrar	80
Figura 5.1 - Durações médias dos <i>Setups</i> a Tinta, no início e após a implementação das melhorias nº1 e nº3.....	85
Figura 5.2 - Durações médias dos <i>Setups</i> Fogo Corpo, no início e após a implementação das melhorias nº1 e nº3.....	85
Figura 5.3 - Durações médias dos <i>Setups</i> Fogo Corpo e Topos, no início e após a implementação das melhorias nº1 e nº3.....	86
Figura 5.4 - Carrinho de transporte.....	87
Figura 5.5 – Norma de <i>Standard Work</i> para o <i>Setup</i> a Tinta.....	89
Figura 5.6 – Norma de <i>Standard Work</i> para o <i>Setup</i> Fogo Corpo	90
Figura 5.7 – Norma de <i>Standard Work</i> o <i>Setup</i> Fogo Corpo e Topo	91
Figura 5.8 - Esforço físico percecionado pelos “afinadores”, antes e após a implementação da proposta de melhoria nº2	92
Figura 5.9 - Resultado das propostas de melhoria nº 1-6, 8 e 9, para o Embalamento Automático.....	94
Figura 5.10 – <i>Output</i> das propostas de melhoria nº7 e nº12 para o Embalamento Automático.....	94
Figura 5.11 – Espaço mínimo para as pernas, abaixo da bancada de trabalho, na postura sentada (Dul & Weerdmeester, 2012).....	96
Figura 5.12 – Norma de <i>Standard work</i> para o arranque de produção do Embalamento Automático.....	97
Figura 5.13 – Rodas dos contentores na situação inicial.....	100

Figura 5.14 – Rodas dos contentores após implementação da proposta de melhoria nº1 para o Fluxo Produtivo.....	101
Figura 5.15 – Esforço percecionado pelos trabalhadores antes e depois da melhoria implementada para o Fluxo Produtivo	102

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - Práticas <i>Lean</i> e respetivas características (adaptado de Pettersen, 2009)	8
Tabela 2.2 - Desperdícios identificados pelo <i>Lean</i> (adaptado de Kester, 2003; Melton, 2005; Walter et al., 2007).....	9
Tabela 3.1 - Categorização dos tipos de perdas identificados pelo <i>Kobetsu Kaizen</i> (adaptado de Sütőová et al., 2012)	23
Tabela 3.2 - Limites recomendados para o peso a levantar (kg), pela população masculina em elevações simétricas com as duas mãos, durante 8 horas (adaptado de Mital et al., 1997)	28
Tabela 3.3 - Multiplicadores da duração da tarefa (adaptado de Mital et al., 1997)	29
Tabela 3.4 - Multiplicadores para limitações da postura de pé (adaptado de Mital et al., 1997)	29
Tabela 3.5 - Multiplicadores para elevações assimétricas (adaptado de Mital et al., 1997).....	29
Tabela 3.6 - Multiplicadores para assimetria da carga (adaptado de Mital et al., 1997)	30
Tabela 3.7 - Multiplicadores para a qualidade da pega (adaptado de Mital et al., 1997)	30
Tabela 3.8 - Multiplicadores para o espaço disponível para colocação da carga (adaptado de Mital et al., 1997)	30
Tabela 3.9 - Multiplicadores para o <i>stress</i> térmico (adaptado de Mital et al., 1997)	30
Tabela 3.10 - Forças iniciais recomendadas (kg) para trabalhadores homens (mulheres) em tarefas de Empurrar com as duas mãos, para distâncias iguais a 15,2 m (adaptado de Mital et al., 1997).....	32
Tabela 3.11 - Forças de manutenção recomendadas (kg) para trabalhadores homens (mulheres) em tarefas de Empurrar com as duas mãos, para distâncias iguais a 15,2 m (adaptado de Mital et al., 1997)	33
Tabela 3.12 – <i>Checklist</i> rápida para avaliação de um posto de trabalho sentado (adaptada de Dul & Weerdmeester, 2012; Nunes, 2006)	34
Tabela 4.1 - Avarias de cada máquina de embalar dos dois meses anteriores ao estudo, e respetiva produção.....	59
Tabela 4.2 - Folha de registo criada para o levantamento das perdas diárias das máquinas de embalar	60
Tabela 4.3 - Tipos de perdas identificados na Máquina Automática	60
Tabela 4.4 - Tipos de perdas identificados na Máquina Manual	61
Tabela 4.5 - Perdas diárias na Máquina Automática, suas durações e percentagens	62
Tabela 4.6 - Perdas diárias na Máquina Automática, suas durações e percentagens (continuação).....	62
Tabela 4.7 - Perdas diárias na Máquina Manual, suas durações e percentagens.....	63
Tabela 4.8 - Perdas diárias na Máquina Manual, suas durações e percentagens (continuação)	63
Tabela 4.9 - Análise 5H2W para o problema “Arranque”, do Embalamento Automático	65
Tabela 4.10 - Análise 5H2W para o problema “Avarias”, do Embalamento Automático	65

Tabela 4.11 – Atividades de manipulação de caixas no Embalamento Manual, para a formação de uma palete de caixas	68
Tabela 4.12 – <i>Inputs</i> recolhidos para a aplicação do Guia de <i>Mital, Nicholson & Ayoub</i> no Embalamento Manual	69
Tabela 4.13 – Atribuição de valores aos multiplicadores do Guia de <i>Mital, Nicholson & Ayoub</i> , para o Embalamento Manual	70
Tabela 4.14 – Cálculo da cadência atual, da cadência recomendada e do risco R, para as tarefas de paletização do Embalamento Manual.....	71
Tabela 4.15 - Atividades de manipulação de caixas no Embalamento Automático, para a formação de uma palete.....	73
Tabela 4.16 - <i>Inputs</i> recolhidos para a aplicação do Guia de <i>Mital, Nicholson & Ayoub</i> no Embalamento Automático	74
Tabela 4.17 - Atribuição de valores aos multiplicadores do Guia de <i>Mital, Nicholson & Ayoub</i> , para o Embalamento Automático	75
Tabela 4.18 - Cálculo da cadência atual, da cadência recomendada e do risco potencial R, para as tarefas de paletização do Embalamento Automático.....	75
Tabela 4.19 – Respostas à <i>Checklist</i> rápida para avaliação do posto de trabalho sentado “Escolha”	76
Tabela 4.20 - <i>Inputs</i> para a aplicação do Guia de <i>Mital, Nicholson & Ayoub</i> no Fluxo Produtivo	79
Tabela 4.21 – Riscos potenciais R_i e R_m , para os operadores do turno 2	81
Tabela 4.22 – Riscos potenciais R_i e R_m , para os operadores do turno 3	81
Tabela 5.1 - Propostas de melhoria para a Marcação e sua descrição.....	84
Tabela 5.2 – Registo criado para verificação da proposta de melhoria nº1 e nº3.....	85
Tabela 5.3 - Propostas de melhoria para o Embalamento Automático e suas descrições.....	93
Tabela 5.4- Proposta de melhorias adicionais para o Embalamento Automático e suas descrições	94
Tabela 5.5 - Propostas de melhoria para a “Escolha” do Embalamento Automático e respetivas descrições	96
Tabela 5.6 - Propostas de melhoria para a tarefa de paletização do Embalamento Automático e suas descrições	99
Tabela 5.7 - Propostas de melhoria para tarefa de paletização do Embalamento Manual e suas descrições	99
Tabela 5.8 - Plano de implementação da proposta de melhoria para o Fluxo Produtivo	100
Tabela 5.9 – Comparação dos riscos R_i e R_m após implementação da proposta de melhoria para o Fluxo Produtivo	101
Tabela 6.1 - Melhorias observadas na produtividade do PARC.....	104
Tabela 6.2 - Melhorias observadas no bem-estar dos operadores do PARC.....	105

Lista de abreviaturas

DMAIC – *Define, Measure, Analyze, Improve, Control*

EQD – Equipar Distribuição

GV – Gestão Visual

HFE – *Human Factors and Ergonomics*

JIT – *Just-in-Time*

KK – *Kobetsu Kaizen*

LMERT – Lesões Músculo-esqueléticas Relacionadas com o Trabalho

OEE – *Overall Equipment Efficiency*

PARC – Processo de Acabamento de Rolhas de Cortiça

SMED – *Single Minute Exchange of Dies*

SW – *Strandard Work*

TCM – *Total Change Management*

TFM – *Total Flow Management*

TSM – *Total Service Management*

TPM – *Total Productive Maintenance*

TPS – *Toyota Production System*

TQC – *Total Quality Control*

VSM – *Value Stream Mapping*

1. Introdução

1.1. Contexto

Os últimos 50 anos constituíram uma época de grandes mudanças na gestão e organização dos sistemas produtivos das indústrias em todo o mundo. Isto porque, o mercado deixou de ser controlado pelos produtores, a competição foi surgindo cada vez mais entre as cadeias de abastecimento e o sucesso ou fracasso nos mercados passou a ser determinado pelo consumidor final (Jain, Wadhwa, & Deshmukh, 2009; Li, Ragu-Nathan, Ragu-Nathan, & Rao, 2006).

Atualmente, a feroz concorrência presente na globalidade dos mercados obriga as empresas a repensar constantemente os seus procedimentos e a adotar filosofias de gestão que possibilitem o aumento da capacidade de resposta às exigências da procura e garantam uma posição de destaque nos mercados em que competem.

Um dos paradigmas de gestão fortemente adotado pelas organizações em todo o mundo é a filosofia *Lean*, comumente conhecida como *Manufatura Lean* ou *Produção Lean*. Nas últimas duas décadas, empresas de diversos sectores industriais e de serviços, têm implementado o *Lean* possibilitando, na maioria dos casos, o aumento da sua competitividade (Hines, Holwe, & Rich, 2004).

A filosofia *Lean* foca-se na criação de valor para o cliente e, como tal, contempla um elevado número de metodologias e ferramentas para a constante eliminação de desperdícios nos processos produtivos, contribuindo simultaneamente para o aumento da capacidade produtiva, o cumprimento de prazos e o fornecimento de produtos de qualidade ao menor custo possível. Atualmente são consideradas oito as fontes distintas de desperdício: produção em excesso, inventário em excesso, sobreprocessamento ou retrabalho, colaboradores em espera, transporte e movimentação desnecessários, defeitos e subutilização dos colaboradores (Melton, 2005; Walder, Karlin, & Kerk, 2007).

A importância da adoção de tais paradigmas de gestão tem crescido exponencialmente em Portugal. Em 2013, a Associação Industrial Portuguesa (AIP), atenta à necessidade de reforçar a competitividade da indústria portuguesa, criou juntamente com o Programa Operacional Fatores de Competitividade (POFC), um projeto suportado nas metodologias *Lean* para a intervenção nas empresas portuguesas através da aplicação de ferramentas *Kaizen*. As finalidades da aplicação destas ferramentas são a otimização e reestruturação dos processos produtivos e dos modelos de negócio das Pequenas e Médias Empresas (PME), sem recurso a grandes investimentos.

Contudo, a implementação de novos paradigmas de produção tal como o *Lean*, é muitas vezes associada ao aumento das tensões, físicas e psicológicas, dos trabalhadores, pela redução dos tempos de ciclo e da variedade do trabalho (Nunes & Machado, 2007). Assim, manter as pessoas e, por conseguinte, a Ergonomia no centro da filosofia *Lean* ajuda a garantir que as empresas não estão a remover desperdício dos processos pela criação de novos desperdícios que levam ao sobrecarregamento dos trabalhadores (Walder et al., 2007). Neste contexto destaca-se a Ergonomia e o seu principal objetivo que, de acordo com Nunes, (2002) é garantir o bem-estar, a saúde e a segurança dos seres humanos ao mesmo tempo que se maximiza o desempenho dos sistemas produtivos.

1.2. Objetivos

O principal objetivo do caso de estudo é otimizar um dos principais processos produtivos da empresa Equipar S.A., através da aplicação de princípios e metodologias *Lean* e de Ergonomia, eliminando desperdícios. Por conseguinte, pretende-se aumentar a eficiência do Processo de Acabamento de Rolhas de Cortiça, tanto ao nível da produtividade como ao nível da saúde, segurança e bem-estar dos trabalhadores.

1.3. Metodologia

Esta dissertação iniciou-se com a integração na empresa Equipar S.A. e, com o acompanhamento diário e estudo do Processo de Acabamento de Rolhas de Cortiça (PARC). Ao longo desta aprendizagem foi executada uma revisão da literatura com vista à contextualização das problemáticas da empresa, que engloba os temas *Lean*, *Kaizen*, Ergonomia e a integração dos mesmos.

A análise do sistema produtivo que envolve o Processo de Acabamento de Rolhas de Cortiça, permitiu delinear as oportunidades de melhoria e posteriormente decidir quais as operações e tarefas/atividades do PARC que foram alvo de estudo no âmbito desta dissertação. De seguida foi realizado um aprofundamento teórico acerca das metodologias e ferramentas a aplicar para a análise das oportunidades de melhorias. Posteriormente foram propostas e implementadas melhorias e, discutidos os impactos das mesmas no PARC, a nível produtivo e ergonómico.

A Figura 1.1 representa, em síntese, a metodologia seguida no contexto da dissertação.

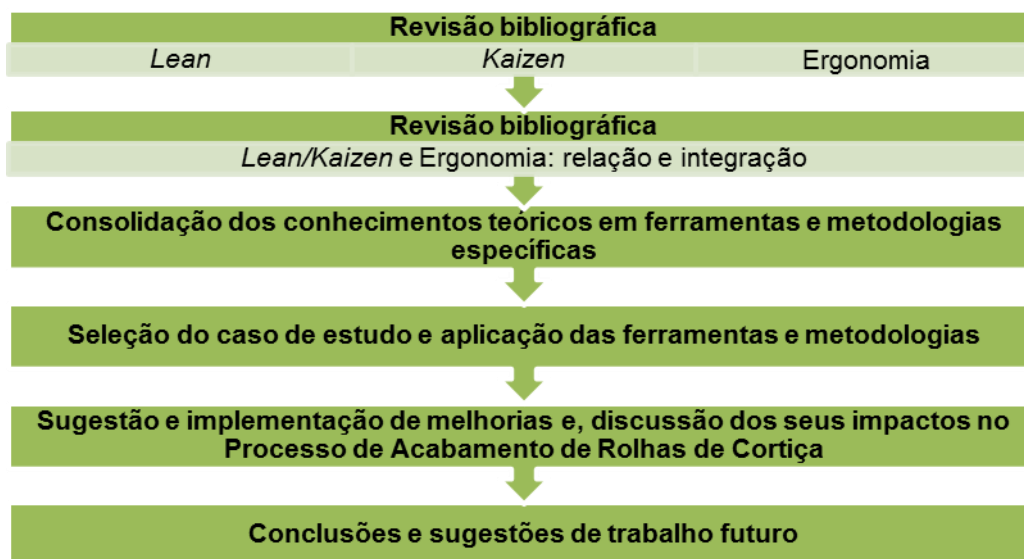


Figura 1.1 - Representação esquemática da metodologia aplicada na dissertação

1.4. Estrutura

Esta dissertação encontra-se estruturada em seis capítulos.

O primeiro capítulo apresenta uma abordagem contextual aos temas deste trabalho e à relação atualmente existente entre os mesmos. Adicionalmente, são expostos os objetivos deste trabalho, a metodologia utilizada para os alcançar e o modo como está organizada esta dissertação.

O segundo capítulo é reservado à revisão bibliográfica acerca dos temas deste trabalho, *Lean*, *Kaizen* e Ergonomia, da relação existentes entre os mesmos e, de como são, por vezes, integrados.

No terceiro capítulo é descrito o método utilizado no caso de estudo e são apresentadas as diversas metodologias e ferramentas utilizados para o estudo do processo produtivo em questão, para a análise/avaliação das oportunidades de melhoria e, para a definição de propostas de melhoria.

No quarto capítulo é apresentada a empresa ligada a este trabalho e aplicado o caso de estudo. Sobre a empresa é mencionado o segmento de mercado em que está inserida, a gama de produtos e é brevemente descrito o seu fluxo produtivo. Seguidamente são descritas as operações unitárias do Processo de Acabamento de Rolhas de Cortiça e as tarefas dos seus trabalhadores. Após a identificação das oportunidades de melhoria do PARC, são aplicadas metodologias e ferramentas do *Lean/Kaizen* e da Ergonomia, com vista à melhoria contínua do mesmo.

Introdução

No quinto capítulo são expostas as propostas de melhoria resultante da aplicação das diferentes metodologias e ferramentas, são apresentadas as melhorias implementadas e discutidos os seus impactos na produtividade e no bem-estar dos trabalhadores.

No sexto e último capítulo são apresentadas as conclusões e as propostas para trabalho futuro para possível continuidade deste estudo.

2. Enquadramento Teórico

Este capítulo tem como objetivo apresentar a revisão bibliográfica das filosofias, *Lean e Kaizen*, e da disciplina Ergonomia, envolvidas nesta dissertação.

Este capítulo envolve também a contextualização teórica da relação existente entre as filosofias *Lean e Kaizen* com a Ergonomia, do ponto de vista organizacional. Adicionalmente, são expostos alguns aspetos relacionados com a integração das três temáticas.

2.1. *Lean*

A Produção *Lean* é fruto da evolução do Sistema de Produção da *Toyota* (TPS) durante um período de várias décadas, sendo considerada uma filosofia que melhora o desempenho das empresas através da eliminação de desperdícios (Ciamienė & Vienažindienė, 2012).

Os principais fatores que levaram a *Toyota* à criação do seu próprio paradigma de produção, foram a escassez de recursos materiais, financeiros e humanos dos anos 40, resultante da Segunda Guerra Mundial, aliados a um período em que o mercado automóvel japonês sofreu uma variação da procura por variedade e ciclos do produto mais curtos (Liker, 1998).

Uma vez que a adoção das práticas de produção em massa, seguidas pelos líderes do mercado mundial, não demonstrou ser uma solução compatível com a situação económica do Japão, tornou-se necessário inovar para manter a competitividade.

Adicionalmente, para *Taichii Ohno*, engenheiro-chefe de produção da *Toyota* durante muitos anos e principal impulsionador do TPS (L. Wilson, 2010), a maior parte dos sistemas de produção ocidentais¹, além de complexos e incapazes de responder às flutuações da procura, eram repletos de *muda* (desperdícios) que consumiam tempo, recursos humanos e materiais. O principal *muda* era o elevado nível de inventário resultante da produção em grandes lotes; elevados níveis de inventário originavam grandes custos de capital, ocupavam muito espaço de armazenagem e resultavam num número elevado de defeitos (Holweg, 2007; J. Womack, Jones, & Roos, 1990). A falta de integração dos colaboradores da fábrica na eficiência dos processos foi também um problema detetado em tais sistemas (J. Womack et al., 1990).

Perante estas noções e fatos, os dois principais ideais em torno do TPS foram:

1. A redução de custos através da eliminação de desperdícios.

¹ Sistemas de produção em massa

2. A valorização/utilização das capacidades dos trabalhadores (Reichhart & Holweg, 2007).

Em termos de desenvolvimento, a base conceptual do TPS foi o desejo de ter um fluxo de produção contínuo que se adaptasse à procura, ao contrário do que era praticado nas empresas ocidentais (Melton, 2005). O objetivo era a eliminação do desperdício e a produção de apenas o necessário, na altura e quantidade requisitadas (Wong, Wong, Ali, & Soc, 2009).

O TPS surgiu então da adaptação de algumas práticas do sistema da *Ford*², face às capacidades e restrições da *Toyota*, combinada com alguns conceitos da indústria da tecelagem e inovações em torno da produção em pequenas quantidades, para o alcance do seu objetivo, o *Just-in-Time* (JIT) e o *Jidoka* (Reichhart & Holweg, 2007).

O JIT é uma técnica de controlo da quantidade que visa a disponibilidade de material no preciso momento, em quantidades exatas e no local correto, para se seja produzida apenas a quantidade exigida pelo mercado. O *JIT* tornou-se um dos pilares do TPS juntamente com o *Jidoka* - técnica de controlo da qualidade que assenta na automação em conjunto com a capacidade dos operadores, para a respetiva prevenção de erros e resolução de problemas (L. Wilson, 2010).

Os fatores que conduziram à criação do TPS estão apresentados na Figura 2.1, adaptada de Aziz & Hafez (2013).

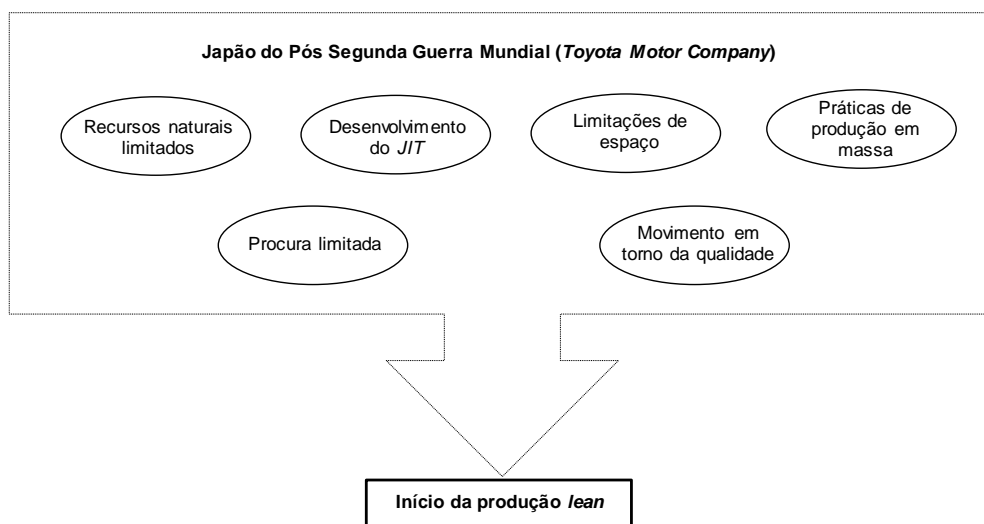


Figura 2.1 - Fatores inerentes à criação do *Lean*

O foco foi a melhoria dos processos, orientada para o cliente (Ciarnienė & Vienažindienė, 2012).

² Um dos líderes do mercado automóvel e fundador da produção em massa

Outras técnicas e ferramentas de destaque, de acordo com Ciarnienė & Vienažindienė (2012) foram o dimensionamento dos recursos produtivos de acordo com a procura real, a conceção do *layout* dos processos de acordo com a sequência das operações – *cellular manufacturing*, o estudo e melhoria das atividades de *setup* para acelerar as trocas de ferramentas – SMED, e a ligação da empresa com os seus fornecedores de modo a garantir um abastecimento *Just-in-Time*.

Na Tabela 2.1 são apresentadas as diferentes práticas da filosofia *Lean* e as respetivas características, de acordo com uma revisão da literatura de Pettersen (2009). As percentagens em frente de cada termo coletivo indicam a percentagem de autores estudados que referenciou pelo menos uma das características apresentadas para cada prática.

Os princípios da filosofia *Lean* foram inicialmente aplicados nos anos 50, à fabricação de motores. Na década seguinte estenderam-se para as linhas de montagem e nos anos 70 abrangeram toda a cadeia de abastecimento (Hines et al., 2004).

Destas ações resultou o TPS, um sistema capaz de produzir:

- Uma variedade considerável de automóveis;
- Em quantidades desejáveis;
- De acordo com uma sequência que reflete a procura do mercado;
- A um preço competitivo;
- Com prazos de entrega reduzidos (*lead time* reduzido);
- Sem necessidade de grandes volumes de inventário;
- Com muito menos defeitos (Ciarnienė & Vienažindienė, 2012; Hines et al., 2004).

A dinâmica evolução deste sistema tornou-se notoriamente conhecida nos anos 90 de acordo com o termo *Lean*, como forma de definir a sua essência de eliminação de desperdício, no livro de 1990 intitulado “*The Machine that changed the World*”, dos autores *James P. Womack*, *Daniel T. Jones* e *Daniel Ross*. Este livro constituiu um *benchmarking* rico em informação e, demonstrou que a melhor forma de organizar e gerir as relações com os clientes, a cadeia de abastecimento, o desenvolvimento de produtos e, as operações de produção, era o paradigma concebido pela *Toyota*. A mesma obra documentou o movimento da produção artesanal na indústria automóvel para a produção em massa, e da última para a produção *lean* (Aziz & Hafez, 2013).

Existem várias definições para o conceito de *Lean*, no entanto, todas elas estão associadas à eliminação de *muda* (Wong et al., 2009) de modo a fazer face às variabilidades da procura, dos tempos de processamento e da oferta.

Enquadramento Teórico

Tabela 2.1 - Práticas *Lean* e respetivas características

Termo coletivo das práticas <i>Lean</i>	Características específicas
Práticas JIT (100%)	Nivelamento da produção (<i>Heijunka</i>) Sistema <i>pull</i> (<i>Kanban</i>) Produção de acordo com <i>Takt Time</i> Sincronização de processos
Redução de recursos (100%)	Produção em pequenos lotes Eliminação de desperdício Redução dos tempos de troca de ferramentas (SMED) Redução do <i>lead time</i> Redução de inventário
Gestão de relações humanas (78%)	Organização de equipas Treinos multidisciplinares Envolvimento dos colaboradores
Estratégias de melhoria (100%)	Círculos de melhoria Melhoria contínua (<i>Kaizen</i>) Análise causa-raiz (5 Porquês)
Controlo de defeitos (100%)	Automação (<i>Jidoka</i>) Prevenção de falhas (<i>Poka-yoke</i>) 100% de inspeções Paragem das linhas (<i>Andon</i>)
Gestão da cadeia de abastecimento (78%)	Mapeamento do fluxo de valor (<i>Value Stream Mapping</i>)/fluxogramas Envolvimento dos fornecedores
Padronização (100%)	5S Trabalho padronizado (<i>Standard Work</i>) Gestão e controlo visuais
Gestão científica (100%)	<i>Policy deployment</i> (<i>Hoshin Kanri</i>) Estudo do trabalho/tempos <i>Multi manning</i> Redução da força de trabalho Ajustes de <i>layout</i> Produção em células (<i>Cellular Manufacturing</i>)
Técnicas agrupadas (56%; 76%)	Controlo estatístico da qualidade (<i>Statistical Quality Control</i>) Manutenção preventiva (<i>Total Production Maintenance</i>)

Na Produção *Lean*, desperdício é definido como aquilo pelo qual o cliente não está disposto a pagar. São sete os tipos de desperdício mais conhecidos e inicialmente identificados por *Taichii Ohno*. Alguns autores salientam a existência de um oitavo desperdício, a subutilização dos colaboradores (Melton, 2005; Walder et al., 2007).

Para uma maior compreensão dos oito desperdícios identificados pelo *Lean*, os mesmos são apresentados na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Desperdícios identificados pelo *Lean*

Fonte de desperdício	Definição
1. Excesso de produção	Produzir quantidades de produto excessivas e antes do necessário, não se destinando a um cliente específico.
2. Excesso de inventário	Excesso de produtos, matérias-primas e produtos em vias de fabrico. O excesso de inventário resulta na utilização excessiva de recursos de mão-de-obra, representa uma fonte de custos de armazenamento e, potencialmente, de obsolescência.
3. Sobreprocessamento ou retrabalho	Etapas, nos processos, que não acrescentam valor ao produto ou serviço. Este desperdício é resultante inexistência de instruções de trabalho claras, da falta de definição dos requisitos dos clientes ou da existência de especificações da qualidade mais rigorosas do que o necessário.
4. Colaboradores em Espera	Tempo de espera por parte dos colaboradores devido à falta de material ou informação, necessários ao desempenho das suas funções.
5. Transporte desnecessário	Deslocação excessiva de produtos em torno do <i>gemba</i> ³ . Este desperdício resulta de <i>layouts</i> deficientes, e além de não acrescentar valor ao produto aumenta o risco de deterioração e perda de tempo.
6. Movimentação desnecessária	Movimentação excessiva de pessoas no <i>gemba</i> . Este desperdício consome tempo e esforço, e está intrinsecamente relacionado com o <i>layout</i> , com os procedimentos de trabalho e a Ergonomia do trabalho.
7. Defeitos	Não conformidades de produtos ou processos. Os defeitos são resultado da existência de problemas internos de qualidade e resultam normalmente em retrabalho ou clientes insatisfeitos.
8. Subutilização dos colaboradores	Subaproveitamento das capacidades, experiência e criatividade das pessoas na resolução de problemas ou na melhoria de processos.

Vários foram os casos de insucesso na adaptação do *Lean* nas empresas ocidentais, uma vez que o foco das mesmas era meramente a parte estrutural do paradigma, as suas ferramentas, metodologias e técnicas a aplicar no *gemba*, em detrimento da sua cultura organizacional (Hines et al., 2004). Esta tendência alterou-se principalmente a partir da publicação do livro de 1996 intitulado “*Lean Thinking*”. Neste livro, da autoria e de James P. Womack e Daniel T. Jones. foram ilustrados casos de várias indústrias em crise cuja solução demonstrou ser a aplicação dos princípios *Lean*.

Os princípios chave para a aplicação do paradigma *Lean* são:

1. Definir valor, pela perspetiva do cliente – esta definição é o ponto de partida para ser *Lean*, é reconhecer que apenas uma pequena fração do esforço e tempo totais de uma

³ Palavra que em japonês significa lugar real. Normalmente, este conceito está relacionado com o chão de fábrica ou com o lugar onde decorre a atividade principal de uma organização. Num sentido mais amplo, refere-se a qualquer lugar onde se realiza trabalho

organização acrescenta valor ao cliente final. A identificação de valor, pela perspetiva do cliente, é importante para responder às seguintes questões: O que é que os clientes querem? Quando e como é que eles querem? Que combinação de recursos, capacidades, disponibilidade e preço é preferida pelos clientes? Deste modo, a definição clara de valor, de um produto ou serviço, leva a que todas as atividades que não acrescentam valor possam ser abordadas e, posteriormente, eliminadas (Hines et al., 2004)

2. Identificar os fluxos de valor - o fluxo de valor é o conjunto de todas as ações, quer acrescentem valor ou não, envolvidas na entrega de um produto, desde o estado de matéria-prima até estar disponível para o cliente. Recorre-se, normalmente, ao mapeamento do fluxo de valor (VSM) com o objetivo de identificar todos os tipos de desperdício presentes em ambos os cursos de material e informação (Lian & van Landeghem, 2007). Esta técnica revela a importância de integrar fornecedores, fabricantes, distribuidores e retalhistas no sentido de identificar e analisar o fluxo de valor.

Existem três tipos de atividades num fluxo de valor:

- As que acrescentam valor;
- As atividades que não acrescentam valor mas são necessárias;
- As que não acrescentam qualquer valor.

Tipicamente, aquando do mapeamento do fluxo de valor (VSM) de um sistema produtivo, apenas 5% das atividades acrescentam valor e 60% não acrescentam qualquer valor (Melton, 2005).

3. Criar fluxo através da eliminação de desperdícios - a eliminação dos desperdícios identificados pelo mapeamento do fluxo de valor para garantir que o produto ou serviço "flui" para o cliente, sem qualquer interrupção, desvio ou atraso.
4. Introduzir "*pull*" - o princípio da introdução de *pull* trata de perceber a procura do cliente e de conduzir os processos de modo a responder a essa mesma procura. As empresas não devem empurrar os seus produtos para os clientes, mas sim deixá-los puxar "valor" (produtos ou serviços) e ligar toda a cadeia de produção de tal forma a que cada atividade não seja realizada até que necessário.
5. Caminhar para a perfeição - este princípio está ligado ao esforço que deve haver para atender às necessidades dos clientes e conduzir os processos para um estado de zero defeitos. A criação de fluxo e o *pull* iniciam-se pela reorganização de cada etapa de um processo, a cada etapa o desperdício vai-se tornando cada vez mais visível e a organização vai-se aproximando da perfeição, onde cada recurso e ação acrescentam valor para o cliente final. Este princípio assenta na convicção de que os esforços para a

melhoria nunca acabam e que se deve manter uma disciplina de melhoria contínua – *Kaizen* (Hines et al., 2004; Lian & van Landeghem, 2007).

Ao seguir estes cinco princípios do *Lean*, as organizações garantem a orientação para a sua estratégia global, pela revisão constante dos seus processos e, conseqüente entrega de valor para o cliente.

A Figura 2.2 representa os princípios do *Lean*, adaptada de Lian & van Landeghem (2007).

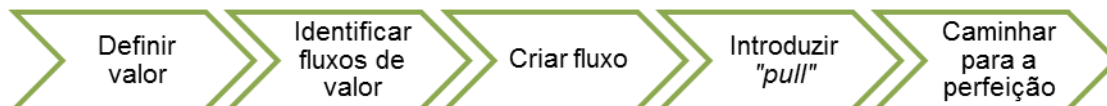


Figura 2.2 – Os cinco princípios do *Lean*

Um dos fatores de sucesso na implementação *Lean* é a preparação e motivação dos colaboradores. Para tal, deve haver uma intensa comunicação com os colaboradores para a clarificação das expectativas e da necessidade de mudança (Ciarnienė & Vienažindienė, 2012). De fato, existem vários estudos, em fábricas, que expõem a falta de interesse e participação dos colaboradores, isto é, resistência à mudança devido à inexistência de compromisso mútuo entre a organização e os mesmos (J. Womack & Jones, 2003).

É possível utilizar uma variedade de ferramentas do *Lean* sem que se esteja necessariamente a seguir todos os seus princípios. No entanto, esta medida não é sustentável, proporcionando apenas melhorias de desempenho a curto prazo (Liker, 2004).

De acordo com Hines et al. (2004) a produção *Lean* pode ser compreendida de acordo com duas vertentes, a estratégica e a operacional, isto porque o pensamento estratégico centrado no cliente é universal, mas as ferramentas a aplicar no *gemba* não. Do ponto de vista estratégico, a produção *Lean* assenta no entendimento do que é valor para o cliente e qual o fluxo de valor. O mesmo autor defende que qualquer conceito que acrescente valor para o cliente está alinhado com a estratégia da produção *Lean* e propõe uma série de metodologias a utilizar em conjugação com o *Lean*. Do ponto de vista operacional, a produção *Lean* é um conjunto de práticas e ferramentas que conduzem à eliminação de desperdício e à melhoria contínua. A escolha das várias ferramentas a aplicar em cada caso específico é essencial, pois algumas ferramentas aplicáveis no setor automóvel podem não ser compatíveis com outros setores de atividade (Abdulmalek & Rajgopal, 2007).

2.2. *Kaizen*

O sistema de produção *Lean* segue uma filosofia organizacional e comportamental para a criação de valor e para a redução de desperdícios, a filosofia *Kaizen*. Esta é uma filosofia de melhoria contínua, teve origem do Japão e o seu impulsionador foi *Masaaki Imai*. A combinação das palavras japonesas *Kai* (mudar) e *Zen* (para melhor) deram origem à sua denominação (Brunet & New, 2003).

Esta filosofia defende a procura diária de oportunidades de melhoria nos métodos de trabalho, por parte de todos os colaboradores, dentro de cada organização (Singh & Singh, 2009; Sütőová, Markulik, & Šolc, 2012)

Para o *Kaizen* nenhum processo pode ser dado como perfeito pois pode ser sempre melhorado. Esta filosofia pode ser aplicada em diferentes âmbitos e em diferentes áreas de uma mesma organização. O *Kaizen* é útil tanto no desenvolvimento de novos conceitos para um produto, no aperfeiçoamento do planeamento nas áreas produtivas, financeiras ou de marketing, como no desenvolvimento de ações que visam eliminar desperdícios nas fábricas e melhorar o conforto e segurança (Vieira, Balbinotti, Varasquin, & Gontijo, 2012).

Segundo Brunet & New (2003), as características do *Kaizen* mais referenciadas na literatura são:

- É contínuo – é de âmbito contínuo, tal como a sua incessante busca pela qualidade e eficiência;
- É de natureza gradual – oposta a grandes reorganizações ou inovações tecnológicas.
- É participativo – implica o envolvimento e a inteligência dos trabalhadores, que é benéfico, quer para o bem-estar psicológico, quer para a qualidade de vida no trabalho dos mesmos.

Um procedimento cada vez mais adotado pelas organizações é o "*Kaizen event*" (evento *Kaizen*), um projeto de melhoria contínua focalizado e estruturado, com uma equipa multifuncional dedicada a melhorar uma área de trabalho específica, com metas específicas, num curto prazo de tempo. Para além das potenciais melhorias diretas nas áreas de trabalho, os eventos *Kaizen* têm o objetivo de servir como mecanismo de formação para os trabalhadores envolvidos, ajudando-os a desenvolver novas capacidades de resolução de problemas e ter mais motivação para participar em atividades de melhoria futuras (Farris, Van Aken, Doolen, & Worley, 2009).

2.3. Ergonomia

O termo Ergonomia advém dos termos gregos *ergon* (trabalho) e *nomos* (lei natural), e foi inicialmente proposto e descrito em 1857, pelo filósofo e cientista polaco *Wojciech Jastrzebowski*. Contudo, a Ergonomia como disciplina científica surgiu apenas a 12 de Julho de 1949, em Inglaterra (Nunes, 2012).

Existem várias definições para o termo Ergonomia, comumente conhecido como “Fatores Humanos”. De um modo geral, a Ergonomia é o estudo da adaptação do trabalho ao homem. Wilson (2000) refere que, qualquer definição aceitável de Ergonomia deve enfatizar a necessidade de, e a complementaridade entre, compreender as pessoas e as suas interações, e a prática de melhoria dessas mesmas interações.

Uma definição de Ergonomia muito referenciada é aprovada e apresentada pela *International Ergonomics Association*, a qual se segue:

“A Ergonomia é uma disciplina científica relacionada com a compreensão das interações entre os seres humanos e os outros elementos de um sistema, e a profissão que aplica teorias, princípios, dados e métodos para a conceção de sistemas que otimizem o bem-estar humano e o desempenho global do próprio sistema” (IEA, 2000).

A definição apresentada anteriormente diz respeito às três fundamentais características da Ergonomia/ Fatores Humanos, segundo (Dul et al., 2012):

1. Abordagem aos sistemas;
2. Orientação para a conceção de sistemas;
3. Foco em dois resultados complementares: desempenho e bem-estar.

Uma característica fundamental da Ergonomia é foco nos sistemas, nos quais os homens interagem com o seu ambiente. Como tal, a Ergonomia considera tanto os diferentes aspetos da pessoa (físicos, fisiológicos, psicológicos e sociais), como os diferentes aspetos do ambiente (físicos, sociais, informativos, entre outros) (Dul et al., 2012).

Os objetivos da Ergonomia estão intrinsecamente ligados à conceção de sistemas de trabalho (Walder et al., 2007). Mais concretamente, os profissionais dos fatores humanos projetam a interação entre os sistemas e os seres humanos. Em vez de tentar encaixar as pessoas nos sistemas, os esforços da Ergonomia são direcionados para que os sistemas acomodem as pessoas (Carayon, Xie, & Kianfar, 2013). A Ergonomia/Fatores Humanos contemporâneos descobrem e aplicam informações acerca do ser humano (características, capacidades e limitações) para a conceção de ferramentas, máquinas, sistemas, tarefas, trabalhos e ambientes que sejam produtivos, seguros, confortáveis e de utilização eficaz para o Homem (Walder et al., 2007).

A Ergonomia/Fatores Humanos abrangem uma vasta gama de assuntos físicos, cognitivos e organizacionais envolvidos na conceção de sistemas, que correspondem às suas principais áreas de especialização (Carayon et al., 2013). Estas três áreas são definidas de seguida, segundo (IEA, 2000, citado por Nunes, 2002):

- Ergonomia física – incide na compatibilidade entre as características anatómicas, antropométricas, fisiológicas e biomecânicas humanas e os parâmetros estáticos e dinâmicos do trabalho físico. Os seus tópicos de estudo mais relevantes incluem as posturas de trabalho, a movimentação manual de cargas, os movimentos repetitivos, as lesões músculo-esqueléticas relacionadas com o trabalho e a saúde e segurança.
- Ergonomia cognitiva – incide nos processos mentais, tais como a perceção, o processamento humano da informação e a resposta motora, na vertente relacionada com as interações humanas com os outros elementos de um sistema. Os tópicos de estudo mais relevantes incluem a perceção, a atenção, a carga de trabalho, a tomada de decisão, a resposta motora, as competências, a memória e a aprendizagem, nos aspetos relacionados com a conceção de sistemas centrados no homem.
- Ergonomia organizacional – incide na otimização dos sistemas de trabalho, incluindo as suas estruturas organizacionais, políticas e os processos. Os tópicos de estudo mais relevantes incluem as considerações homem-sistema nas vertentes da comunicação, da gestão de recursos humanos, da conceção e gestão do trabalho, do trabalho em grupo, entre outros.

O objetivo da conceção de sistemas com base na Ergonomia é a melhoria, quer do bem-estar, quer do desempenho geral dos sistemas (IEA, 2000, citado por Carayon et al., 2013). Tem sido possível melhorar o rendimento dos sistemas e o desempenho humano através da otimização das características da “interface” (compatibilidade) entre os sistemas e as pessoas (Nunes, 2002). O foco nestes dois resultados conjuntos é uma característica que diferencia a Ergonomia de outras disciplinas, tais como a Engenharia, a Psicologia ou a Medicina (Dul et al., 2012).

Em suma, a Ergonomia tem por objetivo estudar o trabalho humano de modo a melhorar a relação do Homem com o meio que o rodeia, o que tem como consequência a redução de erros, a melhoria da utilização do equipamento, o aumento de produtividade, o aumento da segurança, a redução da fadiga e do stresse, o aumento do conforto, o aumento da satisfação no trabalho e a melhoria da qualidade de vida (Nunes, 2002).

No entanto, por vezes a Ergonomia tem uma conotação negativa para as empresas, sendo associada a doenças ou a diretrizes que limitam a inovação (Vink, Koningsveld, & Molenbroek, 2006). Contudo, a não aplicação dos princípios da Ergonomia nos sistemas de trabalho tem consequências tanto para o trabalhador como para a empresa, podendo resultar numa

diminuição da moral e da produtividade dos colaboradores, ou até mesmo em absentismo (Nunes & Machado, 2007).

De acordo com o IEA (2014) o fascínio atual pela tecnologia e a expectativa excessivamente ambiciosa dos negócios, podem conduzir as organizações a negligenciar os riscos para os Fatores Humanos. Neste sentido, a Ergonomia tornar-se-á mais importante na era pós-moderna do que no século 19 (quando os conceitos da Ergonomia foram introduzidos pela primeira vez).

2.4. Lean/Kaizen e Ergonomia

Os benefícios resultantes da adoção de sistemas *Lean*, que na generalidade englobam a melhoria da qualidade do produto, o aumento da produtividade e da capacidade de resposta ao cliente e a redução dos custos de produção, são reconhecidos por diversos autores (Hines et al., 2004; Melton, 2005; Womack et al., 1990). No entanto, o mesmo não acontece quando são considerados os seus impactos nas condições de trabalho.

De acordo com Seppala & Klemola (2004), os princípios de Produção *Lean* são controversos do ponto de vista do bem-estar humano.

Muitos autores consideram que o sistema de Produção *Lean* é uma evolução do sistema de produção da Ford, sendo que a rotatividade de tarefas e o trabalho em grupo são dois dos conceitos inovadores do *Lean* (Arezes, Carvalho, & Alves, 2010). Alguns fomentadores dos princípios da Produção *Lean* argumentam que a organização do trabalho com base em equipas conduz a melhorias significativas nas competências dos operadores nas fábricas (Womack et al., 1990). Para além do trabalho em equipa, a inovação, a colaboração, a polivalência e o acréscimo de responsabilidades, englobam algumas características da Produção *Lean* consideradas como benéficas para os trabalhadores (Seppala & Klemola, 2004).

Por outro lado, Niepcel & Molleman (1998), salientam que algumas das principais características do sistema de Produção *Lean*, tais como o fluxo contínuo de produção e falta de *buffers*⁶, resultam em pressão horária e *stress* para os trabalhadores.

Womack, Armstrong, & Liker (2009) referem que alguns autores defendem que os princípios da Produção *Lean* conduzem ao aumento da prevalência de lesões, como resultado do aumento das exigências de trabalho e da redução do controlo do trabalho. Segundo Nunes & Machado (2007), a implementação de novos paradigmas de produção tal como o *Lean*, reduzem os tempos de ciclo e a variedade do trabalho, e por isso tendem a aumentar as tensões, físicas e psicológicas, dos trabalhadores. Os processos *Lean* podem tornar os trabalhos altamente repetitivos, à medida que se eliminam períodos de descanso críticos dos trabalhadores. Os

⁶ Repositório físico de produto entre operações de uma linha de produção

trabalhos repetitivos manifestam-se nos colaboradores através de posturas stressantes e esforços elevados, repetidos constantemente ao longo do dia de trabalho (Kester, 2013).

De acordo com um estudo realizado por Brannmark & Hakansson (2012) existe uma tendência para o aumento do risco de lesões músculo-esqueléticas associada à implementação de sistemas *Lean*. Aumento que é acentuado se o processo de implementação não incluir um programa de intervenção ergonómica.

A utilização de equipas *Kaizen* multidisciplinares, permitem às organizações avaliar os postos de trabalho, as células de produção e todo o conjunto de linhas de montagem a fim de racionalizar as operações e eliminar desperdícios (Kester, 2013). Sendo que o último princípio do *Lean Thinking* – caminhar para a perfeição – assenta no compromisso contínuo de todas as pessoas, para a melhoria dos processos e atividades dentro de uma organização, Maia, Alves, & Leão (2012) ressaltam que a melhoria tem a ver não só com o processo e com as operações, mas também, com as condições de trabalho e melhoria comportamentais. As mesmas autoras referem que esta noção está implícita na ideia-chave do *Lean* “fazer mais com menos”, menos ocupação de espaço, menos transportes, menos inventários e principalmente, menos esforço humano.

Os processos da Produção *Lean* visam a criação de valor e a minimização do desperdício para atingir o retorno de investimento mais elevado possível. No entanto, Kester (2013) refere que, a longo prazo, a poupança financeira decorrente dos ganhos de produtividade irá ser utilizada para pagar o custo dos pedidos de indemnização por lesões músculo-esqueléticas relacionadas com o trabalho (LMERT). De acordo Nunes & Machado (2007) deve haver um cuidado especial com as questões relacionadas com os fatores humanos, a fim de evitar problemas de saúde e segurança aos trabalhadores e, prejuízos para as empresas devido à perda de produtividade, ao absentismo, a indemnizações e a processos judiciais.

Sendo a Produção *Lean* um modelo organizacional amplamente conhecido e largamente aplicado nos mais diversos tipos de indústrias e serviços, torna-se importante o diagnóstico, avaliação e medição das condições de trabalho antes e depois da implementação do *Lean* (Nunes & Machado, 2007). Para garantir que a Ergonomia é um componente-chave do *Lean*, a equipa *Lean* deve tornar a Ergonomia e Segurança dois dos seus valores fundamentais, tal como são a redução de desperdício e a criação de valor (Kester, 2013).

Encontrou-se na revisão bibliográfica várias referências, que relacionam algumas práticas *Lean* com a aplicação de princípios ergonómicos, tais como, os 5S, SMED, *Poka-Yoke*, *Kanbans*, *Cellular Manufacturing*, *Andon*, *Total Productive Maintenance*, *Standard Work* e *Kaizen*, (Bittencourt, Alves, & Arezes, 2011; Elias & Merino, 2007; Monroe, Fick, & Joshi, 2012). Neste estudo são apresentados os aspetos ergonómicos envolvidos aquando da aplicação de técnicas de Produção *Lean* e a contribuição da implementação das mesmas no aumento da

Ergonomia dos postos de trabalho. Deste modo, é ilustrada a sinergia existente entre técnicas *Lean* e a Ergonomia.

Relativamente a casos de estudo, foram encontradas várias publicações que utilizaram a metodologia DMAIC, no âmbito do *Lean Seis Sigma*, integrando-a com princípios da Ergonomia em cada das suas cinco etapas – *Define* (Definir oportunidades de melhoria), *Measure* (Medir o desempenho), *Analyze* (Analisar as oportunidades de melhoria), *Improve* (Melhorar o desempenho), *Control* (Controlar o desempenho) (Freitas & Nunes, n.d.; Nunes, Gouveia, Figueira, & Machado, 2012). Tal aplicação permite demonstrar as oportunidades do emprego da Ergonomia na melhoria do desempenho dos processos e na análise de problemas. A finalidade é a otimizar tanto o desempenho de uma organização como o desempenho dos seus recursos humanos.

Kester (2013) apresenta seis fatores que devem ser considerados para a integração efetiva da Ergonomia nos processos *Lean*:

1. Priorização *Lean* – selecionar as áreas ou processos de trabalho a analisar. As empresas recorrem frequentemente ao mapeamento de fluxo de valor para este efeito. Os processos de produção com níveis elevados de fatores de risco de lesões músculo-esqueléticas são os principais candidatos a alterações de conceção.
2. Formação em Ergonomia - formar os líderes da equipa *Lean/Kaizen* em conceitos básicos no âmbito da Ergonomia e da conceção ergonómica de sistemas. Deste modo, é possível avaliar a interface entre os trabalhadores e os seus postos, peças e ferramentas de trabalho; e efetuar avaliações de risco ergonómico.
3. Conceção dos postos e do fluxo de trabalho – focar as equipas na aplicação de conceitos de conceção ergonómica para atingir objetivos *Lean*, isto é, de modo a reduzir erros dispendiosos e fatores de risco relacionados com o desenvolvimento de LMERT (força excessiva, posturas e movimentos repetitivos, etc) que, atrasam o ritmo de trabalho e diminuem a produtividade.
4. Avaliação dos riscos relacionados com as LMERT - proceder à quantificação dos fatores de risco ergonómico permite à equipa *Lean* comparar e priorizar os níveis de risco dos vários processos de produção. Os níveis de risco podem ser utilizados para identificar possíveis problemas de carácter ergonómico e produtivo. Tais avaliações são utilizadas por muitas organizações antes e após a implementação de um novo fluxo de trabalho ou de projetos de reconceção de postos de trabalho, permitindo às equipas *Lean* confirmar o impacto dos projetos sobre o nível de risco ou identificar consequências não intencionais que podem levar ao aumento dos riscos de LMERT.
5. Envolvimento de todos os intervenientes de cada processo - envolver todos os colaboradores ligados a um determinado processo é fundamental para a sua reconceção e para o sucesso de qualquer intervenção *Lean*. Os diferentes

intervenientes, quer sejam operadores de máquinas, operadores de manutenção ou supervisores, são quem melhor compreendem os problemas de fluxo de trabalho, problemas com peças e equipamentos e, variações nos processos de produção. Estes problemas podem não ser aparentes para uma equipa *Lean* externa à organização e, o envolvimento de todos é fundamental para a implementação e aceitação eficaz das propostas de melhorias sugeridas.

6. Quantificação dos impactos - medir o impacto financeiro das soluções integradas *Lean* e Ergonomia é fundamental para o apoio e o envolvimento da gestão de topo. A atualização constante da gestão, relativamente aos níveis da produtividade e qualidade, das queixas dos trabalhadores e redução dos níveis de risco de LMERT e da redução de custos, garantirá que esta integração continue a ser uma prioridade para a gestão.

3. Metodologia

A metodologia envolvida nesta dissertação teve como base num projeto de melhoria contínua e, como princípio o aumento da produtividade com o aumento do bem-estar dos operadores. A metodologia seguida neste caso de estudo é apresentada na Figura 3.1.

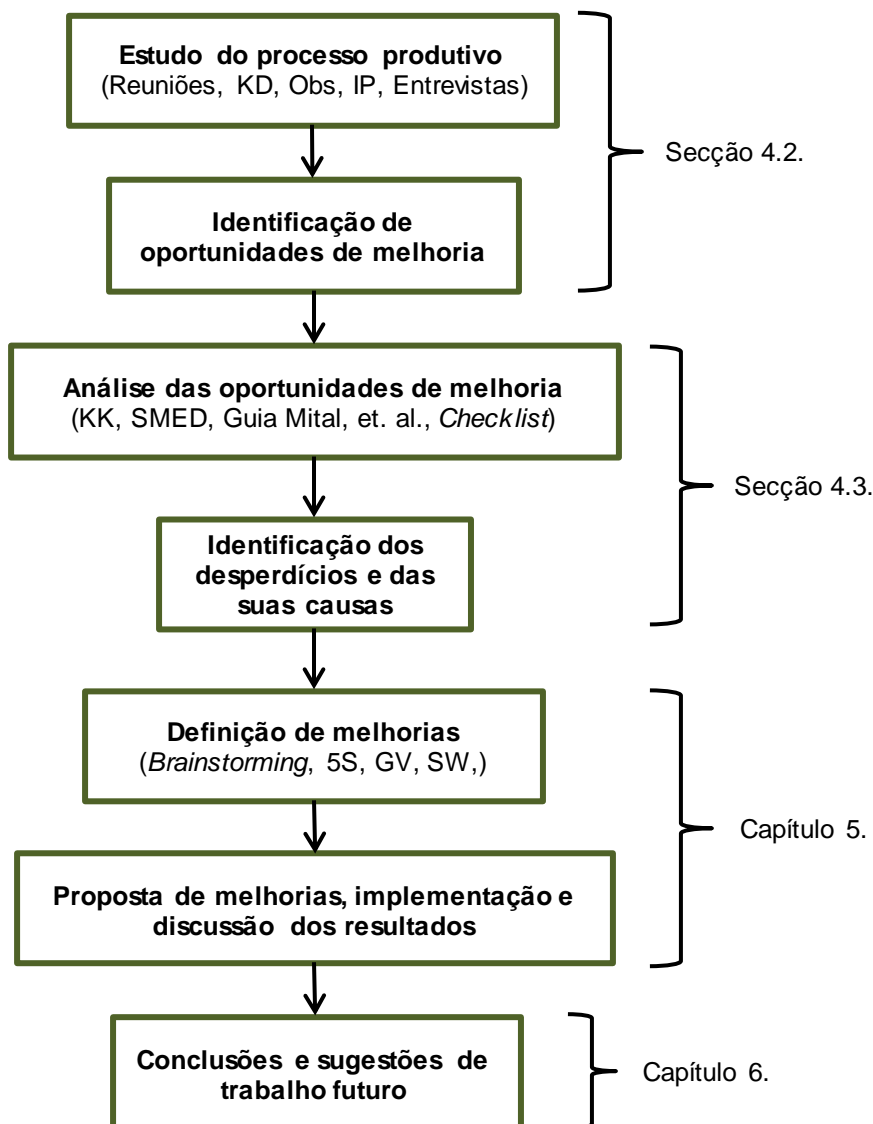


Figura 3.1 - Metodologia utilizada no desenvolvimento do caso de estudo (Reuniões com chefe dos diversos departamentos; KD = Kaizen Diário; Obs = Observações diretas; IP = Indicadores de Produção; Entrevistas = Entrevistas informais com os operadores, GV = Gestão Visual; SW = *Standard Work*)

A primeira fase da metodologia englobou a aprendizagem dos processos produtivos da Equipar S.A., com foco no Processo de Acabamento de Rolhas de Cortiça (PARC).

Seguidamente procedeu-se ao levantamento das oportunidades de melhoria no PARC, para cada operação. Esta fase foi efetuada através das seguintes ações:

- Participação na reunião “+ 5 minutos” no âmbito do *Kaizen* Diário (KD);
- Consulta de indicadores de produção (IP);
- Reuniões com a equipa multidisciplinar de melhoria contínua (equipa *Kaizen*);
- Observações diretas dos processos e tarefas de trabalho;
- Entrevistas informais para apurar quais tarefas que causam fadiga e desconforto, entre outros fatores prejudiciais ao bem-estar e desempenho dos operadores.

De acordo com as necessidades do PARC, foi realizada uma revisão bibliográfica para a seleção das ferramentas de análise das oportunidades de melhoria, que visem identificar e analisar as causas dos problemas/desperdícios. As metodologias selecionadas foram as seguintes: SMED; *Kobetsu Kaizen*; Guia de *Mital, Nicholson & Ayoub* e uma *Checklist* para avaliação postural.

Com recurso às ferramentas 5S, Gestão Visual (GV), *Brainstorming* e *Standard Work* (SW) foram definidas as várias propostas de melhoria. Por último, foram implementadas melhorias e analisado o impacto das mesmas.

As metodologias e ferramentas utilizadas serão descritas de seguida, para uma melhor compreensão da metodologia seguida no caso de estudo.

3.1. *Kaizen* Diário

O *Kaizen* Diário é uma ferramenta cujo objetivo é garantir que a comunicação e melhoria contínua acontecem diariamente através de reuniões no *gemba*, rotineiras e de curta duração.

Após a fase de formação das equipas de trabalho sobre os tipos de desperdício e sobre como identificar o desperdício nas áreas de trabalho, segue-se a clarificação dos objetivos de cada equipa, para a aplicação bem-sucedida das metodologias e ferramentas *Kaizen*. Ao existir participação por parte de todas as equipas de trabalho, é necessário assegurar uma cultura de boas práticas e alinhar as mudanças físicas às mudanças comportamentais; surge a necessidade pelo *Kaizen* Diário.

As reuniões de *Kaizen* Diário englobam, normalmente, as seguintes atividades:

- Discussão dos indicadores operacionais do dia anterior;
- Resolução de problemas;
- Transmissão dos objetivos do dia por parte do chefe de produção ou do chefe de equipa de cada processo, às suas equipas de trabalho,

- Identificação de potenciais melhorias - manutenção de um sistema de sugestões por parte de todos os colaboradores da *gemba* para o aumento do desempenho do processo e do seu próprio bem-estar.

Por conseguinte, esta reunião possibilita a melhoria da comunicação e da monitorização dos processos de trabalho e permite que as equipas de trabalho estejam alinhadas com a chefia através da compreensão e seguimento das estratégias da organização. Assim que as equipas de trabalho percebam os *standards* a manter e as melhorias a alcançar, tornam-se mais dinâmicas e motivadas. Em suma, esta reunião contribui para a cultura melhoria contínua.

3.2. Kobestu Kaizen

O *Kobetsu Kaizen* (KK) é uma metodologia conhecida como o pilar da “Melhoria Focalizada” do *Total Productive Maintenance* (que em português se traduz para Manutenção Produtiva Total), cujo foco são as melhorias associadas a máquinas (Sütöová et al., 2012).

O KK é aplicado onde poderá ter maior impacto dentro de uma empresa. Esta metodologia analisa a informação relacionada com as operações das máquinas, identifica desperdícios, utiliza análises de causa-raiz para descobrir as causas dos desperdícios, aplica ferramentas para remover os desperdícios, e por último, mede os resultados obtidos (Sütöová et al., 2012)

A aplicação do KK segue oito passos:

- Passo 1. Seleção do problema – recolha de dados para a identificação das perdas atuais.
- Passo 2. Descrição do problema – qualificação dos tipos de perdas que, posteriormente, permitirá a atuação corretiva nas causas dos problemas. Um dos métodos para a descrição dos problemas é o 5W2H⁷, este método procura resposta às seguintes questões:
 - What/O quê? – Definição do problema.
 - When/Quando? – Definição da tendência de ocorrência do problema.
 - Where/Onde? – Identificação da fase de operação em que o problema ocorre.
 - Who/Quem? – Identificação do operador com quem ocorre o problema.
 - Which/Qual? – Avaliação da tendência do problema.
 - How/Como? – Definição do modo de deteção do problema.
 - How much/Quanto? – Quantificar a dimensão do problema, em termos de impacto produtivo.
- Passo 3. Definição do objetivo – definição da meta que se pretende alcançar com as melhorias a implementar futuramente. Ao ser definido, o objetivo deve ser simples e

⁷ Ferramenta denominada de acordo as iniciais dos acrónimos que a constituem

mensurável, para se saber concretamente o que se pretende melhorar e como comparar quantitativamente as situações pré e pós aplicação do KK. Adicionalmente, o objetivo deve ser alcançável, realista e não deve ser moroso, para que seja assegurada a motivação de todos os intervenientes.

- Passo 4. Análise das causas – determinação das principais causas dos desperdícios com recurso a ferramentas de análise, como o diagrama de *Ishikawa*. Este diagrama, comumente conhecido por diagrama dos 6M's, diagrama de causa e efeito ou diagrama espinha-de-peixe, permite estruturar hierarquicamente as causas potenciais de um determinado problema, assim como os seus efeitos sobre a qualidade de processos ou produtos. Tal como sugere a denominação 6M, este diagrama é normalmente construído em torno de seis categorias: Mão-de-obra, Material, Máquina, Método, Meio ambiente e Medida.
- Passo 5. Solução do problema – com base nas causas-raiz encontradas para cada perda, segue-se a elaboração do planeamento e do desenvolvimento da estratégia de melhoria. As propostas de melhoria devem incluir sugestões dos operadores e do pessoal da manutenção para resolução de problemas nos equipamentos. A criação de um plano de ações é essencial para garantir o cumprimento das ações de melhoria definidas, apresentando uma data limite para cada ação e apresentando o responsável pela sua execução.
- Passo 6. Verificação da solução – verificação da solução com base na monitorização do objetivo delineado no passo 3. Através da evolução dos resultados de um mesmo indicador é possível averiguar se o objetivo delineado foi ou não conseguido. Se as ações de melhoria não forem bem-sucedidas, pode ser necessário reunir novas propostas e definir ações corretivas.
- Passo 7. Normalização – definição de normas assim que os resultados atinjam os valores objetivo para garantir que os procedimentos de trabalho e os resultados produtivos se mantenham.
- Passo 8. Transmissão das normas – formação e treino para promover a adesão dos colaboradores às normas.

O KK distingue 16 tipos de perdas que afetam o desempenho e a eficiência da produção. As perdas dividem-se em três categorias:

- Perdas de disponibilidade - impedem a eficiência do equipamento;
- Perdas de produtividade - reduzem a eficiência do trabalho humano;
- Perdas de produção - reduzem a utilização efetiva dos recursos produtivos.

As perdas identificadas pelo KK são apresentadas na Tabela 3.1 (Sütőová et al., 2012).

Tabela 3.1 - Categorização dos tipos de perdas identificados pelo *Kobetsu Kaizen*

Categoria	Perda
Perdas de disponibilidade	Paragens programadas de máquinas (ex: manutenções/inspeções programadas)
	Setups e afinações
	Troca de ferramentas
	Perdas por arranque
	Micro-paragens
	Perdas de velocidade
	Defeitos e retrabalho
	Avarias
Perdas de produtividade	Erros de gestão
	Movimentações operacionais
	Organização das linhas
	Logística
	Medições e ajustes
Perdas de produção	Falta de energia
	Perdas nos consumíveis
	Perdas de rendimento

3.3. SMED

SMED é o acrónimo de *Single Minute Exchange of Dies*, uma metodologia cujo objetivo a redução do tempo de *setup* para menos de 10 minutos (McIntosh, Owen, Culley, & Mileham, 2007)

O tempo de *setup* é frequentemente considerado o tempo decorrido entre a produção do último artigo em boas condições (qualidade), de um determinado produto, e a produção do primeiro artigo em boas condições do produto seguinte (McIntosh et al., 2007). Este tempo causa perdas e não tem valor acrescentado para o produto, por não haver produção aquando do mesmo. Por esta razão, o SMED é utilizado como ferramenta nos processos de melhoria contínua (Cakmakci, 2009).

Foi (Shingo, 1985), o autor do SMED, que descobriu, a partir da análise do processo de *setup* de grandes máquinas, que a maior parte do *setup* podia ser realizado com as máquinas em pleno funcionamento e, por conseguinte, o desperdício do tempo de *setup* podia ser reduzido. O mesmo observou que as atividades de *setup* se dividiam basicamente em dois tipos:

- Internas - atividades, tais como fixar e desmontar peças, exigem que a máquina esteja desligada para serem executadas.
- Externas - de que fazem parte todas as atividades exequíveis antes da produção da máquina ser interrompida. A veiculação de todos os materiais necessários para a produção seguinte é um exemplo de uma atividade que pode ser realizada externamente.

Segundo (Shingo, 1985), a metodologia do SMED divide-se em 4 fases fundamentais. A sua aplicação segue o procedimento descrito de seguida:

- Fase inicial ou fase 0 - fase em que se inicia a metodologia, com a identificação dos elementos e o estudo dos procedimentos de cada *setup*. Nesta fase não existe distinção entre as atividades internas e as externas, a mudança é desorganizada e é necessário compreendê-la. Na análise de um *setup* é usual recorrer a observações com cronómetros, filmagens e fotografias, para determinar os tempos, sequências e particularidades das atividades que constituem o *setup*. Cada movimentação e atividade devem ser detalhadamente registada para, posteriormente, serem identificados os passos desnecessários do *setup*. Para registar as movimentações de cada operador utiliza-se um desenho à escala do *layout* do posto de trabalho, sendo cada percurso traçado segundo uma linha contínua (Kusar, Berlec, Zefran, & Starbek, 2010). Este registo é conhecido como diagrama de *spaghetti* e constitui uma boa técnica para encontrar ineficiências nos fluxos físicos dos sistemas.
- Fase 1 - fase de separação das operações externas e internas. Após análise dos dados recolhidos na fase inicial da metodologia, identificam-se os desperdícios, e quais as atividades internas e externas. A separação dos dois tipos de atividades é efetuada através de *checklists*, definição das funções de cada operador e da melhoria das condições de transporte de ferramentas e outros materiais. Quando aplicada com sucesso, permite uma melhoria significativa no processo de *setup*, conseguida pela diminuição do tempo de paragem da máquina. Este procedimento possibilita a diminuição de 30 a 50% do tempo de *setup*.
- Fase 2 - fase de conversão de operações internas em externas. Nesta fase procede-se à avaliação das atividades de modo a determinar quais as atividades do *setup* interno que podem ser convertidas em *setup* externo. Algumas técnicas utilizadas para este objetivo englobam a preparação prévia das condições necessárias à mudança, *function standardization* e uniformização do tipo de apertos. Esta fase tem a mesma potencialidade de redução dos tempos de *setup* que a fase 1.
- Fase 3 - corresponde à fase de melhoria de todos os aspetos que envolvem o processo de troca de ferramentas, isto é, à fase de racionalização ou simplificação das atividades de ambas as operações internas e externas. Das técnicas aplicadas nesta fase do SMED, distinguem-se:
 - A implementação de operações paralelas repartidas por dois ou mais operadores;
 - A eliminação de ajustes nas máquinas, que correspondem muitas vezes a 50% do tempo em operações internas;
 - A melhoria das condições de armazenamento e transporte de material;
 - Utilização de dispositivos de fixação;
 - Mecanização.

Com base nas quatro fases que compõem a metodologia, os passos a executar para a aplicação do SMED são:

- ✓ Observação do procedimento utilizado atualmente;
- ✓ Classificação das várias operações efetuadas em internas ou externas;
- ✓ Conversão das operações internas em externas;
- ✓ Desenvolvimento de soluções que permitam reduzir o tempo do trabalho interno;
- ✓ Desenvolvimento de soluções que permitam diminuir o tempo do trabalho externo;
- ✓ Criação de procedimentos rigorosos de modo a reduzir falhas na realização das atividades de *setup*;
- ✓ Reinício do processo e repetição de todo o procedimento de modo a reduzir de novo o tempo de *setup*.

Os procedimentos de *setup* são considerados indefinidos e bastante variados. No entanto, *Shingo* defende que é possível distinguir, tradicionalmente, a seguinte sequência de atividades:

1. Preparação e verificação de materiais;
2. Montagem ou remoção de materiais;
3. Medições e calibrações;
4. Produção de teste e afinações.

Relativamente ao SMED tradicional, existem propostas de procedimentos distintos por parte de diversos autores Kusar et al. (2010). Após a implementação da metodologia SMED, os mesmos autores procedem à normalização dos procedimentos de *setup* para que os novos métodos de trabalho sejam cumpridos. Após a normalização, os primeiros *setups* devem ser monitorizados para averiguar que o seu cumprimento conduz, de facto, à redução do tempo de *setup*.

De acordo com Kusar et al. (2010), a qualidade do processo de *setup* de uma máquina é definida por três elementos: o método utilizado no *setup*, a organização do trabalho necessária durante todo o processo de *setup* e os aspetos técnicos das ferramentas e dos dispositivos utilizados. O fator que suporta os elementos anteriores é a motivação dos trabalhadores envolvidos no *setup*.

3.5. Guia de Mital, Nicholson & Ayoub

Este guia foi proposto pela primeira vez em 1983, por Mital, Nicholson, & Ayoub (1997) e, é um método que possibilita a análise de postos de trabalho com diferentes atividades de Movimentação Manual de Cargas (MMC). A MMC suscita problemas a muitos e diferentes profissionais em todo o mundo. Este guia destina-se a incluir todas as atividades envolvidas na

MMC, em oposição a outros guias que se concentram apenas nas atividades de elevação manual.

A maioria dos postos de trabalho, na indústria, é constituída pelo menos por duas atividades de MMC e podem surgir de diferentes combinações. Trabalhadores envolvidos em atividades que exijam empurrar/puxar, elevar/descer e, transportar materiais pesados detêm elevadas taxas de lesões músculo-esqueléticas, especialmente lombalgias.

Este método permite analisar os seguintes tipos de atividades:

- ✓ Elevar ou descer, com uma ou duas mãos e por uma ou duas pessoas;
- ✓ Empurrar com uma ou duas mãos;
- ✓ Puxar com uma ou duas mãos;
- ✓ Transportar com uma ou duas mãos;
- ✓ Segurar em diversas posições;
- ✓ Manipular objetos em posturas pouco comuns (elevar, puxar e empurrar);
- ✓ Manipular objetos a uma frequência elevada.

O Guia de *Mital, Nicholson & Ayoub* baseia-se no conceito de que a capacidade de desempenho individual, num posto de trabalho com movimentação de cargas, depende da capacidade para realizar cada atividade individual que constitui o mesmo posto de trabalho.

Os principais passos inerentes a este método são os seguintes:

- Passo 1. Dividir o posto de trabalho em atividades individuais de manipulação (elevar, descer, empurrar, puxar, transportar), em que poderá haver mais que uma atividade do mesmo tipo. É, normalmente, feito um esboço do arranjo do local de trabalho, que apresenta a forma e dimensões dos objetos, e as distâncias a percorrer. De seguida, registar a duração total do trabalho, incluindo as pausas (almoço, café, etc.), bem como a duração do ciclo, ou outra, que permita calcular a frequência das manipulações.
- Passo 2. Escolher o percentil para o qual o posto de trabalho vai ser avaliado ou projetado.
- Passo 3. Para cada atividade de movimentação, determinar a cadência de trabalho recomendada para uma dada frequência de movimentos e distância percorrida. Os dados sobre as distâncias são obtidos através de medições no próprio local e os dados sobre a frequência das atividades podem ser a partir das exigências de produção. Para o cálculo da cadência recomendada, este guia fornece, para os vários tipos de MMC, diferentes quadros para a população feminina e masculina, com valores de pesos da carga recomendados para determinadas circunstâncias.
- Passo 4. Comparar a cadência de trabalho recomendada com a atual para calcular o risco potencial de desenvolvimento de lombalgias R , sendo $R = \text{cadência de trabalho}$

atual/cadência de trabalho recomendada. A cadência atual é calculada a partir do peso da carga, forças ou duração real da manipulação.

- Passo 5. Se, para qualquer atividade, $R > 1$, redesenhar a tarefa; caso contrário, aceitá-la. R pode ser reduzido para 1, quer reduzindo a força exercida, quer a distância percorrida ou a frequência das manipulações.

Cálculo da cadência recomendada e da cadência atual para tarefas de Elevar ou Baixar, com as duas mãos

Tal como referido anteriormente, o cálculo do risco potencial R requer os valores da cadência de trabalho atual e da cadência de trabalho recomendada.

A fórmula para o cálculo da cadência atual de trabalho é o seguinte:

- Cadência atual (kg.m/min) = Peso atual (kg) x Frequência das movimentações (kg) x Amplitude de elevação (m).

A cadência recomendada para atividades de Elevar ou Baixar corresponde à capacidade para elevação/descida de cargas de um dado percentil da população, para uma dada altura de elevação/descida, frequência de elevação e dimensões da carga. A fórmula para o cálculo deste valor é apresentada de seguida:

- Cadência recomendada (kg.m/min) = Peso recomendado (kg) x Frequência das movimentações (vezes/min) x Amplitude de elevação/descida (m) x Multiplicador da duração x Multiplicador para limitações à postura de pé x Multiplicador para elevações assimétricas x Multiplicador para elevações assimétricas x Multiplicador para assimetria da carga x Multiplicador para a qualidade da pega x Multiplicador para o espaço disponível x Multiplicador para o *stress* térmico.

O Guia de *Mital, Nicholson & Ayoub* é composto por várias tabelas para a determinação do peso recomendado, que corresponde a um peso limite. Quando os valores reais da dimensão da carga e/ou da frequências de movimentação não correspondem ao valores do quadro, é necessário realizar interpolações de modo a encontrar o peso recomendado.

A Tabela 3.2 ilustra o quadro destinado à população masculina, para determinar o peso limite recomendado para as atividades Elevar/Baixar com duas mãos, para uma amplitude de elevação compreendida entre o solo e 80 cm. Os valores a negrito representam o peso limitado pelo critério de conceção psicológica.

Metodologia

Tabela 3.2 - Limites recomendados para o peso a levantar (kg), pela população masculina em elevações simétricas com as duas mãos, durante 8 horas

		Frequência das Elevações							
Dimensão da carga (cm)	Percentil	1/8h	1/30 min	1/5 min	1/min	4/min	8/min	12/min	16/min
Elevação desde o solo até à altura de 80 cm									
75	90	17	14	14	11	9	7	6	4,5
	75	24	21	20	16	13	10,5	9	7
	50	27 ^a	27 ^a	27	22	17	14	12	9,5
	25	27 ^a	27 ^a	27 ^a	27 ^a	21	17,5	15	12
	10	27 ^a	27 ^a	27 ^a	27 ^a	25	20,5	18	14,5
49	90	20	17	16	13	10	7	7	6,5
	75	27 ^a	24	24	19	14	10	10	9
	50	27 ^a	27 ^a	27 ^a	26	19	15	12,5	10
	25	27 ^a	27 ^a	27 ^a	27	24	18,5	15	12
	10	27 ^a	27 ^a	27 ^a	27	27 ^a	22	17,5	15
34	90	23	19	19	15	11	7	7	6,5
	75	27 ^a	27 ^a	27 ^a	22	17	10	10	9,5
	50	27 ^a	27 ^a	27 ^a	27 ^a	22	15	14	12
	25	27 ^a	27 ^a	27 ^a	27 ^a	27 ^a	20	17	14
	10	27 ^a	27 ^a	27 ^a	27 ^a	27 ^a	25	21	15

^a Peso limitado pelo critério de conceção biomecânico

Os dados recolhidos para o cálculo da cadência recomendada necessitam de refletir a capacidade dos trabalhadores para atividades de MMC nas condições reais. Por isso, é necessário aplicar multiplicadores relativos à atividade executada e ao ambiente de trabalho. Estes multiplicadores influenciam a capacidade de elevações/abaixamentos manuais de cargas são expostos de seguida.

- Multiplicador da duração da tarefa, o qual é apresentado na Tabela 3.3. Os valores devem ser interpolados para durações intermédias ou na vizinhança dos valores tabelados. O limite superior de cargas para os homens e para as mulheres é 27 kg e 20 kg, respetivamente. Por conseguinte, se após o ajustamento de duração, os pesos obtidos forem superiores aos valores referenciados, devem ser substituídos os valores limite.

Tabela 3.3 - Multiplicadores da duração da tarefa

Sexo	Duração (horas)			
	1	4	8	12
Masculino	1,238	1,136	1,000	0,864
Feminino	1,140	1,080	1,000	0,920

- Multiplicador para limitações à postura de pé, o qual é apresentado na Tabela 3.4. Este multiplicador é dado pelas vezes que não é possível para os trabalhadores estarem totalmente em posição vertical devido à falta de espaço vertical no posto de trabalho.

Tabela 3.4 - Multiplicadores para limitações da postura de pé

Postura	De pé, ereta	95% de pé	90% de pé	85% de pé	80% a pé
Multiplicador ^a	1,00	0,60	0,40	0,38	0,36

^a Interpolar para posturas intermédias

- Multiplicador para elevações assimétricas, o qual é apresentado na Tabela 3.5. Este multiplicador diz respeito ao ângulo de rotação da carga durante as atividades de MMC. Para minimizar a rotação da coluna é recomendado que os trabalhadores movam os seus os pés e os girem simultaneamente com a carga

Tabela 3.5 - Multiplicadores para elevações assimétricas

Ângulo de rotação (graus) ^a	Multiplicador ^a
0 – 30	1,000
30 – 60	0,924 ^b
60 – 90	0,848 ^b
> 90	0,800 ^c

^a Interpolar para valores intermédios.

^b Estas correções podem ser excessivas se os pés se moverem.

^c Assumindo que nestas condições o indivíduo moverá os pés.

- Multiplicador para assimetria da carga, o qual é apresentado na Tabela 3.6. Este multiplicador diz respeito à deslocação lateral do centro de gravidade da carga, que afeta também a capacidade de elevação.

Tabela 3.6 - Multiplicadores para assimetria da carga

Assimetria da carga (cm) ^a	Multiplicador ^a
0	1,00
10	0,96
20	0,89
30	0,84

^a Interpolar para valores intermédios ou na vizinhança dos extremos

- Multiplicador para a qualidade da pega, o qual é apresentado na Tabela 3.7.

Tabela 3.7 - Multiplicadores para a qualidade da pega

Qualidade da pega	Multiplicador
Pegas boas e confortáveis ou pontos de apoio firmes para iniciar a elevação	1,000
Pegas de má qualidade ou pontos de apoio limitados ou escorregadios	0,925
Sem pegas ou pontos de apoio para iniciar a elevação	0,870

- Multiplicador para o espaço disponível para colocação da carga, apresentado na Tabela 3.8 . Muitas vezes as cargas têm de ser depositadas em locais estreitos, tais como prateleiras ou armários pequenos. Isto obriga a que os objetos tenham que ser manipulados com bastante cuidado até se poderem largar no local de destino. Essa manipulação cuidadosa aumenta o tempo em que se tem que sustentar o peso do objeto e reduz assim a capacidade de elevação.

Tabela 3.8 - Multiplicadores para o espaço disponível para colocação da carga

Espaço disponível (mm) ^a	Multiplicador ^a
> 30	1,00
15	0,91
3	0,87

^a Interpolar para valores intermédios ou na vizinhança dos extremos

- Multiplicador para o *stress* térmico, apresentado na Tabela 3.9.

Tabela 3.9 - Multiplicadores para o *stress* térmico

Stress térmico (WBGT)	Multiplicador ^a
< 27 °C	1,00
32 °C	0,88

^a Interpolar para valores intermédios ou na vizinhança dos extremos

Frequentemente a carga a elevar/descer é grande ou o seu formato é tal que não é possível ou seguro a uma só pessoa fazer o levantamento. Como tal, é desejável utilizar duas pessoas para essa elevação.

Alguns estudos acerca do levantamento, por duas pessoas em equipa, indicam que as pessoas são capazes de levantar mais peso do que a simples soma das suas capacidades individuais. Outros estudos afirmam, contudo, que a capacidade conjunta é cerca de 10% menor que a soma das capacidades individuais, facto particularmente verdadeiro se os indivíduos têm que se agachar. Dado que a informação disponível na literatura é por vezes contraditória, a capacidade de elevação em equipa pode ser determinada duplicando o valor do peso recomendado obtido. O mesmo valor deve ser ajustado para os vários fatores da elevação, através dos multiplicadores do guia.

O peso máximo recomendado a ser levantado por uma equipa de dois homens não deverá exceder 54kg e para uma equipa de duas mulheres não deverá ser excedido o peso de 40 kg. Em qualquer dos casos, os membros da equipa devem ser de estatura semelhante.

Cálculo da cadência recomendada e da cadência atual para atividade de Empurrar, com as duas mãos

Para atividade de Empurrar, são calculados dois riscos, um para o início do movimento da carga, R_i , e outro para a manutenção do movimento da carga, R_m . Sendo R_i = cadência atual no início do movimento/ cadência recomendada no início do movimento e, R_m = cadência atual de manutenção do movimento/ cadência recomendada de manutenção do movimento.

As fórmulas para o cálculo das cadências atuais de trabalho são as seguintes:

- Cadência atual no início do movimento (kg.m/min) = Força inicial atual x Frequência das movimentações x Distância percorrida.
- Cadência atual de manutenção do movimento (kg.m/min) = Força de manutenção atual x Frequência das movimentações x Distância percorrida.

As fórmulas para o cálculo das cadências de trabalho recomendadas são as seguintes:

- Cadência recomendada no início do movimento (kg.m/min) = Força inicial recomendada x Frequência das movimentações x Distância percorrida.
- Cadência recomendada de manutenção do movimento (kg.m/min) = Força de manutenção recomendada x Frequência das movimentações x Distância percorrida.

Tal como para as atividades de Elevar/Baixar, quando os valores reais da dimensão da carga e/ou da frequências de movimentação não correspondem ao valores do quadro, é necessário realizar interpolações de modo a encontrar o peso limite recomendado.

Metodologia

A Tabela 3.10 e a Tabela 3.11 apresentam, respetivamente, as forças inicial e de manutenção máximas para homens e mulheres, baseadas nos critérios psico-físico e fisiológico, para percorrer a distância de 15,2 m.

Tabela 3.10 - Forças iniciais recomendadas (kg) para trabalhadores homens (mulheres) em atividades de Empurrar com as duas mãos, para distâncias iguais a 15,2 m

		Frequência das Ações							
Altura da pega (cm)	Percentil	10/ min	5/min	4/min	2,4/min	1/min	½ min	1/5 min	1/8 h
Distância percorrida = 15,2 m									
144(135)	90				16 (12)	19(14)		20(15)	25(17)
	75				21(15)	25(17)		26(19)	32(21)
	50				26(18)	31(20)		33(22)	40(25)
	25				31(20)	37(23)		40(26)	48(29)
	10				36(23)	43(26)		45(29)	55(32)
95(89)	90				18(11)	22(14)		23(16)	28(17)
	75				24(14)	28(17)		30(19)	36(21)
	50				29(16)	35(20)		37(23)	45(25)
	25				35(19)	42(23)		45(27)	54(29)
	10				40(22)	49(26)		52(30)	62(33)
64(67)	90				15(9)	19(12)		20(13)	24(15)
	75				19(11)	24(14)		26(16)	31(18)
	50				23(14)	30(17)		32(19)	39(21)
	25				28(16)	36(20)		39(23)	47(25)
	10				32(18)	42(22)		44(25)	54(28)

Tabela 3.11 - Forças de manutenção recomendadas (kg) para trabalhadores homens (mulheres) em atividades de Empurrar com as duas mãos, para distâncias iguais a 15,2 m

Frequência das Ações									
Altura da pega (cm)	Percentil	10/ min	5/min	4/min	2,4/min	1/min	½ min	1/5 min	1/8 h
Distância percorrida = 15,2 m									
144(135)	90				6(4)	11(4)		13(7)	16(9)
	75				9(6)	15(8)		18(10)	22(13)
	50				11(9)	16(20)		23(14)	28(18)
	25				13(10)	19(13)		28(17)	34(22)
	10				16(12)	22(15)		33(20)	40(27)
95(89)	90				6(4)	11(4)		13(7)	16(10)
	75				9(6)	15(8)		18(11)	21(14)
	50				11(8)	15(11)		23(14)	28(19)
	25				14(10)	19(23)		28(18)	34(24)
	10				16(12)	22(26)		32(21)	40(28)
64(67)	90				6(4)	11(12)		12(7)	15(9)
	75				9(6)	14(14)		17(10)	21(13)
	50				11(8)	15(17)		22(13)	27(17)
	25				14(10)	18(20)		27(17)	33(22)
	10				17(12)	21(22)		31(20)	38(26)

3.6. Checklist para avaliação de um posto de trabalho sentado

A postura é um indicador expedito da adaptação do posto de trabalho ao Homem (Nunes, 2002). Posturas e movimentos inadequados produzem tensões mecânicas nos músculos, ligamentos e articulações, resultando em dores no pescoço, costas, ombros, punhos e outras partes do sistema músculo-esquelético (Dul & Weerdmeester, 2012).

Para a avaliação de um posto de trabalho sentado foi criada uma *Checklist* rápida, pela adaptação de diferentes diretrizes encontradas em Dul & Weerdmeester (2012) e Nunes (2006).

A *Checklist* é composta por 20 condições (perguntas) relacionados com a avaliação postural das “operadoras da Escolha”, com a cadeira do posto de trabalho e com a bancada de trabalho, a qual é apresentada na Tabela 3.12. As perguntas de resposta “Sim” têm conotação negativa e as perguntas de resposta “Não” têm conotação positiva. Por conseguinte, as

respostas de conotação negativa irão corresponder a posturas, a características da cadeira ou a características da bancada de trabalho que devem ser melhoradas.

Tabela 3.12 – *Checklist* rápida para avaliação de um posto de trabalho sentado

A) Avaliação postural	Sim	Não
1. Verifica-se a flexão do tronco?		
2. Verifica-se a flexão do pescoço/cabeça?		
3. Verifica-se a rotação do pescoço/cabeça?		
4. Verifica-se a elevação dos ombros?		
5. Verifica-se a flexão dos ombros?		
6. Verifica-se que existe abdução dos ombros?		
7. Verifica-se que o ângulo do cotovelo está compreendido entre 90° e 100°?		
8. Verifica-se que a zona lombar está apoiada?		
9. Verifica-se que o ângulo entre as coxas e as pernas é aproximadamente 90°?		
10. Verifica-se esmagamento da parte superior das coxas contra a parte inferior da bancada de trabalho?		
11. Verifica-se que os pés estão bem apoiados no chão ou nos apoios existentes?		
B) CADEIRA		
12. Verifica-se a cadeira é estável?		
13. Verifica-se que os mecanismos de ajuste da cadeira são fáceis de usar?		
14. Verifica-se que a altura do assento acomoda a altura poplíteia das operadoras?		
15. Verifica-se que o encosto tem uma curvatura para acomodar as costas?		
16. Verifica-se que o assento é almofadado?		
17. Verifica-se que as arestas do assento são vivas?		
C) BANCADA DE TRABALHO		
18. Verifica-se que a largura da bancada é compatível com o alcance dos		
19. Verifica-se que as arestas da bancada são vivas?		
20. Verifica-se que a velocidade de trabalho é compatível com a velocidade do tapete rolante?		

3.7. *Brainstorming*

Brainstorming é uma técnica de dinâmica de grupo que reúne pessoas inseridas numa mesma tarefa, processo ou projeto, de modo a abordar assuntos e problemas específicos. O objetivo é potenciar a criatividade de todos os intervenientes (equipa *Kaizen*), para reunir e relacionar o máximo de ideias e, sem críticas ou julgamentos, chegar a decisões consensuais e encontrar soluções (Alukal & Manos, 2006)

Uma das vantagens dos projetos *Kaizen* é que se, à medida que a equipa realiza o *Brainstorming*, alguma decisão precisar de ser apoiada em dados atuais, a equipa pode

verificar o facto ou informação através da revisão de registos fotográficos, estudos do tempo, VSM, ou simplesmente ir ao *gemba*.

Os membros *Kaizen* devem seguir algumas regras: as discussões devem envolver todos os membros da equipa, os membros devem ter uma atitude orientada para a resolução de problemas; ouvir todas as sugestões e mostrar respeito por cada ideias alheia; e desafiar a forma atual o processo é feito. As decisões são baseadas em factos e dados, e não percepções. O conhecimento da análise, simples, de causa raiz e ferramentas de resolução de problemas pelas equipas *Kaizen* é útil para o *Brainstorming* (Alukal & Manos, 2006).

3.8. 5S

A ferramenta 5S é constituída por cinco etapas essenciais para a identificação e eliminação de desperdícios causados pela falta de organização nos postos de trabalho. Esta ferramenta é normalmente utilizada durante a fase inicial dos processos *Kaizen* e é útil para a eliminação de desperdícios que ocorrem, por exemplo, quando se perde documentação ou quando se perde tempo à procura de materiais e ferramentas (Melton, 2005).

A denominação 5S é resultante dos acrónimos que, em Japonês, constituem a ferramenta. Segue-se a breve descrição de cada uma das cinco etapas:

- *Seiri*/Triagem – remover do posto de trabalho tudo o que não é necessário. Esta prática envolve identificar todo o material que é, utilizado diariamente e, de seguida, eliminar da área de trabalho o que não é necessário frequentemente ou utilizado há muito tempo.
- *Seiton*/Arrumação – atribuir um local, bem definido, para cada material, para que não haja *muda* de movimentação. Um fator essencial a ter em conta nesta etapa, é o estudo/redefinição do *layout* das áreas de trabalho, de modo a que haja um acesso rápido ao material, minimizando os desperdícios de transporte e movimentação. As etapas anteriores possibilitam o aumento da eficácia e eficiência dos processos, que uma vez simplificados, reduzem o erro humano e a carga de trabalho das pessoas (Gapp, Fisher, & Kobayashi, 2008).
- *Seiso*/Limpeza – limpar e inspecionar o posto de trabalho. Os postos de trabalho devem ser mantidos limpos para um melhor ambiente de trabalho, deve-se envolver todas as pessoas para que cada uma colabore e se responsabilize pela limpeza da sua área de trabalho. A periodicidade e as prioridades de limpeza devem, também, ser decididas com todos os colaboradores pois estes são os que melhor conhecem as condições dos seus postos de trabalho.
- *Seiketsu*/Normalização – criar normas para que os 3S iniciais sejam cumpridos regularmente. A normalização das identificações é uma medida necessária para que cada coisa seja arrumada no devido lugar. Para que o objetivo da limpeza seja

cumprido, deve-se criar, por exemplo, uma folha de registo que identifica o que tem que ser limpo e quando, em cada turno de trabalho.

- *Shitsuke*/Disciplina – cumprir e melhorar as normas existentes. Para que as normas sejam cumpridas, todas as equipas de trabalho devem receber formação contínua sobre a importância da limpeza e sobre como esta pode e deve ser repartida entre cada equipa de trabalho.

Para a implementação com sucesso dos 5S é necessário realizar auditorias (por exemplo, mensais) que avaliem o estado e evolução do trabalho de cada equipa e fomentem o envolvimento das pessoas para que haja interesse, iniciativa e resultados.

As duas últimas etapas resultam na maior eficácia dos processos e proporcionam o aumento do bem-estar e segurança dos trabalhadores. Em suma, o seguimento destas etapas, de acordo com a sequência descrita, torna possível a eliminação de vários tipos de muda e proporciona uma maior visualização e compreensão dos problemas existentes aquando da sua implementação.

Conclui-se que o principal objetivo da prática dos 5S é o aumento da produtividade conjugado com a maximização do nível de saúde e segurança dos trabalhadores. Por esta razão, a ferramenta 5S é também útil na redefinição de *layouts*, que além de tornarem as secções de trabalho mais asseadas, tornam as equipas de trabalho mais coordenadas (Melton, 2005).

A Figura 3.2 representa as 5 etapas da presente metodologia.

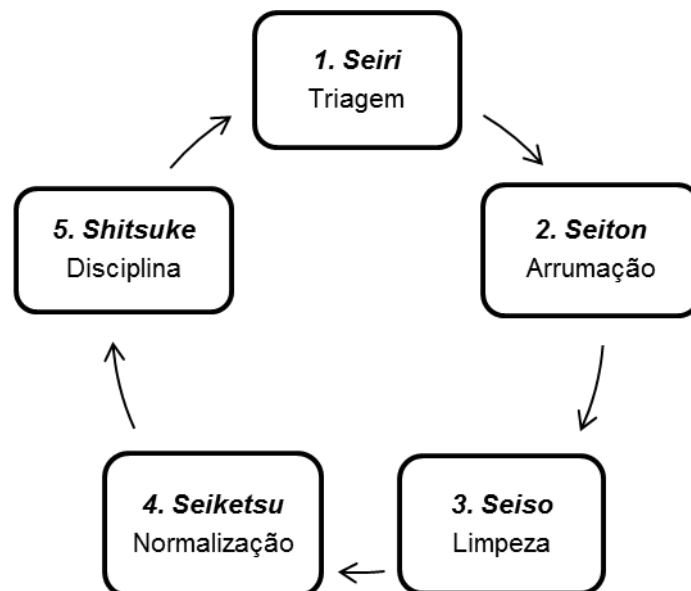


Figura 3.2 – Etapas da metodologia 5S

3.9. Gestão Visual

A gestão visual é uma ferramenta que suporta a existência de informação visual para permitir a cada equipa medir o desempenho do seu sistema de trabalho e ter autonomia no desempenho das suas tarefas (Melton, 2005). Esta ferramenta facilita o controlo, tomadas de decisão e ações do ser humano devido à grande capacidade de recolher informação através da visão.

No âmbito da melhoria contínua, destacam-se três atributos importantes da gestão visual:

- A utilização de informação visual, como gráficos, sinais e parâmetros, possibilita uma fácil e rápida transmissão de informação entre todas as pessoas. Deste tipo de informação podem fazer parte indicadores da produtividade diária, instruções de trabalho e posicionamento de materiais, que tornem de fácil compreensão o funcionamento de cada sistema (Alukal, 2003).
- A formação de todos os colaboradores para que, observando a área de trabalho, consigam perceber o estado e evolução das suas tarefas, ao longo do período de trabalho. Uma das vantagens possíveis é conseguir perceber, sem necessidade de consulta, os níveis de inventário intermédio existentes a dada altura.
- A formação de todos os colaboradores para que, com a visão, consigam identificar pontos fracos e sugerir melhorias em todos os processos de trabalho (sejam estes relacionadas com equipamentos, *layout*, informação, etc).

3.10. *Standard Work*

O *Standard Work* é uma ferramenta cujo objetivo é normalizar processos e procedimentos de trabalho de acordo com a forma mais eficiente possível. A aplicação desta ferramenta assegura a melhoria contínua e a eliminação de desperdícios no *gemba* pela análise de cada processo de trabalho, pela procura de oportunidades de melhorias e, pela delineação de funções e tarefas que aumentem o valor acrescentado de cada uma delas.

O procedimento para a utilização do *Standard Work* é sistematizado da seguinte forma:

1. Definição do foco da melhoria;
2. Análise da situação atual através da observação dos processos e da recolha de dados;
3. Definição e implementação de ações de melhoria e implementá-las;
4. Criação de normas para o cumprimento das melhorias implementadas. É de salientar que as normas representam um meio de coordenação entre o trabalho humano e o trabalho da máquina;
5. Formação dos operadores para o cumprimento das normas.

Aquando da definição das normas a implementar, é importante a participação dos colaboradores do *gemba* para que estes percebam a finalidade das mesmas e as apliquem

Metodologia

corretamente. Um facto importante a demonstrar aos colaboradores é que as normas não são unicamente um meio de eliminar o desperdício, pois são também um meio de definir os procedimentos mais seguros e fáceis para o Homem (Alukal, 2003).

4. Caso de estudo

O trabalho que conduziu a esta dissertação está inserido no *Corkmais*, o projeto de melhoria contínua que o grupo Amorim tem vindo a implementar desde 2007, juntamente com o Instituto *Kaizen*.

O grupo Amorim reconhece a necessidade de avaliar os processos de cada uma das suas empresas, na procura de oportunidades de melhoria que visam eliminar o desperdício e aumentar o seu desempenho e a sua competitividade. Para tal, o projeto *Corkmais* está alinhado com um Programa de Desenvolvimento de Equipas, orientado para o treino sistemático dos operadores em técnicas de melhoria contínua e eliminação de desperdícios. O objetivo é criar uma cultura de excelência e melhorar a qualidade do produto, a eficiência dos processos, a qualificação das pessoas e a orientação para o Cliente. Isto quer dizer que se implementou o conceito *Lean* com recurso a eventos *Kaizen*.

O caso de estudo teve como foco o Processo de Acabamento de Rolhas de Cortiça que ocorre na Equipar S.A., empresa do grupo empresarial Corticeira Amorim, S.G.P.S.. Este processo foi redesenhado em 2012 para responder ao aumento da procura mundial de rolhas técnicas de cortiça e representa, atualmente, 17,5 milhões de euros das vendas anuais da Equipar S.A..

No caso de estudo foram aplicados princípios e metodologias *Lean/Kaizen*, e princípios e ferramentas da Ergonomia de acordo com as oportunidades de melhoria definidas para o processo produtivo estudado.

4.1. Apresentação da Empresa

Conforme referido anteriormente, o presente caso de estudo foi realizado na Unidade Industrial (UI) Equipar, uma Unidade Industrial da empresa Amorim & Irmãos S.A. que está inserida na Unidade de Negócios (UN) Rolhas do grupo empresarial Corticeira Amorim, S.G.P.S., tal como apresentado na Figura 4.1.

A Corticeira Amorim S.G.P.S é a maior empresa mundial de produtos de cortiça com quase 150 anos de liderança do sector, diferencia-se pela qualidade, pelo espírito empreendedor, pela inovação e pela capacidade de antecipar e responder às necessidades dos mercados. Nas rolhas, que são desde sempre o seu *core business*, aplica grande parte do investimento em investigação.

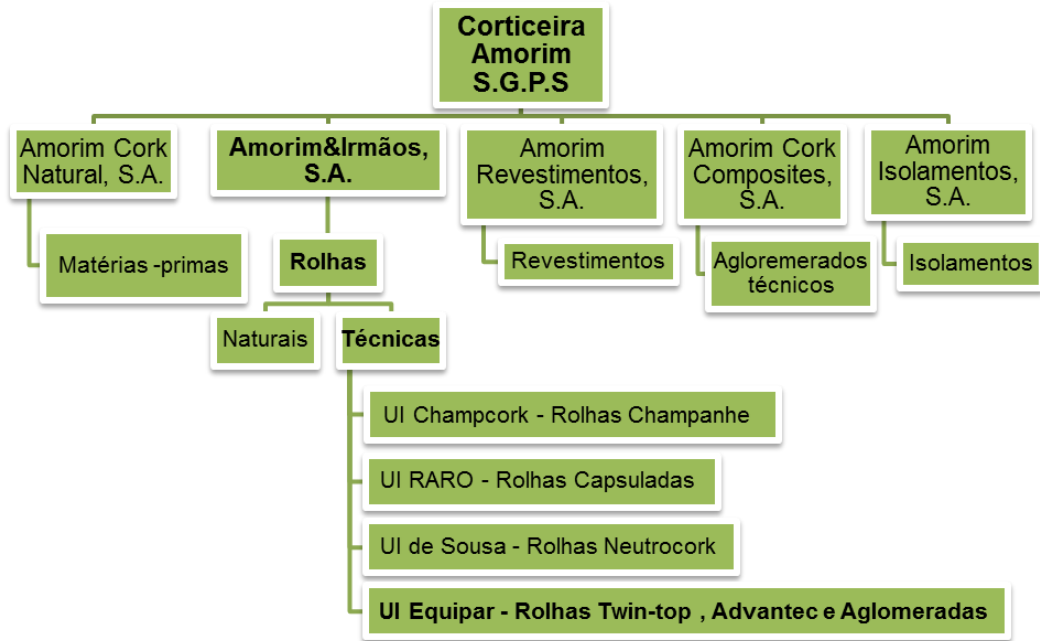


Figura 4.1 - Organograma de negócios de Rolhas Técnicas do grupo empresarial Corticeira Amorim

A unidade industrial Equipar S.A., situada em Coruche, com 170 colaboradores, trabalha 24 horas por dia, tritura 50 toneladas de cortiça e produz cerca de 5 milhões de Rolhas Técnicas. Tem um volume anual de vendas de 50 milhões de euros.

4.1.1. Gama de Produtos

A Corticeira Amorim S.G.P.S oferece um portfólio variado de rolhas que cumprem os mais elevados padrões de desempenho em todos os tipos de vinho, champanhes ou bebidas espirituosas. A produção de Rolhas Naturais e de Rolhas Técnicas, deu origem a uma gama alargada de opções de grande qualidade.

Na Equipar S.A. são produzidas Rolhas Técnicas, destinadas a vinhos de consumo rápido. As rolhas são constituídas por granulados, a partir de subprodutos de cortiça, resultante de pranchas delgadas ou da brocagem de rolhas naturais. São produzidos os seguintes três tipos de Rolhas Técnicas, destinados a vinhos de consumo rápido: *Twin-Top*®, *Agglomeradas* e *Advantec*®, acabadas ou semi-acabadas.

As rolhas acabadas e semi-acabadas apresentam a mesma forma física. No entanto, as rolhas acabadas sofrem um processo adicional comparativamente às rolhas semi-acabadas, o Acabamento de Rolhas de Cortiça. Este Processo confere, às rolhas acabadas, o aspeto visual apresentado na Figura 4.2.

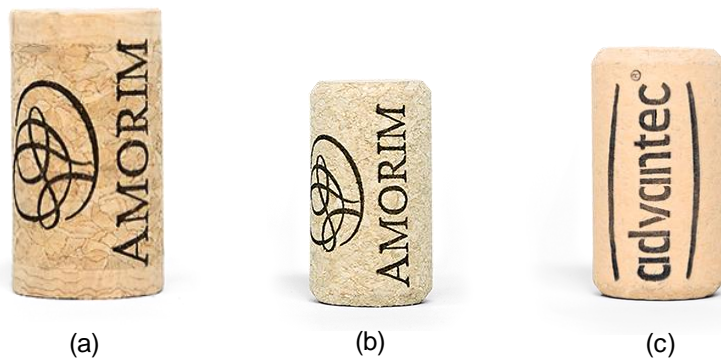


Figura 4.2 - Rolhas (a) *Twin-top*®, (b) *Agglomerada*, (c) *Advantec*®

As rolhas acabadas são as rolhas prontas a serem engarrafadas por clientes finais. As rolhas semi-acabadas serão finalizadas noutras Unidades Industriais da Amorim & Irmãos ou de agentes distribuidores presentes em países produtores e engarrafadores de vinho.

4.1.2. Fluxo Produtivo das Rolhas Técnicas

A Unidade Industrial da Equipar S.A. engloba os seguintes quatro processos produtivos: Trituração, Produção de Rolhas com Discos, Produção de Rolhas Aglomeradas e Acabamento de Rolhas de Cortiça. Estes processos produtivos estão representados no fluxograma da Figura 4.3. e descritos brevemente de seguida.

Processo de Trituração

No processo produtivo de Trituração, as matérias-primas (Refugo, Aparas, Barrigas, Tiras e Broca) são reduzidas a granulados de cortiça repartidos consoante a sua dimensão, 2-3 mm (RA) e 3-7 mm (RCT).

Processos de Produção de Rolhas

Nos processos de Produção de Rolhas (com Discos ou Aglomeradas), grande parte das operações unitárias são semelhantes, facto pelo qual são apresentadas com a mesma denominação.

Na Extrusão ocorre a compactação mecânica e o processamento térmico da mistura de granulado e químicos com propriedades aglomerantes, plastificantes e lubrificantes, para a produção do corpo das rolhas.

Na Colagem, operação exclusiva do processo de Produção de rolhas com Discos, são colados discos de cortiça natural aos corpos. O conjunto é submetido a um processamento térmico durante um período mínimo de 12 minutos. Os discos são corretamente orientados com recurso a um equipamento de seleção com câmaras, garantindo a classe visual pretendida.

Nos Acabamentos Mecânicos as dimensões das rolhas são retificadas por polimento de abrasão da superfície até obterem a dimensão final pretendida, resultando num acabamento limpo e macio.

Na “Lavação”, operação assim designada pela empresa, as rolhas são lavadas com agentes branqueadores e desinfetantes para obter a cor e higienização especificadas à rolha final.

O Revestimento é aplicado apenas às rolhas aglomeradas, de forma a obter a coloração e textura características da rolha *Advantec*.

A Escolha é eletrónica ou manual, esta operação assegura o padrão de qualidade visual (classe e defeitos) das rolhas acordado com o Cliente.

O Embalamento é a operação que visa garantir a integridade do produto e o modo de manuseamento mais conveniente ao Cliente. As rolhas semi-acabadas são, normalmente, embaladas em sacas de ráfia.

As rolhas destinadas a clientes finais não são embaladas nestes processos e seguem para a Equipar Distribuição, onde serão acabadas.

Processo de Acabamento de Rolhas de Cortiça

É na Equipar Distribuição (EQD) que se realiza o Processo de Acabamento de Rolhas de Cortiça, através das três operações unitárias: Marcação, Tratamento e Embalamento.

O *layout* completo da EQD é apresentado na Figura 4.4, para uma melhor compreensão da sequência e funcionamento das suas operações.

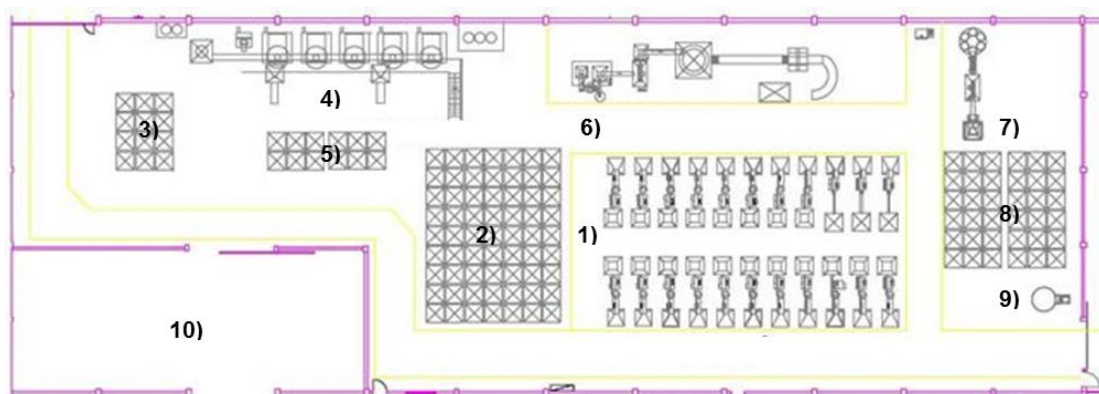


Figura 4.4 - 1) zona de Marcação, 2) *buffer* Marcação-Tratamento, 3) *buffer* Tratamento, 4) zona de Tratamento, 5) *buffer* Tratamento-Embalamento, 6) zona de Embalamento Automático, 7) zona de Embalamento Manual, 8) *buffer* do Embalamento, 9) zona de selagem de paletes, 10) armazém do Embalamento

A EQD funciona de acordo com dois turnos diários, o turno 2, das 8h às 16h, e o turno 3, das 16h às 24h. A este processo produtivo, estão alocados um total de 15 colaboradores.

Caso de estudo

Na Marcação realizam-se as operações de marcação das rolhas, de acordo com as especificações de cada Cliente, sendo o objetivo a personalização das rolhas e assegurar a sua rastreabilidade. As rolhas são marcadas através de superfícies de contacto, a fogo ou a tinta. A marca inclui sempre um logo de identificação do fornecedor (o Grupo Amorim), a não ser que o Cliente expressamente o impeça.

A Marcação pode ser realizada através de duas formas distintas, marcação a fogo ou marcação a tinta. A marcação a fogo é feita, em cada rolha, através da impressão de um código ou motivo, por contacto com uma superfície metálica incandescente. Distintamente, a marcação a tinta efetua-se pela impressão em rolhas, de um código ou motivo, por contacto com uma superfície com tinta de natureza alimentar. As superfícies de contacto com as rolhas são designadas “marcas”. As rolhas marcadas a fogo podem receber o tratamento imediatamente após a Marcação, enquanto as rolhas marcadas a tinta têm de ficar em repouso, no *buffer* Marcação-Tratamento, durante uma hora para que a tinta seque.

Na EQD existem 22 máquinas de marcar. Para o trabalho com estas máquinas estão alocados, um “afinador” e três “operadoras da Marcação” para o turno 2, e um “afinador” e uma “operadora da Marcação” para o turno 3. Cada “afinador” é responsável por afinar as máquinas da Marcação e por trocar “marcas” sempre que necessário. As “operadoras da Marcação” supervisionam, garantem a qualidade da Marcação e transportam contentores entre as áreas que afetam a Marcação. O modo de supervisão da qualidade da marcação está apresentado na Figura 4.5. Na Figura 4.6 está apresentada umas das formas de garantir a qualidade da marcação.



Figura 4.5 - Modo de supervisão da qualidade da Marcação



Figura 4.6 - Abastecimento da tinta para garantir a qualidade da Marcação

No Tratamento, as rolhas recebem o seu último revestimento. É aplicada uma película com características lubrificantes e vedantes para facilitar o engarramento, a vedação e a extração das rolhas.

O revestimento é aplicado com um dos seguintes produtos: CAF, Bopsil ou P2X. As rolhas tratadas com Bopsil e P2X podem ser embaladas imediatamente após o Tratamento, contrariamente, as rolhas tratadas com CAF têm de repousar durante 16 horas.

O Tratamento é realizado com recurso a cinco máquinas, às quais estão alocados um “operador do Tratamento” por turno. Cada operador, além de abastecer (abrindo a parte inferior dos contentores) com rolhas, o tapete elevatório ligado às cinco máquinas, abastece e programa cada máquina, e transporta manualmente os contentores entre a zona de Tratamento e os *buffers* correspondentes. Na Figura 4.7 está representado o abastecimento do tapete elevatório.

Tal como nos Processos de Produção de Rolhas, o Embalamento no Processo de Acabamento de Rolhas de Cortiça é a operação que visa garantir a integridade do produto e o modo de manuseamento mais conveniente ao Cliente.



Figura 4.7 - Abastecimento do tapete elevatório do Tratamento, com rolhas

O Embalamento Automático embala as rolhas vindas do Tratamento de acordo com os requisitos do Cliente (tipo de embalagem e quantidades de rolhas). As rolhas são transportadas em contentores, do *buffer* Tratamento-Embalamento, para junto de um tapete transportador que conduz as rolhas do detetor de metais para uma contadora que, de acordo com a programação indicada, liberta o número exato de rolhas destinadas a cada embalagem. De seguida, as rolhas passam por um tapete de escolha manual, para uma última segregação de rolhas não conformes. Seguem para a máquina de embalar que solda cada embalagem de rolhas, vertical e horizontalmente, e sela cada caixa de cartão automaticamente.

No Embalamento Automático estão alocados um “operador da Máquina Automática” e uma “operadora da Escolha” para cada turno. O operador transporta os contentores para junto da zona de Embalamento sempre que necessário, coloca os sacos nas caixas de cartão, posiciona as caixas de modo a serem seladas e, com recurso a uma plataforma elevatória, movimenta manualmente as caixas para formar paletes (paletização). Esta tarefa está representada na Figura 4.8.

É também o operador da “Máquina Automática” que finaliza as paletes, preenchendo a documentação necessária e colocando as etiquetas em cada caixa e cada palete, tal como apresentado na Figura 4.9.

A “operadora da Escolha” também transporta os contentores do *buffer* Tratamento-Embalamento com rolhas para a zona de Embalamento e segrega as rolhas não-conformes que passam num tapete rolante, horizontal, localizado antes da segunda plataforma elevatória.

Caso de estudo

A tarefa de escolha é uma medida preventiva do ponto de vista da satisfação dos requisitos do Cliente e está apresentada na Figura 4.10.



Figura 4.8 – “Operador da Máquina Automática” a posicionar uma caixa para embalagem



Figura 4.9 – “Operador da Máquina Automática” a colocar etiquetas nas caixas com embalagens



Figura 4.10 – “Operadora da Escolha” a escolher rolhas não conformes

Alternativamente, as rolhas podem seguir do Tratamento para o Embalamento Manual. As rolhas também têm de ser transportadas desde o *buffer* Tratamento-Embalamento até à zona de embalamento, e seguem através de uma plataforma elevatória para um contador. A máquina de embalar manual liberta rolhas para sacos, as tarefas de solda das embalagens e selagem das caixas têm de ser realizadas com recurso a um operador. É de salientar que neste processo, os sacos são de um plástico diferente do Embalamento Automático, por serem selados manualmente. Neste processo, as rolhas também podem ser embaladas em sacas de ráfia.

O Embalamento Manual, dispõe apenas um “operador da Máquina Manual” em cada turno. O operador da “Máquina Manual” transporta os contentores para junto da zona de embalamento, posiciona cada saco na máquina de soldar, coloca cada embalagem nas caixas de cartão e movimenta e posiciona as caixas de modo a formar paletes, sem recurso a qualquer equipamento mecânico. Na Figura 4.11, o operador está a colocar embalagens numa das caixas de cartão.

A movimentação logística de matérias-primas para a operação de Marcação e, de produto acabado para o Armazém de Expedição, e o abastecimento dos produtos necessários ao

Caso de estudo

Tratamento são realizados, o turno 2, por uma operadora alocada à condução do empilhador, a “operadora do Empilhador”. No turno 3, são os operadores do Embalamento e o “afinador” da Marcação, com formação na condução do empilhador, que realizam as tarefas da operadora sempre que necessário.

Todos os operadores do Processo de Acabamento de Rolhas de Cortiça movimentam manualmente os contentores com rolhas. Esta tarefa está representada na Figura 4.12.



Figura 4.11 - “Operador da Máquina Manual” a colocar embalagens numa caixa



Figura 4.12 - Movimentação manual de contentores com rolhas

4.2. Identificação das oportunidades de melhoria

Com o objetivo de aumentar a eficiência produtiva do processo e o bem-estar dos operadores, foram identificadas as oportunidades de melhoria para cada operação do fluxo produtivo do Processo Acabamento de Rolhas de Cortiça. Todas as oportunidades de melhoria identificadas de acordo com a metodologia de estudo do processo foram inseridas no plano de ação de melhoria do processo, parte dos quais foram abordados por este caso de estudo.

Embora tenham sido identificadas 12 oportunidades de melhoria em todo o fluxo produtivo do Processo de Acabamento de Rolhas de Cortiça, por uma questão temporal, este caso de estudo incidiu apenas em 6 dessas oportunidades, sendo que uma delas abrange todo o fluxo produtivo. O Tratamento, o *Buffer* Marcação-Tratamento e o *Buffer* Tratamento-Embalamento, não foram alvo de estudo.

As oportunidades de melhoria identificadas, apresentam-se na Figura 4.13.

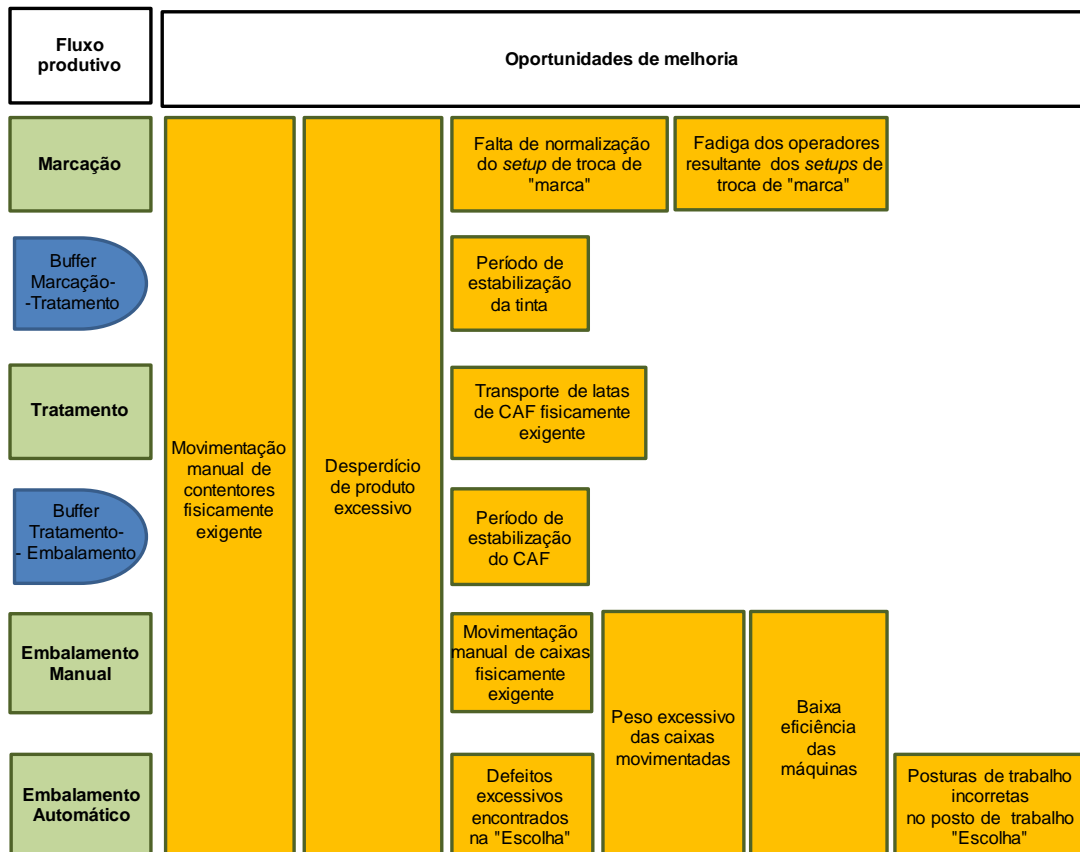


Figura 4.13 - Oportunidades de melhoria do fluxo produtivo do Processo de Acabamento de Rolhas de Cortiça

As oportunidades de melhoria com foco neste caso de estudo são explicadas de seguida e identificadas as metodologias de avaliação usadas para cada uma.

- **Marcação**

Na operação de Marcação foi alvo de estudo a oportunidade de melhoria: falta de normalização do *setup* de troca de “marca”. Do ponto de vista produtivo, revelou-se necessário normalizar o *setup* da troca de “marca”, devido à variação da procura por menores quantidades de produto, provocando o aumento do número de *setups*. Utilizou-se a metodologia SMED, por ser uma metodologia aplicada no estudo de *setups* e, porque havia necessidade de determinar os desperdícios existentes nos procedimentos de troca de “marcas” e de tornar a empresa mais ágil.

Do ponto de vista ergonómico, foram registadas queixas de fadiga por parte dos dois “afinadores”, resultantes do esforço físico exercido durante a atividade de troca de “marcas”. Por conseguinte, pretende-se com a proposta de melhorias resultante da aplicação do SMED, reduzir desperdícios e ao mesmo tempo reduzir a fadiga dos operadores.

- **Embalamento Manual**

No Embalamento Manual foram selecionadas três oportunidades de melhoria: a movimentação manual de caixas fisicamente exigente, o peso excessivo das caixas movimentadas e a fraca eficiência da Máquina de embalar Manual. Além de constituírem a última operação do Processo, as operações de embalamento representam a *bottleneck* do Processo. O objetivo de produção diária estabelecida é de apenas 50% do OEE⁹. Com o objetivo de aumentar a eficiência desta operação, pretende-se determinar quais as perdas da máquina de embalar e reduzir o desperdício, com recurso ao *Kobetsu Kaizen*. O *Kobetsu Kaizen* foi selecionado por se direcionar para a resolução de problemas associados a máquinas.

Do ponto de vista ergonómico, foram registadas queixas, por parte dos dois operadores da máquina de embalar, acerca da carga física exigida pela movimentação manual de caixas, exigida pela tarefa de paletização. Além das queixas de fadiga, um dos operadores queixou-se, particularmente, de dores na zona lombar. Além disso, foi constatado que o peso médio de cada caixa movimentada é igual a 37 kg. O que de acordo com a legislação é excessivo. Este facto é justificado pelos termos do artigo 5.º do Decreto-Lei n.º 330/93, de 25 de Setembro, da avaliação dos elementos de referência do risco da Movimentação Manual de Cargas. Isto porque, um dos termos do mesmo artigo estabelece um limite de carga igual ou inferior a 30 kg em operações ocasionais e igual ou inferior a 20 kg em operações frequentes. De entre outras metodologias encontradas na literatura (Equação de NIOSH, Método MAC, Método KIM, entre outros), foi selecionado o Guia de *Mital, Nicholson & Ayoub* para a avaliação

⁹ OEE - conjunto de indicadores que tem como principal objetivo melhorar a eficiência com base em três áreas independentes: disponibilidade, desempenho e qualidade

do risco de natureza ergonômica associado às atividades de MMC da paletização (Elevar/abaixar), por ser uma ferramenta muito abrangente, que considera muitas variáveis e por ser de fácil aplicação.

- **Embalamento Automático**

No Embalamento Automático foram selecionadas três oportunidades de melhoria: o peso excessivo das caixas manualmente movimentadas, a baixa eficiência da máquina de embalar e as posturas desconfortáveis do posto de trabalho “Escolha”. A nível produtivo, tal como para a Máquina de embalar Manual, a eficiência da Máquina de embalar Automática necessita de ser aumentada. Por conseguinte, foi também selecionado o *Kobetsu Kaizen* como forma de determinar as perdas e reduzir os desperdícios da operação.

Relativamente à movimentação manual de caixas ligada à tarefa de MMC da paletização, não foi registada qualquer tipo de queixa por parte dos operadores da máquina de embalar automática. No entanto, como o peso das caixas movimentadas é o mesmo para as duas operações de embalamento e, pelas mesmas razões expostas para o Embalamento Manual, foi também selecionado o Guia de *Mital, Nicholson & Ayoub* para a avaliação do risco associado às atividades de MMC da paletização no Embalamento Automático.

As entrevistas informais com as “operadoras da Escolha” permitiram registar duas queixas de dores na zona lombar, e uma queixa de dores na zona lombar, no braço direito e nas pernas. Adicionalmente, foram observadas posturas de trabalho incorretas no posto de trabalho “Escolha”. Foi criada uma *Checklist* rápida para avaliar este posto de trabalho através da observação das posturas das “operadoras da Escolha” e, das condições do assento e da bancada de trabalho existentes.

- **Fluxo Produtivo**

Das duas oportunidades de melhoria identificadas para todo o fluxo produtivo, foi selecionada a movimentação manual de contentores fisicamente exigente. Esta tarefa foi considerada, por operadores das diferentes operações do Processo, como fisicamente exigente devido ao esforço necessário para empurrar e movimentar manualmente alguns dos contentores. Para além do Guia de *Mital, Nicholson & Ayoub*, foram encontrados na revisão da literatura, outros métodos para a avaliação de atividades de MMC que envolvem “Empurrar” cargas, nomeadamente, o método KIM, o método de *Shoaf, Genaidy, Karwowski & Christensen* e, o método de *Grieco, Colombini & Molteni*. Foi selecionado o Guia de *Mital, Nicholson & Ayoub* para a avaliação desta atividade de MMC “Empurrar”, devido à sua facilidade de aplicação e à familiarização com o método resultante da sua aplicação no estudo das atividades de paletização.

Em resumo, pretende-se:

- **Na Marcação:**
 - Reduzir o tempo médio de *setup* de troca “marca” em 25% ou, se possível, para menos de 10 minutos;
 - Reduzir a fadiga dos “afinadores”;
- **No Embalamento Manual e Automático:**
 - Aumentar o tempo de embalamento;
 - Reduzir o esforço físico dos operadores das máquinas de embalar, decorrente da tarefa de paletização.
- **No Embalamento Automático:**
 - Melhorar as condições ergonómicas do posto de trabalho “Escolha”.
- **Em todo o Fluxo Produtivo:**
 - Reduzir a esforço físico dos operadores, resultante da tarefa de movimentação manual de contentores.

4.3. Análise das oportunidades de melhoria

4.3.1. Estudo do *setup* de troca de “marca” da Marcação

No *setup* de troca de “marca”, fase inicial, estudou-se a aplicação do SMED através de observações diretas no *gemba* a vários *setups*, filmagens, cronometragem de tempos e entrevistas informais com os “afinadores”. Identificaram-se as atividades apresentadas na Figura 4.14.

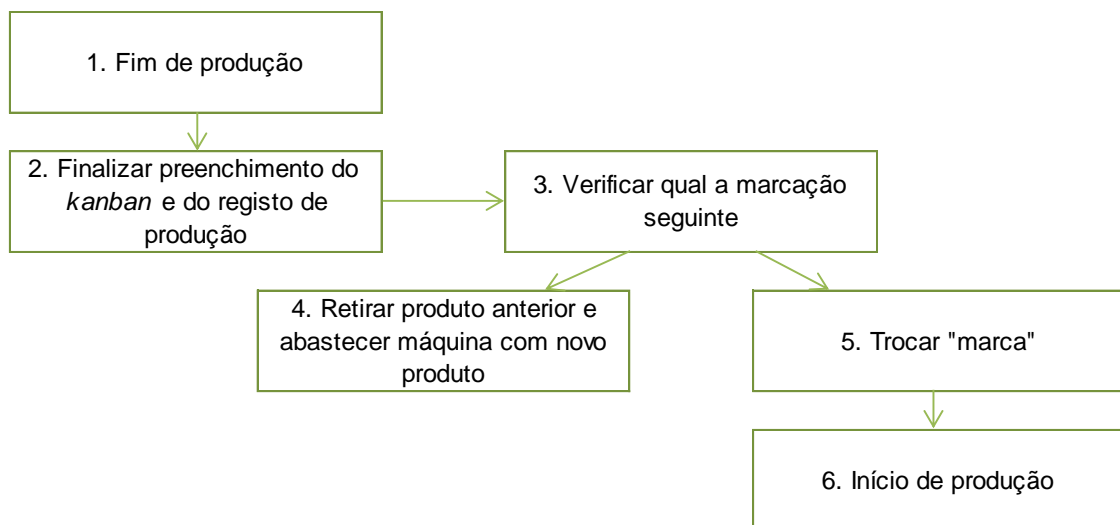


Figura 4.14 - Atividades de um *setup* de troca de “marca”

É de notar que a atividade 4 é realizada pela “operadora do Empilhador”.

A atividade 5, Trocar “marca”, demonstrou ser complexa e difícil de definir, devido ao *mix* de produtos e à existência de diversos calibres de rolha (comprimento x diâmetro), nesta atividade podem ocorrer três cenários diferentes:

- Troca de Marca – o calibre da rolha a marcar não se altera;
- Troca de Marca e Calibre – a troca de “marca” é realizada para marcar uma rolha de calibre diferente;
- Troca de Família - troca de marca e calibre em que a marcação de rolhas de calibre pequeno antecede a marcação de rolhas de grande calibre, ou vice-versa.

A cada um dos cenários de uma troca de “marca” pode corresponder um dos três tipos de Marcação e, por conseguinte, um dos três tipos de *setup*:

- *Setup* a Tinta – marcação a tinta, aplicada apenas no corpo das rolhas.
- *Setup* Fogo Corpo – marcação a fogo do corpo de cada rolha.
- *Setup* Fogo Corpo e Topos – marcação, a fogo, do corpo e dos topos das rolhas.

Esta classificação permitiu identificar as subactividades ligadas à atividade 5, para cada tipo de *setup*, englobando os três cenários. Para caracterizar as subactividades do *Setup* a Tinta foi atribuída a designação 5.1, as quais se apresentam na Figura 4.15. Para as subactividades o *Setup* Fogo Corpo e o *Setup* Fogo Corpo foi atribuída a designação 5.2, as quais se apresentam na Figura 4.16. A principal diferença entre os últimos *setups* é o número de “marcas”, respetivamente, uma e três.

Após definição das atividades de cada tipo de *setup*, foi possível passar para a fase 1 e definir quais as atividades internas e externas. Foi verificado que, normalmente, todas as atividades de *setup* são internas. No entanto, por vezes, e em qualquer atividade de Marcação, nomeadamente as atividades número 3, e as atividades 5.1. a) - c) e 5.2. a) – c), foram desempenhadas como atividades de *setup* externas

De acordo com a informação apresentada na fase 1, foi possível concluir que a maior parte das atividades de *setup* internas podem ser convertidas em externas. Verificou-se que a atividade 3 pode ser convertida em atividade externa, pois antes do final da produção de cada máquina é possível saber qual a marca a colocar de seguida, através do plano de produção da Marcação. Por conseguinte, as subactividades 5.1. a) - c) e 5.2. a) – c), ligadas à preparação de uma “marca” podem também ser convertidas em atividades externas, a única exceção acontece quando há atrasos na entrega de uma “marca” nova, tornando impossível que as atividades de preparação sejam externas.

Caso de estudo

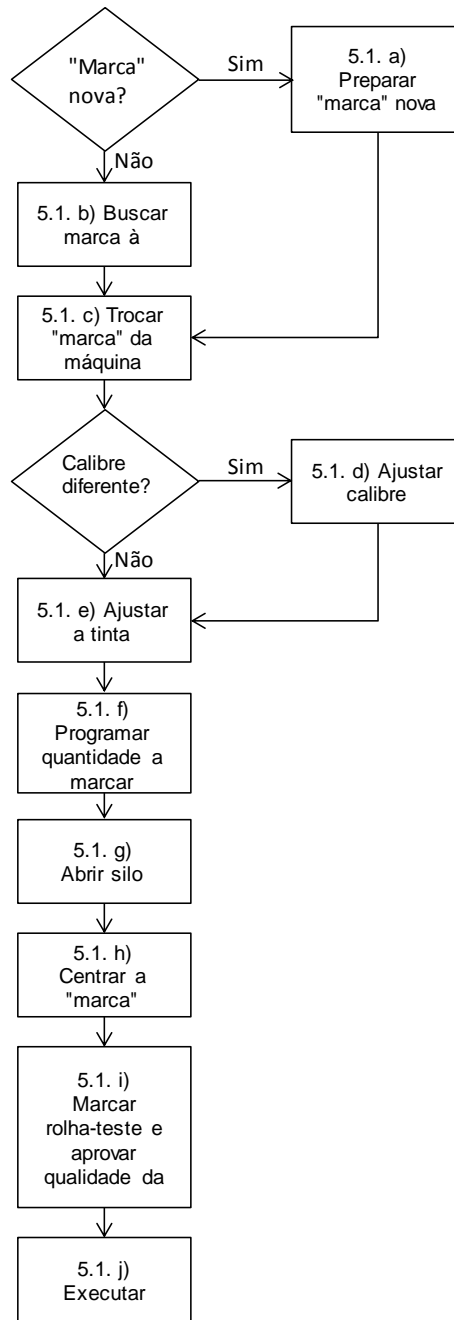


Figura 4.15 - Subatividades da atividade 5, para o *Setup* a Tinta

Além disso, constatou-se que a atividade 2 pode ser convertida em atividade externa, pela sua alocação a uma das "operadoras da Marcação". A fase 2 possibilitou concluir quais as atividades internas que podem ser convertidas em externas: 2;3; 5.1. a); 5.1. b); 5.1. c); e 5.2. a); 5.2. b); 5.2. c).

A fase que se segue é a fase 3, em que se racionalizam ambas as atividades externas e internas do *setup*. Durante o estudo da fase inicial, além de determinadas as atividades que

Caso de estudo

têm de acontecer nos *setups* de troca de “marca”, foram qualificados e quantificados desperdícios (*muda*) adicionais.

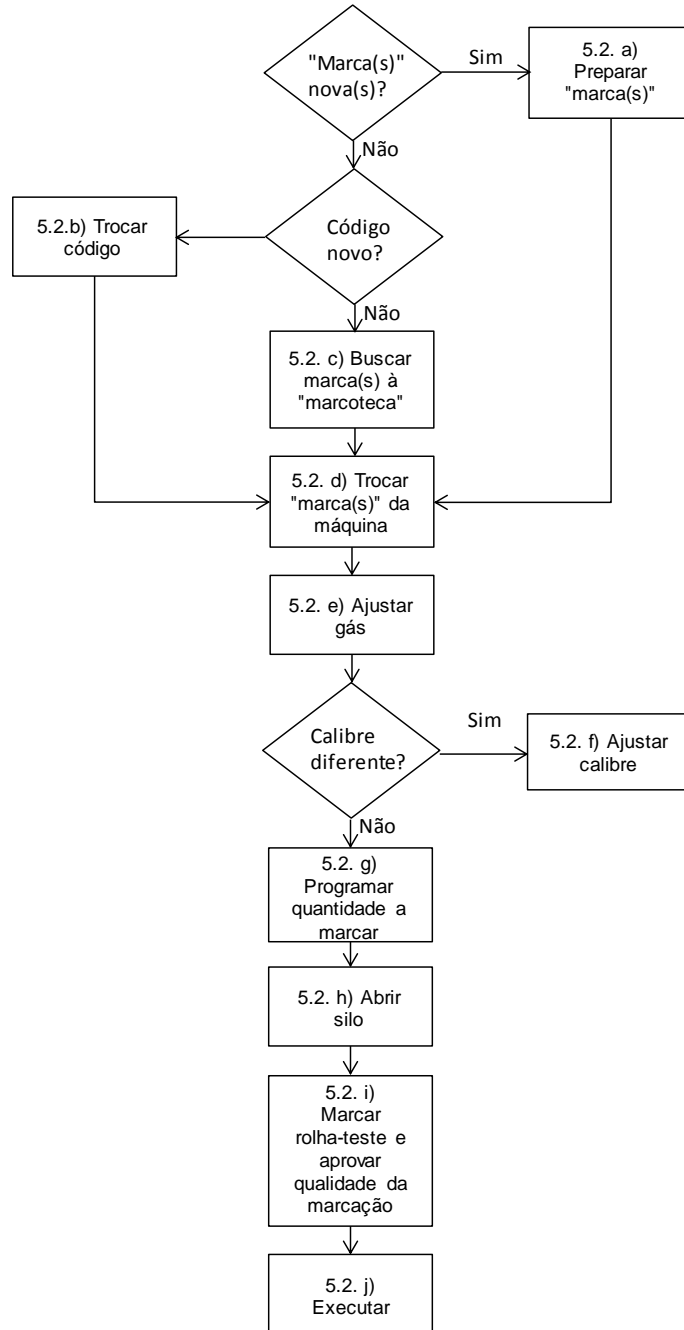


Figura 4.16 - Subatividades da atividade 5, para o Setup a Fogo Corpo e o Setup Fogo Corpo e Topos

Com recurso ao diagrama de *spaghetti*, foi identificado o desperdício de movimentação dos “afinadores”. Este desperdício ocorre principalmente devido ao esquecimento ou necessidade

de ferramentas que estão guardados no armário da Marcação ou por falta de arrumação de materiais que foram deixados junto a outras máquinas. A este desperdício foi atribuída a designação de MUDA - Movimentação.

A aplicação do diagrama de *spaghetti* está ilustrada na Figura 4.17 e na Figura 4.18. A figura 4.17 demonstra que “afinador” se deslocou a uma outra máquina para buscar ferramentas esquecidas junto da mesma, e uma vez ao armário das ferramentas buscar uma ferramenta. Na figura 4.18 estão demonstradas deslocções do afinador à máquina anterior para buscar o isqueiro e uma ferramenta, o mesmo também se deslocou à sala onde estão arrumadas “marcas” e deslocou-se ao armário das ferramentas para preparar a “marca” e para buscar um tubo da máquina F3.

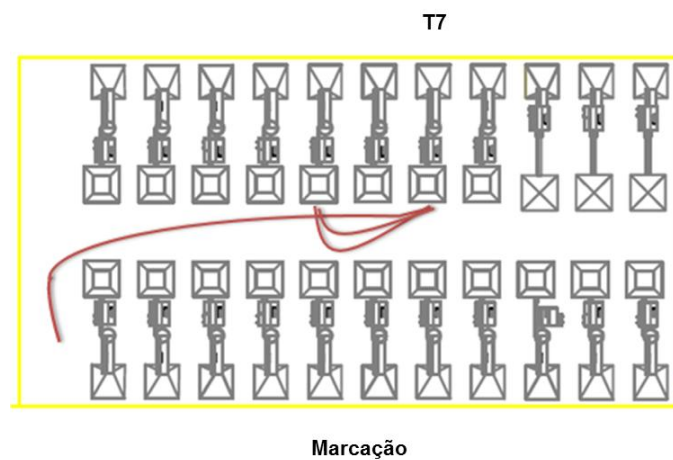


Figura 4.17 - Diagrama de spaghetti de *Setup* a Tinta, realizado na máquina T7

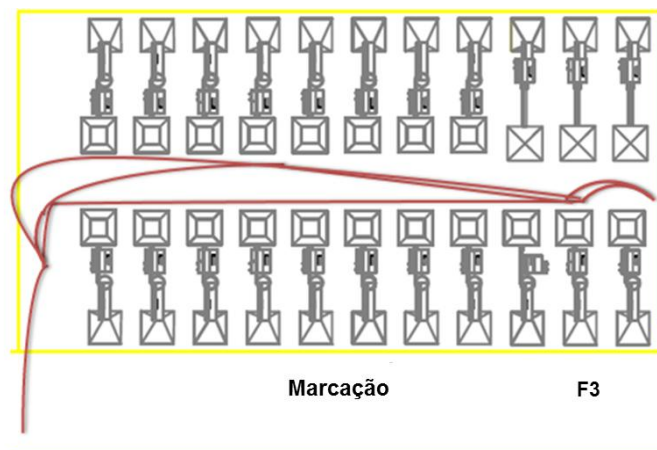


Figura 4.18 - Diagrama de *spaghetti* de um *Setup* Fogo Corpo e Topo, realizado na máquina F3

O desperdício “defeitos” foi identificado na maioria dos *setups* analisados. Este desperdício foi assim qualificado devido aos reajustes nas máquinas realizados no início da produção. Nos *setups* Fogo Corpo e Fogo Corpo e Topo foi qualificado o desperdício “espera”, devido ao

tempo ocioso dos “afinadores” enquanto as “marcas” aquecem. Por estarem relacionados com aspetos técnicos das máquinas, estes dois desperdícios foram conjugados de acordo com a denominação MUDA – Reajustes.

Foi também verificada a existência de outras atividades pontuais que não acrescentam valor à operação da Marcação, como por exemplo, tempo despendido à procura de material ou a tratar de um assunto externo ao *setup*. Estes desperdícios foram denominados MUDA – Outros.

Através de cronometragem foi possível quantificar os desperdícios encontrados para cada tipo de *setup*, bem como as atividades internas e das atividades externas, apresentadas nos gráficos da Figura 4.19 e da Figura 4.20.

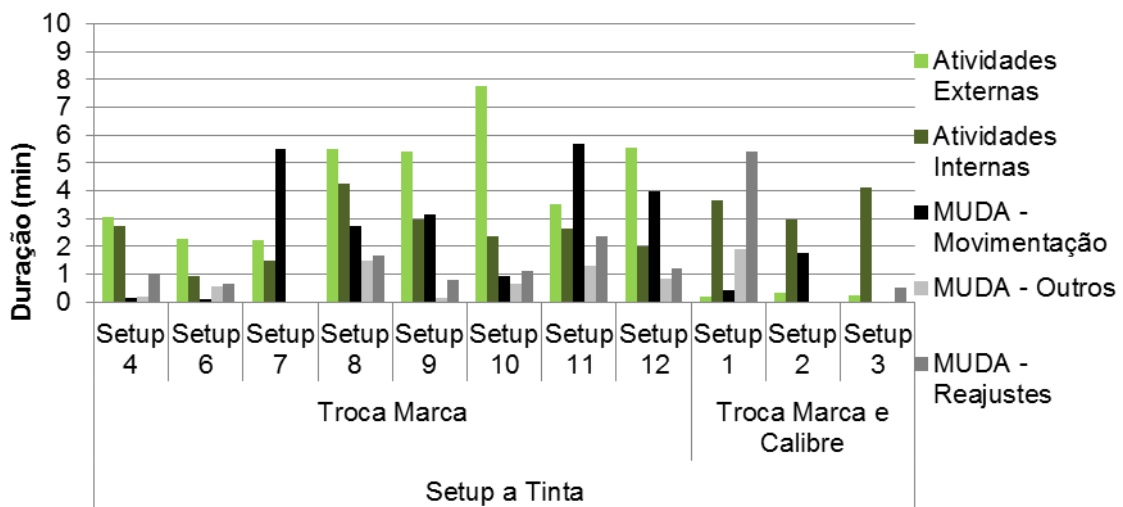


Figura 4.19 - Quantificação e qualificação das atividades nos *Setups* a Tinta

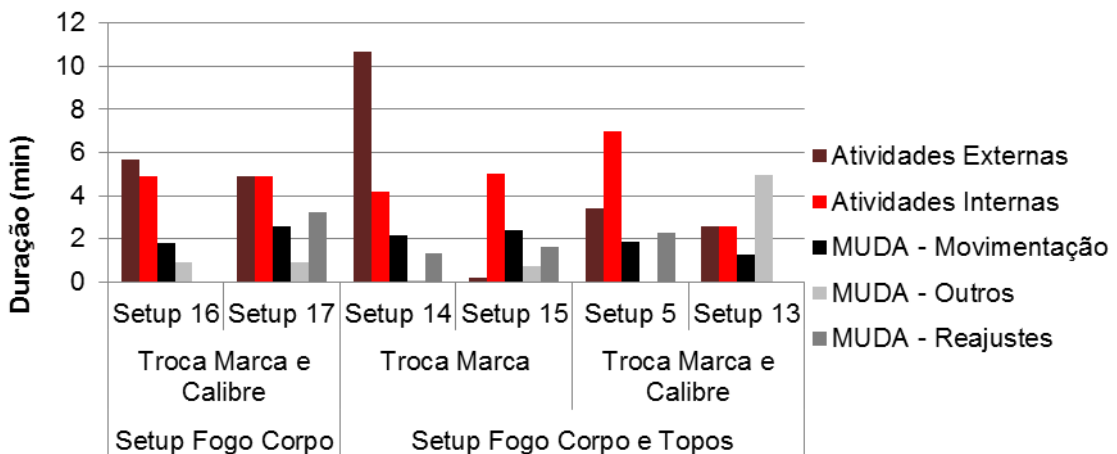


Figura 4.20 - Quantificação e qualificação das atividades nos *Setups* Fogo Corpo e Fogo Corpo e Topos

Conforme evidenciado na Figura 4.19, para Troca de Marca nos *Setups* a Tinta, a principal causa de duração do tempo de *setup* é a realização de atividades que devem ser externas,

seguida das tarefas caracterizadas como MUDA – Movimentação. Para a Troca de Marca e Calibre verificou-se que as atividades internas são as mais morosas, seguidas do MUDA - Reajustes.

Pela análise da Figura 4.20, verificou-se que para os *Setups* Fogo Corpo e para os *Setups* Fogo Corpo e Topos, as principais causas de duração do tempo de *setup* é o tempo despendido em atividades que podem ser externas e, nas atividades internas. Por conseguinte, devem ser tomadas medidas corretivas para converter as atividades que devem ser externas e reduzir as suas durações, reduzir as durações das atividades internas e eliminar os principais desperdícios encontrados.

4.3.2. Estudo das perdas do Embalamento

A aplicação do passo 1 do *Kobetsu Kaizen*, a seleção dos problemas, consistiu na recolha de informação para identificar as perdas das máquinas de embalar.

Constatou-se que, a única perda com registos, era a perda por avaria. Nos dois meses antecedentes ao estudo, a duração total das avarias está apresentada na Tabela 4.1. É de notar que o mês 0 corresponde ao mês em que este estudo foi iniciado. O mês 0-1 e o mês 0-2 correspondem, respetivamente, ao mês anterior e ao penúltimo mês antes de ter sido iniciado o estudo.

Tabela 4.1 - Avarias de cada máquina de embalar dos dois meses anteriores ao estudo, e respetiva produção

Mês	Avarias Máquina Automática (h:m:s)	Avarias Máquina Manual (h:m:s)	Produção Máquina Automática (milhões)	Produção Máquina Manual (milhões)	Dias úteis
Mês 0-2	15:18:00	05:30:00	21 210 000	5 800 000	22
Mês 0-1	13:12:00	03:00:00	18 240 000	5 960 000	19

Para a identificação dos restantes tipos de perda das máquinas de embalar, foi criada uma folha de registo, de preenchimento diário pelos operadores de cada máquina de embalar. Neste registo os operadores preencheram a data, as horas de início de fim de cada encomenda, as causas de paragem (exceto quando as paragens se devem aos *setups* de troca de encomenda), o qual se apresenta na Tabela 4.2. Este registo apresentava uma coluna destinada às avarias, de modo a encontrar as suas causas e incidência.

Caso de estudo

Tabela 4.2 - Folha de registo criada para o levantamento das perdas diárias das máquinas de embalar

Data	Encomenda	Início da encomenda	Fim da encomenda	Paragens por Avaria	Outras paragens (observações)
				Motivo:	
				Duração:	

Ao longo dos vários dias de registo, foi reunida a informação necessária para identificar os tipos de perda da Máquina Automática e da Máquina Manual, as quais se apresentam, respetivamente, na Tabela 4.3 e na Tabela 4.4 - Tipos de perdas identificados na Máquina Manual.

A aplicação do passo 2, descrição do problema, foi realizada com base no registo mencionado no passo anterior. Este registo possibilitou a execução dos gráficos da Figura 4.21 e Figura 4.22, que apresentam as designações das perdas e as suas durações diárias, respetivamente, para as máquinas de embalar Automática e Manual.

Tabela 4.3 - Tipos de perdas identificados na Máquina Automática

Tipo de perda	Designação	Descrição
Perda por arranque	Arranque	Procedimentos de preparação necessários para o arranque do Embalamento Automático.
Setup	Setup	Duração entre o fim de produção de uma encomenda e início da produção, com qualidade, da encomenda seguinte.
Troca de ferramentas	Filme	Procedimentos necessários à troca do filme de plástico das embalagens.
Movimentações operacionais	Limpeza	Atividades de limpeza do posto de trabalho.
Paragens programadas	KD	Reunião de <i>Kaizen</i> Diário
Avaria	Avaria	Avárias na máquina de Embalar Automática.
Erros de gestão	Falta de rolhas	Falta de rolhas que possam ser embaladas logo após o tratamento. É de referir que as rolhas tratadas com CAF somente podem ser embaladas passadas 16 horas do tratamento.
-	Outros	Outras causas de perdas identificadas apenas uma vez ou com pouca frequência durante o período de registo.

Tabela 4.4 - Tipos de perdas identificados na Máquina Manual

Tipo de perda	Designação	Descrição
Perda por arranque	Arranque	Procedimentos de preparação necessários ao arranque do Embalamento Manual.
<i>Setup</i>	<i>Setup</i>	Duração entre o fim de produção de uma encomenda e início da produção, com qualidade, da encomenda seguinte.
Movimentações operacionais	Limpeza	Atividades de limpeza do posto de trabalho.
Paragens programadas	KD	Reunião de <i>Kaizen</i> Diário.
Erros de Gestão	Empilhador	Substituição da operadora do empilhador enquanto esta abastece a Marcação com o comboio logístico.
	Preparar Caixas/Etiquetas	Montar caixas manualmente (devido à falta de automatização) da Máquina Manual. Preparar etiquetas, que estão longe da Máquina Manual.
	Automática	Substituição do operador do turno 2 da máquina de Embalar Automática, nos períodos de refeição.
	Falta de rolhas	Falta de rolhas que possam ser embaladas logo após o tratamento. É de referir que as rolhas tratadas com CAF somente podem ser embaladas passadas 16 horas do tratamento.
	Sobras	Atividades que envolvem o acondicionamento das rolhas que sobram após a conclusão de uma encomenda.
-	Outros	Outras causas de perdas identificadas apenas uma vez ou com pouca frequência durante o período de registo.

O gráfico da Figura 4.21 possibilitou hierarquizar as perdas identificadas na Máquina Automática, por duração e percentagens médias diárias. Esta hierarquização está apresentada na Tabela 4.5.

Na Máquina Automática, verificou-se através da análise da Tabela 4.5 e da Tabela 4.6, que as principais perdas foram o “*Setup*” de troca de encomenda, seguido do “Arranque” da produção e da “Falta Rolhas”. Apesar das avarias não integrarem as principais perdas, representam 9% do total das perdas.

Foram registados cerca de 10 *setups* de troca de encomenda por dia, na Máquina Automática, cada *setup* com a duração aproximada de 5 minutos; esta duração é aceitável por ser inferior a 10 minutos. Relativamente à atividade de arranque da máquina Automática, não é conhecida nenhuma justificação para a sua duração morosa. A falta de rolhas está intrinsecamente ligada ao planeamento e às restrições existentes no Processo, nomeadamente o tempo de espera até tratar rolhas marcadas a tinta e o tempo de espera até embalar rolhas tratadas com CAF.

Caso de estudo

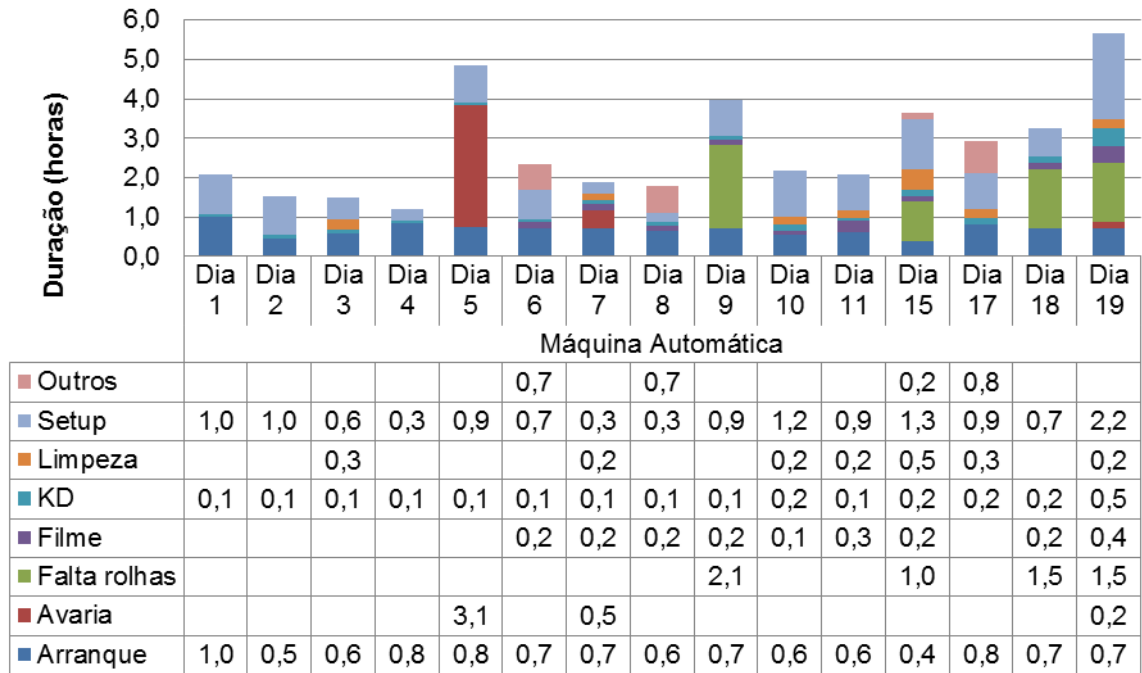


Figura 4.21 – Perdas da máquina de embalar Automática e suas durações diárias

Tabela 4.5 - Perdas diárias na Máquina Automática, suas durações e percentagens

Tipo de Perda	Arranque	Avaria	Falta rolhas	Filme	KD	Limpeza	Total
Duração média diária (h:m:s)	00:40:28	00:14:56	00:24:28	00:07:00	00:07:48	00:07:12	≈ 2:44:00
Duração média diária (%)	25%	9%	15%	4%	5%	4%	100%

Tabela 4.6 - Perdas diárias na Máquina Automática, suas durações e percentagens (continuação)

Tipo de Perda	Setup	Outros	Total
Duração média diária (h:m:s)	00:52:24	00:09:12	≈ 2:44:00
Duração média diária (%)	32%	6%	100%

O gráfico da Figura 4.22 possibilitou hierarquizar as perdas identificadas na Máquina Manual, por duração e percentagens médias diárias. Esta hierarquização está apresentada na Tabela 4.7 e na Tabela 4.8.

Caso de estudo

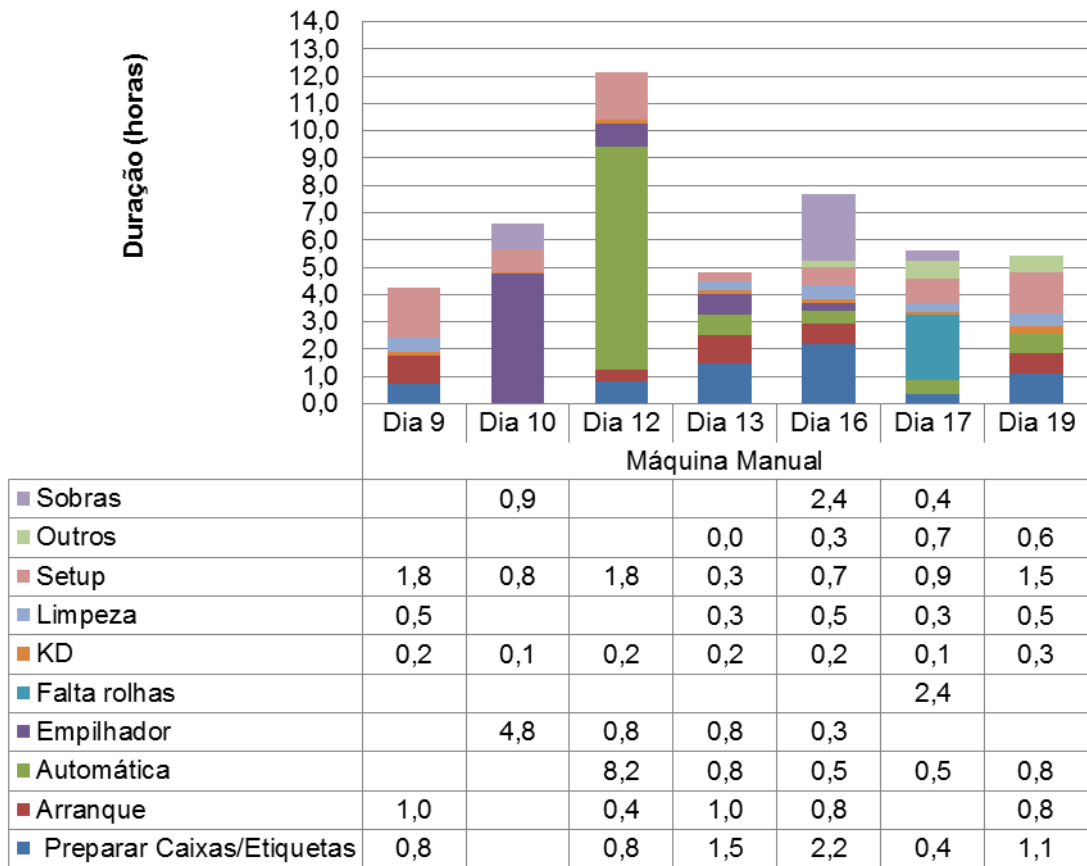


Figura 4.22 - Perdas da máquina de embalar Manual e suas durações diárias

Tabela 4.7 - Perdas diárias na Máquina Manual, suas durações e percentagens

Tipo de Perda	Preparar Caixas/Etiquetas	Arranque	Falta rolhas	KD	Sobras	Empilhador
Duração média diária	0:57:26	0:33:34	0:20:43	0:09:17	1:06:43	0:56:26
Duração média diária (%)	14	8	5	2	3	14

Tabela 4.8 - Perdas diárias na Máquina Manual, suas durações e percentagens (continuação)

Tipo de Perda	Limpeza	Setup	Outros	Automática	Total
Duração média diária (h:m:s)	0:18:34	1:06:43	0:32:09	1:31:26	07:33:00
Duração média diária (%)	5	17	8	23	100

Na Máquina Manual, as principais perdas identificadas pela análise da Tabela 4.7 e da Tabela 4.8 são a “Automática”, o “Setup” de troca de encomenda e, o “Empilhador” e “Preparar Caixas/Etiquetas”. Constatou-se também que durante os dias úteis do registo não houve incidência de avarias na Máquina Manual.

Ao longo da análise do registo das perdas, tornou-se notória a longa duração do “Arranque” da produção do Embalamento Automático. Por conseguinte, foi necessário compreender se esta duração era justificada ou se carecia de melhorias. O processo intrínseco ao “Arranque” é então o principal problema a ser analisado, seguido do problema “Avarias”.

A média diária de *setups* no Embalamento Manual é igual a quatro, sendo que a cada um corresponde a duração aproximada de 20 minutos. Por conseguinte, o impacto de cada *setup* é considerado significativo. Após análise das perdas do Embalamento Manual foi notória a necessidade de automação do enchimento das embalagens e do fecho das caixas, pelo facto de eliminar 14% das perdas de produção diárias correspondente à atividade “Preparar Caixas/Etiquetas” e, que se traduz no decréscimo de, aproximadamente, 57 minutos no tempo de valor não acrescentado.

O objetivo do uso do *Kobetsu Kaizen*, neste caso específico, consistiu na rápida atuação para a obtenção de resultados a curto prazo. Por conseguinte, foi apenas continuada a aplicação desta metodologia para o Embalamento Automático.

A análise ao problema do “Arranque” foi realizada por observação e filmagem do arranque de produção. Concluiu-se que o arranque da produção engloba as seguintes actividades:

- Verificação dos padrões no detetor de metais;
- Definição do produto a embalar;
- Transporte de contentores para junto da máquina de embalar;
- Programação da contadora;
- Limpezas;
- Ajuste da altura do apoio de sacos;
- Preenchimento do registo de produção/checklists (verificar nº dos impressos)

Uma vez que o Embalamento Automático é composto por dois operadores, a “operadora da Escolha e o “operador da Máquina Automática”, tornou-se necessário compreender qual o papel de cada um na atividade de “Arranque” e, posteriormente, identificar os desperdícios existentes na mesma. Por conseguinte, foram estudadas as atividades realizadas por cada operador no arranque da produção, durante vários dias.

Através de observação e análise detalhada de vários arranques da produção verificou-se que o “operador da Máquina Automática” realiza um maior número de tarefas comparativamente à

“operadora da Escolha”, apesar de serem tarefas de duração inferior. Conclui-se que, no que diz respeito à organização e repartição das tarefas, existem vários pontos a melhorar. É de notar que, apesar de não terem sido registadas as movimentações de cada operador, existe claramente desperdício de movimentação decorrente da má divisão de tarefas, que sobrecarrega o operador da Máquina Automática. Atendendo às várias tarefas em particular, existem atividades que podem ser melhoradas e atividades que podem ser adiadas para os momentos imediatos ao arranque da produção.

Para uma maior compreensão dos problemas no “Arranque” a sua descrição foi realizada com base na análise 5W2H, a qual se apresenta na Tabela 4.9.

Tabela 4.9 - Análise 5H2W para o problema “Arranque”, do Embalamento Automático

O quê?	Duração do arranque morosa.
Quando?	No arranque da produção.
Onde?	Na máquina de embalar automática
Quem?	Com os operadores do turno das 8h às 16h.
Qual?	Em qualquer que seja a encomenda.
Como?	Através do registo criado. Não havia registo precedente ao estudo.
Quanto?	Diariamente, após o registo criado.

Atendendo ao problema “Avarias”, a folha de registo criada para o levantamento das perdas, permitiu verificar quais os tipos de avarias existentes. As avarias registadas foram detetadas nas soldas e na electroválvula.

Embora não ocorram avarias diariamente, representam 9% das perdas de produção diárias e o seu impacto é equivalente a 14:56 minutos/dia. Constata-se também que, apesar da eletroválvula ter avariado uma única vez durante o registo, resultou em 7% dos 9%, ou seja, na perda diária de 12:20 minutos de produção. Não obstante desta avaria em termos de impacto, é também importante atuar nas avarias das soldas para diminuir a sua frequência de ocorrência; esta frequência foi igual a 3 num período de 15 dias úteis.

Relativamente às avarias procedeu-se à mesma análise para a descrição do problema, a qual se apresenta na Tabela 4.10.

Tabela 4.10 - Análise 5H2W para o problema “Avarias”, do Embalamento Automático

O quê?	A máquina de embalar automática avaria.
Quando?	No dois turnos.
Onde?	Na soldas e na electroválvula da solda horizontal.
Quem?	Em qualquer turno.
Qual?	Em qualquer que seja a encomenda.
Como?	Detecção visual. Através do registo criado. Não havia registo precedente ao estudo.
Quanto?	Através do registo criado.

Caso de estudo

O passo 3 da aplicação do *Kobetsu Kaizen*, a definição do objetivo a alcançar, consistiu em estabelecer a diminuição do tempo de valor não acrescentado resultante da perda “Arranque”, em 50% e, a redução da incidência de “Avarias” nas soldas e na electroválvula das soldas em 70%.

O passo 4, a análise das causas do problema do “Arranque” e do problema “Avarias”, foi executado com recurso aos diagramas de *Ishikawa* apresentados na Figura 4.23 e Figura 4.24.

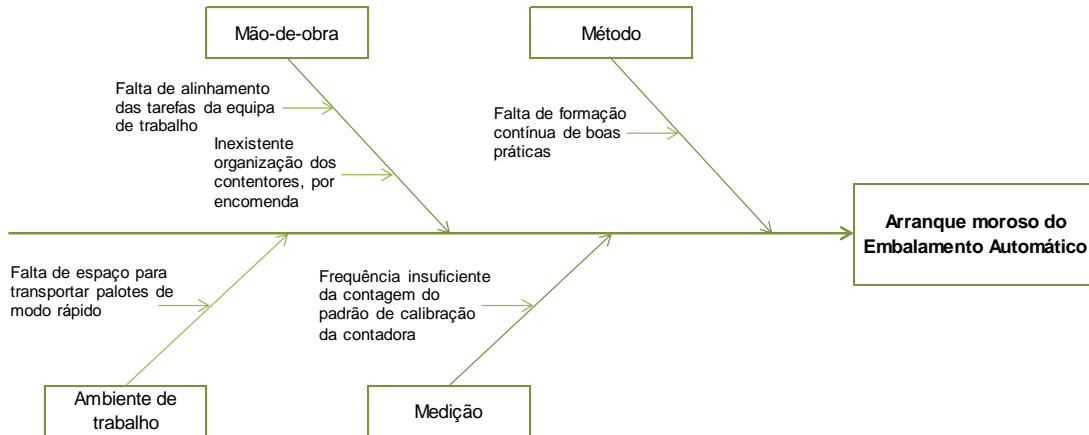


Figura 4.23 - Diagrama de *Ishikawa* de problema “Arranque”, do Embalamento Automático

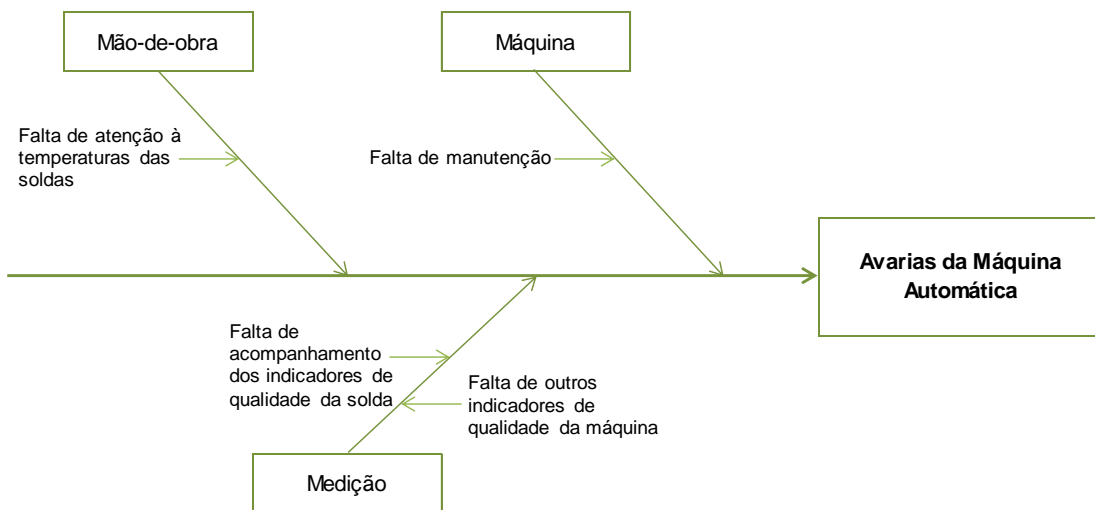


Figura 4.24 - Diagrama de *Ishikawa* de problema “Avarias”, do Embalamento Automático

Os seguintes passos do *Kobetsu Kaizen* estão apresentados no capítulo 4.9. (Propostas de melhoria, implementação e discussão dos Resultados).

4.3.3. Avaliação da Movimentação Manual de Cargas do Embalamento Manual

A aplicação do Guia de *Mital, Nicholson & Ayoub* (Mital et al., 1997) no Embalamento Manual inicia-se com o estudo e descrição da tarefa de paletização.

São embaladas, por turno, em média 6 paletes. Cada palete é composta por 12 caixas empilhadas em 3 camadas, cada camada é formada por 4 caixas. Por baixo das caixas encontra-se uma paleta de madeira de 13 cm de altura. Todas as caixas possuem reentrâncias onde os operadores inserem a mão para agarrar a caixa. Cada caixa pesa em média 37,5 kg, tem 66,5 cm de altura, 50 cm de largura e 60,5 cm de profundidade. Na Figura 4.25 é apresentada a disposição das caixas antes e depois da paletização, as dimensões das caixas e da paleta de madeira.

Cada turno de trabalho tem a duração de 8h, em que 45 minutos são destinados a refeições e outras pausas. Conclui-se que a duração efetiva de cada turno é de 7,15 horas, a que corresponde uma frequência de manipulação de 0,17 vezes/minuto.

Uma análise mais detalhada da tarefa de paletização possibilitou determinar todas as tarefas de manipulação envolvidas na formação de uma paleta. Na Tabela 4.11 são apresentadas as 3 tarefas de manipulação identificadas, as quais estão ilustradas na Figura 4.26, Figura 4.27 e Figura 4.28.

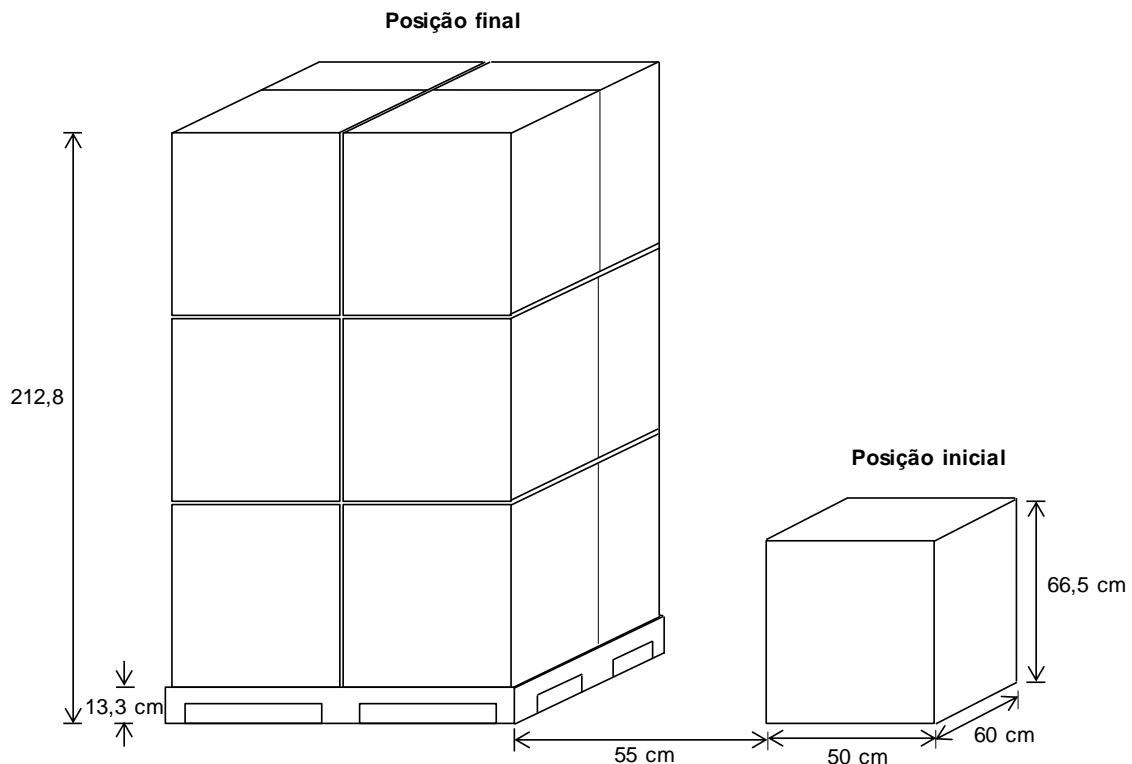


Figura 4.25 - Disposição e dimensões das caixas e da paleta de madeira, na tarefa de paletização do Embalamento Manual

Caso de estudo

Tabela 4.11 – Atividades de manipulação de caixas no Embalamento Manual, para a formação de uma paleta de caixas

Nº atividade	Tipo de manipulação	Descrição	Nº operadores
1	Elevar	Agarrar e elevar a caixa para formar a 1ª camada	1
2	Elevar	Agarrar e elevar a caixa para formar a 2ª camada	1
3	Elevar	Agarrar e elevar a caixa para formar a 3ª camada	2



Figura 4.26 – Atividade nº1 da paletização do Embalamento Manual



Figura 4.27 - Atividade nº2 da paletização do Embalamento Manual



Figura 4.28 - Atividade nº3 da paletização do Embalamento Manual

Caso de estudo

Foi selecionado o percentil 75% para a avaliação do posto de trabalho de modo que a sua projeção seja aceitável para 75% da população masculina. Este percentil foi escolhido porque era o percentil mais utilizado na literatura e para que os resultados obtidos possam ser comparados aos da literatura. Por vezes existe rotatividade de operadores, nos diferentes processos da EQD, com características muito variadas. Como tal verificou-se que a escolha feita foi a mais adequada a esta situação.

O cálculo da cadência atual requer, para cada atividade, os valores do peso real da carga, da amplitude vertical percorrida pela carga (caixa) durante as elevações/descidas e, a frequência total das movimentações.

O cálculo da cadência recomendada requer o cálculo do peso recomendado, o valor da amplitude vertical percorrida pela carga (caixa) durante as elevações/descidas e, a frequência total das movimentações. Para o cálculo da cadência atual e da cadência recomendada foram recolhidos os *inputs* apresentados na Tabela 4.12. O cálculo da cadência recomendada requer também a seleção dos valores dos multiplicadores que se encontram na Tabela 4.13 e, que refletem a tarefa de paletização e o ambiente de trabalho.

Tabela 4.12 – *Inputs* recolhidos para a aplicação do Guia de *Mital, Nicholson & Ayoub* no Embalamento Manual

Nº atividade	<i>Inputs</i> recolhidos
1	<ul style="list-style-type: none">- Frequência das manipulações = 0,17 vezes/minuto;- Distância vertical percorrida pela carga = 13 cm;- Amplitude da elevação = do solo até 80 cm;- Dimensão da carga = 60 cm;- Sexo dos trabalhadores = masculino;- Tarefa realizada por uma pessoa.
2	<ul style="list-style-type: none">- Frequência das manipulações = 0,17 vezes/minuto;- Distância vertical percorrida pela carga = 80 cm;- Amplitude da elevação = entre 0 e 132 cm;- Dimensão da carga = 60 cm;- Sexo dos trabalhadores = masculino;- Tarefa realizada por uma pessoa.
3	<ul style="list-style-type: none">- Frequência das manipulações = 0,17 vezes/minuto;- Distância vertical percorrida pela carga = 94 cm;- Amplitude da elevação = entre 0 e 183 cm;- Dimensão da carga = 60 cm;- Sexo dos trabalhadores = masculino;- Tarefa realizada por duas pessoas.

Caso de estudo

Tabela 4.13 – Atribuição de valores aos multiplicadores do Guia de *Mital, Nicholson & Ayoub*, para o Embalamento Manual

Multiplicador	Foi verificado que:	Valor atribuído
Multiplicador de duração da tarefa	✓ duração de cada turno é de 8 horas	1
Multiplicador para limitações de postura em pé	✓ não existem limitadores à postura de pé	1
Multiplicador para elevações assimétricas	✓ ângulo de rotação da carga é praticamente nulo	1
Multiplicador para assimetria da carga	✓	1
Multiplicador para a qualidade da pega	✓ atividades nº1 e nº2: as pegadas (reentrâncias) são boas e confortáveis	1
	✓	0,870
Multiplicador para o espaço disponível para colocação da carga	✓ existe espaço disponível para a colocação da carga	1
Multiplicador para o stress térmico	✓ temperatura média é inferior a 27° C (medida com recurso ao termohigrómetro existente)	1

Seguidamente, são justificados, para cada atividade de manipulação, os cálculos do peso recomendado, da cadência atual e da cadência recomendada, assim como o risco de desenvolvimento de lombalgias, risco potencial R:

- **Atividade nº1: Elevar (1ª camada)**

O peso recomendado foi calculado com base no quadro destinado à tarefa de elevação com duas mãos, para o sexo masculino, para uma altura compreendida entre 0 e 80 cm, e para o percentil 75%. Uma vez que a dimensão da carga é de 60 cm e a frequência de manipulações é de 0,17vezes/min, foi necessário efetuar a interpolação do peso recomendado entre as frequências de 1/5min e 1/30min; de seguida procedeu-se à interpolação entre as dimensões de 49 e os 75 cm e a dimensão real da carga.

- **Atividade nº2 Elevar (2ª camada)**

Foi calculado o peso recomendado para esta tarefa com recurso ao quadro destinado à tarefa de elevação com duas mãos, para o sexo masculino, para uma altura compreendida entre 0 cm e 183 cm, e para o percentil 75%. Foi necessário efetuar a interpolação do peso recomendado entre as frequências de 1/5min e 1/30min; de seguida procedeu-se à interpolação entre as dimensões de 49 e os 75 cm e a dimensão real da carga.

- **Atividade nº3: Elevar (3ª camada)**

Esta tarefa é realizada por dois operadores, o operador do Embalamento Manual e o operador do Embalamento Automático. Esta manipulação não é, à partida, adequada para um só operador. Este facto deve-se ao peso de cada caixa e também à altura a que tem de ser elevada (acima da altura dos ombros), para a formação da 3ª camada. Uma vez que os operadores não agarram nas pegadas existentes nas caixas, foi considerado que para esta atividade não existem pegadas e foi atribuído o valor de 0,87 à qualidade das pegadas. Para o cálculo do peso recomendado foi utilizado o quadro destinado à tarefa de elevação com duas mãos, para o sexo masculino, para uma altura compreendida entre 0 cm e 183 cm, e para o percentil 75%. Uma vez que a amplitude de elevação da tarefa 3 corresponde à amplitude de elevação da atividade 2, as interpolações são as mesmas, bem como o peso recomendado de 19,38 kg. Uma vez calculado o peso recomendado, foi necessário multiplicar o resultado por dois, pois esta manipulação é realizada por dois operadores.

Os cálculos das cadências e do risco potencial R das três atividades de MMC são apresentados na Tabela 4.14. Relativamente ao risco potencial R calculado para as três atividades na tabela anterior, foi verificado que, pelos resultados superiores à unidade, todas as atividades de MMC apresentam nomeadamente risco de desenvolvimento de lombalgias para os “operadores do Embalamento Manual”. Além disso, os operadores que movimentam as caixas em conjunto na tarefa 3 não têm estatura semelhante, o que constitui uma situação indesejada. Concluiu-se que o posto de trabalho deve ser redimensionado.

Tabela 4.14 – Cálculo da cadência atual, da cadência recomendada e do risco R, para as tarefas de paletização do Embalamento Manual

Nº Atividade	Cadência atual (kg-m/min)	Cadência recomendada (kg-m/min)	R = cadência atual/cadência recomendada
1	- Peso real da caixa x distância de elevação x frequência = 37 x 0,13 x 0,17 = 0,82	- Peso recomendado x distância de elevação x frequência x multiplicadores = 22,38 x 0,13 x 0,17 x 1 = 0,49	= 0,82/0,49 = 1,67 > 1
2	- Peso real da caixa x distância de elevação x frequência = 37 x 0,80 x 0,17 = 5,03	- Peso recomendado x distância de elevação x frequência x multiplicadores = 19,38 x 0,8 x 0,17 x 1 = 2,63	= 5,03/2,63 = 1,91 > 1
3	- Peso real da caixa x distância de elevação x frequência = 37 x 0,94 x 0,17 = 5,91	- Peso recomendado x distância de elevação x frequência x multiplicador da pega x restantes multiplicadores = 38,76 x 0,94 x 0,17 x 0,87 x 1 = 5,39	= 5,91/5,39 = 1,10 < 1

4.3.4. Avaliação da Movimentação Manual de Cargas do Embalamento Automático

A aplicação do Guia de *Mital, Nicholson & Ayoub* (Mital et al., 1997) no Embalamento Automático inicia-se com o estudo e descrição da tarefa de paletização.

São embaladas, por turno, em média 16 paletes. Cada palete é composta por 12 caixas empilhadas em 3 camadas, sendo cada camada formada por 4 caixas. Cada turno de trabalho tem a duração de 8h, em que 45 minutos são destinados a refeições e outras pausas. Concluiu-se que a duração efetiva de cada turno é de 7,15 horas, a que corresponde uma frequência de manipulação de 0,44 vezes/minuto.

Todas as caixas possuem reentrâncias onde os operadores inserem a mão para agarrar a caixa. Cada caixa pesa, em média 37 kg, tem 66,5 cm de altura, 50 cm de largura e 60,5 cm de profundidade. Cada caixa está inicialmente posicionada sobre um tapete rolante de 50 cm de altura a partir do solo.

Uma análise mais detalhada da tarefa de paletização possibilitou determinar todas as atividades de movimentação envolvidas na formação de cada palete. Na Figura 4.29 está apresentada a disposição das caixas. É de realçar que não foi observada rotação do tronco durante as movimentações. Na Tabela 4.15 são apresentadas as 3 tarefas de manipulação identificadas.

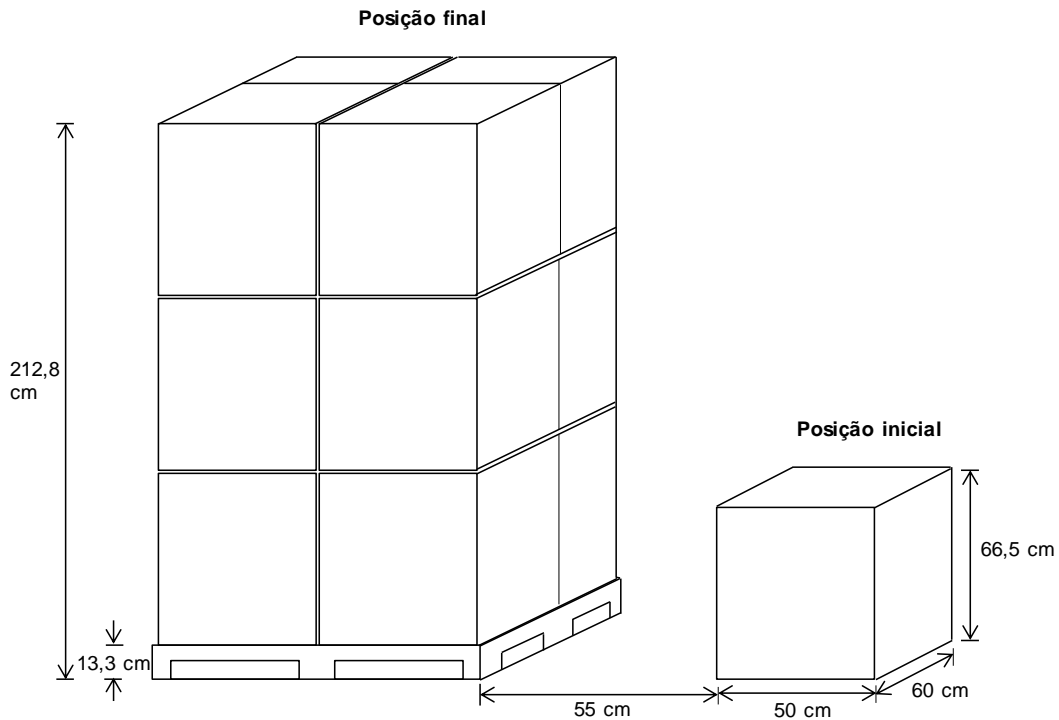


Figura 4.29 - Disposição e dimensões das caixas e da paleta de madeira, na tarefa de paletização do Embalamento Automático

Tabela 4.15 - Atividades de manipulação de caixas no Embalamento Automático, para a formação de uma palete

Nº atividade	Tipo de manipulação	Descrição	Nº operadores
1	Baixar	Agarrar e descer a caixa para formar a 1ª camada	1
2	Elevar	Agarrar e elevar a caixa para formar a 2ª camada	1
3	Baixar	Agarrar e descer a caixa para formar a 3ª camada	1

Na Figura 4.30 está ilustrado um operador da Máquina Automática a agarrar uma caixa para posterior manipulação. Foi selecionado o percentil 75% para a avaliação do posto de trabalho para que a sua projeção seja aceitável para 75% da população masculina.



Figura 4.30 - “Operador da Máquina Automática” a agarrar numa caixa com roldas

O cálculo da cadência atual requer para cada atividade, os valores do peso real da carga, da amplitude vertical percorrida pela carga (caixa) durante as elevações/descidas e, a frequência total das movimentações.

O cálculo da cadência recomendada requer o cálculo do peso recomendado, o valor da amplitude vertical percorrida pela carga (caixa) durante as elevações/descidas e, a frequência total das movimentações. Para o cálculo da cadência atual e da cadência recomendada foram recolhidos os *inputs* apresentados na Tabela 4.16. O cálculo da cadência recomendada requer também a seleção dos valores dos multiplicadores que se encontram na Tabela 4.17 e, que refletem a tarefa de paletização e o ambiente de trabalho. Seguidamente, são explicados os cálculos do peso recomendado, para cada atividade de MMC:

- **Atividade nº1: Baixar (1º camada)**

O recomendado foi calculado com base no quadro destinado à tarefa de elevação com duas mãos, para o sexo masculino, para uma altura compreendida entre o solo e 132 cm, e para o percentil 75%. Uma vez que a dimensão da carga é de 60 cm e a frequência de manipulações é de 0,44 vezes/min, foi necessário efetuar uma

interpolação do peso recomendado entre as frequências de 1/min e 1/5min; de seguida procedeu-se à interpolação entre as dimensões de 49 e os 75 cm e a dimensão real da carga.

- **Atividade nº2: Elevar (2ª camada, com o elevador na mesma posição)**

O cálculo do peso recomendado para a atividade nº2 foi calculado com base no quadro destinado à tarefa de elevação com duas mãos, para o sexo masculino, para uma altura compreendida entre 80 e 132 cm, e para o percentil 75%. Uma vez que a dimensão da carga é de 60 cm e a frequência de manipulações é de 0,44 vezes/min, foi necessário efetuar uma interpolação do peso recomendado entre as frequências de 1/5min e 1/30min; de seguida procedeu-se à interpolação entre as dimensões de 49 e os 75 cm e a dimensão real da carga.

- **Atividade nº3: Baixar (3ª camada, com o elevador totalmente descido)**

Uma vez que, a amplitude vertical desta descida corresponde ao mesmo intervalo de descida da atividade nº2, o peso recomendado para esta tarefa é o mesmo.

Os cálculos da cadência atual, da cadência recomendada e do risco potencial R das três tarefas de MMC são apresentados na Tabela 4.18. Os valores do risco potencial R calculados para as três atividades, na tabela anterior, são todos superiores à unidade. Concluiu-se que todas as atividades de movimentação manual de caixas apresentam risco de desenvolvimento lombalgia para os “operadores do Embalamento Automático”. Conclui-se que o posto de trabalho deve ser redimensionado.

Tabela 4.16 - *Inputs* recolhidos para a aplicação do Guia de *Mital, Nicholson & Ayoub* no Embalamento Automático

Nº Atividade	<i>Inputs</i> recolhidos
1	- Frequência das manipulações = 0,44 vezes/minuto; - Distância vertical percorrida pela carga = 37 cm; - Amplitude do abaixamento = do solo até 132 cm; - Dimensão da carga = 60 cm; - Sexo dos trabalhadores = masculino; - Tarefa realizada por uma pessoa.
2	- Frequência das manipulações = 0,44 vezes/minuto; - Distância vertical percorrida pela carga = 4 cm; - Amplitude da elevação = entre 80 e 132 cm; - Dimensão da carga = 60 cm; - Sexo dos trabalhadores = masculino; - Tarefa realizada por uma pessoa.
3	- Frequência das manipulações = 0,44 vezes/minuto; - Distância vertical percorrida pela carga = 13 cm; - Amplitude do abaixamento = entre 80 e 132 cm; - Dimensão da carga = 60 cm; - Sexo dos trabalhadores = masculino; - Tarefa realizada por duas pessoas.

Caso de estudo

Tabela 4.17 - Atribuição de valores aos multiplicadores do Guia de *Mital, Nicholson & Ayoub*, para o Embalamento Automático

Multiplicador	Foi verificado que:	Valor atribuído
Multiplicador de duração da tarefa	✓ duração de cada turno é de 8 horas	A 1
Multiplicador para limitações de postura em pé	✓ existem limitadores à postura de pé	Não 1
Multiplicador para elevações assimétricas	✓ ângulo de rotação da carga está compreendido entre 0 e 30°.	O 1
Multiplicador para assimetria	✓	A 1
Multiplicador para a qualidade da pega	✓ pegas (reentrâncias) são boas e confortáveis	As 1
Multiplicador para o espaço disponível para colocação da carga	✓ espaço disponível para a colocação da carga	Existe 1
Multiplicador para o <i>stress</i> térmico	✓ temperatura média é inferior a 27° C (medida com recurso ao termohigrómetro existente na EQD)	A 1

Tabela 4.18 - Cálculo da cadência atual, da cadência recomendada e do risco potencial R, para as tarefas de paletização do Embalamento Automático

Nº atividade	Cadência atual (kg-m/min)	Cadência recomendada (kg-m/min)	R = cadência atual/cadência recomendada
1	- Peso real da caixa x distância de elevação x frequência = 37 x 0,37 x 0,44 = 6,02	- Peso recomendado x distância de elevação x frequência x multiplicadores = 20,93 x 0,37 x 0,44 x 1 = 3,41	= 6,02/3,41 = 1,77 > 1
2	- Peso real da caixa x distância de elevação x frequência = 37 x 0,30 x 0,44 = 4,88	- Peso recomendado x distância de elevação x frequência x multiplicadores = 19,10 x 0,30 x 0,44 x 1 = 2,52	= 4,88/2,52 = 1,94 > 1
3	- Peso real da caixa x distância de elevação x frequência = 37 x 0,13 x 0,44 = 2,12	- Peso recomendado x distância de elevação x frequência x multiplicadores = 19,10 x 0,13 x 0,44 x 1 = 1,09	= 2,12/1,09 = 1,94 > 1

4.3.5. Avaliação do posto de trabalho “Escolha”, do Embalamento Automático

Para avaliar do posto de trabalho “Escolha”, foi elaborada uma *Checklist* para a avaliação da postura sentada, do assento e da bancada de trabalho. Como referido na secção 4.3.5, a *Checklist* elaborada através de directrizes de Dul & Weerdmeester (2012) e Nunes (2006).

A *Checklist* e as respostas à avaliação rápida do posto de trabalho “Escolha” apresentam-se na Tabela 4.19. As perguntas de resposta “Sim” têm conotação negativa e as perguntas de resposta “Não” têm conotação positiva.

Tabela 4.19 – Respostas à *Checklist* rápida para avaliação do posto de trabalho sentado “Escolha”

A) Avaliação postural	Sim	Não
1. Verifica-se a flexão do tronco?	X	
2. Verifica-se a flexão do pescoço/cabeça?	X	
3. Verifica-se a rotação do pescoço/cabeça?	X	
4. Verifica-se a elevação dos ombros?		X
5. Verifica-se a flexão dos ombros?	X	
6. Verifica-se que existe abdução dos ombros?	X	
7. Verifica-se que o ângulo do cotovelo não está compreendido entre 90° e 100°?	X	
8. Verifica-se que a zona lombar não está apoiada?		X
9. Verifica-se que o ângulo entre as coxas e as pernas não é aproximadamente 90°?	X	
10. Verifica-se esmagamento da parte superior das coxas contra a parte inferior da bancada de trabalho?	X	
11. Verifica-se que os pés não estão bem apoiados no chão ou nos apoios existentes?	X	
B) CADEIRA		
12. Verifica-se a cadeira não é estável?		X
13. Verifica-se que os mecanismos de ajuste da cadeira não são fáceis de usar?	X	
14. Verifica-se que a altura do assento não acomoda a altura poplíteia (medida desde o solo até à parte inferior das coxas) das operadoras?		X
15. Verifica-se que o encosto tem não curvatura para acomodar as costas?		X
16. Verifica-se que o assento não é almofadado?		X
17. Verifica-se que as arestas do assento são vivas?		X
C) BANCADA DE TRABALHO		
18. Verifica-se que a largura da bancada não é compatível com o alcance dos braços?	X	
19. Verifica-se que as arestas da bancada são vivas?		X
20. Verifica-se que a velocidade de trabalho não é compatível com a velocidade do tapete rolante?	X	

Pela análise da tabela anterior é possível verificar que a maior parte das respostas da *Checklist* são positivas, isto é, a avaliação realizada às posturas das “operadoras da Escolha” permitiu identificar a presença de numerosas inadequações deste posto de trabalho às operadoras da “Escolha”.

Segue-se a ilustração das posturas inadequadas identificadas no posto de trabalho sentado “Escolha”.

Caso de estudo

A zona assinalada na Figura 4.31 demonstra a existência de flexão do tronco e o ângulo do cotovelo superior a 90°.



Figura 4.31 - Flexão do tronco e ângulo do cotovelo inadequado

As zonas assinaladas na Figura 4.32 demonstram a flexão do pescoço/cabeça de uma das “operadoras da Escolha”.



Figura 4.32 – Flexão do pescoço/cabeça

Caso de estudo

Na Figura 4.33 as zonas assinaladas demonstram a existência de rotação do pescoço/cabeça, o afastamento dos braços da “operadora da Escolha” em relação ao corpo e a inexistência de espaço para acomodar a parte superior das coxas.



Figura 4.33 – Rotação do pescoço/cabeça, flexão e abdução dos ombros e, esmagamento da parte superior das coxas

A Figura 4.34 ilustra a falta de adequação dos apoios de pés existentes e o ângulo incorreto entre as coxas e as pernas das “operadoras da Escolha”.



Figura 4.34 – Pés inadequadamente apoiados nos apoios existentes e ângulo entre as coxas e as pernas inadequado

Em suma, concluiu-se que o posto de trabalho deve ser reajustado, para que não se verifiquem posturas de trabalho incorretas do ponto de vista ergonômico.

4.3.6. Avaliação da Movimentação Manual de Cargas de todo o Fluxo Produtivo

A aplicação do Guia de *Mital, Nicholson & Ayoub* (Mital et al., 1997) em todo o Fluxo Produtivo foi iniciada com o estudo e descrição da atividade Empurrar.

Como as queixas acerca da exigência física da movimentação manual de contentores surgiram de todas as “operadoras da Marcação”, esta avaliação vai incidir sobre a movimentação de contentores entre a zona de Marcação e o *buffer* Marcação-Tratamento. No entanto, a potencial implementação de medidas corretivas também irá influenciar os restantes operadores do todo o fluxo produtivo.

Por turno são movimentados em média 124 contentores. Cada turno de trabalho tem a duração de 8h, em que 45 minutos são destinados a refeições e outras pausas. O turno 2 dispõe de três “operadoras da Marcação” que são quem movimentam os contentores a maior parte das vezes necessárias. O turno 3 dispõe de uma operadora da Marcação e do “afinador” para a movimentação dos contentores. Por conseguinte, a frequência de movimentação de contentores é igual a 0,05 vezes/minuto, no turno 2, e igual a 0,07 vezes/minuto no turno 3.

Nenhum dos contentores possui pegas. Para movimentar os contentores, cada operador coloca ambas as mãos na extremidade superior de cada contentor, situada a 109 cm do solo. A distância média percorrida durante a movimentação dos contentores é igual a 15 metros.

Para o cálculo da cadência atual e da cadência recomendada foram identificados os *inputs* se apresentam na Tabela 4.20.

Tabela 4.20 - *Inputs* para a aplicação do Guia de *Mital, Nicholson & Ayoub* no Fluxo Produtivo

Tipo de tarefa	<i>Inputs</i> recolhidos
Empurrar	<ul style="list-style-type: none"> - Frequência das movimentações do turno 2 = 0,05 vezes/minuto - Frequência das movimentações do turno 3 = 0,07 vezes/minuto - Altura das pegas = 109 cm; - Distância a percorrer = 15 metros; - Sexo dos trabalhadores = feminino; - Manipulação realizada com duas mãos.

Foi selecionado o percentil 75% para a avaliação do posto de trabalho de modo que a sua projeção seja aceitável para 75% da população feminina.

Foi admitido que se podem utilizar os valores das tabelas, uma vez que a distância média percorrida ao empurrar os contentores é de 15 metros.

O cálculo das cadências iniciais recomendadas no início do movimento e das cadências recomendadas de manutenção do movimento requer os valores das forças atuais e as forças recomendadas para os dois tipos de movimentação.

Caso de estudo

Para calcular as forças recomendadas foram utilizadas, respectivamente, a tabela com as forças iniciais recomendadas (kg) para trabalhadores homens e mulheres em tarefas de Empurrar com as duas mãos, para distâncias iguais a 15,2 m e, a tabela com as forças de manutenção recomendadas (kg) para trabalhadores homens (mulheres) em tarefas de Empurrar com as duas mãos, para distâncias iguais a 15,2 m. Foi necessário efetuar interpolações das forças recomendadas para mulheres, para as frequências de 1/5min e 1/8 h, de acordo com as frequências de movimentação registadas para o turno 2 e para o turno 3. De seguida procedeu-se à interpolação entre as alturas 135 e 89 cm e a altura real dos contentores (109 cm).

Para determinar as forças iniciais foram registadas, com recurso a um dinamómetro, seis medições das forças iniciais e de manutenção do movimento, em três contentores diferentes. Os valores das forças atuais utilizados, foram as médias das seis medições. Para cada medição, o dinamómetro foi colocado horizontalmente, o mais perto possível da extremidade onde as operadoras colocam as mãos, tal como ilustrado na Figura 4.35.

Os cálculos das cadências atuais, das cadências recomendadas e dos riscos R_i e R_m para a movimentação dos três contentores, encontram-se Tabela 4.21 para o turno 2 e, na

Tabela 4.22 para o turno 3.



Figura 4.35 – Posicionamento do dinamómetro para medir as forças atuais da tarefa Empurrar

Caso de estudo

Tabela 4.21 – Riscos potenciais R_i e R_m , para os operadores do turno 2

		Turno 2				
	Cadência atual no início do movimento (kg.m/min)	Cadência recomendada no início do movimento (kg.m/min)	R_i	Cadência atual de manutenção do movimento (kg.m/min)	Cadência recomendada de manutenção do movimento (kg.m/min)	R_m
1º cont.	11,8 x 0,05 x 15	20,66 x 0,05 x 15	0,57	8,7 x 0,05 x 15	13,05 x 0,05 x 15	0,67
2º cont.	> 20 x 0,05 x 15		-	-		-
3º cont.	10,5 x 0,05 x 15		0,51	7,9 x 0,05 x 15		0,61

Tabela 4.22 – Riscos potenciais R_i e R_m , para os operadores do turno 3

		Turno 3				
	Cadência atual no início do movimento (kg.m/min)	Força recomendada no início do movimento (kg.m/min)	R_i	Força atual de manutenção do movimento (kg.m/min)	Força recomendada de manutenção do movimento (kg.m/min)	R_m
1º cont.	11,8 x 0,07 x 15	20,44 x 0,07 x 15	0,58	8,7 x 0,07 x 15	12,72 x 0,07 x 15	0,68
2º cont.	> 20 x 0,07 x 15		-	-		-
3º cont.	10,5 x 0,07 x 15		0,52	7,9 x 0,07 x 15		0,62

De acordo com os valores dos riscos potenciais R_i e R_m , apresentados nas tabelas anteriores, os mesmos são inferiores à unidade, por conseguinte, a movimentação de contentores não apresenta risco de desenvolvimento de lombalgias para as “operadoras da Marcação”.

Contudo, o dinamómetro utilizado mede, no máximo, 20 kg de força. Esta força não suficiente foi para iniciar o movimento do 2º contentor. Por conseguinte, não foi possível calcular os riscos, R_i e R_m , associados à movimentação do mesmo contentor. Uma vez que as forças recomendadas no início do movimento, para os turnos 2 e 3, em pouco excedem os 20 kg, considerou-se que existe possibilidade de, pelo menos, o risco potencial R_i ser superior à unidade. Como se pretende reduzir a carga física de todos os operadores do PARC, conclui-se que devem ser tomadas medidas de corretivas na conceção dos contentores.

5. Propostas de melhoria, implementação de melhorias e discussão dos resultados

Este capítulo tem como objetivo apresentar as propostas de melhoria para as diferentes operações unitárias do Processo de Acabamento de Rolhas de Cortiça (PARC), de acordo com as causas de desperdício identificadas com a aplicação das diferentes metodologias e ferramentas. De seguida são apresentadas as melhorias implementadas e discutidos os resultados obtidos, por operação.

Marcação

Após a aplicação do SMED constatou-se que, de modo a racionalizar tanto as atividades internas como externas e reduzir os tempos de *setup*, devem implementar-se medidas corretivas que permitam:

- No cenário de Troca de Marca no *Setup* a Tinta: converter as atividades classificadas como externas e diminuir as suas durações e reduzir/eliminar o MUDA – Movimentação;
- No cenário de Troca de Marca e Calibre no *Setup* a Tinta: diminuir a duração das atividades internas e reduzir/eliminar o MUDA – Reajustes;
- No *Setup* Fogo Corpo e *Setup* Fogo Corpo e Topos: diminuir a duração das atividades externas e das atividades internas;
- Reduzir/eliminar o MUDA – Outros.

Sugeriram-se as propostas de melhoria apresentadas na Tabela 5.1, tendo sido afetado pelo menos um responsável por cada uma das implementações dentro das datas limite. É de notar que o dia o “Dia 0” corresponde ao dia em que foram propostas as melhorias.

As propostas nº1 e nº3 foram implementadas, sendo que foram delineadas as seguintes normas de trabalho a serem realizadas pelos afinadores:

- ✓ Realizar as atividades de preparação das “marcas” como externas.
- ✓ Assegurar que todo o material necessário a cada *setup* de troca de “marca” está presente no carrinho: marca, conjunto de chave sextavadas, conjunto de chave de chave, cola, isqueiro, martelo, fita métrica, martelo de faces macias, tubos da máquina onde se vai realizar o *setup*. Esta medida está relacionada com a metodologia 5S, apenas são mantidos no carrinho os componentes necessários diariamente.

Propostas de melhoria, implementação de melhorias e discussão dos resultados

- ✓ O carrinho deve ser transportado para junto da respetiva máquina mesmo antes do início do *setup*.
- ✓ Preencher a *checklist* (mistura de rolhas), os *kanbans* (dos contentores) e as fichas de produção após o início de produção da máquina.
- ✓ Arrumar as ferramentas e os outros materiais utilizados em cada *setup* troca de “marca” após finalização da mesma atividade.

A atividade 2 (definida na secção 4.3.1.) deve ser realizada pelas “operadoras da Marcação”.

Tabela 5.1 - Propostas de melhoria para a Marcação e sua descrição

Causas de desperdício	Nº da proposta	Descrição da proposta	Data limite
Incumprimento das atividades externas	1	Formação, em reunião, dos “afinadores” e das “operadoras da Marcação” para o cumprimento das atividades classificadas como externas.	Dia 0 + 1 semana
MUDA – Movimentação e fadiga dos operadores	2	Aquisição de um carrinho de transporte e arrumação de ferramentas necessárias aos <i>setups</i> , adequado do ponto de vista ergonómico.	Dia 0 + 3 semanas
MUDA – Outros e falta de normalização dos procedimentos de	3	Criação de normas para a criação de boas práticas de trabalho.	Dia 0 + 2 semanas
Duração da atividade externa – buscar tubos e duração da atividade interna – trocar tubos	4	Aquisição de tubos ajustáveis para cada máquina.	Dia 0 + 3 semanas
Duração das atividades internas nos dois tipos de Marcação a Fogo	5	Instalação de marcação por indução nas máquinas de Marcação a Fogo, de modo a manter a temperatura.	Dia 0 + 5 semanas
MUDA - Reajustes	6	Atribuição de máquinas fixas para calibres e tamanho das marcas idênticos.	Dia 0 + 5 semanas

Para a verificação do impacto das propostas nº1 e nº3, foi criado um registo a ser preenchido pelos “afinadores”, apresentado na Tabela 5.2. Este registo permitiu verificar se as atividades externas foram realizadas como tal e obter os gráficos da Figura 5.1, Figura 5.2 e Figura 5.3, para comparação das durações médias recolhidas na fase inicial de aplicação do SMED com as durações médias de *setup* após a implementação das melhorias propostas.

Tabela 5.2 – Registo criado para verificação da proposta de melhoria nº1 e nº3

Data	Máquina	Tipo de <i>setup</i>	Externas + Internas?		Duração	Troca de Marca e Calibre
			Sim	Não		

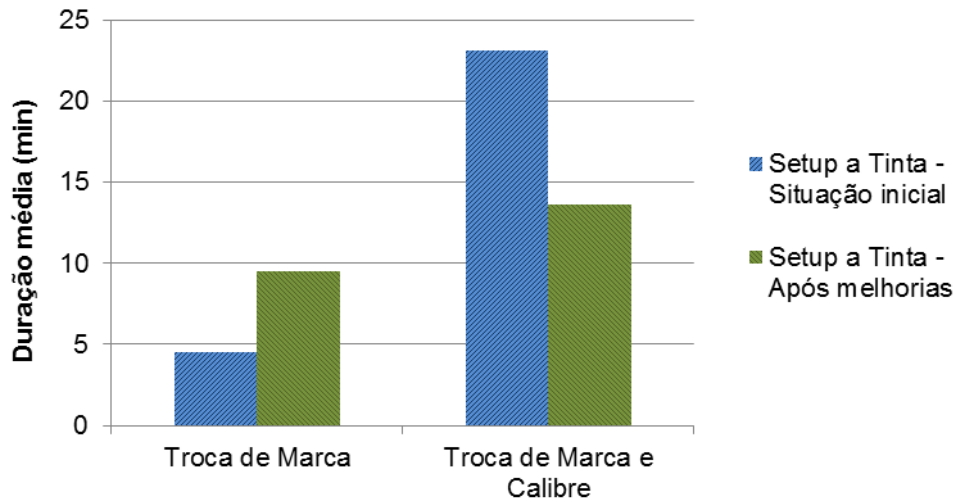


Figura 5.1 - Durações médias dos *Setups* a Tinta, no início e após a implementação das melhorias nº1 e nº3

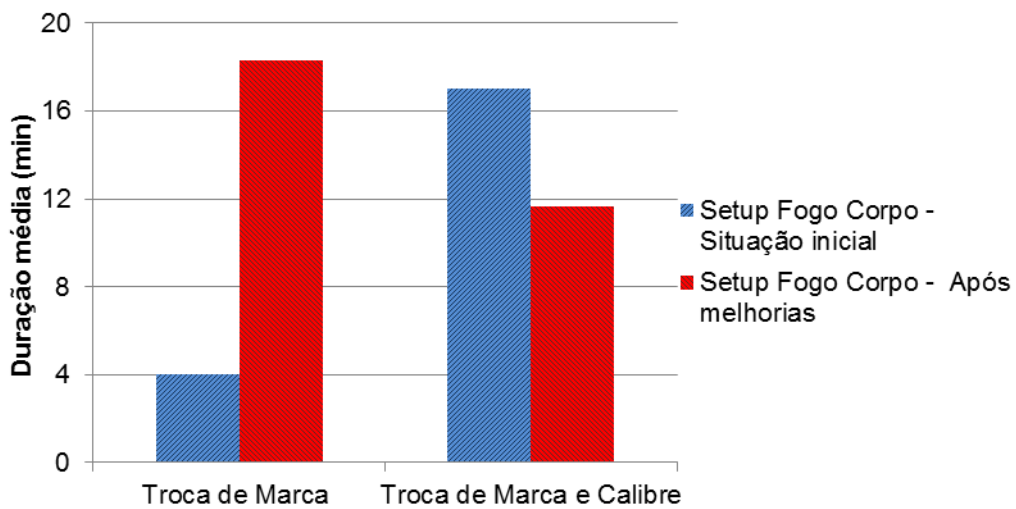


Figura 5.2 - Durações médias dos *Setups* Fogo Corpo, no início e após a implementação das melhorias nº1 e nº3

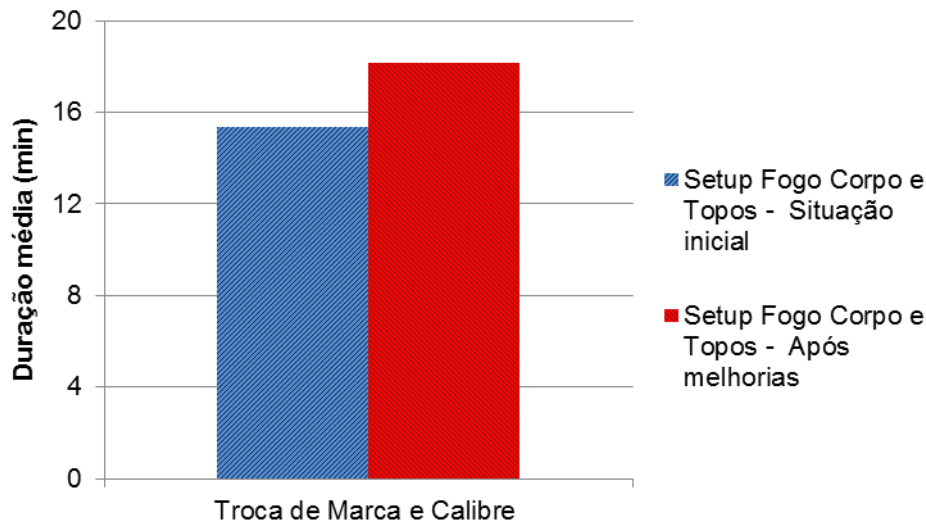


Figura 5.3 - Durações médias dos *Setups* Fogo Corpo e Topos, no início e após a implementação das melhorias nº1 e nº3

Verificou-se que a implementação das propostas nº1 e nº3 resultaram na diminuição da duração média de dois cenários, a Troca de Marca e Calibre no *Setup* a Tinta e a Troca de Marca e Calibre no *Setup* Fogo Corpo e Topo. Para estes cenários foi alcançado o objetivo de redução dos tempos de *setup* em 25%.

O aumento dos tempos dos restantes *setups* revelou a necessidade de implementação das restantes propostas de melhoria. A análise do registo permitiu verificar que, apesar das normas e formação dos “afinadores”, as atividades externas foram realizadas como atividades internas em 30% dos *setups*. Este facto poderá ter contribuído para o aumento de algumas das durações.

No entanto, para que as melhorias verificadas sejam normalizadas e se mantenham, foi criado uma norma, com recurso ao *Standard Work*, para os procedimentos de cada tipo de *setup* de troca de “marca”, tal como os autores (Kusar et al., 2010; Perinic et al., 2009). Estes procedimentos estão ilustrados na Figura 5.5, Figura 5.6 e **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**

A proposta nº2 foi implementada muito tarde em relação ao período de aplicação do SMED, por conseguinte, os seus impactos na duração dos tempos de *setup* não foram registados. No entanto, após a aquisição e utilização do carrinho de transporte das “marcas” e das ferramentas, foi possível verificar o seu impacto no esforço físico dos afinadores.

Os pressupostos requeridos para o carrinho foram:

- ✓ Ter pegas de forma cilíndrica e cujo comprimento permita a utilização das duas mãos para a transmissão de força (Dul & Weerdmeester, 2012)

- ✓ Altura das pegas que permita que o ângulo entre os braços e antebraços seja $\approx 90^\circ$.
- ✓ Fácil movimentação, que evite movimentos bruscos da carga e do corpo.
- ✓ Que exija uma força inferior a 20 kg para o início da sua movimentação (Dul & Weerdmeester, 2012)
- ✓ Possibilite o seu transporte sem que o corpo sofra posturas incorretas.

O carrinho de transporte está ilustrado na Figura 5.4.



Figura 5.4 - Carrinho de transporte

De forma a avaliar o impacto da implementação da proposta nº2 (aquisição do carrinho de transporte), do ponto de vista ergonómico, os “afinadores” foram inquiridos sobre o esforço físico percecionado antes e após a implementação desta melhoria. Para tal, foi solicitado aos dois “afinadores” para classificarem o esforço físico numa escala de 1 a 4, sendo que o 1 corresponde a um esforço fraco e o 4 a um esforço elevado. Esta classificação é apresentada na Figura 5.8.

Verificou-se que a carga física percecionada pelos “afinadores” diminuiu após a aquisição e utilização do carrinho, tendo sido reduzido para metade. A implementação desta proposta de melhoria possibilitou o alcance do objetivo de diminuição da fadiga dos operadores.

As propostas nº 4, 5 e 6, também foram implementadas tardiamente face ao limite da aplicação do SMED e, portanto, não foi possível quantificar o seu impacto nas durações dos vários *setups*.

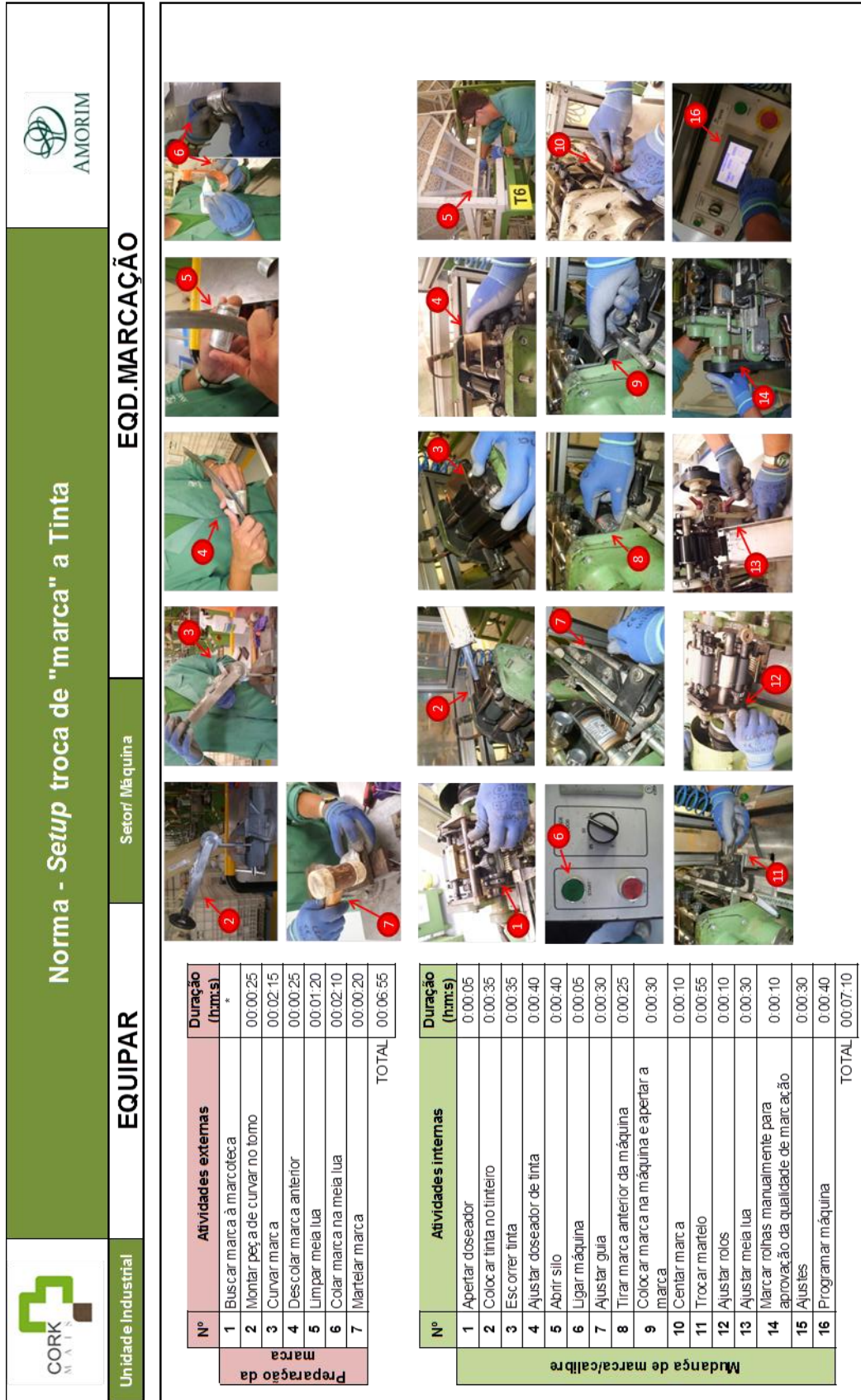


Figura 5.5 – Norma de Standard Work para o Setup a Tinta



Figura 5.6 – Norma de Standard Work para o Setup Fogo Corpo



Figura 5.7 – Norma de Standard Work o Setup Fogo Corpo e Topo

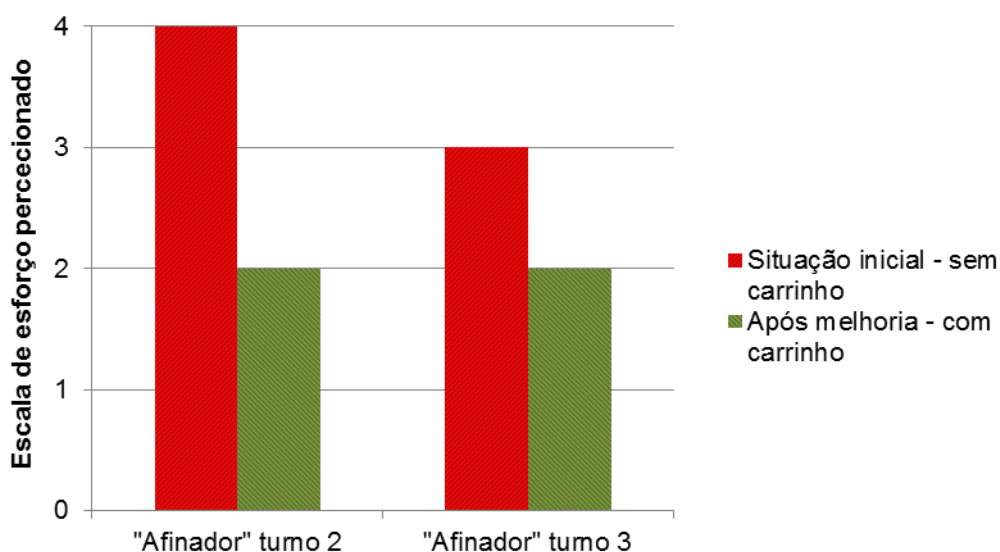


Figura 5.8 - Esforço físico percebido pelos "afinadores", antes e após a implementação da proposta de melhoria nº2

Embalamento Automático

O passo 5 da aplicação do *Kobetsu Kaizen*, solução do problema, englobou a análise das causas-raiz dos problemas reunidas no passo 4 e não teria sido possível sem *Brainstorming* com os operadores do Embalamento Automático, o chefe de produção e, o colaborador responsável pela qualidade do Processo.

Foram sugeridas as propostas de melhoria apresentadas na Tabela 5.3. É de notar que o dia o "Dia 0" corresponde ao dia em que foram propostas as melhorias.

Relativamente à necessidade de maximização da eficiência da operação de Embalamento, são apresentadas na Tabela 5.4, as propostas para a minimização do tempo ocioso da Máquina Automática. Este tempo deve-se principalmente, à falta de rolhas prontas a embalar e a atrasos nas conclusões das encomendas.

A verificação das melhorias, passo 6, envolveu a verificação da implementação de cada proposta e do seu impacto na produtividade.

As propostas nº1-6, 8 e 9, implicaram o treino e formação dos operadores permitindo, de um modo eficaz, reduzir o tempo de valor não acrescentado, representado pelo arranque da produção. A monitorização das atividades de arranque após a implementação das propostas de melhoria, possibilitou verificar uma diminuição de 22:55 minutos na sua duração média. Esta melhoria ultrapassa o objetivo delineado de redução dos tempos médios de arranque em 50%, isto é, para 20:45 minutos. Esta melhoria está apresentada na Figura 5.9 e equivale à redução de 12,6% das perdas de produção totais da Máquina Automática.

Propostas de melhoria, implementação de melhorias e discussão dos resultados

Tabela 5.3 - Propostas de melhoria para o Embalamento Automático e suas descrições

Causas de desperdício	Nº da proposta	Descrição da proposta	Data limite
Falta de alinhamento das tarefas da equipa de trabalho	1	Formação da operadora da “Escolha” para que a programação da contadora seja realizada pela mesma.	Dia 0 + 2 semanas
	2	Amostra de rolhas para substituir defeituosas deve ser retirada pela operadora da “Escolha”.	
	3	Verificação dos Padrões no detetor de metais deve ser efetuada pela operadora da “Escolha”.	
	4	A movimentação dos contentores e o preenchimento dos impressos de registo de produção/ <i>checklists</i> devem ser realizados pela operadora da “Escolha” em conjunto com o operador da Máquina Automática.	
Falta de formação contínua de boas práticas	5	A impressão das etiquetas pelo operador da Máquina Automática deve ser realizada após da máquina entrar em funcionamento, exceto quando vai finalizar uma encomenda.	Dia 0 + 2 semanas
	6	Formação dos operadores do Embalamento Automático para que a limpeza deve seja alterada para o final do turno (5 a 10 minutos no máximo), uma vez que as limpezas mais aprofundadas são realizadas ao final do último turno, a cada sexta-feira.	
Inexistente organização de contentores por encomenda	7	Junção de todos os contentores da encomenda que deve iniciar a produção da embalagem ou criação de um símbolo visual (gestão visual) para o mesmo efeito.	Dia 0 + 4 semanas
Frequência insuficiente de contagem do padrão das rolhas	8	Realizar contagem do padrão a todas as segundas e quartas-feiras.	Dia 0 + 2 semanas
Falta de atenção às temperaturas das soldas	9	Treino dos operadores sobre as condições ideais de operação da máquina (soldas) e nas tarefas/necessidades de manutenção.	Dia 0 + 4 semanas
Falta de manutenção	10	Criação de um plano de manutenção preventiva para a electroválvula da solda.	Dia 0 + 4 semanas
Falta de indicadores de qualidade para máquina de embalar	11	Revisão e acompanhamento dos indicadores de qualidade da máquina.	Dia 0 + 2 semanas

Tabela 5.4- Proposta de melhorias adicionais para o Embalamento Automático e suas descrições

Causas de desperdício	Nº da proposta	Descrição da proposta	Data limite
Atraso no plano de encomendas diário	12	Identificação visual dos contentores de uma encomenda com prioridade/emergência.	Dia 0 + 4 semanas
Falta de rolhas prontas a embalar	13	Revisão do planeamento de forma a encontrar soluções para a falta de rolhas, com base nas restrições de produção.	Dia 0 + 4 semanas

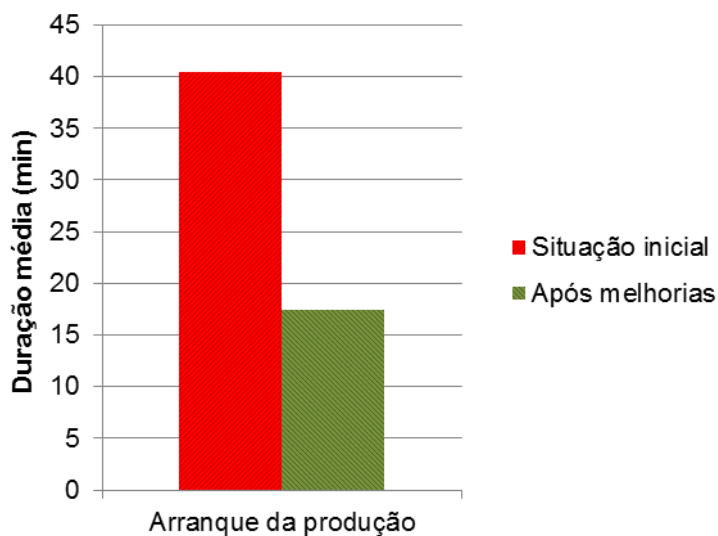


Figura 5.9 - Resultado das propostas de melhoria nº 1-6, 8 e 9, para o Embalamento Automático

As propostas nº7 e nº12 foram implementadas com recurso ao mesmo símbolo de gestão visual, o qual se apresenta na Figura 5.10. Este símbolo assinala as encomendas prioritárias no arranque de produção e as prioridades ao longo do dia de trabalho.



Figura 5.10 – Output das propostas de melhoria nº7 e nº12 para o Embalamento Automático

As propostas nº10, 11 e 13, não foram concluídas no prazo estabelecido. Por conseguinte, o segundo objetivo delineado no passo 3, a redução de 70% da incidência de avarias, não foi alcançado.

O passo 7, normalização, envolveu a criação de uma norma de *Standard Work* os procedimentos do arranque da produção, apresentado na Figura 5.12. Deste modo foi fomentada a colaboração dos operadores para a manutenção das melhorias implementadas.

A transmissão das normas, isto é, o passo 8, consistiu na comunicação das melhorias alcançadas com a aplicação do *Kobetsu Kaizen*, na reunião de *Kaizen* Diário denominada na empresa por “+5min”. Salienta-se que, durante este estudo houve uma exposição constante das necessidades intrínsecas à melhoria da eficiência das máquinas de embalar.

Embalamento Automático: Posto de trabalho da “Escolha”

A aplicação *Checklist* elaborada para a avaliação do posto de trabalho sentado da “Escolha” possibilitou a proposta de melhorias com base nos seguintes aspetos posturais:

- Verificou-se uma ligeira flexão do pescoço/cabeça devido às operadoras terem de observar a qualidade das Rolhas. Por esta razão, esta situação não pode ser contornada.
- Verificou-se a flexão e a abdução dos ombros e, o ângulo do cotovelo inadequado (superior ao intervalo de 90 a 100°) porque não há espaço para acomodar a parte superior das coxas por baixo da bancada de trabalho provocando assim, o afastamento do tronco em relação à bancada de trabalho.
- Verificou-se a flexão do tronco porque não há espaço para acomodar a parte superior das coxas por baixo da bancada de trabalho. Por conseguinte, o tronco das operadoras fica longe da largura da bancada de trabalho e as mesmas são obrigadas a fletir o tronco para alcançar as Rolhas.
- Verificou-se que os ângulos inadequados entre as coxas e as pernas das “operadoras da Escolha” devem-se à inexistência de espaço entre a parte superior das coxas e a parte inferior da bancada de trabalho.
- Verificou-se que os pés das operadoras estão mal apoiados devido e à inexistência de apoios de pés adequados.

Para a proposta de melhorias foram também consideraram-se algumas características que não foram observadas no assento e na bancada deste posto de trabalho e que, de acordo com Dul & Weerdmeester (2012), devem existir:

- ✓ As distâncias verticais entre a altura do assento e a superfície de trabalho devem ser compatibilizadas para cada operadora;
- ✓ A parte superior da bancada de trabalho deve ficar à altura do cotovelo das operadoras quando sentadas, de modo a que os antebraços trabalhem na horizontal.

- ✓ Deve haver uma profundidade de pelo menos 40 cm na parte superior da bancada, medida desde o início da bancada até aos joelhos das operadoras e, de pelo menos 100 cm na parte inferior da bancada, medida desde o início da bancada até aos pés das operadoras. Este espaço é importante para evitar a flexão do tronco. Estas medidas são apresentadas na Figura 5.11. A espessura da bancada de trabalho deve ser o mais fina possível, de aproximadamente três cm, para que haja espaço suficiente entre a parte inferior da bancada de trabalho e a parte superior das coxas.

Para a proposta de melhorias foram também considerados que os mecanismos de ajuste da cadeira, que não são fáceis de usar.

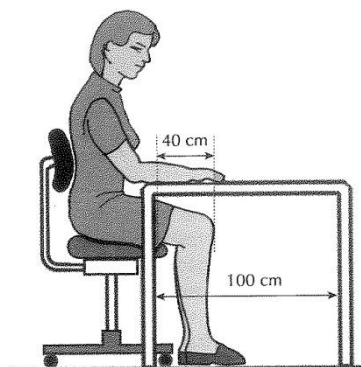


Figura 5.11 – Espaço mínimo para as pernas, abaixo da bancada de trabalho, na postura sentada

Foram sugeridas as propostas de melhoria apresentadas na Tabela 5.5.

Tabela 5.5 - Propostas de melhoria para a “Escolha” do Embalamento Automático e respetivas descrições

Causas de desperdício	Nº da proposta	Descrição da proposta
Falta de espaço entre a parte superior das coxas e a parte inferior da bancada de trabalho/ Espessura inadequada da bancada de trabalho/ Falta de espaço para acomodar as pernas sob a bancada de trabalho	1	Aquisição de uma bancada de trabalho cuja espessura seja aproximadamente igual a 3 cm
Altura inadequada da bancada de trabalho	2	Aquisição de uma bancada de trabalho que seja regulável em altura
Apoios de pés inadequados	3	Aquisição de um apoio de pés estável e regulável em altura.
Mecanismos de ajuste da cadeira difíceis de usar	4	Aquisição de uma cadeira que seja facilmente ajustável.

É de notar que a proposta de melhoria nº1 seria ideal mas não pode ser implementada tal e qual como foi sugerida. Isto porque a espessura do tapete rolante requer que a bancada de trabalho tenha uma proteção de 10 cm de espessura. O impacto das propostas de melhoria não foi medido porque não foi definido nenhum prazo para a implementação das mesmas.

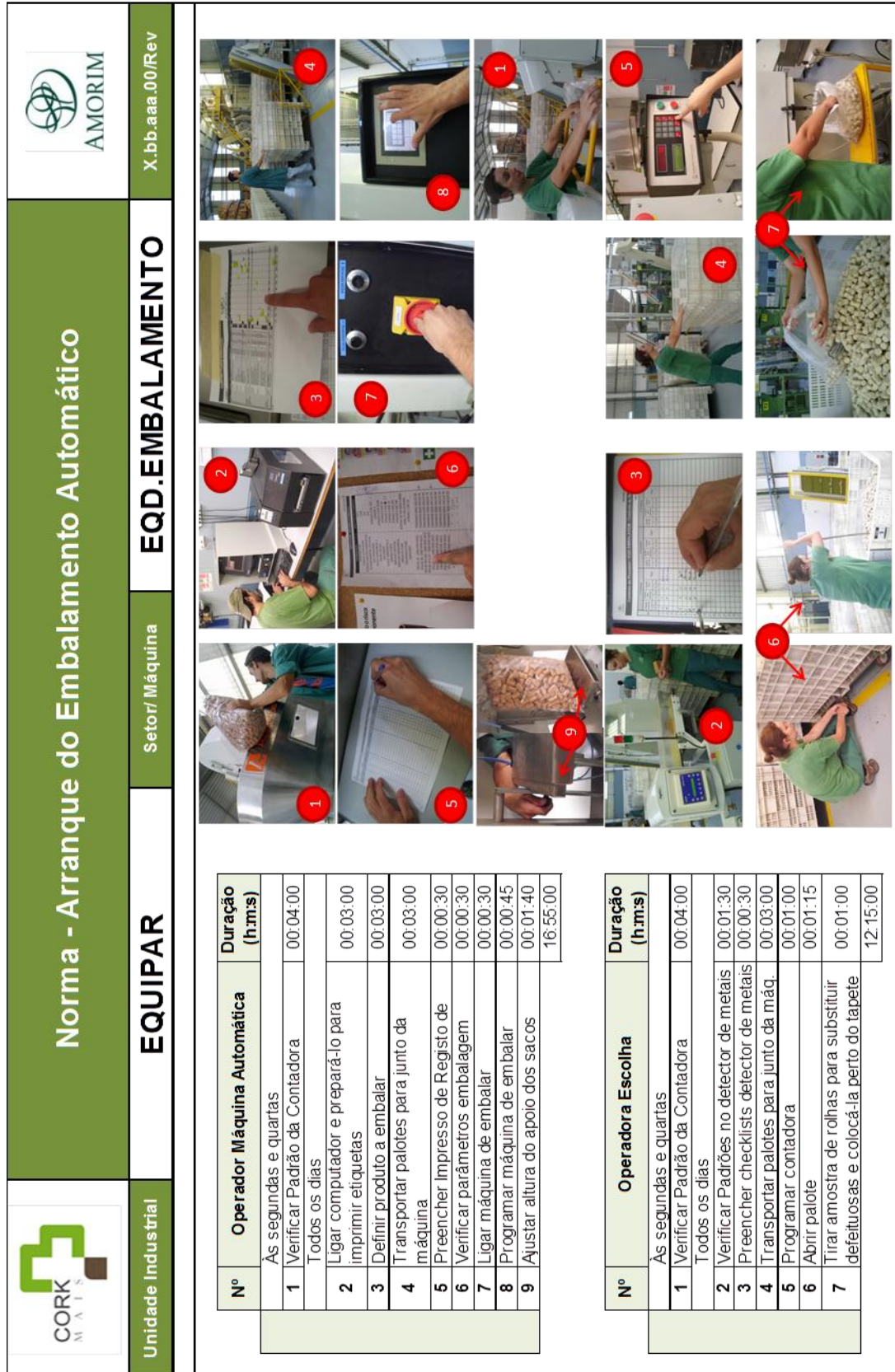


Figura 5.12 – Norma de Standard work para o arranque de produção do Embalamento Automático

Embalamento Manual e Embalamento Automático

A aplicação do Guia de *Mital, Nicholson & Ayoub* (Mital et al., 1997), na avaliação das atividades de MMC “Elevar” e “Baixar”, possibilitou a proposta de melhorias com base nos seguintes aspetos verificados:

- A existência de um tapete rolante e de um elevador no Embalamento Automático, contribuem para a diminuição das amplitudes verticais de elevação/descida quando comparadas com as amplitudes de manipulação no Embalamento Manual. No entanto, a frequência superior das manipulações no Embalamento Automático resulta num risco aumentado para duas das três atividades, quando comparado com o Embalamento Manual.
- Se o risco de lombalgias das atividades de MMC fosse nulo para os operadores da Máquina Automática, seriam sugeridas soluções semelhantes para o Embalamento Manual. Como tal não se verificou, sugerem-se também, soluções para as tarefas de MMC do Embalamento Automático.
- Durante a observação e estudo da tarefa de paletização do Embalamento Automático, foi detetada uma possível melhoria para o risco R, para a tarefa nº2. Foi observado que os operadores apenas utilizam o elevador na atividade nº3, descendo-o. Se os operadores descerem o elevador após a tarefa nº1, de modo a ficar à altura das pegadas, a elevação é anulada e o risco eliminado.
- Na paletização do Embalamento Automático: para a redução do risco potencial da atividade nº1 e, para a eliminação do risco potencial da atividade nº3, existe uma melhoria rápida e de custo zero - a utilização de duas paletes de madeira sobrepostas, em vez da utilização de uma paleta. Esta implementação permitirá:
 - Reduzir a amplitude vertical de descida da atividade nº1 para de 37 cm para 24 cm, e o risco R, de 1,77 para 1,15.
 - Eliminar a amplitude vertical de descida da atividade nº3, pois a distância de descida (13 cm) corresponderia à altura da paleta de madeira. Deste modo, o risco R é eliminado.

Sugeriram-se as ações de melhoria apresentadas na Tabela 5.6. Apesar das propostas melhoria nº1 e nº3 serem de implementação quase imediata, nenhuma das propostas de melhoria foi implementada.

Para melhorar a atividade de paletização e diminuir o risco associado às tarefas de movimentação manual de caixas do Embalamento Manual, sugerem-se as propostas de melhoria baseadas nos aspetos positivos e negativos encontrados do posto de trabalho do Embalamento Automático. As propostas de melhoria são as que se apresentam na Tabela 5.7. É de notar que o dia o “Dia 0” corresponde ao dia em que foram propostas as melhorias.

Tabela 5.6. Apesar das propostas melhoria nº1 e nº3 serem de implementação quase imediata, nenhuma das propostas de melhoria foi implementada.

Para melhorar a atividade de paletização e diminuir o risco associado às tarefas de movimentação manual de caixas do Embalamento Manual, sugerem-se as propostas de melhoria baseadas nos aspetos positivos e negativos encontrados do posto de trabalho do Embalamento Automático. As propostas de melhoria são as que se apresentam na Tabela 5.7. É de notar que o dia o “Dia 0” corresponde ao dia em que foram propostas as melhorias.

Tabela 5.6 - Propostas de melhoria para a tarefa de paletização do Embalamento Automático e suas descrições

Causas de desperdício	Nº da proposta	Descrição da proposta
Risco R da atividade 3 > 1	1	Acrescentar uma palete de madeira em cima da plataforma elevatória, para reduzir o risco da atividade 1 eliminar o risco da atividade 3. Deste modo as caixas serão colocadas em cima de duas paletes de madeira.
Risco R da atividade 1 > 1	2	Alterar a plataforma elevatória para que esta seja elevada acima da altura do solo. Caso contrário o risco da atividade 1 continuará a ser superior à unidade.
Risco R da atividade 2 > 1	3	O operador deve descer o elevador até que a 2ª camada de caixas possa ser conduzida para cima da 1ª camada à mesma altura das pegadas da caixa.

Tabela 5.7 - Propostas de melhoria para tarefa de paletização do Embalamento Manual e suas descrições

Causas de desperdício	Nº da proposta	Descrição da proposta	Data de implementação
Risco R das tarefas 1, 2 e 3 > 1	1	Adquirir um tapete rolante industrial, que possibilite o manuseamento das caixas até ao local exato da paletização.	Dia 0 + 10 meses
Risco R da tarefa 2 > 1 Tempo despendido pelos “operadores da Máquina Automática” a auxiliar os operadores da Máquina Manual”	2	Adquirir uma plataforma elevatória que permita elevar e descer as caixas. Pretende-se, deste modo, eliminar as distâncias de elevação/descida das caixas e eliminar o risco de lombalgias associado às atividades de MMC.	Dia 0 + 10 meses

O impacto das medidas propostas para o Embalamento Manual não foi medido. Isto porque, devido à complexidade das melhorias, a implementação das mesmas foi definida para muito tarde relativamente ao limite deste estudo.

Fluxo Produtivo

A aplicação do Guia de *Mital, Nicholson & Ayoub*, na avaliação da tarefa de MMC “Empurrar”, possibilitou verificar a existência de contentores cuja movimentação apresenta risco potencial de desenvolvimento de lombagias para os operadores do Processo de Acabamento de Rolhas de Cortiça.

Foi definido, através de *Brainstorming* com o chefe de produção do Processo e o chefe da equipa de manutenção, que a ação de melhoria seria a alteração das rodas dos contentores. Foi sugerida a atuação nos contentores que exijam forças superiores a 10 kg para iniciar a sua movimentação, pois, embora os valores obtidos nas medições apresentadas na secção 4.3.6. todas as forças iniciais atuais foram superiores 10 kg. Esta ação melhoria será implementada de acordo com o plano apresentado na Tabela 5.8. É de notar que o dia o “Dia 0” corresponde ao dia em que foram propostas as melhorias.

Tabela 5.8 - Plano de implementação da proposta de melhoria para o Fluxo Produtivo

Nº da Proposta	Descrição da proposta	Data limite
1	Alteração das rodas dos contentores	Dia 0 + 10 meses

A Figura 5.13 ilustra as rodas de um contentor na situação inicial e a Figura 5.14 ilustra as rodas de contentores após melhoria, isto é, após as suas rodas terem sido substituídas por rodas que deslizem mais facilmente.

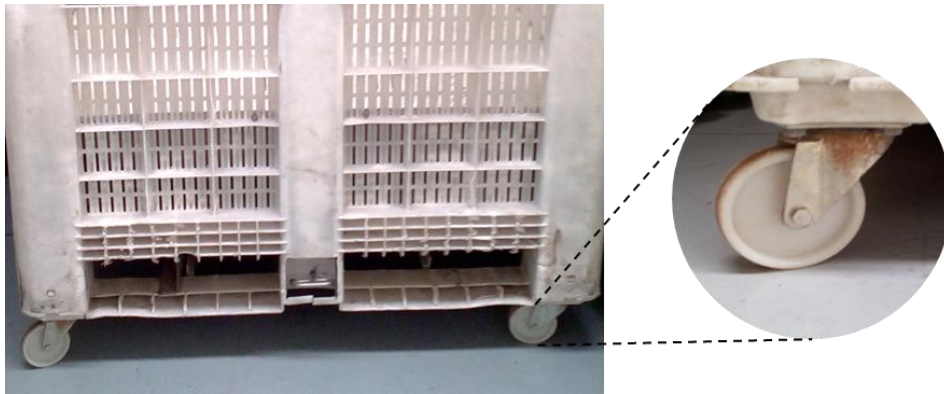


Figura 5.13 – Rodas dos contentores na situação inicial



Figura 5.14 – Rodas dos contentores após implementação da proposta de melhoria nº1 para o Fluxo Produtivo

Apesar da data limite delineada para a execução da proposta ser extensa, foi possível selecionar dois contentores cuja melhoria foi implementada no período temporal do caso de estudo. Tal seleção permitiu a avaliação das forças necessárias ao movimento dos contentores e, a comparação dos seus riscos R_i e R_m com os riscos correspondentes do 1º contentor (que requereu uma força > 10 kg para iniciar o seu movimento), calculados no capítulo 4.9. Esta comparação está apresentada na Tabela 5.9. O 2º contentor exigiu uma força no início do movimento ≥ 20 kg).

Tabela 5.9 – Comparação dos riscos R_i e R_m após implementação da proposta de melhoria para o Fluxo Produtivo

	Força atual no início do movimento (kg)	Força atual de manutenção do movimento (kg)	2º turno		3º turno	
			R_i	R_m	R_i	R_m
1º contentor	11,8	8,7	0,57	0,67	0,58	0,68
1º contentor melhorado	5,8	4,1	0,28	0,32	0,29	0,33
2º contentor melhorado (força anterior no início do movimento ≥ 20 kg)	6,5	4,7	0,31	0,36	0,32	0,35

A partir dos resultados da tabela anterior que a alteração das rodas em dois dos contentores resultou na redução significativa, quase para metade, dos riscos R_i e R_m quando comparados com os respetivos valores para o 1º contentor.

Adicionalmente, foi solicitado a 13 dos 15 operadores do Processo, os que movimentam contentores com mais frequência, para classificarem o esforço físico numa escala de 1 a 4, sendo que o 1 corresponde a um esforço fraco e o 4 a um esforço elevado. Deste modo foi possível medir o impacto desta ação no esforço físico percecionado pelos operadores do Processo, cujo resultado é apresentado na Figura 5.15.

Pela análise da figura anterior verificou-se que o esforço físico percecionado pelos operadores do PARC, resultante da movimentação de contentores, foi reduzido sensivelmente para metade.

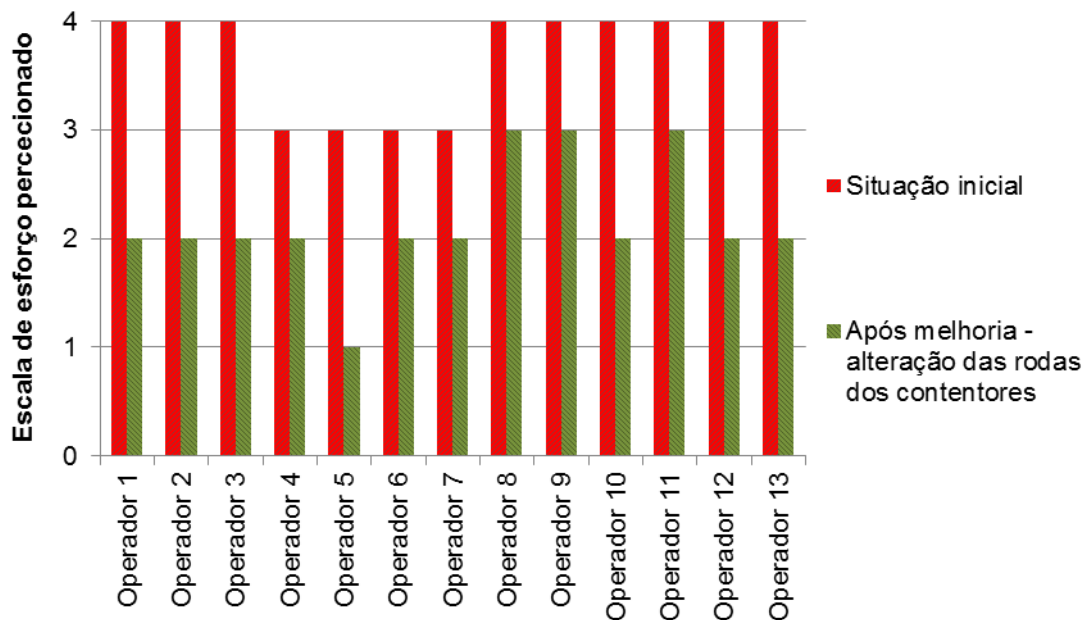


Figura 5.15 – Esforço percecionado pelos trabalhadores antes e depois da melhoria implementada para o Fluxo Produtivo

6. Conclusões e sugestões de trabalho futuro

Este capítulo tem como objetivo a apresentação das conclusões do trabalho desenvolvido. Inicialmente serão sintetizados os resultados obtidos. Seguidamente serão expostas as barreiras encontradas no decorrer deste trabalho. Por último, serão propostas sugestões de trabalho futuro a desenvolver no Processo de Acabamento de Rolhas de Cortiça (PARC).

6.1. Conclusões

A metodologia utilizada neste caso de estudo baseou-se na preocupação de tornar a Ergonomia um dos valores da filosofia *Lean*.

Na Marcação, a aplicação do SMED permitiu determinar os vários desperdícios existentes na tarefa de *setup* de troca de “marca” e permitiu o alcance do objetivo de redução de 25% do tempo médio de *setup*, em dois dos cinco cenários estudados. No cenário de Troca de Marca e Calibre no *Setup* a Tinta, o tempo de *setup* foi reduzido em 41% e, no cenário de Troca de Marca e Calibre no *Setup* Fogo Corpo e Topos o tempo de *setup* foi reduzido em 31%. O objetivo de reduzir a fadiga dos “afinadores” foi alcançado e medido com recurso à classificação do esforço percecionado pelos mesmos antes e depois da aquisição de um carrinho de transporte de materiais e ferramentas. O esforço físico percecionado diminuiu de 3,5 para 2, isto é, diminuiu 43%. Este é um exemplo de sinergia existente entre uma prática *Lean* e os princípios dos fatores humanos e ergonómicos.

No Embalamento Manual não foram alcançados os objetivos de otimização do tempo de embalamento nem a redução da carga física dos “operadores das Máquina Manual”, uma vez que esta operação não foi alvo de nenhuma intervenção de melhoria. No entanto, é expectável que se verifiquem melhorias ergonómicas e produtivas após a aquisição do tapete rolante industrial, da plataforma elevatória e da automatização do enchimento das embalagens e do fecho das caixas. A nível ergonómico é esperada a eliminação do risco de desenvolvimento de lombalgias associado às diferentes atividades de MMC da tarefa de paletização e a consequente redução da carga física percecionada pelos “operadores das Máquina Manual”. A nível produtivo é esperada a eliminação da perda “Preparar Caixas/Etiquetas” (perda que não se verifica no Embalamento Automático) correspondente a 57 minutos de tempo de valor não acrescentado. Esta melhoria traduz-se na redução mínima de 14% das perdas totais da Máquina Manual.

Conclusões e sugestões de trabalho futuro

No Embalamento Automático foi alcançado o objetivo de redução do tempo de embalamento. A redução da carga física dos “operadores da Máquina Automática” e a melhoria das condições ergonómicas do posto de trabalho “Escolha” foram os objetivos não alcançados, pois estes não foram alvo de melhoria. A aplicação do *Kobetsu Kaizen* no Embalamento Automático permitiu determinar, de modo eficaz, as perdas da Máquina Automática. As propostas de melhoria resultantes da aplicação desta metodologia, permitiram reduzir 57% do tempo da perda “Arranque” (tempo de arranque da produção), equivalente a 22:55 minutos. Esta melhoria traduz-se na redução de 12,6% das perdas de produção totais do Embalamento Automático e no ganho de 34 000€ ao fim de um ano. Para o posto de trabalho “Escolha” não foi conseguido o objetivo de melhorar as suas condições ergonómicas devido ao prazo delineado para a implementação das melhorias, que ultrapassou o prazo de tempo deste estudo.

Em todo o Fluxo Produtivo do Processo, o objetivo pretendido era a redução a carga física dos trabalhadores, resultante da tarefa de MMC “Empurrar” correspondente à movimentação manual de contentores. Este objetivo foi alcançado. A aplicação do Guia de *Mital, Nicholson & Ayoub* permitiu identificar a potencialidade de risco fisiológico para as “operadoras da Marcação”. A partir deste resultado surgiu uma a proposta de melhoria, a alteração das rodas de alguns contentores, que permitiu reduzir a carga física dos operadores. O esforço físico percecionado pelos operadores foi o indicador de desempenho acompanhado, o valor deste indicador reduziu de 3,7 para 2, ou seja, 46%.

A Tabela 6.1 e a Tabela 6.2 apresentam, respetivamente, as melhorias observadas na produtividade do PARC e no bem-estar dos seus operadores. Mais concretamente, é apresentada a evolução das várias métricas utilizadas no caso de estudo.

Tabela 6.1 - Melhorias observadas na produtividade do PARC

PARC	Métricas				
	Designação		Valores		
			Situação inicial	Após melhorias	Ganho
Marcação (Operação)	Tempo de <i>setup</i> (min)	Troca Marca e Calibre – Setup a Tinta	23,07	13,63	41%
		Troca Marca e Calibre – Setup Fogo Corpo	17	11,3	31%
Embalamento Automático (Operação)	Tempo de arranque da produção (min)		40,35	17,43	57%

Os tempos reduzidos nos tempos de Troca de Marca e Calibre no *setup* a Tinta e no *setup* Fogo Corpo e Topos resultam no acréscimo médio de 6 mil rolas marcadas. Tendo em consideração que o número médio de rolas marcadas por dia é de 1,8 milhões, esta melhoria

é muita reduzida. Concluiu-se que esta operação já estava muito otimizada. No entanto, é de notar que apenas foi apenas melhorado um dos três cenários para o *setup* a Tinta e um dos três cenários do *setup* Fogo Corpo e Topo, num total de nove cenários. Adicionalmente, as melhorias observadas obtidas terão mais impacto no futuro, quando o número médio de *setups* diários aumentar.

O tempo reduzido no arranque da produção do Embalamento Automático resulta sempre numa de duas melhorias, no embalamento médio diário de mais 33 mil rolhas de calibre pequeno ou de mais 26 mil rolhas de calibre total. A produção média diária varia de acordo com o *mix* de produtos. Num dia de embalamento de 50% de rolhas de calibre grande e de 50% de rolhas de calibre pequeno, a quantidade média de rolhas embaladas é de 1,4 milhões. Para esta situação, a melhoria observada traduz-se no aumento de 2,4% ou de 1,9% na produtividade. É de notar que existem mais perdas a serem eliminadas/reduzidas no Embalamento Automático.

Tabela 6.2 - Melhorias observadas no bem-estar dos operadores do PARC

PARC	Métricas			
	Designação	Valores		
		Situação inicial	Após melhorias	Ganho
Marcação (Operação)	Índice de esforço físico percecionado pelos "afinadores" (de 1 a 4)	3,5	2	43%
Fluxo Produtivo (tarefa de MMC que envolve todas as operações)	Índice de esforço físico percecionado pelos operadores (de 1 a 4)	3,7	2	46%

É de referir que, para a melhoria verificada no índice de esforço percecionado pelos operadores no fluxo produtivo, também houve a redução de aproximadamente 50% dos riscos potenciais R_l e R_m (risco de desenvolvimento de lombalgias) relativos à movimentação manual de contentores.

Em suma, não foram alcançados todos os objetivos pretendidos com a aplicação deste estudo. No entanto, as metodologias e ferramentas aplicadas foram eficazes, permitiram melhorar algumas operações e tarefas/atividades, resultando no aumento do desempenho produtivo do PARC e do bem-estar dos operadores.

6.2. Barreiras encontradas

Apesar da finalidade deste estudo ser a aplicação de metodologias de identificação e resolução de problemas, que possibilitem rápidas tomadas de decisão e o alcance de soluções a curto prazo, existem propostas de melhoria que não foram incluídas no plano de implementação e

outras propostas cujo plano de implementação foi delineado tardiamente face ao limite temporal do estudo. Por conseguinte, não foi possível medir o impacto das mesmas.

A aplicação do SMED foi o estudo mais moroso e complexo. Devido à existência de diferentes tipos de máquina e *setups* de troca de “marca” e, à subjetividade associada a cada “afinador”, houve uma dificuldade acrescida na definição dos passos em comum dentro de um mesmo *setup*. As entrevistas informais e o *know-how* dos operadores foram determinantes para uma maior compreensão do método que envolve cada *setup*, as suas etapas e particularidades.

A aplicação do Guia de *Mital, Nicholson & Ayoub* para a avaliação do MMC da tarefa de paletização, teve um impasse. A necessidade de realização diversas medições teve impacto na duração do estudo, pois houve a preocupação de causar o mínimo constrangimento à produção. Devido a este mesma preocupação não foi possível insucesso de captar ilustrações das diferentes atividades de MMC da tarefa de paletização do Embalamento Automático com sucesso.

6.3.Sugestões de trabalho futuro

Sendo a duração das atividades internas e externas as primeiras ou segundas causas de duração dos tempos de *setup* de troca de “marca” torna-se importante:

- Estudar o impacto das propostas de melhoria nº4, nº5 e nº6 para a Marcação, assim que implementadas. Estas são as melhorias técnicas a implementar nas máquinas. É expectável que tenham um impacto significativo na variabilidade dos tempos de *setup*, principalmente na redução das atividades internas.

Uma das oportunidades de melhoria identificadas no início deste estudo foi a necessidade de reduzir o desperdício de produto do PARC. Durante o estudo da Marcação, foi notória a existência de vários defeitos de marcação. Os principais defeitos encontrados nas rolhas marcadas a tinta foram: rolhas com tinta borrada, rolhas com tinta pouco nítida ou rolhas deformadas por encravamento nas máquinas. O principal defeito encontrado nas rolhas marcadas a fogo foi a marcação queimada. Para colmatar a incidência destes desperdícios sugere-se:

- Realização de um *Brainstorming* entre os “afinadores”, o chefe de produção do PARC e a equipa de manutenção da Equipar S.A. para descobrir o modo colmatar as causas dos defeitos de marcação.
- Tal como mencionado na secção 4.3, as operações de Embalamento são o *bottleneck* do PARC. Como tal, revela-se a necessidade de:
 - Verificação da eficácia das propostas de melhoria nº10 e nº11 para o Embalamento Automático, assim que implementadas e de modo a colmatar a incidência de Avarias.

Conclusões e sugestões de trabalho futuro

- Implementação da proposta de melhoria nº13 para o Embalamento Automático, para que esta operação não se volte a tornar ociosa devido ao planeamento da produção.
- Realização de um estudo detalhado ao *layout* do Embalamento Manual de modo a automatizar o enchimento das embalagens e o fecho das caixas operação, a sua capacidade produtiva e a sua produtividade.

Adicionalmente, sugerem-se propostas para a diminuição da fadiga dos seus operadores. Estas propostas permitem também incrementar o tempo de embalamento, na medida em que permitem a eliminação do tempo despendido pelos operadores do Embalamento Automático a auxiliar os operadores do Embalamento Manual. Estas propostas apresentam-se de seguida:

- Implementação das propostas de melhoria nº1 e nº2 elaboradas para a tarefa de paletização do Embalamento Manual tendo em conta a sua adaptação aos trabalhadores, de modo eliminar o risco potencial R das suas atividades de MMC.
- Implementação da proposta de melhoria nº2 e cumprimento das propostas de melhoria nº1 e nº3, apresentadas para a tarefa de paletização do Embalamento Automático, de modo a eliminar o risco associado a cada uma das tarefas de MMC.
- Implementação das propostas de melhoria para o posto de trabalho “Escolha” do Embalamento Automático e para as posturas das “operadoras da Escolha”.

Com a preocupação pela saúde e bem-estar dos operadores do PARC, sugere-se:

- O acompanhamento das melhorias dos contentores que serão alvo de melhoria em todo o Fluxo Produtivo, para ter a certeza de que a modificação das rodas possibilitou a diminuição das forças iniciais atuais do movimento, para valores < 10kg.
- O acompanhamento das opiniões/queixas dos operadores relativamente à movimentação manual de contentores. Esta sugestão é importante devido ao desgaste gradual das rodas dos contentores, que tende a aumentar a dificuldade da movimentação manual dos mesmos.

A maioria das sugestões indicadas que advém das propostas de melhorias, produzidas com este trabalho, não foram acompanhadas devido ao limite temporal deste trabalho. Também foram realizadas propostas de melhoria de modo a prosseguir a melhoria continua e a fomentar a cultura de excelência existente no seio da Equipar S.A..

Conclusões e sugestões de trabalho futuro

Referências bibliográficas

- Abdulmalek, F. A., & Rajgopal, J. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *International Journal of Production Economics*, 107, 223–236. doi:10.1016/j.ijpe.2006.09.009
- Alukal, G. (2003). Create a lean, mean machine. *Quality Progress*, 36(4), 29–31.
- Alukal, G., & Manos, A. (2006). Lean Kaizen: A Simplified Approach to Process Improvements. In *Lean Kaizen: A Simplified Approach to Process Improvements* (pp. 17–20). Milwaukee: William A. Tony.
- Arezes, P., Carvalho, D., & Alves, A. C. (2010). Threats and Opportunities for Workplace Ergonomics in Lean Environments. In EurOMA (Ed.), (pp. 1–10). Retrieved from <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/19111>
- Aziz, R. F., & Hafez, S. M. (2013). Applying lean thinking in construction and performance improvement. *Alexandria Engineering Journal*, 52(4), 679–695. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S111001681300046X>
- Bittencourt, W., Alves, A. C., & Arezes, P. (2011). Revisão bibliográfica sobre a sinergia entre Lean Production e Ergonomia. In E. INEGI (Ed.), . Retrieved from <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/18865>
- Brannmark, M., & Hakansson, M. (2012). Lean production and work-related musculoskeletal disorders: overviews of international and Swedish studies. *Work-a Journal of Prevention Assessment & Rehabilitation*, 41, 2321–2328. doi:10.3233/wor-2012-0459-2321
- Brunet, A. P., & New, S. (2003). Kaizen in Japan: an empirical study. *International Journal of Operations & Production Management*, 23(12), 1426–1446. Retrieved from [http://www.ceroaverias.com/archivoeditorial11/kaizen en japon.pdf](http://www.ceroaverias.com/archivoeditorial11/kaizen%20en%20japon.pdf)
- Cakmakci, M. (2009). Process improvement: performance analysis of the setup time reduction-SMED in the automobile industry. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 41, 168–179. doi:10.1007/s00170-008-1434-4
- Carayon, P., Xie, A., & Kianfar, S. (2013). *Human Factors and Ergonomics: Making Health Care Safer II: An Updated Critical Analysis of the Evidence for Patient Safety Practices*. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK133393/>
- Ciarnienė, R., & Vienažindienė, M. (2012). Lean Manufacturing: Theory and Practice. *Economics and Management*, 17(2), 726–732. Retrieved from <http://www.ecoman.ktu.lt/index.php/Ekv/article/view/2205>
- Dul, J., Bruder, R., Buckle, P., Carayon, P., Falzon, P., Marras, W. S., ... van der Doelen, B. (2012). A strategy for human factors/ergonomics: developing the discipline and profession. *Ergonomics*, 55, 377–395. doi:10.1080/00140139.2012.661087
- Dul, J., & Weerdmeester, B. (2012). *Ergonomia Prática*. São Paulo: Blucher.

- Elias, S. J. B., & Merino, E. (2007). Aspectos ergonômicos na utilização das técnicas de produção enxuta: uma contribuição para a melhoria global do sistema produtivo. In *XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção* (pp. 1–9). Foz do Iguaçu, Brazil. Retrieved from http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2007_TR600448_0467.pdf
- Farris, J. A., Van Aken, E. M., Doolen, T. L., & Worley, J. (2009). Critical success factors for human resource outcomes in Kaizen events: An empirical study. *International Journal of Production Economics*, *117*(1), 42–65. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.08.051>
- Freitas, D., & Nunes, I. L. (n.d.). *Integration of Ergonomics in Lean Six Sigma in a food industry*.
- Hines, P., Holwe, M., & Rich, N. (2004). Learning to evolve - A review of contemporary lean thinking. *International Journal of Operations & Production Management*, *24*(10), 994–1011. doi:10.1108/01443570410558049
- Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*, *25*, 420–437. doi:10.1016/j.jom.2006.04.001
- IEA. (2000). Congress currents. In *On-Site Newsletter for the IEA 2000/HFES 2000 Congress* (p. 1).
- IEA. (2014). Value of Ergonomics Today. Retrieved from <http://www.iea.cc/whats/value.html>
- Jain, V., Wadhwa, S., & Deshmukh, S. G. (2009). Revisiting information systems to support a dynamic supply chain: issues and perspectives. *Production Planning & Control: The Management Pf Operations*, *20*(1), 17–29. doi:10.1080/09537280802608019
- Kester, J. (2013). A lean look at ergonomics: Healthier continuous improvement processes can limit musculoskeletal disorders. *Industrial Engineer Magazine*, *45*(28-32). Retrieved from <http://www.iienet2.org/IEMagazine/Details.aspx?id=33970>
- Kusar, J., Berlec, T., Zefran, F., & Starbek, M. (2010). Reduction of Machine Setup Time. *Strojniski Vestnik-Journal of Mechanical Engineering*, *56*(12), 833–845. Retrieved from http://ojs.sv-jme.eu/index.php/sv-jme/article/view/162_Doi_not_assigned/149
- Li, S. H., Ragu-Nathan, B., Ragu-Nathan, T. S., & Rao, S. S. (2006). The impact of supply chain management practices on competitive advantage and organizational performance. *Omega-International Journal of Management Science*, *34*(2), 107–124. doi:10.1016/j.omega.2004.08.002
- Lian, Y. H., & van Landeghem, H. (2007). Analysing the effects of Lean manufacturing using a value stream mapping-based simulation generator. *International Journal of Production Research*, *45*(13), 3037–3058. doi:10.1080/00207540600791590
- Liker, J. K. (1998). *Becoming lean*. Portland, US: Productivity Press.
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way - 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. New York: McGraw-Hill.
- Maia, L. C., Alves, A. C., & Leão, C. P. (2012). Do Lean Methodologies include ergonomic tools? Portuguese Society of Occupational Safety and Hygiene (SPOSHO). Retrieved from http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/18877/1/Fullpaper_sho2012_LM_AA_CL_Final_307.pdf

- McIntosh, R., Owen, G., Culley, S., & Mileham, T. (2007). Changeover improvement: Reinterpreting Shingo's "SMED" methodology. *Ieee Transactions on Engineering Management*, 54(1), 98–111. doi:10.1109/tem.2006.889070
- Melton, T. (2005). The benefits of lean manufacturing - What lean thinking has to offer the process industries. *Chemical Engineering Research & Design*, 83, 662–673. doi:10.1205/cherd.04351
- Mital, A., Nicholson, A. S., & Ayoub, M. M. (1997). *A guide do manual materials handling* (2nd ed.). London: Taylor and Francis.
- Monroe, K., Fick, F., & Joshi, M. (2012). Successful integration of ergonomics into continuous improvement initiatives. *Work-a Journal of Prevention Assessment & Rehabilitation*, 41, 1622–1624. doi:10.3233/wor-2012-0362-1622
- Niepcel, W., & Molleman, E. (1998). Work design issues in lean production from a sociotechnical systems perspective: Neo-Taylorism or the next step in sociotechnical design? *Human Relations*, 51(3), 259–287. Retrieved from <http://blog.hrmexpertise.nl/downloads/humanniepcel.pdf>
- Nunes, I., Gouveia, N., Figueira, S., & Machado, V. C. (2012). Integração da Ergonomia e da Segurança na Implementação Lean Six Sigma. In G. Soares, T. A. P., & C. Jacinto (Eds.), *Riscos, Segurança e Sustentabilidade (IV Encontro Nacional de Riscos, Segurança e Fiabilidade)* (2nd ed., Vol. 2, pp. 965–984). Lisboa: Edições Salamandra.
- Nunes, I. L. (2002). *Modelo de Sistema Pericial Difuso para Apoio à Análise Ergonómica de Postos de Trabalho*. Universidade Nova de Lisboa/Faculdade de Ciências e Tecnologia.
- Nunes, I. L. (2006). *Lesões Músculo-Esqueléticas Relacionadas com o Trabalho - Guia para avaliação do risco*. Lisboa: V. Dashofer.
- Nunes, I. L. (2012). *Ergonomics - A systems approach*. (I. L. Nunes, Ed.) (p. Preface). InTech.
- Nunes, I. L., & Machado, V. C. (2007). Merging Ergonomic Principles into Lean Manufacturing. In *Industrial Engineering Research Conference*. Retrieved from <http://oa.uninova.pt/1775/>
- Nunes, I. L., & Machado, V. C. (2007). Merging Ergonomic Principles into Lean Manufacturing. In *Industrial Engineering Research Conference* (pp. 836–841). Nashville - Tennessee.
- Pettersen, J. (2009). Defining lean production: some conceptual and practical issues. *The TQM Journal*, 21(2), 127–142.
- Reichhart, A., & Holweg, M. (2007). Lean distribution: concepts, contributions, conflicts. *International Journal of Production Research*, 45(16), 3699–3722. doi:10.1080/00207540701223576
- Seppala, P., & Klemola, S. (2004). How do employees perceive their organization, and job when companies adopt principles of lean production? *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 14(2), 157–180. doi:10.1002/hfm.10059
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Portland, Oregon: Productivity Press.
- Singh, J., & Singh, H. (2009). Kaizen Philosophy: a review of literature. *The Icfai University Journal of Operations Management*, 8, 51–72. Retrieved from

[http://webdelprofesor.ula.ve/economia/gsfran/Asignaturas/GerenciadelaProduccion/7\)Kaizen.pdf](http://webdelprofesor.ula.ve/economia/gsfran/Asignaturas/GerenciadelaProduccion/7)Kaizen.pdf)

- Sütőová, A., Markulik, Š., & Šolc, M. (2012). Kobetsu Kaizen - its value and application. In *Electronic International Interdisciplinary Conference* (pp. 108–110).
- Vieira, L., Balbinotti, G., Varasquin, A., & Gontijo, L. (2012). Ergonomics and Kaizen as strategies for competitiveness: a theoretical and practical in an automotive industry. *Work - a Journal of Prevention Assessment & Rehabilitation*, 41, 1756–1762. doi:10.3233/wor-2012-0381-1756
- Vink, P., Koningsveld, E. A. P., & Molenbroek, J. F. (2006). Positive outcomes of participatory ergonomics in terms of greater comfort and higher productivity. *Applied Ergonomics*, 37, 537–546. doi:10.1016/j.apergo.2006.04.012
- Walder, J., Karlin, J., & Kerk, C. (2007). *Integrated Lean Thinking & Ergonomics: Utilizing Material Handling Assist Device Solutions for a Productive Workplace* (pp. 1–18). Charlotte, NC. Retrieved from http://www.mhi.org/downloads/industrygroups/lmps/whitepapers/Integrating_Lean_Thinking.pdf
- Wilson, J. R. (2000). Fundamentals of ergonomics in theory and practice. *Applied Ergonomics*, 31(6), 557–567. doi:10.1016/s0003-6870(00)00034-x
- Wilson, L. (2010). *How to implement lean manufacturing*. USA: McGraw-Hill.
- Womack, J., & Jones, D. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation* (2^a ed.). New York: Free Press.
- Womack, J., & Jones, D. (2005). *Lean Solutions: How Companies and Customers Can Create Value and Wealth Together*. London: Simon and Schuster UK Ltd.
- Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (1990). *The Machine That Changed The World* (1^a ed.). New York: Mcmillan Publishing Company.
- Womack, S. K., Armstrong, T. J., & Liker, J. K. (2009). Lean Job Design and Musculoskeletal Disorder Risk: A Two Plant Comparison. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 19(4), 279–293. doi:10.1002/hfm.20159
- Wong, Y. C., Wong, K. Y., Ali, A., & Soc, I. C. (2009). Key Practice Areas of Lean Manufacturing. In *Iacsit-Sc 2009: International Association of Computer Science and Information Technology - Spring Conference* (pp. 267–271). doi:10.1109/iacsit-sc.2009.44