

OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE PERFILAGEM A FRIO ATRAVÉS DO SMED

TELMA CATARINA FERREIRA VIEIRA

novembro de 2018

MELHORIA DO PROCESSO DE PERFILAGEM A FRIO ATRAVÉS DO SMED

Telma Catarina Ferreira Vieira

2018

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

MELHORIA DO PROCESSO DE PERFILAGEM A FRIO ATRAVÉS DO SMED

Telma Catarina Ferreira Vieira
1160080

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação do professor José Carlos Sá.

2018

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

JÚRI

Presidente

Doutor Luís Pinto Ferreira

Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Mestre/Especialista José Carlos Vieira de Sá

Professor Adjunto Convidado, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

Doutor António Manuel Pereira da Silva Amaral

Professor Auxiliar Convidado, Universidade do Minho

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Professor José Carlos Vieira de Sá, pela disponibilidade que teve em me auxiliar e orientar ao longo deste percurso, sempre com dedicação e prestando toda a ajuda necessária.

A todos os Professores do ISEP que me transmitiram conhecimento e experiência ao longo de todo o Mestrado.

À empresa Pertecno, que concedeu a oportunidade de desenvolver este trabalho em contexto prático, me forneceu condições de trabalho para a realização do meu Mestrado e para o desempenho profissional em paralelo e, pelo seu contributo no meu crescimento pessoal e profissional.

Aos meus pais pela compreensão, grande esforço e apoio incondicional ao longo desta etapa.

Ao *petit prince* pelo pilar profissional e pessoal que foi ao longo deste período. Pela ajuda, pelas sugestões, pelos conselhos/ensinamentos e principalmente por toda a paciência e compreensão que teve comigo.

A todos o meu Obrigado!

RESUMO

Num mercado cada vez mais competitivo e industrializado, é essencial que as empresas se mentalizem que o caminho a seguir deve passar pela aposta da otimização dos seus processos produtivos, diminuição de custos e aumento da qualidade de produtos.

Torna-se necessário adotar modelos de gestão inovadores, capazes de fornecer aumento de produtividade com redução de custos, como o caso da filosofia *Lean*.

A indústria metalomecânica está integrada num dos mercados mais competitivos que existem em Portugal. Perante esse cenário, torna-se vital reduzir os desperdícios associados aos processos produtivos em todos os sectores recorrendo aos princípios e práticas *Lean*, como o caso da metodologia SMED.

Este trabalho reflete um projeto de implementação da metodologia SMED numa empresa de perfilagem a frio, bem como efetua um estudo dos conceitos associados à metodologia e pretende demonstrar todas as vantagens associadas à sua utilização, como forma de redução de desperdícios.

Devido a algumas dificuldades na introdução das ações de melhoria, os resultados obtidos não alcançaram valores satisfatórios. Seria indispensável uma janela de tempo maior para melhorar a assimilação e enraizamento destes processos.

No entanto, este trabalho servirá como ponto de partida para desenvolver melhorias futuras, dando ênfase a todo o processo produtivo, visando a otimização de processos e metodologias.

Neste trabalho, com aplicação de 5S obteve-se uma melhor organização e limpeza, com aplicação do SMED houve uma melhoria de 5 min na passagem de atividades externas para internas, com mudança de *layout* houve uma otimização de 40% nos tempos de deslocação para alimentação de matéria-prima aos equipamentos e ainda uma melhoria de 30'' ao unir a matéria-prima antes de entrar no equipamento.

PALAVRAS CHAVE

SMED, *Kaizen* diário, TPM, *Lean*, OEE, 5S

ABSTRACT

In a more and more competitive and industrialized market, it is essential that companies realize that the way forward must pass through optimizing their production processes, reducing the costs and increasing product quality.

Nowadays it's necessary to adopt innovative management models that can provide increased productivity at minimal cost, such as the Lean thinking.

The metalworking industry is integrated in one of the most competitive existing markets in Portugal. Given this it's fundamental to reduce the waste in all sectors of the production process, using the good Lean principles and practices, such as the SMED methodology.

This paper shows a project of implement the SMED methodology in a company of the cold profiling, as well as carries out a study of the concepts associated with the methodology and aims to demonstrate all the advantages of its use around a way of reducing waste.

Due to some difficulties in the introduction of the improvement actions, the results were not satisfactory. Would be essential a larger time window to improve the assimilation and entrenchment of these processes.

Despite of these results, this work will be a starting point for future improvement develops, embracing all production process to achieve processes and methodologies optimization.

In this work, with 5S application, a better organization and cleaning was obtained, with application of SMED there was a 5 min improvement in the transition from external to internal activities, with layout change there was a 40% optimization in the travel times for feed of raw material to the equipment and even a 30'' improvement in joining the feedstock before entering the equipment.

KEYWORDS

SMED, *Daily Kaizen*, TPM, *Lean*, OEE, 5S

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Símbolos

Termo	Designação
%	Percentagem
€	Euro
H	Hora
M	Metro
Min	Minutos
M/h	Metros por hora
S	Segundos

Lista de Abreviaturas

Termo	Designação
IED	<i>Inside Exchange of Die</i>
GE	Eficiência Global
MP	Matéria-prima
MTBF	Tempo médio entre falhas
MTTF	Tempo médio de falha
MTTR	Tempo médio de reparação da falha
NVA	Atividades sem valor acrescentado
OEE	<i>Overall Equipment Efficiency</i>
OED	<i>Outside Exchange of Die</i>
PA	Produto acabado
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i> – Manutenção Produtiva Total
VA	Atividades de valor acrescentado

GLOSSÁRIO DE TERMOS

Termo	Designação
5S	Metodologia de organização do posto de trabalho composta por cinco passos: triagem, arrumação, limpeza, normalização e disciplina.
<i>Kaizen</i>	Vocábulo japonês que significa "melhoria contínua".
<i>Lean</i>	Filosofia de gestão baseada na eliminação do desperdício.

<i>Muda</i>	Termo japonês tradicional para uma atividade que é um desperdício e não adiciona valor ou é improdutivo.
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i> – Eficiência Global dos Equipamentos.
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i> - conjunto de técnicas pertencentes ao <i>Lean</i> que visam reduzir o tempo de <i>setup</i> de uma máquina.
Tempo de <i>Setup</i>	Período em que a produção é interrompida para que os equipamentos fabris sejam ajustados.
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i> - sistema desenvolvido no Japão a fim de eliminar perdas, reduzir paragens, garantir a qualidade e diminuir custos nas empresas.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Enquadramento e Motivação	1
1.2	Metodologia de Investigação	1
1.3	Apresentação da Empresa	3
1.4	Estrutura e Organização da Dissertação	4
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1	<i>Lean Thinking</i>	9
2.2	SMED	11
2.2.1	Implementação da Ferramenta SMED	13
2.2.2	Vantagens SMED	15
2.2.3	Limitações do SMED	15
2.2.4	Exemplos de aplicação do SMED	18
2.3	Indicador OEE	23
2.4	<i>Daily Kaizen</i>	25
2.5	TPM	26
2.5.1	Objetivos do TPM	27
2.5.2	Pilares do TPM	28
2.5.3	Eliminação de Perdas	30
3	IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS	33
3.1	<i>Layout da empresa e Fluxo Produtivo</i>	33
3.2	Avaliação do OEE inicial	37
3.2	Implementação do <i>Daily Kaizen</i>	40
3.3	Implementação de Novo <i>Layout</i>	53
3.4	Implementação SMED	59
3.5	Avaliação do OEE final	62
3.6	Implementação de Nova Melhoria	65

3.7	Aplicação dos oito pilares do TPM e resultados	69
3.7.1.	Manutenção Autónoma	69
3.7.2.	Manutenção Planeada	69
3.7.3.	Melhoria Específica	70
3.7.4.	Manutenção da Qualidade	72
3.7.5.	Gestão antecipada de equipamentos	72
3.7.6.	Segurança, Saúde e Ambiente	74
3.7.7.	Formação	75
3.7.8.	TPM <i>Office</i>	76
4	CONCLUSÕES	79
4.1	Melhorias Implementadas e seus resultados	79
4.2	OEE Inicial vs. OEE Final	81
4.3	Perspetivas de trabalho futuro	84
5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO	89
6.1	ANEXO I - EXEMPLO DE ORDEM DE FABRICO	95
6.2	APÊNDICE I - FICHA DE MANUNTENÇÃO PREVENTIVA	97
6.3	APÊNDICE II – EXEMPLO DE PLANEAMENTO DIÁRIO POR COLABORADOR	99
6.4	ANEXO II – PLANO DE MANUNTENÇÃO PREVENTIVA	103
6.5	APÊNDICE III – FICHA DE REGISTO DE AVARIAS	107

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: CICLO DA METODOLOGIA IMPLEMENTAÇÃO – AÇÃO (ADAPTADO DE <i>SUSMAN</i> , 1983)	2
FIGURA 2: INSTALAÇÕES ATUAIS DA PERTECNO EM OVAR	4
FIGURA 3: PLANEAMENTO DE IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA SMED (ADAPTADO DE <i>LOZANO ET. AL</i> , 2016)	13
FIGURA 4: IMPLEMENTAÇÃO DO SMED, ADAPTADO DE <i>SHINGO</i> (1985)	13
FIGURA 5: ESTÁGIOS PARA IMPLEMENTAÇÃO DO SMED, <i>SHINGO</i> (2000)	14
FIGURA 6: REPRESENTAÇÃO DAS ETAPAS DA TROCA DE REFERÊNCIA E AS PERDAS ASSOCIADAS. ADAPTADA DE <i>MCINTOSH ET AL.</i> (2005).	16
FIGURA 7: RELAÇÃO ENTRE OS DIVERSOS FATORES HUMANOS E O NÚMERO DE REGRAS DE <i>DESIGN</i> QUE ESTÃO FOCADAS NELES. RETIRADO DE <i>VAN GOUBERGEN ET AL.</i> , (2005).	17
FIGURA 8: EIXO DENTADO MONTADO NA MATRIZ DE MONTAGEM (<i>SABADKA ET. AL</i> , 2017).....	18
FIGURA 9: MATRIZ UNIVERSAL PARA EIXOS TIPO 1 E TIPO 2 (<i>SABADKA ET. AL</i> , 2017)	18
FIGURA 10: MATRIZ UNIVERSAL PARA EIXOS TIPO 3, 4 E 5 (<i>SABADKA ET. AL</i> , 2017)	18
FIGURA 11: MUDANÇA DE FERRAMENTA: "UMBRAKO" PARA "CHAVE ERGONÓMICA T-HANDLE"	19
FIGURA 12: QUADRO RESUMOS DO <i>DAILY KAIZEN</i> (FONTE: <i>FÉLIX, J. P.</i> 2013)	25
FIGURA 13: ENTRADA DE BANDA DE CHAPA EM MÁQUINA PERFILADORA	33
FIGURA 14: PASSAGEM DA BANDA DE CHAPA PELAS RODAS PERFILADORAS.....	33
FIGURA 15: PERFILAGEM DE CHAPA GALVANIZADA	33
FIGURA 16: MATRIZ DE CORTE UTILIZADA NA PRODUÇÃO DE <i>LIGTH STEEL FRAME</i>	34
FIGURA 17: <i>LAYOUT</i> GERAL DA EMPRESA	35
FIGURA 18: FLUXO PRODUTIVO	36
FIGURA 19: BANCADA DE TRABALHO ANTES DA APLICAÇÃO DOS 5S.....	41
FIGURA 20: BANCADA DE TRABALHO DEPOIS DA APLICAÇÃO DOS 5S	41
FIGURA 21: BANCADA DE TRABALHO ANTES DA APLICAÇÃO DOS 5S.....	43
FIGURA 22: BANCADA DE TRABALHO APÓS A APLICAÇÃO DOS 5S.....	43
FIGURA 23: POSTO DE TRABALHO MR01 ANTES DA APLICAÇÃO DOS 5S	44
FIGURA 24: POSTO DE TRABALHO MR01 APÓS APLICAÇÃO DOS 5S.....	44
FIGURA 25: ACUMULAÇÃO DE RESÍDUOS DE CARTÃO ANTES DA APLICAÇÃO DOS 5S.....	45
FIGURA 26: ACUMULAÇÃO DE RESÍDUOS APÓS APLICAÇÃO DOS 5S.....	45
FIGURA 27: CARRINHO DE FERRAMENTAS ANTES DA APLICAÇÃO DOS 5S.....	45
FIGURA 28: CARRINHO DE FERRAMENTAS APÓS A APLICAÇÃO DOS 5S.....	46
FIGURA 29: ARMAZENAMENTO DAS RODAS PERFILADORAS ANTES DA APLICAÇÃO DOS 5S	46
FIGURA 30: ARMAZENAMENTO DAS RODAS PERFILADORAS APÓS APLICAÇÃO DOS 5S	47
FIGURA 31: ARMAZENAMENTO DE LUBRIFICANTES DE PRODUÇÃO E MANUTENÇÃO ANTES DA APLICAÇÃO DOS 5S	47
FIGURA 32: ARMAZENAMENTO DE LUBRIFICANTES DE PRODUÇÃO E MANUTENÇÃO ANTES DA APLICAÇÃO DOS 5S	48
FIGURA 33: ARMAZENAMENTO DE LUBRIFICANTES DE PRODUÇÃO E MANUTENÇÃO APÓS A APLICAÇÃO DOS 5S.....	48
FIGURA 34: BANCADA DE TRABALHO ANTES DA APLICAÇÃO DOS 5S.....	49
FIGURA 35: BANCADA DE TRABALHO APÓS A APLICAÇÃO DOS 5S.....	49

FIGURA 36: ZONA DE MISTURA DE ÓLEO DE CORTE ANTES DA APLICAÇÃO DOS 5S	49
FIGURA 37: ZONA DE MISTURA DE ÓLEO DE CORTE APÓS APLICAÇÃO DOS 5S	50
FIGURA 38: MATERIAL DE LIMPEZA ANTES DA APLICAÇÃO DOS 5S.....	50
FIGURA 39: MATERIAL DE LIMPEZA APÓS A APLICAÇÃO DOS 5S.....	51
FIGURA 40: QUADRO UTILIZADO NAS REUNIÕES DE <i>DAILY KAIZEN</i> COM O LAYOUT DA ÁREA DE PRODUÇÃO E ARMAZÉM ASSINALADO CONSOANTE O NÍVEL DE LIMPEZA E ORGANIZAÇÃO, MAPA DE ASSIDUIDADE DE CADA COLABORADOR E MAPA DE RECLAMAÇÕES EM TRATAMENTO.	52
FIGURA 41: QUADRO UTILIZADO NAS REUNIÕES DE <i>DAILY KAIZEN</i> COM O HORÁRIO SEMANAL, PLANO DE ENTREGAS COM FROTA INTERNA, PLANO DIÁRIO DE CADA COLABORADOR E PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVO.	52
FIGURA 42: ARMAZENAMENTO DA MATÉRIA-PRIMA SEGUNDO AS SUAS MEDIDAS E LOTE A LOTE	54
FIGURA 43: ARMAZENAMENTO DA MATÉRIA-PRIMA SEGUNDO AS SUAS MEDIDAS E LOTE A LOTE	54
FIGURA 44: <i>LAYOUT</i> ALTERADO COM NOVO LOCAL DE ARMAZENAMENTO DE MATÉRIA-PRIMA E ABASTECIMENTO DA MESMA A CADA UM DOS EQUIPAMENTOS	57
FIGURA 45: FITA ADESIVA REFORÇADA COM FIBRA	66
FIGURA 46: COLOCAÇÃO DA FITA PARA A UNIÃO DAS CHAPAS	66
FIGURA 47: CHAPAS UNIDAS COM A FITA ANTES DE ENTRAR NA PERFIADORA.....	66
FIGURA 48: CHAPAS UNIDAS COM A FITA E DURANTE A PERFILAGEM	66
FIGURA 49: PERFIL COM FITA APÓS SAÍDA DA PERFILHADORA (DESPERDÍCIO)	67
FIGURA 50: CHUMACEIRA ANTIGA A SUBSTITUIR SEM GRACER.....	70
FIGURA 51: CHUMACEIRA ADAPTADA COM GRACER	71
FIGURA 52: TORRE COM CHUMACEIRAS SEM GRACERES.....	71
FIGURA 53: TORRE ALTERADA COM CHUMACEIRAS COM GRACERES.....	71
FIGURA 54: DESENROLADOR MANUAL	73
FIGURA 55: DESENROLADOR AUTOMÁTICO	73
FIGURA 56: SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO GOTA A GOTA DOS MACHOS DAS ROSCADORAS.....	73
FIGURA 57: SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO GOTA A GOTA DOS MACHOS DAS ROSCADORAS.....	74
FIGURA 58: ANTES DA ARRUMAÇÃO DOS CABOS ELÉTRICOS.....	75
FIGURA 59: DEPOIS DE ARRUMAÇÃO DOS CABOS ELÉTRICOS.....	75
FIGURA 62: DISPONIBILIDADE INICIAL DOS EQUIPAMENTOS	81
FIGURA 64: DESEMPENHO INICIAL DOS EQUIPAMENTOS	82
FIGURA 61: DISPONIBILIDADE FINAL DOS EQUIPAMENTOS	82
FIGURA 65: OEE INICIAL VS. OEE FINAL.....	83
FIGURA 63: DESEMPENHO FINAL DOS EQUIPAMENTOS.....	83

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1: BANCADA DE TRABALHO DE ACORDO COM OS CRITÉRIOS DE SELEÇÃO. ADAPTADO DE ANTOSZ <i>ET AL.</i> (2018)	21
TABELA 2: MATRIZ COM Nº DE MUDANÇAS DURANTE UM MÊS E DURAÇÃO DE CADA MUDANÇA. ADAPTADO DE ANTOSZ <i>ET AL.</i> (2018).....	22
TABELA 3: TEMPO DE MUDANÇA DE FERRAMENTAS ANTES DA APLICAÇÃO DA METOLOGIA SMED (ANTOSZ <i>ET AL.</i> , 2018)	22
TABELA 4: TEMPO DE MUDANÇA DE FERRAMENTAS APÓS APLICAÇÃO DA METOLOGIA SMED (ANTOSZ <i>ET AL.</i> , 2018)	22
TABELA 5: CÁLCULO INICIAL DO OEE EQUIPAMENTO PF01	37
TABELA 6: CÁLCULO INICIAL DO OEE DO EQUIPAMENTO PF02	38
TABELA 7: CÁLCULO INICIAL DO OEE DO EQUIPAMENTO PF03	38
TABELA 8: CÁLCULO INICIAL DO OEE DO EQUIPAMENTO PF04	39
TABELA 9: CÁLCULO DO OEE INICIAL DO EQUIPAMENTO PF05	39
TABELA 10: CÁLCULO DO OEE INICIAL DO EQUIPAMENTO BL01	40
TABELA 11: TEMPO DE DESLOCAÇÃO NECESSÁRIO PARA ABASTECIMENTO DE MATÉRIA-PRIMA À LINHA DE PRODUÇÃO SEGUNDO <i>LAYOUT</i> INICIAL	53
TABELA 12: TEMPO DE DESLOCAÇÃO NECESSÁRIO PARA ABASTECIMENTO DE MATÉRIA-PRIMA À LINHA DE PRODUÇÃO SEGUNDO <i>LAYOUT</i> MODIFICADO	55
TABELA 13: ATIVIDADES DE <i>SETUP</i> PRESENTES NA MUDANÇA DE ROLO DE MATÉRIA-PRIMA NO EQUIPAMENTO	59
TABELA 14: ATIVIDADES INTERNAS DE <i>SETUP</i> PRESENTES NA MUDANÇA DE ROLO DE MATÉRIA-PRIMA NO EQUIPAMENTO	60
TABELA 15: ATIVIDADES INTERNAS DE <i>SETUP</i> PRESENTES NA MUDANÇA DE ROLO DE MATÉRIA-PRIMA NO EQUIPAMENTO COM 2 COLABORADORES	61
TABELA 16: GANHOS DE TEMPO NA APLICAÇÃO DA FERRAMENTA SMED.....	61
TABELA 17: CÁLCULO DO OEE FINAL DO EQUIPAMENTO PF01	62
TABELA 18: CÁLCULO DO OEE FINAL DO EQUIPAMENTO PF02	63
TABELA 19: CÁLCULO DO OEE FINAL DO EQUIPAMENTO PF03	63
TABELA 20: CÁLCULO DO OEE FINAL DO EQUIPAMENTO PF04	64
TABELA 21: CÁLCULO DO OEE FINAL DO EQUIPAMENTO PF05	64
TABELA 22: CÁLCULO DO OEE FINAL DO EQUIPAMENTO BL01	65
TABELA 23: ATIVIDADES INTERNAS DE <i>SETUP</i> PRESENTES NA MUDANÇA DE ROLO DE MATÉRIA-PRIMA NO EQUIPAMENTO COM 2 COLABORADORES E COM A UTILIZAÇÃO DE FITA ADESIVA RESISTENTE	67
TABELA 24: NOVO PROCEDIMENTO DE TRABALHO	68
TABELA 25: FLUXOGRAMA DO NOVO PROCEDIMENTO DE TRABALHO	68
TABELA 26: MELHORIAS IMPLEMENTADAS E RESPECTIVOS RESULTADOS	81

ÍNDICE DE EQUAÇÕES

EQUAÇÃO 1: CÁLCULO DO OEE	23
EQUAÇÃO 2: DISPONIBILIDADE	24
EQUAÇÃO 3: DESEMPENHO	24
EQUAÇÃO 4: QUALIDADE	24
EQUAÇÃO 5: TEMPO DE PRODUÇÃO PLANEADO.....	37
EQUAÇÃO 6: TEMPO DE OPERAÇÃO	37
EQUAÇÃO 7: PEÇAS BOAS	37

1. INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO E MOTIVAÇÃO

1.2. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

1.3 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

1.4 ESTRUTURA E ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

1 INTRODUÇÃO

Nos dias de hoje, o tecido empresarial encontra-se cada vez mais globalizado e competitivo, onde a qualidade, o custo, a variedade e o cumprimento dos prazos de entrega são fatores primordiais para o cliente. Assim sendo, para melhor responder a estas exigências as empresas necessitam de encontrar estratégias para tornar os seus processos mais flexíveis, eficazes e eficientes (Félix, 2013).

Atualmente, os ambientes industriais concentram-se na eliminação de desperdícios por forma a maximizar as atividades de valor acrescentado e isso passa frequentemente pela diminuição do tempo de paragem dos seus equipamentos. A par disso, a diversidade dos produtos e aumento das encomendas levam as organizações a otimizar os seus processos de *setup* nos equipamentos para produzir as diferentes referências necessárias. Tornar os *setups* mais rápidos é manter a máquina menos tempo parada, ao mesmo tempo que converge com a necessidade de diminuir as operações de valor não acrescentado.

A metodologia SMED (*Single Minute Exchange of Die*) surge no sistema de produção da Toyota e é nos dias de hoje uma das metodologias integradas no modelo do *Lean Manufacturing*. Aborda um conjunto de técnicas como forma de minimizar os tempos de *setup*, contribuindo para a diminuição dos tempos de paragem dos equipamentos, aumentando o rendimento da produção.

Os *setups* embora não acrescentem valor são, regra geral, fundamentais nos meios industriais. Dependendo da diversidade de produtos e das respetivas quantidades, a rapidez nas atividades de troca de referência que englobam o *setup*, pode ser vital quando se trata do sucesso ou insucesso de uma empresa na sua prestação, perante os clientes.

1.1 Enquadramento e Motivação

O trabalho aqui presente foi elaborado no âmbito da dissertação em Engenharia e Gestão Industrial, integrada no plano curricular do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, do Instituto Superior de Engenharia do Porto, e tem como objetivo descrever e sistematizar a implementação da ferramenta SMED na empresa Pertecno, identificando as ações de melhoria, os resultados obtidos, bem como as dificuldades sentidas durante a implementação.

1.2 Metodologia de Investigação

Durante a realização deste trabalho foi utilizada a metodologia da Investigação – Ação, que segundo Coutinho, Sousa, Dias, Bessa, Ferreira & Vieira (2009), é uma metodologia de pesquisa essencialmente prática e aplicada, que se rege pela necessidade de resolver problemas reais. Consideram que esta metodologia tem dois objetivos fundamentais:

compreender, melhorar e reformar práticas e também intervir em pequena escala no funcionamento de entidades reais e na análise detalhada dos efeitos dessa intervenção. A metodologia de Investigação-Ação utilizada no decorrer deste trabalho destaca-se das restantes metodologias pelos seguintes aspetos:

- É participativa e colaborativa, no sentido em que implica todos os intervenientes no processo;
- É prática e interventiva, pois não se limita ao campo teórico, a descrever uma realidade, intervém nessa mesma realidade;
- É cíclica porque a investigação envolve uma espiral de ciclos, nos quais as descobertas originais geram possibilidade de mudança, que são então implementadas e avaliadas como introdução do ciclo seguinte;
- É crítica, na medida em que a comunidade crítica de participantes não procura apenas melhores práticas no seu trabalho, dentro das restrições dadas, mas também atuam como agentes de mudança, críticos e autocríticos das eventuais restrições.
- É auto-avaliativa porque as modificações são continuamente avaliadas, numa perspetiva de adaptabilidade e de produção de novos conhecimentos.

De acordo com estes autores, fazer investigação-ação implica planear, atuar, observar e refletir mais cuidadosamente do que aquilo que se faz no dia-a-dia, no sentido de induzir melhorias nas práticas e um melhor conhecimento dessas mesmas práticas. São metas da investigação – ação:

- Melhorar e/ou transformar a prática social e/ou educativa, ao mesmo tempo que procuramos uma melhor compreensão da referida prática;
- Articular de modo permanente a investigação, a ação e a formação;
- Aproximarmo-nos da realidade: veiculando a mudança e o conhecimento;
- Fazer dos educadores os protagonistas da investigação.

Susman (1983) distingue 5 fases (Figura 1) que devem ser levadas a cabo durante a investigação.

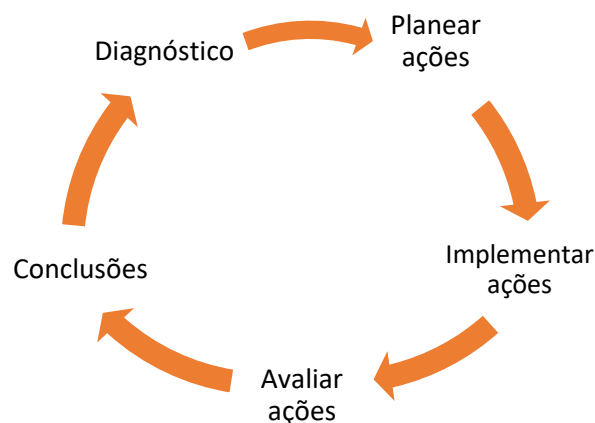


Figura 1: Ciclo da Metodologia Implementação – Ação (Adaptado de *Susman*, 1983)

Inicialmente o problema deve ser claramente identificado e os dados agregados para um diagnóstico mais detalhado. De seguida devem ser reunidas várias possíveis soluções das quais emerge apenas uma que deverá ser implementada. Após a análise dos dados resultantes da intervenção e das descobertas serem interpretadas será identificado se a solução foi ou não bem-sucedida. Aqui o problema é reavaliado e será iniciado um novo ciclo. O processo continua até o problema ser resolvido como tenta ilustrar a Figura 1.

Na fase de diagnóstico identificou-se e definiu-se o problema e a presença de vários tipos de desperdícios. Como exemplos disso verificou-se a grande quantidade de tempo gasta por um colaborador a alimentar o desenrolador com matéria-prima e as deslocações e tempo de trabalho não *standarizado* à procura e aquisição de ferramentas necessárias à alocação dos rolos de matéria-prima nos desenroladores para abastecimento às perfiladoras. Na fase de planeamento identificaram-se várias ações a planear tendo sido usadas ferramentas *Lean* adequadas aos problemas encontrados. Para isso, planeou-se fazer reuniões de *Daily Kaizen* com o intuito de informar e sensibilizar todos os colaboradores simultaneamente para a organização e limpeza da área de produção e armazém e comunicar as reclamações e problemas existentes ao longo do tempo. Também foi planeado estudar o OEE (*Overall Equipment Efficiency*) inicial, implementar as ferramentas *Lean* propostas e avaliar por fim o OEE final.

A fase seguinte consistiu na implementação de ações onde foram esquematizadas e simuladas as soluções pretendidas. Para isso, foram implementadas reuniões com duração de 10 min, três vezes por semana. Foram determinados durante 8 h de trabalho os parâmetros necessários para o cálculo do OEE inicial, foram implementadas as metodologias 5S's, SMED (*Single Minute Exchange of Die*) e TPM (*Total Productive Maintenance* – Manutenção Produtiva Total) e durante um dia de trabalho de 480 min foi calculado o OEE final. Na fase de avaliação e discussão de resultados foram comparadas medidas de desempenho para se poderem avaliar as consequências da ação elaborada e discutir resultados. Assim, foram comparados os tempos iniciais de alocação de rolos de matéria-prima no desenrolador com os tempos depois da aplicação do SMED, foram também comparados os valores de OEE inicial e final e ainda se verificaram as melhorias implementadas com o TPM.

Na última fase, que é de conclusão e aprendizagem, identificaram-se os principais resultados e apresentaram-se as soluções que trouxeram mais vantagem ao sistema produtivo, como as melhorias de tempo e menores deslocações para a alimentação dos desenroladores de matéria-prima, as melhorias de organização e limpeza dos postos de trabalho e melhorias na manutenção preventiva e de segurança dos colaboradores.

1.3 Apresentação da Empresa

A PERTECNO é uma empresa especializada no fabrico de Perfis Técnicos para a área da construção civil.

A PERTECNO iniciou a sua atividade em 2004, na rua das fábricas, em Espinho, com a produção de perfis para monomassas e rebocos projetados mecanicamente. No ano de

2006 inicia o fabrico e comercialização de perfilaria para o sistema de isolamento térmico para o exterior (também conhecido por ETICS). Em 2007 muda as suas instalações para a rua Heliodoro Pereira da Silva, na mesma cidade, tendo também adquirido uma nova linha de produção para perfis em Alumínio perfilados a frio. No ano de 2008 começa a produzir perfis para a estrutura de placas de gesso cartonado, tendo mudado para novas instalações sitas na Zona Industrial de Espinho, no decorrer do ano de 2009. Em 2010 instala uma linha de produção para perfis de isolamento térmico e em 2011 aumenta a sua capacidade de transformação de chapa galvanizada com a aquisição uma perfiladora e uma unidade de estampagem. Em Novembro de 2012 e dada a necessidade de aumento de espaço muda-se para as instalações atuais, na Zona Industrial Olho Marinho em Ovar, instalando mais uma linha de perfilagem a frio.

Em Abril de 2013 a PERTECNO criou uma parceria estreita com uma empresa marroquina de nome PERTECNO MAROC SARL, de modo a distribuir os seus produtos no mercado Magrebino.

Em novembro 2014 a PERTECNO amplia as suas instalações tendo duplicado o espaço (Figura 2).

Em setembro de 2015 inicia a produção de perfilaria para o sistema construtivo de “*Ligth Steel Frame*”. Esta nova gama de produtos implicou a aquisição de nova linha de produção.



Figura 2: Instalações atuais da Pertecno em Ovar

Com intenção de aumentar a sua capacidade produtiva em março de 2017 adquire nova máquina perfiladora, dedicada ao fabrico de montantes e raias para o sistema de construção a seco baseada em placas de gesso cartonado.

1.4 Estrutura e Organização da Dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em quatro capítulos.

Este primeiro capítulo apresenta uma introdução ao trabalho, abordando os objetivos e a importância do mesmo, a metodologia de investigação utilizada e uma pequena apresentação da empresa.

O segundo capítulo remete-se ao enquadramento teórico, as bases conceptuais que sustentam este trabalho.

O terceiro capítulo apresenta o *layout* e o fluxo produtivo da empresa, expõe a avaliação do OEE inicial e final, aborda a implementação da metodologia SMED, as ações de melhoria, resultados obtidos e aplicação dos oito pilares do TPM bem como os seus resultados.

Por último, no quarto capítulo, são apresentadas as conclusões do trabalho, bem como algumas sugestões de melhoria a desenvolver futuramente e dificuldades sentidas ao longo do trabalho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 *LEAN THINKING*

2.2 A FERRAMENTA SMED

2.3 EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DA FERRAMENTA SMED

2.4 INDICADOR OEE (*OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS*)

2.5 *DAILY KAIZEN*

2.6 TPM (*TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE*)

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo faz-se uma revisão bibliográfica centrada no tema do SMED, onde é enquadrada a ferramenta e explicada a ferramenta. É envolvida a ferramenta na filosofia *Lean* e são evidenciados pré-requisitos e exemplos de aplicação. São igualmente exploradas ferramentas empregues na aplicação da metodologia e ainda explícitas limitações na aplicação da ferramenta SMED.

2.1 *Lean Thinking*

Segundo Womack & Jones (2003), a filosofia *Lean* pretende alcançar a forma mais eficaz, através da melhoria contínua de processos, de realizar determinada tarefa sem interrupções, especificando o respetivo valor e eliminando todas aquelas que não acrescentam valor, sem nunca esquecer as necessidades dos clientes.

O conceito de desperdício, com a sua origem no termo japonês “*Muda*”, é toda e qualquer atividade que consome recursos, mas que não cria nenhum valor (Womack & Jones, 2003).

Segundo Taiichi Ohno (1988), existem sete tipos de desperdícios:

1. Excesso de produção ou sobreprodução – Quando são produzidas quantidades superiores ao requerido, o que origina um aumento de custos de inventário, quer de matéria-prima, quer de produto acabado.
2. Paragem – Corresponde aos períodos de inatividade, ou seja, tempo perdido à espera de ordens, materiais, resolução de avarias e pode ainda estar relacionado com problemas de *layout*.
3. Transporte – Considera-se transporte todo o movimento de bens e pessoas entre dois pontos, através de um determinado meio ou mecanismo. Como é uma atividade que não acrescenta qualquer tipo de valor ao produto final, torna-se fundamental eliminar ou reduzir qualquer transporte desnecessário.
4. Excesso de processamento – Processos desnecessários ou que não estavam previstos na conceção do produto e que na perspetiva do cliente não acrescentam valor e pelas quais não está disposto a pagar.
5. Inventários – Consequência do excesso de produção e consiste na posse de matérias-primas, produtos semiacabados ou produtos acabados, durante um determinado período de tempo.
6. Movimentação – Resulta da movimentação dos operadores ao longo do dia de trabalho. Estas atividades que não agregam valor ao produto devem ser reduzidas ao mínimo possível, ou mesmo eliminadas.
7. Defeitos – Produtos defeituosos revelam problemas nas fases de processamento, problemas de qualidade do produto ou baixo desempenho.

Segundo Oliveira, Sá & Fernandes (2017) um sistema de produção *Lean* está focado na redução de custos e aumentos no volume de negócios através da eliminação sistemática e contínua de todas as atividades que não possuem valor agregado. Num mercado cada vez mais competitivo, este tipo de produção ajuda as organizações a obter uma maior produtividade através da introdução de técnicas e ferramentas fáceis de aplicar e manter. Existe um conjunto de ferramentas que permitem eliminar a *Muda*:

- a) *Standard Work* - é uma ferramenta *Lean* desenvolvida por Ohno na década de cinquenta e é definido como o grau de regras e procedimentos operacionais que são formalizados e executados. O método visa eliminar a variação e a inconsistência dos resultados instruindo os trabalhadores a executar atividades seguindo procedimentos claramente definidos. Apresenta os principais benefícios: redução de custos, melhoria de qualidade, envolvimento do trabalhador e melhoria contínua;
- b) *VSM (Value Stream Mapping)* – é um método desenvolvido por Rother & Shook, que permite uma visão geral do fluxo de material desde a aquisição da matéria-prima até à expedição final do produto. O uso do VSM ajuda na identificação de algumas fontes de desperdício, fornece uma linguagem comum para sua análise e facilita a compreensão das dependências do fluxo de material. Contudo existem outras metodologias com o mesmo propósito, como o *Spaghetti Diagram* o *WID (Waste Identification Diagram)*. O WID desenvolvido por Sá (2010) é capaz de descrever unidades de produção com preciosas informações visuais, permitindo que os gerentes identifiquem as principais formas de desperdício associadas ao fluxo de materiais (*stock*, superprodução e transporte). O tamanho das áreas e volumes é proporcional ao desperdício de produção, por isso é fácil identificar os locais dos processos mais críticos, ou seja, com maior responsabilidade na geração de desperdícios (Sá, Carvalho & Sousa, 2011).
- c) 5S - foi desenvolvida no Japão por Sakichi Toyoda, Kishiro Toyoda e Taiichi Ohno em 1960. Esta ferramenta visa alcançar um espaço de trabalho limpo e organizado. O método consiste no seguimento sequencial de cinco etapas: *Seiri (Sort)* - Consiste na remoção de tudo o que é considerado desnecessário; *Seiton (Set in order)* - Deve haver um lugar para tudo e tudo deve estar no seu lugar; *Seiso (Shine)* - A limpeza do espaço de trabalho é essencial; *Seiketsu (Standardize)* - Para otimizar os primeiros três S, os padrões devem ser criados e seguidos; *Shitsuke (Sustain)* - O último passo consiste em desenvolver um método para garantir que a técnica 5S seja seguida.
- d) *Kanbans* - desenvolvido por Ohno nas linhas de produção da Toyota. *Kanban* pode ser traduzido do japonês como cartão ou sinal. O conceito deste método consiste em promover o reabastecimento de materiais somente quando necessário, recebendo e enviando sinais, geralmente sob a forma de cartões. Este processo pode ser interno ou externo à empresa.

- e) *Yamazumi* - é o procedimento de alocação de tarefas dentro de uma linha de produção distribuindo a quantidade de trabalho uniformemente. Para atingir este objetivo, os conceitos de tempo de ciclo e *takt time* devem ser conhecidos. *Takt Time* está relacionado com a procura e o seu valor representa a frequência com que é necessário produzir um item. O tempo de ciclo é a quantidade de tempo necessário para completar um ciclo de uma operação. Uma vez que diferentes estações de trabalho geralmente têm tempos de ciclo diferentes, a frequência de saída do sistema corresponde ao tempo de ciclo da estação de trabalho mais lenta, o gargalo.
- f) TPM (*Total Productive Maintenance*) – foca-se ativamente na manutenção de melhoria e faz descentralizar as operações de manutenção um pouco mais para o lado dos operadores das máquinas (Cabral, 2006). O TPM torna-se uma das bases para a estabilidade e melhorias do desempenho operacional e é uma ferramenta chave que permite que a gestão da produção atinja níveis altos de eficiência e eficácia.
- g) SMED (*Single Minute of Die*) - tem como principal objetivo a redução do tempo de *setup* de máquinas ou de linhas de produção.
- h) OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) - é um indicador usado na medição da eficiência dos equipamentos a nível industrial e é a base do processo de melhoria contínua com suporte nos equipamentos, que assenta na eliminação dos desperdícios dos mesmos. O OEE está dividido em três componentes, Disponibilidade (mede o tempo em que o equipamento está disponível a produzir), Eficiência (mede a capacidade do equipamento para produzir à velocidade programada) e Qualidade (mede a capacidade do equipamento de produzir artigos sem defeitos).

2.2 SMED

O Sistema de Produção Toyota (TPS), criado por Eiji Toyoda e Taiichi Ohno na década de 1950, ganhou os seus primeiros contornos na literatura académica com o professor Yasuhiro Monden. Com o TPS procura-se, principalmente, a eliminação de desperdícios, e para tal, foram criadas técnicas como: a produção em pequenos lotes, redução de inventários, alto foco na qualidade, manutenção preventiva, entre outras. A produção em pequenos lotes e a redução de inventários incentivam ações no sentido da redução do tempo de *setup* de acordo com Godinho Filho e Fernandes (2004).

A ferramenta mais conhecida e utilizada para a redução dos tempos de *setup* é conhecida pela sua sigla, SMED. A sigla significa *Single Minute Exchange of Die* que, como o próprio nome refere permite aos seus utilizadores atingir um tempo de troca de ferramenta abaixo dos dez minutos. Esta metodologia foi desenvolvida por *Shigeo Shingo*, ao longo de uma década de trabalho enquanto consultor em várias empresas.

Setup corresponde à mudança de ferramentas e é o período de paragem entre as produções, durante a troca de produto.

Segundo Antosz & Pacana (2018), a implementação deste método reduz o tempo de troca de ferramentas, o que é um desperdício. Este método possibilita a implementação de um fluxo contínuo do produto sem longos períodos de espera e, o mais importante, sem perda de desempenho. Para conseguir isso, é essencial transformar a sistema de produção a partir da produção em massa para a pequena produção em série.

O primeiro passo da metodologia SMED deu-se quando *Shingo*, ao observar a troca de ferramentas na fábrica da japonesa Mazda, criou a distinção entre *setup* interno e *setup* externo. *Setup* interno ou *Inside Exchange of Die* (IED) é o período que engloba todas as atividades que apenas podem ser realizadas com a máquina parada. Enquanto o *setup* externo ou *Outside Exchange of Die* (OED) agrupa as atividades que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento (Shingo, 1985). Esta distinção permite que uma série de atividades importantes para a troca de ferramentas sejam realizadas ainda antes de a máquina ser parada ou após ser reposta em funcionamento, podendo com isto obter-se poupanças de 40% no tempo total de *setup*. Alguns anos depois, já na Toyota, quando confrontado com a necessidade de reduzir drasticamente o tempo de *setup* de uma prensa de mil toneladas, Shingo idealizou a conversão de *setup* interno em *setup* externo. Esta conversão permitiu uma redução de 90 min para 3 min. O principal mérito da metodologia de Shingo é ter tido a capacidade de alterar o paradigma estabelecido até então relativo aos tempos de troca de ferramentas. Estes eram aceites como necessariamente longos, como um mal necessário, mas Shingo recusou-se a encarar os *setups* desta forma e demonstrou que independentemente da máquina em questão, os tempos de *setup* podem ser reduzidos.

O SMED é, segundo Shingo, o autor de *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*, aplicável a qualquer máquina de qualquer fábrica.

Como ferramenta inserida na filosofia *Lean*, que visa à eliminação ou redução de inventários e desperdícios, o SMED permite que à medida que diminuimos os tempos de mudança de referência, diminuamos também os nossos lotes, o que por sua vez conduz à redução dos inventários e dos custos a eles associados e a uma produção mais eficiente.

Segundo Lozano, Saenz-Díez, Martínez & Blanco (2016) existem vários indicadores que podem ser usados para medir e avaliar o sucesso ou o fracasso da implementação da ferramenta SMED. No entanto, a principal preocupação é saber quais os parâmetros a serem usados dependendo do que deve ser medido. Os indicadores como eficiência global (GE) e eficiência geral do equipamento (OEE) podem ser usados permitindo a avaliação da evolução da implementação e comparação com um objetivo global. No entanto, se o que é necessário é ver a evolução das máquinas como uma unidade, os parâmetros a serem utilizados são os seguintes: tempo médio entre falha (MTBF), tempo médio de falha (MTTF) e o tempo médio para reparar tal falha (MTTR).

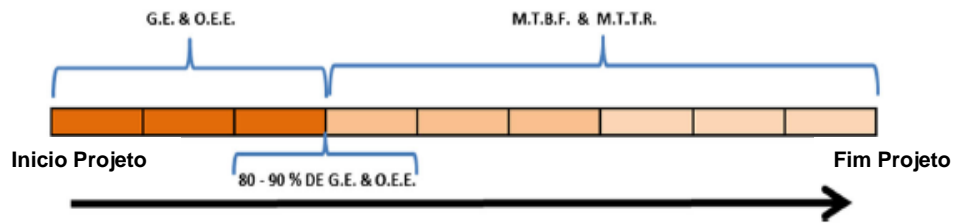


Figura 3: Planejamento de implementação da metodologia SMED (adaptado de Lozano *et. al*, 2016)

Conforme mostra a linha de tempo da Figura 3, no início é melhor usar o método de medição clássica e mais comum como o uso de dados GE e OEE. Isso faz sentido até porque os tempos de troca são estáveis.

Uma vez que este marco é alcançado, a medição dos parâmetros MTBF e MTTR começam de forma a se concentrar mais nos aspectos técnicos das máquinas. Esta técnica é recomendada quando se torna difícil conseguir a melhoria desejada. Como em todos os projetos, até certo ponto, é relativamente fácil obter melhorias porque elas são alcançadas realizando ações facilmente observadas e medidas. Mas chega um momento em que a melhoria é mais complicada, porque as melhorias já não são tão óbvias, o que exige o uso de indicadores mais precisos e focalizados. Neste caso, recomenda-se o uso dos indicadores MTBF e MTTR para ajudar a medir as operações da máquina quando estão em ótimo estado.

Além disso, Lozano *et. al* (2016) prova que uma boa aplicação SMED não só reduz o tempo de troca de ferramentas, mas também melhoram os tempos de MTBF e de MTM. Isso ajuda a uma dupla melhoria de resultados, uma vez que implica uma melhoria na redução de avarias, falhas e paragens. De forma sucinta:

$$\downarrow \text{Tempo de mudança} = \uparrow \text{Tempo de MTBF} = \downarrow \text{Tempo de MTTR}$$

2.2.1 Implementação da Ferramenta SMED

Para a implementação desta ferramenta numa empresa, deverão ser seguidas vários estágios de desenvolvimento (Figura 4).



Figura 4: Implementação do SMED, Adaptado de Shingo (1985)

No estágio preliminar é necessário contabilizar e registar os tempos da mudança de ferramenta. Ao medir tempos deve-se ter em consideração o número de operadores, e é importante que todos sejam seguidos independentemente. É ainda fundamental um aviso e explicação prévia, para que todos os colaboradores envolvidos saibam o porquê, e qual o objetivo da ação.

Sabendo que as operações internas (IED) são as que apenas podem ser realizadas com a máquina imobilizada, e que as operações externas (OED) são as que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento, no estágio 1 de implementação é importante dividir as operações consoante estes dois grupos. Caso as operações externas não possam ser eliminadas, deverá proceder-se à sua execução antes do período de mudança de ferramenta, e caso as operações internas não possam ser eliminadas, deverão ser executadas no exato momento em que a máquina se imobiliza após ter terminado a série em curso.

O estágio 2 é o mais importante deste método, sendo realizado após um levantamento detalhado de todas as operações, para se conseguir realizar uma melhor preparação da mudança a efetuar. Nesta fase, será também elaborado um atual procedimento de troca de ferramentas, onde serão descritas quais as operações a realizar, devendo possuir informações importantes para a realização da mesma.

No último estágio deve ser proporcionada formação aos colaboradores do novo procedimento de troca de ferramenta, principalmente aos operadores que participam diretamente nessa mudança (Figura 5).

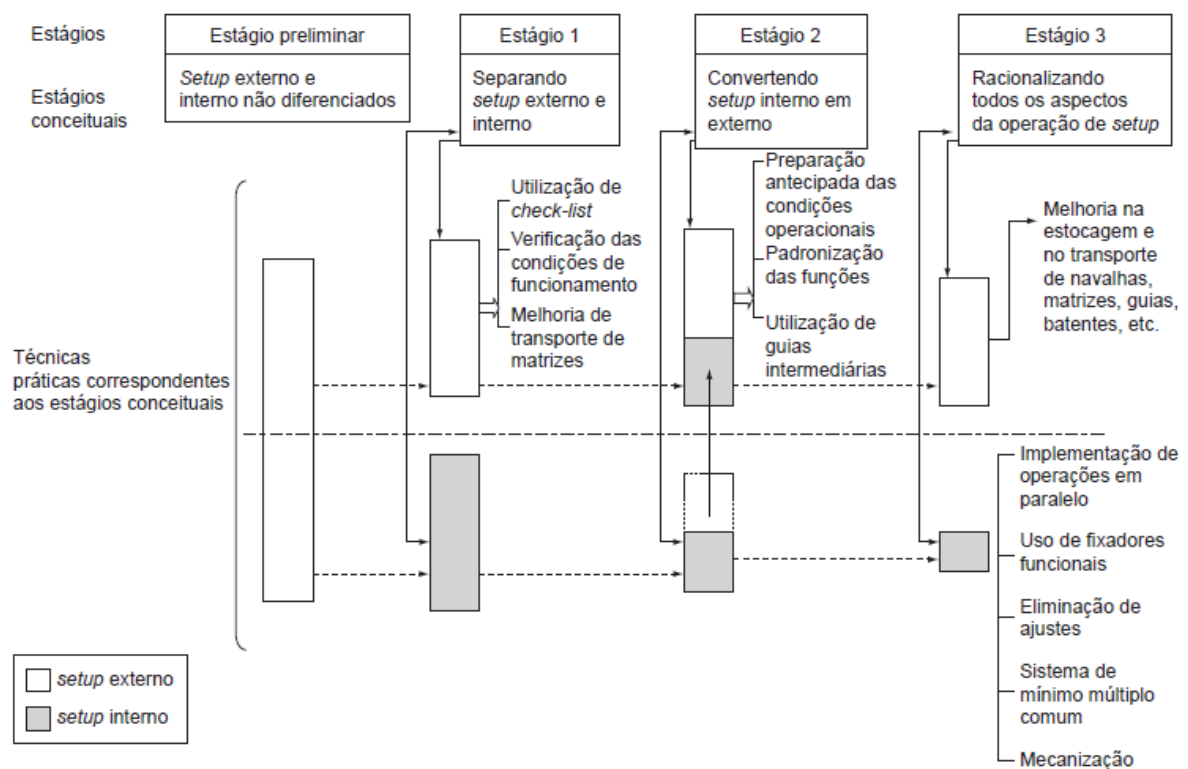


Figura 5: Estágios para implementação do SMED, Shingo (2000)

2.2.2 Vantagens SMED

A utilização desta ferramenta é de grande importância para uma empresa, pois hoje em dia, os clientes procuram para além de preços mais competitivos, também precisão, uma maior qualidade e tempos mais reduzidos (Domingues, 2012).

As principais vantagens na implementação do SMED são as seguintes:

- Flexibilidade, uma vez que não requer um elevado *stock* de matéria-prima devido à constante mudança de referência;
- Entregas mais rápidas devido à existência de lotes mais pequenos;
- Maior qualidade, decorrente da diminuição de tempos;
- Aumento da eficiência, pela redução dos períodos de mudança de ferramenta.

Além destes benefícios, Shingo (1985) refere alguns efeitos inerentes à implementação desta metodologia, tais como:

- Aumento da taxa de retorno do capital investido;
- Ocupação mais eficiente do espaço reservado aos *stocks*;
- Aumento da disponibilidade dos equipamentos;
- Aumento da capacidade produtiva;
- Aumento da qualidade dos produtos;
- Redução da necessidade de pessoal qualificado;
- Aumento do tempo de produção.

2.2.3 Limitações do SMED

Apesar de todas as mais-valias desta metodologia, esta não escapa também a reparos de alguns críticos que acreditam que certos pontos importantes da mudança de ferramenta não foram analisados.

- A enorme importância dada por Shingo à diferenciação entre *setup* interno e externo retira ênfase ao terceiro estágio da sua metodologia e em especial à importância das melhorias de projeto das máquinas. Nas situações em que o tempo de transição entre lotes já seja reduzido ou que não seja possível reduzi-lo meramente pela conversão de *setup* interno em externo, as melhorias de projeto serão fundamentais (Claunch, 1996).
- Outro ponto alvo de crítica é o facto de Shingo não fazer referência à importância da sequência de produção aquando do estudo das trocas de ferramenta. Duas referências com características muito diferentes podem levar a uma operação de *setup* mais prolongada. Esta situação deve ser contemplada ao nível do planeamento da produção, pois os tempos de *setup* apresentam variações significativas em função da sequência das referências em troca (Claunch, 1996).
- Outra das críticas efetuadas à abordagem de Shingo à atividade de troca de ferramenta é a negligência dos períodos de aceleração (*run-up*) e desaceleração

(*run-down*). A figura 6 ilustra a quebra total na produção do equipamento a partir do momento de *setup* com a sua paragem e, a curva crescente durante o período de aceleração o qual está associado a perdas produtivas em função do seu tamanho. O foco da metodologia de Shingo na sua conceção inicial está apenas na redução das perdas associadas ao período de *setup* em si. Contudo a atividade de troca, sendo compreendida entre dois outros períodos de perdas (desaceleração e aceleração), deve contemplar as melhorias que se podem fazer a esse nível. De acordo com McIntosh, Culley, Mileham & Owen (2005), as perdas mais significativas fora do período de *setup* ocorrem durante a aceleração, até à estabilização do equipamento. Uma abordagem mais otimizada da aplicação do SMED deve envolver a redução do tempo de troca de referência como um todo e não apenas o momento do *setup*.

- Influência do *design*: a fase de projeto das máquinas, equipamentos e ferramentas influem de forma significativa na melhoria das atividades de *setup* (Sugai *et al.*, 2007). Estas melhorias são objetos de aprofundamento de estudo pela equipa *Design and Manufacturing Group* que gerou o conceito de “projeto para redução de *setup*” (*design for changeover*). Os autores McIntosh *et al.* (2005) apontam dois benefícios de destaque com o *design for changeover*.

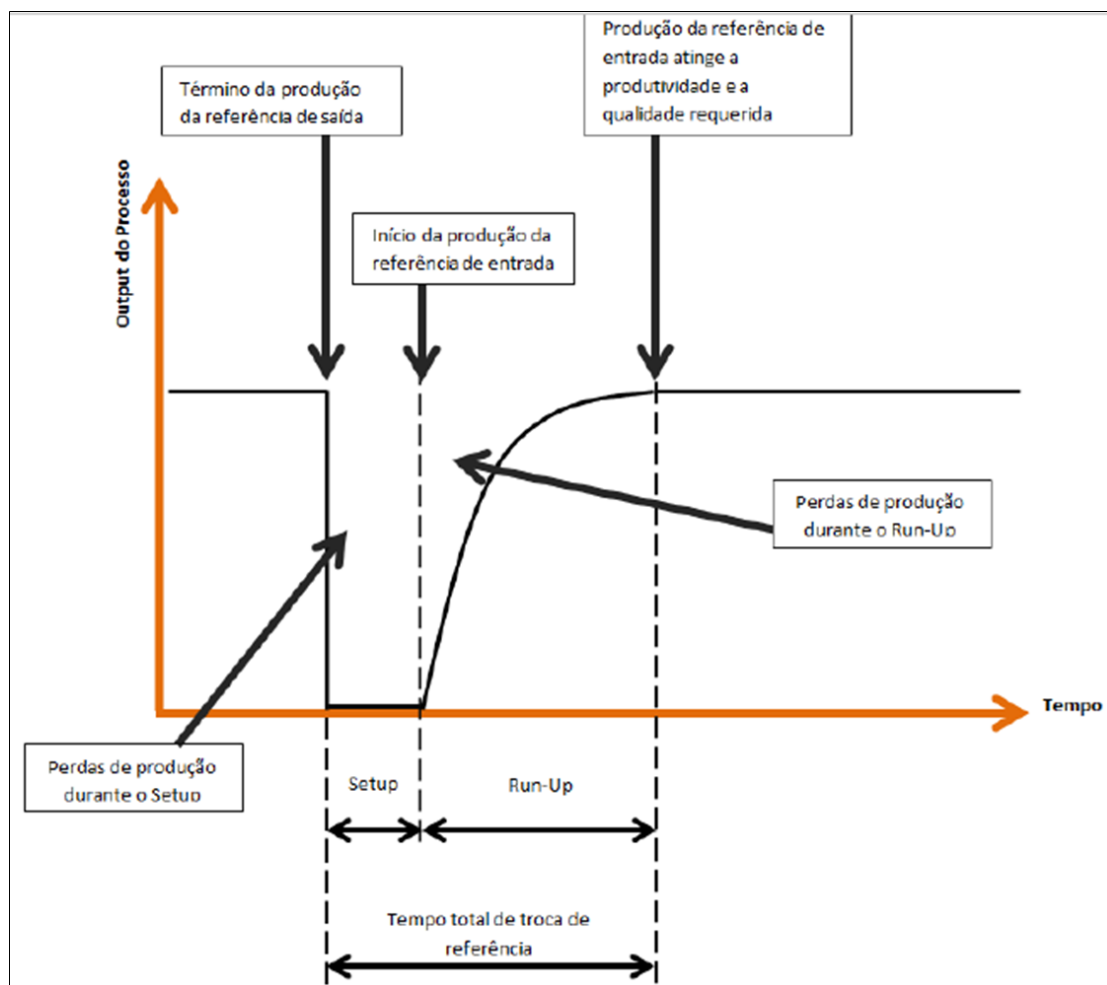


Figura 6: Representação das etapas da troca de referência e as perdas associadas. Adaptada de McIntosh *et al.* (2005).

Primeiro mencionam a possibilidade de reduzir o impacto restritivo do período de aceleração na capacidade produtiva, e em segundo lugar, garantir maior estabilidade nos tempos de *setup* no longo prazo.

- Fatores humanos: O aspeto essencial é o fator tempo, quando se fala em otimização dos *setups*. Mas Van Goubergen & Lockhart (2005) evidencia que a componente humana tem sido considerada como implícita a todo o processo, porém não estudada de forma mais profunda. De acordo com esta publicação os fatores humanos e ergonómicos podem fornecer conteúdos importantes para uma melhoria ainda mais abrangente dos tempos de *setup*, ao aplicar ferramentas como o SMED. Um estudo publicado por Van Goubergen *et al.*, (2005), distribui um conjunto de fatores humanos e quantifica o número de regras de *design* que os contemplam, conforme está representado na figura 7.

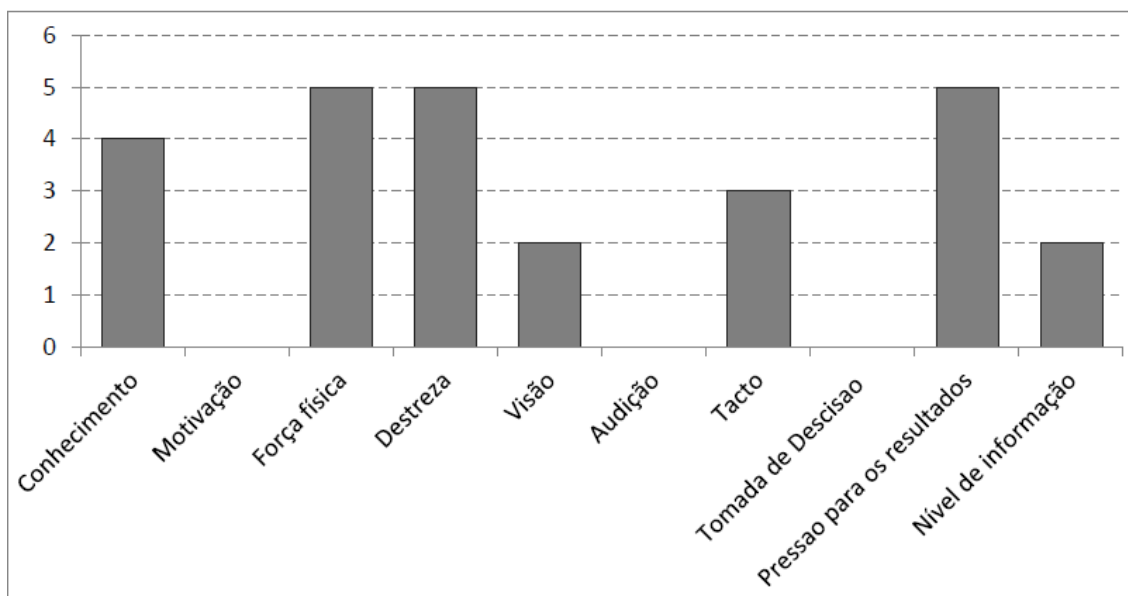


Figura 7: Relação entre os diversos fatores humanos e o número de regras de *design* que estão focadas neles. Retirado de Van Goubergen *et al.*, (2005).

- Na abordagem de Owen, Matthews, McIntosh & Culley (2006) a envolvente associada aos processos de troca de referência, distribui-se na dinâmica dos “4P”: - Pessoas, Práticas (metodologias aplicadas), Processos e Produtos, balanceada pelos *inputs* “organização” e “design”. Ao aplicar-se o SMED na otimização das trocas de referência, a sua performance vai estar evidentemente relacionada com essas mesmas variáveis. Uma metodologia assertiva deve contemplar os fatores humanos e uma organização consciente encara as pessoas como elemento fundamental. O sucesso do SMED depende no fundo da cultura organizacional e dos targets definidos pelas hierarquias superiores face à sua realidade, capacidades e natureza dos processos.

2.2.4 Exemplos de aplicação do SMED

Sabadka, Molnar & Fedorko (2017) aplicou esta metodologia numa empresa de engrenagens. Os eixos dentados são montados em matrizes de montagem, que são movidas para a máquina de afiar. No presente, um tipo diferente de matriz de montagem é usado para cada tipo de eixo dentado (5 tipos), resultando num tempo de conversão aumentado. O objetivo da otimização era projetar uma montagem universal de matriz de montagem para todos os 5 tipos de eixo dentado, substituindo os tipos de corrente (Figura 8).



Figura 8: Eixo dentado montado na matriz de montagem (Sabadka *et. al.*, 2017)

Depois de modelar todos os componentes e criar no programa *Catia*, os componentes das novas matrizes de montagem (matriz para eixo do tipo 1 e 2 e matriz para o eixo do tipo 3, 4 e 5) foram então fabricados e testadas como protótipos.

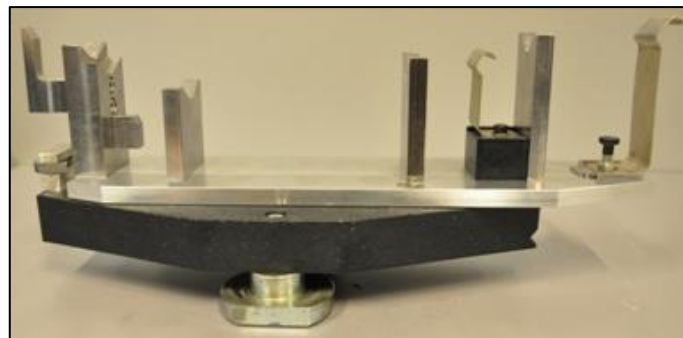


Figura 9: Matriz universal para eixos tipo 1 e tipo 2 (Sabadka *et. al.*, 2017)

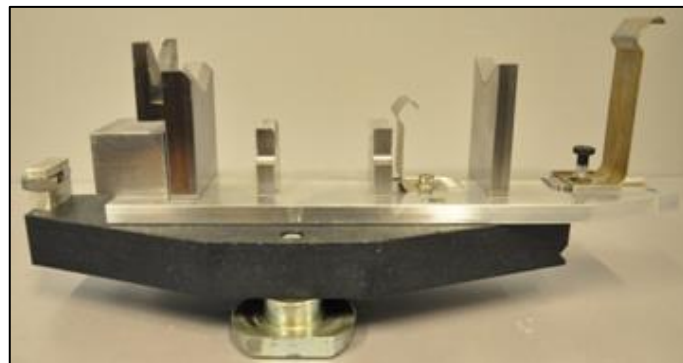


Figura 10: Matriz universal para eixos tipo 3, 4 e 5 (Sabadka *et. al.*, 2017)

Ao modificar esta nova matriz universal (Figuras 9 e 10), um total de 6,87 min foi salvo numa mudança. O tempo de cada mudança diminuiu, portanto, de uma média de 1.01 h para 0.89 h, o que é uma otimização de tempo de 11,9%.

Durante o período de 9 semanas de análise verificou-se o seguinte: o número médio de mudanças por semana é 18 e o tempo médio de mudança semanal é $1,01 \text{ h} \times 18 = 18,18 \text{ h}$. O tempo semanal de mudança após otimizar passou a ser: $18,18 \text{ h} - (18 \times 6,87 \text{ min}) = 16,12 \text{ h}$, ou seja, o tempo de economia semanal após a otimização é de $18,18 \text{ h} - 16,12 \text{ h} = 2,06 \text{ h}$.

Assim sendo, ao otimizar o processo de mudança da matriz com a aplicação da ferramenta SMED notou-se um aumento da produtividade anual de engrenagens, produzindo-se mais cerca de 7222 unidades, um aumento de 0,48%.

Brito, Ramos, Carneiro & Gonçalves (2017) combinaram a ferramenta SMED com a ergonomia de forma a minimizar os tempos de *setup* tomando e analisando várias medidas. Uma das medidas tomadas foi a substituição da ferramenta chamada "Umbrako", que estava longe de ser ergonómico, por outro mais ergonómico e ágil, chamada chave ergonómica "T-handle" (Figura 11).

Essa melhora resultou num ganho de produtividade de 23% nesta operação, através da redução do tempo necessário para realizar as atividades de aperto de parafusos.

Essa alteração reduziu o tempo de configuração de 105 s a 85 s.

Depois de alterados e analisados outras duas posturas de trabalho, além de melhoria das mesmas, no final, o tempo necessário mudou de aproximadamente 105 min para 57 min, o que significou uma redução de 46%.



Figura 11: Mudança de ferramenta: "Umbrako" para "Chave ergonómica T-handle"

Timasani, Mahesh & Doss (2011) realizaram um estudo, numa linha de maquinaria CNC, recorrendo à implementação da ferramenta SMED com o intuito de melhorar a produtividade e aumentar a variabilidade de produtos. Timasani *et al.* (2011) estabeleceram como meta a redução do tempo de *setup*, na linha de maquinaria CNC, de duas horas e meia para menos de dez min, com recurso à aplicação de técnicas SMED. Para isso, foram propostos novos sistemas de mudança rápida de fixação denominados *Quick Change Fixture (QCF)* e *Quick Change Jaw (QCJ)*. Estas mudanças de projeto terão impacto direto na definição de parâmetros do processo onde foi estimada uma redução de tempo superior de 75%. Foi ainda estimado que o processo de reengenharia permitia uma redução de 10% do tempo de *setup*. O objetivo do projeto, na sua totalidade, visou na redução de 85% do tempo despendido em *setup*.

Puvanasvaran, Kim & Siang (2012) desenvolveram um estudo centrado no processo de esterilização industrial com o objetivo de desenvolver uma estrutura que envolva a

implementação da integração de ferramentas da qualidade na melhoria do OEE. Os autores selecionaram o processo de esterilização, como objeto de estudo, visto ser o gargalo que contribuía para retardar a produção e expedição. A aplicação da ferramenta SMED permitiu melhorias significativas na redução dos tempos de atividades sem valor acrescentado (NVA) e nas atividades de valor acrescentado (VA). As atividades de valor acrescentado antes da implementação da ferramenta SMED demoravam 585.73 min e com a implementação passaram a demorar 555.73 min, havendo uma redução de tempo de 30 min correspondente a 5.12% de melhoria. A implementação do SMED nas atividades sem valor acrescentado mostrou ainda melhores resultados, visto que antes da implementação eram necessários 367.37 min e depois passou a ser necessário somente 297.37 min, reduzindo assim em 70 min e numa percentagem de melhoria de 19%. O estudo do processo de esterilização culminou com o estabelecimento de um fluxograma para monitorização e melhoria do valor do valor de OEE integrando ferramentas da qualidade.

Sugai, McIntosh & Novaski (2007) realizaram um estudo de caso numa empresa metalomecânica da região de Campinas (Brasil) para verificar o fenómeno do período de aceleração e de desaceleração. O estudo foi realizado em três fases: a primeira consistiu de uma apresentação teórica a respeito de uma análise crítica do SMED, a segunda etapa consistiu na medição de tempos de saída de cada peça desta linha durante mais de três horas de produção. Durante este período, encerrou-se a produção de uma peça A, realizaram-se as atividades de *setup*, e em seguida, iniciou-se a produção da peça B, de outra família de produtos. A terceira e última etapa consistiu na análise de dados, composição de gráficos, e análise e discussão dos resultados entre os membros da equipa. A linha de produção analisada caracterizava-se pelo seu alto grau de automatização, com mais de 20 processos de produção integrados e eram acompanhados por apenas 4 operadores. O transporte das peças entre as máquinas era feito por linha *transfer* controlado por computador. Depois de cronometrados, registaram-se os seguintes dados: tempo entre a última peça A e a primeira peça B = 30 min, total de peças produzidas = 1.243 peças, média na desaceleração = 8,87 min (desvio = 4,52 min) e média na aceleração = 6,98 min (desvio = 5,19 min). Pode-se assim concluir que há uma oscilação muito grande na produção em duas situações: na primeira, após o 10^o min quando se iniciou o *setup* da linha; na segunda, durante o período de aceleração na produção da peça B notou-se a marcante presença de muitos minutos sem produção, somando-se um total de 14 min, mesmo após 30 min de *setup*. Tendo em conta que a média de tempo para cada peça é de 4,63 s, podem-se calcular quantas peças deveriam ter sido produzidas durante a análise realizada (190 min):

$$[(190 \times 60) \div 4,63] \times 85\% = 2.092 \text{ peças}$$

A taxa de 85% refere-se ao índice OEE para fabricação de classe mundial, utilizado nesta empresa como índice de ajuste de cálculo de capacidade de produção.

Tendo em conta que a produção foi de apenas 1.243 peças, calculou-se a diferença de peças que esperava ser produzida e o tempo sem produção:

$(2.092 \text{ peças} - 1.243 \text{ peças}) \times 4,63 \text{ s} = 3.930 \text{ s}$ ou 65,5 min

A quantidade ideal para um minuto de produção é $[60 \div 4,63] \times 85\% = 11$ peças.

Deve-se destacar que as médias nos dois períodos foram muito aquém da meta, o que significa grande perda de capacidade de produção. Os resultados alcançados com este estudo levam a uma reflexão a respeito da influência do *setup* na capacidade produtiva, assim como a correlação das características do sistema produtivo e sua flexibilidade quanto ao *setup*.

Roriz, Nunes & Sousa (2017) aplicaram alguns princípios de produção Lean e ferramentas para a melhoria dos processos de produção numa empresa de cartonagem. O equipamento chave da secção estudada consiste em três máquinas: CC1, CC2 e CC3. A sua principal função é a colagem de um microplano para um plano de papelão, tornando a caixa mais robusta. Foi determinado o tempo de *setup* por máquina e obtiveram-se os seguintes resultados: CC1 = 11.65 min, CC2 = 12.88 min e CC3 = 14.02 min. Para reduzir os altos tempos de *setup* das máquinas, foi elaborada uma proposta de melhoria que consiste em a implementação da ferramenta SMED na secção. Com a implementação desta ferramenta foi possível reduzir o tempo total de *setup* das máquinas CC1, CC2 e CC3 para os seguintes valores: CC1 = 7.53 min, CC2 = 5.10 min e CC3 = 7.63 min. A redução média nos tempos de mudança das três máquinas é de 47%. Sabendo que o tempo de trabalho diário é de 450 min (1 turno de 8 h), o desempenho do CC1 é em média de 54 planos por min, o desempenho do CC2 é em média de 64 planos por min e o desempenho do CC3 é em média de 59 planos por min. Conclui-se que a empresa adiciona um valor de 0,05 € ao produto final para cada plano produzido no processo de colagem e a soma dos lucros diários após a redução dos tempos de *setup* é dada por: $144 + 224 + 113 = 482 \text{ € / dia}$ ou 10114 € / mês .

Antosz *et al.* (2018) fizeram um estudo com o intuito de determinar quais os efeitos que podem ser esperados pela empresa após a implementação do SMED em várias bancadas de trabalho. Para a análise, foram selecionadas cinco bancadas de trabalho de produção. No processo de seleção, foram utilizados os seguintes critérios: o seu papel no processo de produção (gargalos (B), processo de suporte (SP)) e diferença no tipo (convencional (C), semiautomático (SA), automático (A)). As trocas foram analisadas nos seguintes postos de trabalho de trabalho: torno de corte de parafuso, fresagem CNC, laminador, máquina extrusora e máquina de moldagem por injeção. A Tabela 1 mostra a bancada de trabalho de acordo com os critérios de seleção.

Posto de Trabalho	Processo de Produção	Tipo de Produção
Torno de Corte	B	C
Fresagem CNC	SP	C
Laminador	SP	SA
Extrusora	B	SA
Moldagem por injeção	B	A

Tabela 1: Bancada de trabalho de acordo com os critérios de seleção. Adaptado de Antosz *et al.* (2018)

Ao escolher o processo analisado, dois critérios foram aplicados: o número de trocas durante um mês e a hora da mudança. A mudança escolhida para a análise baseou-se na matriz desenvolvida de trocas que ocorreram com maior frequência ou que tiveram a maior duração. O exemplo de uma matriz de transição é mostrado na Tabela 2. Para proteger os dados da empresa, as trocas são marcadas com as letras: C1, C2, C3 e C4. Neste caso, a mudança de C2 para C1 foi analisada: a taxa de trocas (20 por mês) e sua duração (15 min). A mudança estimada é de 300 min num mês.

	C1	C2	C3	C4		C1	C2	C3	C4
C1	-	2	4	2	C1	-	45	30	10
C2	20	-	8	9	C2	15	-	10	8
C3	6	20	-	12	C3	25	2	-	6
C4	5	10	6	-	C4	3	4	5	-
Nº de mudanças durante um mês					Duração da mudança				

Tabela 2: Matriz com nº de mudanças durante um mês e duração de cada mudança. Adaptado de Antosz *et al.* (2018)

Na análise foram recolhidos os dados: duração total das operações realizadas, a duração das atividades externas, duração das atividades internas, o número de operações internas, externas e de movimentos do operador durante a mudança (Tabela 3).

Posto de Trabalho	Tempo total de Mudança	Duração atividades externas	Duração atividades internas	Nº atividades internas	Nº atividades externas	Nº movimentos do operador
Torno de Corte (1)	04:21:46	00:04:36	04:17:10	26	3	23
Fresagem CNC (2)	00:34:44	00:00:00	00:34:44	23	0	22
Laminador (3)	01:58:00	00:40:25	01:17:35	45	11	12
Extrusora (4)	01:08:11	00:58:58	00:09:13	9	31	43
Moldagem por injeção (5)	02:17:00	00:48:00	02:29:00	56	22	250

Tabela 3: Tempo de mudança de ferramentas antes da aplicação da metodologia SMED (Antosz *et al.*, 2018)

O tempo mais longo de mudança foi registado no posto 1 e o mais curto no posto de trabalho 2. Este fato é devido à especificidade do trabalho nessas máquinas. Um torno é uma máquina-ferramenta convencional e uma fresadora CNC é uma máquina-ferramenta automática. O maior número de atividades externas foi registado no posto de trabalho 4 enquanto o posto 3 não realizou atividades externas. O maior número de movimentos foi realizado por um operador do posto de trabalho 5.

O número de melhorias propostas para os diferentes postos de trabalho é mostrado na Tabela 4. A maioria das melhorias foram sugeridas para o posto de trabalho número 5

Posto de Trabalho	Tempo total de Mudança	Duração atividades externas	Duração atividades internas	Nº atividades internas	Nº atividades externas	Nº movimentos do operador	Nº melhorias propostas	Tempo restante
Torno de Corte (1)	04:04:00	00:04:36	04:17:10	26	3	27	7	00:17:46
Fresagem CNC (2)	00:15:08	00:01:29	00:13:39	14	4	17	5	00:19:36
Laminador (3)	01:14:40	00:11:40	01:03:00	42	5	5	11	00:43:20
Extrusora (4)	00:48:58	00:40:09	00:08:49	9	28	33	26	00:19:47
Moldagem por injeção (5)	01:48:00	00:12:00	01:36:00	7	101	150	38	01:29:00

Tabela 4: Tempo de mudança de ferramentas após aplicação da metodologia SMED (Antosz *et al.*, 2018)

Após a implementação da ferramenta SMED, a maior duração foi identificada no posto de trabalho 1 e mais curto no posto 3. Como já verificado antes da implementação do SMED, o mais longo tempo de troca é de uma máquina convencional (1). O maior número de atividades externas foi identificado no posto de trabalho 5. Como se pode observar, a implementação da ferramenta SMED aumentou o número de atividades neste posto de trabalho e é 4,5 vezes mais atividades externas do que inicialmente. O maior número de operações internas foi realizado no posto de trabalho 3. Nota-se que na máquina convencional (1) o número de atividades externas e internas (sendo um resultado implementação do SMED) não alterou. O maior número de movimentos do operador foi realizado no posto 5. A maior parte do tempo foi economizada no posto 5 onde muitas melhorias foram propostas. Devido à análise dos resultados apresentados, podem ser notados efeitos significativos para determinados postos de trabalho.

Um resultado interessante da implementação do SMED foi observado no caso da máquina convencional 1 (torno mecânico). O número de atividades internas antes da implementação do SMED foi o maior entre os postos de trabalho analisados. No entanto, a implementação do SMED resultou numa redução significativa no número dessas atividades. O maior efeito da implementação da ferramenta SMED foi notado no posto de trabalho da máquina-ferramenta CNC (2), em que o tempo de mudança foi reduzido em 64%.

2.3 Indicador OEE

O OEE é um indicador que procura analisar a eficiência dos equipamentos, sempre procurando o equilíbrio entre disponibilidade, qualidade e desempenho, alinhado à troca rápida de *setup* e poucas paragens durante o processo produtivo (Equação 1).

$$OEE = disponibilidade \times qualidade \times desempenho$$

Equação 1: Cálculo do OEE

Segundo Azevedo (2004) aperfeiçoar qualquer uma destas variáveis deverá melhorar a qualidade, a produtividade, os custos, a satisfação do cliente, a segurança no trabalho, entre outros. O OEE não serve para comparar uma máquina com outra, mas sim para analisar os pontos fracos de cada uma delas. Ou seja, é utilizado como ferramenta de medições, e não para comparar áreas distintas da fábrica. Vale ressaltar que as melhorias identificadas por esse indicador não necessitam de grandes investimentos.

OEE é amplamente utilizado e é um indicador que traduz a quantificação da eficiência e eficácia de uma empresa em relação à sua capacidade planeada, durante o seu tempo de execução planeado. Uma vantagem do OEE é a elevada facilidade em que pode ser dividido, em três medidas, facilitando a monitorização de cada uma delas isoladamente. A disponibilidade (Equação 2) é a medida definida como a porção de horário programado em que o equipamento está disponível para a produção.

Por sua vez o desempenho (Equação 3) mede a velocidade com que o equipamento é utilizado durante o seu tempo de produção agendado relativamente à sua capacidade

nominal. A qualidade (Equação 4) mede a percentagem de produtos que reúnem os requisitos de qualidade (Zuashkiani, Rahmandad, & Jardine, 2011).

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo de Operação}}{\text{Tempo de Produção Planeada}}$$

Equação 2: Disponibilidade

$$\text{Desempenho} = \frac{\text{Total de ciclo ideal} \times \text{Total de peças produzidas}}{\text{Tempo de operação}}$$

Equação 3: Desempenho

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Peças boas}}{\text{Total de peças}}$$

Equação 4: Qualidade

Nakajima (1989) considera que o ponto de partida para o alcance da eficiência global é a identificação das perdas dos equipamentos, uma vez que, as mesmas permitem identificar a raiz dos problemas. O autor identificou as origens das perdas de produção devidas a problemas relacionados com equipamentos e agrupou-as em três grupos fundamentais:

- Perdas causadas pelas paragens não planeadas;
- Perdas resultantes devido ao facto do equipamento não funcionar à velocidade/cadência nominal;
- Perdas resultantes de produtos que não cumprem as especificações.

O cenário de produção perfeita seria uma pontuação do valor de OEE de 100%, produzindo apenas peças conformes no menor tempo possível e sem perdas, mas como este não é um cenário real, de seguida, são apresentados os valores considerados como valores de classe Mundial, ou seja, aqueles que devem servir de meta ideal ou objetivo a atingir.

Uma pontuação OEE de 60% é bastante típica, mas nestes casos percebe-se que há bastante espaço para a melhorias. Um OEE de 40% não é de todo invulgar nas empresas que iniciam a monitorização e melhoraria do seu desempenho de produção. Trata-se de um valor baixo, mas na maioria dos casos pode ser facilmente melhorado através da aplicação de medidas simples.

Por muito pequena que seja a melhoria do valor do OEE, poderá sempre criar uma vantagem competitiva significativa, pois ao reduzir o custo de produção, a margem de lucro será maior permitindo maior flexibilidade nas potenciais disputas de preços tão próprias dos dias de hoje (Zuashkiani *et al.* 2011).

2.4 Daily Kaizen

O *Daily Kaizen*, segundo Monteiro (2014) tem como principal objetivo a criação de equipas naturais que serão desenvolvidas pelo seu líder para se tornarem equipas autónomas capazes de manter e melhorar diariamente os seus processos e área de trabalho.

Este método envolve todos os colaboradores, todos os dias, em todos os lugares e é aplicado na organização transversalmente, pretendendo implementar uma cultura de melhoria contínua.

Por ser uma ferramenta aplicável a todas as organizações, foi estruturada de forma simples e em quatro níveis de intervenção: a organização da equipa, a organização do posto de trabalho, a normalização e a resolução estruturada de problemas. Os diferentes níveis da metodologia aparecem estruturados nesta ordem por se acreditar que, em primeiro lugar, se devem criar mecanismos de organização, tantos das próprias equipas como dos seus postos de trabalho. Só depois de conseguida a organização básica é que se deve investir na implementação da normalização. Finalmente, e depois de a cultura estar consolidada dentro das equipas, é que é possível a utilização de uma abordagem estruturada de resolução de problemas.

Na figura 12 pode-se observar a estrutura esquemática dos quatro níveis de *Daily Kaizen*, bem como os objetivos e as ferramentas utilizadas em cada um. Uma breve descrição dos objetivos e ferramentas utilizadas, em cada um destes níveis, será apresentada de seguida.

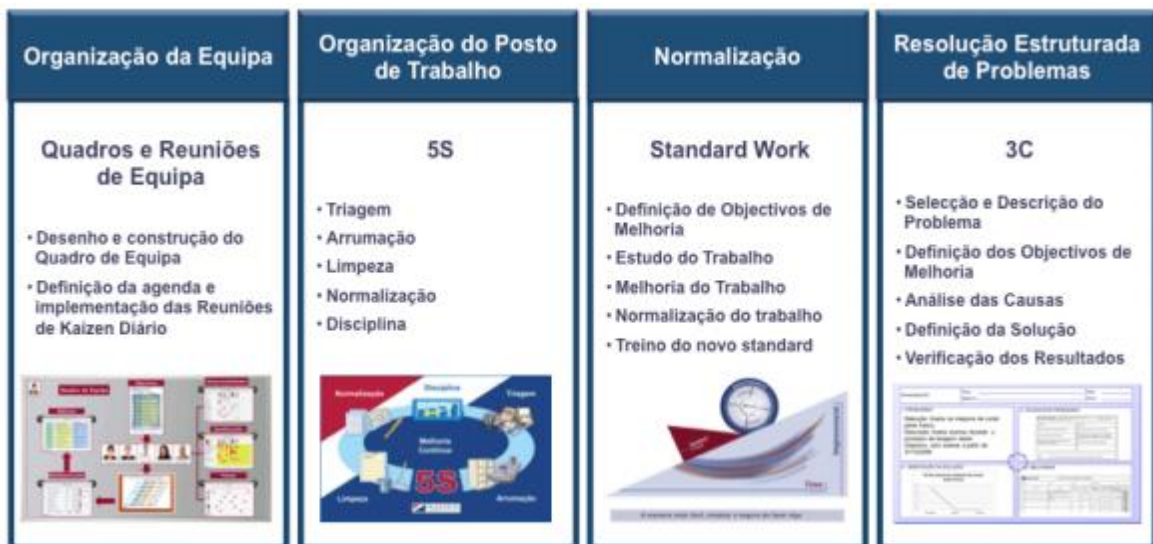


Figura 12: Quadro resumos do *Daily Kaizen* (fonte: Félix, J. P. 2013)

Nível 1: O objetivo deste nível é a organização da própria equipa. As equipas são encorajadas a construir quadros, que vão servir de base para as reuniões de equipa e para controlo dos indicadores da mesma. O quadro permite a definição de responsabilidades e prioridades, funcionando como sequenciador de execução de tarefas ao longo da semana. As reuniões de *Daily Kaizen*, com base no quadro, devem ser frequentes e de curta duração. As reuniões diárias começam com uma revisão do

dia anterior com a análise dos indicadores da equipa e possíveis desvios aos objetivos, seguindo-se uma análise ao plano de trabalho da mesma, para que cada elemento saiba o que fazer nesse dia, e terminam com um momento de discussão de melhorias.

Nível 2: Com este nível pretende-se garantir a organização do posto de trabalho. Este nível permite aumentar a produtividade reduzindo tempos de procura, motivar os colaboradores através do seu envolvimento na melhoria contínua, bem como reduzir custos através de um melhor aproveitamento dos equipamentos e materiais. Para se obterem estes resultados é utilizada a ferramenta dos 5S, que se aplicam no chão de fábrica. Esta metodologia é estruturada em 5 passos:

- 1) *Seiri* - Triagem, onde se separa o que é necessário do que não é necessário;
- 2) *Seiton* - Arrumação, onde se define e identifica o local de cada equipamento ou material;
- 3) *Seisó* - Limpeza, que é usada numa ótica de inspeção e reposição das condições iniciais de funcionamento;
- 4) *Seiketsu* - Normalização, que utiliza normas e ajudas visuais para garantir a sustentabilidade dos 3 primeiros passos;
- 5) *Shitsuke* - Disciplina, que pretende garantir o cumprimento e a melhoria contínua das normas.

Nível 3: A normalização é o terceiro nível do *Daily Kaizen*. Pretende-se que com a aplicação da normalização, os processos e os seus resultados se tornem cada vez mais consistentes. Uma norma define a maneira mais simples, eficaz e segura, conhecida até ao momento, de desempenhar uma tarefa, devendo ser visual, acessível e única. Após qualquer melhoria realizada deve ser efetuada uma norma para sustentar a melhoria, e após a criação de uma norma a equipa deve sempre tentar melhorá-la. Elaborada a norma esta deve ser comunicada às restantes equipas para, se lhes for conveniente, poder ser aproveitada.

Nível 4: A resolução de problemas é o quarto nível do *Daily Kaizen* e o objetivo de implementar este nível é garantir que as equipas estão aptas a fazer melhorias aos seus processos. O objetivo do nível 4 é identificar desperdícios analisando o que não é valor acrescentado e capacitar as equipas para os reduzir ou, até mesmo, os eliminar, através de algumas ferramentas de melhoria.

Com a implementação do Nível 4 concluída, a equipa torna-se autónoma na melhoria contínua, sendo capaz de atingir ganhos incrementais no dia-a-dia.

2.5 TPM

O TPM, que surge referenciado segundo Vorne (2010) como uma das ferramentas *Lean*, realça a importância da manutenção preventiva e proactiva para maximizar a eficiência operacional dos equipamentos. Esta ferramenta permite legar maiores competências e responsabilidades aos operadores para ajudarem a manter nas melhores condições os seus postos de trabalho.

Os equipamentos usados nos processos industriais têm-se tornado cada vez mais complexos ao longo dos anos. No séc. XIX, os equipamentos eram, na sua grande maioria, construídos para desempenharem funções simples/singulares durante um longo período de tempo. Já no séc. XX, verificou-se uma maior complexidade nos equipamentos e estes começaram a ser construídos para fábricas que produziam em massa, com maquinaria que comportava dispositivos mecânicos, elétricos, pneumáticos e hidráulicos. Em meados do mesmo século, as unidades e instalações industriais continuaram a tornar-se cada vez maiores (em dimensão) o que fez com que, no final do século, palavras como flexibilidade, variação de produtos, e velocidade fossem palavras-chave para as grandes unidades industriais. Perante toda esta crescente complexidade da maquinaria, a gestão da manutenção teve de adaptar-se para se manter a par com os novos locais de trabalho (Duffuaa, Raouf, & Campbell, 1999). É assim que surge a manutenção produtiva total, que se foca ativamente na manutenção de melhoria e faz descentralizar as operações de manutenção um pouco mais para o lado dos operadores das máquinas (Cabral, 2006). Trata-se de um conceito moderno de manutenção, inicializado no Japão na década de 70. Desde a criação do TPM, a ferramenta evoluiu significativamente para se tornar numa abordagem estruturada capaz na implementação de uma série de outras ferramentas/técnicas (que constam do TPM), por forma a eliminar todas as perdas de uma organização através da sua cadeia de valor (SMMT Industry Forum Ltd, 2014).

2.5.1 Objetivos do TPM

Segundo Duffuaa, Raouf & Campbell (1999), existem aspetos bastante importantes que podem ser definidos como grandes objetivos (metas) a atingir com o TPM:

- Produtividade – Zero Perdas;
- Qualidade – Zero Defeitos e zero acidentes;

Estes dois aspetos são algumas das consequências que se pretendem obter aquando da implementação da ferramenta que, naturalmente, permite tornar a produção mais económica através da eliminação de perdas, possibilitando assim um ritmo mais contínuo de trabalho. Espera-se também atingir a marca dos “zero defeitos”, uma vez que os equipamentos terão menor probabilidade de entrarem em parâmetros de “não conformidade”, bem como a eliminação de acidentes, pois os operadores estarão mais consciencializados acerca do seu local de trabalho e mantê-lo-ão com um maior cuidado e brio.

Ainda segundo o mesmo autor, para além destes dois aspetos bastante importantes, podem ainda ser definidos cinco grandes objetivos a atingir com o TPM:

- Maximizar o OEE;
- Criar uma abordagem sistemática, que englobe todo o ciclo de vida útil dos equipamentos;
- Envolver operações, gestão de materiais, manutenção, engenharia e administração na gestão dos equipamentos;

- Criar um sistema que congregue todos os níveis de gestão e de operadores;
- Criar um movimento motivacional, na forma de trabalho de grupo, para melhorar o desempenho dos equipamentos.

Os operadores são, de facto, o ponto-chave no sucesso do TPM. Apesar de muitos saberem aquilo que os seus equipamentos realmente fazem, a maior parte não sabe quais os mecanismos que estão por detrás dos equipamentos e porque fazem determinada operação (Duffuaa *et al.* 1999). O envolvimento do pessoal da produção, que foi referido anteriormente, permite que estes desenvolvam atividades de manutenção autónoma como limpezas, lubrificações, inspeções, ajustes e pequenas trocas de componentes que não requeiram demasiados conhecimentos técnicos da manutenção. À medida que os operadores vão realizando estas pequenas operações, é expectável que de cada vez que surja uma anomalia com o seu equipamento, eles tentem fazer o diagnóstico antes desta se tornar realmente num problema, evitando assim contactar a manutenção.

Segundo Brah & Chong (2004), o âmbito do TPM vai muito para além da produção pois pode alargar-se às áreas de I&D (investigação e desenvolvimento) ou até mesmo à logística, sendo que nos dias de hoje tem vindo a ser implementado não apenas na indústria automóvel, mas também na indústria alimentar e até no setor dos serviços. Os gastos necessários com o TPM não devem ser vistos como sendo uma despesa, mas antes como um investimento na melhoria do desempenho industrial. Este mesmo desempenho industrial melhorado, trazido pelo TPM, inclui melhorias na qualidade, segurança, flexibilidade, *lead time* e fiabilidade dos equipamentos.

Todos os objetivos referidos anteriormente mostram que existem vantagens significativas na implementação do TPM.

2.5.2 Pilares do TPM

Os oito pilares do TPM contemplam os seguintes aspetos (Vorne, 2010):

- **Manutenção Autónoma** – primeiro pilar do TPM em que são atribuídas responsabilidades aos operadores em operações de limpeza, lubrificação e inspeção. A manutenção autónoma pretende dar aos operadores um maior sentimento de “posse” dos equipamentos, aumentar o conhecimento dos operadores relativamente aos seus equipamentos e ainda assegurar que as atividades acima referidas são efetuadas corretamente e frequentemente. Com este pilar pretende-se ainda libertar o pessoal da manutenção para tarefas de nível superior, isto é, que requeiram um trabalho mais intensivo e contínuo como, por exemplo, projetos de melhoria;
- **Manutenção Planeada** – este pilar diz respeito diretamente à manutenção preventiva em que são definidas tarefas de manutenção calendarizadas com base em previsões e/ou em taxas de falhas medidas. Este tipo de atividades pretende reduzir significativamente os tempos de inatividade não planeados, permitindo também uma manutenção para ocasiões em que o equipamento não

está programado para produção (importante comunicação entre a produção e manutenção). É possível ainda com o planeamento reduzir o inventário da manutenção através de um melhor controlo de peças sujeitas a desgaste e a falhas;

- **Manutenção da Qualidade** – projeto de deteção e prevenção de erros nos processos de produção. Nestas atividades devem-se aplicar análises de causa raiz para eliminar fontes recorrentes de defeitos de qualidade. Este tipo de manutenção visa diretamente as questões relacionadas com qualidade, projetos de melhoria focados na eliminação de fontes de raiz de defeitos e pretende, desta forma, reduzir o número de defeitos na produção;
- **Melhoria Específica** – criar pequenos grupos de trabalhadores que juntos, e de uma forma proactiva, se esforcem para alcançar melhorias regulares e incrementais nas operações dos equipamentos. Assim pretendem-se identificar problemas recorrentes e resolvê-los através da atuação de equipas multifuncionais, combinando, desta forma, o talento coletivo de uma organização para criar um mecanismo de melhoria contínua;
- **Gestão antecipada de equipamentos** - neste pilar pretende-se direccionar o conhecimento prático e a compreensão da montagem/adaptação dos equipamentos obtidos através do TPM no sentido de melhorar o desempenho de novos equipamentos. Isto possibilita a que novos equipamentos alcancem níveis de desempenho superior mais rapidamente, devido ao menor número de problemas de inicialização e permite ainda que a manutenção seja mais simples e mais robusta devido à avaliação prática e ao envolvimento dos operadores (produção e manutenção) antes da instalação dos equipamentos;
- **Formação** – aqui pretende-se preencher as lacunas de conhecimento necessárias para atingir os objetivos do TPM. A formação aplica-se aos operadores, ao pessoal da manutenção e também à administração. Com a formação contínua é possível que os operadores desenvolvam capacidades para, frequentemente, manterem os equipamentos da melhor forma e identificarem problemas emergentes. O pessoal da manutenção também se forma com novas técnicas para manutenção proactiva e preventiva e os gestores treinados no TPM podem manter e atualizar os seus conhecimentos, bem como assessorar no desenvolvimento dos colaboradores (dando-lhes formação);
- **Segurança, Saúde e Ambiente** – este pilar é também ele importante na medida em que permite manter um ambiente de trabalho seguro e visualmente agradável. Tipicamente são eliminados riscos potenciais de saúde e segurança, resultando assim, idealmente, num ambiente de trabalho livre de acidentes;
- **TPM Office** – alargar os benefícios do TPM a funções administrativas, nomeadamente abordando resíduos nestas funções. É possível ainda ajudar a produção através de operações administrativas melhoradas. O pilar relativo aos departamentos ou escritórios, tem como finalidade a criação de condições ideais para a implementação do TPM, bem como dar condições ideais de funcionamento dos referidos departamentos, para que os excelentes

desempenhos administrativos, sejam o princípio de um processo a funcionar em excelentes condições.

2.5.3 Eliminação de Perdas

Segundo Cabral (2006), a aplicação do TPM destina-se à eliminação de grandes perdas existentes na área industrial. Podem agrupar-se em seis grandes perdas. Estas perdas influenciam a eficiência de um equipamento, pelo que, se torna imperativo combatê-las, para que o rendimento dos equipamentos seja o mais elevado possível.

- 1) A primeira perda é a que influencia mais diretamente a eficiência. Esta pode ser dividida numa falha que leva à paragem repentina do equipamento ou então reduz a função do equipamento em relação à função inicial.
- 2) Na segunda perda, estão identificadas perdas associadas à mudança de produto, ou seja, é a perda que acontece desde a paragem de um produto que se encontrava a ser fabricado até à preparação do outro que será produzido, onde se englobam perdas na troca de ferramentas ou moldes, e adaptação do equipamento.
- 3) Na terceira perda, são identificadas paragens curtas ou de não produção, que não estão associadas a avarias ou falhas, mas a problemas que ocorrem num dado momento, como o encravar de peças por exemplo.
- 4) A quarta perda está relacionada com a velocidade nominal a que o equipamento se encontra a produzir e que por algum problema não atinge a velocidade real do equipamento.
- 5) A quinta perda está relacionada com a qualidade, ou seja, estando na presença de um produto defeituoso este é considerado perdido, ou no caso do retrabalho, é considerado a perda pela quantidade de processo necessário para a sua recuperação.
- 6) A sexta perda diz respeito ao espaço de tempo que ocorre entre o momento em que se deu início à produção até que se atinga a estabilização do processo.

3. IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS

3.1 LAYOUT DA EMPRESA E FLUXO PRODUTIVO

3.2 AVALIAÇÃO DO OEE INICIAL

3.3 IMPLEMENTAÇÃO DO *DAILY KAIZEN*

3.4 IMPLEMENTAÇÃO DE NOVO *LAYOUT*

3.5 IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA SMED

3.6 AVALIAÇÃO DO OEE FINAL

3.7 IMPLEMENTAÇÃO DE NOVA MELHORIA

3.8 APLICAÇÃO DOS OITO PILARES DO TPM E RESULTADOS

3 Implementação de Melhorias

3.1 *Layout da empresa e Fluxo Produtivo*

A empresa Pertecno foi a empresa escolhida para a realização deste estudo. É uma empresa especializada no fabrico de perfis técnicos para a área da construção civil e com maquinaria própria (Figuras 13, 14 e 15).

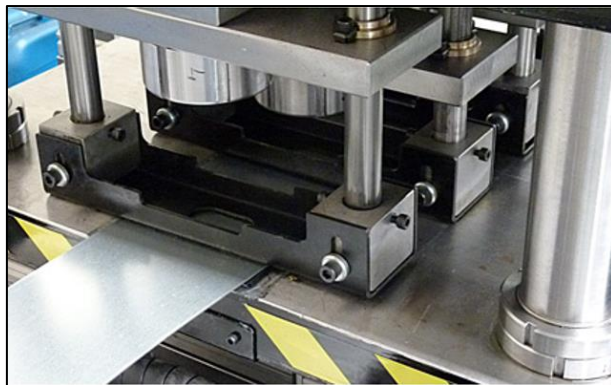


Figura 13: Entrada de banda de chapa em máquina perfiladora



Figura 14: Passagem da banda de chapa pelas rodas perfiladoras

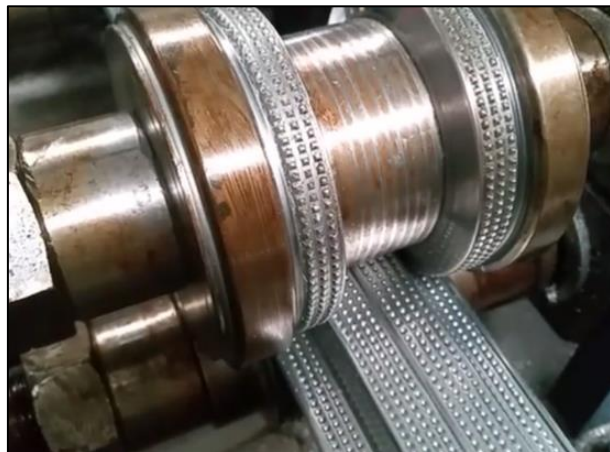


Figura 15: Perfilagem de chapa galvanizada

A empresa contém na sua estrutura 5 máquinas perfiladoras, PF01 – Perfiladora de Teto, PF02 – Perfiladora de Alumínio, PF03 – Perfiladora de Ómegas, PF04 – Perfiladora de LSF (Figura 16), PF05 – Perfiladora de Montantes, um balancé BL01 que produz pivôs e uma máquina de colar rede MR01, sendo cada um destes equipamentos constituído por um desenrolador, perfiladora, mesa de descarga e máquina de embalagem.

A matéria-prima utilizada nas perfiladoras PF01, PF02, PF03, PF05 e BL01 é do tipo DX1051 com tratamento galvanizado Z100 enquanto na perfiladora PF04 é transformada chapa galvanizada S280GD com galvanização Z200 pois trata-se de produção de perfis estruturais.

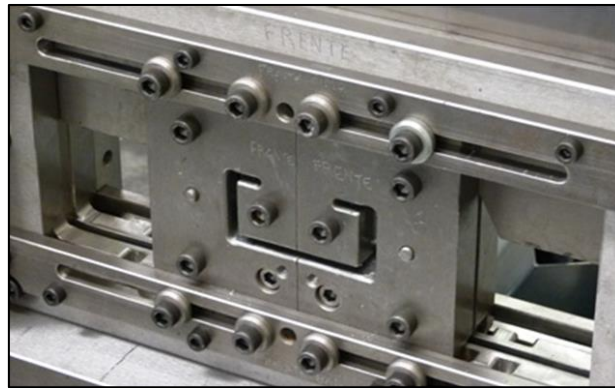


Figura 16: Matriz de corte utilizada na produção de *Ligth Steel Frame*

É importante referir que a empresa Pertecno se encontra certificada há cerca de 10 anos com a norma de gestão da qualidade ISO 9001:2015 e desde 2017 é certificada também pela norma EN 1090-2 que define os requisitos para a produção de estruturas de aço.

Na Figura 17 encontra-se desenhada de forma esquemática o “arranjo físico” da empresa, ou seja, demonstra o modo como estão organizados os equipamentos, máquinas, produtos acabados e matéria-prima dentro da empresa. Nota-se que as áreas de produção apesar de bem identificadas existe pouco espaço entre os postos de trabalho e que a matéria-prima não se encontra perto dos equipamentos que dela necessitam.

O circuito produtivo encontra-se traçado na Figura 18. Aqui pretende-se demonstrar o fluxo de materiais ao longo de toda a linha de produção, desde a receção de matéria-prima e respetivo armazenamento, o transporte e alocação de cada tipo de matéria-prima a cada um dos equipamentos e finalmente a transferência e armazenamento de produto acabado para futura expedição.

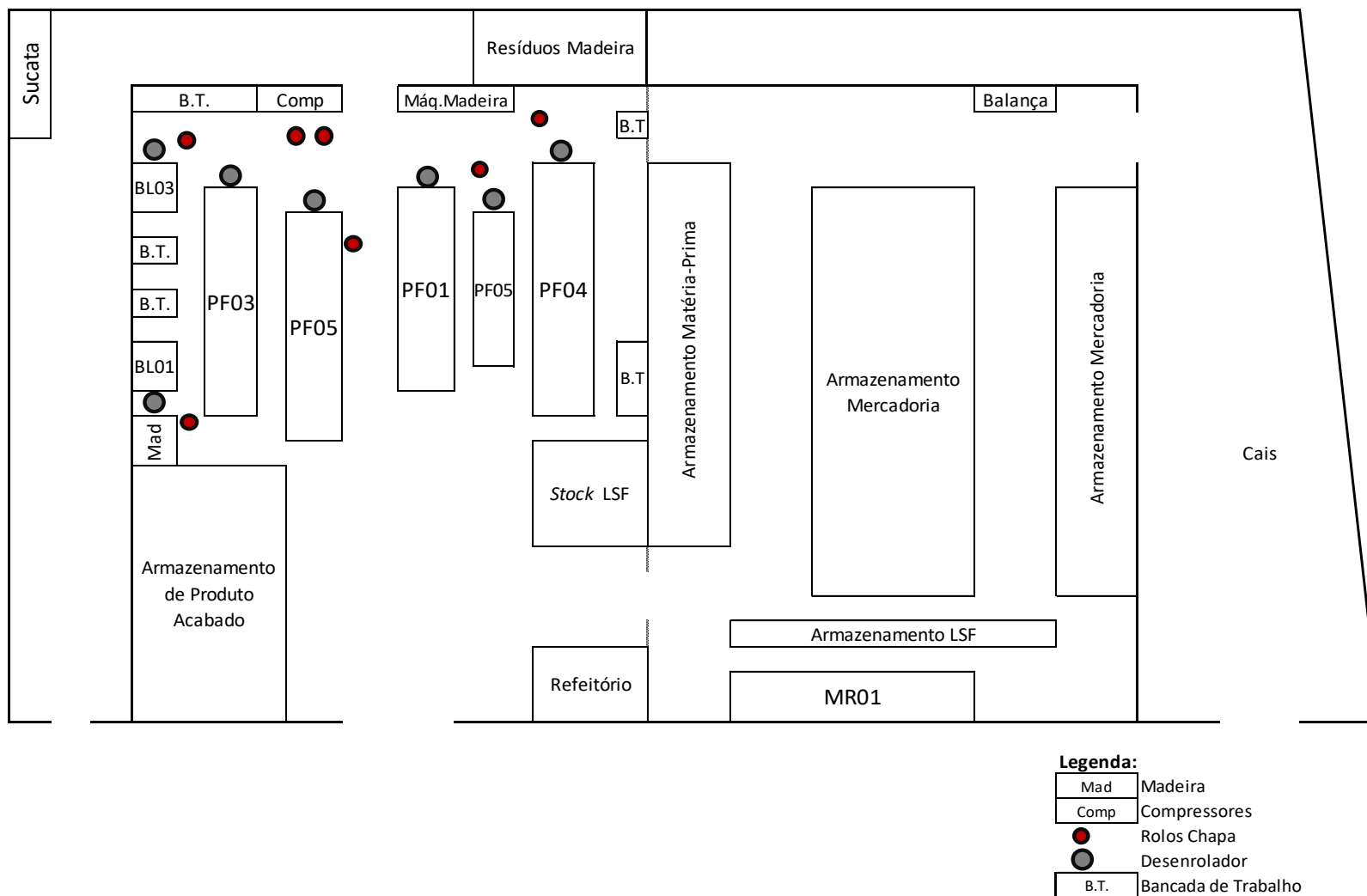
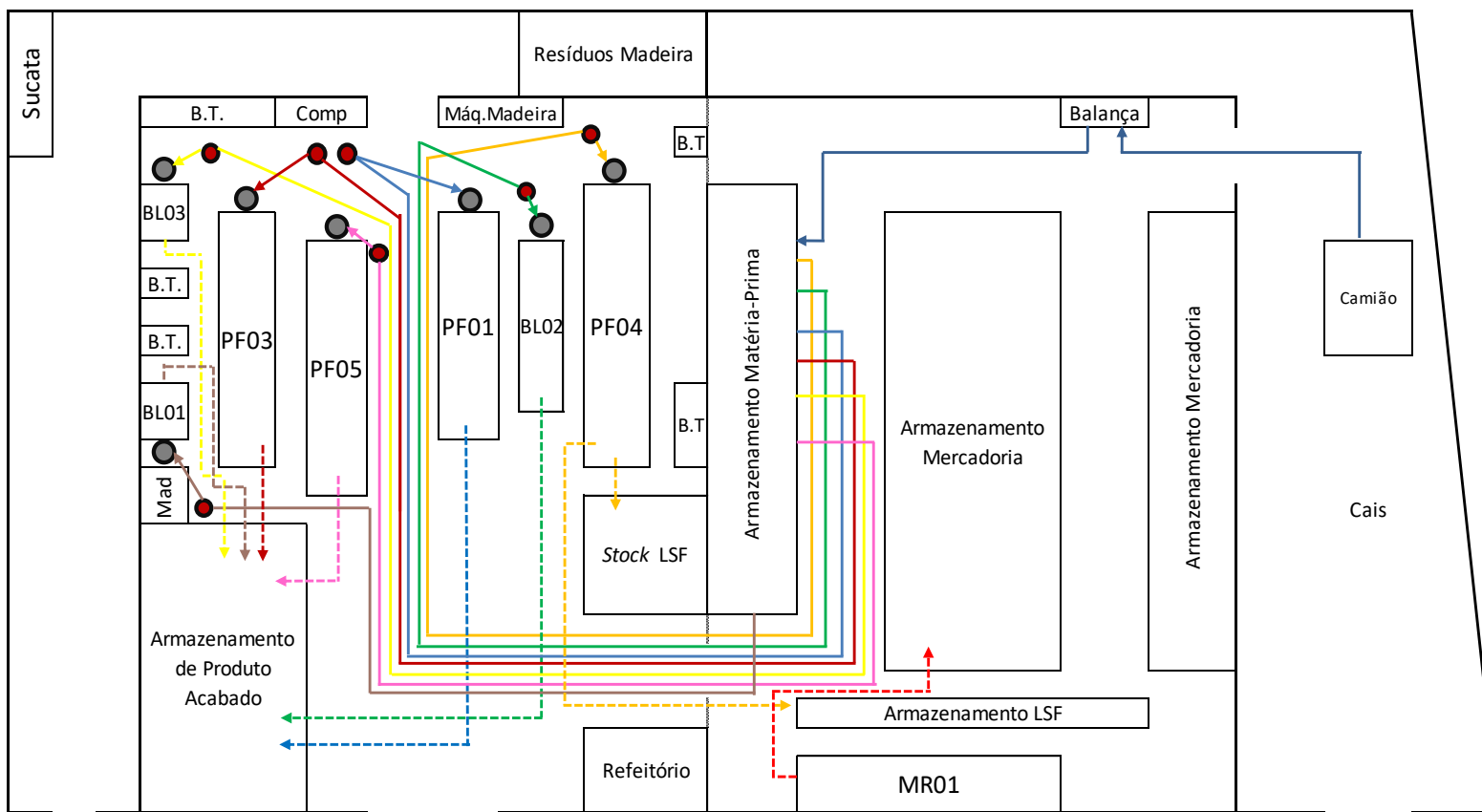


Figura 17: Layout geral da empresa



Legenda:

- | | | | | | |
|--|---------------------|--|----------------------------|--|-------------------------------------|
| | Madeira | | Transporte de MP para PF04 | | Transporte de PA de PF04 para stock |
| | Compressores | | Transporte de MP para BL02 | | Transporte de PA de BL02 para stock |
| | Rolos Chapa | | Transporte de MP para PF01 | | Transporte de PA de PF01 para stock |
| | Desenrolador | | Transporte de MP para PF05 | | Transporte de PA de PF05 para stock |
| | Bancada de Trabalho | | Transporte de MP para PF03 | | Transporte de PA de PF03 para stock |

Figura 18: Fluxo Produtivo

3.2 Avaliação do OEE inicial

Conforme mencionado por Huang *et al.* (2003) o OEE é um indicador com potencialidade para medir, individualmente, a produtividade dos equipamentos num determinado setor produtivo. A introdução da abordagem OEE, neste caso de estudo, visa sustentar e monitorizar a melhoria do processo pois pretende-se avaliar a situação inicial assim como suportar a tomada de decisão para priorização de ações corretivas. Assim para calcular o OEE nos equipamentos necessitamos de recorrer aos conceitos mencionados no subcapítulo 2.3 e às respetivas equações 1,2,3 e 4 descritas no mesmo. Adicionalmente, são fundamentais conceitos como tempo de produção planeado, tempo de operação e número de peças boas ou número de peças conformes. Estas expressões são demonstradas através das equações 5,6 e 7.

$$\text{Tempo de Produção Planeado} = \text{Tempo Estudado} - \text{Paragens}$$

Equação 5: Tempo de Produção Planeado

$$\text{Tempo de Operação} = \text{Tempo de Produção Planeado} - \text{Tempo Inactivo}$$

Equação 6: Tempo de Operação

$$\text{Peças Boas} = \text{Total de Peças Produzidas} - \text{Total Peças Rejeitadas}$$

Equação 7: Peças Boas

As equações mencionadas acima, suportadas com dados práticos recolhidos no chão de fábrica, permitiram calcular os índices de disponibilidade, desempenho, qualidade e a respetiva percentagem de OEE para cada um dos equipamentos como se demonstram nas tabelas 5, 6, 7, 8, 9 e 10.

		Valor
Dados Recolhidos	Tempo Estudado	480 Min
	Pausas	0 Min
	Almoço	0 Min
	Tempo Inatividade	107 Min
	Tempo de Ciclo Ideal	0,094 Min
	Total de Peças Produzidas	5940 M
	Total de Peças Rejeitadas	31 M
Dados Calculados	Tempo Produção Planeado	480 Min
	Tempo de Operação	373 Min
	Peças Boas	5909 M
	Disponibilidade	86%
	Desempenho	83%
	Qualidade	99%
	OEE	71%

Tabela 5: Cálculo inicial do OEE equipamento PF01

Para o estudo do OEE inicial, foi feita a amostragem de um dia de trabalho (8h = 480 min). Ao longo deste dia, foram determinadas quais as máquinas que paravam para os colaboradores fazerem pausas e almoço e as máquinas que tinham de produzir continuamente devido a ruturas de *stock*.

		Valor
Dados Recolhidos	Tempo Estudado	480 Min
	Pausas	0 Min
	Almoço	0 Min
	Tempo Inatividade	33 Min
	Tempo de Ciclo Ideal	0,131 Min
	Total de Peças Produzidas	3120 M
	Total de Peças Rejeitadas	20 M
Dados Calculados	Tempo Produção Planeado	480 Min
	Tempo de Operação	447 Min
	Peças Boas	3100 M
	Disponibilidade	96%
	Desempenho	55%
	Qualidade	99%
	OEE	52%

Tabela 6: Cálculo inicial do OEE do equipamento PF02

Além disso, foi contabilizado o tempo de paragem não planeado (tempo de inatividade) de cada equipamento bem como a velocidade (tempo de ciclo ideal) para cada um deles. Também foram determinadas a totalidade de peças produzidas e rejeitadas em cada um dos equipamentos estudados.

		Valor
Dados Recolhidos	Tempo Estudado	480 Min
	Pausas	0 Min
	Almoço	0 Min
	Tempo Inatividade	93 Min
	Tempo de Ciclo Ideal	0,08 Min
	Total de Peças Produzidas	7200 M
	Total de Peças Rejeitadas	69 M
Dados Calculados	Tempo Produção Planeado	480 Min
	Tempo de Operação	387 Min
	Peças Boas	7131 M
	Disponibilidade	88%
	Desempenho	84%
	Qualidade	99%
	OEE	73%

Tabela 7: Cálculo inicial do OEE do equipamento PF03

		Valor
Dados Recolhidos	Tempo Estudado	420 Min
	Pausas	20 Min
	Almoço	60 Min
	Tempo Inatividade	262 Min
	Tempo de Ciclo Ideal	0,124 Min
	Total de Peças Produzidas	1468 M
	Total de Peças Rejeitadas	15 M
Dados Calculados	Tempo Produção Planeado	340 Min
	Tempo de Operação	178 Min
	Peças Boas	1453 M
	Disponibilidade	59%
	Desempenho	48%
	Qualidade	99%
	OEE	28%

Tabela 8: Cálculo inicial do OEE do equipamento PF04

É de salientar que o OEE do equipamento PF04 é baixo (Tabela 8), pois apesar do tempo de produção planeado ser alto, o tempo de operação é curto e a quantidade de material produzido também é reduzido, pois este equipamento é utilizado para produzir perfis estruturais de *Light Steel Framing* e por isso este equipamento só produz por projeto e não tem uma produção contínua como os restantes equipamentos que produzem para *stock*.

		Valor
Dados Recolhidos	Tempo Estudado	340 Min
	Pausas	0 Min
	Almoço	60 Min
	Tempo Inatividade	57 Min
	Tempo de Ciclo Ideal	0,054 Min
	Total de Peças Produzidas	6380 M
	Total de Peças Rejeitadas	30 M
Dados Calculados	Tempo Produção Planeado	380 Min
	Tempo de Operação	323 Min
	Peças Boas	6350 M
	Disponibilidade	88%
	Desempenho	81%
	Qualidade	100%
	OEE	71%

Tabela 9: Cálculo do OEE inicial do equipamento PF05

Ao longo do tempo estudado, verificou-se que existe algum tempo de inatividade (paragens não programadas) para a mudança de rolos de matéria-prima que é um procedimento não *standarizado* e por isso a duração do mesmo varia de colaborador para colaborador. Além disso, nota-se uma grande perda de tempo e deslocações desnecessárias à procura das ferramentas necessárias à mudança dos rolos.

		Valor
Dados Recolhidos	Tempo Estudado	480 Min
	Pausas	0 Min
	Almoço	0 Min
	Tempo Inatividade	23 Min
	Tempo de Ciclo Ideal	2,42 Min
	Total de Peças Produzidas	206 M
	Total de Peças Rejeitadas	1 M
Dados Calculados	Tempo Produção Planeado	480 Min
	Tempo de Operação	457 Min
	Peças Boas	205 M
	Disponibilidade	97%
	Desempenho	66%
	Qualidade	100%
	OEE	64%

Tabela 10: Cálculo do OEE inicial do equipamento BL01

OEE abaixo de 50% medido nos equipamentos PF02 e PF04 indica que estamos na presença de um valor de OEE baixo (Tabelas 6 e 8), característico em empresas onde não existe monitorização do seu desempenho de produção, e um OEE típico, característico em empresas cujo espaço para a melhorias é enorme. A tridimensionalidade do OEE permite facilmente constatar que a disponibilidade e o desempenho são os índices medidos mais baixos.

No que respeita aos equipamentos PF01, PF03, PF05 e BL01 os valores de OEE obtidos foram acima de 60% (Tabelas 5, 7, 9 e 10). Trata-se de valores situados num OEE típico e um valor de classe mundial.

3.2 Implementação do *Daily Kaizen*

As reuniões de *Daily Kaizen* começaram por ser realizadas três vezes por semana, ao início da tarde, num horário fixo e com a duração de 10 min. Estas reuniões eram cronometradas fazendo com que não se ultrapassasse o tempo estipulado. Com a implementação das reuniões de *Daily Kaizen* notou-se algumas melhorias de forma gradual e sustentada.

De seguida enumeram-se as melhorias e ferramentas utilizadas em consequência destas reuniões.

- Aplicação dos 5S: notou-se uma melhoria na organização e limpeza dos postos de trabalho bem como a monitorização das mesmas.



Figura 19: Bancada de trabalho antes da aplicação dos 5S



Figura 20: Bancada de trabalho depois da aplicação dos 5S

Nas figuras 19 e 20 pretende-se demonstrar a melhoria depois da aplicação dos 5S nas principais bancadas de trabalho utilizadas para embalagem de mercadoria. Nas figuras 21 e 22 verifica-se uma melhoria na organização e limpeza das bancadas utilizadas pela manutenção com a aplicação desta ferramenta.



Figura 21: Bancada de trabalho antes da aplicação dos 5S



Figura 22: Bancada de trabalho após a aplicação dos 5S

Na figura 23 é demonstrado o posto de trabalho MR01 (posto de colagem de rede em perfis de PVC) antes da intervenção dos 5S. A figura 24 mostra que a aplicação desta metodologia provocou uma melhor organização e limpeza do espaço bem como a definição do local de cada um dos materiais necessários a ter no posto.



Figura 23: Posto de trabalho MR01 antes da aplicação dos 5S



Figura 24: Posto de trabalho MR01 após aplicação dos 5S

Também na armazenagem de resíduos de papel e plástico houve a intervenção dos 5S, pois estes encontravam-se espalhados por vários locais do armazém/área de produção e sem recipiente próprio para cada um deles (Figura 25), verificando-se por vezes a mistura dos dois e alocação destes em locais impróprios. Ao aplicar esta ferramenta, foram criados lugares e recetores específicos para cada um deles e a identificação dos mesmos, para se tornar mais fácil o seu armazenamento (Figura 26), a separação e o transporte deles pela empresa de recolha de resíduos.



Figura 25: Acumulação de resíduos de cartão antes da aplicação dos 5S



Figura 26: Acumulação de resíduos após aplicação dos 5S



Figura 27: Carrinho de ferramentas antes da aplicação dos 5S



Figura 28: Carrinho de ferramentas após a aplicação dos 5S

A aplicação dos 5S também foi aplicada com eficácia no departamento de manutenção, fazendo com que as ferramentas estejam sempre arrumadas e organizadas no devido local, havendo um menor desperdício de tempo perdido à procura das ferramentas (Figura 28). Além disso, também se notou uma melhoria na ordenação e no espaço onde as rodas das perfiladoras se encontram, o que facilita a visualização e percepção das rodas a serem utilizadas quando existem trocas de ferramentas para a produção de um outro perfil (Figura 30).



Figura 29: Armazenamento das rodas perfiladoras antes da aplicação dos 5S



Figura 30: Armazenamento das rodas perfiladoras após aplicação dos 5S

Também o local de armazenamento do óleo de corte usado na produção foi devidamente limpo, organizado e identificado para que haja uma melhoria a nível espacial e melhor percepção de *stocks* deste material (Figura 32). Tal como este, os óleos e massas utilizados na manutenção sofreram o mesmo processo (Figura 33). Este foi eficaz como se pode ver pelas diferenças entre as figuras abaixo.



Figura 31: Armazenamento de lubrificantes de produção e manutenção antes da aplicação dos 5S



Figura 32: Armazenamento de lubrificantes de produção e manutenção antes da aplicação dos 5S



Figura 33: Armazenamento de lubrificantes de produção e manutenção após a aplicação dos 5S

As bancadas de trabalho com o armazenamento de peças sobressalentes de manutenção (Figura 34) e o local de elaboração de óleo de corte (Figura 35) utilizado permanentemente nos equipamentos também forma alvo de aplicação dos 5S, pois existia uma falta de definição dos locais para cada um dos materiais bem como falta de limpeza porque o óleo era misturado em água em vários sítios com espaço vago ao longo da bancada. Assim, fez-se uma divisão e identificação dos materiais utilizados na manutenção (Figura 36) e definição de uma só zona onde é realizado o óleo de corte (Figura 37).



Figura 34: Bancada de trabalho antes da aplicação dos 5S



Figura 35: Bancada de trabalho após a aplicação dos 5S



Figura 36: Zona de mistura de óleo de corte antes da aplicação dos 5S



Figura 37: Zona de mistura de óleo de corte após aplicação dos 5S

Por fim, mas também de grande importância, foi delimitado e identificado um local onde são colocados os materiais utilizados na limpeza diária dos equipamentos e da sua área adjacente. Verificava-se que estas ferramentas de limpeza nunca estavam num lugar certo e que os operadores perdiam tempo à procura dos mesmos e nas deslocações para aquisição dos diferentes materiais (Figura 38). Com o intuito de otimizar tempo e deslocações, foi criada uma área junto a uma parede onde os materiais são pendurados e com a sua devida identificação para facilmente identificar se estão a ser utilizados num momento de necessidade e se estão em bom estado ou degradados para aquisição de novos (Figura 39).



Figura 38: Material de limpeza antes da aplicação dos 5S



Figura 39: Material de limpeza após a aplicação dos 5S

- Gestão da produção: nestas reuniões começaram a ser comunicados a produção prevista, tipo de artigo a produzir, quantidades e período de tempo de produção para os dias seguintes. Com isto, notou-se uma melhoria na organização e gestão da produção com menos ruturas de *stock* e com maior controlo de produção através das ordens de fabrico (exemplo em Anexo I). Optou-se por produzir séries maiores de cada um dos artigos (redução dos tempos de mudanças de ferramentas das perfiladoras) e conseqüentemente diminui a rutura de *stocks* dos mesmos, sendo que as encomendas pendentes por rutura de *stock* diminuíram de 20% para 10%.

- Comunicação e gestão das avarias dos equipamentos: no Apêndice I está ilustrado um modelo de ficha de avarias que é preenchida pelo colaborador sempre que deteta uma avaria no equipamento em que está a elaborar. No caso de a produção não conseguir normalizar a falha detetada, a mesma segue para o departamento de manutenção que toma nota da ocorrência e repara a avaria. Posteriormente, nestas reuniões de *Daily Kaizen* é pedido um feedback aos colaboradores para perceber se a avaria foi reparada com sucesso. Assim, consegue-se gerir de melhor forma o plano de manutenção preventiva tendo em conta as ações corretivas que vão ocorrendo, os custos de cada uma delas e os cuidados a ter depois de serem reparadas bem como a responsabilização do colaborador para detetar as falhas do equipamento com que opera.

- Gestão de pessoas: com estas reuniões notou-se uma melhoria na qualidade da comunicação entre os diferentes e os mesmos níveis hierárquicos pois procurou-se explicar numa linguagem simples os procedimentos a melhorar e a implementar. Foram comunicadas as falhas tidas ao longo do tempo para que todos refletissem e

aprendessem a lidar com o erro e a melhorá-los. Notou-se também uma melhoria nas relações interpessoais fazendo com que houvesse uma maior comunicação de sugestões a implementar e conseqüentemente um maior número de melhorias. Além disso, foi aplicado e comunicado um plano diário para todos os colaboradores de forma a todos sabermos quais as funções (produção, encomendas, entregas ou manutenção) que estão a realizar em cada hora de trabalho (Apêndice II).

De forma sucinta, encontra-se nas Figuras 41 e 42 os quadros colocados no local das reuniões de *Daily Kaizen* e onde estão afixados os principais assuntos e indicadores tidos em conta nessas mesmas reuniões, como o horário semanal de todos os colaboradores da produção, o plano semanal de entregas com a frota interna, o plano diário de cada um dos colaboradores, o estado semanal da limpeza e organização da área de produção e armazenamento, a assiduidade dos colaboradores, o plano de manutenção e as reclamações feitas por clientes e aos fornecedores e o seu estado de evolução.

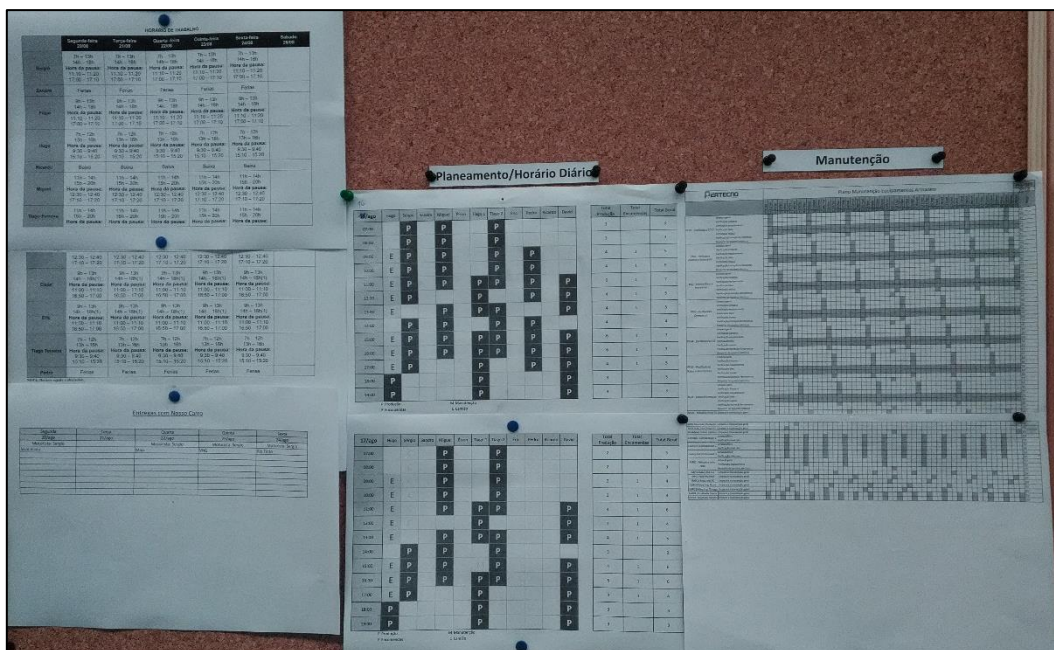


Figura 41: Quadro utilizado nas reuniões de *Daily Kaizen* com o horário semanal, plano de entregas com frota interna, plano diário de cada colaborador e plano de manutenção preventivo.



Figura 40: Quadro utilizado nas reuniões de *Daily Kaizen* com o layout da área de produção e armazém assinalado consoante o nível de limpeza e organização, mapa de assiduidade de cada colaborador e mapa de reclamações em tratamento.

3.3 Implementação de Novo *Layout*

Inicialmente, e conforme Figura 18, existia um elevado número de deslocações no armazenamento e no alocar da matéria-prima para cada uma das perfiladoras. Conforme tabela abaixo, para 13 horas de trabalho diário e consoante as necessidades de matéria-prima para cada um dos equipamentos era necessário cerca de 50 minutos diários para transportar a matéria-prima desde o seu armazenamento até cada uma das perfiladoras (Tabela 11).

Chapa	Pesos	Velocidade m/h	Necessidade MP (h)	Necessidade MP (13h)	Nº Deslocações	Tempo Deslocação (min)	T. Deslocação (Total)
PF01 - Perfiladora Tecto	0,414	1200	497	6458	3	04:32	09:04
PF03 - Perfiladora Ómegas e L	0,238	1000	238	3094	1		04:32
PF02 - Perfiladora Alumínio	0,197	700	138	1793	1		04:32
PF05 - Perfiladora Raias e Montantes	0,532	1200	638	8299	3		09:04
BL02 - Balancé Pivots	2,95	15	44	575	1		04:32
BL03 - Balancé Emendas	1,45	20	29	377	1		04:32
PF04 - Perfiladora LSF	2,43	300	729	9477	4		13:36
							49:52

Tabela 11: Tempo de deslocação necessário para abastecimento de matéria-prima à linha de produção segundo *layout* inicial

Com o novo *layout*, toda a matéria-prima é descarregada no cais e armazenada no exterior junto ao mesmo. Conforme as necessidades a chapa é levada lote a lote para

um novo local de armazenamento onde é separada e identificada com as suas medidas e lotes (conforme figuras 42 e 43).



Figura 42: Armazenamento da matéria-prima segundo as suas medidas e lote a lote



Figura 43: Armazenamento da matéria-prima segundo as suas medidas e lote a lote

Foi ainda criada uma entrada na área de produção para o abastecimento da matéria-prima a cada um dos equipamentos. É de salientar que esta entrada se encontra mais perto do local de armazenamento da matéria-prima, fazendo com que o tempo de deslocação seja menor, conforme verificado na tabela 12 e na figura 44. Verifica-se assim uma diminuição de tempo de 49'52'' para 19'40'', ou seja, uma melhoria de cerca de 61% em 13 horas de trabalho diário (Tabela 12). Além disso, nota-se uma melhor

organização de rolos de chapa na área de trabalho pois os rolos serão levados lote a lote para perto de cada um dos desenroladores e não existirá o amontoado de rolos que inicialmente havia no *layout* original.

Chapa	Pesos	Velocidade m/h	Necessidade MP (h)	Necessidade MP (13h)	Nº Deslocações	Tempo Deslocação (min)	T. Deslocação (Total)
PF01 - Perfiladora Tecto	0,414	1200	497	6458	3	01:40	04:00
PF03 - Perfiladora Ômegas e L	0,238	1000	238	3094	2		02:20
PF02 - Perfiladora Alumínio	0,197	700	138	1793	1		01:40
PF05 - Perfiladora Raias e Montantes	0,532	1200	638	8299	3		03:20
BL02 - Balancé Pivots	2,95	15	44	575	1		01:40
BL03 - Balancé Emendas	1,45	20	29	377	1		01:40
PF04 - Perfiladora LSF	2,43	300	729	9477	4		05:00
							19:40

Tabela 12: Tempo de deslocação necessário para abastecimento de matéria-prima à linha de produção segundo *layout* modificado

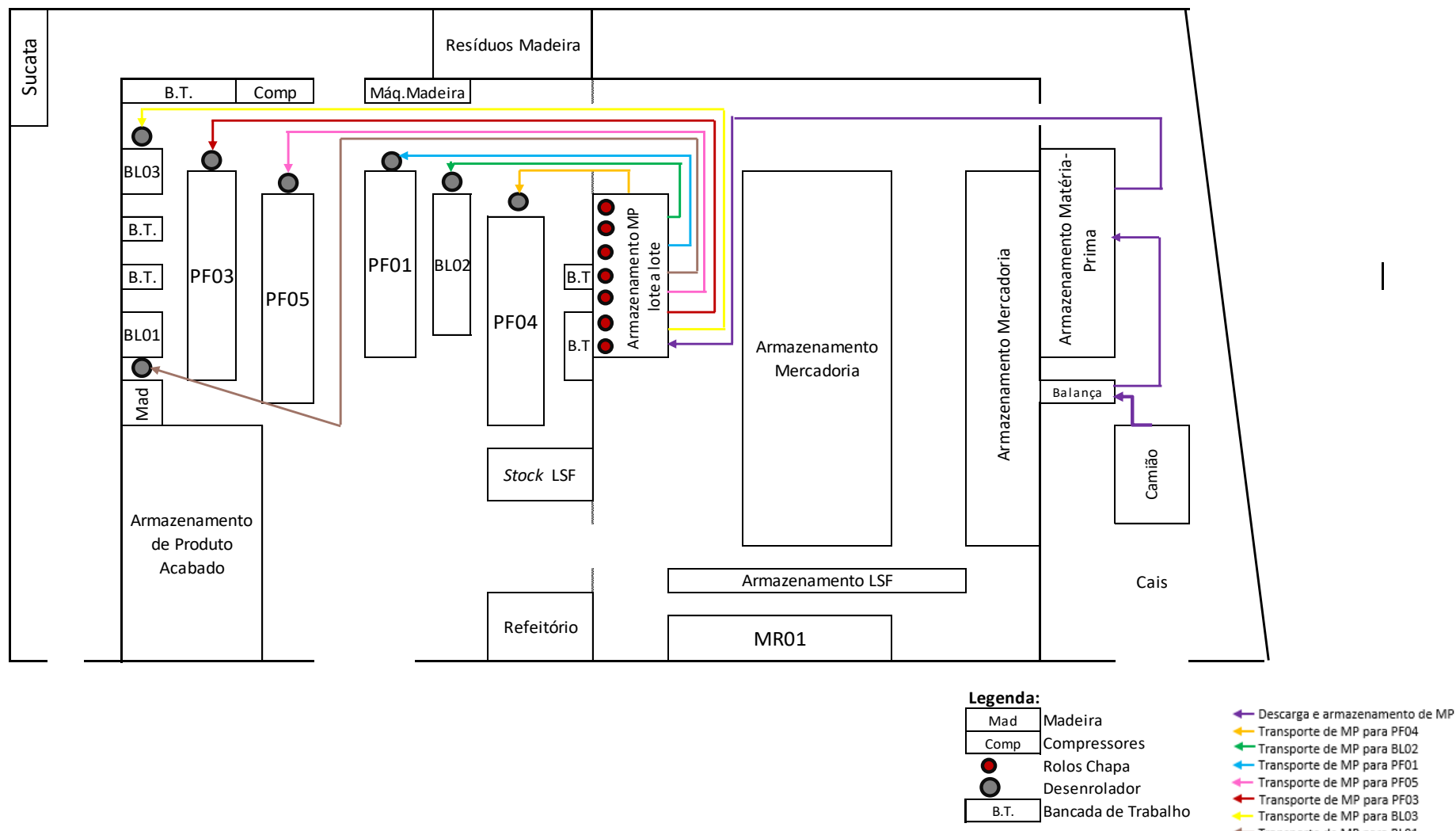


Figura 44: Layout alterado com novo local de armazenamento de matéria-prima e abastecimento da mesma a cada um dos equipamentos

3.4 Implementação SMED

- Estágio Preliminar

Esta fase corresponde à situação inicialmente encontrada, ou seja, onde não existe qualquer distinção entre *setup* interno e externo (Tabela 13). É de assinalar o fato de algumas atividades eram já realizadas com o equipamento em funcionamento, contudo denota-se uma assinalável falta de critério, pois existem determinadas atividades que umas vezes são efetuadas quando o equipamento está em funcionamento e outras vezes são realizadas quando o equipamento se encontra parado.

ORDEM DAS ATIVIDADES NO PRESENTE	TEMPO CORRIDO (Minutos:Segundos)	TEMPO DA ATIVIDADE (Minutos:Segundos)	ATIVIDADE INTERNA	ATIVIDADES EXTERNA
1 - Desligar perfiladora	00:08	00:08	x	
2 - Retirar desperdício de chapa	00:17	00:09	x	
3 - Retirar peça de segurança do desenrolador	00:32	00:15	x	
4 - Fechar desenrolador	00:54	00:22	x	
5 - Ir buscar rolos de MP ao local de armazenamento de MP	04:26	03:32		x
6 - Retirar plástico da palete e escrever lote nos rolos	06:22	01:56		x
7 - Colocar rolo no desenrolador	08:12	01:50	x	
8 - Cortar cintas	08:31	00:19	x	
9 - Abrir desenrolador	08:53	00:22	x	
10 - Colocar peça de segurança no desenrolador	09:16	00:23	x	
11 - Retirar referência do rolo de chapa	09:38	00:22	x	
12 - Engatar manualmente a chapa na perfiladora	11:55	02:17	x	
13 - Ligar perfiladora	11:58	00:03	x	
14 - Retirar desperdício de chapa	12:06	00:08	x	
15 - Iniciar o trabalho	12:09	00:03	x	
			06'41''	05'28''

Tabela 13: Atividades de *setup* presentes na mudança de rolo de matéria-prima no equipamento

- Estágio 1

O estágio 1 visa a separação entre *setup* interno e externo. Com o intuito de poder identificar atividades ou outros aspectos do *setup* não identificados anteriormente, nesta fase, foram realizadas pequenas entrevistas aos operadores responsáveis pelo equipamento. Nesta operação, a separação de atividades internas e externas, confirmou que do tempo total consumido em *setup* cerca de 55% do tempo é despendido em atividades internas, representando as atividades externas apenas 45%.

- Estágio 2

No estágio 2 o objetivo é converter, dentro do possível, o *setup* interno em externo, ou seja, passar a executar atividades com o equipamento em funcionamento que até ao momento eram executadas quando o mesmo se encontrava parado. Nesta fase foi revista a classificação das operações de modo a garantir que não existem operações externas classificadas como internas. As atividades externas passaram a ser realizadas ao mesmo tempo que o colaborador está em produção e melhorou-se a organização das ferramentas usadas para abrir e fechar o desenrolador para que o colaborador despendesse menos tempo à procura das mesmas, daí a diminuição de tempo necessário nas atividades internas da fase 1 para a fase 2 (Tabela 14).

ORDEM DAS ATIVIDADES NO PRESENTE	TEMPO CORRIDO (Minutos:Segundos)	TEMPO DA ATIVIDADE (Minutos:Segundos)	ATIVIDADE INTERNA	ATIVIDADES EXTERNA
1 - Desligar perfiladora	00:08	00:08	x	
2 - Retirar desperdício de chapa	00:17	00:09	x	
3 - Retirar peça de segurança do desenrolador	00:32	00:15	x	
4 - Fechar desenrolador	00:54	00:22	x	
5 - Colocar rolo no desenrolador	02:54	02:00	x	
6 - Cortar cintas	03:14	00:20	x	
7 - Abrir desenrolador	03:27	00:13	x	
8 - Colocar peça de segurança no desenrolador	03:47	00:20	x	
9 - Retirar referência do rolo de chapa	04:00	00:13	x	
12 - Engatar manualmente a chapa na perfiladora	06:03	02:03	x	
11 - Ligar perfiladora	06:08	00:05	x	
12 - Retirar desperdício de chapa	06:10	00:02	x	
13 - Iniciar o trabalho	06:11	00:01	x	
			06'11"	00'00"

Tabela 14: Atividades internas de *setup* presentes na mudança de rolo de matéria-prima no equipamento

- Estágio 3

O estágio 3 caracteriza-se pela racionalização de todos os aspetos do *setup*, ou seja, pretende-se agilizar tanto as atividades internas como as externas e em simultâneo, na medida do possível, eliminar o máximo de operações. Nesta fase, tomou-se a opção de a mudança de rolo ser realizada com a ajuda de um segundo colaborador, em que ambos conseguem fazer as atividades em simultâneo tornando-se mais rápida (Tabela 15).

ORDEM DAS ATIVIDADES NO PRESENTE	TEMPO CORRIDO (Minutos:Segundos)	TEMPO DA ATIVIDADE (Minutos:Segundos)	ATIVIDADE INTERNA	ATIVIDADES EXTERNA
1 - Colaborador 1 deliga perfiladora e retira desperdício de chapa e Colaborador 2 retira peça de segurança do desenrolador e fecha desenrolador	01:05	01:05	x	
2 - Colaborador 2 coloca rolo no desenrolador com ajuda de direcionamento do colaborador 1	01:53	00:48	x	
3 - Colaborador 1 colocar peça de segurança no desenrolador	02:06	00:13	x	
4 - Colaborador 2 corta as cintas e colaborador 1 abre o desenrolador	02:29	00:23	x	
5 - Retirar referência do rolo de chapa	02:36	00:07	x	
6 - Colaborador 1 engata manualmente a chapa na perfiladora	04:24	01:48	x	
7 - Ligar perfiladora	04:32	00:08	x	
8 - Retirar desperdício de chapa	04:49	00:17	x	
9 - Iniciar o trabalho	04:57	00:08	x	
			04'57"	00'00"

Tabela 15: Atividades internas de *setup* presentes na mudança de rolo de matéria-prima no equipamento com 2 colaboradores

Resumidamente, temos os seguintes resultados:

Estágio	Atividades Internas	Atividades Externas	Ganhos
Inicial	06:41	05:28	-
1	06:41	-	05:28
2	06:11	-	00:30
3	04:57	-	02:46
			08'44"

Tabela 16: Ganhos de tempo na aplicação da ferramenta SMED

Os resultados obtidos evidenciam, por um lado, as diferenças que podem surgir na aplicação do SMED em diferentes ambientes e demonstram, em simultâneo, que os resultados de uma implementação SMED de acordo com as fases apresentadas por Shingo (2000) podem ser fortemente potenciados através de uma implementação SMED de acordo com o modelo apresentado neste trabalho. Os resultados salientam também a importância de garantir um conjunto de pré-requisitos, a relevância da análise efetuada na fase preliminar à implementação integrando ferramentas de análise como o VSM e o diagrama de causa e efeito e comprovam a capacidade da métrica OEE como forma de avaliação às melhorias implementadas.

Analisando os resultados obtidos em cada fase da implementação SMED, separadamente para cada operação, facilmente se constata que as potencialidades de uma implementação podem ser bastante favoráveis.

Concluída a implementação dos três estágios do SMED, a execução de operações de *setup* realizáveis obrigatoriamente com equipamento parado consome um total de 6 minutos e 11 segundos com apenas um colaborador a realizar a tarefa e cerca de 5 minutos se houver o apoio de um segundo colaborador.

3.5 Avaliação do OEE final

Findada a implementação da ferramenta SMED, importa agora avaliar os efeitos das ações de melhoria recém-implementadas. Neste sentido são apresentados em seguida os valores de OEE recalculados para cada equipamento após a implementação da metodologia SMED (Tabelas 17 a 22) .

		Valor
Dados Recolhidos	Tempo Estudado	480 Min
	Pausas	0 Min
	Almoço	0 Min
	Tempo Inatividade	54 Min
	Tempo de Ciclo Ideal	0,08 Min
	Total de Peças Produzidas	7940 M
	Total de Peças Rejeitadas	31 M
Dados Calculados	Tempo Produção Planeado	480 Min
	Tempo de Operação	426 Min
	Peças Boas	7909 M
	Disponibilidade	93%
	Desempenho	87%
	Qualidade	100%
	OEE	81%

Tabela 17: Cálculo do OEE final do equipamento PF01

O estudo do OEE depois de implementadas as ações de melhoria, foi feito por amostragem durante um dia de trabalho, ou seja, 480 min. Ao longo do estudo também foram contabilizados os tempos de paragem não programados bem como o total de número de peças produzidas e a quantidade de peças não conformes.

		Valor
Dados Recolhidos	Tempo Estudado	480 Min
	Pausas	0 Min
	Almoço	0 Min
	Tempo Inatividade	16 Min
	Tempo de Ciclo Ideal	0,12 Min
	Total de Peças Produzidas	3665 M
	Total de Peças Rejeitadas	18 M
Dados Calculados	Tempo Produção Planeado	480 Min
	Tempo de Operação	464 Min
	Peças Boas	3648 M
	Disponibilidade	98%
	Desempenho	58%
	Qualidade	100%
	OEE	56%

Tabela 18: Cálculo do OEE final do equipamento PF02

		Valor
Dados Recolhidos	Tempo Estudado	480 Min
	Pausas	0 Min
	Almoço	0 Min
	Tempo Inatividade	21 Min
	Tempo de Ciclo Ideal	0,065 Min
	Total de Peças Produzidas	10050 M
	Total de Peças Rejeitadas	82 M
Dados Calculados	Tempo Produção Planeado	480 Min
	Tempo de Operação	459 Min
	Peças Boas	9968 M
	Disponibilidade	97%
	Desempenho	86%
	Qualidade	99%
	OEE	83%

Tabela 19: Cálculo do OEE final do equipamento PF03

Além de implementadas as ferramentas SMED, 5S, *Daily Kaizen* e TPM, os equipamentos estudados foram alvo de melhorias mecânicas sendo que sofreram aumentos de velocidade, fazendo com o tempo de ciclo ideal diminuísse e consequentemente houve um aumento do total de peças produzidas.

		Valor
Dados Recolhidos	Tempo Estudado	420 Min
	Pausas	20 Min
	Almoço	60 Min
	Tempo Inatividade	57 Min
	Tempo de Ciclo Ideal	0,2 Min
	Total de Peças Produzidas	1572 M
	Total de Peças Rejeitadas	10 M
Dados Calculados	Tempo Produção Planeado	340 Min
	Tempo de Operação	283 Min
	Peças Boas	1562 M
	Disponibilidade	91%
	Desempenho	54%
	Qualidade	99%
	OEE	49%

Tabela 20: Cálculo do OEE final do equipamento PF04

Apesar de existir um aumento do OEE do equipamento PF04 relativamente ao OEE determinado inicialmente, este continua a ser o equipamento com menor valor de OEE. Mesmo com o valor de disponibilidade a aumentar em relação ao estado inicial, nota-se que o desempenho é baixo porque é um equipamento que não trabalha em contínuo, pois trabalha de encomenda a encomenda (produção por projeto).

		Valor
Dados Recolhidos	Tempo Estudado	340 Min
	Pausas	0 Min
	Almoço	60 Min
	Tempo Inatividade	17 Min
	Tempo de Ciclo Ideal	0,046 Min
	Total de Peças Produzidas	8380 M
	Total de Peças Rejeitadas	40 M
Dados Calculados	Tempo Produção Planeado	280 Min
	Tempo de Operação	263 Min
	Peças Boas	8340 M
	Disponibilidade	96%
	Desempenho	83%
	Qualidade	100%
	OEE	80%

Tabela 21: Cálculo do OEE final do equipamento PF05

		Tempo (min)
Dados Recolhidos	Tempo Estudado	480 Min
	Pausas	0 Min
	Almoço	0 Min
	Tempo Inatividade	23 Min
	Tempo de Ciclo Ideal	4 Min
	Total de Peças Produzidas	156 M
	Total de Peças Rejeitadas	1 M
Dados Calculados	Tempo Produção Planeado	480 Min
	Tempo de Operação	457 Min
	Peças Boas	155 M
	Disponibilidade	97%
	Desempenho	82%
	Qualidade	99%
	OEE	79%

Tabela 22: Cálculo do OEE final do equipamento BL01

No equipamento PF01 obteve-se um OEE de 81%, o que representa uma melhoria de 10%, comparativamente aos resultados obtidos previamente às melhorias implementadas. No equipamento PF02 obteve-se um aumento de 4% no OEE. Também no equipamento PF03 houve um aumento de 10%, passando de 73% para 83%. No equipamento PF04 existiu um dos maiores aumentos sendo que um avanço de 28% para 49%. Já no equipamento PF05 o aumento foi de apenas 9%, aumentando de 71% para 80%. No equipamento BL01 existiu um aumento do OEE de 64% para 79%. Estes aumentos do valor de OEE devem-se à melhoria significativa do fator disponibilidade que subiu em todos os equipamentos.

O crescimento da disponibilidade é explicado pelo aumento do tempo de operação que resulta, por sua vez, da redução de tempos inativos consequente das melhorias implementadas, uma vez que, o tempo de produção planeado se manteve inalterado. Por seu lado a redução do fator desempenho é facilmente explicada, tendo em consideração que o tempo de ciclo ideal é o mesmo e que surgiu um aumento significativo do tempo de operação. O fator qualidade manteve o seu valor de 100%.

3.6 Implementação de Nova Melhoria

De modo que haja menos desafinações da perfiladora na mudança de rolos, e para que a probabilidade de ocorrência de acidentes de trabalho seja menor, visto que os colaboradores guiam manualmente a chapa ao longo dos rolos da perfiladora de um novo rolo, surgiu a ideia de adquirir uma fita adesiva reforçada com fibras (Figura 45) paralelas à força de tração feita pelos rolos para colar a chapa do rolo que está a acabar com a chapa do novo rolo a colocar na perfiladora (Figuras 46 a 48).



Figura 45: Fita adesiva reforçada com fibra



Figura 46: Colocação da fita para a união das chapas



Figura 47: Chapas unidas com a fita antes de entrar na perfidadora



Figura 48: Chapas unidas com a fita e durante a perfilagem

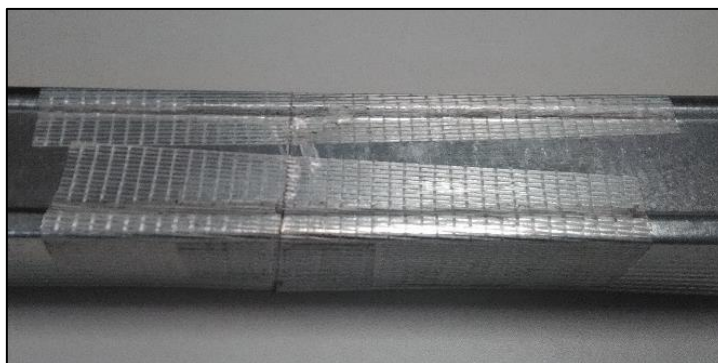


Figura 49: Perfil com fita após saída da perfiladora (desperdício)

Notou-se ao longo dos testes realizados juntamente com um parceiro da área das embalagens, que esta fita era adequada para o desejado, pois notou-se que a mesma tem uma boa adesão à banda de chapa e que a mesma não rompe ao passar pelas rodas perfiladoras.

ORDEM DAS ATIVIDADES NO PRESENTE	TEMPO CORRIDO (Minutos:Segundos)	TEMPO DA ATIVIDADE (Minutos:Segundos)	ATIVIDADE INTERNA	ATIVIDADES EXTERNA
1 - Colaborador 1 produz e desliga perfiladora e Colaborador 2 retira peça de segurança do desenrolador e fecha desenrolador	00:32	00:32	x	
2 - Colaborador 2 coloca rolo no desenrolador com ajuda de direcionamento do colaborador 1	01:47	01:15	x	
3 - Colaborador 1 coloca peça de segurança e abre desenrolador e colaborador 2 corta as cintas e retira referência do rolo de chapa	02:26	00:39	x	
4 - Os 2 colaboradores desenrolam chapa até à entrada da perfiladora	02:37	00:11	x	
5 - Os 2 colaboradores colam as duas chapas com fita reforçada	03:15	00:38	x	
6 - Engatar a máquina	04:03	00:48	x	
7 - Retirar desperdício de chapa	04:08	00:05	x	
8 - Iniciar o trabalho	04:22	00:14	x	
			04'22''	00'00''

Tabela 23: Atividades internas de *setup* presentes na mudança de rolo de matéria-prima no equipamento com 2 colaboradores e com a utilização de fita adesiva resistente

Tendo em conta o estágio 3 da aplicação da ferramenta SMED, em que os 2 colaboradores necessitavam de 4'57" de tempo de paragem de máquina para mudança de rolo, neste caso nota-se uma melhoria de 35" com dois colaboradores (Tabela 23), mas com um procedimento de trabalho um pouco distinto e com menor probabilidade de acidentes de trabalho e menos tempos de paragem para afinação de máquinas.

Novo Procedimento de Trabalho
1 - Colaborador 1 produz e desliga perfiladora e Colaborador 2 retira peça de segurança do desenrolador e fecha desenrolador
2 - Colaborador 2 coloca rolo no desenrolador com ajuda de direcionamento do colaborador 1
3 - Colaborador 1 coloca peça de segurança e abre desenrolador e colaborador 2 corta as cintas e retira referência do rolo de chapa
4 - Os 2 colaboradores desenrolam chapa até à entrada da perfiladora
5 - Os 2 colaboradores colam as duas chapas com fita reforçada
6 - Engatar a máquina
7 - Retirar desperdício de chapa
8 - Iniciar o trabalho

Tabela 24: Novo procedimento de trabalho

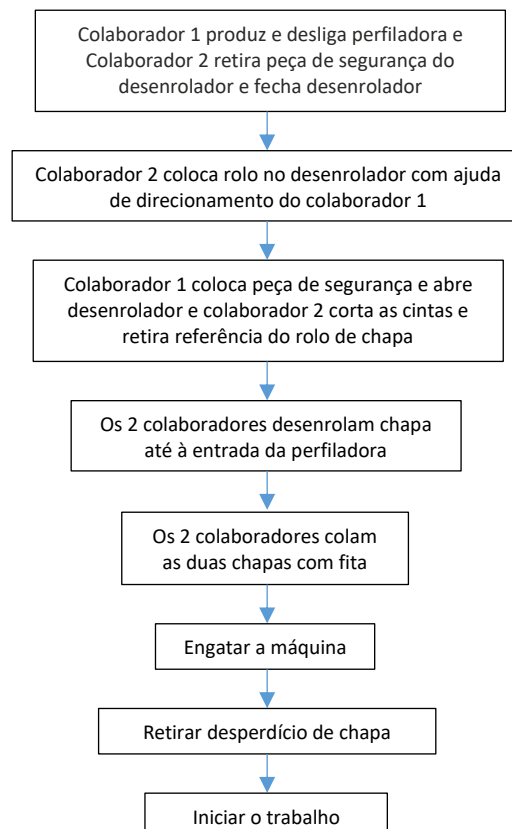


Tabela 25: Fluxograma do novo procedimento de trabalho

3.7 Aplicação dos oito pilares do TPM e resultados

3.7.1. Manutenção Autônoma

A manutenção autônoma é considerada pela empresa, um pilar importante porque é através dela que se pode aplicar os cuidados básicos de manutenção do equipamento. Esta é feita pelo operador responsável pelo equipamento. O primeiro ponto a ter em conta é a limpeza do equipamento que pode ser realizada pelo operador de cada um dos equipamentos. A limpeza quando feita periodicamente, permite conservar e assim aumentar o tempo de vida do equipamento. A eliminação de sujidade permite eliminar o aparecimento de pequenos problemas no equipamento, assim com uma melhor deteção de problemas de maior dimensão. Esta etapa permite que o operador tenha o seu local de trabalho organizado assim como a área envolvente.

De forma a melhorar as condições para efetuar mais eficientemente a limpeza, lubrificação e manutenção do equipamento foram tomadas medidas para eliminar fontes de contaminação, tais como ter em atenção o aquecimento das rodas perfiladoras que podem estar a fazer esforço excessivo e levar à danificação das mesmas, verificação diária dos níveis de óleo e retirada a água dos compressores a horas previamente marcadas para que não interfira na pressão do ar abastecida a cada equipamento.

Foram ainda definidas e aplicadas normas de limpeza e de manutenção criando-se padrões para os reservatórios de óleo hidráulico e de lubrificação, referente aos níveis adequados em que estes se devem encontrar. Um excesso leva a uma maior desperdício e sujidade enquanto a falta pode levar ao mau funcionamento de órgãos mecânicos e desgaste prematuro.

3.7.2. Manutenção Planeada

Este pilar está principalmente a cargo do departamento de Manutenção e segue um plano de manutenção planeada conforme Anexo II. Neste sector, a empresa já apresenta uma forte cultura na manutenção planeada e com a crescente evolução na manutenção autônoma realizada aos equipamentos, o departamento de Manutenção passou também a focar-se em ações de prevenção e melhoria. Além disso, a empresa PERTECNO é certificada pela norma NP ISO 9001:2015 e uma vez que a manutenção planeada é um requisito da mesma (Santos, 2018), esta temática tem sofrido uma constante melhoria. Pequenas anomalias podem ser rapidamente resolvidas pelo operador, como por exemplo reaperto e pequenos ajustes, libertando os técnicos de manutenção. Anomalias que não impeçam o equipamento de laborar são realizadas quando o equipamento está disponível.

O departamento de Manutenção passa a focar-se nas seguintes atividades:

- Manutenções planeadas periódicas (Manutenção preventiva semanal; Lubrificação dos equipamentos através de “massa consistente” e óleos).

- Estudo e análise de melhorias para aumentar o tempo de vida do equipamento, aumentar a sua disponibilidade e performance.
- Verificação de material sobresselente, ferramentas, produtos de lubrificação e assim um controlo do saldo para o departamento.
- Análise das paragens que ocorreram, no sentido de encontrar soluções para que as mesmas não voltem a suceder.
- Iniciação à manutenção preditiva, que apesar de muito recente, é mais um caminho em que a empresa decide apostar, podendo traduzir-se em ganhos substanciais, através da deteção de possíveis avarias antes de elas acontecerem. As técnicas que se estão a realizar são: análise de óleos, inspeção visual e análise de parâmetros como a temperatura dos equipamentos.

3.7.3. Melhoria Específica

Como estamos a analisar equipamentos únicos no mercado (protótipos) e não de máquinas produzidas em série com ferramentas sobresselentes fáceis de encontrar, muitas das situações de melhoria verificadas não são executáveis, ou porque o equipamento já não o permite ou porque o investimento assim não justifica. Contudo, passou a fazer-se o registo de melhorias/alterações que surgem para um determinado equipamento para que quando se pense em investir num novo equipamento se encontre um equipamento à medida das nossas necessidades, ou seja, feitas essas exigências ao fabricante.

Apesar destas dificuldades foram feitas pela equipa de manutenção algumas intervenções e mudanças nas máquinas de forma a melhorá-las. Um dos exemplos disso, foi a substituição das chumaceiras onde se encontram os rolamentos e se encaixam os veios das rodas perfiladoras por novas chumaceiras com graceres embutidos de forma as mesmas serem constantemente e mais facilmente lubrificadas e dar melhor capacidade aos rolamentos (Figuras 50 a 53).



Figura 50: Chumaceira antiga a substituir sem gracer

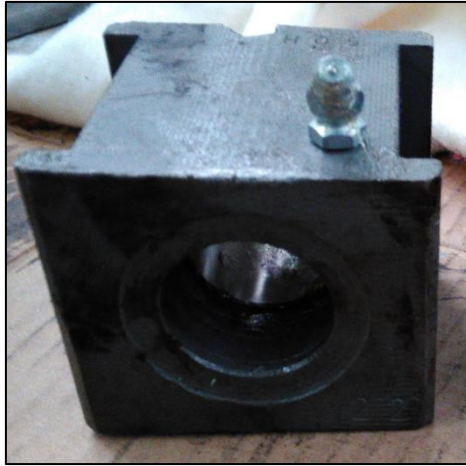


Figura 51: Chumaceira adaptada com gracer



Figura 52: Torre com chumaceiras sem graceres

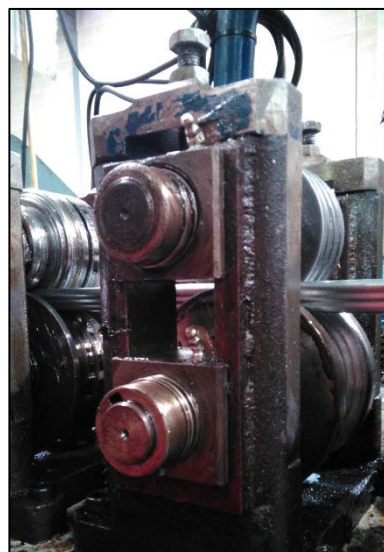


Figura 53: Torre alterada com chumaceiras com graceres

3.7.4. Manutenção da Qualidade

Um dos objetivos da implementação do TPM passa por alcançar “zero-defeitos”. Como tal, foi criado o Departamento de Qualidade destinado a identificar e acompanhar problemas que ocorrem na perfilagem, a fim de se poderem corrigir. Pretende-se eliminar perdas com peças que têm de seguir para sucata, como por exemplo por apresentarem rebarba, superfícies onduladas, entre outras.

Apesar de ainda não ter sido aplicado em nenhum caso específico, existe uma atenção e um registo destas especificações para que quando surja a necessidade, se obtenha um equipamento mais robusto e capaz de corresponder às exigências.

3.7.5. Gestão antecipada de equipamentos

De acordo com as melhorias individuais feitas aos equipamentos, os operadores dão um contributo muito positivo na identificação de perdas que ocorrem, pois são eles que trabalham com os equipamentos diariamente, e são eles que passam pelas dificuldades. As melhorias que possam ser facilmente realizadas são devidamente programadas com a produção, pois podem implicar a paragem do equipamento. As melhorias identificáveis que impliquem um grande tempo de intervenção são programadas e realizam-se no momento da manutenção preventiva do equipamento. Muitas melhorias identificadas passam despercebidas à maioria dos colaboradores, mas para quem labora com o equipamento, são de fácil identificação. As melhorias provocam por vezes, depois de somadas, a eliminação de grandes perdas. Exemplo disto foi a substituição de desenroladores manuais por desenroladores automáticos pois permite um menor esforço na transmissão e na tração das rodas perfiladoras pelo que possibilita andarem com menos carga (Figuras 54 e 55).

Outro exemplo de melhoria foi a criação de um recipiente de óleo de corte que abastece gota a gota os machos das roscadoras do balancé dos *pivots*, fazendo com que os mesmos estejam sucessivamente lubrificados o que levou à diminuição substancial de desgaste, que acabavam por levar à sua substituição (Figuras 56 e 57).



Figura 54: Desenrolador manual



Figura 55: Desenrolador automático



Figura 56: Sistema de lubrificação gota a gota dos machos das roscadoras



Figura 57: Sistema de lubrificação gota a gota dos machos das roscadoras

3.7.6. Segurança, Saúde e Ambiente

Apesar do ambiente e a segurança não terem sido uma preocupação inicial, na fase do projeto da unidade fabril, têm sido feitas correções tanto ao nível de instalações como nos equipamentos instalados. Mas é preciso ter consciência que existe sempre algo que pode ser melhorado. Sempre que surge uma situação, devidamente identificada e causadora de possíveis acidentes, a mesma é devidamente analisada e é acionado um conjunto de medidas visando eliminar esse problema. Um dos problemas detetados foi as escadas que dão acesso à zona de armazenamento de sucata que eram feitas de paletes de madeira e que se encontravam soltas. A solução encontrada foi o fabrico de uma escada em aço leve e da substituição e fixação desta nova escada diretamente ao solo. Outro dos problemas percecionados foi a existência de cabos elétricos espalhados pelo solo da zona de produção o que podia levar a quedas ao mesmo nível e para isso foram unidos e colocados em calhas de aço leve facilmente removíveis no caso de haver necessidade de aceder a algum dos cabos (Figuras 58 e 59). Além disso, como foi referido ao longo das medidas implementadas com a metodologia 5S's, a organização também notou impacto dessas intervenções ao nível da segurança, pois as ferramentas arrumadas e os resíduos colocados em recipientes próprios fizeram com que não andassem espalhados e minimizou os acidentes de tropeços e quedas ao mesmo nível. Também a organização das bancadas de trabalho depois da implementação dos 5S's fez com que as posições ergonómicas em que os colaboradores trabalham sejam mais benignas e a posição de rebarbadoras, tornos e equipamentos tornaram-se mais acessíveis e menos suscetíveis a possíveis cortes e feridas. A organização dos óleos de corte, de produção e de manutenção foi feita a que os mesmos fossem manuseados sempre na mesma área para que haja melhor ventilação, menos salpicos e escorrimentos dos mesmos.



Figura 58: Antes da arrumação dos cabos elétricos



Figura 59: Depois de arrumação dos cabos elétricos

3.7.7. Formação

Esta etapa de formação é crucial para o sucesso da implementação do TPM. Um ponto negativo que a empresa apresenta neste pilar, deve-se muito à situação socioeconómica em que se encontra o país, nos dias de hoje. Os contratos de curto prazo e a procura por melhores condições de vida levam a que exista uma grande rotatividade nas equipas que operam nos equipamentos. Logo, a empresa tem um grande investimento em formação, formação que não passa de introdutória aos processos, conhecimentos gerais do equipamento. A formação conveniente deveria permitir ao colaborador evoluir e ser cada vez mais autónomo, graças ao seu maior nível de conhecimento. O objetivo passa por criar planos de formação para desenvolver as competências de todos os operadores.

3.7.8. TPM *Office*

Apesar de ser uma atividade estendida a toda a empresa, é nos departamentos de Produção e Manutenção em que o apoio administrativo para com todos os demais se faz sentir. Uma parte desse apoio centrou-se tanto nos planeamentos da produção em conjunto com a manutenção. Todas as semanas existe uma reunião do departamento administrativo, com o responsável de produção e manutenção para planear as correções das avarias comunicadas até ao momento (Apêndice III) e comunicar o equipamento a sofrer manutenção planeada nessa mesma semana. Além disso, toda esta equipa reúne-se mensalmente com a gestão de topo para comunicar as sugestões de melhorias verificadas até ao momento, as avarias e correções mais graves e também os custos dos mesmos.

4. CONCLUSÕES

4.1 MELHORIAS IMPLEMENTADAS E SEUS RESULTADOS

4.2 APLICAÇÃO DA FERRAMENTA SMED

4.3 OEE INICIAL VS. OEE FINAL

4.4 PERSPETIVAS DE TRABALHO FUTURO

4 CONCLUSÕES

4.1 Melhorias Implementadas e seus resultados

Após uma exigente análise das melhorias aplicadas a toda a organização durante este trabalho, apresenta-se de seguida um quadro síntese com as melhorias aplicadas/implementadas e os seus respetivos resultados.

Melhorias aplicadas	Resultados obtidos
Reuniões de <i>Daily Kaizen</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicação da ferramenta 5S's: notou-se uma melhoria na organização e limpeza dos postos de trabalho bem como a monitorização das mesmas; • Gestão da produção: comunicação da produção prevista, tipo de artigo a produzir, quantidades e período de tempo de produção para os dias seguintes. Com isto, notou-se uma melhoria na organização e gestão da produção com menos ruturas de <i>stock</i> (no ano de 2017 foram anuladas 4 encomendas por ruptura enquanto aos 9 primeiros meses do ano de 2018 ainda não foi anulada nenhuma encomenda); • Comunicação e gestão das avarias dos equipamentos: melhor gestão do plano de manutenção preventiva tendo em conta as ações corretivas que vão ocorrendo, os custos de cada uma delas e os cuidados a ter depois de serem reparadas bem como a responsabilização do colaborador para detetar as falhas do equipamento com que opera; • Gestão de pessoas: melhoria na qualidade da comunicação entre os diferentes e os mesmos níveis hierárquicos, informação das falhas/reclamações ocorridas, melhoria nas relações interpessoais fazendo com que houvesse uma maior comunicação de sugestões a implementar e aplicação de um plano diário para todos os colaboradores.
Novo/Mudança de <i>Layout</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Menor tempo gasto em deslocações para abastecimento das linhas de produção com matéria-prima, pois passa-se de cerca de 50' diários para 20', ou seja, uma melhoria de 40%; • Melhor organização da matéria-prima na sua alocação pois são colocados os rolos perto das máquinas (a maior distância do equipamento mais longínquo à matéria-prima passa de 50m para 10m) perante as necessidades e não em amontoados;

	<ul style="list-style-type: none">• Fechos de lote realizados em tempo real pois os rolos são manuseados lote a lote e deverá haver menos falhas nos fechos do lote.
SMED	<ul style="list-style-type: none">• Novo procedimento de trabalho com mais organização, menos deslocamentos e padronizado;• Ganhos de cerca de 5 minutos na alteração de atividades externas em atividades internas;• Menos tempo gasto (5 minutos em cada mudança de rolo por equipamento) com as máquinas desligadas e consequentemente aumenta o tempo de produção.
Colocação de fita adesiva na mudança de rolos de chapa	<ul style="list-style-type: none">• Novo procedimento de trabalho com tempos de mudança de rolo minorados (35'');• Menos desafinações no equipamento aquando das mudanças de rolo;• Menor desperdício (redução de 2500kg de sucata por mês para 2000kg) de chapa nas mudanças de rolo.
TPM	<ul style="list-style-type: none">• Manutenção autónoma: permite o colaborador ter o seu equipamento limpo e organizado o que facilita a visualização de avarias e correção da mesma se for capacitado para tal;• Manutenção planeada: manutenções planeadas periódicas (manutenção preventiva semanal; lubrificação dos equipamentos através de "massa consistente" e óleos), estudo e análise de melhorias para aumentar o tempo de vida do equipamento, aumento da disponibilidade e performance dos equipamentos, verificação de material sobresselente, ferramentas, produtos de lubrificação e iniciação à manutenção preditiva;• Melhoria focada: foram feitas pela equipa de manutenção algumas intervenções e mudanças nas máquinas de forma a melhorá-las;• Manutenção da qualidade: ainda não foi aplicado em nenhum caso específico mas existe uma atenção e um registo destas especificações para que quando surja a necessidade, se obtenha um equipamento mais robusto e capaz de corresponder às exigências;• Gestão antecipada dos equipamentos: foram realizadas e têm sido registadas melhorias que podem ser realizadas pelos colaboradores do equipamento ou pela equipa de manutenção que contribuem para um aumento de capacidade do equipamento e um menor risco de avarias;

- Segurança, saúde e ambiente: têm sido feitas pequenas melhorias ao longo do tempo para prevenção de eventuais acidentes de trabalho;
- Formação: tem sido dada formação *On Job* aos colaboradores de forma a compreenderem o melhor e mais eficiente modo de funcionamento das máquinas para uma melhor intervenção quando necessária;
- TPM na administração: tanto a gestão de topo como o departamento administrativo encontra-se em sintonia com o departamento de produção e manutenção para que os planos de manutenção e de melhorias sejam realizáveis bem como as correções sejam atempadamente previstas, aprovadas e planeadas.

Tabela 26: Melhorias implementadas e respetivos resultados

4.2 OEE Inicial vs. OEE Final

Apesar de no início do projeto se esperar melhorar o indicador de eficiência operacional dos equipamentos (OEE), este aspeto não foi totalmente conseguido. Isto porque, como já foi referido, o OEE é um indicador que contempla três variáveis: disponibilidade, desempenho e qualidade. Ora, o SMED possibilitava somente melhorar dois destes três parâmetros: disponibilidade e desempenho, nomeadamente na parcela de tempos de paragem. Concretamente e uma vez que o grande objetivo era diminuir os tempos de paragem dos equipamentos com as operações definidas como SMED e TPM, estes mesmos tempos diminuiram no geral.

Assim sendo, os gráficos abaixo (Figura 62 a 64) demonstram isso mesmo pois verifica-se um aumento tanto na disponibilidade e no desempenho dos equipamentos no início e no final da implementação da ferramenta SMED.

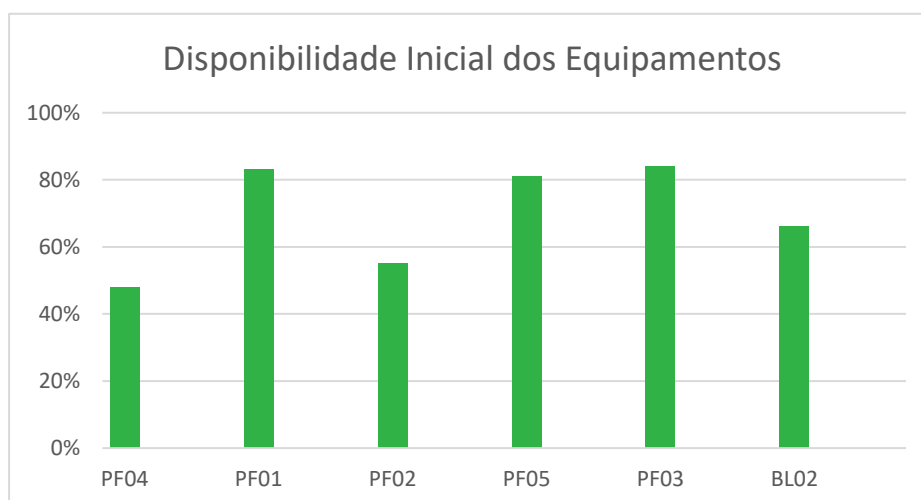


Figura 60: Disponibilidade Inicial dos equipamentos

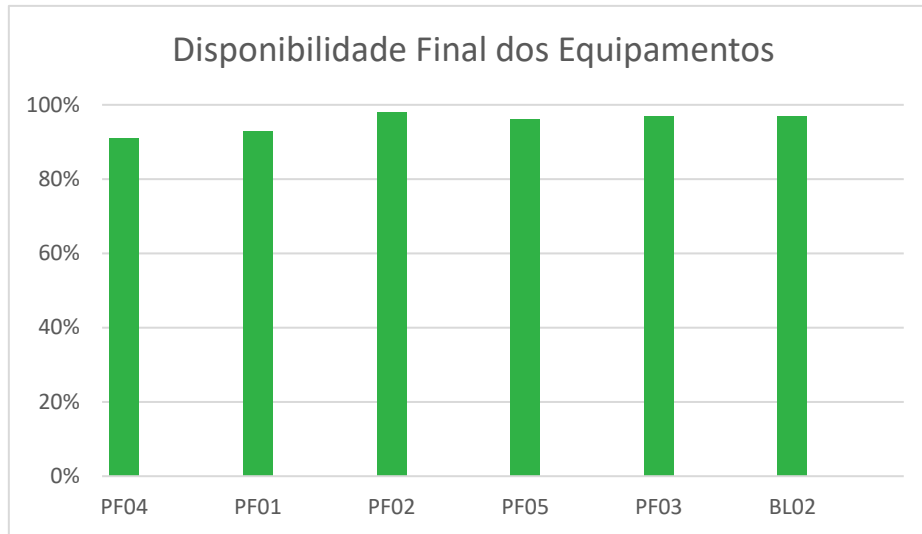


Figura 62: Disponibilidade Final dos equipamentos

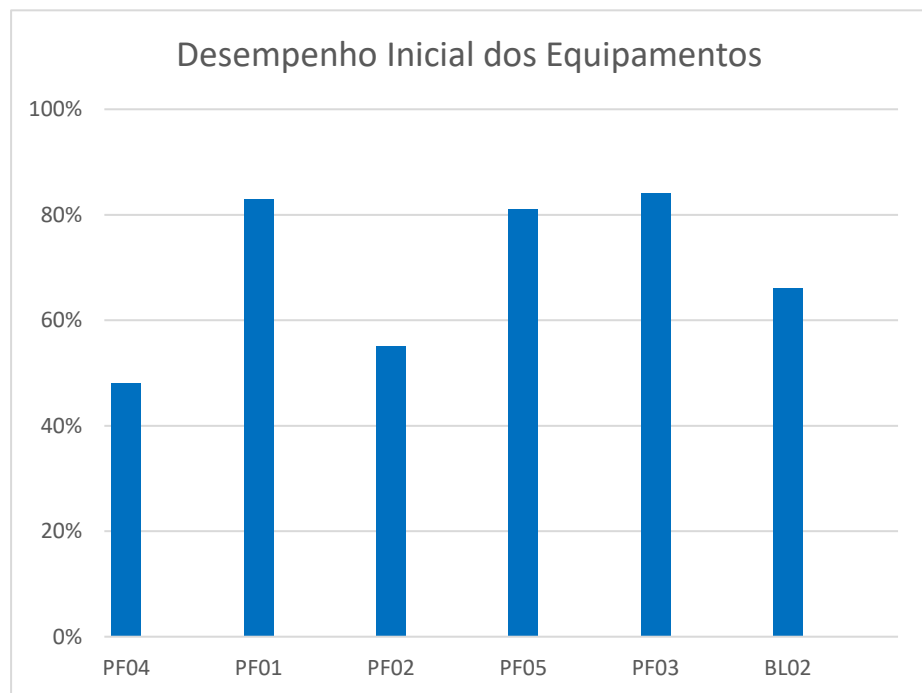


Figura 61: Desempenho inicial dos equipamentos

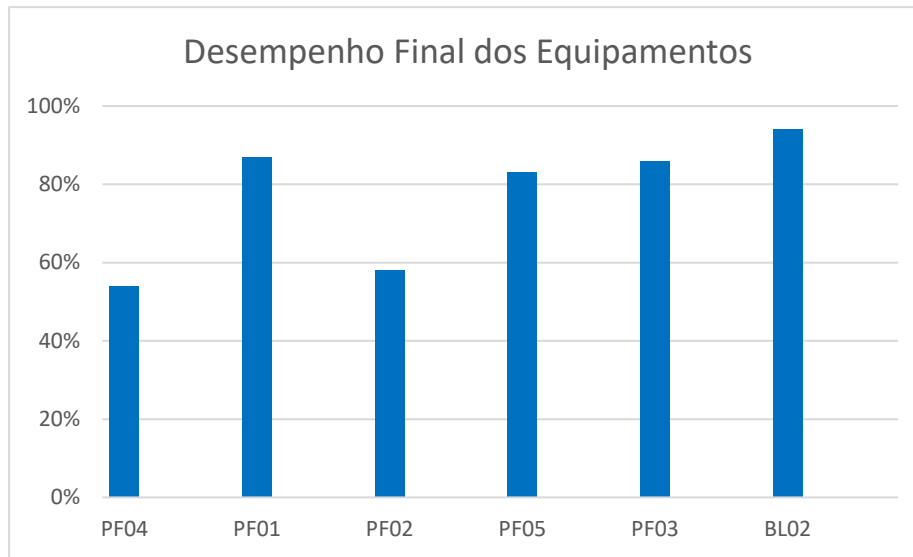


Figura 64: Desempenho final dos equipamentos

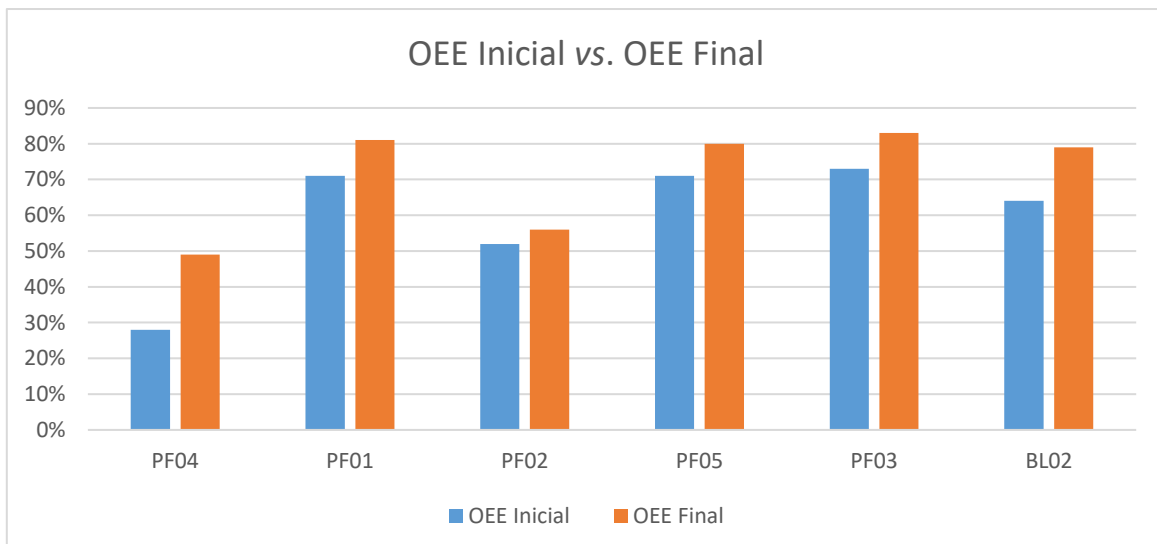


Figura 63: OEE Inicial vs. OEE Final

Conseqüentemente, com a disponibilidade e o desempenho dos equipamentos a aumentarem devido à redução dos tempos de paragem dos mesmos, verifica-se um aumento do OEE final relativamente ao OEE determinado inicialmente (Figura 65).

A redução de tempos de *setup* interno permitirá reduzir os custos produtivos dos artigos integrantes da família de artigos em estudo.

Os grandes objetivos iniciais passavam pela correta e eficaz implementação do SMED e do TPM na Pertecno, uma vez que havia sido sentida a necessidade de otimizar ou pelo menos melhorar, alguns tempos de paragem dos equipamentos. Outro dos objetivos iniciais passava por contribuir para a criação de um ambiente *kaizen*, e a atribuição de maior *empowerment* aos operadores da produção. Depois de alguma resistência inicial verificou-se que os operadores da produção e da manutenção mostraram vontade em ajudar e em querer que o SMED e o TPM seguissem e evoluíssem convenientemente.

Relativamente a aspetos menos positivos, é importante referir que, no início, houve algumas dificuldades com as operações de organização e limpeza devido a um não entendimento concreto destes procedimentos. Outro aspeto a salientar foi a falta de comunicação aquando do arranque efetivo das operações SMED e TPM. Nesta altura deveriam ter sido agendadas mais reuniões com a produção, para se perceber as reais dificuldades sentidas por estes, desenvolver melhorias e efetuar alterações necessárias. Em termos práticos, é importante concluir que um dos principais objetivos iniciais do projeto (a melhoria do OEE – avaliação de desempenho dos equipamentos) foi atingido. Assim, permitiu um ganho direto em termos de tempo que se repercutisse de imediato no indicador OEE, nomeadamente no parâmetro produtividade e/ou disponibilidade. Em suma, as ferramentas *Daily Kaizen*, SMED, 5S's e TPM afirmam-se como ferramentas de gestão eficazes em tornar os problemas visíveis e em ajudar as equipas a encontrar soluções. Permitem atingir um grau de estabilidade elevado e promove a participação de todos no processo de gestão. Por outro lado, a responsabilização conseguida com uma medição constante de desempenho revela-se importante na motivação dos colaboradores e na transformação cultural da equipa de trabalho. Porém, estas metodologias não constituem um fim em si mesmo e só faz sentido se for integrada num modelo empresarial inovador, em que toda a estrutura organizacional esteja alinhada com o objetivo de atingir um desempenho excepcional. De facto, o objetivo último da implementação destas metodologias é o de permitir a mudança de atitudes e comportamentos no sentido de sustentar melhorias.

No futuro, espera-se que a PERTECNO utilize os modelos desenvolvidos com a eficácia pretendida e que essa cultura se consolide como parte ativa do trabalho de todos os seus colaboradores.

No que toca às ferramentas *Lean* aplicadas, estas estão subordinadas aos princípios da melhoria contínua. Trata-se, portanto, de modelos em constante desenvolvimento no sentido de se adaptar de forma cada vez mais eficaz às necessidades das equipas a que se aplica.

4.3 Perspetivas de trabalho futuro

Apesar de ainda não ser possível fazer o balanço do real impacto da implementação destas metodologias na empresa, os primeiros resultados dão provas que se estão a efetuar melhorias e a obter um melhor rendimento do desempenho global dos equipamentos. Estes últimos meses disponíveis para a realização do projeto foram um espaço temporal reduzido para a implementação de uma ferramenta como o *Daily Kaizen*, o SMED e o TPM. A análise em tão curto período não permite retirar conclusões sobre o real alcance do projeto, que só deverá ser possível ao fim de 3 a 4 anos.

Pretende-se estender a implementação destas ferramentas às novas máquinas que serão adquiridas num futuro próximo.

Uma outra área de interesse a estudar será a criação e implementação de um *software* ligado a cada um dos equipamentos para que o gestor de produto, gestor de vendas e administração tenha acesso em tempo real ao stock de cada artigo, ao índice que produção e qualidade de cada um dos colaboradores bem como o nível de eficiência, velocidade e tempos de paragem de cada um dos equipamentos.

Outra área de interesse a estudar é o procedimento de descarga de matéria-prima e standarização do mesmo pois o mesmo altera de colaborador para colaborador bem como o tempo necessário.

Para finalizar, um estudo de interesse seria perceber a utilidade que teria uma ponte rolante na substituição dos empilhadores para a descarga de matéria-prima, alocação dos rolos nos desenroladores e no transporte do material acabado para a sua área de *stock*.

5. BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

Antosz, K. & Pacana, A. (2018). *“Comparative Analysis of the Implementation of the SMED Method on Selected Production Stands”*. Technical Gazette 25, Suppl. 2(2018), 276-282.

Azevedo, T. S. (2004), *“Planeamento da Capacidade Produtiva em uma Indústria Gráfica”*, TCC - Curso de Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

Brito M., Ramos A. L., Carneiro P. & Gonçalves M. A. (2017), *“Combining SMED methodology and ergonomics for reduction of setup in a turning production area”*, Manufacturing Engineering Society International Conference 2017, Vigo, Spain.

Brah, S. A., & Chong, W. K. (2004). *“Relationship between total productive maintenance and performance.”* International Journal of Production Research, 2383-2401.

Cabral, J. P. (2006). *“Organização e Gestão da Manutenção”*. Lisboa: Lidel.

Claunch, J. (1996). *“Set-up Time Reduction”*. Richard D. Irwin. New York.

Coutinho, C. P., Sousa, A., Dias, A., Bessa, F., Ferreira, M. J. & Vieira, S. (2009). *“Investigação-Ação: Metodologia preferencial nas práticas educativas”*. Instituto de Educação, Universidade do Minho. Psicologia, Educação e Cultura, 2009, Vol. XII, nº2, pp. 455 – 479.

Domingues, P. (2012). *“Aplicação da Metodologia SMED em Linhas de Montagem de Correntes de Rolo”*. Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade de Coimbra.

Duffuaa, S. O., Raouf, A., & Campbell, J. D. (1999). *Planning and Control of Maintenance Systems*. New York: John Wiley & Sons.

Félix, J. P. (2013), *“Uma Metodologia Kaizen para a Gestão de Equipas Operacionais”*, Tese de Mestrado, FEUP.

Godinho Filho, M.; Fernandes, F. C. F. *“Manufatura Enxuta: Uma Revisão que Classifica e Analisa os Trabalho Apontando Perspetivas de Pesquisas Futuras.”* Gestão & Produção. v. 11, n. 1, p. 1-19, jan-abr, 2004.

J. Lozano, J.C. Saenz-Díez, E. Martínez, J. Blanco (2016), *“Methodology to improve machine changeoverperformance on food industry based on SMED”*, Int J Adv Manuf Technol (2017) 90:3607 – 3618.

Miguel Sugai, Richard Ian McIntosh, Olívio Novaski (2007), *“Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso”*, Gest. Prod., São Carlos, v. 14, n. 2, p. 323-335, maio-ago.

McIntosh, R. I., Culley, S. J., Mileham, A. R., Owen, G. W. (2005) *“Improving Changeover Performance”*, Butterworth Heinemann, Oxford.

Monteiro, A. (2014), *“Metodologias Kaizen em Empresas de Tecnologia de Informação Multiprojeto”*, FEUP.

Nakajima, Seiichi (1989), *“TPM Development Program: Implementing Total Productive”* Maintenance, 1982 JIPM; 1989 Productivity Press.

Ohno, T. (1988), *“Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production”*, Productivity Press, New York.

Oliveira J., Sá J. C., Fernandes A. (2017), *“Continuous improvement through “Lean tools”: an application in a mechanical company”*, Manufacturing Engineering Society International Conference 2017, MESIC 2017, 28-30 June, Spain.

Puvanasvaran, P., Kim, C. Y., & Siang, T. Y. (2012), *“Overall Equipment Efficiency (OEE) Improvement Through Integrating Quality Tool: Case Study”*, International Conference on Design and Concurrent Engineering, (pp. 213-222). Melaka.

Owen, G. W., Matthews J., McIntosh, R. I., Culley, S. J. (2006), *“Design for changeover (DFC): enabling the design of highly flexible, highly responsive manufacturing processes.”* Mass Customization: Challenges and Solutions.

Roriz C., Nunes E., Sousa S., (2017). *“Application of Lean Production Principles and Tools for Quality.”* 27th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, 27-30 June 2017, Modena, Italy. *Procedia Manufacturing* 11 (2017), pages 1069 – 1076.

Rother, M., Shook, J., (1999). *“Learning to See – value stream mapping to add value and eliminate muda.”* The Lean Enterprise Institute.

Sá, J. C. (2010). *“Modelo de Análise e Diagnóstico de uma Unidade Produtiva.”* 105. Retrieved from <http://hdl.handle.net/1822/19879>.

Sá, J. C., Carvalho, J. D. & Sousa, R. M., (2011). *“Waste Identification Diagrams”*. CLME'2011 / IIICEM – 6º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia - 3º Congresso de Engenharia de Moçambique. August 29 – September 2, 2011. Maputo, Mozambique.

Sabadka D., Molnar V., Fedorko G. (2017), *“The use of lean manufacturing techniques – SMED analysis to optimization of the production process”*, *Advances in Science and Technology Research Journal* Volume 11, Issue 3, September 2017, pages 187 – 195.

Santos, G. (2018). *“Sistemas Integrados de Gestão. Qualidade, Ambiente e Segurança”*. 3ª Edição Revista e Aumentada. Lançado em maio de 2018.

SMMT Industry Forum Ltd. (2014). *Industry Forum - Business Excellence Through Inspired People*.

Shingo, S. (1985), *“A Revolution in Manufacturing: The SMED System”*, Productivity Press, Stamford.

Shingo, S. (2000), *“Sistemas de Troca Rápida de Ferramentas: Uma revolução nos sistemas produtivos”*. Porto Alegre: Bookman.

Susman, G. (1983). *“Action research: a sociotechnical systems perspective.”* Beyond method: Strategies for social research, 95-113.

Timasani, R., Mahesh, N. S., & Doss, K. (2011), *“Reducing the set-up time in a CNC machining line using QCO methods”*. SASTECH Journal, 10 (2), 56-62.

Van Goubergen, D. Lockhart, T. (2005) *“Human Factors Aspects in Set-Up Time Reduction”*, Integrating Human Aspects in Production Management, p.127-135.

Vorne. (2010). *“Your Online Resource for Lean-Based Information and Tools.”*

Womack, J.P. e Jones, D.T. (2003), *“Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation”*, Free Press, New York.

Zuashkiani, A., Rahmandad, H., & Jardine, A. K. (2011), *“Mapping the dynamics of overall equipment effectiveness to enhance asset management practices”*, Journal of Quality in Maintenance Engineering.

6. ANEXOS

6.1 ANEXO I - EXEMPLO DE ORDEM DE FABRICO

6.2 APÊNDICE I - FICHA DE MANUNTENÇÃO PREVENTIVA

6.3 APÊNDICE II – EXEMPLO DE PLANEAMENTO DIÁRIO POR COLABORADOR

6.4. ANEXO II – PLANO DE MANUNTENÇÃO PREVENTIVA


6.5. APÊNDICE III – FICHA DE REGISTO DE AVARIAS

Instruções de Montagem


TC47

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
1C1TA	----	----	----	----	6C1TA	7C1TA	----
1C1TA	2C1TA	3C1TA	4C1TA	5C1TA	6C1TA	7C1TA	8C1TA
1C1T	2C1T	3C1T	4C1T	5C1T	6C1T	7C1T	8C1T
1C2T	2C2T	3C2T	4C2T	5C2T	6C2T	7C2T	8C2T
1C2TA	2C2TA	3C2TA	4C2TA	5C2TA	6C3T	7C3T	8C3T
1C2TA	----	----	----	----	6C4T	7C4T	8C4T
					6C2TA	7C2TA	8C2TA
					6C2TA	7C2TA	----
----	----	----	----	----	6B1TA	----	----
1B1TA	2B1TA	3B1TA	4B1TA	5B1TA	6B1TA	7B1TA	8B1TA
1B1T	2B1T	3B1T	4B1T	5B1T	6B1T	7B1T	8B1T
1B2T	2B2T	3B2T	4B2T	5B2T	6B2T	7B2T	8B2T47
----	----	----	----	----	6M3T	7B3T	8B3T
----	----	----	----	----	6B4T	7B4T	8B2TA
1B2TA	2B2TA	3B2TA	4B2TA	5B2TA	6B2TA	7B2TA	----

T A – Anilha que se monta antes e depois das rodas

 - Rodas principais

6.2 APÊNDICE I - FICHA DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

	Ficha Manutenção	<small>DATA:</small> <small>Date:</small> __/__/__	<small>IMPINT.004</small> Responsável

Equipamento:	
Hora Inicio:	Hora fim:

	Baixo	Normal
Redutor 1		
Redutor 2		
Redutor 3		
Redutor 4		
Redutor 5		
Redutor 6		
Redutor 7		
Redutor 8		
Redutor 9		
Redutor 10		
Hidraulicos		
Massas		
Consumos		
Reparações		
Sistema Elétrico		
Observações		

6.3 APÊNDICE II – EXEMPLO DE PLANEAMENTO DIÁRIO POR COLABORADOR

16/jul	Hugo	Sérgio	Sandro	Miguel	Élson	Tiago 1	Tiago 2	Éric	Pedro	Ricardo	David
07:00		C		P			P				
08:00		C		P			P				
09:00	E	C		P	P		P	P			
10:00	E	C		P	P		P	P			
11:00	E	C		P	P	P	P	P			P
12:00	E	C			P	P		P			P
13:00	E			P		P	P	P			P
14:00		P		P	P		P	P			
15:00	E	P		P	P	M	P	M			P
16:00	E	P		P	P	P	P	P			P
17:00	E	P			P	P		P			P
18:00	P					P					P
19:00	P					P					P


P Produção
E Encomendas

M Manutenção
C Camião

Total Produção	Total Encomendas	Total Geral
2		3
2		3
4	1	6
4	1	6
6	1	8
4	1	6
5	1	6
5		5
5	1	8
7	1	8
5	1	6
3		3
3		3

6.4 ANEXO II – PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

6.5 APÊNDICE III – FICHA DE REGISTO DE AVARIAS

 FICHA DE REGISTO DE AVARIAS		Nº : ___ / ___
PRODUÇÃO	PARTICIPAÇÃO DE AVARIA: Assinatura: _____ Data: ___ / ___ / ___	IDENTIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO: CÓDIGO: _____ DESIGNAÇÃO: _____ CONSEQUÊNCIAS: - Paragem da produção <input type="checkbox"/> - Afecta a qualidade <input type="checkbox"/> - Mobilização total do equip. <input type="checkbox"/> - Perigo p/ pes. e bens <input type="checkbox"/> - Afecta a produtividade <input type="checkbox"/> _____ _____
	PARECER: Assinatura: _____ Data: ___ / ___ / ___	
INTERVENÇÃO EFECTUADA: Tempo _____ Assinatura: _____ Data: ___ / ___ / ___		VERIFICAÇÃO: Assinatura: _____ Data: ___ / ___ / ___
MATERIAIS SUBSTITUIDOS: _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ Assinatura: _____ Data: ___ / ___ / ___		VERIFICAÇÃO: Assinatura: _____ Data: ___ / ___ / ___
CUSTO DE MÃO DE OBRA: _____	Nº Facturas: _____	TEMPO DE PARAGEM: _____
CUSTO DE MATERIAIS: _____	Nº Facturas: _____	CUSTO DE PARAGEM: _____
		CUSTO TOTAL DA REPARAÇÃO: _____

Mod.032