



Universidade de Aveiro  
Ano 2021

**RAFAEL DA SILVA  
ADÃO**

**Análise de processos e propostas de melhoria numa  
industria automóvel**



**RAFAEL DA SILVA  
ADÃO**

**Análise de processos e propostas de melhoria numa  
indústria automóvel**

Relatório de projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica do Doutor João Carlos de Oliveira Matias, Professor Catedrático do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

## **o júri**

Presidente

**Prof.<sup>a</sup> Doutora Ana Maria Pinto de Moura**

Professora Auxiliar no Departamento de Economia, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

**Prof.<sup>a</sup> Doutora Olga Maria Figueiredo Costa**

Professora Adjunta na Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Setúbal

**Prof. Doutor João Carlos de Oliveira Matias**

Professor Catedrático no Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

## **agradecimentos**

Em primeiro lugar, agradecer à minha família e amigos pelo apoio e ajuda nesta fase e um obrigado à Inês.

Em segundo lugar ao professor Doutor João Carlos Oliveira Matias pela paciência, dedicação e ajuda ao longo de todo o projeto.

Por último, à empresa que acolheu o estágio e a todos que nos variados momentos se mostraram disponíveis a contribuir para o sucesso deste trabalho.

**palavras-chave**

Melhoria contínua, balanceamento de linhas, rentabilidade, produtividade ferramentas *Lean*

**resumo**

A saturação dos mercados da indústria automóvel obriga as organizações a procurarem, cada vez mais, rentabilizar os seus processos de fabrico e torná-los mais eficientes, de forma a adquirirem vantagem competitiva para assumirem o seu lugar no mercado. Para alcançar esses objetivos é necessário que as organizações otimizem os seus processos, maximizem os recursos e eliminem os desperdícios.

O estudo de caso apresentado propôs-se a trabalhar sobre estes objetivos numa indústria de componentes automóveis.

Através da aplicação de ferramentas *Lean* de análise e diagnóstico, foram identificadas as principais restrições e desperdícios dos processos. Recorreu-se a um método de balanceamento para nivelar a carga de trabalho nas linhas de montagem, com aumentos de eficiência de linha até 19 pontos percentuais, ficando alguns processos com eficiências superiores a 90%, com reduções de custos de processo elevados. Foram propostas adaptações aos indicadores de desempenho das linhas, de forma a possibilitar uma melhor gestão dos processos por parte da melhoria contínua.

Os resultados dos estudos realizados ofereciam à empresa aumentos de produtividade e rentabilidade dos seus processos, através da garantia de um fluxo produtivo otimizado.

**keywords**

Continuous improvement, line balancing, profitability, productivity, Lean tools

**abstract**

The market saturation of the automotive industry forces the organizations to look, more and more everyday, how to make a return on their manufacturing processes and make them more efficient, in order to acquire a competitive advantage so that they can take their place in the market. To reach those goals it is necessary for companies to optimize their processes, maximize their resources and eliminate their wastes.

The presented case study is proposing to work on these objectives in an automotive components industry.

Through the application of diagnostic and analyse Lean tools, the main restrictions and wastes of the processes were identified. A balancing method was used to level the workload in the assembling lines, with an increase of up to 19 percentage points, upgrading some processes to 90% efficiency with large process cost reduction.

Adaptations to the indicators of performance assembly lines were proposed, in order to enable a better process management by continuous improvement.

The results of the conducted studies offered the company increases in productivity and profitability of their processes, by ensuring an optimized production flow.

# Índice

1. Introdução .....	1
1.1. Contextualização e Objetivos .....	1
1.2. Metodologia da investigação.....	1
1.3. Estrutura .....	2
2. Desafio.....	3
2.1. A empresa.....	3
2.2. Produtos .....	3
2.3. Processo.....	4
2.4. Situação Inicial .....	5
2.5. Alvos do estudo .....	8
2.5.1 Cliente A.....	9
2.5.2 Cliente B.....	10
3. Revisão de Literatura .....	15
3.1. Filosofia Lean .....	15
3.1.1 História.....	15
3.1.2 Princípios Lean.....	15
3.1.3 3 M's .....	16
3.2. Ferramentas Lean .....	18
3.2.1 <i>Standard Work</i> .....	18
3.2.2 <i>Takt-time</i> e produção nivelada.....	18
3.2.3 Análise das causas raiz dos problemas .....	19
3.3. Balanceamento de linhas .....	20
3.3.1 Tipos de linhas e métodos de balanceamento .....	20
3.3.2 Indicadores de análise de balanceamento .....	21
3.3.3 Fases de implementação .....	22
3.4. Ferramentas de apoio.....	24
3.4.1 Análise ABC.....	24
3.4.2 Fluxograma .....	24
3.4.3 Folha de verificação .....	25
3.4.4 Diagrama de precedências .....	25
4. Estudo de caso: Identificação de constrangimentos.....	27
4.1. Cliente A.....	29
4.2. Cliente B.....	34
5. Estudo de caso: plano de ações e análise de resultados.....	43
5.1. Cliente A.....	44
5.2. Cliente B.....	48
5.3. Análise das propostas de melhoria.....	61
6. Considerações Finais.....	67
6.1. Análise crítica ao trabalho desenvolvido.....	67
6.2. Limitações.....	68
6.3. Trabalho Futuro .....	68
Bibliografia.....	71
Anexos .....	73
Anexo 1 .....	73
Anexo 2 .....	74
Anexo 3 .....	75

Anexo 4 .....	80
Anexo 5 .....	83
Anexo 6 .....	84

## Lista de Figuras

<b>Figura 2.1</b> - Imagem aérea da empresa.....	3
<b>Figura 2.2</b> – Imagens de produtos de exterior & acesso.....	4
<b>Figura 2.3</b> - Imagens de produtos de bloqueio & autorização .....	4
<b>Figura 2.4</b> - Fluxograma dos macroprocessos da empresa .....	5
<b>Figura 2.5</b> - Layout da linha A1.....	9
<b>Figura 2.6</b> - Gráfico ABC dos tipos de produtos do cliente A .....	10
<b>Figura 2.9</b> - Gráfico ABC da linha B2.....	13
<b>Figura 2.10</b> - Gráfico ABC da linha B1.....	13
<b>Figura 2.11</b> - Gráfico ABC do cliente B.....	13
<b>Figura 2.12</b> - Gráfico ABC da linha B3.....	14
<b>Figura 4.1</b> - Tempos de ciclo da linha A1 para 1 fechadura .....	29
<b>Figura 4.2</b> - Análise das causas raiz dos baixos valores de RO da linha A1 .....	32
<b>Figura 4.3</b> - Gráfico ABC dos cenários de B1 .....	34
<b>Figura 4.4</b> - Gráfico ABC dos cenários de B2 .....	34
<b>Figura 4.5</b> - Gráfico ABC dos cenários de B3 .....	35
<b>Figura 4.6</b> - Tempos de ciclo do cenário 1 linha B1.....	35
<b>Figura 4.7</b> - Tempos de ciclo do cenário 1 linha B2.....	36
<b>Figura 4.8</b> - Tempos de ciclo do cenário 2 linha B2.....	36
<b>Figura 4.9</b> - Tempos de ciclo do cenário 3 linha B2.....	36
<b>Figura 4.10</b> - Tempos de ciclo do cenário 1 linha B3.....	37
<b>Figura 4.11</b> - Tempos de ciclo do cenário 2 linha B3.....	37
<b>Figura 4.12</b> - Análise das causas raiz para a linha B1 .....	41
<b>Figura 5.1</b> - Gráfico Yamazumi linha A1 na situação inicial.....	45
<b>Figura 5.2</b> - Diagrama de precedências da linha A1.....	46
<b>Figura 5.3</b> - Resultado do balanceamento da linha A1.....	47
<b>Figura 5.4</b> – Gráfico Yamazumi da linha A1 da proposta de balanceamento .....	47
<b>Figura 5.5</b> - Comparação dos balanceamentos de A1 .....	48
<b>Figura 5.6</b> - Gráfico Yamazumi linha B1 estado inicial .....	49
<b>Figura 5.7</b> - Gráfico Yamazumi linha B2 estado inicial .....	50
<b>Figura 5.8</b> - Gráfico Yamazumi linha B3 estado inicial .....	50
<b>Figura 5.9</b> - Diagrama de precedências da linha B1 .....	52
<b>Figura 5.10</b> - Diagrama de precedências das linhas B2 e B3 .....	53
<b>Figura 5.11</b> - Proposta de balanceamento para B2 e B3 .....	54
<b>Figura 5.12</b> - Proposta de balanceamento 2 para B1 .....	54
<b>Figura 5.13</b> - Proposta de balanceamento 1 para B1 .....	54
<b>Figura 5.14</b> - Gráfico Yamazumi linha B1 proposta de balanceamento .....	55
<b>Figura 5.15</b> - Gráfico Yamazumi linha B2 proposta de balanceamento .....	55
<b>Figura 5.16</b> - Gráfico Yamazumi linha B3 proposta de balanceamento .....	55
<b>Figura 5.17</b> - Tabela de indicadores de balanceamento da situação inicial das linhas B.....	56
<b>Figura 5.18</b> - Tabela de indicadores de balanceamento da proposta de balanceamento das linhas B.....	56
<b>Figura 5.19</b> - Colocação de avisos luminosos de paragens das máquinas na linha B1.....	57



<b>Figura 5.20</b> - Layout das linhas B para a proposta das ações complementares.....	58
<b>Figura 5.21</b> - Fluxograma do processo das chaves de plástico preto .....	59
<b>Figura 5.22</b> - Fluxograma da proposta de melhoria no processo das chaves .....	59
<b>Figura 5.23</b> - Análise ABC das chaves dos processos B.....	60

## Lista de Tabelas

<b>Tabela 2.1</b> – Cálculo do takt-time dos processos estudados .....	14
<b>Tabela 4.1</b> - Definição dos fatores de desempenho dos operadores .....	28
<b>Tabela 4.2</b> - Tabela de coeficientes de recuperação.....	28
<b>Tabela 4.3</b> - Tabela de coeficiente de incidências.....	29
<b>Tabela 4.4</b> - Indicadores de desempenho de A1 .....	29
<b>Tabela 4.5</b> - Cálculo do nº de operadores necessários ao processo .....	30
<b>Tabela 4.6</b> – Problemas e desperdícios identificados na linha A1 .....	31
<b>Tabela 4.7</b> - Análise das movimentações dos operadores entre postos de trabalho .....	31
<b>Tabela 4.8</b> - Propostas de solução para as causas-raiz identificadas.....	33
<b>Tabela 4.9</b> - Indicadores de desempenho das linhas B .....	37
<b>Tabela 4.10</b> - Cálculo no nº ótimo de postos de trabalho manual/semiautomático das linhas B .....	39
<b>Tabela 4.11</b> - Identificação de desperdícios das linhas B.....	40
<b>Tabela 4.12</b> - Propostas de solução para a linha B1.....	41
<b>Tabela 5.1</b> - Plano de ações de trabalho .....	43
<b>Tabela 5.2</b> - Tarefas elementares e precedências da linha A1.....	44
<b>Tabela 5.3</b> - Peso posicional das tarefas da linha A1.....	47
<b>Tabela 5.4</b> - Tarefas elementares dos processos B .....	49
<b>Tabela 5.5</b> - Tarefas elementares e pesos posicionais das linhas B .....	54
<b>Tabela 5.6</b> - Cálculo do takt-time da estação de clipagem.....	60
<b>Tabela 5.7</b> - Estudo de capacidade da estação de clipagem .....	61
<b>Tabela 5.8</b> - Estudo da viabilidade económica das propostas efetuadas.....	62
<b>Tabela 5.9</b> - Indicadores da situação inicial das linhas B.....	64
<b>Tabela 5.10</b> - Indicadores da proposta de solução das linhas B.....	64

## Acrónimos

ERP – Enterprise Resource Planning  
 OK – peças conformes  
 NOK – peças não conformes  
 PPH – Peças por pessoa por hora  
 RO – Rendimento Operacional  
 OEE – Overall Effectiveness Equipment  
 PPM – Partes por milhão  
 RPW – Ranked Positional Weight

# 1. Introdução

Neste capítulo introdutório é apresentado o desafio, os seus objetivos e a metodologia da investigação usada na realização do projeto. Por fim é descrita a estrutura do documento.

## 1.1. Contextualização e Objetivos

A evolução mundial do setor automóvel nas últimas décadas tornou os mercados mais agressivos e competitivos. As empresas englobadas neste setor vêem-se forçadas, dia após dia, a reinventar-se e projetar soluções que permitam assegurar um lugar no mercado. Hoje em dia, apresentar uma boa capacidade de produção já não é uma garantia de sucesso, sendo necessário que os processos sejam não apenas eficazes, mas também eficientes, de forma a proporcionar uma maior vantagem competitiva. O fator mais importante já não é fazer mais, mas sim fazer melhor, de forma mais eficiente, que permita a evolução dos negócios e a criação de riqueza.

A eliminação de desperdícios dos processos produtivos pode refletir inúmeras vantagens para as organizações. Otimizar os processos é uma prática de gestão importante para garantir a saúde de um negócio. Nesse sentido, o setor da melhoria continua assume um papel fundamental, em paralelo com outros setores das organizações, como a produção, logística, qualidade, entre outros, e procura melhorar a forma como cada um destes setores trabalha, bem como nas relações entre si.

O trabalho desenvolvido e apresentado neste documento foi realizado durante um estágio curricular do Mestrado Integrado de Engenharia e Gestão Industrial da Universidade de Aveiro, numa empresa produtora de componentes automóveis.

Durante a realização do estágio curricular, a empresa atravessou um período de implementação de um novo sistema de ERP, o SAP, como medida de modernização do grupo a nível mundial. De acordo com esta visão global de otimização e modernização das organizações, bem como adaptação às realidades dos mercados, os principais objetivos no desafio da empresa foram:

- Aumento de produtividade dos processos produtivos;
- Rentabilização de processos;

De salientar que o projeto realizado durante o estágio, não teve como ponto de partida um problema identificado e quantificado pela organização, com um objetivo de melhoria pré-definido, mas sim uma visão de melhoria contínua que assentava na procura dos constrangimentos e sua resolução. Desse modo, só após a primeira interação com os processos foi possível caracterizar, através de indicadores de desempenho, o estado inicial e os objetivos quantitativos do projeto.

De forma a alcançar os 2 principais objetivos propostos, foram definidos alguns objetivos específicos:

- Reduzir e eliminar tarefas residuais que representem desperdícios nos processos produtivos;
- Maximizar os recursos disponíveis;
- Otimizar os processos tendo em conta a redução de problemas e restrições dos mesmos;

## 1.2. Metodologia da investigação

Os métodos utilizados na realização de projetos podem ser divididos em 3 tipos: quantitativos, qualitativos ou mistos (Pearce, 2012). Métodos quantitativos marcaram as primeiras abordagens de investigação e procuram analisar um problema através de dados obtidos com medições rigorosas, focando a sua atenção nos valores e em indicadores mensuráveis. As análises são baseadas em números e dados estatísticos. Os métodos qualitativos surgiram depois, com a necessidade de compreender os problemas para além dos números e dos dados estatísticos, uma vez que estes não contemplam parte da informação. Procuram descrever situações reais, compreendê-las e interpretá-las. É um método menos estruturado e objetivo, com um teor de subjetividade e dependência do investigador, das suas filosofias de pensamento e atitudes para com determinados cenários (Onwuegbuzie & Leech,

2005). Para além destes, alguns autores defendem um terceiro, os métodos mistos. Estes métodos, que podem variar na origem do estudo, podendo ser qualitativo ou quantitativo, sabendo que durante o período de investigação os dois tipos são utilizados pelo menos uma vez, procuram o melhor dos dois mundos, conforme as necessidades e os objetivos a que se propõem, de forma a obter resultados mais completos e aproximados da realidade (Celo et al., 2008).

O método de investigação usado foi o estudo de caso, de teor qualitativo, sendo que para cada fase do estudo foram aplicadas ferramentas, ora quantitativas ora qualitativas, de forma a obter as melhores informações para o apoio à decisão. O estudo caso é um método que procura compreender a complexidade de um problema no seu contexto real (Crowe et al., 2011).

Processos reais e complexos como o são as linhas de montagem do setor automóvel, devem ser analisados com bastante cautela e rigor, de forma a cobrir todas as suas variedades, restrições e oportunidades. Assim, na primeira fase do estudo, foram aplicados diversos métodos de pesquisa qualitativa, de forma a conhecer a empresa, os seus produtos e compreender os processos de trabalho, terminando com a identificação dos problemas que deram mote para o desenvolvimento do estudo.

Na segunda fase, foram aplicadas diversas ferramentas quantitativas no levantamento de tempos e indicadores de desempenho, de forma a quantificar os problemas identificados na primeira fase. Através do cruzamento destes dados foram definidas ações a tomar, com vista à resolução dos problemas e ao alcance dos objetivos do desafio.

Na última fase do estudo, foram utilizados métodos distintos, tanto quantitativos como qualitativos para a formulação das propostas de melhoria.

Ao longo do estudo, foi realizada uma revisão de literatura para a seleção de metodologias e métodos a utilizar, já comprovados por outros investigadores, que é apresentada no capítulo 3, como se explica na secção seguinte.

### **1.3. Estrutura**

O documento apresentado está separado por 6 capítulos, que apresentam uma ordem cronológica dos acontecimentos na metodologia utilizada no projeto. O projeto focou-se na análise de 2 processos distintos, e ocorreu de forma sequenciada. Para cada um dos processos foram seguidos os passos descritos na metodologia da investigação apresentada na secção anterior. Desse modo, nos capítulos referentes ao estudo de caso 4 e 5 são apresentados os trabalhos realizados para cada um dos processos, com a devida distinção dos mesmos.

O primeiro capítulo faz uma introdução ao projeto, com a apresentação do desafio, os objetivos a alcançar e a metodologia aplicada para a sua concretização.

No segundo capítulo é apresentada a empresa na qual foi realizado o estágio e termina com a caracterização do estado inicial da organização, com a identificação dos processos estudados e dos indicadores que permitiram trabalhar com foco nos objetivos propostos.

De seguida, o terceiro capítulo, no qual é apresentada uma revisão de literatura, que serviu de apoio ao projeto. São apresentadas as ferramentas utilizadas para a realização do trabalho, quer ao nível de análise, quer de formulação das soluções propostas.

No quarto capítulo é apresentada grande parte da segunda fase do projeto. A identificação dos problemas, seleção dos maiores constrangimentos e das suas causas raiz.

O quinto capítulo complementa o anterior, no qual são apresentadas as propostas de melhoria para os problemas identificados. É apresentado o plano de ações e termina com uma análise económica para a implementação das melhorias, bem como uma análise ao trabalho efetuado.

Por fim, no sexto capítulo, é apresentada uma reflexão do trabalho realizado, com as principais conclusões auferidas na realização do projeto. São, ainda, propostas algumas considerações futuras, de forma a dar continuidade ao trabalho para o alcance dos objetivos definidos. O capítulo que se segue caracteriza a fase pré-estágio, na qual é apresentada a empresa e o seu estado inicial.

## 2. Desafio

Neste capítulo é apresentada a empresa onde foi realizado o projeto durante o período de estágio, bem como uma descrição dos processos alvos de estudo e por fim uma caracterização do estado inicial à data do desafio proposto.

### 2.1. A empresa

A empresa na qual foi realizado o estágio pertence a um grupo familiar de origem alemã com 113 anos de história. Atua como fornecedor de componentes automóveis, com produtos de acesso e bloqueio ao automóvel. O grupo já equipou mais de 50% dos veículos de passageiros produzidos mundialmente. Em 2020, o grupo contava com 7800 colaboradores espalhados por 3 continentes.

O grupo é dividido por unidades de negócio, de acordo a função desenvolvida pelos produtos, que pode ser exterior & acesso ou bloqueio & autorização. Os seus principais clientes são grandes grupos automóveis como a VW, Daimler, Ford, BMW, GM, Geely/Volvo, Stellantis, Toyota, entre outros. Equipa a nível mundial mais de 50 marcas automóveis e, em 2020, as vendas ascenderam a 1 bilhão de euros.

A empresa, sediada no concelho de Tondela, iniciou a produção em 1991, num pequeno armazém perto das instalações atuais. Em 2010 passou a ser controlada a 100% pelo grupo alemão. Atua nas duas unidades de negócio do grupo, sendo que os produtos de bloqueio e autorização representam uma maioria esmagadora na produção. A empresa conta com cerca de 450 colaboradores e fechou o ano 2020 com um valor de vendas a ascender aos 108 milhões de euros. Os seus principais clientes são os grupos Stellantis, Geely/Volvo, Ford e BMW.

Os principais mercados da empresa são a Europa, América do Norte e Ásia, sendo que o top 5 dos países consumidores é europeu.



**Figura 2.1** - Imagem aérea da empresa  
Fonte: Jornal semanal digital da empresa

### 2.2. Produtos

Os produtos da empresa são, como indicado anteriormente, classificados por unidades de negócio (exterior & acesso ou bloqueio & autorização). Os produtos de bloqueio & autorização são fechaduras de portas, chaves, bloqueio de direção mecânico e eletrónico. Exceto as colunas de bloqueio de direção eletrónico e as chaves de componente apenas eletrónica, que são independentes de um sistema de fecho mecânico, as fechaduras, chaves e bloqueio mecânico são produzidas em simultâneo para cada carro. Este conjunto produzido é denominado de jogo. De acordo com o cliente e as características dos automóveis como os conhecemos, podem ser produzidas várias quantidades de fechaduras, bloqueios de direção, chaves de emergência ou até fechadura do porta-luvas. Apesar de, por exemplo, um produto como uma fechadura de uma porta ser o mesmo produto para diferentes marcas, o seu funcionamento e as componentes do mesmo variam imenso. Devido a essa variedade da tecnologia dos produtos, as linhas de produção são diferenciadas por cliente e não por produtos de um modo geral. Para cada cliente são produzidas uma grande quantidade de referências, que correspondem à enorme variedade de modelos e variantes dos carros automóveis. As imagens seguintes apresentam os diferentes tipos de produtos da empresa, de acordo com a sua funcionalidade.

## Exterior & Acesso:



**Figura 2.2** – Imagens de produtos de exterior & acesso  
Fonte: site do Huf Group

## Bloqueio & Autorização:



**Figura 2.3** - Imagens de produtos de bloqueio & autorização  
Fonte: site do Huf Group

## **2.3. Processo**

O estudo apresentado incidiu sobre 4 microprocessos (linhas de montagem), que são compostas por um grupo de postos automáticos, semiautomáticos e manuais, projetados num fluxo fechado, que permite a manufatura de produtos com baixos tempos de ciclo (entre 10 a 20 segundos). Cada linha é composta por um tapete, no qual fluem as chamadas caixas de linha, onde são transportadas as peças produzidas ao longo do processo. Uma vez que as linhas são circuitos fechados, ao alcançar o último posto no qual são retiradas as peças da caixa de linha, esta continua até chegar ao primeiro posto, reiniciando o ciclo de produção. À medida que as caixas de linha avançam nos postos de trabalho, são executadas tarefas ou adicionadas novas peças ao conjunto. As peças que são adicionadas ao longo das linhas podem ter diferentes origens:

- Fornecedores externos (sejam outras empresas do grupo ou fornecedores independentes);
- Setor de injeção da empresa (produz a maioria das peças de plástico utilizadas nas linhas de montagem);
- Centro ibérico de chaves (CIC), setor interno onde são realizadas as pré-montagens de peças que depois são utilizadas nas linhas;

As peças que são produzidas pelo setor de injeção e pelo CIC são o produto final destes setores, no entanto, também podem ser consideradas as matérias-primas dos processos de montagem. O fluxograma do macro processo, que é aplicado tanto para os processos de montagem como para a injeção e o CIC, é ilustrado na figura 2.4 e descrito nos parágrafos seguintes.

O processo inicia com a requisição e receção de matéria-prima. De acordo com a matéria, os fornecedores podem ser outras empresas do grupo ou fornecedores externos. A grande maioria dos fornecedores da empresa são acordados com os clientes, que definem os principais intervenientes das suas cadeias de abastecimento.

Ao receber as matérias-primas, é verificado o cumprimento dos requisitos necessários. Caso sejam detetadas matérias não conformes (NOK), é realizada uma seleção peça a peça e aberta uma ação corretiva de forma a notificar o fornecedor.

As matérias boas (OK) dão entrada no armazém para depois serem usadas nos processos de fabrico. Podem ser matéria-prima para o setor de injeção, no qual é produzida uma grande quantidade de peças que abastecem as linhas de montagem, podem ser utilizadas no setor de pré-montagem, que à semelhança das peças injetadas, também será depois utilizada pelas linhas, ou podem ser matérias que serão utilizadas diretamente nas linhas.

Caso sejam detetadas peças NOK, em qualquer um dos microprocessos apresentados, é notificado o departamento de qualidade, que abre uma ação corretiva de controlo. É realizada uma seleção do lote produzido, sendo as peças NOK enviadas para a área da rejeição onde são recuperadas, e as peças OK libertadas para continuarem o processamento. Ao finalizar as linhas de montagem, as peças são transportadas para o armazém de expedição e enviadas para o cliente (fábricas das marcas automóveis).

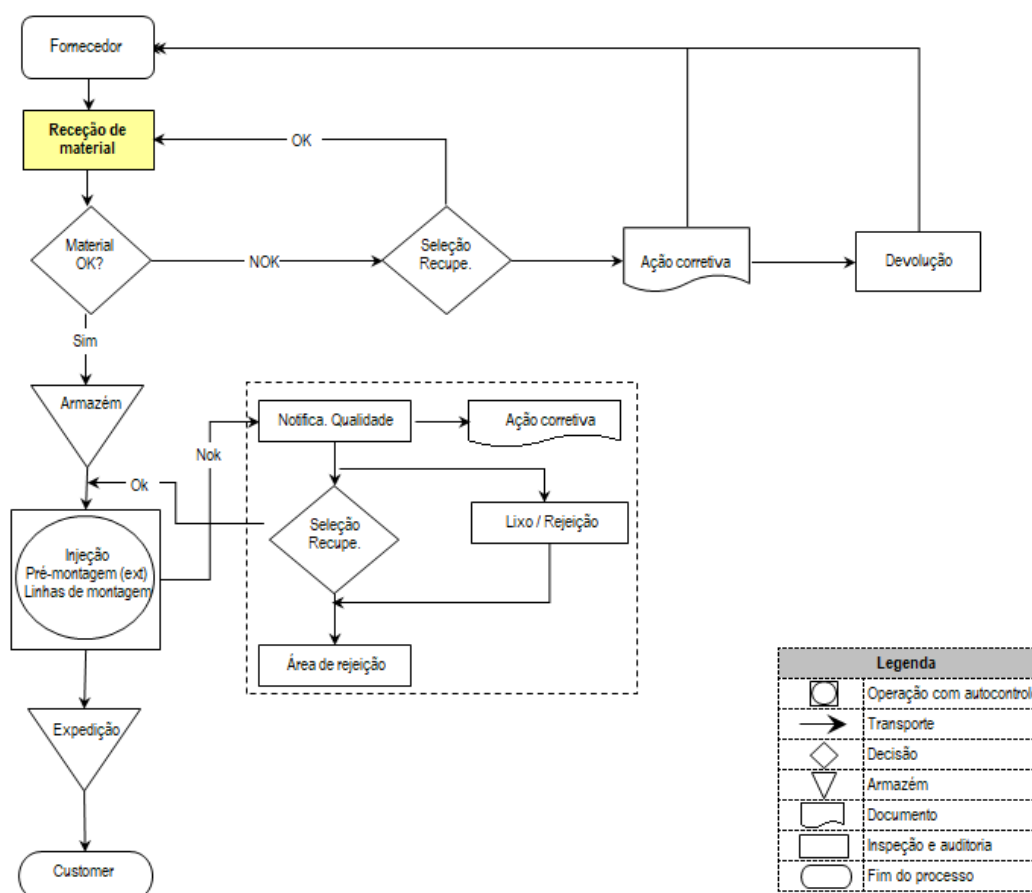


Figura 2.4 - Fluxograma dos macroprocessos da empresa

Adaptado de documentos da Huf Portuguesa

## 2.4. Situação Inicial

No início do estágio, a empresa estava a operar condicionada pela situação pandémica vivida à data. A obrigação dos desfasamentos de horários das indústrias, de acordo com a gravidade dos municípios, levou a empresa a trabalhar durante alguns meses com redução de horas produtivas diárias de até 1h30min/dia. Estes desfasamentos afetaram alguns dados para a análise inicial. O tempo disponível de operação foi reduzido, de forma forçada, prevendo-se que essa redução se mantenha até ao final do ano 2021. De qualquer modo, os indicadores utilizados para o diagnóstico e comparação de resultados não foram influenciados pela redução verificada. Apenas a capacidade dos processos em responder às necessidades produtivas foi alterada. Assim sendo, para cada caso é

referenciado o nº de horas produtivas diárias consideradas, de forma a obter dados fidedignos e objetivos no desempenho das linhas produtivas, bem como no cálculo da capacidade de resposta dos processos para conseguir satisfazer as necessidades dos clientes.

A empresa recorria a um conjunto de indicadores de análise que permitiam monitorizar os processos produtivos. O tempo total perdido, a rejeição interna, as peças por pessoa por hora (PPH) e o rendimento operacional (RO) serviam de apoio à análise, controlo e melhoria contínua dos processos.

Para cada indicador eram registados os resultados obtidos diariamente, no quadro de desempenho da linha, no qual podiam ser consultados os valores médios em cada mês vencido do ano em questão. Eram também apresentados os valores objetivo, que permitiam uma gestão visual do desempenho das linhas. Para além destes indicadores, eram registados nos quadros das reuniões diárias os valores de RO por turno, bem como aspetos importantes a reportar no decorrer do mesmo. Uma equipa multidisciplinar realizava diariamente uma volta pela fábrica e analisava os valores indicados em cada linha. Infelizmente, com o aparecimento do covid-19, deixaram de ser realizadas estas reuniões diárias que permitiam um rigor e controlo dos processos.

De acordo com o desafio lançado pela empresa, foi necessário, numa abordagem inicial, apurar os indicadores de desempenho dos processos, de forma a analisar o estado dos mesmos, bem como poder comparar o sucesso/insucesso do trabalho desenvolvido com os indicadores da situação final. No entanto, foram apenas selecionados alguns dos indicadores utilizados pela empresa, considerados os mais importantes para o estudo realizado. No parágrafo seguinte, são apresentados os indicadores internos, o que significa cada um e de que modo são obtidos.

O tempo total perdido é um indicador que apresenta os tempos de paragens de cada linha. No final do turno o chefe de linha preenchia na folha de produção o tempo total perdido, que o mesmo calculava de acordo com as paragens mais expressivas da linha. É um indicador com baixo rigor, uma vez que depende do conhecimento do chefe de linha do desempenho diário da mesma. Os valores finais apresentados dependiam em exclusivo do que este considerava. Deste modo, muitos dos tempos perdidos, principalmente em microparagens, não eram contabilizados, baseando-se este registo nas grandes paragens produtivas que necessitavam de assistência das máquinas. Devido ao baixo rigor de registo deste indicador, este não foi considerado para o estudo, uma vez que não evidenciava a realidade dos acontecimentos dos processos.

A rejeição interna era calculada em função do nº de peças nas caixas de rejeição ao longo da linha, apresentada em partes por milhão (PPM). Para cada defeito existia um código de rejeição. Ao rejeitar uma peça, o operador devia preencher a folha de rejeição com o código correspondente e a quantidade rejeitada. No fim do turno, o chefe de linha, tal como para o tempo total perdido, recolhia os dados e preenchia na folha de produção. Os dados preenchidos, que eram depois introduzidos pelo próprio no sistema, eram os dados apresentados no indicador do quadro de desempenho. Na caixa de rejeição do posto de controlo final eram colocadas as peças que eram produzidas pela linha e que resultam em produtos NOK, que representavam a quantidade de peças NOK do processo da linha. Nas restantes caixas de rejeição ao longo da linha, eram colocadas peças que ainda não tinham sido processadas, ou seja, matéria-prima NOK. Deste modo, o indicador de rejeição interna não permitia conhecer a quantidade de peças NOK produzidas pela linha de montagem, uma vez que era, na sua grande maioria, influenciado pelos defeitos da matéria-prima. No cálculo deste indicador era também considerado um fator k, fator esse que assumia os valores do nº de componentes que compunham um produto final. Ao registar um defeito, este era dividido pela produção total do turno e pelo nº de componentes do produto final, sendo no fim multiplicado por 1 milhão, para ser apresentado em PPM.

A inexistência de uma diferenciação entre a rejeição no posto de controlo final, que correspondia a um produto acabado NOK, que gastou recursos do processo produtivo, ou rejeições das caixas ao longo da linha, que correspondiam a matérias-primas com defeito que não chegaram sequer a ser incluídas no processo, impossibilitava uma análise objetiva, quer à qualidade de matéria-prima, quer à qualidade da linha. Desse modo, este indicador também não foi considerado para o estudo.

O PPH é o nº de jogos produzidos por um operador numa hora de trabalho e era calculado de acordo com a expressão 1:

$$PPH = n^{\circ}jogos \div (n^{\circ} operadores \times h produtivas) (1)$$

\*(1) **fonte:** expressão utilizada pela empresa para o cálculo do indicador PPH

É um indicador de produtividade e rentabilidade, que permitia avaliar o desempenho de um processo de acordo com o nº de operadores. Num processo produtivo de grande padronização, e no qual os postos de trabalho apresentavam tempos de ciclo de segundos e semelhantes aos tempos de ciclo das máquinas automáticas, o desempenho e a velocidade de execução dos operadores era limitada ao recurso automático com maior tempo de ciclo. Dessa forma, este indicador era influenciado pela capacidade de produção do processo e pelo nº de operadores que intervinham no mesmo.

Quanto maior o valor de PPH, maior a produtividade por operador/hora, ou seja, mais rentáveis em termos de mão-de-obra eram os processos. Uma vez que estes eram influenciados pelos recursos automáticos, maiores valores de PPH podiam indicar uma maior eficiência do processo, mas também podiam ser traduzidos por uma elevada taxa de esforço e sobrecarga dos operadores. Desse modo, este indicador deveria ser analisado tendo em conta outros fatores, como por exemplo a quantidade de operadores para o total de trabalho necessário.

Estas características tornavam o indicador limitado na análise global à empresa, uma vez que podia variar de forma significativa de processo para processo, dependendo do nível de automação ou das capacidades dos recursos automáticos. No entanto, e uma vez que o desafio era de aumento de produtividade e rentabilidade, este indicador poderia ser útil na comparação da situação inicial *versus* situação futura para cada um dos processos produtivos.

O RO é um indicador de desempenho da linha, através da comparação da produção real com a capacidade de produção da linha para um determinado período. Na empresa, os valores utilizados para o denominador no cálculo do RO eram valores objetivos, definidos pelos responsáveis de produção através da experiência e *know-how* dos processos, tendo em conta o histórico conhecido da linha, o nº de operadores do grupo de trabalho, o nº de horas de trabalho e as necessidades, expressão 2.

$$RO = \frac{\textit{Produção média do processo}}{\textit{Objetivo definido pela empresa para o processo}} (2)$$

\*(2) **fonte:** expressão utilizada pela empresa para o cálculo do indicador RO

A empresa recorria a este indicador para analisar a capacidade de resposta de um grupo de trabalho face aos objetivos propostos. Se uma linha produzisse 1000 peças com um RO de 90%, não significava que no mês seguinte, com uma atualização dos objetivos de acordo com as necessidades dos clientes, a produção de 400 peças não alcançasse valores de RO iguais ou superiores a 90%. Deste modo, o principal fator que era responsável pela definição dos objetivos para as linhas eram as necessidades produtivas, e o RO era utilizado de forma prioritária para avaliar a capacidade de resposta da linha face às flutuações da procura. No entanto, e uma vez que o estudo tinha como objetivo uma maximização dos recursos, este devia ser realizado aos processos no seu todo, sendo necessário apurar as capacidades de produção na cadência máxima. Utilizar o método adotado pela empresa impedia de apurar as capacidades reais dos seus processos, bem como o desempenho diário face a estas. Por outro lado, analisar o desempenho de uma linha em função das suas necessidades, ajustando a mão-de-obra de acordo com estas, possibilitava uma rentabilização dos processos. Os valores de RO utilizados nas análises ao desempenho dos microprocessos, foram calculados com base nas capacidades produtivas das linhas de montagem. Ao longo da análise, para cada processo, foram comparados os valores de RO apurados pela empresa e os valores de RO calculados pela expressão 3.



$$RO = \frac{\text{Produção real no período } p}{\text{Capacidade teórica período } p} \quad (3)$$

\*(3) fonte: adaptado de (Hansen, 2001).

Esta expressão é semelhante ao cálculo da eficiência global dos equipamentos (OEE), no qual é comparada a produção efetiva de um processo com a sua capacidade teórica. No entanto, a forma mais correta para o cálculo do OEE é através das suas 3 componentes: disponibilidade, qualidade e desempenho. Para uma linha de montagem, composta por variadas máquinas e operadores, a executar tarefas em simultâneo, a recolha de determinados dados torna-se mais complexa. Comparar diretamente os valores de produção real de um processo com a sua capacidade para esse período permite, de uma forma mais simples, compreender o desempenho do mesmo.

Uma vez que ao longo do relatório foi realizada a comparação, para cada processo, dos valores de RO para as expressões 1 e 3, o RO calculado pela empresa com recurso à expressão 1 foi denominado de RO interno. Já o valor que resulta da expressão 3 foi denominado de RO calculado.

Para valores elevados de PPH, podiam ser registados baixos valores de RO calculado, caso as linhas trabalhassem com um reduzido número de operadores, que atingiam um bom desempenho individual, mas valores baixos em comparação com a capacidade de produção da linha. Por outro lado, podiam ser atingidos elevados valores de RO calculado, no entanto os valores de PPH serem reduzidos, caso o nº de operadores dos processos fosse superior ao desejável, o que permitia um melhor desempenho do grupo como um todo, mas tornava os processos menos rentáveis. Deste modo, foram analisados os dois indicadores em simultâneo, de forma a retirar conclusões mais objetivas e que se aproximassem da realidade dos acontecimentos. Ao longo do estudo, foram realizadas comparações dos valores de PPH e de RO (interno e calculado), procurando soluções ótimas que maximizassem ambos. Para poder obter valores do RO calculado, de acordo com a expressão 3, era necessário conhecer os valores da capacidade teórica das linhas. Uma vez que as linhas trabalhavam em fluxo contínuo, a capacidade teórica era calculada com base no recurso gargalo da linha (aquele que trabalhava com um ritmo mais lento, e que funcionava como maestro do processo). Desse modo, para cada processo foi efetuado um levantamento de tempos de ciclo para o cálculo deste indicador. Os estudos de tempo realizados foram apresentados nos anexos 1, 2, 3 e 4. No capítulo 4, foram analisados os resultados desses estudos e apresentados os valores do RO calculado.

## 2.5. Alvos do estudo

As linhas de montagem da empresa eram denominadas internamente pelo cliente/produto que produziam. Cada linha era dedicada à produção para um único cliente (grupo automóvel e não unidade fabril), com um período de contrato que correspondia ao ciclo de vida do projeto automóvel. Este fator implicava que a empresa estivesse condicionada a uma procura pautada pelo cliente automóvel. O projeto focou-se na análise aos processos produtivos de dois clientes, que por questões de confidencialidade foram denominados de cliente A e cliente B.

No caso do cliente B existiam 3 linhas de montagem, doravante denominadas de B1, B2 e B3. A B1 foi a primeira das 3 linhas a surgir e apenas se dedicava à produção de 3 projetos tecnológicos. A linha B2, foi projetada para 2 principais projetos, no entanto, com o surgimento de mais variações de projetos e com uma procura bastante superior à capacidade máxima de produção desta linha, foi projetada uma terceira, muito semelhante a B2, com o objetivo de produzirem ambas os mesmos projetos tecnológicos. À data, a B2 e a B3 produziam, em exclusivo, apenas 1 projeto cada, sendo que os outros eram produzidos por ambas as linhas.

No caso do cliente A existiam 4 linhas de montagem. Uma das linhas era 100% manual e apenas trabalhava quando as necessidades produtivas eram muito superiores à capacidade instalada nas outras linhas. Outra, era um dos projetos mais recentes da empresa, no qual eram produzidas apenas colunas de bloqueio de direção eletrónico. Uma vez que era uma linha mais recente e com uma percentagem de automação superior, não apresentava necessidades de melhoria prioritárias. A terceira linha era a maior linha da empresa e apresentava um elevado grau

de complexidade, quer na variedade de produtos e combinações de produção, quer a nível de recursos, tanto manuais como automáticos. Dada a complexidade do processo, foi decidido que esta linha não faria parte do estudo. Por fim, a linha A1, que produzia uma variedade reduzida de produtos do cliente A, e sobre a qual se debruçou o estudo apresentado, uma vez que tinha uma grande componente manual que apresentava oportunidades de otimização, dados os indicadores de desempenho da mesma.

Os jogos produzidos em cada uma das linhas apresentadas eram compostos por:

- Fechadura de porta: Podia variar o nº de fechaduras e a porta do automóvel a que pertencia (esquerda, direita ou traseira);
- 2 chaves de emergência: As linhas estudadas apenas produziam para carros com injeção eletrónica, logo as chaves que eram produzidas apenas serviam como emergência caso o sistema eletrónico falhasse;
- 1 fechadura porta-luvas: Apenas no caso do cliente B e só para algumas referências.

Nas linhas B1, B2 e B3, apenas era produzida 1 fechadura de porta (esquerda ou direita), as chaves podiam ser de vários tipos, dependendo da referência, e podiam produzir fechadura de porta-luvas (também dependia da referência).

Na linha A1, os jogos podiam ser compostos por 1,2 ou 3 fechaduras de porta (esquerda, direita e traseira) de acordo com as referências e 2 chaves de emergência (sempre do mesmo tipo).

Nas secções seguintes foram apresentados de forma mais detalhada os processos analisados. Em cada processo foi referido o horário de trabalho, visto que o nº total de horas alterava para cada caso. No entanto, o tempo de pausa em intervalos era comum, de 35 minutos para cada turno.

## 2.5.1 Cliente A

A linha A1 era uma pequena linha composta por 10 postos de trabalho, dos quais 2 automáticos, 4 semiautomáticos e os restantes apenas manuais. A linha trabalhava a 3 turnos, de 8 horas cada, sendo que no turno da noite o grupo de trabalho era fixo (6 operadores), já nos turnos de manhã e tarde os grupos eram rotativos (5 e 6 operadores). Devido à situação pandémica, os horários dos turnos no período de realização do estudo estavam desfasados em 30 min cada. A linha estava montada em “U”, o que possibilitava uma grande mobilidade por parte dos operadores à exceção do último posto de trabalho, que era realizado no exterior da linha. Na figura 2.5 é apresentado o layout da linha A1.

### Descrição do microprocesso:

- Start Station: O processo iniciava com a introdução da quantidade a produzir na *start station* e era colocada a ordem de produção na 1ª caixa da referência (a caixa era identificada com uma cor diferente, e a ordem de produção permitia que os operadores introduzissem a nova referência a produzir em cada posto, bem como a matéria-prima que devia ser utilizada);
- P1: No P1 eram colocados os espadins das chaves;
- Auto 1 (Fresa): Eram fresados os espadins de acordo com um código mecânico aleatório;

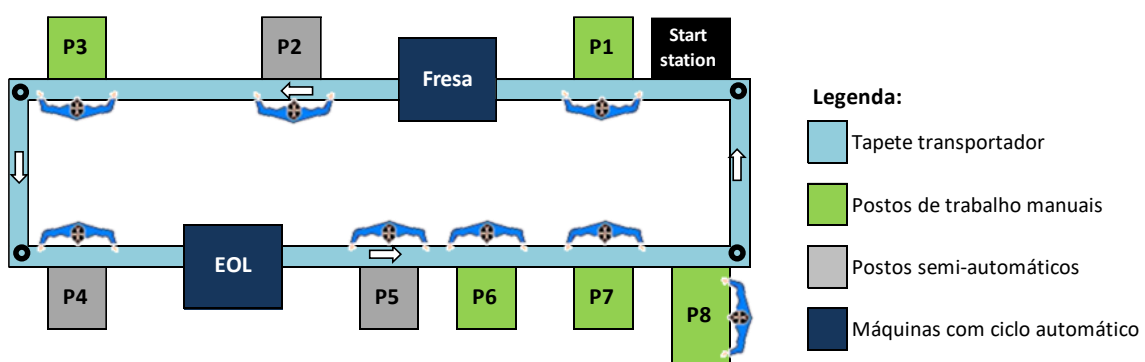


Figura 2.5 - Layout da linha A1

- **P2:** O operador colocava cilindros na máquina e esta montava as molas e linguetas de acordo com o código mecânico do fresado do espadim correspondente. As linguetas podiam ser baixas ou altas, numeradas de 1 a 4 e 11 a 14. Os cilindros tinham 4 ranhuras de cada lado, correspondendo um dos lados às altas e outro às baixas. Deste modo, existiam  $4^8 = 65\,536$  combinações diferentes de códigos;
- **P3:** Era lubrificado o cilindro e montado na carcaça da porta;
- **P4:** O operador colocava a embraiagem e mola na carcaça, e colocava o conjunto na prensa, juntamente com o *paddle*. A máquina executava a montagem;
- **Auto 2 (EOL porta):** A EOL verificava os parâmetros da montagem e garantia que o torque e a rotação correspondiam aos valores pretendidos;
- **P5:** O operador montava uma cabeça metálica no espadim. O conjunto era colocado no prato da máquina, que introduzia o passador (espécie de rebite que garantia a junção da cabeça com o espadim);
- **P6:** Leitura de código mecânico do fresado e impressão de etiqueta correspondente. O operador anilhava as chaves com a etiqueta. Em caso de perda da chave, o código de barras da etiqueta permitia à empresa fresar uma nova chave com código igual;
- **P7:** Posto de controlo final, no qual o operador verificava visualmente se todos os componentes estavam OK e verificava o funcionamento mecânico das chaves nas fechaduras;
- **P8:** Era o posto de embalamento, no qual o operador colocava todos os componentes dentro do saco de plástico e selava-o. Era impressa uma etiqueta identificadora do conjunto que era colada ao saco.

As referências de produção da linha A1 eram de 1, 2 ou 3 fechaduras. De acordo com o nº de fechaduras a produzir, variavam os tempos de ciclo dos postos de trabalho, uma vez que tinham que repetir as tarefas para montarem o nº de fechaduras correspondente. Na figura 2.7 é apresentada a análise ABC com os pesos relativos de cada variedade no total da procura. Ao contrário das análises ABC convencionais, nas quais o eixo vertical representa uma percentagem dos custos, neste caso essa ordenada representa o peso relativo de cada variante produzida pelo processo A.

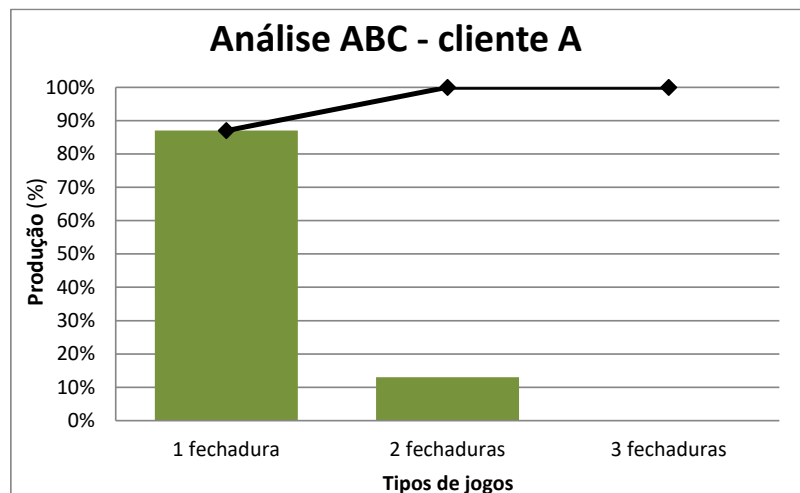


Figura 2.6 - Gráfico ABC dos tipos de produtos do cliente A

De acordo com a figura 2.6, 87% dos jogos produzidos na linha A1 eram de apenas 1 fechadura de porta, 13% eram de 2 fechaduras e apenas 1% da produção total eram jogos com 3 fechaduras. A produção de jogos de 1 fechadura atingia assim um mínimo da produção de 85%, tendo sido apenas este cenário selecionado para a realização do estudo. No entanto, e uma vez que os outros cenários também eram produzidos pela linha A1, a procura considerada no cálculo do *takt-time* contemplou as necessidades produtivas totais da linha.

## 2.5.2 Cliente B

### Linha B1:

A linha B1 era composta por 15 postos de trabalho (se fosse produzido outro projeto utilizava outras máquinas, no entanto esse projeto não foi referido na análise uma vez que era muito pouco expressivo na

produção) dos quais 7 máquinas automáticas, 4 postos semiautomáticos e os restantes eram manuais. A linha trabalhava a 2 turnos (manhã e tarde), 8h e 30 min e com 5 operadores cada.

#### **Linha B2:**

A linha B2 era composta por 19 postos de trabalho, sendo que não trabalhavam todos ao mesmo tempo. De acordo com o projeto montado, a linha era diferenciada em 4 máquinas, que apesar de executarem tarefas exatamente iguais, apenas conseguiam produzir um projeto específico. Eram, portanto, 12 máquinas automáticas, 3 postos semiautomáticos e 4 postos manuais. Devido à elevada procura, a linha trabalhava a 3 turnos de 8 horas, com 7 operadores por turno. Por vezes, se a produção estivesse atrasada, a linha trabalhava em turnos extra de fim-de-semana. Devido à situação pandémica e à semelhança do ocorrido para o cliente A, os turnos foram desfasados em 30 min cada.

#### **Linha B3:**

A linha B3 era composta por 15 postos de trabalho, dos quais 9 máquinas automáticas, 3 postos semiautomáticos e 3 postos manuais. A linha trabalhava com 3 turnos de 8 horas e 5 operadores por turno. À semelhança da B2, os horários de trabalho foram desfasados em 30 min cada.

A figura 2.7 ilustra o *layout* das 3 linhas do cliente B, com a identificação dos postos manuais e semiautomáticos através de “P#”. As máquinas identificadas com F2, eram as que apenas eram utilizadas na montagem deste projeto tecnológico.

As máquinas obsoletas que estão identificadas no *layout*, eram máquinas antigas, com mecanismos menos automatizados e que foram mantidas nos processos para atuarem como postos de recuperação na falha de algumas máquinas automáticas, no entanto e com o passar do tempo estas foram-se degradando e à data não apresentavam condições para efetuar a função, caso necessário. Outras eram máquinas que estavam paradas por avaria, no entanto até à data não tinham sido intervencionadas e os processos decorriam na mesma sem as tarefas que estas efetuavam.

#### **Descrição dos microprocessos:**

##### **Linha B1:**

- **Start Station:** Era introduzida a referência a produzir e a quantidade. Era enviado um código para cada caixa de linha, código esse que definia o *match* entre os códigos do fresado e o código da fechadura de porta e porta-luvas;
- **P1:** Fresadora manual, o operador fresava as chaves e enviava a caixa para a estação seguinte. Cada código mecânico fresava um par de chaves, que apresentavam um perfil igual;
- **P2:** Posto manual de colocação de componentes;
- **Auto 3 (Manipulador):** Montagem de molas e linguetas nos cilindros de porta e porta-luvas. Caso a montagem fosse NOK, essa codificação era colocada na caixa de linha e era lida no posto seguinte;
- **P3:** O leitor identificava o código da caixa. Se OK, o operador verificava a presença de molas e linguetas e enviava a caixa para o posto seguinte. Caso fosse NOK, deveria colocar a caixa de novo no P2 para que fosse montado o cilindro;
- **Auto 4:** Neste posto era executada a lubrificação da carcaça e colocada uma borracha;
- **P4:** O operador colocava o cilindro da fechadura da porta na máquina de lubrificação, bem como o casquilho. No fim das duas peças estarem lubrificadas, montava o casquilho no cilindro e colocava o conjunto dentro da carcaça;
- **Auto 5:** Era colocado o rolo, peça responsável pela função giro livre. Esta função permitia que, em caso da fechadura ser forçada, a fechadura não se estragasse. O rolo saía da posição e a fechadura girava em seco, sem abrir o trinque. Ao introduzir de novo a chave correta, as linguetas assumiam a posição correta e o rolo voltava à sua posição inicial, ficando a fechadura intacta;
- **Auto 6:** Colocação do acoplamento e alavanca;

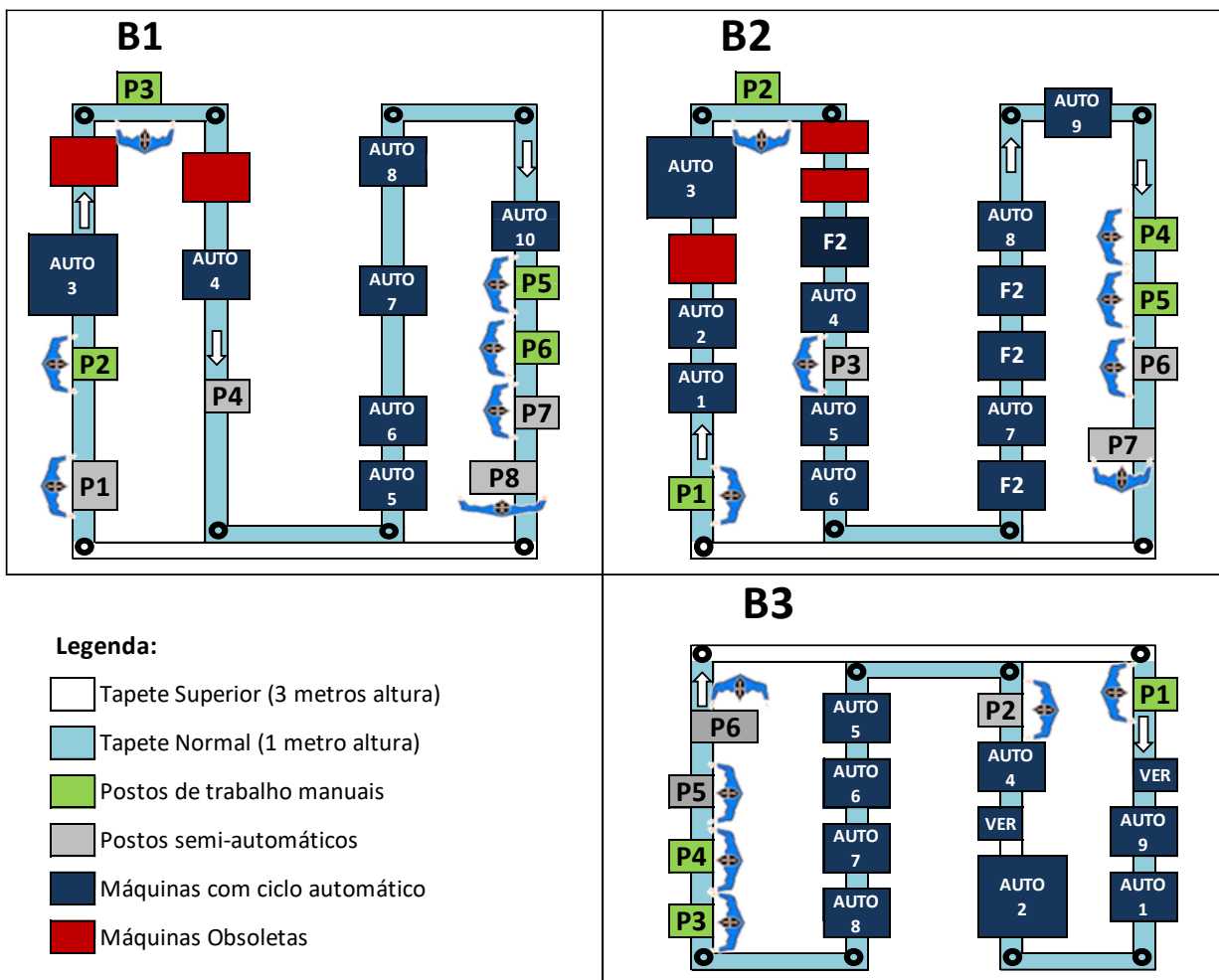


Figura 2.7 - Layout das linhas B

- Auto 7: Colocação e cravação de lâminas;
- Auto 8: EOL porta. Eram executados testes de controlo final na porta com 1 das chaves de emergência. Era garantido o correto funcionamento da fechadura;
- Auto 9: EOL chave. Eram executadas medições de parâmetros das chaves;
- P5: Era realizada a clipagem, tarefa que garantia que a chave teve um ponto de injeção da cabeça correto;
- P6: Controlo final, o operador verificava se as peças estavam OK visualmente, garantia que as chaves pertenciam ao conjunto fechadura e marcava com caneta na fechadura que executou a verificação;
- P7: Leitura de códigos mecânicos e código de caixa. Se os códigos mecânicos das chaves fossem iguais e correspondessem ao código da caixa, ou seja, se tudo estivesse correto, era impressa a etiqueta de identificação. Caso existisse alguma troca de componentes no decorrer do processo, o leitor conseguia detetar esse erro;
- P8: Os componentes eram colocados num saco em cima de uma balança, calibrada para medir o peso correto dos componentes que compunham a referência. Se o operador se esquecesse de colocar algum componente, a balança conseguia identificar essa falha e não permitia ao operador que prosseguisse o processo;

#### Linha B2:

A linha B2 apresentava algumas variações em relação a B1. A fresadora era automática (Aut 1) e, portanto, o P1 correspondia ao P2 da linha B1, no qual eram colocados os componentes. Os restantes postos seguiram esta regra e as máquinas executavam as mesmas tarefas que as máquinas da linha B1. A variação de projeto levava a uma variação das máquinas utilizadas para lubrificação, acoplamento e lâminas. De resto as máquinas eram comuns aos vários projetos. Os postos de trabalho estavam colocados pela mesma ordem, sendo que o funcionamento da linha era muito semelhante.

**Linha B3:**

A linha B3 era a mais simples das 3 linhas. O P1 também era de colocação de componentes, mas era seguido por uma máquina que comprovava a presença de todos os componentes e depois a Auto 9 (EOL da chave), que nesta linha se encontrava no princípio do processo. No posto em que era verificada a montagem dos cilindros, o funcionamento era diferente das outras 2. Se o código da caixa fosse OK, a caixa prosseguia e a verificação de molas e linguetas era realizada no posto seguinte. Se o código fosse NOK, a caixa parava e o operador tinha que realizar o mesmo processo que em B1 e B2, ao colocar a caixa com um novo cilindro para ser montado no manipulador. De resto todos os postos estavam colocados pela mesma ordem já explicada.

Através das necessidades produtivas para um determinado período, foi elaborada uma análise ABC (eixo vertical representa a produção e não os custos) que identificava o peso relativo de cada grupo tecnológico na produção total de projetos do cliente B. Dos projetos identificados na figura 2.11, quatro eram exclusivos de cada uma das linhas e os restantes eram partilhados pela B2 e B3. Uma vez que o estudo procurou identificar restrições a cada um dos processos produtivos, foi necessário identificar os projetos tecnológicos que podiam ser produzidos em cada uma das linhas, bem como os valores de procura que lhe correspondiam, de acordo com as especificidades existentes.

Os gráficos das figuras 2.9, 2.10 e 2.12 apresentam análises ABC para cada uma das linhas B. De acordo com os resultados, foram selecionados os projetos que representavam um peso relativo de produção superior a 85%. Na figura 2.13 são apresentados os projetos selecionados para cada uma das linhas, bem como as suas variações e especificidades. Os 5 projetos selecionados que eram produzidos pelas linhas B, perfaziam um total de 88% de produção do cliente B.

Conhecidas as necessidades para um determinado período temporal e com as horas de trabalho diário em cada uma das linhas, foi calculado o *takt-time* das linhas B, de acordo com a expressão 4, apresentada na secção 3.2.2.

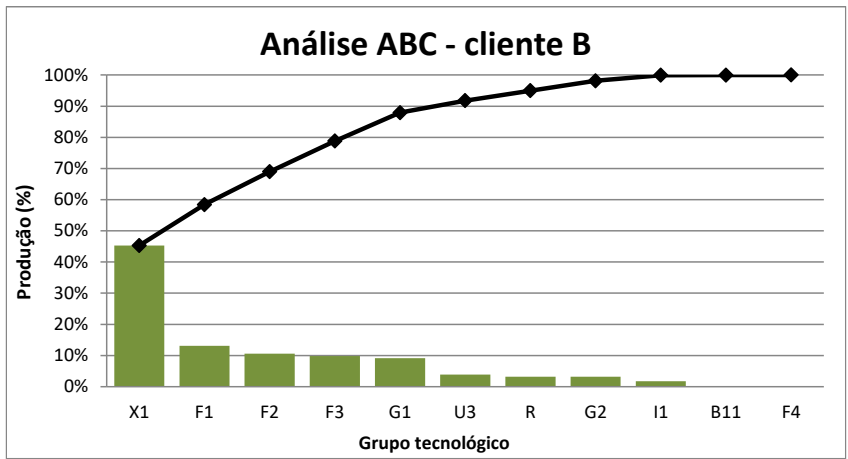


Figura 2.9 - Gráfico ABC do cliente B

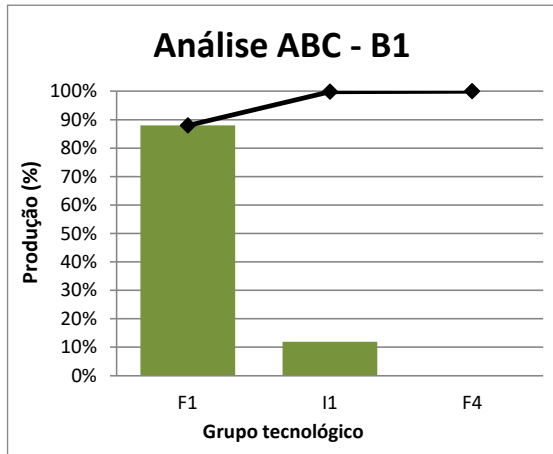


Figura 2.8 - Gráfico ABC da linha B1

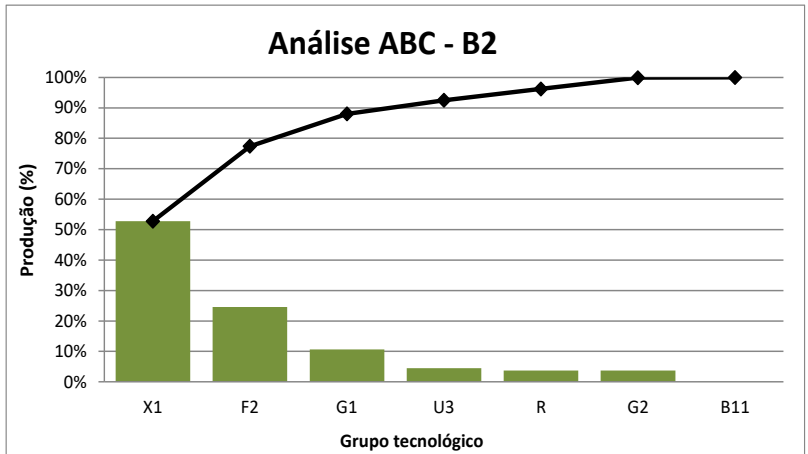


Figura 2.7 - Gráfico ABC da linha B2

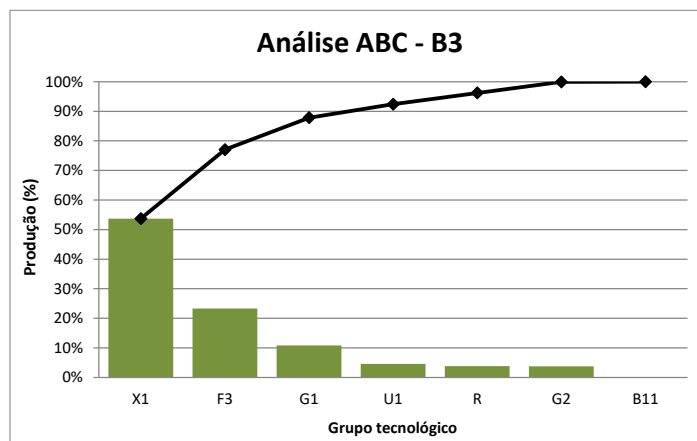


Figura 2.10 - Gráfico ABC da linha B3

$$Takt.time = \frac{Tempo\ disponível\ período\ p}{Necessidades\ período\ p} \quad (4)$$

\*(4) (Battaia et al., 2015)

Quando as linhas foram projetadas, as necessidades previstas eram diferentes dos valores registados à data. Uma vez que falamos dos ciclos de vida de projetos automóveis, era possível prever com alguma precisão a tendência evolutiva do mercado. Uma vez que a análise foi realizada quando os horários de trabalho eram de apenas 7h e 30 min, e tendo em conta a imprevisibilidade da situação vivida, esses foram os valores utilizados para o cálculo apresentado. Com o regresso à normalidade, ao recuperar os horários de 8h diárias por cada turno, o *takt-time* das linhas será ligeiramente superior. Os valores para o *takt-time* de cada processo estudado, tendo em conta as necessidades para um determinado período, são apresentados na tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Cálculo do *takt-time* dos processos estudados

Linha	Horas produtivas	Necessidades	<i>Takt-time</i> (seg./jogo)
A1	1.969	414.473	<b>17,1</b>
B1	1.503	148.332	<b>36,5</b>
B2	1.969	426.764	<b>16,6</b>
B3	1.969	419.408	<b>16,9</b>

Para a realização do estudo, foram utilizados vários métodos distintos de recolha de dados e ferramentas *Lean* de forma a analisar os processos de cada uma das linhas produtivas, identificar os seus principais constrangimentos e desperdícios. Para obter as propostas de melhoria do projeto, foram utilizadas ferramentas complementares relacionadas com os temas abordados, com vista a corresponder ao desafio proposto pela empresa, o aumento de produtividade e rentabilidade dos processos produtivos

No capítulo seguinte, é apresentada uma revisão bibliográfica que serviu de apoio ao estudo realizado, baseada no conteúdo de vários artigos científicos, livros e jornais, de forma a fomentar o conhecimento e uso correto das ferramentas e princípios aplicados.

## 3. Revisão de Literatura

O capítulo que se segue apresenta a revisão de literatura efetuada ao longo do projeto, que serviu de apoio à realização do estudo apresentado. Todas as ferramentas e métodos referenciados no documento são apresentados neste capítulo. São abordados os princípios e conceitos *Lean*, ferramentas da sua aplicação na análise de processos e identificação de causas. É apresentada a heurística que permitiu o balanceamento de linhas e as metodologias que foram adotadas ao longo do projeto.

### 3.1. Filosofia Lean

#### 3.1.1 História

A filosofia *Lean* deu os seus primeiros passos nos anos 80, pelas mãos da empresa japonesa Toyota. Os seus principais impulsionadores foram Taichii Ohno e Eiji Toyoda, com a criação do *Toyota Production System* (Ohno, 1998). Apenas uns anos mais tarde surge o verdadeiro *Lean Thinking*, desta feita pela autoria de Womack e Jones, em 1990.

Se recuarmos 4 décadas, por volta dos anos 40, surgem as primeiras filosofias de produção em massa, implementadas na empresa *Ford Motor Company*, fruto da necessidade de uma elevada quantidade de bombardeiros para a 2ª Guerra Mundial. Como até então os sistemas de produção focavam-se em métodos tradicionais, na produção peça a peça, a capacidade de produção da empresa não conseguia acompanhar a procura. Desse modo, foi desenvolvido por Henry Ford o conceito de produção em massa, no qual os produtos são fabricados ao longo de uma linha de produção, através de tarefas distintas e repetitivas, o que provocou um grande aumento na produtividade e uma revolução nos métodos de trabalho das fábricas até à data (J. P. Womack et al., 2007).

De volta aos anos 80, e face à mudança de paradigma dos mercados globais, desta feita a exigir uma grande variedade e especificidade de produtos para pequenos lotes de procura, Ohno e Toyoda inventaram métodos para potenciar os recursos disponíveis que conseguissem manter o ritmo produtivo. A casa TPS (*Toyota Production System*) é composta pelo *Just-in-Time* - a produção em sistemas puxados (em detrimento do usual sistema empurrado), o *Jidoka* - deteção de anomalias e eliminação dos problemas na origem, *Heijunka* - produção nivelada, padronização de processos e melhoria contínua.

Surgem assim as novas mentalidades da indústria, com a perceção de que a procura dos clientes é que pauta a necessidade de produção, ao contrário da filosofia praticada até então, produzir o mais simples e em maior quantidade possível, sem olhar às necessidades dos clientes, criando *stocks* e desperdícios em alguns casos arrasadores. A maximização dos recursos das empresas, quer a nível de equipamentos, quer a nível de pessoas (mão-de-obra), de forma a conseguir fazer cada vez mais com menos (J. Womack & Jones, 2003).

#### 3.1.2 Princípios Lean

De forma a aplicar uma gestão *Lean* nas organizações, Womack e Jones (1996) propuseram 5 princípios básicos que deveriam ser considerados na procura de otimização de processos:

- **Identificar valor e o que acrescenta:** O valor é definido pelos clientes, aqueles que compram e que sabem o que estão dispostos a dar por algo, ao contrário dos pensamentos anteriores, na qual as empresas que produzem é que o definiam. O valor que os clientes dão aos produtos baseia-se na satisfação da necessidade identificada, pelo preço certo e no momento desejado;
- **Fluxo de valor:** Quando se fala em valor do lado de quem produz, refere-se ao valor acrescentado, ou seja, o valor que é dado a um produto que o torne distinto de todos os outros e que corresponda às expectativas do consumidor. As atividades que fazem parte dos processos produtivos ou serviços devem



ser classificadas de acordo com o valor que acrescentam ao produto, de forma a eliminar os desperdícios dos processos produtivos. Deste modo, as atividades podem ser:

- **Valor acrescentado:** Todas as atividades que conferem ao produto o valor pelo qual o cliente está disposto a pagar. Ao olhar para o fluxo, é preciso perguntar: “É necessário para o produto final como o conhecemos?” e “Se for eliminada, perco alguma coisa?”. Todas as atividades que sejam respondidas com um Não, não fazem parte deste grupo;
  - **Sem valor acrescentado:** O conjunto de atividades e tarefas que representam o desperdício que o *Lean Thinking* pretende eliminar. Se uma tarefa é dispensável no fluxo e a sua eliminação não tem implicações no produto final, então esta não acrescenta valor e deve desaparecer. É necessária alguma cautela nesta avaliação. Por vezes, os gestores caem no erro de não atribuir valor a tarefas ou atividades que não estão relacionadas de forma direta na produção de um produto;
  - **Sem valor acrescentado, mas necessário:** Todas as atividades que não acrescentam valor ao produto, mas são necessárias no processo. Podemos ver como exemplo algumas verificações de qualidade dos produtos. Apesar de um controlo de qualidade não acrescentar nada ao produto, uma vez que este já está acabado e nada é alterado, estes controlos permitem detetar peças que foram mal confeccionadas, impedindo que sejam enviadas para o cliente. O processo de qualidade não acrescentou nada aos produtos finais mas foi necessário uma vez que impediu a entrega de produtos não conformes, logo revelou utilidade e necessidade;
- **Fluxo:** O desenrolar progressivo das tarefas que são realizadas no fluxo de valor, desde a matéria-prima, o processamento dos produtos, até terminar nas mãos do cliente. O processo deve ser realizado com a maior rapidez (menor *Lead time*) e fluidez possível, sem grandes perdas de tempo, sucata ou acumulação de stock;
  - **Pull system:** O processo produtivo deve ser ativado pelo cliente, que coloca a necessidade de um produto e só assim, em modo cascata, vão sendo ativados os intervenientes, desde o topo da cadeia até ao fundo. A informação percorre assim um fluxo descendente e, ao chegar ao fundo da cadeia, dá-se o início do processo, com o produto a percorrer o caminho inverso, no sentido ascendente;
  - **Perfeição:** Apesar de inalcançável, é nesse sentido que os sistemas e processos devem evoluir. O *lean* é caracterizado por essa procura, através da aplicação rigorosa dos 4 princípios referidos anteriormente. Cada um dos princípios desempenha um papel importante na aplicação da filosofia *lean* e todos contribuem para a sua máxima: “Entregar o que o cliente pediu, na quantidade correta, no momento certo e pelo preço certo”.

### 3.1.3 3 M's

Implícitos na casa TPS estão os 3M's. Este termo é definido por 3 palavras japonesas – *mura*, *muda* e *muri* – que caracterizam os principais problemas encontrados em processos de produção. As organizações devem procurar incidir sobre estes e resolvê-los. Só assim conseguirão progredir e tornar os seus sistemas mais eficientes.

**Mura:** Em português “variação”, representa os desnivelamentos dos processos, na utilização desequilibrada dos recursos ou meios. Estas variações, desde as necessidades de cliente, até às entregas de fornecedores, passando pelos processos internos, acumulam múltiplos desperdícios na cadeia de valor.

**Muri:** Pode representar um dos extremos das variações, a sobrecarga. Representa o uso excessivo de equipamentos, pessoas ou processos. A sobrecarga, aplicada a qualquer um destes elementos identificados, pode levar à sua rutura. Provoca quebras na segurança, quer dos equipamentos quer das pessoas, provocando paragens significativas para as organizações.

Muda: Representa o outro extremo da variação, desta feita o desperdício. Está associado a um conjunto de fatores que incapacitam os processos da sua rentabilidade máxima. Para qualquer processo ou equipamento com rendimentos inferiores a 100%, existe algum tipo de *muda* associado. Por vezes, estes desperdícios são bem conhecidos dos controladores de processos, mas difíceis de eliminar. No entanto, o maior dos problemas relacionados com *muda* é a incapacidade de o identificar. Para uma otimização dos recursos e a maximização das capacidades disponíveis, é necessário identificar e eliminar os desperdícios associados. Ohno (1998) classificou os desperdícios em 7 tipos diferentes. Mais tarde, alguns autores defenderam um desperdício complementar. Os 7+1 desperdícios são:

- **Sobreprodução:** É um cenário mais recorrente em sistemas *push* e representa um dos maiores erros praticados em ambientes industriais. Produzir mais do que o necessário e superior à procura, levando à criação de stock que muitas vezes acaba por nem ser vendido. Representa um elevado investimento em recursos e tempo que não oferece retorno a longo prazo e é por isso um grande causador de rutura;
- **Stock desnecessário:** Por vezes resulta de uma sobreprodução, outras é criado de forma voluntária. É um dos desperdícios mais verificados no dia-a-dia do ser humano. Apesar de ser muito falado em contextos industriais, a criação de stocks desnecessários é uma prática recorrente do Ser Humano. Adquirir quantidades abusivas de um produto, sem olhar à necessidade do mesmo, representa dinheiro investido e espaço ocupado desnecessários. Adquirir, produzir ou comprar apenas o necessário para períodos de tempo razoáveis, otimizando espaços de armazenamento e diminuindo investimentos em stock são práticas que melhoram o desempenho de uma indústria ou até mesmo a gestão diária de uma família;
- **Espera:** É um dos desperdícios mais fáceis de identificar e dos mais difíceis de recuperar. Ao contrário do dinheiro o tempo é um recurso irrecuperável. A espera de produtos para serem produzidos, leva ao aumento dos *lead-times* e tempos de ciclo de produção. O tempo que um produto esteve parado ao longo do processo não é assegurado pelo cliente, e este não paga por isso. A espera quando associada aos recursos de uma empresa, pode representar um subaproveitamento da capacidade dos processos internos;
- **Transporte:** O transporte é dos únicos desperdícios visto como um mal necessário. É inevitável haver transportes dos produtos ou informação entre os seus intervenientes para que este possa seguir o seu fluxo. No entanto, esta transferência entre empresas/departamentos/pessoas/postos de trabalho deve ser realizada da forma mais otimizada possível;
- **Processamento excessivo:** É representado em grande parte por tarefas de valor não acrescentado. Todas as atividades e processamentos que não acrescentam valor ao cliente são consideradas desnecessárias e devem ser eliminadas;
- **Movimentos desnecessários:** À semelhança do desperdício referido anteriormente, os movimentos que não representam valor podem ser considerados desperdícios. A deslocação física de um operador entre postos de trabalho quando estes se encontram a realizar tarefas automáticas pode ser considerado com necessário, uma vez que o operador precisa de se deslocar de um posto para o outro para garantir a produção. No entanto, se esse deslocamento implicar uma quebra na produção, uma vez que o operador poderia estar a realizar tarefas de valor acrescentado, é um desperdício do processo;
- **Defeitos:** Produtos defeituosos que são sucata representam grandes perdas para as organizações, uma vez que foram aplicados recursos em algo que não oferece retorno. Por sua vez, o retrabalho é uma solução para este problema, mas representa também um grande desperdício. Apesar de a perda não ser total, obriga a uma necessidade de trabalhar a peça uma 2ª vez, parcial ou totalmente, o que leva a que o cliente final apenas pague por parte do valor que foi acrescentado ao produto. Quando o retrabalho não exige que o produto seja retrabalhado num processo alternativo, podendo ser concertado no momento e no seu processo original, o impacto é relativamente menor. No entanto, este retrabalho leva a quebras dos fluxos contínuos e tem implicações nos níveis de produção. Procurar 0 defeitos é a melhor solução

para rentabilizar processos, e por vezes estes têm problemas difíceis de identificar, mas soluções fáceis de aplicar.

Como referido anteriormente, existe um oitavo desperdício que é defendido por alguns autores, o subaproveitamento das pessoas. Perder tempo, ideias, habilidades, melhorias e oportunidades de aprendizagem por não ouvir ou considerar as opiniões e capacidades dos funcionários (Liker, 2004).

## 3.2. Ferramentas Lean

### 3.2.1 *Standard Work*

O *Standard Work* é uma aplicação da filosofia *Lean*, que permite aumentar o desempenho de processos produtivos. Através da aplicação desta ferramenta, as organizações alcançam uma uniformização dos seus processos e conseqüentemente a estabilização da produção. Consiste no sequenciamento ótimo de tarefas obrigatórias para um determinado produto, através de instruções objetivas que permitam a realização do trabalho no tempo imposto e sem sobrecarga de trabalho para o operador (Realyvásquez-Vargas et al., 2020).

O *standard work* permite que um conjunto de tarefas de trabalho sejam executadas por qualquer operador, com ou sem experiência, para um determinado período de tempo. Os ambientes industriais procuram uma cadência continuada e fluída de produção, e o cumprimento de determinadas tarefas com o sequenciamento correto, sem espaço para erros ou considerações pessoais, permite cumprir esses objetivos. No entanto, este sequenciamento ótimo deve sempre olhar para as exigências do processo produtivo e para os níveis de procura. A junção do *standard work* com o balanceamento de linhas, que permite organizar as tarefas de trabalho para um determinado período de tempo, cumprindo com o tempo necessário de produção e sem grandes folgas de trabalho, permite que as organizações reduzam os custos de produção e aumentem os níveis de desempenho.

Ao definir as tarefas elementares para cada posto de trabalho, devem ser realizadas folhas de *standard work*, de forma que o operador que ocupa o posto de trabalho consiga realizar as tarefas de forma correta e no tempo certo.

### 3.2.2 *Takt-time* e produção nivelada

O nivelamento seja de produção, logística ou qualquer outra atividade que faça parte de um processo de uma organização é fundamental para a estabilização do desempenho da empresa. A produção nivelada dentro do período limite para a concretização de determinadas tarefas (*takt-time*) permite que as empresas cumpram com as necessidades dos seus clientes dentro dos prazos esperados.

O *takt-time* é o tempo que define o ritmo de produção necessário para cumprir com os objetivos de produção, impostos pela procura dos clientes, e é calculado através da expressão 4 que compara o tempo disponível de produção com as necessidades para um determinado período de tempo  $p$  (Battaia et al., 2015).

$$Takt.time = \frac{Tempo\ disponível\ periodo\ p}{Necessidades\ periodo\ p} \quad (4)$$

\*(4) (Battaia et al., 2015).

Apesar de uma grande adaptação deste conceito a nível mundial, por vezes o *takt-time* ainda é confundido com tempo de ciclo. A diferença entre ambos é grande, no entanto o objetivo de uma empresa deve passar por aproximá-los o mais possível. Se o *takt-time* apenas se foca no tempo de produção e na procura do cliente, o tempo de ciclo de um processo tem em conta o tempo que o recurso mais lento desse mesmo processo demora a executar o conjunto de tarefas necessárias para a produção de uma unidade. O recurso mais lento, que pauta o ritmo de

produção é conhecido por gargalo. Quando o tempo do gargalo, ou seja, o tempo de ciclo da linha, é superior ao *takt-time*, a linha está em incumprimento, a trabalhar a um ritmo inferior às suas necessidades, o que levará a uma rutura de abastecimento, que implica elevados prejuízos às organizações. Por outro lado, se este tempo de ciclo for muito inferior ao *takt-time*, o processo está a trabalhar em desperdício e apresenta várias oportunidades de melhoria na redução dos mesmos, levando a uma maximização dos recursos disponíveis e redução de custos. De forma a reduzir ou aumentar o *takt-time* de um processo, e uma vez que as necessidades produtivas não dependem diretamente da empresa que produz, o tempo disponível de produção pode ser alterado de forma a adaptar este valor aos processos internos. O balanceamento de linhas é um método importante para este processo de nivelamento, que permite reajustar os processos às suas necessidades, criando folgas a recursos que incumpram com os tempos impostos, ou eliminando folgas em processos que trabalhem com um ritmo bastante inferior às suas necessidades.

### 3.2.3 Análise das causas raiz dos problemas

Todos os processos trabalham de forma ineficiente, sendo que a perfeição é inalcançável. No entanto, a abordagem *Lean* procura aproximar-se dos 100% de rendimento, através da eliminação de desperdícios dos processos. De forma a conseguir melhorar os processos, através da eliminação dos problemas e das suas restrições, é necessário identificar as causas dos mesmos e atuar sobre estas.

O processo de análise às causas raiz pode tornar-se bastante complexo, e muitas vezes a má definição da causa leva a um conjunto de ações que não apresentam as melhorias esperadas. A análise da causa raiz é um processo que procura resolver problemas através da identificação das causas dos mesmos e consequente implementação de melhorias sobre estas causas (Mahto et al., 2008).

Existem diferentes ferramentas de análise da causa raiz, que devem ser aplicadas de acordo com o problema identificado. Cada ferramenta apresenta vantagens e desvantagens face às outras e deve ser adaptada à realidade que se pretende estudar (Nicolini et al., 2011 ; Andersen & Fagerhaug, 2000). Variados autores realizaram trabalhos científicos de recolha, seleção e comparação das variadas ferramentas disponíveis (Woloshynowych et al., 2005; Bresky, 2007).

Existem variadas ferramentas e métodos para realizar a análise das causas raiz. Estas variam na sua aplicabilidade, capacidade de adaptação às necessidades do utilizador ou interatividade. Algumas das principais ferramentas da análise de causas raiz são:

- Diagrama de *Ishikawa*;
- 5 Porquês;
- Árvore de causas.

Diagrama de *Ishikawa* : É uma das ferramentas de análise de causa raiz mais utilizadas, uma vez que permite contemplar várias causas do mesmo problema. O seu desenho de peixe, no qual a cabeça é o problema identificado, e as potenciais causas vão sendo exploradas por níveis de profundidade. As causas são classificadas pela categoria a que pertencem, sendo que para cada principal causa podem existir causas mais específicas. Este método pode-se tornar bastante complexo, e deve ser utilizado em processos com difícil identificação das causas dos problemas. Apesar da sua boa capacidade de contemplar um elevado número de potenciais causas que pertencem a determinada categoria, por vezes torna-se difícil identificar as corretas relações de relevância entre as diferentes causas.

5 Porquês: A análise dos 5 porquês é das ferramentas mais práticas e comuns na identificação de causas raiz. É uma ferramenta bastante intuitiva uma vez que consiste na formulação da pergunta porquê em cada etapa da análise. À medida que esta pergunta é respondida, e a causa principal não identificada, a complexidade do problema

aumenta. Variados autores defendem que, em média, são necessários 5 porquês para identificar a causa raiz de um problema, daí o nome desta ferramenta.

No entanto, não é obrigatório fazer apenas a pergunta 5 vezes. De acordo com os problemas, a identificação de causas pode ser mais ou menos complexa. Alguns autores defendem que esta ferramenta apresenta várias limitações, uma vez que depende muito da visão geral da equipa. Conhecer os processos e ter um pensamento viciado naquilo que é a experiência pode levar a uma limitação de todas as possibilidades e canalizar esta análise apenas para a realidade que já é conhecida.

**Árvore de causas:** A árvore de causas é um método utilizado na identificação das causas raiz de um determinado problema. Geralmente é aplicada para analisar as causas de um determinado acidente, permitindo identificar várias causas para o mesmo problema, podendo ser apresentado o peso com que cada uma contribuiu para o acontecimento que se pretende evitar.

### 3.3. Balanceamento de linhas

#### 3.3.1 Tipos de linhas e métodos de balanceamento

As linhas de montagem são processos compostos por estações de trabalho conectadas por mecanismos de transporte automático. Ao longo das estações de trabalho são realizadas conjuntos de tarefas repetitivas para cada peça produzida, que respeitam um determinado tempo de processo médio, tempo de ciclo (Becker & Scholl, 2006). As linhas de montagem podem ser de 3 categorias diferentes:

- **Single-model line:** A linha apenas produz um tipo de produto. A produção é em massa e assemelha-se à tipologia da Ford nos anos 40. Nos dias de hoje, a diversificação e personalização dos produtos é uma mais-valia para o cliente. Estas linhas de montagem com pouca especificação são residuais;
- **Mix-model line:** Este tipo de linhas produz vários tipos de produtos diferentes, no entanto os tempos de *setup* são muito reduzidos, possibilitando a montagem de diferentes peças em simultâneo. Este modelo promove a especificação e personalização do produto final, potenciando este tipo de indústrias de acordo com as necessidades e o valor do cliente nos mercados atuais;
- **Multi-model line:** A linha produz vários tipos de produtos, apresentando uma flexibilidade de adaptação a cada variedade, no entanto os tempos de *setup* já são consideráveis, sendo a produção de cada variedade realizada por lotes, interrompidos por alterações do processo.

Segundo Becker e Scholl (2006), os estudos de balanceamento, de forma a otimizar os processos de linhas de montagem através do nivelamento do trabalho e do tempo de processamento para cada posto que compõe a linha é denominado de *assembly line balancing problem* (ALBP). Estes problemas de balanceamento permitem às organizações rentabilizar os seus processos e recursos, através da alocação de tarefas de um determinado processo a um nº mínimo de postos que respeite o *takt-time* do mesmo. Deste modo, o nº de operadores é reduzido ao seu valor ótimo, eliminando desperdícios e rentabilizando os processos.

De acordo com as necessidades das organizações e os objetivos das mesmas, podem ser utilizados vários tipos de modelos e heurísticas, na resolução destes estudos (Erel & Sarin, 1998).

O Ranked Positional Weight (RPW) é um dos métodos mais utilizados em estudos semelhantes, uma vez que é considerado por alguns autores como a solução ótima e mais eficiente no que diz respeito a este tipo de estudo, uma vez que respeita as precedências obrigatórias e consegue maximizar o uso dos postos de trabalho. (Ozan Yilmazlar et al., 2020). Este método consiste no agrupamento de várias tarefas, de acordo com o seu peso posicional, cumprindo com os requisitos de tempo da linha. As tarefas são organizadas pelos seus pesos posicionais, por ordem decrescente, devendo ser alocadas por essa ordem sempre que possível. Ao calcular o peso posicional de cada tarefa, são contemplados os caminhos críticos do processo. Desta forma, é garantido o cumprimento das

precedências obrigatórias. A elaboração dos diagramas de precedências e uma boa definição do que realmente é ou deve ser uma precedência é fundamental no alcance da solução ótima. Este método por vezes não apresenta soluções novas porque no momento da definição de precedências, os autores não se abstraem do conhecimento que têm do processo e não contemplam as oportunidades de alteração dos processos, fixando-se na rigidez dos *layouts* que conhecem. No entanto e apesar de não serem precedências obrigatórias, a forma como os processos estão montados e a sua alteração para a solução ótima podem representar investimentos que não justificam a alteração ou que impedem que esta avance. É importante que este método seja aplicado no momento de projeção e planeamento das linhas de montagem, de forma a conseguir desde logo uma solução ótima para os processos.

Os Gráficos Yamazumi são gráficos de barras, que permitem visualizar os tempos de ciclo de postos de trabalho para um determinado *takt-time*. Para cada posto de trabalho, a barra do tempo de ciclo é dividida nas tarefas que são executadas nesse posto. Cada tarefa apresenta um determinado tempo de execução e estas são colocadas pela ordem de execução, sendo a tarefa que se encontra mais abaixo a primeira a ser realizada e a tarefa mais acima do posto a última que termina o ciclo. Para cada tarefa realizada é atribuída uma cor ou designação, com base na utilidade e valor que acrescenta ao processo. Deste modo, estes gráficos são ferramentas bastante intuitivas e úteis na análise de processos, permitindo a identificação de desperdícios e de tarefas que não acrescentam valor, para que estas possam ser eliminadas. Por outro lado, esta ferramenta permite evidenciar o desnivelamento da carga de trabalho de um determinado processo, bem como a ineficiência do mesmo. O espaço existente entre a barra de um posto de trabalho e a linha do *takt-time* representa o tempo inativo do operador desse posto face às necessidades dos processos (Cannas et al., 2018). Para processos 100% eficientes e livres de desperdícios, o gráfico *Yamazumi* deveria apresentar um conjunto de barras a coincidir com a linha do *takt-time*, nas quais as diferentes tarefas executadas apresentassem todas valor acrescentado ao processo. No estudo realizado, recorreu-se a este tipo de gráficos para representar visualmente as situações iniciais dos processos estudados e as propostas de melhoria apresentadas.

### 3.3.2 Indicadores de análise de balanceamento

O balanceamento de linhas é, em muitos casos, a implementação de melhorias em processos existentes, com vista a otimização dos mesmos. Como em qualquer projeto de melhoria ou alteração, no qual se passa de um estado inicial para um estado futuro, devem ser considerados indicadores que permitem não só analisar e avaliar o estado inicial, bem como avaliar o estado final, comparando os resultados obtidos com os iniciais e previstos para o projeto. Desse modo, existem variados indicadores que permitem avaliar o balanceamento de linhas produtivas. Esses indicadores permitem evidenciar problemas ou oportunidades de melhoria dos processos. De acordo com os objetivos dos balanceamentos podem ser selecionados os indicadores que permitem uma melhor análise.

O **tempo de ciclo** é um dos indicadores mais utilizados neste tipo de trabalho, uma vez que o balanceamento visa, em variadas ocasiões, a diminuição deste tempo. Tal como indicado anteriormente, o tempo de ciclo de um processo é igual ao tempo de ciclo do recurso mais demorado, que pauta a cadência produtiva. Quando o problema identificado passa pelo incumprimento da linha face às necessidades, com postos de trabalho com tempos de ciclo superiores ao *takt-time* da linha, o balanceamento deve ser realizado com vista a minimizar este tempo de ciclo, através de um rearranjo de tarefas por posto que permita o cumprimento do mesmo, independentemente do nº de postos de trabalho e operadores para o efeito.

O **nº ótimo de postos de trabalho** é o outro indicador principal de um balanceamento, e permite calcular o nº mínimo de postos de trabalho necessários para executar as tarefas necessárias de acordo com as necessidades produtivas, equação 2. Para um mínimo de postos de trabalho é definido um máximo de operadores, uma vez que cada operador ocupa 1 posto de trabalho. Quando as linhas trabalham com um tempo de ciclo cumpridor das necessidades, mas com um nº de postos de trabalho superior ao mínimo necessário para cumprir com a procura, o balanceamento deve procurar reduzir este indicador para que os processos se tornem mais eficientes e lucrativos.

$$N^{\circ} \text{ m\u00ednimo postos de trabalho} = \frac{\sum \text{Tempos de tarefas elementares}}{\text{Takt-time}} \quad (5)$$

\*(5) (Simaria & Vilarinho, 2009).

A **Eficiência** \u00e9 um indicador que permite analisar o nivelamento da carga de trabalho por posto. \u00c9 um c\u00e1lculo que resulta da compara\u00e7\u00e3o da carga de trabalho do recurso gargalo com todos os outros recursos do processo. A equa\u00e7\u00e3o utilizada para o c\u00e1lculo da efici\u00eancia \u00e9 a seguinte:

$$\text{Efici\u00eancia} = \frac{\sum \text{tempos de tarefas elementares}}{(\text{n}^{\circ} \text{ de postos de trabalho} \times \text{tempo de ciclo da linha})} \quad (6)$$

\*(6) (Sivasankaran & Shahabudeen, 2014).

Como podemos observar pela equa\u00e7\u00e3o, quanto menor a propor\u00e7\u00e3o entre o tempo total de tarefas e o n\u00b0 de postos de trabalho, maior a efici\u00eancia. Quanto mais nivelada a carga de trabalho por posto, aproximando todos os postos de trabalho do tempo de ciclo do gargalo, menores s\u00e3o as folgas de cada um, conseguindo uma maior efici\u00eancia de balanceamento. Quanto mais eficiente \u00e9 um processo, melhor o seu desempenho. Os produtos fluem pela linha de produ\u00e7\u00e3o de forma cont\u00ednua e a ritmos semelhantes. A utiliza\u00e7\u00e3o dos recursos \u00e9 maximizada, tornando os processos mais rent\u00e1veis (Sivasankaran & Shahabudeen, 2014).

Para o estudo realizado apenas foram escolhidos os indicadores do n\u00b0 m\u00ednimo de postos de trabalho e a efici\u00eancia. Uma vez que os tempos de ciclo das linhas respeitavam os *takt-times* das linhas e apresentavam valores bastante reduzidos, na casa dos 15 segundos, o estudo n\u00e3o incidiu sobre este indicador.

### 3.3.3 Fases de implementa\u00e7\u00e3o

Os problemas de balanceamento de linhas de montagem devem seguir planeamentos previamente definidos de forma a obter os resultados pretendidos. V\u00e1rios trabalhos de relevo nesta mat\u00e9ria foram desenvolvidos e aplicados com diferentes metodologias de aplica\u00e7\u00e3o. (Erel & Sarin, 1998) e (Sabuncuoglu et al., 2000) De forma geral, um problema de balanceamento de linhas deve:

1. Identificar as tarefas com respetivos tempos de execu\u00e7\u00e3o;
2. Definir as preced\u00eancias obrigat\u00f3rias;
3. Calcular o *takt-time* ou o tempo de ciclo que se pretende respeitar;
4. Aplicar uma ferramenta de balanceamento e analisar os resultados.

A primeira fase deve passar pela identifica\u00e7\u00e3o das tarefas e dos seus tempos de ciclo. Na grande maioria da literatura revista este passo \u00e9 apresentado numa primeira fase. No entanto, deve ser realizada uma fase de sele\u00e7\u00e3o das tarefas, atrav\u00e9s da identifica\u00e7\u00e3o das tarefas que acrescentam valor ao processo estudado. Na segunda fase devem ser definidas as preced\u00eancias obrigat\u00f3rias. Para casos em que se procura adaptar uma linha existente, este trabalho deve ser realizado com especial aten\u00e7\u00e3o, de forma a conseguir identificar as reais necessidades dos processos, abstraindo dos *layouts* das situa\u00e7\u00f5es iniciais. Deste modo, poder\u00e1 ser poss\u00edvel identificar poss\u00edveis oportunidades de melhoria que n\u00e3o s\u00e3o vis\u00edveis em r\u00e1pidas an\u00e1lises aos processos. Na terceira fase deve ser calculado o *takt-time* ou o tempo de ciclo que se pretende respeitar. Quanto mais pr\u00f3ximo o tempo de ciclo com o *takt-time* menor os desperd\u00edcios das organiza\u00e7\u00f5es. Por fim, deve ser utilizada uma ferramenta de balanceamento, alocando as v\u00e1rias tarefas aos postos de trabalho necess\u00e1rios.

Tendo em conta a literatura existente e as necessidades espec\u00edficas deste estudo, foi definida uma metodologia para a realiza\u00e7\u00e3o do mesmo, no qual s\u00e3o realizadas algumas an\u00e1lises e etapas complementares \u00e0s identificadas previamente:

1. Seleção dos tipos de produtos para o balanceamento;
2. Cálculo do *takt-time* da linha de montagem;
3. Identificação e seleção das tarefas elementares do processo para os produtos selecionados, de acordo com o valor acrescentado ao processo;
4. Estudo de tempos das tarefas identificadas no ponto anterior;
5. Elaboração do diagrama de precedências;
6. Aplicar heurística de balanceamento;
7. Analisar os resultados através das métricas selecionadas.

Uma vez que falamos de linhas de produção múltiplas, com uma grande variedade e diversidade de produtos, é necessário identificar os produtos sobre os quais o estudo se insere (Hu et al., 2011) Essa seleção deve procurar englobar uma quantidade expressiva da produção total. Essa seleção pode ser realizada através de gráficos ABC, que são semelhantes a diagramas de pareto com a distinção de que as ocorrências não são as falhas de um processo, mas sim o tipo de produto produzido. Desta forma e para um determinado período de tempo, é possível determinar a procura média de um tipo de produtos, bem como o peso acumulado até perfazer a produção total. De seguida, é necessário determinar as necessidades da linha, através do cálculo do *takt-time*. Esse valor é o limite do balanceamento e o qual deve ser respeitado pelo tempo de ciclo da linha. Desta forma, todos os postos de trabalho têm que ter um tempo de ciclo inferior a este valor.

A 3ª etapa do balanceamento passa por identificar as tarefas que são executadas ao longo do processo para cada tipo de produto considerado. Estas tarefas ou elementos de trabalho, devem ser identificadas tendo em conta o mínimo de divisão de trabalho possível, que pode ser transferido de um operador para outro. Nesta fase, as tarefas identificadas devem ser classificadas de acordo com o valor que acrescentam para o cliente.

As tarefas podem ser:

- Valor acrescentado: Tarefas que acrescentam valor ao processo/produto e as quais são indispensáveis para obter o produto final como o cliente o pretende. Estas são as tarefas pelo qual o cliente paga quando adquire o produto;
- Sem valor acrescentado, mas necessário: Todo um conjunto de tarefas que não acrescentam valor ao produto, não o alteram, mas que são necessárias para garantir que o produto é entregue ao cliente em condições ótimas;
- Sem valor acrescentado: Tarefas que não conferem valor ao produto, não acrescentam nada de novo e podem ser eliminadas do processo, garantindo as restrições necessárias. A maior parte destas tarefas são duplicações ou transportes excessivos.

Identificadas as tarefas elementares dos processos, é necessário medir os tempos de execução das mesmas, para poder proceder ao balanceamento. Este processo de recolha de tempos pode ser bastante complexo e trabalhoso, uma vez que existem variadas metodologias para a sua aplicação.

O método mais tradicional e comum é a recolha de tempos através da cronometragem. Os tempos são recolhidos através da observação direta do trabalho. É importante que esta recolha seja realizada com o máximo de atenção possível e a recolha deve ser executada a operadores com um ritmo de trabalho constante, que trabalhem a uma velocidade média, sem acusarem pressão por estarem a ser observados. A alteração da velocidade de execução das tarefas pode induzir em erro o observador e retirar credibilidade aos resultados, uma vez que os operadores trabalham com ritmos diferentes dos observados. A variação do sequenciamento de tarefas, devido a uma incorreta definição de *standard work*, pode apresentar variações significativas no que diz respeito aos tempos de execução das tarefas, podendo também este fator influenciar os resultados finais. Deste modo, é necessário ter em conta estas implicações e procurar estabilizar os resultados finais deste estudo.

Definido o tamanho da amostra, o intervalo de confiança e a precisão pretendida, inicia-se a recolha de tempos, que deve ser posteriormente analisada, através do cálculo do tamanho de amostra necessário para que os dados sejam estatisticamente aceitáveis. De acordo com o desempenho do operador em questão, que deve ser traduzido através de um valor mensurável, os tempos observados podem ser superiores ou inferiores ao valor do



ritmo normal de trabalho. Desse modo, os tempos observados devem ser multiplicados por um fator de desempenho.

Uma vez que os ambientes industriais com elevados níveis de padronização, caracterizados pela repetida realização de um conjunto de tarefas que leva a um decréscimo de desempenho no decorrer do trabalho, os tempos de ciclo de execução das mesmas devem contemplar essas perdas de desempenho.

Terminado o estudo de tempos, a fase seguinte é a elaboração do diagrama de precedências. Esta é uma das fases mais importantes deste tipo de estudos, uma vez que uma má definição das precedências obrigatórias pode levar a alterações que prejudiquem o processo ou a ocultar oportunidades de melhoria do mesmo. Qualquer que seja o método utilizado para alocar as tarefas aos postos de trabalho, será de acordo com este diagrama.

A fase final do estudo de balanceamento de uma linha de montagem passa pela aplicação de um método de balanceamento e a análise do resultado final. Como já foi explicado anteriormente, existem variados métodos de balanceamento, de acordo com o tipo de problema ou necessidades. Independentemente do método aplicado, podem ser utilizados indicadores universais para avaliar o sucesso do mesmo. Ao realizar o balanceamento, obtendo os valores de tempo de ciclo, nº de postos de trabalho e tempos de ciclo por posto, devem ser aplicadas as expressões 5 e 6 para avaliação dos novos indicadores.

### **3.4. Ferramentas de apoio**

#### **3.4.1 Análise ABC**

A análise ABC é uma análise que evidencia a relação entre os vários tipos de produtos e o seu peso em relação aos custos totais para uma organização. Esta análise é apresentada através de gráficos de pareto, nos quais são apresentados os pesos relativos de cada produto nos custos totais, bem como o peso acumulativo até alcançar os 100% de produtos e 100% de custos. (Thyssen et al., 2006).

Apesar desta aplicabilidade de custos, para a qual surgiu esta análise, os gráficos ABC podem ser utilizados nas mais variadas análises, principalmente no setor industrial. Para linhas de produção do tipo *mix-model line* ou *multiple-model line*, nas quais são produzidos vários tipos de produtos, pode ser aplicado este tipo de análise para identificar o peso relativo das quantidades produzidas de cada produto. Ao contrário da análise ABC original, neste caso os dados de saída permitem ao analista conhecer a fatia de produção total que pertence a cada tipo de produto. O estudo caso apresentado neste documento recorre a este tipo de análise, de forma a identificar o conjunto de produtos principal e relevante num processo.

#### **3.4.2 Fluxograma**

O fluxograma é uma ferramenta que permite esquematizar o fluxo de um determinado processo. Devido à sua componente visual, permite uma melhor compreensão de um processo, identificação de falhas ou limitações e melhorias do mesmo. (Realyvásquez-Vargas et al., 2018). Através desta ferramenta é possível desenhar todo o processo, identificando as atividades de relevo e os pontos críticos do mesmo. Uma das características desta ferramenta que a torna tão útil são as normas que devem ser respeitadas na sua ilustração. Para cada tipo de atividade é utilizado um símbolo diferente, que são relacionadas entre si através de setas que indicam a direção do fluxo. Este tipo de ferramenta é muito utilizada para esquematizar processos entre vários departamentos, uma vez que o encadeamento das atividades não é, em muitas situações, fácil de identificar. Os principais símbolos utilizados na ilustração desta ferramenta são:

- Retângulo arredondado nos vértices, que identifica o início e o fim do processo;
- Retângulos para identificar atividades;
- Losangos para identificar momentos de decisão;
- Setas para identificar o fluxo do processo.

É importante que a simbologia desta ferramenta seja bem aplicada, de forma a garantir que a informação sobre o processo traduz na íntegra o que realmente acontece. Em ambientes industriais esta ferramenta é muito importante, não só para ajudar novos colaboradores a adaptarem-se aos processos de uma organização, mas também para identificar falhas e defeitos existentes, que possam ser alterados ou eliminados de forma a otimizar e rentabilizar os processos da organização

### 3.4.3 Folha de verificação

As folhas de verificação são uma das sete ferramentas básicas da qualidade e uma das mais utilizadas para a recolha de dados. É uma ferramenta bastante prática, eficiente e intuitiva, que permite obter uma grande quantidade de dados mensuráveis para as mais diferenciadas análises. Esta ferramenta consiste na seleção dos acontecimentos que se pretende observar, realizando a análise através do registo do número de vezes que determinado acontecimento se verifica (Hinde, 1973).

Existem vários tipos de folhas de verificação. De acordo com os dados que se pretende obter, deve ser selecionado o tipo de folha que melhor se adequa ao cenário. As folhas de verificação podem ser:

- Classificação;
- Localização;
- Frequência;
- Escala de medição;
- *Checklist*.

As mais comuns nas rotinas dos quotidianos são as *checklist* e as de frequência. A primeira consiste na definição de um conjunto de pontos a verificar, que à medida que são garantidos, é assinalada uma cruz para garantir a sua validação. Já as folhas de frequência consistem no registo da frequência que determinado acontecimento ocorre. Deste modo, estas folhas permitem transformar informação qualitativa em informação quantitativa. As folhas de localização e classificação são bastante utilizadas em contexto industrial, principalmente para efeitos de qualidade, uma vez que permite a identificação e classificação de falhas detetadas em processos produtivos. Por seu lado, as de escala de medição são muito utilizadas em atividades estatísticas.

### 3.4.4 Diagrama de precedências

O diagrama de precedências é uma ferramenta muito utilizada para estudos de balanceamento de linhas de produção e de processos. É uma ferramenta que permite avaliar todos os possíveis caminhos que podem ser adotados para alcançar um fim, respeitando as precedências necessárias, ou seja, esquematiza as atividades de acordo com a necessidade de ocorrência de cada (Pintzos et al., 2016). Através desta ferramenta é possível definir a sequência de atividades de um processo, garantindo que as atividades que devem preceder outras são realizadas antes dessas. Em variados casos não existem relações de precedência, ou seja, as atividades podem ocorrer em simultâneo ou com um sequenciamento indiferenciado, minimizando o tempo total necessário para alcançar o final do processo.

É importante que ao recorrer a esta ferramenta exista um bom conhecimento do processo que se quer definir. Por vezes as relações que são consideradas na sua elaboração não correspondem às reais relações de precedência, levando à adoção de soluções que não correspondem às mais eficientes. Quando o processo que se quer estudar já existe e não está em fase de desenho e projeção, apenas devem ser consideradas as obrigatórias tendo em conta o produto e não o processo. Deste modo, podem ser descobertas várias possibilidades mais eficientes ou lucrativas do que as adotadas, permitindo otimizar o fluxo do processo.

Uma vez que para cada atividade devem ser indicadas as precedências necessárias e a duração da mesma, esta ferramenta permite também calcular o tempo que decorre entre o início e o fim. Deste modo, permite a seleção de caminhos ótimos, mais eficientes, com menos custos e mais rápidos.

Terminada a revisão de literatura e a seleção das ferramentas a utilizar no estudo caso, foram iniciadas as análises aos processos. No capítulo seguinte é exposta a 1ª fase da parte prática do estudo, com a análise e identificação de problemas dos processos produtivos.

## 4. Estudo de caso: Identificação de constrangimentos

Como referido anteriormente, o estudo de caso realizado incidiu sobre dois processos produtivos diferentes. O processo do cliente A foi analisado numa fase anterior ao cliente B. Para cada um dos processos foram seguidos os mesmos passos: num primeiro momento, um diagnóstico da situação inicial, seguido da identificação de constrangimentos e as suas causas raiz. Por fim, foram realizadas ações de forma a combater esses constrangimentos e definidas propostas de melhoria concretas para os processos produtivos. Neste capítulo são apresentadas as análises realizadas aos processos dos clientes A e B, com a identificação de problemas e causas dos mesmos.

Esta etapa foi caracterizada por várias horas de observação do *gemba*, de forma a perceber os processos e as suas limitações reais. Identificar os desperdícios, as suas causas mais prováveis, descobrir causas raiz e o impacto que estes provocavam. Na descrição da situação inicial de cada uma das linhas foi necessário analisar alguns dados das produções diárias, nº de operadores e horas produtivas. Desta forma foi possível recolher os valores médios do PPH médios. Ao contrário do PPH, os valores do RO foram mais difíceis de alcançar. Como explicado no capítulo 2, a empresa utilizava a expressão 1 para obter o RO interno, com valores objetivo definidos por *know-how* e que interpretavam a capacidade de resposta das linhas de montagem face às necessidades, em vez de valores calculados com dados mensuráveis, baseados na capacidade produtiva dos processos. De forma a apurar os valores do RO calculado, foi necessário executar um estudo de tempos às linhas de montagem para a identificação do recurso gargalo e o seu tempo de ciclo.

Os estudos de tempos realizados para cada um dos processos foram divididos em 3 fases:

1. Identificação das principais variações dos tempos de ciclo para cada posto e formulação de cenários para a medição de tempos (apresentado mais à frente);
2. Levantamento de dados através de cronometragem para todos os postos e cenários contemplados (os dados recolhidos estão presentes nos anexos 1 e 3);
3. Criação do *template* de processamento dos dados, para o cálculo dos tempos padrão (as tabelas de tempos padrão podem ser consultadas nos anexos 2 e 4);

No *template* criado, foi verificada a viabilidade estatística da recolha através do cálculo da amostra necessária, na aplicação da expressão 7.

$$N' = \frac{\text{Desvio padrão} \times \text{Confiança}}{\text{Média} \times \text{Precisão}} \quad (7)$$

\*(7) (Stevenson, 2018).

Para os casos em que a regra de validação ( $N > N'$ , sendo que N é o tamanho da amostra recolhida) não se verificou, foi feita uma recolha extra até atingir um tamanho da amostra igual ao calculado ( $N = N'$ ). O valor do intervalo de confiança escolhido foi de 95% uma vez que é o valor mais utilizado para estudos semelhantes. Já o nível de precisão dos postos de trabalho manual e semiautomático foi de 7% e das máquinas, que apresentam uma maior precisão, foi de 1%. Os valores selecionados não são iguais para as tarefas com intervenção humana ou apenas automática, porque a precisão dos dados de máquinas com ciclos automáticos é muito superior ao ser humano, principalmente quando se pretende apurar o tempo de processamento de atividades que são praticadas por vários operadores.

Uma vez verificada a viabilidade de todos os dados recolhidos, foram aplicadas 2 expressões nos resultados, para o tratamento dos dados obtidos. A expressão 8 foi aplicada no cálculo dos tempos de ciclo normais das tarefas.

$$\text{Tempo Normal} = \text{Tempo Observado} \times \text{Desempenho}(\%) \quad (8)$$

\*8 (Sharma & Suresh, 2009).

Visto que os postos de trabalho com intervenção de operadores apresentavam tempos de operação muito baixos, na casa dos 10 segundos, a variação dos valores médios obtidos de acordo com o operador que as executa podia variar cerca de 30% do valor padrão (10 +/- 3 seg.). Nesse sentido, foram definidos diferentes graus de desempenho atribuídos a cada operador observado, tendo em conta o desempenho das tarefas (velocidade, experiência e ritmo).

A tabela 4.1 apresenta os diferentes níveis de desempenho considerados. É de salientar que grande parte do estudo foi realizado a operadores mais experientes, uma vez que já estavam habituados a esta recolha de tempos e não alteravam a velocidade de trabalho devido à pressão imposta pelo analista. Eram também os operadores que apresentam melhor ritmo de trabalho, com resultados bastante precisos.

**Tabela 4.1** - Definição dos fatores de desempenho dos operadores

<b>Experiência</b>	<b>Velocidade</b>	<b>Ritmo constante</b>	<b>Fator desempenho</b>
(+)	(+)	(+)	120%
(+)	Normal	(+)	110%
(+)	(+)	Normal	110%
(+)	Normal	Normal	100%
(-)	(+)	(+)	100%
(-)	(+)	Normal	95%
(-)	Normal	(+)	90%
(-)	Normal	Normal	80%

A última etapa do estudo de tempos foi o cálculo dos tempos padrão, através da expressão 9:

$$\textit{Tempo Padrão} = \textit{Tempo Normal} \times \textit{Coeficiente de recuperação} \textit{ (9)}$$

\*(9) (Sharma & Suresh, 2009)

Apesar de a empresa implementar um sistema de rotação de postos de trabalho obrigatório a cada 2 horas, a quantidade de peças produzidas por posto, e consequentemente a necessidade de repetição sistemática de movimentos, obriga a este tratamento de dados com a incrementação de coeficientes de recuperação, tal como indicado na expressão 9, e que são responsáveis pelo abrandamento consecutivo do ritmo de trabalho dos operadores. O coeficiente de recuperação considerado pela empresa e que é utilizado para as análises realizadas pela Engenharia Industrial é de 11%, tendo em conta os pontos assinalados a cor-de-laranja na tabela 4.2. Para além dos coeficientes considerados para os tempos de ciclo dos postos de trabalho dos operadores, o Departamento de Engenharia da empresa desenvolveu uma tabela de coeficientes de incidências de máquinas. Os valores considerados têm por base a experiência e o *know-how* dos seus responsáveis, e estes valores são considerados nos estudos realizados pela empresa. Dessa forma, os estudos de tempo apresentados ao longo do projeto foram alvo deste tratamento de dados.

A tabela 4.3 apresenta os coeficientes de incidências de máquinas e foram identificados os fatores considerados para o estudo a cor-de-laranja.

**Tabela 4.2** - Tabela de coeficientes de recuperação

Fonte: Adaptado da Huf Portuguesa

<b>1 Suplementos Constantes</b>	
Necessidades pessoais	5
Base por cansaço	4
<b>2 Suplementos Variáveis</b>	
A - Por trabalhar de pé	2

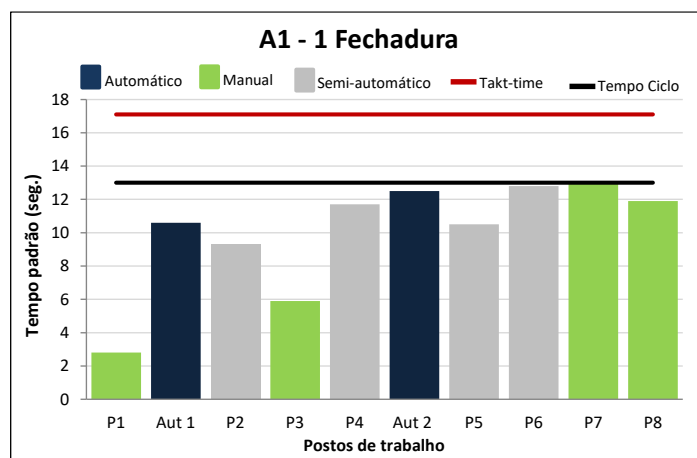
**Tabela 4.3** - Tabela de coeficiente de incidências

Fonte: Adaptado de Huf Portuguesa

1 Suplementos Constantes	
Avarias ou falhas	4
Operações em vazio e microparagens	2

#### 4.1. Cliente A

A análise da linha A1 começou por uma observação direta do trabalho dos operadores. De forma a apurar os indicadores de desempenho da situação inicial da linha, foi realizado o levantamento dos tempos de operação, que pode ser consultado no anexo 1. O tempo padrão calculado para cada posto de trabalho é apresentado no anexo 2. Na figura 4.1 é apresentado o resumo dos dados obtidos através de um gráfico de balanceamento. Como é possível identificar pela figura, o recurso gargalo da linha era o controlo final (P7). Com base no tempo recolhido e respetivo cálculo da capacidade hora deste recurso, foi apurado o RO calculado diário da linha A1. Os indicadores PPH, RO interno e RO calculado da linha A1, na situação inicial do projeto são apresentados na tabela 4.4.

**Figura 4.1** - Tempos de ciclo da linha A1 para 1 fechadura**Tabela 4.4** - Indicadores de desempenho de A1

Linha	Horas (dia)	Nº Operadores médio (turno)	Produção média (turno)	RO interno médio	RO calculado médio	PPH médio
A1	20,7	5,4	1.112	85%	<b>60%</b>	<b>29,8</b>

- De acordo com os dados da tabela, o RO interno médio era de 85%. Este valor significava que a linha, em média, produzia 85% o valor objetivo definido pela empresa, que era de 1300 jogos/turno. De acordo com os dados que foi possível apurar para as necessidades no período considerado, a procura por turno era relativamente superior ao objetivo definido, com um valor médio de cerca de 1450 jogos/turno. No entanto, o período considerado não traduz todas as fases de procura do ano civil e, portanto, os valores das necessidades médias variavam muito ao longo de um ano. Visto que, em média, a linha não alcançava a 100% o objetivo definido, por vezes a linha tinha que trabalhar em turnos extra aos fins de semana para garantir a produção total necessária. Ao comparar os valores de produção diários com a capacidade do processo, o desempenho da linha A1 era de 60% (apesar de apenas ser estudado o cenário de 1 porta, para a capacidade teórica também foi considerado o cenário de 2 portas, com um peso de 13%, uma vez que o tempo de ciclo do gargalo era bastante superior ao cenário de 1 porta). Este valor indica que a produção média da linha era pouco superior a metade da capacidade total da mesma. Uma vez que a linha operava em 3 turnos e via-se obrigada, em muitas situações, a recorrer a turnos de fim de semana ou à linha manual indicada na secção 2.5.1, a subutilização deste processo era uma ineficiência da empresa que deveria ser analisada. O objetivo definido para o processo era bastante inferior à capacidade teórica da linha, e o facto de esta não obter um RO interno de 100% levava-a a um incumprimento de produção em período útil (dias da semana). Uma vez que operar durante os fins-de-

semana implicava custos avultados para a empresa, o aumento da produção diária, aproximando os valores de RO interno de 100% e consequentemente valores de RO calculado na casa dos 85%, permitiria que a empresa conseguisse cumprir com as necessidades com um menor período de tempo de trabalho;

- O PPH médio era superior ao objetivo definido pela empresa, que era de 20 peças por operador/hora. Este objetivo foi definido pelos responsáveis de produção com base no que era o historial do processo, e era utilizado também como fator compensatório dos operadores. Ao cumprirem com este objetivo, os operadores eram recompensados anualmente.
- O nº de operadores médio é de 5,4 (uma vez que 2 turnos são compostos por 6 elementos e 1 por 5, mas com a situação pandémica o nº de operadores diários na empresa não era estável, sendo necessário fazer alguns ajustes aos processos consoante a mão-de-obra disponível). Esta variação dos operadores não era saudável para a organização, criando variações nas tarefas a executar dos operadores e nos registos diários de produção. No entanto, com a necessidade de adaptação às adversidades que foram surgindo, a uniformização deste valor apenas foi conseguida por escassos períodos de tempo;
- Na observação em *gemba* foi notório uma grande quantidade de movimentações dos operadores, visto que eram em menor número que os postos de trabalho. Uma vez que esta adaptação da mão-de-obra visava o cumprimento das necessidades produtivas, sendo que quando estas baixavam, o nº de operadores também era reduzido, foi calculado o nº de postos de trabalho ótimo para a linha de produção de acordo com os tempos de tarefas dos postos com intervenção do operador (manuais e semiautomáticos) e do *takt-time* da linha, de forma a apurar o défice de mão-de-obra real *versus* solução ótima. A tabela 4.5 apresenta o cálculo anunciado.

**Tabela 4.5** - Cálculo do nº de operadores necessários ao processo

<b>Linha</b>	<b>A1</b>
Nº de operadores	5,4
Nº de postos	8
$\sum$ <i>Tarefas manuais</i>	77,9 segundos
<i>Takt-time</i>	17,1 seg./jogo
Nº de postos ótimo	4,5

- O nº de postos de trabalho ótimo para a linha era 5 (arredondado o valor de 4,5 pessoas, por excesso). Nesse sentido, o nº de operadores a trabalhar na linha correspondia ao valor ótimo para 1 turno, e excedia esse valor nos outros 2. Visto que este cálculo considera o *takt-time* da linha, ou seja, as necessidades da mesma, para que o processo produtivo estivesse otimizado, os 5 operadores deveriam conseguir cumprir com este *takt-time*. No entanto, esse valor não era cumprido nem com os 5 operadores nem com os 6.

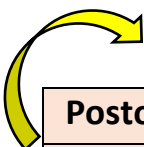
Através da observação do *gemba*, recolha de dados estatísticos e análise destes, foram identificados vários problemas no processo. A tabela 4.6 apresenta essa análise, com a classificação dos tipos de desperdícios associados aos problemas identificados.

Uma vez que a deslocação dos operadores era tão frequente e a pressão com que estes trabalhavam, a executar as tarefas a elevados ritmos e a movimentar constantemente entre postos, foi realizado um estudo de forma a quantificar o desperdício das suas movimentações, para apoio à decisão na análise da linha. Para apurar os valores associados ao desperdício identificado, foi utilizada uma folha de verificação de frequência, na qual foram registadas as quantidades de deslocações dos operadores entre os postos de trabalho. Foram realizadas 15 análises, de 30 minutos cada, nas quais eram observados os operadores e registada cada deslocação que faziam. A observação focou-se nos postos de trabalho e não num operador em específico. Na tabela 4.7 é apresentado o resultado do estudo realizado. Os valores indicados são o somatório do número de vezes que uma deslocação se verificou nas análises realizadas.

Tabela 4.6 – Problemas e desperdícios identificados na linha A1

Linha	Desperdício	Descrição
A1	Muda Movimentações	Os operadores estavam constantemente a deslocar-se entre os postos de trabalho, com uma enorme flexibilidade, mas constante rutura de fluxo.
A1	Muda Espera	Os postos de trabalho não estavam sempre ocupados, o que levava à espera de processamento das peças. (exemplo: A fresa estava constantemente a parar porque se dava uma grande acumulação de caixas vazias no P1, que obrigava o operador do P2 ou do P7, por norma, a ir executar a tarefa).
A1	Mura Desnivelamento	2 postos de trabalho com TC bastante inferiores aos restantes, que representavam um acentuado desnivelamento da carga de trabalho.
A1	Muri Sobrecarga	O nº de operadores era muito inferior ao nº de postos de trabalho, o que obrigava os operadores a trabalhar a um ritmo “de correria” para alcançarem os objetivos diários
A1	Muda Defeitos	A máquina do P4 produzia algumas peças com defeito que obrigavam ao retrabalho dos operadores.
A1	Microparagens	A máquina de P2 apresentava bastantes microparagens com encravamentos de molas que obrigavam o operador a parar a produção e intervir, manutenção de 1º nível.
A1	Outros	A pré-montagem de <i>paddles</i> era realizada noutra linha da fábrica e obrigava a que 1 operador se deslocasse a essa linha para ir buscar caixas desse produto (transporte).
A1	Outros	A máquina P2 era alimentada no exterior da linha e necessitava que 1 operador realizasse essa tarefa. Apesar de ser pouco tempo (cerca de 10 minutos a cada 3h), o processo ficava a operar com menos 1 operador durante esses períodos.
A1	Outros	Quando a linha trabalhava a 2 fechaduras, os tempos de ciclo eram bastante superiores, no entanto este representava um peso relativo minoritário.

Tabela 4.7 - Análise das movimentações dos operadores entre postos de trabalho



Posto	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	TOTAL
P1		41	9	5	33	24	47	4	163
P2	31		52	2	14	4	1	2	106
P3	16	35		37	21	3	2		114
P4	9	3	44		12				68
P5	35	19	17	11		31	9	1	123
P6	17	7	3	5	23		16	5	76
P7	55	1	1		6	11		8	82
P8	16				3	2			21
TOTAL	179	106	126	60	112	75	75	20	753

A coluna são os postos na origem da deslocação, no qual o operador se encontrava a trabalhar. A linha são os postos para o qual o operador se deslocou. Na tabela 8 estão identificadas as 5 principais deslocações, bem como os 3 postos que foram mais vezes a origem e os 3 que foram mais vezes o destino. Pelos dados da tabela foi concluído:

- As deslocações acontecem em relação a todos os postos de trabalho, apesar de alguns apresentarem maior frequência do que outros;
- As 5 principais deslocações eram: P7 para P1; P2 para P3; P1 para P7; P4 para P3; P1 para P2;



- As deslocações mais verificadas eram realizadas entre postos que se sequenciavam. O operador ou se deslocava para o posto anterior, uma vez que já não tinha peças para trabalhar, ou se deslocava para o posto seguinte, porque já tinha enviado muitas peças que estavam à espera de ser trabalhadas nesse posto;
- Os postos com maior frequência de origem e destino são os mesmos: P1, P3 e P5;
- Os postos indicados são também os que apresentam tempos de ciclo inferiores, ou que estão localizados entre dois postos com tempos de ciclo mais altos;
- O P7 é o posto mais vezes “abandonado”, apesar de ser o gargalo da linha, ou seja, o operador que ocupa o posto gargalo e que deveria estar a trabalhar a 100%, desloca-se para o P1, o posto mais rápido da linha, porque este acumula uma grande quantidade de caixas de linha vazias à espera que seja iniciado o processo com a introdução do espadim. Deste modo, é possível concluir que esta é uma das causas dos baixos valores de RO.

Finalizado o estudo das movimentações e evidenciado o problema associado ao desnivelamento da carga nos postos de trabalho, bem como os principais causadores desta ocorrência (postos com tempos de ciclos mais baixos) foi elaborada uma análise das causas raiz para identificação das principais causas dos baixos valores de RO (60%). Tal como explicado no capítulo 3, existem várias ferramentas para uma análise de causas-raiz. Inicialmente, foi selecionado o método dos 5 porquês, uma vez que é mais simples de aplicar e de rápida identificação do problema, bem como a maior facilidade de identificação nas relações de causalidade. No entanto, ao questionar em cada etapa o porquê da mesma, surgiram, em vários momentos, mais do que uma resposta para o acontecimento. Finalizada a análise, a ilustração final assemelhava-se a uma árvore de causas. Desse modo, foi considerado esse mesmo diagrama para a ilustração, sendo elaborado com recurso ao método dos 5 porquês. Foram considerados os problemas identificados na tabela 4.6, representativos de vários tipos de desperdício nos processos produtivos, bem como o estudo de movimentações apresentado na tabela 4.7. A análise à linha A1 é ilustrada na figura 4.2.

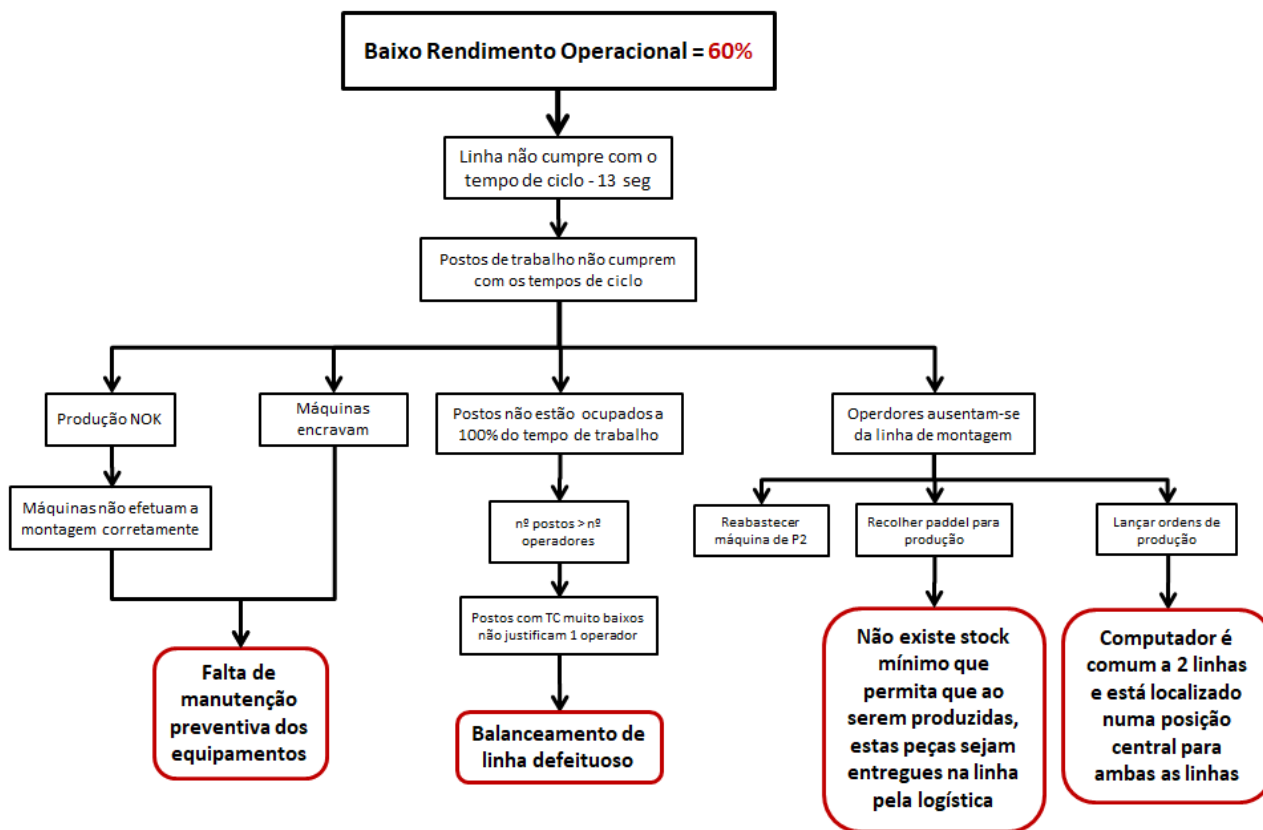


Figura 4.2 - Análise das causas raiz dos baixos valores de RO da linha A1

Na análise presente na figura 4.2 foram identificadas as 3 variedades do indicador OEE. A qualidade, através da causa intermédia “Produção NOK”, a disponibilidade pelas causas “máquinas encravam”, “postos não estão ocupados a 100% do tempo de trabalho” e “operadores ausentam-se da linha de montagem”, e por fim o

desempenho, na primeira das causas “postos de trabalho não cumprem com os tempos de ciclo”. Da análise realizada surgiram 4 principais causas raiz que justificam os baixos valores de RO calculado. Para cada causa identificada foram definidas possíveis soluções que são apresentadas na tabela 4.8. Apesar de todas contribuírem para os baixos valores de RO calculado, o balanceamento de linha defeituoso, ou neste caso, o nº de operadores inferior ao nº de postos, que provocava inúmeras falhas no que diz respeito à disponibilidade individual de cada equipamento e posto de trabalho, era o principal causador destes valores.

Através do balanceamento de linha, que das 4 soluções propostas foi a única identificada como necessária a realizar, seria possível eliminar alguns dos desperdícios associados ao processo produtivo. Uma vez que a linha A1 era de forte componente manual, não registando um número elevado de microparagens, o fluxo de produção poderia ser assegurado através de um balanceamento mais eficiente. A eliminação dos deslocamentos entre postos de trabalho e dos tempos de espera dos produtos para serem processados, permitiria à linha cumprir, de forma geral, com o tempo de ciclo da mesma. Os postos de trabalho passariam a trabalhar com o ritmo pretendido e medido no estudo de tempos, aumentando os indicadores de RO (interno e calculado), bem como o PPH, uma vez que a linha conseguiria maior quantidade de produção para um número de operadores ótimo, 5.

Das outras causas identificadas, e como referido na tabela 4.8, a colocação do computador junto do posto de embalamento e a melhoria na gestão do stock de *paddles* tinha sido decidida e implementada, sem a possibilidade de apurar melhorias à data.

Por fim, a manutenção preventiva que poderia levar a uma redução na ocorrência de microparagens e, por conseguinte, a diminuição do tempo perdido com estas, não se encaixa na filosofia de trabalho da empresa, e, portanto, não foi realizado qualquer trabalho nesse sentido.

**Tabela 4.8** - Propostas de solução para as causas-raiz identificadas

<b>Causa Raiz</b>	<b>Solução Proposta</b>	<b>Tarefas a executar</b>	<b>Grau prioritário</b>
Balanceamento de linha defeituoso	Balanceamento de linha	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desdobramento dos postos em tarefas elementares e medição de tempos;</li> <li>• Diagrama de precedências;</li> <li>• Definição da solução ótima;</li> </ul>	1º Nível
Falta de manutenção preventiva	Criar planos de manutenção preventiva para cada máquina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recolha de histórico de paragens e causas correspondentes;</li> <li>• Identificação das principais paragens e soluções correspondentes por parte dos operadores;</li> <li>• Definição de tarefas a executar para cada máquina bem como a periodicidade de realização de manutenção;</li> <li>• Identificação dos materiais necessários para executar as ações definidas.</li> <li>• Definição de responsáveis pela sua execução;</li> </ul>	Não coincidia com a filosofia de trabalho da empresa e, portanto, não representava um nível de prioridade de execução
Computador longe da linha para lançamento de ordens	Colocar um computador junto à linha A1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar computador no P8;</li> <li>• Colocar impressora de ordens de produção no P8</li> </ul>	Já tinha sido proposto pelos operadores e aceite pela melhoria contínua.
Falta de stock mínimo de <i>paddles</i>	Produção de <i>paddles</i> deveria ser antecipada cerca de 2 horas face à necessidade na linha	Com a implementação do novo sistema de ERP, o <i>kanban</i> deste produto passou a ser automático, sendo espectável que a gestão do stock desta peça seja otimizada. No entanto, à data do fim do estágio, não foi possível apurar melhorias nesse sentido.	

Na secção seguinte é apresentado um estudo muito semelhante a este, que foi realizado para os processos produtivos do cliente B. Tal como referido anteriormente, as análises ocorreram de forma desfasada

temporalmente, sendo que para os casos em que algum fator se repetiu, está identificado no trabalho esse aspeto, de forma a não repetir informação igual ao longo do relatório.

## 4.2. Cliente B

Uma vez que a quantidade de referências de produção dos projetos seleccionados era elevada e que muitas delas representavam um peso relativo inexpressivo, de seguida é explicado o processo de criação de cenários que foi contemplado no estudo de tempos. Para cada projeto existiam diferentes combinações na composição dos jogos, tal como identificado na figura 2.13. Os produtos fixos que não variavam de acordo com o projeto eram:

- 1 fechadura de porta;
- 2 chaves de emergência.

Já as variações que podiam ocorrer eram as seguintes:

- Fechadura esquerda ou fechadura direita;
- Com ou sem uma fechadura de porta-luvas;
- Várias combinações de chaves:
  - 2 chaves cabeça plástico;
  - 2 chaves cabeça *Zamak*;
  - 1 chave cabeça plástico e 1 bico de pato;
  - 1 chave cabeça *Zamak* e 1 bico de pato;
  - 2 chaves cabeça circular;

Apesar de existirem todas estas variações do produto, apenas algumas tinham impacto no processo produtivo, no que dizia respeito a tempos de operação. A necessidade de produção de porta-luvas representava um acréscimo de tarefas, bem como o uso de chaves com cabeça de plástico preto, que necessitavam de ser clipadas (tarefa de qualidade).

Uma vez que estas eram as únicas variações com impacto real nos processos produtivos, foi realizado um cruzamento de dados de acordo com o tipo de chaves e o porta-luvas, para todas as referências das necessidades das linhas, resultando os vários cenários apresentados:

- Plástico sem porta-luvas;
- Plástico com porta-luvas;
- Circular sem porta-luvas;
- Circular com porta-luvas;
- *Zamak* sem porta-luvas;
- *Zamak* com porta-luvas;
- Plástico + Bico de pato sem porta-luvas;
- Plástico + Bico de pato com porta-luvas;
- *Zamak* + Bico de pato sem porta-luvas;
- *Zamak* + Bico de pato com porta-luvas.

Os gráficos das figuras 4.3, 4.4 e 4.5 apresentam os pesos relativos de cada cenário na produção total das linhas.

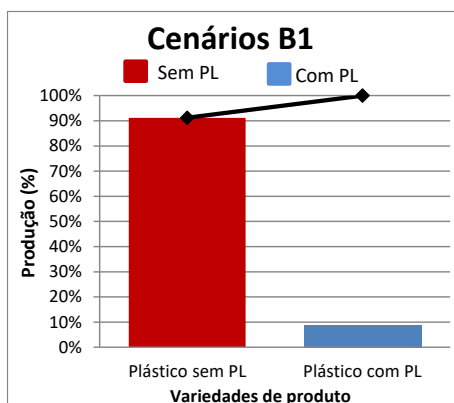


Figura 4.3 - Gráfico ABC dos cenários de B1

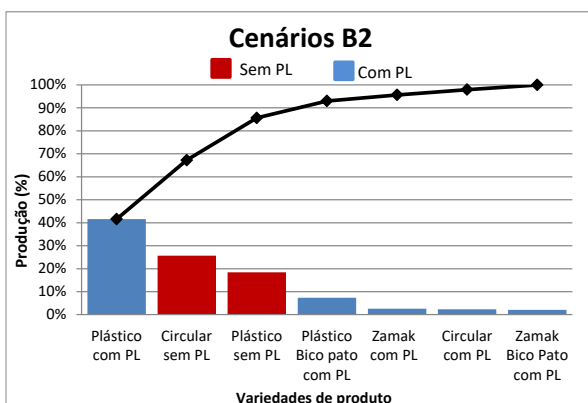


Figura 4.4 - Gráfico ABC dos cenários de B2

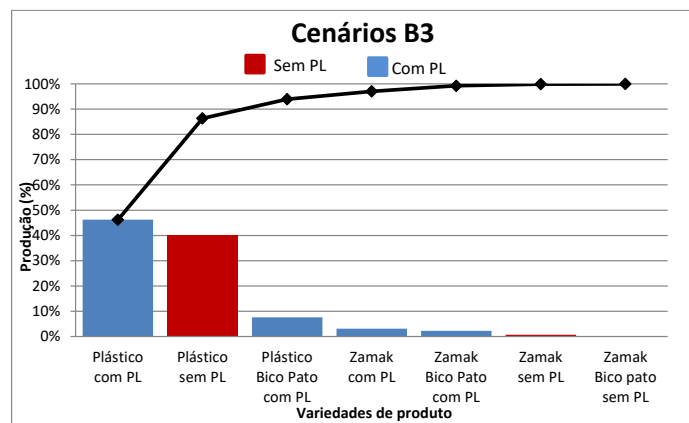


Figura 4.5 - Gráfico ABC dos cenários de B3

À semelhança do que foi definido anteriormente e tendo em conta uma simplificação no processo de análise, sem abdicar de uma maioria de amostra superior a 85%, apenas serão seleccionados alguns cenários para a recolha de tempos:

- B1:
  - Cenário 1: plástico sem porta-luvas = 91%
- B2:
  - Cenário 1: plástico com porta-luvas = 42%
  - Cenário 2: plástico sem porta-luvas = 18%
  - Cenário 3: circular sem porta-luvas = 26%
  - Total = 86%
- B3:
  - Cenário 1: plástico com porta-luvas = 46%
  - Cenário 2: plástico sem porta-luvas = 40%
  - Total = 86%

Uma vez definidos os cenários mais relevantes para as linhas B1, B2 e B3, foi então realizado o estudo de tempos, que pode ser consultado nos anexos 3 e 4, bem como as tabelas com o tempo padrão de cada posto de trabalho. As figuras 4.6 a 4.11 apresentam, de forma sucinta, os tempos padrão obtidos pelo estudo de tempos realizado para cada cenário apresentado.

#### Linha B1:

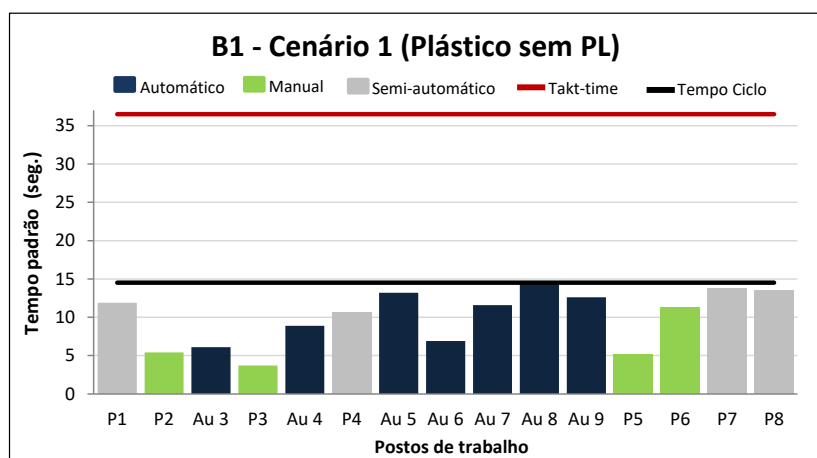
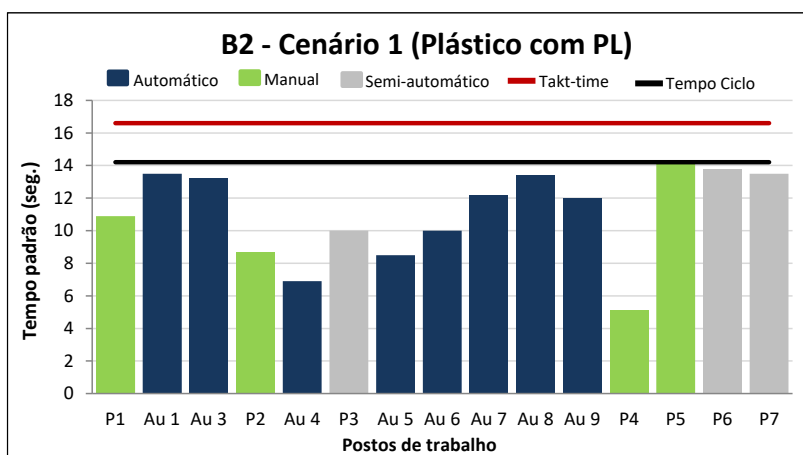


Figura 4.6 - Tempos de ciclo do cenário 1 linha B1

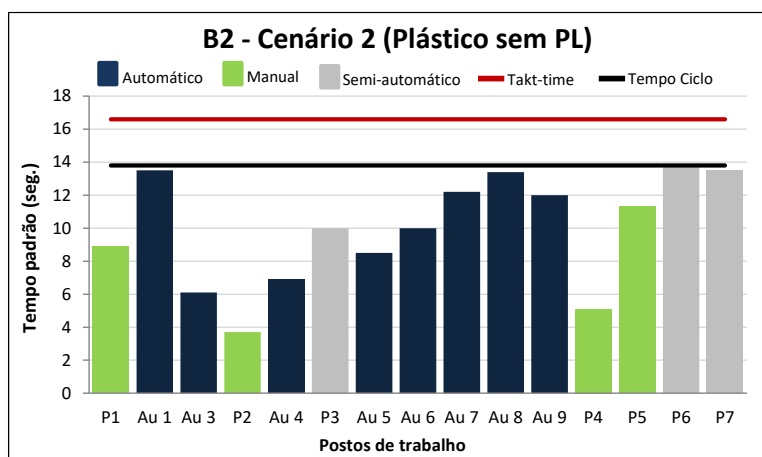
De acordo com os dados da figura 4.6, os tempos padrão dos postos de trabalho e o tempo de ciclo da linha são bastante inferiores ao *takt-time* desta, que já foi anunciado anteriormente, com o valor de 36,5 segundos. Uma vez que este é muito superior às capacidades da linha, e que esta trabalha a 2 turnos de 7,91h cada, o primeiro

ponto a tratar na análise de melhoria será a redução a 1 turno, averiguando o cumprimento das necessidades produtivas.

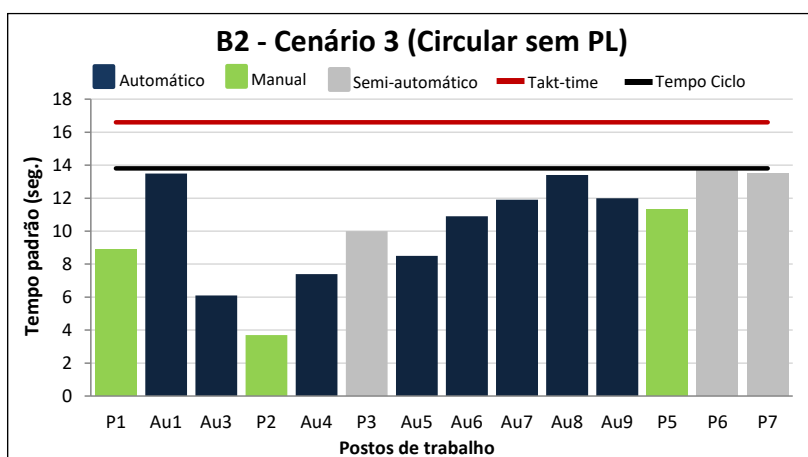
**Linha B2:**



**Figura 4.7 - Tempos de ciclo do cenário 1 linha B2**



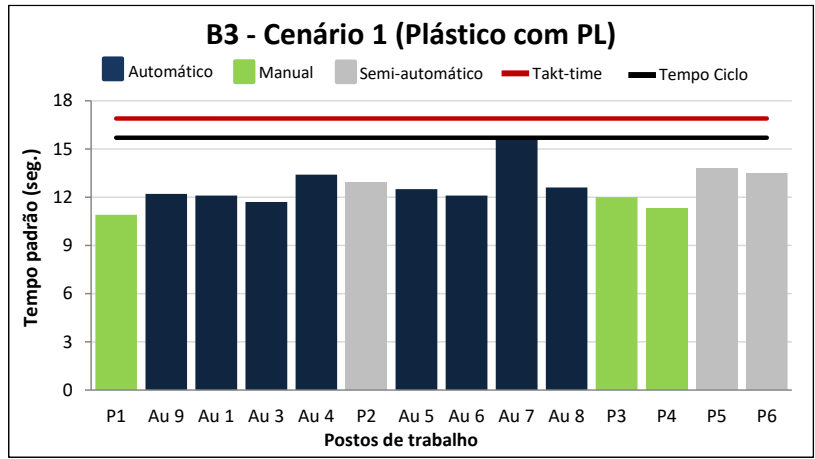
**Figura 4.8 - Tempos de ciclo do cenário 2 linha B2**



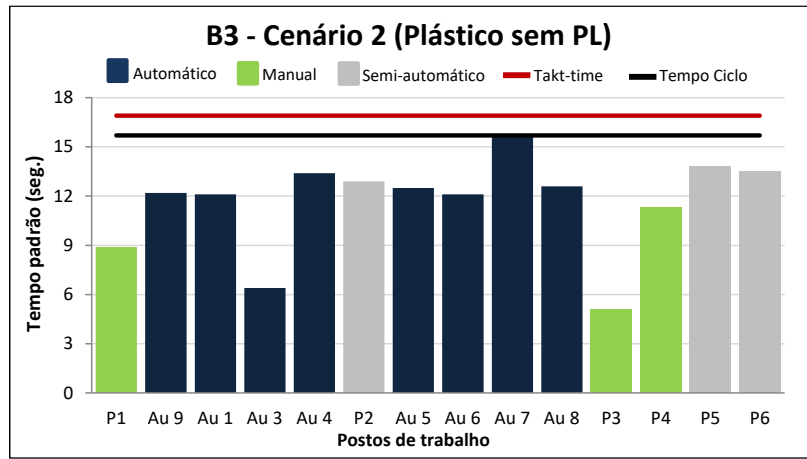
**Figura 4.9 - Tempos de ciclo do cenário 3 linha B2**

Para os 3 cenários e B2, a semelhança de tarefas e tempos de operação dos postos de trabalho manual e semiautomático é elevada, sendo que no cenário 1 os tempos de P1, P2 e P5 são mais elevados devido a três tarefas de porta-luvas, e no cenário 3 não existe o P4, uma vez que estas chaves não são clipadas. O tempo de ciclo da linha é inferior ao takt-time em todos os cenários, e alguns postos apresentam várias folgas de tempo face aos restantes. Também os postos automáticos apresentam certas variações de execução de tarefas.

**Linha B3:**



**Figura 4.10** - Tempos de ciclo do cenário 1 linha B3



**Figura 4.11** - Tempos de ciclo do cenário 2 linha B3

A linha B3 apresentava um nº de postos de trabalho inferior e uma homogeneidade de tempos de trabalho bastante superior às outras 2. As máquinas do processo apresentavam tempos muito parecidos, sendo apenas uma das máquinas diferente, e que correspondia ao gargalo da linha. Este era um dos motivos de baixa produtividade da linha. Apesar de todos trabalharem com um certo ritmo de cerca de 14 segundos, o gargalo da linha era automático, ou seja, fixo, e trabalhava com um tempo padrão de mais de 15,5 segundos. No cenário 2 a linha não apresentava tempos tão homogêneos como no cenário 1, uma vez que eram realizadas menos tarefas nos postos P1 e P3. Os valores dos indicadores obtidos para cada uma das linhas B são apresentados na tabela 4.9:

**Tabela 4.9** - Indicadores de desempenho das linhas B

Linha	Horas (dia)	Nº Operadores médio (turno)	Produção média (turno)	RO interno médio	RO calculado médio	PPH médio
B1	15,8	4,8	1.002	81%	50%	26,4
B2	20,7	6,9	1.635	96%	92%	34,3
B3	20,7	5,3	1.367	91%	86%	37,3

Os valores apurados para o RO interno apresentavam uma boa capacidade de resposta das linhas face aos objetivos propostos na produção por turno. A linha B1 cumpria com a produção necessária, apesar de apresentar valores de RO interno baixos, o que evidenciou a discrepância entre as necessidades e os objetivos propostos. A nível de capacidade, a linha trabalhava apenas a 50%, demonstrando uma grande quantidade de desperdícios associado a uma má utilização dos recursos da mesma. As linhas B2 e B3 apresentavam, em soma, valores cumpridores da soma das necessidades diárias. Desse modo, e uma vez que os valores de RO calculado eram

aceitáveis, as linhas B2 e B3 não evidenciavam uma necessidade premente de melhoria, por incumprimento dos objetivos ou por evidente desperdício de recursos.

A comparação entre o RO calculado e o RO interno, recolhido nos registos diários de produção, demonstrava uma ligeira discrepância, que podia ser justificada por:

- Os objetivos de produção eram baseados nas necessidades e no nº de operadores na linha e, uma vez que a linha B1 apresentava baixos valores de procura, o objetivo era baixo face às capacidades da linha;
- No caso de B2 e B3 as diferenças eram de cerca de 5%. Os objetivos das linhas eram ligeiramente inferiores às suas capacidades produtivas teóricas;
- Os valores de RO interno transmitiam uma boa capacidade de resposta dos processos às necessidades. No entanto, não era possível, através destes dados, saber a que preço. As linhas podiam apresentar elevados valores de RO interno, mas a quantidade de mão-de-obra podia ser superior à quantidade ótima, tornando os processos B pouco rentáveis;
- Pelo RO calculado, os processos B apresentavam desempenhos inferiores das suas capacidades.

Os valores apresentados eram bastante diferentes para cada uma das linhas:

- A linha B1 apresentava os piores valores de RO, que indicava uma necessidade de intervenção de forma a identificar as causas do baixo desempenho;
- O RO calculado da linha B2 era de valores bastante elevados. A linha produzia dentro das necessidades e com uma eficiência aceitável;
- O RO calculado de B3 era de 86%, um bom rendimento face às suas capacidades, no entanto inferior a B2.

Ao analisar o nº de operadores para cada uma das linhas de produção concluiu-se:

- A B1 trabalhava com um nº de operadores bastante inferior às outras duas linhas. Existiam mais 3 postos de trabalho do que operadores em linha. Por si só, este facto explicava em grande parte os valores de rendimento registados;
- A B2 trabalhava com mais operadores (6,9 em média, ou seja, 7). O nº de operadores era igual ao nº de postos de trabalho, encontrando-se todos os postos ocupados a 100%;
- A B3 trabalhava com 5,3 operadores em média, ou seja, 6. O nº de postos encontrava-se ocupado a 100%, à semelhança da linha B2.

Tal como RO interno e calculado, o indicador de PPH variava ligeiramente para cada uma das 3 linhas. A linha B1 apresentava os menores valores de PPH. Apesar da linha trabalhar com um nº reduzido de operadores, esta era bastante ineficiente, levando a valores de produção por pessoa baixos. No caso das linhas B2 e B3, e ao contrário dos indicadores de RO (interno e calculado), o PPH era maior na linha B3. Esta linha apresentava uma produção diária relativamente inferior a B2, mas conseguia-o com um nº de operadores também ele menor. Desse modo, os operadores da linha B3 eram mais rentáveis para a empresa, uma vez que conseguiam produzir um maior nº de jogos por hora numa ótica individual. Devido a esta evidencia, foi levantada uma questão que procurava perceber este acontecimento. O PPH, até à data utilizado como indicador de desempenho dos operadores dos processos produtivos, seria apenas limitado à prestação do operador, ou poderia indicar problemas relacionados com os próprios processos, que limitavam à priori os valores deste indicador, limitando-o a uma comparação do desempenho dos diferentes turnos e não de processos? De salientar que, apesar de a variação das duas linhas ser, por exemplo, de apenas 2,4 jogos/hora, verificando esta variação para um dia de trabalho de 20,7 h, no qual intervinham cerca de 18 operadores, a linha B3 produzia por volta de 1000 jogos a mais do que a linha B2, para o mesmo nº de operadores.

Uma vez que as linhas B apresentavam processos bastante semelhantes, mas que diferiam muito em relação ao nº de postos de trabalho e operadores, bem como aos indicadores de desempenho, foi calculado (tal como para a linha A1) o valor ótimo de postos de trabalho em cada linha, de acordo com os tempos de tarefas manuais nos postos de trabalho de ação humana (manuais e semiautomáticos). Os resultados do cálculo são apresentados na tabela 4.10.

**Tabela 4.10** - Cálculo no nº ótimo de postos de trabalho manual/semiautomático das linhas B

<b>Linhas</b>	<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>B3</b>
Nº de operadores	4,8	6,9	5,3
Nº de postos	8	7	6
$\sum$ <i>Tarefas manuais</i>	75,6 segundos	76,3 segundos	74,5 segundos
<i>Takt-time</i>	35,6 seg./jogo	16,6 seg./jogo	16,9 seg./jogo
Nº de postos ótimo	2,1	4,6	4,4

De acordo com a tabela 4.10, o nº de operadores variava para cada uma das linhas de montagem, correspondendo o crescimento de operadores com o crescimento dos valores de RO (interno e calculado). No entanto, o número de postos ótimo para cada uma das linhas era ligeiramente inferior à utilização real. Esta diferença evidenciava as oportunidades de melhoria destes processos, conseguindo uma rentabilização dos mesmos com a redução do nº dos postos de trabalho, de acordo com os valores apresentados. Como já foi referido ao longo do relatório, a análise das linhas B ocorreu numa fase posterior à linha A1. Pelo conhecimento adquirido nesse primeiro momento de análise, no qual se verificou um desnível da carga de trabalho por posto, a linha B1 trabalhava de forma semelhante. O nº de operadores era ligeiramente inferior ao nº de postos de trabalho, alguns postos apresentavam tempos de ciclo relativamente inferiores ao tempo de ciclo da linha, e os operadores trabalhavam em movimentações constantes, com inúmeras perdas associadas à elevada quantidade de deslocações e quebras de fluxo verificadas. Já nos casos de B2 e B3, estas movimentações e deslocações não se verificavam de igual modo. Ao contrário das linhas A1 e B1, principalmente no P2, P4 e P5 de B2 e no P4 de B3, os postos de trabalho estavam ocupados a 100% do tempo, mas os operadores dos mesmos passavam grande parte do seu tempo sem executar tarefas de valor acrescentado. Devido às enormes folgas destes postos de trabalho face aos restantes, ao executar as tarefas dentro do seu tempo padrão, os operadores acabavam por ficar à espera, de caixa em caixa, que um novo jogo chegasse. Foi possível observar em várias situações que, devido à experiência e conhecimento do processo, alguns operadores aproveitavam esses pequenos tempos de folga para observarem as máquinas e verificar se estas necessitavam de intervenção. Ora, estas verificações serviam só e apenas para ocupar o tempo e em nada beneficiavam o processo. Contudo, esta folga de trabalho permitia que nestas linhas, principalmente em B2, o tempo de reação à paragem de uma máquina fosse bastante baixo. A possibilidade de trabalhar constantemente a olhar para o todo, permitia aos operadores identificar falhas de máquinas em segundos. Na tabela 4.11 são identificados os principais problemas e desperdícios associados aos processos das linhas B1, B2 e B3. Este levantamento de dados foi maioritariamente resultante da observação em *gemba* e da análise do estudo de tempos realizado anteriormente.

De acordo com os problemas e desperdícios identificados na tabela 4.11, bem como os indicadores de desempenho das linhas de montagem na tabela 4.9, a linha B1 foi identificada como o processo com maior necessário de análise e resolução de problemas. Apesar de o indicador RO interno ser de 81%, o RO calculado era de 50% e o PPH era relativamente inferior às linhas B2 e B3.

Para identificar as restrições principais da linha B1, foi realizada uma análise das causas raiz dos baixos indicadores de desempenho da linha, nomeadamente o RO calculado com valores de 50%. A análise realizada é apresentada na figura 4.12, sendo que o método utilizado para a realização da análise foi o mesmo que se utilizou na análise à linha A1.

Uma vez mais, a ferramenta selecionada para a análise foi o diagrama em árvore com a aplicação do método dos 5 porquês, figura 4.12. As linhas cinzentas tracejadas são as respostas às perguntas porquê em várias situações. Nesta análise foi possível verificar as relações de causalidade entre vários acontecimentos. Foram identificadas 3 principais causas raiz para os baixos valores de desempenho da linha. Para cada causa indicada, foi atribuído um grau de prioridade de resolução, sendo o restante trabalho realizado baseado nesta classificação. Os dados são apresentados na tabela 4.12.



Tabela 4.11 - Identificação de desperdícios das linhas B

<b>Linha</b>	<b>Desperdício</b>	<b>Descrição</b>
<b>B1</b>	Muda Movimentações	Os operadores estavam constantemente a deslocar-se entre os postos de trabalho.
<b>B1</b>	Muda Espera	Os postos de trabalho não estavam sempre ocupados, o que levava à espera de processamento das peças
<b>B1</b>	Mura Desnívelamento	Os postos de trabalho apresentavam tempos de ciclo bastante diferentes.
<b>B1</b>	Muri Sobrecarga	O nº de operadores era muito inferior ao nº de postos de trabalho, o que obrigava os operadores a trabalhar a um ritmo “de correria” para alcançar os objetivos diários
<b>B1</b>	Muda Processamento excessivo	Algumas tarefas eram realizadas em duplicado, não representavam valor acrescentado ao produto final.
<b>B1</b>	Muda Defeitos	Matérias-primas defeituosas ou tarefas mal executadas que obrigavam ao retrabalho de peças (ex: cilindros mal montados obrigavam a que a caixa voltasse para trás e fosse montado de novo, chaves com defeito apenas eram identificadas no fim do processo e obrigavam a fresar uma nova chave no início do processo, rejeições da EOL obrigavam a retrabalhar a peça e colocar de novo para validação).
<b>B1</b>	Outros	Microparagens de máquinas sem causas identificadas, algumas com resolução bastante rápida, mas a sinalização das paragens era insuficiente (máquinas com resoluções de 10 segundos estavam paradas durante 5 minutos porque o operador não se apercebia da paragem).
<b>B2</b>	Mura Desnívelamento	À semelhança de B1, postos com tempos de ciclo bastante diferentes.
<b>B2</b>	Muda Espera	Neste caso não de peças, mas de pessoas: 2 operadores de linha com folgas muito grandes face aos restantes postos de trabalho
<b>B2</b>	Muda Processamento excessivo	As mesmas tarefas identificadas em B1 e uma verificação extra nas fechaduras de porta-luvas
<b>B2</b>	Muda Defeitos	Os mesmos defeitos identificados em B1, com a diferença que esta linha produzia porta-luvas que davam bastantes erros
<b>B3</b>	Muda Processamento excessivo	Tarefas identificadas anteriormente para linha B2
<b>B3</b>	Muda Defeitos	Já identificado para as outras linhas B
<b>B3</b>	Outros	O gargalo da linha era a máquina de cravação de lâminas que sofria algumas paragens que atrasavam o processo. Já tinham sido tomadas ações de melhoria por parte da empresa de forma a maximizar o OEE desta máquina.
<b>Todas</b>	Mura Desnívelamento	Apesar das linhas diferenciarem em alguns postos, os produtos produzidos e os tempos de ciclo nos postos de trabalho eram de forma geral semelhantes. Desse modo deveria ser implementada uma normalização dos <i>layouts</i> das linhas e das tarefas alocadas a cada posto.

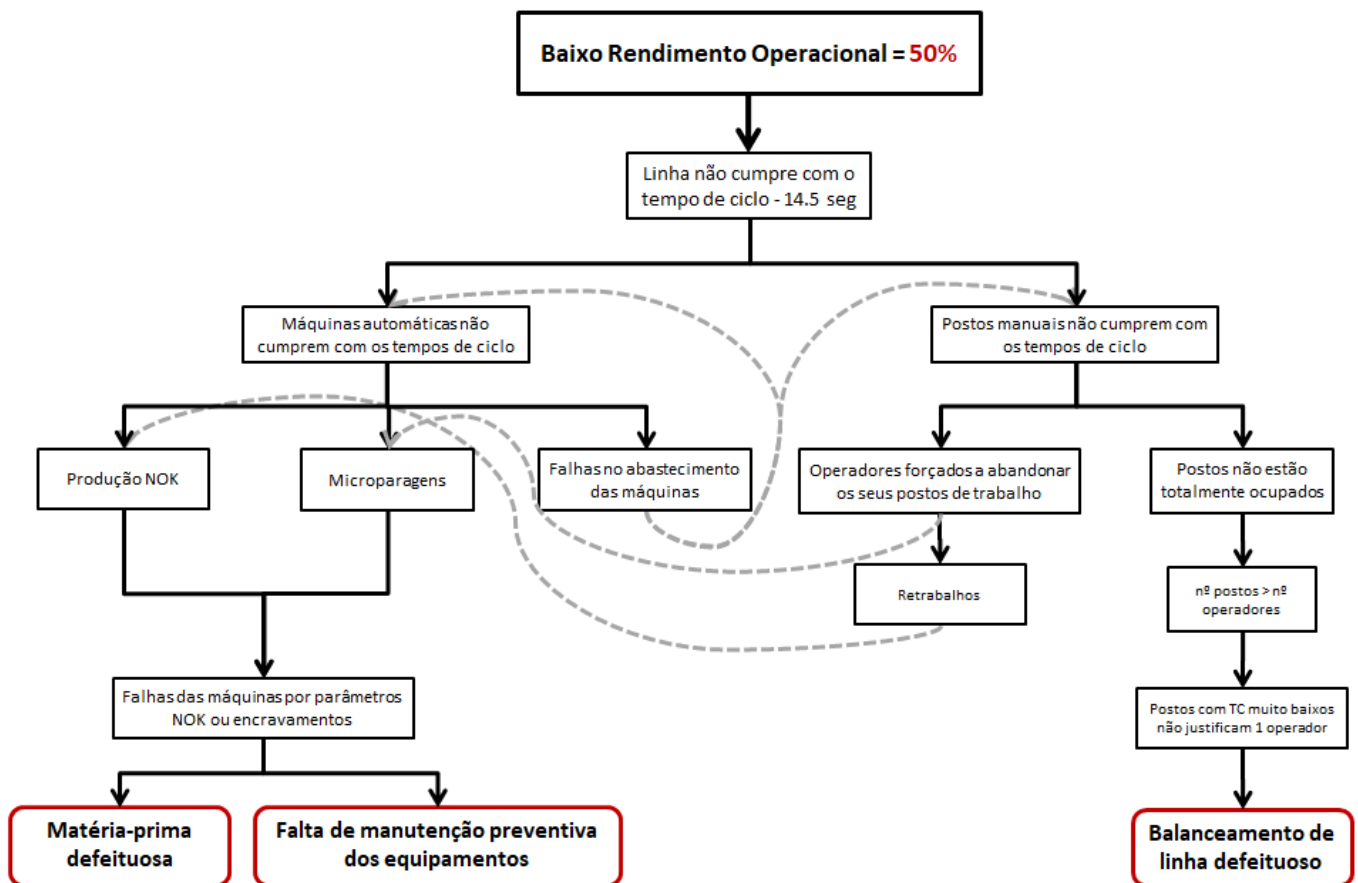


Figura 4.12 - Análise das causas raiz para a linha B1

Tabela 4.12 - Propostas de solução para a linha B1

Causa Raiz	Solução Proposta	Tarefas a executar	Grau prioritário
Balanceamento de linha defeituoso	Balanceamento de linha	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desdobramento dos postos em tarefas elementares e medição de tempos</li> <li>Diagrama de precedências</li> <li>Definição da solução ótima</li> </ul>	1º Nível
Falta de manutenção preventiva	Criar plano de manutenção preventiva para cada máquina	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recolha de histórico de paragens e causas correspondentes;</li> <li>Identificação das principais paragens e soluções correspondentes por parte dos operadores;</li> <li>Definição de tarefas a executar para cada máquina bem como a periodicidade de realização de manutenção;</li> <li>Identificação dos materiais necessários para executar as ações definidas.</li> <li>Definição de responsáveis pela sua execução;</li> </ul>	Não coincidia com a filosofia de trabalho da empresa e, portanto, não representava um nível de prioridade de execução
Matéria-prima defeituosa	Garantia de qualidade da matéria-prima		

As soluções apresentadas visavam a redução ou eliminação dos problemas identificados na tabela 4.11. Para cada proposta são identificadas as vantagens que esta apresenta para o processo produtivo.

- Mura – **Desnivelamento**: Ao balancear a linha, os postos de trabalho seriam sujeitos a um nivelamento da carga de trabalho, garantindo um fluxo de produção contínuo e uniforme;
- Muri – **Sobrecarga**: Com a reorganização de postos e eliminação das movimentações constantes, os operadores poderiam trabalhar nos postos com um tempo padrão que lhes permitisse manter um ritmo de trabalho médio. As correrias e a pressão de produzir a ritmos elevados para alcançar os objetivos seriam

substituídas por um ritmo mais harmonioso, em que cada operador teria um tempo de realização de tarefas bem definido e que permitiria o seu cumprimento com um ritmo normal de trabalho;

- Muda – **Movimentação**: Com a redução dos postos de trabalho manual, o nº postos ficaria nivelado com o nº de operadores e estes deixariam de ter a necessidade de estar em movimentações constantes. Os tempos desses deslocamentos seriam substituídos pela execução de tarefas alocadas aos postos de trabalho, substituindo tarefas que representavam desperdício para tarefas de valor acrescentado;
- Muda – **Espera**: As constantes paragens das caixas de linha nos postos que estavam desocupados, resultado do défice de operadores/postos de trabalho deixava de existir. A cadência de produção seria nivelada e o *Lead Time* seria reduzido;
- Muda – **Processamento Excessivo**: Uma das etapas primárias do processo de balanceamento era a identificação das tarefas de valor acrescentado ou necessárias ao processo. Deveriam ser eliminadas tarefas que representam desperdício. No caso de B1, esta filtração deveria contemplar as tarefas de duplicação, acabando com um desperdício de processamento excessivo. Desse modo poder-se-ia reduzir o *Lead Time* da linha, o tempo de ciclo de trabalho e o desperdício associado ao processo.

Para as linhas B2 e B3 o RO calculado não podia ser considerado baixo, uma vez que apresentava valores de 96% e 91%, respetivamente, valores esses que podiam ser explicados por pequenas paragens e incumprimentos dos tempos de trabalho, uma vez que falamos de processos de alta cadência na qual é normal haver pequenas ineficiências. No entanto, o pensamento *Lean* é claro. O grande objetivo é a perfeição, ou seja, 100% eficiência e 0% desperdício. Nesse sentido e apesar de os valores de RO serem bastante bons, não eram o melhor possível. Por outro lado, já tinha sido identificado o défice existente entre o nº de operadores ótimo e aquele que era utilizado para o processo. De forma a tornar o processo mais eficiente, operando a linha com o nº ótimo de operadores, estariam a ser criadas ineficiências nos processos, ao repetir os maus exemplos de A1 e B1, nos quais foram adaptados o nº de pessoas, mas não o processo de montagem. Com vista a uma melhor adaptação dos processos de fabrico às suas variações de mercado, decidiu-se realizar um balanceamento das linhas B2 e B3, em paralelo com B1, de forma a conseguir adaptar o processo e o nº de postos de trabalho aos valores ótimos que eram pautados pela procura dos clientes.

As microparagens das máquinas que criavam quebras nos fluxos produtivos, não cumprindo com os seus tempos de ciclo e obrigando os operadores a abandonar os seus postos de trabalho, ainda que com menor impacto do que para a linha B1, uma vez que existem operadores com tempos de trabalho inativo significativos, eram, também elas, causas das pequenas ineficiências a apontar a estes processos. Ao conseguir um balanceamento de linha otimizado, seria expectável que as microparagens das máquinas apresentassem um maior impacto nos indicadores de desempenho da linha. Com a redução de 1 a 2 operadores nestas linhas, era expectável que os valores de RO calculado diminuíssem ligeiramente, mas os valores de PPH seriam bastante superiores. A manutenção preventiva e a garantia da conformidade das matérias-primas, seriam fundamentais na procura de valores de eficiência superiores a 90%. Contudo, e tal como identificado anteriormente, a manutenção preventiva não fazia parte dos métodos de trabalho da organização e não era vista como a melhor abordagem para processos mais rentáveis nesta empresa.

Posto isto, no capítulo seguinte é apresentado o plano de ações e a sua realização, com os estudos de balanceamento das 4 linhas.

## 5. Estudo de caso: plano de ações e análise de resultados

Terminada a primeira fase do estudo, com a identificação de problemas, definição das causas raiz e propostas de solução, foi definido um plano de ações de trabalho com vista à melhoria dos processos produtivos. A execução do plano seguiu a ordem de apresentação da tabela 5.1.

Tabela 5.1 - Plano de ações de trabalho

Cliente	Ação	Data prevista	Data de realização	Responsável	Métrica
A	Estudo de balanceamento de linha A1	Mês 3	Mês 3	Rafael	Eficiência (2)
B	Estudo de balanceamento linha B1	*[1]	Mês 5	Rafael	Eficiência (2)
B	Estudo de balanceamento linha B2	*[1]	Mês 5	Rafael	Eficiência (2)
B	Estudo de balanceamento linha B3	*[1]	Mês 5	Rafael	Eficiência (2)
B	Ações de melhoria complementares	*[1]	Mês 6	Rafael	*[3]
B	Alteração de processo : estação de clipagem	*[1]	Mês 6	Rafael	*[3]

\*[1] – Não foi definida uma data prevista para a realização destas ações.

\*[3]– Ações com vista a pequenas melhorias e simplificações de processos, sem uma métrica disponível para avaliação da mesma.

(2) – Expressão 2: cálculo da eficiência de balanceamento, enunciada no capítulo 3.

### Estudos de balanceamento de linhas:

Para a realização dos estudos de balanceamento das linhas dos clientes A e B, foi seguido um conjunto de etapas pré-definidas com vista à sua correta execução. O estudo seguiu uma heurística de balanceamento muito utilizada para trabalhos semelhantes e que já foi apresentada no capítulo 3 do presente documento, o RPW, com pequenos ajustes para os cenários estudados. Esta heurística baseia-se na organização dos postos de trabalho de acordo com as tarefas com maior peso relativo no processo. O peso de cada tarefa é o somatório dos tempos do caminho crítico para cada tarefa. Ao utilizar esta heurística, são consideradas as precedências obrigatórias dos processos, uma vez que os caminhos críticos são elaborados com base nessas precedências. Para efetuar o balanceamento foram respeitados os seguintes passos:

1. Identificação das tarefas elementares e medição dos tempos de trabalho;
2. Classificação e seleção das tarefas necessárias e de valor acrescentado;
3. Elaboração do diagrama de precedências;
4. Balanceamento da linha através de RPW;
5. Avaliação dos resultados e escolha da solução ótima;

Como referido, a heurística foi adaptada para este estudo em específico, uma vez que apenas observa as tarefas no seu todo com um determinado tempo de execução. Na recolha de tempos para o estudo foram observadas tarefas cujo operador era forçado a esperar pelo processamento da máquina nos postos semiautomáticos. Uma vez que o projeto visava a maximização dos recursos, foram considerados esses tempos de folga como oportunidades para criar sequenciamentos de mais do que 1 tarefa, otimizando os postos de trabalho. Dessa forma, a heurística aplicada não se focou apenas no adicionar de tarefas e somar os seus tempos totais para os postos de trabalho, mas sim na possibilidade de, em alguns casos, implementar uma tarefa que não acresce ao tempo de ciclo do posto.

### Ações complementares:

As ações complementares apenas foram apresentadas para o estudo do cliente B. Para a linha A1, uma vez que a componente automática era pouco expressiva e que o *layout* da linha respeitava um “U” de pequenas dimensões, o tempo de reação dos operadores às microparagens era bastante baixo, ou seja, ações relacionadas

com esses fatores não eram necessárias. As ações extra balanceamento que poderiam ser fundamentais para o melhor desempenho da linha já estavam implementadas à data de realização das propostas de melhoria.

No caso das linhas B, as ações apresentadas passam por um conjunto de medidas que deveriam ser implementadas pós balanceamento, de forma a otimizar o processo das linhas e a maximizar os resultados finais.

### Estação de clipagem:

O estudo para a criação da estação de clipagem era uma medida apenas para o cliente B, uma vez que as chaves do cliente A eram um produto diferente e não necessitavam de fazer essa tarefa de verificação. É explicado todo o processo inicial e aquele que seria o processo de melhoria, bem como as vantagens que esta alteração proporcionaria à empresa. É apresentado um estudo breve da capacidade do posto, de forma a avaliar a sua viabilidade face às necessidades.

## 5.1. Cliente A

### 1. Identificação das tarefas elementares e medição dos tempos de trabalho:

A primeira etapa do balanceamento de linha foi a identificação de tarefas elementares do processo, independentemente da forma como estas estavam dispostas à data, no sequenciamento implementado pela empresa. A tabela 5.2 apresenta as tarefas elementares executadas no microprocesso A1. Estão identificadas as formas de execução das tarefas (manuais, automáticas ou semiautomáticas) e cada tarefa foi identificada com uma letra para a realização do diagrama de precedências. Na última coluna de cada tabela são indicadas as precedências obrigatórias ao processo.

**Tabela 5.2** - Tarefas elementares e precedências da linha A1

#### Tarefas linha A1

Tarefa	Tipo	Descrição	Precedências
A	Manual	Colocação de espadins nas caixas de linha	-
Aut 1	Automática	Fresa de chaves	G
B	Semiautomática	Colocação do cilindro para montagem, recolha cilindro montado	Auto 1
C	Manual	Colocação de <i>paddle</i> na caixa	-
D	Manual	Lubrificação e montagem da carcaça	B
E	Manual	Montagem da embraiagem e mola na carcaça	D
F	Semiautomática	Colocação do conjunto na máquina, retira anterior e coloca espadim	C, E
Aut 2	Automática	Verifica montagem da fechadura	F
G	Semiautomática	Montagem da cabeça metálica no espadim	-
H	Semiautomática	Leitura de códigos mecânicos da chave e anilha	Aut 1
I	Manual	Verificação visual e funcional dos produtos	Aut 1, Aut 2
J	Manual	Embalamento	I, H

Identificadas as tarefas do processo da linha A1, foi efetuado o levantamento de tempos de ciclo apenas para os postos de trabalho nos quais eram realizadas mais do que uma tarefa. Para os postos em que apenas foi considerada uma tarefa elementar, foram utilizados os tempos de ciclo registados anteriormente. O registo dos tempos pode ser consultado no Anexo 5. Na figura 5.1, são apresentados os resultados do levantamento de dados, através de um gráfico *Yamazumi*, com a classificação das tarefas pelo seu valor acrescentado ao processo. Apesar das necessidades de contemplar os processos automáticos no estudo de balanceamento, uma vez que estes criam restrições no que diz respeito a precedências obrigatórias no processo, os gráficos *Yamazumi* apresentados apenas representam postos com intervenção humana, sejam eles apenas de teor manual ou semiautomático. Esta classificação inicial foi baseada numa primeira perspetiva do processo. No passo seguinte do balanceamento foi avaliada em pormenor cada uma das tarefas, de acordo com os responsáveis do processo e qualidade, de forma a eliminar os desperdícios da linha de montagem.

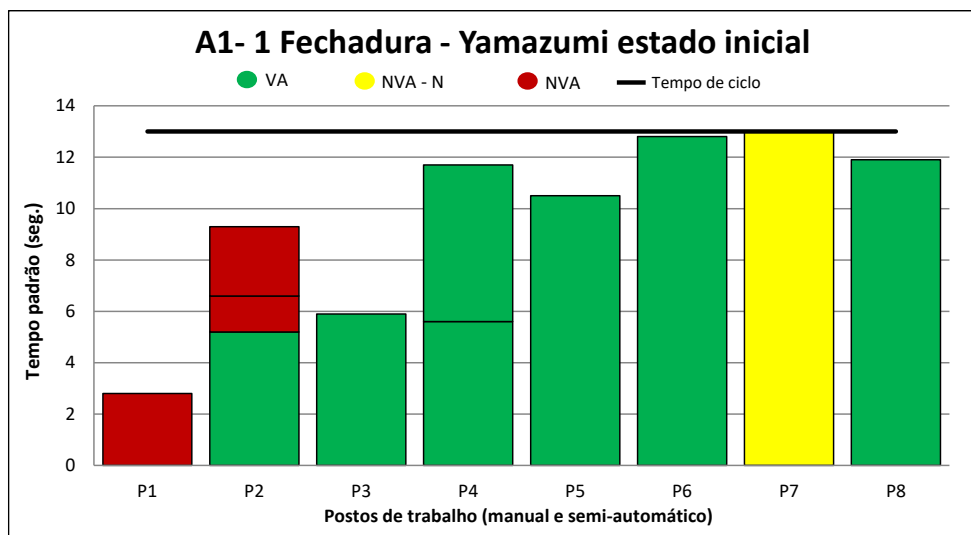


Figura 5.1 - Gráfico Yamazumi linha A1 na situação inicial

## 2. Classificação e seleção das tarefas necessárias:

Como referido na identificação de problemas no subcapítulo anterior, algumas tarefas eram realizadas em duplicado ou com duvidoso valor acrescentado ao processo. Desse modo, e uma vez que o objetivo era a otimização dos processos, as tarefas foram classificadas pela sua relevância, de acordo com as opiniões de operadores, engenheiros de processo e de qualidade, bem como dados históricos registados como suporte à decisão. A classificação baseou-se em 3 categorias que são:

- VA – Valor acrescentado: Tarefas que acrescentam valor e pelo qual o cliente está disposto a pagar. São necessárias e o cliente paga pelo valor que é acrescentado ao produto final;
- NVA N – Sem valor acrescentado, mas necessário: São tarefas que apesar de não agregarem valor, é comprovada a sua necessidade. A maioria destas tarefas são de controlo de qualidade, que apesar de não acrescentarem valor, garantem a filtração de produtos NOK, impedindo que estes cheguem ao cliente. São benéficas para a empresa uma vez que evitam a entrega de inconformidades, que representa custos extraordinários resultantes de reclamações e prejudica a relação entre fornecedor – cliente;
- NVA – Sem valor acrescentado: Tarefas que representam desperdícios dos processos. Devem ser reduzidas ou eliminadas, de forma a maximizar a rentabilidade dos processos. Tempos de espera e duplicação de tarefas são as mais recorrentes neste cenário.

Para cada tarefa classificada como “sem valor acrescentado”, foi avaliada a sua importância para o processo. De seguida são apresentadas as conclusões retiradas para cada um dos casos verificados.

Na maioria das linhas da empresa, dada a elevada automação de processos, existia um posto em que as tarefas realizadas eram apenas de colocação de peças, para que no decorrer do processo as máquinas automáticas realizassem tarefas com estas peças colocadas nos P1. No entanto, a única máquina automática da linha A1 que executava tarefas de valor acrescentado (a Aut 2 fazia uma verificação, não acrescentava nada ao produto), era a Aut 1, sendo que a maioria das peças que faziam parte do processo iam sendo acrescentadas nos postos manuais e semiautomáticos no decorrer do mesmo, não existindo nesta linha a necessidade de 1 posto de trabalho manual para a colocação de peças. A tarefa C, colocação do *paddle* no P2, foi uma melhoria implementada na linha, de forma a facilitar as operações do operador do P4, que invés de recolher o *paddle* do KLT, já o tem na caixa da linha. Esta alteração permitia um ligeiro ganho no tempo de realização de tarefas de cerca de 1 segundo. Não era, portanto, uma tarefa considerada como essencial ao balanceamento, visto que não existia uma real necessidade da sua realização.

A tarefa A, colocação dos espadins, tinha de ser realizada necessariamente antes de Aut 1, visto que esta máquina fazia a fresa destas peças. Uma vez que a fresa era automática, era necessário que o espadim estivesse

colocado na caixa de linha para realizar a fresa dos mesmos. No entanto, e visto que este posto era responsável por uma grande quantidade de deslocamentos dos operadores dado o seu tempo de ciclo, que apesar de reduzido causava inúmeras quebras no fluxo contínuo de produção, esta deveria ser alocada a outro posto de trabalho ou executada de forma automática. Uma vez que o posto anterior a este era o embalamento, no qual era finalizado o processo produtivo anterior, a empresa não aprovava o cruzamento de processos, abortando a possibilidade de alocar a colocação do espadim noutra posto da linha. A aposta numa máquina automática, que fosse responsável por realizar o abastecimento da linha com espadins, representava um elevado investimento, que também não era considerado como rentável pela empresa.

Ao analisar as restantes máquinas da linha detetou-se que no posto de montagem das cabeças metálicas, o operador colocava o espadim num prato, e depois de finalizada a operação da máquina, era um braço mecânico que colocava o espadim de novo na caixa. Esta tarefa realizada pelo braço mecânico desta máquina poderia substituir a tarefa do P1, na qual era o operador que tinha que realizar esta operação. No entanto, para que essa solução fosse viável, não poderiam existir restrições nas precedências obrigatórias, uma vez que a chave passaria a realizar todo o processo com a cabeça montada. Para além dessa questão, esta opção obrigaria à colocação desta máquina no primeiro posto da linha, antes da Aut 1 (Fresadora). De forma a testar esta possibilidade no balanceamento de linha, as tarefas A e C não foram consideradas para o balanceamento, uma vez classificadas como tarefas sem valor acrescentado.

### 3. Elaboração do diagrama de precedências:

Identificadas as tarefas essenciais para o processo, foi elaborado o diagrama de precedências. Foi considerado, como explicado anteriormente, a necessidade de verificação da ausência de precedências obrigatórias para a tarefa G. Caso esta apresenta-se precedências, seria necessário realizar um novo diagrama com a inclusão da tarefa A. No entanto, como esperado, esta condição não se verificou e por isso, o diagrama elaborado era válido e foi o utilizado para o balanceamento. Na figura 5.2 está ilustrado o diagrama de precedências da linha,

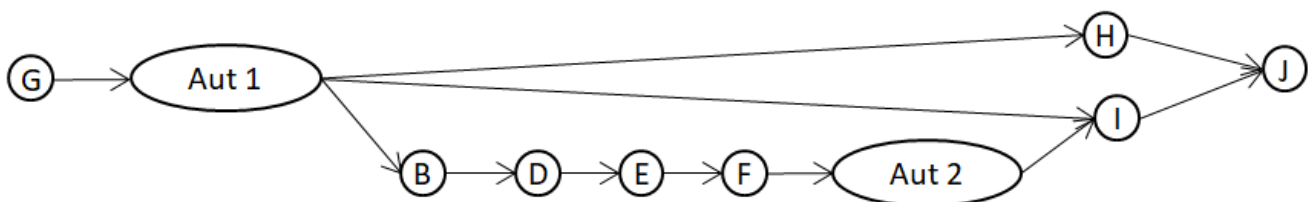


Figura 5.2 - Diagrama de precedências da linha A1

### 4. Balanceamento de linha:

Tal como apresentado no capítulo 3, a heurística RPW podia ser aplicada de formas diferentes, de acordo com os objetivos do balanceamento, que podiam ser:

- Redução do tempo de ciclo da linha;
- Redução do nº de postos de trabalho;

O objetivo do estudo de balanceamento era a redução do nº de postos, de forma a conseguir operar com um nº de postos igual ao nº de operadores, para eliminar desperdícios do processo e aumentar a produtividade e rentabilidade das linhas.

Para o balanceamento ser válido, foi necessário respeitar algumas restrições:

- Os postos de trabalho deveriam respeitar o *takt-time* da linha;
- As precedências tinham que ser respeitadas de acordo com o diagrama da figura 5.2;
- Identificar a possibilidade de realização de tarefas nos tempos de espera dos ciclos de máquinas;

O *takt-time* da linha A1 era de 17,1 segundos/jogo. Uma vez conhecido este valor, que servia de fator limite na aplicabilidade da heurística RPW, foi realizado o balanceamento. A tabela 5.3 apresenta as tarefas identificadas no diagrama de precedências, com o respetivo peso posicional, e estão por ordem decrescente de acordo com este valor.

Tabela 5.3 - Peso posicional das tarefas da linha A1

### Linha A1

Tarefa	Descrição	Peso
G	Monta cabeças metálicas	94
Aut 1	Fresa de espadins e polimento	84
B	Coloca cilindro, retira anterior	60
D	Lubrifica cilindro e monta carcaça	55
E	Monta mola e embraiagem	49
F	Montagem <i>paddle</i> e colocação de espadim	44
Aut 2	EOL da porta	37
I	Controlo final	25
H	Leitura de código e anilha com etiqueta	25
J	Embalamento	12

Na figura 5.3 é apresentado o resultado do balanceamento da linha A1.

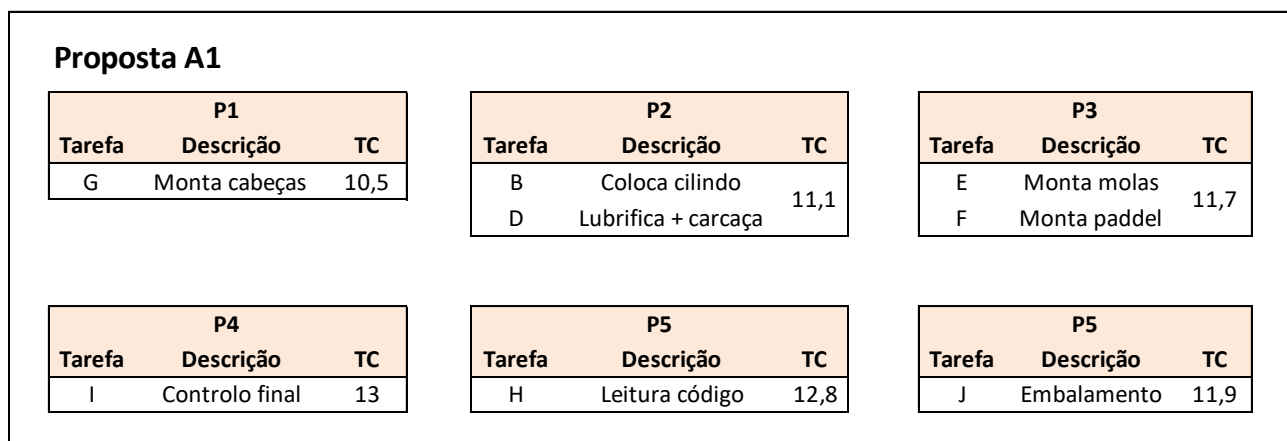


Figura 5.3 - Resultado do balanceamento da linha A1

Os valores apresentados para os tempos de ciclo de cada um dos postos da linha de montagem respeitavam os tempos de ciclo do recurso gargalo. De forma a observar com maior objetividade os resultados obtidos, é apresentado o gráfico *Yamazumi* do balanceamento proposto, figura 5.4.

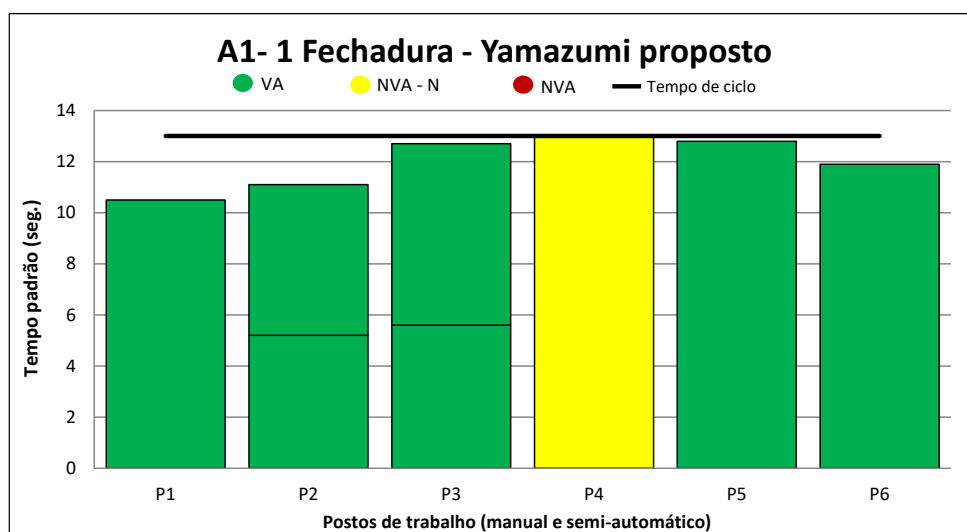


Figura 5.4 – Gráfico *Yamazumi* da linha A1 da proposta de balanceamento



O gráfico da figura 5.4 apresentava um nivelamento do trabalho face à situação inicial da linha de montagem. O balanceamento efetuado permitiu a eliminação de 2 postos de trabalho, passando a linha a ser composta por apenas 6 postos de trabalho manuais/semiautomáticos. Deste modo, e tendo em conta o nº de operadores médio a trabalhar na linha de montagem, seria possível, pelo menos para 2 turnos, trabalhar com os postos de trabalho ocupados a 100%. A heurística utilizada propunha uma troca no que diz respeito aos postos de controlo final e leitura de chaves, uma vez que o controlo era, de forma geral, ligeiramente mais lento. A fechadura da porta, ao sair da Aut 2 (EOL de verificação), tinha o espadim inserido e virado para baixo e o *paddle* para cima. No posto de montagem de cabeças o operador girava a fechadura de forma a retirar a chave para montar a cabeça. Ao colocar este posto no início da linha, esta função teria que ser realizada pelo operador do leitor de código. Uma vez que seria um acréscimo de tempo de ciclo a esse posto, a solução mais rentável para o processo era que o posto seguinte à Aut 2 fosse o controlo final. Desse modo, a chave já estaria introduzida na fechadura, o que permitia ao operador realizar a verificação com menor tempo de execução. A alteração destes dois postos em nada interferia no processo da linha, e poderia ser implementada.

Na figura 5.5 são apresentados os indicadores de eficiência do balanceamento, de forma a comparar a situação inicial com a proposta do estudo de balanceamento.

Balanceamento Inicial:		Proposta de balanceamento:	
Linha	A1	Linha	A1
Cenário	1 Fechadura	Cenário	1 Fechadura
Postos manuais	8	Postos manuais	6
Operadores	5,4	Operadores	6
Gargalo (seg)	13,0	Gargalo (seg)	13,0
Eficiência Balanceamento	75%	Eficiência Balanceamento	94%
Takt-Time (seg)	17,1	Takt-Time (seg)	17,1
Nº postos ótimo	4,6	Nº postos ótimo	4,2

Figura 5.5 - Comparação dos balanceamentos de A1

A figura 5.5, que apresenta os indicadores dos balanceamentos na situação inicial e na proposta elaborada, evidencia o aumento da eficiência do balanceamento na proposta, através da heurística utilizada. A eliminação dos 2 postos de trabalho, com a junção de tarefas e a alteração de uma máquina no posicionamento da linha permitiriam um nivelamento do trabalho da linha, com uma eficiência de 94%. Esta alteração iria potenciar a produção diária da linha, uma vez que a quebra de fluxo devido às inúmeras movimentações dos operadores entre postos deixaria de existir. As tarefas sem valor acrescentado seriam eliminadas, maximizando o tempo disponível de trabalho.

## 5.2. Cliente B

### Estudos de balanceamento:

Os estudos de balanceamento realizados para as linhas B seguiram igual metodologia do estudo para a linha A. Uma vez que existia uma grande semelhança entre as 3 linhas B, em variados momentos da análise os dados foram apresentados para os 3 processos ao mesmo tempo. A numeração dos postos de trabalho semiautomáticos e manuais adotada foi diferente de linha para linha, sendo que esta foi atribuída de acordo com a posição de cada posto semiautomático/manual. No caso das máquinas automáticas, os termos Auto 1, 2, 3, entre outros, foram de acordo com a função da máquina, e não a sua posição em linha. Por exemplo, a máquina Aut 3

era a máquina que montava molas e linguetas nos cilindros das fechaduras. Nas 3 linhas foi identificada a Aut 3, ou seja, em cada uma das linhas existia uma máquina que executava esta função, sendo que as 3 máquinas eram iguais.

1. Identificação das tarefas elementares e medição dos tempos de trabalho:

Tabela 5.4 - Tarefas elementares dos processos B

**Tarefas linhas B**

Tarefa	Tipo	Descrição	B1	B2	B3	Precedências
A	Mista	Fresa de 2 chaves manualmente	X			-
B	Manual	Colocação carcaça na caixa	X	X	X	-
C	Manual	Colocação de cilindro na caixa	X	X	X	-
D	Manual	Colocação de porta-luvas na caixa		X	X	-
E	Manual	Colocação de alavanca na caixa	X	X	X	-
F	Manual	Coloca chaves na caixa		X	X	-
Auto 1	Automática	Fresadora		X	X	F
Auto 2	Automática	Polidor de chaves		X		Auto 1
Auto 3	Automática	Monta molas e linguetas nos cilindros porta e porta-luvas	X	X	X	C, D
G	Manual	Verifica linguetas	X	X	X	Auto 3, A ou Auto 1
H	Manual	Verifica porta-luvas		X	X	Auto 3
Auto 4	Automática	Lubrifica carcaça e monta borracha	X	X	X	B
I	Mista	Lubrifica cilindro e monta casquilho	X	X	X	Auto 4, G
Auto 5	Automática	Monta rolo na fechadura	X	X	X	I
Auto 6	Automática	Monta acoplamento na fechadura	X	X	X	Auto 5, E
Auto 7	Automática	Monta lâminas na fechadura	X	X	X	Auto 6
Auto 8	Automática	EOL – verificação da porta	X	X	X	Auto 7, A ou Auto 1
Auto 9	Automática	EOL – verificação das chaves	X	X	X	A ou F
J	Manual	Clipagem da chave	X	X	X	-
K	Manual	Verificação final fechadura	X	X	X	Auto 8, Auto 9
L	Mista	Leitura e etiquetagem das chaves	X	X	X	Auto 8, Auto 9, J
M	Misto	Embalamento	X	X	X	K, L, H

Os estudos de tempo levados a cabo para realização do balanceamento das linhas B podem ser consultados no anexo 6. Todos os dados foram sujeitos ao tratamento previamente indicado, de forma a apurar o tempo padrão para cada tarefa. Os postos com apenas 1 tarefa elementar identificada não foram contemplados nesta recolha, uma vez que esse registo já tinha sido realizado. Para facilitar na identificação e visualização dos tipos de tarefas, tal como no estudo da linha A1, foram organizados os dados recolhidos em gráficos *Yamazumi*. Estes gráficos permitem analisar de forma mais clara e objetiva os dados recolhidos. As figuras 5.6 a 5.8 representam os *Yamazumi* dos cenários da análise. Para as linhas B2 e B3, as barras com cores mais transparentes representam as tarefas que são acrescentadas nos cenários 2, com a montagem de porta-luvas.

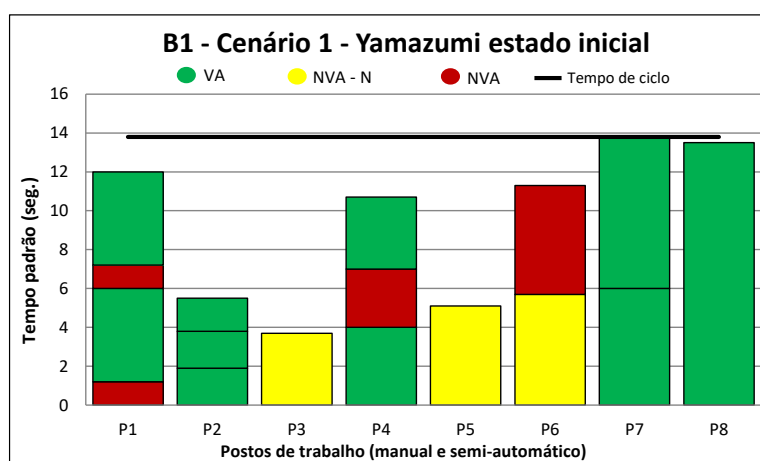


Figura 5.6 - Gráfico Yamazumi linha B1 estado inicial

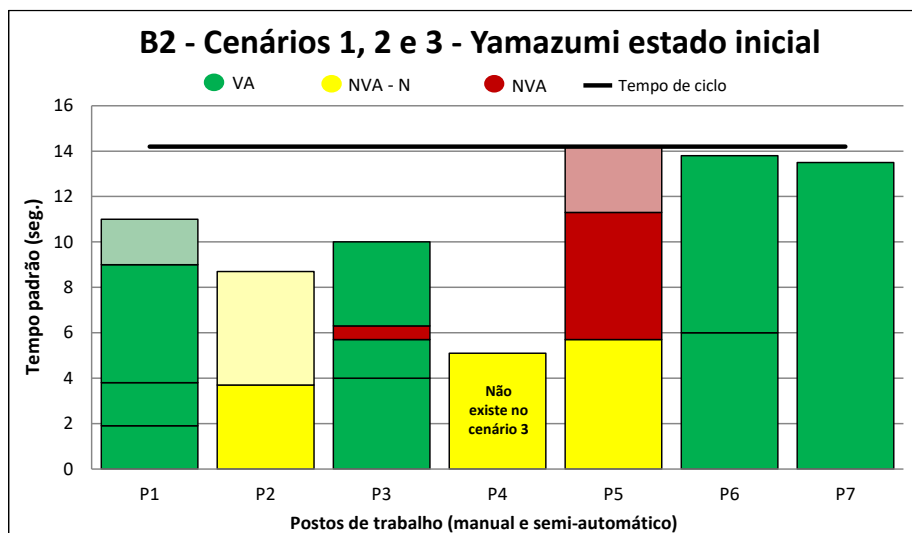


Figura 5.7 - Gráfico Yamazumi linha B2 estado inicial

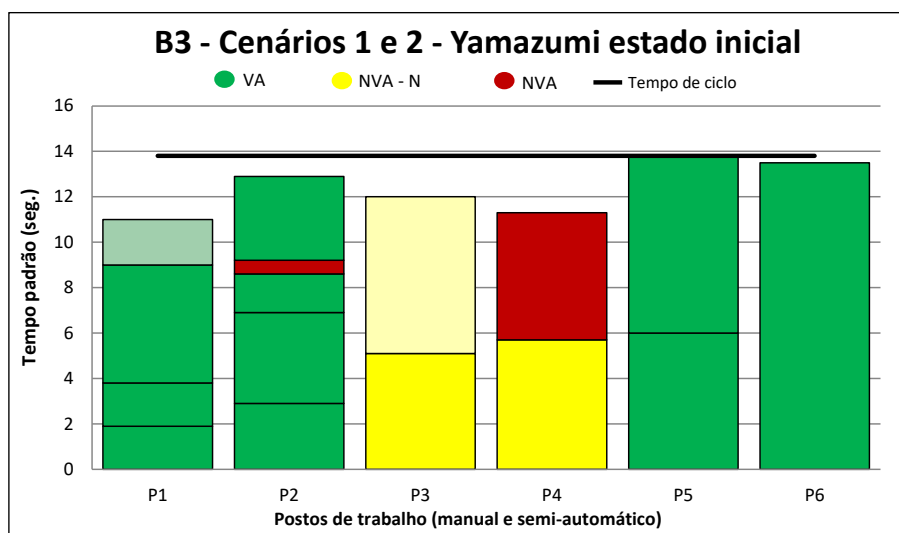


Figura 5.8 - Gráfico Yamazumi linha B3 estado inicial

## 2. Classificação e seleção das tarefas necessárias e com valor acrescentado:

À semelhança do trabalho realizado para o cliente A, antes de efetuar o balanceamento das linhas B foram analisadas as tarefas executadas nos processos, de forma a garantir que apenas eram contempladas tarefas de valor acrescentado ou necessárias ao processo.

De seguida são apresentadas as conclusões retiradas para cada um dos casos verificados

- Atividades identificadas como **necessárias**: As atividades de controlo de qualidade eram necessárias uma vez que impediam o processamento de produtos com defeito, e, por conseguinte, que esses cheguem ao cliente. Eram atividades sem valor acrescentado, uma vez que duplicavam as verificações que deveriam ser asseguradas pelas máquinas. No entanto, e de acordo com algumas reclamações que foram registadas nos anos 2020 e 2021, a empresa viu-se forçada a adotar uma estratégia de controlo manual, confiando aos operadores a qualidade 100% dos seus produtos através destas;
- **Clipagem**: A clipagem da totalidade das chaves com o útil, realizada pelos operadores no processo da linha, surgiu com a necessidade de combater um defeito que foi identificado pelo cliente. As chaves não conformes não clipavam no compacto da chave. O problema foi estudado (antes do início do estágio) e a causa raiz identificada, no entanto, as ações tomadas não foram suficientes para eliminar o erro. Com o aparecimento de novos defeitos, foram tomadas outras ações, que se encontravam em análise à data do estágio. Uma vez que a empresa ainda não tinha garantido a resolução do problema, a verificação da

totalidade das chaves de modo a prevenir a deteção de um defeito no cliente era necessária. Esta verificação deveria ser assegurada pela EOL das chaves (Auto 9), no entanto, o equipamento não garantia uma verificação 100%, logo a utilização de operadores para a verificação foi considerada pela empresa como essencial. Contudo, essa verificação ocorria nos últimos postos dos processos produtivos B. Sendo uma atividade que garantia a boa execução de um processo de injeção, anterior à linha de montagem, fazia sentido que essa verificação fosse efetuada nesse momento. Neste sentido, foi apresentada uma solução mais à frente, com vista a uma otimização e simplificação deste processo;

- Desperdício **espera**: No posto de lubrificação, o operador via-se forçado a esperar pela realização da tarefa da máquina. Apesar deste tempo de espera não ser muito significativo, era evidente a oportunidade de otimização do posto. Deste modo, este tempo foi considerado no balanceamento da linha ao aplicar o RPW.
- Desperdício **-processamento excessivo**: Nos cenários em que era montada a fechadura de porta-luvas, esta apenas era utilizada em 4 postos de trabalho. No 1º era colocado o cilindro de porta-luvas na caixa da linha, no 2º eram montadas as molas e linguetas, no 3º era verificado pelo operador a presença de molas e linguetas e o cilindro era introduzido num útil, com recurso a uma das chaves de emergência, para comprovar que a peça era a correta e por fim, no 4º posto, o operador voltava a colocar a chave de emergência e testava o estado funcional do porta-luvas. Uma vez que no 4º posto de trabalho do porta-luvas o operador repetia uma verificação já realizada no 3º, esta verificação não acrescentava valor ao produto/processo. De forma a evitar o surgimento de outros problemas como por exemplo a troca de porta-luvas nas restantes fases do processo, esta validação com o útil deveria ser realizada o mais próximo do final da linha possível.
- Desperdício **processamento excessivo**: A verificação final com a 2ª chave era uma duplicação de tarefas, uma vez que esta tarefa já tinha sido realizada na Auto 8. Esta tarefa era realizada para combater dois possíveis defeitos do processo. O 1º era a troca de chaves e/ou fechaduras e o 2º era por uma questão de erro do fresado, que podia ocorrer por falha do equipamento ou por erro humano.
  - O 1º apenas podia ocorrer devido ao incumprimento dos operadores, ao não respeitarem o processo, uma vez que o leitor de código não permitia que prosseguissem chaves com códigos diferentes entre si, ou diferentes do código da caixa onde estas eram transportadas. Caso a troca fosse da fechadura, era garantido que a mesma pertencia à caixa de linha correta quando o operador do controlo final fazia a verificação funcional da fechadura com 1 chave.
  - O 2º era mais complexo, uma vez que apenas um dos lados da chave podia apresentar um fresado defeituoso. Quando o operador realizava a verificação da 1ª chave, apenas o fazia de um dos lados do fresado. Se o lado que apresentava o defeito não fosse o que era verificado pelo operador, esse defeito não era detetado. No entanto, a necessidade de verificação com a 2ª chave surgiu de forma a garantir que ambos os lados da chave eram verificados, uma vez que um lado era garantido na Auto 8 e o outro seria pelo operador. Contudo, não era especificado ao operador a obrigatoriedade de verificar com um dos lados, ficando ao critério de cada um a forma como esta pegava na chave e fazia a verificação. Deste modo, o operador podia apenas verificar exatamente o mesmo que a máquina anterior, estando a incorrer numa duplicação de tarefas que não acrescentava valor ao processo.
  - No posto de verificação de linguetas e molas, o operador conseguia, visualmente, identificar quando a combinação de linguetas para o fresado da chave não era a correta. Se a chave estivesse fresada de forma defeituosa, era muito provável que este erro fosse detetado neste posto, uma vez que as linguetas não estariam todas nas posições corretas. No entanto, poderia existir uma combinação que impedisse a deteção do operador neste posto. Nesse caso, a montagem da fechadura prosseguia sem restrições, e os operadores do controlo final não

conseguiram detetar o erro, visto que a fechadura continuaria a funcionar perfeitamente. Apenas no leitor de chaves era identificado o erro, através da leitura do código mecânico.

Nos casos em que a posição de linguetas não era a correta, o operador não conseguia montar o casquilho. Contudo, a empresa queria garantir que este defeito não voltava a ser registado e por isso era necessário um processo que permitisse verificar as 2 posições para cada uma das chaves de emergência. No parágrafo seguinte foi apresentada uma possível solução, que contemplava uma verificação das 4 posições pretendidas.

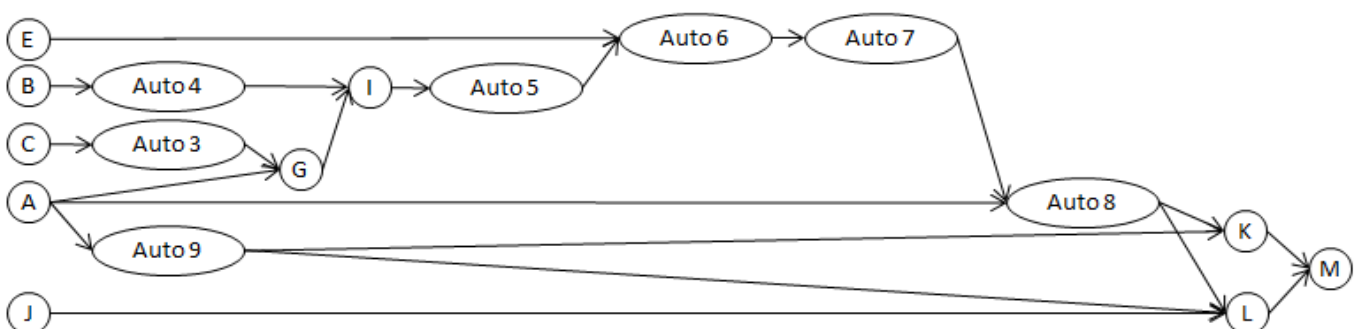
- No posto de verificação da posição correta das linguetas e da presença de molas, o operador inseria a chave no cilindro e verificava a correta posição das linguetas. Ao retirar a chave para teste de molas, trocava de chave e voltava a conferir a posição das linguetas. Deste modo, 2 das 4 posições de verificação eram asseguradas. Na Auto 8, com 1 das chaves, seria assegurada a verificação a uma 3ª posição. Por fim, no controlo final, o operador assegurava a 4ª e última posição de verificação. Deste modo, seriam garantidas as 4 posições das 2 chaves ao longo do processo, impedindo a produção de chaves com fresados NOK, ao contrário das 3 posições de verificação na situação inicial dos processos. Deste modo, seria eliminada a tarefa de verificação com a 2ª chave, que representava um enorme desperdício, uma vez que o operador podia executar a verificação com a chave na mesma posição que já tinha sido verificada anteriormente.

A 1ª verificação seria feita com a ponta da chave a 180º da saliência do cilindro, ou seja, da pata da carcaça, garantindo a correta posição das linguetas (este controlo já era feito, mas só com 1 chave). Na Auto 8, era assegurado o funcionamento de 1 chave na posição inversa à da verificação anterior. Por fim, no posto de controlo final, o operador assegurava a última das 4 posições a serem verificadas.

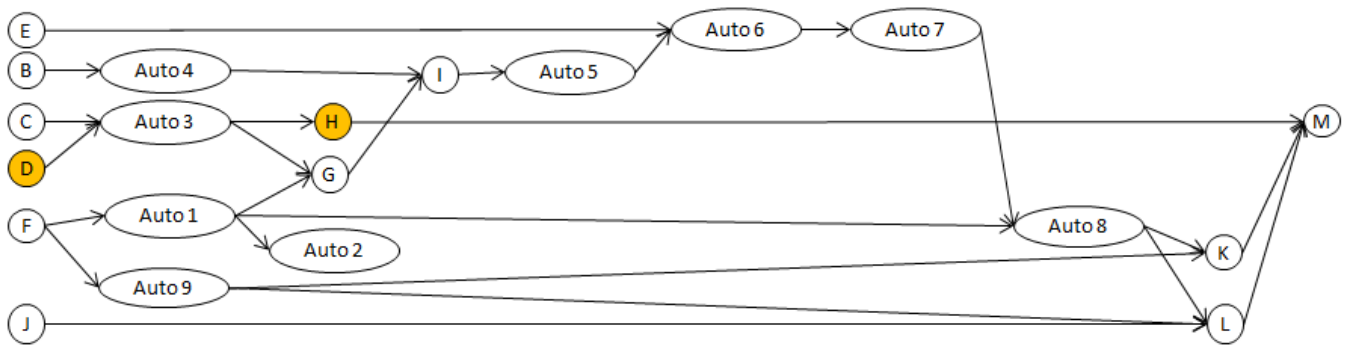
De modo a garantir a eficácia destas tarefas, seria necessário adicionar estas características nas folhas de trabalho, bem como formar os operadores da importância de cumprir com o planeado. A produção de fresados defeituosos que impedissem o funcionamento na fechadura para apenas uma posição seria eliminada, bem como uma tarefa identificada como desperdício ao processo. Desta forma, foi possível realizar o balanceamento de linha sem retirar as devidas restrições e necessidades do processo na situação inicial, melhorando até controlos que nesse momento não estavam bem definidos.

### 3. Elaboração do diagrama de precedências:

Os diagramas de precedências foram elaborados com recurso à tabela 5.4. Apesar das linhas B2 e B3 apresentarem uma colocação de máquinas ligeiramente diferente, o diagrama de precedências foi igual para os dois processos. Os diagramas ilustrados evidenciavam as oportunidades de melhoria que não eram evidentes na observação do processo no *gemba*. As figuras 5.9 e 5.10 ilustram os diagramas de precedências das linhas B1 e B2/B3 respetivamente.



**Figura 5.9** - Diagrama de precedências da linha B1



Com porta-luvas

Nota: A linha B3 não tem a máquina Auto 2.

Figura 5.10 - Diagrama de precedências das linhas B2 e B3

#### 4. Balanciamento de Linhas:

Como referido para o estudo da linha A1, o objetivo era o nivelamento do trabalho através da eliminação de postos de trabalho, uma vez que o nº de postos das linhas B era superior ao nº ótimo para cada um dos casos. Desse modo, a heurística RPW foi aplicada com o objetivo de redução de postos, cumprindo determinados requisitos:

- Os postos de trabalho deveriam respeitar o takt-time da linha;
- As precedências tinham que ser respeitadas de acordo com os diagramas das figuras 5.10 e 5.11;
- Identificação da possibilidade de realização de tarefas nos tempos de espera dos ciclos de máquinas;
- Deveria ser respeitado o gargalo manual, uma vez que o gargalo automático poderia sofrer alterações futuras e de otimização no seu processo.

Os *takt-times* das linhas B2 e B3 já eram conhecidos, com valores de 16,6 e 16,9 segundos/jogo respetivamente.

Para B1, apesar de calculado anteriormente, o valor era demasiado elevado, 2,2 vezes superior ao tempo de ciclo do gargalo da linha. Esta razão evidenciava a possibilidade de redução do *takt-time* para metade, através da redução dos turnos de trabalho. Desse modo, ao calcular o takt-time da linha B1, tendo em conta no tempo disponível apenas 1 turno de trabalho, pela expressão 4, o resultado foi de 18,2 segundos. Este valor era bastante superior ao gargalo da linha pelo que era um valor aceitável e que foi o utilizado para o resto da análise. A tabela 5.5 apresenta as tarefas com o respetivo peso posicional, ordenadas decrescente de acordo com este valor.

Nas figuras 5.11, 5.12 e 5.13 são apresentados os resultados dos balanceamentos para cada uma das linhas. Para B1 foram consideradas mais do que uma proposta, sendo que apenas foi escolhida a solução ótima para os objetivos desejados. No caso de B1, a proposta de balanceamento resultante da aplicação da heurística RPW foi a Proposta 1. No entanto, e uma vez que o P1 apresenta valores de tempo de ciclo muito superiores ao resto da linha, seria criado um novo gargalo para a linha e o objetivo de nivelamento de trabalho não era alcançado. Nesse sentido foi aplicada de novo a heurística, desta vez com uma restrição de que a fresa manual deve ser realizada sem qualquer junção de outras tarefas.

Para as linhas B2 e B3, a proposta resultante é apresentada na figura 5.11. Em alguns casos, o tempo de ciclo resultante da junção de tarefas tem em conta o uso dos tempos de espera, de forma a otimizar o processo e maximizar a capacidade dos recursos.

Apesar dos resultados finais indicarem a necessidade de realizar a leitura antes da verificação final, uma vez que esta tinha um tempo de ciclo superior, o cenário dever-se-ia manter como na situação inicial, visto que a verificação era mais rápida se as chaves não estivessem anilhadas. O *buffer* a seguir à Auto 9 era pequeno e esta seria obrigada a parar muitas vezes à espera do processamento do operador, visto que a máquina era ligeiramente mais rápida do que o operador, bem como evitar a troca de componentes entre caixas depois da leitura.

**(Nota:** Para que em B1 a lubrificação respeitasse os tempos de B2 e B3, seria necessário alterar a paragem das caixas, que deveria ser mais centrada com o operador, de forma que este consiga executar as tarefas com a rapidez das outras duas linhas).

Tabela 5.5 - Tarefas elementares e pesos posicionais das linhas B

**Linha B2 e B3**

Tarefa	Descrição	Peso
F	Coloca chaves	122
C	Coloca cilindro	114
Auto 3	Monta molas + linguetas	106
Auto 1	Fresadora	99
B	Coloca carcaça	91
Auto 4	Lubrifica carcaça	90
G	Verifica linguetas	87
I	Monta casquilho	83
Auto 5	Monta rolo	73
E	Coloca alavanca	67
Auto 6	Acoplamento + alavanca	65
Auto 7	Crava lâminas	56
Auto 8	EOL porta	45
Auto 9	EOL chaves	44
D	Coloca porta-luvas	40
L	Leitura e anilha	27
H	Verifica porta-luvas	26
K	Verificação Final	19
M	Embalamento	14

**Linha B1**

Tarefa	Descrição	Peso
A	Fresa chaves	113
C	Coloca cilindros	97
B	Coloca carcaça	96
Auto 3	Monta mola + lingueta	95
Auto 4	Lubrifica carcaça	94
G	Verifica linguetas	90
I	Monta casquilho	86
Auto 5	Coloca rolo	75
E	Coloca alavanca	65
Auto 6	Monta acoplamentos	63
Auto 7	Crava lâminas	57
Auto 8	EOL porta	46
Auto 9	EOL chaves	45
L	Leitura e anilha	27
K	Verificação Final	19
M	Embalamento	14

**Proposta 1 - B1**

P1			P2			P3		
Tarefa	Descrição	TC	Tarefa	Descrição	TC	Tarefa	Descrição	TC
A	Fresa manual	15.1	G	Verifica ling.	12.7	L	Leitura	13.8
C	Coloca cilindro		I	Monta casquilho				
B	Coloca carcaça							
E	Coloca alavanca							
P4			P5					
Tarefa	Descrição	TC	Tarefa	Descrição	TC			
K	Verificação	5.7	M	Embalamento	13.5			

Figura 5.13 - Proposta de balanceamento 1 para B1

**Proposta 2 - B1**

P1			P2			P3		
Tarefa	Descrição	TC	Tarefa	Descrição	TC	Tarefa	Descrição	TC
A	Fresa manual	12	C	Coloca cilindro	5.5	G	Verifica ling.	12.7
			B	Coloca carcaça		I	Monta casquilho	
			E	Coloca alavanca				
P4			P5			P6		
Tarefa	Descrição	TC	Tarefa	Descrição	TC	Tarefa	Descrição	TC
L	Leitura	13.8	K	Verificação	5.7	M	Embalamento	13.5

Figura 5.12 - Proposta de balanceamento 2 para B1

**Proposta B2/B3**

P1			P2			P3		
Tarefa	Descrição	TC	Tarefa	Descrição	TC	Tarefa	Descrição	TC
F	Coloca chaves	12.7	G	Verifica ling.	12.7	L	Leitura	13.8
C	Coloca cilindro		I	Monta casquilho				
B	Coloca carcaça							
E	Coloca alavanca							
D	Coloca PL							
P4			P5					
Tarefa	Descrição	TC	Tarefa	Descrição	TC			
H	Verifica PL	12.6	M	Embalamento	13.5			
K	Verificação Final							

Figura 5.11 - Proposta de balanceamento para B2 e B3

As figuras 5.14, 5.15 e 5.16 representam os resultados finais dos balanceamentos através de gráficos *Yamazumi*, evidenciando as melhorias de balanceamento alcançadas.

À semelhança do que acontece com as figuras 5.7 e 5.8, as barras com cores mais transparentes representam os cenários de produção de porta-luvas. De forma a avaliar os resultados do balanceamento, são apresentadas nas figuras 5.17 e 5.18 as informações do estado inicial das linhas e das propostas de balanceamento.

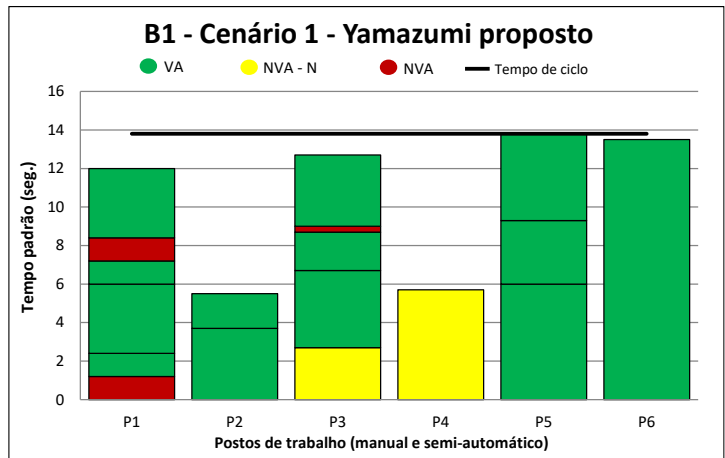


Figura 5.14 - Gráfico *Yamazumi* linha B1 proposta de balanceamento

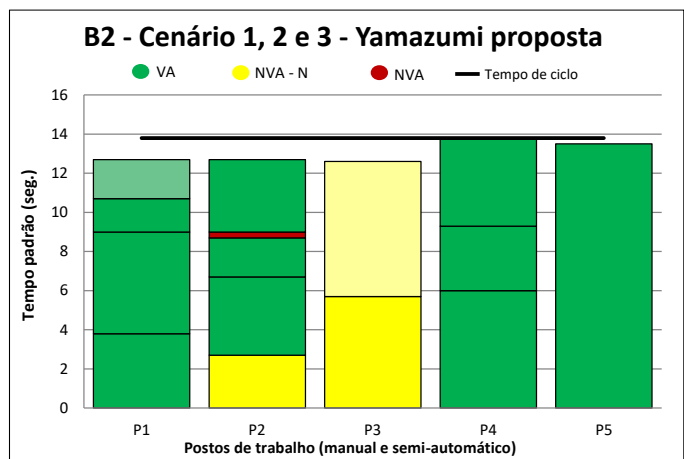


Figura 5.15 - Gráfico *Yamazumi* linha B2 proposta de balanceamento

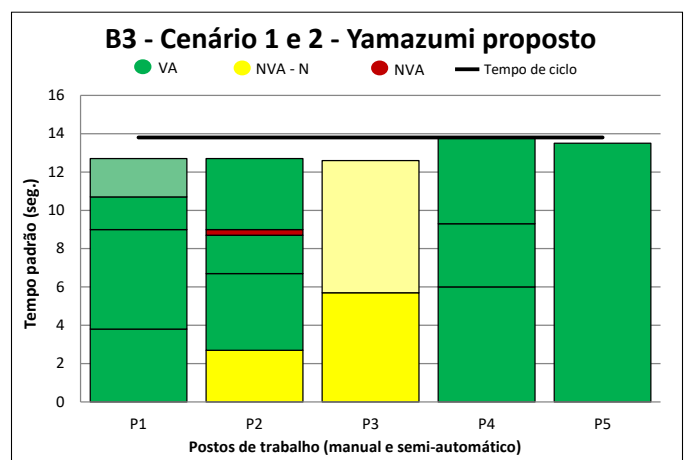


Figura 5.16 - Gráfico *Yamazumi* linha B3 proposta de balanceamento



## Balanceamento Inicial:

Linha	B1	B2			B3		Cliente B
Cenário	1	1	2	3	1	2	Diário
Postos manuais	8	7	7	6	6	6	N <sup>o</sup> Operadores Total  <b>46</b>
Operadores	4,8	6,9			5,3		
Gargalo (seg)	13,8	14,2	13,8	13,8	13,8	13,8	
Eficiência Balanceamento	<b>68%</b>	<b>77%</b>	<b>69%</b>	<b>74%</b>	<b>90%</b>	<b>79%</b>	
Takt-Time (seg)	36,5	16,6			16,9		
N <sup>o</sup> postos ótimo	2,1	4,6	4	3,7	4,4	3,9	

Figura 5.17 - Tabela de indicadores de balanceamento da situação inicial das linhas B

## Proposta de balanceamento:

Linha	B1	B2			B3		Cliente B
Cenário	1	1	2	3	1	2	Diário
Postos manuais	6	5			5		N <sup>o</sup> Operadores Total  <b>39</b>
Operadores	6	6			5		
Gargalo (seg)	13,8	13,8			14,0		
Eficiência Balanceamento	<b>76%</b>	<b>95%</b>	<b>82%</b>	<b>82%</b>	<b>95%</b>	<b>82%</b>	
Takt-Time (seg)	18,2	16,6			16,9		
N <sup>o</sup> postos ótimo	3,5	4,0	3,4	3,4	3,9	3,3	

Figura 5.18 - Tabela de indicadores de balanceamento da proposta de balanceamento das linhas B

As tabelas anteriores permitem uma rápida análise ao balanceamento realizado para as 3 linhas. Na linha B1 seria possível um aumento de 10% de eficiência do balanceamento, conseguindo reduzir o tempo inativo dos operadores da linha. A linha B2 seria a que apresentaria o maior aumento, cerca de 15%, visto que era a que trabalhava com mais operadores para um semelhante tempo de tarefas. Já em B3 o aumento seria muito ligeiro, cerca de 5%, uma vez que esta já apresentava um balanceamento bastante otimizado.

Para os cenários propostos, o nº de postos de trabalho ótimo ainda não seria alcançado, ficando as linhas B2 e B3 com 1 posto de trabalho a mais do que o valor ótimo e a B1 com 2 postos. Os chefes de linha de B2 e B3 também são contemplados nos 39 operadores diários da proposta. Os chefes de linha deixariam de ocupar postos de trabalho de forma permanente, para assumir funções específicas como a alimentação das máquinas, manutenção de 1<sup>o</sup> nível, retrabalho de peças e todas as funções de gestão de 1<sup>o</sup> nível. O nº de operadores diário deveria ser constante de acordo com o nº de postos de trabalho do balanceamento de linha proposto. Com a eliminação de 1 turno de trabalho, seria possível reduzir a mão-de-obra em cerca de 7 operadores. No entanto, desses 7, seriam criados 3 postos de trabalho com o posto de clipagem, como veremos mais à frente, ficando esta redução de mão-de-obra em 4 operadores. No entanto, e de acordo com a solução apresentada na próxima secção, quando a verificação de clipagem deixasse de ser necessária voltariam a ser eliminados esses 3 postos de trabalho, passando o nº de operadores diário total para 39. Através dos balanceamentos propostos, as linhas B conseguiriam alcançar os valores de produção necessários com um número reduzido de mão-de-obra face à situação vivida no estado inicial. A eliminação de desperdícios resultantes dos desnivelamentos de trabalho permitiria uma rentabilização dos processos produtivos. Com o balanceamento proposto, o processo produtivo das 3 linhas seria igual, diferenciando apenas nos projetos tecnológicos e no posicionamento de alguma máquina automática que não influencia os tempos de processo.

## Ações complementares:

Uma vez realizados os estudos de balanceamento das linhas B, outras pequenas ações seriam necessárias para otimizar o processo. Sendo as linhas de montagem compostas por postos manuais, semiautomáticos e máquinas com ciclos automáticos, estas máquinas apresentavam paragens que comprometiam o bom funcionamento do processo. De forma a minimizar as perdas com as paragens de máquinas, seria necessário definir

os operadores responsáveis por assegurar a manutenção de 1º nível das mesmas, em paralelo com os chefes de linha, evitando as perdas de tempo de processamento dos postos críticos.

No caso de B1, existiam 2 postos de trabalho cujo balanceamento não permitiu uma solução que conseguisse um melhor aproveitamento dos mesmos. Assim sendo e dada a grande folga que estes apresentavam, os operadores destes dois postos deveriam ser os responsáveis por assegurar essa manutenção de 1º nível. Desse modo, o operador do P2 seria responsável pela máquina Auto 3, que necessitava de abastecimento de matéria-prima e resolução de falhas/microparagens. Para além desta, também a máquina Auto 4 deveria ficar ao seu encargo. A colocação ótima deste posto de trabalho seria do lado interno da linha, diminuindo o raio de ação dos operadores, no entanto, uma vez que a Auto 3 foi mal projetada e o acesso por parte dos operadores apenas podia ser realizado do lado exterior da linha, este posto dever-se-ia manter como na situação inicial.

Na 2ª fase da linha, as máquinas Auto 5, 6, 7, 8 e 9, deveriam ser da responsabilidade do operador do P4. No entanto, durante as observações do *gemba*, foi identificado um problema relacionado com o tempo de reação à falha por parte dos operadores. Uma vez que os operadores dos P4, P5, P6 e P7 (clipagem, controlo final e leitor de código) se encontravam voltados de costas para as máquinas, a perceção de falhas era defeituosa. De forma a melhorar esse problema, procurando garantir um tempo de reação mínimo, deveriam ser colocados avisos luminosos nos posto de controlo final. Estes avisos permitiriam que as paragens fossem rapidamente identificadas, encontrando-se no raio de visão do operador na realização das suas tarefas.

No caso das linhas B2 e B3 não existia uma folga tão acentuada nos postos referidos como em B1, para os cenários de porta-luvas. No entanto, e visto que cerca de 50% da produção destas linhas era sem porta-luvas, deveriam também ser implementadas as melhorias propostas em B1, como demonstrado na figura 5.19. Para além destes 2 operadores em cada linha, o chefe de linha faria, como referido anteriormente, o apoio destas tarefas de abastecimento e manutenção de 1º nível.

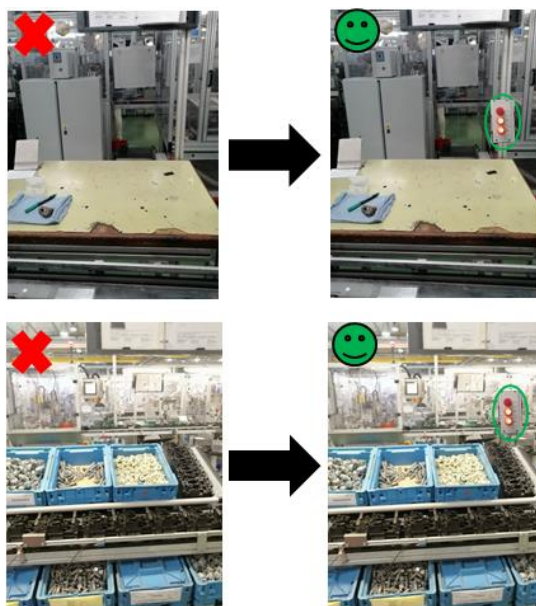


Figura 5.19 - Colocação de avisos luminosos de paragens das máquinas na linha B1

Deste modo seriam reduzidas as paragens de máquinas por falta de matéria-prima, bem como a necessidade que os operadores tinham em sair dos seus postos de trabalho para resolver essas paragens, através da manutenção de 1º nível. Na figura 5.20 é apresentado o esquema do layout das linhas, delimitado pelo raio de ação de cada operador e da localização dos avisos luminosos.

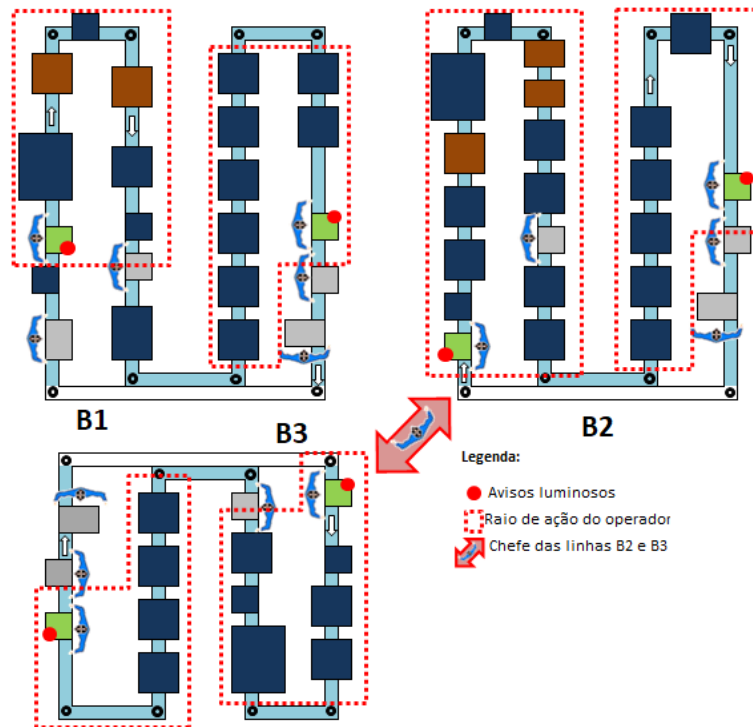


Figura 5.20 - Layout das linhas B para a proposta das ações complementares

### Estação de clipagem:

Como referido anteriormente, a tarefa de clipagem realizada pelos operadores com auxílio a um útil foi classificada como necessária, de forma a garantir que as chaves enviadas para o cliente eram 100% OK. Este útil simulava o compacto da chave, e caso a cabeça plástica não respeitasse os parâmetros de injeção, o útil não clipava.

Uma vez que a injeção da cabeça de plástico da chave era realizada internamente, na secção de injeção, era da responsabilidade da empresa garantir a qualidade total do produto.

No decorrer dos anos 2020 e 2021 surgiram cerca de 10 reclamações por chaves que não clipavam no compacto, devido a pontos de injeção NOK. Apesar de esta ocorrência significar uma taxa de não conformidade externa de 99.9998%, a deteção de 1 chave NOK obrigava a uma seleção extraordinária do lote enviado pela empresa, com custos adicionais elevados para a mesma. Sendo a exigência do cliente de 100%, e tendo em conta que no ano 2020 os custos associados às reclamações dos clientes rondaram os 7 mil euros em *aftersales*, a empresa viu-se obrigada a realizar um estudo de forma a identificar a causa-raiz do problema. A conclusão retirada foi a má colocação do espadim no bastidor de injeção por parte do operador, uma vez que o molde criava resíduos e impedia que o espadim fosse colocado até à posição correta. Ao não colocar o espadim na posição correta, a injeção da cabeça era realizada com milímetros fora da posição correta o que levava à falha de clipagem. De forma a resolver o problema identificado, foi adquirido um novo molde, com um método de injeção diferente, de forma a evitar a criação de resíduos. Uma vez que a implementação da medida era recente, ainda não tinha decorrido o tempo necessário para concluir a resolução do problema, ou seja, a clipagem da totalidade das chaves era considerada uma tarefa necessária ao processo como medida preventiva, de forma a evitar que mais chaves não conformes fossem enviadas para o cliente. Esta tarefa adicional ao processo produtivo representava um investimento elevado, devido à manutenção dos úteis de validação e à sobrecarga da tarefa implementada na linha de produção. O objetivo final passava pela garantia 100% do produto injetado, com posterior eliminação da tarefa de clipagem. Na figura 5.21 é apresentado o fluxograma do processo da chave na situação inicial.

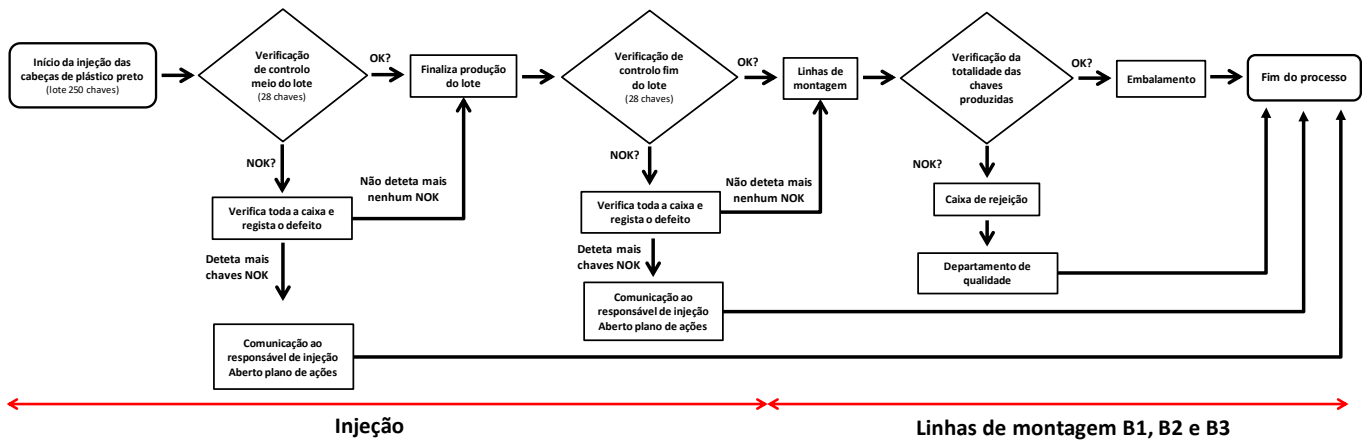


Figura 5.21 - Fluxograma do processo das chaves de plástico preto

Apesar das medidas tomadas para que deixassem de ser produzidas chaves não conformes, não foi iniciado um estudo que verificasse a taxa de incidência ou a sua periodicidade com o novo molde de fabrico. De forma a otimizar todo o processo, que implicava verificações em duplicado e um controlo incompleto dos defeitos registados internamente, foi elaborada uma proposta de melhoria.

**Proposta:** A criação de um posto de clipagem, responsável pela verificação a 100% das chaves logo após a injeção e antes de entrarem nos processos B1, B2 e B3.

**Descrição do processo:** O fluxograma do processo seria simplificado, eliminando desperdícios associados ao processo atual. Na figura 5.22 é demonstrado o novo processo das chaves de plástico preto. No novo processo apresentado no fluxograma anterior, deixaria de ser necessário a verificação de 28 chaves no fim de cada lote. Se essa verificação existia para, no caso de alguma chave NOK ser detetada, efetuar a verificação de toda a caixa, esse procedimento deixaria de fazer sentido, uma vez que mal o lote fosse terminado seria verificado na totalidade na estação de clipagem. Já a verificação intermédia, que era realizada também ela a 28 chaves (2 vezes a cada bastidor, cada bastidor produz 7 chaves), servia para uma deteção de um erro sistemático que pudesse ocorrer no processo de injeção. No entanto, se esse erro se verificasse, apenas a validação a 14 chaves (1 vez cada bastidor de 7) seria suficiente para o detetar.

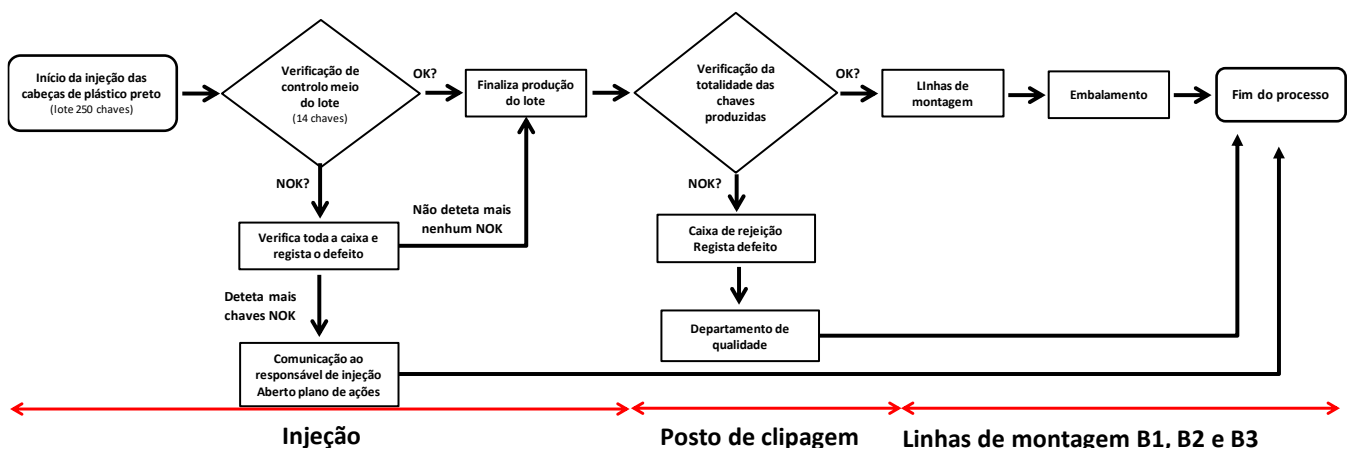


Figura 5.22 - Fluxograma da proposta de melhoria no processo das chaves

Se, por outro lado, uma chave NOK resultasse de um erro casual, este acabaria por ser detetado na estação de clipagem, não havendo motivo para a interrupção da produção e, portanto, esse erro não necessitava de ser detetado na verificação intermédia. Com esta simplificação do processo, deixaria de existir uma validação em duplicado de 56 chaves a cada 250, para apenas 14 a cada 250. O operador da injeção teria mais tempo disponível para produção e alguns desperdícios do processo seriam eliminados. Os operadores das linhas de montagem

deixariam de ser obrigados a fazer esta tarefa, libertando a carga de trabalho destes para o balanceamento que foi apresentado na secção anterior.

**Cálculo do takt-time da estação:** Uma vez que os tempos de ciclo das 3 linhas eram de cerca de 17 segundos, e que todas elas usavam chaves de plástico preto na sua produção, foi necessário realizar um pequeno estudo que permitiu calcular o nº de operadores necessários no posto de clipagem, de forma a responder às necessidades das 3 linhas de produção.

- Cálculo das necessidades para um determinado período (utilizados os mesmos valores de necessidades da tabela 2.1). A figura 5.23 apresenta a análise ABC (produção total e não custos), com o peso relativo de cada tipo de chaves na produção total do cliente B.

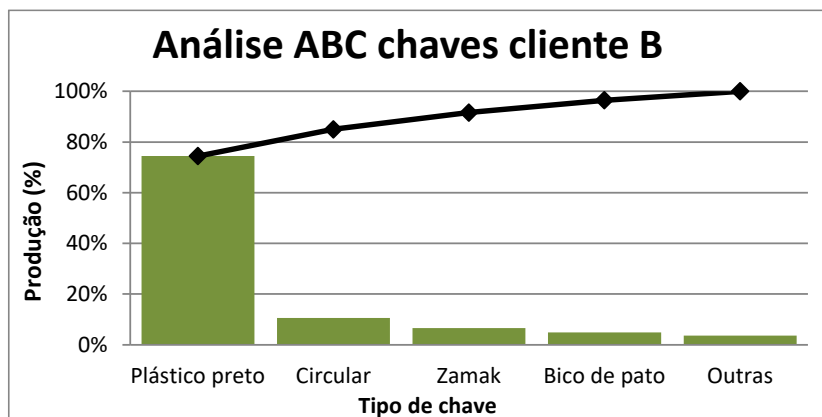


Figura 5.23 - Análise ABC das chaves dos processos B

As chaves de plástico preto representam 77% da produção total das linhas B.

- Cálculo do *takt-time*: De acordo com as necessidades e o tempo disponível de produção para um determinado período, foi calculado o *takt-time* do posto de clipagem de acordo com a expressão 4, apresentada no capítulo 3. Foram considerados 3 diferentes cenários que influenciam o tempo disponível. No cenário 1 a estação necessitaria de 3 operadores/dia, no regime que se verificava nas linhas B2 e B3, com horário de 3 turnos, 7h30min por turno e 35 minutos de pausas. No cenário 2 o horário utilizado foi o mesmo, no entanto aqui apenas 2 operadores por dia, ou seja, 2 turnos. No cenário 3 foram considerados também 2 operadores que correspondem a 2 turnos, desta feita com o horário de trabalho da linha B1, ou seja, 8h30min com 35 minutos de pausas planeadas. A tabela 5.6 apresenta os cálculos efetuados.

Tabela 5.6 - Cálculo do takt-time da estação de clipagem

Cenário	Necessidades	Tempo disponível (horas)	<i>Takt-time</i> (seg./chave)
3 turnos (6,91 h)	1.480.143	1.969	<b>4,8</b>
2 turnos (6,91 h)		1.313	<b>3,2</b>
2 turnos (7,91h)		1.503	<b>3,7</b>

O valor calculado é referente à clipagem de 1 chave. É de realçar que ao serem alargados os horários, o tempo disponível nos dois primeiros cenários aumentaria, logo o *takt-time* seria superior uma vez que a procura não é afetada pelo desfasamento horário interno.

**Medição do tempo de ciclo da estação:** O tempo de ciclo recolhido no estudo de tempos do capítulo 4, que pode ser consultado nos anexos 3 e 4, indica um tempo padrão de clipagem para 2 chaves de 5,1 segundos. De acordo com estes valores seria possível cumprir com o *takt-time* calculado para qualquer um dos cenários. No entanto, a execução da tarefa numa estação de clipagem, no qual as chaves se encontrariam num KLT e não nas caixas de linha, poderia implicar alguma alteração nos tempos de execução. De modo a sustentar a viabilidade do posto de clipagem face às necessidades produtivas, e uma vez que existia a possibilidade de simulação do mesmo, foi executada uma validação de 1 lote, correspondente a 250 chaves, cronometrando o tempo total de verificação. Os dados da atividade experimental foram introduzidos na tabela 5.7.

**Tabela 5.7** - Estudo de capacidade da estação de clipagem

Tamanho amostra	Tempo total operação	Tempo de ciclo	Tempo padrão
1 lote (250 chaves)	12 minutos e 45 segundos	3,1 seg./chave	3,4 seg./chave

À semelhança dos estudos realizados anteriormente, ao tempo de ciclo apurado foi incrementado um coeficiente de 11%. O tempo padrão resultado desta atividade experimental foi de 3,4 segundos/chave. Pelos dados obtidos na experiência realizada, o tempo de ciclo padrão da estação de trabalho de clipagem era inferior aos cenários 1 e 3, e superior ao cenário 2 do *takt-time* da estação de clipagem. Deste modo, a capacidade de verificação face às necessidades seria conseguida, sendo possível a sua implementação.

**Vantagens:** A implementação da estação de trabalho de clipagem permitiria:

- A simplificação de processos, como demonstrado no fluxograma da figura 5.24;
- Diminuição da duplicação de tarefas ao longo do processo (verificação de chaves em duplicado, 56 por cada lote (250) na injeção que voltavam a ser verificadas nas linhas de montagem);
- Aumento de produtividade da injeção, uma vez que se reduzia um número considerável de verificações, logo maior disponibilidade do operador;
- Maior controlo e monitorização dos defeitos de clipagem;
- Eliminação de desperdícios associados a processamento em sucata;
- Possibilidade de balanceamento das linhas B, nas quais foi possível retirar um operador que poderia ser alocado a esta estação, ou seja, não seria necessário aumentar o nº de operadores logo não haveria um aumento de custos do processo;
- Eliminação a longo prazo desta atividade quando atingido um valor objetivo para a taxa de ocorrência;

Na secção seguinte são analisadas as propostas efetuadas, a sua viabilidade de aplicação a nível económico e as decisões da empresa para os estudos efetuados.

### 5.3. Análise das propostas de melhoria

Terminado o estágio curricular, não foi possível verificar a implementação das propostas sugeridas ao longo do projeto. Apesar de não existirem resultados práticos da implementação, que permitam a comparação dos indicadores de desempenho dos processos, de modo a avaliar as melhorias propostas, bem como o alcance dos objetivos do desafio, foi realizada neste capítulo uma análise às propostas efetuadas, de acordo com as melhorias que estas representavam para os processos e a viabilidade económica da sua implementação.

A análise terminou com a explicação do que levou à recusa das propostas elaboradas. Na tabela 5.8 é apresentado o estudo de viabilidade económica de cada proposta efetuada. Os valores de investimento apurados visam a aquisição de novos equipamentos, alterações nos equipamentos das linhas, recolocação de postos de trabalho e reprogramações dos sistemas das linhas. Não foram calculados valores de retorno através do aumento de peças produzidas, visto que a empresa apenas produzia o que o cliente pedia. No entanto, o aumento da produtividade das linhas fruto dos balanceamentos propostos levaria a uma redução do tempo de operação ou no

nº de mão-de-obra necessária. Desse modo, o retorno considerado com as melhorias propostas, baseia-se nos *savings* esperados. Foi calculado o *payback* para cada proposta apresentada, sendo que para além do investimento inicial das alterações, também é apresentado o aumento de custos fruto das alterações propostas.

**Tabela 5.8** - Estudo da viabilidade económica das propostas efetuadas

Proposta	Estado	Investimento	Custos	Savings	Payback
Balanceamento A1	Em análise	*[1]			
Estação de clipagem	Recusado	1.000€	38.000€ *[2]	-	-
Balanceamento linhas B	Recusado	3.000€	-	133.000	0,5 meses
Ações complementares	Recusado	500€	-	-	-

\*[1] – Esta alteração apresentava 2 possíveis cenários com valores diferentes, que serão apresentados no próximo parágrafo.

\*[2] – O valor considerado é referente a 2 operadores/dia a turno de 8h30min, opção mais *Lean* pelos cálculos efetuados.

**Balanceamento da linha A1:** O balanceamento da linha A1 foi muito bem recebido pelos responsáveis de melhoria contínua da empresa. A proposta foi discutida com o responsável da produção e da engenharia industrial, encontrando-se em análise a sua viabilidade. Finalizada a proposta, a melhoria contínua estava convicta que não seriam necessárias grandes alterações ao processo da linha, apenas com a necessidade de pequenas reprogramações dos pontos dos *robots* e a colocação dos postos nos seus locais corretos. No entanto, o departamento de Engenharia viu a necessidade de alteração da Auto 2, uma vez que esta verificava a fechadura com o espadim introduzido. O alojamento do espadim nesta máquina era à medida do mesmo, sendo necessário uma alteração, uma vez que a chave passaria a ser utilizada já com a cabeça metálica em todo o processo.

Foram então colocados 2 possíveis cenários:

- A máquina do P5 de montagem de cabeças seria colocada no P1, tal como indicado no balanceamento realizado no capítulo 4, com um investimento a rondar os 70.000€;
- A máquina do P5 de montagem de cabeças seria retirada da linha, uma vez que o tempo de processo era relativamente inferior ao tempo de ciclo da linha, ficando esse posto como uma pré-montagem da linha, independente do fluxo da mesma, com um investimento a rondar os 65.000€.

Para ambos os cenários, seria necessário investir numa nova máquina de verificação, a Auto 2. Na proposta do balanceamento, os postos P1 e P3 seriam eliminados e a linha iria trabalhar com apenas 6 postos de trabalho.

Com este equilíbrio entre o nº de postos e o nº de operadores, a produção diária da linha iria aumentar, uma vez que as quebras de fluxo e perdas em movimentações seriam eliminadas. Por outro lado, a ocupação a 100% de um posto de trabalho iria garantir que todos os postos cumpriam com o seu tempo padrão, ao contrário do que se verificava na situação inicial, em que, devido a quebras de fluxo, postos como o P7 e o P6 que eram os mais demorados e que definiam o tempo de ciclo da linha, não estavam ocupados a 100% do tempo de trabalho, provocando desde logo perdas face à capacidade teórica. Pelos dados da produção média, e tendo em conta os valores das necessidades para determinado período, bem como a necessidade de efetuar produções a turnos de fim de semana, a linha A1 não conseguia cumprir com as produções diárias. Se o balanceamento proposto não representava, à cabeça, um valor de *savings* apetecível, através da eliminação de operadores ao processo, poderia significar o aumento de produção diária necessário para a eliminação a 100% dos turnos de fim de semana, turnos esses de 6 operadores com custos bastante superiores para a organização.

No cenário 2, os postos P1 e P3 continuariam a existir, sendo que a única alteração seria a remoção da máquina da linha e, por conseguinte, 1 operador que efetuaría essa função. A linha passava a ter 7 postos de trabalho, mas a trabalhar com 4/5 operadores. O défice entre postos de trabalho e operadores mantinha-se, as movimentações e deslocações derivadas dos postos de trabalho P1 e P3 continuariam, bem como as quebras do fluxo produtivo. Continuar-se-ia a verificar operadores dos P6 e P7 a abandonar o seu posto de trabalho para realizarem tarefas nos postos com tempos de ciclo muito inferiores, provocando uma queda nas produções diárias. Tal como observado na tabela de movimentações da análise à linha A1, tabela 4.7, cerca de 15% das movimentações totais tinham origem no P5. Este facto comprova que o operador deste posto contribuía de forma expressiva na

ocupação de outros postos de trabalho. Ao colocar este operador no exterior da linha, as quebras de fluxo seriam ainda mais significativas e a produção diária sofreria um ligeiro decréscimo. Contudo, esta solução apresentada por responsáveis de engenharia industrial visava a eliminação de 1 operador, ao garantir que em 2 turnos de trabalho seria possível assegurar a produção de chaves com a cabeça metálica para os 3 turnos diários. Deste modo, os *savings* desta medida seriam por volta dos 19.000€ anuais. Com este valor o *payback* desta alteração era de 3,4 anos. No entanto, e como explicado anteriormente, a produção diária poderia sofrer quebras que obrigariam à intensificação dos turnos de fim de semana ou à colocação de mais operadores em linha, eliminando os *savings* calculados.

**Estação de clipagem:** A proposta de melhoria da criação de uma estação de clipagem, alterando assim o processo de produção das chaves de plástico preto foi recusada, uma vez que os responsáveis pelo processo acreditam que o cumprimento desta validação poderia ficar comprometido, se executado numa estação independente. A ideia de realizar uma verificação *à priori*, ainda que representativa de uma tarefa sem valor acrescentado, mas considerada pela empresa como necessária, foi bem aceite, uma vez que, tal como explicado no capítulo 4, quanto mais cedo e próximo da etapa inicial for detetada uma não conformidade, menores os custos que esta representa para a empresa. No entanto, os responsáveis de qualidade do produto e da interface com o cliente, consideravam que a situação inicial de verificação em fluxo apresentava maior fiabilidade na comprovação da totalidade das chaves do que a proposta apresentada. Contudo, e baseado no trabalho desenvolvido, esta proposta representava não só uma eliminação de desperdícios, principalmente no tempo perdido em tarefas duplicadas, bem como a redução de um posto de trabalho e na carga total dos processos. Esta alteração implicaria um investimento na criação de uma estação de trabalho, na ordem dos 1.000€, e a necessidade de 2 operadores num turno de 8h30min (igual a B1), para a realização desta atividade, a rondar os 38.000€ (custos de mão-de-obra). Desse modo, esta proposta representava para a empresa um investimento de 1.000€ e um aumento nos custos de produção de 38.000€. Uma vez que esta alteração possibilitaria o balanceamento de linha, o retorno desse investimento foi apurado através dos *savings* com as propostas de balanceamento de linhas.

**Balanceamento das linhas B:** O balanceamento das linhas B não foi aceite pela empresa. A criação da estação de clipagem era essencial para o sucesso deste balanceamento, uma vez que retirava cerca de 5 segundos de processamento manual a cada uma das linhas, permitindo a folga necessária para os ajustes dos postos de trabalho. Para os cenários que operavam sem porta-luvas, não sendo necessário fazer a sua verificação, o operador do controlo final conseguiria cumprir com a clipagem e a verificação final. Contudo, a proposta apresentada para as verificações de chave na fechadura a 4 posições também não foi aceite, sendo decidido a manutenção das verificações tal como eram realizadas na situação inicial. Ora, deste modo, não foi possível eliminar todas as tarefas que foram identificadas como representativas de desperdício dos processos e, portanto, o balanceamento de linha com a aplicação da heurística apenas contemplava uma pequena alteração. A eliminação do posto de verificação da montagem de molas e linguetas nos cilindros, ideia essa que já tinha sido proposta pelos operadores e aceite pelos responsáveis de melhoria contínua da empresa à data do estudo de balanceamento. A colocação do útil de comprovação do porta-luvas num posto adiantado também estava planeada pela melhoria contínua, mas ao contrário da proposta de balanceamento que procurava juntar essa tarefa ao controlo final, foi colocado no posto de clipagem, ficando igual ao P3 da linha B3. Deste modo, foi reduzido na linha B1 1 posto de trabalho. O nº de operadores manteve-se, e as variações na produção, resultantes destas alterações, não foram apuradas, uma vez que não tinha decorrido um período razoável para essa comparação. Os últimos 2 meses de estágio foram fortemente afetados pela quebra de matéria-prima e de semicondutores, que levaram às paragens parciais dos processos produtivos. Desse modo, este período final não permitiu apurar dados que pudessem complementar esta análise final.

No entanto, foram apurados os valores de investimento das alterações propostas, bem como uma previsão de *savings* e o cálculo do *payback* das propostas efetuadas. Pelos dados apresentados na tabela 5.8, o investimento na criação de um posto de clipagem intermédio seria de 1.000€ e o acréscimo dos custos de produção anuais de 38.000€, explicados pela necessidade de 2 operadores diários e de algumas medidas necessárias para a sua



implementação. O investimento dos balanceamentos de B, com alterações de pontos de paragem da linha e colocação dos úteis de porta-luvas no posto de controlo final, bem como a alteração de máquinas no processo (trocar a Auto 3 com a Auto 1, uma vez que o RPW definiu que a Auto 3 deveria vir primeiro e como esta máquina necessita de alguma assistência por parte de 1 operador, ficaria próxima do P1, no qual o operador coloca as peças na caixa e tem folga de trabalho) era de 3.000€. Deste modo, o investimento total para a alteração do processo do cliente B era de 4.000€ e o aumento de custos era de 38.000€. Os *savings* apurados, com base na redução de operadores por linha era de 133.000€ ano. O *payback* da proposta efetuada para todo este processo foi de 0,5 meses. As propostas efetuadas para a alteração dos processos das linhas B eram viáveis em termos económicos. A redução significativa no nº de operadores por processo, uma vez que a composição das equipas na situação inicial era superior aos valores ótimos, justificam os elevados valores de *savings* anuais.

O valor apurado traduz ganhos significativos em termos financeiros com a eliminação das ineficiências do processo de linha. A produção diária da linha B1 seria aumentada para valores cumpridores das necessidades. A linha B2 teria, à partida, uma ligeira quebra nos resultados produtivos (até porque passaria a trabalhar com menos 2 operadores por turno), que seria compensada pelo aumento na linha B3 (o mesmo nº de operadores, mas maior disponibilidade do chefe de linha em realizar tarefas suplementares e maior folga do trabalho devido à eliminação de tarefas residuais). De forma geral, previa-se que as linhas B conseguiriam cumprir com as necessidades dos clientes com processos mais rentáveis do que na situação inicial. Todo o trabalho realizado conseguiria tirar maior proveito dos recursos existentes e otimizar a sua utilização. Pressupondo que as linhas conseguiriam cumprir com um RO calculado na casa dos 85% (as linhas B2 e B3 ultrapassavam esse valor no início, só B1 é que não cumpria devido ao nº reduzido de operadores), foram estimados os valores de produção e PPH das linhas B. Os valores da situação inicial e uma estimativa para a proposta de solução são apresentados nas tabelas 5.9 e 5.10, respetivamente.

**Tabela 5.9** - Indicadores da situação inicial das linhas B

<b>Linha</b>	<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>B3</b>	<b>Cliente B</b>
Nº operadores (dia)	9,6	20,7	15,9	46
Produção média diária	2.004	4.905	4.101	11.010
RO interno	81%	96%	91%	105%
RO calculado	50%	92%	86%	78%
PPH	26,4	34,3	37,3	33,5

**Tabela 5.10** - Indicadores da proposta de solução das linhas B

<b>Linha</b>	<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>B3</b>	<b>Chefes linhas B2 e B3</b>	<b>Clipagem</b>	<b>Cliente B</b>
Nº operadores (dia)	6	15	15	3	2	41
RO calculado	85%	85%	85%	-	-	85%
Produção média diária	1.754	4.525	4.040	-	-	10.319
RO interno	97%	100%	90%	-	-	99%
PPH	37,0	43,7	39,0	-	-	35,4

Os valores de RO calculado estabelecidos para uma fase inicial foram baseados na classificação de Hansen (Hansen, 2001) para os valores de OEE, no qual 85% era um valor muito bom mas poderia ser maximizado, através de melhoria contínua, tendo em conta o desempenho das linhas nas condições iniciais. Apesar das otimizações, seria esperado que o retirar de operadores afetasse ligeiramente a produção, principalmente na linha B2 que seriam menos 2 operadores. Contudo, os processos deveriam cumprir um RO calculado de, no mínimo, 85%. A produção média diária na tabela 5.10 é o valor esperado tendo em conta a capacidade produtiva da linha e o RO calculado. A produção total das linhas para um dia de trabalho seria por volta de 10.319 jogos. Este valor apresenta uma redução de 6,3% na produção total. No entanto, e como pode ser observado pelo valor de RO interno do cliente B na situação inicial, as 3 linhas como um todo produzem 5% acima das necessidades. Com estas alterações

a provocarem a queda para os 99% de RO interno, seriam praticamente cumpridas as necessidades produtivas, podendo este valor ser facilmente aumentado com um trabalho futuro de controlo e monitorização no desempenho das linhas.

O PPH apresentado em cada processo aumenta bastante, uma vez que para além dos operadores que deixam de fazer parte dos processos, os chefes de linha e os operadores de clipagem apenas são contabilizados nos cálculos do PPH do cliente B, sendo que para o PPH de cada linha apenas foram considerados os operadores dos postos de trabalho. Focando no PPH do cliente B da situação inicial e da proposta de balanceamento, o aumento é de 5,5 pontos percentuais, ou seja, todos os 41 operadores que trabalhariam para o cliente B seriam 5,5% mais rentáveis para a empresa.

Estes dados traduzem uma aproximação às necessidades produtivas da empresa, através da rentabilização dos processos produtivos, que seriam cumpridores dos objetivos com uma significativa redução de custos. Os recursos da empresa, operadores e linhas de produção seriam maximizados.

**Ações complementares:** O investimento num sistema de avisos luminosos nos postos pré-definidos, de forma a minimizar os tempos de paragens das máquinas não foi considerado, pela empresa, como necessário. Os operadores estavam formados para trabalharem com foco nas paragens das máquinas. De acordo com o balanceamento das linhas, a capacidade reduzida de alguns operadores permitia que estes estivessem atentos às necessidades das máquinas. Uma vez que os balanceamentos não foram aceites, estas ações complementares não representavam mais valias para os processos. Ao maximizar o tempo útil dos operadores nos postos de trabalho, através de um nivelamento da carga de trabalho com o gargalo da linha, os operadores trabalhariam mais focados nas suas tarefas e menos nas máquinas. Nesse cenário, os avisos de paragem seriam fundamentais para uma rápida reação à falha. Como referido, se a ação principal não foi implementada, as ações complementares não apresentavam real valor numa implementação individual. Contudo, foi apurado o valor de investimento para esta medida, que seria de cerca de 500€. Pelo contrário, não foi possível apurar valores de *savings* e *payback* para esta medida.

Finalizado o estudo de caso, o capítulo que se segue pretende finalizar o projeto desenvolvido, com algumas considerações sobre o trabalho realizado e propostas de trabalho futuro.



## 6. Considerações Finais

No capítulo seguinte é analisado o sucesso do projeto, as suas limitações e propostas de trabalho a desenvolver no futuro.

### 6.1. Análise crítica ao trabalho desenvolvido

O estudo realizado ao longo de 7 meses permitiu aprofundar o conhecimento da indústria, principalmente em ambientes com uma elevada cadência produtiva. Apesar da situação pandémica que apresentou vários entraves ao projeto, a volatilidade dos mercados que esta proporcionou, expôs a necessidade de flexibilidade e adaptação das empresas a situações de instabilidade. A empresa no qual foi realizado o projeto recorreu, em variados momentos, a uma adaptação dos seus recursos variáveis (mão-de-obra) às necessidades dos mercados. No entanto, foi notório que os seus processos e a forma como as linhas de montagem estão projetadas, não são capazes de acompanhar essas variações. Reduzir a mão-de-obra num processo, mantendo o nº de postos de trabalho, permite o cumprimento das necessidades do mercado através da criação de ineficiências múltiplas face à rigidez dos processos. Cumprir com objetivos inferiores àqueles para os quais as linhas são projetadas, através da criação de múltiplos desperdícios, impede maximizar os recursos disponíveis e rentabilizar os processos. Os estudos de balanceamento efetuados permitiam que a empresa se adaptasse às necessidades dos mercados, através de uma flexibilidade no layout das linhas, com a possibilidade de diferentes combinações de tarefas, de acordo com os *takt-times* e nº de postos de trabalho necessários. O trabalho apresentado focou-se apenas no balanceamento das linhas de acordo com as necessidades dos mercados registadas à data do estágio. Seria interessante complementar o estudo realizado com a definição de cenários, de acordo com as variações de mercado. Para um certo volume de necessidades num período de tempo definido, o *takt-time* das linhas implicaria um nº fixo de postos de trabalho, que por sua vez corresponderia à solução ótima de tarefas alocadas a cada posto, adaptando os layouts à variação da procura. Este tipo de trabalho apenas seria possível numa empresa com uma extrema flexibilidade dos operadores, como é o caso.

A aplicação de ferramentas de melhoria contínua a processos reais, com as suas limitações e complexidade, foi fundamental para uma melhor perceção do que é a melhoria contínua e da dificuldade que é a transição do conhecimento teórico para o trabalho prático. Parte das ferramentas utilizadas para as análises desenvolvidas ao longo do projeto não eram práticas recorrentes da empresa, o que dificultou a sua aplicabilidade.

Infelizmente, as propostas apresentadas não foram implementadas, não sendo possível verificar o sucesso prático do estudo. Apesar dos esforços e do trabalho realizado, a estratégia e a filosofia de trabalho da empresa não ia ao encontro do estudo realizado, que prefere um dimensionamento das linhas no qual os operadores não são forçados a trabalhar muito tempo no mesmo posto, priorizando a elevada flexibilidade dos operadores ao trabalharem em vários postos de trabalho ao mesmo tempo.

No entanto, os resultados das análises realizadas demonstraram um conjunto de oportunidades de melhoria dos processos e os benefícios que estas ofereceriam à empresa. A eficiência dos balanceamentos de linhas seria aumentada de 3 até 19 pontos percentuais, de acordo com o processo. As linhas de montagem poderiam trabalhar com o nº ótimo de mão-de-obra, em alguns casos apenas mais próximo desse valor, e ainda assim utilizar a capacidade máxima dos processos. Os balanceamentos das linhas chegariam, em alguns casos, aos 94%, conseguindo assim uma redução da ineficiência e do tempo inativo dos operadores.

Os indicadores de PPH poderiam aumentar 5,5 pontos percentuais no caso do cliente B, tendo em conta a produção esperada para o nº de operadores necessário. Já no caso do cliente A não foi possível estimar um valor provável para este indicador.

Os objetivos de RO calculado para uma primeira fase passariam pelos 85%, o que permitiria alcançar valores de RO interno de 99% para o cliente B. Estes valores seriam inferiores aos atuais, de 105%, ou seja, uma aproximação da produção às necessidades dos clientes.

Deste modo, as propostas apresentadas proporcionavam à empresa a diminuição de desperdícios dos seus processos através da eliminação de tarefas residuais, a maximização dos seus recursos tanto fixos (linhas produtivas/equipamentos) como variáveis (mão-de-obra), bem como a eliminação das principais restrições dos processos (incumprimento dos tempos de ciclo). Seriam aumentados os indicadores de desempenho das linhas, tornando-se mais produtivas e rentáveis. No entanto, estes cenários não foram vivenciados e as propostas não foram implementadas, ou seja, os objetivos propostos pela empresa não foram alcançados.

## **6.2. Limitações**

- A situação pandémica vivida, que criou um período de instabilidade na indústria devido às contantes alterações dos horários de trabalho, bem como da assiduidade dos trabalhadores face às imposições da DGS, prejudicando as análises realizadas;
- A instabilidade do setor na falta de semicondutores, que levou a um período de lay-off de redução parcial do tempo de trabalho na empresa;
- A implementação de um novo sistema de ERP, o SAP, que decorreu entre Janeiro de 2020 e Maio de 2021, e que canalizou grande parte dos recursos e do tempo dos responsáveis de forma a garantir o sucesso da mesma;
- A suspensão de reuniões de controlo diário dos processos devido ao Covid-19, que representavam um método importante de análise e controlo, bem como da interação entre os vários departamentos.
- O planeamento estratégico da empresa não contemplava, na conjuntura vivida à data, qualquer tipo de investimento em melhorias sem ser garantida a sua real necessidade, e com baixos valores de investimento; A filosofia de trabalho da empresa era diferente de algumas aplicações nos estudos, como por exemplo, o chefe de linha não estar alocado a um posto de trabalho, ou os postos de trabalho estarem todos nivelados obrigando à fixação dos operadores.

## **6.3. Trabalho Futuro**

Uma vez que as propostas de melhoria resultantes do estudo realizado não foram implementadas, deveriam ser revistos os entraves do mesmo, de forma a elaborar cenários que fossem ao encontro dos objetivos da empresa. Tal como indicado no ponto 6.1, o estudo poderia ser complementado com uma análise à flexibilidade dos atuais layouts rígidos, podendo adaptar os processos às suas reais necessidades.

Futuramente, deveriam ser tomadas ações que permitissem um melhor controlo dos processos. Os indicadores de tempo total perdido, e da rejeição interna, apresentavam inúmeras oportunidades de análise dos processos, no entanto, o registo dos mesmos deveria ser mais rigoroso e representativo da realidade dos acontecimentos. Através desses indicadores num sistema de registo e cálculo automatizado, seria possível um rastreamento diário do OEE das linhas de montagem, conseguindo identificar e atuar precocemente nas limitações dos processos.

O indicador de PPH era uma importante ferramenta para analisar o desempenho de um grupo de operadores para cada linha de montagem, no entanto, os valores registados de forma geral eram bastante superiores aos objetivos propostos pela empresa. A melhoria contínua procura uma constante evolução e desenvolvimento dos processos e das pessoas. A definição de objetivos deve acompanhar a evolução dos processos, estimulando as pessoas a um melhor desempenho. Propor objetivos que facilmente são alcançados, impossibilita o desenvolvimento e a superação do Homem.

O indicador de RO interno, apresentado pela empresa, limitava a análise ao desempenho de um processo face às suas capacidades. É importante produzir apenas o necessário e conforme as necessidades dos clientes, no entanto é necessário conjugar esta abordagem com as melhores práticas para este objetivo. O valor de RO interno deveria ser utilizado para análise e controlo do cumprimento das necessidades da empresa. Desse modo, os valores definidos como objetivo deveriam focar-se nas necessidades dos processos, podendo ser alterado com maior frequência, de forma a garantir um controlo contínuo face às flutuações de mercado. O indicador RO calculado que

foi utilizado neste estudo para avaliar o desempenho de um processo em função da sua capacidade, poderia ser adotado para o controlo diário dos mesmos.

A implementação da estação de clipagem seria uma mais-valia para uma simplificação de processos e redução dos desperdícios. Identificar uma falha o mais próximo possível da sua ocorrência representa uma diminuição de custos e do impacto da mesma. Através desta estação seria possível calcular de forma eficaz a taxa de incidência das não conformidades. Desse modo, a empresa poderia definir um objetivo para o qual o problema seria considerado como resolvido, eliminando de forma definitiva esta duplicação de verificações (operador e Auto 9).

Para além de todos estes fatores, a interação entre produção e logística poderia ser otimizada. O abastecimento das linhas era, em muitos casos, realizado com excessos de stock. Os pedidos de abastecimento das linhas eram efetuados pelos operadores, que ao terminarem uma caixa de matéria-prima, requisitavam com o código de barras da mesma no leitor de *kanban*. Desta forma, os stocks existentes nas linhas dependiam dos operadores, que faziam as requisições de acordo com aquilo que estes consideravam ser necessário. Este método poderia ser substituído por um *kanban* eletrónico, baseado num cálculo de stock mínimo e máximo de acordo com os tempos estabilizados de produção e abastecimentos. No entanto, para que esse modo de operar fosse implementado com sucesso, seria necessário que todos os intervenientes cumprissem com os procedimentos e que os processos apresentassem uma maior estabilidade face à verificada.

A implementação de planos de manutenção preventiva seria uma mais-valia no aumento do desempenho das linhas de montagem. À data, para os processos cujo nº de operadores era superior às necessidades das linhas, com uma ocupação total dos postos de trabalho, as múltiplas microparagens registadas, devido a encravamentos, sujidade ou incumprimento de parâmetros das máquinas, era o principal constrangimento aos processos. A realização de manutenções preventivas poderia levar a uma diminuição da ocorrência de paragens das máquinas, maximizando o tempo de operação das mesmas e consequentemente, o desempenho das linhas de montagem.



## Bibliografia

- Andersen, B., & Fagerhaug, T. (2000). Root cause analysis. In *Cereal Foods World* (Vol. 45, Issue 7).
- Battaia, O., Delorme, X., Dolgui, A., Hagemann, J., Horlemann, A., Kovalev, S., & Malyutin, S. (2015). Workforce minimization for a mixed-model assembly line in the automotive industry. *International Journal of Production Economics*, 170, 489–500. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.05.038>
- Becker, C., & Scholl, A. (2006). A survey on problems and methods in generalized assembly line balancing. *European Journal of Operational Research*, 168(3), 694–715. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.07.023>
- Bresky, N. (2007). Root Cause Analysis: Simplified Tools and Techniques. In *Technometrics* (Vol. 49, Issue 3, pp. 364–364). <https://doi.org/10.1198/tech.2007.s514>
- Cannas, V. G., Pero, M., Pozzi, R., & Rossi, T. (2018). Complexity reduction and kaizen events to balance manual assembly lines: an application in the field. *International Journal of Production Research*, 56(11), 3914–3931. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1427898>
- Celo, O., Braakmann, D., & Benetka, G. (2008). Quantitative and qualitative research: Beyond the debate. In *Integrative Psychological and Behavioral Science* (Vol. 42, Issue 3, pp. 266–290). Springer New York. <https://doi.org/10.1007/s12124-008-9078-3>
- Crowe, S., Cresswell, K., Robertson, A., Huby, G., Avery, A., & Sheikh, A. (2011). The case study approach. *BMC Medical Research Methodology*, 11. <https://doi.org/10.1186/1471-2288-11-100>
- Erel, E., & Sarin, S. C. (1998). A survey of the assembly line balancing procedures. *Production Planning and Control*, 9(5), 414–434. <https://doi.org/10.1080/095372898233902>
- Hansen, R. C. (2001). *Overall Equipment Effectiveness: A powerful production/maintenance tool for increased profits*. Industrial Press Inc.
- Hinde, R. A. (1973). On the design of check-sheets. *Primates*, 14(4), 393–406. <https://doi.org/10.1007/BF01731360>
- Hu, S. J., Ko, J., Weyand, L., Elmaraghy, H. A., Lien, T. K., Koren, Y., Bley, H., Chryssolouris, G., Nasr, N., & Shpitalni, M. (2011). Assembly system design and operations for product variety. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 60(2), 715–733. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2011.05.004>
- Liker, J. K. (2004). The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer. In *CWL Publishing Enterprises, Inc., Madison* (Vol. 2004). <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cbdv.200490137/abstract>
- Mahto, D., Kumar, ; A, Mahto, D., & Kumar, A. (2008). *Application of root cause analysis in improvement of product quality and productivity*. <https://doi.org/10.3926/jiem.2008.v1n2.p16-53>
- Nicolini, D., Waring, J., & Mengis, J. (2011). Policy and practice in the use of root cause analysis to investigate clinical adverse events: Mind the gap. *Social Science and Medicine*, 73(2), 217–225. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2011.05.010>
- Ohno, T. (1998). *Toyota production system: Beyond large-scale production*. Productivity Press.
- Onwuegbuzie, A. J., & Leech, N. L. (2005). Taking the “q” out of research: Teaching research methodology courses without the divide between quantitative and qualitative paradigms. *Quality and Quantity*, 39(3), 267–295. <https://doi.org/10.1007/s11135-004-1670-0>
- Ozan Yilmazlar, I., Jeyes, A., Fiore, A., Patel, A., Spence, C., Wentzky, C., Zero, N., Kurz, M. E., Summers, J. D., &



- Taaffe, K. M. (2020). A case study in line balancing and simulation. *Procedia Manufacturing*, 48, 71–81. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.05.076>
- Pearce, L. D. (2012). Mixed Methods Inquiry in Sociology. *American Behavioral Scientist*, 56(6), 829–848. <https://doi.org/10.1177/0002764211433798>
- Pintzos, G., Triantafyllou, C., Papakostas, N., Mourtzis, D., & Chryssolouris, G. (2016). Assembly precedence diagram generation through assembly tiers determination. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 29(10), 1045–1057. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2015.1130260>
- Realyvásquez-Vargas, A., Arredondo-Soto, K. C., Blanco-Fernandez, J., Sandoval-Quintanilla, J. D., Jiménez-Macías, E., & García-Alcaraz, J. L. (2020). Work standardization and anthropometric workstation design as an integrated approach to sustainable workplaces in the manufacturing industry. *Sustainability (Switzerland)*, 12(9), 1–22. <https://doi.org/10.3390/su12093728>
- Realyvásquez-Vargas, A., Arredondo-Soto, K. C., Carrillo-Gutiérrez, T., & Ravelo, G. (2018). Applying the Plan-Do-Check-Act (PDCA) cycle to reduce the defects in the manufacturing industry. A case study. *Applied Sciences (Switzerland)*, 8(11). <https://doi.org/10.3390/app8112181>
- Sabuncuoglu, I., Erel, E., & Tanyer, M. (2000). Assembly line balancing using genetic algorithms. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 11(3), 295–310. <https://doi.org/10.1023/A:1008923410076>
- Sharma, A. K., & Suresh, N. (2009). *Production and operations management*. New Age International Pvt Ltd Publishers.
- Simaria, A. S., & Vilarinho, P. M. (2009). 2-ANTBAL: An ant colony optimisation algorithm for balancing two-sided assembly lines. *Computers and Industrial Engineering*, 56(2), 489–506. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2007.10.007>
- Sivasankaran, P., & Shahabudeen, P. (2014). Literature review of assembly line balancing problems. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 73(9–12), 1665–1694. <https://doi.org/10.1007/s00170-014-5944-y>
- Stevenson, W. J. (2018). Operations Management, thirteenth edition. In *McGraw-Hill Education* (Vol. 9, Issue 4). McGraw-Hill Education. <https://doi.org/10.1097/00006565-199308000-00018>
- Thyssen, J., Israelsen, P., & Jørgensen, B. (2006). Activity-based costing as a method for assessing the economics of modularization-A case study and beyond. *International Journal of Production Economics*, 103(1), 252–270. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2005.07.004>
- Woloshynowych, M., Rogers, S., Taylor-Adams, S., & Vincent, C. (2005). The investigation and analysis of critical incidents and adverse events in healthcare. *Health Technology Assessment*, 9(19). <https://doi.org/10.3310/hta9190>
- Womack, J., & Jones, D. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. New York: Free Press.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (2007). *The machine that changed the world*.

# Anexos

## Anexo 1 – Tempos de ciclo observados dos postos de trabalho linha A1

<b>Tempos observados</b>																																											
Linha: A1											Data: 04/12/2020											Realizado por: Rafael Adão																					
Projeto:											Porta: 1											Tamanho Amostra (N): 20											Takt-time: 17,1 seg/jogo										
Nr.	Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Média	Desvio	NF	Desempenho	Final																	
P1	Coloca espadim	2,7	2,6	2,3	1,9	3,2	2,3	2,4	2,9	2,3	1,7	2,7	2,4	3,2	1,9	2,1	2,5	2,8	2,1	2,5	2,7	2,5	0,40	26	100%	2,5																	
AUT 1	Fresa e polir	9,8	9,7	9,8	9,9	9,7	9,8	9,9	9,7	9,8	9,6	9,6	9,6	9,7	9,6	9,7	9,6	9,7	9,8	9,8	9,6	9,7	0,10	20	100%	9,7																	
P2	Monta cilindros	7,8	8,4	8,6	7,8	7,8	8,2	10,4	8,7	7,6	8,5	8,5	7,4	7,6	9,7	9,0	8,7	7,5	8,0	8,7	8,1	8,4	0,73	4	100%	8,4																	
P3	Lubrifica + cargaça	6,4	5,8	5,9	5,1	6,2	5,5	5,7	5,7	5,6	4,7	4,9	3,9	5,1	4,8	6,0	5,1	5,5	6,1	4,9	3,8	5,3	0,69	10	100%	5,3																	
P4	Monta paddel	8,3	9,5	8,0	8,7	8,0	9,4	8,0	8,0	8,1	8,6	9,9	14,7	8,0	13,1	7,0	9,7	8,9	9,4	16,1	9,2	9,5	2,31	10	110%	10,5																	
AUT 2	EOL porta	11,2	11,5	11,4	11,5	11,7	11,6	11,5	11,4	11,7	11,3	11,6	11,5	11,5	11,4	11,6	11,5	11,3	11,5	11,6	11,7	11,5	0,13	20	100%	11,5																	
P5	Monta cabeça	9,5	9,7	9,6	9,1	8,4	9,6	9,7	10,3	8,8	9,2	9,9	9,1	8,7	9,6	10,5	9,7	9,1	10,6	9,8	9,7	9,5	0,56	2	100%	9,5																	
P6	Leitor código	12,3	12,2	13,1	12,0	13,2	10,0	9,7	11,5	11,7	9,3	12,3	12,6	10,1	10,4	10,8	11,6	12,1	10,3	12,4	12,5	11,5	1,15	3	100%	11,5																	
P7	Controlo final	12,8	10,3	13,2	10,5	11,5	13,3	12,6	10,5	11,3	11,7	10,6	11,0	12,6	10,4	11,1	12,4	12,4	11,3	12,3	12,1	11,7	0,95	3	100%	11,7																	
P8	Embalamento	10,0	9,6	12,6	10,1	8,5	10,6	9,0	12,7	11,1	10,7	11,0	13,3	10,4	9,8	10,0	12,3	10,2	10,0	10,1	11,1	10,7	1,22	4	100%	10,7																	
<b>Nr.</b>	<b>Descrição</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>39</b>	<b>40</b>																						
P1	Coloca espadim	2,4	2,8	2,5	2,1	1,9	2,8																																				

<b>Nível de confiança (Z)</b>	95%	1,96
<b>Precisão (p)</b>	0,01	0,07
<b>Máquina</b>		
<b>Operador</b>		

## Tempo padrão e capacidade da linha A1

Linha: A1

Data: 10/12/2020

Realizado por: Rafael Adão

Projeto: 1 porta

Takt-time: 17,1 seg./jogo

Posto	Descrição	Tempo Normal (s)	Fator de tolerância (%)	Tempo padrão (s)	Capacidade (peças/h)
P1	Colocar espadim	2,5	11%	2,8	1297
AUT 1	Fresa + polir	9,7	9%	10,6	340
P2	Monta cilindro	8,4	11%	9,3	386
P3	Lubrifica + carcaça	5,3	11%	5,9	612
P4	Monta <i>paddle</i>	10,5	11%	11,7	309
AUT 2	EOL porta	11,5	9%	12,5	287
P5	Mont. cabeça metálica	9,5	11%	10,5	341
P6	Leitor de código	11,5	11%	12,8	282
P7	Controlo final	11,7	11%	13,0	<b>277</b>
P8	Embalamento	10,7	11%	11,9	303
<b>Eficiência do balanceamento</b>					<b>75%</b>
<b>Nº de postos de trabalho ótimo</b>					<b>4,6</b>
<b>Capacidade do recurso gargalo</b>					<b>277</b>

## Tempos observados

Linha: B1																										
Tipo: Plástico preto sem PL										Data: 02/11/2021					Realizado por: Rafael Adão											
Cilpa: SIM										PL NÃO					Tamanho Amostra (N): 20					Takt-time: 36.5 seg.						
Nr.	Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Média	Desvio	NF	Desempenho	Final
P1	Fresa	11,4	10,6	10,7	10,5	10,8	10,4	10,8	10,3	11	10,3	10,4	10,3	10,9	10,3	10,6	10,3	10,6	11,4	11	10,8	10,7	0,34	1	100%	10,7
P2	Coloca componentes	4,4	4,3	5,2	4,7	5,3	4,7	4,2	5,9	5,2	6,3	5,5	5	4,3	5,2	5,7	4,6	4,2	4,6	4,6	4,7	4,9	0,58	10	100%	4,9
Auto 1	Monta cilindros	5,6	5,6	5,5	5,6	5,6	5,5	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,5	5,6	5,6	5,6	5,4	5,6	5,6	5,5	5,6	0,06	35	100%	5,6
P3	Verifica molas	3,6	1,9	3,4	3,9	3,4	3,2	2,6	2,9	4,1	3,4	3,5	3,3	3,7	4,5	3,1	3,3	3	2,6	3,1	3,3	3,3	0,55	20	100%	3,3
Auto 2	Lubrifica cargaça	8,2	8,2	8,2	8,3	8,2	8,2	8,3	8,2	8,2	8,2	8,2	8,3	8,2	8,3	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,3	8,2	0,04	13	100%	8,2
P4	Monta casquilho	10,4	8,8	10,4	9,1	10,9	10,6	7,9	7,8	9,2	9,3	9,2	9,7	9	7,9	10,1	9,6	9,8	11,4	9,9	10,1	9,6	0,96	4	100%	9,6
Auto 3	Rolo	12,1	12,1	12,1	12	12	12,1	12,1	11,9	12,1	12,1	12,1	12,1	12	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,2	12,1	0,06	8	100%	12,1
Auto 4	Acoplamento	6,3	6,2	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,2	6,3	6,3	6,3	6,2	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	0,04	18	100%	6,3
Auto 5	Crava lâminas	10,4	10,4	10,4	10,4	10,5	10,4	10,4	10,4	10,3	10,5	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,5	10,4	10,4	10,3	10,4	0,05	9	100%	10,4
Auto 6	EOL porta	13,3	13,2	13,3	13,4	13,3	13,3	13,4	13,3	13,2	13,3	13,3	13,3	13,4	13,3	13,2	13,3	13,3	13,3	13,2	13,3	13,3	0,06	7	100%	13,3
Auto 7	EOL chave	11,6	11,7	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,7	11,5	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,5	11,6	11,6	0,04	7	100%	11,6
P5	Clipagem	4,1	4,8	5,6	4,3	4,5	4,7	4,9	5,2	3,9	4,6	5,2	4,6	4,8	4,2	4,9	5,1	4,2	4,3	3,9	4,5	4,6	0,45	8	100%	4,6
P6	Verifica 1ª chave	5,9	6,3	4,2	4,9	5,1	5,8	5,6	5	4,8	6,5	5,4	4,7	5,1	5	4,9	4,6	5,1	5,2	5,4	4,7	5,2	0,56	8	100%	5,2
	Verifica 2ª chave	5,1	4,9	5	5,1	4,7	4,6	5,3	5	5,1	4,9	5,2	5,1	4,8	5,1	5	4,7	5,3	5	4,9	5,2	5,0	0,19	3	100%	5,0
	Total	11	11,2	9,2	10	9,8	10,4	10,9	10	9,9	11,4	10,6	9,8	9,9	10,1	9,9	9,3	10,4	10,2	10,3	9,9	10,2	0,57	2	100%	10,2
P7	Leitor código	13,7	12,6	11,8	11,6	12,3	12,9	14,5	12,5	12,4	11,6	10,9	13,2	12,5	12,2	10,8	12,1	12,5	11,7	12	13,9	12,4	0,91	2	100%	12,4
P8	Embalamento	12	12,1	13,4	12,2	11,7	10,5	10,9	11,3	15,2	11,6	12,2	12,5	12	12,8	13,1	12,5	11,4	12,5	12,1	12,9	12,2	0,98	3	100%	12,2
Nr.	Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Média	Desvio	NF	Desempenho	Final
Auto 1	Monta cilindros	5,6	5,6	5,6	5,5	5,6	5,5	5,6	5,5	5,6	5,6	5,6	5,5	5,6	5,6	5,6						5,6	0,04		100%	5,6

<b>Nível de confiança (Z)</b>	
95%	1,96

<b>Máquina</b>		<b>Operador</b>	
Precisão (p)	0,01	0,01	0,07

## Tempos observados

<b>Linha: B2</b>		<b>Data: 18/2/2021</b>																				<b>Realizado por: Rafal Adão</b>				
<b>Projeto: Todos</b>		<b>Tamanho Amostra (N): 20</b>																				<b>Takt-time: 16.6 seg.</b>				
Nr.	Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Média	Desvio	NF	Desempenho	Final
Aut 1	Fresa	12,4	12,3	12,2	12,2	12,4	12,1	12,4	12,4	12,3	12,5	12,4	12,3	12,4	12,4	12,5	12,3	12,4	12,4	12,3	12,3	12,4	0,10	13	100%	12,4
P3	Monta casquilho	7,4	7,5	7,4	7,1	7,6	7,3	7	7,4	8,2	7,4	8,1	7,6	7,3	7,7	7,8	7,1	7,7	7,5	7,7	8	7,5	0,32	2	120%	9,0
Aut 4	Rolo	7,8	7,9	7,8	7,7	7,8	7,8	7,7	7,7	7,7	7,8	7,8	7,7	7,7	7,7	7,8	7,8	7,7	7,7	7,7	7,7	7,8	0,06	19	100%	7,8
Aut 7	EOL porta	12,4	12,1	12,4	12,3	12,3	12,2	12,4	12,2	12,3	12,1	12,5	12,1	12,4	12,1	12,4	12,2	12,2	12,6	12,2	12,4	12,3	0,14	18	100%	12,3
Aut 8	EOL chave	11	11	11,3	11,1	11,1	10,9	11,1	11,1	10,9	10,8	11	10,9	11	10,9	11,1	11	11	11	11,1	11,2	11,0	0,11	18	100%	11,0
P6	Leitor chaves	Igual a B1 = 12,4																								
P7	Embalamento	Igual a B1 = 12,2																								

<b>Nível de confiança (Z)</b>	1,96
95%	

<b>Máquina</b>	0,01	<b>Operador</b>	0,07
<b>Precisão (p)</b>			

## Tempos observados

<b>Linha: B2</b>		<b>Data: 18/2/2021</b>																				<b>Realizado por: Rafal Adão</b>					
<b>Projeto: Plástico preto com PL</b>		<b>Porta-Luvas: SIM</b>																				<b>Clipa: SIM</b>		<b>Tamanho Amostra (N): 20</b>		<b>Takt-time: 16.6 seg.</b>	
Nr.	Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Média	Desvio	NF	Desempenho	Final	
P1	Coloca componentes	Igual a B3 = 9,8																									
Aut 2	Manipulador	12,1	12	12	12,4	12	12	12	12,2	12	12,1	12,2	12,4	12,1	12,2	12,1	12	12,3	12,2	12,1	12	12,1	0,13	17	100%	12,1	
P2	Verificar linguetas PL	3,4	4	3,2	4,6	3,2	3,9	3,4	3,5	3,2	4	3,5	4,2	4,1	3,6	3,9	4,2	3,3	4,3	3,8	4,1	3,8	0,41	12	110%	4,1	
	Verifica PL e porta	6,7	7,3	6,5	7,9	6,5	7,2	6,7	6,8	6,5	7,3	6,8	7,5	7,4	6,9	7,2	7,5	6,6	7,6	7,1	7,4	7,1	0,41	3	110%	7,8	
Aut 3	Lubrifica cargaça	6,5	6,2	6,3	6,2	6,3	6,2	6,3	6,4	6,3	6,3	6,5	6,2	6,2	6,3	6,3	6,4	6,3	6,3	6,3	6,2	6,3	0,09	1	100%	6,3	
Aut 4	Acoplamento	9,2	9,1	9,2	9,2	9,4	9,2	9,1	9,4	9,2	9,1	9,2	9,2	9,1	9,2	9,2	9,3	9,1	9,1	9,3	9,2	9,2	0,09	20	100%	9,2	
Aut 6	Crava lâminas	10,9	10,9	10,9	11	11	10,9	11,1	10,8	10,8	10,9	11	11	10,9	10,9	11,1	11	11	10,9	10,9	10,8	10,9	0,09	14	100%	10,9	
P4	Clipar	Igual a B1 = 4,6																									
P5	Verifica final PL	2,6	2,3	2,4	2,8	2,8	2,5	3	3,1	2,1	2,4	2,6	3,1	2,9	2,1	2,5	2,6	3,4	2,1	2,4	2,8	2,6	0,35	20	100%	2,6	
	Verifica final porta	Igual a B1 = 10,2																									
Total		12,8	12,5	12,6	13,0	13,0	12,7	13,2	13,3	12,3	12,6	12,8	13,3	13,1	12,3	12,7	12,8	13,6	12,3	12,6	13,0	12,8	0,35	1	100%	12,8	

<b>Nível de confiança (Z)</b>	1,96
95%	

<b>Máquina</b>	0,01	<b>Operador</b>	0,07
<b>Precisão (p)</b>			

## Tempos observados

<b>Linha: B2</b>		<b>Data: 19/2/2021</b>										<b>Realizado por: Rafael Adão</b>														
<b>Projeto: Plástico preto sem PL</b>		<b>Porta-Luvas: NÃO</b>										<b>Clipa</b>	<b>SIM</b>	<b>Tamanho Amostra (N): 20</b>	<b>Takt-time: 16.6 seg.</b>											
<b>Nr.</b>	<b>Descrição</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	<b>Média</b>	<b>Desvio</b>	<b>NF</b>	<b>Desempenho</b>	<b>Final</b>
P1	Coloca componentes	Igual a B3 = 8																								
Aut 2	Manipulador	5,6	5,4	5,5	5,5	5,6	6,1	5,6	5,6	5,6	5,4	5,5	5,4	6,1	5,5	5,5	5,6	5,6	5,7	5,5	5,6	5,6	0,19	116	100%	5,6
P2	Verificar linguetas porta	Igual a B1 = 3,3																								
P4	Clipar	Igual a B1 = 4,6																								
P5	Verifica final porta	Igual a B1 = 10,2																								

<b>Nível de confiança (Z)</b>	
95%	1,96

<b>Máquina</b>	<b>Operador</b>
0,01	0,07

## Tempos observados

<b>Linha: B2</b>		<b>Data: 19/2/2021</b>										<b>Realizado por: Rafael Adão</b>															
<b>Projeto: Circular sem PL</b>		<b>Porta-Luvas: NÃO</b>										<b>Clipa</b>	<b>NÃO</b>	<b>Tamanho Amostra (N): 20</b>	<b>Takt-time: 16.6 seg.</b>												
<b>Nr.</b>	<b>Descrição</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	<b>Média</b>	<b>Desvio</b>	<b>NF</b>	<b>Desempenho</b>	<b>Final</b>	
P1	Coloca componentes	Igual a B3 = 8																									
Aut 3	Lubrifica carcaça	6,8	6,7	6,8	6,8	6,8	6,8	6,9	6,8	6,8	6,8	6,9	6,8	6,8	6,8	6,8	6,7	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	0,04	19	100%	6,8	
Aut 5	Acoplamento	10,1	10	10	10	9,9	10	10	10	10,1	10	9,8	10,1	10	10,1	10	10	10	10	9,9	10	10,1	10,0	0,07	14	100%	10,0
Aut 6	Crava lâminas	10,6	10,6	10,5	10,6	10,7	10,6	10,6	10,5	10,6	10,6	10,7	10,7	10,6	10,6	10,6	10,7	10,5	10,6	10,6	10,4	10,6	0,07	13	100%	10,6	
P5	Verifica final porta	Igual a B1 = 10,2																									

<b>Nível de confiança (Z)</b>	
95%	1,96

<b>Máquina</b>	<b>Operador</b>
0,01	0,07

# Tempos observados da linha B3

Linha: B3

Data: 24/2/2021

Realizado por: Rafael Adão

Projeto: Todos

Tamanho Amostra (N): 20

Takt-time: 16,9 seg.

Nr.	Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Média	Desvio	NF	Desempenho	Final
Au 9	EOL chave	11,2	11,3	11,2	11,2	11,2	11,3	11	11,1	11,3	11,2	11,3	11,2	11,3	11,3	11,2	11,3	11,3	11,3	11,2	11,2	11,2	0,08	12	100%	11,2
Au 1	Fresa/Polir	11,1	10,9	10,9	10,9	11	11,1	11,1	11,2	11,3	11,2	11,1	11,1	11	10,9	10,9	11,1	11,2	11	10,9	11,1	11,1	0,12	19	100%	11,1
Au 4	Lubri. Carcaça	12,3	12,3	12,3	12,3	12,3	12,3	12,4	12,2	12,3	12,3	12,3	12,2	12,3	12,3	12,4	12,4	12,3	12,3	12,3	12,3	12,3	0,05	6	100%	12,3
P2	Monta casquilho	10,3	11,7	9,2	11	10,9	9,7	9,7	11,1	9,9	11,9	11,5	11,8	11,8	9,6	9,7	9,9	10,9	9,8	10,1	11,1	10,6	0,86	3	110%	11,6
Au 5	Rolo	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,6	11,5	11,5	11,5	11,4	11,6	11,5	11,5	11,5	11,6	11,5	11,5	0,04	6	100%	11,5
Au 6	Acoplamento	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,2	11,1	11,3	11	11,1	11,2	11,2	11,1	11,1	11,3	11,2	11,1	11,1	0,07	12	100%	11,1
Au 7	Crava lâminas	14,3	13,9	13,8	14,1	13,9	13,9	13,8	14	13,9	13,9	15,2	14	14,1	13,9	14	14	13,8	14,1	13,9	14	14,0	0,29	29	100%	14,0
Au 8	EOL porta	11,6	11,7	11,6	11,6	11,6	11,6	11,7	11,6	11,5	11,7	11,7	11,6	11,6	11,6	11,6	11,7	11,7	11,8	11,6	11,7	11,6	0,07	10	100%	11,6
P4	Verifica final porta	Igual a B1 = 10,2																								
P5	Leitor chaves	Igual a B1 = 12,4																								
P6	Embalamento	Igual a B1 = 12,2																								
Nr.	Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Média	Desvio	NF	Desempenho	Final
Au 7	Crava lâminas	13,9	13,8	14,1	13,9	14,2	14	13,7	13,9	14,3												14,0	0,27	27	100%	14,0

<b>Nível de confiança (Z)</b>	
95%	1,96

<b>Precisão (p)</b>	<b>Máquina</b>	<b>Operador</b>
	0,01	0,07

## Tempos observados

Linha: B3																										
Projeto: Plástico preto com PL										Porta-Luvas: SIM																
Data: 23/2/2021																										
Realizado por: Rafal Adão										Realizado por: Rafal Adão																
Clipa: SIM										Tamanho Amostra (N): 20																
Takt-time: 16,9 seg.										Takt-time: 16,9 seg.																
Nr.	Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Média	Desvio	NF	Desempenho	Final
P1	Coloca componentes	9,5	9,6	9,9	9,4	9,1	10,8	9,9	9,2	9,3	10,1	9,7	9,5	10,6	9,2	10,2	9,8	9,4	10,4	9,5	10,1	9,8	0,47	2	100%	9,8
Au 3	Manipulador	10,7	10,9	10,6	10,6	10,8	10,9	10,7	10,8	10,9	10,7	10,9	10,6	10,8	10,8	10,6	10,8	10,7	10,6	10,8	10,6	10,7	0,11	19	100%	10,7
Clipagem		Igual a B1 = 4,6																								
P3	Verifica final PL	7	6,9	6,5	7,1	6,2	6,9	7	5,9	6,1	6,5	6,8	7,3	6,7	7,1	7	6,9	7,1	6,5	6,8	7,5	6,8	0,39	3	90%	6,1
	Total	11,6	11,5	11,1	11,7	10,8	11,5	11,6	10,5	10,7	11,1	11,4	11,9	11,3	11,7	11,6	11,5	11,7	11,1	11,4	12,1	11,4	0,39	1	95%	10,8

Nível de confiança (Z)	
95%	1,96

Máquina	Operador
Precisão (p)	0,01
	0,07

## Tempos observados

Linha: B3																										
Projeto: Plástico preto sem PL										Porta-Luvas: NÃO																
Data: 23/2/2021																										
Realizado por: Rafal Adão										Realizado por: Rafal Adão																
Clipa: SIM										Tamanho Amostra (N): 20																
Takt-time: 16,9 seg.										Takt-time: 16,9 seg.																
Nr.	Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Média	Desvio	NF	Desempenho	Final
P1	Coloca componentes	7,8	8,1	9,2	6,9	8,1	7,6	7,5	8,2	7,9	7,4	8,6	9	8,2	8,1	7,6	7,4	8,2	8	9,1	7,3	8,0	0,60	4	100%	8,0
Au 3	Manipulador	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,8	5,9	5,9	5,9	5,8	5,9	5,8	5,8	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	0,04	20	100%	5,9
P3	Clipagem	Igual a B1 = 4,6																								

Nível de confiança (Z)	
95%	1,96

Máquina	Operador
Precisão (p)	0,01
	0,07



#### Anexo 4 - Tabelas do tempo padrão dos postos das linhas B

<b>Tempo padrão e capacidade B1</b>					
Linha: B1		Data: 03/02/2021		Realizado por: Rafael Adão	
Projeto: Plástico sem PL			Takt-time: 35,6 seg.		
Posto	Descrição	Tempo Normal (s)	Fator de tolerância (%)	Tempo padrão (s)	Capacidade (peças/h)
P1	Fresa	10,7	11%	11,9	303
P2	Coloca componentes	4,9	11%	5,4	662
Au 3	Manipulador	5,6	9%	6,1	590
P3	Verifica linguetas	3,3	11%	3,7	983
Au 4	Lubrifica Carcaça	8,2	9%	8,9	403
P4	Monta casquilho	9,6	11%	10,7	338
Au 5	Rolo	12,1	9%	13,2	273
Au 6	Acoplamento	6,3	9%	6,9	524
Au 7	Crava lâminas	10,4	12%	11,6	309
Au 8	EOL porta	13,3	9%	14,5	248
Au 9	EOL chave	11,6	9%	12,6	285
P5	Clipagem	4,6	11%	5,1	705
P6	Controlo final	10,2	11%	11,3	318
P7	Leitor código	12,4	11%	13,8	262
P8	Embalamento	12,2	11%	13,5	266
<b>Eficiência do balanceamento</b>					<b>68%</b>
<b>Nº de postos de trabalho ótimo</b>					<b>2,1</b>
<b>Capacidade do recurso gargalo</b>					<b>248</b>

<b>Tempo padrão e capacidade B2</b>					
Linha: B2		Data: 03/02/2021		Realizado por: Rafael Adão	
Projeto: Plástico com PL			Takt-time: 16,6 seg.		
Posto	Descrição	Tempo Normal (s)	Fator de tolerância (%)	Tempo padrão (s)	Capacidade (peças/h)
P1	Coloca componentes	9,8	11%	10,9	331
Au 1	Fresa	12,4	9%	13,5	266
Au 3	Manipulador	12,1	9%	13,2	273
P2	Verifica linguetas + Ver PL	7,8	11%	8,7	416
Au 4	Lubrifica carcaça	6,3	9%	6,9	524
P3	Monta casquilho	9	11%	10,0	360
Au 5	Coloca rolo	7,8	9%	8,5	423
Au 6	Coloca acoplamento	9,2	9%	10,0	359
Au 7	Crava lâminas	10,9	12%	12,2	295
Au 8	EOL porta	12,3	9%	13,4	269
Au 9	EOL chave	11	9%	12,0	300
P4	Clipagem	4,6	11%	5,1	705
P5	Controlo final	12,8	11%	14,2	253
P6	Leitor código mecânico	12,4	11%	13,8	262
P7	Embalamento	12,2	11%	13,5	266
<b>Eficiência do balanceamento</b>					<b>77%</b>
<b>Nº de postos de trabalho ótimo</b>					<b>4,6</b>
<b>Capacidade do recurso gargalo</b>					<b>253</b>

## Tempo padrão e capacidade B2

Linha: B2

Data: 03/02/2021

Realizado por: Rafael Adão

Projeto: Plástico sem PL

Takt-time: 16,6 seg.

Posto	Descrição	Tempo Normal (s)	Fator de tolerância (%)	Tempo padrão (s)	Capacidade (peças/h)
P1	Coloca componentes	8	11%	8,9	405
Au 1	Fresa	12,4	9%	13,5	266
Au 3	Manipulador	5,6	9%	6,1	590
P2	Verifica linguetas	3,3	11%	3,7	983
Au 4	Lubrifica carcaça	6,3	9%	6,9	524
P3	Monta casquilho	9	11%	10,0	360
Au 5	Coloca rolo	7,8	9%	8,5	423
Au 6	Coloca acoplamento	9,2	9%	10,0	359
Au 7	Crava lâminas	10,9	12%	12,2	295
Au 8	EOL porta	12,3	9%	13,4	269
Au 9	EOL chave	11	9%	12,0	300
P4	Clipagem	4,6	11%	5,1	705
P5	Controlo final	10,2	11%	11,3	318
P6	Leitor código mecânico	12,4	11%	13,8	262
P7	Embalamento	12,2	11%	13,5	266
<b>Eficiência do balanceamento</b>					<b>69%</b>
<b>Nº de postos de trabalho ótimo</b>					<b>4,0</b>
<b>Capacidade do recurso gargalo</b>					<b>262</b>

## Tempo padrão e capacidade B2

Linha: B2

Data: 03/02/2021

Realizado por: Rafael Adão

Projeto: Circular sem PL

Takt-time: 16,6 seg.

Posto	Descrição	Tempo Normal (s)	Fator de tolerância (%)	Tempo padrão (s)	Capacidade (peças/h)
P1	Coloca componentes	8,0	11%	8,9	405
Au 1	Fresa	12,4	9%	13,5	266
Au 3	Manipulador	5,6	9%	6,1	590
P2	Verifica linguetas	3,3	11%	3,7	983
Au 4	Lubrifica carcaça	6,8	9%	7,4	486
P3	Monta casquilho	9,0	11%	10,0	360
Au 5	Coloca rolo	7,8	9%	8,5	423
Au 6	Coloca acoplamento	10,0	9%	10,9	330
Au 7	Crava lâminas	10,6	12%	11,9	303
Au 8	EOL porta	12,3	9%	13,4	269
Au 9	EOL chave	11,0	9%	12,0	300
P5	Controlo final	10,2	11%	11,3	318
P6	Leitor código mecânico	12,4	11%	13,8	262
P7	Embalamento	12,2	11%	13,5	266
<b>Eficiência do balanceamento</b>					<b>74%</b>
<b>Nº de postos de trabalho ótimo</b>					<b>3,7</b>
<b>Capacidade do recurso gargalo</b>					<b>262</b>

## Tempo padrão e capacidade da linha B3

Linha: B3

Data: 04/03/2021

Realizado por: Rafael Adão

Projeto: Plástico preto com PL

Takt-time: 16,9 seg.

Posto	Descrição	Tempo Normal (s)	Fator de tolerância (%)	Tempo padrão (s)	Capacidade (peças/h)
P1	Coloca componentes	9,8	11%	10,9	331
Au 9	EOL chave	11,2	9%	12,2	295
Au 1	Fresa/Polir	11,1	9%	12,1	298
Au 3	Manipulador	10,7	9%	11,7	309
Au 4	Lubrificação de carcaça	12,3	9%	13,4	269
P2	Monta casquilho	11,6	11%	12,9	280
Au 5	Coloca rolo	11,5	9%	12,5	287
Au 6	Coloca acoplamento	11,1	9%	12,1	298
Au 7	Crava lâminas	14	12%	15,7	229
Au 8	EOL verificação	11,6	9%	12,6	285
P3	Clipagem + Ver.PL	10,8	11%	12,0	300
P4	Controlo final	10,2	11%	11,3	318
P5	Leitor código mecânico	12,4	11%	13,8	262
P6	Embalamento	12,2	11%	13,5	266
<b>Eficiência do balanceamento</b>					<b>90%</b>
<b>Nº de postos de trabalho ótimo</b>					<b>4,4</b>
<b>Capacidade do recurso gargalo</b>					<b>229</b>

## Tempo padrão e capacidade da linha B3

Linha: B3

Data: 05/03/2021

Realizado por: Rafael Adão

Projeto: Plástico preto sem PL

Takt-time: 16,9 seg.

Posto	Descrição	Tempo Normal (s)	Fator de tolerância (%)	Tempo padrão (s)	Capacidade (peças/h)
P1	Coloca componentes	8	11%	8,9	405
Au 9	EOL chave	11,2	9%	12,2	295
Au 1	Fresa/Polir	11,1	9%	12,1	298
Au 3	Manipulador	5,9	9%	6,4	560
Au 4	Lubrificação de carcaça	12,3	9%	13,4	269
P2	Monta casquilho	11,6	11%	12,9	280
Au 5	Coloca rolo	11,5	9%	12,5	287
Au 6	Coloca acoplamento	11,1	9%	12,1	298
Au 7	Crava lâminas	14	12%	15,7	229
Au 8	EOL verificação	11,6	9%	12,6	285
P3	Clipagem	4,6	11%	5,1	705
P4	Controlo final	10,2	11%	11,3	318
P5	Leitor código mecânico	12,4	11%	13,8	262
P6	Embalamento	12,2	11%	13,5	266
<b>Eficiência do balanceamento</b>					<b>79%</b>
<b>Nº de postos de trabalho ótimo</b>					<b>3,9</b>
<b>Capacidade do recurso gargalo</b>					<b>229</b>

## Tempos observados tarefas

Linha: A1		Porta: 1																				Realizado por: Rafael Adão				
Projeto:		Data: 02/02/2021																				Tamanho Amostra (N): 20		Takt-time: 17,1 seg./jogo		
Nr.	Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Média	Desvio	NF	Desempenho	Final
P2	Monta cilindros	8,4	8,4	8,4	8,5	8,4	8,4	8,5	8,5	8,4	8,4	8,4	8,6	8,4	8,5	8,4	8,4	8,5	8,4	8,6	8,4	8,4	0,07	18	100%	8,4
	Coloca cilindro, retira anterior	5,2	4,6	4,9	5,3	4,5	4,8	4,3	4,2	4,5	4,2	5,1	4,9	4,6	4,8	5,3	4,4	4,9	4,8	4,6	4,6	4,7	0,33	6	100%	4,7
	Coloca paddle	1,3	1,3	1,3	1,1	1,5	1,3	1,3	1,4	1,2	1,3	1,3	1,4	1,3	1,4	1,3	1,3	1,5	1,3	1,3	1,3	1,3	0,09	20	100%	1,3
P4	Monta paddle	8,6	8,9	8,8	8,8	8,9	8,8	8,8	8,8	8,9	8,8	8,8	8,7	8,8	8,8	8,9	8,8	8,8	8,8	8,7	8,8	8,8	0,07	18	100%	8,8
	Monta mola + embraiagem	5,8	5,6	5,6	5,3	4,9	5,9	6,5	5,2	5,6	5,3	5,8	5,5	5,8	4,9	6,1	5,6	5,8	5,8	5,2	5,6	5,6	0,38	5	90%	5,0
	Coloca espadim	6,3	5,9	6,2	6,1	7,8	6,2	6,4	5,4	5,9	6,1	6,2	5,8	6,8	6,1	6,0	5,9	6,4	5,4	5,7	6,1	6,1	0,50	5	90%	5,5

Nível de confiança (Z)	1,96
95%	

Máquina	0,01
Precisão (p)	
	0,07

## Tempo padrão tarefas da linha A1

Linha: A1		Data:		Realizado por: Rafael Adão		Takt-time: 15.5	
Posto	Tipo	Descrição	Tempo Normal (s)	Fator de tolerância (%)	Tempo padrão (s)		
P2	Automático	Monta cilindros	8,4	9%	9,2		
	Manual	Coloca cilindro, retira anterior	4,7	11%	5,2		
P4	Automático	Monta paddle	8,8	9%	9,6		
	Manual	Monta mola e embraiagem	5,0	11%	5,6		
	Manual	Colocação do espadim	5,5	11%	6,1		

## Tempos observados

Linha: B1		Data: 20/02/2020										Realizado por: Rafal Adão																
Tipo: Plástico preto sem PL		Clipa: SIM										PL NÃO																
Nr.	Tipo	Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Média	Desvio	NF	Desempenho	Final	
P1	Automático	Fresa espadim	4,4	4,5	4,4	4,4	4,4	4,4	4,5	4,3	4,4	4,4	4,5	4,4	4,5	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	0,05	48	100%	4,4
	Manual	Polir e caixa	3,1	2,8	3,6	3,3	3,3	4,8	3,1	2,6	2,9	3,1	3,3	3,1	3	3,7	3	2,8	3,6	2,9	3,1	3,3	3,2	0,46	18	100%	3,2	
	Automático	Fresa espadim	4,5	4,6	4,4	4,3	4,4	4,4	4,4	4,4	4,5	4,4	4,4	4,6	4,4	4,4	4,4	4,5	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,6	0,07	67	100%	4,4
P2	Manual	Coloca cilindro	1,7	1,7	1,4	1,6	1,9	1,8	1,7	1,6	1,7	1,9	1,7	2,1	1,5	1,7	1,6	1,8	1,7	1,7	1,9	1,7	1,7	1,7	0,15	20	100%	1,7
	Manual	Coloca carcaça	1,8	1,8	1,8	1,7	1,8	1,6	1,7	1,8	1,7	1,7	1,7	1,7	1,6	1,4	1,6	1,6	1,5	1,8	1,7	1,5	1,7	1,7	0,11	16	100%	1,7
	Manual	Coloca alavanca	1,5	1,6	1,4	1,5	1,5	1,5	1,3	1,6	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,5	1,9	1,5	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	0,11	20	100%	1,5
P4	Manual	Colocar para lubrific.	3,9	3,1	3,8	3,5	3,5	2,9	4,7	3,6	3,6	3,9	3,4	3,4	3	3,1	3,5	3,6	3,6	3,7	3,8	5,1	3,6	0,51	15	100%	3,6	
	Automático	Lubrificação/espera	2,8	2,8	2,8	2,8	2,9	2,8	2,8	2,8	2,7	2,8	2,8	2,9	2,7	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,9	2,8	2,8	0,05	124	100%	2,8	
	Manual	Montar no casquilho	3,1	4,2	3,5	3,6	3,1	3,3	3,2	2,9	3,1	3,3	3,5	3,4	3,3	3,5	3,4	3,8	2,8	3,1	3	3,4	3,3	0,31	11	100%	3,3	
P6	Manual	Controlo 1ª chave	5,4	5,1	4,9	5	5,1	4,8	5,1	5	5,3	4,8	5,2	5,1	5,3	5	5,2	4,9	5,4	5,1	5,3	5,2	5,1	0,18	3	100%	5,1	
	Manual	Controlo 2ª chave	5,6	5,4	5,2	5	5,7	4,8	5	4,9	4,6	5,1	4,3	5,4	4,2	4,9	4,8	5,1	4,7	5,6	5,1	4,2	5,0	0,43	7	100%	5,0	
	Semi	Ler código chave	5,3	5,1	4,9	5,7	5,5	6,1	4,9	5,3	5,3	5,7	8,1	5,1	5,4	4,9	5,3	5,1	5,8	5,2	4,8	5,4	5,4	0,69	9	100%	5,4	
P7	Manual	Anilhar chaves	7,6	6,9	7,4	8,6	6,5	5,9	6,3	7,1	7,8	6,4	6,8	6,9	7,3	9,1	7,4	7,3	6,4	4,9	5,6	7,5	7,0	0,94	8	100%	7,0	

O tempo de lubrificação de P4 é muito baixo. Apesar da validade ser 124, a tarefa varia entre 2.8 e 2.9, logo não é necessário recolher toda a amostra.

### Tempo padrão de tarefas B1

Linha: B1		Realizado por: Rafael Adão			
Projeto: Plástico sem PL		Data: 03/02/2021			
		Takt-time: 35.6 seg.			
Posto	Tipo	Descrição	Tempo Normal (s)	Fator de tolerância (%)	Tempo padrão (s)
P1	Automático	Fresa espadim	4,4	9%	4,8
	Manual	Polir e colocar caixa	3,2	11%	3,6
	Automático	Fresa espadim	4,4	9%	4,8
P2	Manual	Polir e colocar caixa	3,2	11%	3,6
	Manual	Coloca cilindro	1,7	11%	1,9
	Manual	Coloca carcaça	1,7	11%	1,9
P4	Manual	Coloca alavanca	1,5	11%	1,7
	Manual	Coloca para lubrificação	3,6	11%	4,0
	Automático	Lubrificação/Espera	2,8	9%	3,1
P6	Manual	Monta casquilho	3,3	11%	3,7
	Manual	Controlo 1ª chave	5,1	11%	5,7
	Manual	Controlo 2ª chave	5,0	11%	5,6
P7	Semi	Ler código chaves	5,4	11%	6,0
	Manual	Anilhar chaves	7	11%	7,8

Nível de confiança (Z)	Máquina	Operador
95%	1,96	0,01

Precisão (p)	Máquina	Operador
	0,01	0,07

## Tempos observados tarefas B2

Linha: B2

Data: 10/03/2020

Realizado por: Rafael Adão

Tipo: Todos

Tamanho Amostra (N): 20 Takt-time: 16.6 seg.

Nr.	Tipo	Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Média	Desvio	NF	Desempenho	Final																	
P1	Manual	Coloca cilindro	Igual a B1 TC = 1.7																																									
	Manual	Coloca carcaça	Igual a B1 TC = 1.7																																									
	Manual	Coloca chaves	4,9	5,1	4,4	4,7	5,1	4,9	4,3	4,8	4,5	4,5	3,9	4,6	4,2	4,3	5,7	4,8	4,6	4,1	4,3	6,1	4,7	0,51	9	100%	4,7																	
P2	Manual	Coloca porta-luvas	2	1,6	2,4	1,9	1,8	1,2	1,7	1,7	2,1	1,6	1,9	1,9	2,1	1,5	1,8	1,7	2,4	1,5	1,8	1,8	1,8	0,28	34	100%	1,8																	
	Manual	Verifica linguetas	Igual aos registos anteriores TC= 3.3																																									
P3	Manual	Colocar para lubrific.	Igual a B1 TC = 3.6																																									
	Automático	Lubrificação/espera	2,1	2,1	2	2	2,1	2,1	2,1	2,2	2	2,1	2,1	2,1	2	2	2,1	2,1	2,1	2	2,1	2,2	2,1	0,06	283	100%	2,1																	
	Manual	Coloca alavanca	Igual a B1 TC = 1.5																																									
P5	Manual	Montar no casquilho	Igual a B1 TC = 3.3																																									
	Manual	Controlo 1ª chave	Igual a B1 TC = 5.1																																									
	Manual	Controlo 2ª chave	Igual a B1 TC = 5.0																																									
P6	Manual	Verifica Pl	2,6	2,4	1,9	2,5	2,2	2,9	3,1	2,4	2,6	2,7	2,2	2,5	3,1	3	2,6	2,5	2,4	2,2	2,9	2,7	2,6	0,31	19	100%	2,6																	
	Semi	Ler código chave	Igual a B1 TC = 5.4																																									
	Manual	Anilhar chaves	Igual a B1 TC = 7.0																																									

O tempo de lubrificação de P4 é muito baixo. Apesar da validade ser 283, a tarefa varia entre 2.0 e 2.2, logo não é necessário recolher toda a amostra.

<b>Nível de confiança (Z)</b>	95%	1,96
-------------------------------	-----	------

<b>Máquina</b>	<b>Operador</b>
Precisão (p)	0,01
	0,07

## Tempos observados

Linha: B3      Data: 15/03/2021      Realizado por: Rafael Adão Tipo: Todos      Clipa: SIM      Tamanho Amostra (N): 20      Takt-time: 16.9 seg.																												
Nr.	Tipo	Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Média	Desvio	NF	Desempenho	Final	
P1	Manual	Coloca cilindro	Iguar a B1 TC = 1.7																									
	Manual	Coloca cargaça	Iguar a B1 TC = 1.7																									
	Manual	Coloca chaves	Iguar a B2 TC = 4.7																									
P2	Manual	Coloca porta-luvas	Iguar a B2 TC = 1.8																									
	Manual	Coloca chave fecho	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6	2,7	2,3	2,6	3,1	2,6	2,6	3,8	2,1	2,5	2,3	2,5	2,7	2,4	2,7	2,6	2,5	2,6	0,33	20	100%	2,6
	Manual	Colocar para lubrific.	Iguar a B1 TC = 3.6																									
	Automático	Lubrificação/espera	Iguar a B2 TC = 2.1																									
	Manual	Coloca alavanca	Iguar a B1 TC = 1.5																									
P3	Manual	Montar no casquilho	Iguar a B1 TC = 3.3																									
	Manual	Clipa chaves	Recolhido anteriormente																									
	Semi	Verifica PL	Recolhido anteriormente																									
P4	Manual	Controlo 1ª chave	Iguar a B1 TC = 5.1																									
	Manual	Controlo 2ª chave	Iguar a B1 TC = 5.0																									
	Semi	Ler código chave	Iguar a B1 TC = 5.4																									
P5	Manual	Anilhar chaves	Iguar a B1 TC = 7.0																									

<b>Nível de confiança (Z)</b>	
95%	1,96

<b>Precisão (p)</b>	<b>Máquina</b>	<b>Operador</b>
0,01	0,01	0,07

## Tempo padrão de tarefas B2

Linha: B2		Realizado por: Rafael Adão			
Projeto: Todos		Data: 10/03/2021		Takt-time: 16.6 seg.	
Posto	Tipo	Descrição	Tempo Normal (s)	Fator de tolerância (%)	Tempo padrão (s)
P1	Manual	Coloca cilindro	1,7	11%	1,9
	Manual	Coloca carcaça	1,7	11%	1,9
	Manual	Coloca chaves	4,7	11%	5,2
	Manual	Coloca porta-luvas	1,8	11%	2,0
P2	Manual	Verifica linguetas	3,3	11%	3,7
	Semi	Verifica PL	4,5	11%	5,0
P3	Manual	Coloca para lubrificação	3,6	11%	4,0
	Automático	Lubrificação/Espera	2,1	9%	2,3
	Manual	Coloca alavanca	1,5	11%	1,7
	Manual	Monta casquilho	3,3	11%	3,7
P5	Manual	Controlo 1ª chave	5,1	11%	5,7
	Manual	Controlo 2ª chave	5,0	11%	5,6
	Manual	Verifica PL	2,6	11%	2,9
P6	Semi	Ler código chaves	5,4	11%	6,0
	Manual	Anilhar chaves	7	11%	7,8

## Tempo padrão de tarefas B3

Linha: B3		Realizado por: Rafael Adão			
Projeto: Todos		Data: 21/03/2021		Takt-time: 16.9 seg.	
Posto	Tipo	Descrição	Tempo Normal (s)	Fator de tolerância (%)	Tempo padrão (s)
P1	Manual	Coloca cilindro	1,7	11%	1,9
	Manual	Coloca carcaça	1,7	11%	1,9
	Manual	Coloca chaves	4,7	11%	5,2
	Manual	Coloca porta-luvas	1,8	11%	2,0
P2	Manual	Coloca chave na fechadura	2,6	11%	2,9
	Manual	Coloca para lubrificação	3,6	11%	4,0
	Automático	Lubrificação/Espera	2,1	9%	2,3
	Manual	Coloca alavanca	1,5	11%	1,7
	Manual	Monta casquilho	3,3	11%	3,7
P3	Manual	Clipagem	4,6	11%	5,1
	Semi	Verifica PL	6,1	11%	6,8
P4	Manual	Controlo 1ª chave	5,1	11%	5,7
	Manual	Controlo 2ª chave	5,0	11%	5,6
	Manual	Verifica PL	2,6	11%	2,9
P5	Semi	Ler código chaves	5,4	11%	6,0
	Manual	Anilhar chaves	7	11%	7,8