



Universidade de Aveiro

Ano 2021

**Luís Pedro Fernandes
Carvalho**

**APLICAÇÃO DE TÉCNICAS LEAN E TPM NO
AUMENTO DO OEE DE UMA LINHA DE
AGLOMERAÇÃO DE BLOCOS DE CORTIÇA**



**Luís Pedro Fernandes
Carvalho**

**APLICAÇÃO DE TÉCNICAS LEAN E TPM NO
AUMENTO DO OEE DE UMA LINHA DE
AGLOMERAÇÃO DE BLOCOS DE CORTIÇA**

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

Dedico este trabalho a toda a minha família, em especial aos meus pais, por todo o apoio e suporte prestado ao longo de todo o meu percurso académico.

o júri

presidente

Prof. Doutor José António de Vasconcelos Ferreira
professor associado da Universidade de Aveiro

Prof. Doutora Marlene Ferreira de Brito
Professora adjunta convidada do ISEP/IPP

Prof. Doutora Ana Luísa Ferreira Andrade Ramos
Professora auxiliar da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Aos meus pais e família pelo esforço que fizeram ao longo destes cinco anos.

À minha namorada, pelo apoio desmedido, o meu muito obrigado.

Aos meus amigos que me ajudaram sempre nos dias menos positivos.

À empresa onde realizei o projeto, por me ter dado a oportunidade de desenvolver este projeto, e por ter acreditado no meu potencial. Um agradecimento especial ao Eng.º Nuno Martins por me ter proporcionado uma boa integração na empresa, pelos ensinamentos, tutoria e apoio constante. A todos os colaboradores da empresa que contribuíram direta ou indiretamente para o sucesso do projeto.

A todos os envolvidos neste percurso, professores e colegas.

Agradeço ainda à minha orientadora, Professora Ana Luísa Ramos, pela disponibilidade, simpatia e orientação prestada em prol da realização do projeto.

palavras-chave

PDCA, Manutenção Produtiva Total, Eficiência Global do Equipamento, Lean Manufacturing, 5S's, SMED, Indicadores de produtividade.

resumo

O trabalho apresentado neste relatório foi desenvolvido numa empresa da indústria corticeira, e descreve uma abordagem a um centro de trabalho de aglomeração de blocos de cortiça, com a finalidade de aumentar a sua produtividade através da metodologia TPM apoiada por ferramentas Lean. Para tal, foi realizada uma primeira análise à situação da linha, onde foram descritos os principais problemas identificados. Numa primeira fase, foi implementado e calculado o indicador OEE, assim como os seus fatores, com o intuito de monitorizar a linha, na qual se concluiu o fator mais crítico era a disponibilidade. Com a aplicação do diagrama de Pareto identificaram-se as causas mais significativas para o tempo improdutivo, e através do diagrama de causa-e-efeito identificaram-se todas as causas que afetavam negativamente o OEE da linha. Em resposta aos problemas encontrados foi desenvolvido um plano de ações que envolveu: implementação de um PMA; Aplicação das metodologias 5S, nos locais de armazenamento de ferramentas, e SMED, com o intuito de reduzir os tempos de setup; instalação de sistemas Andon para impedir a ocorrência de paragens por falta de atenção dos operadores; melhorias mecânicas com vista a reduzir o tempo de limpeza no final de cada turno; e outras melhorias adicionais com o intuito de reduzir o número e a duração dos tempos improdutivos. Os resultados destas ações foram positivos uma vez que a linha ficou mais organizada, os operadores começaram a perceber que são fundamentais para o sucesso da linha de produção, e os valores do OEE e de unidades produzidas revelaram uma tendência positiva.

keywords

PDCA, Total Productive Maintenance, Overall Equipment Effectiveness, Lean Manufacturing, 5S's, SMED, Dashboards.

abstract

This report was developed in a company engaged in the cork industry, and describes an approach to a cork block agglomeration workstation, with the purpose of increasing its productivity through TPM methodology supported by Lean tools. To this end, a first analysis of the situation of the production line was performed, describing the main problems identified. In a first instance, the OEE indicator was implemented and calculated, as well as its factors, in order to monitor the line, in which the most critical factor was the availability. With the application of the Pareto diagram the most significant causes for the unproductive time were identified, and through the cause-and-effect diagram all the causes that negatively affected the OEE were identified. In response to the problems encountered, an action plan was developed that involved: the implementation of an AMP; the application of the methodologies 5S, in the tool storage locations, and SMED, in order to reduce setup times; the installation of Andon systems to prevent the occurrence of downtime due to lack of attention of the operators; mechanical improvements to reduce the cleaning time at the end of each shift; and other additional improvements to reduce the number and duration of unproductive times. The results of these actions were positive as the line became more organized, operators began to realize that they are critical to the success of the production line, and the OEE and units produced values showed a positive trend.

Índice

1.	Introdução	1
1.1.	Motivação e Contextualização do trabalho.....	1
1.2.	Objetivos.....	2
1.3.	Metodologia	2
1.4.	A empresa.....	3
1.5.	A unidade industrial.....	5
1.6.	Estrutura do relatório	6
2.	Enquadramento teórico	7
2.1.	Melhoria Contínua.....	7
2.1.1.	PDCA.....	8
2.1.2.	Lean	10
2.1.2.1.	Origem e definição Lean.....	10
2.1.2.2.	Princípios Lean.....	10
2.1.2.3.	Os 7+1 Desperdícios	11
2.1.2.4.	Metodologias e Ferramentas Lean.....	12
2.1.3.	Ferramentas de Gestão da Qualidade – Análise da Causa Raiz.....	18
2.1.3.1.	Fluxograma	19
2.1.3.2.	Diagrama de Pareto.....	20
2.1.3.3.	Diagrama de Causa e Efeito.....	21
2.1.3.4.	Análise dos 5 Porquês.....	22
2.2.	Total Productive Maintenance	22
2.2.1.	Origem, definição e objetivos.....	22
2.2.2.	Os pilares do TPM.....	23
2.2.2.1.	Manutenção Autónoma	26
2.2.3.	OEE.....	28
2.2.3.1.	Definição.....	28
2.2.3.2.	Seis Grandes Perdas.....	29
2.2.3.3.	Cálculo do OEE - Componentes do OEE.....	30
2.3.	Visualização de dados e acompanhamento do desempenho	33
2.3.1.	KPI's	33
2.3.2.	Dashboard	34
3.	Análise e descrição do estado inicial.....	35
3.1.	Aglomerção de blocos de cortiça	35
3.1.1.	Linha 1	36
3.1.1.1.	Processo produtivo.....	36

3.1.1.2.	Equipamentos constituintes da linha de produção.....	37
3.1.1.3.	Circuito de movimentação de moldes.....	38
3.1.1.4.	Software da máquina.....	39
3.2.	Caracterização da situação encontrada – análise aos indicadores	39
3.2.1.	Análise do indicador OEE – situação inicial	39
3.3.	Análise de Pareto.....	40
3.3.1.	Caracterização dos motivos de paragem	41
3.3.2.	Análise ao Diagrama de Pareto	42
3.4.	Diagrama de Causa-e-Efeito – Identificação de problemas	43
3.4.1.	Método	44
3.4.2.	Medição	47
3.4.3.	Mão-de-obra.....	48
3.4.4.	Meio ambiente	51
3.4.5.	Máquina.....	55
3.4.6.	Material	56
4.	Melhorias	59
4.1.	Abordagem ao TPM.....	59
4.1.1.	Criação e implementação de um Plano de Manutenção Autónoma	59
4.1.2.	Criação e implementação de um Plano de Limpeza para Misturador e Moldes	63
4.2.	Implementação da metodologia 5S.....	63
4.2.1.	<i>Seiri</i> - Senso de Triagem.....	64
4.2.2.	<i>Seiton</i> – Senso de Organização.....	64
4.2.3.	<i>Seiso</i> – Senso de Limpeza	67
4.2.4.	<i>Seiketsu</i> – Senso de Normalização	67
4.2.5.	<i>Shitsuke</i> – Senso de Disciplina	68
4.3.	SMED	68
4.3.1.	Mudanças de referência.....	68
4.3.2.	Arranque de turno.....	72
4.3.3.	Limpeza de final de turno	73
4.4.	Aplicação de sinais luminosos - Andon.....	75
4.4.1.	Paletizador.....	75
4.4.2.	Misturador.....	76
4.5.	Melhorias aplicadas nos carros e moldes.....	77
4.6.	Melhorias aplicadas para diminuição na propagação do pó.....	78
4.6.1.	Aspiração de material remanescente no bloco.....	78
4.6.2.	Colocação de uma cortina atrás da prensa	79

4.6.3.	Colocação de esferovite entre as brechas da prensa	80
4.7.	Redução do tempo de entrada e saída dos moldes na estufa	80
4.8.	Criação de dashboards em Power Bi.....	81
4.8.1.	Fonte dos dados	81
4.8.2.	Cálculo de OEE	82
4.8.3.	<i>Dashboards</i> em Power Bi.....	83
4.8.4.	Criação de um site em SharePoint.....	84
5.	Análise dos resultados obtidos	86
5.1.	Resultados qualitativos.....	86
5.2.	Arranque de turno e Limpeza de final de turno	86
5.3.	Setup e Limpeza mensal do misturador	87
5.4.	Evolução do OEE	88
5.5.	Evolução na produtividade da linha	89
6.	Conclusões	90
6.1.	Considerações Finais	90
6.2.	Limitações.....	91
6.3.	Propostas de trabalho futuro	91
7.	Referências.....	93
8.	Anexos.....	100

Índice de Figuras

Figura 1 - Exemplos de aplicações da cortiça.....	4
Figura 2 - Organigrama da empresa	4
Figura 3 - Organigrama do departamento das Operações	5
Figura 4 - Alicerces que sustentam a melhoria contínua (Fonte: Imai, 1997).....	8
Figura 5 - Fases do Ciclo PDCA	9
Figura 6 - Os 5S na língua japonesa.....	12
Figura 8 - Representação do tempo de setup (Adaptado de Sebroza, 2008)	16
Figura 9 - Fases da Metodologia SMED e o seu impacto (Adaptado de (Lopes et al., 2006).....	17
Figura 10 - Motivações para a redução do tempo de setup (Adaptado de (Lopes et al., 2006).....	18
Figura 11 - Ferramentas Básicas da Qualidade.....	19
Figura 12 - Representação de um fluxograma (Fonte: Pereira & Requeijo, 2008).....	20
Figura 13 - Diagrama de Pareto (retirado de (Ries et al., 1997)	21
Figura 14 - Diagrama de Causa e Efeito (Fonte: Pereira & Requeijo, 2008).....	21
Figura 15 - Os Pilares do TPM	24
Figura 16 - Decomposição do tempo para o cálculo do OEE (Adaptado de (Miguel, 2006))	31
Figura 17 - Decomposição do Tempo Total para o cálculo da Disponibilidade (Adaptado de (Miguel, 2006))	31
Figura 18 - Decomposição do Tempo de Operação para o cálculo da Performance (Adaptado de (Miguel, 2006)).....	32
Figura 19 - Decomposição do Tempo de Funcionamento à velocidade padrão para o cálculo da Qualidade (Adaptado de (Miguel, 2006)).....	32
Figura 20 - Resumo de perdas e cálculo do OEE (adaptado de Bellgran & Safsten, 2009)	33
Figura 21 - Etapas do processo produtivo de aglomeração.....	37
Figura 22 - Esquema do processo produtivo e equipamentos constituintes.....	37
Figura 23 - Circuito de movimentação dos moldes	39
Figura 24 - OEE e os seus fatores no período entre julho e dezembro de 2020.....	40
Figura 25 - Diagrama de Pareto com os tempos improdutivos para cada motivo de paragem	42
Figura 26 - Diagrama Ishikawa com causas que afetam negativamente o valor de OEE	44
Figura 27 – Estado das tampas dos moldes (sem Teflon)	46
Figura 28 - Análise 5 Porquês (problema: demora na reparação de moldes e carros)	46
Figura 29 - Fotos da limpeza do misturador (processo não ergonómico).....	50
Figura 30 - Limpeza de misturador (utilização de raspador manual e martelo).....	50
Figura 31 - Limpeza de misturador (desmotivação e cansaço dos aperadores)	51
Figura 32 - Exemplos de acumulação de granulado pelo centro de trabalho	51
Figura 33 - Aberturas entra a prensa e as tampas dos moldes	52
Figura 34 – Exemplo de sujidade na parte superior do molde.....	53
Figura 35 - Fugas no misturador	53

Figura 36 - Armário das ferramentas (Sujidade e Desorganização)	54
Figura 37 - Caixa de ferramentas desorganizada	54
Figura 38 - Ferramenta 5 Porquês para encontrar causa da presença de fogo na estufas	55
Figura 39 - Curva da Banheira (Fonte: Bai et al., 2020)	56
Figura 40 - Legenda da simbologia do tipo de intervenção das tarefas	60
Figura 41 - Legenda da simbologia da periodicidade das tarefas	60
Figura 42 - Secção de tarefas "Início de Turno" da rota A.....	61
Figura 43 - Etiquetas colocadas nos equipamentos	61
Figura 44 - Exemplo da Checklist do PMA.....	62
Figura 45 – Mudança na localização do armário	65
Figura 46 - Situação antes e depois do armário	65
Figura 47 - Chapa de suporte para componentes de sistema de cola	66
Figura 48 - Copos de armazenamento de raspadores.....	67
Figura 49 - Cartão de aviso de limpeza das pás do misturador.....	71
Figura 50 – Raspador manual vs. Raspador pneumático	71
Figura 51 – Norma de limpeza de final de turno	74
Figura 52 - Alarme luminoso e sonoro do Paletizador	75
Figura 53 - Sinal luminoso (laranja) de “misturador parado”	76
Figura 54 - Pintura de carros.....	77
Figura 55 - Códigos do ERP dos moldes e carros para pedidos de intervenção	78
Figura 56 - Revestimento antiaderente Teflon na chapa do molde	78
Figura 57 - Aspirador para resíduos presentes na parte superior dos blocos	79
Figura 58 - Antes e depois da aplicação da cortina na parte traseira da prensa.....	79
Figura 59 - Situações Antes e Depois do preenchimento do espaço vazio entre a prensa e as chapas	80
Figura 60 - Situação Antes e Depois da inclusão de mais um batente na corrente da estufa	81
Figura 61 - Tabela de tempos e tipologias de paragem.....	82
Figura 62 - Tabela de Registo de produções	82
Figura 63 - Evolução OEE semanal/mensal (dashboards)	83
Figura 64 - Janela com dados adicionais na Evolução OEE	84
Figura 65 - Desempenho entre turnos (dashboards)	84
Figura 66 - Site de SharePoint	85
Figura 67 - Evolução semanal da média de paragem de arranque do turno 2.....	86
Figura 68 - Evolução semanal da média de tempo de execução da limpeza de final de turno.....	87
Figura 69 - Evolução mensal do OEE (desde julho 2020 até maio 2021)	88
Figura 70 - Evolução do valor médio do OEE	88
Figura 71 - Evolução do número de unidades produzidas por mês.....	89

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Simbologia do Fluxograma (adaptado de Rossheim, 1963).....	20
Tabela 2 - Tipos de perdas e exemplos de ocorrências que afetam o OEE (Adaptado de Silva, 2013).....	30
Tabela 3 - Principais equipamentos constituintes da linha de produção	38
Tabela 4 – Lista de tarefas a realizar no Paletizador	45
Tabela 5 - Tarefas (macro) da limpeza de final de turno	47
Tabela 6 - Comparação entre tempos de ciclo reais e teóricos (alguns exemplos)	48
Tabela 7 - Problemas e causas associadas (Situação Inicial).....	58
Tabela 8 - Duração das duas tarefas principais (antes e depois da aquisição do raspador pneumático)	72
Tabela 9 - Lista (reduzida) de tarefas a realizar na limpeza de final de turno	73
Tabela 10 - Problemas e soluções propostas	85
Tabela 11 - Ganhos qualitativos das melhorias implementadas.....	86

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
OEE	<i>Overall Equipment Efficiency</i>
PMA	Plano de Manutenção Autónoma
SMED	<i>Single Minute Exchange of Dies</i>
BI	<i>Business Intelligence</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>

1. Introdução

Ao longo deste capítulo será realizado o enquadramento do tema da dissertação e a motivação para a elaboração do projeto. De seguida, efetuar-se-á também uma descrição da empresa e dos objetivos esperados com a realização do projeto, assim como a metodologia a utilizar para a sua concretização. Por último, será apresentada a estrutura do documento.

O presente relatório de estágio foi desenvolvido no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial, da Universidade de Aveiro, e decorreu durante um período de sete meses numa empresa ligada ao ramo corticeiro.

1.1. Motivação e Contextualização do trabalho

O mundo globalizado em que vivemos, traz consigo um infindável número de vantagens e oportunidades, no entanto, também faz com que a competitividade da indústria aumente dramaticamente. Neste sentido, as empresas são obrigadas a abandonar estratégias tradicionais e incompatíveis com o mundo em que vivemos, pois, os clientes exigem mudanças, a tecnologia evolui e a competitividade aumenta (Suzaki, 2013). Para alcançarem o sucesso, o foco das empresas terá de residir na necessidade dos seus clientes, bem como na sua lealdade, pelo que os processos empresariais devem ser flexíveis para responder a uma grande diversidade de procura, portanto, é extremamente importante estas se concentrarem na melhoria contínua dos recursos de produção. Com isto, é exigido que os líderes das empresas supervisionem o desempenho de todas as funções empresariais, incluindo as secções de produção e manutenção, a fim de alcançarem vantagem competitiva (G. Pinto et al., 2020).

Neste contexto de melhoria contínua, em que se procede à otimização dos processos produtivos de modo a minimizar e/ou eliminar os tempos que não contribuem para adicionar valor acrescentado ao que é vendido ao cliente, destaca-se a metodologia *Lean*. Esta metodologia procura identificar e eliminar os desperdícios através da implementação de um conjunto de ferramentas e técnicas que, sem grandes custos, podem melhorar a eficiência operacional – como o *Standard Work*, 5S e SMED (Pampanelli et al., 2014).

Por outro lado, uma das abordagens mais utilizadas para melhorar o desempenho das atividades de manutenção é a implementação do *Total Productive Maintenance* (TPM) (Ahuja & Khamba, 2008). O TPM é um método que tem como objetivo maximizar a eficiência de um equipamento à medida que aumenta o tempo de vida útil do equipamento e a fiabilidade deste, através da redução de falhas e avarias (Agustiady & Cudney, 2018). Como complemento a esta ferramenta, também deverá ser dada importância à implementação de mudanças no processo, e à forte comunicação e compromisso entre todos os trabalhadores na transformação e implementação dos procedimentos (G. Pinto et al., 2020).

1.2. Objetivos

Aquando do início do projeto, o centro de trabalho, onde este se desenvolveu, era sujeito a muitas paragens, que se refletiam numa diminuição do tempo de produção e, posteriormente no valor do OEE, *Overall Equipment Effectiveness*. Deste modo, este projeto teve como principal objetivo melhorar a eficiência global dos equipamentos e, conseqüentemente, aumentar a sua produtividade, através da aplicação de práticas *Lean* e princípios TPM, incidindo em particular num dos seus pilares, a Manutenção Autónoma. Para alcançar este objetivo, outros têm de ser igualmente atingidos, tais como:

- Calcular e analisar os OEE, enquanto são detetadas ineficiências, bem como identificar as respetivas causas. Com a transição entre ERP's na empresa, deixou de haver um OEE oficial para as linhas, portanto um dos objetivos era também encontrar uma forma de criar um OEE que toda a gente pudesse analisar de forma detalhada.
- Atualizar os valores de OEE das linhas de aglomeração e criar *dashboards* com indicadores de produtividade de forma a que a gestão de topo possa acompanhar constantemente a eficiência global destas linhas;
- Utilizar ferramentas de gestão da qualidade, tais como fluxogramas e diagrama de Ishikawa;
- Incutir a filosofia **TPM** a todos os operadores do centro de trabalho, enfatizando a importância que os operadores dos equipamentos têm para o sucesso da manutenção nos mesmos, de forma a melhorar as competências técnicas de todos os intervenientes nas tarefas de manutenção dos equipamentos;
- Aplicação da ferramenta **5S** na organização dos locais de armazenamento das ferramentas;
- Criar **Standard Work**;
- Diminuição das **micro paragens** que contribuem para a diminuição da performance;

Em suma, com a realização deste projeto pretende-se atingir o objetivo específico de aumentar o valor médio de OEE em, pelo menos, 7% na linha de aglomeração em que se realiza o projeto;

1.3. Metodologia

A fim de serem competitivas, as empresas tentam melhorar continuamente os seus processos produtivos, a qualidade dos seus produtos e aumentar o nível de satisfação do cliente através da implementação de diferentes ferramentas de melhoria. Atualmente, existem diferentes metodologias mundialmente utilizadas com vista ao alcance destes objetivos, entre as quais o ciclo PDCA, que promove o processo cíclico de melhoria continua (Sahno & Shevtshenko, 2014). O ciclo PDCA é uma metodologia orientada para a prevenção da repetição de erros através da modificação contínua dos padrões atuais. A utilização desta ferramenta leva a uma melhoria contínua do processo/produto, caracterizando-se por ser clara e de fácil aplicação em qualquer contexto. O ciclo está dividido em quatro fases: Planear, Fazer, Verificar e Agir ("*Plan-Do-Check-Act*"), e representa

a descrição da forma como as mudanças devem ser concretizadas numa organização. Este não inclui apenas os passos do planeamento e implementação da mudança, mas também a verificação se as alterações produziram a melhoria desejada, agindo de forma a ajustar, corrigir ou efetuar uma melhoria adicional com base no passo de verificação (Tachizawa et al., 1997).

Neste sentido, esta foi a metodologia adotada para sustentar a presente dissertação, procurando desta forma atingir melhorias significativas na diminuição dos tempos improdutivos dos centros de trabalho onde incidiu o projeto de estágio:

- **Plan:** o projeto apresentado neste documento iniciou com a primeira fase do ciclo, onde teve lugar o acompanhamento aprofundado do funcionamento e o levantamento de informação relevante do centro de trabalho de aglomeração de blocos de cortiça. Nesta fase foram definidos os objetivos do projeto, tendo sido determinado que deveria haver um estudo sobre a análise de disponibilidade do equipamento e do desempenho do operador na execução das suas tarefas. Esta fase foi efetuada através de fontes de dados e observação participante, e teve como base a medição de tempos das linhas de produção e a deteção das paragens mais influentes dessas mesmas linhas. Desta forma, com a clarividência dos objetivos, foram propostas algumas sugestões de melhoria em alguns aspetos, e seguiu-se também com a pesquisa bibliográfica para o projeto, de forma a realizar o enquadramento teórico da investigação.
- **Do:** no que concerne à segunda fase, com o objetivo de encontrar as causas das paragens mais frequentes, foi realizada a análise da situação inicial, na qual foram utilizadas ferramentas de Gestão da Qualidade, como o Diagrama de Pareto, Diagrama de Causa e Efeito e a Análise dos 5 porquês, enquanto foram calculados indicadores de desempenho apropriados ao estudo, como é o caso do OEE, que viriam a servir como termo de comparação entre os cenários antes e depois das melhorias. De notar que esta fase se realizou paralelamente com um programa de implementação PDCA, em que foi organizada uma equipa de engenheiros e pessoal do chão de fábrica com o intuito de analisar que processos relevantes poderiam ser otimizados, com vista a aumentar a produção do centro de trabalho sem elevados investimentos.
- **Check:** foram sugeridas algumas propostas de melhoria, assim como a implementação das que se acharam apropriadas para as necessidades da linha.
- **Act:** na última fase do ciclo, garantiu-se que todos os envolvidos cumpriam as novas modificações que se realizaram, foram identificados os resultados obtidos, avaliando os efeitos das melhorias implementadas, e retiraram-se algumas conclusões pertinentes acerca do trabalho desenvolvido.

1.4. A empresa

A empresa onde foi desenvolvido o projeto tem como atividade principal desenvolver e produzir aglomerados compósitos de cortiça para múltiplas aplicações, utilizando como matéria-prima a

cortiça excedente da produção de rolhas, ou até borrachas provenientes do desperdício e sobras de outras indústrias.

A cortiça é um produto natural, que tem como características únicas o isolamento acústico e térmico, a impermeabilidade, a leveza, entre muitas outras. Essas características permitem à cortiça ter inúmeras aplicações em várias indústrias, desde a produção de rolhas, construção, soluções termo acústicas, decoração de casa e escritório, até ao desenvolvimento de materiais de alta tecnologia para a indústria automóvel e aeroespacial. Na Figura 1 encontram-se ilustrados alguns desses exemplos.



Figura 1 - Exemplos de aplicações da cortiça

Deste modo, a estratégia da empresa é desenvolver produtos diferenciadores, assegurando uma proposta de valor que vai de encontro com as necessidades do cliente final. O crescimento contínuo, que é parte integrante da cultura da empresa, permite que esta consiga manter um nível competitivo de forma a que seja colocada num ponto de notoriedade e relevância a nível mundial nas diversas áreas e mercados em que os seus produtos estão inseridos.

Na Figura 2 está representado o organigrama da empresa, sendo salientado o Departamento de Operações, onde se encontra a unidade industrial em que decorreu o projeto.

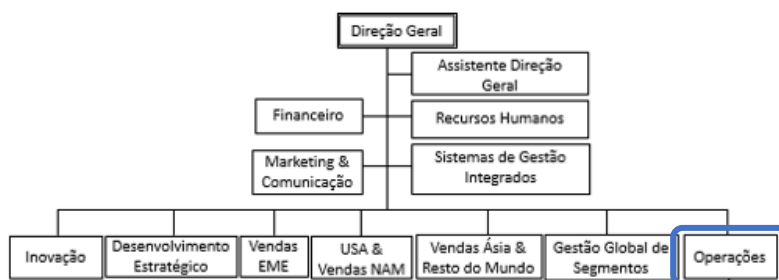


Figura 2 - Organigrama da empresa

O departamento de operações abrange as cinco unidades industriais da empresa, cujas matérias-primas utilizadas e produtos fabricados são distintos entre elas, assim como os departamentos comuns a todas as unidades industriais: Engenharia, Qualidade, Logística e Manutenção (Figura 3).

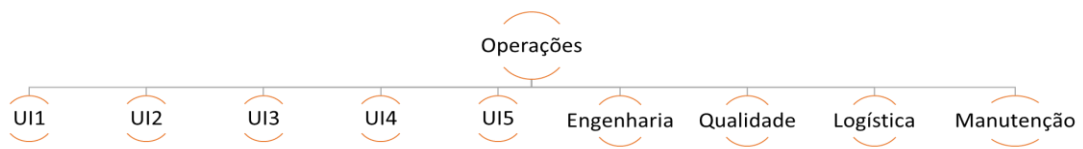


Figura 3 - Organograma do departamento das Operações

1.5. A unidade industrial

A unidade industrial onde se inseriu o projeto que serviu de sustento à realização deste relatório, abrangia duas grandes áreas que fabricavam dois tipos diferentes de produtos: placas que derivavam de blocos de cortiça, e rolos que resultavam de cilindros de cortiça. Ambas as áreas estavam divididas em duas subsecções, em que uma precede a outra: primeiro, ocorre a Aglomeração e depois a Transformação.

De notar que a Aglomeração necessitava de granulados que eram provenientes de outra área industrial da empresa, a unidade de Triturações. Essa área transformava a matéria-prima em granulados, que podiam ser produto final ou matéria-prima para as outras unidades industriais da empresa. Essa mesma unidade industrial garantia a moagem das matérias-primas, sendo que os fragmentos obtidos desse processo eram depois separados granulometricamente e densimetricamente. Posteriormente, ocorria a secagem dos granulados, e acabava com o transporte e a ensilagem final destes.

As Aglomerações, tanto de Blocos como de Cilindros, transformavam, então, os granulados em aglomerados, através da aglutinação desses fragmentos de cortiça com produtos químicos polimerizáveis. De realçar que foi nesta divisão da unidade industrial que o projeto incidiu, nomeadamente, na aglomeração de blocos.

Relativamente à Transformação, nesta área, os produtos aglomerados eram posteriormente segmentados em várias operações de diferentes naturezas, tendo em conta que as dimensões dos produtos finais dependiam dos requisitos do cliente. Nesta fase, existiam três grandes tipos de operações:

- laminagem de blocos e cilindros para se obter placas e rolos, respetivamente;
- corte por fresagem, serra ou cortantes;
- embalagem dos produtos finais.

Atente-se que de forma a conseguir responder ao elevado número de encomendas, toda a unidade industrial funcionava 24 horas, divididas em 3 turnos de 8 horas, durante todos os dias úteis, podendo ainda trabalhar alguns turnos durante o fim de semana.

1.6. Estrutura do relatório

Este relatório de projeto encontra-se estruturado em seis capítulos organizados da forma que se refere em seguida.

No capítulo 1 é feita uma descrição do âmbito do projeto, através da explicação dos seus objetivos e da metodologia utilizada, apresentando-se também a empresa onde o presente projeto foi desenvolvido.

No capítulo 2 são explicados alguns conceitos teóricos essenciais para fins de enquadramento das temáticas utilizadas no trabalho realizado. Estes conceitos foram baseados nas metodologias *Lean* e TPM, assim como na ferramenta de visualização de dados, *Dashboards*.

O capítulo 3 é dedicado à análise da situação inicial da linha de produção em estudo, onde se encontra descrito o processo produtivo da linha e onde são calculados alguns indicadores importantes para o estudo aprofundado deste centro de trabalho. Neste capítulo são utilizadas algumas ferramentas básicas da qualidade para descobrirmos que problemas afetavam a baixa eficiência da linha. Por último, todos esses problemas são descritos.

No capítulo 4 são apresentadas as soluções implementadas para eliminar ou mitigar os problemas identificados no capítulo anterior, enquanto que no capítulo 5 é feita uma análise e discussão aos resultados obtidos com a implementação das melhorias.

Por fim, no capítulo 5 são expostas as principais conclusões. Também são apresentadas as limitações e dificuldades encontradas na realização do projeto, assim como as sugestões de melhoria para que este projeto possa ter desenvolvimentos futuros dentro da empresa.

2. Enquadramento teórico

2.1. Melhoria Contínua

Nos anos 80, Masaaki Imai criou o termo *Kaizen*, que deriva de duas palavras japonesas, *Kai* (mudança) e *Zen* (melhoria), que mais tarde viria a servir como base e princípio do conceito “Melhoria Contínua” (Sanchez & Blanco, 2014). A cultura de melhoria contínua, estratificada em pequenos passos progressivos, reflete-se no lema “hoje melhor do que ontem, amanhã melhor do que hoje”, uma vez que é um processo de melhoria gradual e incremental na procura pela perfeição das atividades da organização, sendo que se trata de um conjunto de "iniciativas de melhoria que aumentam os sucessos e reduzem os fracassos" (Imai, 1997; Juergensen, 2000).

Apesar das constantes adaptações às definições desta metodologia na literatura, Gamme & Lodgaard (2019) estabeleceram cinco princípios que abrangem todos os conceitos:

- 1) Organização orientada para o cliente: é necessário entender o que os clientes valorizam e direcionar uma organização em prol da satisfação dos clientes e das suas necessidades, pois as alterações e os esforços que se vão realizar são feitos para que o serviço ao cliente seja melhorado (Lolli et al., 2016).
- 2) Os líderes devem estabelecer metas e direções na organização e estabelecer um ambiente interno adequado: são os responsáveis que têm de conhecer o processo até ao mais pequeno detalhe, pois são estes que devem monitorar e melhorar a variabilidade do processo envolvendo sempre ativamente todos os membros, estimulando a sua criatividade e capacidade de resolver problemas e tirar partido do seu conhecimento do processo e dos debates entre a equipa (Berger, 1997).
- 3) Garantir o envolvimento de todos os colaboradores: apesar de ser crucial que exista um planeamento *top-down*, apenas com uma execução *bottom-up* se consegue ter sucesso, isto porque um ambiente de melhoria contínua só consegue obter resultados sustentados e persistentes no tempo, se todos os membros da organização estiverem alinhados com os objetivos e estratégias da organização, e se todos os colaboradores forem tratados de forma justa (J. Womack & Jones, 2003).
- 4) Abordagem sistemática de maneira a identificar, perceber e gerir todos os processos: esta nova realidade torna-se uma prática quotidiana, de forma a que as novas ações, práticas e forma de pensar se institucionalizem. A melhoria contínua incentiva as pessoas a serem proativas na solução de problemas e desafios, nunca sendo complacentes.
- 5) Decisões e ações baseadas em análises de dados e informações: para avaliar as melhorias, é necessário existirem critérios que permitam a monitorização e o reconhecimento dos resultados. A melhoria contínua é um sistema social aberto centrado em valores culturais, no qual os grupos desempenham um papel central na mudança organizacional por meio de ações que incluem análise e *feedback* sistemático (Berger, 1997).

Como muitos outros métodos de gestão, a melhoria contínua não é uma solução para aplicações e resultados rápidos, dado que é uma abordagem baseada no desenvolvimento gradual, em que as melhorias ocorrem aos poucos, de maneira a que todos tenham tempo de se ajustar e aprender. Neste processo, cada pequeno incremento é apoiado por um ciclo de melhoria contínua, designado por ciclo PDCA. O objetivo será repetir este ciclo incessantemente até que seja alcançada a perfeição (Oakland, 1995).

Como se pode constatar pela Figura 4, a melhoria contínua é sustentada através da utilização de uma série de ferramentas, como os 5S's e a padronização do trabalho, ferramentas de qualidade, como os 5 *Why's* e o Diagrama de Ishikawa, e técnicas dedicadas à procura de fontes de problemas, desperdícios e variações, e à procura de formas de os minimizar (Bhuiyan & Baghel, 2005).



Figura 4 - Alicerces que sustentam a melhoria contínua (Fonte: Imai, 1997)

2.1.1. PDCA

Também conhecido como ciclo de Deming, o ciclo PDCA é uma ferramenta que se baseia numa sequência que serve de guia ao controlo e melhoria contínua dos processos de uma organização, de forma a auxiliar as organizações no diagnóstico, na análise e na resolução de problemas (Johnson, 2002). Esta metodologia descreve o modo de como as mudanças planeadas devem ser realizadas, incluindo também a implementação e verificação dessas melhorias. Com base na verificação, pode-se corrigir e/ou aperfeiçoar a melhoria, ou então criar uma melhoria adicional.

Na Figura 5 encontra-se ilustrado o ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) com as diferentes fases que integram este processo:

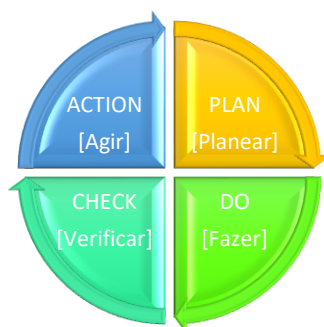


Figura 5 - Fases do Ciclo PDCA

De seguida, segue-se a caracterização de cada uma destas fases (Chang & Liang, 2009):

1. **Plan** - estabelecimento e organização do objetivo e estratégias da organização. Nesta fase, em primeiro lugar, são identificados e analisados os problemas, e posteriormente procede-se ao desenvolvimento do plano de ações, os quais devem ser quantificáveis, em que são definidos os métodos que serão utilizados para atingir o propósito do projeto. Se esta fase não for bem estruturada, tudo o resto pode fracassar e os resultados não serem conclusivos. Na prática, nesta fase, para cada problema identificam-se uma ou várias ações a desenvolver, os prazos para a sua implementação e os responsáveis pelas mesmas.
2. **Do** - execução do plano de ações planeado na etapa anterior, na qual são encontradas e implementadas as medidas de melhoria idealizadas para solucionar o problema. Nesta etapa a formação dos colaboradores e a aprendizagem organizacional são essenciais.
3. **Check** – verificação, monitorização e avaliação das medidas implementadas, de modo a averiguar se existe coerência entre o que foi planeado e o que está implementado, comparando os dados obtidos na execução com o que foi estabelecido no plano. Se os resultados obtidos não correspondem aos esperados, deve-se entender a causa, e principalmente entender o que se aprendeu, registando-se os eventuais pontos de divergência.
4. **Act** – realização de ações corretivas ou de melhoria. Esta fase final pode seguir três caminhos distintos: reinicia-se o ciclo e são feitas ações sobre os pontos de divergência detetados na etapa anterior; no pior cenário, decide-se abandonar o estudo; ou então, termina-se o ciclo e adota-se a mudança de modo a padronizar o processo (Benjamin et al., 2015; Chang & Liang, 2009).

2.1.2. Lean

2.1.2.1. Origem e definição Lean

Após a Segunda Guerra Mundial, surgiu a necessidade de customização em massa no sentido de alcançar a capacidade de abastecimento necessária à sobrevivência da população. Neste seguimento, uma empresa no Japão, a *Toyota Motor Company*, começou a desenvolver uma alternativa à produção em massa, criando *Toyota Production System*, conseguindo assim gerir o sistema de produção de forma diferente (Ohno, 1988). Este sistema de gestão denominou-se como *Toyota Production System* que mais tarde, e através da combinação de várias ferramentas inovadoras de gestão, resultou no que é hoje a filosofia do *Lean Manufacturing* (Bhuiyan & Baghel, 2005).

Em traços gerais, a metodologia *Lean Manufacturing* traduz-se na procura incessante pela perfeição, isto é, a melhor forma estratégica de responder às necessidades impostas pelo cliente, focando-se principalmente na maior rapidez de resposta e na redução de custos (Hines et al., 2004).

O principal objetivo desta filosofia é eliminar todos os desperdícios que advêm da cadeia produtiva, ao mesmo tempo que produz produtos de alta qualidade da forma mais eficiente e económica possível (Bhuiyan & Baghel, 2005). Os desperdícios do processo produtivo são definidos como tudo aquilo pelo qual o cliente não está disposto a pagar, uma vez que são prejudiciais para o sistema empresa-cliente, pois geram custos acrescidos, sendo assim necessário a redução dos mesmos ao máximo possível (Hines et al., 2004).

2.1.2.2. Princípios Lean

Segundo (J. P. Womack & Jones, 1997), o *Lean Manufacturing* tem por base cinco principais conceitos que, quando aplicados de forma correta e sequencial, constituem a chave para o sucesso da implementação desta metodologia:

- 1) Criação de Valor: através da análise das necessidades e desejos dos clientes, identificando tudo aquilo pelo qual o cliente está disposto a pagar para obter o produto ou serviço oferecido. Desta forma, são identificadas também todas as ações que não acrescentam valor e, portanto, constituem um desperdício no processo de produção;
- 2) Definição da cadeia de valor: após a criação de valor, é necessário desenhar a cadeia produtiva tendo em conta todo o conjunto de operações que acrescenta valor a um determinado produto. Para tal é necessário definir todas as operações que acrescentam valor ao produto, seguindo-se a listagem de todas as operações que não acrescentam valor.
- 3) Melhoria do fluxo de produção: organizar as operações que criam valor na forma de um fluxo contínuo, o objetivo prende-se com a redução de todos os desperdícios;
- 4) Implementação do sistema Pull: a implementação deste método leva à redução dos *stocks*, uma vez que o principal fundamento da metodologia é um determinado produto apenas ser

produzido após uma ordem do cliente, gerando uma necessidade de produção de um determinado produto, numa determinada quantidade e numa data de entrega específica.

- 5) Procura contínua pela perfeição: apesar de se tratar de uma meta inalcançável por definição, a procura pela perfeição traduz-se na constante eliminação dos desperdícios existentes ao longo do tempo no processo produtivo, o que promove a contínua criação de valor. Este processo cíclico denomina-se de melhoria contínua.

2.1.2.3. Os 7+1 Desperdícios

Segundo (Ghinato, 2000), os desperdícios não geram qualquer vantagem num sistema, além de que acarretam custos desnecessários que são importantes de eliminar. Neste seguimento, J. P. Womack & Jones (1997) defendem que os desperdícios, também conhecidos como “mudas”, nos sistemas produtivos consomem recursos materiais, humanos e financeiros. A maioria dos autores desta temática defendem que estes se dividem em sete categorias diferentes (Soliman, 2017):

- 1) Sobreprodução: A contínua produção constitui um dos desperdícios mais graves que deve ser priorizado a eliminar numa organização. A ocorrência deste “muda” verifica-se quando a produção é ininterrupta, ainda que a encomenda do cliente já tenha sido satisfeita, implicando a criação de um outro tipo de desperdício – acumulação de *stock* – que obriga a uma gestão extra, assim como a ocupação física, consumo de materiais, ocupação de equipamentos e recursos humanos;
- 2) Tempo de espera: Este ocorre sempre que um produto/material aguarde por uma operação;
- 3) Transporte: A circulação de materiais é uma parte integrante do processo produtivo, que ocorre desde o fornecedor da matéria-prima até à entrega ao cliente. Todas as deslocações entre armazéns que não acrescentem qualquer valor ao produto são considerados desperdícios, que originam perdas de energia e tempo produtivo dos operários. Uma das principais grandes causas deste “muda” é o *layout* inapropriado da organização em termos de disposição dos postos de trabalho;
- 4) Movimentação: A movimentação de equipamentos e pessoas de forma desnecessária, desde a procura de ferramenta a deslocações entre armazéns para abastecimentos necessários à produção, constitui também uma ação pela qual o cliente não está disposto a pagar.
- 5) Processamento deficiente: Consiste no incorreto processamento durante o processo de fabrico de um componente, seja por processamento desnecessário ou um processamento realizado de forma errada;
- 6) Excesso de stock: A acumulação de *stock* acontece ao longo da cadeia produtiva, desde a acumulação de matéria-prima à acumulação de produto final pronto a enviar para o cliente. Este “muda” pode resultar de várias restrições no sistema, como os desequilíbrios na disponibilidade dos equipamentos, elevados tempos de *setup*, falhas de qualidade, taxas

de produção discrepantes, incumprimento de prazos de entrega de fornecedores ou planeamento desorganizado;

- 7) Produtos não-conforme: A produção defeituosa verifica-se quando não são respeitadas as normas de qualidade definidas, o que exige inevitavelmente exigirá o gasto de materiais, recursos humanos, energia, ocupação dos equipamentos e perda de tempo produtivo. Este “muda” pode derivar de erros de produção, comunicação, formação dos operários, etc.
- 8) Conhecimento dos colaboradores: A não utilização da criatividade, conhecimento e habilidade humana existe em qualquer empresa que não valoriza os seus colaboradores e, pelo sentido contrário, contrata algum serviço externo para desenvolver melhorias através de uma empresa externa, que não terá o mesmo conhecimento do processo como tem o colaborador.

2.1.2.4. Metodologias e Ferramentas Lean

5S

Esta ferramenta é um dos alicerces do *Lean Manufacturing*, e a origem do seu nome provém das iniciais de cinco termos japoneses que visam a melhoria na segurança do trabalho, a redução dos desperdícios, a melhoria da qualidade, diminuindo os acidentes e os defeitos, o aumento da motivação dos colaboradores, tendo sempre como principal objetivo o aumento da produtividade (Scotchmer, 2008).

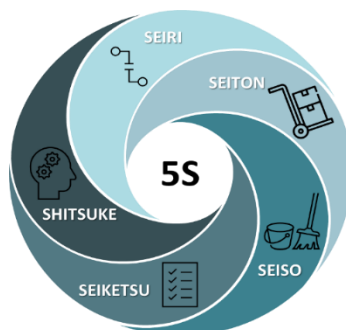


Figura 6 - Os 5S na língua japonesa

Tal como demonstrado na Figura 6, a metodologia dos 5S segue uma sequência de 5 etapas, sendo que cada etapa corresponde a uma palavra japonesa que se inicia pela letra S. Uma vez que não existe uma tradução concreta para a língua portuguesa, estas etapas denominam-se de *senso*, que deverão ser executados para que a utilização dos 5S ocorra de maneira completa (Vanti, 1999).

SEIRI – Senso da Triagem

A primeira etapa da metodologia 5S é o *senso* da triagem. Esta etapa consiste em fazer uma triagem, ou seja, identificar os objetos necessários dos que são dispensáveis para a realização das atividades de cada posto de trabalho. De forma a clarificar e a identificar quais os objetos necessários estes devem ser agrupados em três grupos distintos, um grupo que corresponde à

utilização diária dos objetos, outro que corresponde quando estes são utilizados com pouca frequência e por último o grupo que corresponde aos objetos que são raramente utilizados ou que se encontram em excesso (Scotchmer, 2008). Para dividir os objetos nestes três grupos são feitas algumas questões como:

- “O objeto é necessário e adequado para as tarefas do operador?”;
- “Se o objeto é necessário e adequado, a quantidade é adequada?”;
- “É este o local mais apropriado para o armazenamento do objeto?”;
- “O objeto é utilizado com que frequência? Diariamente? Mensalmente? Nunca foi utilizado?”.

Este senso elimina ferramentas, sucata, materiais em excesso e material em desuso, com isto obtém mais espaço, melhora o fluxo na empresa, diminui os riscos de acidentes e diminui o tempo desperdiçado.

A aplicação do senso de triagem está associada às seguintes vantagens (Patel & Thakkar, 2014): Aumento da produtividade; Melhoria dos processos, através da redução de custos; Redução de *stocks*; Melhor controlo de inventário de ferramentas e equipamentos; Diminui riscos de acidente; Desenvolvimento da noção de utilidade.

SEITON – Senso da Organização

A segunda etapa da metodologia 5S é o senso da organização. Após se efetuar a triagem, este senso tem como objetivo definir um local para colocar todos os objetos, seguindo-se pelo lema “Um lugar para cada coisa e cada coisa no seu lugar”. O conceito chave deste senso é a simplificação, ou seja, os materiais devem estar numa zona de fácil acesso e é essencial que os colaboradores cumpram essa organização (Scotchmer, 2008).

Nesta etapa é necessário ter um critério unânime para que seja fácil a procura por um material e, conseqüentemente, reduzir o tempo desnecessário à procura do mesmo. De modo a diminuir as movimentações dos colaboradores, os itens que têm uma utilização frequente devem estar perto do local onde vão ser utilizados. Outro fator que deve ser tido em conta é o peso dos materiais, ou seja, os materiais mais pesados devem-se encontrar na parte inferior do armário enquanto os mais leves devem ser colocados nas secções/prateleiras superiores (Ramdass, 2015).

Este senso traz vantagens como (Patel & Thakkar, 2014): Proporcionar melhor aproveitamento dos espaços existentes; Melhorar a gestão visual do posto de trabalho; Economizar tempo à procura de objetos; Diminuição do risco de acidentes; Melhorias de eficiência produtiva.

SEISO – Senso da Limpeza

A terceira etapa da metodologia 5S é o senso da limpeza. Depois de serem realizadas as etapas anteriores é necessário proceder à limpeza do espaço de trabalho, identificando todas as fontes de sujidade e encontrar formas de a prevenir (Costa et al., 2018). Todos os trabalhadores

são responsáveis pela manutenção da limpeza, de forma a que o ambiente de trabalho esteja sempre limpo e confortável (Mente, 1989).

As vantagens deste senso de limpeza são (Patel & Thakkar, 2014): Aumento da eficiência das máquinas; Melhorias de segurança; Ambiente mais profissional e confortável; Detecção de estragos ou avarias mais fáceis.

SEIKETSU – Senso da Normalização

A quarta etapa da metodologia 5S é o senso da normalização. Esta etapa tem como objetivo a criação de critérios, normas e regras que ajudem todos os trabalhadores a manter os sentidos anteriores no dia-a-dia, bem como as responsabilidades de cada um.

Dado que este senso envolve que todos os trabalhadores sintam necessidade de cumprir com os protocolos, torna-se num dos sentidos mais difíceis de implementar. Assim, todos os protocolos devem ser concisos, claros e fáceis de entender, para que todos os trabalhadores consigam, de uma forma intuitiva, perceber todas as tarefas a serem realizadas (Scotchmer, 2008).

As principais vantagens do senso de normalização são (Patel & Thakkar, 2014): Redução de erros; Das condições de trabalho favoráveis à saúde; Problemas mais visíveis: Estabilidade de performance.

SHITSUKE – Senso da Disciplina

A última etapa da metodologia 5S é o culminar das 4 etapas anterior e é o senso da disciplina. Sem disciplina todo o trabalho realizado até agora poderá desintegrar-se. Esta etapa é das mais importantes para que o sistema continue e que a metodologia 5S faça parte integrante do dia-a-dia na empresa e não se volte aos velhos hábitos de desorganização. Assim, recorre-se a auditorias periódicas através de *Checklists*, quadros informativos e/ou registos fotográficos que permitam detetar erros e as suas causas e verificar que a implementação dos 5S está a ser cumprida (Scotchmer, 2008).

Esta etapa tem como vantagens (Patel & Thakkar, 2014): Aumento da produtividade; Melhoria da comunicação interpessoal; Melhoria das condições de trabalho; Aumento da autoconsciência; Incentiva a melhoria contínua.

Assim, a correta implementação dos 5S traz imensas vantagens para as organizações, como a redução de defeitos no produto final, na redução de lixo, e aumento da segurança no posto de trabalho, da eficiência e produtividade (Costa et al., 2018). Estes benefícios podem ser observados por qualquer pessoa. Adotar esta metodologia não significa apenas eliminar desperdícios e aumentar a produtividade, é também uma nova forma de cultura a ser implementada.

Gestão Visual

A gestão visual consiste em aprimorar o desempenho de uma organização através da comunicação visual e faz com que esta seja rápida e intuitiva. Para tal, são utilizados quadros, placas, painéis, cartões, gráficos, placas, cronogramas, demarcação do piso, luzes indicativas etc.

A gestão visual traz às organizações alguns benefícios, desde a rápida identificação e resolução de anomalias nos processos, a melhoria dos conhecimentos dos operários até ao aumento da produtividade, a segurança no trabalho e a organização dos processos (Tezel et al., 2009).

Um exemplo de gestão visual é o *Kanban*. Este é um termo de origem japonesa e tem como significado “cartão” ou “sinalização”, sendo uma ferramenta de controlo de fluxo de materiais, baseada no princípio de que nenhum posto de trabalho produz sem que o seu cliente (ou posto à jusante do processo) autorize (Ohno, 1988). Os principais tipos de *Kanban* são: *Kanban* de produção; *Kanban* de sinalização; *Kanban* de retirada.

Esta ferramenta *Lean*, serve também de apoio à implementação da manutenção autónoma, dado que permite dar auxílio aos operadores no momento da análise dos equipamentos, com o intuito de facilitar a deteção de anomalias nos sistemas (Mapokgole & Mbohwa, 2013).

Standard Work

O *Standard Work* é uma das ferramentas básicas da filosofia *Lean*, estando diretamente relacionado com a melhoria contínua. Este diz respeito ao método mais eficaz e ao mesmo tempo mais seguro para realizar um determinado trabalho num menor tempo repetível, conseguindo a melhor ligação entre humano e equipamento. É um conjunto de ferramentas de análise que resultam num conjunto de Procedimentos Operacionais Padrão (SOPs) (Sundar et al., 2014). Este conjunto de procedimentos contém processos de trabalho do operador, tais como o tempo de ciclo, a sequência de produção e o controlo de processo (J. P. Pinto, 2014).

A prática do *Standard Work* traz imensos benefícios para a organização, tais como (Suzaki, 2013):

- Redução de erros e da variabilidade dos produtos, tornando-se este o mais uniforme possível;
- Redução do desperdício e do WIP (*Work In Process*);
- Maior segurança;
- Aumento da produtividade;
- Facilidade de resolver problemas.

SMED

A metodologia SMED, *Single-Minute of Die*, desenvolvida entre 1950 e 1969 por Shigeo Shingo, é uma das técnicas utilizada para reduzir os tempos de mudança (tempo de setup) de um

equipamento ou processo (Shingo, 1985). Na prática, o SMED é um conjunto de técnicas pertencentes ao *Lean* que tem como objetivo reduzir o tempo de *setup* de uma máquina, sendo este tempo o tempo necessário para mudar de ferramenta desde a última unidade de um lote produzido até à primeira unidade considerada conforme do lote seguinte.

Posto isto, o *setup* é interpretado com um desperdício e como tal deve ser eliminado (Lopes et al., 2006). Ou seja, o custo de uma operação de troca de ferramenta é tanto menor quanto menor for o tempo que o equipamento está parado.

O *setup* encontra-se dividido em dois, o *setup* interno e o *setup* externo, como se pode verificar pela Figura 7. O *setup* interno são as operações que têm que ser efetuadas obrigatoriamente com a máquina parada, por outro lado o *setup* externo compreende as operações que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento. O objetivo do SMED é reduzir o tempo de *setup* interno (Shingo, 1985).

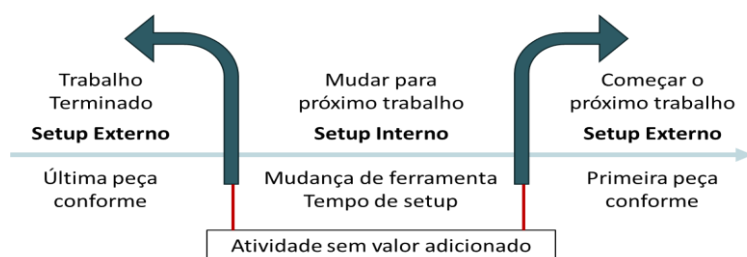


Figura 7 - Representação do tempo de setup (Adaptado de Sebroza, 2008)

A metodologia SMED está dividida em quatro fases, (Lopes et al., 2006; Shingo, 1985):

- Fase Preliminar ou fase 0: Não existe distinção entre operações internas e externas

Nesta fase, não há distinção entre uma operação interna (IED - *Input Exchange of Die*) e externa (OED - *Output Exchange of Die*), ou seja, todas as operações são *setups* internos (operações realizadas com a máquina parada), o que aumenta desnecessariamente os tempos de preparação.

Para se iniciar esta fase é preciso inicialmente realizar uma *checklist* de todas as tarefas, ferramentas, operadores e parâmetros necessários para o funcionamento da máquina. Posteriormente deve-se obter os tempos das operações realizadas no *setup*, recorre-se assim ao uso de cronómetros e/ou filmagens. Os operadores são uma peça fundamental, pois são estes que conseguem identificar problemas que surgem durante a operação e preparação da máquina, podendo fornecer informações importantes para as reduções pretendidas.

- Fase 1: Separação entre operações internas e externas

Nesta fase dá-se o primeiro passo para a distinção das operações internas e externas. É feita assim, a separação das atividades que devem ser realizadas com a máquina parada daquelas que

podem efetivamente ser realizadas com a máquina em funcionamento. Esta fase pode ser responsável por uma redução de setup interno entre 30 e 50%.

- Fase 2: Conversão das operações internas em externas

Uma vez que a redução de tempo do *setup* interno na fase anterior não é suficiente passa-se à próxima fase. Esta consiste em analisar as operações internas e perceber quais destas se podem transformar em operações externas, ou seja, que não é obrigatório a máquina estar parada para a realização das mesmas. A normalização das atividades e a preparação antecipada das condições operacionais são fundamentais nesta etapa.

- Fase 3: Melhoria sistemática das operações de *setup*

Na última fase todas as operações que fazem parte do *setup*, quer sejam internas ou externas, devem ser melhoradas continuamente, desenvolvendo soluções para realizar as tarefas de um modo mais fácil, rápido e seguro. Assim, como melhoria pode-se implementar operações realizadas em paralelo quem envolvam mais do que um operador, que são úteis para acelerar as trocas de ferramenta, a eliminação de ajustes e melhoria dos sistemas de aperto, assim como a mecanização.

Segundo Shingo (1985), as fases 2 e 3 não precisam de ser realizadas sequencialmente, podendo ser realizadas em simultâneo.

Estas fases de implementação do SMED encontram-se ilustradas através da Figura 8.

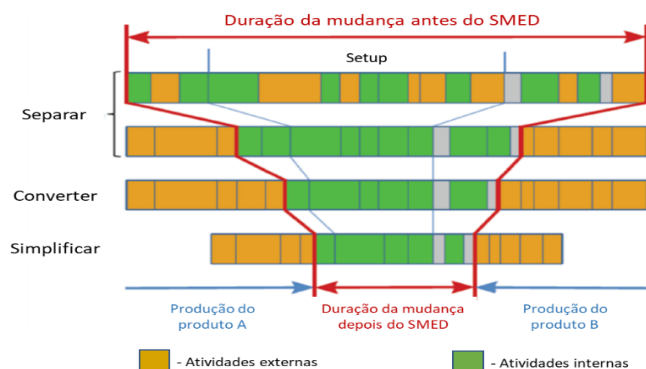


Figura 8 - Fases da Metodologia SMED e o seu impacto (Adaptado de Lopes et al., 2006)

Para uma implementação completa e eficaz do SMED, é necessário que haja uma análise contínua ao processo, isto é: i) Criar procedimentos rigorosos de modo a reduzir falhas na realização das mudanças de ferramenta; ii) Voltar ao início do processo e repetir todo este procedimento de modo a reduzir de novo o tempo de mudança de ferramenta.

Com isto, a aplicação desta metodologia, ou seja, a redução dos tempos de *setup*, traz ganhos produtivos para a empresa, como indicado na Figura 9.

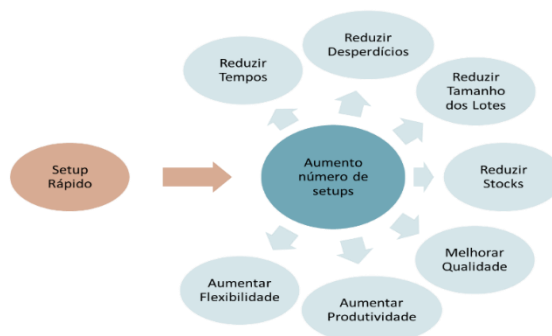


Figura 9 - Motivações para a redução do tempo de setup (Adaptado de (Lopes et al., 2006))

Andon

O sistema *Andon* foi concebido por Sakichi Toyoda, e desenvolvido anos mais tarde pela Toyota, quando utilizou um mecanismo de deteção de erros nos seus equipamentos de produção, ou seja, os equipamentos passaram a conter um sensor de erro que fazia com que estes parassem quando fosse detetado algum erro (Liker, 2004).

Este sistema pode ser descrito como sendo uma ferramenta de aviso de sinais luminosos e sonoros que atua em tempo real e avisa os operadores que existe uma anormalidade. Assim, é possível precaver avarias mais prejudiciais (Modi & Thakkar, 2014). Com a utilização desta ferramenta, as empresas conseguem melhorar o fluxo produtivo e, por conseguinte, aumentar a eficiência produtiva (Ma et al., 2018).

2.1.3. Ferramentas de Gestão da Qualidade – Análise da Causa Raiz

No âmbito da melhoria contínua das atividades, processos e produtos de uma organização, cujo objetivo passa por satisfazer as expectativas de todas as partes interessadas, surgem as ferramentas de gestão da qualidade. Estas ferramentas permitem a identificação de oportunidades de melhoria, eliminação de atividades sem valor acrescentado e a redução da variabilidade dos produtos e processos (Pereira & Requeijo, 2008).

Segundo Lins (1993), para o profissional, é crucial trabalhar com dados e dispor de informações reais para poder analisar o problema de forma sistemática e esboçar uma solução, isto é, a facilidade de visualização das causas dos problemas permite uma análise rápida sobre os mesmos, o que facilita a avaliação e o acompanhamento contínuo do sistema. O objetivo da análise das causas raízes dos problemas passa por identificar e reduzir erros sistemáticos que podem ser corrigidos através da prevenção de eventos pejorativos ao bom funcionamento do sistema (Kung et al., 2016).

Existem várias ferramentas usadas na análise e descoberta da causa raiz do problema, como o Diagrama de Causa e Efeito, Mapeamento mental, Análise de Pareto, Árvore de Causas, *Brainstorming*, Técnica de grupo nominal, Pensamento metafórico e a Análise dos 5 Porquês (Ahmed & Rezouki, 2020).

Algumas destas ferramentas são ferramentas básicas da qualidade, cuja aplicação tem-se revelado bastante eficaz na resolução dos problemas (Pereira & Requeijo, 2008). Segundo Ishikawa (1982), 95% dos problemas de qualidade, em qualquer organização, podem ser resolvidos com o uso adequado dessas ferramentas, pois são de simples utilização e revelam bastante importância na análise estruturada, fornecendo informação útil para o controlo dos processos. As sete ferramentas básicas da qualidade têm finalidades distintas, o que significa que a aplicação dessas ferramentas surge em diferentes fases na resolução de um problema (Pereira & Requeijo, 2008). Assim, estas ferramentas podem ser divididas em 3 categorias, como se pode verificar na Figura 10 (Pavletic et al., 2008):

- Identificação do problema: definição e caracterização do problema;
- Identificação de prioridades: identificação, classificação e priorização de potenciais contribuidores para a ocorrência do problema;
- Análise do problema: identificação das causas potenciais do problema;

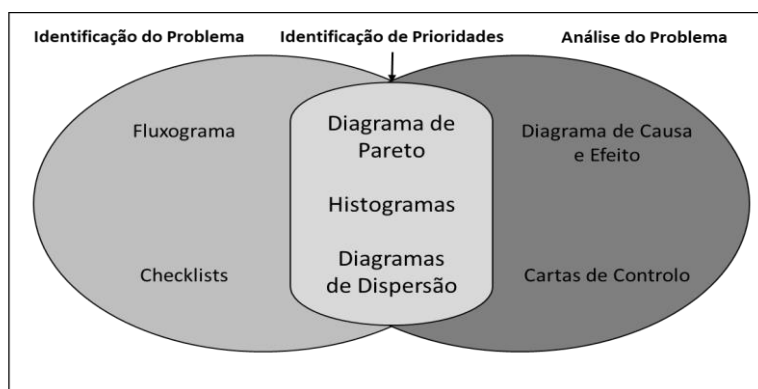


Figura 10 - Ferramentas Básicas da Qualidade

Nos próximos subcapítulos segue-se a descrição e caracterização das ferramentas de gestão da qualidade utilizadas no âmbito do presente projeto: Fluxograma, Diagrama de Pareto, Diagrama de Causa e Efeito, e Análise dos 5 Porquês.

2.1.3.1. Fluxograma

O Fluxograma é uma das primeiras ferramentas a utilizar quando se pretende estudar um processo, pois permite clarificar, definir, estruturar e documentar qualquer procedimento e processo produtivo através da ilustração das suas várias etapas, de forma sequencial (Pereira & Requeijo, 2008). Esta ferramenta de cariz essencialmente gráfico permite uma identificação clara de todos os passos de execução de determinado processo ou operação, o que faz com que todos desenvolvam uma imagem clara de como as operações funcionam (Reid & Sanders, 2005).

O Fluxograma é constituído por símbolos com significado próprio que representam as várias etapas do processo, tendo em conta que cada um desses passos sequenciais pode ser de ação ou

decisão (Rossheim, 1963). Na tabela 1 são apresentados os principais símbolos que um Fluxograma pode conter, e na Figura 11 está representado um exemplo geral de um Fluxograma.





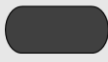

	Atividade – representa a execução de uma tarefa ou de um passo no processo.
	Decisão – representa um ponto de decisão do processo; a atividade seguinte depende da saída desta decisão.
	Linha de fluxo – representam a sequência da progressão dos passos. As setas indicam a direção do fluxo.
	Documento – representa informação pertinente para o processo, sob a forma escrita.
	Terminador - representa atividades/pontos de início ou conclusão de um processo.
	Base de dados – representa informação pertinente para o processo, armazenada de forma digital/eletrônica.

Tabela 1 - Simbologia do Fluxograma (adaptado de Rossheim, 1963)

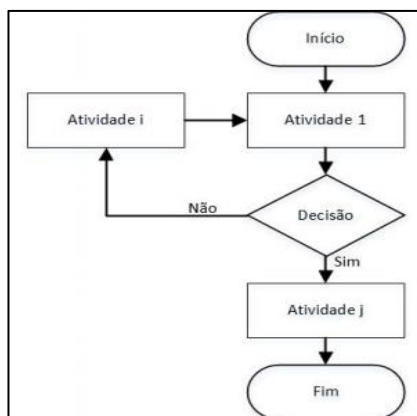


Figura 11 - Representação de um fluxograma (Fonte: Pereira & Requeijo, 2008)

2.1.3.2. Diagrama de Pareto

A Análise de Pareto é uma técnica focada na identificação das principais causas dos problemas, de modo a arranjar soluções que eliminem ou mitiguem essas causas (Santos, 2008). Esta ferramenta básica da qualidade, também conhecida como a regra 80/20, baseia-se no princípio de Pareto: “80% dos problemas existentes num processo produtivo são causados por cerca de 20% das causas” (D. L. Goetsch & Davis, 1997; Pereira & Requeijo, 2008).

O Diagrama de Pareto consiste num gráfico de barras ordenadas por ordem decrescente de influência ou frequência, ilustrando a contribuição relativa de cada causa para o problema em análise. Este gráfico é também complementado por uma curva cumulativa que retrata a fração de ocorrências associadas às diversas categorias consideradas (D. Goetsch, 1994; Santos, 2008), como se pode verificar pela Figura 12.

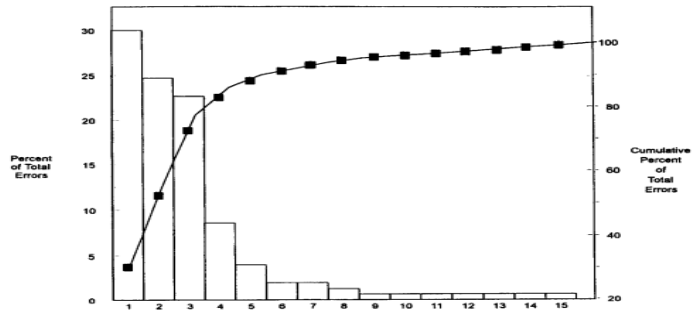


Figura 12 - Diagrama de Pareto (retirado de (Ries et al., 1997))

Assim, esta pronta visualização das causas que são responsáveis pela maior parcela do problema, permite estabelecer prioridades de atuação, evitando esforços desnecessários no combate a causas que não têm grande preponderância na ocorrência do problema, o que faz com que os esforços para a implementação de melhorias sobre os processos sejam centralizados (Pereira & Requeijo, 2008; Ryan, 2000).

2.1.3.3. Diagrama de Causa e Efeito

A análise de causa-efeito é usada com o intuito de descobrir os fatores que contribuem para os problemas. Esta técnica compreende o uso conjunto de Diagramas de Causa e Efeito com *brainstorming*. O Diagrama de Causa e Efeito, também conhecido como Diagrama de Ishikawa ou Diagrama em Espinha de Peixe, procura relacionar, graficamente, as causas com os problemas (efeitos) que as mesmas provocam (Pereira & Requeijo, 2008). Este diagrama ajuda a organizar os esforços de resolução de problemas, identificando fatores que podem estar a causar os problemas (Ahmed & Rezouki, 2020).

Esta ferramenta gráfica ajuda, então, a identificar e analisar, de forma estruturada e intuitiva, as origens/causas (espinhas) de um determinado problema (cabeça do peixe), sendo que estas causas pertencem geralmente a seis grupos gerais (6M): materiais, métodos de trabalho, mão de obra, máquinas, meio ambiente e medições. No entanto, esta definição de categorias não é obrigatória, podendo a equipa atribuir outras categorias que se adequem melhor à situação. De realçar que cada categoria pode ser subdividida e ter outras causas associadas que são representadas por espinhas menores, como representado na Figura 13 (D. L. Goetsch & Davis, 1997; Pereira & Requeijo, 2008).

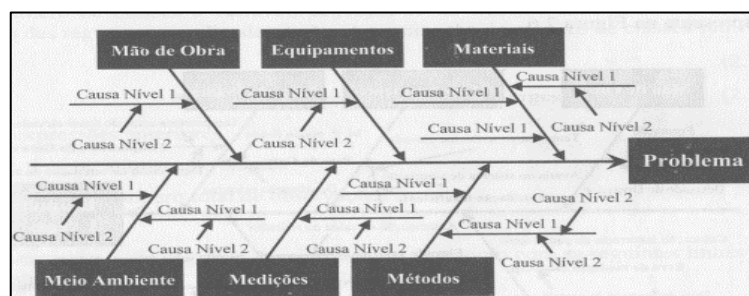


Figura 13 - Diagrama de Causa e Efeito (Fonte: Pereira & Requeijo, 2008)

2.1.3.4. Análise dos 5 Porquês

A ferramenta dos 5 Porquês é uma ferramenta de análise de problemas, cujo objetivo passa por melhorar a eficiência e a qualidade dos produtos e processos de uma organização, descobrindo a causa raiz de um problema de uma forma iterativa (Alukal, 2007). Esta metodologia de *brainstorming* consiste em questionar “porquê” cinco vezes (ou as vezes que forem necessárias; 5 é apenas uma Figura arbitrária) repetidamente até encontrar a causa raiz de um determinado problema, tendo em conta que a cada vez/iteração surge uma solução alternativa que está ligada à causa raiz (Ahmed & Rezouki, 2020). De realçar ainda que as respostas obtidas aos vários porquês têm como foco e objetivo a busca das causas raiz no processo e não nas pessoas envolvidas.

2.2. Total Productive Maintenance

2.2.1. Origem, definição e objetivos

O conceito de *Total Productive Maintenance* (TPM), foi introduzido por Seiichi Nakajima, vice-presidente do *Japanese Institute of Plant Engineers* (JIPE), no início da década de 70 como sendo uma metodologia de gestão de manutenção, que permite a redução dos custos de manutenção, provocando um impacto positivo em aspetos como a produtividade, qualidade, entrega, segurança, higiene e moral dos funcionários (McKone et al., 2001; Nakajima, 1988). Segundo o mesmo autor, as principais características do TPM estão relacionadas com os seguintes três significados:

- Eficácia total – procura contínua pela eficiência económica ou rentabilidade, através da manutenção preventiva e preditiva, na qual são estudadas as condições reais de funcionamento do equipamento tendo como base os parâmetros que informam o seu desgaste;
- Manutenção preventiva total – estabelecimento de um plano de manutenção que preserve os equipamentos e aumente o tempo da sua vida útil, o que inclui a prevenção de avarias pejorativas para o bom funcionamento do equipamento;
- Participação total – participação dos colaboradores de todos os níveis e departamentos da organização, isto é, a manutenção fica à responsabilidade de todos os colaboradores de uma organização, desde a gestão de topo até aos operadores do Gemba, através da execução de um grupo de atividades definido.

O TPM é, então, uma abordagem de manutenção que envolve toda a empresa na melhoria da produção, otimização dos equipamentos e gestão eficiente dos ativos das unidades industriais através da eliminação de todas as perdas associadas aos mesmos e da promoção de tarefas de manutenção diária por parte do operador, explorando o facto de que é ele quem trabalha com a máquina e quem melhor a conhece, criando no operador um sentimento de posse sobre a mesma (Ahuja & Khamba, 2008; The Productivity Development Team, 1999).

Tendo em conta que a visão tradicional da manutenção se baseava numa manutenção corretiva, na qual os equipamentos eram reparados apenas quando existia uma avaria, pode-se concluir que a metodologia TPM veio trazer uma mudança radical e uma perspetiva diferente relativamente a essa visão tradicional, pois o TPM baseia-se numa visão focada na melhoria contínua da eficiência do equipamento, através do trabalho em equipa e da muita dedicação, esforço e comprometimento dos colaboradores (Ahuja & Khamba, 2008).

Com o gradual reforço da automatização nos processos produtivos, e a conseqüente redução de pessoal, as máquinas e equipamentos passam a ser os ativos de uma empresa com maior relevância e que mais contribuem para o aumento do *output*. Portanto, as condições destes equipamentos necessitam de ser supervisionadas com atenção para que se evitem falhas imprevistas, perdas de velocidade e defeitos de qualidade (Nakajima, 1988).

Posto isto, o objetivo ideal desta metodologia passa por reforçar as estruturas e os equipamentos da organização, eliminando todas as perdas, através da realização de zero defeitos, zero avarias, zero acidentes e zero desperdícios (Sharma & Shudhanshua, 2012). Para atingir este objetivo, é necessário encontrar formas de avaliar a capacidade de produção dos mesmos. Por essa razão, as empresas recorrem a indicadores de desempenho operacionais de forma a avaliar a situação atual em que a empresa se encontra, para detetar as ineficiências existentes e atacá-las, identificando em que áreas se deve desenvolver melhorias e estabelecendo metas futuras a atingir. Para que tal aconteça, as métricas de desempenho, das quais se destaca o OEE, terão de permitir a avaliação, tanto da situação atual, como de alterações futuras, permitindo uma comparação entre os diferentes cenários (Nakajima, 1988; Silva, 2013). Num dos subcapítulos seguintes será feita uma abordagem mais detalhada ao OEE, explicando no que consiste, como se calcula e de que forma se pode melhorar o seu valor.

2.2.2. Os pilares do TPM

Para uma implementação bem-sucedida da metodologia TPM, existem estratégias básicas que devem servir de guia nessa mesma implementação. Estas estratégias assentam em oito pilares básicos que devem ser desenvolvidos por equipas coordenadas por gestores ou líderes de equipa, e que são essenciais para o alcançar das metas do TPM: zero perdas, zero defeitos e zero acidentes (The Productivity Development Team, 1999). Estes oito pilares encontram-se ilustrados na Figura 14.

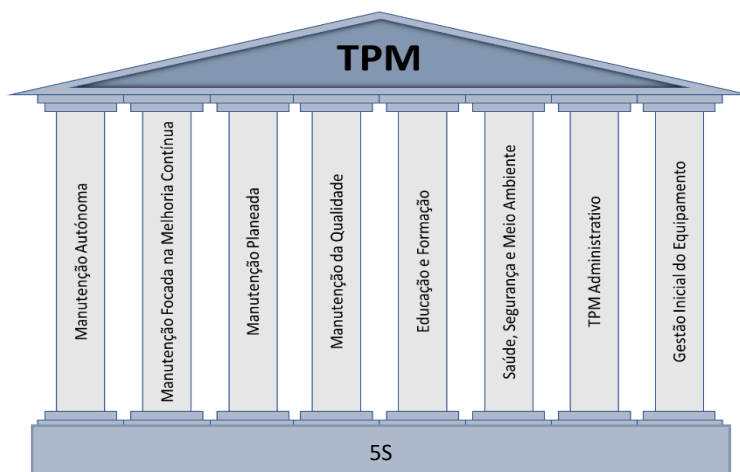


Figura 14 - Os Pilares do TPM

Este modelo estrutural apresentado na Figura 14, foi desenvolvido com o objetivo de integrar os diferentes pilares nos processos da empresa, para que possam atuar juntos na melhoria das funções relativas à manutenção dos equipamentos, e na aproximação entre os setores da manutenção e da produção (Ahuja & Kumar, 2009).

Fazendo ainda uma análise à mesma figura, pode-se verificar que estes pilares são sustentados pela metodologia 5S, pois a organização e limpeza dos centros de trabalho permite identificar e evidenciar os problemas que afetam negativamente a eficiência dos equipamentos (Venkatesh, 2007). Este conjunto de práticas têm como objetivo a melhoria na segurança do trabalho, a redução dos desperdícios, o aumento da produtividade e a melhoria da qualidade, através da manutenção de um ambiente de trabalho favorável e do uso de gestão visual (Gapp et al., 2008).

De seguida, é explicado o significado de cada um dos 8 pilares do TPM:

- **Manutenção Autônoma**

A manutenção autônoma tem como intuito melhorar a eficiência dos equipamentos através da formação técnica de manutenção básica (atividades de manutenção de 1º nível: limpeza, lubrificação, inspeção e/ou pequenos reparos e ajustes dos equipamentos) aos operadores, para que eles se sintam responsáveis e capazes de manter o bom funcionamento dos equipamentos, e assim se evite a sua deterioração (Venkatesh, 2007).

Posto isto, fica óbvio que para a total implementação deste pilar é imprescindível o contributo e a adesão dos operadores, pois são estas pessoas, que trabalham diariamente com os equipamentos e que melhor os conhecem, que devem cumprir com as atividades de manutenção básica de forma autônoma e dar *feedback* às pessoas responsáveis pelo projeto, para que, através dos *feedbacks* obtidos, se consiga promover iniciativas de melhoria da manutenção, melhorando continuamente a eficiência global dos equipamentos (Sharma & Shudhanshua, 2012; Venkatesh, 2007).

- **Manutenção focada na melhoria contínua do equipamento**

Este pilar é também designado de “*Kobetsu Kaizen*”, que significa “mudança para melhor”, e corresponde às atividades de melhoria desenvolvidas por uma equipa composta por elementos pertencentes às várias áreas funcionais da empresa (tais como produção, engenharia, manutenção, etc.). Esta equipa deverá trabalhar de forma proativa e unida de modo a focarem-se continuamente em pequenas melhorias realizadas nos equipamentos, eliminando e/ou mitigando as perdas, falhas, defeitos e resíduos associados a todos os passos do processo industrial (Ahuja & Khamba, 2008).

Assim, este conceito centra-se na identificação da origem das falhas e na eliminação das maiores perdas associadas, com o intuito de aumentar a eficiência dos equipamentos. Para tal, são utilizadas ferramentas de análise da causa raiz, como o diagrama de Ishikawa, o gráfico de Pareto, análise dos 5 Porquês, entre outras (Sharma & Shudhanshua, 2012; Venkatesh, 2007).

- **Manutenção planeada**

A manutenção planeada destina-se a manter o equipamento livre de falhas e paragens e a produzir com o nível de qualidade necessário, estabelecendo para isso um planeamento eficaz de manutenção preventiva ao longo do ciclo de vida do equipamento, de forma a aumentar a sua capacidade produtiva e a sua vida útil, evitar anomalias inesperadas e minimizar a probabilidade de trabalho extra (Singh et al., 2013). No entanto, para esse planeamento ser eficaz é fundamental que haja informação detalhada acerca de cada elemento, tais como a duração média de vida útil, e o seu desempenho, degradação e custo.

- **Manutenção da Qualidade**

A manutenção da qualidade procura eliminar as causas relativas aos equipamentos que interferem no aparecimento de produtos não conformes com o *standard* de qualidade. Neste tipo de manutenção, é também importante o controlo das condições ideais dos equipamentos de modo a atingir os zero defeitos na produção (Singh et al., 2013). Pode-se, então, concluir que existe uma ligação direta entre a taxa de falha dos equipamentos e a diminuição do nível de qualidade dos produtos (Gouiaa-Mtibaa et al., 2018).

Posto isto, este pilar visa a satisfação total do cliente, tendo como finalidade a deteção e prevenção de erros de produção, no sentido de reduzir a variação de um produto para outro, de modo a entregar produtos de elevada qualidade aos clientes, assim como evitar futuras reclamações dos mesmos (Agustiady & Cudney, 2018).

- **Educação e Formação**

Este pilar é uma parte fundamental para a implementação dos restantes pilares, dado que a eficácia da implementação TPM depende do grau de conhecimento adquirido por todos os colaboradores, pois estes precisam de saber executar de forma eficaz e independente as atividades

de manutenção, assim como compreender muito bem o funcionamento dos equipamentos, para que possam tomar melhores decisões sobre como solucionar problemas ocorridos nos equipamentos (Sharma & Shudhanshua, 2012; Thun, 2008; Venkatesh, 2007). De realçar que esta formação só pode ser atingida com colaboradores versáteis e apologistas da melhoria contínua, pois terá de ser realizada de forma contínua e progressiva, uma vez que só dessa maneira se consegue obter equipas qualificadas e melhorias na produção do produto (Singh et al., 2013; Venkatesh, 2007).

- **Saúde, segurança e meio ambiente**

Este pilar visa a criação de um ambiente de trabalho seguro que preserve a saúde e bem-estar dos colaboradores e do meio ambiente da organização, e que ao mesmo tempo seja visualmente apelativo e agradável. Para tal, este incorpora atividades como rotinas de limpeza, arrumação, e formações de ambiente e segurança industrial, para que a área circundante não seja danificada pelo decorrer normal dos processos ou procedimentos produtivo (Venkatesh, 2007). Deste modo, o objetivo deste pilar é promover a confiabilidade dos equipamentos e a ergonomia, e eliminar potenciais riscos de saúde e segurança, de forma a atingir os zero acidentes, zero incêndios, zero problemas de saúde associados e diminuição dos resíduos (Singh et al., 2013).

- **TPM administrativo**

O TPM administrativo pretende melhorar a produtividade e a eficiência das funções administrativas de apoio à produção (como é o exemplo da logística, das compras, da contabilidade e do planeamento), assim como a ligação e fluxo de informação entre a manutenção e a produção, eliminando algumas complicações nesse contacto entre as duas áreas (Singh et al., 2013).

- **Gestão Inicial do Equipamento**

Este pilar consiste em desenvolver a capacidade de controlar e minimizar os problemas dos novos equipamentos, permitindo obter equipamentos fiáveis, flexíveis, operáveis e seguros. No momento de conceção de novos projetos ou aquisição de novos equipamentos, esta gestão serve de auxílio nas decisões, uma vez que estuda os custos de operação e manutenção durante todo o ciclo de vida dos equipamentos (The Productivity Development Team, 1999). Tendo isso em conta, o objetivo deste pilar é minimizar as despesas de manutenção, reduzindo o custo do ciclo de vida do equipamento (Sharma & Shudhanshua, 2012).

Posto isto, é essencial que estes pilares mencionados se articulem e cooperem entre si para que a metodologia TPM tenha uma implementação eficaz na empresa (Wang, 2006).

2.2.2.1. Manutenção Autónoma

Como mencionado anteriormente, este pilar do TPM promove a parceria entre a produção e a manutenção, de modo a que os próprios operadores dos equipamentos realizem operações básicas

de manutenção (limpeza, lubrificação e inspeção), libertando assim os técnicos de manutenção para se concentrarem em atividades de maior valor acrescentado (Singh et al., 2013).

Os principais objetivos da manutenção autónoma passam por (Ahuja & Khamba, 2008; Cabral, 2006):

- Melhoria da Qualidade: obtenção de melhores produtos e maior produtividade;
- Custo reduzido: reduzindo as falhas do equipamento, evitam-se os problemas que se traduzem em custos;
- Tempo reduzido: a correta previsão de falhas faz com que estas sejam corrigidas mais rapidamente;
- Aproximação entre os setores de produção e manutenção, conciliando os interesses e os conhecimentos entre as duas áreas, de modo a melhorar os resultados dos equipamentos e a redução de desperdícios.
- Desenvolver nos operadores um sentido de responsabilidade e autonomia sobre o equipamento e assim ter maior domínio sobre o mesmo.

Segundo Acharya et al. (2019) e Cabral (2006), a aplicação da manutenção autónoma pode ser dividida em sete etapas:

1. Limpeza inicial dos equipamentos: eliminar por completo o pó e a sujidade, e ao mesmo tempo tentar encontrar irregularidades, como defeitos e contaminações, e repará-las;
2. Medidas de combate contra as fontes de sujidade e locais de difícil acesso: manter o estado de limpeza alcançado no passo anterior, identificando e eliminando as fontes de contaminação e derrames. Nesta etapa também se deve melhorar as zonas difíceis de limpar e lubrificar, criando pontos de fácil acesso;
3. Elaboração de normas de limpeza e lubrificação: estabelecimento de normas de limpeza, lubrificação, inspeção e/ou reaperto, com o objetivo de reduzir e otimizar os tempos de execução dessas tarefas.
4. Inspeção geral: aplicação de técnicas de inspeção geral para que sejam detetadas e restauradas as falhas nos equipamentos. Nesta etapa, é crucial a ajuda dos técnicos de manutenção, pois devem instruir os operadores na identificação de alguns tipos de falhas e na utilização de técnicas de manutenção básicas para solucionar essas falhas;
5. Inspeção autónoma: uma vez que nesta altura os operadores já se encontram suficientemente treinados na execução da inspeção geral, procede-se então com a elaboração e execução de listas de inspeção autónoma (folhas de inspeção);
6. Organização e controlo: consiste na identificação de zonas do local de trabalho que necessitam de ser organizadas, estabelecendo e cumprindo os respetivos standards de organização. Para tal, os operadores terão de cumprir com estes tipos de atividades: normas de inspeção, limpeza e lubrificação; normas de fluxo de materiais; normas de

controle de ferramentas, moldes e peças; detecção e correção de condições anormais; e normalização do registo de dados de produção e qualidade;

7. Consolidação: esta etapa serve para consolidar a manutenção autónoma dentro da unidade industrial, com o intuito de manter os passos anteriores e desenvolver continuamente os operadores, para que se mantenham os equipamentos em ótimo estado e pleno funcionamento.

2.2.3. OEE

2.2.3.1. Definição

O OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), originalmente difundido por Nakajima (1988), é um indicador de performance vastamente utilizado na Indústria, tendo sido criado juntamente com o conceito TPM para calcular a percentagem de eficiência real do equipamento de forma a avaliar a evolução do programa TPM (Martin & Osterling, 2007).

O OEE tem um papel fundamental na maximização da eficiência global dos equipamentos por se tratar de um indicador que permite análises mais detalhadas das perdas associadas aos equipamentos. Assim, o seu cálculo permite analisar as reais condições de utilização dos equipamentos, no sentido em que permite uma visão clara dos fatores que estão a influenciar negativamente a eficiência operacional (Nakajima, 1988). Deste modo, este indicador mede o desvio relativamente ao objetivo de zero paragens por avarias e zero defeitos provocados pelo equipamento. A diferença entre o OEE real medido e o OEE potencial máximo será igual ao custo das não conformidades (Willmott & McCarthy, 2000).

O OEE é uma métrica que avalia o desempenho dos equipamentos de forma “tridimensional”, uma vez que contempla três fatores:

- Índice de Disponibilidade – o tempo útil que o equipamento tem para produzir;
- Índice de Performance – a eficiência demonstrada durante o funcionamento;
- Índice de Qualidade – a qualidade dos produtos obtidos.

Posto isto, o valor do OEE é obtido através do produto entre estes três índices, como se apresenta em seguida:

$$OEE = Disponibilidade \times Performance \times Qualidade \quad (1)$$

Sucintamente, segundo (Silva, 2013), o OEE pode ser definido como uma “Máquina Perfeita”: Se durante um determinado período de tempo não existirem perdas de nenhum tipo, isto é, o equipamento esteve sempre apto a produzir quando necessário e produziu sempre produtos sem defeitos à primeira e à velocidade máxima definida, então diz-se que operou com 100% de eficácia global.”. Isto significa que uma percentagem de 100% do OEE revela que apenas foram produzidas

peças sem defeitos da forma mais rápida possível, não tendo havido tempos de paragem indesejados nesse período de tempo.

Ainda assim, de acordo com (Nakajima, 1988), o valor ideal do OEE deve ser igual ou superior a 85%. No entanto, dependendo do valor de OEE obtido, existem 4 conclusões distintas que se podem tirar:

- <65% - a empresa ou o processo são pouco competitivos;
- 65% - 75% - se estamos perante uma tendência crescente, estes valores podem ser aceites, o que significa que o desempenho está a ser controlado;
- 75% - 85% - a eficiência está devidamente controlada, mas a empresa ainda terá como objetivo atingir os valores mundiais de referência;
- >85% - valores mundiais de referência, ou seja, o desempenho está otimizado.

2.2.3.2. Seis Grandes Perdas

O OEE permite uma melhor compreensão do processo produtivo ao nível do seu desempenho, dado que uma análise cuidada aos seus fatores permite identificar fontes de perda e a sua eliminação ou mitigação. A novidade que o OEE veio trazer comparativamente com outros indicadores foi a inclusão dos desperdícios “escondidos” dos equipamentos no seu cálculo (Ljungberg, 1998).

Segundo Nakajima (1988), o ponto de partida para o alcance da máxima eficiência global passa pela identificação de todas as perdas dos equipamentos, pois só assim poderemos identificar a raiz dos problemas, para que, posteriormente, consigamos saber quais as ações de melhoria a realizar com o intuito de eliminar as perdas identificadas.

Deste modo, com base nas 3 dimensões do OEE, Nakajima (1988) definiu as seis grandes perdas dos equipamentos que o TPM pretende eliminar (Ahuja & Khamba, 2008):

- Falhas e Avarias – indisponibilidade do equipamento durante um determinado período de tempo até que se consiga repor as condições normais de funcionamento;
- *Setups* e Ajustagens – resulta de paragens associadas a mudanças de produção ou de produtos e respetivas ajustagens. Corresponde ao intervalo de tempo entre o momento em que se parou de produzir uma referência e o momento em que se inicia a produção de outra referência;
- Pequenas paragens / Micro paragens – quebras momentâneas nas linhas produtivas que provocam interrupções nos ciclos dos equipamentos, resultando em paragens e arranques constantes. Acontece, por exemplo, quando um sensor não deteta algo. Estas paragens, ao contrário das falhas e avarias, não necessitam de mais de 5 minutos para que o equipamento volte a operar normalmente, isto é, até que a verdadeira causa do problema seja encontrada e eliminada.

- Quebras de Velocidade – caracteriza-se pela diferença entre a velocidade real e a teórica/nominal. Estas perdas ocorrem quando um equipamento está a trabalhar a uma velocidade inferior à que era suposto estar, isto é, a velocidade de trabalho do equipamento é reduzida de forma a encobrir as reais causas do problema, sem que se pare o equipamento.
- Defeitos e Retrabalho – perdas relacionadas com a produção de produtos não conforme/defeituosos e com a necessidade de retrabalho, causadas pelo mau funcionamento dos equipamentos.
- Perdas no Arranque - ocorrem nos equipamentos com restrições técnicas na altura do arranque de produção, uma vez que obrigam a que haja um determinado período de tempo com produção ineficiente até à estabilização das condições de produção.

De forma estruturada e resumida, na tabela 2, apresenta-se qual o índice do OEE que está relacionado para cada tipo de perda, assim como exemplos de ocorrências que se podem associar a cada uma das perdas, reunidos por (Silva, 2013).

Tipos de perdas	Índice de OEE afetado	Ocorrências
1. Falhas/Avarias	Disponibilidade	<ul style="list-style-type: none"> • Avaria mecânica ou elétrica • Falha geral do equipamento • Intervenções de manutenção não planeadas • Falhas de energia • Falta e/ou procura de ferramentas • Formação dos operadores
2. Setups e Ajustes		<ul style="list-style-type: none"> • Mudança de produto • Substituição de ferramentas de desgaste ou de matérias consumíveis • Paragens para limpeza • Falta de abastecimento (energia, matérias-primas) • Indisponibilidade do pessoal
3. Pequenas paragens (micro paragens)	Performance	<ul style="list-style-type: none"> • Limpeza e pequenos ajustes • Obstrução no fluxo de material a montante ou de produto a jusante • Substituição de ferramentas e materiais consumíveis por parte do operador • Verificação e regulação de parâmetros
4. Quebras de velocidade		<ul style="list-style-type: none"> • Funcionamento abaixo da velocidade especificada • Funcionamento irregular de algum equipamento • Perdas de tempo desnecessárias por parte do operador – incapacidade de garantir o funcionamento regular
5. Defeitos e Retrabalho	Qualidade	<ul style="list-style-type: none"> • Produto fora da especificação • Retoques e retrabalho • Falta de componentes • Montagem e/ou componente incorretos • Sucata
6. Perdas no arranque		<ul style="list-style-type: none"> • Produto fora da especificação • Sucata • Retrabalho do produto

Tabela 2 - Tipos de perdas e exemplos de ocorrências que afetam o OEE (Adaptado de Silva, 2013)

2.2.3.3. Cálculo do OEE - Componentes do OEE

Para o cálculo do OEE, é crucial mensurar cada um dos três fatores que o constituem, dado que a partir da análise dos mesmos é possível identificar os pontos débeis existentes no processo

produtivo onde terão que ocorrer melhorias (Nakajima, 1988). Esta divisão do OEE em vários componentes facilita a associação de problemas a uma determinada área, o que permite tomar decisões mais assertivas e que, consecutivamente, aumentem a eficiência (Purba et al., 2018).

A medida mais utilizada para o cálculo do OEE é o produto acabado. No entanto, o valor do OEE também pode ser obtido recorrendo a unidades de tempo. Na Figura 15 apresenta-se a forma como o tempo total é decomposto para o cálculo do OEE:

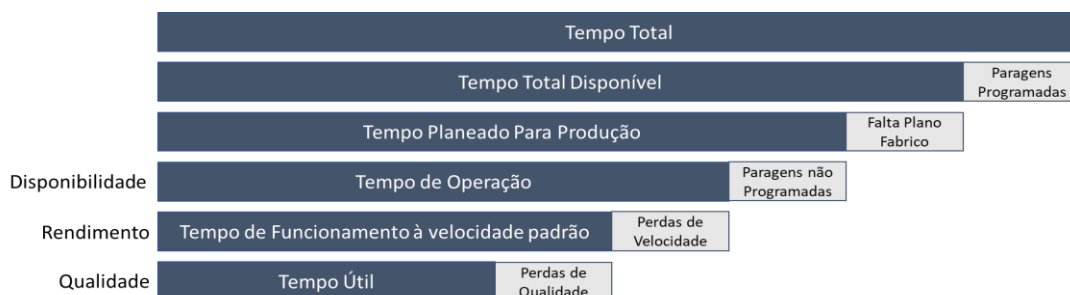


Figura 15 - Decomposição do tempo para o cálculo do OEE (Adaptado de (Miguel, 2006))

A obtenção do valor do indicador OEE, para cada índice, pode ser feita recorrendo às expressões seguintes (Muchiri & Pintelon, 2008):

Disponibilidade – representa, percentualmente, o desfasamento que existe entre a quantidade de tempo que o equipamento esteve disponível para produzir (tempo efetivo de produção ou tempo de operação), e a quantidade de tempo que foi programado para trabalhar (tempo planeado para produção). Como se pode verificar pela Figura 16 (fragmento retirado da Figura 15), o Tempo Planeado para Produção obtém-se através da subtração das perdas por paragens programadas ao Tempo Total. Já o Tempo de Operação resulta da subtração das paragens não programadas ao Tempo Total Disponível, quantificando paragens como: falhas, *setups* ou ajustes.

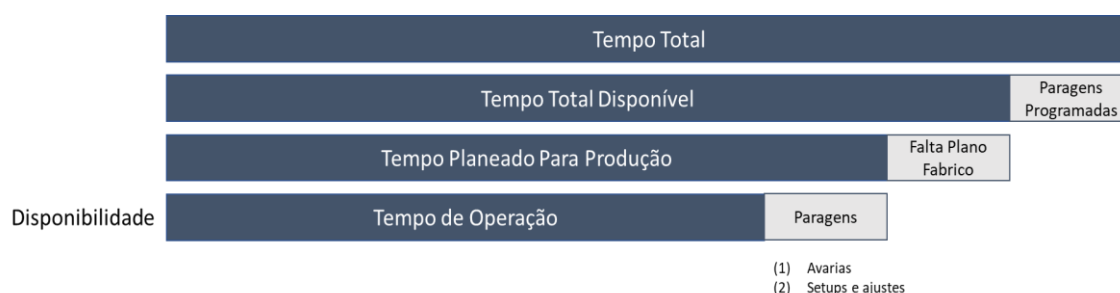


Figura 16 - Decomposição do Tempo Total para o cálculo da Disponibilidade (Adaptado de (Miguel, 2006))

Assim, este fator é calculado da seguinte forma:

$$Disponibilidade = \frac{Tempo\ de\ Operação}{Tempo\ Planeado\ para\ Produção} \quad (2)$$

Em que: $Tempo\ Planeado\ para\ Produção = Tempo\ Total - Perdas\ por\ Paragens\ Programadas \quad (3)$

$$e \quad \text{Tempo de Operação} = \text{Tempo Planeado para Produção} - \text{Perdas por Paragens não Programadas} \quad (4)$$

Performance – exprime, em percentagem, a relação entre a quantidade de tempo que o equipamento esteve efetivamente a produzir (Tempo de Funcionamento à velocidade padrão), e a quantidade de tempo que o equipamento esteve disponível para produzir (Tempo de Operação). Neste índice, são quantificadas as esperas, as micro paragens e as velocidades reduzidas, como se pode verificar pela seguinte Figura 17:

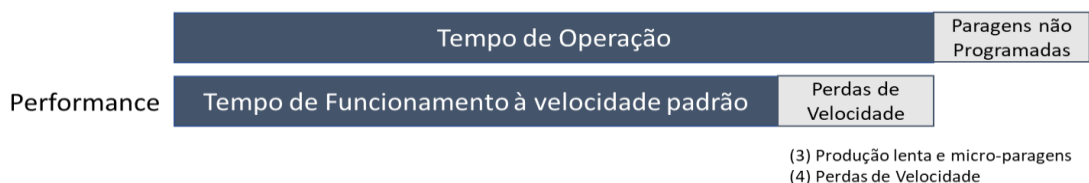


Figura 17 - Decomposição do Tempo de Operação para o cálculo da Performance (Adaptado de (Miguel, 2006))

Este fator é calculado da seguinte forma:

$$\text{Rendimento} = \frac{\text{Tempo de Funcionamento à velocidade padrão}}{\text{Tempo de Operação}} \quad (5)$$

$$\text{Ou seja, } \text{Rendimento} = \frac{\text{Tempo de Ciclo padrão} \times \text{Total de Unidades Produzidas}}{\text{Tempo de Operação}} \quad (6)$$

Qualidade – representa a percentagem entre as unidades que cumprem os standards de qualidade (Nº de Peças Boas), e o número de unidades produzidas (Nº Total de Peças Produzidas). Este índice simboliza a capacidade de se fazer bem à primeira, e engloba os defeitos no processo, assim como as perdas de rendimento devido ao retrabalho. A decomposição de tempo para o cálculo deste fator encontra-se ilustrada na seguinte Figura 18:



Figura 18 - Decomposição do Tempo de Funcionamento à velocidade padrão para o cálculo da Qualidade (Adaptado de (Miguel, 2006))

Assim, este fator é calculado da seguinte forma:

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Tempo Útil}}{\text{Tempo de Funcionamento à velocidade padrão}} \quad (7)$$

Alternativamente, o fator Qualidade pode também se traduzir na fórmula seguinte:

$$\begin{aligned} \text{Qualidade} &= \frac{N^{\circ} \text{ Total de Peças Produzidas} - \text{Unidades defeituosas}}{N^{\circ} \text{ Total de Peças Produzidas}} \\ &= \frac{N^{\circ} \text{ de Peças Boas}}{N^{\circ} \text{ Total de Peças Produzidas}} \end{aligned} \quad (8)$$

Posto isto, e de forma a resumir a informação exposta, na Figura 19 apresenta-se uma ilustração com a decomposição do OEE, na qual se verifica o agrupamento por tipo de perdas e se demonstra qual o índice que está relacionado com cada tipo de perda.

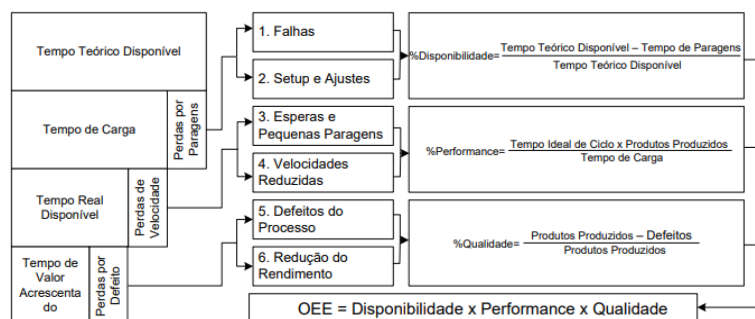


Figura 19 - Resumo de perdas e cálculo do OEE (adaptado de Bellgran & Safsten, 2009)

Após a mensuração destes componentes, é necessário fazer a análise dos mesmos e acompanhar a evolução destes valores. Mesmo que o principal objetivo das empresas passe por elevar todos os dias o OEE, muitos autores apresentam valores de referência mundial, ainda que não haja uniformidade entre eles (Dal et al., 2000).

Uma vez que os conceitos teóricos que servem de base para a realização do presente projeto estão contextualizados, é apresentado, nos capítulos seguintes, a implementação prática de alguns destes conceitos.

2.3. Visualização de dados e acompanhamento do desempenho

Business Intelligence (BI) é definido como um processo de apresentação de grandes quantidades de dados numa plataforma adequada ao público-alvo, que permite gerar conhecimento e ajudar os indivíduos nos processos de tomada de decisão e controlo das organizações, dado que estas plataformas disponibilizam a informação de diversas formas como *dashboards*, relatórios, tabelas, gráficos e ferramentas interativas de análise multidimensional (Nicolau, 2012). O *Power Bi*, ferramenta de análise utilizada no projeto apresentado neste relatório, corresponde a uma dessas plataformas, sendo uma ferramenta constituída por um conjunto de conectores e aplicações capazes de transformar fontes de dados não relacionadas em informações coerentes, visualmente envolventes e interativas. Desta forma, todos os dados (as longas listas e tabelas com informação em bruto) são transformados em gráficos/*dashboards* que, apoiados na gestão visual, simplificam o trabalho dos gestores, uma vez que estes utilizadores conseguem obter a informação em tempo real (Microsoft, 2019).

2.3.1. KPI's

Os KPI's são indicadores de desempenho que funcionam como uma medida de comunicação, dado que conseguem medir a performance de um processo e indicar onde estão os principais problemas e desperdícios organizacionais que podem ser eliminados (Lindberg et al., 2015).

Todos os indicadores são uma parte importante na monitorização do desempenho dos processos e direcioná-los para os objetivos da organização. No entanto, estes indicadores podem se apresentar em três níveis diferentes de desempenho (Paula, 2015):

- **Estratégicos:** indicadores de desempenho que auxiliam os gestores na tomada de decisões, pois a sua principal função passa por demonstrar se os objetivos da empresa estão a ser alcançados, bem como, avaliar o impacto de ações nos resultados da empresa. Nestes indicadores, a recolha de dados tem uma periodicidade mensal.
- **Táticos:** indicadores que são acompanhados pela gestão de cada departamento, estando diretamente relacionados com aspetos intrínsecos da empresa como os produtos, serviços, fornecedores e/ou clientes.
- **Operacionais:** indicadores projetados para a especificidade de cada área ou tarefa, cuja função passa por fornecer mais detalhes para a perceção dos resultados dos indicadores estratégicos e táticos. A atualização dos dados relativos a estes indicadores é realizada em tempo real, devido à natureza dinâmica e alta frequência de utilização a que estes KPI's são sujeitos.

2.3.2. *Dashboard*

Para facilitar a forma de leitura dos indicadores são habitualmente criados *dashboards*. Um *dashboard* de *Business Intelligence* é uma ferramenta interativa de visualização gráfica onde se expõe, através de gráficos e/ou tabelas, os indicadores que permitem monitorizar todo o processo organizacional (Caldeira, 2010). Assim, o *dashboard* é uma ferramenta que fornece informação sobre o desempenho, promove a tomada de decisões e alinha a estratégia com a implementação, dado que a concentração de informação relevante num só local permite aos utilizadores usufruir de uma visão panorâmica dos processos, de modo a que sejam capazes de identificar, explorar e comunicar as áreas problemáticas que necessitam ação corretiva (Ikechukwu et al., 2012).

Quando utilizados numa organização, os *dashboards* estão associados a diversas vantagens, tais como (Eckerson, 2011): i) traduzem o desempenho operacional da organização em métricas, objetivos e iniciativas customizadas de forma clara, precisa e de fácil identificação; ii) o gestor poderá conectar-se a todas as fontes de informação da empresa; iii) promovem a comunicação interna pela publicação de dados de performance, fomentando o diálogo entre os gestores e os seus colaboradores; iv) tendem a diligenciar uma competitividade amigável entre colaboradores e departamentos; v) redução de custos pela consolidação e padronização da informação; vi) promovem a autonomia e proatividade nos colaboradores.

3. Análise e descrição do estado inicial

O presente capítulo destina-se a apresentar o centro de trabalho onde se realizou o projeto, assim como a forma de como este se encontrava quando o mesmo se iniciou.

Neste capítulo, serão apresentados os valores dos indicadores calculados, principalmente os valores dos fatores que constituem o OEE, da linha de aglomeração de blocos onde decorreu o projeto. Para tal, foi realizada uma análise dos registos onde estavam detalhados os tempos produtivos e improdutivos. Esses registos podiam ser obtidos, com um nível de precisão alto, através de um *software* que realizava a monitorização de todo o fluxo de material, desde a aspiração de granulado nos ciclones até à colocação do bloco na palete. Com base nesses dados, procedeu-se à obtenção dos indicadores, cujo cálculo é explicado apenas na secção seguinte. Nesta secção segue apenas a análise aos resultados obtidos no cálculo do OEE relativos à situação inicial, de modo a perceber onde se deve atuar para atingir o objetivo de “zero perdas, zero desperdícios e zero acidentes”.

Através do cálculo e obtenção dos valores dos indicadores, foram apontados os principais problemas encontrados no período situado entre julho de 2020 e dezembro de 2020, na qual se realizou:

- Uma Análise de Pareto, para encontrar os tipos de paragem mais recorrentes nas linhas e escolher quais se iriam atacar durante o período do projeto de estágio;
- Um Diagrama de Ishikawa ou Diagrama de Causa-e-Efeito, para encontrar as causas que provocavam as perdas existentes no centro de trabalho;
- E a análise dos 5 Porquês para alguns dos problemas abordados, de forma a pormenorizar e tornar evidente as causas raízes que levavam à ocorrência desses mesmos problemas.

3.1. Aglomeração de blocos de cortiça

A secção de aglomeração de blocos de cortiça era constituída por 3 centros de trabalho, que se diferenciavam entre si, principalmente, pelas medidas dos blocos resultantes da aglomeração, isto é, cada um dos 3 centros de trabalho aglomerava blocos com medidas únicas. Isso significa que as medidas dos moldes utilizados para o processo de aglomeração eram diferentes entre as diferentes linhas:

- Linha 1 – Blocos com medidas de 940x640x250 mm.
- Linha 2 – Blocos com medidas de 950x650x200 mm.
- Linha 3 – Blocos com medidas de 950x650x210 e 1030x530x210 mm.

Dentro daquilo que era o contexto da empresa, a importância relativa de qualquer uma das linhas de aglomeração de blocos de cortiça era elevada, uma vez que as placas de cortiça e muitos dos produtos customizados eram derivados dos blocos produzidos nessas linhas.

De realçar que o projeto se desenvolveu na linha 1, portanto, no seguinte subcapítulo são apresentadas as características desta linha de aglomeração.

3.1.1. Linha 1

3.1.1.1. Processo produtivo

Como já referido anteriormente, o granulado de cortiça que as linhas de aglomeração utilizavam era proveniente da unidade industrial de Triturações. Este granulado chegava às linhas através de tubagens que ligavam os locais onde a cortiça era triturada até aos silos da aglomeração, onde era armazenado. Os diferentes tipos de granulado, divididos por granulometria e densidade, eram colocados em diferentes silos. Contudo, esta divisão do granulado pelos diferentes silos era responsabilidade da unidade de Triturações, e não da unidade industrial onde se insere o projeto. Por outro lado, uma vez que existiam referências de blocos que utilizam borracha para a sua produção, e tendo em conta que a borracha não era proveniente de nenhuma outra unidade industrial da empresa, mas sim de reaproveitamento de outras indústrias, o fornecimento desse material não-cortiça era realizado através de *big-bags*. Posto isto, seja através dos silos, no caso do granulado de cortiça, ou através de *big-bags*, no caso do material não-cortiça, o material era colocado em tremonhas para daqui ser enviado, através de tubagens, para os ciclones que, por sua vez, sugam o material para os silos-tampão, que se situam nos pisos superiores de cada uma das linhas de aglomeração.

Destes silos-tampão, o material necessário para a produção do bloco seguia para a balança, situada no piso imediatamente abaixo, onde era garantida a pesagem do material necessário para a formulação do bloco. Depois de pesado, esse material era enviado para o misturador, enquanto se adicionavam os aditivos (cola e água), dando origem à mistura final. Quando autorizada, isto é, se o pistão ficasse aberto, a mistura era, então, enviada para o molde, já localizado no piso onde ocorre efetivamente o processo de aglomeração. Após a descarga da mistura, esta era prensada no molde, pela prensa. Posteriormente, e após a moldagem do bloco, o molde seguia para a estufa, onde o bloco presente no molde iria cozer. Quando saía da estufa, para que o bloco pudesse ser desmoldado, era ainda necessário um período de estabilização, em que esse molde percorria por todo o circuito de moldes da linha. Depois do molde terminar o circuito, o bloco era desmoldado, sendo transportado através de tapetes até ao Paletizador, onde o bloco era colocado na paleta. Essas paletes são, então, levadas para o armazém de blocos, onde estes vão ficar por um período mínimo de setenta e duas horas, equivalente ao período de estabilização necessário para um bloco poder sofrer operações de transformação. No fluxograma da Figura 20, estão ilustradas todas as etapas constituintes do processo produtivo da linha, o que permite obter uma visão mais clara em relação ao processo.

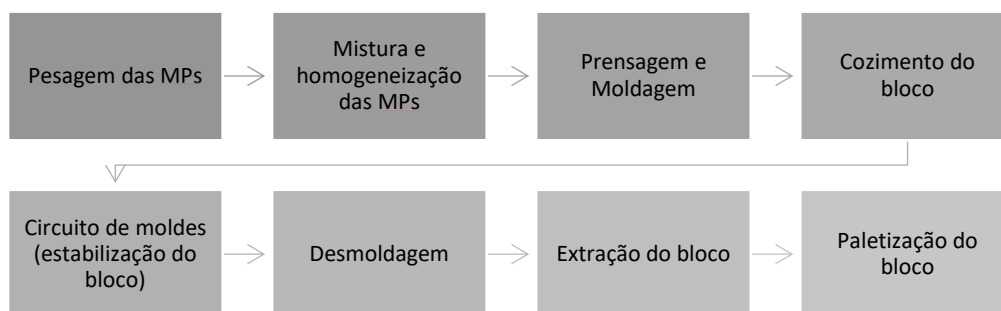


Figura 20 - Etapas do processo produtivo de aglomeração

3.1.1.2. Equipamentos constituintes da linha de produção

Os equipamentos que constituíam a linha produtiva encontravam-se instalados em cinco pisos distintos, com o telhado inclusive. O centro de trabalho encontra-se esquematizado na Figura 21, evidenciando assim os constituintes da linha. Na figura encontra-se ainda evidenciada, com contorno laranja, em que parte do processo se encontrava o circuito de moldes, cuja descrição e caracterização se situa no subcapítulo seguinte.

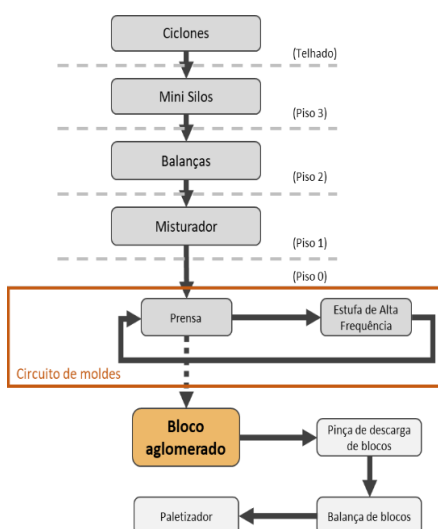


Figura 21 - Esquema do processo produtivo e equipamentos constituintes

Na tabela 3, encontram-se descritos os principais equipamentos que constituíam a linha de produção:

Equipamento	Descrição	Piso
Silo	Grande depósito que recebe matéria-prima (granulado de cortiça) da trituração através de condutas	Exterior
Tremonha	Pequeno depósito onde é colocado o material, cortiça ou borracha. No fundo está conectada a tubagem de aspiração para o transporte de material.	Exterior
Ciclone	Equipamento afunilado cujo objetivo é extrair o material granulado das condutas e separar as poeiras e partículas leves das mais pesadas. Utilizando aspiração, a separação é realizada através do peso das partículas.	4 / Telhado

Silo-tampão	Depósito de menores dimensões que o silo, e recebe material proveniente de big bags ou dos silos. É constituído por um agitador, que facilita o movimento das partículas e por um senfim.	3
Balança de granulado	Depósito constituído por células de carga cuja função é pesar o granulado necessário para aglomerar um bloco.	2
Balança de cola	Depósito com fundo afunilado que contém células de carga para pesar a quantidade de cola necessária para produzir um bloco.	2
Misturador	Equipamento que contém umas pás que giram sobre um eixo vertical, com o objetivo de misturar os granulados com os aditivos (maior parte das vezes, cola e água) de forma homogênea.	1
Pistão	Equipamento que funciona como vaivém de forma a impedir ou permitir a mistura de descer para o molde	1
Raseira	Meio de transporte que leva a mistura saída do misturador para o molde.	1
Prensa	Equipamento que compacta o material verticalmente, de modo a dar a forma de bloco ao material. É com este equipamento que existe a moldagem e desmoldagem do bloco.	0
Estufa Alta Frequência	Equipamento que tem como função o cozimento dos blocos.	0
Manipuladores	Manobradores que agarram os moldes e os colocam ou retiram dos carros	0
Arrastos	Constituídos por cilindros hidráulicos que permitem movimentar os carros em cima de carris	0
Transfers	Veículo que transporta os carros vazios ou cheios (com 4 moldes)	0
Paletizador	Equipamento que permite a colocação dos blocos aglomerados em paletes	0

Tabela 3 - Principais equipamentos constituintes da linha de produção

3.1.1.3. Circuito de movimentação de moldes

No piso inferior da linha produtiva, o molde chegava à zona de prensagem/moldagem/desmoldagem, para que a mistura presente no misturador fosse descarregada neste. Depois de realizada a descarga e prensagem do material, o molde era enviado para a estufa de alta frequência.

Dependendo da referência do bloco, o molde permanecia dentro da estufa durante um período que variava entre 125 a 155 segundos, a cerca de 150°C. Após o cozimento, o molde era colocado num carro, que por sua vez se encontrava em cima de um transfer. Depois do carro atingir os 4 moldes, o *transfer* iniciava o seu curso, deixando o carro no circuito de carros, onde os blocos estabilizavam ao longo do tempo, pois, o carro demorava, no mínimo, 3 horas a chegar ao final do circuito de carros.

Após a chegada do carro ao final do circuito, este entrava noutra *transfer*, no qual ia ser transportado até à zona de prensagem/moldagem/desmoldagem. Depois, os moldes eram retirados do carro, um a um, seguindo para a prensa, onde seriam desmoldados. De seguida, os blocos aglomerados eram extraídos do molde, começando de novo o processo de produção de outro bloco (através da descarga da mistura nesse mesmo molde, em que foi retirado o bloco).

Com o intuito de proporcionar uma melhor compreensão, está presente, na Figura 22, um fluxograma do circuito de movimentação de moldes. De realçar que os segmentos com fundo azul representam as partes do processo em que o molde estava pousado em cima de um carro, já no processo de estabilização.

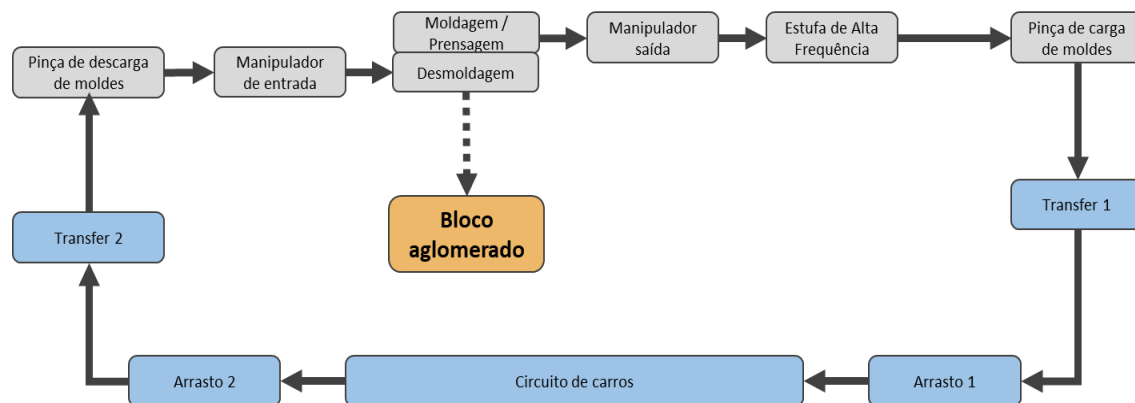


Figura 22 - Circuito de movimentação dos moldes

3.1.1.4. Software da máquina

O processo produtivo desta e de todas as outras linhas de aglomeração de blocos era monitorizado através de um *software* de supervisão e aquisição de dados. Isto significava que todo o sistema produtivo era dependente deste *software*, dado que era possível realizar todas as operações do processo com o uso dos instrumentos virtuais implementados na interface do *software*. Por exemplo, através do *software*, o operador conseguia interromper ou permitir a aspiração do material para os silos-tampão, ou até colocar os manipuladores em modo manual e controlar ele próprio o curso destes.

Este *software* serve também de controlo de qualidade e precaução de grandes avarias, uma vez que caso os valores das variáveis do processo produtivo (temperatura, vazão, nível, etc.) saíssem da faixa aceitável, o sistema poderia gerar um alarme na tela, alertando o operador da ocorrência de um eventual problema no processo produtivo. Desta forma, as intervenções no processo eram feitas rapidamente, garantindo que o produto final tinha sempre as características desejáveis.

3.2. Caracterização da situação encontrada – análise aos indicadores

3.2.1. Análise do indicador OEE – situação inicial

Para se obter um retrato completo do estado da situação atual, era necessária uma análise aos equipamentos, quantificando a sua eficiência e as suas principais perdas, com o intuito de perceber se este indicava necessidade de melhoria e, em caso afirmativo, perceber de que forma se poderia proceder à melhoria do mesmo de forma a reduzir as perdas ao máximo e, se possível, eliminá-las. Assim, a métrica que se achou mais adequada para estudar o desempenho dos equipamentos foi o OEE, metodologia já explicada anteriormente.

Portanto, nesta fase inicial do projeto procedeu-se à análise do indicador OEE. Atente-se que este indicador foi calculado de raiz, pois não havia um OEE oficial calculado, e a explicação de todo

o cálculo irá ser explicado no capítulo 4, assim como a identificação do local de onde eram provenientes os dados utilizados.

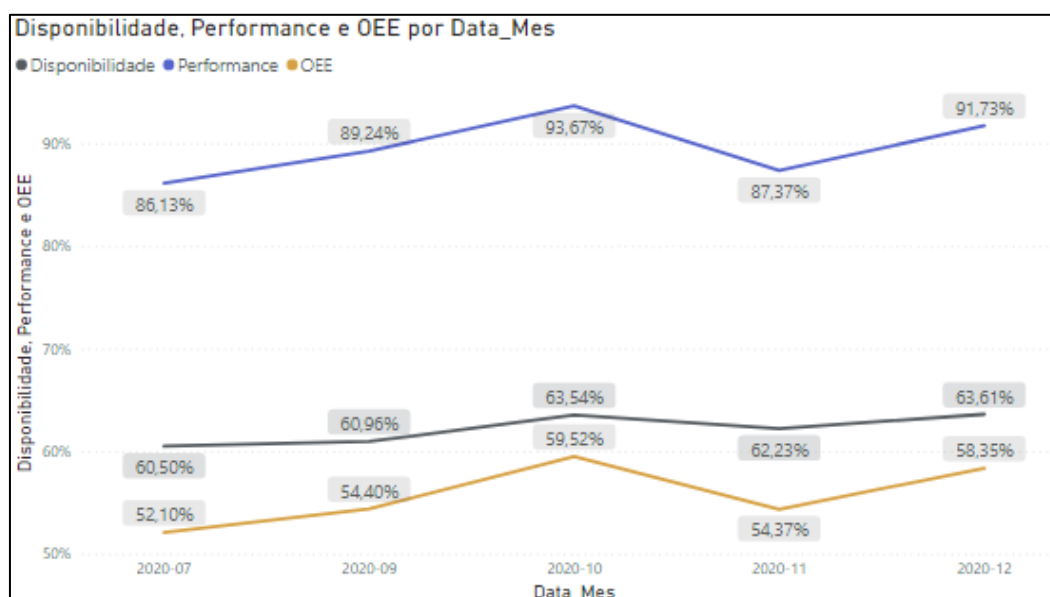


Figura 23 - OEE e os seus fatores no período entre julho e dezembro de 2020

Analisando o gráfico da Figura 23, pode-se concluir que ao longo destes meses em estudo, o valor do OEE rondava os 56%. Isto significa que a máquina estava a ser pouco eficiente, isto é, estava a produzir apenas metade daquilo que a sua capacidade permite.

Relativamente ao fator Qualidade, pode-se verificar que este não foi incorporado no cálculo do OEE, porque neste centro de trabalho considerava-se o fator Qualidade sempre em 100%.

No que diz respeito ao fator Performance ou Desempenho, este rondava os 89%, pelo que apesar de ter alguma influência sobre o baixo valor de OEE não será o fator mais influente. Este valor, relativamente inferior a 100%, devia-se principalmente a micro paragens, ociosidade da parte dos colaboradores, cadências teóricas desajustadas e falta de método e padronização de trabalho.

No que concerne aos valores de Disponibilidade no centro de trabalho, pode-se constatar que este era o fator mais crítico, o que significava que a linha apenas trabalhava durante 62% do tempo total para produção. Nesse sentido, para se atingir os objetivos do projeto, era crucial realizar uma análise às paragens, principalmente às paragens não programadas. Portanto, de seguida procedeu-se à utilização das ferramentas de Qualidade: Diagrama de Pareto e Diagrama de Ishikawa.

3.3. Análise de Pareto

Apesar da análise anterior ao OEE permitir ter uma leitura quantitativa do tempo improdutivo e dos efeitos que este traz à produtividade e eficiência da linha, torna-se essencial ir mais longe e identificar as causas do tempo improdutivo. Assim sendo, deve-se proceder à elaboração de um

Diagrama de Pareto, pois este tipo de análise permite inferir sobre as causas que provocam grande parte dos tempos improdutivos.

De referir que os dados obtidos foram provenientes do *software* da máquina, na qual eram os próprios operadores que escolhiam os motivos de paragem, o que faz com que haja alguma incerteza na visualização e na análise aos resultados.

3.3.1. Caracterização dos motivos de paragem

Cada uma das escolhas possíveis presentes no *software*, e que estavam à disposição do operador, tinham um significado próprio. Isto é, o operador deveria escolher um determinado motivo de paragem quando a razão que causou a paragem da linha estava relacionada com o motivo em questão. De seguida, apresentam-se os tipos de situações que caracterizam cada um dos motivos de paragem:

- Falta de matérias-primas Cortiça: Indisponibilidade de matérias-primas cortiça, em que podemos estar perante falta de granulados, ou existe algum problema no transporte do material nas tubagens.
- Falta de Matéria Prima Comprada: Indisponibilidade de materiais de embalagem ou produtos químicos, como borrachas e poliuretanos, colas, tintas, etc.
- Falta de Pessoal: Indisponibilidade de pessoal, sempre que existam encomendas e se verifique disponibilidade de tudo o resto (equipamentos, matérias-primas, moldes...)
- Falta de Encomenda: não existe produção porque não há encomendas.
- Avaria mecânica: Avarias mecânicas, cuja resolução dependerá da equipa de manutenção ou outra equipa exterior.
- Avaria elétrica: Avarias elétricas, cuja resolução dependerá da equipa de manutenção ou outra equipa exterior.
- Preparação da Linha: Alteração de referência/série de produção que implique paragem para alteração de matérias-primas e/ou moldes - *setup*; ou intervenção para afinações após paragem prolongada.
- Intervenção mecânica feita pelo operador: Afinação/correção de máquina (não prevista no plano de manutenção) realizada pelo próprio operador e de fácil execução;
- Avaria Eletrónica: Avarias relacionadas com *software* e *hardwares*, cuja resolução dependerá da equipa responsável de comunicação entre redes da empresa ou outro parceiro externo.
- Limpeza regular de turno: Intervenções de limpeza regular nos postos de trabalho sem Manutenção Autónoma definida.
- Formação: Operadores estão presentes em sessões de formação ou reuniões convocadas.
- Intervenção para melhoria: Implementação de melhorias no equipamento;

- Qualidade: Tempo utilizado pela qualidade, na qual podem requerer amostras ou realizar reinspeções.

3.3.2. Análise ao Diagrama de Pareto

Com o intuito de realizar uma análise mais detalhada do indicador, foi construído um diagrama de Pareto com os valores de horas improdutivas por cada natureza de paragem, em horas, e a percentagem acumulada do tempo que cada uma tirou em relação ao tempo de paragem total, para o período da situação inicial, como se pode verificar pelo gráfico da Figura 24.

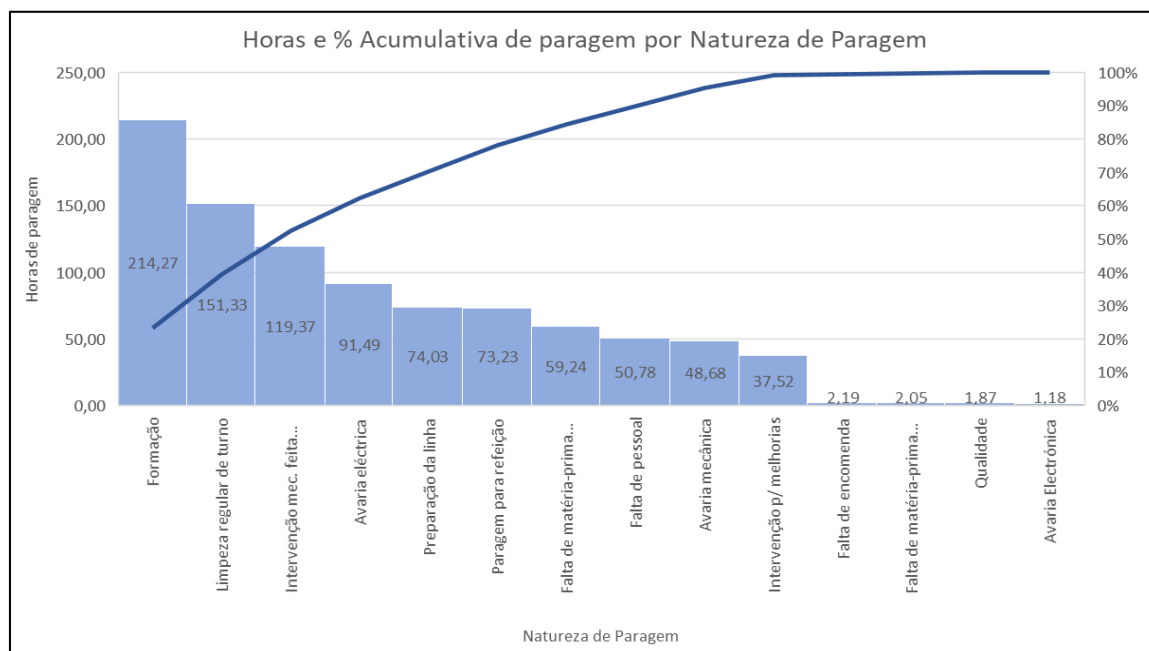


Figura 24 - Diagrama de Pareto com os tempos improdutivos para cada motivo de paragem

Com isto, foi possível concluir que as maiores perdas na linha estavam na:

- Formação e Limpeza Regular de Turno:

Estes tipos de paragem estavam relacionados com as paragens para a Reunião de *Kaizen* Diário, a realizar ao início de cada turno, e com as paragens para limpeza no final de turno.

De realçar que o motivo de paragem “Formação”, supostamente, servia para representar as paragens das reuniões de início de turno, que tinham uma duração média de 17 minutos por turno, no entanto, alguns operadores colocavam este motivo quando começavam o seu turno, pois pensavam que o motivo que estavam a escolher referia-se à paragem atual, mas na verdade esta paragem referia-se à paragem de limpeza de final de turno.

Com isto, pode-se constatar que, neste período, o grande motivo de paragem da linha era na verdade a limpeza de final de turno, pois tinha uma duração média de 70 minutos. Portanto, na seguinte secção serão anunciadas alguns dos motivos que faziam com que este tempo de limpeza fosse tão pejorativo para a linha.

- Intervenção Mecânica feita pelo Operador

Este motivo de paragem era bastante significativo para a baixa eficiência global do centro de trabalho, no entanto, era também bastante impreciso, pois quando a equipa de gestão verificava os registos não conseguia tirar conclusões sobre este tipo de paragem, pois é um motivo de paragem que tem uma definição bastante ampla, não especificando o local nem a forma de como aconteceu a paragem.

Estas indefinições e confusões associadas a este tipo de paragem fizeram parte da razão inicial que motivou a elaboração de um Diagrama de Causa-e-Efeito, pois esse diagrama mostraria e especificaria onde e como estas paragens ou micro paragens ocorriam. De lembrar que esse diagrama de Causa-e-Efeito se encontra apresentado e analisado na seguinte secção.

- Avaria elétrica

Este tipo de paragem estava principalmente relacionado com problemas nos sensores e na estufa de alta frequência. Estes problemas serão abordados na secção seguinte.

- Preparação da linha

Esta natureza de paragem devia-se às interrupções na produção devido à realização de *setup* (mudança de referência de material grosso para fino) e à limpeza mensal do misturador. Este tipo de paragem tinha um tempo de duração bastante significativo, uma vez que poderia demorar entre 3 e 5 horas no caso do *setup*, e entre 6 e 10 horas na limpeza mensal do misturador. Tal como todos os outros motivos de paragem, este será também abordado na análise ao diagrama de Ishikawa.

- Paragem para refeição

Estas paragens deviam-se à indisponibilidade dos operadores nas horas de lanche e almoço, pois havia falta de pessoal disponível e capaz de substituir os operadores afetivos à máquina.

- Falta de matéria-prima cortiça

A ocorrência deste tipo de paragem estava relacionada com: i) Falta de granulado nos silos; ii) Estrangulações nas tubagens de aspiração do granulado; iii) Ineficiências na aspiração do granulado, dos silos para os silos-tampão.

3.4. Diagrama de Causa-e-Efeito – Identificação de problemas

Para realizar os esforços corretos com vista à melhoria da eficiência da linha, é fulcral identificar primeiro todas as causas que originavam os problemas que afetavam negativamente o OEE da linha. Para o efeito, com recurso à técnica de *brainstorming* em equipa, foi realizado um diagrama de causa-e-efeito, o qual se encontra representado na Figura 25. Os problemas que afetavam o resultado negativo na eficiência da linha estão classificados em seis categorias de causas,

designadas por “6M”, sendo estes: método, máquina, medição, meio ambiente, mão de obra e material.

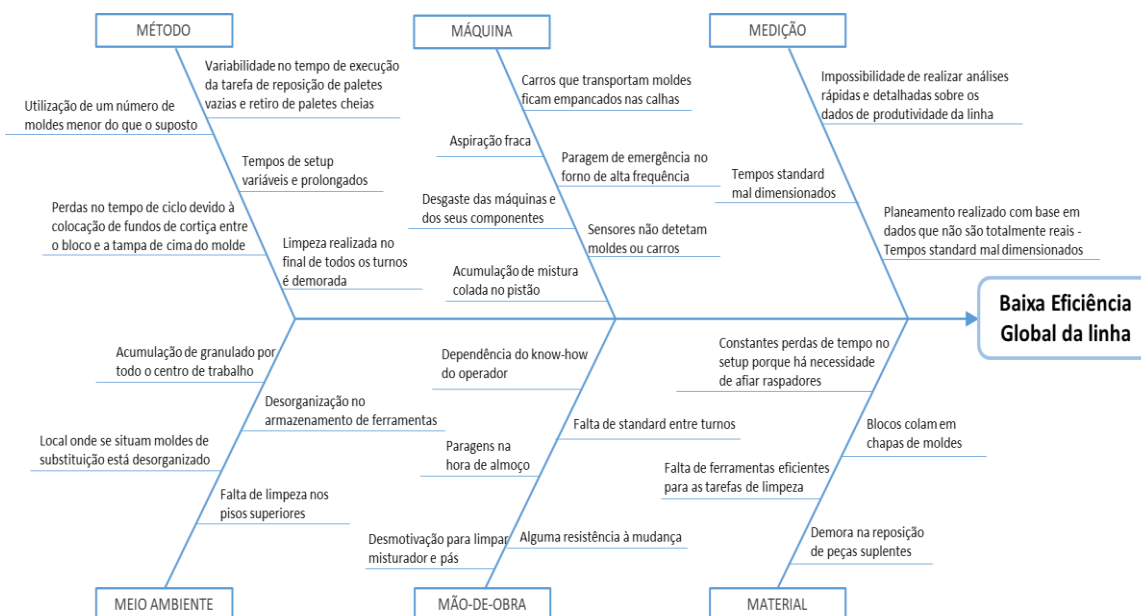


Figura 25 - Diagrama Ishikawa com causas que afetam negativamente o valor de OEE

Tendo em conta a estruturação deste diagrama, nos seguintes subtópicos será realizada a descrição dos principais problemas que afetavam negativamente a eficiência global do centro de trabalho, os quais se encontram divididos pelas diferentes espinhas do diagrama de Ishikawa. De realçar que estes problemas identificados foram a origem dos principais focos de melhoria, uma vez que as soluções e melhorias descritas neste mesmo documento foram idealizadas e implementadas com o intuito de resolver e eliminar as principais causas dos problemas que vão ser enunciados e expostos de seguida.

3.4.1. Método

Nesta categoria estão inseridas as causas relacionadas às práticas e procedimentos utilizados para executar o trabalho.

- **Variabilidade no tempo de execução da tarefa de reposição de paletes vazias e retiro de paletes cheias**

Denotou-se, durante o período em que se realizou o estudo da situação inicial, uma clara variabilidade entre turnos no processo de reposição de paletes vazias e/ou remoção de paletes cheias. Este processo consistia na ida do operador à zona do Paletizador, equipamento onde os blocos eram colocados em paletes, onde este poderia realizar um conjunto de ações. Estas ações podiam ser:

Tarefa	Tempo de execução
Repor paletes vazias no dispensador de paletes: o operador colhe algumas paletes vazias, normalmente 3 ou 4, e coloca no dispensador de paletes	10 seg. / palete
Retirar paleta cheia através do uso de um empilhador, e consequente colocação da mesma paleta num tapete rolante (atribuído para esse mesmo propósito)	20 seg.
Marcação de blocos da paleta, quando esta já está no tapete rolante	20 seg.

Tabela 4 – Lista de tarefas a realizar no Paletizador

Os principais problemas que se verificavam relativamente a este ponto consistiam em:

- Ocorrência de paragens na linha superiores a 10 minutos, porque o operador não estava com atenção ao nível de paletes no dispensador, e deixava chegar ao ponto de não haver paletes no Paletizador para receber os blocos aglomerados, o que fazia com que o operador perdesse muito tempo na colocação das paletes tanto no tapete como no dispensador de paletes para repor o nível de paletes.
- Ocorrência de interrupções e atrasos no tempo de ciclo normal, devido às deslocações do operador ao Paletizador deixando o equipamento à sua espera. De realçar que se o operador saísse da zona da prensa para ir para a zona do Paletizador e realizasse duas ou mais das tarefas possíveis, este já estaria a causar atrasos no tempo de ciclo normal, pois o “tempo morto” (tempo de prensagem) que o operador teria para realizar essas ações nunca era maior que 25 segundos.

- **Perdas no tempo de ciclo devido à colagem dos blocos às chapas dos moldes**

De forma a que os blocos não colassem nas tampas (superiores e inferiores) dos moldes, os operadores colocavam fundos de cortiça entre ambas as tampas. Devido à presença de cola na composição do bloco e à elevada temperatura a que este era sujeito no cozimento, se os operadores não realizassem estas tarefas, os blocos ficariam agarrados a todos os materiais com que estivessem em contacto (neste caso, as tampas dos moldes). É importante perceber que esta tarefa era realizada também para aumentar o tempo de vida do teflon que revestia as tampas dos moldes.

Contudo, as tampas dos moldes já não eram revestidas de *teflon* há anos e encontravam-se numa situação de desgaste (ver Figura 26), o que fazia com que fosse bastante frequente os blocos colarem às chapas. Isso proporcionava uma paragem de 1 a 3 minutos de cada vez que este tipo de paragem acontecia, pois, o operador tinha de separar o bloco da chapa, o que nem sempre era uma tarefa fácil.



Figura 26 – Estado das tampas dos moldes (sem Teflon)

- **Utilização de um nº de moldes menor do que o suposto**

No caso de estarmos perante a falta de moldes no circuito, se o operador não fizesse com que um dos carros prosseguisse no circuito com menos moldes, surgiam paragens desnecessárias, pois o transporte dos moldes não estava síncrono com os restantes equipamentos da linha.

No período em que decorreu a análise da situação inicial do processo, a linha esteve sempre perante a falta de 1 a 3 moldes. Os operadores esqueciam-se frequentemente que a linha estava com menos moldes do que o suposto, e, nessas situações, a linha parava. Sabia-se que esta falta de moldes e/ou carros se devia à demora na reparação destes. Todavia, com o intuito de encontrar o principal fator que causava essa demora de reparação, achou-se adequado realizar uma análise dos 5 Porquês (ver Figura 27).

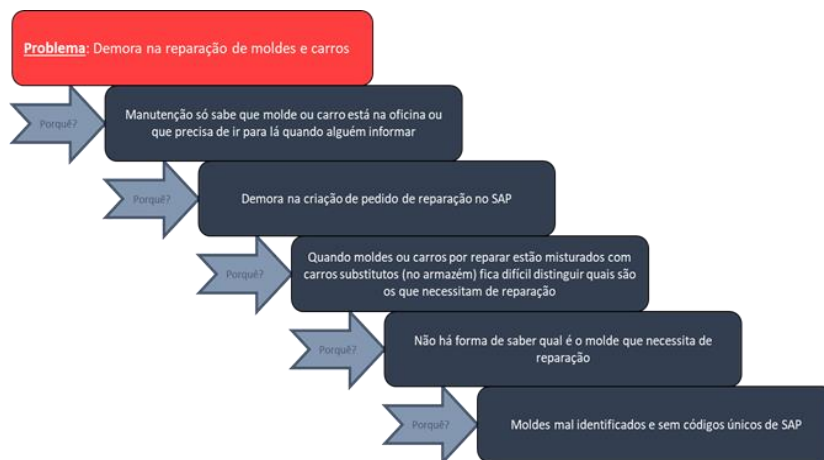


Figura 27 - Análise 5 Porquês (problema: demora na reparação de moldes e carros)

Com isto, foi possível descobrir que a demora na reparação dos moldes e/ou carros devia-se principalmente ao facto dos moldes estarem mal identificados e não terem códigos únicos no ERP atual da empresa para que o supervisor fizesse pedido de reparação para a Manutenção. Como não poderiam realizar esses pedidos através do *software*, os supervisores teriam de contactar diretamente com o departamento da Manutenção, porém, muitas vezes, estes esqueciam-se ou deixavam passar alguns dias após os moldes e/ou carros terem sido retirados da linha e depois não se lembravam porque é que precisavam de reparação.

- **Limpeza realizada no final de todos os turnos é demorada**

Este era um dos principais problemas verificados no centro de trabalho que mais afetava de forma pejorativa a sua produtividade, assim como o valor do OEE, devido ao facto de ser a origem de altos valores de tempos improdutivo. A limpeza de final de turno fazia com que o operador tivesse de parar a produção entre 60 a 90 minutos antes do seu turno acabar. Ou seja, devido a este motivo, a linha parava entre 3 a 4 horas por dia, o que significava que estando perante uma cadência de produção de 20 blocos por hora, a linha estava a produzir menos 60 a 100 blocos por dia comparativamente com aquilo que é a sua capacidade.

De seguida, apresentam-se as tarefas (gerais) que o operador realizava, por ordem de execução:

Tarefa	Tempo estimado de execução (min.)
1. Limpeza da parte de cima da prensa e caixa (com mangueira de ar comprimido);	3-5
2. Limpeza da parte superior do misturador e pás, de forma a deixar este funcional para o arranque do próximo turno (com raspador);	10-20
3. Limpeza do piso 2 (com mangueira de ar comprimido);	2-5
4. Limpeza do pistão (com raspador e mangueira de ar comprimido);	10-20
5. Limpeza do piso 1 (com mangueira de ar comprimido);	2-5
6. Limpeza de todo o circuito dos moldes (correntes, calhas, arrastos) e equipamentos do piso 0 (com mangueira de ar comprimido);	20-30
7. Juntar todo o granulado remanescente num local só para o colocar num saco (com vassoura e apanhador próprio para o efeito).	5-12

Tabela 5 - Tarefas (macro) da limpeza de final de turno

Devido ao facto desta linha trabalhar com grãos de cortiça e cola, era perfeitamente normal o centro de trabalho ficar sujo à medida que o turno decorria, por isso era extremamente importante que esta limpeza de final de turno se realizasse porque, se não se levasse a cabo esta limpeza de forma consistente, estaríamos perante um centro de trabalho imundo e impossível de se trabalhar.

3.4.2. Medição

Esta categoria é preenchida com as causas que envolvem os instrumentos de medida ou, neste caso, os indicadores de produtividade e a sua eficácia no acompanhamento do processo.

- **Impossibilidade de realizar análises rápidas e detalhadas sobre os dados de produtividade da linha**

No início do projeto, não havia qualquer forma de analisar e acompanhar de forma gráfica o estado da linha de produção, uma vez que não havia qualquer indicador que revelasse às equipas de gestão e manutenção de quais os fatores a ter em conta, de forma a identificar novas oportunidades de melhoria ou então descobrir e ter conhecimento de quais são os principais problemas. Corrigindo isto, tornar-se-ia mais fácil o processo de melhoria contínua no centro de trabalho, pois estaríamos sempre em cima do problema e corrigi-lo-íamos de forma eficiente e imediata.

Por razões óbvias, as equipas de gestão e manutenção não conseguiam acompanhar presencialmente o estado e a produtividade da linha a toda a hora. Por isso, era realmente uma necessidade criar um meio de visualização de dados, onde estas equipas pudessem acompanhar a eficiência da produtividade do centro de trabalho a cada instante, através de indicadores gráficos que servissem de suporte para a tomada de decisão.

- **Tempos *standard* mal dimensionados**

Para se estudar um processo produtivo de forma eficaz, com o objetivo de o otimizar, torna-se imperativo conhecer minuciosamente as tarefas que são realizadas, assim como a duração de cada uma dessas tarefas. Para tal, procedeu-se à técnica de medição de tempos, através da cronometragem, para obter os tempos de ciclo reais. Depois da medição de tempos para algumas das referências produzidas, os valores de tempo de ciclo obtidos pela cronometragem foram confrontados com os valores de tempo de ciclo teóricos (tabela 6), que eram os tempos utilizados pelo Planeamento para fazer o planeamento de produção.

Referências	Média de Tempo de Ciclo Real (seg.)	Cadencia Teórica - ERP (seg.)	Diferença (seg.)
A	155,07	157,21	2,13
B	154,82	156,52	1,70
C	173,83	174,76	0,93
D	167,68	181,82	14,14
F	173,91	165,14	8,77
G	154,61	158,59	3,98

Tabela 6 - Comparação entre tempos de ciclo reais e teóricos (alguns exemplos)

Através da comparação entre os tempos (anexo A), ficou evidente que havia uma clara diferença entre os tempos de ciclo teóricos e os tempos de ciclo reais, na qual a média das diferenças era de quase 11 segundos, podendo-se concluir que os tempos *standard* estavam mal dimensionados. Posto isto, constatou-se que o planeamento de produção não era baseado em dados reais e atuais, o que significa que poderia haver imprecisões nesse processo, levando a um mau balanceamento da linha produtiva.

3.4.3. Mão-de-obra

Esta categoria mostra as causas que envolvem tanto as práticas, como as atitudes e dificuldades sentidas por parte dos colaboradores.

- **Dependência do *know-how* do operador**

A aglomeração de blocos era constituída por centros de trabalho extensos, bastante automatizados, com equipamentos antigos e que eram sujeitos a uma grande exposição ao pó de cortiça, o que fazia com que estas linhas fossem suscetíveis a falhas e avarias constantes.

Como se verificou pelo diagrama de Pareto apresentado na subsecção anterior, a paragem “Intervenção mecânica feita pelo operador” era uma das mais recorrentes e que mais tempo

improdutivo provocava a esta linha. A grande adversidade associada a este tipo de paragem está na dependência do *know-how* do operador, isto é, quanto melhor o operador conhecer a linha, menor será o tempo de paragem. Isto deve-se ao facto de a percepção da causa/origem da paragem ser o fator decisivo na resolução dos problemas, e quanto mais à vontade o operador tiver com o software da máquina e com os equipamentos, mais rápido será resolvido o problema. A grande maioria das ocorrências destas paragens deviam-se às seguintes origens:

- Falhas na sensorização, devido a sensores desajustados ou com sujidade. Nestas situações, a percepção de qual era o sensor a falhar tornava-se extremamente difícil, pois o centro de trabalho tinha imensos sensores.
- Falhas na descarga do material, devido ao pistão ficar colado, na qual o material não conseguia sair do misturador, sendo que, nestes casos, o operador teria de parar a produção para limpar o pistão. Uma das causas que levavam à ocorrência desta situação era porque os operadores deixavam que a mistura ficasse parada no misturador e no pistão por um período de tempo superior a 5 minutos. A outra grande causa devia-se ao facto de, ao longo do turno, o operador não ir verificar o estado de acumulação de material no pistão.

- **Alguma resistência à mudança**

A equipa de produção que estava no *gamba* (operadores e team-leaders) das linhas de aglomeração era uma equipa constituída por elementos antigos, com muitos anos de casa, sendo este um grande entrave para a aplicação de melhoria contínua nestes centros de trabalho, pois estes elementos mostravam alguma resistência à mudança. Grande parte das alterações realizadas nestas linhas eram alvo de crítica e por vezes não eram adotadas pelos operadores, pois eles consideravam que o sistema pré-melhoria é que estava bem e que resultava perfeitamente.

- **Desmotivação para limpar misturador e pás**

Eram muitos os motivos pela qual os operadores se sentiam desmotivados quando chegava o momento de limpeza do misturador e das pás, sendo que os principais eram:

- Processo demasiado demorado e cansativo, pois estas limpezas, por norma, demoravam entre 6 horas a 12 horas;

- Processo não ergonómico e com alguns riscos para a segurança dos operadores, pois estes tinham de se colocar em posições desfavoráveis para a condição humana por longos períodos de tempo, mesmo que não fosse frequente. Na Figura 28, encontram-se ilustrados exemplos deste tipo de situação.



Figura 28 - Fotos da limpeza do misturador (processo não ergonómico)

- Processo que necessitava de grande esforço físico por parte dos operadores, porque a mistura ficava de tal maneira colada aos equipamentos que era extremamente difícil retirar esse material remanescente. Nestas situações, os operadores usavam raspadores manuais com possível utilização de um martelo para auxiliar na perfuração do raspador sobre o material. Pode-se verificar na Figura 29, um exemplo destas situações.



Figura 29 - Limpeza de misturador (utilização de raspador manual e martelo)

Devido a estas características negativas do processo, a desmotivação dos operadores aumentava, o que se tornava por si só mais um motivo para que o processo fosse demasiado demorado, pois se os operadores estivessem desmotivados, mais moroso seria o processo e mais pausas estes fariam. Pode-se verificar na Figura 30, um exemplo destes sentimentos de desmotivação e cansaço verificados por parte dos operadores relativamente à execução deste tipo de limpeza.



Figura 30 - Limpeza de misturador (desmotivação e cansaço dos aperadores)

3.4.4. Meio ambiente

Nesta categoria são descritas as causas relacionadas às condições do centro de trabalho.

- **Acumulação de granulado por todo o centro de trabalho**

Como referido anteriormente, este era um centro de trabalho que trabalhava com granulado de cortiça, fosse ele de alta ou baixa densidade e granulometria, o que fazia com que os equipamentos do posto de trabalho fossem sujeitos à propagação de “pó” de cortiça, comprometendo assim o seu desempenho. Na Figura 31, encontram-se ilustrados alguns exemplos de acumulação de granulado pelo centro de trabalho.



Figura 31 - Exemplos de acumulação de granulado pelo centro de trabalho

A grande contrariedade associada a este problema era o facto de esta ser a grande causa para que a limpeza de final de turno fosse demorada, pois quanto mais material espalhado houvesse pela linha, maior seria o tempo de limpeza. Essa relação proporcional devia-se à grande dimensão do centro de trabalho e às fontes de sujidade presentes no mesmo. Era evidente que quanto mais

fontes de sujidade o posto de trabalho tivesse, mais material espalhado pelo circuito teríamos. Por isso, era importante destacar quais eram as principais fontes de propagação de material:

- Uso de ar comprimido para fins de limpeza na zona de prensagem:

Esta era a principal causa na grande propagação de granulado pela linha, pois o ar comprimido apenas afasta o material, não o recolhe. O uso de ar comprimido nesta secção do posto de trabalho ocorria nas seguintes situações:

- Quando o bloco era extraído do molde, para limpar a parte superior do bloco;
- Quando o bloco acabava de ser prensado, antes de seguir para a estufa de alta frequência, para limpar o granulado que estivesse presente na parte superior do molde;
- Quando não estava nenhum molde na zona da prensa, e a base e os rolos de suporte da zona de prensagem continham sujidade;

Posto isto, era importante perceber quais eram os fatores que implicavam a necessidade de utilizar ar comprimido como meio de limpeza. Para tal, era necessário evidenciar quais eram as principais fontes de sujidade, isto é, as principais fontes de saída de granulado para o exterior:

- ❖ Descarga de material: havia muita fuga de material nesta fase do processo devido a: i) pequenas dimensões dos grãos de cortiça; ii) espaço amplo entre a raseira de descarga e o molde; iii) aberturas existentes nas tampas dos moldes; iv) existência de aberturas entre a tampa do molde e a prensa, como se pode verificar na Figura 32.

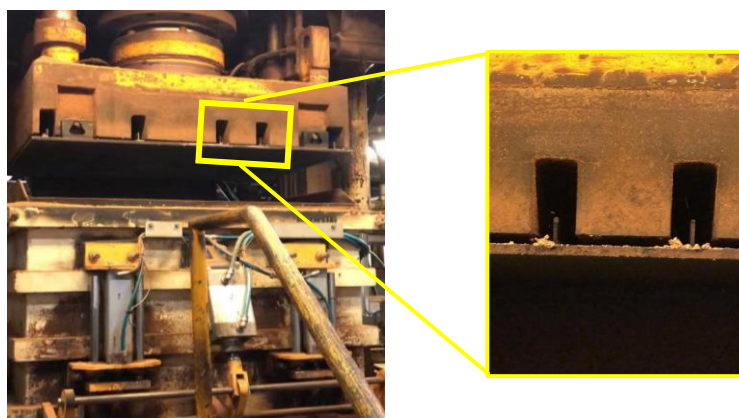


Figura 32 - Aberturas entra a prensa e as tampas dos moldes

- ❖ Prensagem: nesta fase do processo havia igualmente fuga de granulado, porque a prensa, ao comprimir o material, fazia com que houvesse um refluxo desse material e alguma parte dele se

deslocasse no sentido contrário, ou seja, movendo-se para fora do molde e da caixa. Consequentemente, esse material ficava espalhado pela zona de prensagem. De realçar que após a prensagem, algum material também ficava retido na parte superior das tampas dos moldes (Figura 33) devido ao espaço existente entre a prensa e as tampas dos moldes.



Figura 33 – Exemplo de sujidade na parte superior do molde

- Fugas no misturador: quando o granulado seguia da balança para o misturador, uma pequena parte dele seguia para o chão do piso da balança, porque a cortina utilizada para o efeito não era de máxima eficácia na retenção de material (ver Figura 34). No entanto, esta era a solução mais adequada, pois o misturador tinha de ter alguma abertura para que se conseguisse libertar os gases gerados na mistura e não comprometer a qualidade do material.

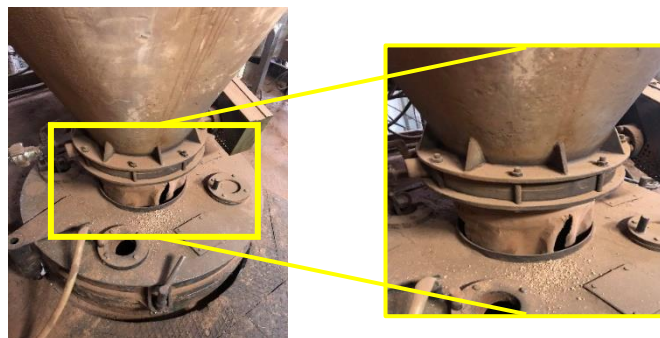


Figura 34 - Fugas no misturador

- **Desorganização no armazenamento de ferramentas**

No piso 0 do centro de trabalho, mais propriamente na parte de trás da linha, existia um armário exclusivo para armazenar, principalmente, as ferramentas de limpeza e os componentes de substituição. No entanto, este local apresentava-se imundo e desorganizado, onde as ferramentas estavam misturadas, mesmo havendo um local próprio para cada tipo de ferramenta. Pode-se verificar o estado inicial deste armário na Figura 35.



Figura 35 - Armário das ferramentas (Sujidade e Desorganização)

Uma das principais consequências resultantes da desorganização no centro de trabalho consistia na demora na obtenção das ferramentas por parte dos operadores, o que implicava o aumento da indisponibilidade, pois os tempos de limpeza iriam aumentar conforme o tempo despendido na procura pelas ferramentas. As principais razões associadas à demora na obtenção das ferramentas certas encontram-se enumeradas de seguida:

- As ferramentas estavam deslocadas e distribuídas pelos 3 centros de aglomeração de blocos;
- Desorganização na disposição das ferramentas: as ferramentas encontravam-se espalhadas por todo o centro de trabalho; mesmo no próprio armário, os locais exclusivos para cada tipo de ferramenta não eram respeitados;
- Falta de gestão visual e organização na caixa de ferramentas, pois não se entendia que ferramentas esta caixa continha, como se pode observar na Figura 36.



Figura 36 - Caixa de ferramentas desorganizada

- Não havia raspadores suficientes, e cada um dos operadores tinha o seu raspador, que guardavam num local à sua escolha e sem qualquer critério, para que ninguém pudesse utilizar essa ferramenta.

Posto isto, constatou-se que não havia qualquer controlo no armazenamento de ferramentas, e uma prova disso era o facto de muitas das ferramentas simplesmente desaparecerem ao longo do tempo.

3.4.5. Máquina

Nesta categoria encontramos as causas que envolvem tudo o que está relacionado com as máquinas envolvidas no processo.

- **Paragens de emergência no forno de alta frequência**

Esta situação ocorreu algumas vezes durante o período em que ocorreu a análise do sistema, e esta devia-se a descargas elétricas sob os moldes. Através de uma análise de 5 Porquês (Figura 37), conseguiu-se obter a principal causa para que este tipo de situação ocorresse.

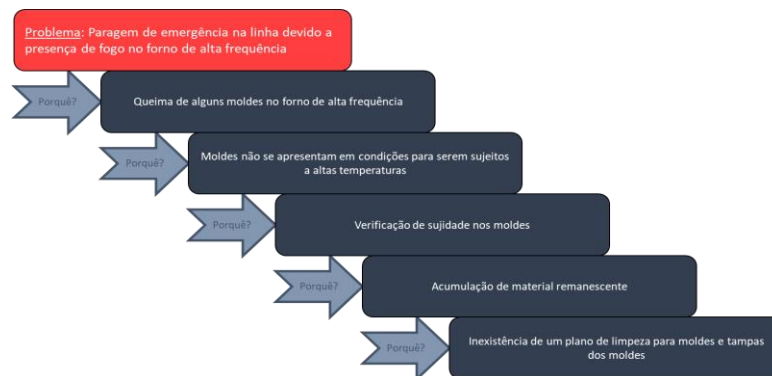


Figura 37 - Ferramenta 5 Porquês para encontrar causa da presença de fogo na estufas

O calor gerado no movimento das micro-ondas eletromagnéticas era transferido por processos de condução, portanto se não tivéssemos um material condutor nas paredes dos moldes, então não se conseguia cozer blocos. A presença de sujidade e a inexistência de revestimento nas paredes de alguns moldes não permitiam a condução de eletricidade, o que fazia com que surgissem essas descargas.

- **Carros que transportavam moldes ficavam empancados nas calhas**

Eram várias as paragens na linha devido a esta situação, pois este tipo de paragem era de difícil percepção por parte do operador. Estes só se apercebiam de que um carro estava parado, quando não havia nenhum molde a chegar à prensa ou quando a capacidade máxima de moldes presentes nas correntes da prensa e estufa era atingida. Após estes identificarem o carro parado, o tempo necessário para a reposição das condições normais situava-se entre os 2 e os 10 minutos, variando consoante a gravidade da situação ou o tempo de atraso na identificação após a ocorrência da paragem.

Estas situações sucediam de uma série de fatores, sendo eles: i) Carros empenados e com problemas nas rodas; ii) Sujidade nas calhas do circuito dos carros; iii) Batente da corrente de transporte dos carros vazios era ineficiente; iv) Arrastos empenados;

- **Sensores não detetavam moldes ou carros**

Como a linha era bastante automatizada, a sua produção dependia muito do estado dos sensores, o que significava que se um sensor falhasse, a produção não recomeçava enquanto o

estado do sensor não fosse restaurado. Este problema era bastante recorrente e consistia no facto dos sensores não detetarem os moldes e/ou carros, resultando na paragem da linha, principalmente, por pequenos períodos de tempo, o que dependia da rapidez no acondicionamento dos sensores.

O facto de os sensores não detetarem os moldes ou carros devia-se, principalmente, a quatro fatores: i) presença de sujidade/pó de cortiça nos sensores; ii) alguns sensores desajustados; iii) alguns sensores estavam obsoletos; iv) sensores que apenas detetavam algumas cores: tendo em conta que os carros não eram todos da mesma cor, este tornava-se um problema.

- **Desgaste das máquinas e dos seus componentes**

Este problema devia-se à obsolescência dos equipamentos constituintes do centro de trabalho. Grande parte dos equipamentos já eram muito antigos e, portanto, encontravam-se em decadência no que respeitava à sua capacidade de produtividade. Em sentido inverso, relativamente ao seu ciclo de vida, e tendo por base a curva da banheira (ver Figura 38), onde é representada a taxa de falhas à medida que o tempo de vida do equipamento aumenta, esses mesmos equipamentos encontravam-se na fase de desgaste, que corresponde à fase onde a taxa de falha dos equipamentos está numa fase crescente devido a estes já estarem obsoletos.

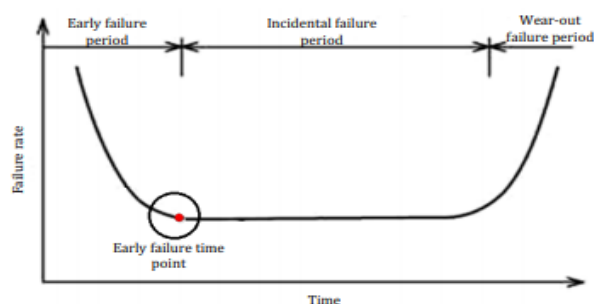


Figura 38 - Curva da Banheira (Fonte: Bai et al., 2020)

Dado que este centro de trabalho gerava muita propagação de pó e acumulação de sujidade, o desgaste dos equipamentos era acelerado devido à exposição dos equipamentos a essa sujidade, diminuindo simultaneamente a capacidade de produtividade e a eficiência dos equipamentos. No entanto, o facto de também não haver um cuidado na manutenção preventiva ou preditiva dos equipamentos e dos seus componentes fazia diminuir o tempo de vida útil destes. De realçar que neste centro de trabalho, a manutenção que existia era de índole corretiva, o que significava que apenas se reparava os componentes dos equipamentos quando estes falhavam.

3.4.6. Material

Nesta categoria, estão presentes as causas que envolvem o material utilizado no trabalho, seja ele traduzido em matéria-prima ou nas próprias ferramentas e peças utilizadas nos processos.

- **Falta de ferramentas eficientes para as tarefas de limpeza**

Outra das razões que levava ao facto de a limpeza mensal do misturador e o *setup* serem processos morosos e de longa duração passava pela falta de ferramentas eficientes para essas tarefas. Mesmo tendo em conta que já havia um martelo pneumático para tornar mais rápida a limpeza do misturador e das pás, este não era utilizado pelos operadores porque era ineficiente nos processos, pois não tinha a força nem a amplitude necessária para retirar os resíduos que eram bastante resistentes e compactos e, por isso, difíceis de remover. Portanto, as ferramentas utilizadas na limpeza das pás e paredes do misturador eram realizadas com raspadores manuais com o auxílio de um martelo para ajudar a perfurar o material.

- **Constantes perdas no tempo de *setup* devido à necessidade de afiar raspadores**

Tendo em conta que o tempo de *setup* (limpeza de misturador e pás) era um processo bastante demorado, e que havia um número bastante limitado e reduzido de raspadores, durante o processo de limpeza havia a constante necessidade de afiar os raspadores utilizados, pois é um processo que precisa de lâminas bem afiadas para se conseguir retirar os resíduos resistentes. Claramente, esta constante necessidade para afiar raspadores resultava num número razoável de paragens.

- **Demora na reposição de peças e componentes suplentes**

Os equipamentos constituintes deste centro de trabalho, assim como os moldes e os carros que os transportavam, eram sujeitos a uma utilização agressiva, uma vez que a linha estava disponível para produção 5 dias por semana, 24 horas por dia. Portanto, era perfeitamente normal que as peças dos equipamentos se fossem desapertando ou deteriorando ao longo do tempo. Quando essas peças ou componentes dos equipamentos partiam (ou secavam, no caso dos componentes ligados ao sistema da cola), havia uma clara urgência na sua reposição. Porém, notava-se uma clara demora na resolução e reposição de peças/componentes.

Por fim, todos estes problemas, e causas associada, encontram-se resumidos na tabela 7.

Problema	Causa 1	Causa 2
Perdas no tempo de ciclo	Variabilidade no tempo de execução de algumas tarefas	Operador não consegue estar atento a todos os pontos cruciais da linha
	Colagem dos blocos às chapas dos moldes	Má condição das chapas dos moldes
Paragens devido a problemas na estufa de alta frequência	Má condição dos moldes	Demora na reparação de moldes e carros
Carros que transportam moldes ficam empancados nas calhas	Má condição dos carros	
Limpeza realizada no final de todos os turnos é demorada	Demasiada propagação de granulado pela linha	Utilização de ar comprimido para limpar moldes e blocos
Desgaste das máquinas e dos seus componentes		Existência de espaços abertos nos equipamentos que permitem essa propagação
Sensores não detetam moldes ou carros		
Setup demorado; Limpeza aprofundada do misturador demorada; Desmotivação do operador para limpar misturador;	Falta de ferramentas eficientes para as tarefas de limpeza	-
	Constantes perdas no tempo de limpeza devido à necessidade de afiar raspadores	
	Desorganização no armazenamento de ferramentas e componentes	
Demora na reposição de peças e componentes suplentes	Desorganização no armazenamento de ferramentas e componentes	-
Impossibilidade de realizar análises rápidas e detalhadas sobre os dados de produtividade da linha	Não existe um OEE oficial, nem dashboards que permitam a visualização do estado (em termos de produtividade) da linha	-
Paragens gerais devido a problemas mecânicos/elétricos	Não existe cuidado nem preocupação com a manutenção e condição dos equipamentos	-

Tabela 7 - Problemas e causas associadas (Situação Inicial)

4. Melhorias

4.1. Abordagem ao TPM

4.1.1. Criação e implementação de um Plano de Manutenção Autônoma

Apesar dos centros de trabalho de aglomeração de blocos e maior parte dos seus operadores serem já algo maduros, estes não tinham uma filosofia TPM fortemente implementada. Verificaram-se, ao longo da realização do projeto, algumas situações que fundamentaram este ponto de vista, como era o caso de a área produtiva laborar sem interrupções, por isso os processos de limpeza e lubrificação eram negligenciados, em detrimento da produção.

No entanto, sendo que a empresa era de grande dimensão, e como este se tratava de um centro de trabalho cuja matéria-prima promovia uma grande sujidade e propagação de pó, o que podia implicar avarias, era necessário apresentar uma imagem de preocupação relativamente à higiene e nitidez dos equipamentos, assim como assegurar o cuidado básico dos equipamentos. Portanto, a implementação de um Plano de Manutenção Autônoma seria um ponto de viragem na vantagem competitiva da empresa, pois a Manutenção Autônoma revela-se um dos aspetos principais do TPM, pois possibilita atingir os “zero desperdícios”, embora que de forma gradual.

Para tal, foi criado um Plano de Manutenção Autônoma, constituído por uma lista de tarefas simples de verificação, limpeza e lubrificação que são realizadas pelos próprios operadores das máquinas, através de rotinas diárias, bissemanais e mensais. Os operadores são as pessoas mais indicadas para executar estas atividades devido ao facto de serem eles que passam mais tempo e que, portanto, melhor conhecem os equipamentos, o que lhes permite ter maior facilidade e rapidez na deteção de pequenas anomalias. De realçar que para que fosse implementado o melhor plano de manutenção autónoma possível foi necessário envolver todos os principais intervenientes na linha de produção, desde os supervisores de turno e chefe de manutenção, aos próprios colaboradores e equipa de manutenção.

Dado que o centro de trabalho era bastante amplo, e, portanto, sujeito a diversas atividades de manutenção, e como os operadores não tinham muito tempo para executar essas tarefas de manutenção de 1º nível, optou-se por:

- dividir as tarefas bissemanais e mensais em 3 rotas (A, B e C), sendo que cada turno ficava com uma rota atribuída, na qual cada rota nunca atuaria nos mesmos equipamentos que as outras duas.
 - Essas rotas sofriam uma rotação pelos 3 turnos: de mês a mês, os turnos mudavam de rota, seguindo o plano de identificação de rotas (anexo B). Achou-se adequado fazer esta divisão rotativa com o intuito de haver igualdade no esforço dos operadores, e nenhum turno se sentir injustiçado e prejudicado.
- dentro de cada rota:

- dividir as tarefas em cada equipamento por dias: num determinado dia, um determinado turno apenas ia intervir num equipamento só (anexos G, H e I);
- dividir as tarefas pelos momentos em que estas teriam de ser realizadas, isto é, dividir as tarefas pelas categorias “Início de Turno”, “Durante a produção” e “Final de Turno”, para que os operadores pudessem identificar facilmente quando teriam de realizar essas tarefas (anexos C, D, E e F).

A simbologia utilizada nos planos de manutenção autónoma englobava quatro símbolos simples (Figura 39), de forma a todos conseguirem perceber que tipo de tarefa se tratava, e quatro cores diferentes (Figura 40), para se conseguir entender de forma instantânea a periodicidade da tarefa em questão.



Figura 39 - Legenda da simbologia do tipo de intervenção das tarefas

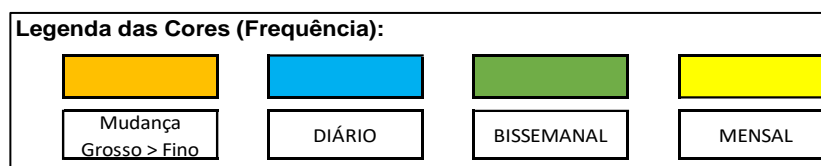


Figura 40 - Legenda da simbologia da periodicidade das tarefas

Cada rota do Plano de Manutenção Autónoma consistia numa matriz, sendo que cada linha representava uma tarefa, e era constituído por 11 colunas que representavam:

- **Piso:** local/piso onde o equipamento se encontrava;
- **Equipamento:** Identificação do equipamento ao qual iria ser aplicada a tarefa;
- **Nº de ação:** número identificativo da categoria de tarefas – o número variava entre equipamentos e frequência, ou seja, o número da ação mudava de equipamento para equipamento, e para o mesmo equipamento, o número mudava conforme a frequência.
- **Tipo de intervenção:** neste campo era identificado, através da simbologia, qual o tipo de intervenção a que se referia a tarefa em questão;
- **Frequência:** frequência com que se tinha de realizar a tarefa;
- **Execução:** turno que fica responsável pela execução da tarefa;
- **Órgão:** identificação do órgão do equipamento ao qual ia ser aplicada a tarefa (Exemplo: equipamento – silo; órgão – chumaceira);
- **Ferramentas** que eram necessárias para a execução da tarefa;
- **Instrução:** descrição sobre o que o operador teria de fazer nessa tarefa;
- **Responsável:** pessoa responsável pela execução da tarefa;

- **Tempo de execução** (em minutos): tempo necessário para executar a tarefa, em condições normais.

Legenda dos Símbolos:				Rota A							Legenda das Cores (Frequência):			
				Mudança (Grupo 2 - Eixo)		DIÁRIO	BISEMANAL	MENSAL						
Início de Turno														
Piso	Equipamento	Nº Ação	Tipo de intervenção	Frequência	Execução	Órgão	Ferramentas	Instrução	Responsável	Tempo execução (min.)				
Exterior	Filtro de Despoeiramento	1		Bisemanal	Turno Responsável	Motorreductor e respetivas Transmissões	-	Verificação de ruídos e fugas de óleo	Operador	1				
		2		Mensal	Turno Responsável	Eclusa	X-ato, Chave Umbrako e Copos de Lubrificação	Substituição de copos de lubrificação se necessário	Operador	5				
			Eclusa			Bomba de massa	Lubrificação de chumaceiras (1 bombada)	Operador	5					
	Torre de refrigeração da EAF	3		Mensal	Turno Responsável	Torre de refrigeração	-	Verificação de estado geral - corrosão, fugas de água, etc.	Operador	2				
1	Central Hidráulica	4		Bisemanal	Turno Responsável	Central Hidráulica	-	Verificação de nível de óleo (bóia não pode estar em baixo) e temperatura (ideal: 50 graus)	Operador	1				

Figura 41 - Secção de tarefas "Início de Turno" da rota A

Na Figura 41 está representada uma secção ("Início de Turno") de uma das rotas (rota A) do plano de manutenção autónoma. A rota completa pode ser consultada no anexo C, assim como as restantes rotas do plano de manutenção autónoma nos anexos B (rota diária), D (rota B) e E (rota C).

Com o intuito dos operadores identificarem qual o tipo de tarefa a realizar quando se deparavam com os equipamentos, procedeu-se à colocação de etiquetas coloridas nos equipamentos, sendo que essas etiquetas identificavam o tipo de intervenção e a periodicidade da tarefa. As etiquetas foram colocadas em pontos estratégicos, de forma a estarem o mais visível possível, como se pode observar pela Figura 42.

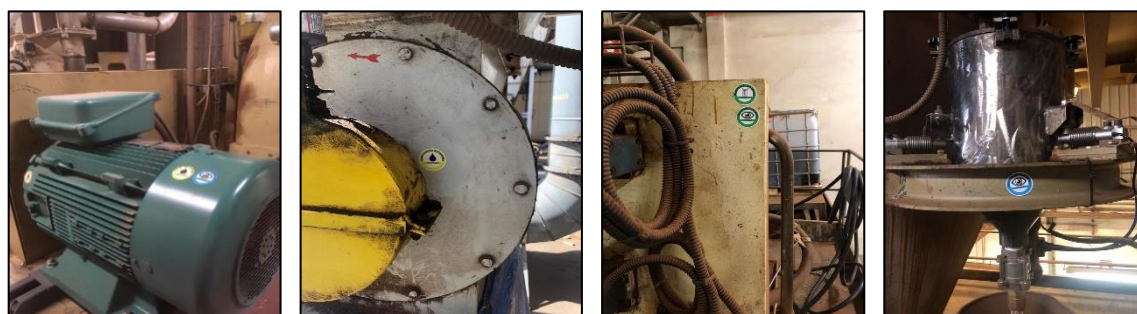


Figura 42 - Etiquetas colocadas nos equipamentos

Do lado oposto da página onde estava representada a Rota, tínhamos uma *checklist* decomposta em 4 semanas, na qual cada semana encontrava-se fragmentada pelos 5 dias úteis. Estas *checklists* (anexos G, H e I) continham:

- Espaços em branco, para o operador poder preencher e dar conhecimento de que realizou a tarefa;

- Identificação dos equipamentos onde o operador tinha de realizar as tarefas bissemanais e/ou mensais, em determinado dia.

Semana										
Dia	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
Diária										
Bissemanal										
Equipamento			Silos		Paletizador	Central Hidráulica		Filtro de Despoeiramento e Torre de Refrigeração da Prensa		
Mensal										
Equipamento			Silos					Filtro de Despoeiramento e Torre de Refrigeração da Prensa		

Figura 43 - Exemplo da Checklist do PMA

Na Figura 43, está representada uma parte da *checklist* da rota A. A página de registos completa pode ser consultada no anexo G, e as *checklists* das restantes rotas encontram-se nos anexos H e I.

Para qualquer melhoria ser bem-sucedida e garantir que não é descontinuada, é necessário dar formação a quem o vai executar. Por isso, para os operadores executarem as tarefas que constituem o Plano de Manutenção Autónoma de forma rápida e eficiente, foi dada uma formação aos mesmos, mostrando-lhes a forma de como executar as tarefas e a importância da realização do plano. Simultaneamente, foi também explicado aos operadores como funcionaria o registo do cumprimento do plano, assim como o registo das não conformidades/anomalias.

À medida que os operadores executavam as tarefas, podiam-se deparar com anomalias, como por exemplo ruídos estranhos e fugas de óleo. Nesses casos, os operadores apenas tinham que registar na folha indicada (Anexo B) as não conformidades encontradas, assim como o código do equipamento em questão. Atente-se que os supervisores da unidade industrial também estavam envolvidos neste processo, pois, como passavam pelo centro de trabalho todos os dias no seu turno, estes observavam a folha de registos das não conformidades e verificavam o cumprimento do plano. Após os Supervisores terem conhecimento das anomalias, estes criavam o pedido de manutenção no ERP para que os técnicos de manutenção pudessem intervir nos equipamentos o mais rápido possível.

Para que o supervisor tivesse conhecimento do equipamento que precisava de intervenção, era necessário que estes tivessem códigos únicos e bem identificados. De notar ainda que aquando do início do projeto, os equipamentos que entravam neste plano já se encontravam codificados. A codificação acarretava muitas vantagens, essencialmente na simplicidade e clareza na comunicação das situações entre as várias pessoas envolvidas, desenvolvendo ainda um melhor, correto e mais profundo tratamento dos dados.

De salientar ainda que à sexta-feira da quarta semana do mês, o supervisor tinha também como função registar os dados, preenchendo um ficheiro dedicado ao PMA, e apagar o plano, para que na semana seguinte (na segunda-feira) se conseguisse preencher novamente o plano, dando origem a um ciclo contínuo de verificação, sem a necessidade de utilizar mais papéis.

Pretendia-se, através da Manutenção Autónoma, intervir numa fase inicial sobre a anomalia, e, assim, minimizar os desperdícios associados a estas. Esses desperdícios podiam-se traduzir em custos agregados às perdas relacionadas com tempos de paragens devido a avarias. O Plano de MA permite também implementar um sistema de manutenção preventiva através das rotinas e procedimentos de manutenção inculcidos. Um outro grande propósito com a implementação do PMA é o de desenvolver nos operadores a responsabilização pela sua máquina.

4.1.2. Criação e implementação de um Plano de Limpeza para Misturador e Moldes

Não existia uma periodicidade certa para a limpeza aprofundada do misturador e a sua ocorrência também não tinha um padrão definido, dado que podia ser necessário limpar o misturador duas vezes num mês, e nos dois meses seguintes limpar-se apenas duas vezes. Este procedimento, realizado por 1 pessoa apenas, possuía tempos de execução muito alargados, podendo facilmente chegar às 9 horas, o que implicava que a máquina estivesse parada um turno inteiro, estando associado a grandes perdas de produtividade. Relativamente aos moldes, estes não eram sequer limpos com frequência.

Como complemento ao plano de manutenção autónoma, criou-se ainda um plano de limpeza bimestral para os moldes e um plano de limpeza mensal para o misturador, dispostos na mesma página de uma folha A3 (anexo J), de modo a garantir que estes se encontravam sempre nas melhores situações e impedir que colocassem em causa o bom funcionamento da linha. Para auxiliar o operador, colocaram-se as instruções necessárias para o operador executar as limpezas, assim como imagens representativas de cada passo.

4.2. Implementação da metodologia 5S

Com o acompanhamento profundo de todo o processo produtivo, identificou-se um grande problema no centro de trabalho: falta de limpeza, organização, padronização e disciplina no posto de trabalho, e áreas excessivamente ocupadas, o que originava desperdícios de tempo, e desmotivação e stress para o operador. Através da análise apresentada nas secções anteriores, foi possível concluir que a demora na limpeza dos equipamentos e na resposta às paragens que possam existir devia-se, em grande parte das vezes, à falta de ferramentas eficientes e à falta de organização da área fabril.

A metodologia de abordagem 5S teve como objetivo sustentar a implementação do TPM, mais propriamente a Manutenção Autónoma, auxiliar a aplicação da metodologia SMED, assim como a

resolução do problema “Desorganização no armazenamento de ferramentas”. Portanto, a aplicação dos 5S, através do estabelecimento de padrões de arrumação, tornou-se essencial para a organização do centro de trabalho e para o aumento da motivação dos colaboradores, criando um melhor ambiente de trabalho. Com esta metodologia, o objetivo passava também por encurtar os períodos de paragem que necessitavam de intervenção do operador ou da manutenção e, conseqüentemente, aumentar a produtividade e eliminar desperdícios.

4.2.1. *Seiri* - Senso de Triagem

Na primeira fase dos 5S, identificaram-se os materiais, equipamentos e ferramentas, necessários e desnecessários. Para separar o necessário do desnecessário, ponderou-se utilizar a técnica de *Red Tag*, porém, a utilização dessa técnica não se justificava porque estávamos perante uma situação de falta de ferramentas. Portanto, nenhuma ferramenta foi eliminada, apenas se obteve mais ferramentas que se adequavam a algumas tarefas, tornando os processos mais eficientes, e ferramentas que eram necessárias para uma eficaz aplicação da manutenção autónoma.

4.2.2. *Seiton* – Senso de Organização

Nesta fase, era essencial definir os locais apropriados e os critérios a utilizar na organização dos componentes e ferramentas, de forma a facilitar a sua procura e a sua localização, perdendo o mínimo tempo possível na obtenção dos mesmos. Estes objetos foram arrumados e dispostos de modo a permitirem o fluxo de trabalho.

Com o intuito de dispor das ferramentas necessárias à execução da tarefa no local mais próximo à sua utilização, a implementação dos 5S's foi realizada em diferentes áreas do centro de trabalho, colocando as várias ferramentas e componentes em locais diferentes:

Armário das ferramentas – piso 0

Neste centro de trabalho de aglomeração de blocos havia um armário, onde eram colocadas todas as ferramentas (à exceção dos raspadores), situado num local demarcado, na parte de trás da linha produtiva. Para além do armário se situar longe do local onde o operador trabalhava (na prensa), as ferramentas eram colocadas ao acaso no armário.

Com a implementação da metodologia 5S, foi definido um novo layout para os equipamentos não essenciais ao funcionamento da linha produtiva no rés-do-chão. Essas alterações, que podem ser observadas através da Figura 44, consistiram na mudança da localização do armário (aproximando-o do local de trabalho do operador) para haver mais controlo sobre o mesmo, uma vez que toda a gente o podia ver na reunião de *Kaizen* Diário. Com isto, os cacifos e as mesas de apoio foram para o lugar do armário.

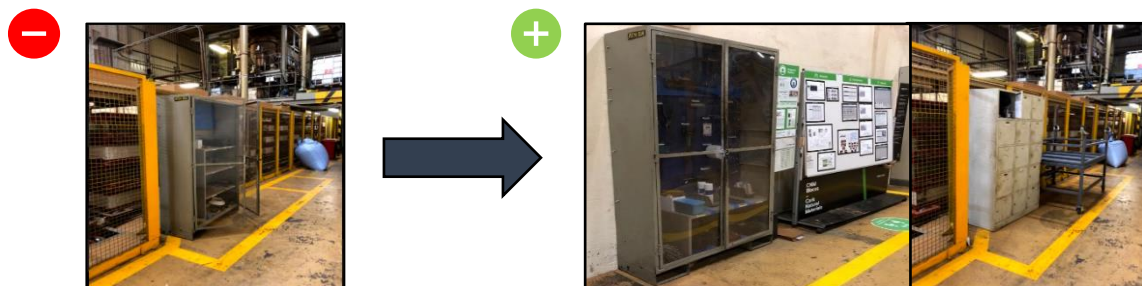


Figura 44 – Mudança na localização do armário

Depois de se aproximar o armário e as ferramentas ao local de trabalho do operador, era necessário organizar o armário (ver Figura 45), de forma a:

- colocar o máximo possível de ferramentas suspensas/penduradas: juntamente com esta técnica, foi utilizado o quadro sombra das ferramentas, no qual as ferramentas, através do seu contorno, ficam retratadas no painel (onde são colocados os ganchos que irão carregar as ferramentas), o que facilitava o trabalho do operador, pois ao colocar de volta a ferramenta ele sabia o local exato dessa ferramenta.
- colocar as ferramentas mais utilizadas em locais superiores e/ou de fácil acesso, e as que são menos utilizadas nos locais de mais difícil acesso.

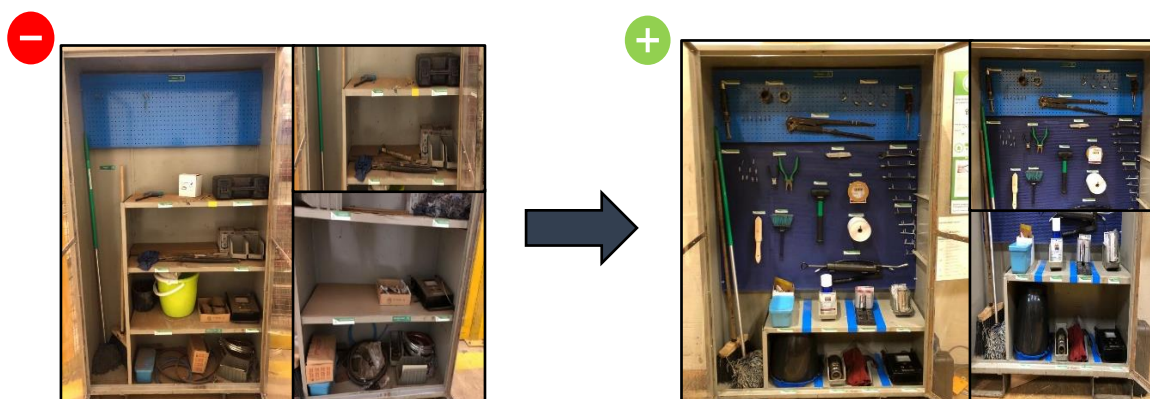


Figura 45 - Situação antes e depois do armário

Placa de suporte para os componentes do sistema de cola – piso 2

Dado que se trocava os componentes do sistema de cola com alguma frequência, uma vez que se faziam alterações constantes entre as colas utilizadas na mistura (cada um dos sistemas de cola tinha componentes próprios que se adequavam mais à cola a ser utilizada), e devido à acumulação

de cola seca nos componentes, justificava-se a criação de um local no piso 2 com o propósito de colocar esses componentes o mais perto possível do local de aplicação. A colocação de uma placa de suporte para esses componentes teve como intuito a redução dos tempos de reposição desses componentes, diminuindo as deslocações do operador entre a troca dos componentes, contribuindo positivamente para o aumento da disponibilidade do equipamento.

Após a colocação da chapa procedeu-se à criação de locais próprios para cada um dos seguintes componentes do sistema de cola: mangueiras, abraçadeiras (para as mangueiras), e um funil de substituição. Aqui também se colocaram etiquetas a identificar cada um dos locais para os componentes. O resultado final está representado na Figura 46.

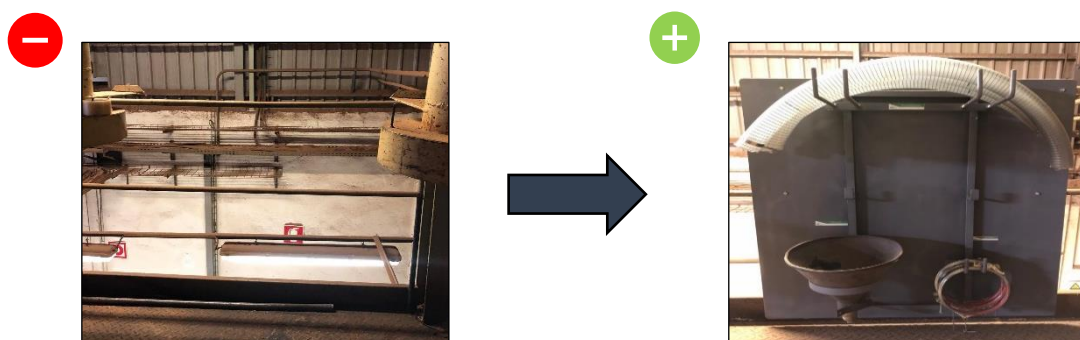


Figura 46 - Chapa de suporte para componentes de sistema de cola

Copos de armazenamento de raspadores – piso 1

Os raspadores eram as ferramentas mais utilizadas na linha produtiva, pois eram estas as ferramentas apropriadas para retirar o material colado nas paredes dos equipamentos superiores, nomeadamente, do pistão e do misturador e as suas pás. No entanto, dado que o número de raspadores existentes na linha era bastante limitado e estes estavam sempre espalhados pelo centro de trabalho, estávamos perante as seguintes situações desfavoráveis:

- Quando se fazia a limpeza do misturador e/ou das pás, havia necessidade de afiar constantemente os raspadores para estes continuarem eficientes no processo, o que se traduzia em perdas de tempo desnecessárias.
- Quando se limpava os pisos superiores no final de turno:
 - operador podia ter de estar à procura do raspador mais adequado para o processo, pois não havia um local exato para colocar os raspadores;
 - operador podia ainda ter de afiar algum raspador, pois não tinha mais nenhum à sua disposição.

Para solucionar tais problemas, procedeu-se à aquisição de mais raspadores e à criação de um local próprio para os raspadores (Figura 47).



Figura 47 - Copos de armazenamento de raspadores

Como se pode verificar pela Figura 47, este local era constituído por 2 copos, num dos copos eram colocados os raspadores afiados, sendo identificado por uma etiqueta verde a informar “Raspadores afiados” e no outro seriam colocados os raspadores não afiados, sendo identificado por uma etiqueta vermelha a informar “Raspadores NÃO afiados”. Com a conceção deste local, os operadores já saberiam à partida quais seriam os raspadores que podiam utilizar. O trabalho de afiar os raspadores não afiados estava encarregue à equipa de apoio das linhas de aglomeração (*Team-Leader* ou *Auxiliar*), para que não fosse o operador a ter de sair da linha produtiva para fazer esse trabalho, e, conseqüentemente, parar a produção. Uma dessas pessoas que estavam no apoio passaria pelo menos uma vez por turno no piso 1, para verificar se era necessário afiar raspadores e, caso fosse necessário, estes afiavam-nos com a lixadora pneumática.

4.2.3. *Seiso* – Senso de Limpeza

Após os diferentes locais do centro de trabalho se encontrarem organizados e terem apenas o que é realmente necessário, nas quantidades necessárias, foi necessário proceder-se à primeira limpeza dos mesmos, para obtermos um exemplo de como deveriam ficar os diferentes locais sempre que fossem limpos.

As atividades de limpeza executadas consistiram, nomeadamente, na:

- Limpeza do pavimento;
- Limpeza das ferramentas e componentes;
- No caso do armário: limpeza das poeiras acumuladas no seu interior;

Foram ainda incorporadas tarefas de limpeza dedicadas a estes locais de armazenamento de ferramentas no Plano de Manutenção Autónoma, para que estes se apresentassem sempre nas melhores condições. No PMA são descritas as atividades a executar nas respetivas zonas, a duração das mesmas e os meios necessários para fazer a limpeza.

4.2.4. *Seiketsu* – Senso de Normalização

Na quarta fase da metodologia, foram definidas regras com o objetivo de manter constantemente os 3S anteriores. Como a empresa já tinha uma política de melhoria contínua, todos os centros de trabalho eram sujeitos a auditorias 5S, no entanto, relativamente a este centro de

trabalho não havia uma grande preocupação na avaliação da arrumação das ferramentas. Para contrariar tal facto, retratou-se por imagens a situação ideal de cada local e colocaram-se essas imagens ao pé dos locais, de forma a facilitar o trabalho tanto dos auditores como dos operadores, pois apenas teriam de observar esse retrato “ideal” e comparar com a forma como encontraram os locais.

4.2.5. *Shitsuke* – Senso de Disciplina

Como todas as metodologias de melhoria contínua, os 5S são um processo contínuo, sendo este último senso o alicerce para se atingir esse ciclo. Para tal, é necessário dar formação aos colaboradores e fazer com que participem de forma ativa na manutenção dos 5S, fazendo tudo em conformidade com as regras.

4.3. SMED

As mudanças de referências de material grosso e pesado para referências de material mais fino e leve, o arranque de turno e a limpeza de final de turno, constituem grandes fontes de perda de disponibilidade. Por observação dos processos, considerou-se que a utilização da metodologia SMED poderia representar uma oportunidade de melhoria.

Depois de realizada uma primeira análise da situação atual relativamente às três situações, onde foram identificados alguns problemas, procedeu-se então à aplicação da metodologia SMED através de um plano de ação que envolve 5 fases:

1. Identificar e descrever todas as atividades realizadas durante o *setup*: para a realização do SMED começou por se efetuar filmagens e cronometragens aos procedimentos, seguidas da criação de uma listagem de todas as tarefas executadas.
2. Separar as operações de *setup* internas das operações de *setup* externas: classificação das tarefas em operações internas ou externas.
3. Converter as operações internas em operações externas;
4. Desenvolver soluções para reduzir os tempos das tarefas: análise detalhada de cada atividade, no sentido de se proceder, se possível, à sua melhoria e/ou alteração de sequência e responsabilidade.
5. Documentar todas as operações de *setup*.

Nos seguintes subcapítulos, é corroborada a aplicação da metodologia SMED na redução dos tempos de execução para as três situações.

4.3.1. Mudanças de referência

Sempre que havia mudança de referência de material grosso e pesado para uma referência de material mais fino e leve era necessária uma limpeza cuidada de todo o circuito, principalmente dos silos e misturador, para não haver contaminações e rejeições nos produtos finais. O misturador era

uma zona crítica da máquina, pois as suas paredes e pás sofriam um enorme desgaste devido à elevada velocidade de rotação e temperaturas a que é sujeito, e também muito suscetível à acumulação de material colado nas paredes e pás. Em virtude de ser um equipamento cuja limpeza era de longa duração, esta era atrasada ao máximo, pelo que, normalmente este procedimento podia ser planeado. Normalmente, este setup era realizado 3 vezes por mês.

Da análise realizada foi possível concluir que se desperdiçava tempo devido às seguintes situações:

- Poucas pessoas na execução do *setup*;
- Inexistência de standard de trabalho para a execução do setup, o que ainda acentuava quando eram duas pessoas na realização do *setup*;
- A sequência dos procedimentos é desordenada;
- Não existiam todas ferramentas necessárias ou adequadas ao processo;
- Armário das ferramentas desorganizado;
- Falta de um responsável que coordene as mudanças;
- Dificuldade na desintegração do material colado nas paredes e pás do misturador.

Identificação e descrição das atividades

A filmagem das tarefas em duas mudanças de série distintas permitiu validar o tempo médio despendido nestas mudanças de série que tinha sido obtido através da análise dos registos de tempos improdutivo. Essas mudanças de série filmadas foram realizadas com apenas o operador, porém, este podia ter auxílio, pois, enquanto limpava o misturador, o *Team-Leader* limpava as pás, diminuindo-se assim substancialmente o tempo de *setup*. No entanto, este estudo foi realizado conforme as filmagens, e assumiu-se que era apenas o operador a fazer a limpeza em todos os setups. Nesse caso, desde a produção do último bloco da série anterior até à produção do primeiro bloco da série seguinte passavam, aproximadamente, 6 horas. Analisando a listagem de todas as tarefas do processo (anexo K), foi ainda possível retirar as seguintes conclusões adicionais:

- Eram realizadas várias deslocações desnecessárias, que se podiam resolver se tivéssemos locais designados para cada uma das ferramentas;
- Realizavam-se tarefas que podiam ser realizadas com a linha em funcionamento;

Separação das operações Internas e Externas

Foram, então, identificadas as tarefas com potencial para serem convertidas em tarefas externas. Numa primeira análise verificou-se que existia um número considerável de operações externas, sendo que estas ocupavam cerca de 25% de todo o tempo de setup. Essa divisão de tarefas Internas e Externas encontra-se representada no anexo L.

Conversão das operações Internas em operações Externas

As tarefas potencialmente externas e a solução para as converter efetivamente em tarefas externas são apresentadas de seguida:

- Colocação de um saco no final da tubagem de limpeza dos mini silos.
 - Solução: esta tarefa poderia e deveria ser realizada com a linha em funcionamento, pois a sua execução não necessitava da linha parada.
- Todos as deslocações para obter ferramentas e/ou componentes e/ou sacos.
 - Solução: com a aplicação dos 5S no centro de trabalho, estas deslocações deixaram de fazer sentido, pois o operador colhia as ferramentas necessárias de forma quase imediata.
- Afiamento dos raspadores.
 - Solução: aquisição de mais raspadores e garantir que estavam todos afiados antes de iniciar o *setup*.
- Limpeza das pás dos misturadores: esta era a tarefa mais demorada deste conjunto de tarefas e consistia na remoção de restos de cola que se acumulavam nas pás ao longo do processo produtivo. Esta operação, à semelhança da limpeza das paredes do misturador, era executada manualmente, pois os operadores utilizavam um raspador com o auxílio de um martelo para conseguir perfurar a cola sólida.
 - Problema: durante o tempo em que se realizou o projeto, encontravam-se dispostas umas pás de substituição, porém, estas não eram utilizadas e não se sabia bem o motivo. Para tal, testaram-se as pás e concluiu-se que estas não estavam calibradas, pois a mistura não era realizada de forma eficiente, uma vez que as propriedades da mistura eram diferentes daquelas que deveriam estar associadas à mistura final.
 - Solução: calibrar as pás e garantir que apenas se realizava a limpeza das pás retiradas do misturador durante o funcionamento da linha. Assim, a limpeza das pás retiradas era realizada apenas pela equipa de apoio (*Team-Leader* ou elemento auxiliar) quando tinha disponibilidade. Para tal, recorreu-se à utilização da ferramenta Gestão Visual para alertar o operador de que era necessário realizar a limpeza das pás:
 - Colocou-se no quadro *Kaizen*, ao qual toda a gente tem acesso (sendo também de fácil visibilidade), um cartão (Figura 48) com frente e verso, no qual uma das faces informava que era necessário limpar as pás (vermelho), e no lado oposto dizia que todas as pás estavam limpas (lado verde).

Teve-se ainda em atenção o facto de nenhuma das linhas de aglomeração de blocos realizar o *setup* substituindo as pás, por isso esta melhoria seria transversal a todas as linhas. Portanto, na parte vermelha deixou-se um espaço em branco com o intuito de os operadores, quando fizessem a troca de pás, colocassem em qual centro de trabalho é que era necessário a

equipa de apoio limpar as pás do misturador. Nessa mesmo lado vermelho facultou-se também um espaço para os operadores colocarem o dia em que realizaram a limpeza do misturador, deixando também uma nota a informar que o período máximo para a limpeza das pás, após a limpeza do misturador, era de 1 semana.

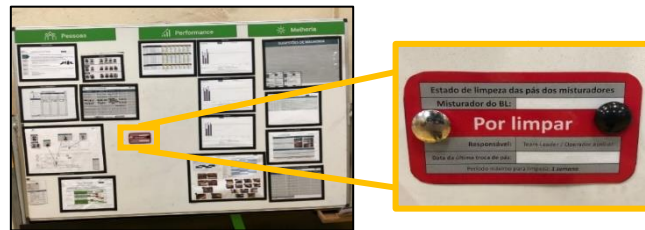


Figura 48 - Cartão de aviso de limpeza das pás do misturador

- Deslocação para ver a ordem de fabrico da nova série de produção.
 - Solução: verificar enquanto a linha estava em funcionamento qual era a próxima ordem de fabrico e apontar no quadro magnético disposto ao pé do *software* da máquina. Deste modo, esta operação deixava de ser inexistente quando se realizava o setup.

Desenvolvimento de soluções para reduzir o tempo de setup

Após atingirmos uma nova lista (mais reduzida) de operações internas, foram identificadas operações que ainda poderiam ser otimizadas:

- Desmontagem e montagem das pás no misturador.
 - Solução: aquisição de uma chave de bocas adequada para retirar as anilhas.
- Limpeza das paredes do misturador.
 - Solução: para realizar a limpeza das paredes do misturador, assim como a limpeza das pás (que passou a ser uma tarefa externa), adquiriu-se uma ferramenta pneumática (Figura 49) que permitia perfurar e separar a cola sólida dos equipamentos de forma mais rápida. Na tabela 8, pode-se verificar as diferenças, que são bastante significativas, no tempo de execução das duas tarefas, antes e após a aquisição da nova ferramenta.

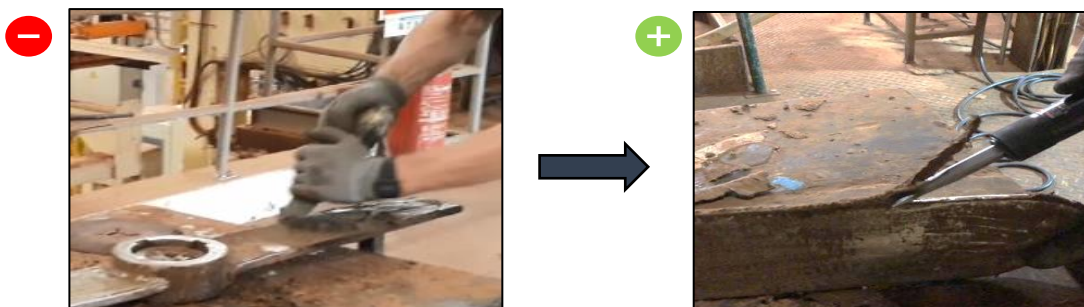


Figura 49 – Raspador manual vs. Raspador pneumático

Tarefa	Duração antes das melhorias (min.)	Duração depois das melhorias (min.)
Limpeza das pás	50	30
Limpeza do misturador	120	50

Tabela 8 - Duração das duas tarefas principais (antes e depois da aquisição do raspador pneumático)

Documentação das operações

Depois da aplicação da metodologia SMED neste processo, e com o objetivo de terminar com a variabilidade na execução do setup entre os turnos, elaborou-se uma lista nova das tarefas (anexo M) e uma norma (anexo N) constituída pelas tarefas a realizar no *setup* (pelo operador), assim como o tempo de execução das tarefas e as ferramentas que se deverão utilizar em cada uma das operações. Nesta norma estavam também retratadas imagens associadas a algumas dessas tarefas, para tornar a norma de mais fácil compreensão.

4.3.2. Arranque de turno

Como já referido anteriormente, o arranque de turno significava uma paragem de, pelo menos, 15 minutos por turno, o que se traduzia em muitas horas de linha parada ao final de um mês.

Identificação e descrição das atividades

O arranque de turno apenas continha 3 atividades:

1. Reunião *Kaizen* Diário
2. Colocação de motivo de paragem, abertura das seguranças da prensa (no *software* da máquina)
3. Arrancar produção (no *software* da máquina e MES)

Separação e Transformação das operações Internas em Externas

Dado que a partir de certa altura do projeto, dois novos elementos integraram a equipa de aglomeração de blocos (horário do elemento 1: 8h-17h; horário do elemento 2: 22h – 6h), dando apoio ao *Team-Leader* e auxílio ao que os outros operadores necessitassem, considerou-se uma boa solução envolver estes novos elementos na redução do arranque da linha. Isto significava que, enquanto se realizava a reunião *Kaizen* Diário entre *Team-Leader* e operadores das 3 linhas de aglomeração de blocos, estes arrancavam com a produção da linha, o que antes estava ao cargo do operador da máquina, e após a reunião, o operador substituíu o elemento extra.

Documentação das operações

Nesta fase, tendo em conta que este processo não envolvia muitas atividades, apenas se procedeu a uma sensibilização junto aos operadores e *Team-Leaders* para que se tornasse padrão

a utilização do elemento extra no arranque de turno. De realçar que o horário destes elementos extra apenas contemplava os arranques do turno 2 e do turno 3, portanto, o turno 1 não foi sujeito a esta mudança.

4.3.3. Limpeza de final de turno

Como foi possível concluir pela análise de Pareto, este era o principal problema deste centro de trabalho, pois significava paragens com duração entre 60 a 85 minutos, o que também acarretava grandes perdas de produtividade e milhares de blocos não produzidos mensalmente. Atente-se que a variação do tempo de limpeza se devia às referências produzidas durante o turno, e também se devia à variação entre turnos, pois uns turnos dedicavam-se mais à limpeza que outros.

A partir da análise realizada, concluiu-se que havia perdas de tempo devido aos seguintes problemas:

- Apenas o operador da máquina fazia a limpeza;
- Inexistência de procedimentos estabelecidos para a execução da limpeza;
- A sequência dos procedimentos é desordenada;

Depois destas considerações, deu-se início à aplicação da metodologia SMED.

Identificação e descrição das atividades e Separação e Transformação entre operações Internas e Externas

Após a filmagem de todo o processo de limpeza, realizou-se uma lista detalhada e minuciosa, com todas as tarefas efetuadas pelo operador (anexo O). Devido à grande quantidade de tarefas, através da tabela 9, apresenta-se uma pequena parte da lista de tarefas, na qual estão incluídas as operações identificadas como “Externas” ao processo de limpeza, após a aplicação do SMED.

Nº da tarefa	Piso	Tarefas	Tipo de Operação
1	0	Parar produção	I
2	0	Ir buscar sacos para colocar lixo	E
3	0	Colocar saco na base da prensa	I
4	0	Baixar caixa e raseira, através do software da máquina	I
5	0	Baixar prensa, através do software da máquina	E
6	0	Limpar (com ar comprimido) parte superior da prensa e caixa	E
7	0	Subir prensa, através do software da máquina	E
8	2	Limpar interior da cortina de descarga da balança e colocá-la para cima	I
9	2	Limpar área envolvente	I
10	2	Procurar por raspadores	E
11	2	Retirar e limpar injetores/mangueira da cola	I
...
43	0	Colocar granulado acumulado num saco	I
44	0	Levar saco com granulado para local devido	I
45	0	Retirar lixo acumulado nos fixa-moldes	I

Tabela 9 - Lista (reduzida) de tarefas a realizar na limpeza de final de turno

A tarefa nº 2 considerou-se externa ao processo, pois o operador podia perfeitamente colher sacos com a máquina ainda a trabalhar, sem perder tempo no ciclo de produção. Relativamente às tarefas nº 4, 5 e 6, estas também poderiam ser realizadas ainda com a máquina a trabalhar, pois na desmoldagem do último bloco do turno, o operador podia aproveitar que a prensa estava em baixo e limpá-la, eliminando logo de uma vez 3 tarefas que antes eram internas ao processo de limpeza. Já no que concerne à tarefa nº10 esta era totalmente desnecessária, se houvesse organização no centro de trabalho, portanto, com a instalação dos copos para os raspadores (como falado no subcapítulo da aplicação dos 5S), o processo de obtenção de raspadores iria ser praticamente imediato, eliminando assim outra tarefa.

Desenvolvimento de soluções para reduzir o tempo de limpeza

Nesta fase, pretendia-se diminuir o tempo de limpeza através da otimização das tarefas. Dado que os turnos 1 e 3 tinham na equipa um elemento extra para o apoio às linhas de aglomeração, teve-se em consideração os proveitos que traria o facto de envolver esse elemento no processo de limpeza desses turnos. Posto isto, dividiu-se o grupo de tarefas pelas duas pessoas, o que permitiu reduzir o tempo de limpeza para metade, pois enquanto o operador da máquina se dedicava à limpeza dos pisos superiores, o elemento extra adiantava a limpeza do centro de trabalho no rés-do-chão.

Documentação das operações de limpeza de final de turno

Depois da aplicação da metodologia SMED neste processo, e com o objetivo de terminar com a variabilidade na limpeza entre os turnos, elaborou-se uma norma de limpeza (anexo P) constituída com as tarefas a realizar por cada elemento envolvido na limpeza, assim como a duração das tarefas e as ferramentas que se deverão utilizar em cada uma das operações. Como complemento a essa lista de tarefas, realizou-se também o roteiro que o operador extra teria de fazer para limpar devidamente o rés do chão do centro de trabalho. Na Figura 50 está representada essa norma.

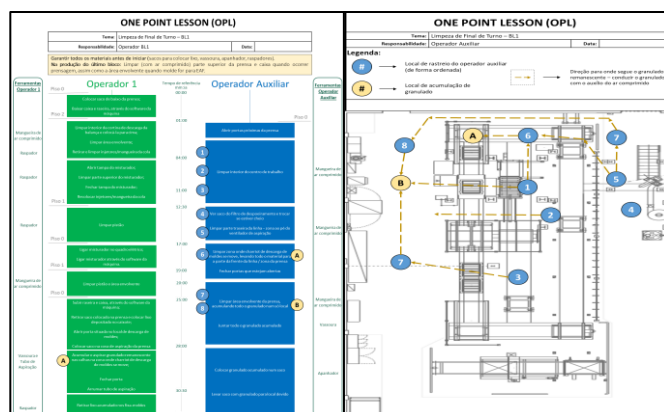


Figura 50 – Norma de limpeza de final de turno

4.4. Aplicação de sinais luminosos - Andon

Dado que o centro de trabalho era bastante amplo, ficava muito difícil para o operador estar com atenção a todos os pontos cruciais da linha. Portanto, era necessário a criação de um sinal sonoro e luminoso tanto no Paletizador, como no misturador, pois eram locais importantes no funcionamento da linha, mas que se situavam distanciados do local de trabalho do operador, a prensa.

4.4.1. Paletizador

De forma a reduzir o número de intervenções do operador no Paletizador, fez-se a instalação de alguns sensores, os quais foram ligados ao sinal luminoso já existente no equipamento. Deste modo, as melhorias neste sentido consistiam em métodos de advertência, e foram realizadas para as seguintes situações:

Aviso de palete completa

Dado que havia tanta variabilidade entre turnos nas deslocações do operador ao Paletizador, uma vez que havia constantemente atrasos no tempo de ciclo normal quando o operador necessitava de retirar as paletes cheias e marcar os blocos dessa paleta, ao mesmo tempo que colocava mais paletes vazias, procedeu-se à reparação do alarme que já existia no Paletizador (mas que não era utilizado), e fez-se a ligação deste com os sensores que detetavam o nível máximo de blocos presentes na paleta. Adicionalmente, ainda se colocou um alarme no software com o mesmo efeito, que aparecia no sistema quando a paleta ficava cheia.

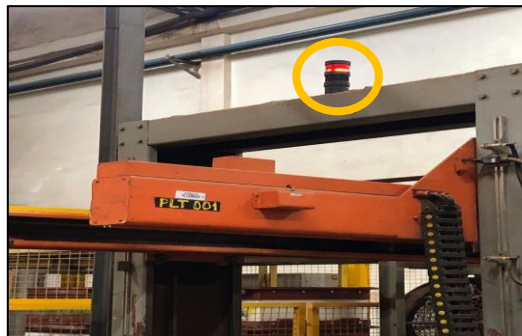


Figura 51 - Alarme luminoso e sonoro do Paletizador

Com isto, o operador era alertado, através do sinal luminoso e sonoro (Figura 51) e do alarme no *software*, sempre que uma paleta ficava completa, para que este fosse retirar a paleta no momento que fosse mais oportuno, isto é, quando o operador acabava de colocar o fundo de cortiça antes da prensagem e estava ainda um molde à espera para entrar na estufa, tendo assim tempo suficiente para se deslocar ao Paletizador e voltar sem desperdiçar tempo no ciclo normal.

Aviso de nível baixo de paletes vazias

Diariamente, ocorriam paragens que se deviam ao facto de o Paletizador chegar ao ponto de ficar sem paletes vazias para receber os blocos aglomerados, o que requeria a intervenção do operador para repor e posicionar as paletes vazias. Estas situações resultavam da falta de atenção dos operadores, pois não havia nenhum sistema que os alertasse sobre o nível de paletes e não havia forma de ter um trabalho normalizado nestas deslocações. A reparação era de fácil execução, mas um pouco demorada, sendo que o operador demorava, em média, 10 minutos a repor e posicionar o nível correto de paletes.

Para tal, instalaram-se uns sensores que detetavam quando o nível mínimo de paletes (2 paletes) era atingido, os quais sofreram ligação elétrica com o mesmo sinal luminoso do Paletizador, para que o operador fosse alertado para repor paletes no dispensador de paletes.

4.4.2. Misturador

Esta linha de aglomeração era suscetível a um número considerável de pequenas paragens ao longo do turno. Quando acontecia alguma paragem inesperada na linha, o operador tentava imediatamente perceber e, se possível, resolver o problema. Nessas situações, o tempo de intervenção variava bastante, pois a intervenção do operador tanto podia durar 5 minutos numa paragem, como noutra paragem podia durar 15 ou 20 minutos. Quando estas pequenas intervenções ocorriam, e se o misturador, estando parado, contivesse alguma mistura por um período superior a 5 minutos, a mistura ficava de tal maneira colada ao misturador e ao pistão que estes deixavam de funcionar até que o operador limpasse devidamente os equipamentos, o que poderia demorar entre 10 a 30 minutos.

Para impedir que a cola ficasse agarrada ao misturador e ao pistão, instalou-se um alarme no *software* da máquina e procedeu-se à ligação entre o tempo da mistura parada no misturador presente no *software* e o sinal luminoso e sonoro já existente ao pé do operador (Figura 52). Se o misturador contivesse uma mistura parada, e fossem atingidos os 5 minutos após o misturador estar parado, o alarme era acionado, com o intuito de alertar o operador de que tinha de descarregar a mistura presente no misturador. Atente-se que este sinal luminoso era acionado automaticamente através da utilização de programação no *software* da máquina, sendo que a programação foi realizada pelo próprio fornecedor do *software*.



Figura 52 - Sinal luminoso (laranja) de “misturador parado”

Através deste método de gestão visual e sonoro, era possível transmitir informação sobre o estado da linha produtiva na tentativa de diminuir o tempo de resposta a perturbações que tenham ocorrido, evitando desta forma que estas ficassem ocultas no seio da linha.

4.5. Melhorias aplicadas nos carros e moldes

Como referido anteriormente, através do recurso da análise dos 5 Porquês foi possível entender que os carros estavam mal identificados e não tinham códigos de identificação únicos no ERP, o que levava a que os carros estivessem muito tempo fora da linha sem ninguém saber o que era necessário fazer para o reparar, pois havia um tempo prolongado entre o tempo em que se reconhecia que havia um erro com o carro e o tempo em que ele era realmente reparado.

Reparação de carros

A primeira intervenção a realizar no sentido de reduzir as paragens no posto de trabalho era, de facto, a reparação de todos os carros que necessitassem de alguma correção, para a linha produtiva não parar mais devido a problemas existentes nos carros. Estes problemas envolviam empenos, rodas desajustadas e “orelhas” empenadas.

Gestão Visual

Após o centro de trabalho ter todos os carros disponíveis e em boas condições, procedeu-se à pintura (Figura 53), com cor uniforme (vermelha), de todos os carros, sendo que também se marcou o número identificativo em cada um, para o operador perceber facilmente de que carro se tratava se este, eventualmente, apresentasse problemas.



Figura 53 - Pintura de carros

Colocação do número identificativo de todos os carros e moldes no ERP

De modo a simplificar o contacto entre o supervisor e a manutenção quando era necessário reparar um molde ou um carro, procedeu-se à criação de códigos únicos no ERP da empresa para cada um dos moldes e carros. Após a criação desses códigos, colocaram-se umas folhas, que continham esses números, ao pé do local de trabalho do operador, numa capa (Figura 54), para que o tempo de reação à adversidade fosse o menor possível.



Figura 54 - Códigos do ERP dos moldes e carros para pedidos de intervenção

Assim, o processo funcionava da seguinte maneira: o operador identificava qual o número do carro que necessitava reparação, substituía-o e alertava o supervisor. Desta forma, o supervisor apenas fazia o pedido de intervenção no ERP (numa questão de minutos), e a equipa de manutenção, quando tivesse disponibilidade, apenas tinha de levar o carro para a oficina e repará-lo.

Revestimento de material antiaderente (*Teflon*) nas chapas dos moldes

Para impedir que os blocos colassem nas tampas dos moldes, as mesmas foram reparadas e revestidas de novo com material antiaderente *Teflon* (Figura 55). A aplicação deste material eliminou por completo o tipo de paragem que envolvia a colagem dos blocos nas tampas, o que representava uma paragem média de 3 minutos, mas que era bastante recorrente ao longo de um turno.

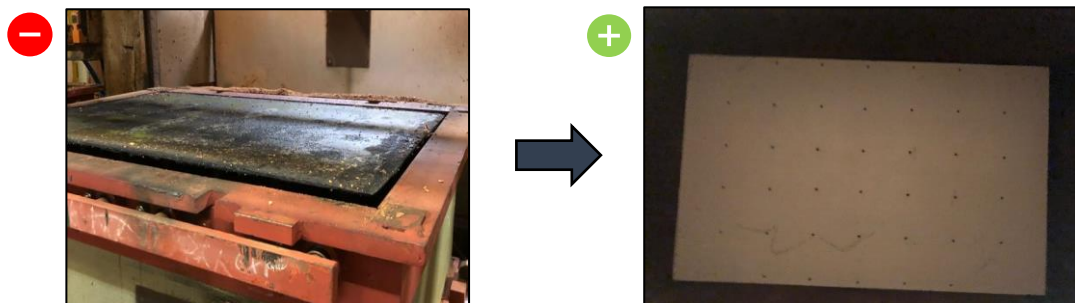


Figura 55 - Revestimento antiaderente *Teflon* na chapa do molde

4.6. Melhorias aplicadas para diminuição na propagação do pó

Com o objetivo de reduzir o tempo de limpeza de final de turno, era importante aplicar algumas melhorias no sentido de reduzir a propagação do pó pelo circuito. Para tal, aplicaram-se as melhorias apresentadas nos seguintes subcapítulos

4.6.1. Aspiração de material remanescente no bloco

De modo a reduzir o uso de ar comprimido, que era a principal fonte de propagação de pó pela linha, optou-se pela instalação de um aspirador (Figura 56) no tapete que levava os blocos aglomerados para o Paletizador, sendo que este aspirava o material remanescente presente na parte superior dos blocos aglomerados.



Figura 56 - Aspirador para resíduos presentes na parte superior dos blocos

Deste modo, o operador deixou de utilizar a mangueira de ar comprimido quando o bloco era extraído do molde, diminuindo, portanto, os efeitos da principal fonte de propagação de pó.

4.6.2. Colocação de uma cortina atrás da prensa

No sentido de reduzir ainda mais a propagação de granulado pela linha, colocou-se uma cortina atrás da prensa (Figura 57), de modo a que o granulado projetado pelo ar comprimido fosse impedido de se deslocar para a parte de trás da prensa, e, portanto, não se propagasse pelos moldes, carros, correntes e equipamentos.

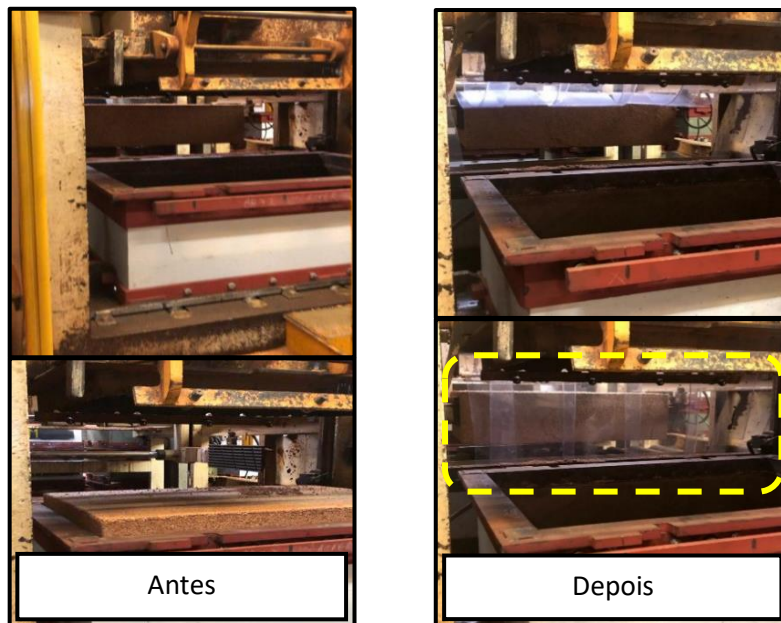


Figura 57 - Antes e depois da aplicação da cortina na parte traseira da prensa

Posto isto, quando o operador utilizasse a mangueira de ar comprimido para limpar os moldes (retirar o granulado remanescente presente na parte superior dos moldes) que tinham acabado de ser prensados e moldados, a cortina continha o granulado projetado e este seguia de imediato para a cova de aspiração.

4.6.3. Colocação de esferovite entre as brechas da prensa

Com o intuito de intervir na raiz do problema alusivo à propagação de pó na descarga de material e na prensagem, procedeu-se ainda à redução do espaço existente entre a prensa e as chapas, através da colocação de esferovite entre as aberturas da prensa (Figura 58).

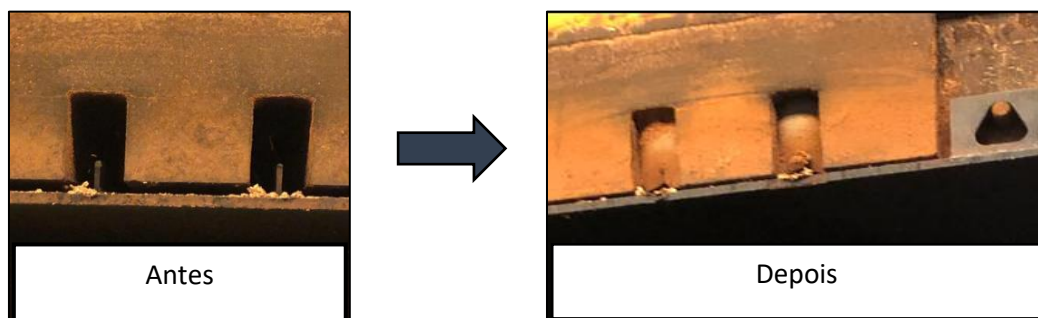


Figura 58 - Situações Antes e Depois do preenchimento do espaço vazio entre a prensa e as chapas

Desta forma, quando ocorria a descarga da mistura, a quantidade de granulado que passava por estas brechas era praticamente inexistente, e quando ocorria a prensagem, a quantidade de granulado acumulado na parte superior do molde era reduzida de forma significativa.

4.7. Redução do tempo de entrada e saída dos moldes na estufa

Conforme a observação do processo produtivo executada de forma minuciosa e contínua ao longo da realização do projeto, foi possível concluir que estávamos perante oportunidades de melhoria no tempo de ciclo nos momentos de entrada e saída da estufa.

Correntes de entrada e saída da EAF

A corrente que transportava os moldes para dentro da estufa era a mesma corrente que transportava os moldes para fora da estufa. Quando se iniciou o projeto, essa corrente apenas tinha 2 batentes, cuja função era transportar o molde, o que significava que, quando o molde saía da estufa, o batente ainda tinha de percorrer metade da dimensão da corrente até alcançar o sensor de fim de curso, e conseqüentemente o outro batente colocava já um novo molde na estufa. A duração da deslocação do batente entre a saída da estufa até à chegada ao sensor de fim de curso consistia num período de 5 segundos.

Após a identificação dessa situação, e com o intuito de diminuir o tempo de transporte dos moldes nesta corrente, procedeu-se à colocação de mais um batente na corrente e conseqüente redução da distância entre a saída da estufa e o sensor de fim de curso (Figura 59). Dividindo a corrente em 3 batentes separados pela mesma distância entre si, e mudando a localização do sensor fim de curso, aproximando-o da porta de saída da estufa, foi possível reduzir o tempo de deslocação do batente entre a saída da estufa e o sensor de fim de curso para 3 segundos, conseguindo assim uma redução de 2 segundos por cada ciclo de produção. Para ficar mais perceptível, está representado um esquema entre as duas situações.

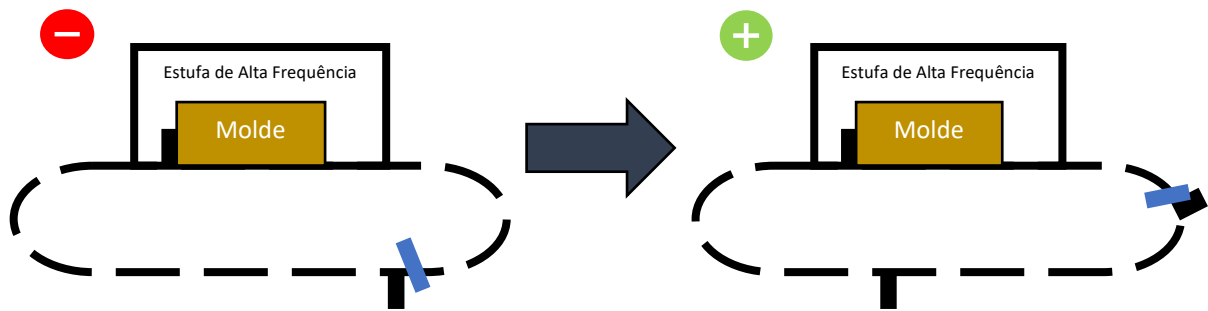


Figura 59 - Situação Antes e Depois da inclusão de mais um batente na corrente da estufa

4.8. Criação de *dashboards* em *Power Bi*

Uma vez que não havia um OEE, nem outro tipo de indicador, calculado de modo oficial, nem uma forma de realizar análises detalhadas a este indicador quando se iniciou o projeto, procedeu-se ao cálculo do OEE, e à criação de um ficheiro onde fosse possível analisar a produtividade das três linhas de aglomeração de blocos.

4.8.1. Fonte dos dados

Os dados utilizados para os cálculos dos vários indicadores eram provenientes da base de dados do *software* utilizado nas linhas de aglomeração de blocos, designado de SCADA/MultiDos. Este *software* registava no seu histórico, a cada minuto, dados relativos à produção de cada um dos centros de trabalho. De notar que, através de linguagem SQL e os acessos aos servidores estando todos autorizados, era possível ter acesso a estes dados por forma de tabelas no *Excel*, sendo que bastava apenas um clique no botão “atualizar” do *Excel* para termos acesso aos dados mais atualizados a qualquer momento. Essas tabelas eram relativas a:

- Tempos e tipologias de paragem (Figura 60): nesta tabela estavam representados os motivos de paragem de cada paragem registada e as horas onde ocorreram essas paragens;
- Registo de produções (Figura 61): nesta tabela estavam representadas as características de todos os blocos produzidos, como é o exemplo da referência à qual pertence e em que turno e em que momento exato foi produzido.

Local/BL	Turno	Código	Descrição	Data Início	Hora Início	Data Fim	Hora Fim
1	1	P4	Preparação da linha	01/07/2020	06:00:00	01/07/2020	06:28:05
1	1	P4	Preparação da linha	01/07/2020	06:28:05	01/07/2020	06:50:00
1	1	N6	Intervenção p/ melhorias	01/07/2020	06:50:00	01/07/2020	08:31:31
1	1	N6	Intervenção p/ melhorias	01/07/2020	08:31:31	01/07/2020	08:48:45
1	1	P4	Preparação da linha	01/07/2020	08:48:45	01/07/2020	09:58:58
1	1	I1	Falta de matéria-prima cortiça	01/07/2020	10:35:51	01/07/2020	10:46:14
1	1	I3H	Paragem para refeição	01/07/2020	11:32:53	01/07/2020	11:59:42
1	1	N6	Intervenção p/ melhorias	01/07/2020	13:04:50	01/07/2020	13:59:56
1	1	N6	Intervenção p/ melhorias	01/07/2020	14:00:00	01/07/2020	14:24:58
1	1	N6	Intervenção p/ melhorias	01/07/2020	14:24:59	01/07/2020	14:36:22
1	1	N6	Intervenção p/ melhorias	01/07/2020	14:36:22	01/07/2020	15:09:43
1	1	N6	Intervenção p/ melhorias	01/07/2020	15:49:05	01/07/2020	16:02:33
1	1	N6	Intervenção p/ melhorias	01/07/2020	16:02:33	01/07/2020	16:14:27
1	1	N6	Intervenção p/ melhorias	01/07/2020	16:24:09	01/07/2020	16:59:42
1	1	N6	Intervenção p/ melhorias	01/07/2020	18:28:58	01/07/2020	19:00:05
1	1	N6	Intervenção p/ melhorias	01/07/2020	20:38:09	01/07/2020	20:47:54
1	1	N6	Intervenção p/ melhorias	01/07/2020	21:20:00	01/07/2020	21:59:58
1	1	N6	Intervenção p/ melhorias	01/07/2020	22:00:00	01/07/2020	23:56:26
1	1	I3H	Paragem para refeição	02/07/2020	01:34:17	02/07/2020	02:00:15
1	1	N2	Limpeza regular de turno	02/07/2020	04:59:03	02/07/2020	05:52:20
1	1	N4	Formação	02/07/2020	05:52:21	02/07/2020	05:59:58
1	1	N4	Formação	02/07/2020	06:00:00	02/07/2020	06:22:43
1	1	P5B	Intervenção mec. feita p/operador	02/07/2020	07:38:45	02/07/2020	07:48:53
1	1	P5B	Intervenção mec. feita p/operador	02/07/2020	08:02:14	02/07/2020	08:10:27

Figura 60 - Tabela de tempos e tipologias de paragem

Local/BL	NrOrdem	CódigoF	NomeF	NrCiclo	Turno	Data Início Pesagem	Hora Início Pesagem	Data da Prensagem	Hora da Prensagem	Data Saída da Prensa	Hora Saída da Prensa
1	1600000009	8405	ITF-103/46	1	1	01/07/2020	09:57:29	01/07/2020	10:04:43	01/07/2020	10:05:28
1	1600000009	8405	ITF-103/46	2	1	01/07/2020	10:01:53	01/07/2020	10:09:28	01/07/2020	10:10:07
1	1600000009	8405	ITF-103/46	3	1	01/07/2020	10:07:26	01/07/2020	10:16:03	01/07/2020	10:16:47
1	1600000009	8405	ITF-103/46	4	1	01/07/2020	10:09:57	01/07/2020	10:22:09	01/07/2020	10:22:51
1	1600000009	8405	ITF-103/46	5	1	01/07/2020	10:18:03	01/07/2020	10:27:02	01/07/2020	10:27:50
1	1600000009	8405	ITF-103/46	6	1	01/07/2020	10:25:18	01/07/2020	10:32:29	01/07/2020	10:33:20
1	1600000009	8405	ITF-103/46	7	1	01/07/2020	10:30:45	01/07/2020	10:43:49	01/07/2020	10:46:48
1	1600000009	8405	ITF-103/46	8	1	01/07/2020	10:42:06	01/07/2020	10:54:36	01/07/2020	10:55:15
1	1600000009	8405	ITF-103/46	9	1	01/07/2020	10:52:53	01/07/2020	10:58:34	01/07/2020	10:59:16
1	1600000009	8405	ITF-103/46	10	1	01/07/2020	10:56:56	01/07/2020	11:08:32	01/07/2020	11:09:10
1	1600000009	8405	ITF-103/46	11	1	01/07/2020	11:06:53	01/07/2020	11:12:41	01/07/2020	11:13:19
1	1600000009	8405	ITF-103/46	12	1	01/07/2020	11:11:03	01/07/2020	11:16:25	01/07/2020	11:17:01
1	1600000009	8405	ITF-103/46	13	1	01/07/2020	11:14:46	01/07/2020	11:19:50	01/07/2020	11:20:29
1	1600000009	8405	ITF-103/46	14	1	01/07/2020	11:18:11	01/07/2020	11:23:18	01/07/2020	11:24:01
1	1600000009	8405	ITF-103/46	15	1	01/07/2020	11:21:40	01/07/2020	11:26:47	01/07/2020	11:27:49
1	1600000009	8405	ITF-103/46	16	1	01/07/2020	11:25:09	01/07/2020	11:29:39	01/07/2020	11:30:23
1	1600000009	8405	ITF-103/46	17	1	01/07/2020	11:27:15	01/07/2020	12:02:58	01/07/2020	12:03:47
1	1600000009	8405	ITF-103/46	18	1	01/07/2020	12:01:20	01/07/2020	12:05:30	01/07/2020	12:06:22
1	1600000009	8405	ITF-103/46	19	1	01/07/2020	12:03:27	01/07/2020	12:08:22	01/07/2020	12:10:05
1	1600000009	8405	ITF-103/46	20	1	01/07/2020	12:05:59	01/07/2020	12:11:55	01/07/2020	12:12:51
1	1600000009	8405	ITF-103/46	21	1	01/07/2020	12:08:51	01/07/2020	12:15:00	01/07/2020	12:15:39
1	1600000009	8405	ITF-103/46	22	1	01/07/2020	12:12:24	01/07/2020	12:17:22	01/07/2020	12:18:01
1	1600000009	8405	ITF-103/46	23	1	01/07/2020	12:14:28	01/07/2020	12:20:22	01/07/2020	12:21:02

Figura 61 - Tabela de Registo de produções

4.8.2. Cálculo de OEE

Como referido anteriormente, o OEE é o produto entre os fatores percentuais Disponibilidade, Performance e Qualidade. Posto isto, era necessário calcular os diferentes fatores, excluindo o fator Qualidade, uma vez que este não era incorporado neste cálculo, pois era considerado como 100% nestas linhas de aglomeração.

Disponibilidade

O fator Disponibilidade foi calculado através da seguinte fórmula:

$$\begin{aligned}
 \text{Disponibilidade (\%)} &= \frac{\text{Tempo Disponível para produção(TD)}}{\text{Tempo Total de Produção(TTP)}} \\
 &= \frac{\text{TTP} - \text{Paragens}}{n^{\circ} \text{ de turnos} * \text{horas de trabalho por turno}}
 \end{aligned}
 \tag{9}$$

Atente-se que se consideraram as 8h de trabalho como as “horas de trabalho por turno”, não retirando as paragens planeadas (como era o exemplo das paragens para refeição e a reunião de início de turno), pois na obtenção dos tempos improdutivos não era possível fazer discriminação entre as paragens planeadas e as paragens não planeadas.

Performance

O fator Performance foi calculado através da seguinte fórmula:

$$\begin{aligned}
 \text{Performance (\%)} &= \frac{\text{Tempo de Produção Efetivo (TPE)}}{\text{Tempo Disponível para produção (TD)}} \\
 &= \frac{\sum(\text{Tempo de Ciclo} * \text{N}^\circ \text{ de blocos produzidos})}{\text{Tempo Disponível para produção}}
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

De referir que o Tempo de Produção Efetivo foi calculado pelo somatório das multiplicações entre os *Tempos de Ciclo* e o *Nº de blocos produzidos* para cada referência produzida no período. Os tempos de ciclo (de cada referência) utilizados no cálculo do OEE foram provenientes das cadências teóricas retratadas no ERP da empresa, enquanto que o número de blocos produzidos era conseguido através dos Registos de produções.

4.8.3. Dashboards em Power Bi

Com uma fonte de dados obtida e as fórmulas definidas, o próximo passo passava pela construção de um ficheiro com *dashboards* que pudessem ilustrar a evolução do OEE e dos seus fatores para cada linha de aglomeração e para cada turno.

Neste ficheiro era possível analisar os dados de produtividade do centro de trabalho e do período que quiséssemos estudar, sendo que tínhamos 3 páginas diferentes: Evolução do OEE e os seus fatores ao longo do tempo em modo semanal ou modo mensal; Informação do OEE para cada turno.

Evolução do OEE e dos seus fatores (modo semanal e modo mensal)

Dado que a equipa de gestão podia pretender analisar os dados de forma semanal ou mensal, procedeu-se à criação de 2 páginas diferentes (Figura 62), em que numa se pode analisar os dados através da evolução semanal, e na outra podem ser verificados os dados em modo mensal.

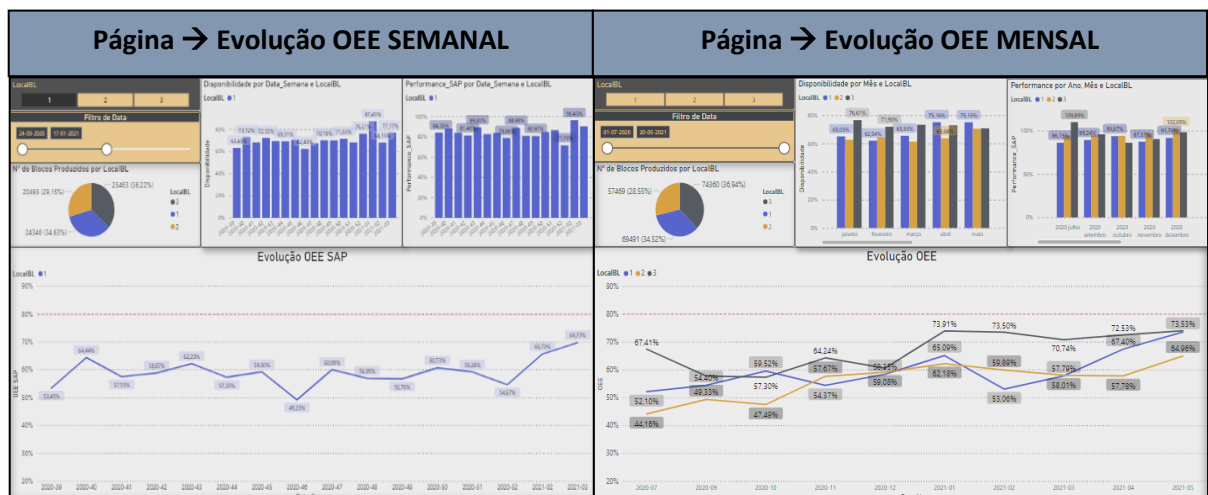


Figura 62 - Evolução OEE semanal/mensal (dashboards)

Nos gráficos onde estava representada a evolução do OEE, em ambas as páginas, quando passávamos o cursor no mês ou semana que pretendéssemos analisar mais detalhadamente, podíamos observar dados relevantes (Figura 63): motivos de paragem mais significativos nesse

período; cumprimento de unidades produzidas comparativamente com o que se podia ter produzido sem paragens, etc.

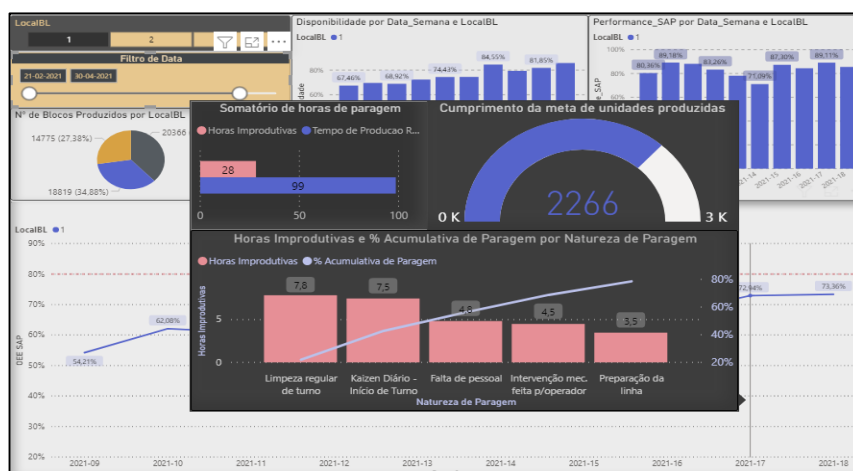


Figura 63 - Janela com dados adicionais na Evolução OEE

Criou-se ainda outra página (Figura 64), onde também é possível visualizar o desempenho entre os diferentes turnos de cada centro de trabalho, com o intuito de comparar e analisar as produtividades de cada turno, e verificar se é necessário intervir e sensibilizar algum operador/turno.

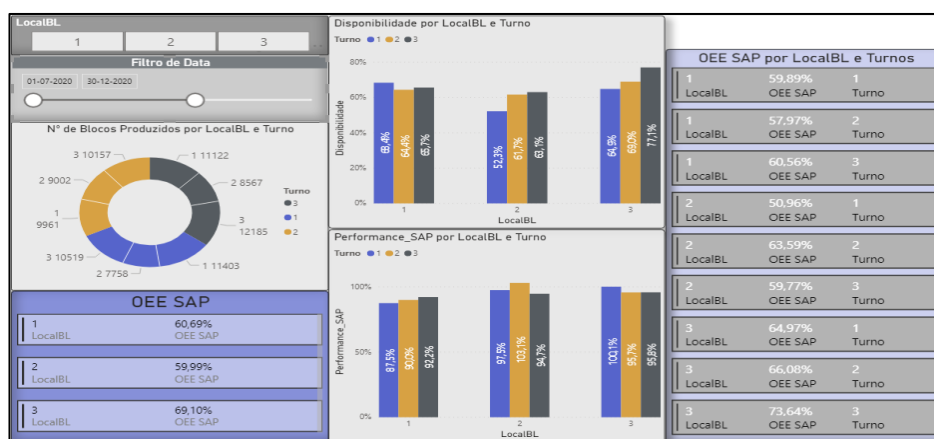


Figura 64 - Desempenho entre turnos (dashboards)

4.8.4. Criação de um site em SharePoint

A melhor alternativa que se encontrou para que todos os membros de gestão da unidade industrial pudessem ter acesso a estes indicadores, foi criar um *SharePoint* (Figura 65), que era alimentado pelo ficheiro de *Power Bi*.

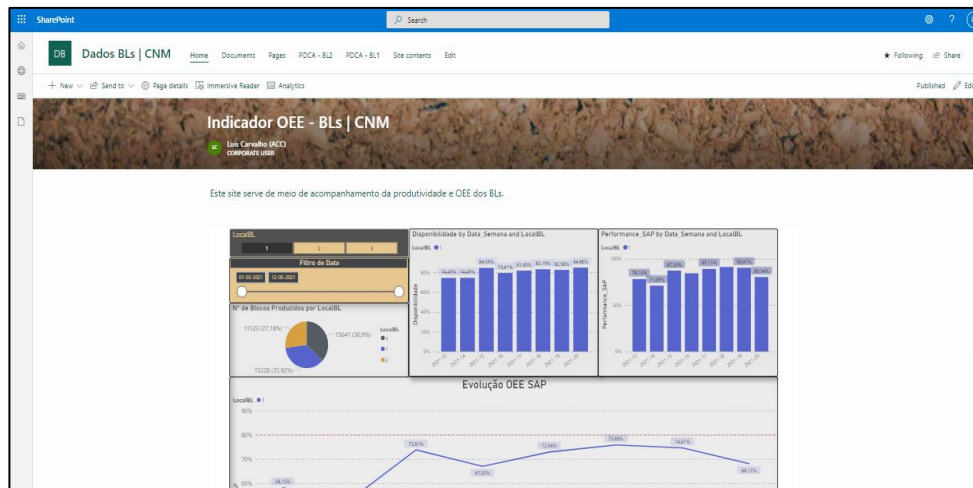


Figura 65 - Site de SharePoint

Este site era atualizado através de 2 ficheiros e 4 passos bastante simples:

1. Atualizar e guardar o ficheiro *Excel* com os dados provenientes do *software* da máquina (SCADA/MultiDos);
2. Atualizar o *Power Bi*;
3. Partilhar o ficheiro *Power Bi*;
4. Fazer *refresh* à página do *SharePoint*;

Por fim, todas as soluções implementadas para reduzir ou eliminar o efeito dos vários problemas, encontram-se resumidas por problema associado na tabela 10.

Problema	Solução
Não existe cuidado nem preocupação com a manutenção e a boa condição dos equipamentos	Abordagem ao TPM
Desorganização no armazenamento de ferramentas e componentes	Aplicação dos 5S
Setup demorado; Limpeza aprofundada do misturador demorada; Desmotivação do operador para limpar misturador;	Aplicação do SMED: 1. Aquisição de um raspador pneumático, assim como outras ferramentas; 2. Organização dos locais de armazenamento de ferramentas; 3. Calibração das pás
Operador não consegue estar atento a todos os pontos cruciais da linha	<i>Andon</i>
Colagem dos blocos às chapas dos moldes	Recondicionamento e colocação de <i>Teflon</i> nas chapas dos moldes
Demora na reparação de moldes e carros	Reparação de moldes e carros; Gestão Visual
Demasiada propagação de granulado pela linha	Instalação de aspirador no tapete de transporte de blocos
	Colocação de uma cortina atrás da prensa; Colocação de esferovite entre as brechas da prensa
Impossibilidade de realizar análises rápidas e detalhadas sobre os dados de produtividade da linha	Criação de <i>dashboards</i> em <i>Power Bi</i>

Tabela 10 - Problemas e soluções propostas

5. Análise dos resultados obtidos

5.1. Resultados qualitativos

Neste subcapítulo, mais concretamente na Tabela 11, são analisados, de uma forma sintetizada, os ganhos qualitativos resultantes das melhorias implementadas na linha de aglomeração.

Melhorias implementadas	Ganhos Qualitativos
Criação e Implementação de Plano de Manutenção Autónoma	Aumento da vida útil dos equipamentos e redução das avarias através de tarefas rotineiras de verificação, limpeza e/ou lubrificação
Aplicação da metodologia 5S	Criação, limpeza, organização dos locais de armazenamento de ferramentas - redução de deslocações e duração das mesmas
Aplicação da metodologia SMED	Redução do tempo de execução de <i>setup</i> e limpeza mensal do misturador; Redução no tempo de limpeza de final de turno (Turnos 1 e 3)
<i>Andon</i>	Assegurou-se a coerência entre turnos, e eliminação/redução das paragens que se deviam à falta de atenção do operador
Melhorias aplicadas nos carros e moldes	Eliminação de paragens relacionadas com os carros e os moldes
Melhorias aplicadas para diminuição na propagação do granulado	Redução no tempo de limpeza de final de todos os turnos
Redução do tempo de entrada e saída dos moldes na estufa	Redução no tempo de produção de cada bloco (tempo de ciclo)
Criação de <i>dashboards</i> em <i>Power Bi</i>	Possibilidade de a equipa de gestão avaliar o estado e evolução das linhas de aglomeração através de indicadores

Tabela 11 - Ganhos qualitativos das melhorias implementadas

5.2. Arranque de turno e Limpeza de final de turno

Como se pode verificar pelo gráfico retratado na Figura 66, o tempo de arranque do turno 2 foi reduzido de 28 para 2 minutos. Esta redução bastante expressiva deveu-se à inclusão do elemento extra no início do turno, enquanto o operador participava na reunião de início de turno com o resto da equipa.

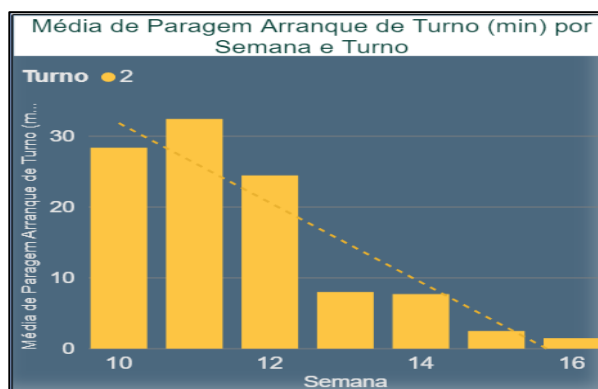


Figura 66 - Evolução semanal da média de paragem de arranque do turno

Também foram realizadas algumas melhorias com vista a reduzir o tempo de limpeza de final de turno. Para tal, procedeu-se à inclusão de mais um operador no processo de limpeza nos turnos 1 e 3, o que permitiu reduzir este tempo de limpeza em 10 minutos em cada um dos turnos, passando de 60 para 50 minutos. Além disso, com as melhorias que envolviam a instalação de um aspirador no tapete de blocos, a colocação de uma cortina atrás da prensa e a colocação de esferovite entre as brechas da prensa, foi possível reduzir o tempo de limpeza em 10 minutos para cada turno. Isto pode ser corroborado através do gráfico representado na Figura 67.

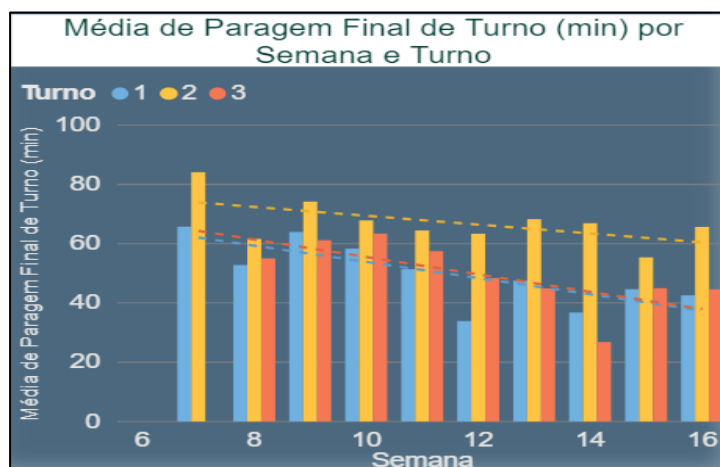


Figura 67 - Evolução semanal da média de tempo de execução da limpeza de final de turno

Pela análise ao gráfico, pode-se concluir que, relativamente à paragem no final do turno, nos turnos 1 e 3, houve uma redução de 20 minutos em cada um destes, e uma redução de 10 minutos no turno 2. Isto significa um ganho de tempo na ordem dos 50 minutos por dia.

De forma geral, e juntando as melhorias associadas ao arranque de turno e à limpeza de final de turno, foi possível ter um ganho de tempo de 76 minutos por dia.

5.3. Setup e Limpeza mensal do misturador

Com a aplicação da metodologia SMED no *setup* (mudança de referência de granulado grosso para fino), conseguiu-se reduzir o tempo de execução de 254 para 116 minutos.

Já relativamente ao tempo da limpeza mensal do misturador, o que requer uma limpeza mais profunda do mesmo, com a aplicação da mesma metodologia, o tempo de execução associado passou de 7,5h para 4,5h.

Em ambas as situações, as diferenças foram medidas através da cronometragem de todo o processo. Com ambas as melhorias, e considerando que a frequência de realização do *setup* era bimensal, foi possível alcançar uma redução de 7,5 horas por mês nas paragens relacionadas a estas limpezas.

5.4. Evolução do OEE

De forma geral, após as melhorias implementadas, como se pode verificar pelo gráfico da Figura 68, verificou-se uma tendência positiva no valor do OEE ao longo dos meses, o que significa que com a consolidação e uma maior maturação das melhorias nos próximos tempos, a tendência é no sentido do aumento gradual do OEE mesmo depois de o projeto terminar.

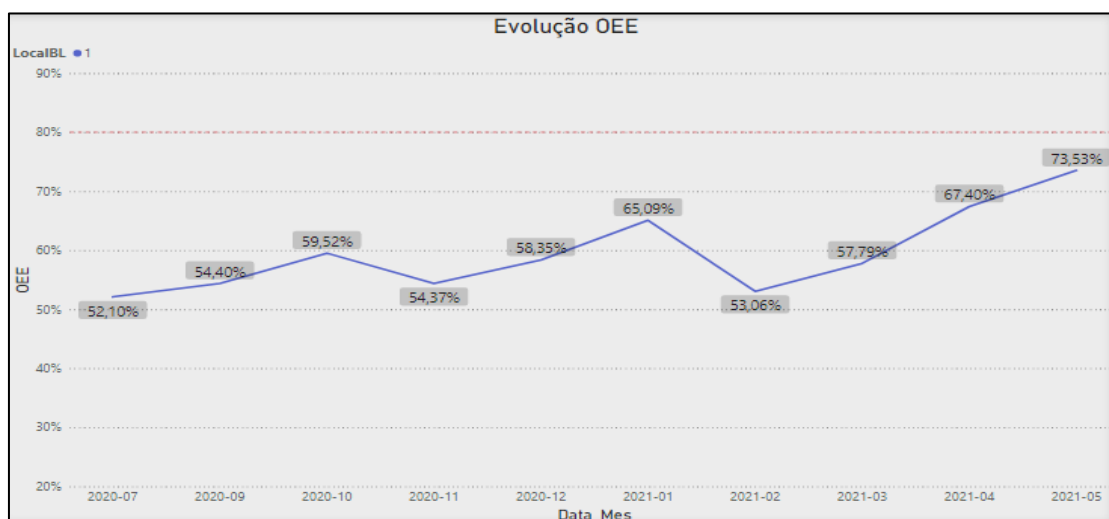


Figura 68 - Evolução mensal do OEE (desde julho 2020 até maio 2021)

De notar que até ao mês de fevereiro inclusive, o valor do OEE era suscetível a uma maior variação porque a linha ainda não tinha sido sujeita à implementação das melhorias. Por essa mesma razão é que o mês de fevereiro ficou aquém nos valores de OEE, além de que nesse mês estava-se a proceder à implementação de algumas melhorias, o que significava que estas ainda não estavam bem projetadas e bem consolidadas. No entanto, pode-se verificar pelo gráfico representado na Figura 69 que, fazendo a comparação entre julho e maio, a diferença no valor do OEE situou-se nos 21%.

Mas de forma resumida e mais exata, como se pode verificar pela Figura 69, o valor médio inicial do OEE era de 56,68% e o final foi de 65,80%, o que significa que houve um aumento de 9 pontos percentuais na média do OEE.

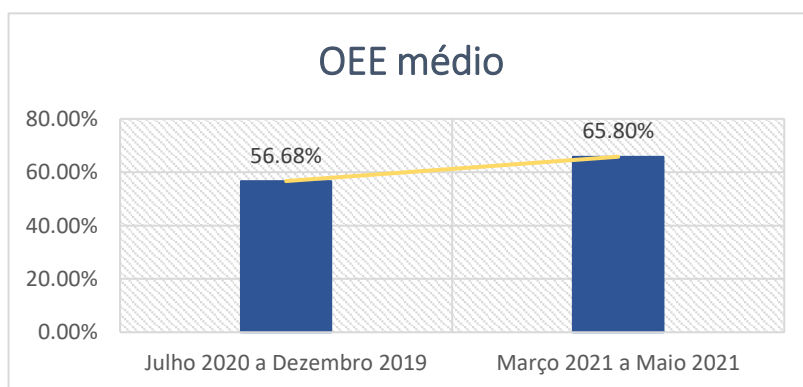


Figura 69 - Evolução do valor médio do OEE

5.5. Evolução na produtividade da linha

Tendo em conta que o número de encomendas estava numa fase crescente durante a realização do projeto, era também importante verificar a quantidade de unidades produzidas ao longo dos meses em que decorreu o projeto. Portanto, no gráfico da Figura 70 pode-se verificar essa evolução mensal nas unidades produzidas. Atente-se que o mês de maio não está representado neste gráfico, pois, este mês ainda não tinha terminado quando o estágio terminou.

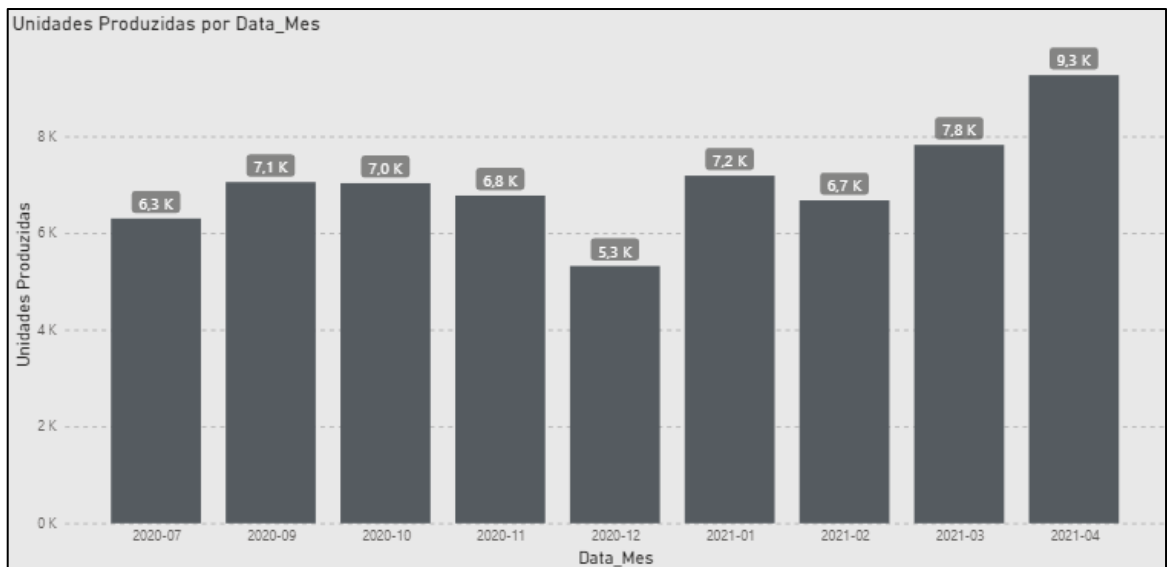


Figura 70 - Evolução do número de unidades produzidas por mês

Tal como o valor do OEE, o número de unidades produzidas encontrava-se também numa tendência crescente à medida que o projeto decorria. Com isto, pode-se concluir que as melhorias implementadas tiveram também um impacto positivo na produtividade da linha.

6. Conclusões

6.1. Considerações Finais

Com este trabalho pretendia-se a consolidação de ensinamentos adquiridos no percurso académico através da aplicação de técnicas pertencentes às metodologias TPM e *Lean* numa realidade empresarial. Na empresa do ramo corticeiro onde se realizou o projeto, mais concretamente numa das linhas de aglomeração de blocos de cortiça, o principal objetivo era a implementação e melhoria da eficiência global do equipamento (OEE) do centro de trabalho, através da redução dos tempos de paragens não planeadas.

De forma a atingir os objetivos propostos existiu então a necessidade de analisar e detalhar os problemas que afetavam a baixa eficiência da linha, e desenvolver e implementar soluções para resolver esses problemas.

De forma a melhorar imediatamente os valores de OEE da linha foram implementadas soluções mecânicas (inclusão de mais um batente à corrente da estufa, reparação e pintura de carros e acondicionamento das chapas de moldes), soluções elétricas (*Andon* para Paletizador e Misturador), soluções de sensibilização e normalização (inclusão de mais um operador nas tarefas de limpeza de final de turno e arranque de turno) e aplicação da metodologia SMED para reduzir os tempos de limpeza de misturador e de *setup*. Para consolidar a tendência crescente do OEE verificada ao longo dos meses em que decorreu o projeto foi criado e implementado também um Plano de Manutenção Autónoma. Com esta primeira abordagem ao TPM, o centro de trabalho viu ainda a sua imagem interna e reputação melhoradas.

Mesmo não tendo impacto direto no valor do OEE, realizaram-se ainda ações de melhoria complementares através da aplicação das metodologias 5S e Gestão Visual, assim como da criação de um ficheiro em *Power Bi* (com *dashboards*) para a equipa de gestão da unidade industrial acompanhar constantemente a evolução das produções e do OEE das linhas de aglomeração de blocos.

Após a implementação das melhorias:

- A média do OEE aumentou em 9%;
- A diferença no valor do OEE entre os meses de julho de 2020 (primeiro dos meses incorporados no estudo deste indicador) e maio de 2021 (mês em que terminou o projeto) é superior a 20%;
- Os tempos improdutivos foram reduzidos;
- Os custos industriais foram reduzidos em, aproximadamente, 43.000€ por ano;
- Houve um maior alinhamento entre a equipa da unidade industrial;

6.2. Limitações

Uma das principais limitações verificadas durante a realização do projeto, foi o facto de a linha não ter muita disponibilidade para a implementação das melhorias, pois o objetivo do centro de trabalho era produzir o máximo de unidades possíveis, tendo em conta que a unidade industrial estava numa fase crítica relativamente ao número de encomendas, que se encontrava a crescer exponencialmente. Muitas das vezes, este facto impossibilitava a realização de melhorias.

A organização do centro de trabalho foi muito bem recebida por parte dos operadores, pois veio facilitar o trabalho destes. No entanto, em algumas situações, os utilizadores das ferramentas não cumpriram a 100% as regras de utilização, uma vez que colocavam as peças em locais diferentes do que era suposto.

Outra limitação encontrada foi a resistência à mudança, mais visível nos operadores mais antigos, pois estes consideravam que a sua influência nas tarefas de manutenção não era relevante, e que essas tarefas deveriam ser realizadas pela equipa de manutenção. Contudo, com a contínua sensibilização ao longo do projeto, foi possível fazer entender aos operadores que o sucesso da linha dependia deles, pois eram mais do que simples pessoas que estavam ali apenas para produzir, e que só fazia sentido a equipa de manutenção intervir em tarefas de manutenção mais complexas.

6.3. Propostas de trabalho futuro

Os problemas referidos neste projeto, assim como as oportunidades de melhoria identificadas e implementadas representam apenas uma parte do potencial de ações que poderiam ter sido realizadas para aumentar a disponibilidade da linha. Ou seja, existem outras oportunidades de melhoria pensadas no sentido de diminuir os tempos improdutivo no centro de trabalho, e de aumentar a eficiência dos processos digitais. Deste modo, apresentam-se de seguida as propostas de trabalho futuro:

- Realização de um plano de manutenção preventiva, de modo a evitar avarias graves na máquina;
- Criar uma forma de obter os dados provenientes do *software* da máquina no ficheiro de *Power Bi*, para que dessa maneira se eliminasse a necessidade de atualizar o ficheiro de *Excel*. Assim, a atualização dos indicadores tornar-se-ia mais simples e mais rápida.
- Criar um relatório online no quiosque de registo de produções, presente no local de trabalho do operador, para efetuar o registo de temperatura dos blocos cozidos e o registo da pesagem de água. Desta forma, estes registos deixariam de ser realizados de forma manual, e deixaria de existir a utilização de papel neste centro de trabalho;
- Instalação de mais cortinas (na lateral) para conter, ao máximo, o granulado no mesmo local;
- *Upgrade* ao sistema de aspiração com vista a eliminar a utilização de ar comprimido;

De forma geral, a principal proposta de trabalho futuro passa por replicar as melhorias efetuadas nesta linha para as outras linhas de aglomeração de blocos.

7. Referências

- Acharya, A., Garg, D., Singh, N., & Gahlaut, U. (2019). *Plant-effectiveness-improvement-of-overall-equipment-effectiveness-using-autonomous-maintenance-training--A-case-study* *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development.pdf*, 9(1), 103–112.
- Agustiady, T. K., & Cudney, E. A. (2018). Total productive maintenance. *Total Quality Management and Business Excellence*, 0(0), 1–8. <https://doi.org/10.1080/14783363.2018.1438843>
- Ahmed, M. I., & Rezouki, S. E. (2020). Application of Root Causes Analysis Techniques in the Contractor Selection for Highway Projects. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 901(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/901/1/012031>
- Ahuja, I. P. S., & Khamba, J. S. (2008). Total productive maintenance: Literature review and directions. In *International Journal of Quality and Reliability Management* (Vol. 25, Issue 7, pp. 709–756). <https://doi.org/10.1108/02656710810890890>
- Ahuja, I. P. S., & Kumar, P. (2009). A case study of total productive maintenance implementation at precision tube mills. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 15(3), 241–258. <https://doi.org/10.1108/13552510910983198>
- Alukal, G. (2007). Lean kaizen in the 21st century. *Quality Progress*, 40(8), 69–70.
- Bellgran, M., & Safsten, K. (2009). *Production Development - Design and Operations of Production Systems*. Springer Science & Business Media.
- Benjamin, S. J., Marathamuthu, M. S., & Murugaiah, U. (2015). The use of 5-WHYs technique to eliminate OEE's speed loss in a manufacturing firm. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 21(4), 419–435. <https://doi.org/10.1108/JQME-09-2013-0062>
- Berger, A. (1997). Continuous improvement and kaizen: Standardization and organizational designs. *Integrated Manufacturing Systems*, 8(2), 110–117. <https://doi.org/10.1108/09576069710165792>
- Bhuiyan, N., & Baghel, A. (2005). An overview of continuous improvement: From the past to the present. *Management Decision*, 43(5), 761–771. <https://doi.org/10.1108/00251740510597761>
- Cabral, J. S. (2006). *Organização e Gestão da Manutenção: dos conceitos à prática* (5ª ed.).
- Caldeira, J. (2010). *Dashboards: Comunicar eficazmente a informação de gestão*. Edições Almedina.
- Chang, J. I., & Liang, C. L. (2009). Performance evaluation of process safety management systems of paint manufacturing facilities. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 22(4),

398–402. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2009.02.004>

Costa, C., Pinto Ferreira, L., C. Sa, J., & Silva, F. J. G. (2018). *Implementation of 5S Methodology in a Metalworking Company*. January, 001–012.

<https://doi.org/10.2507/daaam.scibook.2018.01>

Dal, B., Tugwell, P., & Greatbanks, R. (2000). Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement - A practical analysis. *International Journal of Operations and Production Management*, 20(12), 1488–1502. <https://doi.org/10.1108/01443570010355750>

Eckerson, W. (2011). Performance Dashboards: Measuring, Monitoring, and Managing Your Business. In *Performance Dashboards: Measuring, Monitoring, and Managing Your Business* (2nd ed.). John Wiley & Sons Inc.

Gamme, I., & Lodgaard, E. (2019). Organizational or system boundaries; Possible threats to continuous improvement process. *Procedia CIRP*, 79, 505–510.

<https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.02.107>

Gapp, R., Fisher, R., & Kobayashi, K. (2008). Implementing 5S within a Japanese context: An integrated management system. *Management Decision*, 46(4), 565–579.

<https://doi.org/10.1108/00251740810865067>

Ghinato, P. (2000). Elementos Fundamentais do Sistema Toyota de Produção. *Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações*, 19.

Goetsch, D. (1994). *Introduction to Total Quality, Productivity, Competitiveness* (Prentice H).

Goetsch, D. L., & Davis, S. B. (1997). *Introduction to Total Quality - Quality Management for Production, Processing, and Services*. Prentice Hall, Inc.

Gouiaa-Mtibaa, A., Dellagi, S., Achour, Z., & Erray, W. (2018). Integrated Maintenance-Quality policy with rework process under improved imperfect preventive maintenance. *Reliability Engineering and System Safety*, 173(December 2017), 1–11.

<https://doi.org/10.1016/j.ress.2017.12.020>

Hines, P., Holwe, M., & Rich, N. (2004). Learning to evolve: A review of contemporary lean thinking. *International Journal of Operations and Production Management*, 24(10), 994–1011.

<https://doi.org/10.1108/01443570410558049>

Ikechukwu, F. A., Edwinah, A., & Monday, E. O. (2012). Use-of-Dashboard : A Vital Moderator of Sales Force Competence Management and Marketing Performance Relationship. *Information and Knowledge Management*, 2(5), 30–40.

Imai, M. (1997). *Gemba Kaizen: A Commonsense, Low-Cost Approach to Management*. McGraw-Hill.

- Ishikawa, K. (1982). *Guide to Quality Control* (Asian Productivity Organization (ed.)).
- Johnson, C. N. (2002). *The benefits fo PDCA. Quality Progress.*
- Juergensen, T. (2000). *Continuous improvement: Mindsets, capability, process, tools and results.* The Juergensen Consulting Group Inc.
- Kung, J. W., Brook, O. R., Eisenberg, R. L., & Slanetz, P. J. (2016). How-I-Do-It: Teaching Root Cause Analysis. *Academic Radiology, 23*(7), 881–884.
<https://doi.org/10.1016/j.acra.2016.03.002>
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer.* McGraw-Hill Education.
- Lindberg, C. F., Tan, S., Yan, J., & Starfelt, F. (2015). Key Performance Indicators Improve Industrial Performance. *Energy Procedia, 75*, 1785–1790.
<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.474>
- Lins, B. F. E. (1993). Ferramentas básicas da qualidade. *Ciência Da Informação, 22*(2).
<https://doi.org/10.18225/ci.inf..v22i2.502>
- Ljungberg, Ö. (1998). Measurement of overall equipment effectiveness as a basis for TPM activities. *International Journal of Operations and Production Management, 18*(5), 495–507.
<https://doi.org/10.1108/01443579810206334>
- Lolli, F., Gamberini, R., Giberti, C., Rimini, B., & Bondi, F. (2016). A simulative approach for evaluating alternative feeding scenarios in a kanban system. *International Journal of Production Research, 54*(14), 4228–4239. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1117675>
- Lopes, R., Neto, C., & Pinto, J. P. (2006). *Quick Changeover: Aplicação prática do método SMED.*
- Ma, X. Q., Dong, S., Ma, W., Xue, Y., & Li, J. S. (2018). Design of a metronome based on the idea of “ANDON.” *Proceedings - 2017 2nd International Conference on Mechanical, Control and Computer Engineering, ICMCCE 2017, 2018-January*, 79–82.
<https://doi.org/10.1109/ICMCCE.2017.17>
- Mapokgole, J., & Mbohwa, C. (2013). The art of managing production disruptions in pump industry through visual management. *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline), 46*(24 PART 1), 25–31. <https://doi.org/10.3182/20130911-3-BR-3021.00001>
- Martin, K., & Osterling, M. (2007). *The Kaizen Event Planner: Achieving Rapid Improvement in Office, Service, and Technical Environments.* CRC Press.
- McKone, K. E., Schroeder, R. G., & Cua, K. O. (2001). Impact of total productive maintenance practices on manufacturing performance. *Journal of Operations Management, 19*(1), 39–58.
[https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(00\)00030-9](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(00)00030-9)

- Microsoft. (2019). *O que é um “utilizador empresarial” do Power BI? - Power BI | Microsoft Docs*.
<https://docs.microsoft.com/pt-pt/power-bi/consumer/end-user-consumer>
- Miguel, P. (2006). *OEE System & Milk Run - PCBA Bosch Security Systems Sistemas de Segurança S. A.* Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Modi, D. B., & Thakkar, H. (2014). *Lean Thinking : Reduction of Waste , Lead Time , Cost through Lean Manufacturing Tools and Technique* (Vol. 4, Issue 3, pp. 339–344).
- Muchiri, P., & Pintelon, L. (2008). Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): Literature review and practical application discussion. *International Journal of Production Research*, 46(13), 3517–3535.
<https://doi.org/10.1080/00207540601142645>
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Cambridge: Productivity Press. Productivity Press.
- Nicolau, C. M. (2012). Business Intelligence – Fundamental Discipline Versus Industrial Espionage: Mutations Occured in Romanian Postintegration Strategic Management. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1636520>
- Oakland, J. S. (1995). *Total Quality Management: the rate to improving performance* (2ª Edição). Butterworth Heinemann.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press.
- Pampanelli, A. B., Found, P., & Bernardes, A. M. (2014). A Lean & Green Model for a production cell. *Journal of Cleaner Production*, 85, 19–30. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.06.014>
- Patel, V. C., & Thakkar, D. H. (2014). Review on Implementation of 5S in Various Organization. *Journal of Engineering Research and Applications*, 4(3), 774–779. www.ijera.com
- Paula, G. B. de. (2015). *Key Performance Indicators (KPI) – O Guia definitivo para a sua empresa*. <https://www.treasy.com.br/blog/key-performance-indicators-kpi/>
- Pavletic, D., Sokovic, M., & Paliska, G. (2008). Practical Application of Quality Tools. *International Journal for Quality Research*, 2(3), 199–205. <http://ijqr.net/journal/v2-n3/7.pdf>
- Pereira, Z. L., & Requeijo, J. G. (2008). *Qualidade: Planeamento e controlo estatístico de processos* (Co-edição da Fundação da FCT/UNL e da Editora Prefácio (ed.)).
- Pinto, G., Silva, F. J. G., Fernandes, N. O., Casais, R., Baptista, A., & Carvalho, C. (2020). Implementing a maintenance strategic plan using TPM methodology. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 11(3), 192–204. <https://doi.org/10.24867/IJEM-2020-3-264>

- Pinto, J. P. (2014). *Pensamento Lean: A Filosofia das organizações vencedoras* (6ª ed.). Lidel – edições técnicas, lda.
- Purba, H. 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 Available online www.jsaer.com Journal of Scientific and Engineering Research , 2018 , 5 (7) : 397-406 An. 5(7), 397–406.*
- Ramdass, K. (2015). Integrating 5S principles with process improvement: A case study. *Portland International Conference on Management of Engineering and Technology, 2015-Septe, 1908–1917*. <https://doi.org/10.1109/PICMET.2015.7273045>
- Reid, R. D., & Sanders, N. R. (2005). *Operations management: an integrated approach* (John Wiley).
- Ries, A., Campbell, A., Strategic, A., Centre, M., & Zeldin, T. (1997). The 80/20 principle: The secret of achieving more with less. In *Long Range Planning* (Vol. 30, Issue 6). [https://doi.org/10.1016/s0024-6301\(97\)80978-8](https://doi.org/10.1016/s0024-6301(97)80978-8)
- Rosshem, R. J. (1963). Report on proposed American standard flowchart symbols for information processing. *Communications of the ACM, 6(10), 599–604*. <https://doi.org/10.1145/367651.367657>
- Ryan, T. P. (2000). Statistical Methods for Quality Improvement. In *Technometrics* (Issue 3). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.2307/1269111>
- Sahno, J., & Shevtshenko, E. (2014). Quality improvement methodologies for continuous improvement of production processes and product quality and their evolution. *Proceedings of the International Conference of DAAAM Baltic , 2014-Janua(April), 181–186*.
- Sanchez, L., & Blanco, B. (2014). Three decades of continuous improvement. *Total Quality Management and Business Excellence, 25(9–10), 986–1001*. <https://doi.org/10.1080/14783363.2013.856547>
- Santos, C. (2008). *Manual de Auto Aprendizagem - Estatística Descritiva*. (Edições Si).
- Scotchmer, A. (2008). *5S Kaizen: in 90 minutes. The Ninety Minute Series*. Management Books 2000 Ltd.
- Sebrosa, R. (2008). *MODELO DE AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE APLICAÇÃO DA PRODUÇÃO MAGRA*. Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade Nova de Lisboa.
- Sharma, A. K., & Shudhanshua, W. B. (2012). Manufacturing Performance and Evolution of Tpm. *International Journal of Engineering Science and Technology, 4(3), 854–866*.
- Shingo, S. (1985). A Revolution in Manufacturing: The SMED System. In *A Revolution in*

- Manufacturing: The SMED System*. Productivity Press.
<https://doi.org/10.4324/9781315136479>
- Silva, J. P. A. R. da. (2013). OEE – A Forma de Medir a Eficácia dos Equipamentos. *Sites The Journal Of 20Th Century Contemporary French Studies*, 1–15.
- Singh, R., Gohil, A. M., Shah, D. B., & Desai, S. (2013). Total productive maintenance (TPM) implementation in a machine shop: A case study. *Procedia Engineering*, 51(NUICONE 2012), 592–599. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.01.084>
- Soliman, M. (2017). *A Comprehensive Review of Manufacturing Wastes: Toyota Production System Lean Principles*. April. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.9121283>
- 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>
- Suzaki, K. (2013). *Gestão no chão de fábrica lean-Sustentando a melhoria contínua todos os dias* (1º Edição). LeanOp.
- Tezel, A., Tezel, A., Koskela, L., & Tzortzopoulos, P. (2009). *Visual management-A general overview Title Visual management-A general overview Visual Management-A General Overwiev*. <http://usir.salford.ac.uk/10887/>
- The Productivity Development Team. (1999). *OEE for Operators: Overall Equipment Effectiveness*. Productivity Press.
- Thun, J. H. (2008). Supporting total productive maintenance by mobile devices. *Production Planning and Control*, 19(4), 430–434. <https://doi.org/10.1080/09537280802034588>
- Vanti, N. (1999). Ambiente de qualidade em uma biblioteca universitária: aplicação do 5S e de um estilo participativo de administração. *Ciência Da Informação*, 28(3), 333–339.
<https://doi.org/10.1590/s0100-19651999000300011>
- Venkatesh, J. (2007). *An introduction to Total Productive Maintenance*. Plant Maintenance Resource Center.
- Wang, F. K. (2006). Evaluating the efficiency of implementing total productive maintenance. *Total Quality Management and Business Excellence*, 17(5), 655–667.
<https://doi.org/10.1080/14783360600588232>
- Willmott, P., & McCarthy, D. (2000). *TPM - A Route to World Class Performance - 2nd Edition*. Newnes. <https://www.elsevier.com/books/tpm-a-route-to-world-class-performance/willmott/978-0-7506-4447-1>
- Womack, J., & Jones, D. (2003). *Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your*

corporation. Free Press.




Womack, J. P., & Jones, D. T. (1997). Lean Thinking—Banish Waste and Create Wealth in your Corporation. *Journal of the Operational Research Society*, 48(11), 1148–1148.
<https://doi.org/10.1038/sj.jors.2600967>

8. Anexos

Anexo A – Cadência Real vs. Cadência Teórica (ERP)

Referências	Média de Tempo de Ciclo Real (seg.)	Cadencia Teórica - ERP (seg.)	Diferença (seg.)
A	155,07	157,21	2,13
B	154,82	156,52	1,70
C	173,83	174,76	0,93
D	167,68	181,82	14,14
E	174,26	213,02	38,76
F	173,91	165,14	8,77
G	154,61	158,59	3,98
H	154,33	175,61	21,28
I	156,79	180,00	23,21
J	174,26	163,64	10,63
K	152,53	169,01	16,49
L	151,81	158,59	6,78
M	161,29	163,64	2,35
N	159,50	157,21	2,29
O	180,84	165,14	15,70
P	156,52	163,64	7,12
Q	160,27	163,64	3,36
R	159,55	174,76	15,21
Média			10,82

Anexo B – Plano de Manutenção Autónoma: Folha de identificação de Rotas e de Registo das “Não Conformidades”

Identificação de Rotas:			Plano de Manutenção Autónoma - Folha de identificação de Rotas e de registo das "Não Conformidades"		Equipamento	BL1	
	Rota A				Código		
	Rota B				Ano		
	Rota C				UI	CNM	
<p>Nota: Verificar quadros de Rotas (A, B e C), para turno correspondente ter conhecimento de quais são as tarefas a realizar no dia e no equipamento em questão</p> <p>* Em caso de "Não Conformidade" fazer Pedido de Intervenção (PI) no SAP, descrevendo também o estado do órgão</p>							
Mês	Turno	Rota	REGISTO DE NÃO CONFORMIDADES	Equipamento	Pedidos no SAP - Supervisor		
Janeiro	1	C					
	2	A					
	3	B					
Fevereiro	1	A					
	2	B					
	3	C					
Março	1	B					
	2	C					
	3	A					
Abril	1	C					
	2	A					
	3	B					
Maio	1	A					
	2	B					
	3	C					
Junho	1	B					
	2	C					
	3	A					
Julho	1	C					
	2	A					
	3	B					
Setembro	1	A					
	2	B					
	3	C					
Outubro	1	B					
	2	C					
	3	A					
Novembro	1	C					
	2	A					
	3	B					
Dezembro	1	A					
	2	B					
	3	C					

Anexo C – Plano de Manutenção Autônoma: Rota Diária
































Linha: CNM - Blocos		PLANO DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA										
BL1		Rota Diária (Todos os turnos)					Legenda das Cores (Frequência):					
Legenda dos Símbolos:							Legenda das Cores (Frequência):					
Início de Turno												
Piso	Equipamento	Nº Tarefa	Tipo de intervenção	Frequência	Execução	Órgão	Ferramentas	Instrução	Responsável	Tempo execução (min.)		
Exterior	Filtro de Despeiramento	1		Diária	Todos os turnos	Filtro	-	Verificação de fugas de material no filtro	Operador	0,5		
2	Sistemas de Cola	2		Diária	Todos os turnos	Injetores de cola / Mangueira da cola	-	Verificar se injetores de cola ou mangueira estão colocados devidamente para o misturador	Operador	0,5		
						Bomba de recirculação	-	Verificar nível de DOTP	Operador	0,5		
						Bicos de pulverização / Mangueira da cola	-	*Verificar se há entupimentos	Operador	1		
1	Misturador	3		Diária	Todos os turnos	Sistemas de Segurança	-	Verificação do seu estado	Operador	0,5		
Durante a produção												
Piso	Equipamento	Nº Tarefa	Tipo de intervenção	Frequência	Execução	Órgão	Ferramentas	Instrução	Quando Fazer?	Tempo execução (min.)		
1	Misturador	4		Diária	Todos os turnos	Sistema de Descarga	-	Deteção de fugas de ar	Operador	0,5		
						Motor	-	Verificação de ruídos estranhos	Operador	0,5		
0	Prensa	5		Diária	Todos os turnos	Prensa	-	Verificação de ruídos estranhos	Operador	0,5		
						Sistema Fixa-Moldes	-	Verificação do seu estado	Operador	0,5		
						Cilindros Hidráulicos	-	Verificação de fugas de óleo	Operador	1		
						Caixa	-	Verificação de fugas de ar comprimido nas tubagens da caixa	Operador	1		
						Moldes	-	Verificar se ocorrem descargas	Operador	0,5		
0	Circuito de moldes	6		Diária	Todos os turnos	Tampas	-	Verificar condição	Operador	0,5		
						Moldes	-	Verificar estado dos pentes	Operador	0,5		
						Motores	-	Inspeção de ruídos de funcionamento	Operador	1		
						Carros Transporte	-	Verificar estado geral	Operador	1		
0	Manipuladores	7		Diária	Todos os turnos	Manipuladores	-	Verificação de fugas de ar comprimido	Operador	2		
Final de Turno												
Piso	Equipamento	Nº Tarefa	Tipo de intervenção	Frequência	Execução	Órgão	Ferramentas	Instrução	Quando Fazer?	Tempo execução		
2	Balança	8		Diária	Todos os turnos	Balança	Ar comprimido	Limpeza	Operador	2		
1	Misturador	9		Diária	Todos os turnos	Funil de cola	-	Verificar estado do funil e possíveis entupimentos	Operador	1		
						Motor	Ar comprimido	Limpeza do pó	Operador	1		
0	Circuito de moldes	10		Diária	Todos os turnos	Trilhos	Ar comprimido	Limpeza	Operador	5		
						Correntes	Ar comprimido	Limpeza	Operador	5		
						Motor	Ar comprimido	Limpeza do pó	Operador	1		

Anexo D – Plano de Manutenção Autônoma: Rota A

Linha: CNM - Blocos		PLANO DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA								
BL1		Rota A					Legenda das Cores (Frequência):			
Legenda dos Símbolos:						<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">Mudança Grosso > Fino</div> <div style="text-align: center;">DIÁRIO</div> <div style="text-align: center;">BISEMANAL</div> <div style="text-align: center;">MENSAL</div> </div>				
Início de Turno										
Piso	Equipamento	Nº Ação	Tipo de intervenção	Frequência	Execução	Órgão	Ferramentas	Instrução	Responsável	Tempo execução (min.)
Exterior	Filtro de Despeiramento	1		Bisemanal	Turno Responsável	Motorreductor e respetivas Transmissões	-	Verificação de ruídos e fugas de óleo	Operador	1
		2		Mensal	Turno Responsável	Eclusa	X-ato, Chave Umbrako e Copos de Lubrificação	Substituição de copos de lubrificação se necessário	Operador	5
	Torre de refrigeração da EAF	3		Mensal	Turno Responsável	Eclusa	Bomba de massa	Lubrificação de chumaceiras (1 bombada)	Operador	5
		4		Mensal	Turno Responsável	Torre de refrigeração	-	Verificação de estado geral - corrosão, fugas de água, etc.	Operador	2
1	Central Hidráulica	4		Bisemanal	Turno Responsável	Central Hidráulica	-	Verificação de nível de óleo (bóia não pode estar em baixo) e temperatura (ideal: 50 graus)	Operador	1
Durante a produção										
Piso	Equipamento	Nº Ação	Tipo de intervenção	Frequência	Execução	Órgão	Ferramentas	Instrução	Responsável	Tempo execução (min.)
Exterior	Silos (x4)	5		Bisemanal	Turno Responsável	Motorreductor e respetivas Transmissões	-	Verificação de ruídos estranhos e fugas de óleo	Team-Leader / Operador de Apoio	1
	Torre de refrigeração da AF	6		Mensal	Turno Responsável	Torre de refrigeração	-	Verificação do seu estado de funcionamento	Team-Leader / Operador de Apoio	1
		6				Torre de refrigeração	-	Verificar se passadores estão abertos / semi-abertos	Team-Leader / Operador de Apoio	1
		6				Torre de refrigeração	-	Verificação de ruídos estranhos nas bombas de circulação de água	Team-Leader / Operador de Apoio	1
0	Paletizador	7		Bisemanal	Turno Responsável	Cilindros Pneumáticos	-	Limpeza e verificação de fugas	Operador	2
						Sensores	Ar comprimido	Verificação de condição	Operador	2
Final de Turno										
Piso	Equipamento	Nº Ação	Tipo de intervenção	Frequência	Execução	Órgão	Ferramentas	Instrução	Responsável	Tempo execução (min.)
Exterior	Silos (x4)	8		Bisemanal	Turno Responsável	Iluminárias	-	Verificação do estado da iluminação	Operador	1
		9		Mensal	Turno Responsável	Iluminárias	Vassoura	Limpar iluminárias	Operador	4
						Área envolvente	Vassoura e escova	Limpeza	Operador	15
						Chumaceira	Bomba de Massa	Lubrificar chumaceiras	Operador	8
Telhado (Exterior)	Raseiras	10		Mensal	Turno Responsável	Correntes de transmissão	Copos de Lubrificação + X-ato + Chave Umbrako	Substituição de copos de lubrificação se necessário	Operador	10
						Área envolvente	-	Verificação do estado geral	Operador	1
						Grupo FRL (alimentação ar comprimido)	-	Limpar filtro	Operador	1
						Componentes pneumáticos das Raseiras	-	Verificação de fugas de ar	Operador	2
1	Misturador	11		Mensal	Turno Responsável	Veio do Misturador	Bomba de Massa	Lubrificar rolamentos do veio do misturador (1 bombada)	Operador	2
						Central Hidráulica	Ar comprimido e Panos	Limpeza	Operador	5
	Central Hidráulica	12		Bisemanal	Turno Responsável	Central Hidráulica	-	Inspeção de fugas	Operador	1
						Grupo FRL (alimentação ar comprimido)	-	Limpar filtro de ar comprimido	Operador	0,5
0	Paletizador	13		Bisemanal	Turno Responsável	Sensores	Ar comprimido e Panos	Limpeza	Operador	2
						Correntes	Ar comprimido	Limpeza	Operador	2
		14		Mensal	Turno Responsável	Chumaceiras	Bomba de massa	Lubrificação de chumaceiras (1 bombada)	Operador	8
Limpeza de Misturador										
Piso	Equipamento	Nº Ação	Tipo de intervenção	Frequência	Execução	Órgão	Ferramentas	Instrução	Responsável	Tempo execução (min.)
1	Misturador	15		Mudança material Grosso para Fino	Turno Responsável	Misturador	-	Limpeza do Misturador de acordo com a instrução existente	Operador	120
						Veios e Pás	-	Limpeza e verificação do estado de acordo com a instrução existente	Operador	90

























Nota: Sempre que usar bomba de massa, fazer-se acompanhar de um pano/escova para limpar o local antes e depois de aplicar a massa

Anexo E – Plano de Manutenção Autônoma: Rota B

Linha:		CNM - Blocos		PLANO DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA						
BL1		Rota B							Legenda das Cores (Frequência):	
Legenda dos Símbolos:    									   	
Durante a produção										
Piso	Equipamento	Nº Ação	Tipo de intervenção	Frequência	Execução	Órgão	Ferramentas	Instrução	Responsável	Tempo execução (min.)
4	Eclusas (Interior)	1		Bisemanal	Turno Responsável	Chumaceiras das Eclusas	-	Verificação de ruídos estranhos	Team-Leader / Operador de Apoio	2
0	Prensa	2		Bisemanal	Turno Responsável	Tubagens	-	Verificação de fugas de óleo e fixações	Operador	1
Final de Turno										
Piso	Equipamento	Nº Ação	Tipo de intervenção	Frequência	Execução	Órgão	Ferramentas	Instrução	Responsável	Tempo execução (min.)
4	Ciclones (interior)	3		Bisemanal	Turno Responsável	Área envolvente	-	Verificação do estado geral do piso e detetar anomalias	Operador	2
		4		Mensal	Turno Responsável	Chumaceiras das Eclusas	Bomba de massa	Lubrificação de chumaceiras (1 bomba)	Operador	5
3	Mini-silos	5		Bisemanal	Turno Responsável	Área envolvente	-	Verificação do estado da iluminação	Operador	0,5
						Área envolvente	Ar Comprimido	Limpeza	Operador	5
						Cilindros Pneumáticos	Ar Comprimido	Verificação de fugas de ar	Operador	2
						Raseiras	Ar Comprimido	Verificação de fugas de ar	Operador	1
						Unidade FRL	Ar Comprimido	Limpeza e verificação de fugas de ar	Operador	1
			Unidade FRL	-	Verificação de nível de óleo	Operador	1			
			Unidade FRL	-	Limpar filtro	Operador	0,5			
0	Prensa	6		Mensal	Turno Responsável	Chumaceiras Sem Fim	Bomba de massa	Lubrificação de chumaceiras (1 bomba)	Operador	5
		7		Bisemanal	Turno responsável	Transportadores Sem Fim	X-ato + Chave Umbrako + Copo Lubrificação	Substituição de copos de lubrificação se necessário	Operador	10
	Forno Alta Frequência	8		Bisemanal	Turno responsável	Motores e motorreductores	-	Verificação de fugas de óleo	Operador	1
						Portas	-	Verificação de fugas de ar nos cilindros pneumáticos	Operador	2
		9		Mensal	Turno responsável	Alta Frequência	Ar comprimido	Limpeza rápida no interior e exterior	Operador	5
						Alta Frequência	Panos e ar comprimido	Limpeza interior e remoção de descargas	Operador	30
						Fusos do Eléctrodo	Bomba de massa	Lubrificação (1 bomba)	Operador	4
						Portas	Spray Lubrificante	Lubrificação das guias verticais das portas	Operador	2
						Portas	Spray Lubrificante	Lubrificação das guias horizontais das portas (4 de cada porta)	Operador	2
						Rolos de suporte	Spray Lubrificante	Lubrificação das guias do elevador dos rolos de suporte	Operador	5
Limpeza de Misturador										
Piso	Equipamento	Nº Ação	Tipo de intervenção	Frequência	Execução	Órgão	Ferramentas	Instrução	Responsável	Tempo execução (min.)
1	Misturador	10		Mudança material Grosso para Fino	Turno Responsável	Misturador	-	Limpeza do Misturador de acordo com a instrução existente	Operador	120
						Veios e Pás	-	Limpeza e verificação do estado de acordo com a instrução existente	Operador	90

Nota: Sempre que usar bomba de massa, fazer-se acompanhar de um pano para limpar o local antes e depois de aplicar a massa

Anexo F – Plano de Manutenção Autônoma: Rota C

Linhas: CNM - Blocos		PLANO DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA									
BL1		Rota C					Legenda das Cores (Frequência):				
Legenda dos Símbolos:							   				
Inspeção		Lubrificação		Limpeza		Intervenção					
Durante a produção											
Piso	Equipamento	Nº Ação	Tipo de intervenção	Frequência	Execução	Órgão	Ferramentas	Instrução	Responsável	Tempo execução (min.)	
0	Centrais Hidráulicas dos manipuladores	1		Bissemanal	Turno Responsável	Centrais Hidráulicas	-	Verificação de fugas de óleo	Operador	2	
	Circuito de moldes	2		Bissemanal	Turno responsável	Manipuladores hidráulicos do chão	-	Verificação de fugas de óleo e fixações	Operador	1	
						Manipuladores hidráulicos do chão	-	Verificação do tensionamento	Operador	1	
Final de Turno											
Piso	Equipamento	Nº Ação	Tipo de intervenção	Frequência	Execução	Órgão	Ferramentas	Instrução	Responsável	Tempo execução (min.)	
2	Sistemas de cola	3		Bissemanal	Turno Responsável	Bomba de Recirculação	-	Limpar filtro à entrada da bomba	Operador	2	
						Bomba de Recirculação	-	Limpeza e colocação de DOTP no pistão da bomba de injeção	Operador	1	
						Caracóis	-	Verificar/substituir caracóis	Operador	4	
		4		Mensal	Turno Responsável	Depósito - Banho Maria	-	Verificar nível de água e atestar se necessário	Operador	2	
0	Circuito de moldes	5		Bissemanal	Turno Responsável	Correntes	-	Verificação de desgaste dos batentes	Operador	1	
						Sensores	Escova e Ar comprimido	Verificação de condição e limpeza	Operador	15	
		6		Mensal	Turno Responsável	Charriots	Copos de Lubrificação + X-ato + Chave Umbrako	Substituição de copos de lubrificação se necessário	Operador	5	
						Correntes	Copos de Lubrificação + X-ato + Chave Umbrako	Substituição de copos de lubrificação se necessário	Operador	10	
						Motores	Spray Lubrificante	Lubrificação de correntes de transmissão	Operador	4	
						Chumaceiras	Bomba de massa	Lubrificação de chumaceiras (1 bombada)	Operador	10	
	7		Bissemanal	Turno Responsável	Manipuladores de entrada e saída da prensa	Ar comprimido	Verificação do seu estado e limpeza	Operador	5		
	8	Centrais Hidráulicas dos manipuladores		Mensal	Turno Responsável	Centrais Hidráulicas	Ar comprimido e escova	Limpeza	Operador	5	
						Rodas e Guias de Transmissão	Ar comprimido e escova	Limpeza	Operador	4	
						Cremalheiras	Bomba de massa	Lubrificação (1 fina camada por toda a cremalheira)	Operador	6	
						Chumaceiras	Bomba de massa	Lubrificação de chumaceiras (1 bombada)	Operador	6	
	Limpeza de misturador										
Piso	Equipamento	Nº Ação	Tipo de intervenção	Frequência	Execução	Órgão	Ferramentas	Instrução	Responsável	Tempo execução (min.)	
1	Misturador	9		Mudança material Grosso para Fino	Turno Responsável	Misturador	-	Limpeza do Misturador de acordo com a instrução existente	Durante a limpeza	120	
						Veios e Pás	-	Limpeza e verificação do estado de acordo com a instrução existente	Durante a limpeza	90	

Nota: Sempre que usar bomba de massa, fazer-se acompanhar de um pano para limpar o local antes e depois de aplicar a massa

Anexo G – Plano de Manutenção Autónoma: Registos da Rota A

Rota A											
Ano		REGISTOS MANUTENÇÃO AUTÓNOMA								Equipamento	BL1
Mês											

Notas informativas:

1. Verificar tarefas diárias na folha de Rota Diária
2. Verificar tarefas semanais e mensais no reverso desta página
3. Assinalar com um traço "/" no espaço em branco, quando a tarefa em questão for realizada

Turno

Semana										
Dia	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
Diária										
Bisemanal										
Equipamento			Silos		Paletizador	Central Hidráulica		Filtro de Despoeiramento e Torre de Refrigeração da Prensa		
Mensal										
Equipamento			Silos					Filtro de Despoeiramento e Torre de Refrigeração da Prensa		

Semana										
Dia	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
Diária										
Bisemanal										
Equipamento			Silos		Paletizador	Central Hidráulica		Filtro de Despoeiramento e Torre de Refrigeração da Prensa		
Mensal										
Equipamento					Paletizador	Central Hidráulica e Misturador				Raseiras

Anexo H – Plano de Manutenção Autónoma: Registos da Rota B

Rota B										
Ano		REGISTOS MANUTENÇÃO AUTÓNOMA							Equipamento	BL1
Mês									Equipamento	BL1

Notas informativas:

1. Verificar tarefas diárias na folha de Rota Diária
2. Verificar tarefas semanais e mensais no reverso desta página
3. Assinalar com um traço "/" no espaço em branco, quando a tarefa em questão for realizada

Turno

Semana										
Dia	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
Diária										
Bissemanal										
Equipamento		Prensa		Eclusas (Exterior) e Ciclonas (Interior)		Forno Alta Frequência			Mini-silos	
Mensal										
Equipamento						Forno Alta Frequência				

Semana										
Dia	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
Diária										
Bissemanal										
Equipamento		Prensa		Eclusas (Exterior) e Ciclonas (Interior)		Forno Alta Frequência			Mini-silos	
Mensal										
Equipamento					Ciclonas (Interior)				Mini-silos	

Anexo I – Plano de Manutenção Autónoma: Registos da Rota C

Rota C												
Ano		REGISTOS MANUTENÇÃO AUTÓNOMA								Equipamento	BL1	
Mês												
Notas informativas:												
<p>1. Verificar tarefas diárias na folha de Rota Diária</p> <p>2. Verificar tarefas semanais e mensais no reverso desta página</p> <p>3. Assinalar com um traço "/" no espaço em branco, quando a tarefa em questão for realizada</p>												
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="background-color: #4F81BD; color: white;">Turno</th> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> </tr> </table>											Turno	
Turno												
Semana												
Dia	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta		
Diária												
Bisemanal												
Equipamento	Sistemas de cola		Manipuladores					Centrais Hidráulicas do manipuladores		Circuito de moldes		
Mensal												
Equipamento	Sistemas de cola									Circuito de moldes		
Semana												
Dia	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta		
Diária												
Bisemanal												
Equipamento	Sistemas de cola		Manipuladores					Centrais Hidráulicas do manipuladores		Circuito de moldes		
Mensal												
Equipamento								Centrais Hidráulicas dos Manipuladores				

Anexo J – Plano de Limpeza de Moldes e Misturador

CENTRO DE TRABALHO - BL1

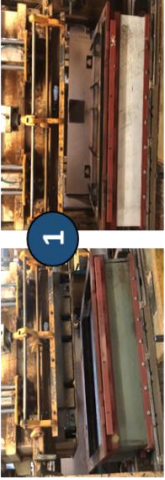
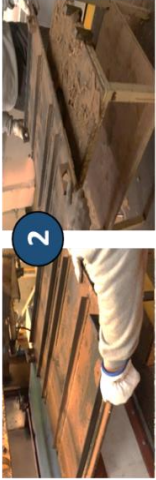
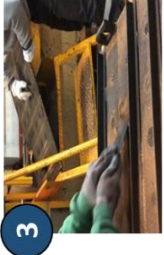


PLANO DE LIMPEZA BIMESTRAL DE MOLDES E TAMPAS

Instruções:

- Bloco é desmontado, e de seguida é colocada a prensa em modo manual, de maneira a baixar a tampa de cima do molde para o conjunto com a prensa.
- Os operadores limpam a tampa de cima com faca/respadeira, e ao mesmo tempo outro retira e limpa a chapa de baixo.
- Um dos operadores limpa a chapa com o ar comprimido, outro está a limpar interior do molde com respadeira.
- Enquanto um dos operadores limpa chapas com o ar comprimido, outro está a limpar interior do molde com respadeira.
- Repor chapa de baixo no molde, e de seguida a chapa de cima para se prosseguir com produção.

Responsável	Mês						Verificado por
	Janeiro	Março	Maio	Julho	Setembro	Novembro	
T1	X	X	X	X	X	X	/
T2	X	X	X	X	X	X	/
T3	X	X	X	X	X	X	/
Data							

Nota Explicativa: escala de limpeza de moldes e tampas por turnos da máquina BL1, operador assina no espaço em branco correspondente, e indica a data em que foi feita a limpeza.






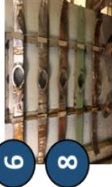

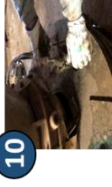


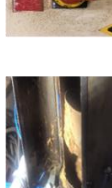




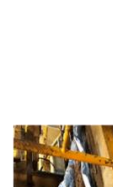
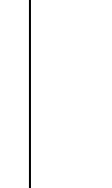
PLANO DE LIMPEZA MENSAL DO MISTURADOR

Responsável	Mês		Verificado por
	T1	T2	
Janeiro	X	X	/
Fevereiro	X	X	/
Março	X	X	/
Abril	X	X	/
Maio	X	X	/
Junho	X	X	/
Julho	X	X	/
Agosto	X	X	/
Setembro	X	X	/
Outubro	X	X	/
Novembro	X	X	/
Dezembro	X	X	/

Instruções:

- Limpar o bloco de produção (sem molde).
- Alta e pás.
- Limpar com ar comprimido o interior do misturador e a tampa de desarga.
- Limpar, inspeccionar e repor espelhos/pábas.
- Limpar as pás e o interior do misturador.
- Limpar pás.
- Limpar misturador com respadeira.
- Limpar pás de espelho.
- Limpar misturador e aparar malpelo e injetores de cola.
- Reparar misturador.
- Limpar pádo com pás.
- Fechar o misturador, manter o estado.
- Limpar o interior do misturador manual.
- Colocar malpelo preso de ar no pádo.
- Limpar raspa de desarga.
- Limpar o interior do misturador e pás.

Nota Explicativa: Escala de limpeza mensal do misturador do centro de trabalho BL1 por turnos operários assina no espaço em branco correspondente, e indica a data em que foi feita a limpeza. O espaço em branco para o turno de trabalho de cada mês, de modo a definir o misturador limpo para o início do próximo mês. **Causa técnica, mudança de referência de qualidade de limpeza do misturador, operador assina no espaço em branco correspondente ao seu turno, e indica a data em que foi feita a limpeza.** A limpeza mensal do misturador é realizada mensalmente antes de terminar o mês, e em cada mês a limpeza mensal do misturador reflete a esse mês.

2020

Anexo K – SMED: Lista de tarefas inicial

# Tarefa	Piso	Descrição	Responsável	Comentários	Duração (min)	Acum.	I/E	
1	0	Parar máquina	Operador		0,5	0,5	I	
2	0	Desligar mini-silos em utilização	Operador		0,5	1	I	
3	2	Colocar saco no final da tubagem de limpeza dos mini-silos	Operador		5	6	E	
4	0	Colocar silo a limpar em modo manual, através do software da máquina	Operador		0,5	6,5	I	
5	0	Baixar caixa e raseira, através do software da máquina	Operador		1,5	8	I	
6	0	Deslocação para ir buscar saco	Operador	Este saco é para colocar de baixo da prensa	1	9	E	
7	0	Colocar saco na base da prensa	Operador		1	10	I	
8	2	Limpar cortina de descarga da balança e interior da mesma, e colocá-la para cima	Operador	Operador coloca a cortina para cima para não cair material da balança enquanto este faz a limpeza do misturador	3	13	I	
9	2	Limpar área envolvente do piso da balança	Operador		3	16	I	
10	1	Deslocação à procura de raspadores	Operador		1	17	E	
11	2	Retirar e limpar injetores/mangueira da cola	Operador		4	21	I	
12	0	Deslocação à procura de chave de bocas	Operador		2	23	E	
13	2	Abrir tampa do misturador	Operador	Retirar travões de abertura da tampa do misturador	1	24	I	
14	2	Retirar pás	Operador	Retirar 1ª anilha com auxílio de chave de bocas	15	39	I	
15	0	Deslocação à procura de lixadora, martelo, discos de lixa e vassoura	Operador	Lixadora e discos de lixa - para afiar raspadores e auxiliar na limpeza do misturador; Martelo - para ajudar os raspadores a perfurarem o material colado	8	47	E	
16	1	Afiar raspadores	Operador		3	50	E	
17	1	Limpar pás	Operador	Operador necessita de afiar raspadores várias vezes durante todo este processo	50	100	E	
18	2	Limpar misturador (retirando material colado das paredes e do chão do misturador)	Operador	Operador necessita de afiar raspadores várias vezes durante todo este processo	120	220	I	
19	2	Acabar de limpar material remanescente do misturador com vassoura	Operador		1	221	I	
20	2	Montar pás no misturador	Operador		15	236	I	
21	2	Fechar misturador	Operador	Apertando também travões de abertura da tampa	1	237	I	
22	0	Ligar misturador no quadro elétrico e no software da máquina	Operador		3	240	I	
23	1	Limpar interior do misturador, pistão e raseira com ar comprimido pela abertura do pistão	Operador		3	243	I	
24	0	Limpar prensa e caixa com ar comprimido	Operador		5	248	I	
25	0	Subir prensa e caixa, através do software da máquina	Operador		1,5	249,5	I	
26	0	Deslocação para ver OF	Operador		0,5	250	E	
27	0	Registar/escolher OF no software da máquina e no MES	Operador		2	252	I	
28	0	Produzir 1º bloco da nova referência	Operador		2	254	I	

Anexo L – SMED: Divisão de tarefas Internas e Externas

Single Minute Exchange of Dies					
UI:	CNM	Equipamento:		BL1	
Linha:	Blocos	Operação:	Troca de referência de material grosso para fino		
Tarefas Externas					
# Tarefa	Descrição	Responsável	Comentários	Duração (min)	Acum.
3	Colocar saco no final da tubagem de limpeza dos mini-silos	Operador		5	5
6	Deslocação para ir buscar saco	Operador	Este saco é para colocar de baixo da prensa	1	6
10	Deslocação à procura de raspadores	Operador		1	7
12	Deslocação à procura de chave de bocas	Operador		2	9
15	Deslocação à procura de lixadora, martelo, discos de lixa e vassoura	Operador	Lixadora e discos de lixa - para afiar raspadores e auxiliar na limpeza do misturador; Martelo - para ajudar os raspadores a perfurarem o material colado	8	17
16	Afiar raspadores	Operador		3	20
17	Limpar pás	Operador	Operador necessita de afiar raspadores várias vezes durante todo este processo	50	70
26	Deslocação para ver OF	Operador		0,5	70,5

Tarefas Internas					
# Tarefa	Descrição	Responsável	Comentários	Duração (min)	Acum.
1	Parar máquina	Operador		0,5	0,5
2	Desligar mini-silos em utilização	Operador		0,5	1
4	Colocar silo a limpar em modo manual, através do software da máquina	Operador		0,5	1,5
5	Baixar caixa e raseira, através do software da máquina	Operador		1,5	3
7	Colocar saco na base da prensa	Operador		1	4
8	Limpar cortina de descarga da balança e interior da mesma, e colocá-la para cima	Operador	Operador coloca a cortina para cima para não cair material da balança enquanto este faz a limpeza do misturador	3	7
9	Limpar área envolvente do piso da balança	Operador		3	10
11	Retirar e limpar injetores/mangueira da cola	Operador		4	14
13	Abrir tampa do misturador	Operador	Retirar travões de abertura da tampa do misturador	1	15
14	Retirar pás	Operador	Retirar 1ª anilha com auxílio de chave de bocas	20	35
18	Limpar misturador (retirando material colado das paredes e do chão do misturador)	Operador	Operador necessita de afiar raspadores várias vezes durante todo este processo	120	155
19	Acabar de limpar material remanescente do misturador com vassoura	Operador		1	156
20	Montar pás no misturador	Operador		20	176
21	Fechar misturador	Operador	Apertando também travões de abertura da tampa	1	177
22	Ligar misturador no quadro elétrico e no software da máquina	Operador		3	180
23	Limpar interior do misturador, pistão e raseira com ar comprimido pela abertura do pistão	Operador		3	183
24	Limpar prensa e caixa com ar comprimido	Operador		5	188
25	Subir prensa e caixa, através do software da máquina	Operador		1,5	189,5
27	Registrar/escolher OF no software da máquina e no MES	Operador		2	191,5
28	Produzir 1º bloco da nova referência	Operador		2	193,5

Anexo M – SMED: Versão Final de tarefas Internas otimizadas

Single Minute Exchange of Dies								
UI:	CNM	Equipamento:	BL1	Data:				
Linha:	Blocos	Operação:	Troca de referência de material grosso para fino	Legenda:				
	# Tarefa	Piso	Descrição	Responsável	Comentários	Duração (min)	Acum.	I/E
	1	0	Parar máquina	Operador		0,5	0,5	I
	2	0	Desligar mini-silos em utilização	Operador		0,5	1	I
	3	0	Colocar silo a limpar em modo manual, através do software da máquina	Operador		0,5	1,5	I
	4	0	Baixar caixa e raseira, através do software da máquina	Operador		1,5	3	I
	5	0	Colocar saco na base da prensa	Operador		1	4	I
	6	0	Ir buscar kit de limpeza	Operador	As ferramentas necessárias encontram-se no armário disposto ao pé da prensa	1	5	I
	7	2	Limpar cortina de descarga da balança e interior da mesma, e colocá-la para cima	Operador	Operador coloca a cortina para cima para não cair material da balança enquanto este faz a limpeza do misturador	3	8	I
	8	2	Limpar área envolvente do piso da balança	Operador		3	11	I
	9	2	Retirar e limpar injetores/mangueira da cola	Operador		4	15	I
	10	2	Abrir tampa do misturador	Operador	Retirar travões de abertura da tampa do misturador	1	16	I
	11	2	Retirar pás	Operador	Retirar 1ª anilha com auxílio de chave de bocas	15	31	I
	12	2	Limpar misturador (retirando material colado das paredes e do chão do misturador)	Operador		50	81	I
	13	2	Acabar de limpar material remanescente do misturador com vassoura	Operador		1	82	I
	14	2	Montar pás no misturador	Operador		15	97	I
	15	2	Fechar misturador	Operador	Apertando também travões de abertura da tampa	1	98	I
	16	0	Ligar misturador no quadro elétrico e no software da máquina	Operador		3	101	I
	17	1	Limpar interior do misturador, pistão e raseira (com ar comprimido) pela abertura do pistão	Operador		5	106	I
	18	0	Limpar prensa e caixa com ar comprimido	Operador		3	109	I
	19	0	Subir prensa e caixa, através do software da máquina	Operador		1,5	110,5	I
	20	0	Retirar saco colocado na prensa e colocar lixo depositado no caixote	Operador		1	111,5	I
	21	0	Registrar/escolher OF no software da máquina e no MES	Operador		2	113,5	I
	22	0	Produzir 1º bloco da nova referência	Operador		2	115,5	I



Anexo N – Norma de operação de Setup

ONE POINT LESSON (OPL)

Tema:	Setup (Mudança de referência) – BL1	
Responsabilidade:	Operador BL1	Data:

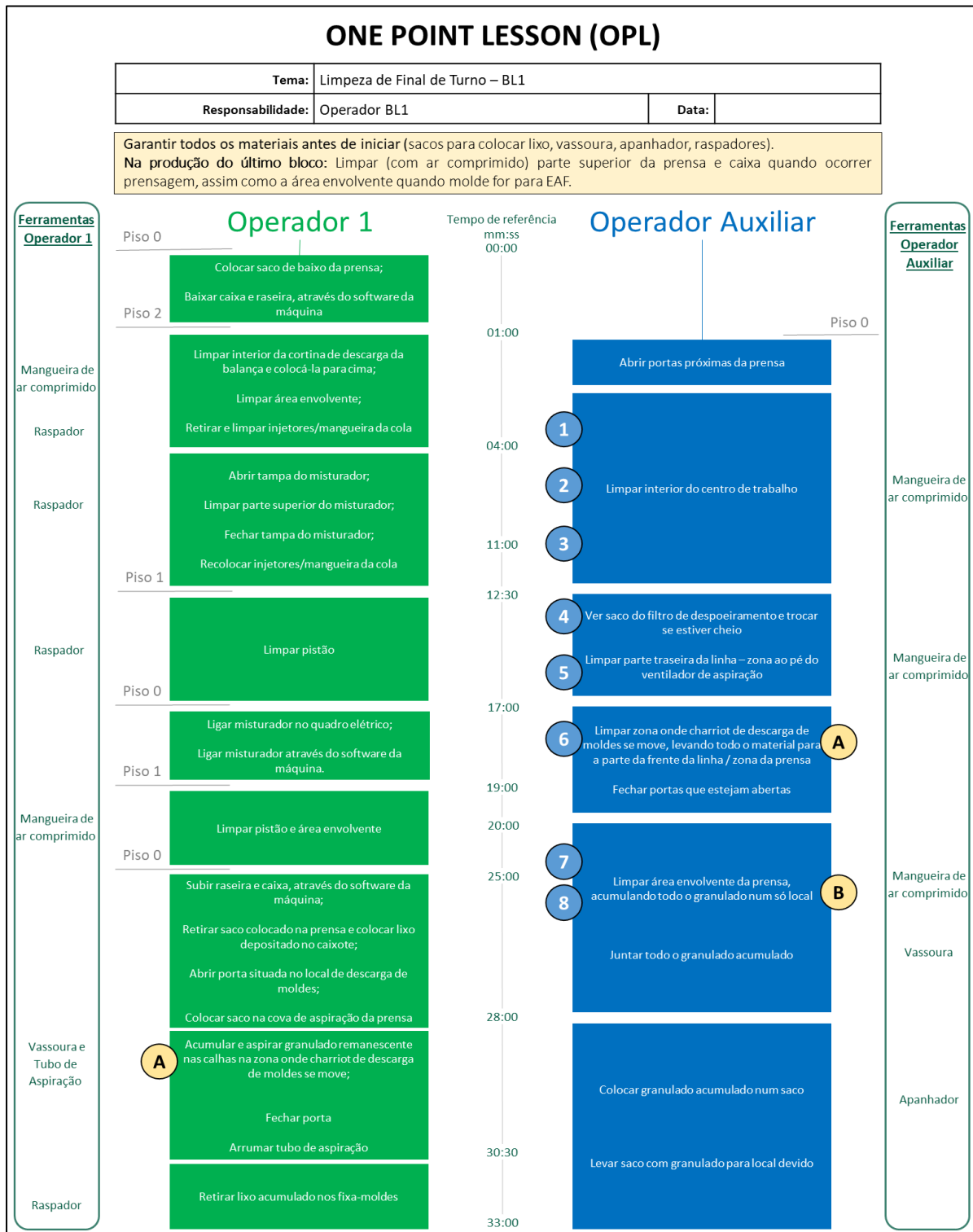
Garantir todos os materiais antes de iniciar (sacos para colocar lixo e vassoura).
Na produção do último bloco: Limpar (com ar comprimido) parte superior da prensa e caixa quando ocorrer prensagem, assim como a área envolvente quando molde for para EAF.

	Operador 1	Tempo de referência hh:mm	
	Piso 0	00:00	
	Parar máquina; Desligar mini-silos em utilização; Colocar mini-silo a limpar em modo manual, através do software da máquina Colocar saco na base da prensa; A Baixar caixa e raseira, através do software da máquina	00:01	 
	Piso 2	00:05	
	Ir buscar ferramentas de limpeza B Limpar cortina de descarga da balança e colocá-la para cima; B Limpar área envolvente do piso; C Retirar e limpar injetores/mangueira da cola. C	00:15	 
Mangueira de ar comprimido	Piso 2	00:31	
	Abrir tampa do misturador; Retirar pás do misturador Limpar misturador (retirando material colado das paredes e do chão do misturador) D Montar pás de substituição no misturador; E	02:30	 
Martelo pneumático e vassoura	Piso 0	02:47	
	Fechar tampa de misturador Ligar misturador no quadro elétrico; F Ligar misturador através do software da máquina. F	02:50	
Mangueira de ar comprimido	Piso 1	02:55	
Mangueira de ar comprimido	Piso 0	03:00	
	Subir raseira e caixa, através do software da máquina; Retirar saco colocado na prensa e colocar lixo depositado no caixote; H Registrar/escolher OF no software da máquina e no MES; Produzir 1º bloco da nova referência	03:04	
Vassoura e Tubo de Aspiração			

Anexo O – Lista de tarefas de Limpeza de Final de Turno

Nº da tarefa	Piso	Tarefas	Tipo de Operação
1	0	Parar produção	I
2	0	Ir buscar sacos para colocar lixo	E
3	0	Colocar saco na base da prensa	I
4	0	Baixar caixa e raseira, através do software da máquina	I
5	0	Baixar prensa, através do software da máquina	E
6	0	Limpar (com ar comprimido) parte superior da prensa e caixa	E
7	0	Subir prensa, através do software da máquina	E
8	2	Limpar interior da cortina de descarga da balança e colocá-la para cima	I
9	2	Limpar área envolvente	I
10	2	Procurar por raspadores	E
11	2	Retirar e limpar injetores/mangueira da cola	I
12	2	Abrir tampa do misturador	I
13	2	Limpar parte superior das paredes do misturador (com raspador)	I
14	2	Fechar tampa do misturador	I
15	2	Apertar sistema de aperto da tampa do misturador	I
16	2	Recolocar injetores/mangueira da cola	I
17	2	Desligar projetor	I
18	1	Abrir pistão	I
19	1	Limpar pistão (com raspador)	I
20	1	Fechar Pistão	I
21	0	Ligar misturador no quadro elétrico; Ligar misturador através do software da máquina	I
22	1	Ligar torneira de AC	I
23	1	Limpar pistão e área envolvente com ar comprimido	I
24	1	Desligar torneira de ar comprimido e enrolar mangueira, colocando-a no sítio devido	I
25	1	Fechar pistão e apertar fecho de segurança	I
26	0	Ligar torneira de AC disposta atrás da EAF	I
27	0	Limpar área envolvente com AC	I
28	0	Desligar torneira de AC	I
29	0	Enrolar mangueira de AC e colocar no sítio	I
30	0	Ver saco do filtro de despoejamento e trocar se estiver cheio	I
31	0	Buscar caixote do lixo	I
32	0	Retirar saco colocado na prensa e colocar lixo no caixote	I
33	0	Voltar a colocar caixote no sítio devido	I
34	0	Abrir portas	I
35	0	Colocar saco na entrada de aspiração da prensa (para impedir aspiração nessa zona)	I
36	0	Com vassoura, acumular material remanescente da linha ao pé das correntes da entrada da prensa	I
37	0	Com aspirador, aspirar material (não aspirar bocados grandes à colocar no lixo)	I
38	0	Fechar portas	I
39	0	Arrumar tubo de aspiração	I
40	0	Ligar mangueira de AC da prensa	I
41	0	Limpar área envolvente da prensa	I
42	0	Material que está acumulado ao pé da prensa, é limpo pela vassoura para ser acumulado	I
43	0	Colocar granulado acumulado num saco	I
44	0	Levar saco com granulado para local devido	I
45	0	Retirar lixo acumulado nos fixa-moldes	I

Anexo P – Norma de Limpeza de Final de Turno (2 Operadores)



ONE POINT LESSON (OPL)

Tema: Limpeza de Final de Turno – BL1

Responsabilidade: Operador Auxiliar

Data:

Legenda:

→ Local de rastreio do operador auxiliar (de forma ordenada)

→ Local de acumulação de granulado

→ Direção para onde segue o granulado remanescente – conduzir o granulado com o auxílio do ar comprimido

