



MELHORIA DO TEMPO DE SETUP DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO ATRAVÉS DO USO DE FERRAMENTAS LEAN

DAVID LEONEL MOREIRA MIRANDA

julho de 2023

MELHORIA DO TEMPO DE *SETUP* DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO ATRAVÉS DO USO DE FERRAMENTAS *LEAN*

David Leonel Moreira Miranda

2023

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

isen

P.PORTO

MELHORIA DO TEMPO DE *SETUP* DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO ATRAVÉS DO USO DE FERRAMENTAS *LEAN*

David Leonel Moreira Miranda

Estudante nº 1180776

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Engenheiro Especialista, Eduardo Martins, professor do Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

2023

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

isen

P.PORTO

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por todo o apoio emocional e motivacional que me deram ao longo de todo o meu percurso académico. Agradeço por todos os momentos em que me acalmaram, por todos aqueles em que apenas necessitava de um ombro amigo e por todos os conselhos que me deram.

Ao meu orientador do Instituto Superior de Engenharia do Porto, Engenheiro Especialista, Eduardo Martins, por todos os conselhos, sugestões e estratégias fornecidas desde a primeira letra do título até ao último apêndice.

Ao meu orientador da Hutchinson, o Eng. Diogo Gonçalves, e à Eng. Ana Laroca, por me receberem com entusiasmo, por me ajudarem na integração na equipa de melhoria contínua e por me facultarem os meios necessários para a concretização desta dissertação.

Ao Eng. Thiago Ribeiro e à Eng. Tais Tellini, por todas as formações de cronometragem, retirada de tempos e pelos conselhos ao longo do caminho percorrido.

Aos operadores do VS30, em especial os operadores da linha AA19, pela cooperação e paciência durante todo o trabalho de campo.

À Dra. Anabela Matos e à Salomé Teixeira, pela oportunidade dada de estagiar numa empresa como a Hutchinson, assim como a prontidão que demonstraram para esclarecer quaisquer problemas ou dúvidas que surgissem.

Finalmente, um agradecimento geral a todos os colaboradores da Hutchinson pela receção afetuosa, amigável e simpática.

RESUMO

Numa corrida de Fórmula 1, todos os segundos contam. Como tal, as equipas fazem de tudo para não perder um único segundo a mais nas paragens *pit-stop*. Numa linha de produção de tubos de ar condicionado para o mercado automóvel, as paragens provocadas pelas trocas de referência correspondem a apenas 5% do tempo total de produção. Porém, existe a preocupação, por parte dos responsáveis de produção, no que toca ao elevado tempo (2h) de mudança de algumas referências. Juntamente com a empresa e de forma a contribuir na corrida para o sucesso, definiu-se o objetivo de reduzir as *pit-stop*, ou seja, paragens para mudança de referência. O trabalho proposto é constituído por um conjunto de questões de investigação para as quais se devem obter respostas. Primeiramente, efetuou-se uma pesquisa bibliográfica onde foram analisados vários casos com objetivos idênticos para selecionar as melhores ferramentas e técnicas a seguir. Definiu-se que a metodologia *Lean* seria a melhor abordagem para esta dissertação. As ferramentas selecionadas foram: 5S, *Poka-Yoke*, SMED e trabalho standardizado. Em seguida, o foco dirigiu-se para a linha AA19, onde foram analisados um conjunto de fatores, nomeadamente as famílias de referências, a quantidade de colaboradores e as suas funções, as operações de *setup* das máquinas, e a recolha dos tempos iniciais de *setups*, (através da plataforma de gestão da empresa), de forma a estabelecer um ponto de partida. De modo a criar bases para um estudo exato e preciso, foram recolhidos dados com duas câmaras de filmar e estudados através de dois tipos de análises. A implementação dos 5S deu origem às primeiras medidas realizadas, seguidas de um *standard* de *setup*. Também se estudaram os seus benefícios das ações de melhoria que necessitavam de um investimento financeiro considerável da empresa (superior a 10 000€). A ferramenta SMED foi importante para tracejar todo o percurso, desde a divisão e análise de operações até à implementação das medidas, que resultaram numa redução da média global de tempo de *setup* em 8 minutos (segundo a plataforma de gestão da empresa). Após as análises críticas das medidas adotadas, apresentam-se as conclusões de todo o processo juntamente com as respostas às questões de investigação.

PALAVRAS-CHAVE

Lean; SMED; Análise por máquina; Análise por operador; Tempo de *Setup*.

ABSTRACT

In a Formula One race, every second counts. As such, the teams do everything to not lose a single extra second during pit-stops. In a production line of air conditioning tubes for the automotive market, the stops caused by reference changes account for only 5% of the total production time. However, there is a concern, on the part of the production managers, regarding the high changeover time (2h) of some references. Together with the company and to contribute to the race for success, the goal was set to reduce pit-stops, in other words, stops to change references. The proposed work consists of a set of research questions to which answers must be found. First, bibliographical research was done where several cases with identical objectives were analyzed to select the best tools and techniques to follow. It was defined that the Lean methodology would be the best approach for this dissertation. The tools selected were: 5S, Poka-Yoke, SMED, and standard work. Next, the focus was directed to the AA19 line, where a set of factors were analyzed, namely the reference families, the number of employees and their functions, the setup operations of the machines, and the collection of the initial setup times, (through the company's management platform), in order to establish a starting point. To create a basis for an accurate and precise study, data was collected with two video cameras and studied through two types of analysis. The implementation of the 5S's gave rise to the first measures carried out, followed by a setup standard. The benefits of the improvement actions that required a considerable financial investment from the company (over 10 000€) were also studied. The SMED tool was important to trace the whole path, from the division and analysis of operations to the implementation of the measures, which resulted in a reduction of the overall average setup time by 8 minutes (according to the company's management platform). After the critical analyses of the adopted measures, the conclusions of the whole process are presented along with the answers to the research questions.

KEYWORDS

Lean; SMED; Analysis by machine; Analysis by operator; Setup time.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABELAS	XI
LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS.....	XIII
1. INTRODUÇÃO	15
1.1. Enquadramento.....	15
1.2. Objetivos	15
1.3. Metodologia	15
1.4. Estrutura do trabalho	16
1.5. Empresa Hutchinson	17
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1. Revisão de artigos	19
2.2. TPS.....	21
2.2.1. Origens do TPS e desperdícios	21
2.2.2. Casa do TPS	23
2.3. <i>Lean</i>	25
2.3.1. Conceito <i>Lean</i>	25
2.3.2. Sistema <i>pull</i>	27
2.3.3. Benefício do <i>Lean</i>	27
2.4. Ferramentas <i>Lean</i>	28
2.4.1. 5S.....	29
2.4.2. <i>Poka-Yoke</i>	29
2.4.3. SMED.....	30
2.4.4. Standardizar Trabalho.....	33
2.4.5. 5 <i>Whys</i> e Diagrama de Ishikawa	33
2.5. Kaizen	34
2.6. KPI (Indicadores Chave de Desempenho)	34
2.6.1. OEE.....	35
3. MÉTODOS E APLICAÇÃO	37
3.1. Ponto de partida.....	37
3.2. Linha AA19.....	41
3.2.1. Vista geral da linha	41
3.2.2. Vista detalhada da linha.....	44
3.3. Dados.....	48
3.3.1. Recolha de dados	48
3.3.2. Dados analisados por máquina	51
3.3.3. Dados analisados por colaborador	59
3.3.4. Resumo das análises e pontos chave	67

3.4. Melhorias.....	67
3.4.1. Melhorias que impactam o tempo de <i>setup</i>	69
3.4.2. Outras melhorias.....	81
3.4.3. Melhorias que implicam investimento financeiro considerável.....	84
3.4.4. Resumo das melhorias	87
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	89
4.1. Apresentação de resultados.....	89
4.2. Discussão de resultados	92
5. CONCLUSÃO	95
5.1. Conclusões finais	95
5.2. Limitações e trabalhos futuros.....	96
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
APÊNDICE A	101
APÊNDICE B	115
APÊNDICE C	119
APÊNDICE D.....	127

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Planeamento da dissertação.....	16
Figura 2- Aeronave com tolde da Hutchinson. Retirado de (Hutchison, 2022)	17
Figura 3- Diferentes setores dos desperdícios. Retirado de (Earley, 2016)	23
Figura 4- Casa do TPS. Retirado de (Liker & Morgan, 2006)	24
Figura 5- Benefícios típicos do <i>Lean</i> . Retirado de (Vieira et al., 2020)	28
Figura 6- 5S. Adaptado de (Pinto, 2008)	29
Figura 7- Relação entre o tempo de <i>setup</i> e o tempo de implementação. Adaptado de (Leanproduction, 2021).....	32
Figura 8- Exemplo de um diagrama de Ishikawa. Retirado de (Earley, 2016)	33
Figura 9- Importância da definição dos objetivos. Adaptado de (Rother, 2011).....	34
Figura 10- <i>Layout</i> da Fábrica Porto 1	37
Figura 11- <i>Layout</i> da fábrica com ênfase na AA19.....	38
Figura 12- Quantidade de produção da terceira semana à décima segunda semana de 2023	39
Figura 13- Tubo T.78489	40
Figura 14- Mudanças de <i>setup</i> período 2023-02-8 a 2023-03-03.....	41
Figura 15- Diagrama de fluxo da linha AA19	42
Figura 16- CUR0086.....	44
Figura 17- PES0043.....	45
Figura 18- PSL0032	46
Figura 19- CAB0051, cabine dos tubos de alta pressão	47
Figura 20- BRD0074.....	47
Figura 21- SOL0045	48
Figura 22- Vistas das câmaras usadas para filmar.....	49
Figura 23- Dia 2023-02-08 análise por máquina	55
Figura 24- Gráfico percentual da CUR0085 no dia 2023-02-10	56
Figura 25- Dia 2023-02-13 análise por máquina	57
Figura 26- Tempos do dia 2023-02-15	58
Figura 27- Tempos no dia 2023-02-17	59
Figura 28- Legenda de cores da análise por operador	59
Figura 29- Excerto de uma análise por operador.....	60
Figura 30- Análise dos operadores do dia 2023-02-22	61
Figura 31- Análise dos preparadores no dia 2023-02-22	62
Figura 32- Análise resumo do dia 2023-02-22	63
Figura 33- Análise por operador do dia 2023-02-22	64
Figura 34- Análise dos operadores no dia 2023-03-03	65
Figura 35- Análise dos preparadores no dia 2023-03-03	65
Figura 36- Análise resumo do dia 2023-03-03	66
Figura 37- Organização das estantes de <i>gabarits</i> . A - Antes. B - Depois.....	70
Figura 38- Carrinho exemplo de uma CUR. A - Antes. B - Depois	71
Figura 39- Exemplo de organização das estantes. A - Antes. B - Depois.	72
Figura 40- Organização das estantes dos colocadores de prensa. A - Antes. B - Depois.....	73
Figura 41- Nova localização das estantes dos orientadores na linha AA19	73

Figura 42- Lanças de O-Rings para PSL0031.....	74
Figura 43- Dificuldade em chegar aos orientadores	75
Figura 44- Substituição das rodas das mesas móveis. A - Antes. B - Depois.....	76
Figura 45- Novo suporte de parafusos. A-Antes. B-Depois.....	77
Figura 46- Objetivo do <i>standard</i> de <i>setup</i>	78
Figura 47- <i>Layout</i> de trabalho (referência T.78489)	79
Figura 48- Todos os operadores e preparadores numa tabela de combinação de tarefas	80
Figura 49- Análise por operador com organização do <i>standard</i>	81
Figura 50- BRD100 alteração alavanca. A - Antes. B - Depois.....	81
Figura 51- Exemplo de folha de preparação	82
Figura 52- Proposta de melhoria para os colocadores da cabine de testes. A - Antes. B - Depois..	83
Figura 53- Alteração da PSL0032. A - Antes. B - Depois.....	83
Figura 54- Prensa da linha AA04	84
Figura 55- Análise por operador com medidas de melhoria sem investimento financeiro considerável aplicáveis.....	89
Figura 56- Análise por operador com medidas de melhoria com e sem investimento financeiro aplicáveis.....	90
Figura 57- Mudanças de <i>setup</i> no período de 2023-04-24 a 2023-05-15.....	91
Figura 58- Comparação dos tempos de <i>setups</i> iniciais e finais	91
Figura 59- Sequência de trabalho seguida	92
Figura 60- Gráfico percentual da CUR0086 no dia 2023-02-08	101
Figura 61- Gráfico percentual da CUR0095 no dia 2023-02-08	102
Figura 62- Gráfico percentual da PSL0032 no dia 2023-02-08.....	103
Figura 63- Gráfico percentual da CUR0085 no dia 2023-02-08	104
Figura 64- Gráfico percentual da PES0041 no dia 2023-02-08	105
Figura 65- Gráfico percentual da PSL0031 no dia 2023-02-08.....	106
Figura 66- Gráfico percentual da CUR0087 no dia 2023-02-08	107
Figura 67- Gráfico percentual da PES0043 no dia 2023-02-08	108
Figura 68- Conjunto de gráficos CUR0086 no dia 2023-02-13	110
Figura 69- Gráfico percentual da CUR0085 no dia 2023-02-13 manhã	111
Figura 70- Gráfico percentual da CUR0085 no dia 2023-02-13 tarde.....	112
Figura 71- Gráfico percentual da CUR0085 no dia 2023-02-17 manhã	113
Figura 72- Gráfico percentual da CUR0085 no dia 2023-02-17 tarde.....	114
Figura 73- Excerto da análise por operador do dia 2023-02-22 que realça a dificuldade em trocar a CUR0086.....	115
Figura 74- Análise por operador do dia 2023-03-03	116
Figura 75- Excerto da análise por operador do dia 2023-03-03 que realça as operações de transporte do preparador	117
Figura 76- Excerto da análise por operador do dia 2023-03-03 que realça a confusão com o <i>gabarit</i>	117
Figura 77- Excerto da análise por operador do dia 2023-03-03 que realça a desorganização da concretização de atividades.....	118
Figura 78- Legenda para o <i>standard</i> de <i>setup</i>	119
Figura 79- Etapa 1 do <i>standard</i>	120
Figura 80- Etapa 2 do <i>standard</i>	120

Figura 81- Etapa 3 do <i>standard</i>	120
Figura 82- Etapa 4 do <i>standard</i>	121
Figura 83- Etapa 5 do <i>standard</i>	121
Figura 84- Etapa 6 do <i>standard</i>	121
Figura 85- Etapa 7 do <i>standard</i>	122
Figura 86- Etapa 8 do <i>standard</i>	122
Figura 87- Etapa 9 do <i>standard</i>	122
Figura 88- Etapa 10 do <i>standard</i>	123
Figura 89- Etapa 11 do <i>standard</i>	123
Figura 90- Etapa 12 do <i>standard</i>	123
Figura 91- Etapa 13 do <i>standard</i>	124
Figura 92- Etapa 14 do <i>standard</i>	124
Figura 93- Etapa 15 do <i>standard</i>	124
Figura 94- Etapa 16 do <i>standard</i>	125
Figura 95- Etapa 17 do <i>standard</i>	125
Figura 96- Etapa 18 do <i>standard</i>	125
Figura 97- <i>Layout</i> de trabalho (referência T.78485)	126
Figura 98- Tabela de combinação de tarefas OPERADOR 1	127
Figura 99- Tabela de combinação de tarefas OPERADOR 2	127
Figura 100- Tabela de combinação de tarefas OPERADOR 3	128
Figura 101- Tabela de combinação de tarefas OPERADOR 4	128
Figura 102- Tabela de combinação de tarefas PREPARADOR 1	129
Figura 103- Tabela de combinação de tarefas PREPARADOR 2	129

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Artigos analisados.....	19
Tabela 2- Tabela dos 7 desperdícios. Adaptado de (Dailey, 2003)	22
Tabela 3- Comparação dos sistemas de produção. Adaptado de (Vieira et al., 2020)	25
Tabela 4- Sistema <i>Push e Pull</i> . Adaptado de (Silva, 2009)	27
Tabela 5- Organização das referências AA19	43
Tabela 6- Tempo médio de substituição de uma mesa de embalagem	50
Tabela 7- Excerto da análise por máquina do dia 2023-02-08.....	51
Tabela 8- Exemplo de análise com atividades paralelas	52
Tabela 9- Organização das análises por máquina	53
Tabela 10- Organização das análises por operador	60
Tabela 11- Correlação entre problemas e medidas	68
Tabela 12- Tempo médio de transporte de <i>gabarit</i>	69
Tabela 13- Tempo de transporte de orientadores no dia 2023-02-08	74
Tabela 14- Tempo médio de substituição de mesa de embalagem comparação.....	76
Tabela 15- Comparação de tempos da montagem das prensas PSL sem os orientadores.....	84
Tabela 16- Comparação de tempos de montagem dos orientadores nas prensas	85
Tabela 17- Comparação de tempos de teste das curvadoras	86
Tabela 18- Resumo das melhorias	87
Tabela 19- Tempos da CUR0086 no dia 2023-02-08.....	101
Tabela 20- Tempos da CUR0095 no dia 2023-02-08.....	102
Tabela 21- Tempos PSL0032 no dia 2023-02-08	103
Tabela 22- Tempos da CUR0085 no dia 2023-02-08.....	104
Tabela 23- Tempos PES0041 no dia 2023-02-08.....	105
Tabela 24- Tempo da PSL0031 no dia 2023-02-08.....	106
Tabela 25- Tempos da CUR0087 no dia 2023-02-08.....	107
Tabela 26- Tempos da PES0043 no dia 2023-02-08.....	108
Tabela 27- Tempo da CUR0085 no dia 2023-02-10	109
Tabela 28- Tempo da CUR0086 no dia 2023-02-13	110
Tabela 29- Tempo da CUR0085 no dia 2023-02-13 manhã	111
Tabela 30- Tempo CUR0085 no dia 2023-02-13 tarde.....	112
Tabela 31- Tempos CUR0085 no dia 2023-02-17 manhã.....	113
Tabela 32- Tempos CUR0085 no dia 2023-02-17 tarde	114

LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS

Lista de Siglas

5S	<i>Seiri, Seiton, Seizo, Seiketsu, Shitsuke</i>
B	Atividades de transporte de material
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
JIT	<i>Just in Time</i>
M	Atividades de montagem/desmontagem de ferramentas
MEMGI	Mestrado em Engenharia Mecânica - Gestão Industrial
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
P	Atividades de preparação de <i>setup</i>
PDCA	<i>Plan – Do – Check - Act</i>
P.Porto	Instituto Politécnico do Porto
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
T	Atividades de testes das máquinas
TPS	<i>Toyota Production System</i>
UAP	Unidade Autónoma de Produção
WIP	<i>Work-In-Progress</i>

Lista de Símbolos

€	Euro
<i>T</i>	Tempo s;min;h
%	Percentagem

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo, far-se-á o enquadramento do tema assim como a sua pertinência, seguido de um resumo das origens da empresa que possibilitou todo este trabalho. E também será abordada a metodologia de estudo e a estrutura do presente trabalho.

1.1. Enquadramento

A presente dissertação descreve o trabalho realizado no âmbito do estágio curricular do Mestrado de Engenharia Mecânica – Gestão Industrial (MEMGI), no Instituto Superior de Engenharia do Porto, feito numa empresa do setor automóvel.

A empresa Hutchinson, situada no distrito do Porto, que se dedica à produção de tubos de ar condicionado para a indústria automóvel, disponibilizou um estágio curricular presencial com a duração de nove meses, com todo o apoio do departamento de melhoria contínua. Neste período, concretizou-se a integração na empresa e realizou-se uma pesquisa bibliográfica em relação ao tema proposto. Os conhecimentos adquiridos foram posteriormente aplicados no chão de fábrica.

1.2. Objetivos

O trabalho desenvolvido nesta dissertação tem como objetivo diminuir o tempo de *setup* de uma linha de produção de uma indústria de tubos de ar condicionado para automóveis, usando ferramentas *Lean*.

Sendo assim, procedeu-se à elaboração de questões de trabalho que irão ser respondidas no final da dissertação:

Questão nº 1: O que provoca tempos de *setup* elevados?

Questão nº 2: Sem investimentos financeiros, é possível reduzir o tempo de mudanças de referências?

Questão nº 3: Qual a medida de melhoria com maior impacto?

Questão nº 4: Qual a diferença nos tempos de *setup* com e sem investimentos financeiros?

1.3. Metodologia

De modo a planear a dissertação, desenvolveu-se um gráfico de Gantt, representado na Figura 1, com todos os passos seguidos na sua elaboração. Como o estágio só iniciou no dia 19 de setembro, o mês de setembro é representado com o tamanho mais reduzido.

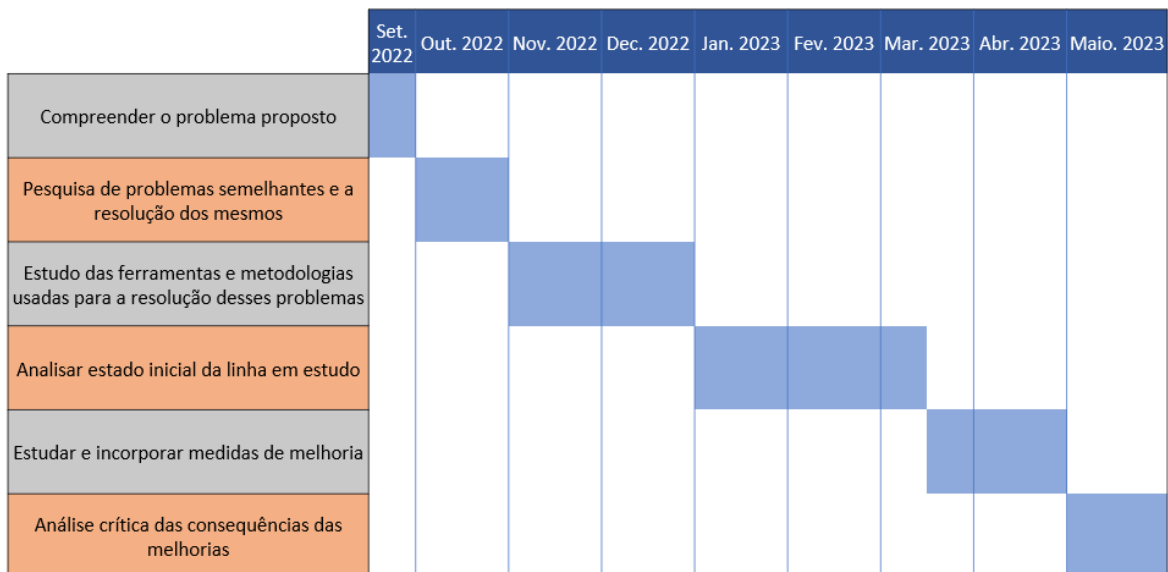


Figura 1- Planeamento da dissertação

Após a revisão bibliográfica, utilizou-se a metodologia *action research* para o desenvolvimento prático da dissertação. A metodologia *action research* pode descrever-se como uma família de metodologias de investigação que inclui ação e investigação em paralelo, através de um processo cíclico. Ou seja, existe uma ação seguida de uma reflexão, para que, no futuro, haja um aperfeiçoamento do processo através da experiência obtida nos ciclos anteriores (Coutinho et al., 2009; M. S. Oliveira et al., 2019). Para uma melhor análise de cada ciclo utiliza-se o PDCA, composto pelas seguintes fases (Kelendar, 2020; Neves et al., 2018):

- *Plan* (Planear): Estabelecer objetivos necessários para obter os resultados pretendidos;
- *Do* (Fazer): Concretização do plano definido. É necessário também recolher dados das consequências das ações;
- *Check* (Verificação): Comparação dos dados obtidos das ações com os dados que se esperavam obter e também com os resultados dos PDCA's anteriores, para conseguir uma visão abrangente do problema;
- *Act* (Atuar): Após a verificação dos resultados e, caso existam desvios, devem ser tomadas medidas para os melhorar, investigar problemas detetados, descobrir a causa-raiz e resolvê-los. Caso o próximo PDCA volte a identificar algum problema já detetado, significa que a etapa *Act* não foi bem concretizada.

1.4. Estrutura do trabalho

O presente trabalho está dividido em cinco capítulos. O primeiro capítulo, introdução, contém a apresentação da multinacional que permitiu a realização o estágio. No mesmo capítulo, também é descrita a metodologia usada, as questões de investigação e os objetivos.

O segundo capítulo é constituído pela revisão bibliográfica, permitindo uma melhor compreensão do tema. Para isso, é efetuada uma análise de outros trabalhos com objetivos semelhantes e é abordado o conceito da metodologia *Lean* e suas ferramentas.

No terceiro capítulo, é descrito como foram retirados os dados, as análises sobre os tempos e as atividades durante várias trocas de referências e, por fim, as medidas de melhoria adotadas, os benefícios e o custo de implementação.

No quarto capítulo, são apresentados os resultados das medidas implementadas anteriormente assim como uma análise do percurso efetuado e possíveis pontos de melhoria que poderiam tornar o percurso mais eficiente.

Por fim, o capítulo cinco é constituído pelas respostas às questões de investigação e conclusões acerca de todas as etapas do trabalho. Para além disso, são também apresentadas as limitações sofridas ao longo do percurso e os trabalhos que ainda podem e devem ser desenvolvidos.

1.5. Empresa Hutchinson

A empresa que permitiu a realização do estágio curricular é a Hutchinson Porto, localizada em Campo, concelho de Valongo, no distrito do Porto.

Foi fundada em 1853, por um empresário americano Hiram Hutchinson em França. Hutchinson começou como uma empresa de calçado. Graças aos sapatos inovadores e completamente impermeáveis, Hutchinson passou a fabricar cinco mil pares por dia em apenas um ano depois da sua criação.

No início do século XX, com a evolução das bicicletas e o crescimento da popularidade dos automóveis, Hutchinson criou um pneu de bicicleta que foi utilizado em várias competições, como o *Tour de France*, e também deu início à produção de pneus de carros.

Em 1910, a empresa diversificou-se. Olhando para o céu, Hutchinson começou a fornecer revestidos usados em aeronaves, equipando a aeronave que atravessou pela primeira vez o canal da Mancha, como se nota na Figura 2.



Figura 2- Aeronave com tolde da Hutchinson. Retirado de (Hutchison, 2022)

Após a primeira guerra mundial, com o aumento das compras do consumidor, Hutchinson diversificou mais uma vez, criando suspensões usadas em aeronaves com novas capacidades de controlo de vibrações (Hutchison, 2022). Poucos anos depois, começou a fornecer equipamentos de controlo de vibrações para o ramo naval das forças armadas dos Estados Unidos da América.

Em 1950, os equipamentos de borracha fabricados na organização foram utilizados nas diversas áreas de transporte terrestre e também na construção de edifícios, melhorando o isolamento acústico.

Em 1988, Hutchinson *Industries* Inc. é fundada. Sendo a divisão que está encarregue de equipamentos de defesa e mobilidade, Hutchinson *Industries* está registada como uma fabricante de artigos de defesa militar, nos Estados Unidos, e é vista como uma das empresas qualificadas para fornecimento de equipamento militar para o Departamento de Defesa dos Estados Unidos e para o Departamento de Defesa Nacional do Canadá (Hutchinson, 2022b, 2022a).

Atualmente, a empresa evoluiu para outras áreas. Os componentes da Hutchinson são encontrados não só nos transportes terrestres convencionais, mas também nos aviões, nos carros de *rally*, nos submarinos e até nos foguetões.

Em Portugal, Hutchinson é representada por três unidades fabris, uma no distrito do Porto, e duas localizadas no distrito de Portalegre (Hutchinson, 2022c). Este projeto foi elaborado na Hutchinson Porto, onde se encontra a produção de tubos para ar condicionado para a indústria automóvel. A empresa possui também outra unidade que faz parte do grupo na zona do Porto, intitulada como Porto 2, onde se fabricam tubos para direção assistida.

Como a organização cria tubos para diferentes modelos de várias marcas, como por exemplo Renault, Daimler (Mercedes), entre outras, existe uma grande variedade de formas que os tubos produzidos podem ter, de modo a condizer com o interior de cada segmento.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No segundo capítulo, é feita uma revisão bibliográfica onde são abordados os conceitos que foram utilizados no desenvolvimento do projeto. Foi abordado a metodologia *Lean* referenciada no enquadramento e as suas respetivas ferramentas. Para além disso, foram estudados conceitos essenciais para uma melhor compreensão de todo o processo, como TPS, *kaizen*, entre outros.

2.1. Revisão de artigos

Num desporto de alta competitividade como por exemplo a Fórmula 1, todos os segundos contam para ganhar vantagem em relação aos oponentes. Todas as equipas investem fortemente na inovação dos seus carros para que estes sejam superiores aos dos rivais, no treino dos seus pilotos para que cometam o menor número de erros e, também, planeiam os *pit-stop* para que o carro perca o menor tempo possível na mudança do que for necessário.

Atualmente, as empresas adotam as mesmas ideias. Investem na constante inovação dos seus equipamentos, treinam os seus colaboradores para que exista o mínimo de erros de qualidade e fazem com que todas as atividades que não estejam a contribuir para a corrida, ou seja, todas que não acrescentam valor ao produto, sejam minimizadas ou de preferência, eliminadas. Isto é, enquanto no mundo das corridas para manter a liderança, todos os segundos contam, no mundo da indústria, todos os custos contam.

Com a constante evolução das empresas do ramo automóvel e sendo este um ramo com forte presença concorrencial, é fundamental que as empresas deste setor se preocupem cada vez mais com a sua eficiência, de maneira a manter uma vantagem competitiva (Vieira et al., 2020).

A Tabela 1 apresenta uma análise a vários artigos onde são descritos notórios aumentos de eficiência através da eliminação de desperdícios.

Tabela 1- Artigos analisados

Artigos	Contexto do artigo	Soluções usadas
<i>Improvement of Production Line in the Automotive Industry Through Lean Philosophy</i> (Azevedo et al., 2019)	Aplicação da filosofia <i>Lean</i> na indústria automóvel com o objetivo de reduzir o desperdício. No final, foi possível detetar que uma grande parte dos desperdícios foram eliminados fazendo com que a empresa poupasse 2 159 00€. O artigo é finalizado com a afirmação “A filosofia <i>Lean</i> disponibiliza às companhias fortes ferramentas para soluções baratas”	Redução de transportes Junção de máquinas Redução de tempo de ciclo
<i>Using Lean Thinking Principles to Reduce Wastes in Reconfiguration of Car Radio Final Assembly Lines</i> (M. S. Oliveira et al., 2019)	Devido a uma diminuição da produção provocada pelo decréscimo da procura por parte dos clientes, muitas atividades que não acrescentavam valor foram criadas. Após o estudo foi possível registar ganhos de aproximadamente 125 300 unidades monetárias por ano. É ainda afirmado “Uma empresa que segue os princípios do pensamento <i>Lean</i> irá ter uma mentalidade de melhoria contínua”	Análise de Pareto Eliminação das tarefas que não acrescentavam valor Eliminação de espaço desnecessário e operadores

<p><i>Optimising Changeover through Lean-Manufacturing Principles: A Case Study in a Food Factory</i> (Garcia-Garcia et al., 2022)</p>	<p>Para manter o crescimento económico, é vital o aumento contínuo de eficiência. Para isso é necessário a redução de desperdício através da implementação dos princípios <i>Lean</i>. Com isto em mente, numa fábrica de comida situada no Reino Unido foi possível a redução do tempo de <i>setup</i> de 30%, aumento do OEE de 70% e a redução de custos de mão de obra em 10%.</p>	<p>SMED Introdução e formação das equipas à melhoria contínua e ao impacto da eliminação de desperdício</p>
<p><i>Productivity enhancement in engine assembly using lean tools and techniques</i> (Sivaraman et al., 2020)</p>	<p>É relatado o caso de aumento de produção numa fábrica de montagem de motores na Índia. No final, foi possível aumentar 30 % da eficiência, reduzir defeitos e desperdícios nas linhas de produção</p>	<p>Metodologia <i>Lean Kaizen</i></p>
<p><i>Improving the Quality and Productivity of Steel Wire- rope Assembly Lines for the Automotive Industry</i> (Rosa et al., 2017)</p>	<p>Existe a necessidade de reduzir os custos e aumentar a competitividade sem investimento, numa empresa de produção de cabos de aço. Concluindo o estudo, foi possível reduzir desperdícios nos movimentos dos operadores, no balanceamento de tarefas e nos métodos de trabalho.</p>	<p>Metodologia <i>Lean</i> Ciclos PDCA</p>
<p><i>Continuous improvement through "Lean Tools": An application in a mechanical company</i> (J. Oliveira et al., 2017)</p>	<p>Numa empresa de produção de equipamento mecânico, foram detetados vários desperdícios ao longo do processo produtivo. Assim, foram sugeridas várias ferramentas <i>Lean</i> não só capazes de detetar e eliminar os desperdícios, como também aumentar a eficiência e reduzir custos.</p>	<p>Standardização do trabalho <i>Value stream mapping (vsm)</i> 5S Gestão Visual <i>Kanban</i> Balanceamento de linhas Tpm OEE SMED</p>
<p><i>Productivity Increase Through Reduced Changeover Time</i> (Karwasz & Chabowski, 2016)</p>	<p>Numa indústria metálica, existiam tempos de pausa entre trabalho de 148 min causados por baixa organização das ferramentas, falta de um local específico para cada ferramenta, e também falta de numeração das ferramentas. Após a implementação da metodologia <i>Lean</i> verificou-se um aumento da produtividade, redução do tempo de pausa entre trabalhos e eliminação de desperdício.</p>	<p>SMED 5S Standardização das tarefas</p>
<p><i>Benefits of a learning factory in the context of lean management for the pharmaceutical industry</i> (Rybski & Jochem, 2016)</p>	<p>Com a evolução do <i>Lean</i> no setor automóvel, as indústrias farmacêuticas também começaram a adotar a mesma metodologia. Assim, este artigo demonstra o progresso em formar os seus colaboradores para pensarem de maneira <i>Lean</i>.</p>	<p>5S Standardização das tarefas</p>

<i>Implementing Lean Tools in the Manufacturing Process of Trimmings Product</i> (Neves et al., 2018)	Este artigo foca-se na eliminação dos desperdícios ao longo da produção de pequenos produtos têxteis. Após a aplicação de ferramentas <i>Lean</i> , foi possível registar um ganho de quatro horas por trabalhador por semana, aumentando assim a produtividade.	Diagrama de Ishikawa Ciclos PDCA's 5S 5W2H
---	--	---

Como é possível observar na Tabela 1, a metodologia *Lean*, juntamente com as suas ferramentas, deram contributos na área de redução de tempos, custos e desperdícios que nada acrescentam ao valor do produto ou serviço que é fabricado, possibilitando um aumento substancial de eficiência de uma organização.

Após a análise, juntamente com a empresa onde se realiza o estágio, foi possível chegar a acordo que a metodologia *Lean* irá ser utilizada para a obtenção dos objetivos desta dissertação. As ferramentas a serem utilizadas são os 5S, standardização de trabalho e, especial foco, no SMED. No entanto, ao longo desta dissertação irão ser abordadas outras ferramentas e filosofias para solidificar/ramificar o conhecimento na área.

2.2. TPS

Para uma melhor compreensão do Sistema de Produção da Toyota (TPS), foram pesquisadas as suas origens e o que motivou o seu desenvolvimento. Para além disso, também é referida a definição de desperdício, assim como a sua divisão e alguns exemplos. Por fim, irá ser abordado a casa do TPS na íntegra.

2.2.1. Origens do TPS e desperdícios

Em 1970, depois da primeira crise de petróleo, a empresa Toyota foi alvo de atenção por parte da comunidade mundial devido à recuperação rápida da crise em comparação com os restantes competidores. O seu crescimento deve-se ao Sistema de Produção da Toyota (TPS) (Lander & Liker, 2007). Enquanto o resto do mundo ocidental focava-se em ter eficiência através de produção de grandes quantidades com poucas referências, o sistema de produção da Toyota procurava produzir num fluxo contínuo que não dependia de uma produção com elevadas quantidades para obter eficiência (Vieira et al., 2020).

O TPS foi descrito em apenas dois conceitos básicos (Sugimori et al., 1977):

- “Redução de custos através da eliminação de desperdício”;
- “Utilização completa das capacidades do trabalhador”.

Ou seja, é necessário um sistema de respeito para as pessoas com o objetivo de reduzir os movimentos desnecessários, assegurando a segurança e atribuindo mais responsabilidades ao operador (Lander & Liker, 2007).

Taiichi Ohno, uma das pessoas que trabalhou no Sistema de Produção da Toyota entre 1940 e 1980, escreveu o livro *“Toyota Production System: beyond large-scale production”* onde mencionava os sete desperdícios que prejudicavam a produtividade das empresas (J. Oliveira et al., 2017; Vieira et al., 2020). “Hoje em dia, empresas mantêm desperdícios ao longo do fluxo de produção e é cada

vez mais e mais importante eliminá-los, porque eles são fonte de custos e perda de produtividade dentro destas mesmo empresas colocando em perigo a sua futura sustentabilidade.” (J. Oliveira et al., 2017).

MUDA é o termo japonês que significa desperdício, ou seja, qualquer atividade que não adicione valor. Como se nota na Tabela 2, os desperdícios correspondem a tudo o que não é o mínimo de equipamento, material, espaço e tempo necessário para adicionar valor ao produto (Azevedo et al., 2019).

Tabela 2- Tabela dos 7 desperdícios. Adaptado de (Dailey, 2003)

Nome	Definição	Exemplo
Excesso de Produção	Produzir mais do que é necessário, ou antes do necessário	Unidades que são produzidas antecipadamente são geralmente sucata devido às alterações de configurações
Tempo de espera	Tempo morto que ocorre quando eventos dependentes não estão sincronizados	Um operador não pode começar o seu trabalho pois está a espera que outro pare de usar a ferramenta que ele necessita
Transportes	Qualquer movimento de material que não suporta diretamente a produção	Unidades são movidas fora do chão de produção para uma área de parque
Desperdício de Processo	Esforço redundante que não adiciona valor ao produto ou serviço	Tempo gasto a produzir características de um equipamento que o cliente não gostaria de pagar
Inventário	Qualquer fornecimento em excesso do processo que se segue pela maneira <i>Just In Time</i>	Um grande lote de material que irá ser armazenado até a produção necessitar
Movimentos	Qualquer movimento de pessoas que não contribui para adicionar valor ao produto ou serviço	Não é incomum observar um operador efetuar múltiplas viagens até á caixa de ferramentas. Uma falta de organização e documentação é de facto uma causa de vários tipos de defeitos
Defeitos	Reparação ou retrabalho de um produto ou serviço para corresponder aos requerimentos do cliente assim como sucata resultante de materiais diagnosticados como não reparáveis	-

Uma forma simples de determinar se uma atividade é desperdício ou não é questionar se o processo que está a ser feito adiciona algum tipo de valor ao produto, ou seja, não é desperdício. Caso contrário, é desperdício. Os desperdícios estão organizados em diferentes setores, conforme mostra a Figura 3, para facilitar a sua identificação (Earley, 2016).

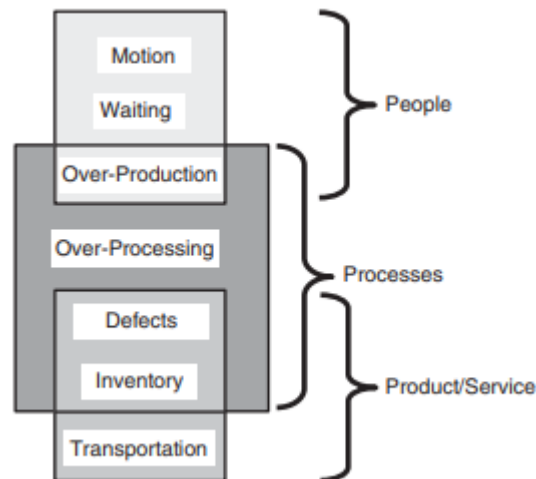


Figura 3- Diferentes setores dos desperdícios. Retirado de (Earley, 2016)

Womack & Jones, 1997, identificaram um oitavo desperdício, além dos sete já mencionados na Tabela 2: a não valorização das capacidades das pessoas, das suas ideias e também da própria criatividade. No entanto, o oitavo desperdício não é tido em conta por vários autores, uma vez que consideram que é uma consequência dos restantes sete (Hicks, 2007).

Os desperdícios de uma empresa, que nos piores dos casos podem chegar até 95% do tempo de operação, também são divididos em dois grandes grupos (Cristóvão, 2014):

- 1- Desperdício necessário: É aquele que, apesar de não acrescentar valor, existe e não pode ser eliminado apenas reduzido, como por exemplo, o tempo de *setup* de máquina ou inspeções;
- 2- Desperdício puro: Desperdício dispensável e que pode ser eliminado, nomeadamente reuniões sem objetivos ou paragens desnecessárias. Pode atingir até 60% do desperdício de uma empresa (Dias, 2018).

2.2.2. Casa do TPS

O sistema de produção da Toyota ficou mais conhecido como a casa do TPS. Como uma casa que só é tão forte como o pilar mais fraco, o TPS mostra como todos os elementos têm de trabalhar em conjunto para uma boa estabilidade. Em outras palavras, por muito forte que um pilar de uma casa seja, esta não irá ser sólida se o outro pilar não for rígido ou se a fundação não for firme o suficiente (Liker & Morgan, 2006).



Figura 4- Casa do TPS. Retirado de (Liker & Morgan, 2006)

Just in time

Um dos pilares da casa do TPS é o *Just in Time* (JIT). O JIT é uma das ferramentas mais usadas na metodologia *Lean*, que diminui o tempo de linha da produção de um produto e de reação para pedidos dos clientes (Sivaraman et al., 2020). Também conhecida como produção sem *stock*, o JIT foca no aumento da qualidade, redução de *leadtime* (tempo entre a encomenda e a entrega do produto) e redução de *stocks* (Ram, 2017).

Com o JIT é possível poupar custos desnecessários no armazenamento de grandes *stocks*, nomeadamente no custo do espaço e na manutenção. O JIT evita a aglomeração de sucata resultada de produtos que mudaram de especificação já durante a produção e reduz o tempo gasto na reparação e retrabalho de produtos, pois foca no fazer bem à primeira (Ram, 2017).

Jidoka

O segundo pilar da casa do TPS é o *Jidoka*, termo menos conhecido e ligeiramente mais complexo que JIT. O propósito deste pilar do TPS é tornar visível e resolver problemas. *Jidoka* representa uma máquina, mas com inteligência humana, sendo esta inteligência necessária apenas para, quando detetar algo fora do normal no processo ou no produto, parar e esperar por ajuda. Ou seja, quando há um problema, a máquina para e é ativado um aviso visual e auditivo de maneira a corrigir o problema em pouco tempo para não alastrar (Liker & Morgan, 2006).

Heijunka

Heijunka consiste em, tal como qualquer fundação, fornecer estabilidade aos seus pilares, ou seja, criar um fluxo nivelado capaz de *standardizar* processos, mas com um pequeno inventário para existir uma compensação para instabilidade (Liker & Morgan, 2006). *Heijunka* consiste na “criação de condições para a manutenção de um fluxo contínuo de fabrico, redução de *stocks* e maior estabilidade e consistência dos processos.” (Pinto, 2008).

2.3. Lean

No subcapítulo, irá ser abordado a metodologia *Lean*. São referidos o conceito em si e as suas origens. Também são mencionados os seus princípios e uma breve comparação da metodologia *Lean* e o sistema de produção em massa. É também abordado o conceito de sistema *Pull* e, por fim, são explicadas as vantagens que a metodologia pode trazer às empresas.

2.3.1. Conceito *Lean*

O termo “Produção *Lean*” só foi lido pela primeira vez em 1988 no artigo “*Triumph of the Lean Production System*” (Krafcik, 1988). No artigo, foram designados dois sistemas de produção, o sistema *Lean* e o sistema *buffered*, traduzidos literalmente como “magro” e “encorpado”, respetivamente. No sistema *buffered*, encontravam-se altos níveis de inventário, enormes quantidades de trabalhadores pagos (de forma a colmatar alguma taxa inesperada de absentismo) e áreas de reparação de larga dimensão (para suportar a baixa qualidade das linhas). Pelo contrário, o sistema *Lean* mantinha inventários baixos de maneira a reduzir as despesas e a facilitar a procura dos problemas de qualidade. Caso algum operador faltasse, os outros elementos da equipa preenchiam o posto, e as áreas de reparação eram de reduzido espaço, pois acreditavam que a qualidade deveria ser conseguida na linha de produção e não numa área de reparação (M. S. Oliveira et al., 2019).

Apesar de já ter sido mencionado previamente, *Lean* só ficou mais conhecido com o lançamento do livro “*The Machine That Changed the World*”, de (Womack. et al., 1990), onde foram comparados os sistemas de produção da Europa e Estados Unidos (sistema *buffered*) com o sistema visto no Japão (sistema *Lean*). Além das conclusões do artigo “*Triumph of the Lean Production System*”, Womack destacou as seguintes diferenças representadas na Tabela 3 (M. S. Oliveira et al., 2019).

Tabela 3- Comparação dos sistemas de produção. Adaptado de (Vieira et al., 2020)

	Produção em massa (<i>buffered</i>)	Produção <i>Lean</i>
Base	Henry Ford	Toyota
Operadores	Baixo nível de competências	Equipas de trabalhadores com várias competências em diferentes setores
Equipamento	Caros e com baixa variabilidade	Equipamentos manuais e automatizados com alta variabilidade
Método de produção	Altos volumes de produtos <i>standard</i>	Produzir o que o cliente pede
Filosofia organizacional	Hierarquia onde os diretores possuem a responsabilidade	Fluxos de valor com um nível apropriado de poder, com o objetivo passar a responsabilidade o mais possível para os operadores
Filosofia	Aponta para o suficiente	Aponta para a perfeição

Womack, juntamente com Jones, em 1996 criaram um procedimento de cinco princípios com o objetivo de guiar diretores através de uma transformação *Lean* (Lean Enterprise Institute, 2022; Womack & Jones, 1997):

1. Especificar o valor: Identificar apenas as características que o cliente pretende para cada família de produto. Muitas das vezes o valor é distorcido por organizações já existentes que acrescentam complexidade que não tem interesse ao cliente;
2. Mapear o fluxo de valor: Identificar todos os passos para a concretização do produto, eliminando sempre que possível os que não acrescentam valor;
3. Criar um fluxo contínuo: Criar uma sequência de forma que o produto chegue sem interrupções até ao cliente;
4. Puxar a produção;
5. Procurar perfeição: Repetir o processo com o objetivo de reduzir os desperdícios e de existir uma melhoria contínua.

Em 2007, os autores dos cinco princípios *Lean* simplificaram-nos para três tópicos sendo estes, propósito, processo e pessoas. O primeiro tópico relata que a prioridade de uma empresa e o primeiro passo para a metodologia *Lean* deve ser a correta identificação de valor que o cliente procura (Lean Enterprise Institute, 2022).

Posteriormente à definição do propósito, o tópico processo foca-se no fluxo que levará ao produto que o cliente pretende, da maneira mais eficiente. Cada etapa do processo deve acrescentar valor ao produto, ser capaz de produzir bons resultados com baixos ou zeros defeitos, desempenhar as operações quando necessárias, ter a capacidade de operar num fluxo contínuo e ser flexível dentro de uma família de produtos (Lean Enterprise Institute, 2022).

Por fim, são abordadas as pessoas que serão responsáveis por cada etapa das operações, implementando melhorias continuamente e standardizar o trabalho de maneira a criar um fluxo estável (Lean Enterprise Institute, 2022).

Normalmente, as definições de *Lean* podem variar, fazendo com que não haja nenhuma definição universal, apesar de todas seguirem o mesmo caminho. Exemplos de algumas definições de *Lean*:

- “Maneira de especificar valor, alinhar as ações que criam valor na melhor sequência, sempre que alguém necessitar destas devem ser guiadas sem interrupção, e concretizá-las mais e de maneira mais eficaz.”(Pereira et al., 2019);
- “Produção *Lean* é *Lean* porque usa menos de tudo quando comparado com produção em massa (...)” (Earley, 2016).

Apesar de existirem centenas de definições, uma das mais simples é “Fazer o mínimo necessário para obter o resultado desejado” (Earley, 2016).

2.3.2. Sistema *pull*

O sistema *pull* consiste na produção de uma peça apenas quando é pedida. O sistema *pull* impede a acumulação de stocks de produtos produzidos e de matérias-primas, ou seja, não consegue antecipar qualquer tipo de procura prevista, levando ao desenvolvimento de técnicas de gestão e produção agilizadas com baixo tempo de resposta. Pelo contrário, o sistema *push* irá empurrar para o cliente a produção que ele não precisa causando, muitas das vezes, stocks (Cristóvão, 2014).

As diferenças entre o sistema *pull* e *push* estão mais bem representadas na Tabela 4.

Tabela 4- Sistema *Push* e *Pull*. Adaptado de (Silva, 2009)

Sistema <i>push</i>	Sistema <i>pull</i>
Produzir para vender, produto empurrado	Produzir a pedido do cliente, produto puxado
Elevado <i>stock</i>	Baixo <i>stock</i>
Lotes de grandes dimensões	Lotes de baixas quantidades
Planeamento através de MRP	Só é produzido o que é pedido
Difícil coordenação entre o que é produzido e o que o cliente quer	Facilita grande parte de trabalho de planeamento de produção
Vários trabalhos a ocorrerem em simultâneo	Poucos trabalhos em simultâneo

O sistema *pull* aplicado em cada centro de trabalho, faz com que a informação transcorra e suscite ordens de acordo com o pedido pelos clientes (Cristóvão, 2014). A produção puxada pode ser aplicada desde as operações finais até ao início do processo (Liker & Morgan, 2006). Para efetuar a gestão da necessidade são utilizados *kanbans*.

Kanban

A palavra *kanban* tem o significado de cartão e é utilizado para efetuar a gestão do fluxo de materiais ao longo de uma cadeia de abastecimento. Com a aplicação desta técnica, é possível eliminar a sobre produção, pois os materiais só são produzidos pelas restantes linhas de produção quando necessários. Com a técnica *Kanban*, a utilização de um espaço de armazenamento pequeno é possível, pois existe reposição do material quando necessário (Ram, 2017).

2.3.3. Benefício do *Lean*

Os benefícios desta metodologia estão presentes não só no setor automóvel, mas também nos mais diversos setores de atividades (Pinto, 2008). A Figura 5 apresenta os benefícios típicos do *Lean*.



Figura 5- Benefícios típicos do *Lean*. Retirado de (Vieira et al., 2020)

Apesar dos benefícios, os dois maiores problemas da aplicação do *Lean* nos processos de uma empresa são a percepção de falta de benefícios e a visão que a empresa já é eficiente. Estes problemas são superados da seguinte forma (Melton, 2004):

- Percepção de falta de benefícios atingíveis da metodologia:
 - *Lean* irá tornar o processo mais rápido, ou seja, torna a resposta ao pedido mais rápida e reduz os erros e retrabalhos.
- Visão que a empresa já é eficiente:
 - Normalmente esta visão, não passa de uma ilusão;
 - Um bottleneck (gargalo) acontece quando a eficiência e eficácia de um projeto está limitada por um componente menos eficiente e eficaz. Apesar de o processo aparentar ser eficiente, o uso da metodologia *Lean* obriga à revisão de todo o processo, descobrindo postos gargalo e possibilidades de melhoria.

2.4. Ferramentas *Lean*

Existe uma variedade de ferramentas *Lean* que podem ser implementadas de diversas formas (Sivaraman et al., 2020). Uma iniciativa *Lean* é focada na redução de custos e na eliminação de todas as atividades que não acrescentam valor. A metodologia *Lean* ajuda empresas a atingir os objetivos de produtividade introduzindo técnicas e ferramentas fáceis de aplicar (J. Oliveira et al., 2017).

2.4.1. 5S

Os 5S são constituídos por cinco palavras japonesas, apresentadas na Figura 6, que começam pela consoante “S” e que se referem a práticas de bom senso (Pinto, 2008). Com a adoção dos 5S, é possível criar postos de trabalho mais eficientes, mais seguros e mais organizados.



Figura 6- 5S. Adaptado de (Pinto, 2008)

Os 5S devem ser implementados de forma individual e por ordem. Enquanto os três primeiros são operacionais, o quarto S padroniza o que foi executado com as outras etapas anteriores e o quinto S ajuda na melhoria contínua (Jiménez et al., 2015).

No final da implementação dos 5S, irá ser possível observar um aumento de moral, produtividade, segurança e transparência (Dailey, 2003).

2.4.2. Poka-Yoke

Também referido como “mistake proofing” ou em português “à prova de erros”, os *poka-yoke* são dispositivos ou mecanismos de deteção de defeitos e prevenção de erros nos diferentes equipamentos com o objetivo de atingir zero defeitos (Ram, 2017).

Certas abordagens *poka-yoke* são compostas por inspeções que apenas permitem detectar o erro de modo que este não passe para os restantes processos. Outras analisam dados de processo e sugerem melhorias (Grout & Toussaint, 2010).

“Existem quatro tipos de *poka-yoke*: Prevenção de erros, detecção de erros, prevenção da influência de erros, e tornar à prova de erros o ambiente de trabalho” (Grout & Toussaint, 2010; Zhang, 2014).

O primeiro tipo de *poka-yoke*, como o próprio nome indica, evita a ocorrência de erros. No segundo, existe o acionamento de um alerta aos operadores que, em certos casos, conseguem corrigir o erro facilmente fazendo com que não haja produtos defeituosos (Grout & Toussaint, 2010).

O terceiro tipo de *poka-yoke*, prevenção da influência de erros, tem como objetivo mitigar os erros e por fim, o quarto tipo torna o ambiente de trabalho à prova de erros reduzindo a desordem e confusão, ou seja, esta abordagem está ligada com o 5S (Grout & Toussaint, 2010).

2.4.3. SMED

O tempo de mudança de produtos, ferramentas e ou ajustes elaborados numa máquina, é normalmente designado como tempo de *setup* ou *changeover*. Durante esta mudança, o processo não está a produzir qualquer valor, apenas aumenta o custo e o tempo. Logo, segundo a definição já descrita anteriormente, quando existe algo que não acrescenta valor ao produto é considerado desperdício e deve ser reduzido ou até eliminado. No entanto, as mudanças de *setup* são necessárias ao longo de um processo, ou seja, trata-se de um desperdício necessário que não pode ser eliminado, mas deve ser reduzido.

História

O autor japonês Shigeo Shingo é o nome mais popular quando se fala em SMED (*single minute exchange of die*) devido ao seu livro publicado, em 1983 e traduzido para inglês (“*A revolution in manufacturing: The SMED system*”), em 1985 (Shingo, 1985).

Shingo, em 1950, fez uma pesquisa de como aumentar a eficiência numa fábrica da Mazda em Hiroshima que produzia veículos de três rodas. Nessa mesma fábrica, Shingo distinguiu as atividades de mudança de *setup* em dois tipos, internas e externas, quando reparou que uma prensa de 800 toneladas ficou parada mais de uma hora devido a um parafuso que estava em falta. Em 1957, num estaleiro da Mitsubishi Heavy Industries, uma análise à produção revelou que a operação de *setup* na única mesa de aplainamento reduzia a produtividade da unidade. Com a introdução de uma segunda mesa, conseguiram mitigar os tempos de paragem para realizar o *setup*, ao ser apenas necessário trocar entre elas. Esta ideia traduziu-se num aumento de 40% na produtividade. Em 1969, Shingo ajudou a reduzir o tempo de *setup* de uma prensa de 1000 toneladas de quatro horas para apenas uma hora e meia numa fábrica da Toyota Motor Company. Todavia, apenas um mês depois da redução feita, a gestão de topo instruiu uma redução mais drástica de tempo de *setup* para apenas três minutos. Com esta notícia, surgiu a ideia de converter as atividades internas em externas (Shingo, 1985).

Durante 35 anos, Isao Kato desempenhou várias posições na Toyota. Durante a sua carreira, Kato foi responsável por coordenar e guiar o consultor externo Shigeo Shingo dentro da Toyota. Numa entrevista organizada por Art Smalley com o tópico “Influência no TPS do Shigeo Shingo”, Kato revela que a Toyota já estava a reduzir o tempo de *setup* antes de Shingo chegar à empresa através do método eliminar, combinar, rearranjar e simplificar (ECRS). Em 1940, os tempos de *setup* que antes eram de quatro horas, já eram de uma hora e quarenta minutos. Com o passar dos anos, os tempos foram reduzidos cada vez mais. Em 1962, o tempo médio de *setup* era de 15 minutos e em 1971, já tinha baixado para 3 minutos (Smalley, 2006).

Apesar de tudo, não é claro no livro do Shingo se ele sabia ou não que o tempo médio de troca de *setup* era menos de 10 minutos na Toyota em 1969 na maior parte das máquinas. No entanto, Shingo distinguiu as atividades em internas e externas e criou uma técnica sistemática de análise que chamou de SMED (Smalley, 2011).

Conceito e aplicação

O nome “*single minute exchange of die*” não significa que todos os *setups* devem demorar apenas um minuto, mas sim que devem demorar menos de dez minutos, ou seja, o nome faz referência a minutos com um único dígito. Também existe o termo OTED (*one-touch exchange of die*) que dita que a troca de *setup* deve demorar menos de 100 segundos (Ulutas Berna, 2011).

A aplicação do método SMED (*single minute exchange of die*) faz-se em quatro fases (Shingo, 1985): Identificar todas as atividades, segregá-las, recategorizá-las e por fim reduzir ou eliminar passos à medida que estes são feitos (Feld, 2001).

Na fase preliminar não se distinguem as operações internas e externas. Em mudanças de *setup*, operações internas e externas estão misturadas, ou seja, o que poderia ser executado com as máquinas em movimento, é executado com elas paradas. Para uma correta divisão destas operações é necessário estudar todas as operações com grande detalhe. Existem várias abordagens utilizadas para a sua análise. A melhor, mas mais demorada, é a utilização de um cronómetro e caderno para a monitorização de todas as operações. Também existe a possibilidade de se identificar as atividades através de uma ligeira conversa/entrevista com o operador e ou até mesmo gravar um vídeo do operador (Shingo, 1985).

O estágio mais importante para a implementação do SMED é separar as operações internas das externas. As atividades internas são todas as que têm de ser realizadas enquanto a máquina não está a produzir. Por outro lado, as atividades externas incluem todas as outras atividades que não necessitam obrigatoriamente da máquina parada para serem elaboradas (Feld, 2001). A maior parte dos operadores percebem que a preparação das operações deve ser feita antes de parar a máquina. No entanto, Shingo relata a surpresa em observar a quantidade de vezes que a preparação é feita enquanto a máquina está parada (Shingo, 1985).

O segundo estágio consiste na conversão de operações internas para externas. Para esta conversão, é necessário reexaminar operações e encontrar soluções para passarem a ser atividades externas (Shingo, 1985).

Após redefinir as atividades possíveis de internas para externas, devemos simplificar todas as operações (internas e externas) o mais possível. Ou seja, criar um processo *standard* de *setup*,

minimizar a utilização de parafusos e utilizar métodos mais simples e rápidos como encaixes rápidos. Tentar baixar o nível de dificuldade das atividades simplificando-as, de maneira que não sejam precisos só trabalhadores com alto nível de conhecimento e ou experiência (Feld, 2001).

Criar tarefas paralelas também deve ser uma prioridade, uma vez que permite a realização de várias tarefas por vários elementos de equipa que não dependem umas das outras. Caso seja possível a integração de tarefas paralelas, é possível notar normalmente uma redução de 50% de tempo de *setup* (Leanopedia, 2022).

Na implementação do SMED, é importante reconhecer os dois tipos de aplicação, a humana e a técnica. O fator humano é normalmente o mais rápido e mais barato para a implementação de mudanças do que o fator técnico, como se confirma na Figura 7.

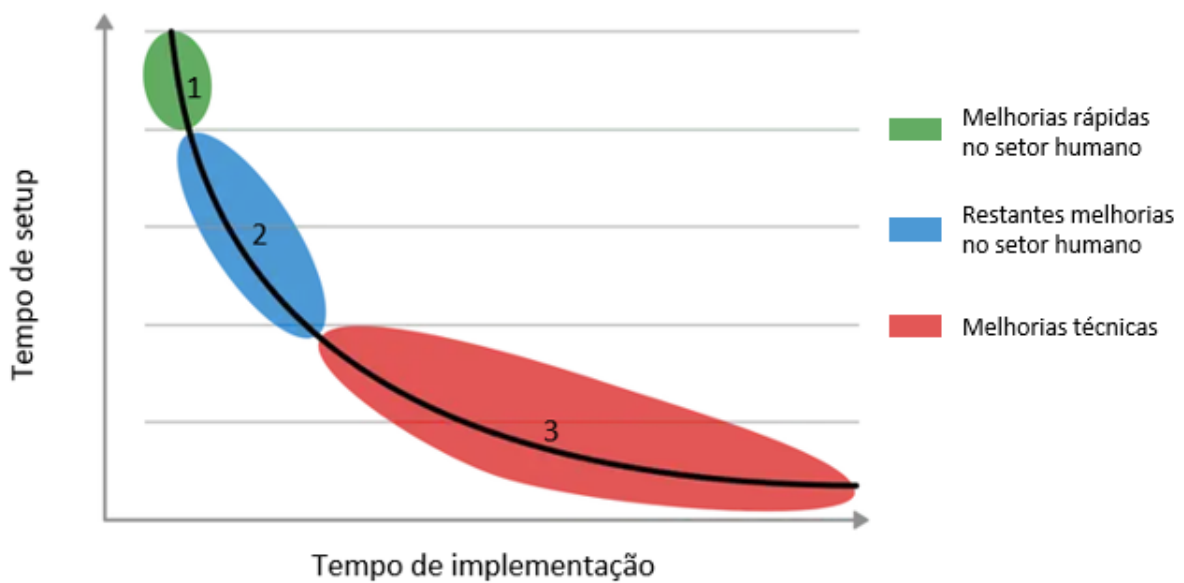


Figura 7- Relação entre o tempo de *setup* e o tempo de implementação. Adaptado de (Leanproduction, 2021)

A fase um (representada a verde na Figura 7) simboliza as melhorias rápidas no setor humano, ou seja, no tempo de operação dos operadores. As melhorias são constituídas por standardização de operações e pela definição clara de tarefas aos trabalhadores.

Na fase dois (representada a azul), são ilustradas as restantes melhorias humanas, sendo estas a recolha de ferramentas necessárias antes de proceder à mudança de *setup* e eliminar movimentos desnecessários.

A fase três (representada a vermelho) é composta por melhorias técnicas, normalmente constituídas por projetos, tais como mecanismos de engate rápido e ou eliminação de ajustes desnecessários (Leanproduction, 2021).

2.4.4. Standardizar Trabalho

Standardizar trabalho é definido como regras e procedimentos que são estabelecidos. Com isto, é esperado que variações e inconsistências provocadas pela aleatoriedade das atividades feitas por diferentes operadores sejam eliminadas, não havendo espaço para improvisação (J. Oliveira et al., 2017).

Os procedimentos e regras garantem que o processo seja definido de maneira que as repetições sejam todas iguais. Os *standards* de trabalho fornecem uma base que permite a melhoria contínua (Earley, 2016).

Através do trabalho *standard*, é possível uma melhor análise do sistema, uma vez que, com procedimentos e regras, é plausível tirar tempos de ciclo (devido à baixa variação), e retira a culpa do trabalhador para as regras quando existe um erro no processo. Existe também uma redução de desperdício e um possível aumento de qualidade através da melhoria dos procedimentos a seguir pelo operador (J. Oliveira et al., 2017).

2.4.5. 5 Whys e Diagrama de Ishikawa

Para encontrar problemas, usa-se os 5 *why's* (5 porquês?). Ou seja, é repetida a pergunta “porquê?” cinco vezes de forma a chegar à raiz do problema para ser possível tomar medidas de prevenção.

Para a detecção dos problemas deve-se observar e questionar como uma “folha branca” de maneira a encontrar as verdades por detrás dos factos. Normalmente, quando já se acumulou experiência em algum posto, os problemas não são tão perceptíveis uma vez que, quando se está a olhar para um, acaba-se por ver o que se espera e não o que realmente é (T.P.S, 1973).

Após a detecção do problema, é necessário a análise do mesmo. Uma das ferramentas mais eficientes para analisar as causas dos problemas é o diagrama de Ishikawa ou diagrama espinha de peixe devido à sua similaridade com o esqueleto de um peixe, como se confirma na Figura 8. O problema é escrito na ponta do gráfico onde se situa a cabeça do peixe e o restante é preenchido pelas áreas principais de causas. Após o preenchimento do diagrama, devem ser confirmadas ou rejeitadas as causas importantes para a resolução do problema. Este método impede a decisão precipitada de saltar para uma conclusão sem uma análise rigorosa e, apesar de ter a limitação de não mostrar as relações entre as causas, é uma ferramenta simples e eficiente (Earley, 2016).

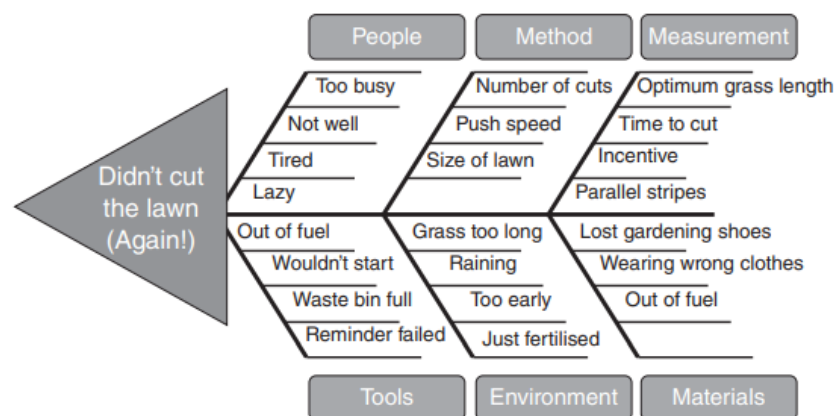


Figura 8- Exemplo de um diagrama de Ishikawa. Retirado de (Earley, 2016)

2.5. Kaizen

Apesar de ainda existirem muitas empresas que não praticam o *kaizen* como melhoria contínua, não é opcional num sistema *Lean* (Liker & Morgan, 2006).

Kaizen deriva de duas palavras japonesas que podem ser traduzidos por melhoria, mudar para melhor ou até desmontar e montar melhor (Earley, 2016).

Kaizen é associado à melhoria contínua, através de pequenos incrementos em todos os níveis, ou seja, envolve o compromisso de todos, desde a gerência de topo até aos operadores de chão de fábrica. Regularmente, devem ser implementadas pequenas melhorias seja na produtividade, segurança ou redução de desperdício (Ram, 2017).

A participação do operador é realçada pelo *Kaizen*, na melhoria dos vários processos em termos de tempo, recursos, qualidade e outros aspetos relevantes. Enquanto *kaizen* é uma filosofia que deve ser incorporada no dia a dia para a melhoria de todos os processos, eventos *kaizen* são grupos que se irão focar num tema (Dailey, 2003).

Os eventos *kaizen* são ótimas abordagens para a resolução de problemas específicos. No entanto, é necessário saber que, num oceano de problemas, para chegarmos a uma ilha não é necessário navegar o oceano todo, mas sim navegar com uma rota que nos leve à ilha. Esta metáfora é mais bem explicada na Figura 9 onde se nota que a resolução de problemas sem um objetivo pré-definido não nos irá levar a resultados significativos. “Prosperar em circunstâncias incertas e competitivas, envolve foco em algo, não esperar apenas, nem reagir a problemas que surgem e tentar neutralizar a entropia” (Rother, 2011).

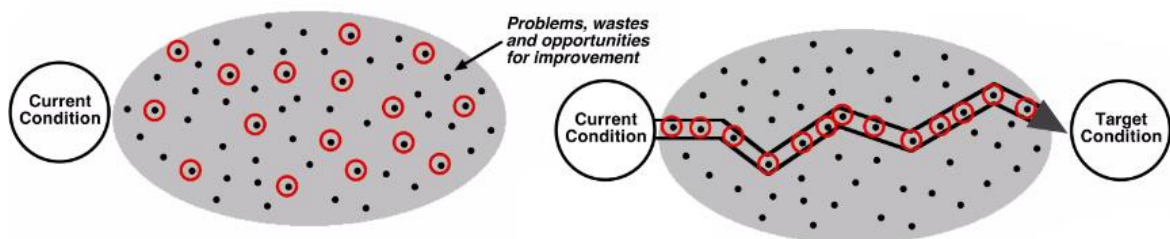


Figura 9- Importância da definição dos objetivos. Adaptado de (Rother, 2011)

2.6. KPI (Indicadores Chave de Desempenho)

Um indicador de desempenho pode ser definido como informação recolhida durante intervalos de tempo regulares, de forma a monitorizar o desempenho de um sistema. Enquanto numa empresa de transporte ferroviário um dos indicadores é a percentagem de locomotivas que chegaram a tempo, numa empresa na área de saúde a quantidade de pessoas à espera de atendimento é um dos indicadores que faz mais sentido (Fitz-Gibbon, 1990).

Os indicadores chave de desempenho variam dependendo da área de uma empresa, no entanto todos têm como objetivo avaliar o progresso da eficiência ou produtividade de um processo (Alimari et al., 2013).

2.6.1. OEE

Overall equipment effectiveness (OEE) é um KPI simples, prático e tem em conta as mais comuns e importantes fontes de perda de produtividade, colocando-as em três grandes grupos (Clements et al., 2018):

- O primeiro grupo é a disponibilidade do equipamento que tem em conta o tempo que este não está em produção. Neste aspeto é dado uma relação que nos permite ter uma ideia das consequências das avarias e dos tempos perdidos em *setups*.

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo de produção}}{\text{Tempo planeado de produção}} \quad (1)$$

- Performance ou desempenho do equipamento tem em consideração as perdas de velocidade, ou seja, se o equipamento estiver a funcionar a uma velocidade menor do que a velocidade prescrita ou não estiver a uma velocidade desejada.

$$\text{Desempenho} = \frac{\text{Tempo de ciclo real}}{\text{Tempo de ciclo ideal}} \quad (2)$$

- Por fim, há o fator qualidade que irá ter em conta o número de peças defeituosas da produção e as perdas no arranque da máquina (perdas *start up*).

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Peças conformes}}{\text{Peças não conformes} + \text{Peças conformes}} \quad (3)$$

Após a obtenção de todos os fatores, o OEE é então calculado como o produto destes (Clements et al., 2018).

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Desempenho} \times \text{Qualidade} \quad (4)$$

3. MÉTODOS E APLICAÇÃO

Tendo como objetivo diminuir o tempo de mudanças de *setups*, é necessário começar a investigar qual o ponto inicial. Para uma melhor percepção de tudo o que se passa na linha, foi feita uma observação no chão de fábrica de todo o processo.

3.1. Ponto de partida

Como já referido anteriormente no capítulo 2, a Hutchinson Porto divide-se em duas unidades fabris. O projeto foi executado na Porto 1, onde se encontra a produção de tubos de ar condicionado para automóveis. Apesar de a maioria dos tubos terem processos comuns, as especificações técnicas diferem, provocando a necessidade de dividir a fábrica por UAP's (unidades autónomas de produção). Cada UAP produz tubos com referências diferentes e para clientes diferentes. A divisão da unidade fabril em UAP's é representada na Figura 10.

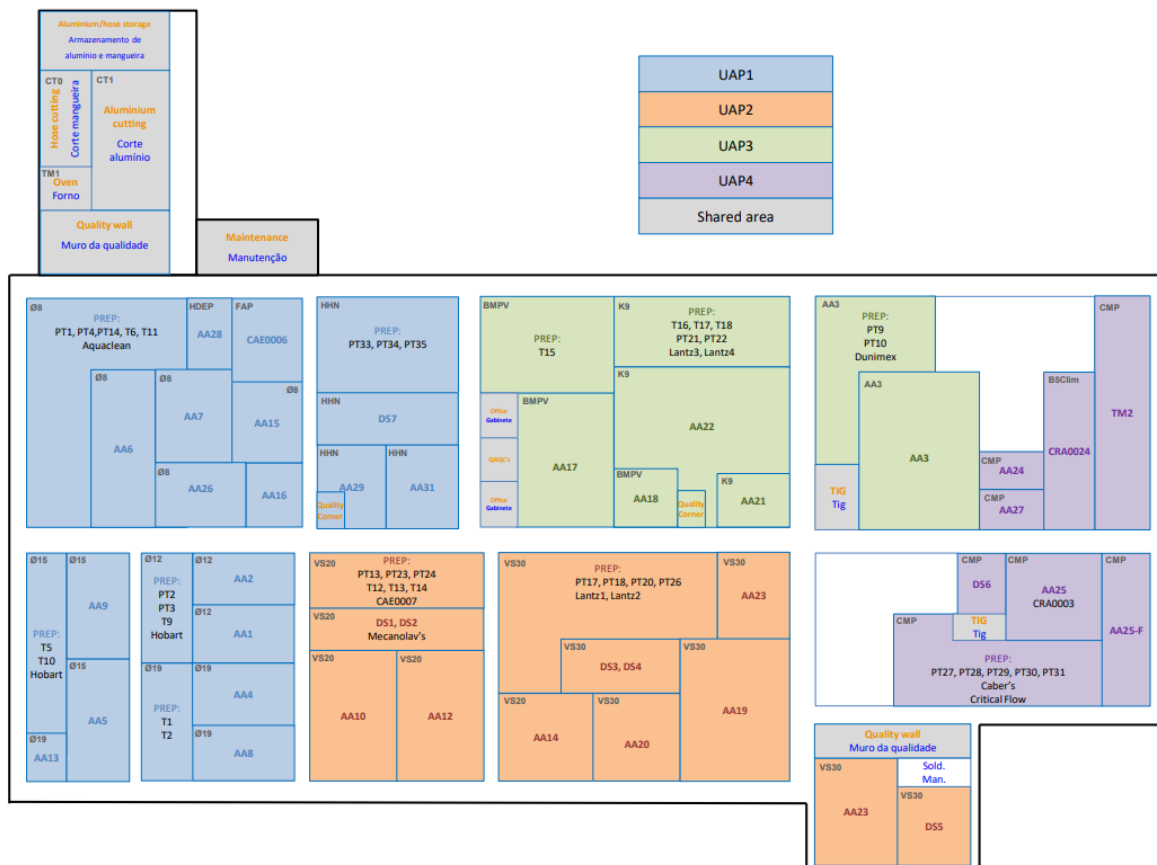


Figura 10- Layout da Fábrica Porto 1

Na Figura 10 é também possível observar que existem setores PREP que preparam os tubos para as linhas de produção, representadas por AA. Ao longo do estágio, foram analisadas várias mudanças de *setups* na linha AA19 que se situa no setor VS30 ao lado da linha AA20, como mostra na Figura 11.

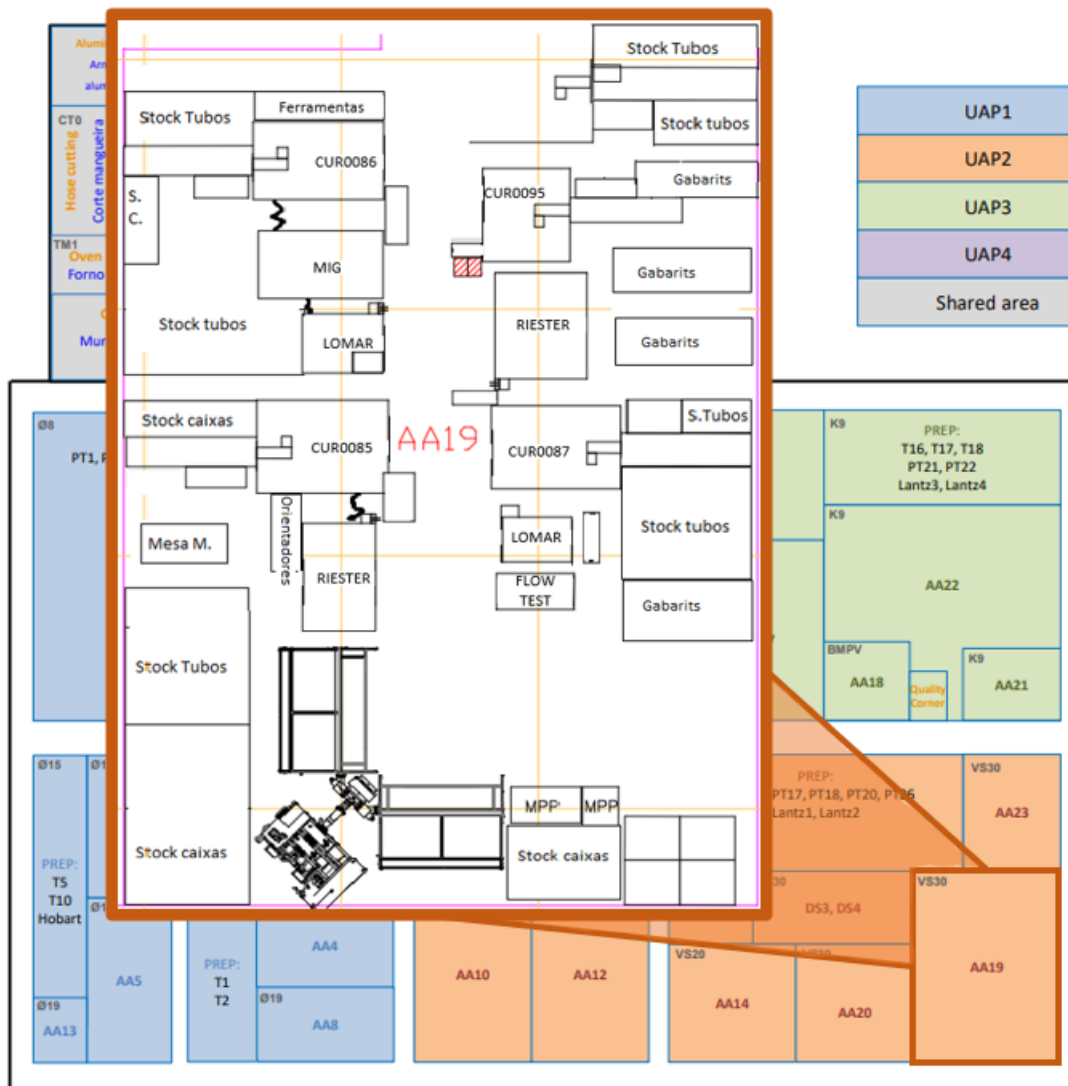


Figura 11- Layout da fábrica com ênfase na AA19

Horários e operadores da linha AA19

Na linha AA19, existiam três turnos de 8h, todos com meia hora de pausa para almoço e um quarto de hora para lanche. O primeiro turno operava das 6h até às 14:45h, o segundo das 14:45h até às 23:30h e o terceiro das 23:30h até às 6h. Os turnos um e dois trabalhavam cinco vezes por semana e o turno três trabalhava seis vezes, visto que só operava 6:30h por dia.

A partir do dia 5 de março de 2023 (domingo), a linha AA19 passou a turnos de 12h para satisfazer uma maior procura por parte do cliente. Existem quatro turnos de 12h. O turno A e C são diurnos das 6h até às 18h e o turno B e D são noturnos das 18h até às 6h. Os dias são divididos de modo a trabalhar sempre um dia de fim de semana. Esta mudança de turnos é temporária.

Quando a linha AA19 funcionava com turnos de 8h, existiam 6 operadores a trabalhar, sendo 1 deles inexperiente.

Dentro dos trabalhadores/colaboradores da Hutchinson existem os operadores de linha que produzem os tubos e, em cada UAP, uma equipa de preparadores que efetua a troca de referência nas máquinas. No caso da AA19, os preparadores apenas fazem a mudança de referência em algumas máquinas, sendo as restantes trocadas pelos próprios operadores de linha.

Produção da linha AA19

Todas as referências feitas podem ser divididas em três tipos de produção:

- FTL (*flux tiré lissé*) - Referências com produção regular;
- MTS (*Make to Stock*) - Referências raramente produzidas, onde é necessário pedir ao departamento de logística vários componentes para as produzir;
- MTO (*Make to order*) - Recâmbios, referências que já não são produzidas, mas pode existir pedido por parte do cliente. Aquando do fabrico desta referência é necessário pedir todos os componentes ao departamento de logística.

Na Figura 12 é possível observar uma previsão de vendas para a linha AA19 da semana 3 à semana 12 de 2023. A produção é dominada pelo tubo de referência T.78489 (mais de 60% da produção). Visto que a referência T.78489 é um *high-runner* (referência que se produz regularmente), prevê-se que estará presente em muitos dos *setups* observados.

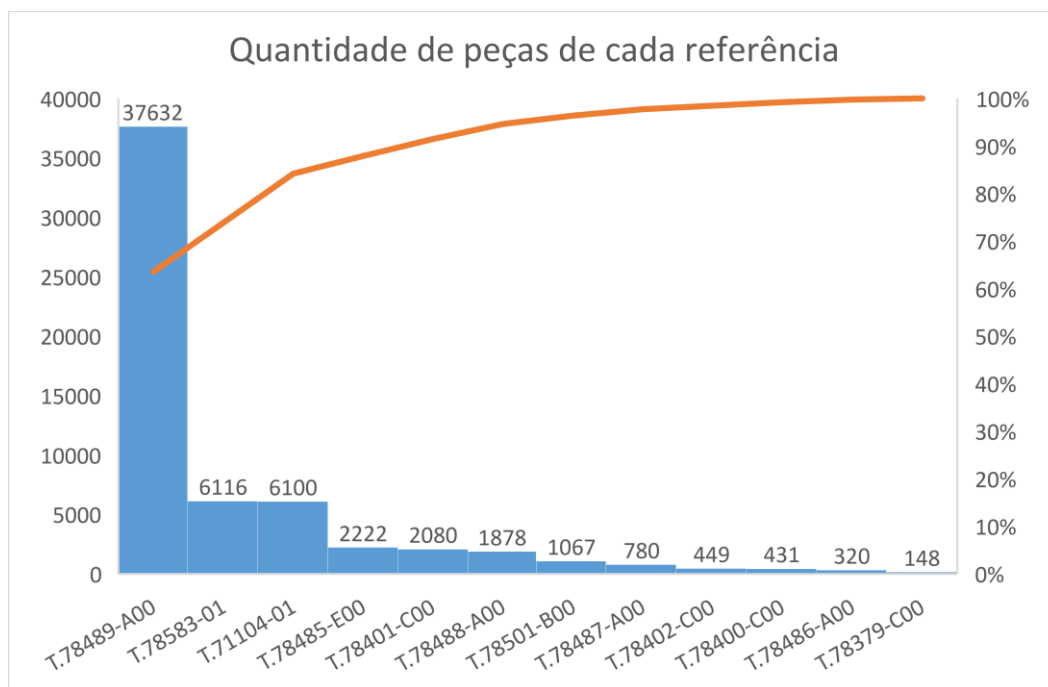


Figura 12- Quantidade de produção da terceira semana à décima segunda semana de 2023

Na Figura 13 é possível observar a referência T.78489 colocada num contentor de distribuição para o cliente.



Figura 13- Tubo T.78489

Apesar da produção da linha ser dominada por apenas uma referência, no período do dia 8 de fevereiro de 2023 a 3 de março de 2023 (17 dias úteis), foram registradas 23 mudanças de *setup* que somaram um total de 1238 minutos (20h e 38min) de linha parada com uma média de 54 minutos por mudança de *setup*. Durante o período analisado, a linha esteve em operação 426h, ou seja, o tempo de paragens provocadas por *setups* apenas corresponde a 5% do tempo total.

O tempo em que a linha esteve parada devido a mudanças de *setup* foi reduzido, no entanto, o responsável do UAP demonstra preocupação no elevado tempo de mudança em alguns casos (trocas de referências onde se efetua mudança de diâmetro dos tubos).

Na Figura 14, é representado o tempo de trocas de referências durante o período de 8 de fevereiro até 3 de março (incluindo trocas de diâmetro). No total, existem 10 mudanças com duração inferior ou igual a 30 minutos, 7 trocas cujo tempo foi superior a 30 minutos, mas inferior ou igual a 60 minutos e 6 mudanças com duração superior a 60 minutos. As trocas de referência que apenas apresentam 1 minuto de duração são mudanças rápidas, onde foram trocadas poucas máquinas, não provocando impacto significativo na produção da linha.

Notas importantes sobre a Figura 14:

- Dados retirados da plataforma de gestão de linha da Hutchinson com a autorização do responsável de UAP;
- Tempos registados desde a última peça da referência antiga até à primeira peça da referência nova. Embora, em casos pontuais, a precisão não esteja assegurada, os dados permitem ter uma ideia global dos *setups*;
- A linha AA19 consegue produzir a referência T.71104 em simultâneo com outras do mesmo diâmetro. Logo, não existe registo das mudanças de referência para a T.71104, pois a linha continua em produção.

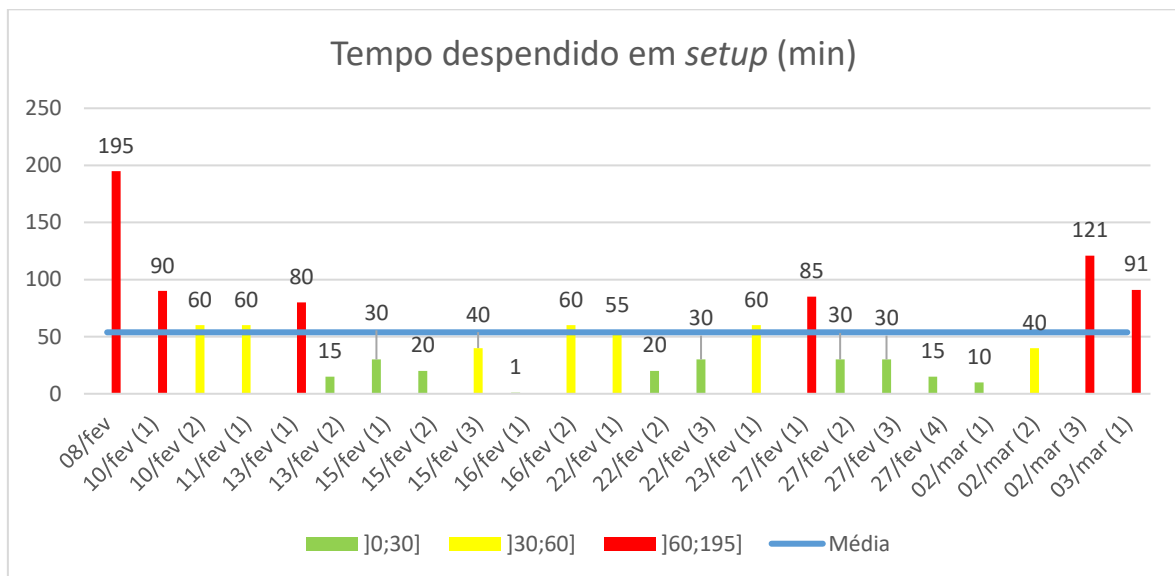


Figura 14- Mudanças de *setup* período 2023-02-8 a 2023-03-03

3.2. Linha AA19

O subcapítulo 3.2. proporciona informações sobre o funcionamento da linha. Primeiramente, irá ser fornecida uma vista geral da linha com o diagrama de fluxo e as famílias de peças que lá são produzidas. A vista detalhada da linha servirá para introduzir as máquinas, com detalhes que irão ser importantes posteriormente.

3.2.1. Vista geral da linha

Ao longo da linha AA19 estão presentes num lado as máquinas de fabrico de tubo de alta pressão e no outro lado as máquinas de tubos de baixa pressão. Como é possível de observar na Figura 15, o lado da baixa pressão é composto por mais uma máquina do que no lado de alta pressão. No final de cada segmento, é feito um teste de fugas na cabine 0051 e, caso não apresentem qualquer tipo de fuga, são unidos na mesa BRD.

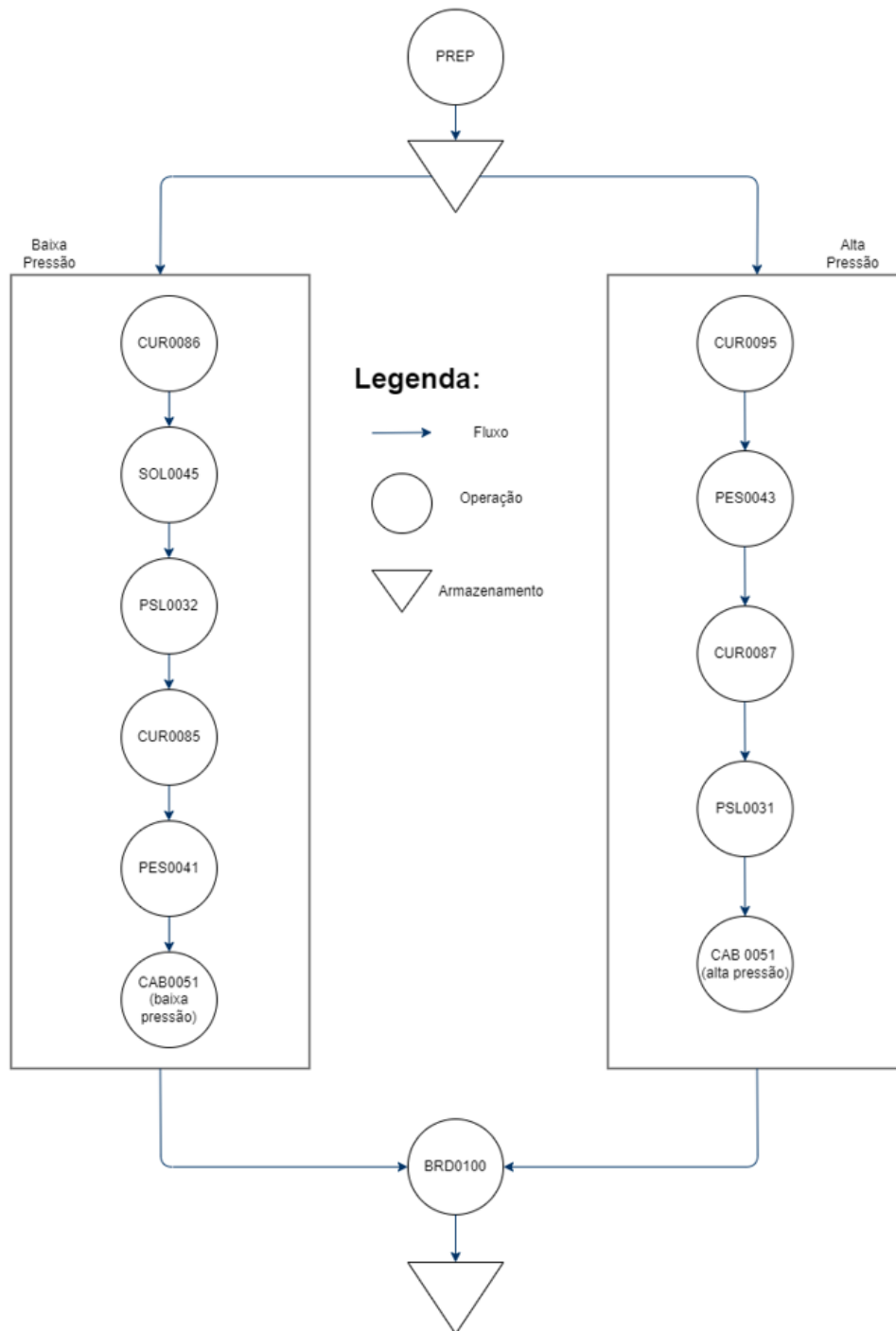


Figura 15- Diagrama de fluxo da linha AA19

A linha é composta por diferentes tipos de máquinas (as siglas que representam cada máquina foram definidas pela Hutchinson):

- Curvadoras, representadas por CUR;
- Solda MIG, representada por SOL;
- Duas prensas Riester, representadas por PES;
- Duas prensas Lomar, representadas por PSL;

- Uma cabine de testes, representada por CAB, constituída por um lado para testes de tubos de alta pressão e um segundo lado para testes de tubos de baixa pressão;
- Mesa de embalamento, representada por BRD.

As referências produzidas pela linha têm um tubo de alta pressão e outro tubo de baixa pressão unidos por componentes plásticos, com a exceção de apenas uma referência a T.71104 (que é apenas composta por um tubo de baixa pressão). As referências podem ser divididas em dois grandes grupos. Um grupo de referências possui o tubo de alta pressão com diâmetro 10 mm e o tubo de baixa pressão com 18 mm. O outro grupo possui um tubo de alta pressão com diâmetro 13 mm e o tubo de baixa pressão com 19 mm. Quando são referidas trocas de referência com mudança de diâmetro, significa que a referência antiga e a referência nova são de grupos diferentes.

Dentro destes grandes grupos, existe a divisão em famílias das diferentes referências. Cada família tem a sua seleção de máquinas necessárias para a produção dos tubos, como mostra a Tabela 5. As colunas, cujas letras estão a **negrito**, representam máquinas de alta pressão. A CAB0051 é uma máquina comum na alta e na baixa pressão.

Tabela 5- Organização das referências AA19

Referência	Família	Diâmetro (mm)	CUR0086	CUR0095	SOL0045	PES0043	PSL0032	CUR0087	CUR0085	PSL0031	PES0041	CAB0051	
T.78486	1	10 e 18											
T.78487													
T.78488													
T.78489			X	X	X	X	X	X	X			X	X
T.78401													
T.78402													
T.78379													
T.78485	2	13 e 19	X	X		X	X	X	X	X	X	X	
T.78382	3	10 e 18	X	X	X	X	X	X	X			X	
T.78583	4	10 e 18	X	X		X	X	X	X	X		X	
T.78501	5	13 e 19	X	X		X	X	X	X	X	X	X	
T.78400													
T.71104	6	10 e 18							X				

A referência T.71104 necessita apenas da CUR0085 e de uma outra máquina (DIV195) que não está na linha (a máquina tem rodas e é transportada para a linha quando requerida).

Quando estão a ser produzidos tubos de diâmetro 10 e 18, é possível colocar a CUR0086 a curvar os tubos da CUR0085. Com isto, a quantidade de tubos produzidos na linha irá diminuir, no entanto, é possível fabricar também a referência T.71104.

3.2.2. Vista detalhada da linha

Curvadoras

A função das curvadoras, tal como o próprio nome indica é curvar tubos. Todos os componentes relevantes para uma percepção geral do funcionamento da máquina estão representados na Figura 16.

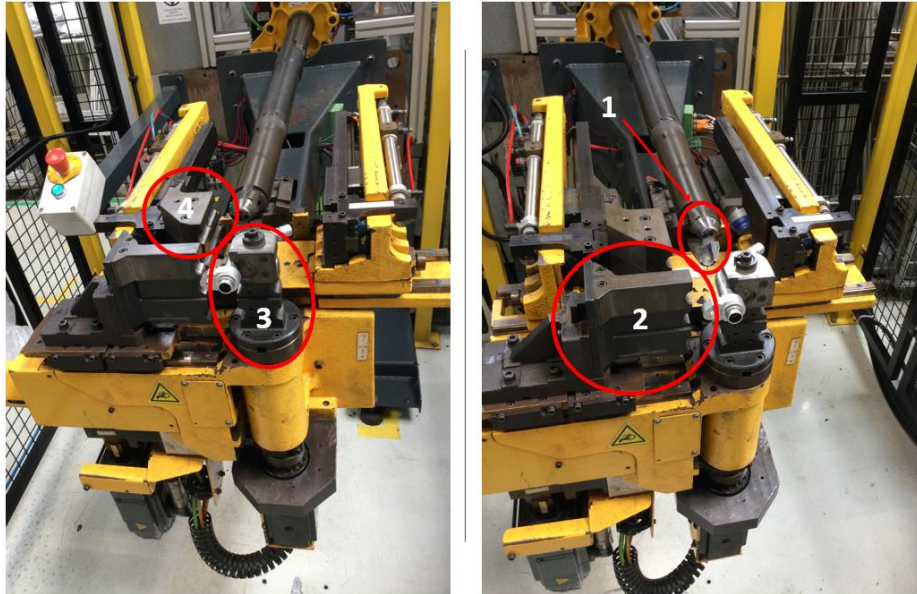


Figura 16- CUR0086

Legenda da Figura 16:

- 1- Pinças;
- 2- Blocage;
- 3- Matriz;
- 4- Guia.

Os tubos antes de chegarem à forma final possuem referências diferentes. Por exemplo, um dos tubos que produz a referência final T.78489 (*high-runner*) é designado como P3531029. As ferramentas das curvadoras estão organizadas por conjuntos e cada conjunto possui o nome do tubo que curva. Ou seja, um dos conjuntos de ferramentas que irá curvar o futuro tubo T.78489 tem como identificação P3531029.

A leitura da ficha técnica de cada referência, permite aos operadores e preparadores terem conhecimento do nome da ferramenta que irá entrar em produção para efetuar a troca.

Nas mudanças de *setup*, há referências em que é necessário mudar todas as ferramentas das curvadoras incluindo o programa da máquina, mas também existem trocas entre referências em que nem o programa é necessário mudar. Após curvar um tubo, é obrigatório passá-lo por um *gabarit* de teste que possui um sensor que está diretamente ligado à máquina. Caso o teste não seja efetuado, ou a peça tenha saído defeituosa, a máquina não irá curvar o próximo tubo.

As máquinas curvadoras são as únicas em que é necessário sempre um preparador para programar ou trocar qualquer ferramenta. O preparador pode e deve ter o auxílio do operador para o transporte de material ou outras operações de preparação, uma vez que os operadores de linha estão mais familiarizados com a localização do material.

Prensas PES

Existem dois tipos de prensas presentes na linha: as PES e as PSL. Apesar de ambas as prensas terem a mesma função (prensar), operam de maneira diferente. As prensas PES são facilmente distinguíveis devido a prensarem duas extremidades ao mesmo tempo, como é possível observar na Figura 17.

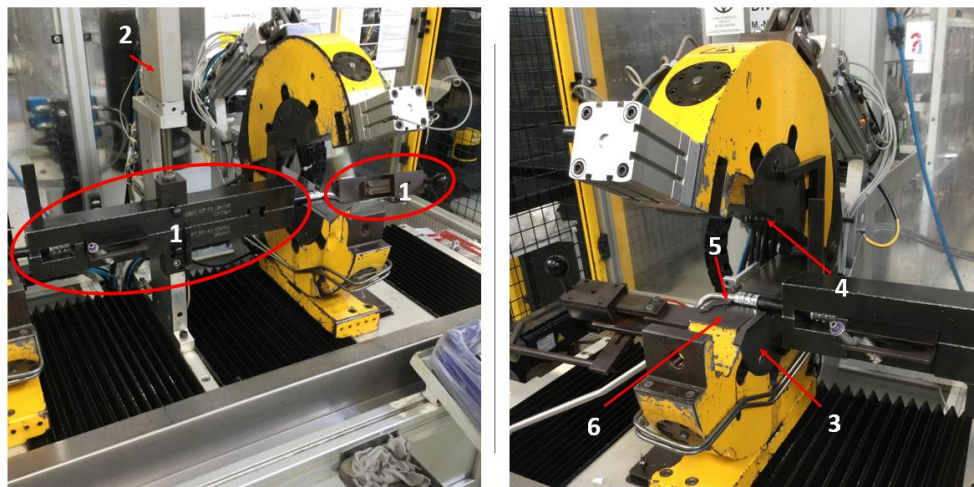


Figura 17- PES0043

Legenda da Figura 17:

- 1- Orientador;
- 2- Suporte central;
- 3- Segurança;
- 4- Patas;
- 5- TOP;
- 6- Porta patas.

Um tubo é colocado no TOP do lado esquerdo e outro no lado direito. Para ajudar na fixação, os tubos são também encaixados nos orientadores. Aquando do funcionamento a prensa fecha, fazendo com que as patas efetuem a prensagem dos tubos.

Nas mudanças das prensas, há referências em que é necessário trocar apenas o programa e outras que é necessário trocar os orientadores. No entanto, as trocas mais complicadas são quando envolvem trocas de diâmetro dos tubos. Quando há trocas de diâmetro é necessário trocar os orientadores, TOP's, patas e porta patas, o que faz com que estas prensas sejam as máquinas que demoram mais em termos de tempo de montagem e desmontagem das ferramentas.

Prensas PSL

O outro tipo de prensa presente na linha são as prensas PSL. As prensas PSL são mais pequenas em tamanho e apenas operam com um tubo de cada vez, como se verifica na Figura 18. No entanto, conseguem prensar tubos de formas mais complexas do que as prensas PES.

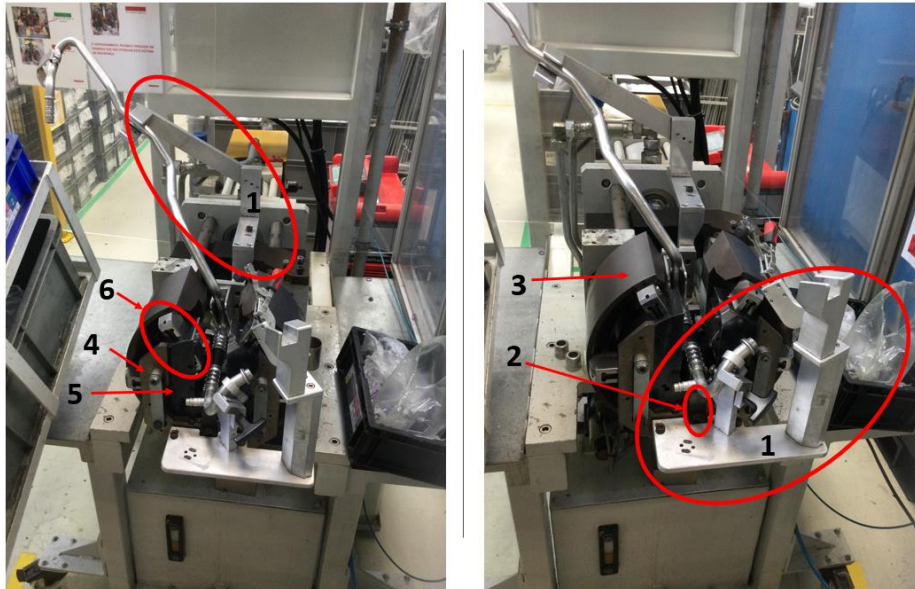


Figura 18- PSL0032

Legenda:

- 1- Orientador;
- 2- TOP;
- 3- Cabeço;
- 4- Segurança;
- 5- Porta patas;
- 6- Patas.

O conceito de trabalho é o mesmo do da prensa PES. Fixa-se o tubo no TOP e nos orientadores, e posteriormente as patas prensam o tubo.

Nas trocas de referência mais comuns, quando não existe mudança de diâmetro dos tubos, é apenas necessário trocar os orientadores. A troca dos restantes componentes faz-se exclusivamente quando a mudança de *setup* é mais complexa, ou seja, quando existe troca de diâmetro dos tubos.

Cabine 0051

A função desta máquina é testar os tubos relativamente às fugas. A máquina apresenta uma cabine para os tubos de menor diâmetro (alta pressão) e outra para os de maior diâmetro (baixa pressão).

Cada cabine testa dois tubos de cada vez. O operador coloca os tubos dentro da cabine (cada cabine pode levar até dois tubos iguais de cada vez) e prende os colocadores. Os colocadores estão ligados por tubagens à cabine, como se confirma na Figura 19. Quando ocorre o teste, a cabine fecha e é injetado hélio para dentro dos tubos até 6 bar e, de seguida, azoto até 25 bar. Caso exista fuga, os sensores dentro da cabine detetam o gás hélio e dão o aviso de fuga no tubo.

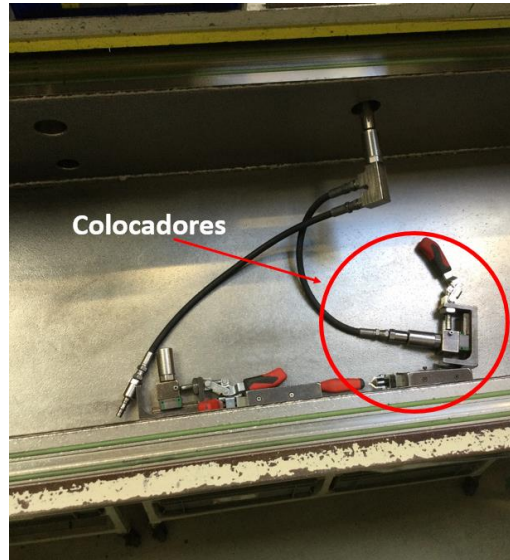


Figura 19- CAB0051, cabine dos tubos de alta pressão

Na cabine de testes há trocas de referências em que é necessário mudar os colocadores e o programa da máquina, no entanto, existem mudanças de referências em que apenas é necessário trocar o programa.

Mesa de embalagem

As mesas de embalagem recebem os tubos de alta e baixa pressão e juntam-nos com o uso de componentes plásticos (por exemplo mordanças), como se confirma na Figura 20. As mesas vão alterando na linha conforme as referências.



Figura 20- BRD0074

Quando é necessário trocar a mesa, a operadora tem de desconectar os cabos elétricos e empurrar a mesa (todas as mesas têm rodas) para um local de armazenamento, trazendo a nova mesa para a linha. Depois de substituir a mesa, é necessário ligar todos os cabos novamente.

SOL0045

A solda MIG, situada na linha, usa-se para soldar pequenos componentes chamados de “bridas” a certas referências de tubos. A solda pode ser de dois ou três pontos, sendo que a de três pontos é a mais frequente.

O funcionamento da máquina inicia-se com a colocação do tubo e da brida no respetivo lugar do suporte, como se confirma na Figura 21. Após se clicar no botão “Start”, a máquina irá rodar. O movimento de rotação permite introduzir os componentes a unir na câmara e, paralelamente, retirar a peça anterior já soldada.



Figura 21- SOL0045

Para efetuar a troca dos pontos de solda (de dois para três pontos ou vice-versa) apenas é necessário clicar num botão no painel de controlo da máquina. Visto que esta tarefa é extremamente simples e rápida, não irá ser analisada juntamente com as outras máquinas.

3.3. Dados

3.3.1. Recolha de dados

Apesar de existirem 23 mudanças de referência registadas no período de 8 de fevereiro de 2023 a 3 de março de 2023, apenas foi possível recolher os dados de sete mudanças no mesmo período. A dificuldade na recolha de dados deve-se a:

- Imprevisibilidade das mudanças de *setup*;
- Trocas de referência feitas em turnos não compatíveis;
- Recolha de dados morosa;

- Dados dos primeiros levantamentos não viáveis.

Inicialmente, usou-se um cronómetro e, posteriormente, uma câmara de filmar para a recolha de dados. No entanto, como na mudança de *setup* da linha AA19 ocorrem várias operações em simultâneo executadas por várias pessoas, foi necessária a utilização de duas máquinas de filmar. Uma das câmaras foi fixada numa janela para filmar toda a linha, como se confirma na foto do lado esquerdo da Figura 22. A outra câmara foi transportada por uma pessoa para filmar as operações de cada colaborador, como se nota na foto do lado direito da Figura 22. Antes de se proceder às gravações foi pedida autorização a todos os participantes nas operações de *setup* e foi-lhes dado a garantia que os vídeos iriam ser apagados assim que se efetuassem as análises necessárias.

A duração dos vídeos e o tempo apontado corresponde à paragem da primeira máquina que produzia a referência antiga até ao início da última máquina com a nova referência.

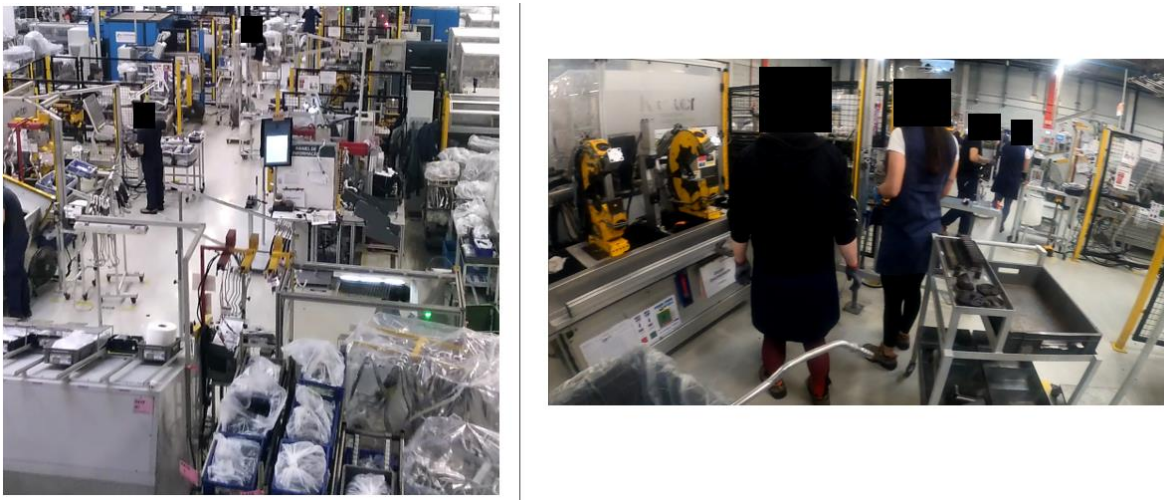


Figura 22- Vistas das câmaras usadas para filmar

Os dados recolhidos agrupam-se em dois tipos de análises: a análise por máquina e a análise por operador. A análise por máquina, tal como próprio nome indica, é feita máquina a máquina e é apontado sempre que existe algum tipo de operação direcionada para essa mesma máquina. Pelo contrário, a análise por operador é realizada por pessoa, analisando as operações que cada elemento da equipa faz durante a mudança de referência.

Durante o tempo de *setup* é essencial o trabalho em equipa com uma boa comunicação e sinergia para a mudança ser a mais rápida possível. Porém, enquanto a maior parte da linha trabalha em equipa, a mudança da CAB0051 e da mesa de embalagem é feita individualmente. Consequentemente, as mudanças de referência destas máquinas não serão contempladas nem nas análises por máquinas nem nas análises por operador, sendo abordadas de uma forma mais independente. Contudo, é frequente o operador da CAB (sendo ele operador bastante experiente) auxiliar os colegas na mudança de alguma máquina quando surgem certos obstáculos de maior complexidade.

Mesa de embalagem

Existem seis mesas de embalagem, todas com dimensões diferentes, mas todas bastante pesadas. Quando é necessário trocar de mesa, apesar de as mesas terem rodas, são necessários três

operadores (a operadora que estava a trabalhar na máquina + a operadora externa à linha que ajuda a empacotar + outro operador que esteja disponível) para levar a mesa antiga e trazer a nova.

Na Tabela 6 é ilustrado o tempo médio de substituição da mesa BRD (mesa de embalagem). No total são ocupados em média 00:09:14 para trocar uma mesa, sendo que 00:06:24 são operações que requerem 3 operadores, e 00:02:50 são operações que requerem 2 operadores.

Tabela 6- Tempo médio de substituição de uma mesa de embalagem

Operação	Operadores	Tempo por operador	Tempo total
Desconectar mesa da referência antiga	2	00:03:12	00:06:24
Transporte da mesa antiga	3	00:01:25	00:04:15
Transporte da mesa nova	3	00:01:25	00:04:15
Conectar mesa da referência nova	2	00:03:12	00:06:24
Total	-	00:09:14	00:17:03

O facto de serem necessários 3 operadores para o transporte da mesa deve-se ao mau estado das rodas das mesas provocado por desgaste. Para além disso, as mesas encontram-se longe (fora da linha), o que faz com que o tempo de transporte piore.

Cabine de testes

Para a mudança de referência da CAB0051 é necessário trocar o programa e os colocadores. O tempo para trocar o programa é de 1 minuto. O tempo para trocar os colocadores pode variar. Foi efetuada uma análise no dia 2023-03-17 sobre os problemas da troca dos colocadores:

- Os colocadores mais comuns estão geralmente guardados numa caixa por de baixo da cabine de testes, fazendo com que se demore menos de 1 minuto a fazer a sua troca.
 - Esta troca é a mais comum de todas (aproximadamente 80% das vezes). Aconteceu três vezes na semana do dia 2023-03-13 a 2023-03-17.
- Como os colocadores são partilhados por várias linhas, é por vezes necessário ir procurá-los a outras linhas (AA23, AA20), o que pode demorar entre 3 a 5 minutos.
 - Caso menos comum de acontecer (aproximadamente 10% das vezes). Aconteceu na semana anterior à analisada.
- Quando os colocadores não são encontrados em linhas vizinhas, são gastos 10 a 30 minutos a procurá-los em linhas distantes.
 - Caso raro de acontecer (aproximadamente 6% das vezes). Aconteceu na semana anterior à analisada.
- No pior dos casos, quando o colaborador procura pelas linhas vizinhas e pelas mais distantes e não encontra colocadores disponíveis, porque estão a ser usados, é necessário definir uma linha prioritária e menos prioritária. A linha menos prioritária irá trocar de referência só para fornecer os colocadores à linha prioritária.

- Caso muito raro de acontecer (aproximadamente 4% das vezes). Aconteceu no dia 2023-03-15 na linha AA14 (uma das linhas mais distantes que partilha colocadores com a AA19) que teve de fazer uma mudança de *setup* de urgência só para fornecer os seus colocadores a outra linha.

3.3.2. Dados analisados por máquina

A ferramenta Excel foi crucial para a organização e análise dos dados. A análise de *setups* foi dividida por páginas, sendo que cada uma corresponde a um dia, onde existiu uma mudança diferente. Dentro de cada página existem várias tabelas. Cada tabela corresponde à mudança de referência de cada máquina e, como mostra a Tabela 7, contém:

- Colaborador (Oprd) que interveio na mudança de *setup* da máquina (Identificação atribuída às pessoas, caso fosse necessário tirar alguma dúvida. As letras não têm qualquer tipo de relação com o nome do colaborador);
- Operação realizada (Oprç);
- Momento de início de operação;
- Momento de fim de operação;
- Tempo entre fim e início;
- Divisão das operações em quatro grupos: outras operações de Preparação que não sejam transporte (P), montagem/desmontagem de componentes (M), testes (T) e transporte de material (B);
- Tipos de atividade: Interna (I) e externa (E).

Tabela 7- Excerto da análise por máquina do dia 2023-02-08

Ref antes	Ref dps	Máq.	Oprd	Oprç	Tempo início	Tempo fim	Tempo	P, M, T, B	I ou E
			-	Máq. ainda a trabalhar	00:00:00	00:03:57	00:03:57	-	-
T.78489	T.78485	CUR0095	M	Arruma uma caixa	00:10:42	00:10:50	00:00:08	P	E
			M	Ler folha	00:10:50	00:11:57	00:01:07	P	E
			P	Ler folha	00:04:50	00:05:10	00:00:20	P	E

Shigeo Shingo dividia as operações em preparação (P), montagem/desmontagem de componentes (M), ajustes/acertos das novas ferramentas na máquina (A) e testes (T). Das primeiras análises recolhidas com uma câmara e com um cronómetro, apesar de terem sido descartadas por falta de precisão de dados, concluiu-se que o tempo de ajustes/acertos (A) não era significativo no *setup*, excluindo-se então esta divisão. Todavia, o tempo em transporte de material era considerável, optando-se por criar uma divisão de transporte de material (B).

A análise por máquina irá ser apresentada da seguinte forma:

- *Setup* (%)
 - Nenhuma atividade a ser feita (Tempo em que nenhuma operação foi efetuada na máquina / Tempo total de máquina parada);
 - Tempo de *setup* (Tempo em que é efetuada algum tipo de operação de mudança de referência / Tempo total de máquina parada).
- Operações I ou E (%)
 - Operações internas (Tempo de operações internas / Tempo total de máquina parada);
 - Operações externas (Tempo de operações externas / Tempo total de máquina parada).
- Operações P, M, T e B (%)
 - Operações T (Tempo de operações de testes / Tempo total de máquina parada);
 - Operações M (Tempo de operações de montagem ou desmontagem de ferramentas / Tempo total de máquina parada);
 - Operações P (Tempo de operações de preparação que não sejam transporte / Tempo total de máquina parada);
 - Operações B (Tempo de operações de transporte de material / Tempo total de máquina parada).

Foi possível observar, em certas situações, colaboradores a realizar diferentes operações em paralelo, como se mostra na Tabela 8. Neste caso, o tempo a ser contado será o que tiver maior relevância para a mudança de referência.

Tabela 8- Exemplo de análise com atividades paralelas

Oprd	Oprç	Tempo início	Tempo fim	Tempo	P, M, T, B	I ou E
Exemplo	Operação 1	00:00:00	00:03:57	00:03:57	B	E
Exemplo	Operação 2	00:10:42	00:10:50	00:00:08	M	I
Exemplo	Operação 3	00:10:50	00:11:57	00:01:07	M	I
Exemplo	Operação 4	00:10:42	00:12:52	00:02:10	P	E

Na Tabela 8 é possível observar que a operação 2 e 3 estão em paralelo com a operação 4. A análise deste exemplo seria a seguinte:

- Tempo de operações Internas: $00:00:08 + 00:01:07 = 00:01:15$
- Tempo de operações externas: $00:03:57 + (00:12:52 - 00:11:57) = 00:04:52$

No caso de existirem várias operações internas ou externas em paralelo, não existe uma regra que defina ordem de valor. Cada caso vai ser analisado e a soma dos tempos vai ser definida conforme a descrição da operação.

As análises efetuadas por máquina foram feitas em cinco dias diferentes. Na Tabela 9, são apresentados os dias em que se efetuou a análise por máquina. O dia 8 de fevereiro é aquele em que a mudança de referência foi a mais demorada, devido ao facto de a referência nova ser de diâmetro diferente. Os tempos apresentados são desde a paragem da primeira máquina até ao início do funcionamento da última.

Tabela 9- Organização das análises por máquina

Dia	Descrição da análise	Máquinas analisadas	Duração <i>setup</i>
2023-02-08	Troca de referência onde há mudança de diâmetro.	8	01:59:00
2023-02-10	Troca de referência analisada apenas numa máquina.	1	00:08:14
2023-02-13	Há duas trocas de referências (uma de manhã e outra de tarde). A parte de manhã envolveu duas máquinas e a parte de tarde uma máquina.	3	00:22:00 (manhã) 00:02:15 (tarde)
2023-02-15	Mudança de referência rápida e simples.	3	00:10:41
2023-02-17	Mudança de <i>setup</i> de manhã e de tarde. Ambas de curta duração e na mesma máquina	2	00:12:32 (manhã) 00:47:14 (tarde)

Os tempos de cada tipo de atividade (interna ou externa) e dos grupos de operações (P, M, T, B) de cada máquina nos diferentes dias estão representados em tabelas no Apêndice A. De modo a ter uma melhor perceção da duração de cada tipo de atividade e de cada grupo, foi ainda criado um gráfico percentual para cada máquina presente também no Apêndice A.

2023-02-08

Os dados do dia 2023-02-08 estão representados no Apêndice A desde a Tabela 19 até a Tabela 26 e desde a Figura 60 até a Figura 67.

Na máquina CUR0086 são predominantes as operações de teste. Todas as operações foram executadas por três colaboradores diferentes (dois operadores de linha e um preparador). No entanto, apenas existiu 00:01:26 de operações em paralelo. Tempo de *setup* de 00:46:08.

Na CUR0095 denotou-se um aumento no tempo de atividades externas, causado pelo aumento de tempo de transporte, que se deveu à dificuldade do operador em encontrar o *gabarit* da nova referência. Apesar de esta mudança de referência ter sido efetuada por três colaboradores diferentes (dois operadores de linha e um preparador), não se verificaram operações em paralelo em qualquer ponto. Tempo de *setup* de 00:55:45.

A troca de referência da PSL0032 foi dominada por operações de montagem. A mudança foi efetuada apenas por um operador, fazendo com que não tenha havido tarefas em paralelo. Tempo de *setup* de 00:25:14.

Na CUR0085 as operações de teste voltaram a ser as mais predominantes na mudança de referência. A troca de *setup* foi realizada por um operador de linha e um preparador, mas sem operações em paralelo. Tempo de *setup* de 00:15:43.

Apesar de na prensa PES0041 predominarem operações de montagem no *setup*, verifica-se muito tempo despendido em operações externas, nomeadamente em atividades de transporte de material. Um dos motivos para o elevado tempo de transporte deveu-se a enganos a transportar o material. Os enganos deveram-se à má organização das estantes dos orientadores de prensa. A mudança de *setup* foi efetuada por dois operadores e foram registados 00:02:15 de operações em paralelo. Tempo de *setup* de 00:46:09.

Na PSL0031 não existe tempo de testes por lapso do operador que fazia a mudança de referência. Cada colaborador deve, no final da troca de ferramentas, verificar se a máquina está a funcionar corretamente, no entanto a elevada experiência deste operador fez com que o teste não fosse feito, uma vez que ele tinha conhecimento de que a probabilidade de a peça sair defeituosa nesta máquina com esta troca de referência era baixa. Nesta mudança de *setup*, o tempo das operações externas e internas é dividido de igual forma. Na PSL0031, a procura e transporte de parafusos foram elevados (cerca de 10 minutos), o que fez com que o tempo de transporte aumentasse. Todas as operações de mudança desta máquina foram efetuadas apenas por um operador, não existindo operações em paralelo. Tempo de *setup* de 00:40:28.

Na CUR0087, a percentagem de operações externas foi a mais baixa de todas as máquinas nesta mudança de referência. Todas as operações externas foram concretizadas por um colaborador e as internas por um preparador, não tendo existido, em qualquer ponto da mudança, operações em paralelo. Tempo de *setup* de 00:10:42.

A mudança de referência da PES0043 foi a mais demorada, apesar de apenas apresentar 9% de operações externas. Ao longo de toda a mudança da prensa, houve 5 colaboradores a intervir na máquina, no entanto apenas 3 fizeram 00:18:23 de atividades paralelas. Tempo de *setup* de 01:24:53.

Na Figura 23 é apresentado um gráfico de colunas com todas as máquinas analisadas no dia 2023-02-08. Analisando o gráfico, é possível observar que todas as máquinas possuem tempo em que nenhuma operação está a ser feita, sendo este tempo maior na CUR0085, na PSL0031, na CUR0087, e na PSL0032.

As atividades em paralelo em cada máquina foram reduzidas, sendo que apenas na PES0043 foram superados os 11 minutos.

Apesar de apresentar o maior tempo de atividades em paralelo, a máquina que mais tempo demorou a fazer a troca de referências foi a PES0043, com tempo superior a 01:20:38.

As curvadoras em geral possuem elevado tempo de testes, sendo este tempo maior na CUR0086 e na CUR0095.

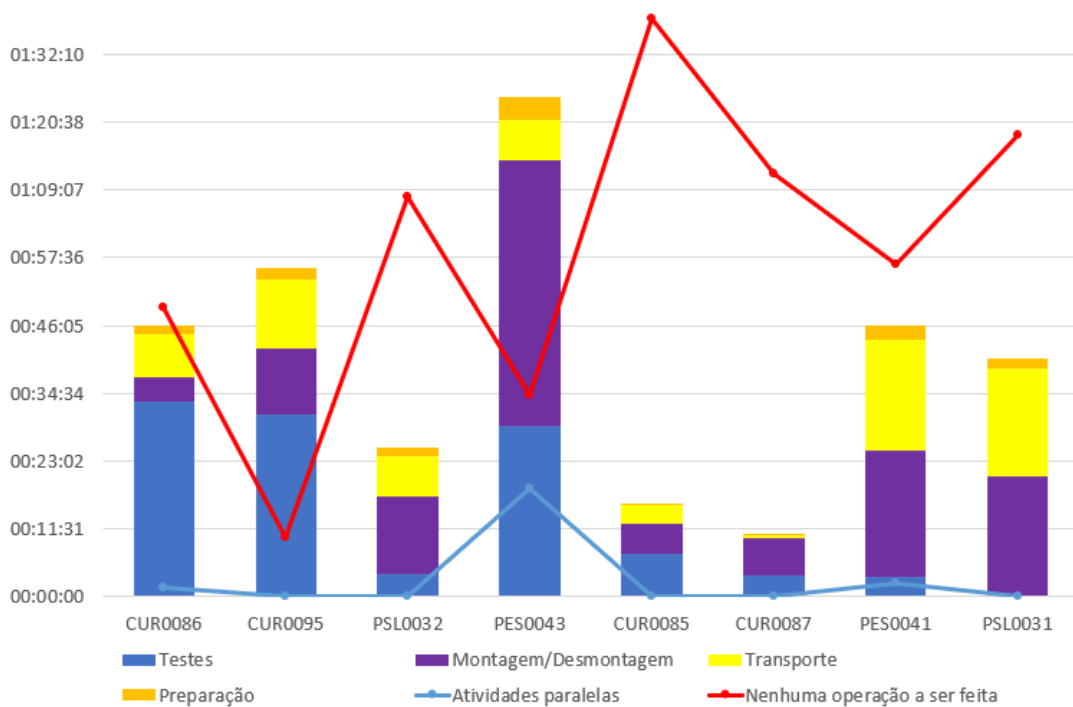


Figura 23- Dia 2023-02-08 análise por máquina

2023-02-10

A mudança de referência realizada no dia 10 de fevereiro de 2023 exigia uma troca na CUR0085, na PES0041 e na PSL0031. Como apenas foi analisada uma máquina, não será apresentado um gráfico de barras com tempos de várias máquinas, mas um gráfico percentual da curvadora analisada.

A mudança de *setup* do dia 10 é mais simples do que a do dia 8 de fevereiro. Com mudanças mais simples e rápidas é possível verificar uma melhor organização na linha. Como se pode constatar na Figura 24 e na Tabela 27 do Apêndice A, a máquina esteve apenas 3% do tempo parada sem qualquer tipo de operação a ser feita. Apesar de o tempo de preparação ter sido baixo, foi superior ao tempo de testes e de transporte. Todas as atividades de mudança de *setup* foram feitas por um preparador, logo não existiu qualquer tipo de operação em paralelo.

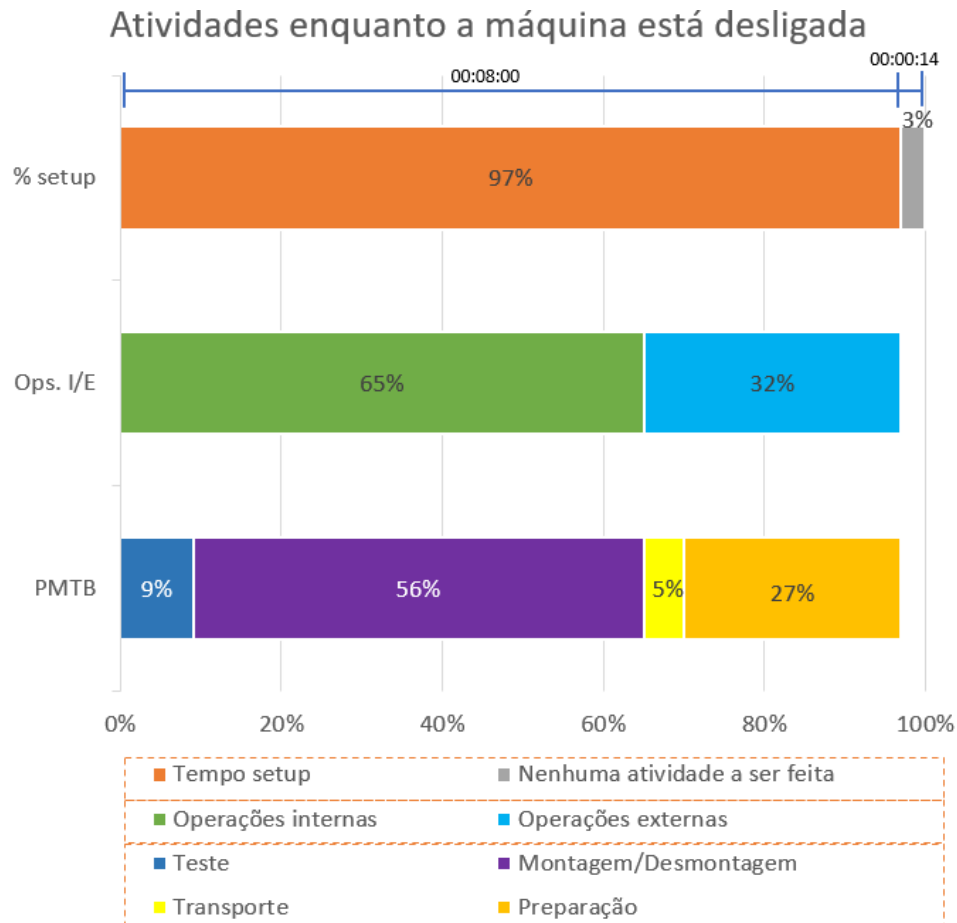


Figura 24- Gráfico percentual da CUR0085 no dia 2023-02-10

2023-02-13

Os dados do dia 2023-02-13 estão representados no Apêndice A desde a Figura 68 até a Figura 70 e desde a Tabela 28 até a Tabela 30.

Analisaram-se duas mudanças de *setup*, uma de manhã e outra no início da tarde, ambas de curta duração. A primeira troca de referência (manhã) envolveu a CUR0086 e a CUR0085, a segunda (tarde) a CUR0085.

As operações de mudança da CUR0086 estão bastante equilibradas em termos de tempo. A troca de *setup* não possui qualquer tipo de operações em paralelo, apesar de ter sido concretizada por dois colaboradores (um operador e um preparador). Tempo de *setup* de 00:07:33.

A CUR0085 (na parte da manhã) foi a primeira máquina da análise, até ao momento, a possuir exatamente 0% de máquina parada sem qualquer tipo de operação a ser realizada. Estiveram presentes três preparadores (um dos preparadores era de outra UAP), com um total de tempo de atividades em paralelo de 00:03:03. As atividades paralelas que os preparadores desempenharam contribuíram para uma percentagem de atividades externas de apenas 4%. Tempo de *setup* de 00:08:01.

Na parte da tarde, foi efetuada outra mudança rápida na CUR0085. A mudança de referência durou menos de 3 minutos, apresentando 0% de atividades externas, graças às atividades paralelas

executadas. Enquanto o preparador fazia as operações internas, o operador fazia as externas, resultando no total de 00:00:58 de operações paralelas. Tempo de *setup* 00:02:15.

À semelhança do dia 2023-02-10, no dia 2023-02-13 foi claro que o tempo em que nenhuma operação estava a ser feita nas máquinas foi reduzido. Apenas a CUR0086 apresentou mais de 4 minutos sem qualquer tipo de atividade a ser feita, como se confirma na Figura 25, devido ao facto de o preparador estar ocupado noutra linha quando foi necessário fazer a troca de referência.

O facto de as mudanças terem sido rápidas fizeram com que existisse uma boa organização, sinergia e comunicação entre os operadores, levando à criação de atividades paralelas na CUR0085 (manhã) e na CUR0085 (tarde), que conduziu à diminuição de atividades externas.

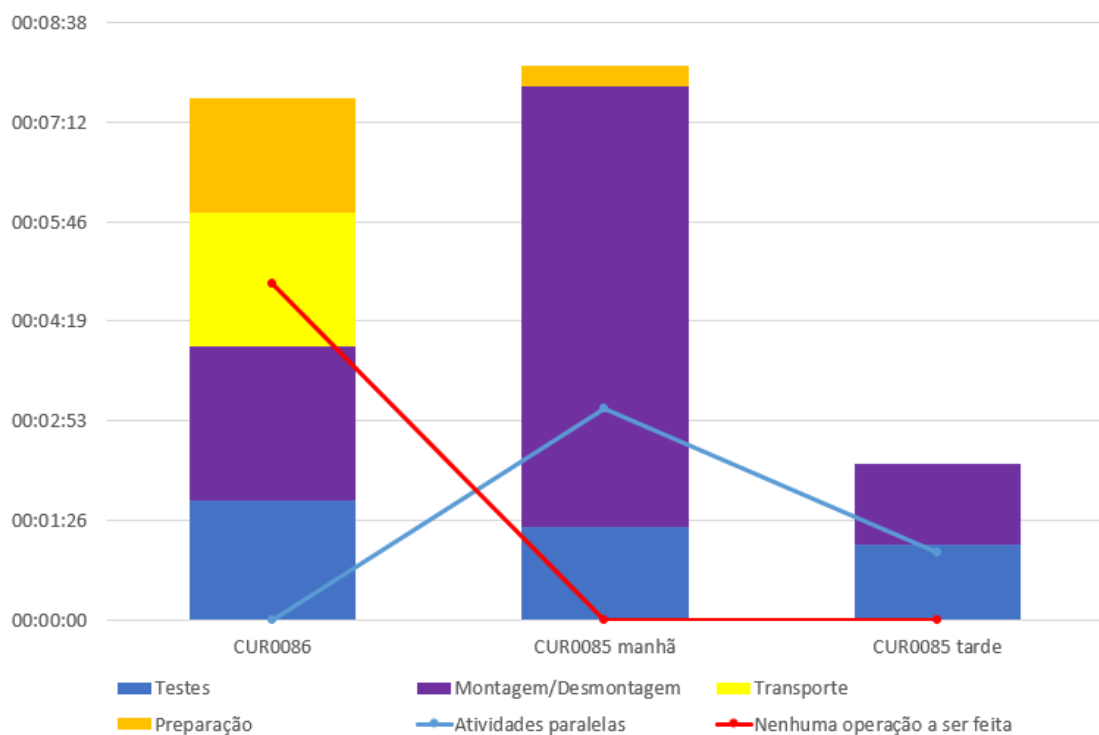


Figura 25- Dia 2023-02-13 análise por máquina

2023-02-15

No dia 15 de fevereiro existiu uma mudança de *setup* em três máquinas diferentes. Como a mudança foi rápida e simples, optou-se por analisar na globalidade as três máquinas com um gráfico de barras.

A mudança da CUR0086 foi realizada por um preparador e por um operador de linha. Enquanto o preparador efetuou as tarefas internas, o colaborador responsabilizou-se pelas externas. Com esta cooperação, foram necessários pouco mais de 10 minutos de *setup* com cerca de 1 minuto e meio de atividades paralelas.

No dia 2023-02-15, o tubo antigo e o novo a ser produzido são muito semelhantes. No caso da CUR0095, apenas é necessário programar a máquina se os tubos não saírem com a forma correta.

Como os tubos saíram sem defeitos, não foi necessário proceder a qualquer ajuste no programa e todas as operações foram efetuadas pelo operador de linha (em caso de necessidade de ajustar o programa, ter-se-ia de esperar pelo preparador).

Também se registou a operação efetuada na PES0043. Na prensa PES não foi necessário efetuar qualquer tipo de testes ou operações de montagem/desmontagem, tendo sido apenas necessária uma operação breve de transporte de material, como se mostra na Figura 26.

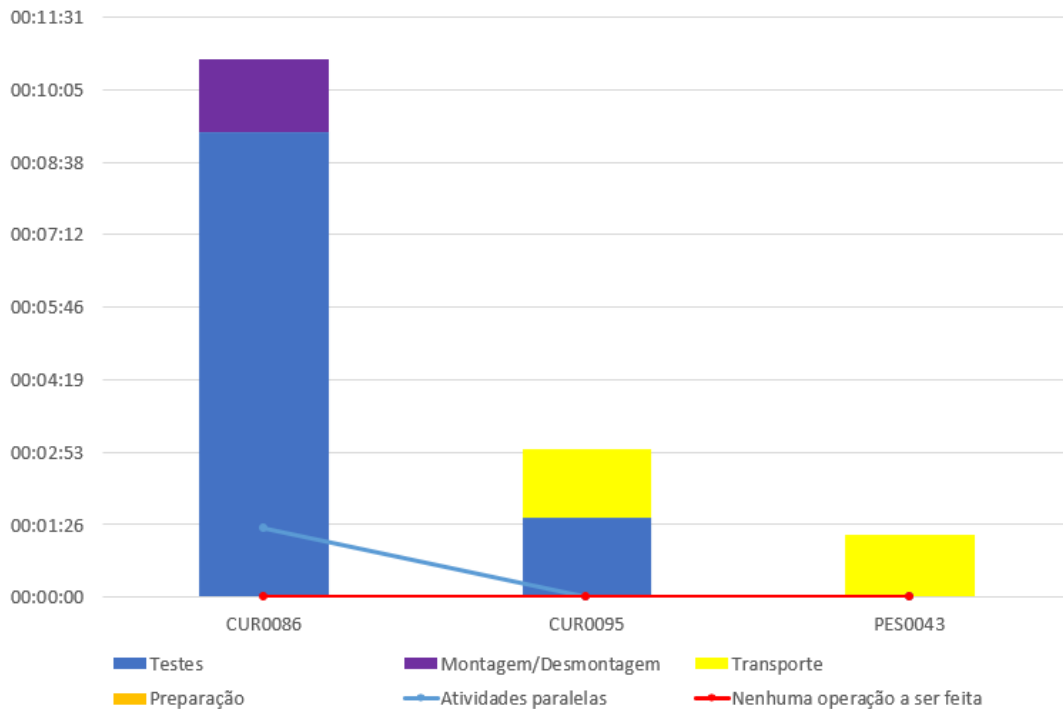


Figura 26- Tempos do dia 2023-02-15

2023-02-17

Os dados do dia 2023-02-17 estão representados no Apêndice A na Figura 71 e na Figura 72 e também na Tabela 31 e na Tabela 32.

No dia 17 de fevereiro registaram-se duas mudanças de *setup*. Uma de manhã, onde se alterou para uma referência nova, e outra de tarde, onde se repôs a referência anterior (antes da primeira mudança).

Nesta mudança, apenas foi necessário trocar a CUR0085. Toda a troca foi efetuada por apenas um preparador, que iniciou as suas funções assim que a máquina parou, evitando tempo sem qualquer tipo de atividade a ser realizada. Como só esteve presente o preparador na mudança de *setup*, as atividades externas foram também realizadas por ele. Caso existisse um operador de linha que desse auxílio ao preparador, teria sido possível reduzir o tempo em operações externas. Tempo de *setup* 00:12:32.

Na parte da tarde, as atividades externas já foram executadas por um operador, enquanto as internas foram efetuadas pelo mesmo preparador da manhã. No entanto, não houve qualquer tipo de operações paralelas, devido ao facto de o preparador ter estado ocupado e só ter iniciado as suas funções na máquina bastante tempo depois. Tempo de *setup* de 00:17:51.

O facto de o preparador estar ocupado noutra linha quando a máquina CUR0085 (tarde) efetuou o *setup*, fez com que as atividades paralelas fossem nulas e o tempo de nenhuma operação a ser feita fosse alto, como se verifica na Figura 27.

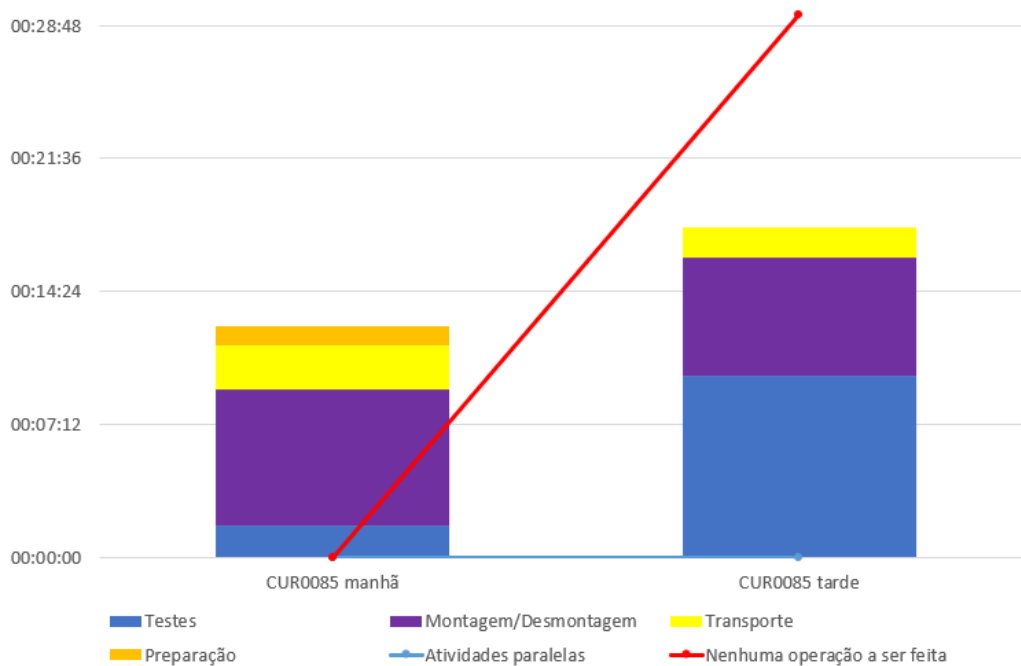


Figura 27- Tempos no dia 2023-02-17

3.3.3. Dados analisados por colaborador

Depois de examinar os dados de cada máquina durante um *setup*, é necessário analisar o que cada operador executa.

A análise por operador foi efetuada, uma vez mais, utilizando a ferramenta Excel onde se analisou durante a mudança de referência o trabalho de cada colaborador. Posteriormente, dividiram-se as atividades em várias tipologias e a cada uma atribuiu-se uma cor, como se confirma na Figura 28.



Figura 28- Legenda de cores da análise por operador

As atividades representadas na Figura 28 são as seguintes:

- P – Atividades de preparação que não sejam transporte de material;
- M – Montagem/Desmontagem de material;
- T – Testes;
- C – Pedidos de informação a colegas de trabalho;
- O – Atividades de operação de máquinas que contribuem para a produção de tubos;
- N – Outro tipo de atividades não relacionadas com o *setup*. Exemplo: Esperas;
- B – Atividade de transporte de material;
- CM – Operação de ajuda ao colega, ou receber ajuda, numa outra atividade de *setup*. Exemplo: Ajudar o colega a desparafusar orientador de prensa.

As atividades “Montagem/Desmontagem”, “Testes” e “Ajudar colegas” são as atividades internas do *setup*. As atividades “Preparação”, “Pedido de informação”, “Outro tipo de atividades” e “Transporte de material” são externas. A atividade “Operação”, apesar de não estar a colaborar para o *setup*, está a contribuir para a produção da linha.

Durante a análise, no lado esquerdo foi inserido o tempo de início da tarefa de cada linha e logo de seguida a duração. Os colaboradores foram inseridos por coluna, como se confirma na Figura 29.

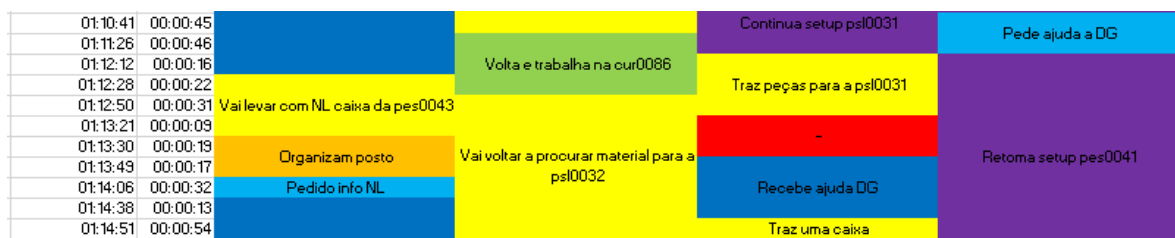


Figura 29- Excerto de uma análise por operador

Ao longo da dissertação são apresentadas várias análises e excertos de análises. Quando o texto (que descreve a atividade que o operador estava a executar) não é legível, este é retirado de forma a compreender melhor as cores.

Na análise por operador foram registados dois dias de mudança de *setup*, como se comprova na Tabela 10.

Tabela 10- Organização das análises por operador

Dia	Descrição da análise	Colaboradores analisados	Duração
2023-02-22	Troca de referência onde não existe mudança de diâmetro, no entanto, há um problema numa prensa que faz com que o tempo de <i>setup</i> seja elevado	6 Operadores 2 Preparadores	01:54:14
2023-03-03	Troca de referência onde há mudança de diâmetro	6 Operadores 2 Preparadores	02:19:07

2023-02-22

No dia 22 de fevereiro existiu uma mudança de referência que não mudou o diâmetro, no entanto o tempo de *setup* foi bastante elevado, com 01:54:14 de *setup*, causado principalmente por problemas nos ajustes da PSL0032.

Na Figura 30, é possível verificar várias colunas empilhadas que demonstram os vários tempos dos diferentes tipos de operações e também uma linha. A linha representada, corresponde ao tempo que os operadores estiveram a trabalhar nas máquinas, produzindo mais tubos. Os tempos das colunas estão expostos no lado esquerdo, e os tempos da linha estão no lado direito. O tempo de operação somado com o tempo das restantes atividades, em todos os operadores, totaliza 01:54:14.

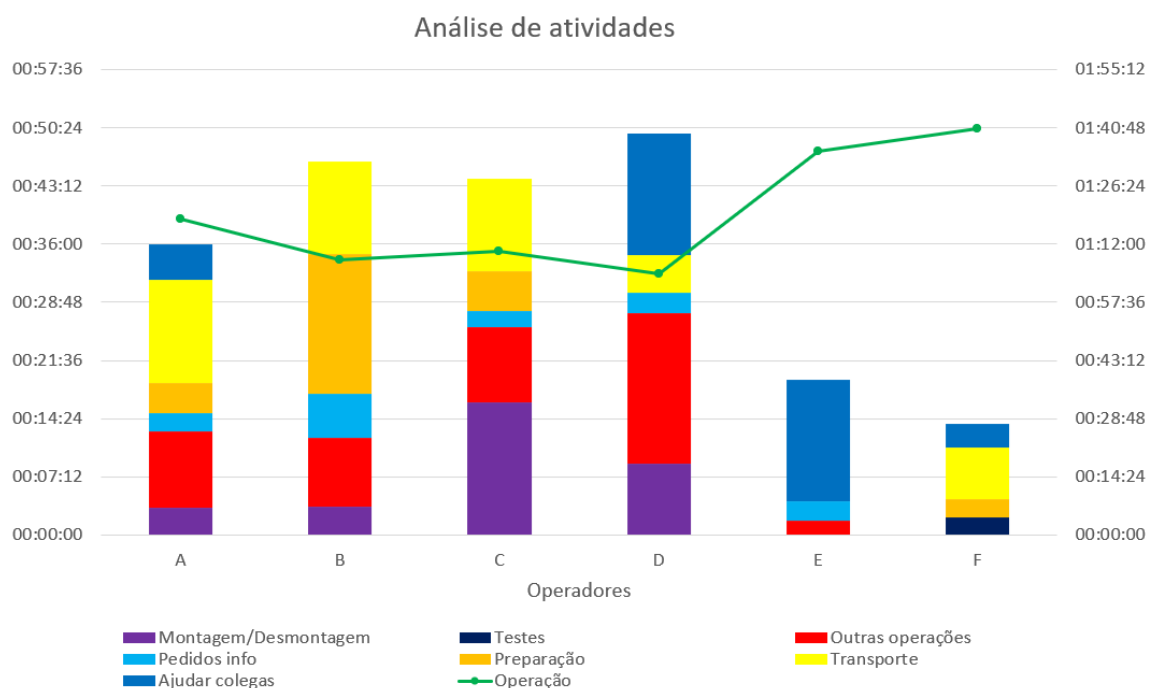


Figura 30- Análise dos operadores do dia 2023-02-22

O operador D era pouco experiente. A sua inexperiência nota-se no tempo despendido noutras operações que não sejam dedicadas ao *setup*. Para além disso, o operador F era aprendiz (temporariamente na linha por estar em formação) e, pelo facto de ser bastante inexperiente não tinha autonomia para realizar as atividades de mudança de referência por si só, recebendo sempre instruções dos colegas acerca do que deveria fazer. O colaborador E trabalha na CAB que, como referido anteriormente, não é considerado nas análises. No entanto, sendo um trabalhador bastante experiente, presta auxílio quando é necessário em qualquer máquina.

Em média, no dia 22 de fevereiro, 80% do tempo dos operadores é utilizado em operações internas e em atividades de produção (linha verde).

Analisando o gráfico e não olhando para o tempo de operação (linha verde), as atividades externas são as mais dominantes durante toda a análise.

Na Figura 31 é representado um gráfico de colunas empilhadas dos preparadores que estiveram presentes na mudança de referência no dia 22 de fevereiro.

As colunas empilhadas representam o tempo das atividades (tempo ilustrado no lado esquerdo) e a linha representa o tempo noutras operações não relacionadas com o *setup* (tempo ilustrado no lado direito). Como os preparadores demoram menos tempo em *setup* visto que só preparam as CUR, é normal que eles possuam um tempo noutras operações bastante elevado comparativamente aos operadores, como se nota na Figura 31.

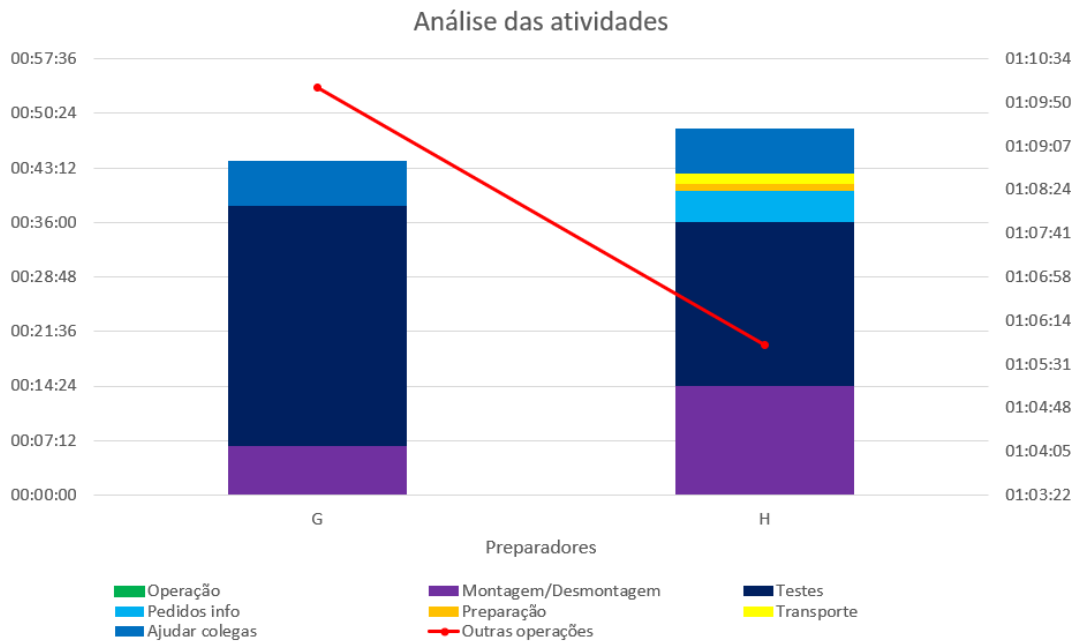


Figura 31- Análise dos preparadores no dia 2023-02-22

Na análise por máquina observou-se um elevado tempo de testes das curvadoras. Nesta análise por operador, é possível notar que o preparador G (preparador bastante experiente) despende a maior parte do seu tempo em operações de teste. O preparador H (menos experiente) teve dificuldades na montagem da CUR0086, o que fez com que demorasse mais tempo em atividades de montagem/desmontagem e em pedidos de informação.

Na Figura 32, é possível ver um resumo que realça o tempo despendido em operações internas (montagem/desmontagem, testes e ajuda a colegas), operações externas (outras operações, pedidos de informação, preparação, transporte) e o tempo em operação.

Os preparadores não são incluídos no resumo, pois apenas estão na linha para efetuar a troca de referência das curvadoras.

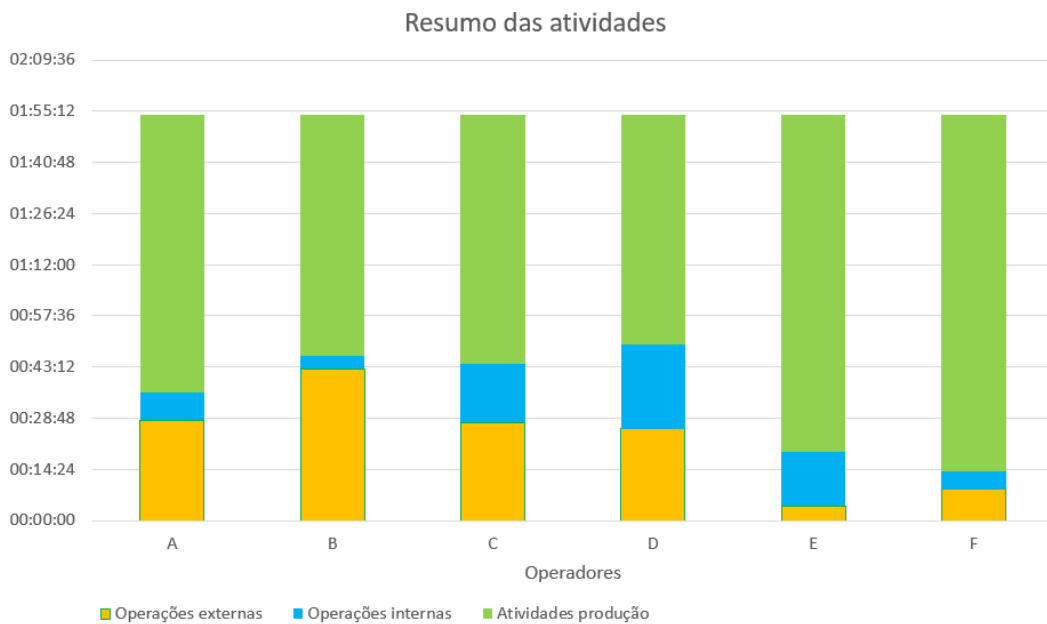


Figura 32- Análise resumo do dia 2023-02-22

Como no dia 22 de fevereiro não houve mudança de diâmetro, as atividades de mudança de referência não são muito morosas, o que faz com que, durante o tempo analisado, exista bastante tempo em operação.

Como já referido anteriormente, na Figura 73 no Apêndice B, um dos preparadores (preparador H na Figura 31) tem bastante dificuldade em montar a máquina CUR0086, logo está constantemente a pedir ajuda a outros dois colegas (preparador PPP e operador DO). No total, o preparador em análise esteve 00:09:49 a tentar montar a máquina e 00:09:46 em testes, para, em seguida, ter de voltar a substituir as ferramentas da curvadora juntamente com o preparador PPP. Esta situação deve-se ao facto de o preparador, visto que era inexperiente, não saber como montar as ferramentas desta referência. Cada curvadora tem um *dossier* onde se encontram todas as folhas de preparação (instruções para os preparadores de como montar) de modo a prevenir situações como esta. No entanto, para esta referência a folha não tinha sido feita.

Na Figura 33, é possível ver na totalidade a análise do dia 2023-02-22. De lembrar que cada coluna corresponde a um operador, ou seja, no total há 6 operadores em trabalho e 2 preparadores (últimas duas colunas do lado direito da análise).

Como já referido anteriormente, no dia 22 de fevereiro foi utilizado bastante tempo a produzir, logo a análise será mais preenchida pela cor verde.

Apesar de os espaços amarelos serem reduzidos, na maior parte dos operadores é possível reparar em espaços a vermelho, o que prova que, apesar de o *setup* não se tratar de uma mudança de diâmetro, verificou-se de igual modo desorganização na realização das atividades. A legenda das cores é a mesma da Figura 28.

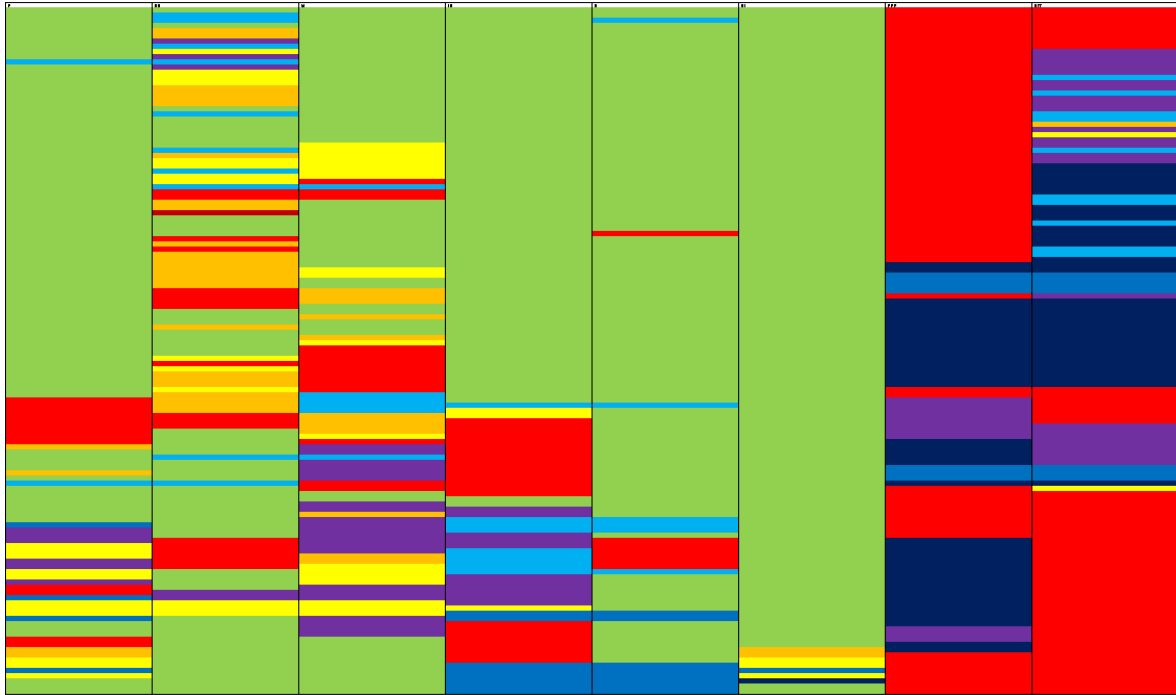


Figura 33- Análise por operador do dia 2023-02-22

Na análise por operador do dia 2023-02-22 também se notam (principalmente no 3º operador a contar da esquerda para a direita) várias tarefas alternadas. Ou seja, uma atividade é interrompida várias vezes para realizar outro tipo de operação. A alternância que há entre operações prejudica o ritmo de trabalho do operador e da linha devido ao facto de ser confuso saber que tarefas já foram realizadas e as que faltam realizar.

2023-03-03

No dia 3 de março, ocorreu uma mudança de *setup* onde se verificou uma mudança de diâmetro.

Durante a mudança de referência, foi possível anotar 65% de tempo gasto em atividades internas e em tempo de produção.

Olhando para a Figura 34, e esquecendo as atividades de operações (linha verde), é notório o domínio das atividades de transporte.

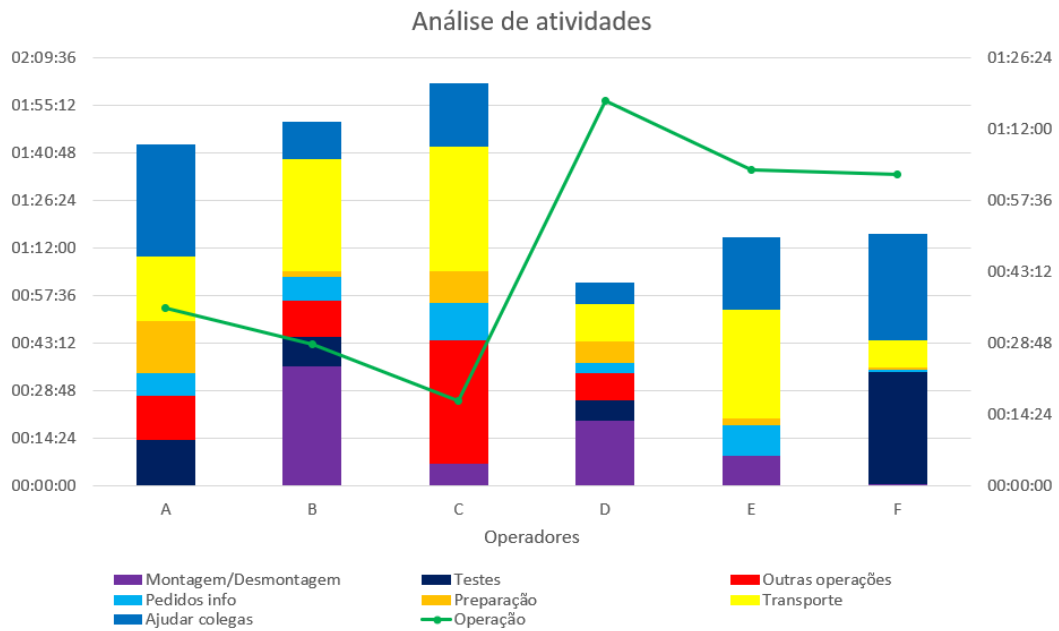


Figura 34- Análise dos operadores no dia 2023-03-03

Durante esta mudança de referência, é perceptível a desorganização dos trabalhadores na procura e transporte de material. Para além do tempo excessivo que os operadores usaram para o transporte e procura de material, necessitaram também da ajuda do preparador G, como se comprova na Figura 35.

No dia 3 de março, estiveram presentes dois preparadores na mudança. O preparador G, já presente na mudança de dia 22 de fevereiro (experiente), e o preparador I, conhecedor da linha, apesar de já não estar encarregue dela (experiente).

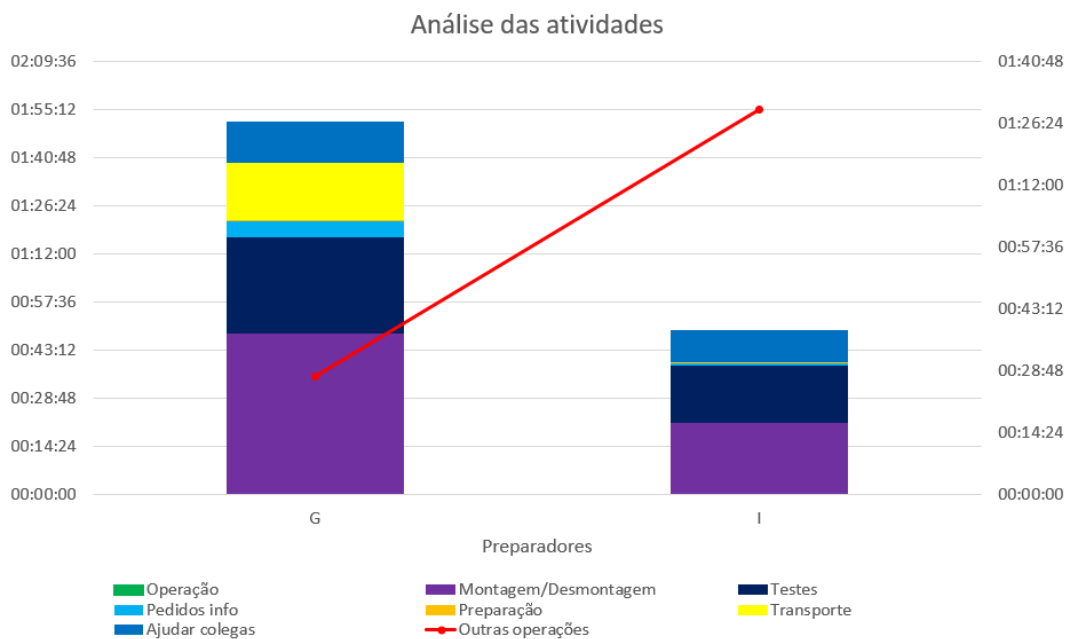


Figura 35- Análise dos preparadores no dia 2023-03-03

Na Figura 36, ilustra-se um resumo do dia 2023-03-03. Relembra-se que os preparadores não são incluídos neste resumo devido ao facto de só estarem presentes na linha para as curvadoras.

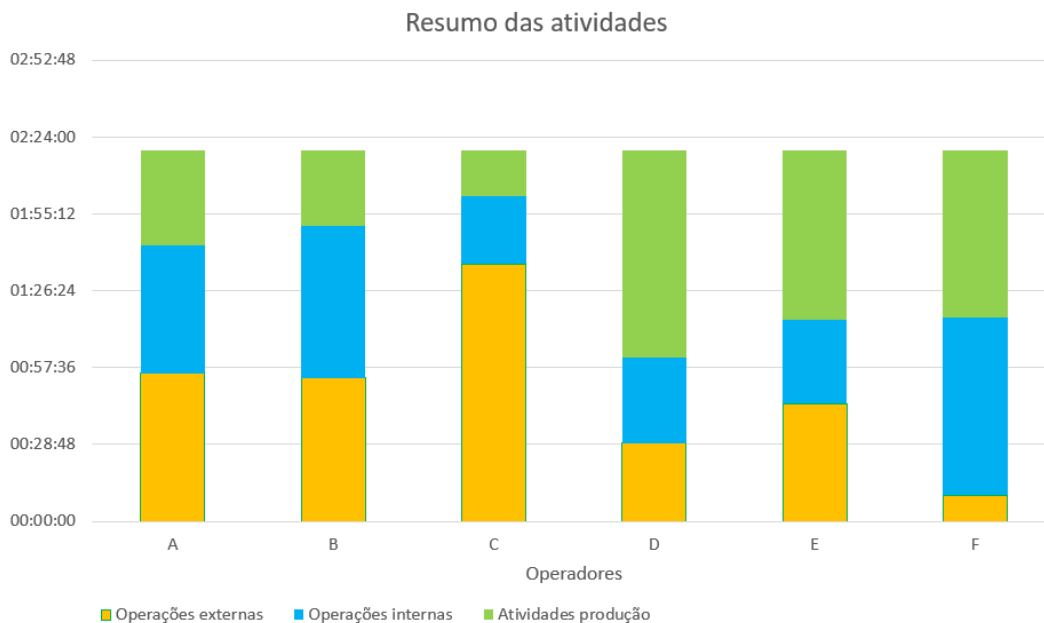


Figura 36- Análise resumo do dia 2023-03-03

Sendo uma mudança de diâmetro, é possível ver que o tempo de produção dos operadores diminuiu. Pelo contrário, tanto o tempo de operações internas como externas aumentou.

No Apêndice B na Figura 74 é possível ver a análise por operador do dia 2023-03-03. A análise é composta por 8 colunas, 6 operadores de linha (o operador D era inexperiente e o operador F estava em formação) e 2 preparadores.

Na Figura 75 no Apêndice B pode observar-se uma situação onde o preparador G acaba de montar a curvadora e quer testá-la, mas não consegue, devido à falta de material. Após pedidos de informação relativos ao material e de dois períodos de espera, o preparador G decide ir à procura do material, tendo descoberto, posteriormente que enquanto o procurava o mesmo já tinha sido colocado por um operador ao lado da máquina.

Na Figura 76 no Apêndice B são observáveis dois períodos em que os operadores de linha foram buscar *gabarits* (anti erros), mas não arrumaram o antigo, fazendo com que um terceiro colaborador tivesse tido necessidade de ir arrumar o anti erro antigo.

Ao longo de toda a análise é possível observar vários períodos em azul-claro (pedidos de informação), como se confirma na Figura 74 no Apêndice B. Embora seja bastante importante existir uma boa comunicação durante o *setup*, o excesso de comunicação demonstra que os operadores não têm tarefas definidas para cada um, sendo necessários pedidos de informação para saber o que já foi efetuado.

À semelhança do dia 2023-02-22, no dia 2023-03-03, durante toda a análise, é possível verificar que existem várias misturas de cor e, na Figura 77 no Apêndice B, é possível observar um exemplo de alternância de tarefas executadas ao longo do tempo.

Todos os acontecimentos referidos provam a desorganização da linha durante o *setup* e a falta de definição de tarefas.

3.3.4. Resumo das análises e pontos chave

Neste subcapítulo, serão apresentados os vários pontos chave das análises anteriormente ilustradas.

Foram analisadas as trocas de referências que envolviam mudanças de diâmetro dos tubos e as que não mudavam de diâmetro (mudanças mais rápidas). A redução do tempo das trocas de referência que envolvem troca de diâmetro é o principal objetivo da dissertação. No entanto, também foram analisadas as mudanças em que não existiu troca de diâmetro. A análise das mudanças sem troca de diâmetro foi importante para perceber a diferença na organização durante o *setup*. Enquanto nas mudanças de diâmetro prevalece a confusão e desorganização, nas mudanças simples domina a sinergia entre colaboradores e boa organização de tarefas.

Nos *setups* de mudanças de diâmetro, os elevados tempos de máquina parada sem ser executada nenhuma operação são predominantes devido à complexidade da troca de referência. A constante alternância das atividades por parte dos colaboradores é um fator indicativo de falta de organização.

As atividades externas são dominantes durante o tempo de *setup* devido à falta de preparação prévia. O tempo despendido em operações paralelas é bastante reduzido quando comparado com o tempo de *setup*.

Quando há sinergia entre vários operadores e um plano das tarefas a executar, o facto de estarem vários operadores numa só máquina é benéfico. No entanto, caso não haja colaboração entre eles, o excesso de colaboradores provocará ainda mais desorganização e dificuldade em saber que tarefas já foram executadas e as que estão em falta.

Nos dias em que as mudanças são mais simples, nota-se uma diminuição de operações externas e de tempo de máquina parada sem qualquer tipo de operação a ser feita. Isto deve-se à melhor organização por parte dos operadores, levando ao trabalho coordenado e à criação de tarefas em paralelo.

Os tempos de testes nas curvadoras são elevados comparativamente a outras máquinas.

A máquina PES0043 é a que necessita de mais tempo dedicado ao *setup* revelando ser o ponto fraco da linha quando há mudanças de diâmetro.

3.4. Melhorias

De forma a melhorar os tempos de mudança de *setup* e as condições de trabalho na linha AA19, foram propostas várias medidas. Ao longo deste subcapítulo irão ser expostas essas medidas assim como o desenvolvimento delas. Cada melhoria tem um tempo previsto que irá poupar ao operador. É importante saber que estes tempos são previsões efetuadas com base nas análises feitas.

Primeiramente, são apresentadas as melhorias com impacto direto no tempo de *setup* e que não necessitam de grande investimento financeiro (medida 1 até 9). Dentro deste grupo de medidas estão representadas as de organização, onde foi aplicado os 5S.

Em segundo lugar, são apresentadas melhorias na linha que, apesar de não impactarem os tempos de *setup*, foram anotadas ao longo das análises e irão ter um impacto na produção diária (medida 10 até 13).

Em último lugar, são propostas melhorias que envolvem um investimento financeiro considerável por parte da empresa (medida 14 até 17). Estas medidas não foram implementadas durante o tempo de estágio pelo facto de serem processos bastante morosos, devido ao seu elevado investimento financeiro.

Todas as medidas surgiram através dos problemas detetados anteriormente nas análises, como se nota na Tabela 11.

Tabela 11- Correlação entre problemas e medidas

Problema detetado	Medida
Desorganização das estantes de <i>gabartits</i>	1- Estantes de <i>gabartits</i>
Inexistência de local para colocar os <i>gabartits</i> mais usados	2- Suportes de <i>gabartits</i> nas curvadoras
Ferramentas das curvadoras mal organizadas	3- Estantes das ferramentas das curvadoras
Orientadores desorganizados e mal identificados	4- Orientadores das prensas PSL e PES
Lança de O-rings em falta	5- Lança de O-Rings
Barra na prensa PSL0032 dificulta operações	6- Barra na prensa PSL0032
Difícil movimentação das mesas BRD e DIV195	7- Movimentação das mesas BRD e da DIV195
Dificuldade em procurar parafusos	8- Organização de parafusos
Desorganização na linha durante mudanças de diâmetro	9- <i>Standard de setup</i>
Mau posicionamento da alavanca da BRD0100	10- Alavanca da BRD0100
Ausência de folha de preparação para a referência T.78401	11- Folha de preparação
Falta de colocadores para a cabine de testes	12- Cabine de testes
Desgaste numa peça da PSL0032	13- Troca de uma peça da PSL0032
Elevado tempo na montagem e desmontagem das prensas PSL	14- Compra de mais conjuntos para a prensas PSL
Elevado tempo da substituição dos orientadores	15- Encaixes rápidos dos orientadores
Elevado tempo na substituição das patas da prensa Riester (PES)	16- Redesenhar patas da prensa Riester
Elevados testes das curvadoras	17- Diminuir testes das curvadoras

3.4.1. Melhorias que impactam o tempo de *setup*

1- Estantes de *gabarits*

Para além de ser cansativo e desagradável estar constantemente à procura dos anti erros, é tempo desperdiçado quando poderiam estar a efetuar outras operações mais produtivas.

As estantes foram colocadas com o objetivo de ter um local para os *poka-yoke* (*gabarit*). As estantes possuíam um sistema de organização com referências que não correspondiam à linha. Consequentemente, os anti erros eram colocados aleatoriamente, dificultando a sua procura.

Na Tabela 12, é representado a média de tempos de transporte de um *gabarit*, retirado através das análises feitas. O dia 10 e 15 de fevereiro não estão apresentados pois não existia nenhum dado acerca do transporte dos *poka-yoke*. O dia 8 de fevereiro e dia 3 de março estão sublinhados para representar os dias em que se fez mudança de diâmetro.

Tabela 12- Tempo médio de transporte de *gabarit*

Dia	Média de tempo
2023-02-08	00:04:10
2023-02-13	00:01:06
2023-02-17	00:01:02
2023-02-22	00:00:58
2023-03-03	00:07:14

Como se confirma na Tabela 12, nos dias de mudança de diâmetro, o tempo de transporte de um *gabarit* é superior aos outros, o que se deve aos operadores não conhecerem a localização dos anti erros.

Se os operadores tiverem estantes organizadas com as localizações dos *poka-yoke* bem identificadas, como se nota na Figura 37, não irá ser necessário despende tempo à procura. Para além disso, não irá ser preciso o auxílio de vários operadores só para encontrar um *gabarit*. Com uma melhor organização das estantes de *gabarits* é previsto uma diminuição no tempo no transporte de um *poka-yoke* nos dias de mudança de diâmetro.

As trocas de referência que não envolvam troca de diâmetro demoram em média 00:01:02. Apesar de estantes de *gabarits* estarem organizadas, não se prevê melhoria nestes casos.

As trocas de referência que envolvam troca de diâmetro demoram em média 00:05:42. A maior parte deste tempo é utilizado para procurar os *gabarits*, e em alguns casos são várias pessoas à procura. Com a nova organização das estantes, prevê-se uma redução de tempo para apenas 00:01:02.

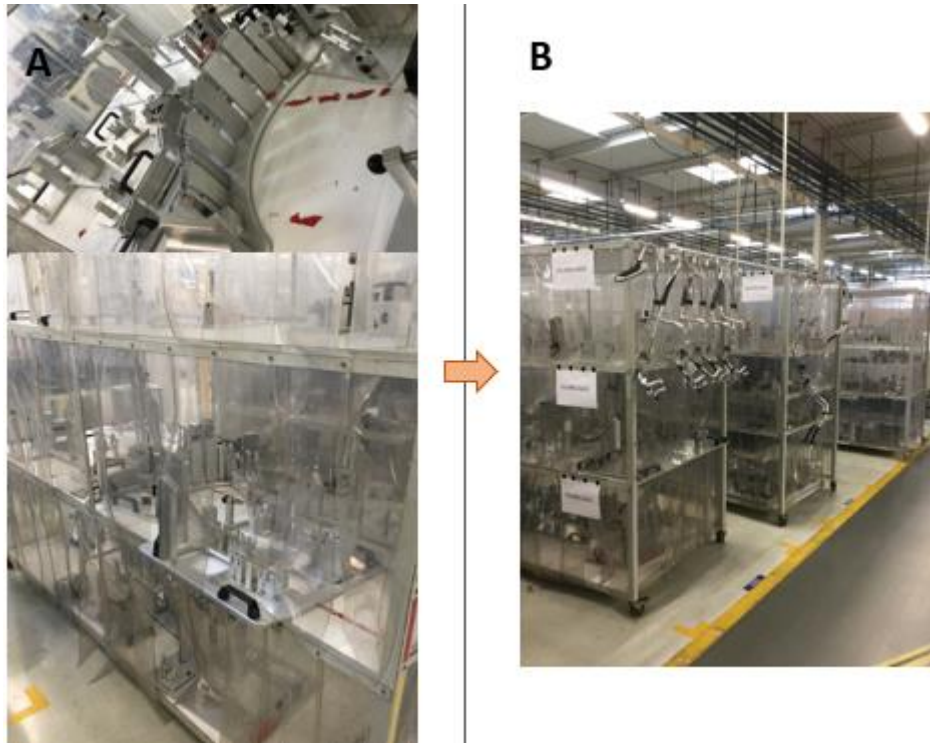


Figura 37- Organização das estantes de *gabarits*. A - Antes. B - Depois.

2- Suportes de *gabarits* nas curvadoras

Na CUR0095 existe uma estante com *gabarits* raramente utilizados. De modo a remover o que não é frequentemente utilizado do local de trabalho, foram retirados os *poka-yoke* antigos e inseridos os da referência T.78489 (*high-runner*).

Foram criados suportes nas outras curvadoras com a finalidade de existir um local perto da máquina para colocar os *gabarits* da T.78489, à semelhança da CUR0095.

A maior parte das curvadoras possuem, perto delas, um carrinho onde colocam o *poka-yoke* quando está a ser usado. Essas mesas nunca podem sair de perto das curvadoras e são sempre necessárias (o anti-erro não pode ser colocado no chão). Visto que essas mesas têm de estar perto da curvadora independentemente da referência a produzir, irá ser necessário criar um suporte por de baixo da mesa para colocar os *gabarits* da referência T.78489.

Como se pode ver na Figura 38 algumas das mesas já tinham um suporte para melhor fixação das pernas da mesa. Com este suporte é apenas necessário colocar uma chapa para apoio do *gabarit*. O *poka-yoke* sempre presente na linha traz as seguintes vantagens:

- Facilita a organização das estantes pois existem menos *gabarits* lá presentes.
- A troca mais comum de *gabarits* demora cerca de 00:01:00. O *high-runner* da linha está presente em 5 dos 7 *setups* analisados. O tempo de troca do anti erro inclui levar o *gabarit* antigo, verificar lugar do antigo e do novo, colocar *poka-yoke* antigo no lugar apropriado e trazer o *poka-yoke* novo. Com as novas prateleiras perto das CUR para armazenar os anti-erros, não será necessário colocar o *gabarit* antigo no lugar correto na estante pois ele já vai ficar no carrinho. Logo prevê-se uma diminuição para 00:00:45.

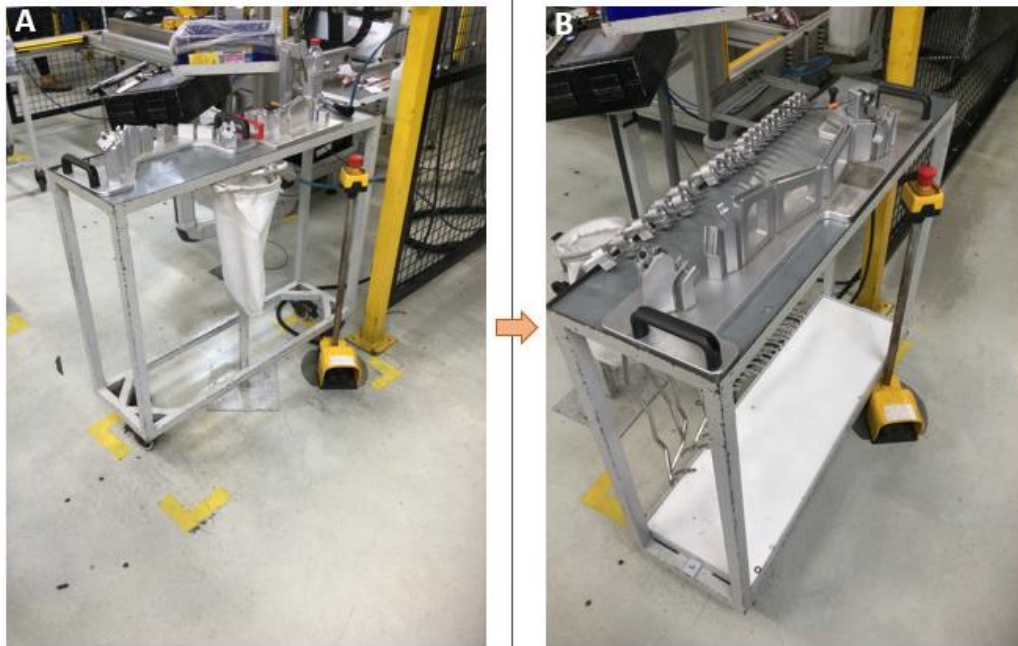


Figura 38- Carrinho exemplo de uma CUR. A - Antes. B - Depois

Para a implementação do suporte para fixação do anti-erro foi necessário recorrer a uma identidade externa, parceira da empresa. A medida de melhoria apresentada teve um custo de aproximadamente 170€.

3- Estantes das ferramentas das curvadoras

Cada curvadora possui redes de proteção para impedir que algum operador, acidentalmente, entre na zona de trabalho da máquina, correndo o risco de lesão. Nessas redes, foram colocados suportes para as ferramentas da curvadora. Quando há mudança de *setup*, as ferramentas, ao estarem próximas da máquina, poupam tempo aos operadores e preparadores em operações de transporte. No entanto, isto só resulta quando estas estão devidamente organizadas e identificadas. Caso contrário, quem precisa das peças irá despendar tempo à procura das corretas.

Para além disso, com a introdução de novas referências e novas ferramentas, deixaram de existir estantes suficientes. Como as estantes não chegam para todas as ferramentas, há estantes com mais que um conjunto de ferramentas, comprometendo a organização e a segurança (peso em excesso na estante).

Antes de pedir orçamento para uma nova estante, foi examinado a regularidade com que algumas ferramentas eram utilizadas. No final, distinguiu-se 6 conjuntos de ferramentas que já não são utilizadas e foram então deslocadas para uma unidade de armazenamento fora da linha AA19. De modo a reduzir o espaço nas estantes de *gabarit*, foram também retirados dois anti erros.

Após a eliminação do desperdício, foi necessário organizar os restantes conjuntos e fornecer a designação correta de todas as estantes.

Na Figura 39, é possível observar a organização de cada conjunto de ferramentas. As sacas plásticas presentes nas fotos são para cobrir as peças quando estas não estão a ser usadas.



Figura 39- Exemplo de organização das estantes. A - Antes. B - Depois.

Os preparadores mais experientes são capazes de trabalhar sem qualquer tipo de identificação nas estantes, devido aos largos anos de prática. No entanto, dos 5 preparadores diferentes que efetuaram as mudanças ao longo das análises, 1 é aprendiz, 1 é inexperiente e 1 já tem cerca de meio ano de trabalho, mas ainda é inexperiente em certas referências. Apenas 2 são bastante experientes. Ou seja, com a identificação e organização das estantes prevê-se uma redução na montagem das curvadoras de aproximadamente 10 segundos, em 3 dos 5 preparadores existentes.

4- Orientadores das prensas PSL e PES

Quase todas as mudanças de referências exigem a substituição dos orientadores de prensa. As prensas PES levam 2 orientadores laterais e 1 central e as prensas PSL levam 2 orientadores (1 colocado na parte de baixo, e outro na parte de cima).

Os orientadores da linha AA19 estavam misturados com os da linha AA20 e mal-organizados. As caixas não estavam com a designação correspondente ao orientador, as caixas mais pesadas estavam muito altas (dificultava o acesso aos operadores mais baixos), e existiam peças de orientadores diferentes misturados.

Na Figura 40, é possível observar a alteração do posicionamento das caixas nas estantes e também da localização. De modo a não existir misturas entre linhas, as caixas da AA19 foram realocadas para outro local. As caixas foram também organizadas por peso e colocadas com as identificações corretas de cada orientador.



Figura 40- Organização das estantes dos colocadores de prensa. A - Antes. B - Depois

Na Figura 41, é possível ver o antes e o depois da divisão das estantes antigas em dois. Os orientadores correspondentes à linha AA20 ficaram perto da linha AA20 e os orientadores da AA19 foram colocados próximo da linha AA19.

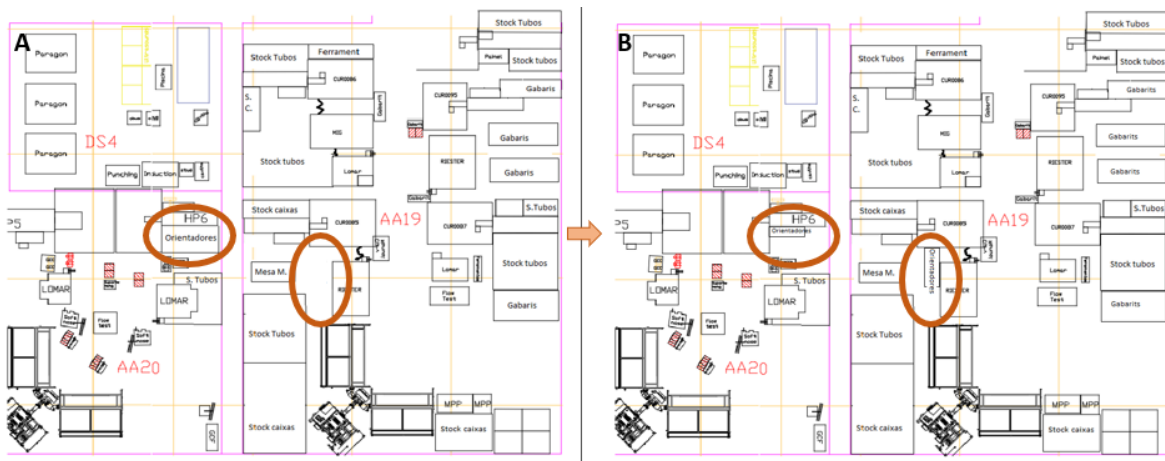


Figura 41- Nova localização das estantes dos orientadores na linha AA19

Para uma melhor organização, colocou-se mais uma estante, que estava no armazém do departamento da melhoria contínua, perto da linha. Desta forma, foi possível concretizar a medida de melhoria sem qualquer custo.

Na Tabela 13, é ilustrado o tempo de transporte dos orientadores no dia 2023-02-08 onde se nota uma exceção na PES0041 provocada pelo facto dos orientadores que estavam na caixa não correspondiam à designação.

Tabela 13- Tempo de transporte de orientadores no dia 2023-02-08

Máquina	Tempo
PSL0032	00:01:20
PES0041	00:14:11
PSL0031	00:02:50
PES0043	00:03:28

Com uma melhor organização dos orientadores de prensa, prevê-se uma diminuição dos tempos da PSL0031, da PES0041 e da PES0043 para 00:01:20 (tempo PSL0032).

5- Lança de O-Rings

Existe na PSL0031 falta de uma lança de O-Rings fazendo com que os operadores tenham de andar à procura em outras linhas. No dia 2023-03-03, apesar de não estar na análise, a monitora despendeu no total de 20 minutos à procura da lança de O-rings. Sendo a lança necessária também em outras linhas, era recorrente alguém ter de procurar a lança de O-rings sempre que existia mudança de diâmetro.

Foram pedidas mais lanças de O-rings ao departamento de ferramentaria, como se comprova na Figura 42.



Figura 42- Lanças de O-Rings para PSL0031

A aquisição de uma nova lança, vai eliminar o tempo despendido por monitores à procura, fazendo com que consigam dar auxílio em outras situações. Em média serão eliminados 20 minutos que a monitora despende à procura de uma lança em cada troca de diâmetro.

A medida não implica qualquer custo, pois o departamento de ferramentaria da Hutchinson já possuía lanças em *stock*.

6- Barra na prensa PSL0032

Todas as máquinas possuem sensores de segurança que se certificam que nenhum operador esteja perto da máquina durante a operação. No caso da PSL0032, existem dois sensores colocados verticalmente nas barreiras de proteção e uma barra de proteção visível na Figura 43.

As medidas de segurança tornam a mudança de *setup* mais fatigante para os operadores mais pequenos, devido à dificuldade em chegar ao orientador de cima, como mostra na Figura 43.



Figura 43- Dificuldade em chegar aos orientadores

No dia 2023-02-08, na PSL0032 a operadora (mulher com 1,55m) demorou 00:01:02 para desmontar e montar o orientador de cima. Com a eliminação da barra, estima-se uma redução para 00:00:45, em virtude de o aumento da acessibilidade apesar do trabalho ser o mesmo. A remoção da barra foi feita com o auxílio dos técnicos de melhoria contínua da empresa, logo não foi necessário qualquer tipo de custo financeiro.

7- Movimentação das mesas BRD e da DIV195

Como já referido anteriormente, as mesas de embalagens (mesas BRD) são mesas pesadas e de difícil movimentação sendo necessários sempre 3 operadores.

A mesa DIV195 é uma mesa que contém uma máquina usada apenas quando é necessário produzir a referência T.71104 (referência que se produz juntamente com outras). Apesar de ser mais leve, são necessários normalmente 2 operadores para o transporte desta máquina.

De modo a facilitar a movimentação das mesas, foram substituídas as rodas como se confirma na Figura 44.

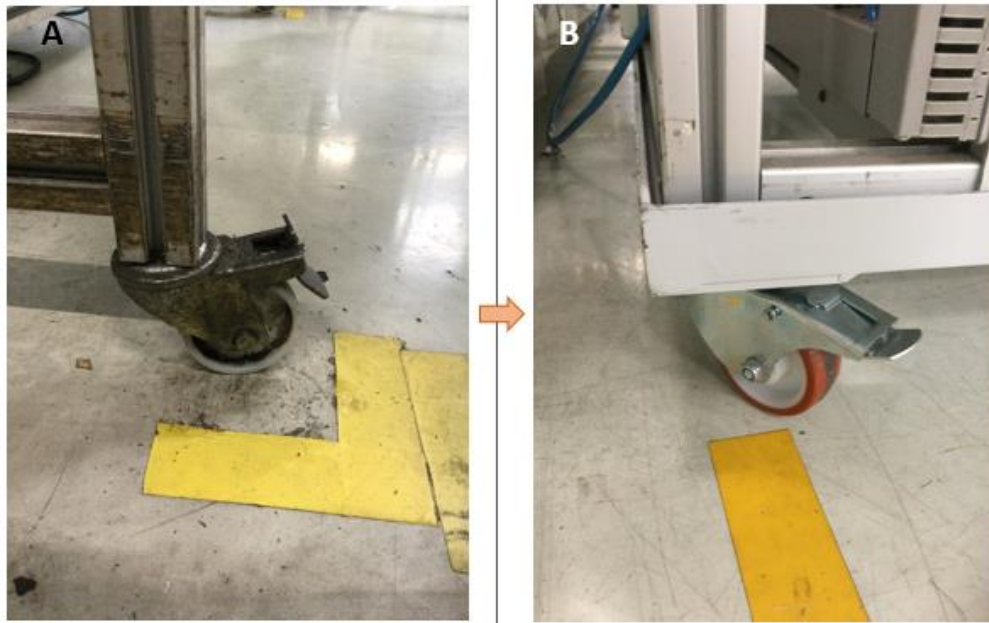


Figura 44- Substituição das rodas das mesas móveis. A - Antes. B - Depois.

Para concretizar a medida de melhoria foi necessário recorrer novamente a um serviço externo, parceiro da Hutchinson. No total, a substituição de todas as rodas ficou por um custo de 120€.

Com a substituição das rodas, o tempo que demora no transporte é o mesmo devido a efetuarem o transporte ao mesmo ritmo, no entanto apenas foi necessário 1 operador para o transporte da mesa, como se confirma na Tabela 14.

Tabela 14- Tempo médio de substituição de mesa de embalagem comparação

Operação	Operadores antes	Tempo total antes	Operadores depois	Tempo total depois
Desconectar mesa da referência antiga	2	00:06:24	2	00:06:24
Transporte da mesa antiga	3	00:04:15	1	00:01:25
Transporte da mesa nova	3	00:04:15	1	00:01:25
Conectar mesa da referência nova	2	00:06:24	2	00:06:24
Total	-	00:17:03	-	00:15:38

Na máquina DIV195 também foi possível reduzir o número de operadores necessário para a sua movimentação. Inicialmente eram necessários 2 operadores, mas com as novas rodas apenas passou a ser necessário 1 operador.

8- Organização de parafusos

É comum a procura de parafusos nas mudanças das prensas PSL. Os parafusos estavam colocados todos numa caixa juntamente com outro tipo de material. O facto de estar tudo misturado dificultava a procura pelo parafuso correto. Para além disso, a caixa estava localizada num local alto e de difícil acesso.

Na Figura 45, é visível no lado esquerdo a reduzida dimensão da caixa de parafusos e o seu difícil acesso. Foi então implementada uma chapa com furos para facilitar a organização dos parafusos. A caixa que antes era ocupada com tudo, foi situada ao lado da chapa de fixação dos parafusos para colocar outros componentes que não sejam parafusos.

Para facilitar a acessibilidade, os suportes (chapa + caixa) foram colocados pendurados numa rede de uma curvadora que está no meio das duas prensas PSL, facilitando o acesso.

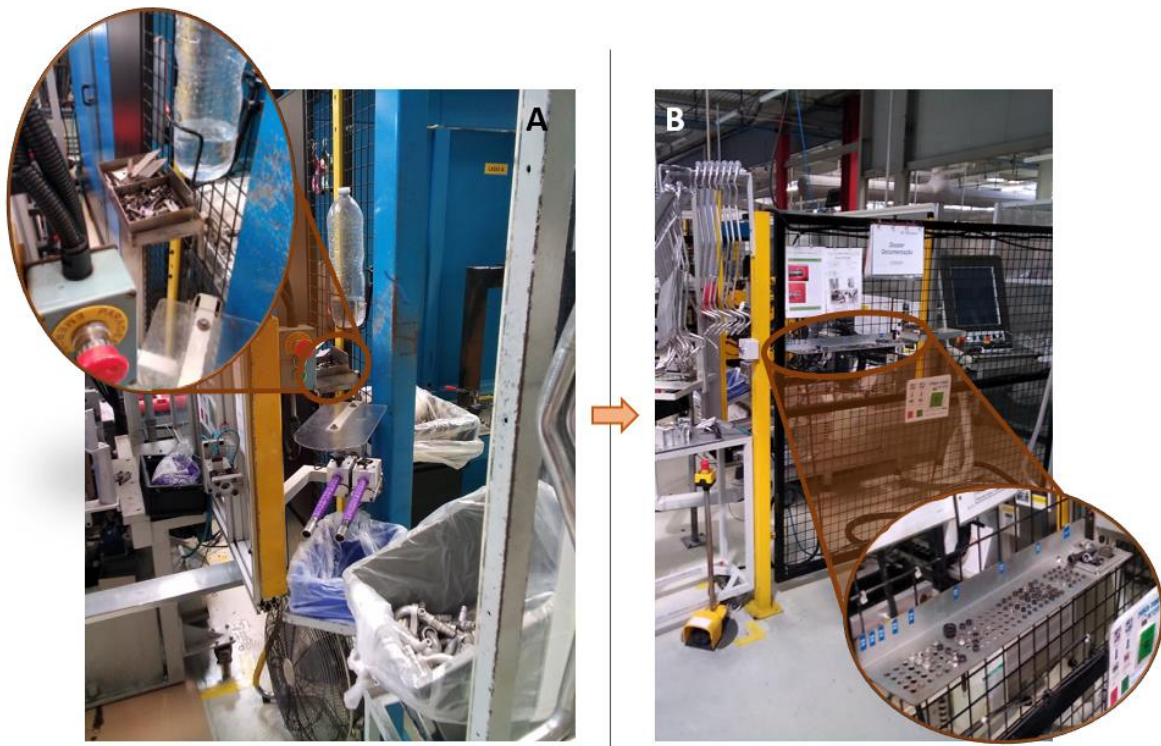


Figura 45- Novo suporte de parafusos. A-Antes. B-Depois.

As chapas de parafusos implementada foi reutilizada de outra linha que já não necessitava, levando assim a mais uma medida sem qualquer tipo de custo.

Na PSL0031 foi necessário (no dia 2023-02-08) 00:10:25 para transporte e procura de parafusos, como consequência de enganos na escolha dos parafusos e dificuldade em encontrá-los na caixa. Com o novo suporte de parafusos, prevê-se uma redução para 00:03:00.

9- *Standard de setup*

Com o objetivo de reduzir variações e inconsistências que levam à desorganização durante a mudança de referência, foi estabelecido um conjunto de regras e procedimentos, nascendo assim o *standard de setup*. Durante as mudanças de referência rápidas, foi observado uma melhor organização e sinergia entre operadores o que não demonstra a necessidade do *standard*. Assim, a folha com a organização de *setup* irá ser apenas útil em mudanças de diâmetro.

Atualmente na linha, as atividades externas consistem maioritariamente em transporte de material. Devido a limitações de espaço não será possível fazer todas as atividades externas antes da máquina parar, ou seja, não é possível trazer para perto da máquina todo o material necessário para a próxima referência. No entanto, são possíveis atividades em paralelo. Assim, o “*standard de*

setup” irá ter o objetivo de tornar o maior número de atividades de *setup* em atividades em paralelo e eliminar as outras atividades não necessárias para a mudança de referência, como é apresentado na Figura 46.

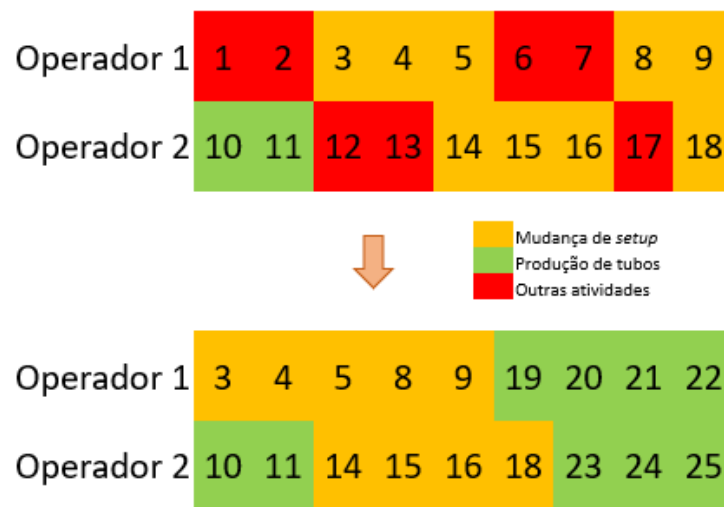


Figura 46- Objetivo do *standard* de *setup*

O *standard* desenvolvido inicialmente não contém *checklist* de ferramentas necessárias, uma vez que foi aplicado a todas as mudanças de diâmetro. Futuramente, irão ser desenvolvidos novos *standards* (para cada referência de mudança de diâmetro), cada um com uma *checklist* de ferramentas e materiais, de modo a melhorar ainda mais a organização.

Durante a realização do *standard* foi necessário ter em mente que:

- Há máquinas que demoram mais que as outras numa mudança de diâmetro. Devem ser alocados mais operadores às máquinas mais morosas de forma a existir mais tarefas em paralelo;
- A mudança de *setup* ocorre no lado da alta pressão e no lado de baixa pressão. Os trabalhadores devem conseguir levar a mudança ao par, ou seja, evitar avanços no lado de alta pressão quando o de baixa pressão está atrasado, por exemplo;
- No final da mudança de referência, os primeiros operadores a acabarem as suas atividades devem ir avançando com a produção no início da linha;
- O operador não deve saltar a máquina que está a fazer o *setup* sem o finalizar primeiro ou deixar um outro operador responsável de acabar a mudança;
- O *standard* tem de ser específico o suficiente para os operadores e preparadores saberem que operações executar, mas também vago o suficiente para ser aplicado nas diversas mudanças de diâmetro;
- O *standard* de *setup* foi feito com consulta aos tempos do dia 2023-02-08 (dia com análise por máquina e mudança de diâmetro). Os operadores da cabine de testes (CAB) e mesa de embalagem (BRD) não foram incluídos, pois são as últimas máquinas a acabar de produzir e o *setup* delas é rápido comparativamente às restantes máquinas.

No Apêndice C, é descrito a ordem de tarefas a seguir. O *standard* inicia-se com 6 operadores (número mais comum de operadores) a trabalhar na referência *high-runner* (T.78489) como se confirma na Figura 47. Entre cada posto é acumulado WIP (*work in progress*), tal acontece devido aos diferentes tempos de atividade de cada posto de trabalho. O WIP deve ser usado antes de trocar para outra referência.

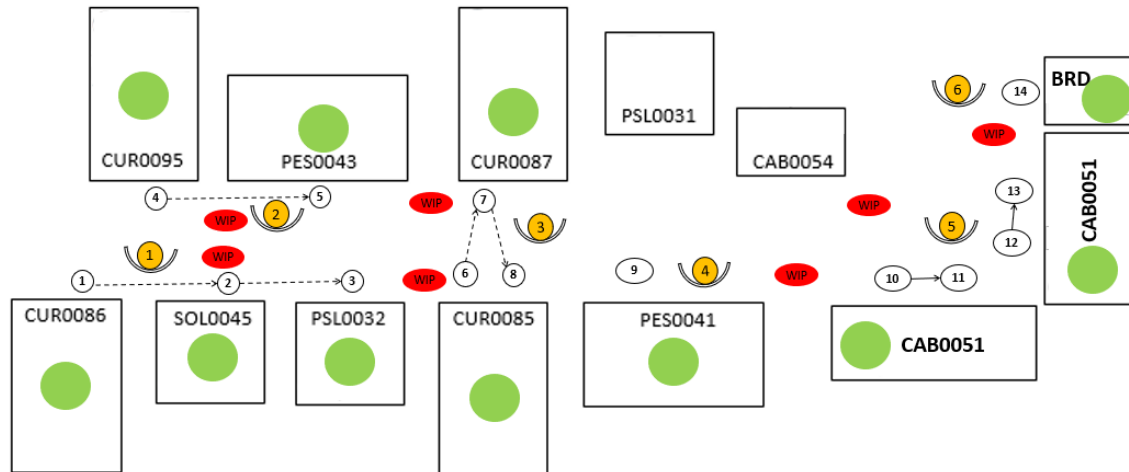


Figura 47- Layout de trabalho (referência T.78489)

Todo o *setup* é resumido em 19 etapas. A ordem das etapas foi definida com base nos tempos do dia 2023-02-08. Em alguns casos, a ordem pode ser alterada desde que se mantenham as operações atribuídas a cada operador. Cada operador pode ser:

- Oficial: Encarregue de liderar a montagem e desmontagem da máquina;
- Ajudante de oficial: Ajuda a montar e desmontar;
- Transportador: Encarregue de trazer e arrumar todo o material necessário.

O oficial deve preocupar-se só com a montagem e desmontagem da máquina e receber apoio de alguém para lhe fornecer e arrumar o material. Caso não aconteça, deve ele próprio trazer o material necessário. O oficial deve deixar sempre as operações externas para último, já que se prevê a ajuda de outros operadores.

Na Figura 48, é visível todos os operadores e preparadores numa folha de combinação de tarefas. Na folha estão sublinhadas com diferentes cores as funções que cada pessoa desempenha. A tabela de combinação de tarefas completa de cada operador está presente no Apêndice C desde a Figura 98, até à Figura 103.

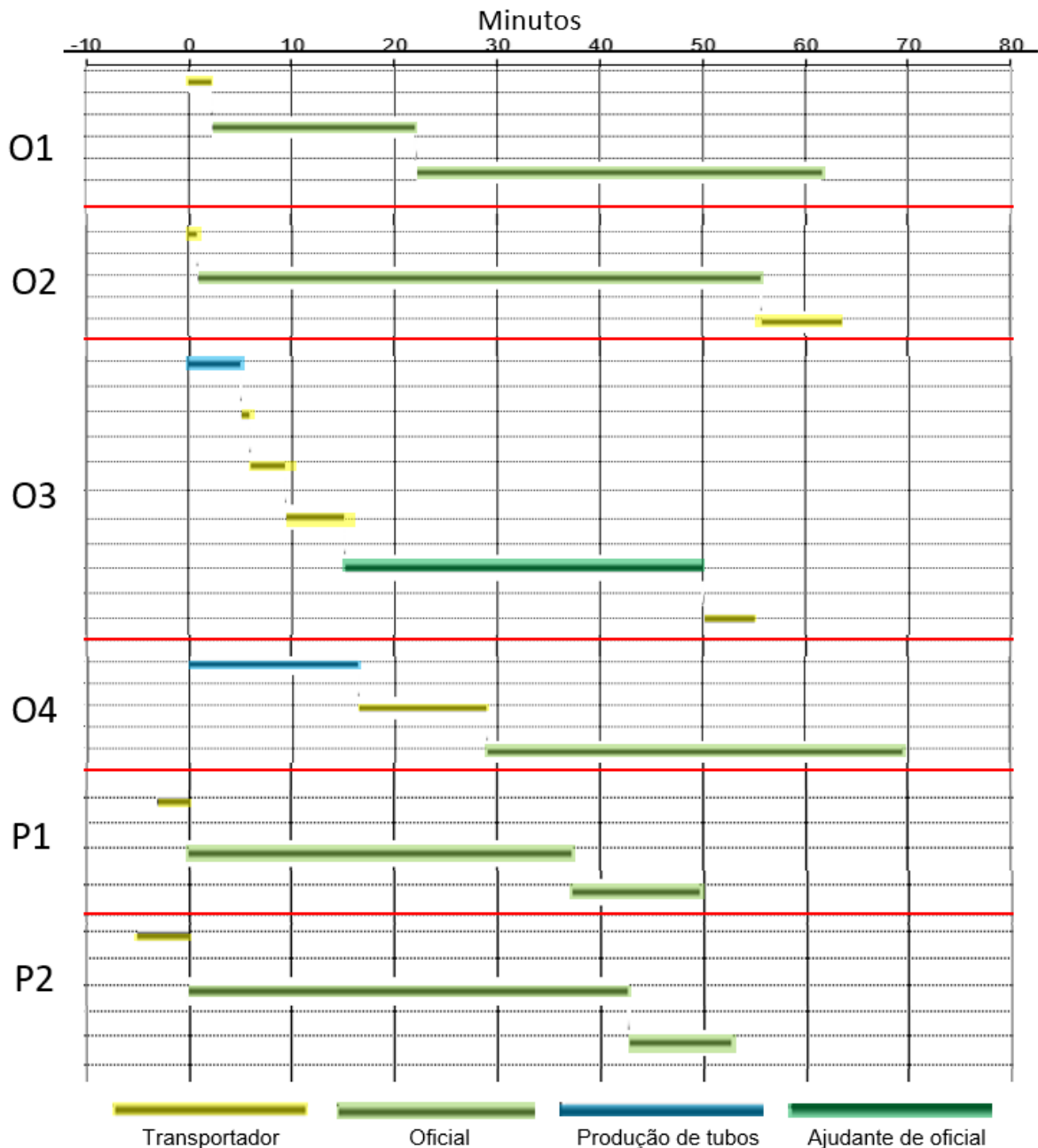


Figura 48- Todos os operadores e preparadores numa tabela de combinação de tarefas

Com uma correta organização das tarefas atribuídas a cada operador de forma a criar o máximo de atividades em paralelo possível e a eliminar as restantes atividades não relevantes à mudança de referência, obtêm-se uma mudança de *setup* com cerca de 70 minutos (como já dito anteriormente, os tempos considerados para o standard foi do dia 2023-02-08 que teve uma mudança de referência de 01:59:00).

A Figura 49 apresenta uma análise por operador consoante a máquina a ser mudada, ao contrário da análise feita no subcapítulo 3.3.3 em que realçava o tipo de atividade. Com isto, procura-se realçar a quantidade de atividades em paralelo que são realizadas simultaneamente por operadores diferentes, na mesma máquina.

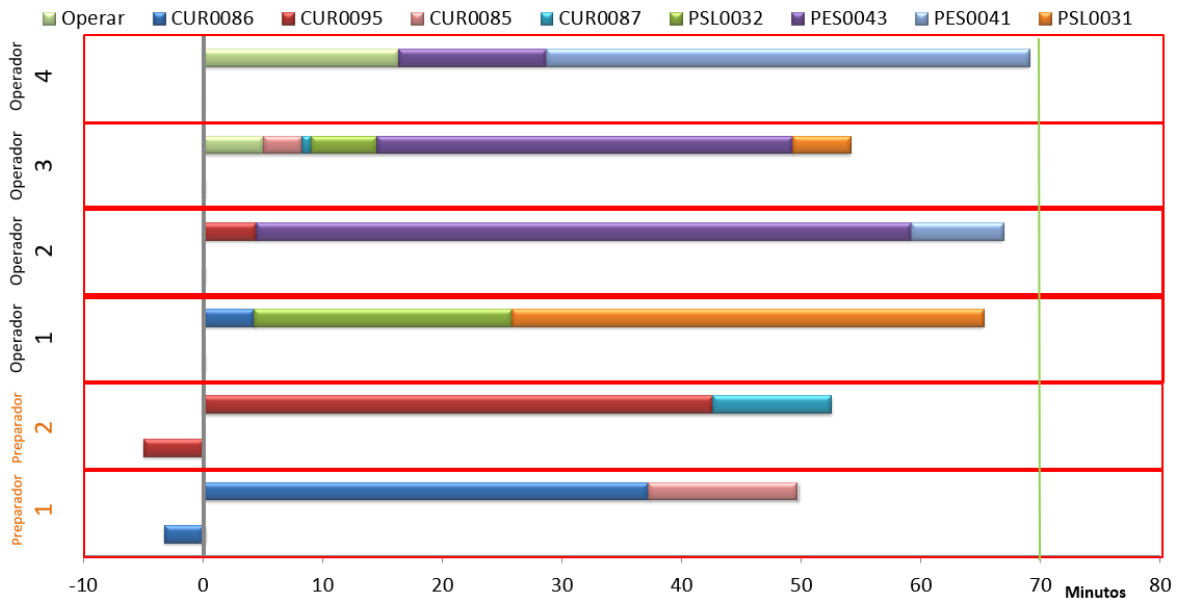


Figura 49- Análise por operador com organização do standard

3.4.2. Outras melhorias

10- Alavanca da BRD0100

Na BRD0100, uma das máquinas de embalagem, foi reportado pelo operador, dificuldade em trabalhar na máquina devido a um manípulo de acionamento da máquina. O manípulo original da máquina partiu e foi substituído por um ilustrado na Figura 50 (lado esquerdo). Este manípulo dificulta o encaixe e desencaixe dos tubos na mesa de embalagem. Com este manípulo há uma estimativa de 2 segundos de aumento em cada conjunto de peças para a referência T.78583, sendo que de vez em quando (1 em cada 6), o tempo é maior (podendo chegar aos 10 segundos).

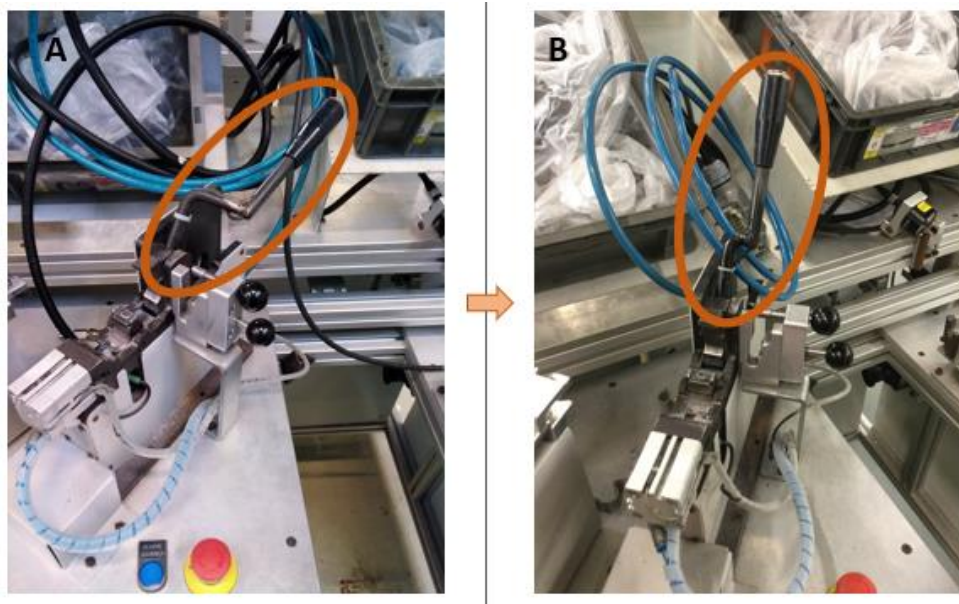


Figura 50- BRD100 alteração alavanca. A - Antes. B - Depois.

Foi necessário recorrer ao parceiro externo da Hutchinson que implementou esta medida com um custo de 60€.

11- Folha de preparação

No dia 2023-02-22 (1º dia analisado na análise por operador) é relatado a dificuldade que um preparador teve na montagem de uma curvadora por não encontrar a folha de preparação da referência. Posteriormente, foi verificado que essa folha para a referência em questão não tinha sido feita. O departamento de engenharia da Hutchinson foi notificado e foi criada uma folha de preparação para a referência em falta (T.78401). Na Figura 51, está presente um exemplo de uma ficha de preparação da referência F94319373.

PREPARADOR:		MÁQUINA Nº	CUR0100	LINHA:	AA23			
REFERÊNCIA:	F94319373	PROGRAMA:	F94319373	DATA:				
		DIÂMETRO	P. RECTA	RAIO	REF. FERRAMENTAS			
TORRE 1	MATRIZ	19	20	31	Orientador			
	BLOCAGE	19	20					
TORRE 2	TOP GUIA	19	48					
	MATRIZ	19	17	31				
TORRE 3	BLOCAGE	19	17					
	TOP GUIA	19	78					
TORRE 4	MATRIZ	19	5	31				
	BLOCAGE	19	5					
	TOP GUIA	19	85					
	MATRIZ	19	5	31				
	BLOCAGE	19	5					
	TOP GUIA	19	85					
PIÑAS	REFERÊNCIA	DIÂMETRO	P. RECTA	Nº (2/3)		FLANGE / CASQUILHO		
		18				CASQUILHO		
ORIENTADOR	REFERÊNCIA	BRASO / MATRIZ				VEL. DERRAMA E AQUECIMENTO		
		NA				80% X		
TOP	REFERÊNCIA	DIÂMETRO	P. RECTA		80% Y			
					80% Z			
	X / Y	Y / B	Z / C	TORRE	S. CARGA	P. Intern	LONG. TUBO	399
1							TUBO EM PINÇA	
2							X.POS. CARGA	390
3							UTILAJE Nº	
4							PCXM	
5							X.POS. DESCARGA	
6							CICLO GUIA TUBO	
7							COD. CICLO	
8							POS. REPOSO	390
9							STOP PROG.	
10							DISTÂNCIA BLOCAGE	
11							DISTÂNCIA GUIA	
12							MÃO. ESQUERDA	x
13							MÃO. DIREITA	
14							KAX / KAXM	
15							MED. VÁLVULA 1	
16							MED. VÁLVULA 2	
17								
18								
19								
20								
PROGRAMA ISO								
Programa: [REDACTED] Localização: [REDACTED]								

Figura 51- Exemplo de folha de preparação

12- Cabine de testes

Como já foi anteriormente referido, existem situações pontuais em que é necessário procurar os colocadores em várias linhas. Enquanto se estava a analisar os colocadores em falta, foram detetados um elevado número (mais de 10) que estavam avariados. A reparação dos colocadores danificados não foi executada devido à inexistência de material por parte dos fornecedores.

De forma a conservar os colocadores atuais e a não estragar os futuros colocadores a serem usados, foi proposta uma sugestão de colocar dentro da cabine uma chapa que irá fixar os colocadores. Esta ideia já está a ser colocada em prática em linhas novas. Com a chapa de fixação, não irá haver movimentos dos colocadores até que seja preciso trocar para outra referência. A chapa de apoio irá aumentar a vida útil dos colocadores e diminuir o risco de lesão nos pulsos dos operadores (devido aos movimentos repetidos e esforço exigido).

Na Figura 52, é ilustrada no lado esquerdo a situação atual sem qualquer tipo de chapa de apoio e no lado direito uma foto de uma cabine de testes de uma linha nova (linha AA31).

Apesar de não ter sido dado seguimento a esta medida durante a realização da dissertação, considera-se que os departamentos internos da empresa a consigam aplicar sem qualquer custo.

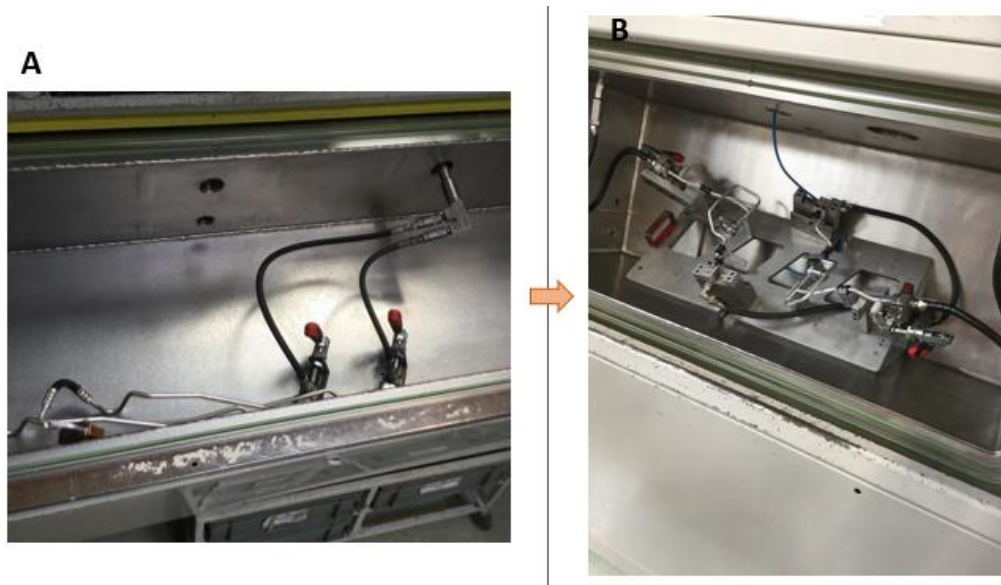


Figura 52- Proposta de melhoria para os colocadores da cabine de testes. A - Antes. B - Depois.

13- Troca de uma peça da PSL0032

No decorrer da produção do tubo T.78489 reparou-se que na PSL0032, durante a prensagem, uma das partes do tubo era forçado contra a segurança da prensa. Este encosto provocava desgaste na peça da prensa e afetava a qualidade do tubo. Como tal, foi feita uma ação, com a colaboração dos desenhadores da Hutchinson, onde foi suprimido uma parte da segurança (parte tracejada a laranja) de modo ao tubo não bater, como se verifica na Figura 53.

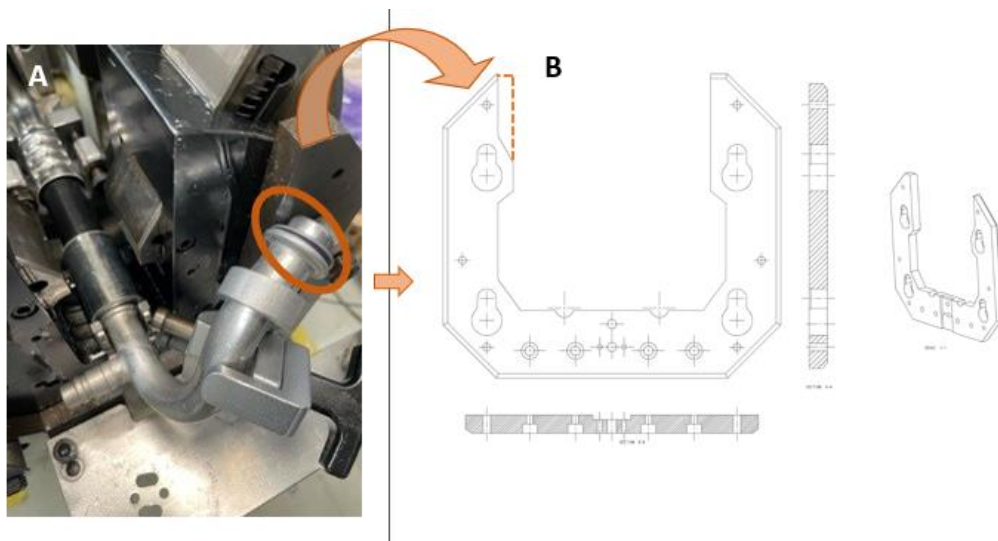


Figura 53- Alteração da PSL0032. A - Antes. B - Depois.

3.4.3. Melhorias que implicam investimento financeiro considerável

Neste subcapítulo são sugeridas propostas para melhorar o tempo de *setup*, que já iriam implicar um investimento bastante considerável por parte da empresa. As medidas de melhoria com investimento financeiro considerável, apesar de terem sido apresentadas aos responsáveis de linha, não foram colocadas em prática no decorrer do estágio devido ao processo moroso e ao preço. Os preços anunciados para cada medida são uma mera estimativa com base no histórico de compras da empresa e com base na experiência de colaboradores que já estiveram envolvidos em processos de compras. As previsões de tempos foram feitas, novamente, seguindo a análise do dia 2023-02-08 (análise por máquina com mudança de diâmetro).

14- Compra de mais conjuntos para as prensas PSL

Nas mudanças de diâmetro, para além dos orientadores é também necessário substituir os restantes componentes (segurança, top...). Se porventura, existisse um conjunto de ferramentas previamente montado onde os operadores apenas tinham de desencaixar um e colocar outro, iria reduzir 00:04:27 na PSL0032 e 00:08:55 na PSL0031, como se confirma na Tabela 15.

Tabela 15- Comparação de tempos da montagem das prensas PSL sem os orientadores

Máquina	Tempo antes	Tempo depois
PSL0032	00:08:27	00:04:00
PSL0031	00:12:55	00:04:00

Na Hutchinson, esta medida já é aplicada em certas linhas. Na linha AA04 (linha antiga da empresa) já existe uma prensa com os conjuntos das outras referências montadas e a um alcance fácil dos operadores, como se confirma na Figura 54, para a troca de referência ser o mais rápida possível. Os tempos anteriormente apresentados incluem o tempo de transporte do carrinho das peças para a prensa, pois se a medida for aplicada, os tempos de transporte seriam eliminados.

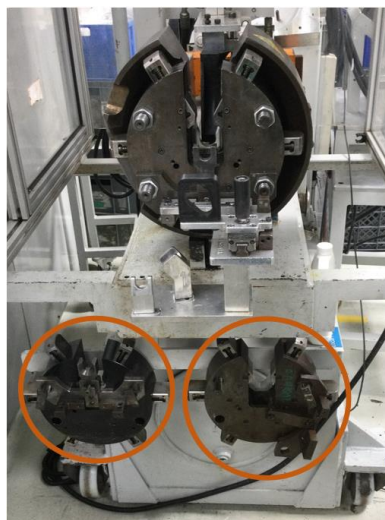


Figura 54- Prensa da linha AA04

No total, espera-se um investimento superior a 400€ para a concretização da medida na linha AA19.

15- Encaixes rápidos dos orientadores

A linha AA19 é composta por quatro prensas. Duas das prensas (PSL) têm dois orientadores, e as outras duas prensas (PES) têm três orientadores. Com a substituição dos parafusos por encaixes rápidos, iria ser poupado em média 00:03:30. Na Tabela 16, é possível observar a comparação dos tempos de montagem/desmontagem dos orientadores. Os tempos apresentados não estão a incluir o tempo de transporte dos orientadores visto que a medida de melhoria não interfere com os tempos de transporte.

Tabela 16- Comparação de tempos de montagem dos orientadores nas prensas

Máquina	Tempo antes	Tempo depois
PSL0032	00:06:18	00:01:45
PSL0031	00:02:39	00:01:45
PES0041	00:05:12	00:03:00
PES0043	00:09:20	00:03:00

No entanto, para ser possível a alteração nos orientadores era necessário estudar métodos de encaixe rápido e aplicá-los tanto nas prensas como nos próprios orientadores. No total era prevista uma quantia superior a 1 000€.

16- Redesenhar patas da prensa Riester

Como já abordado anteriormente, a prensa PES0043 (Riester) é o ponto fraco na linha devido ao elevado tempo de troca de ferramentas quando existe mudança de diâmetro. A troca das patas da prensa é o principal motivo para ser a máquina mais demorada.

No dia 2023-02-08 no total foi despendido 00:36:58 para a montagem e desmontagem dos componentes da prensa sem ser os orientadores (o tempo não inclui o tempo de testes e ajustes).

Se fosse possível implementar um encaixe rápido nas patas para ser mais fácil substituir ou, ainda melhor, desenhar os componentes de modo a ser possível a alteração de diâmetro sem retirar as patas, o tempo iria ser reduzido substancialmente para 00:07:00, com uma melhoria de 00:29:58. É importante ter em consideração que este tempo é o mais difícil de prever pois iria ser uma medida completamente nova na empresa, logo não há ninguém (nem os operadores mais experientes) que consiga dar uma estimativa de tempo correta.

Para esta medida ser possível é necessário primeiro pedir os desenhos do mecanismo da máquina ao fabricante para ser possível alterá-los. De seguida, era necessário estudar e efetuar as alterações necessárias. E por fim, iriam ser realizados testes e alterações antes da peça ser aplicável na linha.

Só o custo do pedido dos desenhos ao fabricante excede os 5 000€, logo esta alteração seria, sem dúvida, a mais cara.

17- Diminuir testes das curvadoras

Já foi ilustrado anteriormente que as curvadoras possuem um elevado tempo de testes, no entanto, são os preparadores que os fazem. Como os operadores estão ocupados em outras máquinas, a diminuição do tempo de testes das CUR só iria fazer com que estas permanecessem mais tempo paradas à espera de alguém para produzir tubos. No entanto, se forem implementadas as medidas previamente mencionadas neste capítulo, é essencial o tempo de testes das curvadoras diminuir.

Os preparadores para executar os testes à máquina têm de produzir um tubo e depois efetuar alterações no programa para conseguir obter a forma correta do tubo. Na maioria das trocas (cerca de 95% das trocas) é necessário modificar o programa devido a vários fatores:

- Variação do comprimento dos tubos proveniente dos processos anterior à curvadora
- Ferramentas desgastadas
- Qualidade do material

A qualidade do material depende do fornecedor. A variação do comprimento dos tubos depende essencialmente das máquinas de corte. Para diminuir a tolerância do comprimento era necessário comprar outro tipo de máquinas mais precisas e mais caras, ou alterar as máquinas atuais. Em ambos os casos o investimento financeiro seria superior a 3 000€.

A substituição das ferramentas desgastadas iria implicar um investimento de cerca de 700€.

Como se pode ver na Tabela 17, os tempos de testes das curvadoras variam muito. A variação dos tempos acontece porque as alterações que o preparador efetua no programa podem ser fáceis de concretizar ou podem ser mais complicadas. No entanto, é recorrente o tempo de testes demorar mais nas CUR0086 e na CUR0095 do que nas restantes.

Tabela 17- Comparação de tempos de teste das curvadoras

Máquina	Tempo antes	Tempo depois
CUR0086	00:33:11	00:03:37
CUR0095	00:31:02	00:03:37
CUR0085	00:06:19	00:03:37
CUR0087	00:03:37	00:03:37

3.4.4. Resumo das melhorias

No subcapítulo “Resumo das melhorias” é apresentada a Tabela 18 de modo a mostrar o ganho de cada medida referida anteriormente.

Tabela 18- Resumo das melhorias

Medida de melhoria	Investimento financeiro	Ganho
1- Estantes de <i>gabarits</i>	0€	Ganho médio de 00:04:40 por cada <i>gabarit</i> e diminuição de enganos nas mudanças de diâmetro.
2- Suportes de <i>gabarits</i> nas curvadoras	170€	Ganho médio de 00:00:15 por cada <i>gabarit</i> quando envolve a referência T.78489.
3- Estantes das ferramentas das curvadoras	0€	Ganho médio de 00:00:10 na montagem e desmontagem de ferramentas em 3 dos 5 preparadores.
4- Orientadores das prensas PSL e PES	0€	Ganho médio de 00:01:49 nas prensas e diminuição de enganos.
5- Lança de O-Rings	0€	Ganho médio de 00:20:00 à monitora que tinha de procurar lanças nas mudanças de diâmetro.
6- Barra na prensa PSL0032	0€	Ganho médio de 00:00:17 na montagem e desmontagem de orientadores nos operadores mais pequenos.
7- Movimentação das mesas BRD e da DIV195	120€	É apenas necessário 1 operador para o transporte das mesas em vez de 3.
8- Organização de parafusos	0€	Ganho médio de 00:07:25 na PSL0031 durante as mudanças de diâmetro.
9- <i>Standard de setup</i>	0€	Ganho médio de 00:49:00 nas mudanças de diâmetro.
10- Alavanca da BRD0100	60€	Ganho médio de 2 segundos no fabrico de cada peça para a referência T.78583.
11- Folha de preparação	0€	Evitar preparadores novos não saberem trocar a referência.
12- Cabine de testes	0€	Evitar tempo de procura de colocadores em certas trocas de referências.
13- Troca de uma peça da PSL0032	0€	Diminuir desgaste da peça e evitar problemas de qualidade do tubo.
14- Compra de mais conjuntos para a prensas PSL	>400€	Ganho médio de 00:06:41 na montagem/desmontagem das ferramentas das prensas PSL.
15- Encaixes rápidos dos orientadores	>1000€	Ganho médio de 00:03:30 na desmontagem/montagem dos orientadores de prensa.
16- Redesenhar patas da prensa Riester	>5000€	Ganho previsto de 00:29:58 a cada mudança de diâmetro na PES0043.
17- Diminuir testes das curvadoras	>3700€	Redução do tempo de testes das curvadoras para 00:03:37.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo do capítulo, são apresentados os resultados das medidas implementadas e das medidas propostas assim como a discussão das mesmas.

4.1. Apresentação de resultados

Depois das análises de dados, foram implementadas diversas medidas de melhoria com o objetivo de reduzir o tempo da mudança de *setup* e também melhorar a organização e condições de trabalho. Assim, neste capítulo, de forma a verificar o impacto das medidas previamente analisadas, os resultados irão ser aplicados no *setup* do dia 2023-02-08.

A Figura 55 apresenta o efeito da aplicação das medidas de melhoria no tempo de *setup*, sem investimento considerável.



Figura 55- Análise por operador com medidas de melhoria sem investimento financeiro considerável aplicáveis

Inicialmente, o tempo de máquina parada era elevado e foram detetadas inúmeras atividades não relacionadas com o *setup*. O tempo de *setup* reduziu de 01:59:00 para menos de 60 minutos com a organização do trabalho, das estantes e com outras medidas que não necessitaram investimento superior a 400€. Ou seja, o tempo inicial de troca de referência reduziu cerca de 50%.

Se, sem grande investimento financeiro, foi possível reduzir para metade o tempo de mudança de referência, será que, com investimento financeiro seria possível outra redução tão drástica? Para retirar a dúvida, foram analisadas as máquinas e criadas mais medidas de melhoria que já necessitam de um investimento superior a 400€. Logo após a criação das medidas e do estudo do custo de cada uma, fez-se outro gráfico por operador com o tempo previsto para a mudança de referência representado na Figura 56.

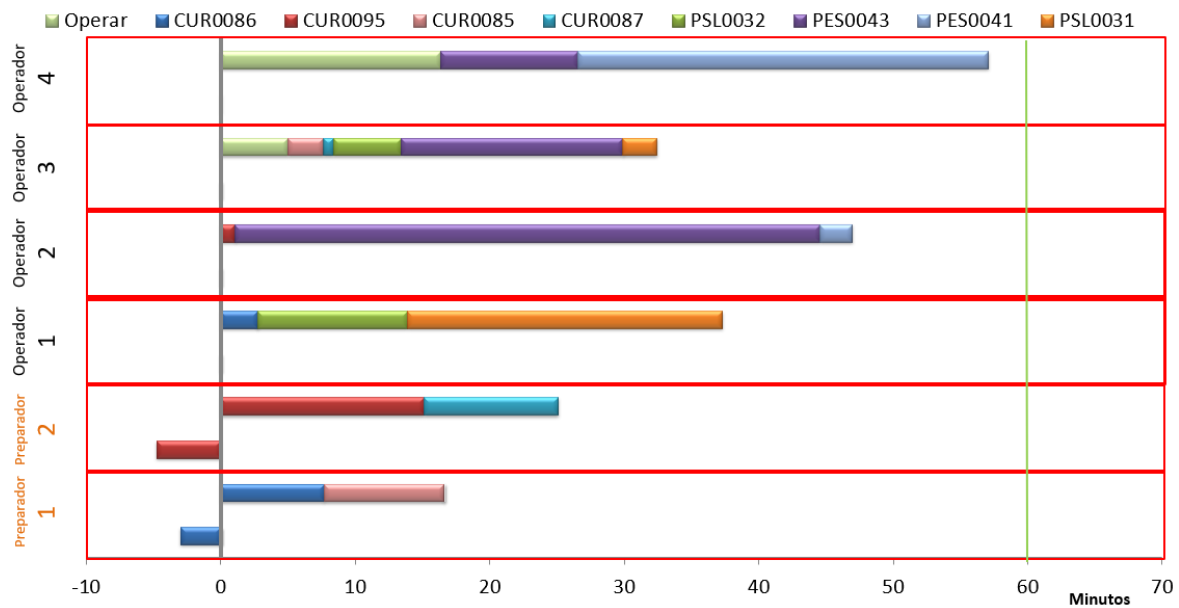


Figura 56- Análise por operador com medidas de melhoria com e sem investimento financeiro aplicáveis

Com um investimento superior a 10 100€ seria possível obter o cenário ilustrado na Figura 56. Apesar de o tempo do operador 4 não ser muito inferior ao cenário sem investimento financeiro considerável, os restantes operadores apresentam uma redução significativa de tempo gasto em troca de referências. A média de tempos das atividades dos operadores com as medidas mais caras é de 00:43:27. No entanto, esse tempo apenas seria possível se existisse um balanceamento perfeito, logo prevê-se uma redução de tempo para cerca de 00:45:00.

Todos os tempos apresentados como melhoria são tempos de previsões baseados nas análises por máquina. Na realidade, não se sabe ao certo o impacto de cada melhoria no tempo durante a troca de referências, tentando-se então saber se na prática estas medidas iriam ser tão impactantes como nas previsões. A resposta é dúbia. Os trabalhadores demoram a adaptar-se à maior parte das medidas de melhoria, logo, durante o período de habituação não se irão obter tantos benefícios como os esperados. Para além disso, após as filmagens, houve uma troca de turnos de 8h para 12h e troca de colaboradores. A rotatividade de trabalhadores fez com que a linha AA19 não ficasse com os operadores experientes que outrora tinha. A falta de operadores experientes fez com que os preparadores tivessem de ajudar a efetuar as mudanças de *setup* em mais máquinas do que anteriormente.

A alteração do método de trabalho dos preparadores fez com que o *standard* de *setup* não fosse totalmente compatível com o funcionamento atual da linha. Prevê-se que o funcionamento atual da linha seja apenas temporário enquanto os operadores não adquirem experiência suficiente para trabalharem na sequência anterior.

No início da parte prática da dissertação, foi apresentada uma imagem que exibia os tempos de mudança de referência antes de qualquer medida ser implementada (Figura 14). Foi efetuada a mesma pesquisa, depois das medidas estarem concretizadas e, apesar de todos os obstáculos, analisando os dados da plataforma de gestão de linha da Hutchinson, detetaram-se melhorias. Comparando os tempos da Figura 14 com os da Figura 57, nota-se uma diminuição dos tempos de mudança de referência.

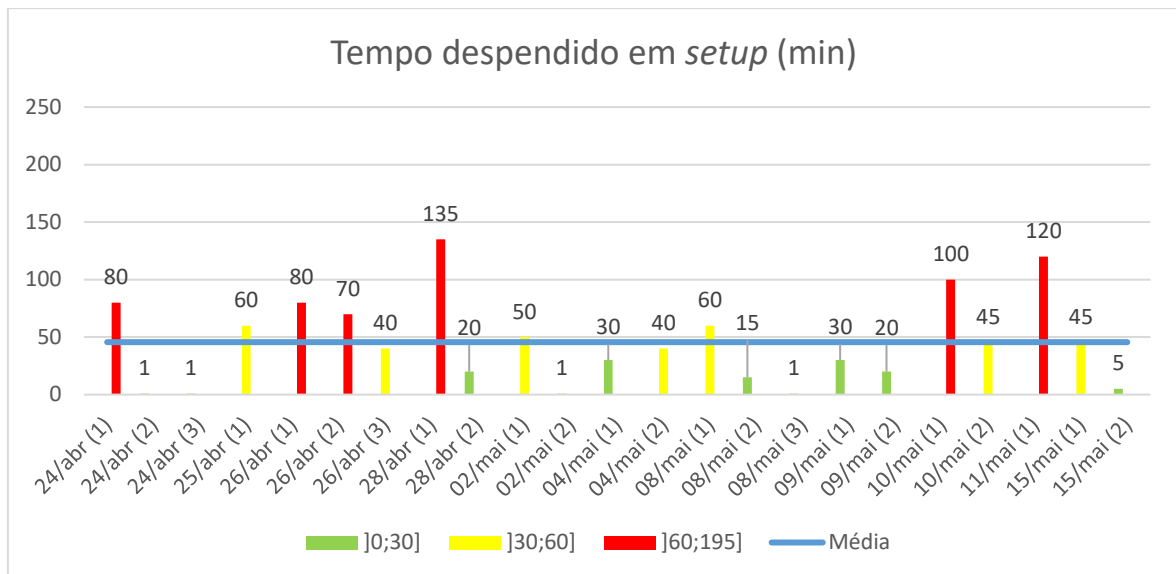


Figura 57- Mudanças de *setup* no período de 2023-04-24 a 2023-05-15

Como referido anteriormente, as trocas que demoraram apenas 1 min são mudanças rápidas, não tendo sido necessário mudar muitas máquinas nem tendo provocado impacto significativo na produção da linha.

Tanto na análise inicial como na final, em todos os intervalos de cores analisados, existia o mesmo número de *setups*. No intervalo]0;30] (verde) houve 10 mudanças, no intervalo]30;60] (amarelo) 7 e no intervalo]60;195] (vermelho) 6.

Em todos os intervalos de análise é visível a descida do tempo médio de *setup*, levando a uma média final 8 minutos inferior, como se comprova na Figura 58.

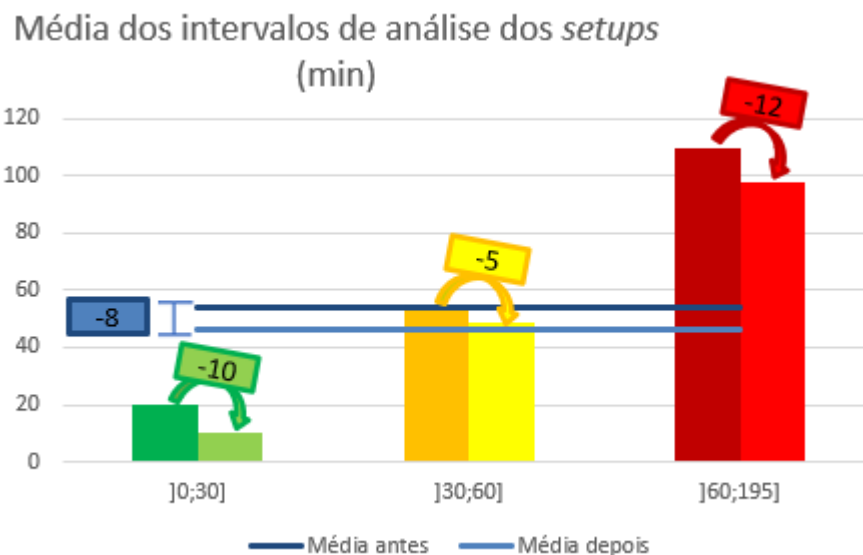


Figura 58- Comparação dos tempos de *setups* iniciais e finais

4.2. Discussão de resultados

Para obter os resultados anteriormente apresentados, foi seguida uma sequência de trabalho representada na Figura 59. A situação inicial é o estabelecimento do problema e a situação final é constituída pelos resultados obtidos.



Figura 59- Sequência de trabalho seguida

A sequência de trabalho apresentada não é regra e pode ser melhorada em vários aspetos.

A pesquisa teórica da dissertação é escassa nos métodos de análises dos casos práticos (método de análise por máquina e por operador). Inicialmente, foram realizadas análises que acabaram por não estar explícitas, não tendo sido usadas para o conteúdo da tese. Mais tarde, foram executadas as análises por máquina e por operador, cujo rigor fornecido foi suficiente para uma correta deteção dos problemas.

Quando se iniciou a recolha de dados, foram utilizados um caderno e um cronómetro, tendo-se compreendido, de imediato, que esses instrumentos eram inviáveis para anotar todas as operações que estavam a ocorrer em simultâneo. Com a utilização de uma câmara transportada ao longo da linha durante a realização de um *setup*, foi visível uma melhoria significativa na recolha de dados. No entanto, houve operações que escaparam ao óculo da câmara e, após o sucedido, concluiu-se que a linha possuía trocas de referência com um grau de complexidade elevado. Como solução, foram necessárias duas máquinas de filmar, tendo todas as análises anteriores sido eliminadas.

Com a remoção de alguns dados iniciais recolhidos, gravou-se o máximo de mudanças de *setup* possível de modo a recolher dados suficientes para uma análise precisa. Entre os dados recolhidos, verificou-se que certos estudos não forneciam conclusões significativas (exemplo do dia 2023-02-15, mudança simples de *setup*). Assim, pensa-se que com uma melhor seleção dos dias, seria possível analisar mais trocas de referência complexas, capazes de dar visibilidade a problemas ainda não detetados.

As análises por operadores são úteis para perceber a organização de atividades de cada colaborador. No entanto, uma só análise de um só dia em que existisse uma mudança de diâmetro seria suficiente para tirar as conclusões necessárias. A análise por operador também poderia ter sido feita num dia em que já tivesse sido executada a análise por máquina.

Pelo contrário, a análise por máquina foi crucial para a previsão de tempos de melhoria, logo deveria ter sido elaborada mais uma análise por máquina num dia em que existisse mudança de diâmetro.

Ambas as análises foram efetuadas com a maior precisão conseguida, até ao segundo da operação. Todavia, a análise por operador não tinha necessidade de ser tão rigorosa, podendo ter sido feita com a precisão de minutos poupando tempo de análise.

As propostas de melhoria foram desenvolvidas com base na análise dos tempos, da linha e também através da comunicação com os colaboradores. Uma melhor comunicação (através de mais reuniões) com os operadores de linha seria vantajosa, visto que permitiria a criação de diferentes medidas de melhoria.

5. CONCLUSÃO

No capítulo 5 serão apresentadas as conclusões do trabalho realizado, ou seja, será efetuada uma análise crítica desde a revisão bibliográfica até à apresentação dos resultados. No final, são discutidas as limitações do estudo bem como as melhorias futuras.

5.1. Conclusões finais

O trabalho foi realizado na empresa Hutchinson que produz tubos de ar condicionado para a indústria automóvel. A dissertação teve como foco a melhoria dos tempos de *setup* de uma linha de produção, a linha AA19.

Inicialmente, foi elaborada a revisão de literatura onde se estudaram vários conceitos e também foram analisados diferentes casos práticos com o mesmo objetivo, de forma a perceber a metodologia e a sequência de passos usados. O estudo da literatura criou bases que foram fundamentais para uma melhor análise dos dados e criação de medidas de melhoria.

Os *setups* da linha AA19 são constituídos por trocas de referência com e sem mudanças de diâmetro. As referências novas que entraram em produção e que possuíam diâmetro diferente das referências anteriores, provocavam uma demora média de cerca de 120 min de *setup*. Nas trocas que não envolveram mudança de diâmetro, o *setup* demorava em média menos de 45 min. A média global de *setups* era de 54 minutos.

Duas câmaras de filmar foram necessárias para a recolha de dados, em virtude da complexidade das trocas de referência. Posteriormente, foram feitas análises por máquina em 5 dos 7 dias filmados de *setup* e os últimos 2 dias foram analisados por operador. A análise por máquina consiste em observar máquina a máquina todos os passos dados por várias pessoas. A análise por operador consiste em visualizar operador a operador todos os passos que são realizados nas diferentes máquinas.

As primeiras medidas de melhoria implementadas foram medidas de organização de estantes de vários componentes (5S), que resultaram numa redução de, em média, 5 min por medida (previsão feita com base nos tempos analisados).

As mudanças de diâmetro eram mais demoradas, devido à desorganização de várias estantes, mas principalmente à dos trabalhadores envolvidos. Com o objetivo de diminuir a desorganização dos operadores durante as mudanças mais complexas (mudanças de diâmetro), foi elaborado um *standard* de *setup*, definido através de regras e procedimentos a cumprir por cada colaborador durante a troca. A elaboração de um *standard* resultou numa diminuição de 49 minutos nas trocas de diâmetro, tendo revelado ser a medida de maior impacto.

As medidas anteriormente expostas foram implementadas com um investimento financeiro total inferior a 400€ e resultaram numa diminuição em 50% do tempo de *setup* nas mudanças de diâmetro, de 01:59:00 para 01:00:00 (previsão feita com base nos tempos analisados).

Outras medidas de melhoria para a linha não relacionadas com trocas de referência foram implementadas. Estas medidas resultaram de observações durante as filmagens e sugestões dos colaboradores de linha. Posteriormente, foram estudadas medidas que implicavam investimento

financeiro considerável (cada medida com valores superiores a 500€). Com um largo investimento económico (superior a 10 100€) prevê-se uma diminuição de 01:00:00 para 00:45:00 (previsão feita com base nos tempos analisados).

As análises por máquina foram cruciais para prever os resultados das medidas implementadas e para elaborar o *standard* de *setup* graças à precisão da cronometragem de cada operação. As análises por operador foram importantes para compreender o nível de desorganização das atividades durante a troca de referência.

A ferramenta SMED revelou-se essencial para delinear o trajeto a seguir ao longo da dissertação, desde a recolha de dados e divisão do tipo de operações até à implementação das medidas. As primeiras medidas tiveram como base os 5S, tornando os postos de trabalho mais organizados. Aliado ao SMED e aos 5S esteve o trabalho *standard*, rentabilizando o tempo de cada colaborador através da eliminação de atividades não relevantes ao *setup*, que se focou na sinergia e trabalho de equipa.

A nível global, não foi possível verificar se as medidas tiveram o impacto previsto na diminuição dos tempos de *setup*, todavia, segundo a plataforma de gestão da empresa, o tempo de troca teve uma redução média de 8 min, atingindo assim os objetivos inicialmente estabelecidos.

5.2. Limitações e trabalhos futuros

O *standard* de *setup* desenvolvido é genérico e aplicado a todas as mudanças de diâmetro. Futuramente devem ser criados *standards* para cada referência de mudança de diâmetro, cada um com a sua *checklist* de ferramentas e materiais necessários de forma a melhorar a organização. No entanto, após a recolha de dados, houve uma troca de turnos e de horários. A alta rotatividade de colaboradores levou à falta de operadores experientes na linha, o que fez com que o método de mudança de *setup* dos preparadores fosse alterado. Estas mudanças fizeram com que o *standard* de *setup* desenvolvido não fosse compatível, não levando aos benefícios previstos. Todavia, prevê-se que o funcionamento atual da linha seja apenas temporário, voltando depois à organização que estava durante as análises. Porém, não é conhecido o tempo que vai ser necessário para regressar à sequência de trabalho antiga, logo a prioridade é a elaboração de um *standard* de *setup* para as condições temporárias, desenvolvido com base no já apresentado. Adicionalmente, ambos os *standards* deverão ser desenvolvidos para 5 e 7 operadores, de modo a contemplar possíveis variações de operadores na equipa.

Um estudo mais preciso dos custos das medidas que exigem investimento financeiro considerável é também uma medida a ser realizada. Para acelerar o processo de aprovação das medidas mais caras, deve ser efetuado um estudo mais preciso integrando o tempo previsto do retorno do investimento, através de contactos com vários fornecedores e opinião de vários desenhadores e engenheiros da Hutchinson.

Apesar de não contribuir diretamente com os tempos de *setup*, existem ainda várias medidas que podem ser aplicadas nas máquinas para melhorar a organização e o ritmo de produção, nomeadamente um local próprio para colocar as peças defeituosas da máquina PES0041, e a alteração de um interruptor da CUR0095.

Independentemente das limitações que possam surgir, é essencial continuar a procurar possíveis pontos de melhoria e a diminuir os obstáculos de modo a contribuir para o alcance do sucesso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alimari, A., Boufaroua, M., Dhehibi, B., Al-Dadah, J. Y., Al-Sbaihi, H., Sharekh, Y. A., & Houshia, O. J. (2013). *Performance Indicators for Wastewater Reuse Systems in Gaza Governorates*.
- Azevedo, J., Sá, J. C., Ferreira, L. P., Santos, G., Cruz, F. M., Jimenez, G., & Silva, F. J. G. (2019). *Improvement of Production Line in the Automotive Industry Through Lean Philosophy. International Journal of Industrial Engineering and Management Science*, 1(2), 45-58.
- Clements, E. J., Sonwaney, V., & Singh, R. K. (2018). Measurement of overall equipment effectiveness to improve operational efficiency. *International Journal of Process Management and Benchmarking*, 8(2), 246. <https://doi.org/10.1504/ijpmb.2018.10010267>
- Coutinho, C. P., Sousa, A., Dias, A., Bessa, F., Ferreira, M. J., & Viera, S. (2009). *Investigação-Ação: Metodologia Preferencial nas práticas educativas*.
- Cristóvão, M. (2014). Análise e otimização de uma linha de produção. *Revista de Engenharia Industrial*, 12(1), 45-58.
- Dailey, K. W. (2003). *The Lean Manufacturing Pocket Handbook*. DW Publishing.
- Dias, P. (2018). Análise e melhoria de uma linha de produção na indústria automóvel. *Revista de Engenharia Industrial*, 16(2), 78-91.
- Earley, J. A. A. (2016). *The Lean Book of Lean - A Concise Guide to Lean Management for Life and Business*. Wiley.
- Feld, W. M. (2001). *Lean Manufacturing: Tools, Techniques, and How To Use Them*. CRC PRESS.
- Fitz-Gibbon, C. T. (1990). *Bera Dialogues: Performance Indicators. Educational Leadership*, 47(6), 48-50.
- Garcia-Garcia, G., Singh, Y., & Jagtap, S. (2022). Optimising Changeover through Lean-Manufacturing Principles: A Case Study in a Food Factory. *Sustainability (Switzerland)*, 14(14). <https://doi.org/10.3390/su14148279>
- Grout, J. R., & Toussaint, J. S. (2010). Mistake-proofing healthcare: Why stopping processes may be a good start. *Business Horizons*, 53(2), 149–156. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2009.10.007>
- Hicks, B. J. (2007). Lean information management: Understanding and eliminating waste. *International Journal of Information Management*, 27(4), 233–249. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2006.12.001>
- Hutchinson. (2022a). *About Us - Hutchinson*. <https://www.hutchinsoninc.com/about-us/>
- Hutchinson. (2022b, Outubro 31). *History | Hutchinsoninc*. <https://www.hutchinsoninc.com/history/>
- Hutchinson. (2022c, Outubro 31). *Locations*. <https://www.hutchinson.com/en/our-locations?page=0&country=&activity=>
- Hutchinson. (2022, Outubro 31). *History | Hutchinson*. <https://www.hutchinson.com/en/our-history>
- Jiménez, M., Romero, L., Domínguez, M., & Espinosa, M. del M. (2015). 5S methodology implementation in the laboratories of an industrial engineering university school. *Safety Science*, 78, 163–172. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.04.022>
- Karwasz, A., & Chabowski, P. (2016). PRODUCTIVITY INCREASE THROUGH REDUCED CHANGE-OVER TIME. Em *Journal of Machine Engineering* (Vol. 16, Issue 2).
- Kelendar, H. (2020). Lean Thinking from Toyota Manufacturing to the Healthcare Sector. *Research in Medical & Engineering Sciences*, 8(5). <https://doi.org/10.31031/rmes.2020.08.000697>
- Krafcik, J. F. (1988). *Triumph Of The Lean Production System. Sloan Management Review*, 30(1), 41-52.
- Lander, E., & Liker, J. K. (2007). The Toyota Production System and art: Making highly customized and creative products the Toyota way. *International Journal of Production Research*, 45(16), 3681–3698. <https://doi.org/10.1080/00207540701223519>

- Lean Enterprise Institute. (2022, Outubro 31). *Lean Thinking and Practice*.
<https://www.lean.org/lexicon-terms/lean-thinking-and-practice/>
- Leanopedia. (2022, Janeiro 5). *Single Minute Exchange of Dies - Complete Guide*.
<https://leanopedia.com/single-minute-exchange-of-dies-the-complete-guide/>
- Leanproduction. (2021, Janeiro 5). *SMED (Single-Minute Exchange of Die)*.
<https://www.leanproduction.com/smed/>
- Liker, J. K., & Morgan, J. M. (2006). The toyota way in services: The case of lean product development. Em *Academy of Management Perspectives* (Vol. 20, Issue 2, pp. 5–20). Academy of Management. <https://doi.org/10.5465/AMP.2006.20591002>
- Melton, T. (2004). *To lean or not to lean?* *Harvard Business Review*, 82(2), 130-140.
- Neves, P., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Pereira, T., Gouveia, A., & Pimentel, C. (2018). Implementing Lean Tools in the Manufacturing Process of Trimmings Products. *Procedia Manufacturing*, 17, 696–704. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.119>
- Oliveira, J., Sá, J. C., & Fernandes, A. (2017). Continuous improvement through “Lean Tools”: An application in a mechanical company. *Procedia Manufacturing*, 13, 1082–1089. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.139>
- Oliveira, M. S., Moreira, H. D. A., Alves, A. C., & Ferreira, L. P. (2019). *Using Lean Thinking Principles To Reduce Wastes In Reconfiguration Of Car Radio Final Assembly Lines*. www.sciencedirect.com
- Pereira, A. M. H., Silva, M. R., Domingues, M. A. G., & Sá, J. C. (2019). Lean six sigma approach to improve the production process in the mould industry: A case study. *Quality Innovation Prosperity*, 23(3), 103–121. <https://doi.org/10.12776/QIP.V23I3.1334>
- Pinto, J. P. (2008). *Lean Thinking* Introdução ao pensamento magro. Comunidade *Lean Thinking*.
- Ram, G. B. (2017). *Improving the Performance by Lean Methodology*. www.ijert.org
- Rosa, C., Silva, F. J. G., & Ferreira, L. P. (2017). Improving the Quality and Productivity of Steel Wire-rope Assembly Lines for the Automotive Industry. *Procedia Manufacturing*, 11, 1035–1042. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.214>
- Rother, M. (2011). *The Improvement Kata*. http://www-personal.umich.edu/~mrother/The_Improvement_Kata.html
- Rybski, C., & Jochem, R. (2016). Benefits of a Learning Factory in the Context of Lean Management for the Pharmaceutical Industry. *Procedia CIRP*, 54, 31–34. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.05.106>
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System* (P. Press, Ed.). Portland, OR: Productivity Press.
- Silva, M. (2009). *Optimização dos Recursos em Armazém Aplicando a Filosofia Lean*.
- Sivaraman, P., Nithyanandhan, T., Lakshminarasimhan, S., Manikandan, S., & Saifudheen, M. (2020). Productivity enhancement in engine assembly using lean tools and techniques. *Materials Today: Proceedings*, 33, 201–207. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.010>
- Smalley, A. (2006). *Interview with Mr. Isao Kato: Shigeo Shingo influence on TPS*.
- Smalley, A. (2011). *A Brief History of Set-Up Reduction*.
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uchikawa, S. (1977). Toyota production system and kanban system materialization of just-in-time and respect-for-human system. *International Journal of Production Research*, 15(6), 553–564. <https://doi.org/10.1080/00207547708943149>
- T.P.S, Manual (1973), edited and annotated version- Mark Warren, 2017, acedido em 2023/06/07, https://paulakers.net/wp-content/uploads/dlm_uploads/2020/03/1973-TPS-handbook-Complete.pdf
- Ulutas Berna. (2011). An application of SMED Methodology. *International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering*, 5.
- Vieira, A. M., Silva, F. J. G., Campilho, R. D. S. G., Ferreira, L. P., Sá, J. C., & Pereira, T. (2020). SMED methodology applied to the deep drawing process in the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 51, 1416–1422. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.197>

- Womack, J.P., Jones, D.T., & Roos, D. (1990). *THE MACHINE THAT CHANGED THE WORLD*. 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>
- Zhang, A. (2014). Quality improvement through Poka-Yoke: From engineering design to information system design. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 8(2), 147–159. <https://doi.org/10.1504/IJSSCA.2014.064260>

APÊNDICE A

Tabela 19- Tempos da CUR0086 no dia 2023-02-08

Gráfico	Descrição	Porcentagem	Tempo
% <i>setup</i>	Nenhuma operação a ser feita	52%	00:49:07
	Tempo de <i>setup</i>	48%	00:46:08
Operações I ou E	Operações externas	9%	00:08:54
	Operações internas	39%	00:37:14
Operações P, M, T, B	Testes	35%	00:33:11
	Transporte	7%	00:07:18
	Montagem/desmontagem	4%	00:04:03
	Preparação	2%	00:01:36

Atividades enquanto a máquina está desligada

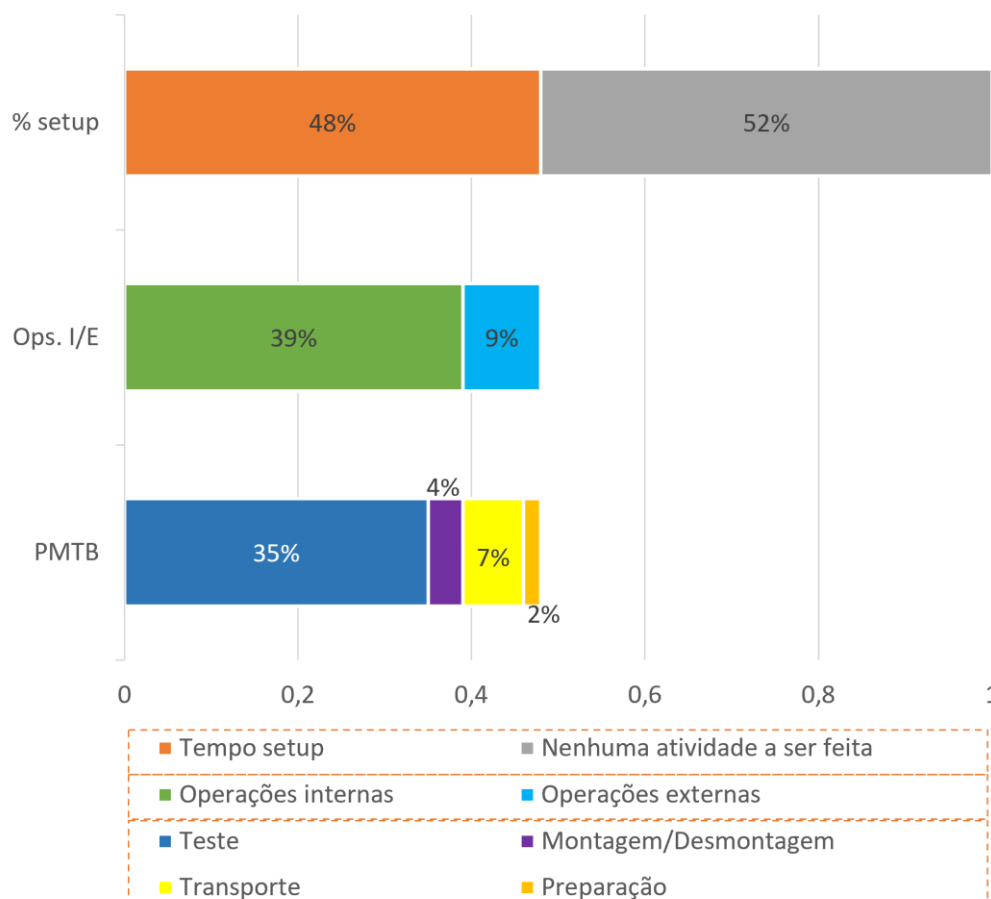


Figura 60- Gráfico percentual da CUR0086 no dia 2023-02-08

Tabela 20-Tempos da CUR0095 no dia 2023-02-08

Gráfico	Descrição	Porcentagem	Tempo
% <i>setup</i>	Nenhuma operação a ser feita	15%	00:09:59
	Tempo de <i>setup</i>	85%	00:55:45
Operações I ou E	Operações externas	20%	00:13:12
	Operações internas	65%	00:42:33
Operações P, M, T, B	Testes	47%	00:31:02
	Transporte	18%	00:11:46
	Montagem/desmontagem	17%	00:11:08
	Preparação	3%	00:01:49

Atividades enquanto a máquina está desligada

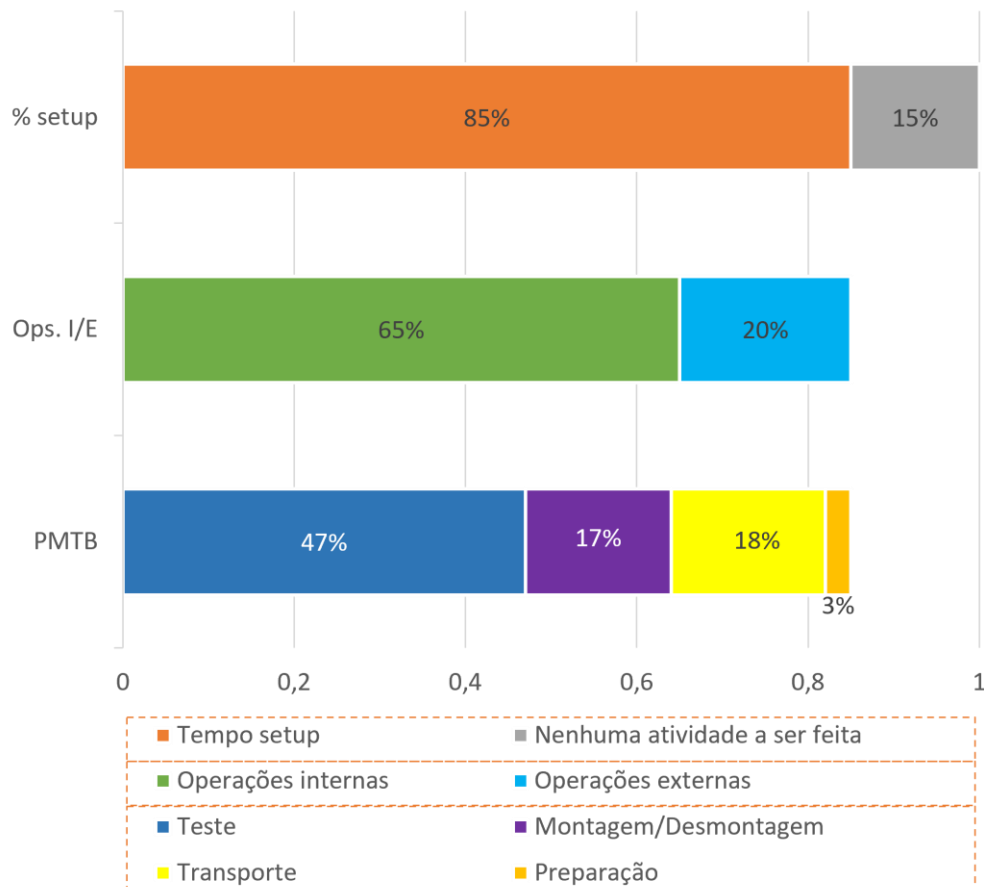


Figura 61- Gráfico percentual da CUR0095 no dia 2023-02-08

Tabela 21- Tempos PSL0032 no dia 2023-02-08

Gráfico	Descrição	Porcentagem	Tempo
% <i>setup</i>	Nenhuma operação a ser feita	73%	01:07:59
	Tempo de <i>setup</i>	27%	00:25:14
Operações I ou E	Operações externas	9%	00:08:09
	Operações internas	18%	00:17:05
Operações P, M, T, B	Testes	4%	00:03:50
	Transporte	7%	00:06:52
	Montagem/desmontagem	14%	00:13:15
	Preparação	2%	00:01:17

Atividades enquanto a máquina está desligada

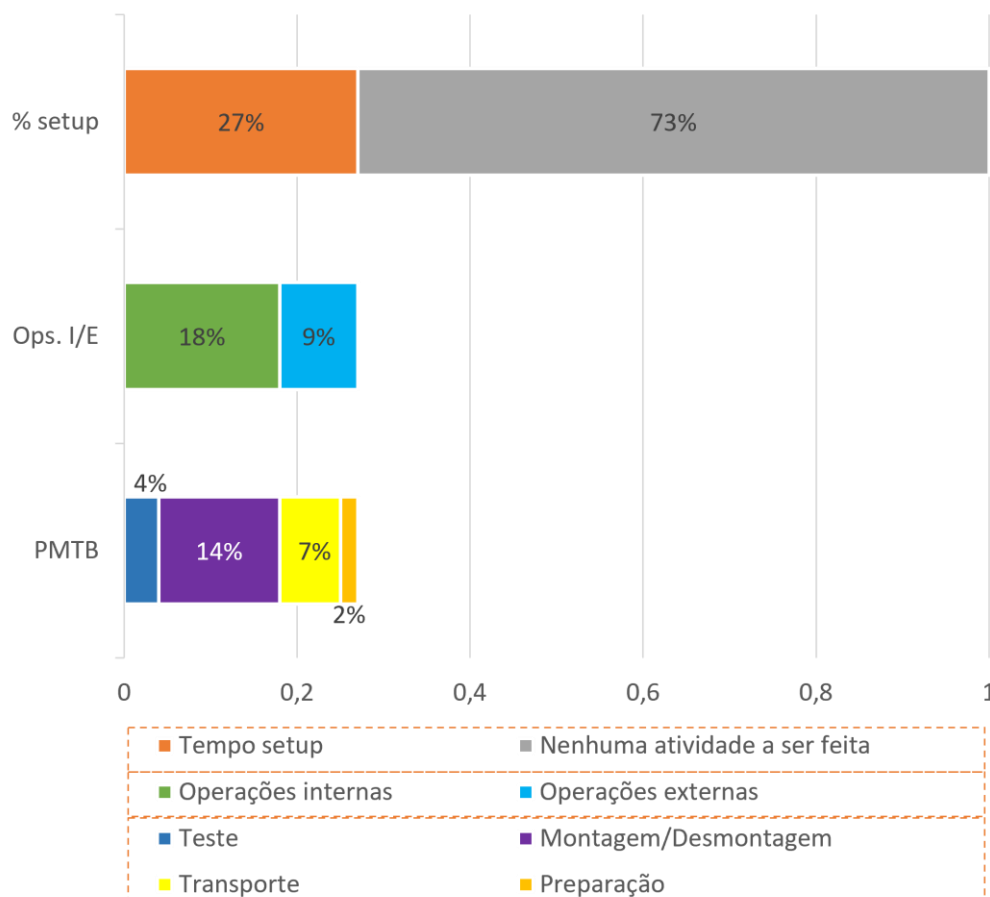


Figura 62- Gráfico percentual da PSL0032 no dia 2023-02-08

Tabela 22- Tempos da CUR0085 no dia 2023-02-08

Gráfico	Descrição	Porcentagem	Tempo
% <i>setup</i>	Nenhuma operação a ser feita	86%	01:38:20
	Tempo de <i>setup</i>	14%	00:15:43
Operações I ou E	Operações externas	3%	00:03:17
	Operações internas	11%	00:12:26
Operações P, M, T, B	Testes	6%	00:07:07
	Transporte	3%	00:03:09
	Montagem/desmontagem	5%	00:05:19
	Preparação	0%	00:00:08

Atividades enquanto máquina está desligada

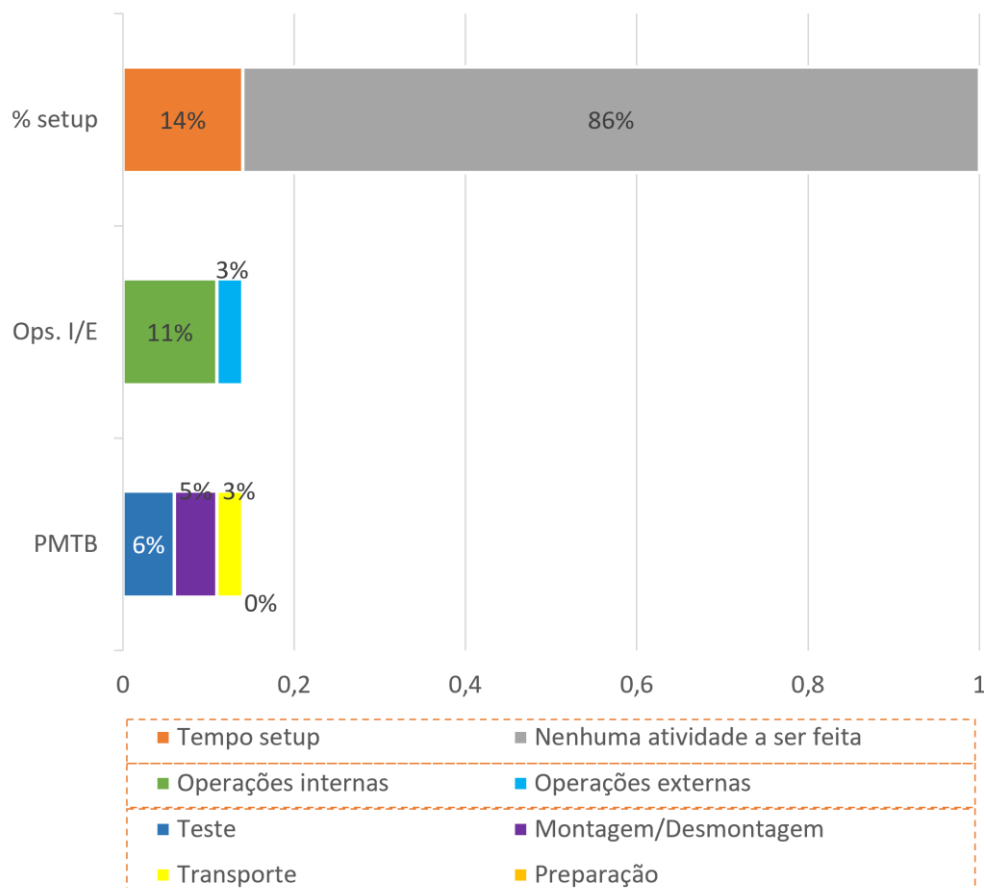


Figura 63- Gráfico percentual da CUR0085 no dia 2023-02-08

Tabela 23- Tempos PES0041 no dia 2023-02-08

Gráfico	Descrição	Porcentagem	Tempo
% <i>setup</i>	Nenhuma operação a ser feita	55%	00:56:31
	Tempo de <i>setup</i>	45%	00:46:09
Operações I ou E	Operações externas	21%	00:21:22
	Operações internas	24%	00:24:47
Operações P, M, T, B	Testes	3%	00:03:20
	Transporte	18%	00:18:53
	Montagem/desmontagem	21%	00:21:27
	Preparação	3%	00:02:29

Atividades enquanto a máquina está desligada

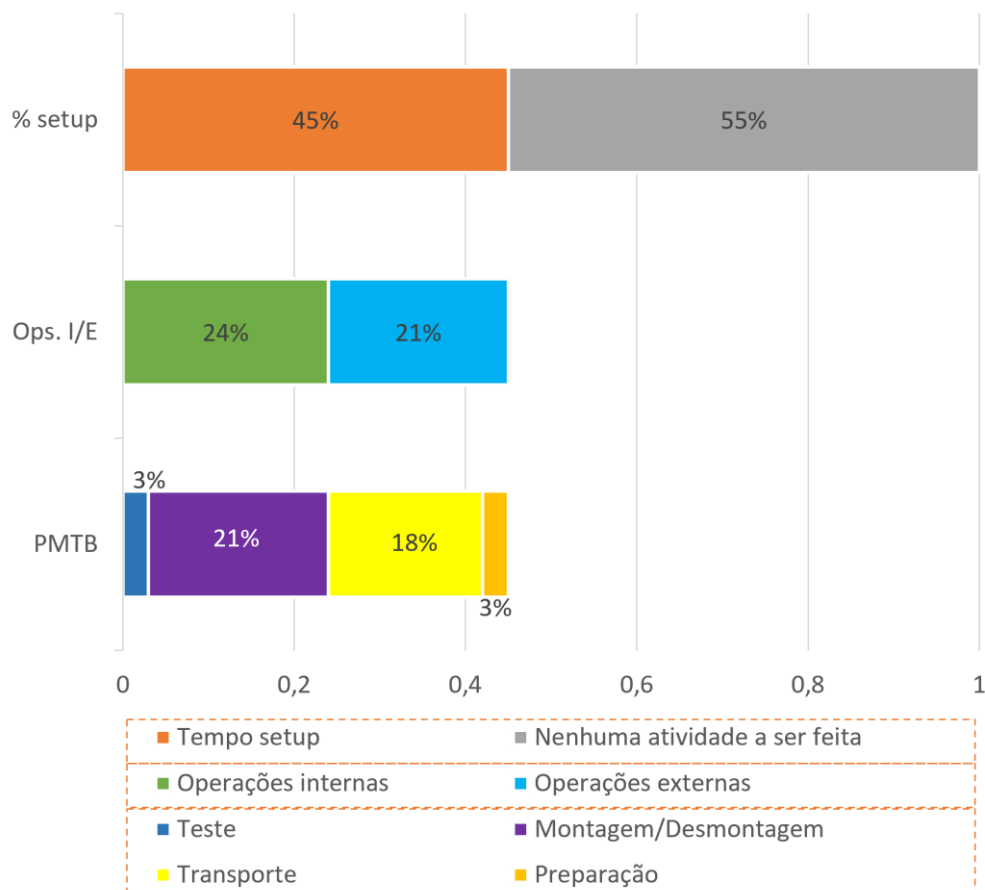


Figura 64- Gráfico percentual da PES0041 no dia 2023-02-08

Tabela 24- Tempo da PSL0031 no dia 2023-02-08

Gráfico	Descrição	Porcentagem	Tempo
% <i>setup</i>	Nenhuma operação a ser feita	66%	01:18:32
	Tempo de <i>setup</i>	34%	00:40:28
Operações I ou E	Operações externas	17%	00:20:03
	Operações internas	17%	00:20:25
Operações P, M, T, B	Testes	0%	00:00:00
	Transporte	15%	00:18:13
	Montagem/desmontagem	17%	00:20:25
	Preparação	2%	00:01:50

Atividades enquanto a máquina está desligada

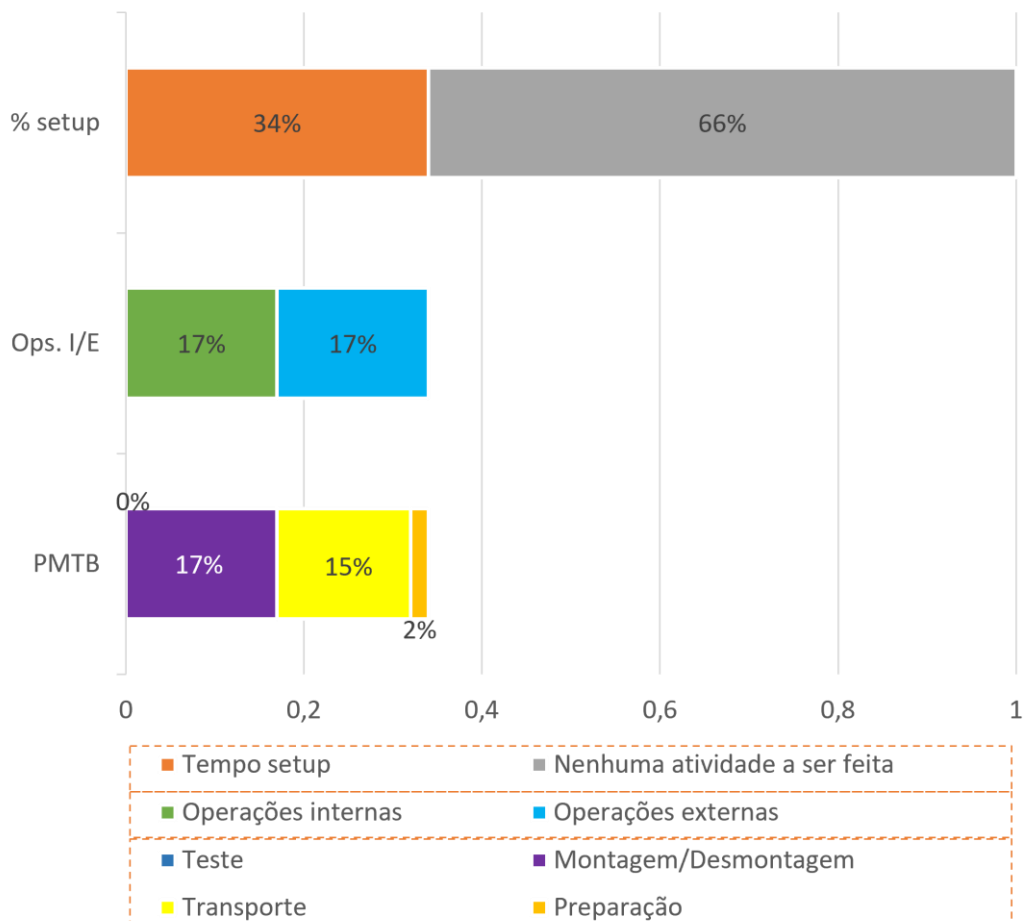


Figura 65- Gráfico percentual da PSL0031 no dia 2023-02-08

Tabela 25- Tempos da CUR0087 no dia 2023-02-08

Gráfico	Descrição	Porcentagem	Tempo
% <i>setup</i>	Nenhuma operação a ser feita	87%	01:11:49
	Tempo de <i>setup</i>	13%	00:10:42
Operações I ou E	Operações externas	1%	00:00:44
	Operações internas	12%	00:09:58
Operações P, M, T, B	Testes	4%	00:03:37
	Transporte	1%	00:00:31
	Montagem/desmontagem	8%	00:06:21
	Preparação	0%	00:00:13

Atividades enquanto a máquina está desligada

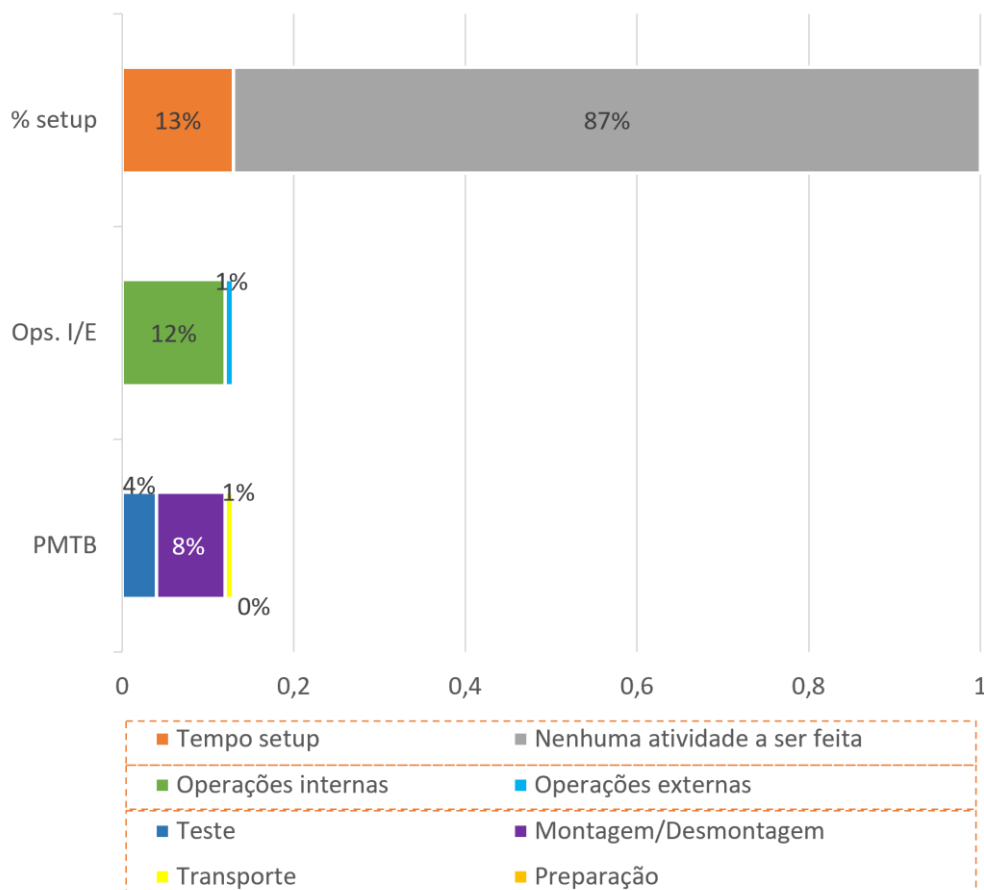


Figura 66- Gráfico percentual da CUR0087 no dia 2023-02-08

Tabela 26- Tempos da PES0043 no dia 2023-02-08

Gráfico	Descrição	Porcentagem	Tempo
% <i>setup</i>	Nenhuma operação a ser feita	29%	00:34:07
	Tempo de <i>setup</i>	71%	01:24:53
Operações I ou E	Operações externas	9%	00:10:21
	Operações internas	62%	01:14:32
Operações P, M, T, B	Testes	24%	00:28:59
	Transporte	6%	00:06:59
	Montagem/desmontagem	38%	00:45:08
	Preparação	3%	00:03:47

Atividades enquanto a máquina está desligada

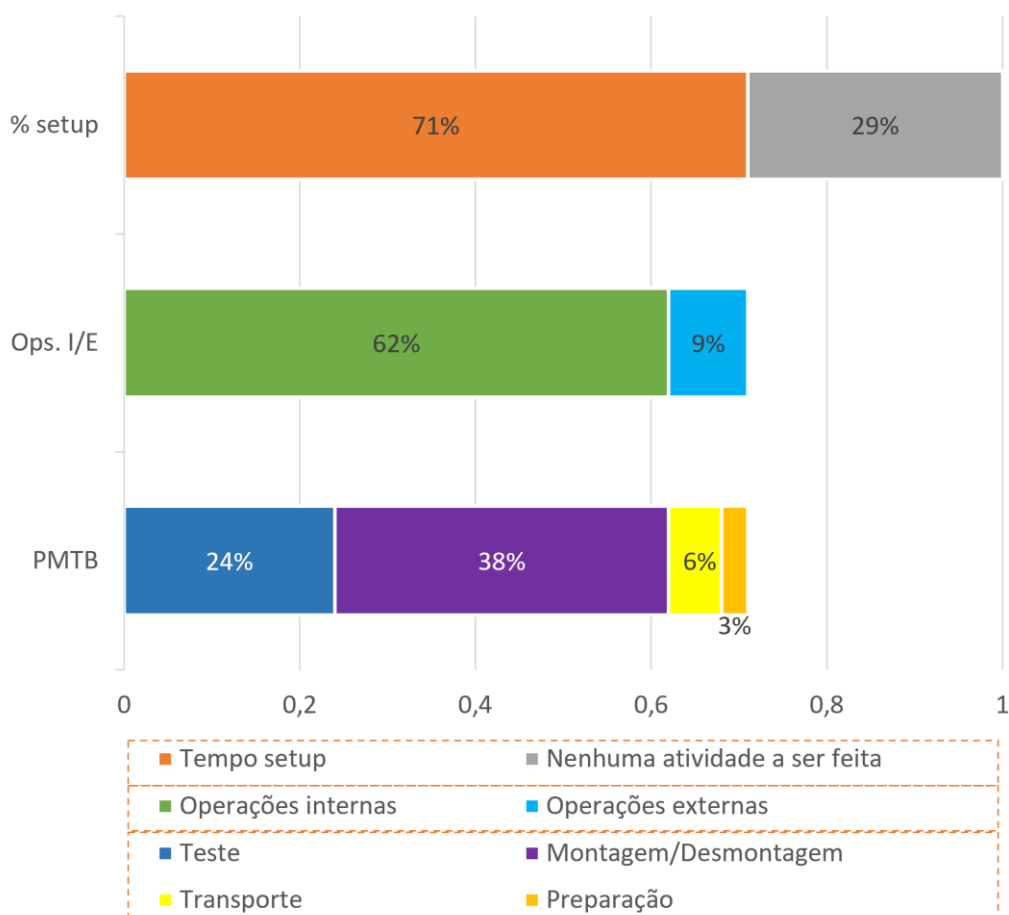


Figura 67- Gráfico percentual da PES0043 no dia 2023-02-08

Tabela 27- Tempo da CUR0085 no dia 2023-02-10

Gráfico	Descrição	Porcentagem	Tempo
% <i>setup</i>	Nenhuma operação a ser feita	3%	00:00:14
	Tempo de <i>setup</i>	97%	00:08:00
Operações I ou E	Operações externas	32%	00:02:40
	Operações internas	65%	00:05:20
	Testes	9%	00:00:45
Operações P, M, T, B	Transporte	5%	00:00:27
	Montagem/desmontagem	56%	00:04:35
	Preparação	27%	00:02:13

Tabela 28- Tempo da CUR0086 no dia 2023-02-13

Gráfico	Descrição	Porcentagem	Tempo
% <i>setup</i>	Nenhuma operação a ser feita	39%	00:04:52
	Tempo de <i>setup</i>	61%	00:07:33
Operações I ou E	Operações externas	29%	00:03:36
	Operações internas	32%	00:03:57
Operações P, M, T, B	Testes	14%	00:01:43
	Transporte	16%	00:01:56
	Montagem/desmontagem	18%	00:02:14
	Preparação	13%	00:01:40

Atividades enquanto a máquina está desligada

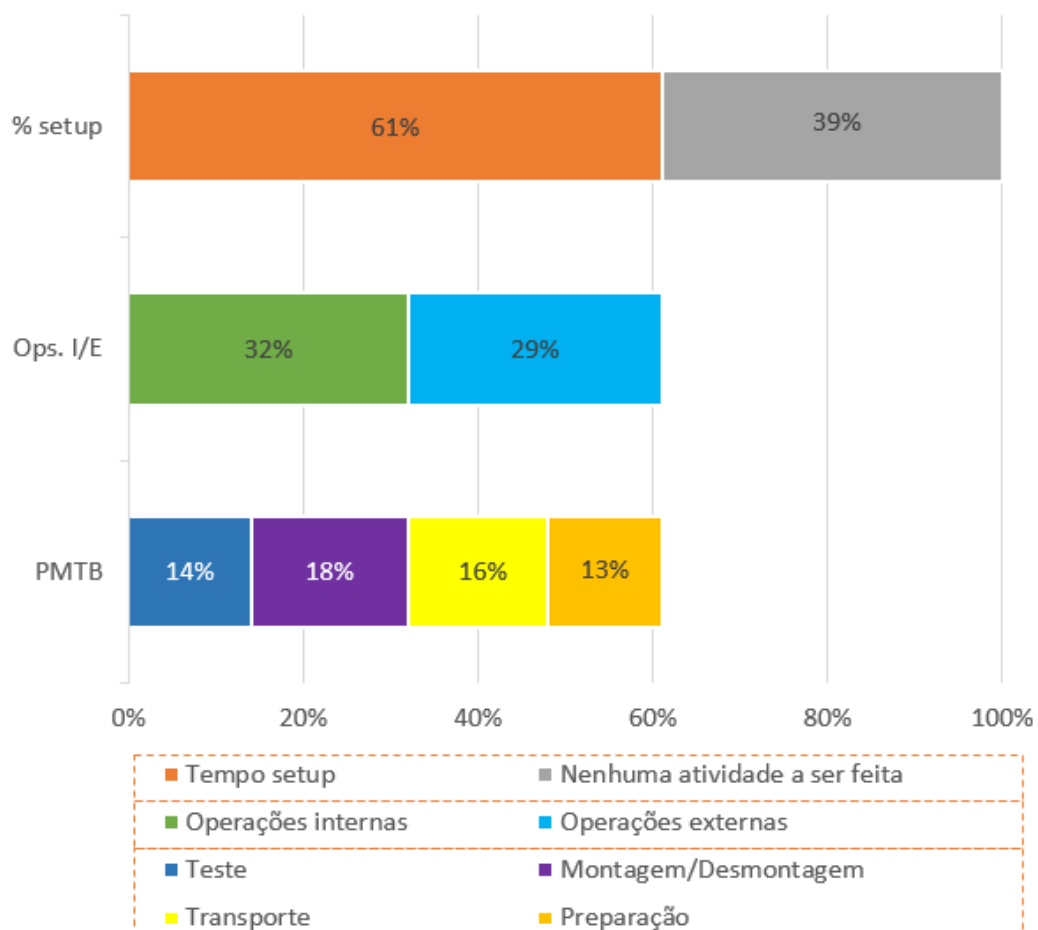


Figura 68- Conjunto de gráficos CUR0086 no dia 2023-02-13

Tabela 29- Tempo da CUR0085 no dia 2023-02-13 manhã

Gráfico	Descrição	Porcentagem	Tempo
% <i>setup</i>	Nenhuma operação a ser feita	0%	00:00:00
	Tempo de <i>setup</i>	100%	00:08:01
Operações I ou E	Operações externas	4%	00:00:18
	Operações internas	96%	00:07:43
Operações P, M, T, B	Testes	17%	00:01:20
	Transporte	0%	00:00:00
	Montagem/desmontagem	79%	00:06:23
	Preparação	4%	00:00:18

Atividades enquanto a máquina está desligada

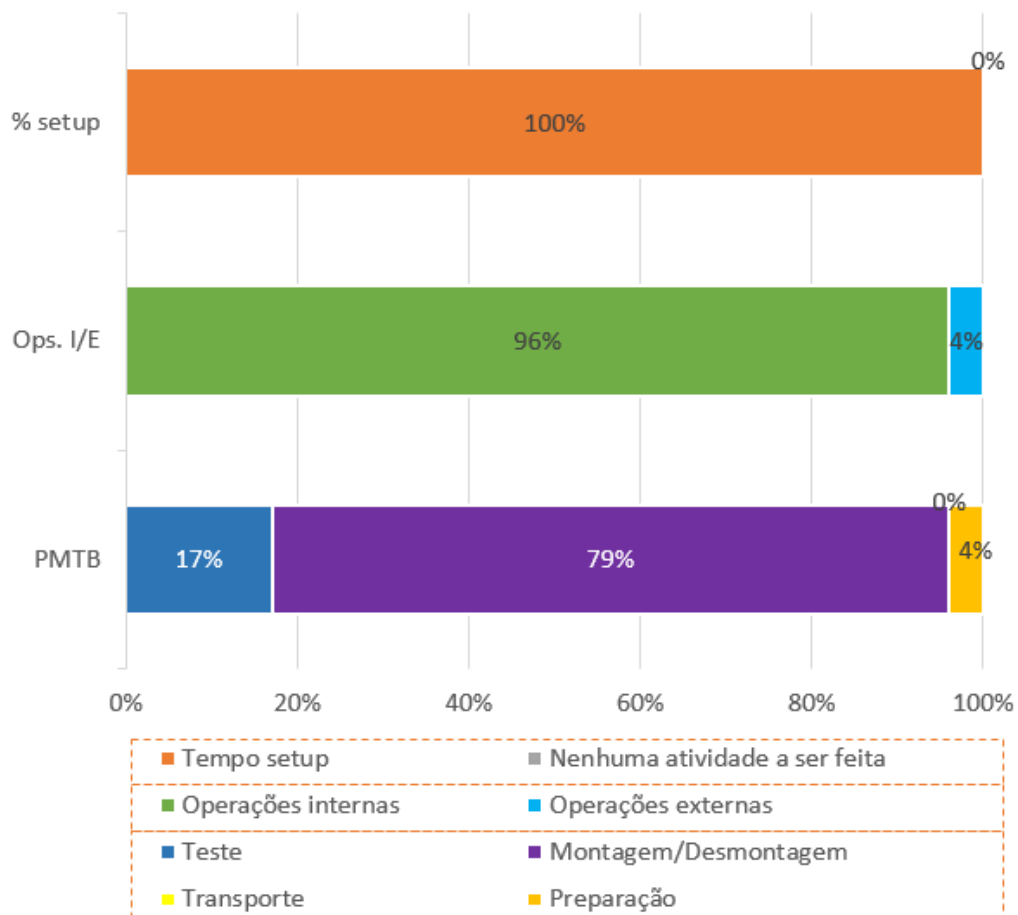


Figura 69- Gráfico percentual da CUR0085 no dia 2023-02-13 manhã

Tabela 30- Tempo CUR0085 no dia 2023-02-13 tarde

Gráfico	Descrição	Porcentagem	Tempo
% <i>setup</i>	Nenhuma operação a ser feita	0%	00:00:00
	Tempo de <i>setup</i>	100%	00:02:15
Operações I ou E	Operações externas	0%	00:00:00
	Operações internas	100%	00:02:15
Operações P, M, T, B	Testes	48%	00:01:05
	Transporte	0%	00:00:00
	Montagem/desmontagem	52%	00:01:10
	Preparação	0%	00:00:00

Atividades enquanto a máquina está desligada

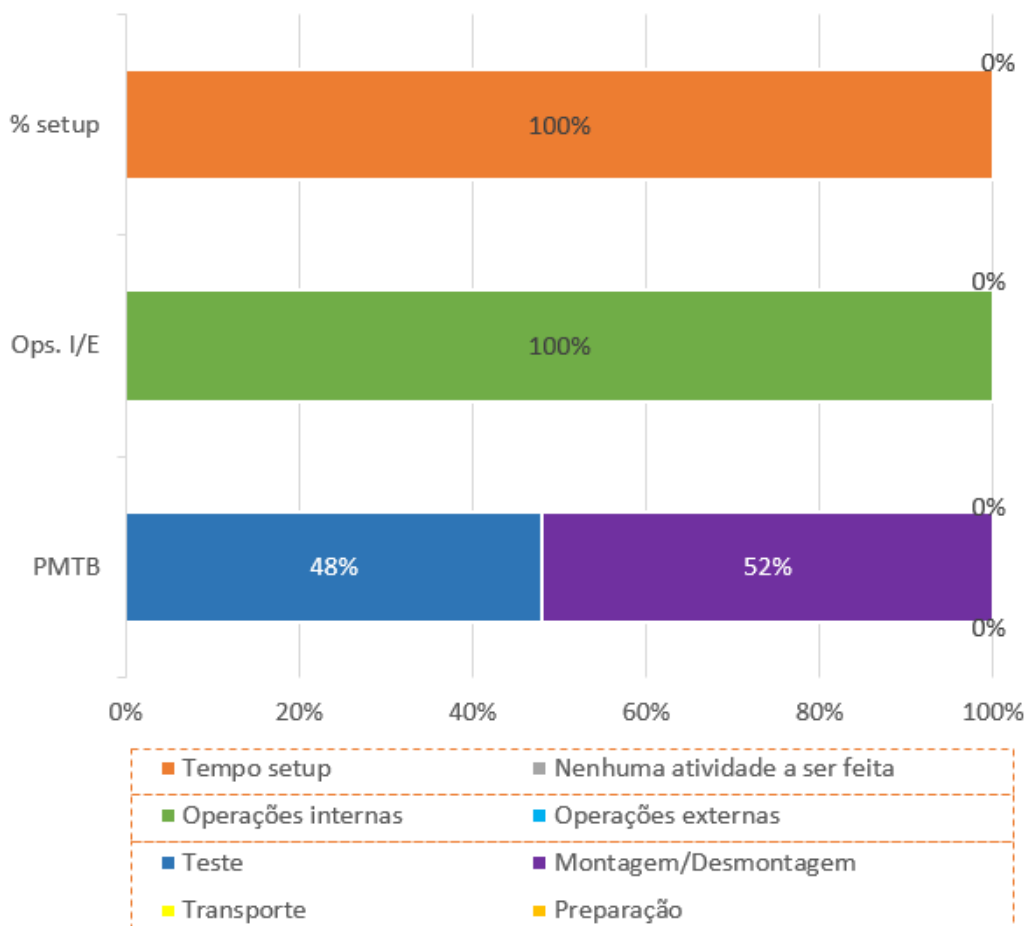


Figura 70- Gráfico percentual da CUR0085 no dia 2023-02-13 tarde

Tabela 31- Tempos CUR0085 no dia 2023-02-17 manhã

Gráfico	Descrição	Porcentagem	Tempo
% <i>setup</i>	Nenhuma operação a ser feita	0%	00:00:00
	Tempo de <i>setup</i>	100%	00:12:32
Operações I ou E	Operações externas	28%	00:03:28
	Operações internas	72%	00:09:04
Operações P, M, T, B	Testes	14%	00:01:44
	Transporte	19%	00:02:25
	Montagem/desmontagem	59%	00:07:20
	Preparação	8%	00:01:03

Atividades enquanto a máquina está desligada

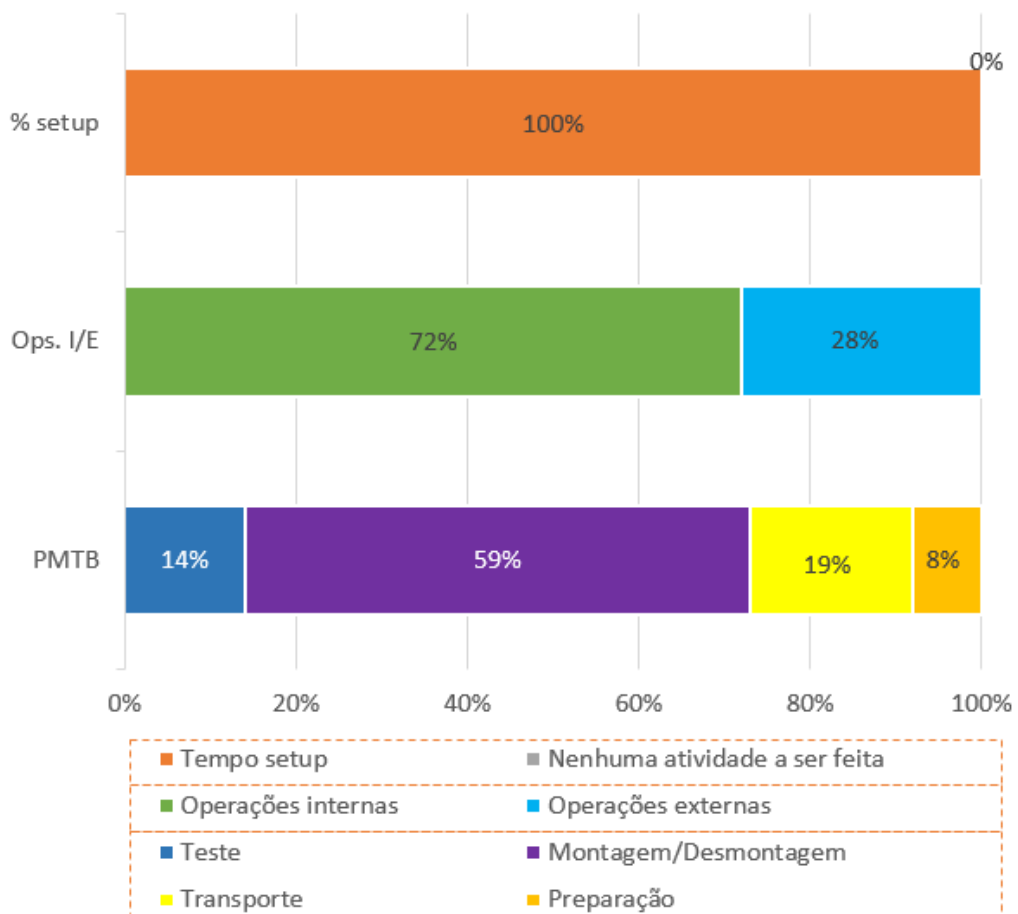


Figura 71- Gráfico percentual da CUR0085 no dia 2023-02-17 manhã

Tabela 32- Tempos CUR0085 no dia 2023-02-17 tarde

Gráfico	Descrição	Porcentagem	Tempo
% <i>setup</i>	Nenhuma operação a ser feita	62%	00:29:23
	Tempo de <i>setup</i>	38%	00:17:51
Operações I ou E	Operações externas	4%	00:01:37
	Operações internas	34%	00:16:14
Operações P, M, T, B	Testes	21%	00:09:50
	Transporte	3%	00:01:37
	Montagem/desmontagem	14%	00:06:24
	Preparação	0%	00:00:00

Atividades enquanto a máquina está desligada

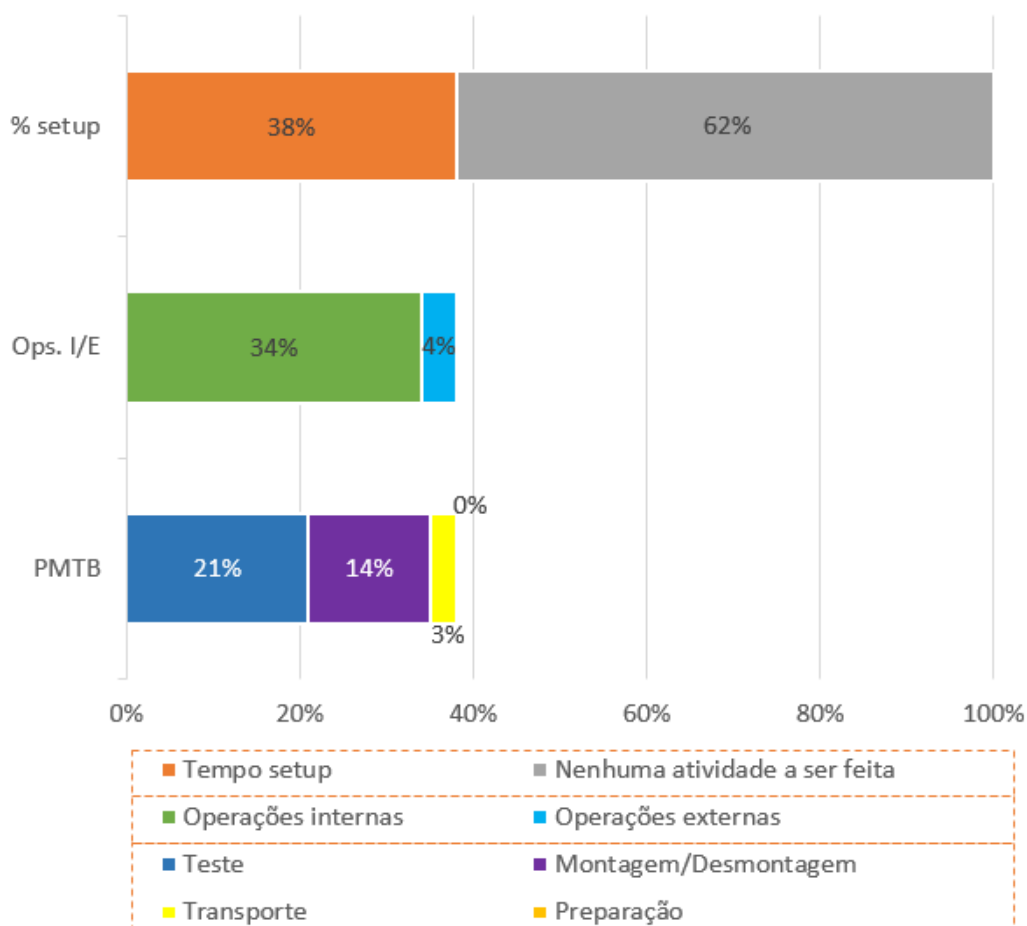


Figura 72- Gráfico percentual da CUR0085 no dia 2023-02-17 tarde

APÊNDICE B

00:08:56	00:00:58		
00:09:54	00:00:45		
00:10:39	00:00:40	Começa troca de setup na CUR0086	00:03:46
00:11:19	00:00:30		
00:11:49	00:00:53		
00:12:42	00:00:45	Vai pedir info ao PPP que está noutra linha	00:00:45
00:13:27	00:00:49		
00:14:16	00:00:49	Volta à Cur0086 para continuar a troca	00:01:38
00:15:05	00:00:18		
00:15:23	00:00:14	Vai pedir info ao PPP que está noutra linha	00:00:18
00:15:37	00:02:23		
00:18:00	00:00:35	Volta à Cur0086 para continuar a troca	00:03:12
00:18:35	00:00:26	Pedido de info à DO	
00:19:01	00:00:53	Vai pedir info ao PPP que está noutra linha	00:01:19
00:19:54	00:00:53	Volta à Cur0086 e procura por ficha de preparação	00:00:53
00:20:47	00:00:14	Não encontra a folha então volta a tentar a troca	00:00:14
00:21:01	00:00:53	Vai buscar uma chave para a cur0086	00:00:53
00:21:54	00:00:13		
00:22:07	00:00:20	Volta à Cur0086 para continuar a troca	00:00:33
00:22:27	00:00:09		
00:22:36	00:00:12	Pedido de info à DO	00:00:09
00:22:48	00:00:14		
00:23:02	00:00:18	Volta à Cur0086 para continuar a troca	00:00:26
00:23:20	00:00:28		
00:23:48	00:00:11		
00:23:59	00:00:04	Começa a testar a cur0086	00:01:40
00:24:03	00:00:15		
00:24:18	00:00:24		
00:24:42	00:00:04		
00:24:46	00:00:09	Vai pedir info ao PPP que está noutra linha	00:00:13
00:24:55	00:00:51		
00:25:46	00:00:37	Volta à Cur0086 para continuar os testes	00:01:35
00:26:23	00:00:07		
00:26:30	00:00:57	É chamado para ir a outra linha	00:00:57
00:27:27	00:00:41		
00:28:08	00:00:22		
00:28:30	00:01:24	Volta à Cur0086 para continuar os testes	00:02:41
00:29:54	00:00:14		
00:30:08	00:00:18	Sai da linha pedido de informação	00:00:29
00:30:26	00:00:11		
00:30:37	00:01:49	Volta à Cur0086 para continuar os testes	00:03:50
00:32:26	00:00:28		
00:32:54	00:01:33	PPP chega e ajuda nos testes	00:03:50
00:34:27	00:00:15		
00:34:42	00:02:08	Param de fazer testes e voltam a substituir ferramentas à cur0086	00:04:22
00:36:50	00:01:49		
00:38:39	00:00:10		

Figura 73- Excerto da análise por operador do dia 2023-02-22 que realça a dificuldade em trocar a CUR0086

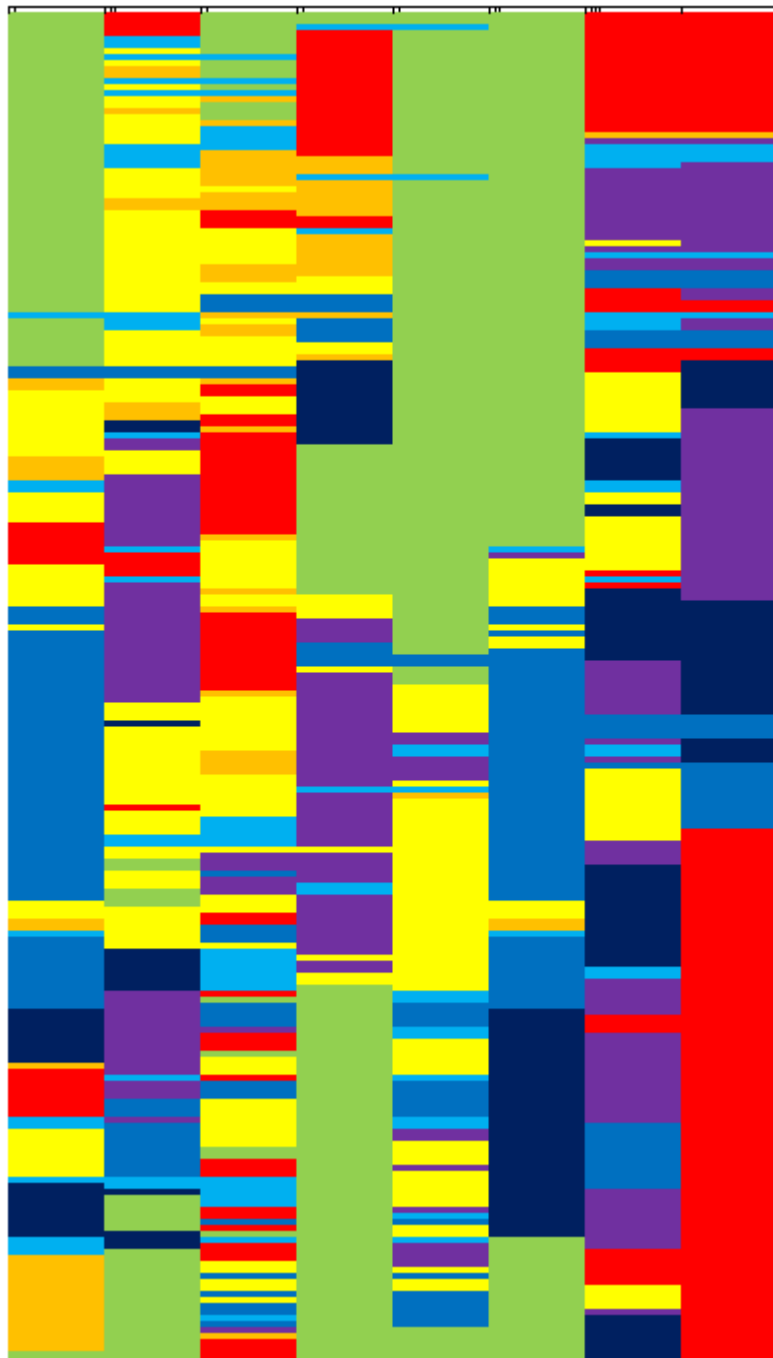


Figura 74- Análise por operador do dia 2023-03-03

00:21:39	00:00:22	Continua trabalho	00:00:47
00:22:01	00:00:25		
00:22:26	00:00:12	Ajuda JJJ	00:00:53
00:22:38	00:00:01		
00:22:39	00:00:40		
00:23:19	00:01:23		
00:24:42	00:00:47	Fica à espera de material para testar	00:02:28
00:25:29	00:00:16		
00:25:45	00:00:02		
00:25:47	00:00:27		
00:26:14	00:00:52	Pedido info P, DO, JJJ, H	00:01:25
00:27:06	00:00:06		
00:27:12	00:00:25		
00:27:37	00:00:20	Vai ajudar JJJ enquanto espera	00:01:56
00:27:57	00:01:11		
00:29:08	00:00:50		
00:29:58	00:00:33	Espera material	00:02:22
00:30:31	00:00:43		
00:31:14	00:00:16		
00:31:30	00:00:22		
00:31:52	00:00:45		
00:32:37	00:00:02		
00:32:39	00:00:59		
00:33:38	00:00:19		
00:33:57	00:00:07	Vai procurar material da cur0086	00:04:55
00:34:04	00:00:22		
00:34:26	00:00:02		
00:34:28	00:01:04		
00:35:32	00:00:53		
00:36:25	00:00:09	Chega e vê que tubos já estavam lá, pedido info DO	00:00:09

Figura 75- Excerto da análise por operador do dia 2023-03-03 que realça as operações de transporte do preparador

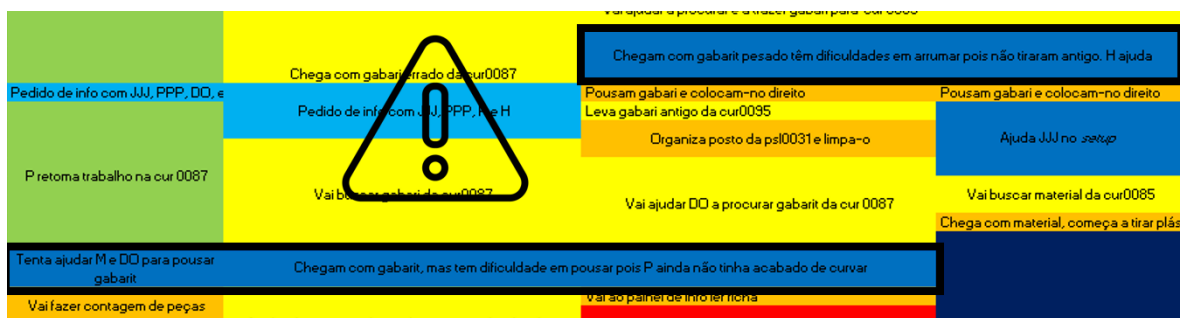


Figura 76- Excerto da análise por operador do dia 2023-03-03 que realça a confusão com o gabarit

01:15:45	00:00:10	Chega com caixa, e fala com HHHH para ver se é correta ou não	00:03:03
01:15:55	00:00:55		
01:16:50	00:00:10		
01:17:00	00:00:13		
01:17:13	00:00:47		
01:18:00	00:00:03		
01:18:03	00:00:45		
01:18:48	00:01:59	-	00:01:59
01:20:47	00:00:46	Começa a operar cur 0087 pois não sabe mudar a psi0031	00:00:46
01:21:33	00:02:25	Recebe ajuda de B na psi0031	00:03:40
01:23:58	00:00:27		
01:24:25	00:00:30		
01:24:55	00:00:18		
01:25:13	00:01:42	Continua na psi0031	00:01:42
01:26:55	00:00:06		
01:27:01	00:00:10	-	00:00:25
01:27:11	00:00:09		
01:27:20	00:01:05	Vai para a cur 0087	00:01:05
01:28:25	00:00:35	Vai com B à procura de peça da psi0031	00:02:57
01:29:00	00:01:32		
01:30:32	00:00:50		
01:31:22	00:00:15	-	00:00:15
01:31:37	00:02:44	Continua com B na psi0031	00:05:42
01:34:21	00:01:43		
01:36:04	00:01:15		
01:37:19	00:00:28	Vai procurar peça em falta para a psi0031	00:07:50
01:37:47	00:00:32		
01:38:19	00:02:37		
01:40:56	00:00:06		
01:41:02	00:00:13		
01:41:15	00:00:34		
01:41:49	00:02:00		
01:43:49	00:01:20		
01:45:09	00:00:09	Para de procurar e vai para a cur0087	00:00:54
01:45:18	00:00:45		
01:46:03	00:00:43		
01:46:46	00:00:43	-	00:02:16
01:47:29	00:00:50		
01:48:19	00:00:35	Pedido info HHHH	00:02:01
01:48:54	00:00:46		
01:49:40	00:00:24		
01:50:04	00:00:16		

Figura 77- Excerto da análise por operador do dia 2023-03-03 que realça a desorganização da concretização de atividades

APÊNDICE C

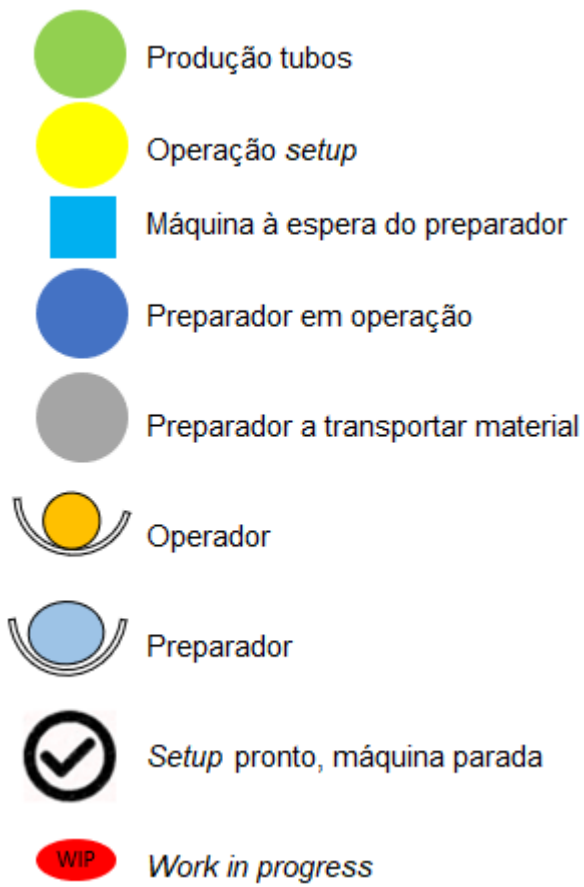


Figura 78- Legenda para o standard de *setup*

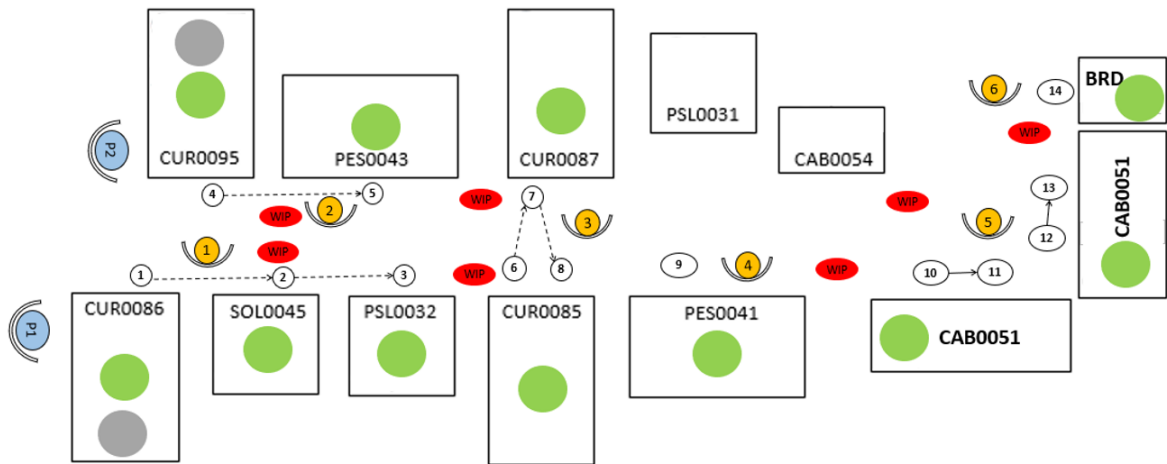


Figura 79- Etapa 1 do standard

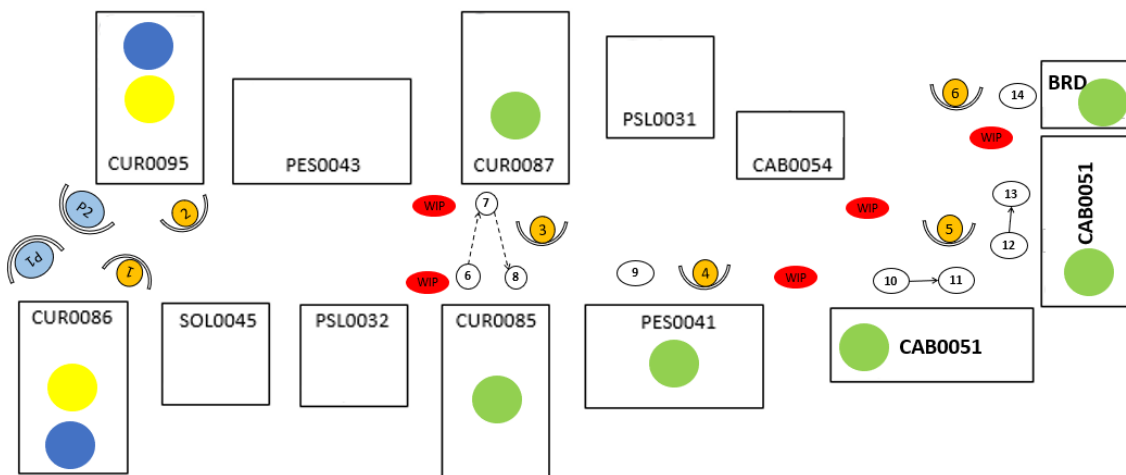


Figura 80- Etapa 2 do standard

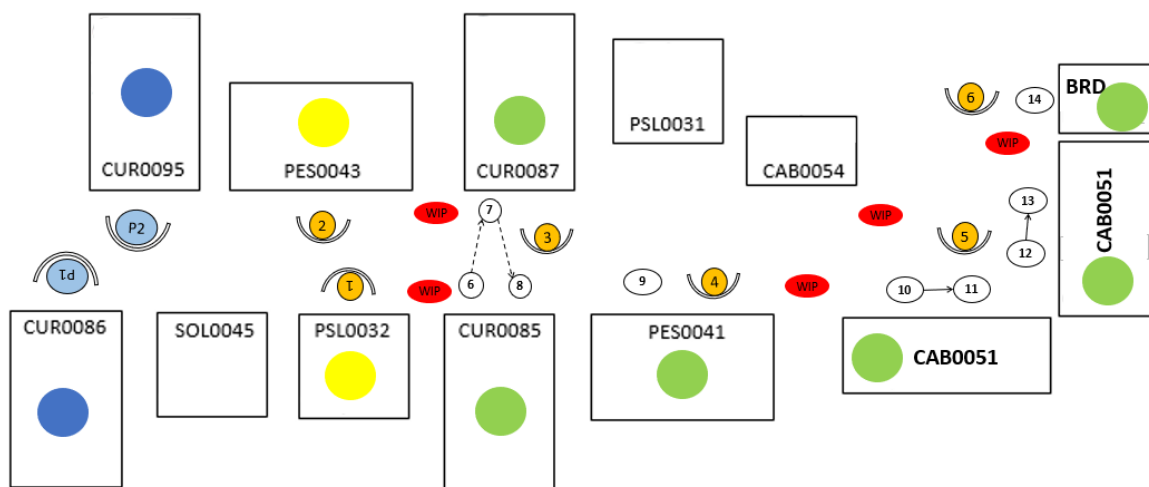


Figura 81- Etapa 3 do standard

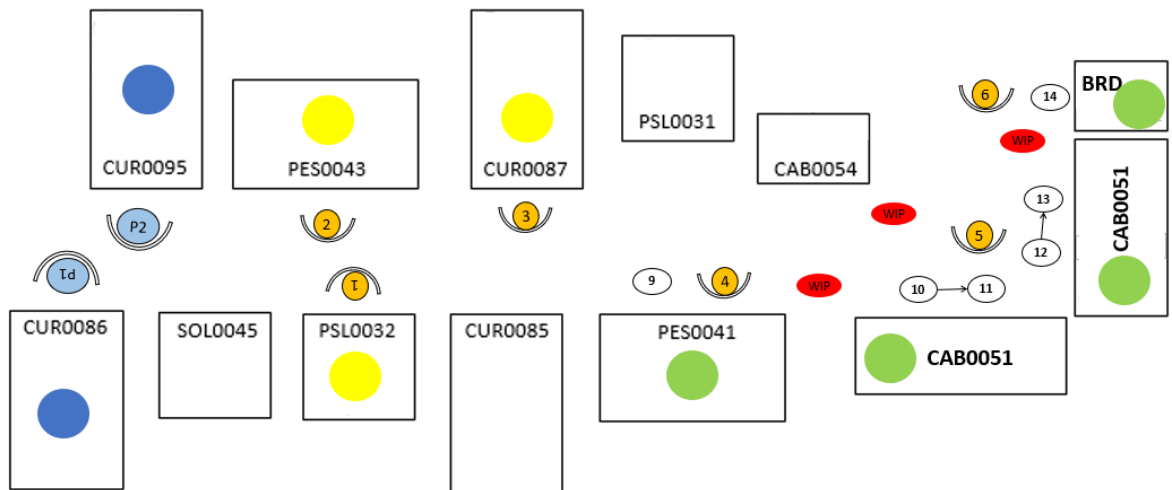


Figura 82- Etapa 4 do standard

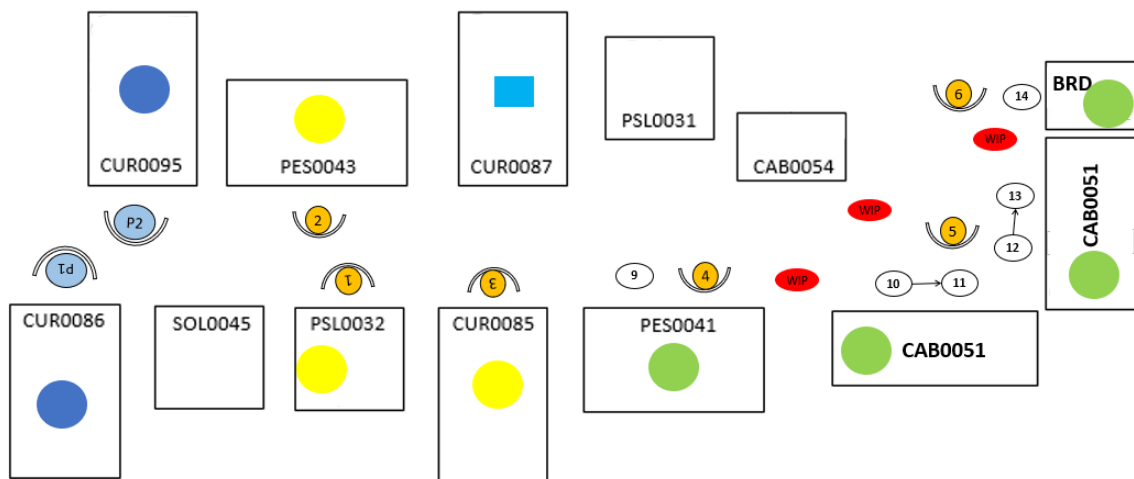


Figura 83- Etapa 5 do standard

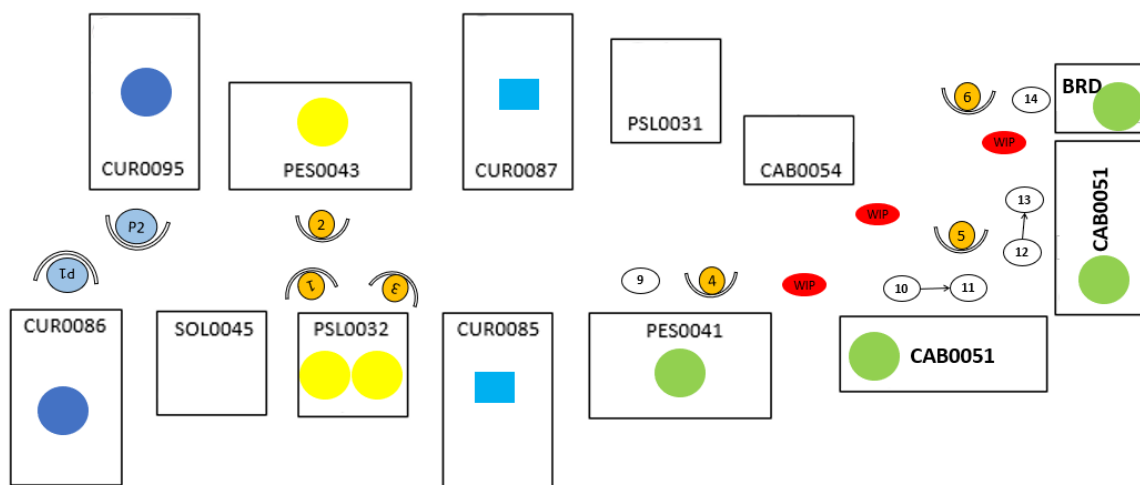


Figura 84- Etapa 6 do standard

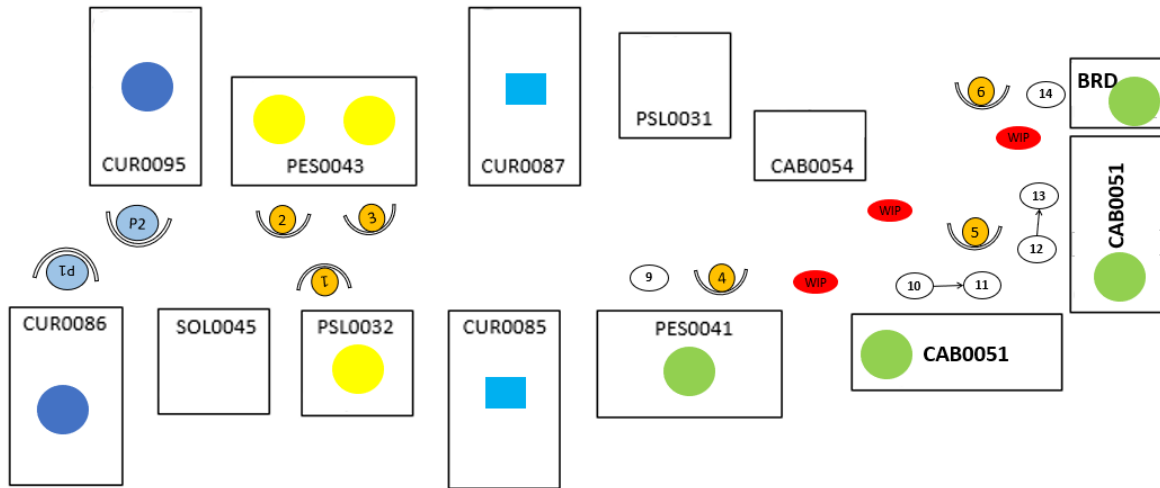


Figura 85- Etapa 7 do *standard*

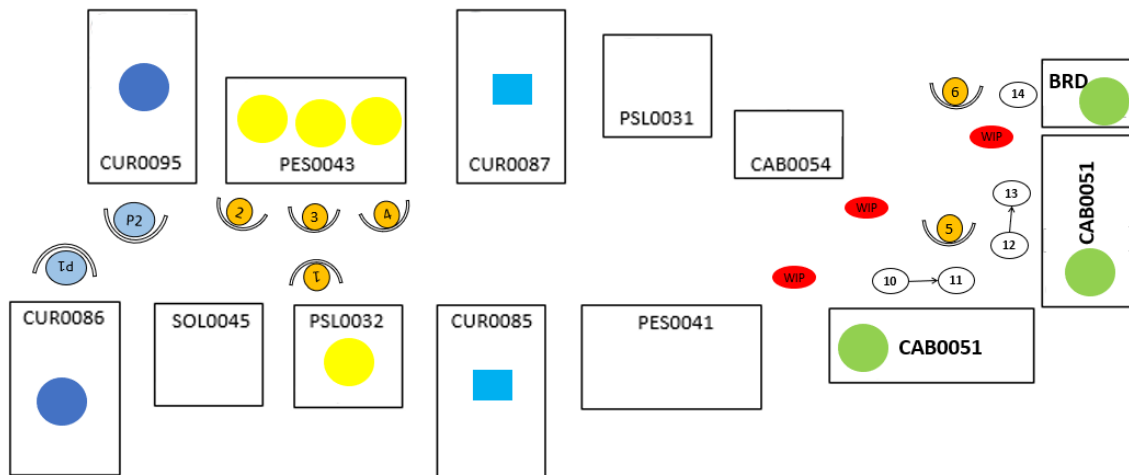


Figura 86- Etapa 8 do *standard*

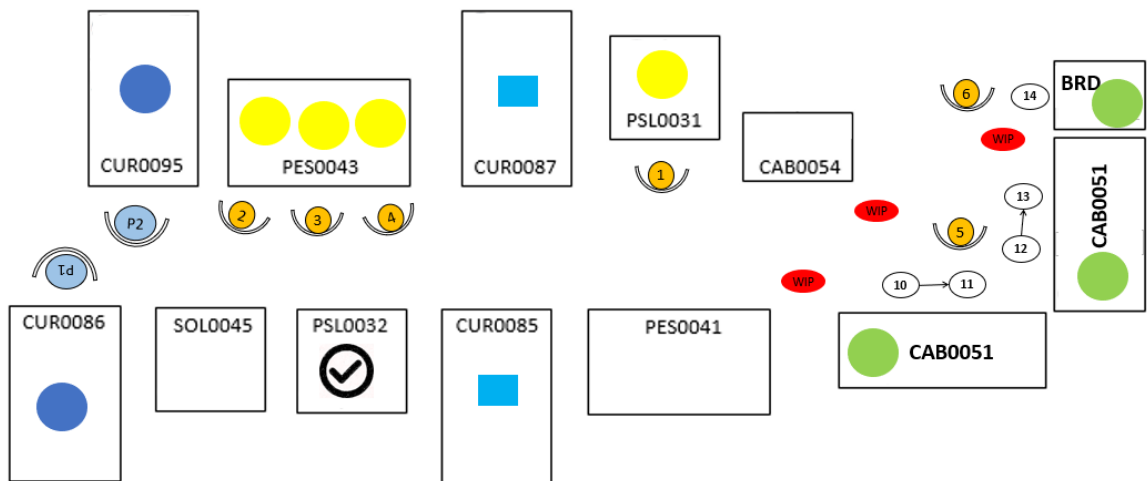


Figura 87- Etapa 9 do *standard*

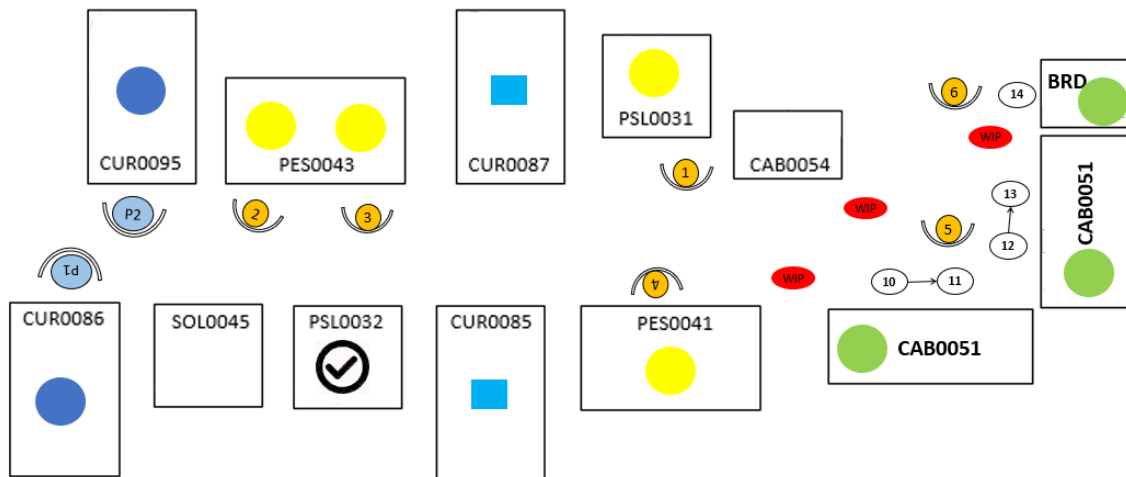


Figura 88- Etapa 10 do *standard*

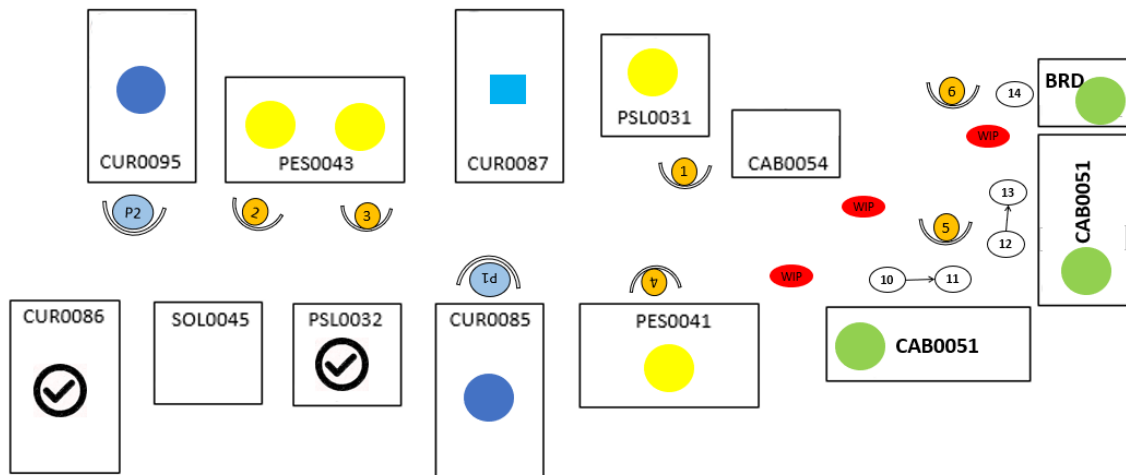


Figura 89- Etapa 11 do *standard*

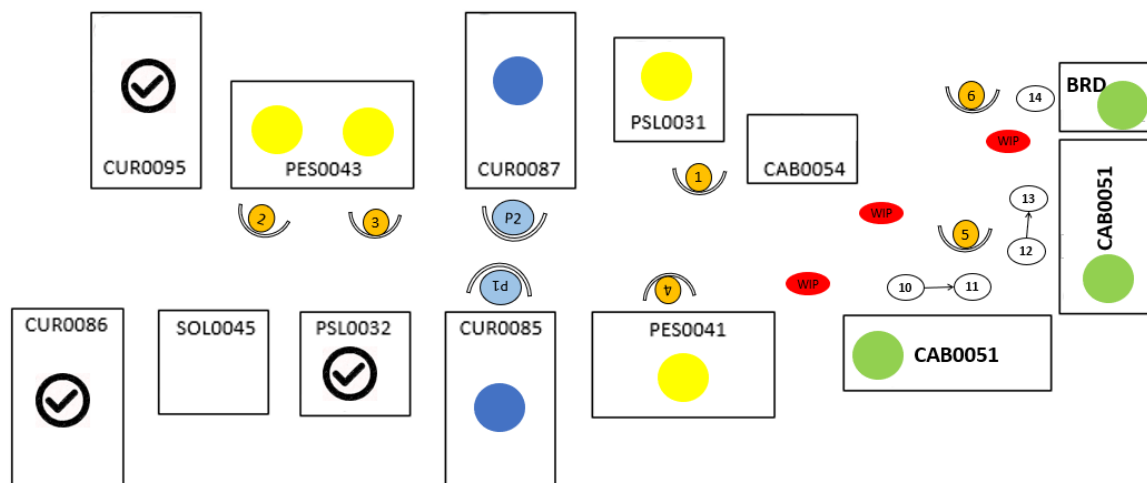


Figura 90- Etapa 12 do *standard*

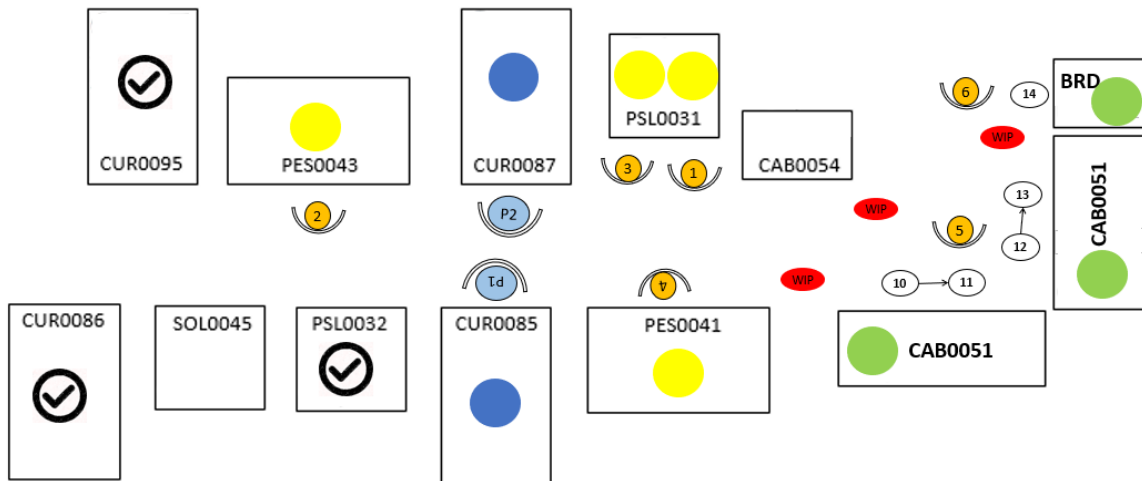


Figura 91- Etapa 13 do *standard*

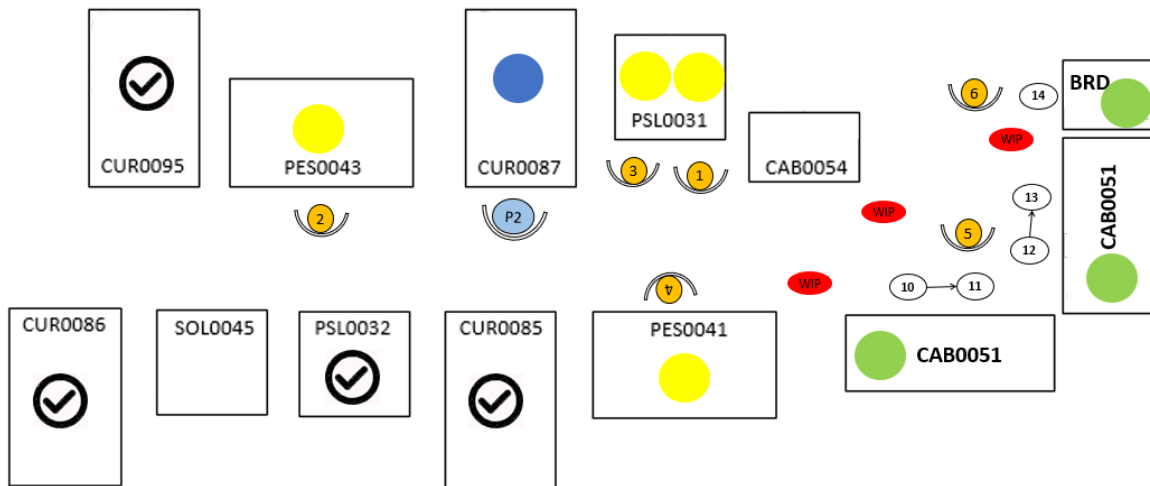


Figura 92- Etapa 14 do *standard*

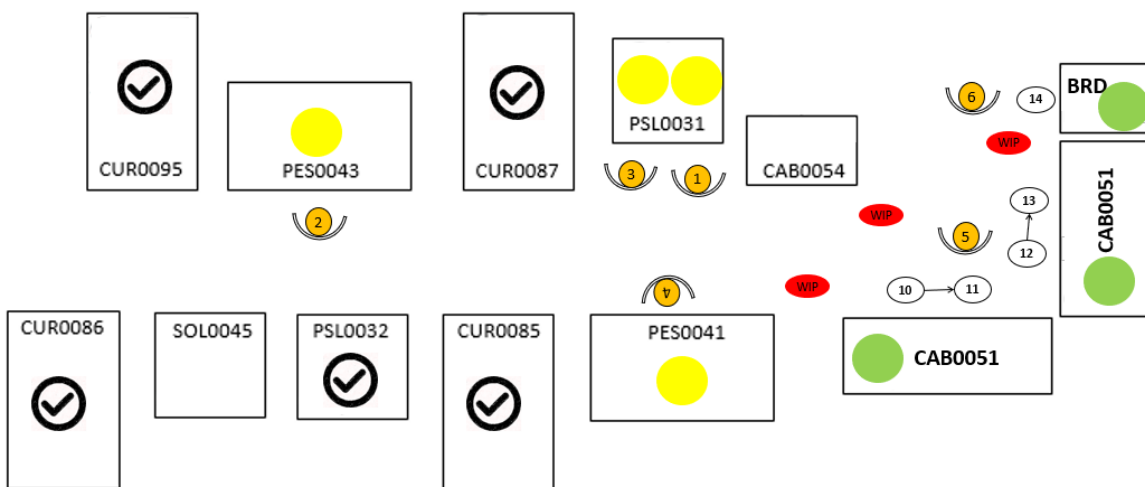


Figura 93- Etapa 15 do *standard*

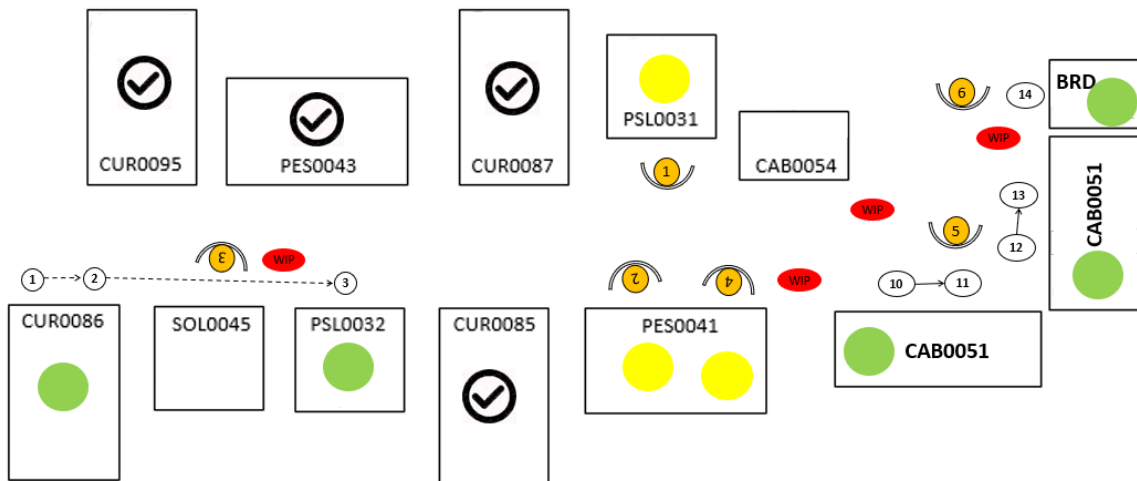


Figura 94- Etapa 16 do *standard*

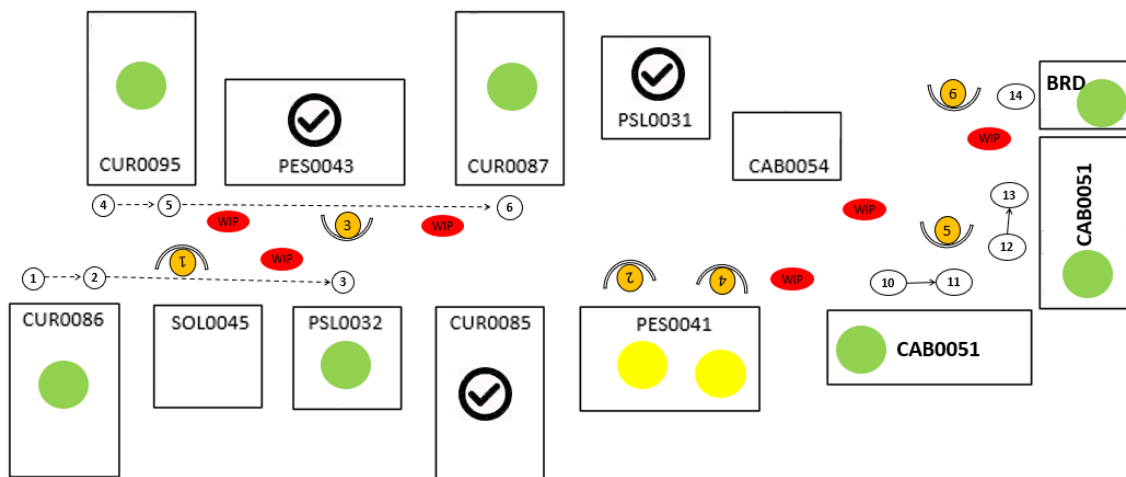


Figura 95- Etapa 17 do *standard*

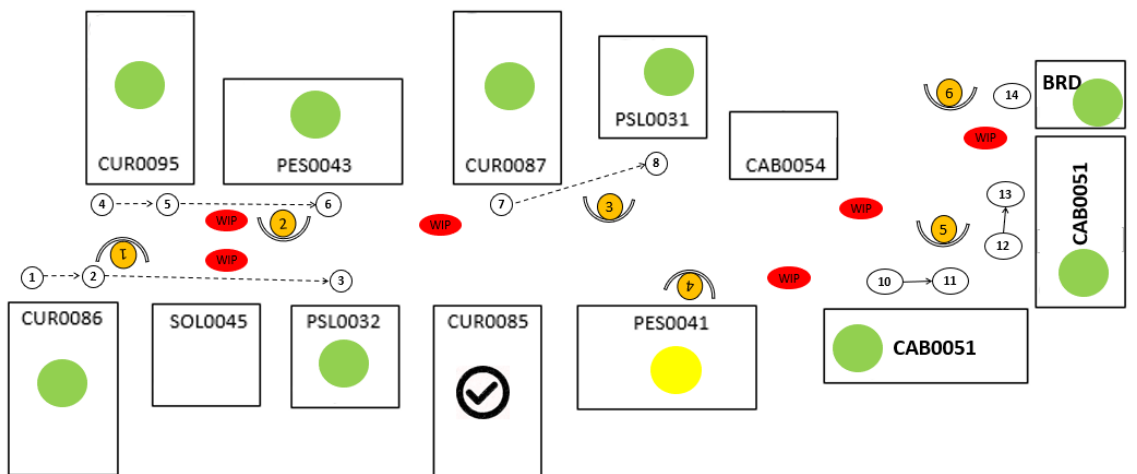


Figura 96- Etapa 18 do *standard*

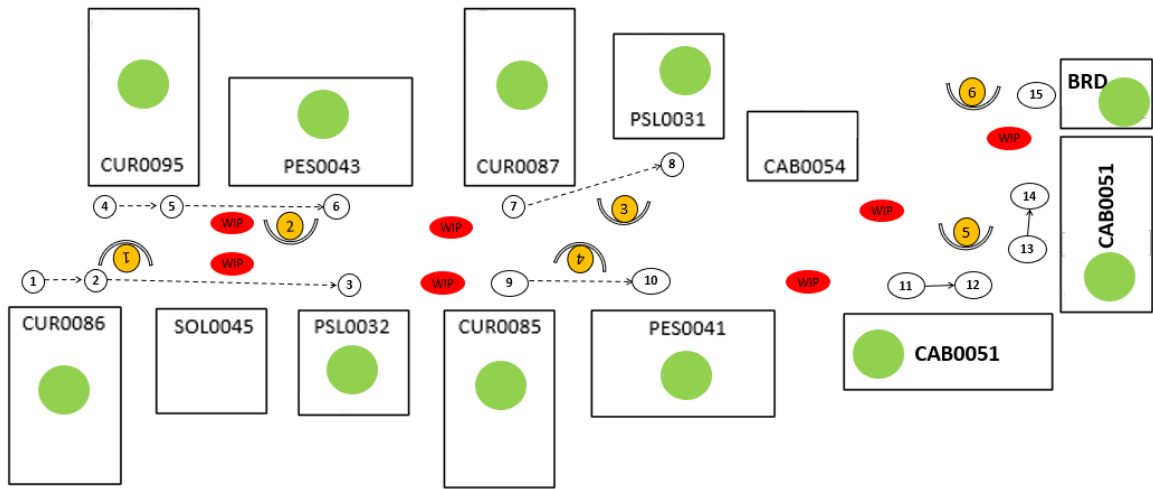


Figura 97- Layout de trabalho (referência T.78485)

APÊNDICE D

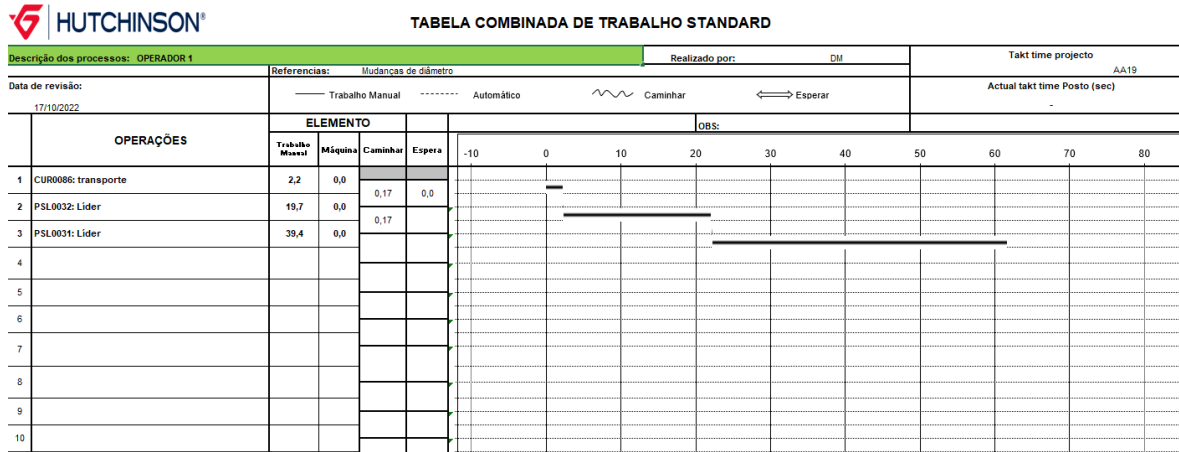


Figura 98- Tabela de combinação de tarefas OPERADOR 1

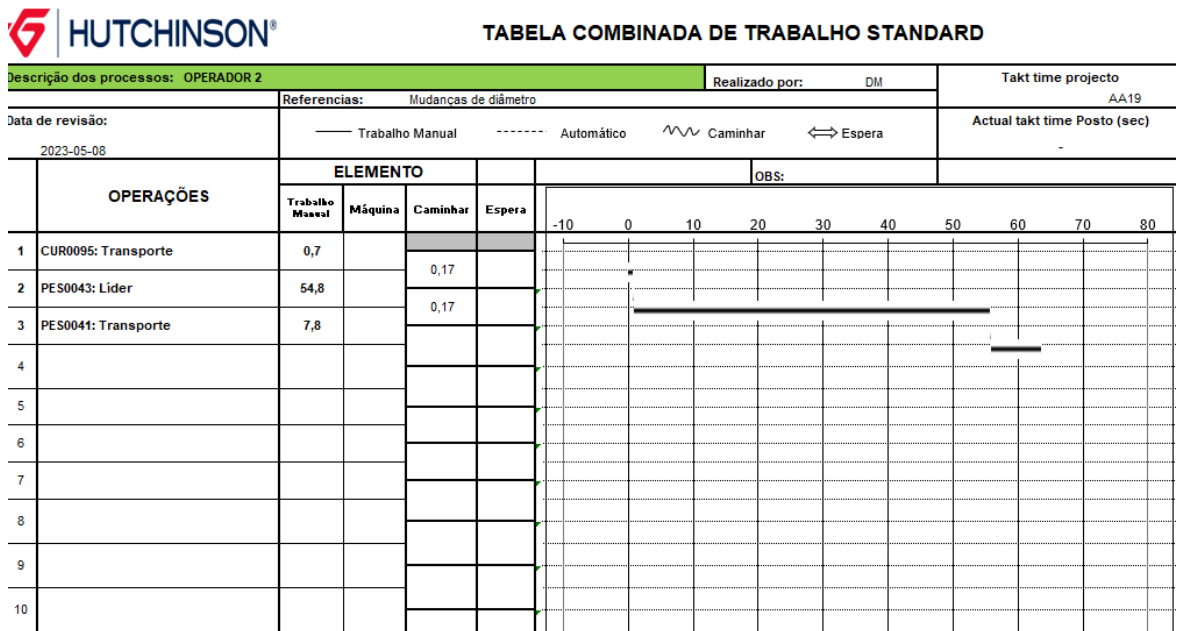


Figura 99- Tabela de combinação de tarefas OPERADOR 2



TABELA COMBINADA DE TRABALHO STANDARD

Descrição dos processos: OPERADOR 3		Referencias: Mudança de diâmetro				Realizado por: DM	Takt time projecto AA19
Data de revisão: 2023-05-08		— Trabalho Manual - - - - - Automático ~~~ Caminhar ⇔ Espera				Actual takt time Posto (sec)	
OPERAÇÕES	ELEMENTO				OBS:		
	Trabalho Manual	Máquina	Caminhar	Espera			
1 Operar na CUR0085	5,0						
2 CUR0087: Transporte	0,7		0,17				
3 CUR0085: Transporte	3,3	0,0	0,17				
4 PSL0032: Transporte	5,5		0,17				
5 PES0043: Ajudante de líder	34,7		0,17				
6 PSL0031: Transporte	4,9						
7							
8							
9							
10							

Figura 100- Tabela de combinação de tarefas OPERADOR 3



TABELA COMBINADA DE TRABALHO STANDARD

Descrição dos processos: OPERADOR 4		Referencias: Mudança de diâmetro				Realizado por: DM	Takt time projecto AA19
Data de revisão: 2023-05-08		— Trabalho Manual - - - - - Automático ~~~ Caminhar ⇔ Esperar				Actual takt time Posto (sec)	
OPERAÇÕES	ELEMENTO				OBS:		
	Trabalho Manual	Máquina	Caminhar	Espera			
1 Operar na PES0041	16,3						
2 PES0043: Transporte	12,4		0,17				
3 PES0041: Líder	40,4		0,17				
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

Figura 101- Tabela de combinação de tarefas OPERADOR 4



TABELA COMBINADA DE TRABALHO STANDARD

Descrição dos processos: PREPARADOR 1		Referencias: Mudança de diâmetro				Realizado por: DM	Takt time projecto AA19								
Data de revisão: 2023-05-08		— Trabalho Manual - - - - - Automático ~~~ Caminhar ↔ Esperar				Actual takt time Posto (sec)									
OPERAÇÕES	ELEMENTO				OBS:										
	Trabalho Manual	Máquina	Caminhar	Espera		-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80
1 CUR0086: Transporte	-3,1		0												
2 CUR0086: Líder	37,2		0,17												
3 CUR0085: Líder	12,4														
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															

Figura 102- Tabela de combinação de tarefas PREPARADOR 1



TABELA COMBINADA DE TRABALHO STANDARD

Descrição dos processos: PREPARADOR 2		Referencias: Mudança de diâmetro				Realizado por: DM	Takt time projecto AA19								
Data de revisão: 2023-05-08		— Trabalho Manual - - - - - Automático ~~~ Caminhar ↔ Esperar				Actual takt time Posto (sec)									
OPERAÇÕES	ELEMENTO				OBS:										
	Trabalho Manual	Máquina	Caminhar	Espera		-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80
1 CUR0095: Transporte	-5,0		0												
2 CUR0095: Líder	42,6		0,17												
3 CUR0087: Líder	10,0														
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															

Figura 103- Tabela de combinação de tarefas PREPARADOR 2