

Desenvolvimento de um programa de melhoria da eficiência de uma linha de produção numa empresa de embalagens metálicas

João Miguel Fernandes Ramos

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Eduardo José Rego Gil da Costa



Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

2020-06-29

Desenvolvimento de um programa de melhoria da eficiência de
uma linha de produção numa empresa de embalagens metálicas

Resumo

O presente projeto, realizado em contexto empresarial na Colep Portugal, S.A., no âmbito da dissertação de mestrado em Gestão de Produção do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, consiste no desenvolvimento de uma proposta de melhoria focada na automatização e alteração de *layout* de uma linha produtiva.

Para o seu desenvolvimento partiu-se do estudo de uma linha de finalização de tampos de embalagens metálicas, como latas de tinta, diluentes e lubrificantes. Esta linha recorria a tarefas manuais e não otimizadas que, como envolviam o contacto do operador com a máquina, podiam ser perigosas.

A linha de produção objeto do estudo tinha, ainda, outros problemas como um *layout* desorganizado devido às muitas sequências diferentes de produção utilizadas, consequência da quantidade de formatos diferentes produzidos, baixo rendimento, devido à natureza manual das tarefas, e um excessivo gasto de mão-de-obra.

A decisão de efetuar um projeto de melhoria partiu do interesse da empresa em melhorar a eficiência e o fluxo produtivo da linha, através de automatização dos processos realizados, de redução da mão-de-obra utilizada e do foco da Colep em 2020 em segurança e na eliminação de tarefas manuais perigosas.

No âmbito do projeto a linha foi estudada, tendo sido recolhidos dados referentes às suas máquinas, volumes, tempos e rendimentos de produção, sequências e componentes utilizados. De forma a definir as hipóteses de melhoria, foram identificadas as sequências chave da linha cujos formatos produzidos foram abordados mais a fundo.

Para resolver o problema, foram transferidos formatos para linhas já automatizadas que efetuavam formatos semelhantes, obtendo-se uma redução de custos a curto-prazo, e foram propostos um novo *layout* e automatizações de alimentação, transporte e final de linha para numa fase futura serem implementados.

Os resultados estimados da aplicação das soluções idealizadas foram calculados, bem como a evolução estimada dos indicadores definidos para o projeto.

No final, sendo implementadas as propostas explicitadas nesta dissertação, espera-se a redução de custos de linha, redução da utilização e do custo da mão-de-obra, o aumento do rendimento da linha e a melhoria do fluxo de trabalho, cumprindo com os objetivos definidos para o projeto.

Development of a program to improve the efficiency of a production line in a metal packaging company

Abstract

This project, carried out in an industrial environment at Colep Portugal, S.A., within the scope of the Master's thesis in Production Management of the *Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica* at the *Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto*, consists of the development of an improvement proposal focused on automation and changing the *layout* of a production line.

For its development, it was started a study of a finishing line for metal packaging tops, such as paint cans, thinners, and lubricants. This production line resorted to manual and non-optimized tasks that could be dangerous, as they involved the operator's contact with the machine.

The production line from the study also had other problems, such as a disorganized *layout* due to the many different production sequences used (as a result of the number of different formats produced), a low performance due to the manual nature of the tasks, and excessive expenditure of labour.

The decision to carry out an improvement project came from the company's interest in improving the efficiency and the productive flow of the line, through the automation of the processes carried out, the reduction of the labour used and the focus of Colep in 2020 on safety and eliminating dangerous manual tasks

Within the scope of the project, the line was studied and data were collected regarding its machines, volumes, production times and yields, sequences, and components used. To define the chances of improvement, the key sequences of the line were identified, whose formats produced were discussed in greater depth.

To solve the problems, formats were transferred to already automated lines that produced similar formats, resulting in a short-term cost reduction, and a new *layout* and the automation of the actions of feeding, transportation, and end of the line were proposed so that in a future phase they could be implemented.

The estimated results of the application of the idealized solutions were calculated, as well as the estimated evolution of the indicators defined for the project.

In the end, if the solutions explained in this dissertation are implemented, it is expected to reduce line costs, reduce the use and cost of labour, increase line efficiency and improve workflow, complying with the objectives defined for the project.

Agradecimentos

Com a conclusão desta dissertação e finalização do meu ciclo de estudos, uma fase da minha vida também se conclui, a de aprendizagem como estudante. Pretendo, neste capítulo, agradecer a todos que nela participaram e, assim, tiveram, de alguma forma, impacto na minha vida.

À FEUP por cinco anos de aprendizagem na companhia dos melhores docentes e estudantes e pela hipótese proporcionada de estagiar num ambiente diferente, que me trouxe uma muito maior preparação para o meu futuro.

Ao professor Eduardo Gil da Costa, orientador da FEUP, pela disponibilidade, orientação e atenção prestada ao projeto. A sua constante preocupação foi de grande valor para cumprir todos os prazos definidos e os seus conselhos foram fulcrais para o seu desenrolar.

À Colep Portugal S.A. por me ter dado a oportunidade de efetuar a dissertação nas suas instalações, proporcionando-me o meu primeiro contacto com o mundo industrial e permitindo-me obter imensa experiência ao trabalhar numa empresa líder no seu setor.

Ao Luís Barbosa, orientador da empresa, pela sua ajuda ao longo de todo o projeto. Os seus conhecimentos acerca da empresa e dos seus processos foram chave para resolver os problemas que foram surgindo e a sua disponibilidade e orientação foram indispensáveis.

Ao Alexandre Sá pela sua participação, pelo seu conhecimento, pelos seus conselhos e ensinamentos transmitidos. A sua participação no projeto foi fundamental para o seu desenvolvimento e as suas sugestões ajudaram a elevá-lo para um nível superior.

À Beatriz pela ajuda diária e paciência. Pela orientação nos modelos e maneiras da Colep, por me ouvir diariamente a falar dos meus problemas, por se oferecer para me ajudar com eles mesmo quando não precisava de o fazer e, acima de tudo, por se ter demonstrado, mais do que uma colega de trabalho, uma amiga durante todo o projeto.

À equipa que me acompanhou, Diana, Paulo, Sofia e Rui, pelo apoio e suporte no projeto. Sem a vossa participação o meu estudo seria muito mais difícil e demorado.

A todos os colaboradores da linha pela abertura e vontade de participar no projeto. Sempre se disponibilizaram para me tirar qualquer dúvida, nunca levantando objeções para que eu estudasse o seu trabalho.

Aos meus colegas de estágio, pela camaradagem e companhia, que tornaram um momento novo e difícil em algo muito mais fácil de ultrapassar.

Ao Carlos, Natália, Nuno, Raquel, Rita e Rui, por me terem acompanhado nos anos mais difíceis da minha vida, que, com a vossa companhia, foram também os melhores.

À Anita, Gil, Marta, Marta e Rafaela, por me terem mostrado o que significa a amizade e que, quando precisar de alguém, terei sempre a quem recorrer ao longo da minha vida.

Ao Martins, por mais do que me ajudar a manter um corpo são, me ajudar a manter uma mente sã, e, também, ao Duarte, Flor, Pedro, Quintas, Renato e Simão, pelas conversas, pela companhia, pelos conselhos.

Aos companheiros de longas noites no Ts, que me ensinaram que o destino não interessa, mas sim os amigos que fazemos ao longo do caminho.

Finalmente à minha família, aos meus avós, tios e prima por serem o meu apoio base e especialmente aos meus pais, que me permitiram ser quem sou e que, ao longo de toda a minha vida académica, estiveram sempre dispostos a ouvir-me e ajudar-me, independentemente, de ser um bom ou mau dia.

A todos, o meu sincero agradecimento.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento do projeto e motivação	1
1.2	O Projeto na Colep Portugal, S.A.....	1
1.2.1	História da Colep	2
1.3	Objetivos do projeto	3
1.4	Método seguido no projeto.....	4
1.5	Estrutura da dissertação	4
2	Enquadramento Teórico.....	5
2.1	Toyota Production System	5
2.1.1	Desperdício.....	7
2.1.2	Toyota Way.....	9
2.1.3	Kaizen.....	11
2.2	<i>Total Flow Management</i>	12
2.3	Conceção do <i>layout</i> da linha	15
2.4	Indicadores.....	17
3	Apresentação e estudo da situação inicial.....	18
3.1	Estudo da situação inicial.....	19
3.2	Análise das Máquinas e Sequências de Produção Principais	23
3.3	Estudo de linhas com formatos semelhantes.....	32
3.4	Indicadores do projeto.....	33
3.5	Resumo da situação inicial.....	34
4	Apresentação das tarefas realizadas e soluções propostas	35
4.1	Linha 73	35
4.2	Melhoria da Linha 40.....	41
4.3	Resultados estimados.....	47
5	Conclusões e perspetivas de trabalho futuro.....	49
5.1.1	Trabalhos futuros	50
	Referências	51
ANEXO A:	Distribuição das fábricas da Colep pelo mundo	52
ANEXO B:	História da Colep	53
ANEXO C:	Desenhos técnicos de tampos de designação P e B	54
ANEXO D:	Tampos produzidos pela Colep.....	55
ANEXO E:	Informação detalhada acerca de cada máquina	56
ANEXO F:	Componentes adicionados por soldadura	57
ANEXO G:	Máquinas da L40	58
ANEXO H:	Fotos do <i>Layout</i> da L40	59
ANEXO I:	Desenhos de <i>Layout</i> efetuados na primeira reunião de projeto	61
ANEXO J:	Componentes adicionados na Máquina 40-7	62
ANEXO L:	Linha 73	63
ANEXO M:	Produção da sequência 8-7 e formatos a serem transferidos para a L73	65
ANEXO N:	Limitações das máquinas da L40 à automatização	66
ANEXO O:	Opções de Automatização.....	67

Siglas

Gemba: é o chão de fábrica, o local onde a produção acontece, se cria valor e os problemas surgem, são observados, estudados e resolvidos;

GLE1: célula de produção do *General Line*, composta pelas linhas 18, 19, 83, 73, 63 e 40;

Máquina 1: máquina 40-1 da linha 40 da GLE1;

Máquina 2: máquina 40-2 da linha 40 da GLE1;

Máquina 3: máquina 40-3 da linha 40 da GLE1;

Máquina 4: máquina 40-4 da linha 40 da GLE1;

Máquina 5: máquina 40-5 da linha 40 da GLE1;

Máquina 7: máquina 40-7 da linha 40 da GLE1;

Máquina 8: máquina 40-8 da linha 40 da GLE1;

Máquina 9: máquina 40-9 da linha 40 da GLE1;

Máquina 10: máquina 40-10 da linha 40 da GLE1;

L40: linha 40 da GLE1;

L73: linha 73 da GLE1;

Sequência 1-4-7: sequência de produção composta por operações consecutivas realizadas nas máquinas 40-1, 40-4 e 40-7;

Sequência 2-7: sequência de produção composta por operações consecutivas realizadas nas máquinas 40-2 e 40-7;

Sequência 8-7: sequência de produção composta por operações consecutivas realizadas nas máquinas 40-8 e 40-7.

Índice de Figuras

Figura 1 - Casa TPS (Liker, 2004)	5
Figura 2 – Modelo 4P da Toyota Way (Liker, 2004)	11
Figura 3 - Pilares do TFM (Coimbra, 2013).....	13
Figura 4 - Linha em U e flexibilidade dos operadores in “ https://www.researchgate.net/publication/309197314_Impact_of_Personnel_Flexibility_on_Job_Shop_Scheduling ”, consultado em 2020-04-24, 21:34	17
Figura 5 - Tempo do formato LD 286 P UN	18
Figura 6 - <i>Layout</i> inicial da linha.....	20
Figura 7 – Volume de produção por sequência de produção	21
Figura 8 – Repetibilidade por sequência de produção.....	21
Figura 9 - Sequência 2-7.....	24
Figura 10 - Máquina 40-2	25
Figura 11 - Máquina 40-7	25
Figura 12 - Sequência 1-4-7	26
Figura 13 – Alimentação da máquina 40-8	26
Figura 14 - Produto da máquina 40-8.....	26
Figura 15 - Tempo, volume de produção e TH por máquina de abril19-março20.....	27
Figura 16 - TH por sequência de abril19-março20.....	27
Figura 17 - Taxas de ocupação por máquina.....	28
Figura 18 – Tempo de operação médio de cada máquina por formato (em segundos).....	28
Figura 19 - LD 286 com imagem	29
Figura 20 – Estado da Mesa antes da máquina 40-7 numa produção com adição de bocais e numa com a adição de tampos.....	29
Figura 21 – Tempos de ciclo da sequência 2-7	30
Figura 22 – Tempos de ciclo da sequência 1-4-7	30
Figura 23 - Comparação dos <i>throughputs</i> teóricos, reais e possíveis.....	31
Figura 24 – Aumento de produção possível na L40 com o TH real e teórico da L73.....	31
Figura 25 – Volume (em milhares) de formatos produzidos na L73 (2018 e 2019) e comparação com L40.....	32
Figura 26 – Volume de produção dos formatos realizados na L63 e L40.....	33
Figura 27 - Taxa de ocupação L73 e L63.....	33
Figura 28 - Indicadores <i>baseline</i> do projeto e seu cálculo	34
Figura 29 – Formatos LD 292 finalizados na L40.....	36
Figura 30 - Análise comparativa de custos entre a L40 e L73 para o formato LD 292 P	37
Figura 31 - Análise comparativa de custos entre a L40 e L73 para o formato LD 286 P UN	39
Figura 32 – Comparação do <i>layout</i> antigo com o novo <i>layout</i> proposto.....	45
Figura 33 - Ganhos com o novo <i>layout</i>	48

Figura 34 - Cálculo dos indicadores estimados após alteração da L40	48
---	----

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Formatos produzidos e respetivo volume de produção	21
Tabela 2 – Volumes de produção (em milhares) e sequências dos formatos LD 286.....	22
Tabela 3 - Volumes de produção (em milhares) e sequências dos formatos LD 188	22
Tabela 4 - Volumes de produção (em milhares) e sequências dos formatos LD 292	22
Tabela 5 – Componentes adicionados na máquina 40-7 e respetivos volumes e sequências...	23
Tabela 6 - Formatos realizados na sequência 2-7 e respetivos volumes de produção.....	24
Tabela 7 - Formatos realizados na sequência 1-4-7 e respetivos volumes de produção	25
Tabela 8 - Formatos realizados na sequência 8-7 e respetivos volumes de produção.....	26
Tabela 9 – Pesos dos formatos específicos LD 286 na produção da L40	37
Tabela 10 - Formatos LD 286 P UN produzidos na sequência 2-7	38
Tabela 11 - Alteração do peso em volume de produção das sequências após transferência dos formatos.....	40
Tabela 12 - Evolução ao longo de 6 dias da produção de LD 292 P na linha 73.....	41
Tabela 13 - Peso de produção de cada grupo de máquinas organizado em linha.....	45
Tabela 14 – Tipo de componentes adicionados no grupo de máquinas 40-A e 40-B	47

1 Introdução

No âmbito do último ano da especialização em Gestão da Produção do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, foi realizada a dissertação de mestrado em contexto industrial apresentada neste documento na Colep Portugal, S.A. Neste capítulo serão apresentados o enquadramento do projeto, a apresentação da empresa e serão descritos os objetivos e motivações do projeto, a metodologia utilizada no seu desenvolvimento e a estrutura da dissertação.

1.1 Enquadramento do projeto e motivação

A Colep é uma empresa líder no mercado de embalagens metálicas e no desenvolvimento, formulação e enchimento de produtos de higiene pessoal, cosmética, higiene do lar e farmacêutica ao nível da Península Ibérica, contando com presença a nível mundial em vários continentes, sendo a exigência e competição elevados e onnipresentes no seu quotidiano. Tendo em consideração o crescimento do mercado e a competição existente, este projeto surge do foco dado pela empresa à melhoria contínua e à procura em se destacar pela rapidez na resposta às necessidades dos seus clientes. Além disso, não possuindo uma marca própria, a Colep atribui uma grande importância ao desenvolvimento de projetos que lhe possam dar vantagens competitivas perante os seus concorrentes.

Com esses pontos em mente e devido à busca constante da Colep por inovar, sentiu-se que era imperativo automatizar e melhorar processos produtivos que se encontravam desatualizados do atual panorama industrial, para que, no mesmo tempo despendido e com o mínimo desperdício, se consiga produzir o máximo possível, com melhor qualidade e segurança.

O projeto de “Desenvolvimento de um programa de melhoria da eficiência de uma linha de produção numa empresa de embalagens metálicas” irá estudar uma das últimas linhas manuais presentes na empresa e propor soluções de melhoria através da implementação de soluções de automatização. Com essas soluções espera-se obter aumentos de produtividade, eficiência e diminuir a mão-de-obra necessária.

Em 2020, a Colep tem como uma das suas metas principais melhorar a segurança no trabalho dos seus colaboradores. Nesse sentido, este projeto permitirá aos colaboradores abandonarem tarefas manuais perigosas e pouco ergonómicas, ajudando a atingir este objetivo.

O projeto será desenvolvido na área do *General Line* da secção de *Metal Packaging* da fábrica de Vale de Cambra, que é o local onde as embalagens metálicas são produzidas. Esta área é dividida em duas zonas, uma com embalagens alimentares e outra com embalagens industriais (como embalagens de tintas e diluentes), sendo o projeto desenvolvido na linha 40, da célula GLE1, onde são finalizados tampos de embalagens metálicas industriais. Esta linha apresenta nove máquinas com diversas funções, como furação de tampos, soldadura de asas e cravação de bocais, sendo os componentes em foco os tampos e os seus respetivos bocais, aros ou asas, quando aplicáveis. Cada tampo que entra na linha exige o desenvolvimento de uma sequência específica de produção, para que deixe a linha já pronto a ser aplicado na embalagem específica. Todas as máquinas da linha exigem um operador, que realiza cada tarefa manualmente.

1.2 O Projeto na Colep Portugal, S.A

A Colep Portugal, S.A. é uma empresa metalomecânica focada na produção de embalagens metálicas e no desenvolvimento, formulação e enchimento (*contract manufacturing*) de produtos de higiene pessoal, cosmética, higiene do lar e farmacêutica, sendo considerada uma empresa líder nesses setores no mercado ibérico e europeu. Encontra-se situada em Vale de

Cambra, distrito de Aveiro e pertence ao Grupo RAR, possuindo negócios distribuídos pelas áreas de Alimentação, Embalagem, Imobiliária e Serviços.

A Colep é uma organização com presença global, tendo empresas espalhadas por todo o mundo, empregando quase três mil pessoas em Portugal, Brasil, Alemanha, México, Polónia, Espanha, Emirados Árabes Unidos e Grã-Bretanha. No Brasil, por exemplo, a Colep é, desde 2010, líder de mercado de *contract manufacturing* de produtos de higiene pessoal e cosmética, através das empresas Colep Itatiba e Colep Louveira. Oferece ainda, desde 2013, através da “ACOA - Alliance of Colep & One Asia”, uma cadeia de abastecimento global aos seus clientes. Esta aliança estabelecida com a Daizo Corporation do Japão e com a Pax Australia, permite à Colep partilhar conhecimentos nas áreas da Inovação, *Manufacturing* e *Supply Chain*. A Colep oferece aos seus clientes uma plataforma mundial para a implementação dos seus projetos e da sua produção.

A principal matéria prima utilizada na produção das embalagens metálicas é folha de flandres, num processo verticalizado desde a bobine de folha virgem, até à montagem final das embalagens (embalagens metálicas para produtos aerossol ou embalagens metálicas para produtos industriais e alimentares incluindo os seus componentes). Para além dos supramencionados, a Colep trabalha também com embalagens em Plástico.

Resumidamente, pode dividir-se o negócio da Colep nos seguintes setores:

- *Packaging* (embalagens)
 - *Metal Packaging* – aerossóis e embalagens metálicas para fins industriais e alimentares
 - *Plastic Packaging* – embalagens em plástico
 - *Printing* (litografia) – impressão *offset* em folha de flandres
- *Contract Manufacturing* – desenvolvimento, formulação e enchimento de produtos aerossol, líquidos e cremes

A fábrica de Vale de Cambra divide-se em quatro secções principais: *Metal Packaging*, *Printing*, *Contract Manufacturing* e *Plastic Packaging*. Na secção de *Metal Packaging* dá-se a produção de Aerossóis e produtos da *General Line* (embalagens industriais e alimentares), dividida em dois grandes grupos de processos (estampagem de componentes e montagem).

O projeto de “Desenvolvimento de um programa de melhoria da eficiência de uma linha de produção numa empresa de embalagens metálicas” foi realizado na área da estampagem do *General Line*, na linha L40, pertencente à célula GLE1. A L40 é uma linha que possui nove máquinas, cada uma delas com uma função específica de acabamento (customização), sendo trabalhados manualmente tampos de embalagens metálicas industriais, sendo realizados ou batidos furos, adicionados bocais ou asas, dependendo da sequência de produção do produto. Existem várias sequências de operações que podem ser realizadas na linha, dependendo das máquinas que são utilizadas para obter o produto final.

O projeto surgiu da necessidade da Colep atualizar a linha ao atual panorama industrial, no sentido de melhorar as tarefas manuais abundantes no seu chão de fábrica. Alguns dos problemas e preocupações existentes eram:

- Tarefas manuais e não otimizadas;
- *Layout* desorganizado, com muitos movimentos que não acrescentam valor;
- Elevado rácio entre número de operadores e milhares de peças produzidas;
- Operações realizadas são pouco ergonómicas e pouco seguras.

1.2.1 História da Colep

A Colep foi fundada em 1965, em Vale de Cambra, como uma empresa familiar de produção de embalagens metálicas, por Ílidio Pinho. Inicialmente, a empresa começou por produzir e vender embalagens para bolachas, biscoitos e chocolates. O crescimento da empresa nos

primeiros anos de existência ditou que diversificassem a sua produção começando a produzir, também, embalagens industriais, para tintas, diluentes, óleos lubrificantes, vernizes e, posteriormente, aerossóis.

Em 1975, deu-se um marco importante no futuro da empresa: iniciou-se o *contract manufacturing* de aerossóis (desenvolvimento, formulação e enchimento de aerossóis). Este passo deu à empresa a possibilidade de passar a fazer o enchimento das embalagens que produzia na sua própria fábrica, não precisando de recorrer a terceiros (outras empresas ou clientes) para o fazer.

Em 1982, foi adicionado outro ramo de negócio à Colep – o embalamento em plástico. Este ramo focou-se em criar embalagens e componentes para produtos cosméticos, limpeza doméstica e produtos lubrificantes.

Em 1999, fruto do seu sucesso e crescimento, a Colep adquire uma fábrica em Navarra, Espanha. Com esta, impunha-se como a empresa líder do mercado ibérico na produção de embalagens metálicas.

No início dos anos 2000, dão-se pontos importante na história da empresa. A Colep é adquirida pelo Grupo RAR na sua totalidade em 2000/2001 e, em 2004, a Colep funde-se com a empresa canadiana CCL, presente na Europa através da CCL Custom Manufacturing Europe, passando a designar-se Colep CCL e passando a ser a maior empresa europeia de *contract manufacturing* de enchimento de aerossóis.

Em 2010, chega ao mercado da América do Sul, ao Brasil, através da aquisição de três novas fábricas de produtos de higiene pessoal e produtos líquidos de limpeza doméstica. A expansão pela América continuou, em 2013, pela América do Norte, com a aquisição de uma fábrica no México. Ainda em 2013, é importante referir a chegada da Colep ao mercado do médio oriente e asiático, através da obtenção de parcerias importantes: com a Scitra nos Emiratos Árabes Unidos e uma aliança estratégica com a Daizo Corporation, do Japão, e a Pax Australia, designada de “ACOA - Alliance of Colep & One Asia”. Esta aliança, permite à Colep partilhar conhecimentos nas áreas da Inovação, *Manufacturing* e *Supply Chain* e possuir uma cadeia de abastecimento conectada a nível global.

Na história da Colep é, ainda, importante referir o *rebranding* ocorrido em 2011, onde a marca voltou a chamar-se Colep por motivos estratégicos.

A distribuição das fábricas da Colep pelo globo, bem como a sua história podem ser consultados de forma esquematizada nos Anexos A e B, respetivamente.

1.3 Objetivos do projeto

Na Colep, existe o paradigma de que todos os processos podem ser melhorados. Há uma cultura que promove a aprendizagem, criatividade e inovação, bem como uma procura constante pela excelência. Tendo estes valores em conta, nomeadamente os dois últimos, a presença de uma linha manual, desatualizada no panorama atual industrial, para os produtos em causa, representa algo que a Colep não pretende.

Foi, então, definido o projeto onde foram estabelecidos como objetivos:

- Melhoria do *layout* da linha;
- Estudo de automatizações para as máquinas e processos da linha;
- Melhoria do fluxo de trabalho;
- Melhoria do rendimento (*throughput*) da linha;
- Diminuição da necessidade de mão-de-obra.

1.4 Método seguido no projeto

O projeto iniciou-se com a constituição de uma equipa multidisciplinar e multi-hierárquica, que acompanhou o projeto através de reuniões com regularidade quinzenal. Foi definido, nos quadros da Colep, como um projeto *One Colep*, tendo, portanto, acompanhamento da equipa da melhoria contínua da empresa. Para a realização deste projeto, como em todos os projetos *One Colep*, foi desenvolvido um relatório A3, segundo a metodologia *A3 Thinking*. Esta metodologia baseia-se em vários princípios que procuram promover o pensamento lógico e objetivo, com foco nos processos e nos seus resultados, com vista a obter melhoria para toda a organização (Sobek II & Smalley, 2008).

O relatório A3 é uma ferramenta que surgiu da necessidade de conseguir comunicar através de uma simples folha A3 todas as informações relativas a um projeto. Utilizá-lo ajuda a estruturação do trabalho e na abordagem de problemas, facilitando a identificação das suas causas (Sobek II & Smalley, 2008). No Relatório A3 realizado foram clarificados os problemas, objetivos, equipa do projeto, os KPI utilizados e a sua *baseline*, os *targets* a atingir, bem como o plano de ações a realizar, que era constantemente atualizado com as novas ações que iam surgindo. O relatório era atualizado com as participações em horas de cada elemento da equipa, com a conclusão e aparecimento de novas ações e com as variações dos KPI principais.

O projeto começou pelo estudo do estado inicial da linha e com a familiarização com as máquinas nela presentes e com os formatos e componentes que por ela passavam. Para isso, foi observado o trabalho na linha e foi realizada a recolha de dados e informação acerca das máquinas da linha e das suas produções, os materiais e equipamentos nela presentes e as sequências realizadas. Através desses dados, foram discutidos e idealizados novos *layouts* e automatizações viáveis, foram procurados fornecedores e foi estabelecido o valor do indicador *baseline* do projeto.

Seguidamente, na fase final do projeto foram propostas soluções para os problemas da linha, como um novo *layout* e automatizações para implementação futura.

Além disso, foram, também, acompanhadas as passagens de alguns formatos da linha 40 para outras linhas da fábrica já automatizadas, com o objetivo de aumentar a eficiência e produtividade a curto-prazo.

No futuro, pretende-se implementar as soluções estudadas e selecionadas e monitorar a evolução dos indicadores definidos.

1.5 Estrutura da dissertação

Esta dissertação será composta por cinco capítulos.

No primeiro capítulo foi enquadrado o tema do projeto, foi feita uma breve apresentação da empresa e do projeto, dos objetivos e das metodologias utilizadas, assim como da estrutura desta dissertação.

No segundo capítulo, é realizado o enquadramento teórico do projeto, sendo mencionadas as ferramentas que foram estudadas e utilizadas no desenvolvimento deste projeto e o seu estado de arte.

No terceiro capítulo é apresentada a visão da situação atual, aquando o início do projeto, de maneira a entender como funciona a linha e definir as condições *baseline* do projeto.

No quarto capítulo são apresentadas as tarefas já realizadas e as soluções propostas para os problemas que existiam.

Finalmente, no quinto capítulo, apresentam-se as conclusões alcançadas e propostas de trabalhos futuros que poderão ser implementados para continuar o ambiente de melhoria.

2 Enquadramento Teórico

Neste capítulo são apresentados os tópicos estudados e as ferramentas utilizadas na resolução dos problemas encontrados durante a elaboração do projeto.

Devido à competitividade verificada no setor industrial, Hopp and Spearman (2000) definiram como dimensões fundamentais a abordar num projeto de gestão industrial: o preço, a qualidade e a rapidez. Os tópicos e ferramentas referidos foram escolhidos tendo em conta estas dimensões e com vista a alcançar os objetivos propostos.

2.1 Toyota Production System

Após a segunda guerra mundial, a indústria automóvel japonesa encontrava-se anos atrás a nível de produção da americana, a referência global. Na América, a indústria automóvel seguia o paradigma implementado por Henry Ford e pela *General Motors*, de produção em massa de um só modelo, onde se pretendia produzir o máximo ao menor custo (Womack & Roos, 2007).

Às indústrias japonesas era pedida uma grande variedade de automóveis em pouca quantidade, pelo seu mercado pequeno e variado, pelo que o modelo americano não era aplicável. Toyoda Kiichiro, considerado o “pai” da produção automóvel no Japão e diretor, na altura, da pequena “Toyota Motor Company”, definiu uma meta muito específica para os anos que se avizinhavam – “Alcançar a América”. Esta meta tornou-se o novo objetivo da Toyota (Ohno, 1988).

Fruto de ideias que já eram implementadas nos seus processos (como *jidoka*), como de novas ideias (como a de supermercado), Ohno desenvolveu na Toyota, a partir de 1955, o Toyota Production System (TPS) (Ohno, 2013).

O TPS funde conceitos focados no valor humano e no poder da mudança, retirados de religiões e filosofias asiáticas (como dos Analectos de Confúcio), com conceitos de produção (Ohno, 2013). O seu principal objetivo é aumentar a eficiência produtiva, diminuindo, ao mesmo tempo, a criação de desperdício (Ohno, 1988). Além disso, era, também, um dos objetivos do novo sistema permitir produzir grandes variedades de produtos em pequenas quantidades, cumprindo assim com os requisitos do mercado japonês (Ohno, 1988). O TPS é um sistema de alta produtividade que procura gerir as operações da empresa de maneira simplificada e eficiente, otimizando a gestão dos recursos e a utilização das pessoas. O resultado é um sistema de fabrico capaz de atender às exigências de qualidade, prazo e entrega do cliente, ao menor custo possível, evitando stocks desnecessários e má utilização da mão-de-obra disponível (Ohno, 1988).

O TPS é habitualmente explicado através de uma ilustração, a casa TPS, cuja versão de Liker (2004) pode ser visualizada na Figura 1. Porquê uma casa? Tal como explicado pelo mesmo autor, a casa é um sistema estrutural, apenas forte no seu telhado se os seus pilares e bases forem assegurados. Qualquer ponto fraco na sua fundação afeta todo o sistema.



Figura 1 - Casa TPS (Liker, 2004)

No topo encontram-se identificados os objetivos finais do sistema: obter a melhor qualidade possível, ao menor preço e com a maior rapidez, para satisfazer os requisitos dos clientes, mantendo a motivação dos colaboradores e assegurando a melhor segurança possível. Estas cinco características focam-se em diminuir ao máximo o fluxo produtivo e eliminar o desperdício. Para que o topo seja assegurado, o sistema Toyota assenta em dois pilares fundamentais: produção *Just in Time* e *jidoka* (Liker, 2004).

Just in Time (JIT) é um sistema de produção que pretende assegurar que as peças apenas chegam à zona de produção no momento certo e nas quantidades certas. Só uma empresa a adotar JIT consegue perseguir o objetivo de stock zero (Ohno, 1988).

“(...) each process must be supplied with the required items in the required quantity and at the required time – just-on-time, with no accumulation.” - Shingo and Dillon (1989)

O JIT assegura que, na organização, apenas circulam os materiais necessários, eliminando as etapas sem valor, diminuindo os stocks e aumentando a rapidez de resposta a flutuações nas ordens dos clientes, o que se traduz num aumento de flexibilidade. É um sistema que assenta nos conceitos de *takt time* (o ritmo da procura do cliente) e *cycle-time*, fluxo unitário, produção *pull*, *jidoka*, células em U e redução de tempos de setup (Imai, 2012).

Jidoka é um termo japonês que significa automação com um toque humano. O significado deste termo, essencialmente, é evitar que qualquer defeito passe para a estação seguinte em qualquer ponto da produção. Para conseguir cumprir esse objetivo, é atribuída às máquinas a capacidade de pararem (através de automatizações) quando detetam erros na produção ou no seu funcionamento. A origem do nome *jidoka* vem de Sakichi Toyoda que chamava a essas automatizações “*jido*”, aquando da sua implementação (Ohno, 2013). Os princípios do *jidoka* são, resumidamente, descobrir uma anomalia, parar o processo, resolver o problema e investigar e corrigir a causa desse mesmo problema (Lean TI).

Além destes dois pilares, Liker (2004) salienta também, no centro da ilustração, as pessoas, o trabalho em equipa e a redução do desperdício que, em conjunto, levam à melhoria contínua.

Tal como abordado por Pinto (2014), o TPS foi concebido para estabelecer na organização uma cultura de confiança nas pessoas, de forma a ajudá-las a fazer o seu trabalho e a melhorar continuamente. Utilizando TPS, “as empresas dependem das pessoas para identificar os problemas, para reduzir custos e aumentar o desempenho dos processos” (Pinto, 2014). Ao contrário do que é referido em algumas obras, o TPS “não é apenas um conjunto de ferramentas como JIT, lean, 5S (...), mas sim um sofisticado sistema de produção onde todas as partes contribuem para o todo. O todo está na sua raiz e existe o foco em suportar e encorajar as pessoas para melhorarem continuamente os processos que trabalham e a elas mesmas”, como explicado por Liker (2004).

Neste sistema, a empresa foca-se em educar os seus colaboradores, para que se tornem, não só autónomos e capazes nas suas tarefas, mas também flexíveis para ajudar os seus pares, em aproximar as pessoas de todos os setores através de equipas multidisciplinares nos seus projetos e envolver a sua gestão do topo nesses mesmos projetos. Tudo isto ajuda a desenvolver uma cultura onde qualquer colaborador sente o seu trabalho e opiniões valorizadas, o que traz muito mais motivação para o realizar e para ajudar a organização a crescer (Pinto, 2014).

Finalmente, a casa TPS assenta em *Heijunka*, estabilidade, trabalho normalizado, gestão visual e na filosofia *Toyota Way*.

Heijunka pode ser traduzido por nivelamento da produção. Envolve organizar a produção por tipo ou por volume, de forma a controlar a chegada de materiais. O objetivo é conseguir um planeamento onde os materiais sejam usados mal cheguem à linha e não seja necessário haver inventários intermédios (Ohno, 2013). O nivelamento da produção é necessário para evitar flutuações na produção. Como a linha está sempre preparada para receber a maior produção

possível, flutuações geram desperdício, que se traduzem em perdas para a organização. É, em conjunto com a estabilidade, essencial para a implementação de *kanban* (Ohno, 1988).

O trabalho normalizado é uma forma de assegurar que todo o trabalho realizado cumpre os padrões da organização. Para que isso seja cumprido, utilizam-se folhas onde são explicitados todos os passos a seguir do início ao fim de cada tarefa e que indicadores devem ser controlados durante o processo. Assim, é garantido que até o operador menos experiente tem informação suficiente para realizar a tarefa ao nível que a organização pretende. A folha combina informações de materiais, trabalhadores, máquinas e elementos do processo como tempo de ciclo, informações da sequência de trabalho e inventário (Ohno, 1988).

A estabilidade é definida como a capacidade de produzir como planeado. É calculada através do *takt time* e da capacidade de utilizar os recursos disponíveis da forma mais rentável, sem pôr em causa a segurança e qualidade. “Uma produção ou processo é considerado estável quando tiver métodos claros e robustos para rapidamente resolver todos os problemas ocorrentes” (Lean.org). A estabilidade é medida utilizando o *downtime* da produção e é estudada através de quadros de acompanhamento, onde são registadas as informações da produção diária. Essas permitirão, posteriormente, identificar as causas de desperdício (Rother & Harris, 2001).

Gestão visual baseia-se na expressão popular de que “uma imagem vale mais que mil palavras”. Envolve utilizar meios visuais para colocar as situações e problemas que acontecem diariamente à vista de todos, pois apenas se os tornarmos visíveis os poderemos abordar, encontrar as suas causas e os resolver. Para esse efeito, são utilizados gráficos, códigos de cores, indicadores e instruções que expressam os níveis do trabalho realizado e se este se encontra de acordo com os objetivos estabelecidos. Além disso, a gestão visual ajuda a tornar as pessoas mais autónomas e capazes nos seus trabalhos, pois dá-lhes informação acerca da realidade diária dos seus trabalhos (Coimbra, 2013; Imai, 2012).

2.1.1 Desperdício

Tal como abordado em 2.1, o objetivo principal do TPS é reduzir o desperdício presente no processo produtivo, que é qualquer atividade que não acrescenta valor ao processo produtivo. (Ohno 1988). Os japoneses chamam ao desperdício *Muda* e consideram importante o seu controlo, pois, ao eliminá-lo, conseguem obter o mesmo valor, mais rapidamente e utilizando menos recursos, obtendo uma vantagem competitiva (Pinto, 2014).

No entanto, nem tudo o que pode teoricamente ser considerado desperdício pode ser eliminado dos processos. Existem atividades que, embora não pareça, constituem uma necessidade (como, efetuar testes de um software ou produto), pois, apesar de não serem requeridas pelo cliente, asseguram a longo prazo que os requisitos são cumpridos e a qualidade se mantém. Estas atividades constituem o desperdício necessário, uma das formas nas quais o desperdício se manifesta numa organização. A outra forma é o puro desperdício, que envolve as atividades realizadas que são absolutamente dispensáveis, como viagens, reuniões onde os objetivos não são cumpridos ou nenhuma decisão é tomada, entre outros (Pinto, 2014).

Inspirado pela gestão empresarial japonesa, Pinto (2014) divide o desperdício em várias categorias, como os sete desperdícios (7W), de acordo com Taiichi Ohno, e os três MU.

Taiichi Ohno dividiu os principais desperdícios de um processo produtivo, pela sua forma, em 7 tipos (Ohno, 1988; Pinto, 2014; Shingo & Dillon, 1989):

- Excesso de Produção: é a categoria mais penalizante de desperdício, pois envolve usar mais do que o necessário, para produzir algo desnecessário no momento. Gera gasto e ocupação em demasia de recursos materiais, humanos, espaço e tempo, bem como perda de flexibilidade de planeamento e antecipação de compras. É causado pela mentalidade de fazer para stock para compensar as instabilidades na produção, lotes de produção grandes, a antecipação da produção

na expectativa de aumentar os resultados. Para corrigir implementam-se ferramentas TPS como o JIT, trabalho normalizado, fluxo contínuo, nivelamento da produção e SMED;

- Esperas: desperdício devido ao tempo que pessoas ou equipamentos perdem à espera que algo aconteça. As causas principais são paragens do fluxo produtivo (devido a avarias, acidentes ou defeitos), problemas de *layout* (que originam erros de transporte, defeitos ou acidentes), atrasos de entregas por fornecedores internos e externos, oferta não balanceada com a procura e lotes de produção demasiado grandes. Para evitá-lo utilizam-se ferramentas como heijunka e SMED, mudanças de *layout*, planeamento de produção e balanceamento de postos de trabalho;

- Transporte e Movimentações: chama-se de transporte a qualquer movimento de material numa organização e movimentação aos movimentos executados por pessoas. Esses são considerados como desperdício se forem desnecessários à realização das tarefas e processos. O objetivo não é eliminá-los, mas sim reduzi-los ao mínimo de frequência, com as mínimas distâncias possíveis. Para isso, corrigem-se *layouts* e dá-se o planeamento de operações da organização;

- Desperdício do Próprio Processo (*overprocessing* ou processamento incorreto): o próprio processo pode gerar desperdício se estiverem a ser efetuados procedimentos que não são essenciais à obtenção do resultado, estando a ser usados recursos sem valor para o cliente;

- Inventário: guardar mais material do que o necessário é um desperdício com custo elevado (de armazenamento, mas também de transporte, qualidade e operação) e várias causas, como: excesso de produção, mau planeamento de produção, *layouts* inadequados, existência de gargalos nos processos, processos com diferentes velocidades, elevado número de defeitos, presença de uma cultura que aceita um elevado inventário como normal, entre outros. Para contrariar este defeito deve-se mudar a cultura da organização, planear melhor a produção, melhorar a qualidade dos processos, nivelar a produção e tentar instaurar produção *pull*;

- Defeitos: engloba os problemas de qualidade e, também, o desperdício vindo da existência de tarefas de inspeção e de resposta a reclamações de clientes, pois ambas estão ligadas de forma direta à existência de defeitos na organização. São causados por: falta de padrões nos processos, falhas e erros humanos, transportes e movimentos, ausência de inspeções e controlos, mentalidade de foco na inspeção final que retira a responsabilidade a quem faz o produto, etc.;

- Trabalho e movimento desnecessário: este refere-se ao movimento que não é realizado de acordo com o requerido para executar a tarefa/processo, revelando-se muito lento, rápido ou excessivo. As causas deste são existirem operações isoladas que não permitem perceber se a velocidade relativa é adequada, a desmotivação das pessoas, o *layout* não ser adequado, não ter existido formação suficiente das pessoas, entre outros. Para resolvê-lo deve-se tentar uniformizar o trabalho efetuado, formar os trabalhadores e implementar um fluxo contínuo.

Além destes 7 tipos de desperdício, Liker (2004) acrescenta o desperdício do potencial dos operários, que se refere às oportunidades perdidas para melhoria de uma organização por não se prestar atenção aos seus colaboradores e às suas ideias e opiniões.

A segunda categoria de identificação de desperdício apresentada é a dos 3 MU, que são: o *Muda* (o desperdício), que representa tudo o que não acrescenta valor ao sistema e que deve, portanto, ser eliminado ou reduzido; o *Mura* (o variável, as inconsistências), que ocorre sempre que o fluxo produtivo sofre variações, pára ou existe diferença de qualidade nos produtos e serviços fornecidos devido a essas variações; e o *Muri* (o irracional, em excesso ou insuficiência), que representa quando um trabalho, máquina ou processo, devido à falta de uniformização, é realizado ou usado a uma carga superior ou inferior ao requerido (Imai, 2012; Pinto, 2014).

2.1.2 Toyota Way

Tal como foi ilustrado na Figura 1, a *Toyota Way* é uma das bases do sistema TPS, sendo este considerado a representação sistemática, estruturada e desenvolvida que a aplicação dos princípios desta filosofia permitem atingir. Juntos compõem o ADN da Toyota (Liker, 2004).

A *Toyota Way* baseia-se, resumidamente, no foco pela melhoria contínua (*Kaizen*) acompanhado pelo respeito pelas pessoas. É habitualmente explicada através dos seus 14 princípios, estando estes divididos em quatro grupos (Liker, 2004):

I – Filosofia a longo-prazo

1 – Basear as decisões de gestão da organização numa filosofia a longo prazo, mesmo que se ponham em causa objetivos financeiros a curto-prazo

Tomar decisões que promovem o crescimento organizacional, da sua cultura e que coloquem as pessoas a trabalhar para um objetivo comum é mais importante que fazer dinheiro, pois implementa bases para um futuro de sucesso. Isto estará na base dos outros princípios.

Uma organização deve avaliar-se pela sua capacidade de gerar valor para o seu cliente, para a sociedade e para a economia. Deve ser responsável, decidir o seu destino e confiar nas suas decisões, possuindo sentido crítico para as avaliar, mantendo apenas as que adicionam valor.

II – O processo certo produzirá os resultados certos

2 – Criar um processo com fluxo contínuo para trazer os problemas à superfície

Tentar atingir fluxo contínuo com adição de valor, através do redesenho dos processos de trabalho e ter como objetivo não existirem tempos de espera entre trabalhos. Criar um fluxo evidente para todos, que permita mover rapidamente material e informação, ligando os processos, aproximando as pessoas e permitindo detetar imediatamente os problemas.

3 – Utilizar sistema *pull* para evitar sobreprodução

Instaurar um sistema *pull* permite dar aos clientes o que querem, quando querem, na quantidade certa. A reposição de material é iniciada pelo pedido do cliente, sendo esta a base do princípio JIT deste sistema. São guardadas, apenas, pequenas quantidades de stocks, que são repostas baseadas no que o cliente realmente retira, diminuindo o trabalho necessário nos processos e as necessidades de armazenamento. O objetivo é responder à procura do cliente, ao invés de basear a produção em cálculos e produzir inventário a mais.

4 – Nivelar o trabalho (*heijunka*)

Muitas empresas trabalham em lotes, possuindo trabalhos desnivelados, levando a que tenham de realizar tarefas de um processo em tempos diferentes, a velocidades diferentes, não permitindo que obtenham um fluxo contínuo. Nivelar o trabalho, eliminando o excesso de trabalho a pessoas e equipamentos e balanceando os tempos dos trabalhos, é tão importante como eliminar o desperdício em si.

5 – Estabelecer uma cultura de resolução de problemas no momento que são causados, para obter qualidade à primeira

Providenciar qualidade ao cliente é a base da organização. Para isso, devem usar-se os melhores métodos de verificação de qualidade disponíveis. É importante usar equipamentos que detetem problemas e se parem a si mesmos (*jidoka*) dando um sinal visual quando o fazem, criar sistemas de apoio à gestão que encontrem problemas e proponham soluções e estabelecer na organização a filosofia que é melhor fazer o trabalho um pouco mais lento, mas bem à primeira, do que rápido e com defeitos (este pensamento aumentará a produtividade a longo prazo).

6 – Tarefas uniformizadas são a base para melhoria contínua e melhoria dos trabalhadores

Num processo *pull* com fluxo contínuo, é importante que exista estabilidade e que os métodos utilizados sejam previsíveis, de fácil repetibilidade e com um resultado claro e fácil de obter. Para isso é essencial normalizar as tarefas do processo para que sejam de fácil aprendizagem e seja assegurado que as melhores práticas de trabalho são seguidas diariamente. É importante, também, para além de uniformizar, dar liberdade ao colaborador para tentar utilizar o seu potencial e melhorar a norma utilizada, se possível.

7 – Utilizar gestão visual para tornar os problemas visíveis

Usar indicadores visuais simples de ver e perceber que indiquem quando o processo está estável ou a desviar-se dessa condição. Tentar manter o trabalhador no local de trabalho, ao invés de ter de ir ao computador verificar o estado do processo. Além disso, reduzir os relatórios realizados ao mínimo possível (de preferência uma folha).

8 – Usar apenas tecnologia que se ajusta às pessoas e processos e que foi testada e é confiável

Para que a tecnologia ajude um processo a ser mais produtivo, necessita de ser testada antes de utilizada. Uma nova tecnologia é, por vezes, pouco segura e incerta podendo pôr em causa o fluxo produtivo. É importante perceber, antes de implementar uma tecnologia, se esta entra em conflito com o processo e a sua estabilidade, fiabilidade e previsibilidade ou com a cultura da organização. Mesmo assim, é importante encorajar as pessoas a serem criativas e procurarem formas de, com tecnologia, melhorarem os seus processos. Além disso, deve procurar-se utilizar tecnologias que ajudem no trabalho das pessoas, não para as substituir. Por essa lógica, primeiro promove-se a melhoria do processo manual, antes de se utilizar tecnologia para o apoiar.

III – Adicionar valor à organização desenvolvendo as pessoas que nela trabalham

9 – Formar líderes que percebem o trabalho realizado e a filosofia e são capazes de os ensinar aos outros

É importante formar líderes a partir de pessoas já presentes na organização, pois estas já percebem o seu trabalho e a sua cultura. Um líder não deve ser visto, apenas, como uma pessoa com boas qualidades técnicas e que obtém resultados. Tem, também, que ser um modelo para as outras pessoas, mostrando-lhes como fazer o seu trabalho e motivando-as a ser melhores, transmitindo, diariamente, a filosofia da empresa.

10 – Desenvolver pessoas excepcionais e equipas que seguem a filosofia da organização

É chave desenvolver uma cultura estável de trabalho em equipa, onde as ideias e filosofias bases da organização são defendidas e partilhadas por todos. Para isso, é importante reforçar, continuamente, valores de trabalho em equipa, união e interajuda. Para isso, a organização deve focar-se em formar indivíduos e equipas de excelência que trabalhem segundo as filosofias transmitidas. As equipas devem ser multidisciplinares para que seja possível resolver problemas de todas as áreas e para que a informação seja, facilmente, passável entre elas.

11 – Respeitar a cadeia de parceiros e fornecedores

A organização deve tratar os seus parceiros e fornecedores como uma extensão do seu negócio, para que se desenvolva confiança entre organizações. Deve, também, desafiá-los a acompanhar o seu crescimento, estabelecendo metas difíceis, ajudando-os, se necessário, a atingi-las.

IV – Resolver continuamente os problemas (nas suas causas) para ajudar a aprendizagem organizacional

12 – Ir ao local e ver por si mesmo (*genchi genbutsu*)

Aquando da verificação de um problema ou da necessidade de desenvolver um processo, não há nada melhor do que ir ao local e visualizar a situação pessoalmente. Devem basear-se as conclusões e decisões no que foi visto e não em dados, nem teoria demonstrada por um

computador. Ao não ver com os próprios olhos o que se passa, torna-se difícil obter mais do que um conhecimento superficial da situação.

13 – Tomar decisões com calma, com consenso de todos, considerando todas as opções e implementá-las rapidamente (*nemawashi*)

O caminho na tomada de decisão não deve ser linear ao início. Devem ser ouvidas, discutidas e estudadas todas as alternativas, de forma a existir consenso na decisão a tomar. Embora mais demorado, este processo permite escolher o caminho que todos concordam como sendo o correto e, após a sua seleção, implementar rapidamente a solução. *Nemawashi* é o nome dado pelos japoneses a este processo.

14 – Tornar-se numa organização que aprende consigo mesma através de reflexão (*hansei*) e melhoria contínua (*kaizen*)

Após conseguir implementar processos estáveis e um fluxo contínuo, a organização, deve, na chegada aos seus objetivos, efetuar reflexões para perceber o que correu mal e o que pode ser melhorado, de forma a não repetir os mesmos erros e corrigir os defeitos (*hansei*). Além disso, a filosofia seguida deve ser de acreditar continuamente que se pode melhorar (*kaizen*). Para isso, os processos devem ser seguidos e analisados continuamente para que se detetem os problemas cedo. Esses problemas devem ser estudados até às suas causas para que não se repitam. É, ainda, importante proteger o conhecimento organizacional através de um sistema estável, lento e cuidadoso e desenvolver a organização através da aplicação e normalização de boas práticas de trabalho e não com a reinvenção das mesmas em cada projeto desenvolvido.

Estes quatro grupos são designados por 4P (*Philosophy, Process, People and Partners, Problem Solving*). Os princípios e grupos podem ser visualizados, na sua forma resumida, na figura 2.

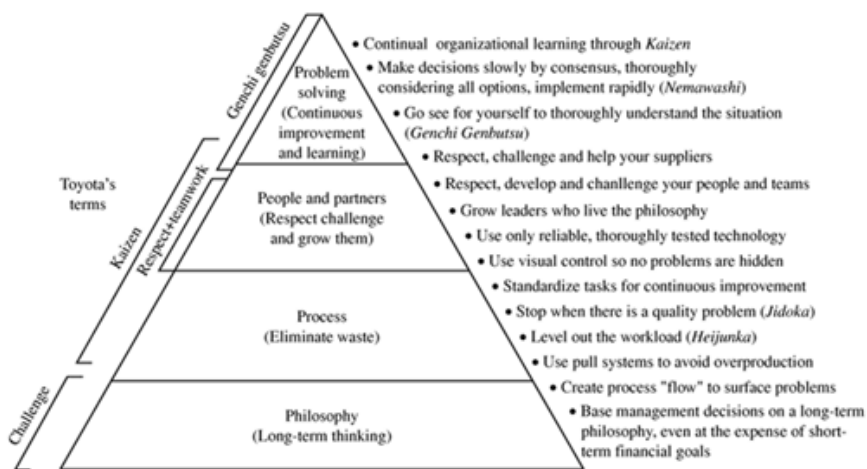


Figura 2 – Modelo 4P da Toyota Way (Liker, 2004)

2.1.3 Kaizen

Kaizen é uma filosofia de gestão cujos princípios foram, inicialmente, introduzidos por Masaaki Imai em 1985. Significa “mudar para melhor” ou “melhoria contínua”. Com a aplicação desta filosofia, as empresas conseguem passar ao próximo nível, obtendo os melhores resultados em Segurança, Qualidade, Entrega, Preço e Motivação (SQDCM - *Safety, Quality, Delivery, Cost, Motivation*), através de uma cultura onde é promovida a melhoria diária com a contribuição de todos (operários, chefes e gestores) (Coimbra, 2013).

A filosofia *kaizen* defende que nas suas vidas, sejam elas de trabalho, sociais ou pessoais, as pessoas devem esforçar-se todos os dias em tentar melhorar. Esse esforço de melhoria, embora não pareça alcançar resultados muito significativos à primeira vista, a médio/longo prazo resulta em várias pequenas melhorias, que somadas resultam numa melhoria bastante significativa. Ao

contrário da inovação, que provoca mudanças disruptivas e dramáticas num sistema, *kaizen* procura melhorar com o que se já tem presente, fazendo melhorias de custo e risco baixo, sendo subtil na sua ação, mas obtendo resultados esclarecedores a médio/longo prazo (Imai, 2012).

Os principais princípios *kaizen*, segundo Coimbra (2013) são (Coimbra, 2013; Imai, 2012):

- Qualidade em primeiro lugar: os principais objetivos de qualquer organização de forma a ser competitiva no mercado são assegurar a melhor qualidade (dos seus produtos e também dos seus processos), ao melhor preço, sem falhar na entrega, quer em rapidez quer em quantidade (QCD - *Quality, Cost and Delivery*). No entanto, a qualidade deve ser considerada prioritária perante os outros dois fatores, porque não adianta o quão barato é o nosso produto, serviço ou processo, nem o quão eficiente é a nossa entrega, se o produto/serviço ou processos não possuírem qualidade. Qualidade é a conformidade de um produto com as especificações do cliente, ou a conformidade de um processo da empresa com o que ela pretende alcançar. Se o produto não cumpre, então não satisfaz o cliente e ele não voltará a recorrer à empresa como fornecedor. Se o processo não tem qualidade, os produtos não cumprirão os requisitos propostos;
- Orientação para o *gemba*: a pessoa deve ir ao local, visualizar os processos com os próprios olhos e tentar mudá-los para melhor. Só indo ao local é possível perceber a realidade (que muitas vezes é diferente do teoricamente esperado) e tirar conclusões sobre o processo que está a ser realizado;
- Eliminação do desperdício: tal como no TPS, a eliminação do desperdício é um dos conceitos principais. Como foi abordado em 2.1.1, o desperdício pode manifestar-se de várias formas.
- Desenvolvimento das pessoas: para os projetos desenvolvidos pela organização serem bem-sucedidos é necessário o envolvimento de todos, desde os operários que trabalham na linha até à gestão de topo. Apenas com o envolvimento de todos, ouvindo todas as opiniões e explicando de forma clara os objetivos e resultados que se pretendem obter, é possível criar um hábito de procura constantemente pela melhoria e de atenção aos problemas e não conformidades que surgem no local de trabalho;
- Normalização visual (*Visual Standards*): envolve a aplicação da gestão visual (abordada em 2.1) na criação de normas de trabalho. Ao fazê-lo é possível reduzir/eliminar a variabilidade nos processos. Isto porque um processo numa empresa é realizado por mais do que uma pessoa. Ao definir uma norma é possível garantir que as pessoas realizam o trabalho da mesma forma e cumprem o requerido;
- Processo e resultados: este princípio defende que o processo é tão importante como o resultado do mesmo. Só assegurando um processo com qualidade e existindo esforços para assegurar a sua melhoria contínua, é possível assegurar que os resultados se mantêm de acordo com o pretendido. Além disso, apenas melhorando o processo se consegue obter resultados ainda melhores. Existem várias estratégias utilizadas para este fim: ciclo PDCA, ciclo SDCA (*standardize-do-check-act*), TQM (*total quality management*), JIT, TPM (*total productive management*), entre outros;
- Pensamento *pull*: um sistema *pull* implica que é a ordem do cliente que inicia e impulsiona o fluxo de material. Este princípio envolve a ideia de organizar toda a cadeia de abastecimento, de forma a que haja uma otimização do fluxo de material e informação.

2.2 Total Flow Management

Total Flow Management (TFM) é um modelo desenvolvido pelo *Kaizen Institute*. A justificação foi criar um modelo que permitisse organizar e melhorar o fluxo da organização (quer na produção, quer na logística interna e externa), de forma a tornar mais fácil a implementação do

TPS e de facilitar a aplicabilidade de um fluxo contínuo com sistema pull não só no processo produtivo, mas em toda a cadeia de abastecimento (Coimbra, 2013).

A meta do modelo é a criação de uma cadeia de abastecimento com a pessoa no centro e no comando de tudo, onde exista redução do *lead time*, devido à obtenção de fluxo de material contínuo. Apenas se existir um fluxo contínuo ao longo de toda a cadeia, é possível atingir os melhores valores em termos de produtividade, qualidade, serviço ao cliente e satisfação (Coimbra, 2013).

O TFM foca-se, tal como o TPS e a filosofia *kaizen*, no desenvolvimento de uma cultura onde o principal objetivo é a completa eliminação do desperdício do sistema (Coimbra, 2013).

O TFM é dividido em cinco pilares: estabilidade básica, fluxo produtivo, fluxo logístico interno, fluxo logístico externo e *design* da cadeia de abastecimento. Estes pilares são ilustrados na Figura 3 (Coimbra, 2013):

II. Production Flow	III. Internal Logistics Flow	IV. External Logistics Flow
5. Low-cost automation	5. Pull planning	5. Total pull planning
4. SMED	4. Leveling	4. Outbound and delivery
3. Standard work	3. Synchronization	3. Inbound and sourcing
2. Border of line	2. <i>Mizusumashi</i>	2. Milk run
1. Layout and line design	1. Supermarkets	1. Warehouse design
I. Basic Stability		
V. Supply Chain Design		

Figura 3 - Pilares do TFM (Coimbra, 2013)

Nesta dissertação será dada atenção, apenas, aos primeiros dois pilares, estabilidade básica e fluxo produtivo.

O conceito de estabilidade básica indica que, para ser possível criar um fluxo contínuo na cadeia de abastecimento, é necessário, primeiro, assegurar condições básicas nos 4M: mão-de-obra (*manpower*), equipamentos (*machines*), materiais e métodos. É necessário, antes de implementar um fluxo contínuo, analisar se os 4M são de confiança e não existem problemas em nenhum deles que poderão impedir o fluxo (Coimbra, 2013).

- Mão-de-obra: os maiores desafios acerca da mão-de-obra são assegurar a pontualidade dos colaboradores, reduzir ao mínimo o absentismo e vencer a resistência natural das pessoas pela mudança, pois estas variáveis afetam diretamente o fluxo contínuo que se quer implementar. Ao não existir pontualidade no começo das suas tarefas, os colaboradores causam pausa na produção e fazem com que tarefas fiquem em espera, o absentismo inesperado pode quebrar todo o fluxo da produção e a resistência das pessoas pode tornar a implementação de melhorias difícil. Para resolver estes problemas é necessário envolver supervisores, gestão de topo e recursos humanos com os colaboradores, para: trabalharem na descoberta das raízes dos problemas, serem transmitidos, regularmente, os valores e filosofia da organização e fazer todos os colaboradores perceber o seu valor, através da aplicação de ferramentas *kaizen* de desenvolvimento pessoal como o ciclo SDCA.

- Equipamentos: a estabilidade de um equipamento é, normalmente, verificada através dos valores de OEE (*Overall Equipment Effectiveness*). O OEE mede a fiabilidade de um equipamento através de 3 parâmetros, a disponibilidade do equipamento, a sua performance e a qualidade dos produtos e do processo. A disponibilidade considera as paragens provocadas por avarias, manutenções, setups e afinações e a performance perdas por diminuição de velocidade e pequenas paragens. Utiliza-se a seguinte expressão para calcular o OEE:

$$\text{OEE (\%)} = \text{Disponibilidade do equipamento (\%)} \times \text{Performance (\%)} \times \text{Qualidade (\%)} \quad (2.1)$$

- Materiais: problemas com a estabilidade dos materiais ocorrem, normalmente, devido à falta de partes ou matérias-primas necessárias à realização de uma tarefa. Estas falhas podem acontecer devido a falhas de fornecedores externos, que podem ser pouco confiáveis ou atrasar-se na entrega, e a atrasos internos nos processos, devido a paragens de máquinas ou a materiais não estarem no sítio certo, à hora certa, na quantidade certa. Para resolver estes problemas deve-se melhorar o planeamento dos processos produtivos, recorrendo, por exemplo, a um ciclo PDCA.

- Métodos: os problemas de estabilidade referentes aos métodos estão, geralmente, relacionados com os problemas que surgem das ações tomadas para reduzir inventário e criar um fluxo mais apertado. Normalmente, são problemas relacionados com a qualidade ou desperdício de tempo.

O fluxo produtivo é o segundo pilar do TFM. Este tem como principal objetivo assegurar uma movimentação contínua de material. Para além de criar um fluxo de materiais contínuo e unitário, o TFM pretende (Coimbra, 2013):

- Assegurar a minimização do desperdício nos movimentos dos colaboradores, eliminando os seus movimentos que não adicionam valor;

- Customizar ao máximo a produção da linha, criando uma linha flexível, com a capacidade de produzir vários modelos, com tempos de setup o mais pequenos possível;

- Procurar automatizar certas operações para melhorar a ergonomia, procurando, no entanto, simplificar antes de proceder a essa mesma automatização.

Como foi visualizado na Figura 3, o fluxo produtivo engloba cinco domínios capazes de ser melhorados. São eles (Coimbra, 2013):

- Conceção do *layout* da linha: é o primeiro domínio a ser abordado na melhoria do fluxo produtivo. O objetivo é analisar os processos, eliminando todas as tarefas de transporte, controlo e espera que não adicionam valor, tentando englobar fluxo unitário na linha o tanto quanto possível. Com a conceção de um *layout* pretende-se aumentar a eficiência e produtividade das máquinas e colaboradores, aumentar a flexibilidade da linha e melhorar custos e qualidade;

- Organização do bordo da linha: este domínio engloba a conceção e organização da zona de interface entre a linha de produção e a logística interna da organização. Nesta zona são armazenados os materiais que serão utilizados e produzidos na linha. O objetivo é minimizar os movimentos dos colaboradores, organizando o espaço e colocando os materiais o mais próximos possível do ponto em que vão ser necessários e utilizados;

- Trabalho normalizado: este domínio consiste na criação de normas para o trabalho, que pretendem uniformizá-lo de acordo com o que se pensa ser, no atual momento, a melhor forma de o desempenhar. Assim, pretende-se assegurar que todos os colaboradores trabalham da mesma forma, minimizando os seus movimentos e os seus problemas e indecisões, aumentando a eficiência e previsibilidade do trabalho;

- SMED (*Single-Minute Exchange of Dies*): é um conceito que foi desenvolvido por Shigeo Shingo e que pretende tornar a mudança de ferramentas a mais rápida quanto possível, para minimizar as paragens da linha. É, resumidamente, um método que pretende melhorar as normas na mudança de um produto para outro, tornando o tempo dessa mudança inferior a um número de dois dígitos (inferior a 10 minutos). Com o SMED pretende-se aumentar a flexibilidade da linha, sem que isso afete o fluxo produtivo com paragens demoradas;

- Automação de baixo custo: a automatização é a fase de implementação final, após se terem desenvolvido os primeiros quatro domínios de fluxo produtivo. O seu objetivo é reduzir a quantidade de trabalho manual e movimentos dos colaboradores, através de tecnologias preparadas mecanicamente, eletronicamente ou através de computadores para operarem num sistema produtivo e/ou o controlarem, conseguindo-se, assim, aumentar bastante a

produtividade, eficiência e a facilidade com que se realizam certas tarefas (ergonomia). A automatização completa da linha pode ser cara, pelo que pode não ter um retorno de investimento suficiente. Nestes casos, opta-se por automatização de baixo custo.

2.3 Conceção do *layout* da linha

A conceção do *layout* é o primeiro domínio do pilar “fluxo produtivo” do TFM. Será mais elaborado, neste subcapítulo, tendo em conta que é um ponto importante neste projeto.

A localização de algo na planta de uma fábrica é uma decisão estratégica importante a ser tomada pela organização, visto que uma das partes fulcrais de qualquer processo produtivo é a eficiência como as suas partes se movem pelo sistema até ao consumidor. Para que esses movimentos sejam eficientes, cada parte do sistema tem de estar numa posição ótima, para que tempo e recursos não sejam desperdiçados (Kumar & Suresh, 2008).

O domínio de conceção de *layout* existe para organizar a planta fabril da melhor forma, envolvendo, nessa organização, centros de trabalho, departamentos, equipamentos e pessoas. Serve para planear a organização física dos locais de produção que estarão a ser utilizados no chão de fábrica (Kumar & Suresh, 2008).

Aplicado a uma linha, o conceito é utilizado da mesma forma: planear a melhor forma de organizar as máquinas, equipamentos e pessoas utilizados na linha, de maneira a diminuir a quantidade de movimentos e eliminar as tarefas que não acrescentam valor ao processo (Coimbra, 2013).

O objetivo principal de um *layout* é, então, maximizar os lucros obtidos no processo produtivo, de forma a retirar o melhor possível dos recursos despendidos. Além disso um bom *layout* pretende permitir: tornar o fluxo de materiais contínuo pela planta, facilitar o processo produtivo, manter um alto nível de qualidade e entrega de material, minimizar o custo de inventário e manuseamento, o uso eficiente de pessoas, equipamento e espaço, ganhar flexibilidade nas operações produtivas, providenciar ergonomia e segurança, minimizar o investimento em equipamentos, minimizar o tempo produtivo global e ajudar a estrutura organizacional (Kumar & Suresh, 2008).

Para efetuar um *layout*, segundo Kumar and Suresh (2008), precisam de ser seguidos os seguintes princípios:

- 1 – Princípio de integração: apenas se um *layout* envolver todas as suas partes (pessoas, materiais, máquinas e serviços de suporte) é possível obter uma ótima utilização dos recursos e uma máxima eficiência;
- 2 – Princípio da distância mínima: o *layout* deve ser arranjado de forma que todos os movimentos de pessoas e materiais sejam os menores possíveis e, de preferência, em linhas retas.
- 3 – Princípio de utilização do espaço: o espaço deve ser utilizado eficientemente em todo o seu volume. Um bom *layout* aproveita tanto o espaço horizontal como o vertical (altura).
- 4 – Princípio do fluxo: os materiais apenas devem seguir uma direção, não pode haver retrocessos;
- 5 – Princípio da flexibilidade máxima: o *layout* deve permitir que alterações futuras sejam realizadas sem grandes custos e tempo. Para isso, ao concebê-lo, o futuro deve ser tido em conta;
- 6 – Princípio da proteção, segurança e satisfação: a segurança e satisfação dos colaboradores deve ser tida em conta na conceção do *layout*, bem como deve ser assegurado que as máquinas e equipamentos têm a devida proteção;

7 – Princípio do mínimo manuseamento: o manuseamento do material deve ser limitado ao mínimo possível.

Existem vários tipos de *layout*: *layout* por processo (ou funcional), *layout* por produto, a combinação de *layouts*, o *layout* de posição fixa e o *layout* de grupo.

No *layout* por processo todas as máquinas que têm a mesma função ou efetuam os mesmos processos são agrupadas, sendo adequado para situações que existam lotes grandes, com grande variedade de produtos, mas onde o volume de produção não é suficiente grande para justificar um *layout* por produto. Neste tipo de *layout*, o WIP, lead time e tempo de transporte entre operações são elevados e existe, ainda, a possibilidade de os produtos terem de retroceder a operações anteriores. No entanto, esta organização do *layout* permite melhor utilização e maior flexibilidade das máquinas e necessidade de menos equipamentos e recursos (Coimbra, 2013; Kumar & Suresh, 2008).

No *layout* por produto, a planta é organizada por sequência de operações que levam à obtenção do produto final. É utilizada quando o volume de produção de um produto é suficientemente elevado que justifique existir uma linha de produção dedicada a ele mesmo. Dispor um *layout* desta forma permite obter um fluxo de material eficiente, com menor WIP, lead time e custo por unidade produzida, balancear a linha, simplificar a produção e ocupar menos espaço. No entanto, envolve ter máquinas dedicadas a cada operação. Se uma dessas máquinas avariar todo o fluxo fica em causa e se uma delas for necessária noutro processo/noutra linha é necessário investir noutro equipamento com a mesma função. Além disso, pode causar falta de flexibilidade sendo que a necessidade de uma alteração pode causar a mudança de toda a linha (Coimbra, 2013; Kumar & Suresh, 2008).

A combinação de *layouts* pode ocorrer, combinando ambos os *layouts* anteriores, quando é necessário produzir um mesmo produto em vários tamanhos e modelos. Para isso, agrupam-se as máquinas pelas suas funções e organizam-se as mesmas em sequências de fabrico, de acordo com o modelo de produto (Kumar & Suresh, 2008).

O *layout* de produção fixa (ou de projeto) surge quando são trabalhados materiais e componentes de grandes dimensões. Estes ficam numa localização fixa e são as pessoas, ferramentas e equipamentos que são movidos para esse local de produção (Kumar & Suresh, 2008).

O *layout* de grupo (ou em célula) tenta aproveitar as vantagens dos *layouts* por produto e por processo e diminuir os custos de transporte e de equipamentos. O objetivo é identificar famílias de componentes que requerem a passagem pelas mesmas máquinas e agrupá-las em células/grupos. Assim para fazer cada produto os componentes só passam numa célula, minimizando movimentos entre células. É visto como um *layout* importante, atualmente, pois garante flexibilidade para trabalhar com vários tamanhos de lote e várias sequências de operações. No entanto, tem como limitação não ser aplicável a todos os casos (Kumar & Suresh, 2008).

Além de analisar um *layout* pelo tipo, também se pode analisá-lo pela sua forma. Atualmente, como já foi explicado, as organizações procuram implementar fluxos produtivos unitários e contínuos. O *layout* visto como ótimo, onde o WIP é minimizado e o fluxo é o mais rápido possível é, normalmente, demonstrado através de uma linha em U. A linha em U mostra melhorias em relação a um fluxo em linha reta, pois dá uma maior flexibilidade aos colaboradores de comunicarem e se ajudarem nas várias etapas do processo, melhorando a tomada de decisões e resolução dos problemas que possam surgir (Coimbra, 2013). Um exemplo de uma linha em U pode ser visualizado na figura 4.

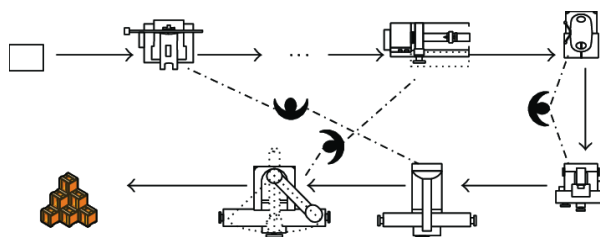


Figura 4 - Linha em U e flexibilidade dos operadores in “https://www.researchgate.net/publication/309197314_Impact_of_Personnel_Flexibility_on_Job_Shop_Scheduling”, consultado em 2020-04-24, 21:34

Para se desenhar um *layout*, Coimbra (2013) definiu vários princípios como: respeitar o tipo, volume e ciclo de vida dos produtos, desenhar uma linha preparada para fluxo unitário, pensar em equipamentos pequenos e fáceis de manobrar, ter em conta o *takt time* do cliente, tentar minimizar os desperdícios de transporte e a necessidade de transportadores, ter como objetivo tempos de setup nulos, conectar todos os processos (não isolar os operadores), separar o trabalho manual do realizado pelas máquinas, tentar combinar o local de entrada e saída de material, assegurar que o equipamento na linha é o adequado, pôr à disposição apenas os materiais necessários, trabalhar no sentido contrário aos ponteiros do relógio, tentar usar *karakuri* (equipamentos mecânicos que funcionam através de forças exteriores/do meio), diminuir a velocidade o tanto quanto possível, fazer com que as máquinas parem quando ocorrem situações anormais, preferir uma abordagem mecânica a uma elétrica ou eletrônica, não automatizar sem antes analisar, não trabalhar várias partes no mesmo processo ao mesmo tempo, simular novos equipamentos antes de os instalar e organizar o *layout* por processo.

2.4 Indicadores

Neste subcapítulo serão definidos, segundo Hopp and Spearman (2000), alguns parâmetros referentes a linhas de produção que serão abordados ao longo desta dissertação.

Throughput (TH) – é o resultado médio de um processo produtivo por unidade de tempo (por exemplo, peças/min). Para uma linha ou estação define-se o TH como sendo a quantidade média de produtos sem defeitos produzidos por unidade de tempo.

Work In Progress (WIP) – é a soma do inventário que se encontra entre o ponto inicial e final do processo, excluindo o inventário presente no final (que conta como produto finalizado).

Cycle Time (CT) ou tempo de ciclo – existem várias formas de definir o tempo de ciclo. Nesta dissertação será considerado como tempo de ciclo o tempo médio que uma peça demora a chegar de um ponto no início da sua sequência produtiva até ao final da mesma.

Bottleneck rate (r_B) – é a taxa de peças/min que a estação de trabalho da linha com a maior taxa de utilização consegue produzir, sendo a taxa de utilização calculada pela divisão da taxa de chegada de material pela taxa de produção efetiva. Define-se o gargalo (*bottleneck*) da linha pela taxa de utilização da estação. Isto, pois, embora para linhas com rotas simples, o gargalo costuma ser a estação de trabalho que produz a uma velocidade mais lenta, para rotas mais complicadas, uma estação de trabalho mais rápida com mais chegada de material pode ter maior utilização, sendo assim o gargalo.

Os parâmetros TH, WIP e CT são habitualmente relacionados através da lei de Little, definida por John D. C. Little, e que estabelece:

$$WIP = TH \times CT \quad (2.2)$$

Onde:

WIP, é o *Work in Progress*
TH, é o *Throughput*
CT, é o tempo de ciclo

3 Apresentação e estudo da situação inicial

O projeto foi realizado na fábrica de Vale de Cambra da Colep Portugal, na fábrica do *Metal Packaging*. A linha estudada pertence à área do *General Line*, fazendo parte da célula GLE1 e sendo designada por L40.

No *General Line* são produzidas embalagens e componentes metálicos, podendo este ser dividido em duas áreas de negócio: uma relacionada com a produção de embalagens e componentes para produtos alimentares e outra para produtos industriais (como diluentes, tintas, lubrificantes, entre outros). Do ponto de vista operacional, o negócio do *General Line* é dividido em dois departamentos pela lógica do processo (estampagem e montagem). Cada departamento é liderado por um *production manager*, que se responsabiliza pela gestão dos recursos de produção (pessoas e equipamentos). Uma das ferramentas utilizadas para essa gestão são as reuniões do diário, que ocorrem todas as manhãs com os *cell leaders*, para análise dos indicadores de produção do dia anterior, da evolução dos principais KPI das linhas de cada célula, dos desvios e do plano de ações para correção desses desvios.

A célula GLE1 é uma das 4 células da área do *General Line* e, tal como as outras, é liderada por um *cell leader*, cujas responsabilidades principais são monitorizar os KPI e assegurar que cumprem as métricas estabelecidas, controlar a produção e verificar que decorre de acordo com o planeado, identificar oportunidades de melhoria e desenvolvimento e conduzir a formação dos colaboradores. É composta pelas linhas 18, 19, 83, 73, 63 e 40, que são responsáveis por produzir componentes metálicos a partir de folha de flandres, previamente litografada e cortada nos processos a montante (Litografia e Corte), ou de finalizar componentes previamente produzidos noutras linhas da fábrica.

A linha 40 é responsável pela finalização de tampos dos seguintes formatos: LD 99, LD 106x76, LD 108, LD 170, LD 180, LD 180x120, LD 188, LD 240, LD 273, LD 284, LD 286, LD 292. O diâmetro exterior das embalagens em que são utilizados categoriza cada um deles. Por exemplo, o tampo LD 286 será usado num balde com diâmetro de 286 mm. Um exemplo de um destes tampos pode ser visualizado na figura 5.



Figura 5 - Tampo do formato LD 286 P UN

Alguns dos formatos mais importantes nesta linha e que devem ser aqui destacados são os LD 286, nomeadamente os formatos específicos LD 286 P e os LD 286 B, os LD 188 e os formatos LD 292.

A nomenclatura “P” significa que estamos na presença de um tampo de fecho com a utilização de garras. Isto significa que na zona do diâmetro exterior o tampo tem umas "orelhas" e estas vão encaixar numa embalagem que tem um rebordo. Para que o encaixe se dê utiliza-se uma ferramenta com garras que provoca a deformação das orelhas. A letra “B” significa que é um tampo *Ballesta*, que explicita que um aro é adicionado no final da produção ao tampo. Este aro dá ao tampo a capacidade de abertura e fecho fácil. Podem verificar-se as diferenças entre estes dois tipos de formatos nos seus desenhos técnicos no Anexo C. Existem ainda, na Colep tampos do modelo Tulipa, que nesta linha estão representados pelo formato LD 188 1T. Estes tampos

caracterizam-se por ter um formato adequado para encaixar em embalagens do tipo Tulipa, que são cilíndricas, com o "pescoço" mais largo no seu topo, para facilitar o acesso ao interior. Pode visualizar-se, no Anexo D, os 3 principais tipos de tampos encontrados na Colep.

Os tampos chegam à linha 40 provenientes de linhas diferentes do chão de fábrica. Por exemplo, alguns dos tampos de garras 286 (LD 286 P) provém da L63, nomeadamente os LD 286 P UN. A L63, a partir de folha de flandres cortada, produz os tampos base, através de corte e estampagem, que depois chegam à L40 para ser furados e finalizados.

A linha 40 possui 9 máquinas, com diferentes operações, responsáveis pela furação, soldadura de asa, batimento de furo e cravação de bocal. Os trabalhos podem ser realizados através de uma sequência específica de máquinas da linha ou somente por uma máquina, sendo a produção pouco automatizada e bastante manual.

Na L40 trabalham dois turnos diários de 8h, cada um com 3 trabalhadores.

3.1 Estudo da situação inicial

Inicialmente, procurou-se perceber como funcionava a linha. Durante as primeiras duas semanas procedeu-se a uma intensa recolha de dados e informações referentes às máquinas, ao trabalho realizado e aos volumes de produção.

Acerca das máquinas, consultaram-se os manuais de informação de cada uma delas. Estes manuais estão guardados na linha e neles são mencionadas as funções das máquinas, as suas cotas, os formatos que por ela passam e os desenhos técnicos de cada componente. As designações e funções das máquinas:

40-1: Furadora que maioritariamente executa diâmetros 95,6, 100 e 106 mm. Além disso, cunha, também, LD 152.

40-2: Furadora que executa diâmetros 57 mm com um furo rebaixado (CL57 - furo específico Colep).

40-3: Furadora que executa diâmetros 32 e 42 mm e também faz bossas nos tampos.

40-4: Máquina responsável por bater o furo de diâmetro 95,6, 100 e 106 mm. Esta operação serve para eliminar as arestas vivas provenientes da operação de furação anterior a esta.

40-5: Máquina responsável pela soldadura de asas em tampos.

40-7: Máquina responsável por cravar bocais e tampos nos furos efetuados anteriormente ou aplicar aros aos tampos.

40-8: Furadora que executa diâmetros DIN 57 mm.

40-9: Máquina responsável pela soldadura de asas em tampos e cunhar *brackets*.

40-10: Máquina que era responsável por cunhar *brackets* e foi preparada para efetuar o mesmo trabalho da 40-7.

No Anexo E pode encontrar-se os dados que se obtiveram sobre cada máquina, ou seja a sua designação, função, tamanho (comprimento, profundidade e altura), formatos produzidos, furos executados e componentes adicionados e peso máximo e mínimo de componentes produzidos por máquina.

As máquinas 40-1, 40-2, 40-3, 40-4, 40-7, 40-8, 40-10 funcionam através de um pedal que é pisado e provoca a descida de um cunho efetuando furação, batimento de um furo ou cravação. A máquina 40-5 e a máquina 40-9 funcionam através de comando bi-manual, efetuando soldadura de asas e *brackets* respetivamente. Estes componentes podem ser visualizados no Anexo F.

Foram também recolhidos vídeos da situação inicial da linha e foram tiradas fotografias às máquinas. No Anexo G podem ser visualizadas fotografias de cada uma das máquinas.

Além de recolher informações sobre as suas funções, as máquinas foram, também, medidas e foi desenhado um *layout* atual da linha, visto não existir na empresa nenhum *layout* atualizado da mesma. A Figura 6 apresenta o *layout* inicial da linha em estudo, onde são apresentadas as máquinas e outros componentes da linha e as suas posições iniciais e dimensões. Além disso é, também, explicitado por setas verdes e vermelhas o sentido de entrada e saída da linha das matérias-primas e produtos, respetivamente. Fotos de diversas zonas da linha podem ser visualizadas no Anexo H.

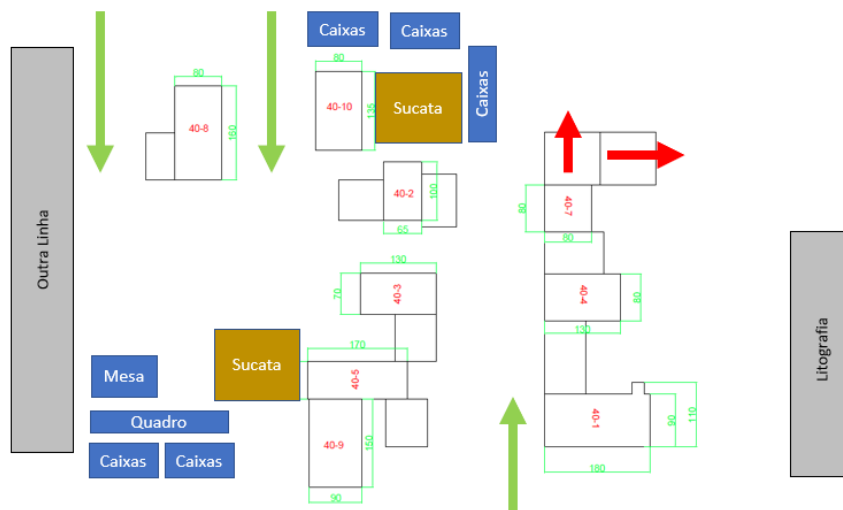


Figura 6 - *Layout* inicial da linha

Juntamente com este conhecimento obtido no *gemba*, procurou-se obter dados de produção dos últimos dois anos (2018 e 2019), de forma a compreender quais as máquinas que eram mais utilizadas e quais produziam em maior volume. Recorreu-se para a recolha destes dados, às ferramentas SAP e BI. O BI é uma das ferramentas usada dentro da Colep para armazenar dados sobre cada ordem de produção, como volume produtivo, data, tempo gasto na produção, produtividade, rendimento, entre outros indicadores. Recorreu-se a duas fontes, de forma a conferir se as informações obtidas eram coerentes, se existiam repetições e de forma a garantir que não se perdia informação.

Após a recolha de dados estes foram analisados e várias conclusões foram obtidas.

Primeiro, foi importante perceber todos os formatos que passam na linha, bem como os respetivos volumes de produção e as sequências de operações necessárias para efetuar a respetiva produção. Estes dados permitiram tirar várias conclusões.

- As sequências que geravam um maior volume de produção

Organizar os dados das produções pelas sequências que se utilizavam permitiu perceber que as 3 sequências que produziam um maior volume eram:

- 40-2, 40-7, que correspondia a 44,64% da produção;
- 40-1, 40-4, 40-7, que correspondia a 16,50% da produção;
- 40-8, 40-7, que correspondia a 11,26% da produção.

Na Figura 7, podem verificar-se as conclusões relativas aos volumes de produção das sequências.

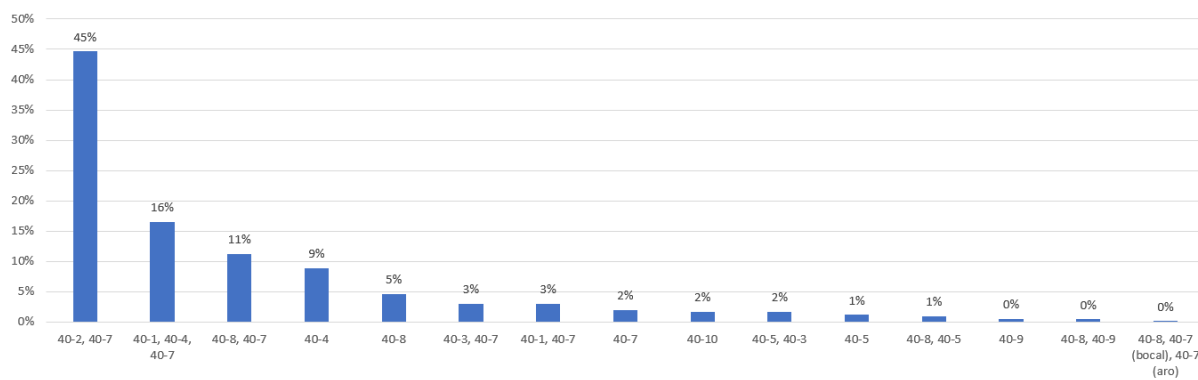


Figura 7 – Volume de produção por sequência de produção

➤ As sequências mais repetidas

Organizar os dados das produções pelas sequências que se utilizavam permitiu perceber que as 3 sequências mais repetidas eram:

- 40-2, 40-7, que correspondia a 47,08% das ordens de produção;
- 40-1, 40-4, 40-7, que correspondia a 21,53% das ordens de produção;
- 40-8, 40-7, que correspondia a 14,96% das ordens de produção.

Na Figura 8, podem verificar-se as conclusões relativas às repetibilidades das sequências.

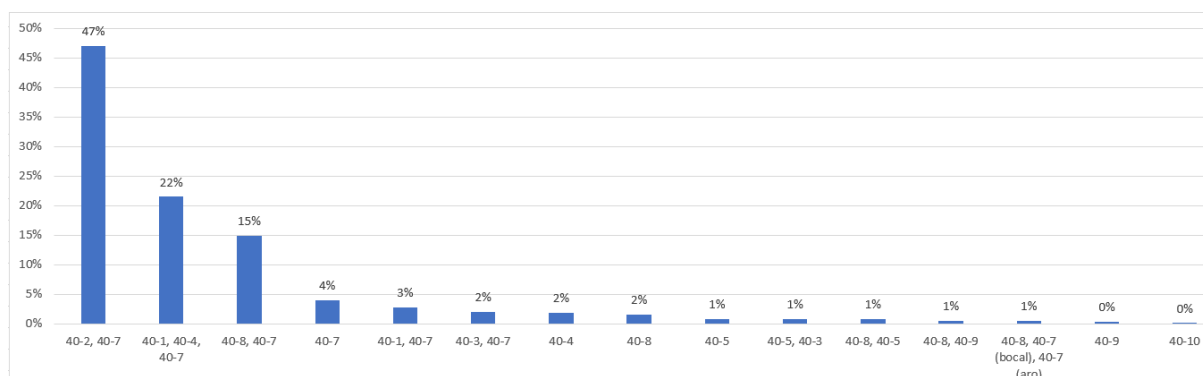


Figura 8 – Repetibilidade por sequência de produção

➤ Os formatos mais produzidos na linha

Os formatos produzidos na linha são LD 99, LD 106x76, LD 108, LD 170, LD 180, LD 180x120, LD 188, LD 240, LD 273, LD 284, LD 286 e LD 292 e podem ser visualizados na Tabela 1, bem como os respetivos volumes de produção. Foi possível concluir que os formatos mais produzidos eram: LD 286, LD 188 e LD 292.

Tabela 1 - Formatos produzidos e respetivo volume de produção

Formato	Volume (milhares)	
LD 286	1698,8	44%
LD 188	772,2	20%
LD 292	552,5	14%
LD 106x76	258,3	7%
LD 99	130,9	3%
LD 273	124,7	3%
LD 108	95,2	2%
LD 170	91,1	2%
LD 180x120	81,8	2%
Brackets para asa	65,0	2%
LD 240	14,2	0%
LD 284	8,1	0%
LD 180	0,0	0%
	3892,9	

Dentro dos principais formatos produzidos na linha, procurou-se perceber quais os formatos específicos mais produzidos. Sendo assim, nas Tabelas 2, 3 e 4 são apresentados os formatos específicos de LD 286, LD 188 e LD 292 produzidos na L40 e qual o volume de produção e sequências responsáveis por essa mesma produção.

Tal como explicitado na Tabela 2, o volume de produção de LD 286 corresponde a 44% do volume total produzido na linha, sendo 60% desses 1698,8 mil tampos efetuados utilizando a sequência de máquinas 2-7.

Tabela 2 – Volumes de produção (em milhares) e sequências dos formatos LD 286

Formato			Volume de Produção	
LD 286	1698,8	44%		

Sequência	
2-7	60%
1-4-7	32%
1-7	7%
7	1%

A Tabela 3 demonstra o peso do formato LD 188 na produção, que é de 20% do total do volume produzido na L40. É um formato realizado em duas sequências, mas maioritariamente na 2-7, mais propriamente 92% da sua produção.

Tabela 3 - Volumes de produção (em milhares) e sequências dos formatos LD 188

Formato			Volume de Produção	
LD 188			772,2	20%

Sequência	
2-7	92%
3-7	8%

Finalmente, a Tabela 4 demonstra o volume do terceiro formato mais produzido na L40, o LD 292. Este pesa 14% no volume produtivo da linha e 74% do seu volume é realizado na sequência 2-8. O resto reparte-se pelas sequências 1-4-7 e pela utilização, apenas, da máquina 7.

Tabela 4 - Volumes de produção (em milhares) e sequências dos formatos LD 292

			Sequência	
Formato	Volume de Produção		2-8	74%
LD 292	552,5	14%	1-4-7	16%
			7	10%

Tendo os dados sobre produção e os pesos de cada sequência, pode ver-se no Anexo I desenhos do *layout* inicial realizados numa reunião, onde se ilustram os percursos percorridos na realização de cada sequência e as primeiras iterações que existiram acerca de um *layout* futuro.

Após a obtenção destas primeiras conclusões referentes à produção, o trabalho continuou a ser desenvolvido no sentido de perceber melhor as máquinas, o seu trabalho e limitações.

➤ Componentes adicionados a tampos na linha

Há vários componentes utilizados na linha 40 como bocais, tampos, asas, *brackets*, caixas e paletes. Nesta parte serão focados os bocais, tampos e aros adicionados na máquina 40-7, pois são os componentes usados na finalização dos tampos e a maioria dos tampos que passam na linha passam nesta máquina e sofrem cravação de bocal/tampo ou adição de um aro.

Os componentes mais adicionados são bocais de diâmetro 57 de diversos formatos específicos. O bocal 57 de referência 61-01577, “CL 57 IN HZ 655”, é o mais utilizado na linha, sendo aplicado, maioritariamente, na sequência 2-7 aos tampos 188 e 286 P UN. Corresponde a 30% dos componentes adicionados. Os bocais de referências 51-46215, 51-49853, 51-49916 e 61-10846 são considerados o formato *standard* de bocal 57, diferindo, apenas na cor e nas tampas, sendo que constituem, em conjunto, 35% do volume de componentes adicionados na linha, dividido pelas sequências 2-7 e 8-7. São aplicados a tampos de, praticamente, todos os tipos.

Além destes dois tipos, existe ainda o bocal 57 de referência 61-15833. Este bocal é aplicado em tampos 292 na sequência 8-7 e corresponde a 4% do volume dos componentes adicionados.

O segundo formato de componentes mais utilizado é o tampo 106. Existem 4 referências diferentes (31-04957, 51-09556, 51-64962 e 51-64824), todas com o mesmo desenho técnico. Estes tampos são adicionados, apenas na sequência 1-4-7, a tampos 286 e 292.

Ao todo, os bocais 57 correspondem a 69% dos componentes adicionados e os tampos 106 a 20%. Os restantes 11% são relativos a componentes menos utilizados na linha, como bocais de diâmetro 42 (dos quais existem duas referências, ambas adicionadas na sequência 3-7 e com uma participação total de 4% no volume total de componentes adicionados), bocais de diâmetro 100 (uma referência, sequência 1-7 e correspondentes a 4%) e aros (duas referências, sequências 2-7 e 8-7 e correspondentes aos 3% restantes). As designações dos componentes adicionados e os respetivos volumes e sequências de produção, podem ser vistos na Tabela 5.

Tabela 5 – Componentes adicionados na máquina 40-7 e respetivos volumes e sequências

Material	Componente	Volume Produção (milhares)		Sequência
61-01577	CL 57 IN HZ 655	911,7	29%	2-7
51-46215	CL 57 HZ601 FSA 3Z1 (ROJO) IRRADIATED	754,4	24%	2-7
51-64962	LD 106 1T IC PGB EC WC T-BV001/T-BVR15	502,8	16%	1-4-7
51-49916	CL 57 HZ601 FSA IRRADIATED BLANCO	335,3	11%	8-7 e 2-7
61-15833	CL 57 FLEXPOUT WHITE INVAT Model 4042	131,3	4%	8-7
61-13282	CL 100 VR HZ100 REL MODIFICADO	113,7	4%	1-7
51-20332	CL 42 HZ 402 F3C (ROJO)	67,5	2%	3-7
51-17912	ARO BALLESTA TAPA Ø292 UN:A	67,1	2%	8-7
51-09556	LD 106 1T EC WC T-B0001	66,9	2%	1-4-7
51-64824	LD 106 1T IC PGB TINTOMETRICA:BARPIMO	59,8	2%	1-4-7
51-20373	CL 42 HZ 402 FAFZ KISI IRRADIADOS ROJO:A	46,5	2%	3-7
51-20372	ARO BALLESTA UN PARA TAPA 285:A	31,7	1%	2-7
51-49853	CL 57 HZ601 SAP EXT. IRRAD. FLUO. ROJO	6,9	0%	2-7
31-04957	LD 106 1T EC CL	2,6	0%	1-4-7
		3098,3		

No Anexo J podem ser visualizadas fotos de alguns destes componentes.

➤ Hipóteses de mudança e limitações das máquinas

Ao analisar as máquinas, com ajuda da equipa de engenharia, foram verificadas várias limitações das mesmas a automatizações futuras e, ao mesmo tempo, foram estudadas mudanças possíveis para lhes responder. Verificou-se que existiam máquinas cujos trabalhos e orientações podiam ser alterados e outras que tinham mesmo limitações físicas à introdução de transportadores. Este estudo será abordado em pormenor no Capítulo 4.

3.2 Análise das Máquinas e Sequências de Produção Principais

Como já referido no subcapítulo anterior, as principais sequências de produção da L40 são:

- 40-2, 40-7;
- 40-1, 40-4, 40-7;
- 40-8, 40-7.

Era necessário encontrar um foco para tentar abordar os problemas da linha, pois existiam muitas ordens, muitos formatos e muitas sequências e seria impossível tentar analisar todas as variáveis. Optou-se por isolar estas três sequências para análise mais profunda porque:

- Encontravam-se no top 3 de volume de produção e repetibilidade;
- As máquinas utilizadas tinham volumes de produção e repetibilidade altos e estavam envolvidas nas outras sequências mais importantes;
- Ao melhorar a performance destas sequências, invariavelmente as máquinas que as envolvem também seriam melhoradas;

Para estas sequências foi feita uma análise profunda do processo de produção.

a) Sequência 40-2, 40-7;

Esta sequência produz os formatos LD 188, LD 286 P, LD 286 B e LD 180, num total de 1722 mil produtos, que constitui 44,64% do volume de produção da linha. Nela trabalham 3 colaboradores, 1 na máquina 40-2 e 2 na máquina 40-7. Os formatos nelas realizados e respetivas quantidades podem ser visualizados na Tabela 6.

Tabela 6 - Formatos realizados na sequência 2-7 e respetivos volumes de produção

Material	Descrição	Volume (milhares)
31-54146	LD 188 1T COMP UN2.0 D57 EC WC C/ARO MCI	433,2
31-51667	LD 286 P UN PU EC CL CL57 FLX PA10009	428,5
31-51983	LD 286 P UN PU EC WC GRAV Hz655	228,9
31-58874	LD 286 P UN PU EC CL CL57 FLX PA10009	120,2
31-52608	LD 286 P UN PU EC WC GRA Hz655 CENT.T003	110,9
31-34378	LD 188 1T COMP EC WC CL57 T-BRF05	108,0
31-54152	LD 188 1T COMP UN2.0 D57 HARD.MCI COMP A	51,5
31-52611	LD 286 P UN PU EC WC PLAIN GRV Hz655 BRA	47,3
31-31497	LD 188 1T COMP UN D57 EC CL AROPL COLOC	30,6
31-60040	LD 188 1T COMP UN2.0 D57 EC CL ARO COLOC	27,2
31-62160	LD 286 P UN PU EC WC GRAV Hz655 UK	26,3
31-57861	LD 188 1T COMP DIN57 IC PGB EC CL COLOC.	19,6
31-46360	LD 286 P ADR EC CL DIN57 COLOC.	16,8
31-60736	LD 188 1T COMPUN2.0 EC CL D57 AR PA10020	14,8
31-57288	LD 286 B UN EC CL+ ARO COLOC+CL57 COLOC.	14,1
31-52021	LD 286 P UN PU BLUELACK CL 57 COLOCADO	8,2
31-58739	LD 188 1T COMP UN2.0 D57 ICPGB EC WC ARO	7,2
31-52579	LD 286 P UN PU MASQUELACK CL57 COLOCADO	6,7
31-60735	LD 188 1T COMPUN2.0 PGB CL D57 A PA10219	6,5
31-45929	LD 286 P DIN57 IC GD EC WC BOCAL COLOC.	4,9
31-53214	LD 286 P UN PU DIN57 EC WC	3,6
31-52956	LD 188 1T DIN57 EC WC TAPÓN COLOCADO	3,3
31-52697	LD 188 1T DIN 57 EC CL - CL COLOCADO	2,8
31-55723	LD 286 B UN IC PGB EC WC+ TP+ ARO COLOC	0,6
31-52625	LD 286 P UN PU EC WC CL57 COLOCADO MASQ	0,4
31-54734	LD 286 B UN IC PG EC WC+ TP+ ARO COLOC	0,1
31-54680	LD 180 B EC WC + TAPÓN COLOCADO	0,0
		1722,1

Esta sequência começa com a chegada da matéria-prima (tampos por furar) pela zona da linha entre as máquinas 40-8 e 40-2, como foi ilustrado na Figura 6. Ao começar-se a produção, os tampos são pousados na mesa 1 (ver Figura 9) em pilhas. À medida que os furos são realizados é acumulado inventário na mesa 2. Para realizar os furos o colaborador que trabalha na máquina 40-2 pega num tampo, coloca-o na abertura da máquina, encostado a uma espera e pisa um pedal que faz com que o cunho da prensa baixe e realize o furo. O colaborador que trabalha na máquina 40-2 é, além disso, responsável por repor o material na mesa 1 e passar o material da mesa 2 para a 3. Na mesa 3 um colaborador vai pousar um componente (bocal ou tampo) num tampo e passa-o para o colaborador seguinte, na máquina 40-7, que pega no tampo com o componente pousado e o crava. Para efetuar a cravação o colaborador coloca o tampo com o componente pousado na abertura da máquina, pousado em cima de um cilindro que indica a posição. Depois, utiliza um pedal que provoca a descida do cunho e cravação do componente. Após a cravação, pousa o tampo finalizado na mesa 4. É o colaborador sentado na mesa 3 que vai, quando for preciso devido à necessidade de espaço, à mesa 4 e 5 e embala e paletiza os produtos finalizados. Quando isso acontece, na máquina 40-7 só trabalha uma pessoa que faz ambas as tarefas.

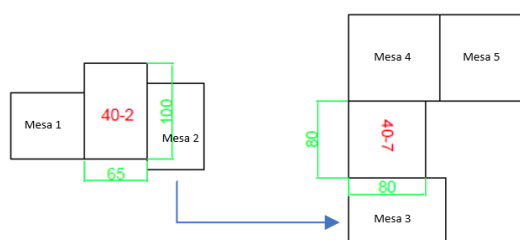


Figura 9 - Sequência 2-7

É importante realçar que a máquina 2 faz o trabalho mais rapidamente que a máquina 7. Sendo assim, vai-se acumulando bastante inventário intermédio (de tampos furados, mas ainda não cravados) que vai sendo espalhado por outras mesas da linha e funciona como *buffer*.

As máquinas desta sequência podem ser visualizadas nas Figuras 10 e 11. Na Figura 10 pode visualizar-se, também, as pilhas de material que se formam na mesa 1 e 2 da máquina 40-2 e na Figura 11 a forma como alguns dos bocais são colocados na mesa 3.



Figura 10 - Máquina 40-2



Figura 11 - Máquina 40-7

b) Sequência 40-1, 40-4, 40-7;

Esta sequência produz os formatos LD 286 P e LD 292 P, num total de 636 mil produtos, que constitui 16,50% do volume de produção da linha. Os formatos nelas realizados e respetivas quantidades podem ser visualizados na Tabela 7.

Tabela 7 - Formatos realizados na sequência 1-4-7 e respetivos volumes de produção

Material	Descrição	Volume (milhares)
31-55715	LD 286 P IC PGBEC WC+LD106 PLAPL T-BVR15	423,2
31-58408	LD 286 P IC PGB LIT 1C+LD 106 PL 5198920	63,3
31-55728	LD 292 P NP IC PGB EC CL +LD 106 TTOM NW	59,8
31-11827	LD 286 P EC WC +LD 106 EC WC APL.T-BR015	42,0
31-55099	LD 292 P NP EC WC + LD106 EC WC COLC NEW	24,9
31-55716	LD 286 P IC PGB EC WC+LD 106 1T IC PGB	15,4
31-58330	LD 286 P UN PU IC PGB EC WC HZ655 C.T019	4,3
31-55113	LD 292 P NP EC CL + LD 106 EC CL COL NEW	2,6
31-48246	LD 292 P NP IC PGB EC WC+LD 106 COL.NEW	1,0
		636,5

Nesta sequência trabalham 3 colaboradores. Inicialmente, encontra-se um em cada uma das máquinas. No entanto, a máquina 40-1 e 40-4 são mais rápidas do que a 40-7, tendo esta uma maior utilização. O colaborador na 40-1 trata de retirar da paleta o material alimentado à linha e colocá-lo em pilhas numa mesa à direita da máquina 40-1 (não representada na Figura 12), à medida que é necessário. Depois, efetua a sua tarefa de furação, colocando o tampo na abertura da máquina contra a ranhura e pisando o pedal. À medida que efetua a operação, vai empilhando o produto na mesa 1. Quando a mesa 1 está cheia começa a colocar material noutras mesas da linha, que funcionará como *buffer*. Sempre que necessário, é este colaborador que trata do embalamento e paletização na mesa 3 e 4. O colaborador que trabalha na máquina 40-4 tem a função de, nessa máquina, bater o furo realizado na máquina anterior. Para isso, coloca o tampo na abertura da máquina em cima do molde aí existente e pisa o pedal. Sempre que já produziu o suficiente para encher a mesa 2, passa a ajudar o colaborador da máquina 40.7, pousando os componentes nos tampos para ele. Ele pode fazer isto, pois a sua operação é bastante mais rápida. O colaborador a trabalhar na 40-7 não para de fazer a sua tarefa, sendo esta a máquina com maior utilização, trabalhando quer sozinho em ambas as tarefas (cravar e pousar bocal), quer com a companhia do colaborador da 40-4.

Na Figura 12 pode visualizar-se a disposição dos elementos da sequência na linha e no Anexo G voltar a consultar-se as máquinas envolvidas na sequência (1,4 e 7).

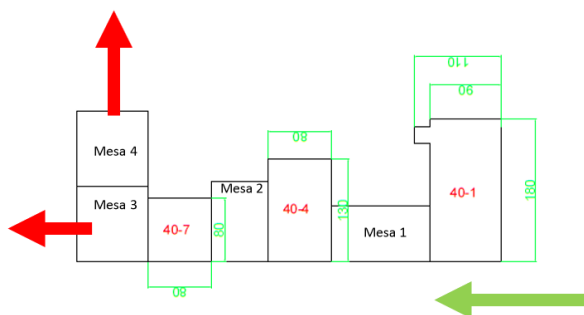


Figura 12 - Sequência 1-4-7

c) Sequência 40-8, 40-7

Esta sequência produz os formatos LD 292 P, LD 240 P, LD 170, num total de 437 mil produtos, que constitui 11,26% do volume de produção da linha. Os formatos nela realizados e respetivas quantidades podem ser visualizados na Tabela 8.

Tabela 8 - Formatos realizados na sequência 8-7 e respetivos volumes de produção

Material	Descrição	Volume (milhares)
31-53872	LD 292 P UN NS D57 EC CL COLOC C/ HOMOL	159,5
31-57581	LD 292 P D57 INVAT NP EC CL COL.HOM.SOL.	91,2
31-55045	LD 292 P DIN57 NP EC CL COLOCADO NEW	73,2
31-55727	LD 292 P ADR D57 NP IC PGB EC CL COLC NW	25,3
31-58909	LD 292 P D57 INVAT EC WC COLOC. HOM. SOL	18,8
31-58680	LD 292 P D57INVAT ICPGB EC CL col/SOL.	16,2
31-45895	LD 170 2T DIN57 EC CL BOCAL COLOCADO	13,4
31-15400	LD 240 P DIN57 EC WC CL COLOCADO	10,2
31-46570	LD 292 B UN DIN57 EC WC CL COL. ARO COL.	8,6
31-58910	LD 292 P D57 INVAT IC PGB EC WC COL. SOL	5,0
51-60802	LD 292 P DIN57 NP EC WC COLOCADO NEW	3,0
51-53232	LD 292 P UN NS EC WC TAPÓN COLOC.	2,9
31-54548	LD 292 B UN DIN57 EC CL c/ ARO + CL COL	2,7
31-57230	LD 240 P IC PGB EC CL DIN 57 COLOCADO	2,2
31-45898	LD 240 P DIN57 EC CL BOCAL COLOCA.	1,8
31-61546	LD 292 P UN IC PGB EC CL EXT.57 COLOCADO	0,9
31-47497	LD 170 2T EC WC + TAPON COLOC.:IRURENA	0,8
31-55726	LD 292 P DIN57 NP IC PGB IBERSA C/VIS NW	0,5
31-46662	LD 292 B UN DIN57 EC WC CLS2 COL.ARO COL	0,4
31-55068	LD 292 B UN IC GD EC WC DIN 57 SUN	0,4
31-55107	LD 292 P D57 NP EC CL IRRAD. COLOCDO NEW	0,1
		437,1

Nesta sequência, tal como na anterior, trabalham 3 colaboradores, 1 na máquina 40-8 e 2 na máquina 40-7. O seu funcionamento segue a mesma lógica da sequência 2-7, ou seja existe uma mesa antes da primeira máquina onde se dá a alimentação da linha e uma mesa após essa máquina onde o primeiro produto se acumula e aguarda o transporte para junto da máquina 40-7. A zona de alimentação da máquina 40-8 e a zona onde o produto intermédio se acumula, após furação, podem ser vistos nas Figuras 13 e 14, respetivamente.



Figura 13 – Alimentação da máquina 40-8



Figura 14 - Produto da máquina 40-8

Estando escolhidas as sequências a ser estudadas foram definidas as novas tarefas:

- Obter as taxas de ocupação das máquinas da linha
- Recolher dados de *Throughput* das sequências e das máquinas
- Recolher os tempos de operação médios de cada máquina
- Recolher os *Cycle Times* e WIP médios de cada sequência

Para a recolha destes dados foram consultados os diários de produção existentes, que continham informação de abril 2019 a março de 2020 (dados foram recolhidos até ao dia 5 de março de 2020) e medidos os tempos de operação e ciclo de cada máquina e sequência na linha, várias vezes e em vários dias. Os diários de produção são ficheiros Excel com dados de tempo, volume de produção e rendimento atualizados diariamente, consoante as ordens de produção finalizadas nas linhas.

Os dados recolhidos dos diários de produção foram condensados obtendo-se, inicialmente, para cada máquina, o tempo e volume de produção, bem como o número de pessoas utilizadas em cada sequência. Com os valores de tempo e volume produtivo foi possível obter um TH real para o período analisado.

Verificou-se que a máquina com o maior TH era a 40-4, com uma produção média de 541 peças/hora. Das máquinas pertencentes às sequências principais da linha, a 40-7 foi a máquina com menor TH, com 470 peças/hora. Concluiu-se, ainda, que a máquina 40-10 não foi utilizada no último ano. Estes valores, bem como os das outras máquinas, podem ser visualizados na Figura 15.

L 40.1	Tempo (h)	Produção	TH (peças/h)	L 40.5	Horas	Produção	TH (peças/h)
	687	333399	485,2		251	61006	243,1
L 40.2	Horas	Produção	TH (peças/h)	L 40.7	Horas	Produção	TH (peças/h)
	1338	659744	493,2		2805	1320111	470,6
L 40.3	Horas	Produção	TH (peças/h)	L 40.8	Horas	Produção	TH (peças/h)
	256	129304	504,5		561	297539	530,8
L 40.4	Horas	Produção	TH (peças/h)	L 40.9	Horas	Produção	TH (peças/h)
	834	451568	541,6		68	9870	146,0

Figura 15 - Tempo, volume de produção e TH por máquina de abril19-março20

O resultado menor de TH na máquina 40-7 deve-se ao facto de ser uma máquina onde se efetuam duas tarefas. Além da cravação, é antes necessário pegar no componente a adicionar e colocá-lo no local específico do tempo.

Após obter os valores por máquina, fez-se uma recolha por sequência das mesmas informações, obtendo-se com elas o TH para cada sequência. Para o fazer analisou-se a velocidade com que se produzia cada formato e, através de uma média ponderada onde se verificava o peso de cada um desses formatos na produção total, calculou-se o TH por sequência. Os valores obtidos foram 483 peças/hora para a sequência 2-7, 473 peças/hora para a sequência 1-4-7 e 427 peças/hora para a sequência 2-8, tal como pode ser visualizado na Figura 16, em conjunto com o peso de cada formato realizado e os seus respetivos TH.

	Formato	TH	Peso	Média Ponderada	
40.2 - 40.7	LD 286	448,9	59%	483,12	peças/h
	LD 188	532,5	41%		
40.1 - 40.4 - 40.7	LD 286	473,0	86%	473,99	peças/h
	LD 292	480,3	14%		
40.8 - 40.7	LD 292	427,1			peças/h

Figura 16 - TH por sequência de abril19-março20

Os dados recolhidos permitiram saber quanto tempo de produção por máquina existiu no período considerado. Sabendo que, por dia, existem dois turnos de 8,5h nesta linha ($2 \times 510 = 1020$ min), com pausas programadas de 40 min, prevê-se que, diariamente, existam disponíveis 940 min para trabalho. Considerando os dias de trabalho efetivo que existiram no período considerado (dias totais entre abril 2019 e 5 de março de 2020, excluindo fim-de-semana, feriados e férias), foi possível chegar ao tempo disponível – 218.080 minutos. Sabendo o tempo de produção (que engloba o tempo de operação das máquinas, bem como o tempo gasto em setups e preparação das mesmas) e o tempo disponível, obteve-se a taxa de ocupação para cada máquina dividindo esse mesmo tempo de produção pelo total disponível. Pode ver-se, na Figura 17, as taxas de ocupação obtidas para cada máquina.

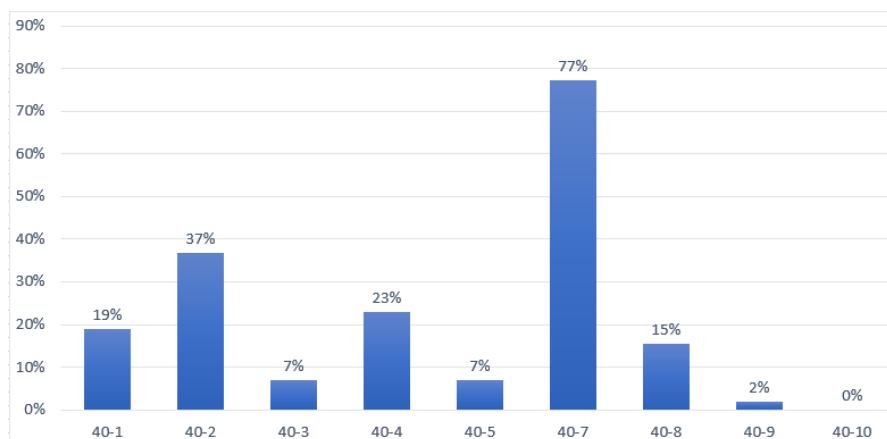


Figura 17 - Taxas de ocupação por máquina

Ao realizar-se esta análise foi perceptível que a máquina 40-7 tinha a maior taxa de ocupação por uma larga margem, 77,17% para os 36,80% da segunda classificada (a 40-2). Este valor pode ser justificado pelo facto de a grande maioria das sequências da linha terminar nessa máquina para cravar bocal/tampo ou adicionar aro. Tendo este valor em conta, percebeu-se, nesta fase, que uma das oportunidades de melhoria seria analisar os processos realizados nesta máquina e tentar automatizá-los e melhorá-los.

Passou-se, então, à recolha de tempos médios de operação no *gemba*. Para isso foi utilizado um cronómetro e acompanhadas as operações realizadas em cada máquina pelos colaboradores. Os tempos de cada máquina foram medidos “clique a clique” no pedal de cada máquina e acompanhados durante vários dias, nos dois turnos, com colaboradores distintos e com a passagem de formatos diferentes. Após as medições, os dados de cada máquina foram consolidados e interpretados, tendo sido realizadas certas distinções: por formatos, na 40-1 e 40-7, e por número de colaboradores, na 40-7. Os resultados obtidos podem ser visualizados na Figura 18.

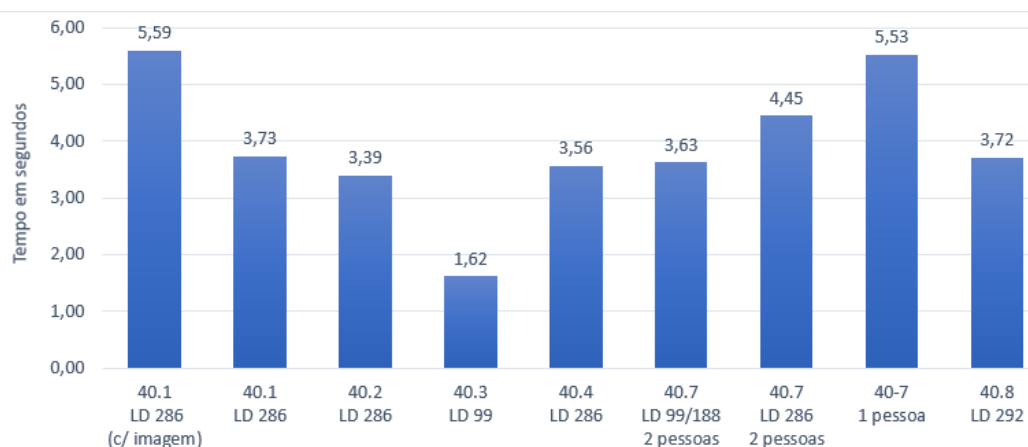


Figura 18 – Tempo de operação médio de cada máquina por formato (em segundos)

Percebeu-se que as operações que demoravam mais tempo eram, na máquina 40-1, a furação de LD 286 c/ imagem e, na 40-7, quando apenas trabalhava uma pessoa ou quando eram cravados bocais nos tampos LD 286.

Acerca do LD 286 c/ imagem, o tempo de furação elevado devia-se a ter de ser realizada uma pré-orientação do tampo antes da furação, para que esta não afetasse a imagem estampada na sua superfície. O tampo em questão é apresentado na Figura 19.



Figura 19 - LD 286 com imagem

O atraso na máquina 40-7, devia-se, especialmente, ao facto de, nessa máquina, existirem duas tarefas distintas. A tarefa de pegar no componente (bocal, aro ou tampo) e pousá-lo no tampo no local a ser aplicado e a tarefa de cravar/adicionar o componente (efetuada pela máquina). Tendo em conta a existência das duas tarefas, habitualmente, nesta máquina trabalham ao mesmo tempo dois colaboradores. No entanto, a tarefa de pegar e colocar o componente dura, em média, menos de 1s (0,74s). Isto faz com que um dos colaboradores fique, em média, um período de mais de 2s (entre 2,89 e 3,71s) sem realizar nenhuma ação para além de estar a segurar no tampo com o componente pousado.

Além disso, verificou-se que a mesa antes da máquina 40-7 não é adequada, pois:

- Os bocais e tampos a ser adicionados acumulam-se na mesa junto aos tampos a ser finalizados, ao invés de ser utilizado, por exemplo, um alimentador para os componentes adicionados. Isto torna difícil a movimentação dos tampos a ser finalizados e o seu empilhamento e, no caso da adição de tampos, torna difícil a sua alimentação porque ficam mais distantes da zona de trabalho.
- A mesa tem um desnível que impede a passagem de tampos facilmente na mesa, necessitam de ser levantados e não apenas arrastados.

Ambos estes problemas podem ser verificados na Figura 20.



Figura 20 – Estado da Mesa antes da máquina 40-7 numa produção com adição de bocais e numa com a adição de tampos

Aquando da medição dos tempos médios de operação, foi também realizada a medição de tempos de ciclo para as duas sequências principais da linha (40-2, 40-7 e 40-1, 40-4, 40-7). Foi entendido como tempo de ciclo o tempo que uma peça demora a atravessar toda a sequência de produção. Por exemplo, no caso da sequência 2-7, é cronometrado o tempo desde que uma peça é agarrada pelo colaborador no primeiro posto da sequência (40-2) antes de ser furada, até ser pousada no último posto (40-7), após cravação.

Foram obtidos dois tempos de ciclo: o tempo de ciclo calculado, através da equação 2.1. apresentada no subcapítulo 2.3 e, ainda, o tempo de ciclo medido, que foi cronometrado acompanhando uma peça do início ao fim da sequência. O WIP foi obtido contando em vários momentos da produção de uma ordem o número de unidades presentes em espera na linha entre tarefas da sequência.

Para a sequência 2-7, foi possível efetuar cálculos para dois formatos diferentes: LD 286 e 188. Ao cronometrar várias peças ao longo de um turno verificou-se que o tempo de ciclo médio seria entre 9,25 e 9,5 min e entre 5,22 e 5,92 min, respetivamente. Ao fazer o cálculo através do WIP presente na linha (em média 145 peças), verificou-se que o tempo de ciclo calculado seria de 10,8 min e 7,3 min, respetivamente. Pode ver-se um resumo destes resultados na Figura 21.

LD 286			LD 188		
BN atual	13,5	peças/min	BN atual	16,5	peças/min
WIP	145	peças	WIP	120	peças
Cycle Time calculado			Cycle Time calculado		
	10,8 min			7,3 min	
Cycle Time Cronometrado			Cycle Time Cronometrado		
	9,5 min			5,92 min	
	9,25 min			5,22 min	

Figura 21 – Tempos de ciclo da sequência 2-7

Para a sequência 1-4-7 não foi possível efetuar a cronometragem, pelo que se limitou a contar o WIP presente na linha e efetuar os cálculos. Sendo assim, obteve-se como tempo de ciclo calculado 12 min, através do WIP de 130 peças. Para esse WIP não se contaram 505 peças que estavam, também, presentes na linha, mas armazenadas como stock intermédio, fora do percurso da sequência. Como já foi visto, este armazenamento de stock intermédio ocorre devido ao facto de as duas primeiras operações serem mais rápidas que a última. Os resultados obtidos para esta sequência estão expostos na Figura 22.

LD 286		
BN atual	10,8	peças/min
Peças totais na linha	635	
Peças intermédias	505	
WIP	130	
Cycle Time calculado		
	12min	

Figura 22 – Tempos de ciclo da sequência 1-4-7

Pode concluir-se que existe um maior tempo de ciclo para tampos de maiores dimensões, devido à maior dificuldade dos colaboradores de lidar comos tampos, e existe um maior tempo para a sequência 1-4-7, pois tem 3 operações.

Ao analisar os tempos de operação, e comparando com os TH obtidos anteriormente, foi possível perceber que as médias de produção estão muito abaixo do que seria possível, se o

colaborador conseguisse manter o seu ritmo médio de operação, durante toda a ordem, como se fosse uma máquina imparável. Este facto pode ser observado na Figura 23, onde é considerado, também, um TH teórico, de 500 peças/h, que foi definido pela Colep para as máquinas da L40.

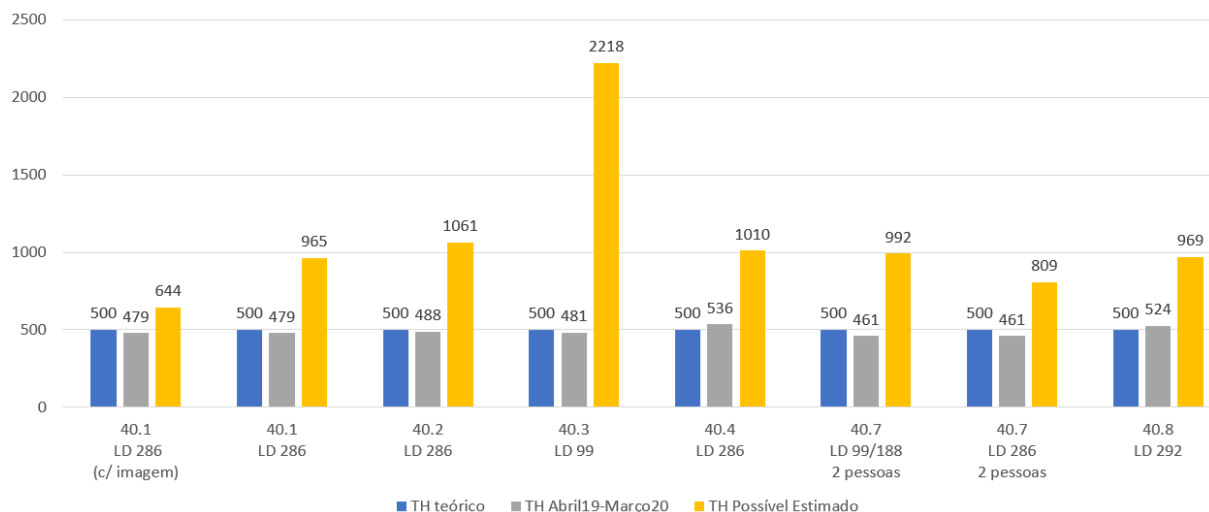


Figura 23 - Comparação dos *throughputs* teóricos, reais e possíveis

No entanto, a justificação para esta conclusão é óbvia. Tratando-se de um trabalho manual, é impossível para uma pessoa o realizar continuamente, sem pausas, durante toda a ordem. Sendo, então, esta comparação irrealista, procurou fazer-se uma comparação com uma linha que trabalha formatos semelhantes à L40 de uma forma automatizada, a L73.

A linha 73 trabalha com um ciclo de movimento onde uma operação é realizada a cada 3,5s. Além disso, uma peça demora 50s a chegar do início ao final da linha. O TH teórico, se a linha funcionasse sem paragens, seria de 1080 tampos/h e o real que se verificou no último ano foi, em média, de 589 tampos/hora. É importante notar que o TH real baixo é justificada pela existência de muitas paragens na linha e não por uma diminuição de cadência da linha.

Este TH real baixo em relação ao esperado, vem do facto desta linha ainda não se encontrar completamente otimizada, precisando de sofrer algumas melhorias para a produção dos formatos de maiores dimensões, como são exemplo os LD 286 e LD 292. No entanto, se for estimado que era possível colocar a L40, com automatizações, a funcionar a esses ritmos, verificar-se-iam aumentos de produção em todas as máquinas. Esses aumentos serão da ordem de 20%, para a L40 a funcionar com o TH real da L73, até cerca de 120%, para a L40 a funcionar com o TH teórico da L73. Estes valores podem ser visualizados na Figura 24.

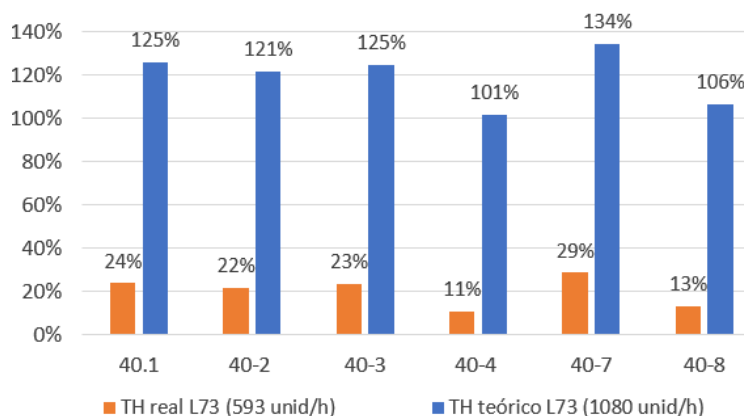


Figura 24 – Aumento de produção possível na L40 com o TH real e teórico da L73

Estima-se, assim, que ao automatizar a linha 40 se obteriam melhorias significativas, mesmo quando comparada a uma linha como a 73, que ainda pode ser melhorada.

3.3 Estudo de linhas com formatos semelhantes

Aquando o estudo da linha 40, percebeu-se que existiam, na fábrica, linhas já perfeitamente automatizadas que poderiam ser preparadas para receber formatos da L40 e, assim, aliviar a produção nessa linha manual e com processos cansativos e pouco seguros para os seus colaboradores. As duas linhas que se analisaram foram a L73 e a L63, sendo que a L73 sofrerá uma análise mais detalhada, pelas parecenças à L40 que apresenta.

A linha 73 é uma linha onde ocorre a finalização de tampos através de operações de furação, soldadura de asa e cravação de bocais, tal como na L40. Ao contrário desta, está completamente automatizada, funcionando num circuito fechado, com *layout* em U, onde se dá, por ordem, alimentação automática de tampos (a partir de uma pilha colocada pelo colaborador), furação, soldadura de asa, cravação de bocal, inspeção de qualidade, empilhamento e embalagem dos tampos (pelo colaborador). Dependendo do tampo a finalizar são escolhidas quais dessas operações são efetuadas. Geralmente a linha funciona apenas com um operador, sendo a exceção tampos de grandes dimensões (como LD 292 P). Fotos da L73 e das suas tarefas e zonas podem ser visualizadas no Anexo L.

A linha L63 é uma linha que produz os tampos a partir de folha de flandres cortada. Não é, neste momento, utilizada para finalizar tampos, tal como a L40 e L73. Sendo assim, trata-se de uma linha que faz a produção do tampo, através do corte e estampagem, fornecendo-o, depois, a uma segunda linha onde é finalizado. À L40 abastece tampos LD 286, maioritariamente LD 286 P UN. Foi analisada, neste projeto, com o intuito de estudar se havia interesse em adicionar duas máquinas no final da linha, uma para furar os tampos e outra para cravar bocais, de forma a finalizar os tampos aí e eliminar a necessidade de os transportar e finalizar noutras linhas.

Tal como no caso da L40, inicialmente foram recolhidas todas as informações acerca de volumes de produção e formatos referentes aos dois últimos anos, 2018 e 2019. Seguidamente, fez-se o cruzamento dos formatos trabalhados nessas linhas com os trabalhados na L40, de forma a perceber se existiam formatos em comum que pudessem ser imediatamente mudados, se houvesse disponibilidade.

Na linha 73 verificou-se que existiam vários formatos de diâmetro idêntico aos realizados na L40 e que existiam, ainda, formatos específicos em comum entre as duas linhas, como o LD 292 P. Na Figura 25 são *highlighted* esses formatos, juntamente com o seu volume de produção L40 e L73, bem como as suas sequências de produção na L40.

Material	Descrição do material	Prod 73	Prod 40	Sequência
51-57966	LD 273 DIN57 EC GD LESIEUR (410)	1080,3	32,7	40-8, 40-5
51-68230	LD 273 DIN57 EC GD LESIEUR (NEW)	646,6		
51-61265	LD 170 FT DIN57 EC CL - ASA PLASTICA	331,4		
51-40003	LD 273 FT DIN57 EC CL ASA BRANCA	313,4	6,8	40-8, 40-5
51-61349	LD 284 FT DIN57 EC CL ASA BLANCA	299,2		
51-59768	LD 284 FT DIN57 EC GD 0,43ASA BR (71KT)	83,2	6,0	40-8, 40-5
51-30153	LD 273 FT DIN57 EC GD ASA BRANCA	55,6	12,0	40-8, 40-5
31-53872	LD 292 P UN NS D57 EC CL COLOC C/ HOMOL	55,2	159,5	40-8, 40-7
31-55045	LD 292 P DIN57 NP EC CL COLOCADO NEW	10,8	73,2	40-8, 40-7
31-55727	LD 292 P ADR D57 NP IC PGB EC CL COLC NW	6,8	25,3	40-8, 40-7
51-44609	LD 273 FT DIN57 EC GD ASA NEGRA	6,1	2,2	40-8, 40-5
31-55077	LD 292 P DIN57 NP EC WC IRRA. COLOC NEW	2,0		40-8, 40-7
51-47609	LD 273 FT DIN57 VERDE OTAN C/ASA :BRUGAR	1,8		
31-53555	LD 292 P ADR D57 IC PG EC WC COL (416)	1,3		40-8, 40-7
31-57042	LD 292 P ADR D57 IC PGB EC WC COL	0,7		
31-55112	LD 292 P ADR D57 IC PGB EC WC COLOC NW	0,3		40-8, 40-7
		2894,8		

Figura 25 – Volume (em milhares) de formatos produzidos na L73 (2018 e 2019) e comparação com L40

No caso da L63 analisou-se que formatos fornecia à L40. Verificou-se -se que todos os formatos eram LD 286 P, dividindo-se pelas sequências 2-7 e 1-4-7 na produção da L40. Esta informação, bem como os volumes de produção pode ser consultada na Figura 26.

Material	Texto breve de material	Volume (milhares)	Sequência
31-51667	LD 286 P UN PU EC CL CL57 FLX PA10009	428,5	40-2, 40-7
31-55715	LD 286 P IC PGBEC WC+LD106 PLAPL T-BVR15	423,2	40-1, 40-4, 40-7
31-51983	LD 286 P UN PU EC WC GRAV HZ655	228,9	40-2, 40-7
31-58874	LD 286 P UN PU EC CL CL57 FLX PA10009	120,2	40-2, 40-7
31-26563	LD 286 P ADR EC WC CL100 HZ T-CBR15	113,7	40-1, 40-7
31-52608	LD 286 P UN PU EC WC GRA HZ655 CENT.T003	110,9	40-2, 40-7
31-58408	LD 286 P IC PGB LIT 1C+LD 106 PL 5198920	63,3	40-1, 40-4, 40-7
31-52611	LD 286 P UN PU EC WC PLAIN GRV HZ655 BRA	47,3	40-2, 40-7
31-11827	LD 286 P EC WC +LD 106 EC WC APL.T-BR015	42,0	40-1, 40-4, 40-7
31-62160	LD 286 P UN PU EC WC GRAV HZ655 UK	26,3	40-2, 40-7
31-46360	LD 286 P ADR EC CL DIN57 COLOC.	16,8	40-2, 40-7
31-55716	LD 286 P IC PGB EC WC+LD 106 1T IC PGB	15,4	40-1, 40-4, 40-7
31-52021	LD 286 P UN PU BLUELACK CL 57 COLOCADO	8,2	40-2, 40-7
31-52579	LD 286 P UN PU MASQUELACK CL57 COLOCADO	6,7	40-2, 40-7
31-45929	LD 286 P DIN57 IC GD EC WC BOCAL COLOC.	4,9	40-2, 40-7
31-58330	LD 286 P UN PU IC PGB EC WC HZ655 C.T019	4,3	40-1, 40-4, 40-7
31-53214	LD 286 P UN PU DIN57 EC WC	3,6	40-2, 40-7
31-51662	LD 286 P UN PU ICPGECCLCL57 IRR PA10007	1,0	40-7
31-58956	LD 286 P UN ESP.0,43 IC PGB EC WC HZ655	1,0	40-7
31-55722	LD 286 P UN PU ICPGBECWC 57HZ655 PA10254	0,6	40-7
31-52625	LD 286 P UN PU EC WC CL57 COLOCADO MASQ	0,4	40-2, 40-7

Figura 26 – Volume de produção dos formatos realizados na L63 e L40

Pelos dados obtidos é possível retirar as seguintes conclusões:

- Os formatos em comum entre a L73 e a L40 são, maioritariamente, LD 273 e são realizados pela sequência 8-5 e 8-7;
- Os formatos em comum entre a L63 e a L40 são, maioritariamente, LD 286 P UN, finalizados na máquina 40-7 e participantes nas sequências 2-7 e 1-4-7;
- Há formatos LD 292 em comum entre a L73 e a L40. Tendo em conta que este formato constitui praticamente toda a produção da sequência 8-7, existia uma oportunidade de melhoria a curto-prazo transferindo os formatos para a L73, onde são produzidos a maior cadência e de forma automática, e aliviar a sequência do seu volume de produção.

Para perceber se as linhas L63 e L73 têm disponibilidade de albergar os formatos vindos da L40, foi efetuado o cálculo da taxa de ocupação de cada uma delas. O cálculo foi realizado da mesma forma que para as máquinas da L40, para o período de abril de 2019 ao final de março de 2020 (1 ano). Para a L73 obteve-se 61,82% e para a L63 obteve-se 58,79%. Podem ver-se na Figura 27, além dos valores de taxa de ocupação, os valores obtidos de tempo, volume de produção e TH para cada uma das linhas.

L 73	Minutos	Horas	Produção	TH (peças/h)	Taxa de Ocupação
	128562	2142,7	1271634	593,5	61,82%
L 63	Minutos	Horas	Produção	TH (peças/h)	Taxa de Ocupação
	137595	2293,3	2237468	975,7	58,79%

Figura 27 - Taxa de ocupação L73 e L63

Através destes dados pode concluir-se que qualquer uma das linhas tem disponibilidade, pelo menos de tempo de produção, para albergar formatos provenientes da L40.

3.4 Indicadores do projeto

Os *Key Performance Indicators* (KPI) escolhidos para acompanhar o projeto foram de quantidades produzidas por pessoa por turno (mil peças/pessoa/turno) para as três sequências principais da linha (2-7, 1-4-7 e 2-8). Foram calculados valores *baseline* para estes KPI utilizando os valores de TH (peças/h) obtidos para cada uma das sequências. Esses valores de TH foram passados para um turno de 8h (peças/turno).

Dando o exemplo da sequência 2-7, o cálculo efetuado envolveu a transformação do valor de TH desta sequência (483 peças/h) num valor médio de produção por turno (multiplicando por 8h), obtendo-se 3865 peças/turno. Este valor foi convertido para milhares, passando a estar na forma de 3,86 mil peças/turno. Tendo em conta que a sequência tem 3 colaboradores a trabalhar a qualquer momento, o indicador é obtido através da divisão do número de pessoas pela produção em milhares por turno. O valor obtido para o indicador foi de 0,7762 pessoas/mil peças por turno.

Os cálculos realizados e indicadores obtidos para cada sequência podem ser visualizados na Figura 28.

Sequências	TH (peças/h)	Produção				Pessoas		Indicadores	
40.2 - 40.7	483	3865	peças/turno	3,86	mil peças/turno	3	----->	0,7762	(indicador 1)
40.1 - 40.4 - 40.7	474	3792	peças/turno	3,79	mil peças/turno	3	----->	0,7912	(indicador 2)
40.8 - 40.7	427	3417	peças/turno	3,42	mil peças/turno	3	----->	0,8780	(indicador 3)
Pessoas/mil peças produzidas por turno									

Figura 28 - Indicadores *baseline* do projeto e seu cálculo

O objetivo seria acompanhar a evolução destes indicadores semana a semana, após a implementação das primeiras soluções propostas.

3.5 Resumo da situação inicial

Na L40 encontrou-se uma linha onde todas as tarefas realizadas eram controladas pelos colaboradores, desde a alimentação, passando por cada operação das máquinas e transporte de peças, até ao embalamento e paletização. Alguns dos problemas existentes na linha envolviam:

- A existência de tarefas manuais e não otimizadas, pouco ergonómicas e pouco seguras;
- A existência de um *layout* desorganizado, com muitas sequências diferentes e muitos movimentos que não acrescentam valor. Um exemplo de um destes movimentos é o que ocorre na sequência 1-4-7, onde é o colaborador a trabalhar na máquina 1 a deslocar-se à zona de final de linha de embalamento e paletização (sendo que a máquina 1 é a que está mais longe dessa zona);
- TH baixo, devido ao facto de ser uma linha completamente manual e não ser possível para um colaborador manter o ritmo de produção de uma máquina;
- Rácio de pessoas/mil peças produzidas/turno elevado

No próximo capítulo serão abordadas tarefas e soluções estudadas para resolver estes problemas.

4 Apresentação das tarefas realizadas e soluções propostas

Neste capítulo serão abordadas as tarefas e soluções realizadas e encontradas para resolver os problemas da L40. É importante referir que, sendo o projeto um estudo, as soluções não foram implementadas, pelo que a maior parte dos resultados apresentados serão estimativas do que se espera alcançar no futuro se as soluções forem implementadas.

4.1 Linha 73

Aquando do estudo de outras linhas da fábrica verificou-se que a L73 e L63 tinham disponibilidade para transferir formatos realizados na L40. Decidiu-se, após discussão, transferir os mesmos para a L73, devido ser necessário um menor investimento, por esta já se encontrar preparada com as máquinas necessárias para finalizar tampos, enquanto que, no caso da L63, máquinas de furação e cravar teriam de ser compradas e adicionadas ao final da linha.

Como já foi referido, a linha 73 é uma linha cujo trabalho se assemelha ao da L40, visto que ambas se responsabilizam por finalizar tampos através de tarefas idênticas de furação, cravação e soldadura de asa. No entanto, ao contrário da L40, está completamente automatizada e funciona, atualmente, a uma cadência maior, possuindo, também, um maior TH que a L40. A cadência da L73 é de um movimento a cada 3,5s, produzindo um TH real de 589 tampos/hora. Além de possuir uma cadência maior, a L73 permite realizar a produção recorrendo a menos mão-de-obra (1 ou 2 pessoas), o que constitui outro ganho.

Tendo em conta que se verificou que a L73 tem uma taxa de ocupação baixa, 62%, foi procurado perceber se esta linha se encontrava preparada para receber formatos vindos da L40. Para isso, como já foi referido, analisaram-se que formatos em comum existiam entre as linhas (ver Figura 25). Analisando por volume de produção, os principais formatos em comum entre as linhas eram LD 273, LD 284 e LD 292 P. Além desses formatos, foram analisados os formatos LD 286 P UN, LD 188 e LD 170, os dois primeiros pelo peso que têm na produção da L40 e nas suas sequências principais e o terceiro pelo peso que tem na L73.

A quantidade de LD 284 produzida na L40 era reduzida quando comparada às dos outros formatos (8 mil produtos, 0,2% da produção) e a última produção foi em agosto de 2018. Tendo em conta estas informações, considerou-se que era um formato sem grande peso e tomou-se a decisão de focar a transferência em formatos com maior peso.

O formato LD 170 constitui, também, pouco peso na produção L40 (91 mil, 2%). Além disso, a sua produção envolve várias sequências diferentes (8-7, 8-9, 5, 9) e furos de vários tipos (DIN 42 centrado, DIN 42 descentrado, DIN 57). Pela grande variedade de furos, que exigiriam várias adaptações, e pouco peso na produção foi decidido não transferir estes formatos.

Sobraram para análise mais detalhada os formatos LD 292 P, LD 286 P UN, LD 188 e LD 273.

➤ LD 292 P

Acerca do formato LD 292 P, verificou-se que era possível a sua passagem imediata para a L73. Isto, pois, além de existirem formatos em comum deste tipo entre a L73 e L40, os furos realizados na máquina 40-8 da linha 40 eram compatíveis com a furadora utilizada na L73, visto que ambas furavam DIN 57. Esta análise foi realizada comparando desenhos técnicos e requisitos dos clientes da Colep e, através dela, verificou-se que existiam 3 tipos de furos diferentes a ser realizados nos formatos LD 292 na L40: um furo DIN 57 descentrado para LD 292 P UN, um furo DIN 57 descentrado por 42mm para LD 292 P DIN 57 e um furo descentrado de diâmetro 95,6 realizado na sequência 1-4-7. Na Figura 29 efetuou-se a divisão de todos esses formatos específicos de acordo com o furo realizado. A verde-escuro encontram-se assinalados formatos específicos que já eram realizados na L73. A verde-claro estão assinalados todos os que partilham do mesmo tipo de furo (DIN 57) e que, sendo assim, também podem ser

realizados na L73. Os quatro formatos assinalados a vermelho têm o furo descentrado de D95,6, realizado na sequência 1-4-7, não sendo possível a sua transferência. Ao todo, concluiu-se que seria possível a passagem de um total de 396,7 mil tampos da produção (2018-2019) da L40 para a L73, pelo facto de serem formatos comuns entre as linhas e terem furos equivalentes.

Material	Descrição	Sequência	Característica	Volume (milhares)	
31-53872	LD 292 P UN NS D57 EC CL COLOC C/ HOMOL	40-8, 40-7	LD 292 P UN - furo descentrado	159,5	
31-55045	LD 292 P DIN57 NP EC CL COLOCADO NEW	40-8, 40-7	LD 292 P DIN 57 - furo descentrado por 42 mm	73,2	
31-55727	LD 292 P ADR D57 NP IC PGB EC CL COLC NW	40-8, 40-7	LD 292 P DIN 57 - furo descentrado por 42 mm	25,3	
31-57581	LD 292 P D57 INVAT NP EC CL COL.HOM.SOL	40-8, 40-7	LD 292 P DIN 57 - furo descentrado por 42 mm	91,2	
31-58909	LD 292 P D57 INVAT EC WC COLOC. HOM. SOL	40-8, 40-7	LD 292 P DIN 57 - furo descentrado por 42 mm	18,8	
31-58680	LD 292 P D57INVAT ICPGB EC CL col/SOL	40-8, 40-7	LD 292 P DIN 57 - furo descentrado por 42 mm	16,2	
31-58910	LD 292 P D57 INVAT IC PGB EC WC COL. SOL	40-8, 40-7	LD 292 P DIN 57 - furo descentrado por 42 mm	5,0	
51-60802	LD 292 P DIN57 NP EC WC COLOCADO NEW	40-8, 40-7	LD 292 P DIN 57 - furo descentrado por 42 mm	3,0	
51-53232	LD 292 P UN NS EC WC TAPÓN COLOC.	40-8, 40-7	LD 292 P UN - furo descentrado	2,9	
31-61546	LD 292 P UN IC PGB EC CL EXT.57 COLOCADO	40-8, 40-7	LD 292 P UN - furo descentrado	0,9	
31-55726	LD 292 P DIN57 NP IC PGB IBERSA C/VIS NW	40-8, 40-7	LD 292 P DIN 57 - furo descentrado por 42 mm	0,5	
31-55107	LD 292 P D57 NP EC CL IRRAD. COLOCDO NEW	40-8, 40-7	LD 292 P DIN 57 - furo descentrado por 42 mm	0,1	396,7
31-55728	LD 292 P NP IC PGB EC CL +LD 106 TTOM NW	40-1, 40-4, 40-7	LD 292 P - D 95,6 - furo descentrado	59,8	
31-55099	LD 292 P NP EC WC + LD106 EC WC COLC NEW	40-1, 40-4, 40-7	LD 292 P - D 95,6 - furo descentrado	24,9	
31-55113	LD 292 P NP EC CL + LD 106 EC CL COL NEW	40-1, 40-4, 40-7	LD 292 P - D 95,6 - furo descentrado	2,6	
31-48246	LD 292 P NP IC PGB EC WC+LD 106 COL NEW	40-1, 40-4, 40-7	LD 292 P - D 95,6 - furo descentrado	1,0	485,0
31-28328	LD 292 B UN EC WC COD.MARC.ARO.COLOC.	40-7	Adição de Aro	23,2	
31-55717	LD 292 B UN IC PGB EC WC COD.MARC.AR COL	40-7	Adição de Aro	15,7	
31-60905	LD 292 B UN AZUL ARO COLOCADO	40-7	Adição de Aro	13,9	
31-40388	LD 292 B UN EC CL COD.MARC.ARO CO:FENTON	40-7	Adição de Aro	2,6	
31-46570	LD 292 B UN DIN57 EC WC CL COL. ARO COL	40-8, 40-7	Adição de Aro	8,6	
31-54548	LD 292 B UN DIN57 EC CL c/ ARO + CL COL	40-8, 40-7	Adição de Aro	2,7	
31-46662	LD 292 B UN DIN57 EC WC CLS2 COL.ARO COL	40-8, 40-7	Adição de Aro	0,4	
31-55068	LD 292 B UN IC GD EC WC DIN 57 SUN	40-8, 40-7	Adição de Aro	0,4	67,4
			Total dos LD 292:	552,5	
	Legenda:		Formatos que se fazem na L40 e L73	258,0	
			Formatos da L40 com furos compatíveis com a L73	396,7	
			Formatos com um furo diferente - da sequência 1-4-7	88,3	

Figura 29 – Formatos LD 292 finalizados na L40

Como foi visto anteriormente, o formato LD 292 consiste em 14% da produção (552 mil produtos) da L40, sendo 75% desse valor (409 mil produtos) realizado na sequência 8-7 (que é a terceira sequência de maior volume na linha). Percebeu-se que a passagem deste formato para a L73 permitiria aliviar a sequência em mais de 90% da sua produção. Este impacto pode ser visualizado no Anexo M, onde aparecem todos os formatos produzidos na sequência 8-7. São destacados a verde os formatos a ser transferidos, que correspondem a 91% (397 mil produtos).

Ao todo, restaria na sequência 8-7 apenas 9% da produção original e esta passaria a representar, apenas, pouco mais que 1% da produção da L40, ao invés dos anteriores 11%.

Para verificar se a passagem é possível analisou-se de que forma este volume de produção transferido afetaria a taxa de ocupação da linha. A L73 possui 61,82% de ocupação, tal como calculado anteriormente e explicitado na Figura 27. Sabendo que foram planeadas 2412 horas de produção e que estão, num ano, disponíveis 3901 horas (considerando 249 dias úteis e o modelo de turnos de trabalho da Colep) concluiu-se que não foram utilizadas 1489 horas num ano, horas em que a linha esteve parada. Tendo em conta que se estão a analisar produções ao longo de dois anos, considerar-se-ão o dobro das horas não utilizadas para o período de dois anos, ou seja, 2979 h.

Isto significa que, aproximadamente, 6h por dia (contando os dois turnos de 8h) não estão a ser planeadas, ou seja 38% do tempo disponível diariamente não está a ser utilizado.

Considerando o TH de 589 peças/hora para a L73, para produzir as 396,7 mil peças que se pretendem transferir seriam necessárias mais 673 horas nos dois anos de produção analisados. Isto corresponde à utilização de 23% das 2979 h não utilizadas e um aumento de 1,35h/dia de planeamento.

No total, num ano, vão, então, ser utilizadas a mais 23% das 1489 horas não utilizadas, o que equivale a 336,5 horas. Passar-se-ão a planear 2748 horas, ao invés das anteriores 2411 horas.

A taxa de ocupação passaria a ser 70%. Verifica-se, assim, que é possível realizar a transferência dos 397 mil tampos dos formatos LD 292 P estudados.

Analisou-se, então, que impacto teria esta transferência nos custos da empresa. Para isso, seguiu-se o modelo de cálculo utilizado pela Colep que relaciona a quantidade produzida, o número de operações realizadas, a cadência teórica e o rendimento da linha para calcular o número de horas de máquina necessárias. Os rendimentos considerados são médios, sendo para a L40 de 80% e para a L73 de 60%. Com o valor calculado de horas de máquina e com o número de colaboradores requeridos na linha, é calculado o número de horas de mão-de-obra. Na L40 considera-se que existem 2 operações para a produção de LD 292 P e que trabalham 1,42 colaboradores por operação. Este valor é uma aproximação definida pela Colep para ilustrar, em cálculo, que trabalham na linha 3 colaboradores, mas que o terceiro não participa nas operações de máquina a tempo inteiro (2 operações x 1,42 colaboradores = 2,84 colaboradores). Como já foi referido, o terceiro encontra-se, parte do tempo, a pousar bocais em tampos na primeira tarefa da 40-7 e noutros momentos ajuda na alimentação, transporte, paletização, etc.

Tendo os valores de horas de máquina e mão-de-obra e sabendo os custos médios por hora da Colep, é possível fazer uma comparação entre a produção nas duas linhas, visualizada na Figura 30. Os custos médios são, respetivamente, mão-de-obra direta (MOD), mão-de-obra indireta (ILV), custos de energia (UTILV), manutenção (MAINTV) e gastos gerais (GCV e SSV).

Linha 40								Custos/hora da linha					
Formato	Volume (milhares)	Número de Operações	Cadência Teórica	OEE	Machine Hours	Número de Colaboradores	Man Hours	MOD	ILV	UTILV	MAINTV	GCV	SSV
LD 292 P	396,7	2	0,5	80%	1 983,4	1,42	2 816,4	11,56 €	0,69 €	0,70 €	0,78 €	0,02 €	0,11 €
								32 569 €	1 376 €	1 385 €	1 541 €	34 €	217 €
								37 122 €					

Linha 73								Custos/hora da linha					
Formato	Volume (milhares)	Número de Operações	Cadência Teórica	OEE	Machine Hours	Número de Colaboradores	Man Hours	MOD	ILV	UTILV	MAINTV	GCV	SSV
LD 292 P	396,7	1	1,08	60%	612,2	2,00	1 224,3	11,57 €	0,69 €	1,86 €	1,67 €	0,02 €	0,11 €
								14 164 €	425 €	1 138 €	1 019 €	11 €	67 €
Ganho								20 298 €					

Figura 30 - Análise comparativa de custos entre a L40 e L73 para o formato LD 292 P

Pode concluir-se que a mudança é positiva, pois traz uma redução de gastos de 20 mil euros no espaço de dois anos, justificada pela maior cadência da linha 73 e pela redução da mão-de-obra direta em uma pessoa, que é verificada no cálculo pela redução do resultado da multiplicação do número de operações pelo número de colaboradores de 2,42 para 2.

➤ LD 286 P UN

Como já foi referido, os formatos LD 286 são os mais realizados na L40. Constituem 44% (1699 mil) da produção, dos quais 60% ocorrem na sequência predominante da linha, a 2-7.

Tendo esta informação em conta, era vantajoso transferir estes formatos para uma linha como a L73 onde, já a curto/médio-prazo, se conseguissem obter ganhos de produtividade, devido à maior cadência e TH da linha e menor custo de mão-de-obra.

Para perceber qual o formato específico cuja transferência traz mais vantagens procurou perceber-se qual o peso de cada formato específico e qual era a sua sequência de produção, pois seria essa a ser aliviada na transferência. Verificou-se que, com 58%, os LD 286 P UN eram os formatos específicos de maior produção. Os pesos de cada formato específico podem ser visualizados na Tabela 9.

Tabela 9 – Pesos dos formatos específicos LD 286 na produção da L40

Formato	Volume	
LD 286 P UN	987,83	58%
LD 286 P IC	501,86	30%
LD 286 P ADR	130,48	8%
LD 286 P EC	41,98	2%
LD 286 B	31,75	2%
LD 286 P DIN	4,88	0%
1698,77		

Além disso, os LD 286 P UN eram quase todos produzidos pela sequência principal da linha (981 mil, ou seja 99%), a 2-7, permitindo, ao serem transferidos, aliviar a sequência e dar maior flexibilidade à produção do formato, que passaria a ser produzido quer na L40, quer na L73.

No entanto, como já foi visto na Figura 25, estes diâmetros não eram, ainda, realizados na L73. Para que isso fosse possível era necessário:

- Adaptar as guias dos transportadores automáticos, a zona de alimentação e a zona de final de linha ao novo formato – concluiu-se que esta tarefa não traria grandes dificuldades, pois a linha já estava adaptada a formatos de grandes dimensões como LD 284 e 292 e as alterações a realizar eram fáceis.

- Analisar os furos realizados e verificar se eram compatíveis – verificou-se que nos formatos realizados na sequência 2-7 da L40 existiam três tipos de furo diferentes a ser realizados: um furo CL 57 centrado, um DIN 57 descentrado por 32 mm e um CL 57 descentrado por 32 mm. O volume de produção de cada formato e o furo correspondente podem ser vistos na Tabela 10.

Tabela 10 - Formatos LD 286 P UN produzidos na sequência 2-7

Material	Formato	Volume	Desenho
31-51667	LD 286 P UN PU EC CL CL57 FLX PA10009	548,71	LD 286 P UN - furo CL 57 - descentrado por 32
31-51983	LD 286 P UN PU EC WC GRAV Hz655	228,89	LD 286 P UN - furo CL 57 - furo ao centro
31-52608	LD 286 P UN PU EC WC GRA Hz655 CENT.T003	110,93	LD 286 P UN - furo CL 57 - furo ao centro
31-52611	LD 286 P UN PU EC WC PLAIN GRV HZ655 BRA	47,32	LD 286 P UN - furo CL 57 - furo ao centro
31-62160	LD 286 P UN PU EC WC GRAV Hz655 UK	26,30	LD 286 P UN - furo CL 57 - furo ao centro
31-52021	LD 286 P UN PU BLUELACK CL 57 COLOCADO	8,16	LD 286 P UN - furo CL 57 - descentrado por 32
31-52579	LD 286 P UN PU MASQUELACK CL57 COLOCADO	6,67	LD 286 P UN - furo CL 57 - descentrado por 32
31-53214	LD 286 P UN PU DIN57 EC WC	3,58	LD 286 P UN - furo DIN57 - descentrado por 32
31-52625	LD 286 P UN PU EC WC CL57 COLOCADO MASQ	0,38	LD 286 P UN - furo CL 57 - descentrado por 32
		980,93	

Ao estudar cada furo realizado e a sua compatibilidade com a linha 73 concluiu-se que o furo DIN 57 era compatível com o realizado na L73, no entanto apenas um formato dos que seriam transferidos o realizava (e com um peso de apenas 3,58 mil peças). Sendo assim, seria necessário, para a maioria dos formatos, uma adaptação da linha. Seria preciso comprar um novo cunho, cujo dimensionamento e desenvolvimento teriam um custo de 4 mil euros. Esse cunho seria adequado à execução do furo CL 57, quer centrado, quer descentrado.

Seguidamente, procurou-se, tal como no caso dos LD 292, verificar se existia disponibilidade da linha e fazer o cálculo dos ganhos da transferência. Como já foi visto, a L73 possui 61,82% de ocupação e, aproximadamente, 6h por dia (contando os dois turnos de 8h) que não estão a ser planeadas.

Considerando o TH de 589 peças/hora para a L73, para produzir as 980,93 mil peças necessárias seriam precisas mais 1664 horas de planeamento nos dois anos de produção analisados. Isto corresponde à utilização de 56% das 2979 h não utilizadas e um aumento de 3,34 h/dia de planeamento.

No total, num ano, irão ser utilizadas a mais 56% das 1489 horas não utilizadas, o que equivale a 832,12 horas. Passar-se-ão a planear 3243,82 horas, ao invés das anteriores 2411 horas. A taxa de ocupação passaria a ser de 83%. Verifica-se, assim, que é possível realizar a transferência da quantidade estudada de tampos.

Analizou-se, de seguida, os ganhos possíveis com esta transferência entre linhas do formato. Para isso, tal como no caso do LD 292 P, utilizou-se o modelo Colep de cálculo. Na Figura 31 podem ver-se os elementos do cálculo e o ganho obtido, que seria de 50 mil euros em dois anos, se for decidido transferir estes formatos. Este ganho é justificado pela maior cadência da linha e o trabalho ocorrer com menos gasto de mão-de-obra direta (menos uma pessoa).

Linha 40								Custos/hora da linha					
Formato	Volume (milhares)	Número de Operações	Cadência Teórica	OEE	Machine Hours	Número de Colaboradores	Man Hours	MOD	ILV	UTILV	MAINTV	GCV	SSV
LD 286 P UN	980,9	2	0,5	80%	4 904,6	1,42	6 964,6	11,56 €	0,69 €	0,70 €	0,78 €	0,02 €	0,11 €
								80 539 €	3 402 €	3 426 €	3 810 €	84 €	536 €
								91 797 €					

Linha 73								Custos/hora da linha					
Formato	Volume (milhares)	Número de Operações	Cadência Teórica	OEE	Machine Hours	Número de Colaboradores	Man Hours	MOD	ILV	UTILV	MAINTV	GCV	SSV
LD 286 P UN	980,9	1	1,08	60%	1 513,8	2,00	3 027,6	11,57 €	0,69 €	1,86 €	1,67 €	0,02 €	0,11 €
								35 027 €	1 050 €	2 813 €	2 521 €	26 €	165 €
Ganho								50 195 €					

Figura 31 - Análise comparativa de custos entre a L40 e L73 para o formato LD 286 P UN

➤ LD 188

O formato LD 188 constitui 20% da produção da L40, sendo 92% do mesmo produzido pela sequência 2-7. Como já foi referido, esta sequência corresponde a quase 45% de toda a produção L40, pelo que aliviá-la de um formato como este, que corresponde a 40% da produção da sequência, teria um impacto positivo na redução da taxa de ocupação das máquinas 2 e 7.

Para verificar esta possibilidade estudou-se a compatibilidade do formato com as condições da L73, visto que os LD 188 não eram realizados nessa linha nas condições iniciais. Existiram duas limitações encontradas para este formato:

- As guias dos transportadores automáticos e a zona de alimentação não estavam preparadas para este diâmetro, nem para a posição dos furos a ser realizados.
- Analisando-se os furos realizados na L40 neste tipo de formato, 57 rebaixado da Colep e DIN 42, verificou-se que eles não poderiam ser realizados na L73, tendo sido reprovados pelo departamento técnico. A justificação prendia-se, principalmente, com dificuldades no empilhamento após realizar o furo, no caso do 57, e incapacidade do furador em o realizar, no caso do 42. Existiam, ainda, diferenças no perfil do furo e tipo de bocal.
- A espessura da folha de flandres do tampo era diferente da habitual na L73, trazendo dificuldades em adaptar o a máquina furadora ao formato.

Sendo assim, concluiu-se que este formato seria difícil de transferir e, portanto, outros formatos seriam mais vantajosos.

➤ LD 273

O formato LD 273 era efetuado em ambas as linhas existindo, inclusive, formatos específicos em comum entre ambas, no valor de 53 mil peças produzidas (que corresponde a 43% de todos os formatos 273 realizados na L40). É maioritariamente produzido em sequências que envolvem a máquina 40-5 (como a 8-5, a 3-5 e só 5), correspondendo a 30% do peso da produção dessa máquina.

Embora exista a possibilidade de passagem destes tampos, eles constituem apenas uma pequena porção da produção da L40. Além disso, não consistia em nenhuma melhoria nas sequências principais da L40. Por estas razões, considerou-se mais vantajoso transferir outros formatos.

➤ Decisão

No final, foram escolhidos para transferir os formatos LD 292 e LD 286 P UN. Além das justificações já dadas, estes formatos eram, também, de grandes dimensões (são os maiores diâmetros e os tampos mais pesados) o que dificulta o seu manuseamento na L40. Este facto pode aliás ser verificado ao observar os seus TH médios que são, em geral, inferiores aos de formatos mais pequenos. Ao efetuar uma comparação do TH entre os três formatos de maior produção na L40 (188, 286 e 292) verificou-se uma tendência para existir maior TH nos formatos de menor dimensão.

Ao transferir estes dois formatos para a L73 facilita-se, a curto prazo, a produção, o manuseamento e o transporte na L40, enquanto melhorias não forem aplicadas na linha, pois obter-se-ão os mesmos resultados, com maior cadência, TH e menor gasto de mão-de-obra.

Tudo isto se traduz numa redução de custos de 20 mil euros, para o formato LD 292 P, e 50 mil euros, para o formato LD 286 P UN, totalizando 70 mil euros em dois anos. É importante refletir, também, que esta mudança aumenta a disponibilidade da L40 e aumenta a flexibilidade da Colep de produção destes formatos, podendo optar por qualquer uma das duas linhas.

As mudanças afetam, no entanto, a taxa de ocupação da L73, que passa a possuir 3580 horas de tempo de produção, ao invés de 2412 horas. Dividindo pelo tempo disponível (3901 horas) obtém-se a nova taxa de ocupação da linha que será de 91%, ficando apenas 321 horas disponíveis por ano. É um valor elevado, no entanto a L40, tendo ficado mais disponível, encontra-se preparada para resolver picos de sazonalidade que possam surgir na produção destes mesmos formatos.

Essa maior disponibilidade da L40 traduz-se na diminuição da ocupação das máquinas presentes nas suas sequências mais predominantes. A transferência de 981 mil tampos de LD 286 P UN, altera o peso em volume de produção da sequência 2-7 na produção da linha de 44,24% para 25,45 %. Se for adicionado a este cálculo a transferência dos LD 292 P, que afeta a sequência 8-7, verifica-se que as sequências 2-7 e 1-4-7 ficam muito mais equilibradas ao nível de peso de produção do se verificava inicialmente, com pesos de 29,47 e 25,13%, respetivamente. O impacto das transferências dos formatos no peso da produção de cada sequência da L40 pode ser visualizado na Tabela 11.

Tabela 11 - Alteração do peso em volume de produção das sequências após transferência dos formatos

Sequências	Volume (em milhares)		Sequências	Volume (em milhares)	
40-2, 40-7	1722,1	44%	40-2, 40-7	741,2	29%
40-1, 40-4, 40-7	636,5	16%	40-1, 40-4, 40-7	636,5	25%
40-8, 40-7	434,4	11%	40-4	340,1	14%
40-4	340,1	9%	40-8	179,5	7%
40-8	179,5	5%	40-3, 40-7	114,0	5%
40-3, 40-7	114,0	3%	40-1, 40-7	113,7	5%
40-1, 40-7	113,7	3%	40-7	74,9	3%
40-7	74,9	2%	40-8, 40-5	70,2	3%
40-8, 40-5	70,2	2%	40-10	65,0	3%
40-10	65,0	2%	40-5, 40-3	62,8	2%
40-5, 40-3	62,8	2%	40-5	43,9	2%
40-5	43,9	1%	40-8, 40-7	37,7	1%
40-9	17,3	0%	40-9	17,3	1%
40-8, 40-9	15,7	0%	40-8, 40-9	15,7	1%
40-8, 40-7 (bocal), 40-7 (aro)	2,7	0%	40-8, 40-7 (bocal), 40-7 (aro)	2,7	0%
	3892,9			2515,3	

Para transferir o LD 286 P UN tratou-se, então, de começar a dimensionar o cunho para o furo e estudar que alterações teriam de ser realizadas aos transportadores. Para isso a equipa de engenharia foi contactada e ficou encarregue do trabalho de dimensionamento do cunho e alteração da linha para preparação do trabalho com o novo formato.

Acerca do LD 292 P, constituía, inicialmente, apenas uma pequena percentagem do que era produzido na L73. No último ano, 2019, o volume de produção desse formato na linha pesava 1% do total do volume de produção. Além disso, a sua produção nessa linha não se encontrava ainda otimizada. Verificou-se que a produção deste formato ocorreu, de abril de 2019 a final de março de 2020, a um TH de 223 tampos/hora (tendo sido produzidos 20,2 mil tampos em 90,5 horas), valor muito inferior à média da linha de 589 tampos/hora.

Tendo estes factos em conta, percebeu-se que existia a necessidade de melhorar a linha e adequá-la à receção dos novos formatos de dimensões superiores. Para perceber que melhorias eram necessárias realizar foram efetuados testes de produção LD 292 P na L73 durante 6 dias. Os valores de TH verificados durante o período estão explicitados na Tabela 12. No primeiro dia a produção foi de 270 peças em 210 minutos (77 peças/hora), obtendo-se um rendimento de 7%, quando comparado ao TH esperado da linha que é de 1080 peças/h. No último dia, obteve-se um TH de 822 peças/hora, com um rendimento de 76%.

Tabela 12 - Evolução ao longo de 6 dias da produção de LD 292 P na linha 73

Dia	Tempo (min)	Produção (milhares)	Rendimento
20/abr	210	0,27	7,10%
21/abr	450	1,71	21,10%
22/abr	450	1,83	22,60%
23/abr	345	2,10	33,80%
24/abr	450	3,27	40,40%
27/abr	420	5,76	76,20%

Durante os testes de produção foram-se identificando os problemas encontrados e executadas e validadas as melhorias para a resolução dos mesmos. Pode perceber-se, na Tabela 12, a melhoria de rendimento ao longo dos dias, à medida que os problemas eram abordados. Os principais problemas que se encontraram foram:

- Na L73 trabalha apenas um colaborador, que trata da alimentação e embalamento dos tampos. No caso dos tampos de grandes dimensões, dado que as pilhas são compostas por menos componentes, verificou-se que isso não podia acontecer, pois o número de movimentos necessários é superior ao que um colaborador sozinho consegue executar. Estabeleceu-se que, por enquanto, seriam necessários dois colaboradores para operar a linha com estes tampos.
- Verificaram-se encravamentos na zona da furação e a produção de tampos defeituosos. Ao longo da semana, após estudar os erros e defeitos ocorridos, percebeu-se que o problema se encontrava no furo ser descentrado e no tipo de folha dos tampos ser diferente (mais grosso que o habitualmente furado na linha). O erro foi resolvido, retificando-se o cunho e a sua posição.
- Na zona de empilhamento ocorriam muitos encravamentos. Verificou-se que se devia ao facto do furo ser descentrado. Isto exigia que um dos colaboradores ficasse, constantemente, nessa zona a evitar que uma paragem ocorresse.

De forma a assegurar que os problemas eram resolvidos em definitivo e que a linha fosse melhorada para a transferência destes formatos, foram definidas tarefas e soluções para o futuro:

- Aumentar a zona de alimentação para que mais tampos possam ficar em espera e haja maior autonomia do operador. A zona atual de alimentação da linha pode ser visualizada no Anexo L.
- Criar um método para desfazer os tampos que estão a ser empilhados automaticamente, para que não se deem encravamentos. Esta parte da linha pode ser visualizada no Anexo L.
- Procurar uma solução para tornar automática a construção das caixas onde os tampos são armazenados (através da compra de uma máquina) ou passar a utilizar modelos de caixas de construção rápida, de forma a reduzir o tempo que o colaborador dispensa nessa tarefa.

Com estas soluções espera-se, no futuro, conseguir reduzir a necessidade de mão-de-obra na produção dos tampos de maiores dimensões para um colaborador sem perder TH.

4.2 Melhoria da Linha 40

Desde o início do projeto, que o foco, para além de analisar os dados da linha e procurar perceber como a melhorar, foi estudar e obter soluções que passassem pela sua automatização, visto que não existia interesse da empresa em manter a linha no estado em que se encontrava, onde predominavam tarefas manuais, pouco ergonómicas e pouco seguras. O foco na automatização pode justificar-se, então, pelo interesse da Colep em eliminar do chão de fábrica uma linha com processos exclusivamente manuais e pelo pensamento de que ao automatizar as tarefas realizadas seria possível atingir todos os outros objetivos estipulados pelo projeto. Seria possível melhorar o *layout*, libertar os colaboradores das suas tarefas pouco ergonómicas e pouco seguras, melhorar o fluxo de produção e melhorar o TH.

Estudou-se, primeiramente, de que forma podia tornar-se automática a alimentação, transporte de material entre máquinas e empilhamento de tampos, o tipo de máquinas existentes e que alterações de automatização podiam ser realizadas. Para satisfazer a necessidade de automatização das diversas tarefas da L40, foram procuradas, principalmente dentro da fábrica, soluções para as mesmas. Encontraram-se 5 linhas diferentes com soluções interessantes, já em execução, que podiam ser replicadas na L40. Seguidamente, serão referidas as limitações e possibilidades de alteração à L40, as linhas da fábrica com soluções de automatização que podem ser replicadas e outras soluções que foram idealizadas durante o projeto.

- Linha 40: na linha em estudo era importante perceber se todas as máquinas conseguiam realizar o mesmo trabalho automaticamente e se, além disso, possuíam limitações físicas que não permitissem nelas serem incorporadas soluções de transporte automático, como guias transportadoras. A equipa de engenharia da empresa foi contactada e foram estudadas as máquinas da linha, tendo-se chegado às seguintes conclusões:

- Todas as máquinas podiam realizar as suas operações em posição vertical: algumas estavam dispostas com uma certa inclinação para o desperdício técnico após a mesma se deslocar para um local específico ou, no caso da 3, para que o tampo, após a operação, deslize para uma caixa de armazenamento do produto intermédio;
- A máquina 10 encontrava-se preparada para realizar as mesmas operações de cravação que eram realizadas na máquina 7;
- As máquinas 8, 4, 3 e 2 possuíam flexibilidade para alterar as tarefas que realizavam entre elas. Batava efetuar pequenas afinações e setups;
- A máquina 1 apenas permite a furação de diâmetros 95,6, 100 e 106, não sendo possível a alteração para outro tipo de diâmetros (como o 57);
- As máquinas 1, 3, 4 e 8 possuíam esperas (para posicionar o material aquando a realização da operação) e guias de apoio à operação que podiam limitar a passagem de tampos de grandes dimensões de forma automática através de um transportador. Ao analisar estas limitações percebeu-se que em todas as máquinas seria possível solucionar o problema, removendo esses componentes. No caso da remoção das esperas, seriam usados sensores ou linguetes para posicionar os tampos num sistema automático. No caso da remoção das guias, exigiria maior cuidado no setup e manutenções preventivas mais recorrentes. As duas limitações abordadas podem ser visualizadas no Anexo N;
- A máquina 2 possuía pouco espaço de operação, sendo isso uma limitação física para a passagem de tampos de grandes dimensões através de guias transportadoras e para a implementação de automatizações. Para resolver o problema, estudou-se se seria possível cortar o corpo da prensa o suficiente para permitir a passagem dos formatos maiores. Chegou-se à conclusão o corte não era possível de realizar pelo que a máquina 40-2 foi dada como uma limitação. A situação é ilustrada no Anexo N.

- Linha 73: como já foi explicitado, a linha 73 executa tarefas e formatos muito semelhantes aos que são realizados na L40. No transporte entre operações da linha há 3 soluções de automatização diferentes a serem utilizadas e um resumo da linha pode ser visto no Anexo L.

Na zona de alimentação um tapete de rolos leva o material, alimentado em pilhas, até uma zona com ventosas de sucção. Essas ventosas pegam num tampo de cada vez, à cadência da linha e pousam-no nas guias transportadoras. O tapete funciona através de um sensor de posição. Apenas quando já não existe material na posição de sucção é que a próxima pilha avança. Este tapete pode ser visualizado na foto desta zona, no Anexo L.

Após o tampo ser pousado nas guias há um avanço progressivo de cada tampo em intervalos de 3,5s, que é o tempo destinada para executar as tarefas. O movimento dá-se utilizando um

sistema transfer automático. Este sistema funciona através de guias adicionais que vão fechando sobre os tampos, agarrando-os, e movendo-os linearmente para a próxima posição onde os soltam. Através deste tipo de movimento, os tampos passam pelas tarefas de furação, soldadura de asa, cravação de bocal e controlo de qualidade.

Chegando à última posição, os tampos são passados para um transportador de tela que os leva até à zona de empilhamento. Esse transportador pode ser visto no Anexo L, na foto que evidencia a zona de empilhamento. Nessa zona, os tampos saem do transportador de tela para duas barras que o elevam e juntam à zona inferior de uma pilha de tampos finalizados que é mantida unida magneticamente.

Além dos exemplos de automatização de alimentação no início da linha, transporte e empilhamento, a linha 73 tem, também, dois exemplos de alimentação automática de componentes, na forma de um alimentador automático de asas e outro de bocais.

- Linha 41: a linha 41 é uma linha que finaliza tampos retangulares através de duas tarefas, a soldadura de asa e a furação. Só trabalha nela um colaborador que trata da alimentação (colocar os tampos na pilha) e paletização dos tampos (pegar nas pilhas de tampos produzidos e paletizar), bem como das tarefas de controlo de qualidade e operação. A linha funciona através de um *layout* linear, onde os os tampos se encontram pousados em duas guias e são movidos através de um sistema de transfer automático controlado por dois cilindros pneumáticos. Os cilindros têm duas posições: a de avanço, que faz os tampos passar à próxima posição, e a de repouso, onde os tampos se mantêm parados e o cilindro volta à posição inicial. As posições dos tampos são controladas por linguetes que asseguram a precisão no posicionamento e, quando os cilindros voltam à posição inicial, mantêm os tampos na sua nova posição.

Acerca da alimentação, os tampos são dispostos numa pilha vertical mantida coesa magneticamente de onde, um a um, são desencaixados através da rotação de 4 peças sobre o tampo na posição inferior. Ao desencaixar, o tampo cai sobre as guias por segue a sua produção.

No empilhamento, os tampos deslizam por guias diagonais para a posição inferior de uma pilha vertical. Uma peça em formato de garfo empurra-a para cima, juntando-a à pilha.

- Linha 94-1: Na linha 94-1 dá-se a furação de tampos retangulares de pequenas dimensões através de uma prensa mecânica automática. O trabalho da linha é realizado por um colaborador que trata da alimentação, colocando numa pilha os tampos, e paletização dos produtos, pegando nas pilhas concluídas e colocando na paleta. A alimentação e empilhamento ocorre nos mesmos moldes que os realizados na linha 41. Os destaques desta linha são a elevada cadência a que a produção ocorre, de 2 peças/segundo, e a presença de uma prensa mecânica que é semelhante aos modelos usados na L40, mas que trabalha automaticamente e a uma cadência muito mais elevada, permitindo perceber que é possível adaptar as máquinas da L40 a trabalho automático e a cadências elevadas.

- Linha 83/19: Nesta combinação de linhas os produtos trabalhados são movimentados entre ambas através de transportadores de tela. Além disso, o empilhamento ocorre automaticamente, da mesma forma que na L73.

- Linha 63: Na L63 destaca-se a solução de empilhamento de tampos por gravidade. Os tampos são movimentados por um transportador de rolos até um ponto onde caem numa plataforma que vai descendo à medida que mais tampos são empilhados por cima dos que já nela se encontravam. Essa plataforma tem um sensor de peso. Quando o peso pretendido é atingido, a pilha de tampos é movimentada para a zona final da linha onde se dá a paletização.

- Linha de produção de tampas plásticas: Na secção dos plásticos da fábrica foi visualizada uma linha, com uma disposição em *layout* circular, onde se dava a produção automática de tampas plásticas de pequenas dimensões para embalagens plásticas. Existe nela uma plataforma rotativa com várias posições: uma para entrada, uma para verificar a posição, uma para cada

tarefa realizada sobre a tampa, uma para controlo de qualidade e uma para saída da tampa. A tampa entra na primeira posição, sendo posicionada com precisão no local a ela destinado, ficando nesse ponto à medida que a plataforma roda e são executadas as tarefas.

Outra solução pensada para aplicar um *layout* circular como este seria, usar garras que segurariam um tampo e se moveriam em movimentos para a frente e para trás (entre uma posição 1 e uma posição 2), colocando e retirando o tampo das máquinas dispostas circularmente, onde as tarefas seriam realizadas. Após cada tarefa e o recuo da garra com o tampo para a primeira posição, a plataforma central rodaria sobre o eixo central para a próxima posição onde, de novo, a garra avança e coloca o tampo a realizar a próxima tarefa.

Ambas as soluções explicitadas são exemplificadas através de desenhos, no Anexo O.

- Robô: Uma solução não implementada na Colep, mas que desde início se pensou em utilizar. A ideia consistia num braço robótico aplicado no centro de um *layout* circular, num circuito fechado. O robô pegaria nos tampos um a um e colocá-los ia nas devidas máquinas da sequência. Após a realização da operação, o robô retirá-los-ia e passava os tampos à máquina seguinte.

- Fornecimento exterior: Ao analisar o mercado, foi contactado um fornecedor da Colep que foi convidado a estudar a linha e oferecer propostas de automatização. Aquando da finalização deste projeto ainda não existiam propostas concretas sabendo-se, apenas, que uma delas se aproximaria da solução idealizada do braço robótico.

- Conclusões do estudo:

Neste projeto um dos objetivos passava por estudar automatizações possíveis de serem aplicadas na L40 e apresentar à empresa soluções para implementação numa fase futura. Após estudar as máquinas da L40, as soluções existentes dentro e fora do chão de fábrica e discutir as mesmas em equipa, foram retiradas várias conclusões.

1 - Como já foi visto, a máquina 40-2 participa na sequência que produz o maior volume de produção da linha, a 2-7, pelo que a tarefa por ela realizada, de furação de diâmetro CL57, é considerada de grande importância. Tendo em conta as limitações verificadas por parte desta máquina para a instalação de transportadores automáticos, viu-se como solução futura passar o seu trabalho todo para a máquina 40-8. Na 40-8 tinha-se verificado uma grande redução de ocupação, devido à transferência de 397 mil tampos do formato LD 292 P para a L73, tendo concretamente a sequência 8-7 passado a pesar, apenas, 2% da produção da L40. A máquina 40-8 ficaria, então, responsável por efetuar furos CL 57, para além dos já realizados DIN 57, sendo que o tempo de setup de alteração entre os cunhos utilizados para esses furos seria curto.

2 - A máquina 40-10 estava parada sem trabalho e, no entanto, estava pronta para efetuar as mesmas operações da máquina 40-7, que era a com maior taxa de ocupação da linha. Percebeu-se que existia a possibilidade de, tendo duas máquinas para cravar bocais, tê-las ao mesmo tempo a cravar componentes e, conseqüentemente, a finalizar os tampos efetuados na L40.

3 - Possuindo 2 máquinas cravadeiras para finalizar o trabalho da L40, percebeu-se que era possível, ao automatizar, conceber um *layout* novo com as máquinas organizadas em duas linhas de operações sequenciais. A primeira sequência, que será passada a ser chamada 40-A, seria a existente 1-4-7, que corresponde, após transferência dos formatos, a 25% da produção da L40, tal como foi visualizado na Tabela 11. No entanto, nesse grupo de máquinas, não se realiza apenas a sequência 1-4-7, mas sim outras sequências que envolvam as máquinas 1, 4 e 7, como 1-7 e só a máquina 4 e 7 (a produção da máquina 40-7 sozinha será, no entanto, adicionada ao conjunto de máquinas 40-B, pelo facto de, nessa máquina, serem apenas produzidos produtos com a adição aros e bocais 57 algo que não se enquadra no que é produzido na 40-A). Ao todo, o conjunto de máquinas 1, 4 e 7 produziria 43,3% da produção da L40. As restantes máquinas, 2, 3, 5, 8 e 10, podem ser organizadas pela mesma lógica das anteriores –

numa organização em linha, que será chamada de 40-B. As máquinas 2, 3 e 8 são de furação tendo, obrigatoriamente, de se encontrar no início da linha. Como já foi visto, a máquina 2 não será considerada, pois não é possível utilizá-la na linha automatizada, sendo a sua produção passada para a máquina 8. Posto isto, a organização proposta para a linha 40-B seria 8-3-5-10. As máquinas 3 e 5 estariam apenas ativas quando fossem realizadas as suas sequências de tarefas (como a 3-7, 8-5, 5-3 e 5) que correspondem, em conjunto, a 12% da produção da L40. A segunda organização em linha das máquinas da L40 teria um peso na produção de 55,3 %. A máquina em sobra, a 40-9, e a sequência 8-9 seriam realizadas à parte, correspondendo a 1,3% do total da produção.

Os valores referidos são resumidos pela Tabela 13.

Tabela 13 - Peso de produção de cada grupo de máquinas organizado em linha

Conjunto de Máquinas		Volume (em milhares)	
40-A	40-4 e Sequências 1-4-7, 1-7	1090,30	43,3%
40-B	40-2, 40-3, 40-5, 40-7, 40-8, 40-10	1391,95	55,3%
	40-9 e Sequência 8-9	33,00	1,3%
		2515,253	

4 – Tendo em conta que a máquina 2 fica sem uso no novo *layout* automatizado, pode colocar-se junto da máquina 9 e prepará-la para manualmente realizar o trabalho anteriormente feito pela máquina 8 (furos DIN 57). Assim, a sequência 8-9 é, também, assegurada, estando todas as sequências garantidas no novo *layout*.

Com esta nova organização das máquinas sugerida, em dois grupos em linha, 40-A e 40-B, é possível fazer uma proposta de um novo *layout* para a linha. Esta proposta é apresentada na Figura 32, que demonstra a comparação entre os dois *layouts*, antigo e novo.

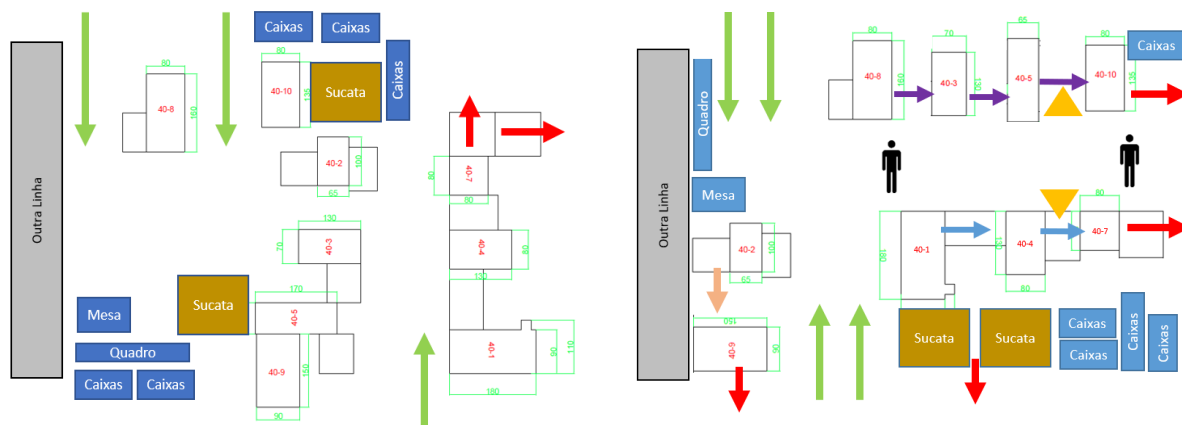


Figura 32 – Comparação do *layout* antigo com o novo *layout* proposto

Pode ver-se no novo *layout* o agrupamento das máquinas nas duas novas linhas de produção, bem como uma melhor organização do espaço, que origina duas claras zonas de entrada de material, uma saída clara para a sucata da linha (antes não existente), e três saídas de produto acabado que cobrem todas as sequências de trabalho realizadas. Há uma melhoria clara no fluxo de trabalho que, agora, ocorre todo na mesma direção (sem contar com a nova sequência 2-9, correspondente a 1% da produção), em oposição às várias direções em que ocorria no estado inicial, que pode, por exemplo, ser visualizado na foto da primeira reunião presente no Anexo I, onde se veem os vários caminhos que os materiais seguiam nas várias sequências. Além disso, os inícios e finais das sequências ocorrem em locais próximos, permitindo, após automatização das máquinas e do transporte de material entre elas, diminuir o trabalho para dois colaboradores, um na zona inicial e outro na zona final, como ilustrado no *layout* novo na Figura 32.

Além de ser possível reduzir o número de colaboradores para 2, estes ficam em posições onde um consegue contactar com as duas zonas de alimentação e outro com as duas zonas finais de linha dos dois novos grupos de máquinas. Considerando que é uma prática corrente na Colep um colaborador numa linha automática realizar duas tarefas (por exemplo numa linha em U: alimentar e paletizar), estima-se que, dependendo da cadência a que a linha funcionar e do trabalho que tiver, será possível colocar as duas linhas a funcionar ao mesmo tempo. Esta possibilidade constitui um aumento elevado da capacidade horária de trabalho.

Nesta proposta de *layout* novo foi optado por se deixar todos os elementos que estavam, também, presentes no *layout* inicial. No entanto, a proposta pode, ainda, ser melhorada num projeto futuro, pois é possível reduzir o número de contentores de sucata e de caixas de cartão presentes na linha, bem como reformular ou retirar o quadro e colocar uma estante ou armário com identificações de cada um dos cunhos e ferramentas invés de usar uma mesa para alguns deles.

Resolvendo a questão de que *layout* seria pretendido, pensou-se que soluções de automatização seriam mais interessantes em ser implementadas para maximizar o potencial do novo *layout*.

Decidiu-se que a solução de transporte seria um sistema de *transfers*, desenvolvido internamente, que poderia funcionar de forma semelhante à linha 73 ou à linha 41. Tendo em conta que algumas máquinas da L40 têm espaço de operação limitado, a opção de linguetes utilizada na L41 foi a que se optou. Escolheu-se a opção de sistema de *transfers*, pois, na Colep, já existe experiência a lidar com esse sistema, na L73, para tampos semelhantes aos realizados na L40 e porque ao adotar outro, como transportador de tela ou um robô, seriam exigidos um maior investimento, uma maior ocupação de espaço ou a adoção de vários sistemas combinados. Além disso, o sistema de *transfers* assegura manipulação dos materiais com elevado nível de precisão e, tendo em conta a nova organização linear das tarefas da linha 40, é fácil unir todas as máquinas da 40-A e 40-B através de dois sistemas de *transfers* que atravessam cada uma das novas sequências.

Resumidamente, a aplicação da solução do sistema de *transfers* traduz-se na obtenção de movimentos de elevada precisão, na economia de espaço, num menor investimento e na garantia de bom funcionamento (devido à experiência da empresa com a solução).

No entanto, esta solução traz também desvantagens, nomeadamente, o aumento do número de setups e do seu tempo. Ao utilizar um sistema *transfers* existirá a necessidade de, quando se altera o formato a ser produzido, alterar, para além do cunho utilizado na furação e dos componentes a adicionar, as guias que estão a ser utilizadas. Sabe-se, também, que quanto maior for a diferença de diâmetro dos formatos que estiverem a ser realizados aos que serão realizados de seguida, maior tempo será necessário para realizar as alterações.

Tendo isto em conta, para adotar esta solução, o planeamento de produção terá um papel chave, para que não se perca tempo excessivo em tarefas como afinações e setups e para maximizar o tempo disponível que é dedicado à produção.

Além disso, espera-se com a automatização das tarefas da linha aumentar a cadência de produção e o TH da linha, pelo que o maior tempo dispendido em tarefas de afinação e setup serão compensadas. A cadência estimada para a nova linha é abordada no capítulo 4.3.

Passando para a alimentação da linha, há dois pontos importantes que têm de ser abordados: a alimentação no início das tarefas da linha e a alimentação de componentes a cravar nas máquinas 7 e 10.

Para alimentação na zona inicial, analisaram-se as soluções presentes na fábrica, já referidas, e concluiu-se que é possível internamente conceber uma solução semelhante à da linha 73. Decidiu-se por esta solução pois é a mais eficiente para estes formatos de grandes dimensões.

Acerca da alimentação de componentes para cravação teria de se recorrer a fornecedores externos para obter uma solução. Sendo assim, foram consultados 4 fornecedores de sistemas de alimentação de peças por vibração. Para perceber quais eram as necessidades para cada uma das novas duas linhas analisou-se qual o tipo de componentes adicionados e o seu peso no total em cada uma das novas sequências. Os valores obtidos podem ser consultados na Tabela 14.

Tabela 14 – Tipo de componentes adicionados no grupo de máquinas 40-A e 40-B

40-A			40-B		
Componentes	Volume		Componentes	Volume	
LD 106	632,2	85%	CL 57	2138,0	95%
CL 100	113,7	15%	CL 42	114,0	5%
	745,9			2252,0	

Procurou-se, então, duas cubas vibratórias, uma que permita fornecer à nova sequência 40-A tampos 106 e bocais 100 e outra que permita fornecer à 40-B bocais 57 e 42. Após discussão das propostas com os fornecedores chegou-se à conclusão que estes equipamentos de fornecimento automático multi-formato teriam custos de 30 mil euros cada um, resultando num investimento total de 60 mil euros.

Acerca da zona de empilhamento de tampos no final da linha recorreu-se a uma solução interna. Foi decidido adotar um método semelhante ao usado na 73, mas sem o transportador de tela. No final do sistema de *transfers*, os tampos deslizarão brevemente por guias até estarem sobre duas barras que os empurrarão verticalmente para a zona inferior de uma pilha.

4.3 Resultados estimados

Para calcular os resultados que se prevêem com o novo *layout* foi necessário estimar a que cadência trabalharia a nova linha. A análise às máquinas da L40 permitiu perceber que estas podem ter cadências até 120 peças/min, no entanto este valor é obtido com uma máquina a trabalhar sozinha ou num sistema com apenas uma máquina, como no exemplo dado no capítulo 4.2 da L94-1, em que os tampos a ser produzidos são de pequenas dimensões. Num sistema de *transfers* como o que se quer implementar, onde existem várias máquinas em sequência e se trabalham com tampos de grandes dimensões seria impossível chegar a esses valores, principalmente, pelas limitações físicas impostas pelo tampo e o espaço que ocupam. Estes implicariam aumentos significativos das zonas de alimentação, transporte e final de linha se trabalhassem a uma cadência demasiado elevada. Além disso, enquanto que na L94-1 um colaborador consegue lidar com muitos tampos de uma vez, nas zonas de início e fim de linha, visto que os tampos são pequenos, na L40 o manuseamento é de grande dificuldade.

Postas estas justificações e tendo em conta o exemplo existente em chão de fábrica da L73, decidiu usar-se como referência o valor de 1080 peças/h, que é a cadência teórica da L73, visto que é um valor que se sabe que é possível implementar. Além disso, existe experiência que permite afirmar que esta cadência permite os colaboradores terem tempo de controlar as tarefas das duas linhas (40-A e 40-B) e estarem preparados para reagir a qualquer imprevisto.

Estando estimada a cadência, passou a estimar-se o rendimento da linha. Analisando o rendimento médio das linhas automáticas da Colep semelhantes à que se quer implementar e após verificar, no teste realizado a formatos LD 292 P na L73, um rendimento de 76%, decidiu estimar-se um rendimento de 75%.

A partir destes valores calculou-se a diminuição de custos de linha e a melhoria prevista para os indicadores iniciais.

Para os custos utilizou-se, novamente, o modelo de cálculo da Colep. Considerou-se, para a situação inicial, a quantidade produzida ao longo de dois anos na L40, 3892 mil produtos e os valores médios da linha: a cadência teórica de 500 peças/h, o rendimento de 80%, 2 operações e 1,42 colaboradores. Para calcular os ganhos através da implementação das soluções de

automatização propostas dividiu-se o cálculo em dois. Um ganho máximo se for possível ter os dois grupos de linhas a trabalhar em simultâneo e outro se as linhas trabalharem separadamente. Em ambos consideraram-se, também, os gastos das duas máquinas em sobra na L40, a 8 e 9, que foram calculados pelos custos/h da L40 inicial.

Com os dois conjuntos de máquinas a trabalhar em simultâneo cada linha utiliza, apenas, metade do tempo de cada colaborador na alimentação e final de linha. Considerar-se-á, então, que trabalha um colaborador por linha. Prevê-se, neste caso, uma redução nos gastos de quase 283,7 mil euros, uma diminuição de quase 17 mil horas de trabalho de máquina, bem como um diminuição de quase 25 mil horas de mão-de-obra.

Com os dois conjuntos de máquinas a trabalhar separadamente existe a necessidade de dois colaboradores, um na alimentação e outro no final da linha, em cada uma delas. Prevê-se, neste caso, uma redução nos gastos de 228,9 mil euros, uma diminuição de mais de 14 mil horas de trabalho de máquina total e uma diminuição de 19 mil horas de mão-de-obra.

Concluindo, prevêem-se reduções de gastos, em dois anos, de 228 a 284 mil euros, através das soluções propostas para a L40. O resumo dos cálculos pode ser consultado na Figura 33. A redução estimada pode ser considerada otimista, o que é justificado pelo elevado custo por hora considerado pela Colep para a mão de obra direta (MOD). Mesmo assim, conclui-se que é evidente o impacto positivo da alteração proposta.

Linha 40								Custos/hora da linha						Total
Conjunto	Volume (milhares)	Número de Operações	Cadência Teórica	OEE	Machine Hours	Número de Colaboradores	Man Hours	MOD	ILV	UTILV	MAINTV	GCV	SSV	
L 40	3892,0	2,0	0,5	0,8	19460,0	1,4	27633,2	319 553 €	13 498 €	13 592 €	15 117 €	334 €	2 127 €	
														364 222 €

Linha 40 - 2 linhas a trabalhar em simultâneo								Custos/hora da linha						Total
Conjunto	Volume (milhares)	Número de Operações	Cadência Teórica	OEE	Machine Hours	Número de Colaboradores	Man Hours	MOD	ILV	UTILV	MAINTV	GCV	SSV	
40-A	2152,3	1,0	1,08	0,75	2657,1	1,00	2657,1	30 741 €	1 843 €	4 938 €	4 425 €	46 €	290 €	
40-B	1685,2	1,0	1,08	0,75	2080,5	1,00	2080,5	24 070 €	1 443 €	3 866 €	3 465 €	36 €	227 €	
2 e 9	54,5	2,0	0,50	0,80	272,4	1,42	386,9	4 474 €	189 €	190 €	212 €	5 €	30 €	
Ganho					16 802,9		24 976,1	Ganho: 283 733 €						

Linha 40 - 2 linhas a trabalhar separadamente								Custos/hora da linha						Total
Formato	Volume (milhares)	Número de Operações	Cadência Teórica	OEE	Machine Hours	Número de Colaboradores	Man Hours	MOD	ILV	UTILV	MAINTV	GCV	SSV	
40-A	2152,3	1,0	1,1	0,8	2657,1	2,0	5314,3	61 482 €	1 843 €	4 938 €	4 425 €	46 €	290 €	
40-B	1685,2	1,0	1,1	0,8	2080,5	2,0	4161,1	48 141 €	1 443 €	3 866 €	3 465 €	36 €	227 €	
2 e 9	54,5	2,0	0,5	0,8	272,4	1,4	386,9	4 474 €	189 €	190 €	212 €	5 €	30 €	
Ganho					14 449,9		22 318,9	Ganho: 228 921 €						

Figura 33 - Ganhos com o novo layout

Voltando aos indicadores definidos no início do projeto (pessoas/mil peças/turno), procurou perceber-se qual a redução esperada para cada sequência principal da linha. Considerou-se um rendimento de linha de 75% e produção teórica de 1080 peças/h com os quais se obteve um TH esperado de 810 peças/h. Utilizando 1 ou 2 pessoas no cálculo, dependendo, respetivamente, se as linhas trabalham em simultâneo ou em separado, foi possível obter reduções no valor do indicador na ordem dos 60 a 82%. Estes resultados, bem como os elementos do cálculo realizado, podem ser visualizados na Figura 34.

Sequências	TH (peças/h)	Produção				Pessoas		Resultado	Indicador inicial	Redução
40.2 - 40.7	810	6480	peças/turno	6,48	mil peças/turno	1	----->	0,1543	0,7762	80%
						2		0,3086		60%
40.1 - 40.4 - 40.7	810	6480	peças/turno	6,48	mil peças/turno	1	----->	0,1543	0,7912	80%
						2		0,3086		61%
40.8 - 40.7	810	6480	peças/turno	6,48	mil peças/turno	1	----->	0,1543	0,8780	82%
						2		0,3086		65%

Pessoas/mil peças produzidas por turno

Figura 34 - Cálculo dos indicadores estimados após alteração da L40

Estes resultados estimados permitem avaliar o impacto positivo que as mudanças propostas poderão ter na L40 e nas contas da empresa.

5 Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

Uma empresa com grande presença no mercado internacional no seu setor, como é o caso da Colep, está constantemente sujeita a uma grande pressão competitiva por parte dos seus concorrentes, não existindo margem para estagnação do seu desenvolvimento. Se não se procurarem melhorias constantes, os concorrentes ultrapassarão a empresa e, consequentemente, os clientes podem ser perdidos.

O presente projeto de desenvolvimento de soluções de melhoria para uma linha manual e pouco otimizada surge desta urgência e necessidade diária da Colep em melhorar todos os seus processos para conseguir satisfazer os seus clientes com produtos de qualidade e excelência, inovar e criar valor.

Para a realização do projeto houve o envolvimento de pessoas de várias unidades da empresa, desde a área de produção, engenharia, técnica e qualidade, até às equipas de base de dados e a equipa de controlo de gestão.

Inicialmente, existiram algumas dificuldades no projeto na recolha de informação provenientes das variadas fontes presentes na empresa. No entanto, através de recolha e do cruzamento de dados das várias fontes foi possível obter dados *baseline* coerentes e completos que permitiram o projeto prosseguir.

Ao longo do projeto, existiu facilidade de comunicação com colaboradores da empresa e com os seus departamentos. O facto de na linha predominarem tarefas manuais pouco seguras e cansativas e serem claros os objetivos de melhorar as condições de organização, do fluxo e da segurança do trabalho, colocou sempre os colaboradores motivados para a mudança e dispostos a participar no estudo realizado. Prevê-se que durante a realização do projeto se tenham, também, estabelecido bases para, na implementação futura das soluções propostas, existir uma boa aceitação da mudança e das melhorias executadas.

O facto de o projeto ter partido de uma linha que não se pretendia manter no mesmo estado em que se encontrava, foi bastante interessante pois permitiu ser criativo e efetuar várias iterações de *layout* e automatização. No final, a solução proposta revelou-se bem sucedida, pelos resultados que traz em termos de custos e melhoria.

Através das soluções propostas de transferência de formatos, automatização e *layout*, é possível atingir melhorias de *throughput* e fluxo de trabalho, pela realização da produção a uma cadência maior e pelo estabelecimento de sequências mais organizadas. Além disso, todas estas soluções permitem a redução da mão-de-obra e a eliminação da realização de tarefas manuais perigosas de contacto com a máquina, que passarão a ser realizadas automaticamente, após implementação.

Este projeto partiu, no entanto, de uma análise de dados realizada, principalmente, aos anos de 2018 e 2019. Não existem garantias que permitam saber o que acontecerá no futuro e se todas as sequências estudadas se manterão com o mesmo volume de produção. Mesmo assim, as soluções encontradas neste projeto procuraram sempre, além de melhorar, dar mais opções à Colep. Aquando da finalização do projeto existe, já, a capacidade de realizar, na L73, vários formatos inicialmente produzidos apenas na L40. Este aumento de flexibilidade permitirá à Colep ter a capacidade de responder a variações do nível de encomendas.

Concluindo, realizar este projeto permitiu obter contacto com a realidade industrial e desenvolver no terreno, de forma prática, as competências obtidas ao longo de cinco anos de aprendizagem. A experiência foi vista como positiva quer num contexto de aprendizagem técnica, onde houve um incremento de conhecimentos mecânicos de produção e fabrico, processos e gestão, quer no contexto pessoal, através do relacionamento com os colaboradores, chefias e fornecedores.

Tendo em conta que os objetivos estabelecidos foram alcançados e se estabeleceram propostas para o futuro da empresa, considerou-se que o projeto foi um sucesso e permitirá a empresa economizar quer no curto prazo, com a transferência de formatos entre linhas, quer no médio/longo-prazo se existir a implementação das soluções propostas no projeto.

5.1.1 Trabalhos futuros

Ao longo da realização do projeto foram identificados processos que podiam ser melhorados e tarefas que, no futuro, podiam ser realizadas.

Primeiramente, tendo em conta as dificuldades verificadas na recolha de informação de volumes de produção e formatos deveria existir uma fonte de armazenamento de informação geral para toda a empresa e uma codificação/referenciação fixa ao longo dos processos para cada formato.

Acerca do que foi visualizado e estudado na situação atual da linha, se não for realizada a médio-prazo a automatização, seria importante realizar-se a normalização dos movimentos e tarefas de cada colaborador para que situações de espera e movimentos sem adição de valor não ocorram. Uma das tarefas que pode ser normalizada é, por exemplo, a definição de quem se desloca às zonas de início e final de linha. Além disso, seria, também, importante colocar na linha uma estante ou armário, ao invés da mesa presente, para que todos os cunhos e ferramentas necessários possam ser armazenados perto da linha. Alguns setups acompanhados durante o estudo foram demorados devido à deslocação de um colaborador a outra linha para recolher ferramentas e cunhos. Uma tarefa que, também, ocorre longe da linha e podia ser realizada na mesma é a verificação de qualidade dos tampos, que ocorre de 2 em 2 h, e provoca o afastamento de um colaborador por alguns minutos.

Sendo adotadas as propostas de automatização sugeridas neste projeto, deve-se analisar a taxa de ocupação de cada colaborador e melhorar ao máximo a linha de forma a permitir a solução de trabalho de dois colaboradores em simultâneo nas duas novas linhas e avaliar se é possível controlar ambas as linhas com menos de dois colaboradores.

Independentemente da implementação das soluções, deve ser realizado, na linha, um projeto de melhoria SMED para reduzir os tempos de setup dos cunhos e ferramentas utilizadas e deve ser limpo e organizado o espaço da linha num projeto 5S, reduzindo o número de mesas, caixas, contentores de sucata e melhorando a organização e limpeza da mesma.

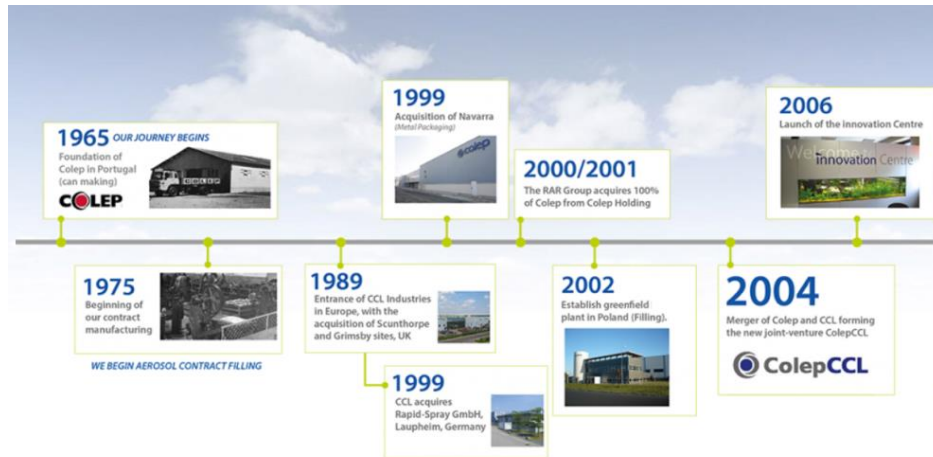
Referências

- Coimbra, E. A. (2013). *Kaizen in Logistics and Supply Chain*: McGraw-Hill Education.
- Colep. (2018). Packaging Division - General Line Cans. Consultado em 10 de junho, 2020, em https://www.colep.com/uploads/files/Colep_GeneralLine_catalogue_v2_2018.pdf
- Hopp, W. J., & Spearman, M. L. (2000). *Factory Physics* (2 ed.): McGraw-Hill/Irwin.
- Imai, M. (2012). *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy* (2 ed.): McGraw-Hill Education.
- Kamada, S. (2007). Estabilidade na Produção da Toyota do Brasil. Consultado em 8 de junho, 2020, em <https://www.lean.org.br/artigos/86/estabilidade-na-producao-da-toyota-do-brasil.aspx>
- Kumar, S. A., & Suresh, N. (2008). *Production and Operation Management* New Age International (P) Ltd., Publishers.
- Lean TI. (2018). O que é Jidoka? Consultado em 26 de março, 2020, em <https://kanbanize.com/pt/fluxo-contínuo/o-que-e-jidoka>
- Liker, J. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer* (Reissue ed.): McGraw-Hill Education.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System Beyond Large-Scale Production* (1 ed.): Productivity Press.
- Ohno, T. (2013). *Taiichi Ohno's Workplace Management* (Special 100th birthday ed.): McGraw-Hill Education.
- Pinto, J. P. (2014). *Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras* (6 ed.): Lidel.
- Rother, M., & Harris, R. (2001). *Creating Continuous Flow: An Action Guide for Managers, Engineers & Production Associates*: Lean Enterprise Institute.
- Shingo, S., & Dillon, A. P. (1989). *A Study of the Toyota Production System From an Industrial Engineering Viewpoint* (1 ed.): Productivity Press.
- Sobek II, D. K., & Smalley, A. (2008). *Understanding A3 Thinking: A Critical Component of Toyota's PDCA Management System* (1 ed.): Productivity Press.
- Womack, J. P. J., Daniel T., & Roos, D. (2007). *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production* (Reprint ed.): Free Press.

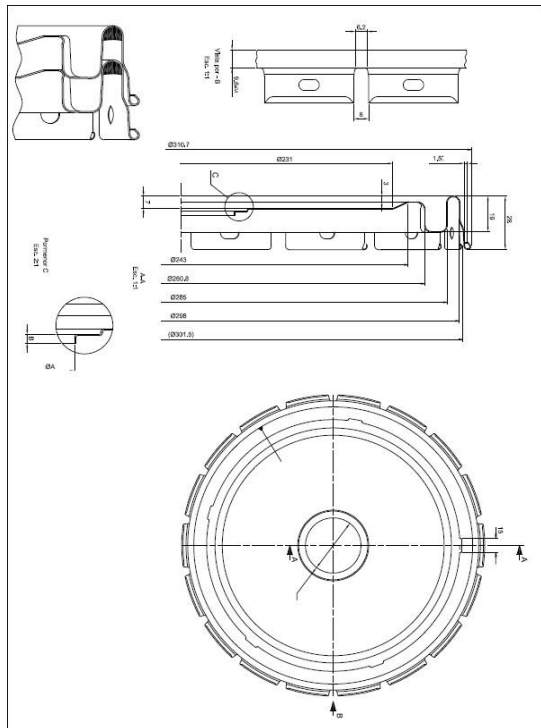
ANEXO A: Distribuição das fábricas da Colep pelo mundo



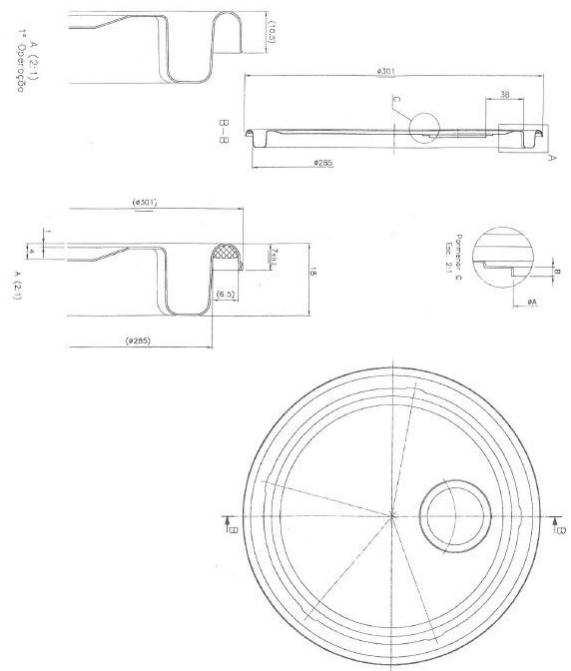
ANEXO B: História da Colep



ANEXO C: Desenhos técnicos de tampos de designação P e B



LD 286 P UN com furo centrado



LD 286 B com furo descentrado

ANEXO D: Tampos produzidos pela Colep



- Tampos P (de Garras)
in Colep, catálogo do *General Line*, 2018



- Tampos B (*Ballesta*)
in “<http://www.hildering.com/cms/en/>”, consultado
em 2020-06-10, 16:33



- Tampos T (para embalagens do tipo Tulipa)
in Colep, catálogo do *General Line*, 2018

ANEXO E: Informação detalhada acerca de cada máquina

Máquina	Função	Tamanho da Máquina			Cadência teórica (unidades/h)	Componentes a ser trabalhados					
		Comprimento	Profundidade	Altura		Diâmetro do Material que entra na máquina (mm)	Furos a ser executados (mm)	Bocais a aplicar (g)	Asas a soldar (g)	Peso Máximo (g)	Peso Mínimo (g)
40-1	Cunhar LD 152 Furar 95,6 ou 100	90	170-180	210-220	1600 500 500	152 286 292	95,6 100 106			474,55	253,00
40-2	Furar 57	65	100	190	500	165 286	Colep 57			487,45	75,03
40-3	Furar 32 ou 42 Fazer Bossas	70	130	185	500	60 273	32 42			213,67	18,74
40-4	Bater furo 95,6	70-80	130	200	500	76 292				474,55	253,00
40-5	Soldar Asa	65	160-170	200	350 500 315 ou 500 350	170 273 284 286 292			10 20	289,86	57,83
40-7	Aplicar Bocal e/ou Aro	75-80	80	185	500	99 165 170 180 188 286 292		5 55		487,45	18,74
40-8	Furar DIN 57	80	160	180-190	500 ou 2400 1000 500 2400 315 ou 500 500	99 108 170 240 273 284 286 292	DIN 57			464,07	55,33
40-9	Soldar Asa Soldar Braquet	85-90	150	140	700	170			10 20	108,15	55,33
40-10	Cunhar Braquet Aplicar Bocal	80	135	190	500	99 292		5 55		487,45	55,33

ANEXO F: Componentes adicionados por soldadura

- Asas



- *Brackets*



ANEXO G: Máquinas da L40



Máquina 40-1



Máquina 40-2



Máquina 40-3



Máquina 40-4



Máquina 40-5



Máquina 40-7



Máquina 40-8

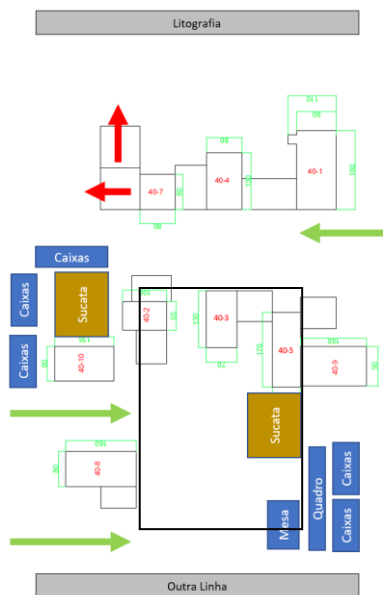
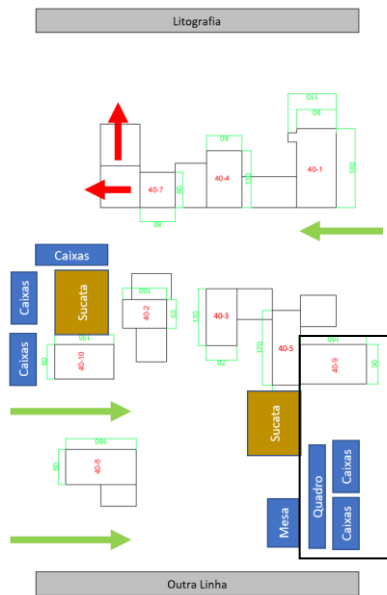


Máquina 40-9

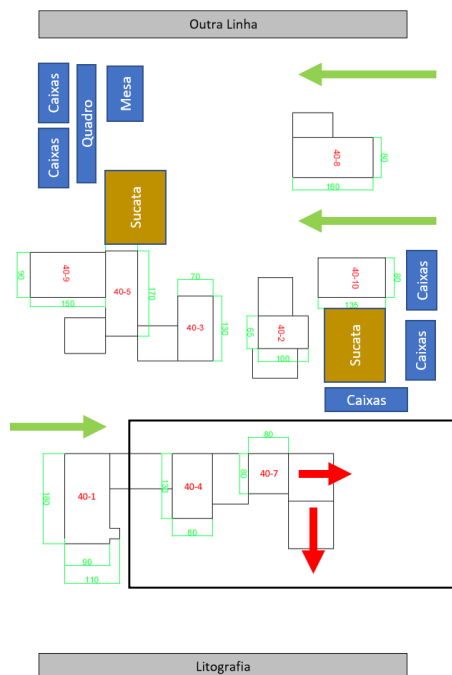
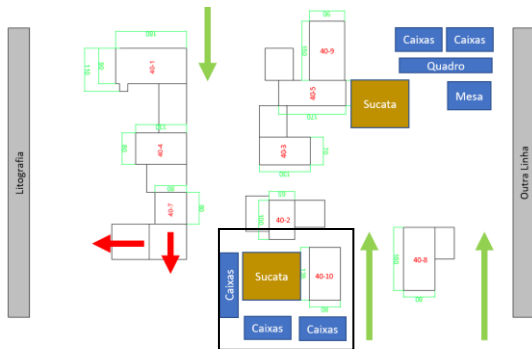
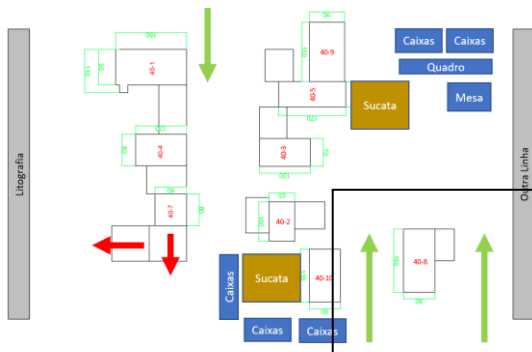


Máquina 40-10

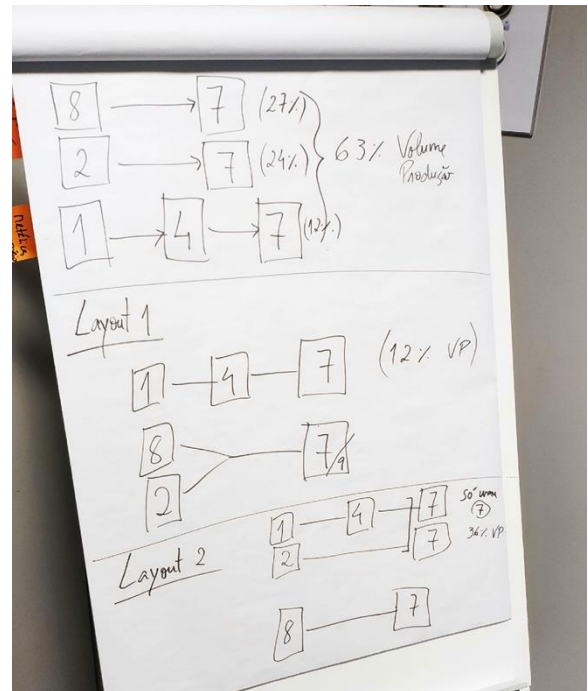
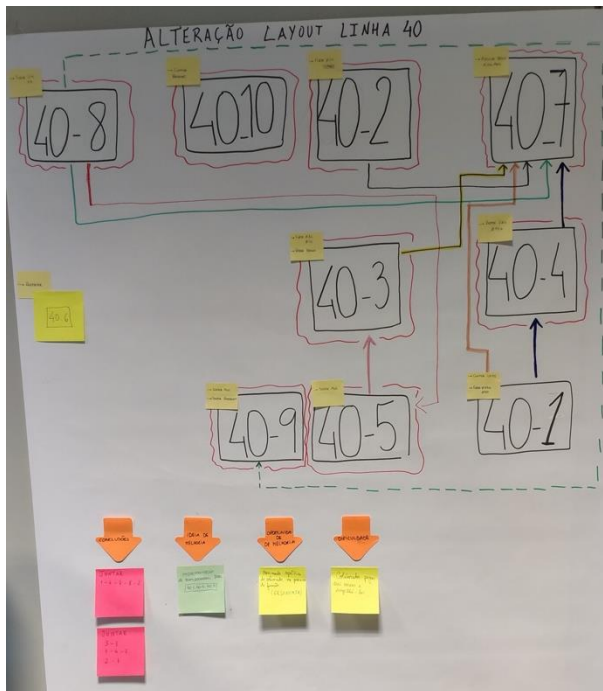
ANEXO H: Fotos do *Layout* da L40



Desenvolvimento de um programa de melhoria da eficiência de uma linha de produção numa empresa de embalagens metálicas



ANEXO I: Desenhos de *Layout* efetuados na primeira reunião de projeto



ANEXO J: Componentes adicionados na Máquina 40-7



Bocal de diâmetro 57 – formato standard



Bocal CL 57 IN HZ 655



Tampo de diâmetro 106 – formato standard



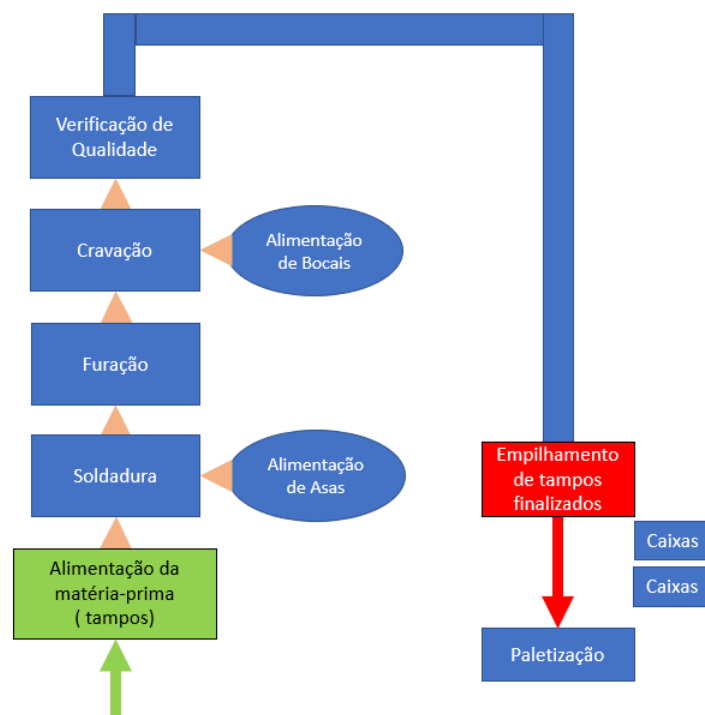
Bocal CL 100 VR HZ100
REL MODIFICADO

ANEXO L: Linha 73

Vista geral da linha:



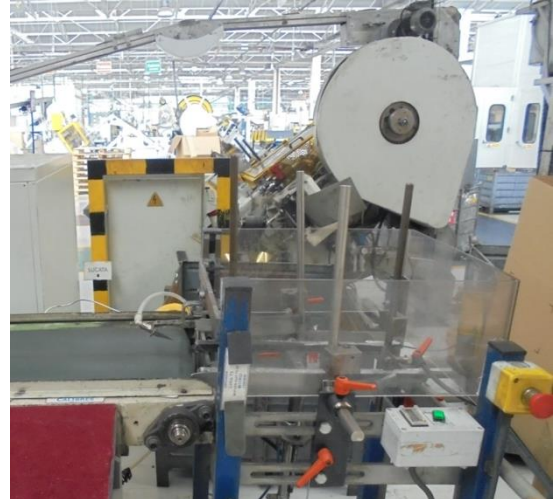
Ilustração esquemática do *Layout*:



Desenvolvimento de um programa de melhoria da eficiência de uma linha de produção numa empresa de embalagens metálicas



Zona de alimentação da matéria-prima



Zona de empilhamento (final)



Zona de alimentação e adição de bocais



Zona de soldadura da asa

ANEXO M: Produção da sequência 8-7 e formatos a serem transferidos para a L73

Produção da sequência 8-7:

Material	Descrição	Volume (milhares)
31-53872	LD 292 P UN NS D57 EC CL COLOC C/ HOMOL	159,5
31-57581	LD 292 P D57 INVAT NP EC CL COL.HOM.SOL.	91,2
31-55045	LD 292 P DIN57 NP EC CL COLOCADO NEW	73,2
31-55727	LD 292 P ADR D57 NP IC PGB EC CL COLC NW	25,3
31-58909	LD 292 P D57 INVAT EC WC COLOC. HOM. SOL	18,8
31-58680	LD 292 P D57INVAT ICPGB EC CL col/SOL.	16,2
31-45895	LD 170 2T DIN57 EC CL BOCAL COLOCADO	13,4
31-15400	LD 240 P DIN57 EC WC CL COLOCADO	10,2
31-46570	LD 292 B UN DIN57 EC WC CL COL. ARO COL.	8,6
31-58910	LD 292 P D57 INVAT IC PGB EC WC COL. SOL	5,0
51-60802	LD 292 P DIN57 NP EC WC COLOCADO NEW	3,0
51-53232	LD 292 P UN NS EC WC TAPÓN COLOC.	2,9
31-54548	LD 292 B UN DIN57 EC CL c/ ARO + CL COL	2,7
31-57230	LD 240 P IC PGB EC CL DIN 57 COLOCADO	2,2
31-45898	LD 240 P DIN57 EC CL BOCAL COLOCA.	1,8
31-61546	LD 292 P UN IC PGB EC CL EXT.57 COLOCADO	0,9
31-47497	LD 170 2T EC WC + TAPON COLOC.:IRURENA	0,8
31-55726	LD 292 P DIN57 NP IC PGB IBERSA C/VIS NW	0,5
31-46662	LD 292 B UN DIN57 EC WC CLS2 COL.ARO COL	0,4
31-55068	LD 292 B UN IC GD EC WC DIN 57 SUN	0,4
31-55107	LD 292 P D57 NP EC CL IRRAD. COLOCDO NEW	0,1
		437,1
408,7	94%	Total de LD 292 produzido pela sequência 8-7
396,7	91%	LD 292 P - formatos a ser transferidos
12,0	3%	LD 292 com adição de aro
40,4	9%	Tampos restantes na sequência após transferência

ANEXO N: Limitações das máquinas da L40 à automatização

Pormenor das guias e espera presentes na máquina 40-1:



Guia

Espera

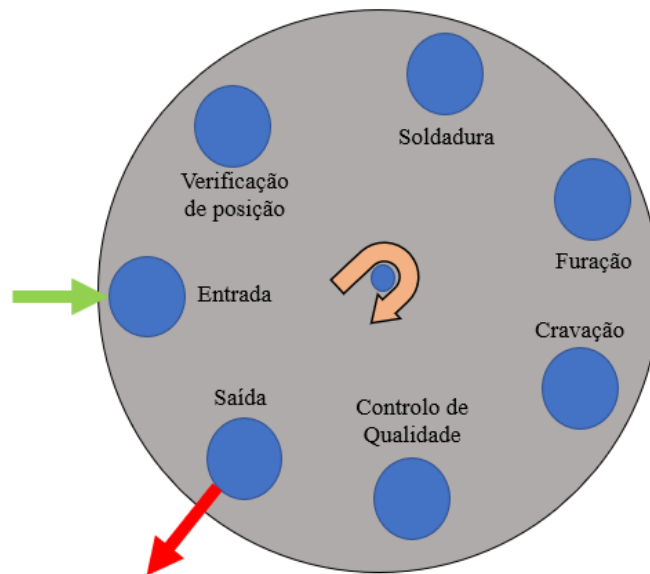
Guia

Pormenor do corte necessário efetuar à máquina 40-2 para permitir a passagem de formatos de maiores dimensões (como LD 292):



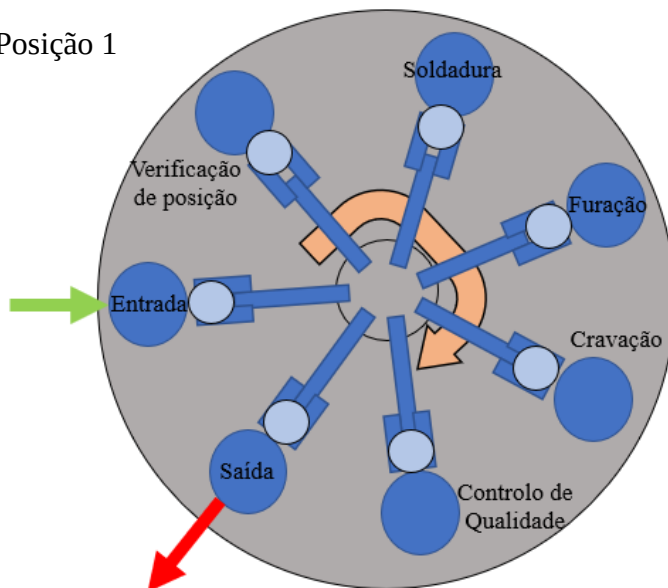
ANEXO O: Opções de Automatização

Solução de layout circular, alternativa 1:



Solução de layout circular, alternativa 2:

Posição 1



Posição 2

