



DEFINIÇÃO E STANDARIZAÇÃO DE UMA LINHA DE AGLOMERAÇÃO

PEDRO MIGUEL OLIVEIRA RIBEIRO

outubro de 2020

DEFINIÇÃO E STANDARDIZAÇÃO DE UMA LINHA DE AGLOMERAÇÃO

Pedro Miguel Oliveira Ribeiro
1150783

2019/2020

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

DEFINIÇÃO E STANDARIZAÇÃO DE UMA LINHA DE AGLOMERAÇÃO

Pedro Miguel Oliveira Ribeiro
1150783

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica no Ramo de Gestão Industrial, realizada sob a orientação do Professor Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira e co-orientação do Professor Doutor Nuno Octávio Garcia Fernandes.

2019/2020

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

JÚRI

Presidente

Professora Doutora Marlene Ferreira de Brito

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

Orientador

Professor Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira

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

Co-orientador

Professor Doutor Nuno Octávio Garcia Fernandes

Professor Adjunto, Escola Superior de Tecnologia, Instituto Politécnico de Castelo Branco

Arguente

Professora Doutora Marlene Paula Castro Amorim

Professor Auxiliar, Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo, Universidade de Aveiro

AGRADECIMENTOS

Ao longo deste projeto foram vários os que contribuíram para a sensação de realização e sucesso que sinto com o fim desta etapa. Agradeço a todos os que, de certa forma, estiveram envolvidos neste trajeto.

Um agradecimento especial a todos os colaboradores da entidade que me acolheu, pela paciência e integração que surgiu desde o primeiro dia. Em particular ao Departamento de Engenharia, por me envolver nas várias matérias e apoiar em todas as situações.

Aos meus colegas de estágio, pelo ambiente criado, trocas de ideias e experiências partilhadas. A amizade permanecerá.

De destacar também o papel do meu orientador na organização, que tudo fez para que o projeto fosse nada mais do que um sucesso. Agradeço toda a confiança, esforço para estar presente e autonomia que me proporcionou.

De igual modo ao meu orientador do ISEP, Professor Doutor Luís Pinto Ferreira, pelo apoio e interesse demonstrado durante todo o projeto, assim como ao meu co-orientador, Professor Doutor Nuno Octávio Garcia Fernandes. Agradeço ainda ao Diretor do Mestrado em Engenharia Mecânica, Professor Doutor Francisco Silva.

Por fim, uma palavra à minha família, amigos e namorada, que estiveram sempre presentes nos altos e baixos, apoiando-me até ao fim.

PALAVRAS CHAVE

Cortiça, Economia Circular, *Lean*, *Standard Work*, *5S*, Cadência

RESUMO

A presente dissertação foi realizada em regime de estágio, numa organização ligada ao setor da cortiça. O projeto surgiu da necessidade de corrigir falhas e criar *standards* numa nova linha desenvolvida para produtos, nomeadamente cilindros, de Economia Circular.

O trabalho consistiu na análise de *output* da linha, comparação entre o projetado e o obtido, correção de falhas e organização do espaço. De forma a estruturar e organizar o processo, foram criadas *checklists* com o intuito de criar um método de trabalho eficaz e formar os operadores. Os tempos de processo críticos foram cronometrados e analisados, o *bottleneck* foi encontrado e foram feitas alterações para atingir a cadência projetada. Em paralelo, foi realizada uma análise das várias falhas mecânicas encontradas, procedendo-se de seguida à sua correção. Abordou-se também alguns problemas na própria conceção da linha, tornando o processo mais fluído e limpo. Eliminou-se em grande parte o fator humano, reduzindo as intervenções do operador na máquina. Por fim, todo o espaço foi sujeito a uma organização geral, criando-se locais específicos e rotinas de limpeza e manutenção.

Com a implementação das medidas propostas, obteve-se um aumento da vida útil dos equipamentos através do plano de manutenção autónoma, garantiu-se uma coerência no método de trabalho entre operadores e possibilitou-se a análise evolutiva da linha. As alterações realizadas resultaram numa redução de 98% no tempo de carregamento de cola e no aumento de 1,2 cilindros/hora na cadência da linha. Todas as falhas e interrupções de produção foram analisadas e corrigidas, agilizando-se também o processo de manutenção. Os encravamentos de material foram reduzidos em 100% na tubagem, a quantidade de desperdício foi reduzida e todo o espaço foi organizado, resultando numa redução máxima de 8 minutos para 30 segundos no transporte de *big bags* de cortiça.

KEYWORDS

Cork, Circular Economy, Lean, Standard Work, 5S, Cadence

ABSTRACT

The present dissertation was accomplished during an internship, in a cork industry connected organization. This project emerged of the necessity of correcting flaws and creating standards on a new line, developed for products, particularly cylinders, of Circular Economy.

The work consisted on the analysis of line output, comparisons between the projected and the obtained, flaws correction and space corrections. In order to structure and organize the process, checklists were implemented, an efficient work method was created and the operators were trained. The critical process times were timed and analyzed, the bottleneck was found and alterations were made to reach the projected cadence. At the same time, an analysis of the various mechanical flaws found was conducted, proceeding to its correction. Some of the flaws on the conception of the line were also approached, making the process flowing and clean. The human factor was in majority eliminated, reducing the operator's interventions in the machine. Ultimately, there was a general space organization, creating specific spaces, management and cleaning routines.

With the implementation of the proposed measures, an equipment lifespan increase was obtained, through the autonomous maintenance plan, a consistency on the work method between operators was also guaranteed and the line's evolutionary analysis was enabled. The alterations resulted on a decrease of 98% on the glue charging time and the increase of 1,2 cylinders/hour on the line cadence. All the flaws and production interruptions were analyzed and corrected, speeding up the maintenance process. The material interlocks were reduced in 100% on the tubing, the waste was also reduced and all of the space was organized, leading to a maximum reduction of 8 minutes to 30 seconds on the transportation of cork big bags.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

OPL	<i>One Point Lesson</i>
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i>
MTBF	<i>Mean Time Between Failure</i>
MTTR	<i>Mean Time To Repair</i>
5W2H	<i>5 Whys + 2 Hows</i>
PME	Pequena e Média Empresa
TPS	<i>Toyota Production System</i>
DMAIC	<i>Define, Measure, Analyze, Improvement, Control</i>
DMADV	<i>Define, Measure, Analyze, Design, Verify</i>
INR	<i>Indian Rupee</i>
MES	<i>Manufacturing Execution System</i>
IBC	<i>Intermediate Bulk Container</i>
OF	Ordem de Fabrico

Lista de Unidades

mm	Milímetro
°C	Graus Celsius
Kg/min	Quilogramas por Minuto
s	Segundo
min	Minutos
m ²	Metro Quadrado

Lista de Símbolos

%	Porcentagem
€	Euro

GLOSSÁRIO DE TERMOS

<i>Setup</i>	Plano de tarefas de preparação de um equipamento
<i>Bottleneck</i>	Estrangulamento
<i>Checklist</i>	Lista de itens que garantem determinadas condições
<i>Lead Time</i>	Tempo desde a receção de uma encomenda até à sua entrega

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - CICLO DA METODOLOGIA INVESTIGAÇÃO-AÇÃO (SUSMAN & EVERED, 1978)	3
FIGURA 2 - ESTRUTURA ORGANIZACIONAL	21
FIGURA 3 - ESTRUTURA DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA	22
FIGURA 4 - BIG BAG	23
FIGURA 5 - HISTÓRICO DE PRODUÇÃO NO SISTEMA DE CONTROLO	27
FIGURA 6 - ELEVAÇÃO DA CAIXA DO MOLDE	30
FIGURA 7 - FUNÇÃO "FORÇAR CONDIÇÕES"	31
FIGURA 8 - TUBAGEM DE LIGAÇÃO ENTRE SILOS E BALANÇA	32
FIGURA 9 - FUGAS NOS MISTURADORES	33
FIGURA 10 - BALDE COM PREGOS E RIPA	33
FIGURA 11 - TIPO DE MANUTENÇÃO	35
FIGURA 12 - PERIODICIDADE DAS MANUTENÇÕES	35
FIGURA 13 - COLOCAÇÃO DO PLANO POR PISO	36
FIGURA 14 - COLOCAÇÃO DA ETIQUETA NO EQUIPAMENTO	36
FIGURA 15 - TABELA DISTRIBUIÇÃO DE TAREFAS DOS OPERADORES	38
FIGURA 16 - RELATÓRIO DIÁRIO	39
FIGURA 17 - IBC SEM/COM MANTA TÉRMICA	40
FIGURA 18 - PRINCIPAIS FALHAS DE ABRIL E MAIO DE 2020	43
FIGURA 19 - MEDIDAS RETIRADAS DOS MOLDES	44
FIGURA 20 - HIERARQUIA NA DISTRIBUIÇÃO DE EQUIPAMENTOS	45
FIGURA 21 - ALTERAÇÃO DA TUBAGEM ENTRE SILOS E BALANÇA	46
FIGURA 22 - MANGA DE PROTEÇÃO	47
FIGURA 23 - SUPERMERCADO DE <i>BIG BAGS</i>	48
FIGURA 24 - FILA DE ESPERA DE <i>BIG BAGS</i>	48
FIGURA 25 - COLOCAÇÃO DE PALETES	49
FIGURA 26 - COLOCAÇÃO DE <i>BIG BAGS</i>	49
FIGURA 27 - ARMAZENAMENTO DO PRODUTO FINAL	50
FIGURA 28 - ARMAZENAMENTO DE AMOSTRAS	51
FIGURA 29 - SUPERMERCADO DE COMPÓSITOS PARA DEPARTAMENTO CORTIÇA	51
FIGURA 30 - QUADRO INFORMATIVO	52
FIGURA 31 - CAIXA PARA COLOCAÇÃO DE PREGOS	53
FIGURA 32 - KIT DE LIMPEZA (APANHADOR EM FALTA)	53
FIGURA 33 - SUPORTE DE COMANDOS	54

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - ETAPAS DA METODOLOGIA INVESTIGAÇÃO-AÇÃO (SUSMAN & EVERED, 1978)	3
TABELA 2 - EXEMPLOS DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA LEAN	7
TABELA 3 - PRINCÍPIOS DA METODOLOGIA <i>LEAN</i> (MELTON, 2005)	12
TABELA 4 - FILOSOFIAS <i>LEAN</i>	12
TABELA 5 - FERRAMENTAS <i>LEAN</i>	13
TABELA 6 - ETAPAS DA IMPLEMENTAÇÃO DE SMED (VIEIRA ET AL., 2019)	17
TABELA 7 - PRINCIPAIS CONSTITUINTES DA LINHA	23
TABELA 8 - PROBLEMAS IDENTIFICADOS	25
TABELA 9 - TEMPOS DE PROCESSO DA PENSAGEM	28
TABELA 10 - COMPARAÇÃO TEMPOS TEÓRICOS VS TEMPOS INICIAIS	29
TABELA 11 - SOLUÇÕES PROPOSTAS PARA OS PROBLEMAS	34
TABELA 12 – MÉTODO DE TRABALHO	37
TABELA 13 - COMPARAÇÃO TEMPO INICIAL VS TEMPO FINAL	42
TABELA 14 - AVALIAÇÃO DAS PROPOSTAS DE MELHORIA	54
TABELA 15 - CUMPRIMENTO DOS OBJETIVOS PROPOSTOS	59

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	VII
RESUMO	IX
ABSTRACT	XI
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS	XIII
GLOSSÁRIO DE TERMOS	XV
ÍNDICE DE FIGURAS	XVII
ÍNDICE DE TABELAS	XIX
ÍNDICE.....	XXI
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Enquadramento do Trabalho.....	1
1.2 Objetivos do Trabalho.....	2
1.3 Metodologia de Investigação.....	2
1.4 Conteúdo e Organização da Dissertação	4
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	7
2.1 Aplicações da Metodologia Lean	7
2.2 Lean Production	11
2.3 Filosofia Lean	12
2.4 Ferramentas Lean	13
2.4.1 5S.....	13
2.4.2 Standard Work	14
2.4.3 Overall Equipment Effectiveness.....	15
2.4.4 Single Minute Exchange of Die	16
3 MELHORIA DE UMA LINHA DE AGLOMERAÇÃO.....	21

3.1	Estrutura da Organização.....	21
3.2	Análise e Mapeamento do Processo de Aglomeração	22
3.3	Identificação de Problemas.....	25
3.3.1	Inexistência de Standards.....	25
3.3.2	Inexistência de Método de Trabalho.....	26
3.3.3	Inexistência do Histórico de Produção	26
3.3.4	Inexistência de Tempos de Produção.....	28
3.3.5	Falhas Mecânicas/Elétricas	30
3.3.6	Falhas Humanas	31
3.3.7	Falhas de Conceção	32
3.3.8	Falta de Organização do Espaço.....	33
3.4	Propostas de Melhoria.....	34
3.4.1	Criação de Checklists e Plano de Manutenção Autónoma.....	34
3.4.2	Criação de Método de Trabalho.....	37
3.4.3	Acompanhamento e Análise da Produção	38
3.4.4	Redução dos Principais Tempos de Processo.....	40
3.4.5	Avaliação e Resolução de Falhas Mecânicas/Eletrónicas.....	42
3.4.6	Restrição de Acessos e Formação	46
3.4.7	Avaliação e Correção de Falhas de Conceção	46
3.4.8	Limpeza e Organização do Espaço.....	47
3.5	Análise de Resultados	54
4	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....	59
4.1	Contributos do trabalho.....	59
4.2	Dificuldades Encontradas.....	60
4.3	Trabalhos Futuros	60
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
	APÊNDICES.....	69
	APÊNDICE I - FLUXOGRAMA DO PROCESSO	71
	APÊNDICE II – ROTA DE MANUTENÇÃO A	72
	APÊNDICE III - REGISTO DA ROTA DE MANUTENÇÃO A – SEMANA 1 A 12	73

APÊNDICE IV - CHECKLIST SETUP DE LINHA.....	74
APÊNDICE V - MÉTODO DE TRABALHO DOS OPERADORES	75
APÊNDICE VI - ANÁLISE DAS DIMENSÕES CRÍTICAS DOS MOLDES.....	76
APÊNDICE VII - EXEMPLOS DO LEVANTAMENTO DE EQUIPAMENTOS	77
APÊNDICE VIII - LAYOUT DAS INSTALAÇÕES	79

1. INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento do Trabalho

1.2 Objetivos do Trabalho

1.3 Metodologias de Investigação

1.4 Conteúdo e Organização da Dissertação

1 INTRODUÇÃO

A presente dissertação foi realizada no âmbito da Unidade Curricular Dissertação/Projeto/Estágio, integrada no Mestrado em Engenharia Mecânica, na vertente de Gestão Industrial pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto. Para a elaboração do projeto, foi realizado um estágio numa organização na indústria da cortiça, tendo início em setembro de 2019 e fim em junho de 2020. No decorrer do estágio, foi realizado o acompanhamento de uma nova linha de aglomeração de cortiça com outros compósitos e aplicadas ferramentas *Lean* na mesma, com o intuito de alcançar as metas produtivas traçadas. Este capítulo engloba o enquadramento e objetivos do trabalho, as metodologias de investigação utilizadas e, ainda, o conteúdo e organização da dissertação.

1.1 Enquadramento do Trabalho

Nos dias de hoje, existe uma necessidade das organizações se tornarem mais flexíveis, devido ao aumento da competição nos mercados (C. Rosa, Silva, Ferreira, & Campilho, 2017). Posto isto, é crucial o investimento em recursos que aumentem a competitividade das empresas e dos seus produtos (Smith A, 2015), bem como adaptar e alterar a utilização de materiais finitos, ou seja, adotar um desenvolvimento sustentável (Pinto-Ferreira, Ortigueira, Gómez, Lourido, & Areal, 2015). Uma outra forma de aumentar a competitividade de uma organização passa pela implementação de conceitos da Metodologia *Lean*, com o objetivo de melhorar a qualidade, tempos de resposta e produtividade (Costa, Pinto Ferreira, C. Sa, & Silva, 2018). Esta metodologia foca-se na eliminação de todas as formas de desperdício, sejam elas materiais ou temporais, de forma a aumentar a eficiência dos processos e reduzir custos de operação (Azevedo et al., 2020).

Tendo em conta que a cortiça é um material natural e que a produção da mesma tem vindo a diminuir, é prioritário que as organizações neste ramo se adaptem a esta realidade. Através da utilização de aglomerados de cortiça com materiais compósitos, é possível fornecer produtos com características semelhantes, reduzindo drasticamente a utilização deste recurso. Estes compósitos são, geralmente, desperdícios de outras empresas.

A corticeira onde o estágio decorreu decidiu construir uma linha de aglomeração de Economia Circular, de modo a cumprir com as exigências do mercado de uma forma sustentável. Ao longo do projeto, o principal objetivo foi utilizar diversas ferramentas *Lean* nesta linha e, assim, alcançar o objetivo traçado para a mesma: uma cadência de

produção de 6 cilindros/hora. Ao definir, normalizar e melhorar todo o processo, a organização terá, não só uma linha que difere das restantes pela sua ecologia, mas que conseguirá assegurar a produção necessária.

1.2 Objetivos do Trabalho

O projeto apresentado tem como principal objetivo a melhoria produtiva de uma nova linha de aglomeração de cortiça com materiais compósitos, através de ferramentas *Lean*. Sendo um projeto recente, o expectável é que, no período de iniciação de produção, haja inúmeras falhas que levem a oportunidades de melhoria. Em paralelo, é necessário definir e standardizar diversas operações que facilitem o bom funcionamento do processo.

Assim sendo, definiu-se os seguintes objetivos para o projeto:

- Acompanhamento da produção;
- Definição de tempos-meta para as várias etapas do processo;
- Identificação de fatores críticos;
- Análise da produção real face à prevista;
- Elaboração de rotinas de limpeza e manutenção;
- Elaboração de *One Point Lessons* (OPL's);
- Proposta e implementação de medidas corretivas/ melhoria da linha de produção;

1.3 Metodologia de Investigação

Tendo em conta a realidade encontrada na indústria, neste projeto utilizou-se como base a metodologia de investigação *Action-Research* (Investigação-Ação). A Investigação-Ação utiliza um processo cíclico e infinito, onde estão presentes várias metodologias de investigação, nomeadamente a ação (mudança) e investigação (compreensão). À medida que os ciclos vão reiniciando, todo o processo é aperfeiçoado com base no passado (Coutinho, Sousa, Dias, Ferreira, & Vieira, 2009). O ciclo (ver Figura 1) associado a esta metodologia, segundo (Susman & Evered, 1978), é constituído por cinco etapas distintas:

- **Diagnóstico:** definição ou identificação do problema;
- **Planeamento de ações:** identificação de várias ações de resolução para o problema encontrado;
- **Implementação de ações:** execução das medidas propostas na etapa anterior;
- **Avaliação:** análise dos resultados obtidos com a implementação das ações de melhoria/correção;
- **Conclusões:** através da análise da etapa anterior, apresentação das devidas conclusões e sugestão de melhorias futuras.

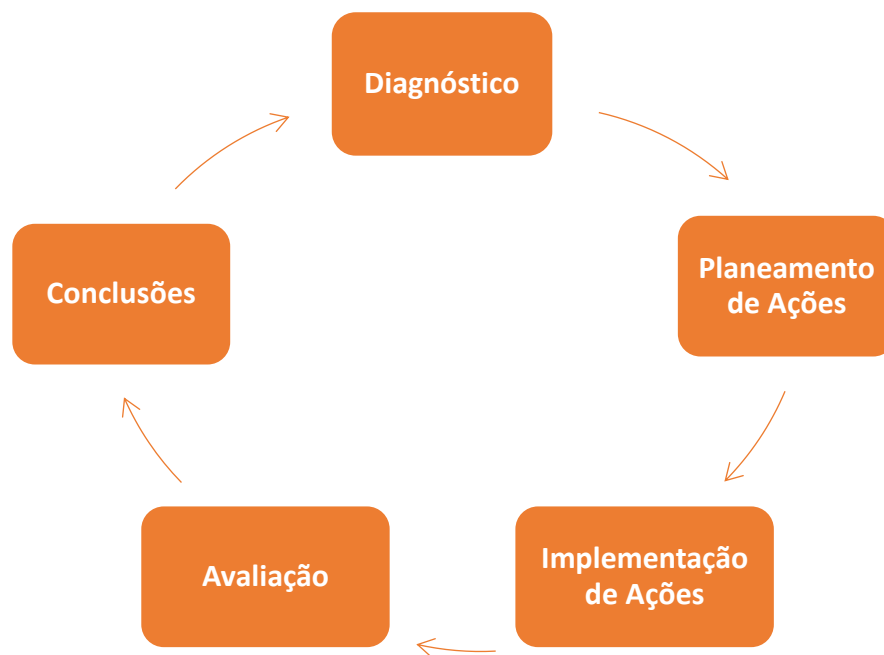


Figura 1 - Ciclo da metodologia Investigação-Ação (Susman & Evered, 1978)

Ao aplicar a metodologia Investigação-Ação no presente trabalho, pode-se relacionar as várias fases com o trabalho realizado ao longo do projeto, como descrito na Tabela 1.

Tabela 1 - Etapas da metodologia Investigação-Ação (Susman & Evered, 1978)

Fase	Descrição
Diagnóstico	Identificação dos processos a normalizar e problemas detetados.
Planeamento de Ações	Criação de medidas de melhoria e normalização com o objetivo de maximizar a eficiência da Linha.
Implementação de Ações	Execução do plano de ações estabelecido anteriormente, sendo o mais fiel possível ao mesmo, mas adaptando certas situações quando necessário.
Avaliação	Comparação entre o estado inicial e o estado após a implementação, de forma a compreender qual o impacto gerado pelas ações.
Conclusões	Análise dos resultados obtidos e sugestão de melhorias.

1.4 Conteúdo e Organização da Dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em seis capítulos.

No primeiro capítulo, denominado **Introdução**, é realizado um enquadramento do trabalho, onde é descrito o problema proposto, enumerados os vários objetivos e identificada a metodologia de investigação utilizada.

No segundo capítulo, intitulado **Fundamentação Teórica**, é exposta a revisão de literatura referente aos temas abordados no projeto. O objetivo deste capítulo é fornecer uma base teórica à componente prática (implementação) do trabalho realizado.

No terceiro capítulo, designado **Melhoria de uma Linha de Aglomeração**, são enumerados os vários processos a normalizar na Linha de Aglomeração, bem como os problemas encontrados e sugestões de resolução. De seguida, essas sugestões são implementadas, os resultados obtidos são comparados com os iniciais e as metas são definidas.

No quarto capítulo, denominado **Conclusões e Trabalhos Futuros**, são apresentadas as conclusões do trabalho em desenvolvimento, bem como as propostas de trabalho futuro e as dificuldades sentidas.

No final, encontram-se a **Referências Bibliográficas**, que apoiam o trabalho realizado, e os **Apêndices**.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Aplicações da Metodologia Lean

2.2 Lean Production

2.3 Filosofias Lean

2.4 Ferramentas Lean

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No capítulo 2 é realizada uma abordagem à metodologia *Lean* e às várias ferramentas que a constituem, de forma a enquadrar o projeto. Inicialmente são expostos diversos casos práticos da aplicação de *Lean* e respetivos resultados. De seguida, apresenta-se a origem desta metodologia e aborda-se de forma teórica as ferramentas utilizadas no projeto, como por exemplo 5S e *Standard Work*.

2.1 Aplicações da Metodologia *Lean*

Existem inúmeros artigos e estudos sobre aplicações práticas da metodologia *Lean*, nas mais variadas indústrias, que permitem retirar conclusões sobre o impacto que esta tem no desempenho de uma organização. Na Tabela 2 estão presentes vários exemplos da aplicação de ferramentas *Lean* na indústria e são descritos quais os principais resultados obtidos.

Tabela 2 - Exemplos da aplicação da metodologia *Lean*

Referências Bibliográficas	Descrição do Trabalho
(Simões & Tenera, 2010)	Neste trabalho foi implementada a metodologia <i>Single Minute Exchange of Die</i> (SMED) numa linha de prensa pertencente a uma organização do setor automóvel. Numa fase inicial, concluiu-se que o tempo de <i>setup</i> para a alteração de ferramentas era de 29 minutos e 1 segundos, divididos em 22 minutos e 14 segundos para alteração física da ferramenta e 6 minutos e 47 segundos para preparar a nova produção. Após a implementação das medidas de otimização, o tempo total de <i>setup</i> diminuiu para 20 minutos e 46 segundos (15 minutos e 23 segundos de alteração física e 5 minutos e 23 segundos de preparação da nova produção), correspondente a uma diminuição de 28%.
(Rahman et al., 2013)	Este estudo teve como objetivos utilizar o Sistema <i>Kanban</i> de forma eficaz nas organizações e, por outro lado, identificar quais os motivos para as Pequenas e Médias Empresas (PME's) malaias não implementarem este sistema. Após a implementação numa organização, os custos de operação e desperdícios diminuíram, sendo que o controlo relativamente aos <i>stocks</i> aumentou. Concluiu-se ainda que os fatores que contribuem para a não implementação do sistema são a falta de controlo de qualidade e de <i>stocks</i> , entre outros.

(Jiménez et al., 2015)	Neste trabalho, foi realizada uma análise da implementação da metodologia 5S num laboratório de Engenharia. Os resultados obtidos foram positivos, tendo sido registado uma diminuição de acidentes e redução de 30% no tempo total de preparação, movimentos e transporte de desperdícios. O espaço foi também otimizado, o que resultou num aumento de 25% na área de trabalho. A implementação desta metodologia permitiu, no total, uma poupança de 100h anuais.
(Choomlucksana et al., 2015)	Este trabalho, cujo objetivo foi aumentar a eficiência de várias operações através da metodologia Lean, realizou-se numa linha de estampagem de chapa. Através da aplicação de Controlo Visual, <i>Poka-Yoke</i> e 5S, alcançou-se um resultado positivo. O tempo de processamento total de sub montagem, rebarbagem e polimento diminuiu para 2,468s (62,5%) e o número de movimentos nas operações de rebarbagem e polimento foi reduzido de 1086 para 261 (66,53%).
(Sutari, 2015)	Este trabalho baseia-se num caso prático realizado num fabricante de turbinas eólicas, tendo como foco melhorar o processo de produção. Utilizou-se, então, a metodologia <i>Lean</i> para aumentar a eficiência e, ao mesmo tempo, reduzir os custos. Os resultados obtidos indicam uma redução total de 401 horas por conjunto de <i>nacelle</i> e rotor. A implementação de <i>Kaizen</i> possibilitou a diminuição adicional de 15 horas na <i>nacelle</i> . Através das medidas implementadas e alteração de operações, alcançou-se uma poupança de 142500 INR por conjunto de <i>nacelle</i> e rotor.
(Knapic et al., 2016)	Neste estudo, foi realizada uma análise à cortiça e as suas características. Os aglomerados e compósitos de cortiça foram abordados como forma de criar materiais com propriedades atrativas para o mercado e com valor acrescido devido ao fator ecológico. No fim, concluiu-se que, devido às suas propriedades, a cortiça é um material que pode ser utilizado para um vasto número de funções e contribuir para um desenvolvimento sustentável.
(Yermia Tobe et al., 2017)	Neste trabalho foi efetuado um caso prático numa organização do setor agrícola, especializada na produção de fertilizantes orgânicos e localizada na Indonésia. Foi analisado o <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE) da mesma. Os resultados obtidos foram de 88.82% em relação à disponibilidade, 93.70% no desempenho e 98.20% referente à qualidade, o que resultou num OEE de 81.73%. De seguida, foi feita uma análise <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA) para compreender quais os fatores com mais influência na redução do OEE e sugeridas soluções.
(Conceição Rosa et al., 2017)	Este trabalho pretende implementar as metodologias <i>Lean</i> e <i>Plan-Do-Check-Act</i> (PDCA) numa organização do setor automóvel. Após o levantamento dos problemas/opportunidades de melhoria encontrados e das ações de melhoria terem sido implementadas, os resultados foram

	<p>analisados. Numa primeira fase, através da alteração de equipamentos, a produtividade aumentou em 24%. De seguida, numa segunda fase que implicou a redução de desperdícios, a produtividade teve um aumento adicional de 14%. No final do estudo, a soma total das alterações realizadas resultou num incremento de 41% na produtividade face ao início do estudo.</p>
(Antoniolli et al., 2017)	<p>Neste estudo foi utilizada a filosofia <i>Lean</i> na Standardização de processos numa empresa da indústria automóvel. Através de medidas como a Standardização do procedimento em cada um dos postos de trabalho, limpeza de espaço, eliminação de obsoletos e resolução dos vários problemas encontrados, o <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE) aumentou em 16%, atingindo o valor final de 86% em 9 semanas.</p>
(Brito et al., 2017)	<p>Neste trabalho, foi aplicada a metodologia <i>Single Minute Exchange of Die</i> (SMED) com o intuito de reduzir o tempo de <i>setup</i> de um equipamento, em paralelo com o aumento das condições ergonómicas de trabalho numa fábrica ligada à indústria metalúrgica. Utilizou-se o <i>Rapid Entire Body Assessment</i> (REBA) para avaliar a postura de trabalho. De seguida, através da alteração de uma das ferramentas e posições de trabalho, o índice REBA diminuiu e a produtividade teve um aumento superior a 20% em algumas das operações. Em relação ao tempo de <i>setup</i>, foi feita uma análise de todas as atividades inerentes ao processo. Posteriormente, reduziu-se significativamente as operações a realizar enquanto o equipamento está desligado e, em simultâneo, simplificou-se as mesmas. Através da implementação destas ações, o tempo de <i>setup</i> do equipamento diminuiu de 105 minutos para 57 minutos, ou seja, 46% em relação ao valor inicial.</p>
(C. Rosa et al., 2017)	<p>Este trabalho foi realizado numa organização do ramo automóvel, especializada em cablagens. Aplicou-se a metodologia SMED com o objetivo de reduzir a duração dos <i>setups</i> na troca de ferramentas, visto que nesta indústria existe uma grande variedade de produtos. Aliado a esta metodologia, utilizou-se também outras ferramentas <i>Lean</i>, nomeadamente, 5S, Standardização e gestão visual. O desenvolvimento deste trabalho permitiu reduzir o tempo de <i>setup</i> em 210 minutos, o equivalente a 58,3%. Para além deste ganho, foi possível reduzir o número de operadores e os próprios operadores do equipamento passaram a estar responsáveis pela totalidade da operação, sendo que, anteriormente, necessitavam de um técnico especializado.</p>
(Garre et al., 2017)	<p>Neste estudo, foi utilizada a metodologia <i>Lean</i> numa empresa do setor aeroespacial com o objetivo de aumentar a produtividade da mesma. Através da implementação da metodologia 5S, o espaço passou a estar mais organizado, diminuindo assim as movimentações. Os obsoletos foram</p>

	assinalados e eliminados e o layout alterado de forma a melhorar o fluxo de trabalho.
(Sousa et al., 2018)	Neste trabalho, o objetivo foi melhorar um dos equipamentos de uma organização do setor das rolhas de cortiça, através da filosofia <i>Lean</i> , nomeadamente a metodologia <i>Single Minute Exchange of Die</i> (SMED). Obteve-se uma redução de 43% no tempo de alteração das ferramentas, o equivalente a 2340€ por mês, em cada máquina. Foi ainda introduzido na organização o cálculo do OEE de forma a melhorar a monitorização dos processos.
(Costa et al., 2018)	Neste trabalho, foi desenvolvido um projeto numa fábrica ligada à indústria metalúrgica. Este consistiu na utilização na metodologia 5S, em que numa primeira fase foram analisados os diversos problemas observados. De seguida, definiu-se e implementou-se as soluções encontradas. As soluções consistiram na eliminação do material desnecessário, redefinição de <i>layouts</i> , limpeza do espaço e criação de standards. Após a implementação, a produtividade dos colaboradores aumentou devido ao aprimoramento do espaço, mas também diminuiu a probabilidade de acidente.
(Neves et al., 2018)	Este estudo, realizado no setor têxtil, teve como objetivo implementar várias metodologias <i>Lean</i> na resolução de dois problemas: o fluxo de informação e desperdícios de tempo ao longo do processo. Foi então utilizado o ciclo <i>Plan-Do-Check-Act</i> (PDCA), 5S e 5W2H (<i>5 Whys + 2 Hows</i>), de forma a que estas ferramentas se complementassem. Os resultados obtidos foram positivos, sendo que as ferramentas permitiram ao operador poupar um total de 4 horas semanais, o equivalente a 10%.
(Conceição Rosa et al., 2018)	Neste estudo, o foco principal incidiu na otimização do processo produtivo, através de ferramentas <i>Lean</i> , de uma linha de produção ligada ao setor automóvel. Após a implementação das várias ações, como por exemplo a redução de movimentações por parte dos operadores e standardização de métodos de trabalho, alcançou-se um aumento de 43% na produtividade. Por fim, a taxa de ocupação da linha diminuiu 30%.
(Santos et al., 2018)	Este trabalho foi desenvolvido numa organização de produção de pneus, mais especificamente no departamento da Preparação, onde é produzido o talão do pneu. O objetivo passou por resolver os problemas nos sistemas pneumáticos. Para tal, recorreu-se a um servomotor para substituir o antigo sistema, automação de várias etapas do processo e implementação da metodologia 5S. Os sistemas de segurança também sofreram atualizações de forma a diminuir a probabilidade de ocorrência de acidentes. No final, os custos de manutenção reduziram 38% e o tempo de paragem devido a avaria, 62%. Também o desempenho do equipamento aumentou 9%.

(Moreira et al., 2018)

Este estudo teve dois objetivos principais: a diminuição do uso de produtos tóxicos no processo de impressão industrial, mas também o aumento da produtividade da mesma. Após a implementação das medidas definidas, foram avaliados vários indicadores, nomeadamente o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), o *Mean Time Between Failure* (MTBF) e ainda o *Mean Time To Repair* (MTTR). O OEE aumentou aproximadamente 4% em dois dos três equipamentos analisados, sendo que no outro o aumento foi de 2%. O MTBF aumentou em dois dos três equipamentos, sendo que no terceiro diminuiu. Por fim, o MTTR decresceu em dois dos três equipamentos. Este trabalho contribuiu ainda para uma drástica redução da utilização de álcool isopropílico no processo.

Ao analisar os vários exemplos presentes na Tabela 2, conclui-se que a utilização da metodologia *Lean*, nomeadamente de ferramentas como os 5S, SMED, *Standard Work*, entre outros, permite que as organizações tornem a produção mais eficiente e capaz de cumprir com os requisitos dos clientes.

2.2 *Lean Production*

O conceito *Lean Production* teve o seu início na década de 1940 e, devido à sua origem, é também chamado "*Toyota Production System*". Este termo passou a ser reconhecido mundialmente anos depois, através do livro "*The Machine That Changed the World*", em que a indústria automóvel americana e a japonesa são comparadas entre si. A conclusão retirada sugere que, com a utilização da metodologia *Lean*, as viaturas eram mais fiáveis e produzidas de uma forma mais eficiente (Pereira et al., 2016).

Esta metodologia tem como principal objetivo reduzir os desperdícios gerados ao longo do processo e ainda diminuir os custos de operação. Em simultâneo, existe uma procura pela organização do espaço e otimização da componente técnica do processo (Melton, 2005). Estas características associadas à metodologia *Lean*, resultam no aumento da produção e diminuição dos recursos envolvidos na produção (Pereira et al., 2016).

Segundo (Melton, 2005), existem inúmeras vantagens associadas ao TPS, como por exemplo a redução de desperdícios, de stock, *lead time* e custos, entre outros. Além disso, há uma procura incessante pela perfeição, o que cria um ciclo infinito de melhoria. A metodologia *Lean* é constituída por cinco princípios, tendo sido criados com o propósito de uniformizar as várias indústrias e as diferenças existentes entre as mesmas. Estes princípios estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3 - Princípios da metodologia *Lean* (Melton, 2005)

Princípio	Descrição
Definir valor na perspectiva do cliente	Identificar o que o cliente procura e quais as características que pretende encontrar nos produtos.
Identificar cadeias de valor	Definir uma cadeia de valor para todo o processo, com o intuito de distinguir quais as atividades que acrescentam valor ao produto ou serviço. Eliminar aquelas que não contribuem para acrescentar valor.
Criar fluxo contínuo	Introduzir fluxo nas atividades que constituem as cadeias de valor. Reduzir ao máximo as obstruções, permitindo o movimento do produto final entre postos da forma mais contínua possível.
Implementar um sistema de produção <i>pull</i>	A produção apenas se inicia quando existir uma necessidade por parte do cliente e esta for comunicada. Evita-se, assim, acumulação de inventário.
Procurar continuamente a perfeição	Encorajar a procura permanente por soluções de forma a melhorar todo o processo. Implementar sucessivamente os outros quatro princípios, reduzindo custos e aumentando a eficiência.

2.3 Filosofia *Lean*

Na implementação da metodologia *Lean* estão presentes vários conceitos, sendo que na Tabela 4 estão descritos dois dos mais impactantes.

Tabela 4 - Filosofias *Lean*

Referências Bibliográficas	Conceito	Descrição
(Folinas et al., 2017; Phogat, 2013; G. Singh & Ahuja, 2012)	<i>Just In Time</i>	Descrita como uma técnica de controlo de inventário, o objetivo desta ferramenta é permitir que o stock disponível seja o suficiente para satisfazer as necessidades da produção e que apenas se produza quando há uma encomenda. Desta forma, há uma redução dos custos associados ao inventário, produção e armazenamento de produto acabado.
(Knechtges & Decker, 2014; Maarof & Mahmud, 2016)	<i>Kaizen</i>	Nasceu da necessidade da Indústria japonesa criar soluções para a falta de recursos e materiais após a Segunda Guerra Mundial. Esta filosofia baseia-se em pequenas alterações que vão melhorando,

continuamente, a qualidade de um produto/organização. Engloba a participação de todos os colaboradores de modo a definir o que alterar e de que forma o fazer, antes das medidas serem implementadas.

2.4 Ferramentas *Lean*

As ferramentas *Lean* são uma parte fundamental desta metodologia por serem o meio para atingir o resultado final. Na Tabela 5 estão descritas duas ferramentas de forma concisa.

Tabela 5 - Ferramentas *Lean*

Referências Bibliográficas	Ferramenta	Descrição
(Solanki & Desai, 2017; Taticchi & Cagnazzo, 2009)	<i>Six Sigma</i> (Ferramenta)	Surgiu na <i>Motorola Corporation</i> com o intuito de diminuir os defeitos nos produtos e falhas nos processos, garantindo a satisfação do cliente. A aplicação desta ferramenta carece da utilização de um de dois modelos de forma a eliminar os problemas encontrados: DMAIC (<i>Define, Measure, Analyze, Improvement, Control</i>) ou DMADV (<i>Define, Measure, Analyze, Design, Verify</i>). Enquanto DMAIC está associado a produtos já existentes no mercado, DMADV aplica-se a produtos em desenvolvimento.
(Ahmad et al., 2013; Lage Junior & Godinho Filho, 2010; Powell, 2018)	<i>Kanban</i> (Ferramenta)	Este sistema está associado ao <i>Toyota Production System</i> (TPS) e tem como principal objetivo controlar o nível de inventário, a produção e ainda o abastecimento de componentes. O funcionamento deste sistema engloba a utilização de um cartão, denominado <i>Kanban</i> , associado a um armazém com um número exato de componentes. Este número é calculado de forma a assegurar que não há rotura de stock, mantendo as despesas num valor mínimo. Quando existe necessidade de realizar uma encomenda, o cartão é utilizado como forma visual de autorização.

Os próximos subcapítulos são dedicados a ferramentas utilizadas ao longo do estágio, sendo feita uma descrição mais detalhada das mesmas.

2.4.1 5S

No ambiente industrial atual, existe uma necessidade permanente de melhorar a eficiência dos processos e, uma das formas de atingir esse objetivo é adotar a ferramenta 5S. Tal como referido anteriormente, este conceito está diretamente associado à metodologia *Lean* e tem como função eliminar os desperdícios gerados no

processo produtivo, aumentando a eficiência e a segurança e reduzindo os defeitos no produto final (Filip & Marascu-Klein, 2015). A aplicação desta ferramenta é simples e utiliza o senso comum, focando-se em melhorar o ambiente e espaço de trabalho e, de seguida, assegurar que não há retorno ao estado inicial (Riad Bin Ashraf et al., 2017).

Esta estratégia está dividida em cinco etapas e, em todas elas, a letra inicial em japonês é o S, daí o nome - 5S. As etapas estão divididas da seguinte forma (Bagi & Pasale, 2013; Riad Bin Ashraf et al., 2017; A. Singh & Ahuja, 2015):

- **Seiri (Triagem):** nesta fase é realizada uma distinção entre o que é necessário e aquilo que não contribui de forma positiva para o processo, os obsoletos. Todos os objetos considerados desnecessários são removidos do local de trabalho.
- **Seiton (Organização):** o segundo passo da metodologia é definir os espaços de arrumação corretos para cada objeto que não foi eliminado na fase anterior. Associar um local específico, permite ao colaborador ter um controlo mais eficiente sobre os processos.
- **Seiso (Limpeza):** com o lugar de cada peça estabelecido, é necessário limpar o espaço e, em simultâneo, corrigir problemas nos equipamentos. Além disto, esta fase compreende também a identificação e posterior eliminação das fontes de sujidade no posto.
- **Seiketsu (Standardização):** de forma a manter o estado alcançado com as etapas anteriores intacto, existe a necessidade de criar procedimentos standard. Desta forma, os colaboradores executam as tarefas da forma correta e sistemática. Nesta fase, é recorrente a utilização de ferramentas visuais para facilitar a compreensão.
- **Shitsuke (Autodisciplina):** a última etapa está relacionada com o compromisso dos colaboradores na implementação da metodologia, ou seja, garantir o cumprimento das outras fases. É essencial embutir o respeito pelas normas criadas e, por outro lado, criar inspeções relacionadas com o uso dos 5S, assegurando assim a sua continuidade.

Ao garantir que esta ferramenta é implementada corretamente, existem inúmeras vantagens para as organizações, como por exemplo: redução de defeitos no produto final, lixo criado e tempo necessário para encontrar objetos e aumento da segurança no posto de trabalho, da eficiência e produtividade (Costa et al., 2018).

2.4.2 *Standard Work*

O conceito *Standard Work* pretende definir qual o melhor procedimento para realizar uma determinada tarefa, tendo em conta a eficiência, mas também a segurança dos colaboradores (Sundar et al., 2014). *Standard Work* está diretamente relacionado com a filosofia *Lean*, nomeadamente a melhoria contínua. A normalização dos processos é vista como um ciclo, em que existe uma procura pela otimização e sempre que isso acontece, a norma é atualizada.

Existem várias características que devem ser inerentes à normalização dos processos, como por exemplo a exposição da informação de forma concisa e clara, a utilização de figuras e a possibilidade de alterar os parâmetros do processo. Esta ferramenta é considerada fundamental por trazer inúmeras vantagens às organizações, como por exemplo:

- Redução de erros e variações entre produtos;
- Maior segurança;
- Criação de rotinas e procedimentos standard.

Garante-se ainda que as tarefas são realizadas sempre da mesma forma, independentemente de quem está responsável pela mesma (Antoniolli et al., 2017). Com a implementação desta ferramenta há uma diminuição na variabilidade do produto final, originada por um processo consistente e uniforme (Lu & Yang, 2015).

2.4.3 Overall Equipment Effectiveness

A avaliação da *performance* dos processos é um fator essencial nas organizações, contribuindo para a comparação do estado atual com os objetivos definidos (De Ron & Rooda, 2006).

O *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) é um indicador de performance vastamente utilizado na Indústria. Foi criado juntamente com o conceito *Total Productive Maintenance* (TPM) por Nakajima (Purba et al., 2018) e tem como objetivo calcular a eficiência produtiva de uma empresa, departamento ou máquina (Moreira et al., 2018).

De forma a calcular este indicador, o primeiro passo é analisar três parâmetros chave: a disponibilidade dos equipamentos, *performance* do processo e qualidade do produto. O produto destes fatores resulta no valor de OEE (Patel & Deshpande, 2017). Esta divisão em vários componentes facilita a associação de problemas a uma determinada área, o que permite tomar decisões mais assertivas e que aumentam a eficiência (Purba et al., 2018).

Segundo (Moreira et al., 2018), a disponibilidade, performance e qualidade calculam-se através das Equações 1, 2 e 3.

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo real de produção}}{\text{Tempo planeado de produção}}$$

Equação 1 - Cálculo da disponibilidade de um equipamento

$$\text{Performance} = \frac{\text{Tempo teórico para produção de uma quantidade real}}{\text{Tempo real de produção}}$$

Equação 2 - Cálculo da performance de um equipamento

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Quantidade produzida} - \text{Quantidade defeituosa}}{\text{Quantidade produzida}}$$

Equação 3 - Cálculo da qualidade do produto obtido

De forma geral, todos estes indicadores têm um objetivo que as organizações se propõem a atingir para se tornarem uma referência a nível mundial (Patel & Deshpande, 2017):

- Disponibilidade: 90%;
- Performance: 95%;
- Qualidade: 99,9%;
- OEE: 85%;

2.4.4 *Single Minute Exchange of Die*

A metodologia *Single Minute Exchange of Die* (SMED) foi criada em 1985 por Shingo, com o objetivo de reduzir os tempos de *setup* dos equipamentos através de uma abordagem científica. A redução dos tempos de preparação está associada ao tamanho dos lotes produzidos, ou seja, quando esses tempos são elevados, os lotes são de grandes quantidades, o que torna as organizações pouco flexíveis (C. Rosa et al., 2017). Surgiu da necessidade das organizações diminuírem o tempo de entrega dos produtos, aliado a uma mentalidade inovadora, focando os esforços na diminuição dos tempos entre fabrico de produtos em vez de, exclusivamente, no tempo de ciclo, como no passado.

Normalmente associam-se três vantagens principais à diminuição do tempo de *setup* (Rahul et al., 2012):

- Flexibilidade: responder prontamente às alterações no mercado;
- Capacidade do equipamento: ao reduzir o tempo de preparação do equipamento, aumenta-se a disponibilidade do mesmo;
- Redução de custos: diminuir tempos de paragem tem um impacto direto na redução dos custos associados ao equipamento;

Apesar de trazer inúmeras vantagens para as organizações que a adotam, a metodologia SMED é criticada devido ao facto de desvalorizar a importância de adaptar os equipamentos às necessidades e não ter em conta o período de arranque e paragem das máquina (Vieira et al., 2019). Segundo (Vieira et al., 2019), a implementação desta metodologia é um processo complexo, dividido em várias etapas, como representado na Tabela 6.

Tabela 6 - Etapas da implementação de SMED (Vieira et al., 2019)

Etapa	Descrição
Análise da situação inicial	Observação do cenário inicial, antes da implementação de qualquer medida. Não deverá haver distinção entre atividades externas e internas.
Separação de atividades internas e externas	Distinguir as tarefas internas (apenas podem ser executadas com o equipamento imobilizado) e externas (podem ser executadas durante o período de produção).
Converter atividades internas em externas	Ao minimizar as atividades internas, o tempo de paragem diminui. Algumas das atividades que no passado eram realizadas com o equipamento parado, passam a ser executadas durante produção.
Racionalização do <i>setup</i>	Criar uma sequência das atividades internas e externas de forma a otimizar o processo e, em simultâneo, eliminar todas as operações desnecessárias.
Implementação de medidas	Alteração/criação de atividades que reduzam o tempo de <i>setup</i> dos equipamentos.

3. MELHORIA DE UMA LINHA DE AGLOMERAÇÃO

- 3.1 Estrutura da Organização
- 3.2 Análise e Mapeamento do Processo de Aglomeração
 - 3.3 Identificação de Problemas
 - 3.4 Propostas de Melhoria
 - 3.5 Análise de Resultados

3 MELHORIA DE UMA LINHA DE AGLOMERAÇÃO

O presente capítulo destina-se a apresentar o trabalho efetuado ao longo do projeto. Inicialmente é realizada uma análise e mapeamento do processo em estudo, seguida pela identificação dos problemas encontrados, apresentação das propostas de melhoria e, por fim, análise dos resultados obtidos com a implementação das propostas.

3.1 Estrutura da Organização

A organização na qual decorreu o estágio está dividida em 3 grandes grupos, como exposto na Figura 2, sendo esses a Produção, o Suporte e a Administração. Estes dividem-se em vários subgrupos, destacando-se 5 Unidades Industriais na área produtiva, 4 subdepartamentos de suporte, no qual se inclui a Engenharia e, por fim, 3 subdepartamentos de área administrativa.



Figura 2 - Estrutura Organizacional

A Engenharia está dividida em 5 áreas distintas: Projeto, Engenharia de Processo, Engenharia do Produto, Melhoria Contínua e Economia Circular (ver Figura 3). O diretor de Engenharia é o responsável por coordenar os vários projetos de cada um dos departamentos.

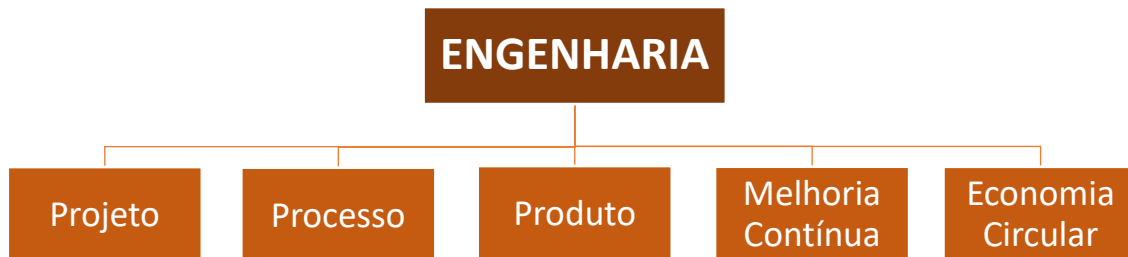


Figura 3 - Estrutura do Departamento de Engenharia

O propósito da Economia Circular no objetivo global da organização é associar materiais reutilizados de outras indústrias à cortiça, criando produtos capazes de corresponder às exigências do mercado e diminuir a pegada ecológica. Além disso, existe diminuição progressiva na disponibilidade deste recurso, pelo que há uma necessidade de encontrar novas soluções.

Posto isto, a Economia Circular é responsável por procurar e negociar com fornecedores destes produtos, normalmente associados à indústria automóvel e de calçado. Os materiais são testados, os transportes agilizados e as condições contratualizadas. Visto tratar-se de uma área em desenvolvimento, o departamento responsabilizou-se pela criação de uma nova linha de produção de cilindros que conjuga materiais de Economia Circular com a cortiça. Para tal, existiu cooperação com inúmeras outras áreas da organização, como Projeto, Qualidade e Manutenção.

3.2 Análise e Mapeamento do Processo de Aglomeração

Tendo em conta as necessidades do mercado, a corticeira decidiu criar uma linha de aglomeração de cilindros capaz de utilizar materiais compósitos e que possibilitasse uma cadência elevada (6 cilindros/hora), para corresponder às vendas crescentes. Os materiais compósitos, mais especificamente aqueles que possuem uma densidade baixa como as espumas, são difíceis de transportar, pelo que a linha foi concebida com esse propósito. Assim, apesar do conceito ser o mesmo de várias linhas da fábrica, todos os equipamentos e ligações têm um tamanho superior para garantir que não existem encravamentos.

Os materiais utilizados, tanto a cortiça como os compósitos, são triturados e colocados em *big-bags* (sacos de 2m³), como exemplificado na Figura 4. É deste triturado, juntamente com a adição de cola, que surge o produto final.



Figura 4 - Big Bag

A linha utiliza a gravidade para reduzir o número de equipamentos, contando com 5 pisos. No entanto, dada a dimensão da mesma e as particularidades do processo, existe um vasto número de equipamentos associados ao processo. Na Tabela 7 são descritos os principais componentes.

Tabela 7 - Principais constituintes da Linha

Equipamento	Descrição
Tremonha	Pirâmide quadrangular invertida que atua como depósito de material. No fundo está conectada a tubagem da aspiração para transporte do material. Estão ainda associados um vibrador e um transportador sem-fim, para evitar encravamentos, e uma válvula guilhotina para dosear o triturado.
Ciclone	Equipamento com formato de funil cujo objetivo é separar as poeiras e partículas demasiado leves das mais pesadas, que serão utilizadas no processo. Sendo que é utilizada aspiração, o material transportado entra pela parte superior do equipamento e a separação é realizada através do peso. Existe uma saída na parte superior e outra na parte inferior – caso o material seja leve sai pela parte de cima, se for pesado acaba por cair e entrar no processo.

Silo	Depósito de matéria-prima que permite que o processo decorra sem interrupções devido a falta de material.
Transportador Sem-Fim	Meio de transporte de produtos sólidos que utiliza uma espira helicoidal acionada por um motor. O movimento giratório da espira conduz o granulado de um ponto para outro, ajudando também no seu doseamento.
Balança de Sólidos	Equipamento constituído por um depósito apoiado em células de carga que fazem a pesagem dos materiais sólidos necessários para aglomerar um cilindro.
Balança de Cola	Depósito com o fundo afinado, apoiado em células de carga, cuja função é pesar a quantidade de cola necessária para produzir um cilindro.
Misturador	Equipamento destinado a misturar os granulados com a cola e água de forma homogénea.
Tapete Doseador	Tapete transportador utilizado para dosear a quantidade de material correspondente a cada prensagem.
Prensa	Equipamento que “esmaga” e compacta o material de forma a proporcionar-lhe as propriedades necessárias para cumprir os requisitos definidos.
Elevador Tampas	Componente que coloca a tampa do molde no calço da prensa.
Estufa	Tem como função criar uma atmosfera quente, reduzindo o tempo de estabilização do material que se encontra dentro dos moldes.
Prensa de Desmoldagem	Cilindros hidráulicos embutidos no piso que elevam o cilindro para o retirar do molde.
Transportador de Tampas	Equipamento destinado a retirar a tampa utilizada para moldar um cilindro e colocar a mesma no tapete de tampas.
Tapete de Tampas	Tapete rolante cujo objetivo é abastecer o elevador de tampas e permitir ter um <i>stock</i> capaz de manter a produção constante.
Elevador Tampas	Equipamento que transporta as tampas desde o tapete até ao calço da prensa, onde as mesmas serão fixas por cilindros pneumáticos.
Arrasto	Constituído por cilindros hidráulicos que permitem movimentar os moldes em cima dos carris sem intervenção humana.
Transfer de Moldes	Transportador que coloca o molde na posição quando é necessário alterar o carril/arrasto em que o mesmo se encontra.

Bateria de Filtros

Sistema constituído por um ventilador, filtro e outros equipamentos associados responsável pela aspiração que transporta os granulados das tremonhas até ao ciclone.

O fluxo de material na linha, presente no Apêndice I, inicia-se nas tremonhas, com o abastecimento da linha, e termina com a separação do cilindro com o molde.

O *layout* do equipamento permite que sejam produzidos dois cilindros em simultâneo através da criação de duas linhas, intituladas A e B. Definiu-se também que uma mistura teria de gerar um cilindro completo, enquanto que as restantes linhas da fábrica utilizam, em média, quatro misturas para um cilindro. Isto permite a produção de cilindros mais homogêneos relativamente a padrões e propriedades.

3.3 Identificação de Problemas

Após o entendimento da linha e do processo produtivo, passou-se para a identificação dos problemas. Como o equipamento em análise estava ainda numa fase de arranque, foram abordadas as questões principais que teriam um maior impacto no sucesso da linha (ver Tabela 8).

Tabela 8 - Problemas Identificados

Processo	Descrição	Problemas
Definição	Definição de Standards	Inexistência de Standards
		Inexistência de Método de Trabalho
Indicadores	Cálculo dos Indicadores da Linha	Inexistência de histórico de produção
		Inexistência de tempos de produção
Produção	Falhas encontradas na fase de testes	Falhas mecânicas/elétricas
		Falha humana
		Falhas de conceção
		Falta de organização do espaço

3.3.1 Inexistência de Standards

A linha de produção foi projetada pela própria organização que, no processo de implementação, recorreu a inúmeros fornecedores para adquirir os vários equipamentos e sistemas que constituem a linha. Alguns desses fornecedores não têm documentação técnica devido à sua natureza artesanal. Apesar do esforço para reunir toda a documentação, não existe um manual de funcionamento de toda a linha nem normas de operação.

Na altura inicial dos testes de produção, os operadores e o supervisor contavam com o apoio de alguns dos fornecedores que se encontravam presentes para implementações finais e afinações. Deste modo, quando surgia algum problema, o mesmo era facilmente solucionado.

Com o evoluir da produção e a falta dos fornecedores, aliado ao facto dos equipamentos serem novos, as falhas mecânicas/elétricas tornaram-se cada vez mais frequentes. Concluiu-se que estas falhas, muitas vezes, estavam relacionadas com questões de manutenção e limpeza.

3.3.2 Inexistência de Método de Trabalho

Os operadores selecionados para trabalhar na linha já eram colaboradores da organização, pelo que tinham conhecimento adquirido da indústria e dos processos. De modo a cumprir com as datas estabelecidas e apoiar a fase de implementação/testes, o departamento determinou que esta seria a melhor solução. No entanto, apesar da experiência dos operadores, o sistema operativo da linha é diferente dos restantes e existem diversas diferenças em todo o processo e equipamentos que tornam a adaptação mais demorada.

A linha foi projetada para ser operada por dois operadores e um terceiro de forma parcial, sendo que um está responsável pela moldagem – certificar-se que não há nada de anormal ao longo desta parte do processo e, no fim, colocar pregos no molde que impedem a tampa de se movimentar - e outro pela desmoldagem – com a função de retirar os pregos, separar o cilindro do molde e limpar o mesmo. O terceiro operador está encarregue de alimentar as tremonhas com triturado, no entanto tem outras tarefas não associadas à linha.

Com o avanço dos testes e o aumento de produção e cadência da linha, concluiu-se que os operadores não mantinham as suas posições e por vezes encontravam-se ambos no mesmo posto. O motivo para tal prende-se com pequenas falhas e, numa tentativa de ajudar o colega, o operador abandonava o seu posto, atrasando todo o processo.

Concluindo, não existia nenhum documento que indicasse ao operador quais os passos a seguir ao longo do turno, o que se traduzia em comportamentos e métodos de trabalho erráticos e que impediam o ideal funcionamento da linha.

3.3.3 Inexistência do Histórico de Produção

No início da fase de testes e durante os primeiros meses, o sistema operativo da linha não comunicava com os programas de gestão de produção utilizados pela organização. Assim, não existiam dados para avaliar a evolução da linha e quais os fatores que alteraram a produção da linha ou a cadência num determinado intervalo de tempo.

O único histórico de produção estava presente na sala de controlo, no formato apresentado na Figura 5, onde é exposto o número do cilindro da Ordem de Fabrico (OF), bem como a hora de cada prensagem. Com estes dados é possível estimar a cadência, bem como os tempos improdutivos e tempo de produção de cada cilindro. No entanto não podem ser considerados valores exatos por não serem valores de início a fim de ciclo – o tempo de saída do molde e entrada do seguinte é estimado.

DOSAGENS DA ORDEM FABRICO:						LEGENDA:			
Linha	Cilindro	Previsto (kg)	Obtido (kg)	Desvio (kg)	Data Início	Data Fim	Em execução	Cancelada	Terminada
3	51	229,43	229,23	-0,20	21/05/2020 17:47:59	21/05/2020 18:45:24			
3	52	229,43	229,39	-0,04	21/05/2020 18:22:26	21/05/2020 19:10:13			
3	53	229,43	229,13	-0,30	21/05/2020 18:40:12	21/05/2020 19:37:46			
3	54	229,43	229,30	-0,13	21/05/2020 19:08:51	21/05/2020 19:08:51			

PRENSAGENS:									
Cilindro	Nr.	Ordre (%)	Previsto (kg)	Obtido (kg)	Desvio (kg)	Previsto (mm)	Obtido (mm)	Desvio (mm)	Hora
48	4	25,000	57,36	52,70	-4,66	1020	1070	-10	18:48:54
48		100,000	229,43	226,70	-2,73				
49	1	25,000	57,36	58,30	0,94	255	352	107	17:33:52
49	2	25,000	57,36	58,00	0,64	510	507	-3	17:39:17
49	3	25,000	57,36	58,00	0,64	765	753	-12	17:42:58
49	4	25,000	57,36	54,00	-3,36	1020	1011	-9	17:50:13
49		100,000	229,43	228,30	-1,13				
50	1	25,000	57,36	58,30	0,94	255	357	102	18:02:43
50	2	25,000	57,36	58,10	0,74	510	499	-11	18:07:54
50	3	25,000	57,36	58,00	0,64	765	750	-15	18:10:42
50	4	25,000	57,36	51,80	-5,56	1020	1011	-9	18:14:13
50		100,000	229,43	226,20	-3,23				
51	1	25,000	57,36	57,70	0,34	255	363	108	18:32:07
51	2	25,000	57,36	57,80	0,44	510	500	-10	18:36:08
51	3	25,000	57,36	57,50	0,14	765	754	-11	18:40:15
51	4	25,000	57,36	55,30	-2,06	1020	1009	-11	18:42:53
51		100,000	229,43	228,30	-1,13				
52	1	25,000	57,36	58,00	0,64	255	361	106	18:56:54
52	2	25,000	57,36	58,00	0,64	510	502	-8	19:02:13
52	3	25,000	57,36	57,80	0,44	765	753	-12	19:05:30
52	4	25,000	57,36	53,00	-4,36	1020	1002	-18	19:08:10
52		100,000	229,43	226,80	-2,63				

Figura 5 - Histórico de Produção no Sistema de Controlo

De referir que, no arranque da linha, os operadores no fim de turno preenchiam uma “Folha de Produção” com informações como o número de cilindros produzido e referência, tempo e justificação para os tempos improdutivos. Entretanto, a mesma foi descontinuada devido à implementação de *Manufacturing Execution System* (MES), tornando o processo digital. Apesar deste *upgrade*, a folha de produção foi descontinuada antes de haver acesso aos dados de MES, ou seja, deixou de existir qualquer histórico. O único indicador conhecido passou a ser o número de cilindros produzidos, que o operador transmitia ao supervisor no fim do turno. No entanto, por vezes havia erros, tornando os dados não viáveis. Esta falta de histórico cria problemas facilmente evitáveis, como por exemplo, desconhecimento da quantidade de matéria prima utilizada, quantidade de cilindros produzidos e qual a referência, etc.

3.3.4 Inexistência de Tempos de Produção

Durante a fase de projeto, os tempos de produção foram estimados tendo em conta o conhecimento adquirido de outras linhas. No entanto, existem inúmeros fatores que podem condicionar estes tempos. A cadência objetivo foi calculada tendo em conta estes valores, pelo que é fundamental aproximar o tempo real do projetado.

Na fase de arranque da linha concluiu-se que grande parte dos tempos de processo eram mais demorados do que o antecipado. O maior atraso foi no transporte de cola desde o *Intermediate Bulk Container* (IBC) – o depósito de cola – para a balança. O tempo inicial cronometrado foi de 70 minutos para 68 Kg de cola, ou seja, uma velocidade de aproximadamente 1 Kg/min. Este valor reduz drasticamente a cadência da linha.

Esta linha é um projeto novo e único e, como tal, todos os tempos do processo foram analisados para que se concluísse qual seria o seu *bottleneck*. Para tal, dividiu-se a linha nas várias etapas mais críticas - mistura, prensagem e cozedura/estabilização:

- **Mistura**

Esta fase consiste em 3 tempos fundamentais: alimentação do misturador, mistura e descarga. Tendo em conta os valores estimados, obteve-se uma cadência de 8,2 cilindros/hora com um OEE de 75% (valor *standard* da organização).

- **Prensagem**

A prensagem é a etapa mais complexa e dependente do operador para controlo e, principalmente, para a colocação de cavilhas no molde após a última prensagem, o que significa que poderão existir mais oscilações no tempo total. Nesta fase é ainda colocada uma etiqueta para identificação do cilindro. Na Tabela 9 são apresentados os 9 passos principais que constituem esta etapa.

Tabela 9 - Tempos de Processo da Prensagem

Fase do processo	Tempo (s)
Introdução do molde	20
Colocação Caixa + Sobrenúcleo	12
Descarga de Material	20
Slide	10
Subida da Mesa	25
Prensagem	40
Descida da Mesa	12
Colocação de Pregos	40
Saída do Molde	40

Para calcular a cadência, é necessário ter em conta que existem dois cilindros em produção em simultâneo. Dada a complexidade do cálculo, foi desenvolvida uma ferramenta de apoio para simular a produção de dois cilindros. Utilizando esta ferramenta e prevendo que 90% dos cilindros produzidos teriam 4 prensagens e os restantes 10%, 5 prensagens, calculou-se uma cadência de 5,9 cilindros/hora (OEE de 75%).

- **Cozedura/ Estabilização**

Após a prensagem, os cilindros passam pela fase de cozedura e estabilização para que a cola possa reticular e o produto adquira as propriedades desejadas de uma forma acelerada. Nesta fase, os dados relevantes são o tempo de cozedura e estabilização média, bem como o número de moldes em toda a linha e a capacidade de estufa. Tendo em conta que a estufa estará sempre na sua capacidade máxima, obteve-se uma cadência de 7 cilindros/hora na cozedura e 7,1 na estabilização.

Com esta simulação, obteve-se o *bottleneck* da linha: a prensagem. Na fase de testes confirmou-se que, em condições normais, esta é a etapa do processo que define a cadência da linha. De seguida, os tempos teóricos e iniciais que fazem parte da prensagem foram comparados de modo a concluir se o processo teria o *output* esperado, encontrando-se os resultados na Tabela 10.

Tabela 10 - Comparação Tempos Teóricos vs Tempos Iniciais

Sub Etapa	Tempo Teórico	Tempo Inicial	Diferença
Introdução do molde	20	15	5
Colocação Caixa + Sobrenúcleo	12	12	0
Descarga de Material	20	37	17
Slide	10	18	8
Subida da Mesa	25	27	2
Prensagem	40	44	4
Descida da Mesa	12	10	2
Colocação de Pregos	40	75	35
Saída do Molde	40	70	30

Através desta análise, concluiu-se que a cadência, em circunstâncias idênticas às testadas anteriormente, seria de 5,3 cilindros/hora, ou seja, seriam produzidos menos 0,6 cilindros numa hora.

3.3.5 Falhas Mecânicas/Elétricas

Com o avanço dos testes foram surgindo os mais variados problemas nos equipamentos. O facto de estarem em início de vida justifica este problema. Olhando ao gráfico da curva da banheira é esperado que, quando novo, um equipamento tenha tendência a falhar, sendo que durante a sua vida útil será mais fiável até que, numa determinada altura, devido ao desgaste, a probabilidade de falhas será de novo maior.

Com o avançar do tempo, surgiram os mais variados problemas, sendo que os mais recorrentes estavam associados aos moldes utilizados na linha. Estes moldes foram reaproveitados de outra linha da organização, tendo sido todos corrigidos e forrados por *Teflon* para facilitar o processo de desmoldagem. No entanto, dada a sua massa e propriedades do ferro, os defeitos em grande parte dos moldes mantiveram-se. Sendo este um elemento móvel e com necessidade de cumprir vários requisitos relativamente a dimensões, os defeitos causaram paragens de produção devido, por exemplo, ao descentramento do molde com a prensa, resultando no levantamento do próprio molde ou da caixa (ver Figura 6).



Figura 6 - Elevação da Caixa do Molde

As tampas, que encaixam na cabeça da prensa, acabaram por tornar este problema ainda mais recorrente. Apesar de também terem sido corrigidas, algumas tinham um diâmetro superior ao requerido.

Quando surgiam problemas simples, a sua resolução era da responsabilidade de colaboradores internos. No entanto, tendo em conta que não estavam especificamente alocados à linha e tinham outras tarefas, isso dificultava a sua presença. Assim, a resolução destas falhas poderia demorar horas. Os problemas mais específicos eram abordados pelos fornecedores e pela equipa de Engenharia, em conjunto.

3.3.6 Falhas Humanas

Apesar da experiência e nível de formação dos operadores alocados à linha de produção, os mesmos não tinham qualquer conhecimento relativo às instalações e ao modo de operar, nomeadamente do sistema de controlo. O sistema operativo foi projetado especificamente para a linha de aglomeração, pelo que os fornecedores deram formação aos operadores e estiveram presentes nas instalações para acompanhar a fase inicial de testes.

Cada equipamento tem um modo automático – para utilizar durante a produção – e um modo manual para utilizar quando é necessário operar um equipamento separadamente. No entanto, existe um conjunto de condições para operar um determinado equipamento que têm de ser cumpridas. Assim, existe ainda uma função de “Forçar condições”, demonstrada na Figura 7, em que o operador pode ignorar essas condições.

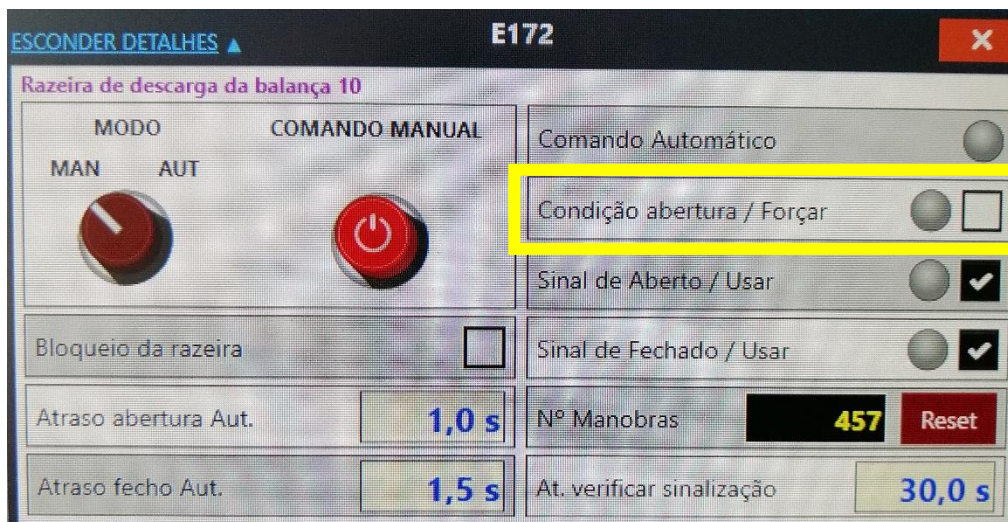


Figura 7 - Função "Forçar Condições"

Com a saída do fornecedor das instalações, surgiram situações nas quais o operador, dada a sua inexperiência, forçava as condições numa tentativa de não interromper produção quando havia condições que não eram cumpridas. No entanto, certas situações causaram danos no equipamento ou atrasos substanciais na produção.

Dado tratar-se de uma linha muito recente e que passou por um longo período de testes, não existia um procedimento de como operar a linha e qual a sequência de operação desde o início ao fim de turno. Por vezes, o operador não seguia a sequência lógica, aumentando os tempos de *setup* ou esquecendo-se de algum passo como, por exemplo, ligar a estufa, o que atrasava toda a produção.

3.3.7 Falhas de Conceção

A linha de aglomeração foi projetada por membros do Departamento de Engenharia da organização. Os mesmos basearam a sua experiência na indústria, visto que, dada a especificidade da área, não existe conhecimento suficiente por parte de organizações externas. Apesar deste conhecimento adquirido, os colaboradores responsáveis pelo projeto não têm experiência em projetar linhas de produção. De forma a reduzir os custos associados com a obra e manter o nível de qualidade desejado, analisou-se várias propostas de fornecedores para cada elemento constituinte da linha.

Ao iniciar a fase de testes, foram surgindo várias falhas e elementos a otimizar relativamente à eficiência da linha. Na passagem de material dos silos para as balanças era recorrente, principalmente no caso das espumas, existir encravamentos na tubagem apresentada na Figura 8. Isto levava a uma paragem total da produção e um elevado tempo para desencravamento do sistema.



Figura 8 - Tubagem de Ligação entre Silos e Balança

Na passagem da mistura para o molde é utilizada a gravidade, através da abertura de uma válvula de guilhotina bidirecional. Dada a elevada altura e peso baixo do triturado, o mesmo tinha tendência a sair do molde no momento da queda. Para além da sujidade no piso e desperdício de material, esta falha poderia comprometer a qualidade do cilindro.

Por fim, existiam inúmeras fugas nos misturadores, como representado na Figura 9, que resultavam num desperdício de produto e na sujidade do espaço.

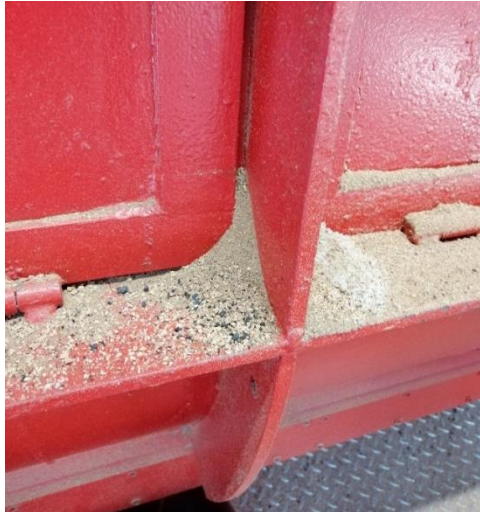


Figura 9 - Fugas nos Misturadores

3.3.8 Falta de Organização do Espaço

No início dos testes, a limpeza e o *layout* do espaço não eram prioritários, visto que o objetivo seria comprovar o bom funcionamento da linha e realizar os ajustes necessários a nível mecânico e eletrônico. Assim sendo, o espaço estava desorganizado, com material de construção e desperdícios nas instalações. Não havia também um espaço designado para os *big bags* que iriam abastecer a linha ou paletes e sacos, pelo que nunca se encontravam no mesmo local. No caso de *big bags* de cortiça, era responsabilidade do operador transportar os mesmos desde o departamento de granulados até à linha.

Para assegurar que a tampa do molde não se movimentava com a expansão do material, são usados pregos. Estes pregos, tanto na zona de moldagem como desmoldagem eram colocados em baldes no chão, como exemplificado na Figura 10. De forma a colocar estes pregos, era usado uma ripa de madeira que se encontrava no próprio balde. As vassouras e sacos encontravam-se na sala de controlo.

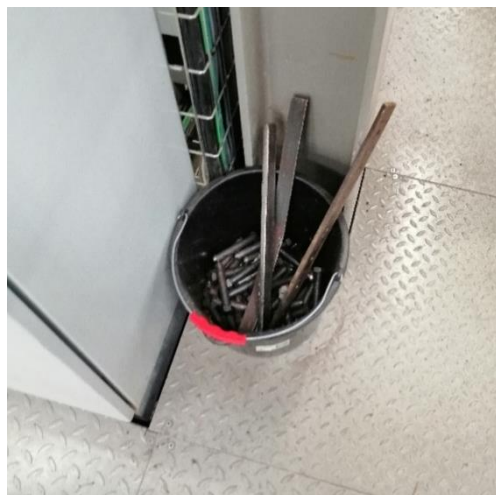


Figura 10 - Balde com Pregos e Ripa

De forma geral, todo o espaço estava desorganizado, resultando num aumento de tempos improdutivos. A área em redor da linha não tinha um *layout* definido, o que causava restrições nas movimentações e impedia a localização de vários *itens*.

3.4 Propostas de Melhoria

Na Tabela 11 estão representadas as soluções propostas para cada um dos problemas encontrados anteriormente. Estas propostas serão descritas de forma mais detalhada neste subcapítulo.

Tabela 11 - Soluções Propostas para os Problemas

Processo	Problemas	Solução Proposta
Definição	Inexistência de Standards	Criação de <i>Checklist</i> e um Plano de Manutenção Autónoma
	Inexistência de Método de Trabalho	Criação de Método de Trabalho
Indicadores	Inexistência de indicadores	Acompanhamento, Análise de Produção através de Indicadores e criação de tempos-padrão
	Inexistência de tempos de produção	Redução dos Principais Tempos de Processo
Produção	Falhas mecânicas/elétricas	Avaliação e Resolução de Falhas Mecânicas/Eletrónicas
	Falha humana	Restrição de Acessos e Formação
	Falhas de conceção	Avaliação e Correção de Falhas de Conceção
	Falta de organização do espaço	Limpeza e Organização do Espaço

3.4.1 Criação de *Checklists* e Plano de Manutenção Autónoma

De forma a solucionar os problemas cuja origem era a falta de limpeza e manutenção, utilizou-se uma solução abrangente a toda a fábrica, um Plano de Manutenção Autónoma, devidamente adaptado à linha em estudo.

Desta forma, o primeiro passo passou por analisar cada equipamento presente e, tendo em conta as suas especificações, definir qual o tipo de manutenção necessária e a sua periodicidade. Para este efeito, um colaborador do Departamento de Manutenção foi envolvido no processo.

O Plano de Manutenção Autônoma tem como objetivo responsabilizar o operador por garantir que as ações de manutenção mais simples são realizadas. Assim, é importante que seja intuitivo para o mesmo. Para tal, em cada equipamento que necessita de manutenção, foi colocada uma etiqueta para distinguir o tipo de manutenção (Figura 11) e a periodicidade (Figura 12).



Figura 11 - Tipo de Manutenção

Legenda das cores (Frequência):

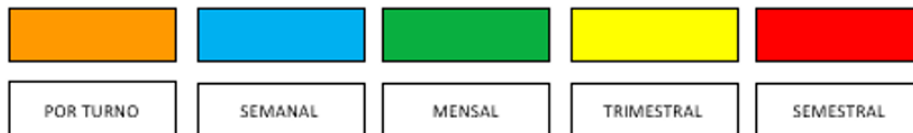


Figura 12 - Periodicidade das Manutenções

Este plano contempla:

- Número do piso;
- Equipamento;
- Tipo de Intervenção;
- Órgão;
- Ferramentas;
- Instrução;
- Frequência;
- Quando fazer.

O plano foi dividido em várias rotas (ver Apêndice II), cada uma associada a um determinado piso. Como exemplificado na Figura 13, em cada piso está exposta a sua rota para que o operador possa confirmar que nenhum ponto de manutenção foi esquecido.

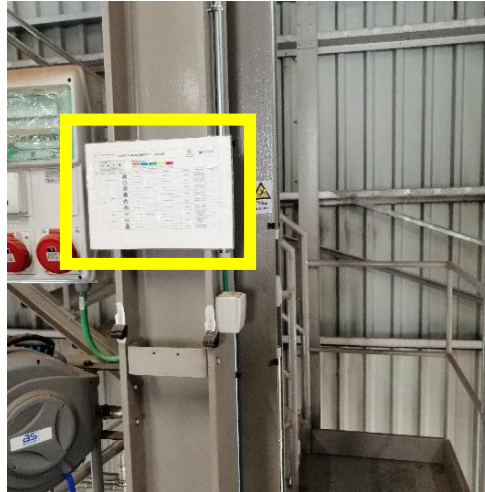


Figura 13 - Colocação do Plano por Piso

Depois da rota ser cumprida, o operador tem de preencher uma folha de registo (ver Apêndice III) para garantir que a mesma foi realizada. Nesta folha é também mencionado qual o turno responsável pela realização da manutenção, sendo que, dentro de cada turno, os operadores são autónomos para decidir quem realiza as tarefas.

As etiquetas foram colocadas em pontos estratégicos, de forma a estarem o mais visível possível, mas também num local onde não exista acumulação de sujidade (ver Figura 14).



Figura 14 - Colocação da Etiqueta no Equipamento

De forma a criar standards de trabalho e garantir que todos os pontos essenciais do *setup* são realizados, foi criada uma *checklist* (ver Apêndice IV). A mesma foi impressa, plastificada e colocada na sala de controlo para ser preenchida à medida que as tarefas fossem realizadas. Os supervisores de cada turno foram instruídos para garantir o preenchimento da folha e realização das ações.

3.4.2 Criação de Método de Trabalho

Tal como referido, com o crescimento produtivo da linha, os operadores tinham dificuldade em dividir as tarefas a realizar. Por este motivo, criou-se um Método de Trabalho, exposto no Apêndice V, que consiste numa linha temporal desde o início ao fim do turno. Este método foi criado com o auxílio do Departamento Engenharia do Processo, sendo a forma mais eficiente e que garante a melhor qualidade do produto final. O documento, representado pela Tabela 12, faz a distinção entre os dois operadores e as tarefas a realizar ao longo do turno, por ordem cronológica.

Tabela 12 – Método de Trabalho

Operador 1	Operador 2
1. Retirar as emergências e validar condição da linha para arranque.	1. Ligar a estufa e contactar a caldeira para ativar a bomba de termofluído.
2. Validar sistema de cola (retirar DOTP, abastecer IBC de cola).	2. Abastecer as tremonhas com os materiais (1 BB na tremonha + 2 BB em espera).
3. Arranque de linha (sala de comando).	3. Início de desmoldagem (remoção pregos, limpeza e identificação).
4. Início de produção (controlo de condições de produção no Quadro 2).	4. Verificação do abastecimento das tremonhas.
5. Controlo de material a colocar nos últimos cilindros (feedback ao Operador 2).	5. Controlo de material a colocar nos últimos cilindros (feedback do Operador 1).
6. Após terminar último cilindro, verificar existência de material na tolva/tapete.	6. Desmoldar até ficar com a linha cheia de moldes vazios.
7. Validar sistema de cola (colocar DOTP no circuito).	7. Limpeza da área de desmoldagem.

Para que esta rotina se tornasse o mais natural possível, o documento foi impresso e colocado na sala de controlo. Foi ainda plastificado para que o operador pudesse preencher cada ação à medida que a fosse concluindo. Associado a este documento está a Figura 15, que também foi impressa com o objetivo de alocar o operador X à moldagem ou desmoldagem.

DISTRIBUIÇÃO DE TAREFAS

TAREFA	RESPONSÁVEL
Moldagem	
Desmoldagem	
Movimentações	

Figura 15 - Tabela Distribuição de Tarefas dos Operadores

No período inicial foi dada formação e proporcionado o acompanhamento necessário para que todos os pontos fossem realizados e pela ordem adequada. Após esse período, verificou-se que este procedimento se tornou instintivo para os colaboradores.

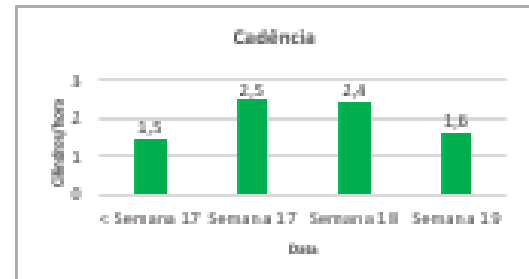
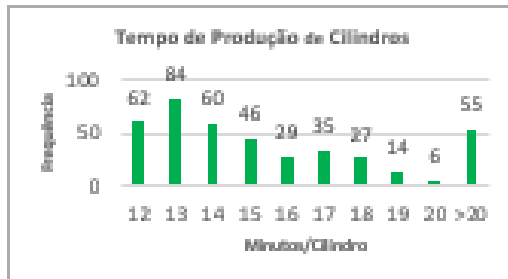
3.4.3 Acompanhamento e Análise da Produção

Quando a linha foi projetada, o objetivo seria que o *software* da linha concentrasse a informação relativa à produção num determinado formato e guardasse esse histórico para posterior análise. No entanto, a produção iniciou-se em novembro de 2019 e estes dados apenas ficaram disponíveis (em forma de relatório PDF) em junho de 2020. Dado o elevado investimento e interesse no sucesso desta linha em particular, surgiu a necessidade de retirar vários indicadores de forma a avaliar o estado da linha e se a progressão estava dentro do esperado. Para tal, foi necessário fazer um acompanhamento exaustivo da produção.

Durante a fase de testes e devido a preocupações relativas ao não cumprimento de objetivos definidos, decidiu criar-se um relatório (ver Figura 16), no fim de cada turno, que seria enviado para os vários responsáveis do projeto. O intuito deste relatório seria informar o estado diário da linha e a sua evolução. Do mesmo é possível retirar informações como: Data, Referência em Produção, Horas Produtivas, Nº Cilindros Produzidos, Cadência do Turno, Histórico de Tempos de Produção de Cilindros, Histórico de Cadência Semanal, Linha Temporal, Problemas Mecânicos/Eletrónicos, Falhas no Método de Trabalho, Sugestões de Melhoria e Notas.

Relatório Diário Aglomeração Economia Circular

Data 07/05/2020	Referência	Horas produtivas 5h50	Nº cilindros 12	Cadência 2,1 cil/hora
---------------------------	-------------------	---------------------------------	---------------------------	---------------------------------



Linha Temporal:

- 06h20 – 07h50: Produção;
- 07h50 – 08h45: Erro humano descontrolou sistema informático e produziu uma mistura com mais 40 Kg → JCE resolveu e material em excesso foi colocado em BB;
- 08h45 – 09h20: Produção;
- 09h20 – 09h35: Lanche;
- 09h35 – 12h10: Produção;
- 12h10 – 12h45: Almoço;
- 12h45 – 13h55: Produção;

Problemas Mecânicos/Eletrônicos:

- Perda de passo do sistema
- Elevador de tampas com empeno na base → tampas fora de posição e o sensor não a detetava → Resolução: colocar tampa na posição correta e colocar na prensa manualmente → **aumento do tempo entre cilindros**;
- **1 cilindros demorados (+ 40 min)** - devido ao problema no elevador de tampas, o sistema assumiu que não existia tampa colocada na prensa e ia colocar outra → produção manual;

Método de Trabalho:

- Não colocação de cavilhas num dos cilindros → Recolocar molde na prensa, repetir prensagem e extrair molde em modo manual;

Sugestões de Melhoria:

- Criar um ~~reset~~ do sistema no local quando há perda de passo/ descontrolo do sistema
-

Notas:

- -

Figura 16 - Relatório Diário

Este relatório revelou-se uma ferramenta importante para os responsáveis do projeto porque, em pouco tempo, conseguiam ter uma percepção do estado e evolução da linha, bem como dos problemas encontrados.

3.4.4 Redução dos Principais Tempos de Processo

Relativamente à demora no transporte de cola desde o IBC até à balança, a primeira medida implementada foi a colocação de mantas térmicas à volta do depósito (ver Figura 17). Desta forma, a temperatura da cola iria aumentar, o que a deixaria num estado mais líquido e facilitaria o seu transporte. A adição da manta seria especialmente importante no inverno, altura em que a cola fica muito viscosa.



Figura 17 - IBC sem/com manta térmica

Com esta alteração, a velocidade de carregamento passou para 1,70 Kg/min, ainda longe do esperado, visto que a quantidade de cola necessária para produzir um cilindro demorava aproximadamente 40 minutos a ser transportada. O fornecedor da bomba foi então contactado e, uma vez no local, realizaram-se testes de forma a perceber qual o motivo para a velocidade reduzida. Concluiu-se que o filtro da bomba estaria a impedir o fluxo necessário e, após autorização do fornecedor, retirou-se o mesmo. Assim, a velocidade de carregamento passou para 22,8 Kg/min, ou seja, 3 minutos por cilindro. Por fim, com o aumento da produção, foi colocado um depósito intermédio – localizado entre o IBC e a balança – que teria vários objetivos:

- Manter a cola a uma temperatura constante – 40°C (temperatura ideal para o transporte e processo);
- Reduzir as trocas de IBC durante o turno;
- Aumentar a homogeneidade da mistura e qualidade do produto final.

Esta medida reduziu o tempo de transporte para 1 minuto e 40 segundos por cilindro, o que se traduz numa velocidade de carregamento de 40 Kg/min e, em simultâneo, melhorou a qualidade de mistura pelo facto da cola se encontrar num estado menos viscoso.

Relativamente ao *bottleneck* da linha – a prensagem – foram realizados vários tipos de alterações para que os tempos de processo fossem idênticos ou inferiores ao inicialmente projetado:

- **Alterações hidráulicas**

Com o auxílio do fornecedor, para não provocar danos ou desgaste prematuro do equipamento, aumentou-se o débito dos vários grupos hidráulicos, nomeadamente os arrastos responsáveis pelo movimento de entrada e saída do molde e a subida/descida da prensa e da mesa. Este aumento resultou numa redução dos tempos de movimentação. Em simultâneo, com a alteração no débito, redefiniu-se a posição dos sensores de desaceleração para o ponto mais próximo da paragem.

- **Descarga de Material**

O sistema de descarga de material consiste em duas lâminas que encaixam uma na outra e são acionadas por cilindros pneumáticos. Dada a altura de queda, e para evitar desperdício de material, inicialmente abria uma das lâminas e de seguida a outra. De forma a reduzir este tempo, mas evitando queda de material no piso, optou-se por colocar no sistema uma válvula de 3 vias e sensores intermédios no cilindro. Esta válvula tem como função abrir ligeiramente as lâminas, em simultâneo, parar numa determinada posição e de seguida abrir totalmente.

- **Colocação de Pregos**

A colocação de pregos a seguir à última prensagem é responsabilidade do operador. Inicialmente, como referido, o mesmo não tinha as condições nem a formação necessária para o fazer de forma eficiente. Assim, substituíram-se os baldes no chão por caixas adequadas, adquiriu-se um martelo de borracha e aplicou-se uma base no local de colocação para facilitar a tarefa e torná-la mais segura. Por fim, instruiu-se o operador relativamente ao método para a realização da operação.

Após estas alterações, os tempos de cada etapa foram cronometrados múltiplas vezes para obter um valor médio (ver Tabela 13). Desta forma, obteve-se um valor realista relativamente aos tempos de processo, nomeadamente da colocação de pregos, por ter a particularidade do fator humano, que contribui para uma maior oscilação dos valores retirados.

Tabela 13 - Comparação Tempo Inicial vs Tempo Final

Sub Etapa	Tempo Antes Alterações (s)	Tempo Após Alterações (s)	Diferença (s)
Introdução do molde	15	15	0
Colocação Caixa + Sobrenúcleo	12	12	0
Descarga de Material	37	25	12
Slide	18	18	0
Subida da Mesa	27	18	9
Prensagem	44	39	5
Descida da Mesa	10	10	0
Colocação de Pregos	75	45	30
Saída do Molde	70	50	20

Com estas alterações, a cadência possível para as mesmas condições testadas anteriormente é de 6,5 cilindros/hora, resultando num aumento de 1,2 cilindros/hora relativamente à fase inicial e 0,6 em relação ao esperado.

3.4.5 Avaliação e Resolução de Falhas Mecânicas/Eletrónicas

Como descrito anteriormente, por se tratar de uma linha nova, surgiram falhas em vários equipamentos e no sistema informático. A organização dispõe de um Departamento de Manutenção, mas como a linha está em fase de projeto, encontra-se sob a responsabilidade do Departamento de Engenharia. Desta forma, os problemas simples são resolvidos por um colaborador, enquanto que os mais complexos são solucionados pelo fornecedor.

Dada a variedade de falhas, o primeiro passo foi compilar todo o histórico possível. Assim, seria possível acompanhar o problema e a sua frequência, de forma a priorizar ações de correção.

Através da Figura 18, nos meses de abril e maio de 2020, por exemplo, conclui-se que as barreiras de segurança são uma grande fonte de paragens em ambos os meses. A sua resolução depende do fornecedor que, devido a questões externas, não conseguiu intervir. As garras sem sinal, por outro lado, tiveram uma diminuição na frequência através da implementação de rotinas de limpeza e de um mecanismo que impede acumulação de resíduos.

PARAGENS ABRIL E MAIO

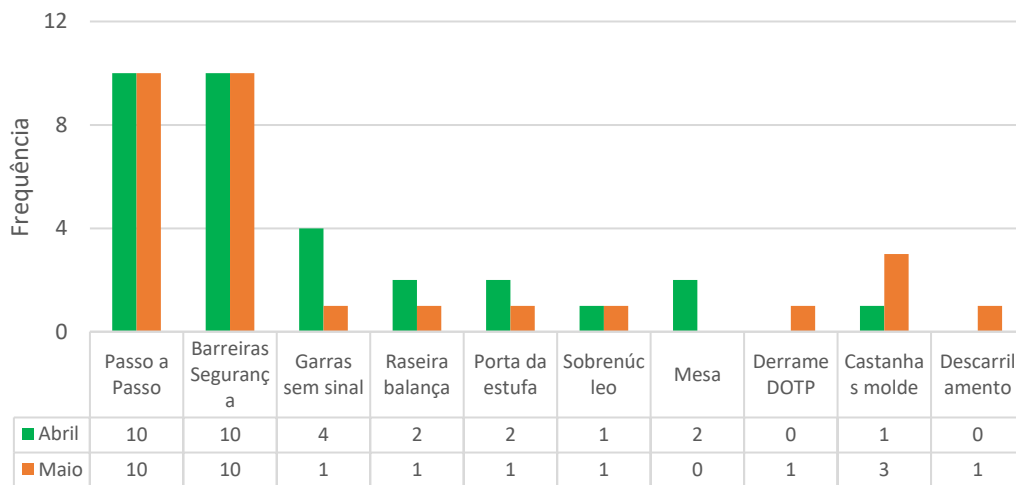


Figura 18 - Principais falhas de abril e maio de 2020

Após a análise de todos os problemas passou-se à resolução dos mesmos. Destes destaca-se:

- **Moldes**

No que se refere aos moldes e como este é o principal motivo dos problemas e consequentes atrasos, mediram-se aquelas que se consideraram medidas críticas, apresentadas na Figura 19, e que estariam na origem do problema. Neste caso, foram retiradas quatro medidas do diâmetro interno do molde (desfasamento de 90°) com o objetivo de justificar o encravamento com a prensa através de um diâmetro inferior ao da tampa (940mm). As quatro medidas foram retiradas com o intuito de perceber se haveria algum empeno do molde. Foram também retiradas duas medidas do diâmetro do núcleo para compreender se o mesmo teria um diâmetro superior ao diâmetro interno da tampa e para calcular o diâmetro interno exato do molde. Por fim, retirou-se a medida da gola do molde e a sua espessura para garantir o encaixe da caixa, impedindo-a de sair de posição aquando da prensagem.

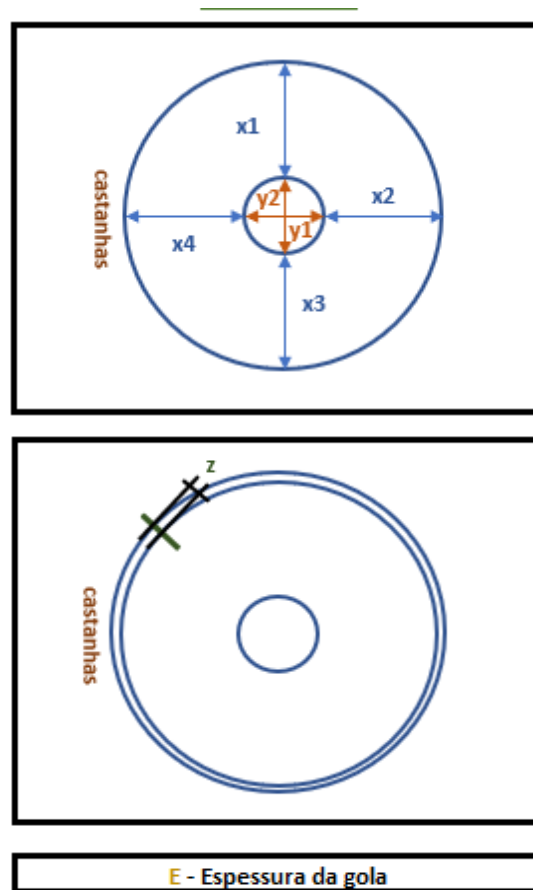


Figura 19 - Medidas retiradas dos moldes

Após a avaliação, foram definidos os critérios para garantir que a folga entre a tampa e o núcleo seria suficiente para evitar os incidentes ocorridos anteriormente. O diâmetro interno mínimo do molde é de 943mm e o diâmetro máximo do núcleo de 65mm. Avaliou-se ainda o descentramento do molde, ou seja, a variação entre x_1 , x_2 , x_3 e x_4 . Esta diferença não poderia ser superior a 5mm.

Com todas as medidas retiradas (ver Apêndice VI), concluiu-se que:

1. O diâmetro interno médio dos moldes era de 944,9mm com valores entre os 939mm e os 951mm;
2. O diâmetro do núcleo máximo é respeitado por todos os moldes;
3. O desfasamento médio era de 5mm, com um mínimo de 1mm e máximo de 9mm.

No total, dos 60 moldes, 25 deles não estavam dentro dos parâmetros definidos e, como tal, foram retirados para posterior correção. Dado o valor avultado do conserto, o processo foi retardado, não tendo um impacto significativo na linha, pela mesma ainda se encontrar em produção limitada.

- **Lista de Equipamentos**

Com o objetivo de facilitar o trabalho de todos os envolvidos, nomeadamente do Departamento de Manutenção, no futuro, realizou-se um levantamento de todos os componentes da linha (ver Apêndice VII) por piso, com várias informações:

- Marca;
- Modelo;
- Número de Série;
- Ano;
- Código Interno (código atribuído pela organização);
- Centro de Custo (Equipamento onde estão associados todos os custos);
- Nome e Número de Obra;

No total foram levantados mais de 800 equipamentos, pelo que se tornou fundamental a organização do documento criado. Assim, e de forma a facilitar a identificação do equipamento em causa, utilizou-se uma lógica de hierarquia, representada na Figura 20.



Figura 20 - Hierarquia na Distribuição de Equipamentos

Desta forma, com a descrição do local onde se encontra o equipamento defeituoso, o operador responsável pela intervenção pode aceder ao documento e saberá as informações técnicas. A partir daí, poderá encomendar a peça ou levantar do armazém interno sem ter de se deslocar ao local.

3.4.6 Restrição de Acessos e Formação

Para evitar que os operadores utilizassem o modo manual da linha, o primeiro passo foi definir uma hierarquia. A mesma foi dividida em três patamares: Gestor, Supervisor e Produção. A diferença entre os utilizadores é o grau de acesso ao sistema. O Gestor é o próprio fornecedor, que tem acesso a todas as configurações possíveis. O Supervisor são os supervisores e gestores de produção e têm permissão para colocar de Ordens de Fabrico, alterar um número reduzido de configurações e têm a possibilidade de “forçar” as ações do equipamento. O utilizador “Produção” não pode alterar qualquer configuração (como velocidades, tolerâncias, etc.), tendo acesso aos modos automático e manual. Desta forma, evita-se ações indevidas que coloquem em causa a produção ou a fiabilidade do equipamento.

Os operadores foram ainda sujeitos a várias formações por parte dos fornecedores. Uma grande parte relativamente ao método de operar os dois sistemas informáticos que integram a linha, mas também formações de segurança, de processo e de MES.

3.4.7 Avaliação e Correção de Falhas de Conceção

Ao analisar a tubagem que transfere o material do silo para a balança, concluiu-se que o ângulo de queda era demasiado reduzido e havia acumulação na curva, principalmente nos tubos mais afastados da balança. A solução encontrada foi a substituição da tubagem por uma flexível, exemplificada na Figura 21, de forma a melhorar o ângulo de queda. Optou-se também por um tubo transparente para observar a queda de material e a localização em caso de encravamento. Por fim, o tubo escolhido tem ainda um diâmetro superior ao inicial. Assim, reduziu-se a possibilidade de encravamento, permitindo que o material fluísse mais facilmente. A substituição do tubo, em caso de danos, é mais simples dada sua natureza.



Figura 21 - Alteração da Tubagem entre Silos e Balança

As fugas de material nos misturadores foram endereçadas através de borrachas com função de vedante. Na parte inferior, foram colocados raspadores para impedir que houvesse passagem de produto durante a movimentação das portas.

Por fim, no local de queda da mistura para o molde, foi colocada uma manga em tecido (ver Figura 22) para cobrir a zona e impedir que o efeito de vácuo expelisse algum material para fora do molde.



Figura 22 - Manga de Proteção

3.4.8 Limpeza e Organização do Espaço

Este foi o tópico com principal destaque ao longo da dissertação. A preocupação da organização durante a fase de projeto foi colocar a linha funcional, sendo que a questão da organização do espaço não era uma prioridade. Assim, com os principais problemas técnicos resolvidos, o próximo passo é a definição de todo o layout (ver Apêndice VIII). As medidas implementadas englobam:

- **Supermercado de *big bags***

Na alimentação da linha são utilizados vários materiais triturados, armazenados em *big bags*. De forma a armazenar todo o tipo de produtos o mais perto possível da linha, criou-se o supermercado apresentado na Figura 23. O mesmo está localizado em frente às tremonhas, o mais próximo possível da zona de alimentação. É constituído por 11 filas – 11 materiais utilizados na linha no momento – com uma capacidade de 12 *big bags* cada.



Figura 23 - Supermercado de *big bags*

- **Fila de espera de *big bags***

Com o intuito de não existir falhas de material durante a produção, definiu-se um espaço junto às tremonhas para colocação de 2 *big bags* (ver Figura 24). O objetivo passa por ter esse local sempre cheio e eliminar o tempo extra de transporte ou uma eventual paragem.



Figura 24 - Fila de Espera de *big bags*

- **Colocação de paletes**

Todos os *big bags* são colocados em cima de paletes para facilitar o transporte através de empilhadores. Após serem colocados nas tremonhas, as paletes ficam no chão até que, no fim de cada turno, são transportadas para o local indicado. Por este motivo, o espaço para armazenagem na linha situa-se na lateral da zona das tremonhas, como demonstrado na Figura 25. Assim, a deslocação por parte dos operadores é reduzida. Foi ainda feita a diferenciação entre paletes aproveitáveis e danificadas.



Figura 25 - Colocação de Paletes

- **Colocação de *big bags***

À semelhança das paletes, depois de utilizados, os *big bags* têm de ser armazenados na linha até serem transportados para o local adequado. Assim, junto ao espaço das tremonhas, criou-se o espaço apresentado na Figura 26, com capacidade para colocar dois cestos onde são armazenados os *big bags*. Foi feita a distinção entre sacos de granulados de cortiça e produtos do setor da borracha/economia circular por serem diferentes.



Figura 26 - Colocação de Big bags

- **Armazenamento do produto final (cilindros)**

Após a desmoldagem, os cilindros necessitam, em média, de 3 dias de repouso para estabilizarem totalmente. Como tal, surgiu a necessidade da criação de um local capaz de albergar o equivalente a 3 dias de produção, distribuídos por 2 turnos com aproximadamente 6 horas de tempo produtivo cada (OEE=75%). O valor necessário é de 216 cilindros. No entanto, os cilindros podem ser empilhados com um máximo de 3 por coluna. Assim, são necessários 72 lugares. Sabendo que uma palete tem 1,2m x 1,2m, obtém-se uma área de 104 m². Apesar de não haver previsão para a passagem a 3 turnos, esse fator foi tido em conta e, portanto, o total é de 156 m². Por fim, colocando uma margem de 10%, obtém-se o valor final de aproximadamente 172m².



Figura 27 - Armazenamento do Produto Final

A área definida foi então de 21m x 9m e está exposta na Figura 27. Esta escolha permite situar esta zona próxima do local de saída dos cilindros da linha e também reduzir a deslocação dos colaboradores de logística com a função de transportar o produto para o armazém final. O máximo de filas possível de utilizar é 17 com 7 lugares de profundidade. Os operadores foram ainda instruídos para separar as referências para facilitar a identificação e transporte. Por fim, alocou-se um canto da zona para cilindros com defeito para reaproveitamento.

- **Armazenamento de Amostras**

Por questões de qualidade, no início de cada turno, o primeiro cilindro a ser desmoldado é retirado para ser analisado com mais detalhe. Para facilitar a sua identificação, criou-se uma zona de amostras com 4 espaços (ver Figura 28) que permite a colocação de 12 cilindros (colunas de 3). Este espaço está situado em frente à saída do armazém para ser mais facilmente distinguido.



Figura 28 - Armazenamento de Amostras

- **Armazenamento de *big bags* de Compósitos para Departamento de Cortiça**

No espaço circundante foi ainda criada uma área para colocação de *big bags* provenientes da linha de trituração de materiais compósitos (ver Figura 29), localizada no mesmo edifício da linha de aglomeração. Este armazém será utilizado pelo Departamento de transformação de cortiça que utiliza estes materiais na produção de alguns dos seus produtos. Este supermercado está localizado perto da saída do edifício para reduzir a distância, e consequente tempo de transporte, até ao destino final.



Figura 29 - Supermercado de Compósitos para Departamento Cortiça

- **Sala de Controlo**

A sala de controlo foi arrumada, todos os objetos obsoletos retirados e os necessários armazenados num armário. Foi ainda acrescentado um quadro informativo temporário, exibido na Figura 30, que aduz informações desde contactos/comunicados internos a estatísticas sobre a linha – cadência, número de cilindros e horas produtivas. Esta ferramenta é utilizada como motivação para os operadores, através da visualização da evolução positiva da linha. Futuramente, quando a linha estiver sob o encargo da Unidade Industrial, será acrescentado um quadro utilizado em todas as linhas da fábrica com uma estrutura específica.



Figura 30 - Quadro Informativo

- **Colocação de Pregos**

Na Figura 31 estão representadas as caixas adquiridas para colocação dos pregos – uma localizada na moldagem e outra na desmoldagem. Estas caixas têm a particularidade de serem amovíveis e assim, quando a caixa da moldagem se encontrar vazia, as caixas são trocadas ao invés de transportar os pregos de uma para a outra. As caixas foram estrategicamente colocadas para minimizar a possibilidade de ferimento e estar o mais próximo possível do local da operação para assim minimizar as deslocações.



Figura 31 - Caixa para colocação de pregos

- **Kits de limpeza**

Dada a frequência com que é necessário limpar o espaço, nomeadamente a zona de moldagem e desmoldagem, foram colocados suportes (ver Figura 32) em ambos os locais com uma vassoura e apanhador para minimizar as deslocações e manter a organização.



Figura 32 - Kit de Limpeza (apanhador em falta)

- **Suporte de comandos**

Os comandos dos diferenciais das tremonhas, que previamente estavam presos por abraçadeiras à viga, foram colocados em suportes para que estivessem acessíveis ao operador e protegidos de eventuais danos (ver Figura 33).

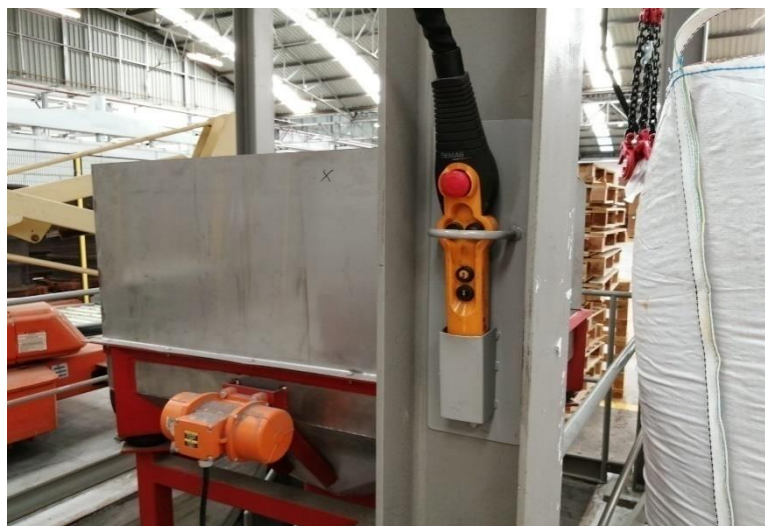


Figura 33 - Suporte de comandos

3.5 Análise de Resultados

Neste subcapítulo, mais concretamente na Tabela 14, são analisados, de uma forma sintetizada, os ganhos qualitativos e quantitativos das melhorias implementadas na linha de aglomeração - o objeto de estudo do projeto.

Tabela 14 - Avaliação das Propostas de Melhoria

Proposta de Melhoria	Ganhos Qualitativos/Quantitativos
Criação de <i>Checklist</i> e Plano de Manutenção Autónoma	Aumento da vida útil dos equipamentos e redução das avarias através da utilização de manutenção preventiva. Garantir que a totalidade das tarefas são realizadas.
Criação de Método de Trabalho	Assegurar a coerência entre turnos e a eficiência do processo.
Acompanhamento e Análise da Produção	Possibilitar a avaliação do estado e evolução da linha através de indicadores e os problemas encontrados. Esta medida permitiu concluir em que pontos incidir para aumentar a produção e realizar comparações com os objetivos definidos.
Redução dos Principais Tempos de Processo	Redução de 98% no tempo de carregamento de cola – tempo inicial de 70 minutos e final de 1 minuto e 40 segundos. Através da redução na duração da etapa <i>bottleneck</i> , aumento da cadência em 1,2 cilindros/hora.

Avaliação e Resolução de Falhas Mecânicas/Eletrónicas	Exposição da evolução das falhas existentes de forma a definir prioridades para correção. Correção das falhas com prioridade sobre aquelas cujo impacto é mais negativo. A ferramenta que contém os equipamentos da linha facilita a identificação e o processo de substituição do componente.
Restrição de Acessos e Formação	Inexistência de <i>inputs</i> no sistema operativo com consequências negativas no equipamento ou produção. Aumento do conhecimento da máquina e da cadência produtiva.
Avaliação e Correção de Falhas de Conceção	Redução de 100% nos encravamentos de material na tubagem entre os silos e balanças. Redução de desperdício na colocação da mistura no molde.
Limpeza e Organização do Espaço	Espaço organizado, redução de deslocações e duração das mesmas – no caso do <i>big bags</i> de granulado de cortiça, o tempo de transporte inicial de 8 minutos foi reduzido para 30 segundos (94%).

4. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

4.1 Contributos do trabalho

4.2 Dificuldades Encontradas

4.3 Trabalhos Futuros

4 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Esta dissertação, desenvolvida no âmbito do Mestrado em Engenharia Mecânica no Ramo de Gestão Industrial, teve como objeto de estudo uma linha de aglomeração pertencente a uma corticeira. Nos próximos subcapítulos são apresentadas as principais conclusões retiradas ao longo do projeto.

4.1 Contributos do trabalho

Após a realização deste estágio, as melhorias na linha são notórias. Existe, agora, um método associado a todo o processo, foram realizadas análises para compreender a evolução da linha, os problemas corrigidos e todo o espaço de trabalho organizado. De forma sucinta, os principais objetivos/contributos do trabalho foram:

- Acompanhamento da produção;
- Definição de tempos-meta para as várias etapas do processo;
- Identificação de fatores críticos;
- Análise da produção real à prevista;
- Elaboração de rotinas de limpeza e manutenção;
- Elaboração de *One Point Lessons* (OPL's);
- Proposta e implementação de medidas corretivas/ melhoria da linha de produção;

Na Tabela 15 está descrito o estado de implementação dos tópicos referidos anteriormente.

Tabela 15 - Cumprimento dos objetivos propostos

Objetivo	Estado de Implementação
1. Acompanhamento da produção	Acompanhamento da produção ao longo das várias fases do projeto, incluindo todos os turnos.
2. Definição de tempos-meta para as várias etapas do processo	Os tempos foram definidos e assim, cadências objetivo foram determinadas. No entanto, incidiu-se nas principais etapas, não existindo abrangência total.

3. Identificação de fatores críticos	O <i>bottleneck</i> da linha foi identificado e etapas com duração excessiva corrigidas.
4. Análise da produção real à prevista	A comparação foi realizada e tomaram-se medidas para aproximar ou ultrapassar a produção real relativamente à prevista.
5. Elaboração de rotinas de limpeza e manutenção	O Plano de Manutenção Autónoma foi criado de forma a definir quais as ações e a sua periodicidade.
6. Elaboração de <i>One Point Lessons</i> (OPL's)	Tendo em conta a fase precoce em que se encontra a linha, sujeita a alterações no processo, não se elaboraram OPL's.
7. Proposta e implementação de medidas corretivas/ melhoria da linha de produção	Para além do levantamento das falhas ocorridas, tomaram-se inúmeras medidas corretivas e de melhoria em relação ao equipamento. No entanto, existem ainda falhas e possibilidade de melhoria. O espaço foi ainda organizado.

4.2 Dificuldades Encontradas

Ao longo do estágio foram encontradas algumas dificuldades, duas em específico. A primeira prende-se com o atraso na implementação da linha. O primeiro cilindro foi produzido em dezembro de 2019, o que encurtou o tempo de análise e o tempo de implementação de medidas. O atraso por parte de alguns fornecedores e entidades externas, acabou por prolongar certas implementações. Destaca-se também a Pandemia Covid-19, que interrompeu o estágio em ambiente industrial. Sendo este projeto muito ligado ao chão de fábrica, surgiram dificuldades que acabaram por ser ultrapassadas. O confinamento e limitação na atividade económica resultaram ainda em atrasos nos trabalhos.

4.3 Trabalhos Futuros

Como referido, a implementação da linha sofreu um atraso, o que teve um impacto negativo no cumprimento de todos os objetivos propostos para esta dissertação. A linha é também um projeto muito recente e de grandes dimensões, o que cria imensas oportunidades de melhoria na mesma. Posto isto, existem inúmeras oportunidades de trabalho futuro, como por exemplo:

- Elaboração de *OPL's* para as principais etapas após estarem totalmente definidas;
- Avaliação SMED para redução dos tempos de *setup*. Já foi realizado um levantamento das ferramentas necessárias por piso. Após serem adquiridas serão colocadas em quadros. Foram ainda instalados comandos locais em certos equipamentos para não ser necessário a permanência de um operador na sala de controlo;
- Pintura profissional do piso e marcações;
- Integração total dos dois lados da linha e definição da distribuição das etapas para garantir a máxima eficiência;
- Avaliar a colocação de silos de grandes dimensões para abastecimento direto da linha – com o aumento da cadência, a alimentação por *big bag* não será viável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad, M. O., Markkula, J., & Oivo, M. (2013). Kanban in software development: A systematic literature review. *Proceedings - 39th Euromicro Conference Series on Software Engineering and Advanced Applications, SEAA 2013*, 9–16. <https://doi.org/10.1109/SEAA.2013.28>
- Antoniolli, I., Guariente, P., Pereira, T., Ferreira, L. P., & Silva, F. J. G. (2017). Standardization and optimization of an automotive components production line. *Procedia Manufacturing*, 13, 1120–1127. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.173>
- Azevedo, J., Sá, J. C., Ferreira, L. P., Santos, G., Cruz, F. M., Jimenez, G., & Silva, F. J. G. (2020). Improvement of Production Line in the Automotive Industry Through Lean Philosophy. *Procedia Manufacturing*, 40, 1023–1030. www.sciencedirect.com
- Bagi, J. S., & Pasale, R. A. (2013). 5S Strategy: A workplace improvement lean tool. *Journal of Engineering and Technology Research*, 1(1), 100–107. www.scientiaresearchlibrary.com
- 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. *Procedia Manufacturing*, 13, 1112–1119. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.172>
- Choomlucksana, J., Ongsaranakorn, M., & Suksabai, P. (2015). Improving the Productivity of Sheet Metal Stamping Subassembly Area Using the Application of Lean Manufacturing Principles. *Procedia Manufacturing*, 2, 102–107. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.090>
- Costa, C., Pinto Ferreira, L., C. Sa, J., & Silva, F. J. G. (2018). Implementation of 5S Methodology in a Metalworking Company. *DAAM International Scientific Book*, 17, 001–012. <https://doi.org/10.2507/daaam.scibook.2018.01>
- De Ron, A. J., & Rooda, J. E. (2006). OEE and equipment effectiveness: An evaluation. *International Journal of Production Research*, 44(23), 4987–5003. <https://doi.org/10.1080/00207540600573402>
- Filip, F. C., & Marascu-Klein, V. (2015). The 5S lean method as a tool of industrial management performances. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 95(1), 1–6. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/95/1/012127>

- Folinas, D. K., Fotiadis, T. A., & Coudounaris, D. N. (2017). Just-in-time theory: The panacea to the business success? *International Journal of Value Chain Management*, 8(2), 171–190. <https://doi.org/10.1504/IJVCM.2017.085485>
- Garre, P., Nikhil Bharadwaj, V. V. S., Shiva Shashank, P., Harish, M., & Sai Dheeraj, M. (2017). Applying lean in aerospace manufacturing. *Materials Today: Proceedings*, 4(8), 8439–8446. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.07.189>
- Jiménez, M., Romero, L., Domínguez, M., & Espinosa, M. del M. (2015). 5S methodology implementation in the laboratories of an industrial engineering university school. *Safety Science*, 78, 163–172. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.04.022>
- Knapic, S., Oliveira, V., Machado, J. S., & Pereira, H. (2016). Cork as a building material: a review. *European Journal of Wood and Wood Products*, 74(6), 775–791. <https://doi.org/10.1007/s00107-016-1076-4>
- Knechtges, P., & Decker, M. C. (2014). Application of kaizen methodology to foster departmental engagement in quality improvement. *Journal of the American College of Radiology*, 11(12), 1126–1130. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2014.08.027>
- Lage Junior, M., & Godinho Filho, M. (2010). Variations of the kanban system: Literature review and classification. *International Journal of Production Economics*, 125(1), 13–21. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.01.009>
- Lu, J. C., & Yang, T. (2015). Implementing lean standard work to solve a low work-in-process buffer problem in a highly automated manufacturing environment. *International Journal of Production Research*, 53(8), 2285–2305. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.937009>
- Maarof, M. G., & Mahmud, F. (2016). A Review of Contributing Factors and Challenges in Implementing Kaizen in Small and Medium Enterprises. *Procedia Economics and Finance*, 35, 522–531. [https://doi.org/10.1016/s2212-5671\(16\)00065-4](https://doi.org/10.1016/s2212-5671(16)00065-4)
- Melton, T. (2005). The benefits of lean manufacturing: What lean thinking has to offer the process industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6 A), 662–673. <https://doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Moreira, A., Silva, F. J. G., Correia, A. I., Pereira, T., Ferreira, L. P., & De Almeida, F. (2018). Cost reduction and quality improvements in the printing industry. *Procedia Manufacturing*, 17, 623–630. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.107>
- Neves, P., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Pereira, T., Gouveia, A., & Pimentel, C. (2018). Implementing Lean Tools in the Manufacturing Process of Trimmings Products. *Procedia Manufacturing*, 17, 696–704. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.119>

- Patel, C., & Deshpande, V. (2017). A Review on Improvement in Overall Equipment Effectiveness. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*, 4, 642–650. www.ijraset.com
- Pereira, A., Abreu, M. F., Silva, D., Alves, A. C., Oliveira, J. A., Lopes, I., & Figueiredo, M. C. (2016). Reconfigurable Standardized Work in a Lean Company - A Case Study. *Procedia CIRP*, 52, 239–244. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.019>
- Phogat, S. (2013). Introduction to JIT: A Review. *International Journal of Latest Research in Science and Technology*, 2(6), 97–101. <http://www.mnkjournals.com/ijlrst.htm>
- Powell, D. J. (2018). Kanban for Lean Production in High Mix, Low Volume Environments. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 140–143. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.248>
- Purba, H., Wijayanto, E., & Aristiara, N. (2018). Analysis of Overall Equipment Effectiveness (OEE) with Total Productive Maintenance Method on Jig Cutting: A Case Study in Manufacturing Industry. *Journal of Scientific and Engineering Research*, 5, 397. www.cetpm.de
- Rahman, N. A. A., Sharif, S. M., & Esa, M. M. (2013). Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation. *Procedia Economics and Finance*, 7, 174–180. [https://doi.org/10.1016/s2212-5671\(13\)00232-3](https://doi.org/10.1016/s2212-5671(13)00232-3)
- Rahul, M. R., Joshi, & Naik, G. R. (2012). Application of SMED Methodology-A Case Study in Small Scale Industry. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 2(8), 1–4. www.ijsrp.org
- Riad Bin Ashraf, S., Rashid Mahi, M., Riad Bin Ashraf, S., Mynur Rashid, M., & M Harunur Rashid, A. R. (2017). Implementation of 5S Methodology in a Food & Beverage Industry: A Case Study. *International Journal of Engineering and Technology*, 4(3), 1791–1796. www.irjet.net
- Rosa, C., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., & Campilho, R. (2017). SMED methodology: The reduction of setup times for Steel Wire-Rope assembly lines in the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 13, 1034–1042. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.110>
- Rosa, Conceição, Silva, F. J. G., & Ferreira, L. P. (2017). Improving the Quality and Productivity of Steel Wire-rope Assembly Lines for the Automotive Industry. *Procedia Manufacturing*, 11, 1035–1042. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.214>
- Rosa, Conceição, Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Pereira, T., & Gouveia, R. (2018). Establishing Standard Methodologies to Improve the Production Rate of Assembly Lines Used for Low Added-Value Products. *Procedia Manufacturing*, 17, 555–562. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.096>

- Santos, R. F. L., Silva, F. J. G., Gouveia, R. M., Campilho, R. D. S. G., Pereira, M. T., & Ferreira, L. P. (2018). The Improvement of an APEX Machine involved in the Tire Manufacturing Process. *Procedia Manufacturing*, 17, 571–578. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.098>
- Simões, A., & Tenera, A. (2010). Improving setup time in a press line - Application of the SMED methodology. *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)*, 43(17), 297–302. <https://doi.org/10.3182/20100908-3-PT-3007.00065>
- Singh, A., & Ahuja, I. S. (2015). Review of 5S methodology and its contributions towards manufacturing performance. *International Journal of Process Management and Benchmarking*, 5(4), 408–424. <https://doi.org/10.1504/IJPMB.2015.072320>
- Singh, G., & Ahuja, I. S. (2012). Just-in-time manufacturing: literature review and directions. *International Journal of Business Continuity and Risk Management*, 3(1), 57. <https://doi.org/10.1504/ijbcm.2012.045519>
- Solanki, M. I., & Desai, D. A. (2017). Literature Review on Six Sigma Quality Improvement Methodology. In *4th International Conference on Industrial Engineering(ICIE-2017),SVNIT*. <https://www.researchgate.net/publication/322909108>
- Sousa, E., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Pereira, M. T., Gouveia, R., & Silva, R. P. (2018). Applying SMED methodology in cork stoppers production. *Procedia Manufacturing*, 17, 611–622. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.103>
- Sundar, R., Balaji, A. N., & Satheesh Kumar, R. M. (2014). A review on lean manufacturing implementation techniques. *Procedia Engineering*, 97, 1875–1885. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.341>
- Sutari, O. (2015). Process Improvement using Lean Principles on the Manufacturing of Wind Turbine Components - a Case Study. *Materials Today: Proceedings*, 2(4–5), 3429–3437. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2015.07.318>
- Taticchi, P., & Cagnazzo, L. (2009). Six sigma: a literature review analysis. *Proceedings of the International Conference on E-Activities and Information Security and Privacy*, 29–34. <https://www.researchgate.net/publication/262354890>
- Vieira, T., Sá, J. C., Lopes, M. P., Santos, G., Félix, M. J., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., & Pereira, M. T. (2019). Optimization of the cold profiling process through SMED. *Procedia Manufacturing*, 38, 892–899. www.sciencedirect.com
- Yermia Tobe, A., Widhiyanuriyawan, D., & Yuliati, L. (2017). The Integration of Overall Equipment Effectiveness (OEE) Method and Lean Manufacturing Concept to Improve Production. *Journal of Engineering and Management Industrial System*, 5(2), 102–108. <https://doi.org/10.21776>

APÊNDICES

Apêndice I - Fluxograma do Processo

Apêndice II - Rota de Manutenção A

Apêndice III - Registo da Rota de Manutenção A – Semana 1 a 12

Apêndice IV - Checklist Setup de Linha

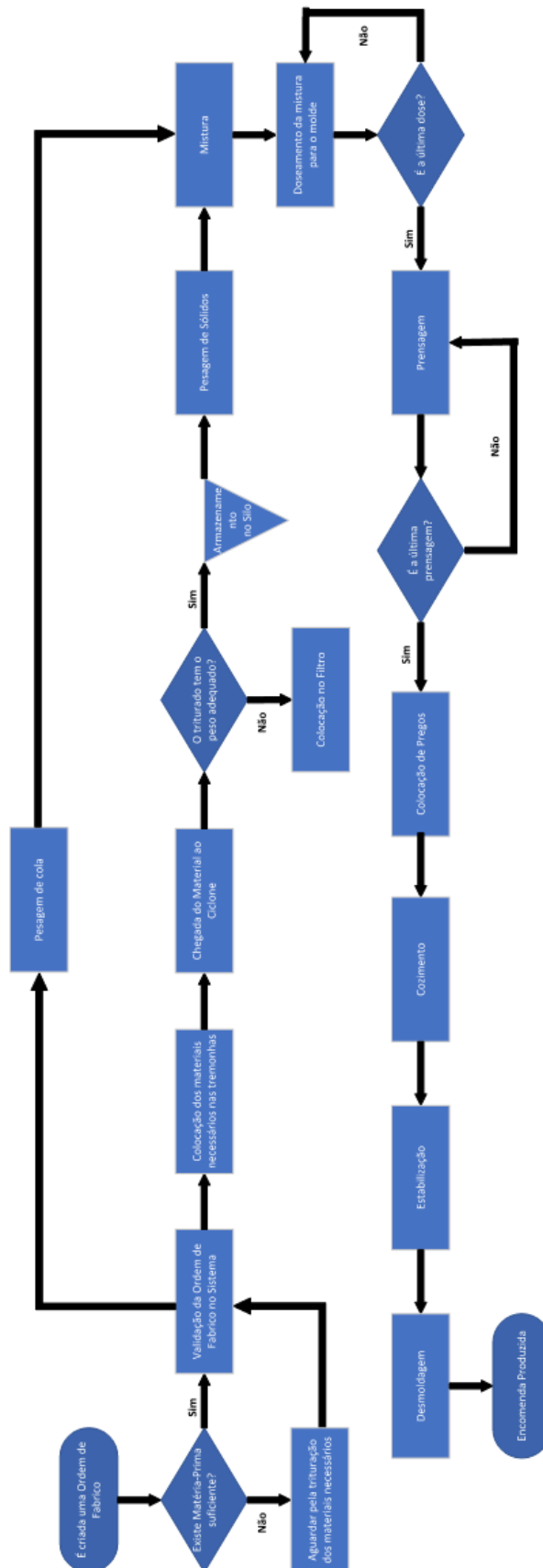
Apêndice V - Método de Trabalho dos Operadores

Apêndice VI - Análise das Dimensões Críticas dos Moldes

Apêndice VII - Exemplos do Levantamento de Equipamentos

Apêndice VIII - Layout das Instalações

APÊNDICE I - FLUXOGRAMA DO PROCESSO



APÊNDICE II – ROTA DE MANUTENÇÃO A

CRM - Aglomeração EC		PLANO DE MANUTENÇÃO AUTÓNOMA									
Linha:											
Nº	PISO	Equipamento	Tipo de intervenção	Órgão	Ferramentas	Instrução	Frequência	Quando Fazer?	Tempo execução (min)		
1	5	Eclusa			-	Verificação de ruídos anormais.	Mensal	Durante a última limpeza do mês.	5		
				Corrente	Spray ROCOL	Lubrificar com óleo.	Mensal	Durante a última limpeza do mês.	5		
				Sensor	-	Verificação do estado.	Mensal	Durante a última limpeza do mês.	2		
				Chumaceira	Bomba de massa	Lubrificar com massa.	Mensal	Durante a última limpeza do mês.	5		
		Central Ar Comprimido		Raseira		Cilindros Pneumáticos	-	Verificação de fugas.	Mensal	Durante a última limpeza do mês.	5
					Copo de Óleo	-	Verificação nível do óleo.	Mensal	Durante a última limpeza do mês.	2	
					Copo de Água	-	Purgar a água do sistema	Mensal	Durante a última limpeza do mês.	2	

Legenda das cores (Frequência):

POR TURNO	SEMANAL	MENSAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL

Legenda dos Símbolos:

Inspeção	Lubrificação	Limpeza	Intervenção

APÊNDICE III - REGISTO DA ROTA DE MANUTENÇÃO A – SEMANA 1 A 12

REGISTO DE MANUTENÇÃO AUTÓNOMA		SEMANAS				Equipamento Código	Aglomeração EC	UI Ano	2020
		1	2	3	4				
Rota	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Mensal								T1	
Resp.									
Rota	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Mensal								T2	
Resp.									
Rota	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Mensal								T1	
Resp.									

APÊNDICE IV - CHECKLIST SETUP DE LINHA

Setup Linha

Fim de turno	Semanal	Mudança de referência	Trimestral
	Piso 2	Piso 4	Piso 5
Abastecimento	Limpeza do Misturador	Limpeza dos silos e sem fins	Limpeza Chão
Linhas de Entrada na Prensa	Limpeza do Chão	Limpeza do chão	
Desmoldagem			
Tremonhas			
	Piso 1	Piso 3	Piso 0
Limpeza	Limpeza do Tapete	Limpeza das balanças	Limpar Zona da Estufa
Aspirar desmoldagem	Limpeza da Balança e raseira	Limpeza do chão	Limpar Zona Transbordadores
Sobrenúcleo	Limpeza do chão		Limpar Cave
	Piso 0	Piso 2	Limpar Zona da Cola
	Limpeza do sobrenúcleo	Limpeza do Misturador	Outros
	Limpeza da prensa	Limpeza do Chão	Limpar escadaria
	Limpeza das tremonhas	Piso 1	
	Limpeza da desmoldagem	Limpeza da Tolva de descarga	
	Limpeza do chão	Limpeza do tapete	
	Limpeza do chão	Limpeza da balança e raseira	
		Piso 0	
		Limpeza da saída de descarga	
		Limpeza do sobrenúcleo	
		Limpeza da prensa	
		Limpeza das tremonhas	
		Limpeza da desmoldagem	
		Limpeza do chão	

APÊNDICE V - MÉTODO DE TRABALHO DOS OPERADORES

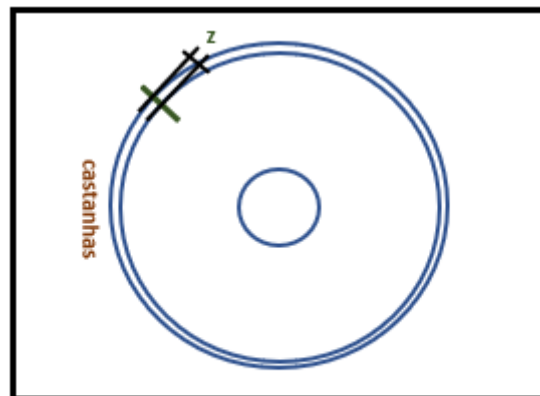
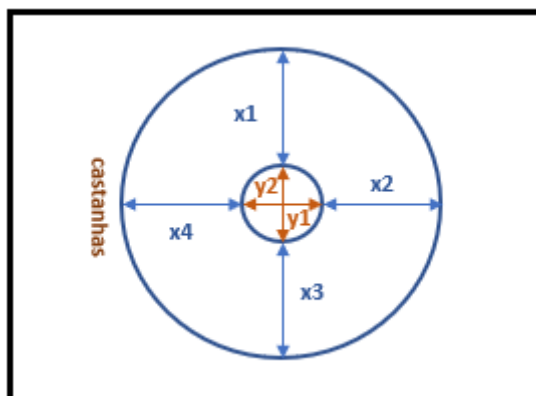
TAREFAS OPERADORES

Operador 1 (Moldagem)	Operador 2 (Desmoldagem)
Retirar as emergências e validar condição da linha para arranque	Ligar a estufa e contactar a caldeira para ativar bomba de termo-fluido
Validar sistema de cola (retirar DOTP, abastecer IBC de cola)	Abastecer as tremonhas com os materiais (1 BB na tremonha + 2 BB em espera)
Arranque de linha (sala de comando)	Iniciar desmoldagem (remoção pregos, limpeza e identificação)
Início de produção (controlo de condições de produção no Quadro 2)	Verificação do abastecimento das tremonhas.
Controlo de material a colocar nos últimos cilindros (feedback ao Operador 2)	Controlo de material a colocar nos últimos cilindros (feedback do Operador 1)
Após terminar último cilindro, verificar existência de material na tolva/tapete	Desmoldar até ficar com a linha cheia de moldes vazios
Validar sistema de cola (colocar DOTP no circuito)	Limpeza da área de desmoldagem
Limpeza das tremonhas/silos/sem fins	Limpeza das tremonhas/silos/semfins
Limpeza balanças	Limpeza balanças
Limpeza misturadores e tolva	Limpeza misturadores e tolva
Limpeza tapetes e balanças descarga	Limpeza tapetes e balanças descarga
Limpeza prensa, garras do sobrenucleo e slide	Limpeza prensa, garras do sobrenucleo e slide
Limpeza geral da área piso 0	Limpeza geral da área piso 0

APÊNDICE VI - ANÁLISE DAS DIMENSÕES CRÍTICAS DOS MOLDES

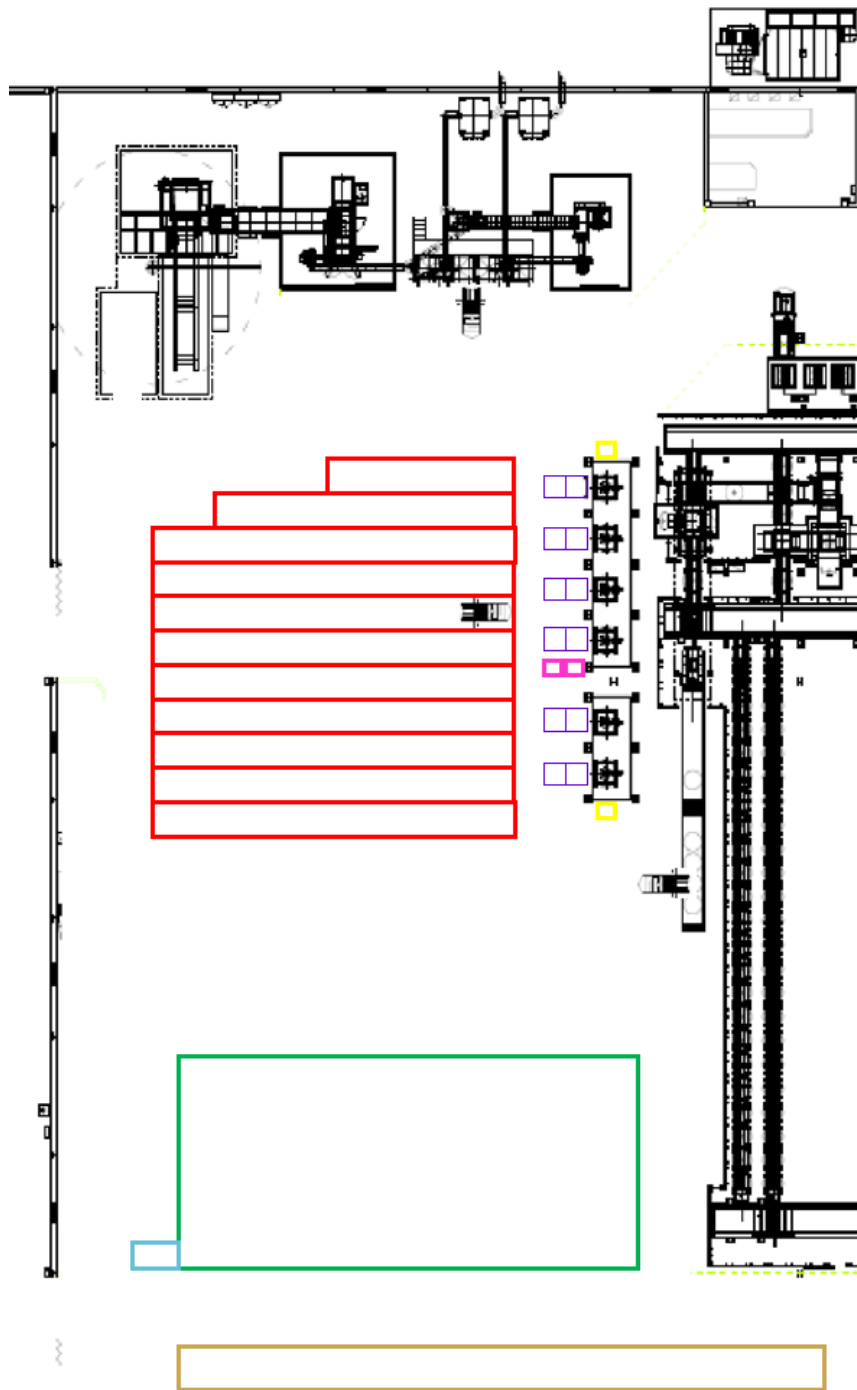
Molde	Medidas (mm)							
	X1	X2	X3	X4	Y1	Y2	Z	E
700	377	372	379	377	192	193	62	9,5
701	375	379	380	378	190	190	60	11
702	375	381	380	376	190	190	59	10,5
703	383	381	375	379	190	190	65	9
704	378	380	380	378	190	190	62	9,5
705	375	377	383	380	190	190	60	9,5
706	380	375	380	379	192	192	62	6,5
707	374	378	380	378	193	193	61	8,5
708	380	378	378	380	190	190	64	8,5
709	376	378	374	369	192	192	60	10
710	378	377	380	380	190	190	61	8

Análise				Estado		Observações dos Operadores
Amplitude X	Diâmetro 1	Diâmetro 2	Diâmetro mínimo	Na Linha	Fora da Linha	
7	948	942	942		X	- Castanhas justas;
5	945	947	945	X		
6	945	947	945	X		
8	948	950	948		X	- Molde descentrado com a prensa (núcleo);
2	948	948	948	X		
8	948	947	947	X		
5	952	946	946	X		
6	947	949	947		X	
2	948	948	948	X		
9	942	939	939		X	
3	948	947	947	X		



E - Espessura da gola

APÊNDICE VIII - LAYOUT DAS INSTALAÇÕES



- Supermercado BB's
- Paletes
- BB's em espera
- Supermercado BB's para CNM
- Cilindros EC
- Amostras Cilindros EC
- Arrumação de BB's