



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA MECÂNICA

***Lean manufacturing* na eliminação do uso do empilhador para a manipulação do WIP de golas**

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica na Especialidade de Produção e Projeto

Autor

Pedro Miguel Teixeira Mendes

Orientadores

Professor Doutor Cristóvão Silva

Engenheiro Pessoa Santos

Júri

Presidente Professora Doutora Marta Cristina Cardoso de Oliveira
Professora Auxiliar da Universidade de Coimbra

Vogais Professor Pedro Miguel Fernandes Coelho
Professor Auxiliar Convidado da Universidade de Coimbra

Orientador Professor Doutor Cristóvão Silva
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Colaboração Institucional

 **AMTROL-ALFA** Amtrol-Alfa Metalomecânica, S.A.

Coimbra, Setembro, 2015

Agradecimentos

O trabalho que aqui se apresenta assinala um marco naquilo que tem sido um percurso árduo mas, sem dúvida, proveitoso. Aproveito para agradecer a todos aqueles que, de forma mais ou menos decisiva, se cruzaram comigo nesta aventura e que contribuíram para o meu crescimento enquanto pessoa e homem. No fundo, enquanto ser.

No que toca a esta dissertação quero, primeiramente, agradecer à instituição que me acolheu, a Amtrol-Alfa, na pessoa do Eng.º Pessoa Santos, pela confiança, que proporcionou a realização do estágio e foi supervisionando todo o meu trabalho.

Ao Eng.º Júlio Oliveira, pela dedicação, apoio, acompanhamento e formação transmitida, sem a qual este trabalho não teria sido concretizado. Mais que um *Coach*.

Ao professor Cristóvão Silva que aceitou a orientação deste trabalho tendo dado conselhos valorosos ao longo do seu desenvolvimento.

A todos os colegas que, no seio da empresa, permitiram a minha adaptação e com os quais partilhei informação, histórias e aprendizagens. Neste grupo revejo todos os colegas de gabinete.

Aos colaboradores de toda a empresa em geral, aos da secção dos acessórios em particular, que muito contribuíram para que este projeto chegasse a bom porto.

Por fim, agradecer a toda a minha família e à Marta, os verdadeiros guias desta marcha que se adivinha longa.

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo aplicar uma metodologia de melhoria contínua (*Toyota Kata*) na identificação, análise e eliminação de desperdícios (*muda*) no chão de fábrica de uma unidade fabril, com o intuito de melhorar o seu desempenho mediante a aplicação de conceitos, procedimentos e ferramentas inerentes à cultura *Lean Manufacturing* na indústria metalomecânica.

Atualmente a secção visada apresenta características produtivas que lhe confere enormes desperdícios com constantes esperas, movimentações e transporte de produto intermédio (WIP) fruto de uma produção em lotes com fluxo descontínuo e procura imprevisível. O desafio solicita a adoção de um novo padrão de trabalho cuja finalidade passe pelo manuseamento de produto intermédio sem recurso ao empilhador.

A reestruturação do processo produtivo através de uma estratégia de customização em massa afigura-se como a melhor forma de garantir as necessidades dos clientes no momento certo e a baixo custo. Uma forma de o obter é através da implementação da tecnologia de grupo criando grupos de equipamentos e famílias de produtos e assim minimizando os fluxos inter-celulares, reduzindo os desperdícios.

Neste sentido, ao longo do trabalho, além da apresentação do caso de estudo, são propostos cenários que são discutidos e por fim comparados, recorrendo à simulação computacional.

No final, espera-se obter uma simplificação do fluxo produtivo que represente uma melhoria global do desempenho da secção.

Do ponto de vista individual, o desenvolvimento de novas competências e mentalidades de trabalho serão valorizadas.

Palavras-chave: Melhoria contínua, *Lean Manufacturing*, Customização em massa, Tecnologia de grupo, Famílias de produtos, WIP

Abstract

This work aims to apply a continuous improvement methodology (*Toyota Kata*) in identifying, analyzing and waste elimination (*muda*) on the shop floor of a metalomechanics company, in order to improve its performance by applying concepts, procedures and tools inherent to Lean Manufacturing culture in the metal industry.

Currently, the target plant has production features that causes a wide variety of waste with constant delays, movement and work in process transportation (WIP) the result of a production batch with discontinuous flow and unpredictable demand. The challenge calls for the adoption of a new standard of work whose purpose involves the material handling without the forklift.

The reconfiguration of the production process through a mass customization strategy seems like the best way to ensure customer needs at the right time and at low cost. One way of achieving this is through the implementation of the group technology approach, by creating machine groups and product families, minimizing the inter-cell flows and reducing waste.

In this context, throughout the work, besides the presentation of the case study, we propose scenarios that are discussed and finally compared, using computational simulation.

At the end, it is expected to obtain a simplification of the production flow representing an overall improvement in the performance section.

From the individual point of view, the development of new skills and work mentality will be prized.

Keywords: Continuous improvement, Lean Manufacturing, Mass customization, Group technology, Product families, WIP.

Índice

Índice de Figuras	vi
Índice de Tabelas	viii
Siglas	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Contexto.....	1
1.2. Apresentação da empresa.....	2
1.3. Caracterização e objetivos do projeto.....	5
1.4. Metodologia adotada.....	6
1.5. Estrutura e organização da dissertação	7
2. Revisão bibliográfica.....	9
2.1. Filosofia <i>Lean</i>	9
2.1.1. <i>Toyota Production System</i> (TPS)	10
2.1.2. Do TPS ao <i>Lean</i>	11
2.1.3. Princípios e ferramentas <i>Lean</i>	11
2.2. Melhoria contínua	17
2.2.1. O antídoto	17
2.2.2. Elementos básicos da melhoria contínua.....	18
2.2.3. <i>Toyota KATA</i> – A Metodologia	19
2.3. Sistemas de produção.....	24
2.3.1. Tipos de sistemas e sua classificação	25
2.3.2. Tipos de implantação - <i>Layouts</i>	26
2.3.3. Sistemas de produção orientados ao produto	30
3. Caso de estudo	31
3.1. Descrição da Secção <i>Acessórios</i> e seu enquadramento na Amtrol-Alfa.....	31
3.1.1. Organização da área produtiva	33
3.1.2. Processo e produtos	34
3.2. Estado inicial do processo produtivo	36
3.2.1. Análise da cadeia de valor de produto intermédio (PI)	41
3.3. Comentários	46
4. Soluções propostas	49
4.1. Reestruturação do processo produtivo	49
4.1.1. Tecnologia de grupo	49
4.1.2. Opções apresentadas.....	54
4.2. Simulação e comparação de cenários	61
5. Discussão dos resultados	69
6. Conclusões e trabalhos futuros	73
Referências bibliográficas	75
ANEXO A	77

ANEXO B	80
APÊNDICE A	82
APÊNDICE B.....	83
APÊNDICE C.....	84
APÊNDICE D	85
APÊNDICE E.....	86
APÊNDICE F	88
APÊNDICE G	90
APÊNDICE H	91
APÊNDICE I.....	92
APÊNDICE J.....	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Evolução temporal dos produtos produzidos na empresa (Fonte: (Amtrol-Alfa, 2015))	3
Figura 1.2. Tipos de garrafas produzidas na empresa (Fonte: (Amtrol-Alfa, 2015)).....	4
Figura 1.3. Esquematização dos constituintes de uma garrafa tradicional (Fonte: (Amtrol-Alfa, 2015))	4
Figura 1.4. Processo para obtenção de uma garrafa convencional.....	4
Figura 2.1. A casa do TPS (fonte: adaptado de Liker & Meier, 2004).....	13
Figura 2.2. Importância da standardização na melhoria contínua.	19
Figura 2.3. O padrão da metodologia <i>KATA</i>	20
Figura 2.4. O percurso até uma nova condição-alvo é um caminho desconhecido.....	22
Figura 2.5. Cada passo corresponde a um novo ciclo PDCA.....	23
Figura 2.6. O ciclo PDCA e seus níveis no <i>KATA</i>	23
Figura 2.7. Intervenientes de um sistema de produção.	25
Figura 2.8. Relacionamento entre os intervenientes de um sistema de produção.	25
Figura 3.1. Da esquerda para a direita: Disco; Asa; GL33; GL168; GL164 (XL).....	32
Figura 3.2. <i>Layout</i> da secção <i>Acessórios</i>	33
Figura 3.3. Sequência de fabrico genérica na fabricação de uma gola – linha normal.	35
Figura 3.4. Sequência operatória no fabrico de discos.	36
Figura 3.5. Diagrama de <i>Spaghetti</i> com os fluxos de material para diversas referências de golas.....	42
Figura 3.6. Diagrama de bloco para a sequência de fabrico da GL118.....	44
Figura 3.7. Evolução temporal do WIP acumulado no final de cada dia.	45
Figura 3.8. Panorama atual de WIP acumulado no local destinado ao seu armazenamento.	46
Figura 4.1. Método de agrupamento – <i>Rank Order Clustering</i> (ROC).....	50
Figura 4.2. Rotas a eliminar com melhoria das ferramentas.	51
Figura 4.3. Rotas a eliminar com a criação das células de asas/punhos e discos.	53
Figura 4.4. (a) PH23 com ferramenta de baixo-relevo; (b) PH03 com ferramenta de alto-relevo.	54
Figura 4.5. Célula de tecnologia de grupo para golas (opção nº1).....	55
Figura 4.6. Célula TG dedicada a asas/punhos e discos.....	56

Figura 4.7. Célula de TG, desta vez, transferida para a atual linha de pés.....	58
Figura 4.8. <i>Layout</i> global proposto na opção nº3.	59
Figura 4.9. Modelo da condição nº1 retirado do programa de simulação <i>Simul8</i>	64
Figura 4.10. Comparação de cenários para discos (atual vs. proposto (opções nº 1 e 2))...	65
Figura 4.11. Comparação de cenários para célula de XL (atual vs. proposto (opção nº3)).	67

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1. Diferentes tipos de sistemas de produção (fonte: adaptado de (Carmo-Silva, 2011))	26
Tabela 2.2. Principais vantagens e desvantagens da implantação do tipo oficina funcional.	27
Tabela 2.3. Principais vantagens e desvantagens da implantação do tipo linha de produção.	28
Tabela 2.4. Principais vantagens e desvantagens da implantação do tipo célula de produção.	28
Tabela 3.1. Comparação da utilização dos equipamentos para os cenários de uma (Opção2) e duas (Opção1) linhas não integradas.	39
Tabela 3.2. Utilização da linha de golas, totalmente integrada, com dois turnos (Opção3).	40
Tabela 3.3. Utilização da linha de golas, totalmente integrada, com três turnos (Opção4).	40
Tabela 3.4. Análise ABC – Classe A e B relativas às quantidades produzidas (2014 - Junho de 2015).	43
Tabela 3.5. Modelo do <i>Template</i> utilizado no registo de corte e produção diária.	44
Tabela 3.6. Valores médios diário do WIP acumulado no final de cada turno para o período referido.	45
Tabela 3.7. Estimativa da área ocupada pelos contentores de WIP acumulado.	46
Tabela 4.1. Alterações e principais ganhos com a melhoria de algumas ferramentas.	52
Tabela 4.2. Utilização da linha de pés integrada atual (com 3 turnos).	60
Tabela 4.3. Utilização da linha de pés integrada após nova fábrica (com três turnos).	60
Tabela 4.4. Simulação da utilização das duas linhas de pés para a condição nº3 (três turnos).	61
Tabela 4.5. Simulação da utilização das duas linhas de pés para a condição nº3 (dois turnos).	61
Tabela 4.6. Comparação de cenários, quanto a tempos no sistema, obtidos do programa de simulação.	64
Tabela 4.7. WIP de discos acumulado e comparação de <i>output</i> para condição-atual e futura (nota: fila de espera vem em nº de golas; tempo vem em segundos).	66
Tabela 4.8. Comparação de cenários para a célula de golas XL (nota: fila de espera vem em nº de golas e tempo vem em segundos).	67

Siglas

CIP - *Continuous Improvement Process*

KPI's - *Key performance indicators*

LAC - *Linha de controlo automático*

LPG - *Low pressure gas*

MAG - *Metal active gas*

MBM - *Manage by means*

MBR - *Manage by results*

MIG - *Metal inert gas*

PFA - *Production flow analysis*

PH - *Prensa hidráulica*

PI - *Produto intermédio*

PM - *Prensa mecânica*

RIE`s - *Rapid improvement events*

ROC - *Rank order clustering*

SMED - *Single minute exchange of die*

SPOF - *Sistemas de produção orientados ao fabrico*

SPOP - *Sistemas de produção orientados ao produto*

Tcp - *Tempo de ciclo planeado*

TG - *Tecnologia de grupo*

TMC - *Toyota motors corporation*

TPS - *Toyota production system*

TT - *Takt time*

VSM - *Value stream mapping*

WIP - *Work in process*

XL - *X-lite*

1. INTRODUÇÃO

*Não são as espécies mais fortes que sobrevivem, nem sequer as mais inteligentes. Mas sim, as que se adaptam mais facilmente à mudança*¹. Fica, assim, dado o mote para o que resta deste trabalho que pretende abordar uma nova filosofia de pensamento que, como se poderá constatar, premeia os mais sensíveis ao constante descontentamento – melhoria contínua.

1.1. Contexto

Assiste-se, hoje, a uma globalização sem precedentes, uma busca incessante por mercados ágeis, flexíveis, baratos, que cumpram os requisitos do cliente atento, desconfiado, exigente (Schaeffer, 2003). A grave crise económica e social que se instalou nos países da Europa ocidental nos últimos anos veio intensificar essa competitividade, deixando muitas empresas estranguladas e obrigadas a se reinventarem, a fazerem mais com menos, reduzindo custos, garantindo qualidade, sem penalizar todos os *Stakeholders* (Pinto, 2009).

Mas, se algumas empresas se afundaram, deixando-se levar pela severidade da mudança, outras houve que se desafiaram a elas próprias, adotando uma mentalidade proactiva e abraçando a oportunidade de mudar, evoluindo e tornando-se competitivas (Porter M. , 2001). Tal como dissera Einstein “*os problemas que hoje enfrentamos não podem ser resolvidos com o mesmo nível de conhecimento que tínhamos quando eles surgiram*”.

Ora, que práticas deverão, então, seguir as empresas para experimentarem bons resultados como a Dell ou a Zara que, conseguiram prosperar mesmo quando os custos fixos teimavam em aumentar e as margens de lucro a diminuir?

Segundo (Porter M. , 1998) as empresas têm duas formas de se distinguir no mercado atual: ou se distinguem pelo preço ou pela qualidade do produto. Ora, a primeira

¹Frase muitas vezes associada, erroneamente, a Charles Darwin, que resulta da interpretação da conhecida obra, de sua autoria, subordinada à evolução das espécies, intitulada - *A Origem das Espécies* (1859).

esgota-se num aumento constante das economias emergentes (ex. China, Índia...) onde se praticam custos de mão-de-obra que compensam largamente os transportes e deslocamentos. Consequentemente, sobra apostar numa política de reconquista de uma posição diferenciadora com a exploração de novas posições de mercado.

Estando de parte o investimento em grandes inovações tecnológicas ou reestruturação do modelo de negócio, resta às empresas centrarem atenções na análise da cadeia de valor (Rother & Shook, 1999), olhar para a “prata da casa”, minimizando desperdícios (*muda*) e otimizando os recursos disponíveis, tornando-se mais competitivas e eficientes.

Ao conjunto de ferramentas, métodos, conceitos e ideologias (ex: *just-in-time*, *kaizen*, *one-piece flow*, *jidoka* e *heijunka*) aliado ao respeito pelas pessoas, está subjacente o “pensamento magro”. Com raízes no sistema de produção japonês da Toyota (TPS), este é o novo ex-libris das empresas vencedoras.

Numa ótica empresarial, *Lean Manufacturing* será, portanto, a base de sustentação do tema deste trabalho, com a sua aplicação na Amtrol-Alfa Metalomecânica, S.A..

1.2. Apresentação da empresa

Nesta secção far-se-á uma breve descrição da empresa onde o presente estágio curricular teve lugar. Assim, um pouco da sua história bem como processos, produtos e sinergias poderão ser melhor compreendidos e interpretados.

A Amtrol-Alfa Metalomecânica S.A. é uma empresa certificada do ramo metalomecânico sediada desde 1966 na freguesia de Brito, em Guimarães. Primeiramente, denominada por Petróleo Mecânica Alfa, S.A. fora mais tarde comprada (1990) pela Comanor tendo sido, posteriormente, adquirida (em 1997) pela empresa norte americana Amtrol INC, que conferiu a atual denominação à única célula do grupo na Europa.

A empresa conta com 5 unidades fabris (uma sexta unidade está em fase final de implementação), serralharia, armazém, serviço administrativo, serviços médicos e cantina, que no seu conjunto perfazem 28.480 m², aos quais se somam 50.345 m², respetivos a armazém de produto acabado, vias de comunicação e parque automóvel, num total de 78.825 m². Nas suas fileiras incorpora, aproximadamente, 560 funcionários que se repartem por três turnos diários.

Dedicada ao fabrico de garrafas pressurizadas para gases de petróleo liquefeitos, assume-se como uma potência mundial na produção de garrafas em aço e material compósito, sendo um dos maiores exportadores mundiais (mais de 100 países). Comprometendo-se a garantir qualidade, inovação, grande capacidade de produção, *lead times* curtos e apoio técnico especializado (Amtrol-Alfa, 2015), assume o compromisso de colocar no mercado um vasto leque de produtos diferenciados (Figura 1.1), onde a voz do cliente é quem mais ordena.

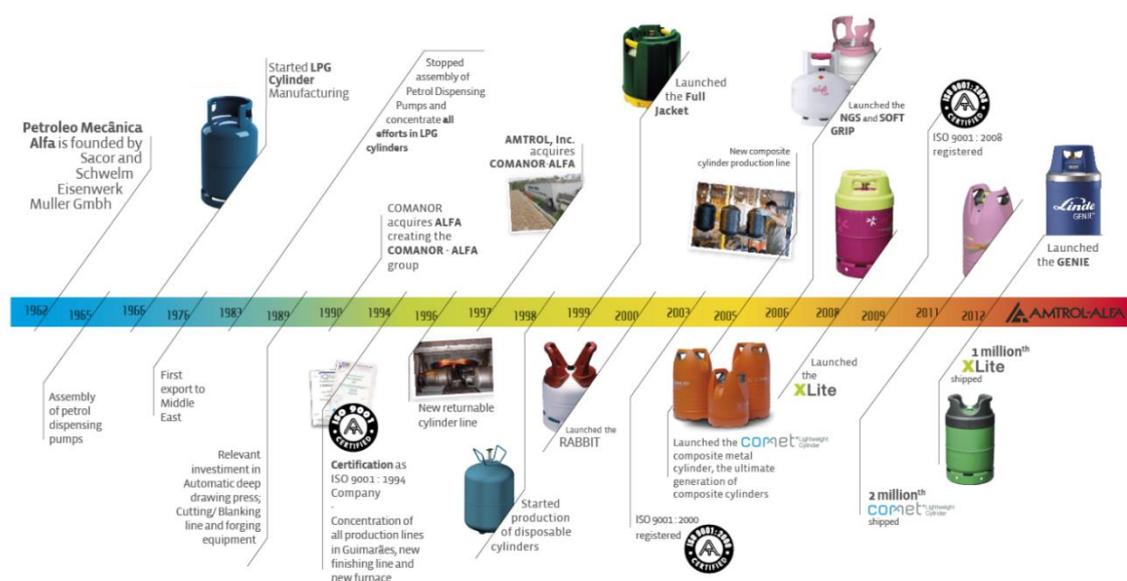


Figura 1.1. Evolução temporal dos produtos produzidos na empresa (Fonte: (Amtrol-Alfa, 2015))

A vasta gama de produtos produzidos poderá ser agrupada em função da sua aplicação:

- Garrafas retornáveis para LPG (*low pressure gas*) e gases refrigerantes;
- Garrafas não retornáveis para gases refrigerantes, gases especiais ou técnicos;
- Garrafas de matriz metálica e material compósito (ex: CoMet) para LPG;
- Garrafas de alta pressão;

Estas podem ainda dividir-se em cinco grandes grupos (Figura 1.2), função das suas características:



Figura 1.2. Tipos de garrafas produzidas na empresa (Fonte: (Amtrol-Alfa, 2015))

Tipicamente, uma garrafa de gás, independentemente da forma e características variáveis, apresentam alguns constituintes comuns aos diferentes grupos de famílias:

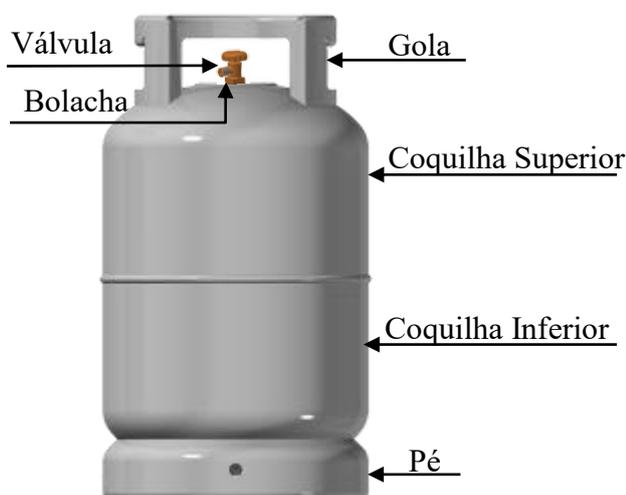


Figura 1.3. Esquemática dos constituintes de uma garrafa tradicional (Fonte: (Amtrol-Alfa, 2015))

A Figura 1.3 visa ilustrar uma garrafa tradicional, para melhor se compreender o processo a que se encontra sujeita, representado na Figura 1.4. Claro está, cada família apresenta as suas especificidades, bem evidenciadas, por exemplo, na garrafa CoMet (COMpósito + METal). De forma genérica, cada garrafa passará pelos seguintes passos, antes da sua obtenção e expedição:



Figura 1.4. Processo para obtenção de uma garrafa convencional

Após este procedimento, a garrafa estará pronta e seguirá para o cliente.

1.3. Caraterização e objetivos do projeto

Como já se referiu, este projeto centra-se na aplicação dos conceitos associados à filosofia de gestão e liderança *Lean Manufacturing*. O tema em causa – *Lean Manufacturing, na eliminação do uso do empilhador para a manipulação do WIP (work-in-process) na produção de golas*, surgiu por iniciativa da empresa que pretende, essencialmente, reduzir os desperdícios (*muda*) associados ao transporte e deslocações de material e pessoas, na secção dos acessórios – fábrica 1.

Atualmente, como será mais tarde detalhado, o modo de satisfação da procura resulta numa produção de golas por encomenda, com produção de pequenas e médias séries, sendo o fluxo de produção descontínuo, ou intermitente, e efetuado em lotes. Deste modo, o artigo prossegue, desde o início da produção até à sua conclusão, em passos sucessivos, intermitentes, sujeito a esperas aleatórias entre processos. O fluxo ocorre, fazendo-se uso de transportadores de produto intermédio, entre os quais o empilhador. Assim, partindo-se de uma análise crítica e intensiva do “estado atual”, tomando como orientação uma metodologia sólida (a referir mais tarde) e, após a interiorização da “condição-atual” e identificação da “condição-alvo”, pretende-se chegar à solução, ou soluções, que permitam uma aproximação, passo a passo, até ao padrão de trabalho proposto. São de prever os seguintes resultados:

1. Simplificação do fluxo produtivo (redução de percursos e distâncias);
2. Diminuição de pontos de retenção de material e níveis de inventário (WIP);
3. Controlo de produção mais fácil;
4. Libertação de espaço no chão de fábrica;
5. Normalização do processo;
6. Aumento da flexibilidade (com a diminuição do *lead time*);
7. Melhoria da produtividade;
8. Minimização do risco de acidentes.

Estando no início da cadeia de valor da empresa, esta é uma secção de primordial importância para a empresa, pelo que uma otimização do processo, associada a uma redução de *muda* no *gemba*², repercutir-se-á nos processos a jusante.

²*Gemba* – expressão que se tornou popular na indústria japonesa, que significa “espaço atual” e remete para o facto de que qualquer problema deva ser visto “*in loco*” no chão de fábrica ou melhor, no *gemba*.

1.4. Metodologia adotada

Como já se referiu, todo este trabalho assenta numa metodologia de melhoria contínua, praticada por toda a empresa, que servirá de alicerce à prática de boa conduta, permitindo um percurso sustentado, bem estruturado e firme, sem nunca se perder o foco. Nesta secção, apresenta-se a metodologia de forma genérica, bem como um pouco da sua origem e história. No segundo capítulo, serão abordados em detalhe os seus princípios, procedimentos e ferramentas.

A metodologia Toyota *KATA*, que significa “modo de fazer”, surgiu por Mike Rother, seguidor da filosofia japonesa TPS, e autor de inúmeras obras a ela dedicada, entre as quais *Learning to See* (Rother & Shook, 1999) onde refere inúmeras técnicas e ferramentas úteis para a implementação dessa doutrina. Aí, ensinou a olhar para a cadeia de valor das organizações com verdadeiros “olhos de ver”. Apesar de todas as obras apresentadas até então, era visível a discrepância de desempenho entre a indústria da denominada família Toyota e as restantes empresas, que ainda assim, tinham aplicado a metodologia. Dava até ideia que não entendiam, verdadeiramente, o conceito.

A necessidade surgiu e a obra nasceu e assim, em 2010, Rother, com a publicação da obra *Toyota KATA – Managing people for improvement, adaptiveness, and superior results*, fornece uma obra abastada, onde alerta para a necessidade de romper com as políticas antiquadas de gestão orientada a resultados financeiros (MBR – *Managing by results*), dando preferência a um contínuo e robusto processo de melhoria e adaptação (MBM - *Managing by means*). Rother acredita ser este o caminho para atingir um novo patamar de competitividade sustentável, garantindo a sobrevivência das organizações a longo prazo.

De forma geral, esta metodologia visa desenvolver novas capacidades de pensamento, abordagem e comportamento das pessoas nas organizações, que quando interiorizadas permitirão, de forma inata, trabalhar de forma mais eficiente, quer individualmente, quer em grupo.

“Um sistema de gestão eficiente será aquele que mantém uma organização resiliente ao imprevisível, sujeita a condições dinâmicas, garantindo a satisfação dos clientes...com pessoas capazes de perceber a situação, e reagir perante ela, numa direção que a faça progredir” – (Rother, 2010).

1.5. Estrutura e organização da dissertação

O presente trabalho conta com seis capítulos principais, estando alguns fracionados em subcapítulos.

Capítulo 1 - Breve contextualização do projeto e seu enquadramento temático. Apresentação da empresa, história e produtos comercializados. Apresentação do tema do trabalho e principais objetivos. É ainda feita uma breve referência à metodologia adotada.

Capítulo 2 – Introdução ao conceito *Lean Manufacturing*. A sua evolução histórica, métodos, princípios e pilares que sustentam a cultura do “pensamento magro” são aqui abordados. No seu seguimento, a melhoria contínua é sugerida como o motor das organizações vencedoras e introduz a metodologia adotada (*Toyota Kata*). A segunda parte do capítulo é dedicada à tipologia e organização dos sistemas de produção num paralelismo entre produção orientada ao produto e produção funcional.

Capítulo 3 – Neste capítulo são apresentados e discutidos os motivos que originaram o projeto. É de esperar que depois da sua leitura, se fique a entender melhor as sinergias da secção em apreço, os processos, produtos e desperdícios (*muda*) daí resultantes. Através da análise cadeia de valor procede-se ao levantamento da condição-atual da secção e define-se a condição-alvo bem como obstáculos a ultrapassar. O capítulo termina com um célere comentário ao panorama geral.

Capítulo 4 – No seguimento do capítulo anterior, surge o propósito da reestruturação do processo produtivo com a adoção da estratégia de customização em massa. Aplica-se a tecnologia de grupo mediante o agrupamento de máquinas e produtos. Nesse sentido, são apresentadas e testadas três soluções decorrentes da estratégia aplicada. O capítulo termina com a simulação computacional desses cenários (em programa comercial *Simul8*), sua discussão e comparação.

Capítulo 5 – Este capítulo visa fazer um balanço geral dos objetivos traçados mediante a aplicação das opções propostas.

Capítulo 6 – Finalmente, resta concluir o trabalho com um resumo das principais ilações apreendidas e propostas futuras.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta secção far-se-á uma breve e sucinta revisão de alguns conceitos por forma a enquadrar o leitor bem como a familiarizá-lo acerca de alguns conteúdos que motivaram este trabalho.

2.1. Filosofia *Lean*

Nos últimos anos tem-se assistido a insinuações de que haverá excesso de produção. Na realidade, o mercado está viciado por um excesso de capacidade produtivo em massa, desequilibrado e obsoleto (Womack, Jones, & Ross, 1991). Em contrapartida, há um claro défice de produção magra (produção *Lean*) e competitiva; a chamada produção com valor acrescentado. Tal oferta, excedentária, origina uma concorrência intransigente face a clientes cada vez mais exigentes. Estes procuram (Courtois, Pillet, & Martin-Bonnefous, 2007):

- Melhor qualidade;
- Prazos mais curtos e respeitados;
- Grande fiabilidade;
- Preços mais baixos;
- Tempos de resposta mais favoráveis.

Não se pense, todavia, que este é um problema atual. Estaria, talvez, camuflado pelas maiores margens de lucro alcançadas anteriormente, e por uma competitividade menos feroz entre concorrentes no mercado.

A maioria das empresas estará com dois problemas: Ou não respondem em tempo útil ou quando o fazem, implementam soluções desajustadas, executam melhorias que não são bem planeadas, não envolvem todos os *Stakeholders* nem se enquadram na estratégia geral da organização (Martin & Osterling, 2007). A estas resta adotarem políticas vanguardistas, baseadas no sistema de produção da Toyota (TPS). Mas não chega. Há que considerar também uma boa gestão da cadeia de fornecimento (*Supply Chain*) e ainda a preocupação pelo serviço ao cliente (*Customer Service*). Ou seja, resta-lhes ser “*Lean Thinkers*”.

2.1.1. *Toyota Production System (TPS)*

Por estes dias, ser cliente é ter o poder de rejeitar imposições de preços ou produtos por parte das empresas, obrigando-as a ajustarem a sua política de produção em massa tão soavelmente apreciada por Henry Ford³ - “*Os nossos clientes podem ter o carro na cor que quiserem, contanto que seja preta*” - disse.

Fora este mesmo pensamento que Taiichi Ohno, engenheiro da *Toyota Motors Corporation* (TMC), fundada pela família japonesa *Toyoda* (1937) encontrou à chegada à *General Motors*, gigante americana e fabricante dos tão aclamados automóveis *Ford*. Os americanos apreciavam uma produção em massa, uma economia de escala, com grandes equipamentos para produzir tanto quanto possível, ao menor preço possível. Por sua vez o mercado automóvel nipónico estava estagnado, em recessão e com poucas alternativas para reestruturação pós-Segunda Guerra Mundial (Liker & Meier, 2004). Mas Ohno não fora, simplesmente, passear. Ficara impressionado com a subutilização dos trabalhadores, as tarefas repetitivas e muitas delas sem acrescentar valor. Notou ainda uma grande negligência ao longo do processo de fabrico para com a qualidade dos produtos mas, o que mais o perturbava, as enormes quantidades de *stock* intermédio acumulado (Ohno, 2007).

Segundo Taiichi Ohno “*o sistema de produção da Toyota surgiu da necessidade*”. E foi isso mesmo que, juntamente com Shingeo Shingo fora desenvolvido com início nos anos 40. Ambos aperceberam-se que, aplicando alguns conceitos apreendidos na América, a solução para a indústria automóvel japonesa passaria por flexibilizar o sistema produtivo. Com *lead-times* mais curtos, salientando uma maior flexibilidade, obtém-se melhor qualidade, maior capacidade de resposta, maior produtividade sendo também mais eficiente a utilização dos equipamentos e do espaço (Liker & Meier, 2004) e (Ohno, 2007). Cria-se, assim, a tendência de substituir a produção estandardizada por uma mais flexível, adotando-se uma estratégia de customização em massa, capaz de se adaptar à volatilidade do mercado e consumidores finais, garantindo sustentabilidade.

³Cofundador de uma nova cultura de trabalho, aquando da implementação da produção recorrendo a “linhas de montagem”, que sustentassem uma nova ideologia do capitalismo no século XX – a Super produção.

2.1.2. Do TPS ao *Lean*

Só em meados dos anos 90 é que se começou a disseminar a verdadeira filosofia nipónica. Womack e Jones, com a publicação da sua obra (*The Machine That Changed The World*, 1991), fazem uma alusão clara às vantagens do um sistema de produção japonês, não somente superior em termos de gestão de inventários, mas também na produtividade, qualidade, gestão da cadeia de fornecimento e capacidade de inovação. Surge pela primeira vez o termo “*Lean*”.

Mais tarde (1996), também dos mesmos autores, surge a obra *Lean Thinking*. Nela fornecem uma visão global de todo o conceito e terminologias *standard* bem como os cinco princípios-chave dessa filosofia.

Em 1999, Liker e Meier, com a obra *Learning to See*, e em 2002, novamente, Womack e Jones com *Seeing the Whole*, dão a conhecer uma ferramenta de mapeamento da cadeia de valor (VSM). Esmiúçam-na, evidenciam pela primeira vez os fluxos de materiais e de informação e referem-se à cadeia de valor como um bem precioso para as empresas. Esta é, ainda hoje, uma das principais ferramentas *Lean* utilizadas na identificação dos desperdícios.

Mais recentemente, em 2004, Liker e Meier, lançam a obra que lhes dá notoriedade e que fomenta ainda mais a doutrina japonesa TPS. *Toyota Way*, vem demonstrar o seu enorme sucesso através do modelo 4P (*philosophy, people, problem solving e process*) bem como os 14 princípios que a sustentam.

Haverá, certamente, outras referências importantes contudo, as que aqui se apresentam serão mais que suficientes para uma bagagem de *Lean thinking*/TPS enriquecida.

2.1.3. Princípios e ferramentas *Lean*

À medida que as ideias do TPS foram sendo assimiladas, desenvolvidas e testadas tendo, nos anos 90, passado a ser designado de *Lean manufacturing* ou *Lean production* e depois evoluído para *Lean thinking*, o conceito principal manteve-se: filosofia de gestão e liderança auto-evolutiva, que continuamente se melhora, encorajando as pessoas a pensar e resolver problemas. Com o objetivo de desenvolver processos, aposta na sistemática eliminação do desperdício e criação de valor para as demais partes interessadas (...) aliado ao respeito e envolvimento das pessoas (Pinto J. P., 2009).

A essência passa por com menos esforço, menos equipamento, menos tempo, e até menos espaço se produzir o que o cliente realmente quer, na quantidade certa, e no momento certo (Liker & Meier, 2004).

Está a olhar-se para uma linha do tempo, desde que o cliente faz uma encomenda até ao momento em que se recebe pela mesma, tentando-se reduzir essa linha temporal, através da eliminação de tudo o que não acrescente valor (Ohno, 2007).

Quem adote essa filosofia está a perseguir o que se chama comumente por “princípio do não custo”. Este princípio baseia-se na crença de que a tradicional equação $\text{Custo} + \text{Lucro} = \text{Preço}$ deva ser substituída por $\text{Preço} - \text{Custo} = \text{Lucro}$ (Hirano, 2009). Aquilo que dantes era imposto ao cliente fruto da ineficiência dos seus processos (à margem de lucro pretendida, era adicionado o custo da operação) deu lugar a uma política “saudável”, onde reduzir custos é primordial para vingar num mercado que impõe o preço dos produtos.

Mas, engane-se quem pense que o sistema de produção da Toyota se resume a um conjunto de ferramentas. Fornece, sim, as ferramentas e soluções para que as pessoas que nele trabalham possam melhorar, continuamente, o seu desempenho.

A casa do TPS (Figura 2.1) aglutina, de forma muito sintética, as bases desta doutrina. Porquê uma casa? Segundo Fujio Cho, discípulo de Ohno, uma casa representa um sistema organizado onde só a estabilidade do telhado, pilares e alicerces lhe concederão uma boa estrutura.

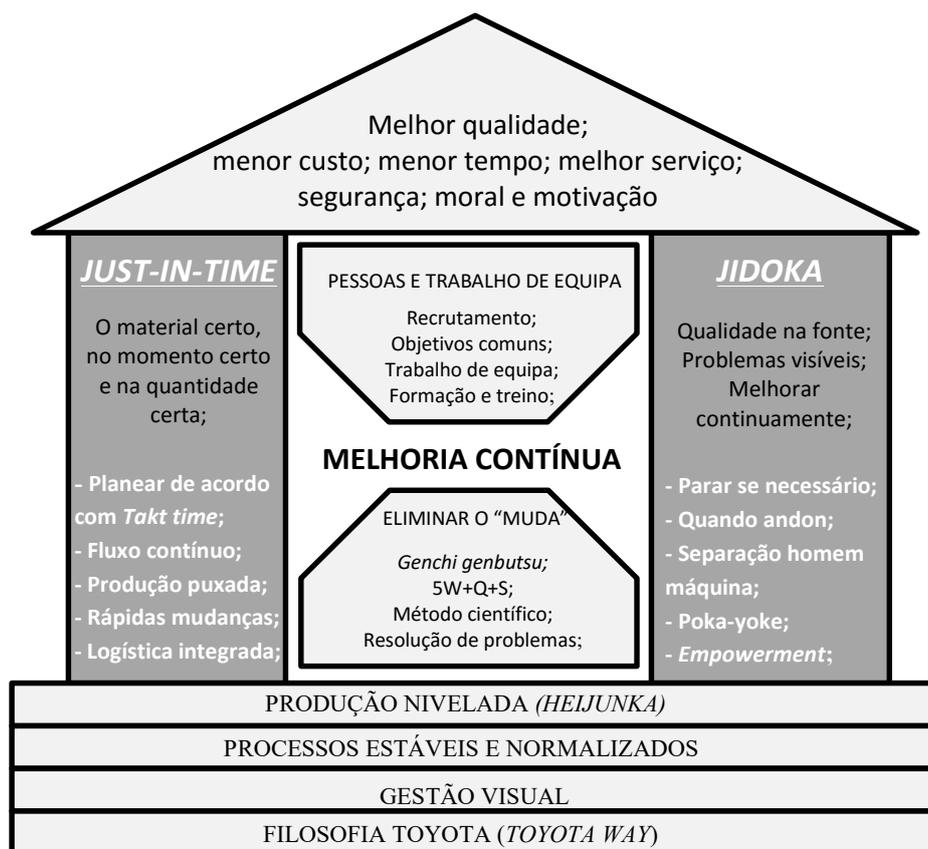


Figura 2.1. A casa do TPS (fonte: adaptado de Liker & Meier, 2004)

Fundamentalmente, desta casa ressalva-se os dois pilares e os alicerces. *Just-in-time*, provavelmente a mais visível e popular característica do TPS representa uma técnica de produção puxada segundo o qual todos os *outputs* são realizados no momento certo, na quantidade pedida e no local combinado, recorrendo ao paradigma *pull* e *kanban* para controlar e disciplinar o fluxo de materiais, pessoas e informação. Por sua vez, *Jidoka* visa fornecer às máquinas e operadores a capacidade de detetar quando algo de anormal ocorre e, imediatamente, fazer para o processo, ou seja, nunca deixar passar um defeito para a secção seguinte (Institute, 2008). Paralelamente, o respeito pelas pessoas, no centro da estrutura, assim como uma incessante busca pela estabilização e uniformização dos processos. Um nivelamento da produção em termos de qualidade e variedade (*Heijunka*), e um controlo visual adequado compõem os princípios imutáveis desta filosofia.

2.1.3.1. Os 5 Princípios básicos do *Lean Thinking*

Para uma melhor compreensão da cultura *Lean*, enumeram-se, agora, os cinco princípios básicos do *Lean thinking* anunciados ao mundo por Womack & Jones, em 1996, na obra com o mesmo nome:

Criar valor	Definir a cadeia de valor	Otimizar o fluxo	Sistema <i>pull</i>	Perfeição
--------------------	----------------------------------	-------------------------	----------------------------	------------------

- Criar Valor

Quer do ponto de vista do cliente/consumidor, quer do ponto de vista do acionista/gerente deverá haver criação de mais-valias que compensem o investimento efetuado. Será tudo aquilo que justifique um pagamento, a atenção, o esforço ou tempo que dedicamos a algo (Pinto J. P., 2009).

- Definir a cadeia de valor

Interessa compreender a lógica de *supply chain*. Mapear as etapas do processo ao longo da cadeia logística, integrada, identificando as etapas que acrescentam valor e eliminando as que causam desperdício (Jabobs, Chase, & Aquilano, 2009).

- Otimizar o fluxo

A otimização do fluxo tem a ver com o processamento o mais fluído possível de um produto/serviço, contendo apenas atividades que acrescentem valor. Ex. *one-piece-flow*: sem paragens ou tempos de espera entre cada atividade, sem *stocks* de produto intermédio e com o mínimo tempo de entrega ao cliente (Coimbra, 2009).

- Sistema *pull flow*

Eliminar as principais fontes de desperdício – excesso de produção – produzindo apenas o que o cliente quer, quando quer. Isto significa começar a produzir, exclusivamente, quando ele “puxar”. Contrariamente ao sistema *push flow*, permite (Jabobs, Chase, & Aquilano, 2009):

- Menor dependência de inventários;
- Produção em pequenos lotes – redução de WIP;
- Sincronização ao longo da cadeia de valor;
- *Lead times* mais curtos;
- Fluxos de produção e informação menores.

- Perfeição/Melhoria contínua

Ter consciência que as necessidades do mercado se alteram com o tempo. Privilegiar a proatividade, incentivando a melhoria constante e ouvindo a voz do cliente, procurando ser rápido e eficaz, com a máxima eficiência. (Pinto J. P., 2009).

2.1.3.2. Principais perdas

“*Muda é a única palavra em japonês que realmente se deve saber*”, começam por dizer Womack e Jones (1996) na sua obra. Na realidade, estão a extrapolar o conceito de desperdício, como se se estivessem a dirigir a qualquer diretor de uma empresa que pretendesse melhorar a *performance* da sua firma através da eliminação daqueles que ficaram conhecidos por *seven wastes (7W)* - (Ohno, 2007). O que diria esse empresário ao saber que mais de 95% do tempo da sua organização é despendido na realização de atividades que não acrescentam valor (Pinto J. P., 2009)? Mas primeiro há que distinguir as atividades que geram um puro desperdício (atividades completamente supérfluas; podem chegar a 65% do muda das organizações) das que geram um desperdício dito necessário (embora não acrescentem valor, são imprescindíveis à execução das mais importantes).

- **Identificação de desperdícios - *Seven Wastes (7W)***

Excesso de produção

Produzir mais do que aquilo que é necessário/produzir por antecipação (política *just-in-case*). O mais danoso, tem a capacidade de camuflar os outros e é o mais difícil de eliminar. Utiliza recursos, espaço extra, equipamento e tempo laboral desnecessário, entre outros.

Causas: Falta de comunicação, grandes lotes, efeito *bullwip*, manter funcionários ocupados ao invés de satisfazer as reais necessidades do cliente (política *just-in-time*).

Esperas

Qualquer tipo de espera; espera por equipamento, ferramentas, manutenção, matéria-prima ou informação.

Causas: Longos tempos de mudanças de ferramenta (*changeover*), falta de coordenação.

Transporte e movimentação

Deslocação de pessoas, materiais ou equipamento durante o qual não é acrescentado qualquer valor podendo, haver perda de qualidade, acidentes e custos inerentes ao transporte;

Causas: *Layout* desadequado, falta de coordenação entre processos, organização defeituosa no chão de fábrica, diversos stocks de WIP.

Desperdícios do próprio processo

Operações incorretas ou processos desnecessários que poderão levar ao aumento de defeitos e criação de mais postos de trabalho, gerando perdas.

Causas: Ferramentas inadequadas, falta de formação dos operadores, falhas de manutenção...

Stocks

A mãe de todos os males (Pinto J. P., 2009). Inventário mantido durante um determinado tempo, dentro ou fora da fábrica. Ocupa espaço e recursos financeiros (ex: custo de posse e custo de oportunidade) além de esconder outros problemas.

Causas: Longos tempos de mudança de ferramentas, equipamento pouco fiável, falta de balanceamento, incapacidade dos fornecedores, procura variável, grande tamanho de lote, gargalos (*bottlenecks*), ritmos diferentes (não respeitar *Takt Time*), *layout* desadequado.

Defeitos

Problemas de qualidade dos produtos (sucatas, *retrabalho*, devoluções do cliente...) que consomem recursos e tempo desnecessário. Nalguns casos, o custo de reparação poderá ser superior ao do próprio fabrico, reduzindo a produtividade e aumentando os custos.

Causas: Incapacidade do processo, falta de qualificação do operador, falta de padronização, ausência de inspeção e autocontrolo, transportes e movimentação de material.

Trabalho desnecessário

Movimento que não é realmente necessário para efetuar as operações. Pode ser lento, demasiado rápido ou excessivo.

Causas: Operações isoladas, *layout* incorreto, falta de treino, instabilidade das operações.

É do consentimento de vários outros autores que se deva acrescentar uma outra fonte de desperdício à lista supracitada. **A não utilização do potencial humano.** Uma das bandeiras do TPS é, precisamente, a criação de “pessoas pensantes” (Ohno, 2007). Organizações que apostem na criatividade e intervenção dos trabalhadores (*empowered people*) apresentarão ganhos de eficiência significativos criando grupos coesos e duradouros. Afinal de contas, “pessoas não se gerem, lideram-se” (Covey, 2004).

Há outros métodos que permitirão identificar os desperdícios nas organizações e fazer com que se deixe de olhar para eles como fontes de perdas e se passe a encará-los como reais oportunidades (Pinto J. P., 2009).

1. Os três MU`s – MUDA (desperdícios); MURA (o que é variável; refere-se às irregularidades ou inconsistência) e MURI (o que é irracional – excessos ou insuficiências). Pretende chegar a um equilíbrio entre carga e capacidade.
2. Os 5M+Q+S - (*men, machines, materials, management, method, quality e safety*).

3. Fluxo de operações – (retenção, transporte, processamento e inspeção).

Os dois últimos dizem respeito às áreas onde os desperdícios podem ocorrer.

Drew et al. (2004) referem-se aos *mudas* apresentados como consequência de duas ineficiências – a Variabilidade, associada ao *muda* de não qualidade e a Inflexibilidade, ligada à inércia da organização à rápida mudança e adaptação. A eliminação das ineficiências levará à otimização dos três objetivos do *Lean*: redução de custos (através da eliminação dos *muda*), aumento de qualidade (pela redução da variabilidade) e, finalmente, uma redução do tempo de entrega ao cliente (conseguido com a flexibilidade aumentada).

2.2. Melhoria contínua

O meio envolvente das empresas tem experimentado uma severa transformação nos últimos tempos. Se em períodos como após a revolução industrial, a forte procura, superior à capacidade produtiva da indústria, permitia uma rápida ascensão das organizações, impulsionada pela produção em massa, em que se “produzia para vender” e onde imperavam as quantidades de produção económica, stocks-tampão, fabricação em série, prazos estipulados pelos ciclos de produção e uma gestão manual, rapidamente se assistiu a uma atenuação dessa disparidade. Atualmente, as empresas dedicam-se a “produzir o que já está vendido”.

Que implicações acarreta esta mudança? Serão esses ajustes definitivos? Haverá, de facto, uma real necessidade de renovação?

2.2.1. O antídoto

Kaizen (Kai = *change*; zen = *good*) ou CIP (*Continuous Improvement Process*), um dos pilares do TPS, significa melhoria contínua, e aborda uma filosofia que transcende o pensamento – é comportamental. Visa fomentar o espírito de proatividade e criatividade das pessoas (*empowering people*), quem realmente faz o trabalho, com o objetivo de atingir processos mais eficientes e eficazes (Martin & Osterling, 2007). Ou seja, independentemente do ramo da organização, há que haver uma interiorização do que é a cultura da melhoria contínua, hierarquicamente transversal.

Humanizar o local de trabalho, eliminar o trabalho pesado (físico e mental) e ensinar a resolver problemas à medida que eles surgem, recorrendo ao método científico à medida que se aprende-fazendo, são os reais propósitos da melhoria contínua. Tal como um velho

ditado Chinês postula: “*Diz-me e irei esquecer, mostra-me e talvez me lembre, envolve-me e irei entender*”.

Claro está, haverá desafios, hábitos antigos e inércia à mudança. A melhoria contínua não é uma solução rápida, nem a implementar (*quick fix*), nem a dar resultados (*quick wins*), e sendo o ser humano resistente à mudança por natureza, cumpre às chefias proporcionar as condições ideais, criar uma visão e manter-se dedicada à causa (Pinto J. P., 2009).

Os *Kaizen Events*, também chamados de RIE`s (*rapid improvment events*), ou *Kaikaku* são atividades programadas que as organizações usam para melhorias bruscas ou até dramáticas. Esta ótica de melhoria, de “dar o peixe” ao invés de “ensinar a pescar”, embora possa parecer desajustada, encara muitas vezes uma realidade necessária e frutuosa já que demonstrará resultados imediatos (ex. mudança de *layout*) melhorando a satisfação e relacionamento entre funcionários.

São, portanto, duas técnicas muito valorizadas pelas organizações vencedoras, devendo-se, sob pena de se entrar num ciclo vicioso e reprovável para o futuro da empresa, dar-se primazia à busca de melhoria sustentada e utilizar os *kaikaku* enquadrados numa ótica de melhoria contínua. Demasiadas melhorias rápidas e individuais poderão culminar num aumento da variabilidade dos processos originando custos e problemas enormes.

Em suma: **Encarar a mudança como algo permanente. Jamais considerar permanente uma mudança** onde o tempo será um fator preponderante naquilo que será uma caminhada longa e intempestiva

2.2.2. Elementos básicos da melhoria contínua

Ao longo dos anos a melhoria contínua foi evoluindo. O *Toyota Way* trouxe até nós quatro elementos indispensáveis para que a mesma seja valiosa (Pinto J. P., 2010):

- O ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*);
- Método de comunicação;
- Os 5W (cinco *Why`s*);
- Gestão visual.

Estes são o verdadeiro sustento da melhoria contínua. Pegando no ciclo PDCA, alicerçado num método científico rigoroso e disciplinado (os *drivers* da melhoria contínua) que permita o estudo dos problemas e oportunidades, e sobre os quais os métodos e ferramentas *Lean* são aplicadas, as melhorias passarão a ser inatas e os benefícios visíveis.

Como complemento da cultura *Lean*, muitas empresas, querendo ser fornecedoras de excelência, apostam num outro motor do avanço – A metodologia *seis sigma* (6σ). Focada na redução da variabilidade (fonte de *mura*), é muito utilizada após a estabilização dos processos conseguidos pela filosofia *Lean Thinking*. Mais do que controlar médias, é imperial controlar desvios e com isso, aumentar a previsibilidade dos processos. Porque se hoje todos fazem mal, mas se o fizerem todos mal e todas da mesma forma, amanhã, com formação, todos farão um pouco melhor. Chama-se a isto ter o controlo da situação. Em síntese, pretende-se controlar, uniformizando, padronizando e formalizando (Jabobs, Chase, & Aquilano, 2009), (Courtois, Pillet, & Martin-Bonnefous, 2007) e (Pinto J. P., 2009).

Sendo um método de ajuste refinado (*fine tuning*), visa melhorara a qualidade, o preço e a entrega ao cliente, sempre numa perspetiva de melhoria contínua, daí muitas vezes surgir como *Lean Six sigma*.

Mais uma vez, o ciclo PDCA desempenha um papel fulcral no processo do *standard work* (Figura 2.2). Ao substituir o “P” por um “S”, de *Standardize*, estar-se-á a colocar um calço no ciclo PDCA, e a criar uma “escadaria sustentada” em busca do objetivo final.

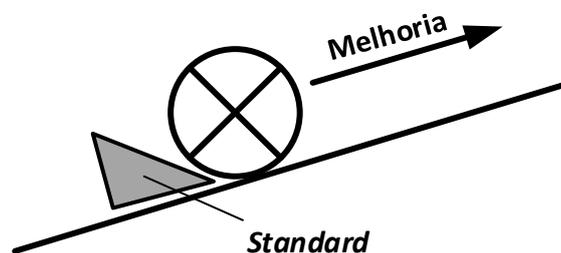


Figura 2.2. Importância da estandardização na melhoria contínua.

Ainda segundo Pinto (2009), o *standard work* tem três elementos básicos:

- Tempo de ciclo – tempo definido para concluir cada etapa do processo;
- Sequência de produção – ordem ideal da sequência de tarefas numa operação;
- Nível de WIP – quantidade máxima de *Stock* que flui com processo controlado.

2.2.3. Toyota KATA – A Metodologia

Pretende-se, nesta secção, explicar e pormenorizar os princípios pelos quais a metodologia *Toyota KATA* se rege e de que forma fora importante no decorrer deste trabalho. A informação aqui presente tem como base de sustentação a bibliografia *Toyota KATA* –

Managing people for improvement, adaptiveness, and superior results, de Mike Rother, o mentor da mesma.

- *Onde estou? Para onde quero ir? Que obstáculos me impedem de chegar lá?*

O leitor poderá, agora, pensar que se encontra a ouvir um qualquer psicólogo numa qualquer consulta de acompanhamento comportamental. Não está muito longe!

Façamos uma analogia. Substitua-se agora o psicólogo por um *Coach* (o mentor), que fornece um guia (a metodologia), ao paciente (o aprendiz), que partindo dos seus princípios, que lhe são intrínsecos (educação/licenciatura) - e o ajudarão a decidir e tomar decisões - adota uma comportamento padrão (*KATA*), que lhe dirá como proceder e os passos a seguir (modo de fazer). *O resultado?* Desenvolvimento de competências e capacidades proveitosas (visíveis melhorias), ainda que com obstáculos difíceis de ultrapassar, mas que com insistência e perseverança, levará ao objetivo (condição-alvo).

- *Obrigado doutor, volto amanhã para falarmos dos resultados* (termina assim um novo *Ciclo de Coaching*).

Pretende-se, com este excerto, transmitir ao leitor de forma muito expedita, a forma de atuar desta metodologia e sobre a qual se desenvolveu este trabalho.

De resto, *KATA* é isto mesmo. Visa ensinar à organização a forma de resolver problemas recorrendo a pequenos ciclos PDCA (*Plan-Do-Chek-Act*). O foco será o de procurar a perfeição, mais do que esperar por ela.

➤ Padrão da Metodologia *KATA*

É um padrão universal para melhorar, adaptar e inovar tendo por base uma rotina de 4 passos (Figura 2.3):

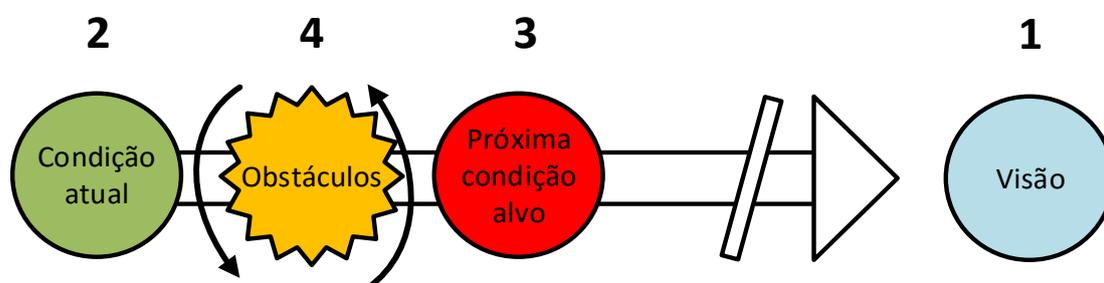


Figura 2.3. O padrão da metodologia *KATA*.

1. Remar de acordo com uma **VISÃO** ou direção definidas;
2. Perceber (entender) a **CONDIÇÃO-ATUAL**;

3. Definir a próxima **CONDIÇÃO-ALVO**;
4. Mover-se na direção desta Condição-alvo através de pequenos ciclos PDCA, que revelam os **OBSTÁCULOS** a trabalhar;

A visão

A filosofia Toyota tem, ao longo de vários anos, apresentado o seu conceito de visão:

- Zero defeitos;
- 100% de valor acumulado;
- *One-piece-flow* ou *One-by-one production*;
- Segurança para as pessoas.

Têm-se referido à visão como sendo o verdadeiro norte (*True North*). Este, embora mais vago, deve estar bem enraizado na política da organização pois só assim se pode direccionar o leme no sentido certo.

Condição-atual

É muito importante perceber muito bem como tudo funciona e se interrelaciona. Nesta etapa, o objetivo recaiu não em encontrar problemas, perdas ou potenciais melhorias mas sim obter factos e dados necessários para definir o novo padrão (condição-alvo) de forma apropriada. Percorrer a cadeia de valor revelou-se um passo importante, passando depois para o desenho do mapa do estado atual e representação em diagrama de blocos. Quer por abordagem ao chefe de linha, quer por observação direta ou consulta de dados históricos, foi possível recolher informação essencial tal como:

- Identificação de famílias de produtos atendendo a critérios de gamas operatórias, materiais utilizados e tipos de cliente;
- *Takt time*⁴;
- Tempo de ciclo planeado;
- N° de turnos/n° de operadores;

Condição-alvo

Ao se definir uma condição-alvo, que mais não é que um novo padrão ou performance, vão-se descobrir problemas e obstáculos que se devem enfrentar (mais tarde serão revelados os obstáculos encontrados para este projeto). Nesse caso há duas opções:

- Evitar os obstáculos e caminhar numa direção que não a da visão estipulada;

⁴ Ver APÊNDICE A para mais informação acerca do *Takt Time*;

- Trabalhar sobre os obstáculos, eliminando as suas causas e aprendendo mais sobre os processos.

Esta condição foca a atenção das pessoas e direciona (orienta) o seu trabalho. Identifica o “local onde se quer estar”. Uma condição-alvo que se possa atingir rapidamente, que envolva poucas experiências, não é uma boa condição-alvo.

“O grande perigo para a maioria das organizações reside não em colocar a fasquia muito alta e falhar por pouco, mas em colocar a fasquia baixa e atingi-la sempre.” (Rother & Shook, 1999)

Além de representar uma perspectiva de desafio para o futuro, leva a que se considere um conjunto de circunstâncias diferentes das que já existam. Ao estabelecer um objetivo e tentar alcançá-lo aprende-se as razões que impossibilitaram o seu alcance. Esse será o foco do trabalho. Embora obrigue a encarar os obstáculos (Figura 2.4), é importante salientar que nem todos serão abordados. Nem interessa.

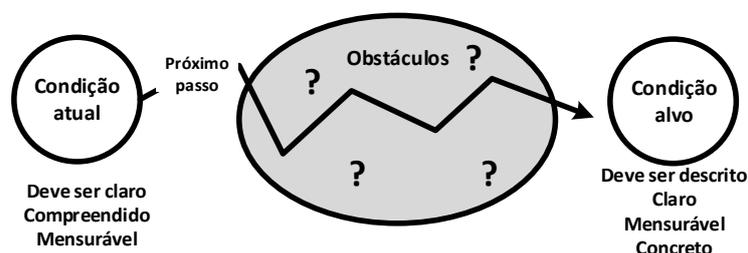


Figura 2.4. O percurso até uma nova condição-alvo é um caminho desconhecido.

A *condição-alvo* ajuda, pois, a combater a entropia. Mas atenção! *Condição-alvo* é diferente de *objetivo* nesta metodologia. Um objetivo é encarado como um mero resultado enquanto a *condição-alvo* representa um padrão de trabalho ou *performance*, que se prevê que irá gerar resultados (objetivos).

Para este trabalho o padrão pretendido é: “*Manipulação de golas sem recurso ao empilhador*”. Os resultados daí esperados já foram divulgados aquando da apresentação dos objetivos deste projeto no ponto 1.3.

Obstáculos - PDCA's na descoberta da condição-alvo.

Estando definida a condição-alvo, há que assumir que o caminho é desconhecido. Importa aprender com os erros; já dizia Benjamin Franklin: “*Falhando a preparar, preparamo-nos para falhar*”. O ciclo PDCA é, porventura, o nosso melhor amigo nesta

caminhada onde passo-a-passo, ciclo após ciclo, se alcança a tão ambicionada meta (Figura 2.5).

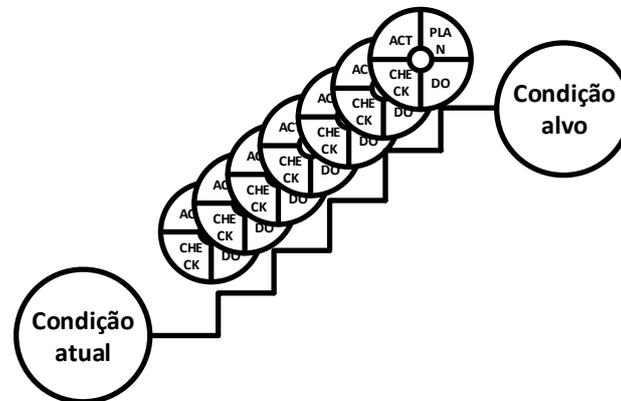


Figura 2.5. Cada passo corresponde a um novo ciclo PDCA.

E porque *pensar a longo prazo é pensar mal* (Martin & Osterling, 2007), ao longo do projeto foram inúmeras as vezes (diariamente) que se recorreu a esta ferramenta. Dividido em 4 parcelas (Figura 2.6), é fundamental quando se atinge o limite do conhecimento. Alguns dos conhecimentos mais úteis foram mesmo adquiridos em ciclos de poucos minutos, já que permitiram experimentar e refletir sobre algo e daí retirar informação detalhada para aprender e melhorar.

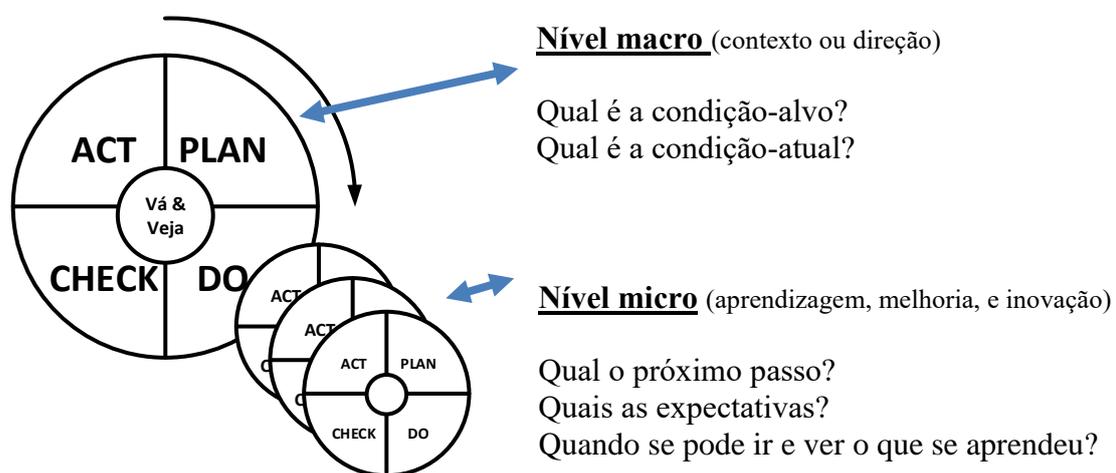


Figura 2.6. O ciclo PDCA e seus níveis no KATA.

Plan: Definir o que se pretende fazer e expectativas dessa ação. É apenas uma hipótese.

Do (ou tentativa): Testar a hipótese, ou seja, tentar que o processo avance de acordo com o planeado. Observar meticulosamente.

Check (ou estudo): Comparar os resultados com o que fora previsto aquando do planeamento.

Act (o que vem a seguir?): Estandarizar ou estabilizar o que funcionou corretamente ou começar um novo ciclo.

➤ **Ciclos de *Coaching KATA***

A rotina do *KATA* não é difícil de perceber, mas pode ser difícil de praticar, porque as pessoas não estão habituadas a não lhes é familiar. Sem orientação qualquer mudança de mentalidade torna-se difícil de inculcar.

Ao longo de todo o estágio, fora promovida essa metodologia de trabalho e aprendizagem mediante ciclos diários de treino usando as *5 Questões*⁵.

Ao *Coach* cumpre fazer com que o aprendiz pratique no limite das suas capacidades, progredindo e cometendo pequenos falhas. Há um acompanhamento do mentor ao longo de todas as fases, sendo o aprendiz responsável pelo fazer e o *Coach* o responsável pelos resultados.

2.3. Sistemas de produção

Organizar sistemas de produção significa, no essencial, identificar os componentes do sistema e inter-relacioná-los no processo produtivo no sentido de alcançar objetivos de produção, estabelecidos pela Gestão da Produção, quer ao nível estratégico, tático ou operacional. A ideia passará, portanto, por uma ótima manipulação de todos os fatores de produção no sentido de criar, o mais rapidamente, os produtos necessários ao homem, com as características desejadas e ao mais baixo custo.

Entenda-se por fatores de produção, todo e qualquer interveniente num processo de transformação (*recursos naturais, capital, trabalho*), os *inputs*, que visam a obtenção de bens ou serviços (*outputs*) quando sujeitos a processos de transformação (Carmo-Silva, 2011). A Figura 2.7 representa o que acaba de ser dito:

⁵ No ANEXO A poderão ser consultadas as 5 Questões utilizadas bem como um resumo do funcionamento dos *Ciclos de Coaching* e o local onde tiveram lugar.

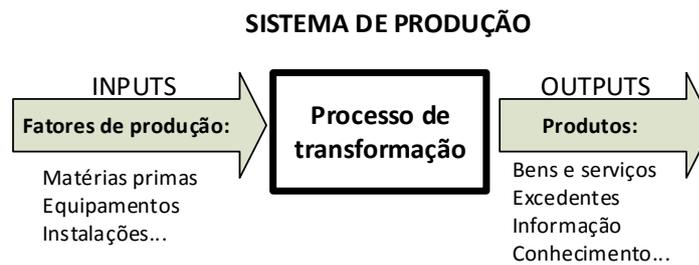


Figura 2.7. Intervenientes de um sistema de produção.

É fundamental que as organizações possuam bons sistemas de produção, organizados, bem geridos e liderados, capazes de reagir ao mercado intempestivo. Tal estado será conseguido quando se alia eficácia a níveis de eficiência competitivos. É nesse campo onde intervém a gestão da produção.

2.3.1. Tipos de sistemas e sua classificação

Segundo Carmo-Silva (2011) em qualquer sistema de produção estão envolvidos, por norma, dois tipos de fluxos: o fluxo de informação e o fluxo de materiais. O autor acrescenta, ainda, o fluxo de pessoas, sem as quais não haveria informação que pudesse ser tratada e aplicada sobre os materiais (Figura 2.8). De resto, segundo a lógica *Lean Thinking*, interessa que o fluxo de informação e de materiais tenham sentidos opostos para garantir a produção puxada (Rother & Shook, 1999).



Figura 2.8. Relacionamento entre os intervenientes de um sistema de produção.

Como já se referiu, gerir a produção incidirá, fundamentalmente, em organizar os fluxos físicos mediante os meios disponíveis. Claro está, cada empresa apresenta características que lhe são intrínsecas mediante os produtos e processos que pratica. Nesse sentido, torna-se difícil aplicar uma classificação geral, havendo mesmo autores que fazem uma aglomeração dos diferentes tipos que se passam a descrever.

Os sistemas produtivos poderão ser distinguidos em função de (Courtois, Pillet, & Martin-Bonnefous, 2007):

- Quantidades fabricadas e sua repetibilidade;
- Fluxos de produção;
- Relacionamento com os clientes/Satisfação da procura;

Uma classificação semelhante é feita por Hitomi (1996) embora considere, ainda:

- Natureza dos produtos;
- Implantação do sistema produtivo;

Na Tabela 2.1 apresenta-se um resumo dos vários tipos de sistemas de produção referidos.

Tabela 2.1. Diferentes tipos de sistemas de produção (fonte: adaptado de (Carmo-Silva, 2011))

CLASSIFICAÇÃO QUANTO:	TIPOS DE PRODUÇÃO OU SISTEMAS DE PRODUÇÃO	EXEMPLOS/CARACTERÍSTICAS
1.QUANTIDADE/REPETIBILIDADE	1.1-Fabricação unitária e pequenas quantidades; 1.2-Fabricação em série; 1.3-Fabricação em massa;	- Grande variedade de artigos; - Pequena/média variedade de artigos; - Nenhuma variedade de artigos;
2.IMPLANTAÇÃO	2.1-Fixa ou de ponto fixo; 2.2-Oficina funcional (<i>job shop</i>); 2.3-Oficina orientada ao produto (célula de produção); 2.4-Linha de produção (<i>flow shop</i>);	- Navios; Aviões; Edifícios; - Para 1.1 - Para 1.2 - Para 1.3
3.MODO DE SATISFAÇÃO DA PROCURA	3.1-Por encomenda (<i>make-to-order</i>); 3.2-Para Stock (<i>make-to-stock</i>) - produtos acabados e intermédios;	- Procura incerta; Produz-se o que está vendido; -Procura previsível; Produz-se na perspetiva de vender;
4.NATUREZA DOS PRODUTOS	4.1-Discreta; 4.2-De processo;	-Produtos desmontáveis/ tangíveis; -Produtos não desmontáveis (ex: produtos químicos)
5. FLUXO DE PRODUÇÃO	5.1-Intermitente ou descontínua 5.2-Contínua	-Produção em lotes (1.1;1.2;2.2;2.3) -Produção em massa (1.3; 2.4)

2.3.2. Tipos de implantação - *Layouts*

Layout é um termo comumente utilizado nas organizações que diz respeito à ocupação do espaço livre mediante a distribuição de recursos, dando ênfase ao fluxo de pessoas, materiais e informação através do sistema de operações (Pinto J. P., 2010).

O mau planeamento destes, não condizente com as características dos processos, poderá afetar, irremediavelmente, o desempenho das organizações que, não raras vezes, têm uma visão a curto prazo, ignorando aspetos como a evolução dos processos, novas tecnologias alegando, por outro lado, limitações financeiras para justificar a inércia.

Segundo Coimbra (2009), um dos pilares do TPS, a produção *Just-in-time* tem como domínios:

- Linha e forma do *Layout*;
- Bordo de linha;
- Trabalho padronizado (*Standard Work*);
- SMED (*Single minute exchange of die*);
- Automação.

O que diz bem da importância de uma configuração bem estudada.

Há três tipos principais de configurações utilizados na indústria: **Oficina funcional**, Oficina orientada ao produto ou **Célula de produção** e **Linha de produção** (Carmo-Silva, 2011).

Oficina funcional (*job-shop*)

Também designado de *layout* por *processo*, corresponde a arranjos físicos de postos de trabalho em seções funcionais, homogêneas (departamentos), em cada uma das quais se realiza uma operação fabril (exemplo: departamento de torneamento). As vantagens e desvantagens podem ser vistas na Tabela 2.2.

Tabela 2.2. Principais vantagens e desvantagens da implantação do tipo oficina funcional.

Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> - Útil com grande variedade de artigos - Flexibilidade - Ajuste a vários volumes de fabrico
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> - Pequenas quantidades (ou unitárias) - Difícil gestão (múltiplos fluxos e mudanças) - Deslocações e transporte de lotes entre seções (ex.: empilhadores) - Retrocesso a seções anteriores - Longos e imprevisíveis tempos de produção (<i>lead-time</i>) - Vários <i>setups</i> - Níveis elevados de trabalho em curso de fabrico (WIP) - Tempos não produtivos apreciáveis (ex.: inspeções) - Maiores custos unitários (não se aplica a economia de escala)

Nestes casos, o WIP transformado em termos de *lead-time* (WIP dividido pelo *Output* diário) será considerável (superior a cinco dias) (Coimbra, 2009).

Linha de produção (*flow-shop*)

Sistemas de produção especializados e dedicados a um tipo de artigo onde os equipamentos são dispostos de acordo com a sequência de fabrico dos produtos ou serviços. Possui um

arranjo simplificado, por norma linear, em que o artigo entra no início da linha e flui, sequencialmente, até à sua conclusão. As vantagens e desvantagens podem ser vistas na Tabela 2.3.

Tabela 2.3. Principais vantagens e desvantagens da implantação do tipo linha de produção.

Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> - Elevada produtividade/taxas de produção (produção série ou em contínuo); - Transportes e tempos não produtivos mínimos - <i>Setups</i> reduzidos - Simplicidade de forma e de gestão - Baixos custos unitários
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> - Requer balanceamento da linha (que nem sempre é fácil ou eficiente) - Sentido único do fluxo produtivo - Pouco flexível - Elevado custo inicial - Custos de operação e manutenção consideráveis

Células de produção

Ao contrário das oficinas funcionais, as células de produção são secções autónomas, onde se agrupam e organizam recursos de produção (fabricação ou montagem) dedicados a uma família de artigos⁶ com produção similar. Com forma temporária, ou não, podem ainda apresentar-se sob a forma de linhas de produção ou mesmo oficinas puras (mais raro).

O fluxo na célula, devendo ser direto, procedente ou progressivo e sequencial, ao contrário das linhas de produção, pode também ser inverso, regressivo ou retrocedente e apresentar transposição dos postos de trabalho já que dentro da mesma família, há variações, ainda que ligeiras (Carmo-Silva, 2011). As vantagens e desvantagens podem ser vistas na Tabela 2.4.

Tabela 2.4. Principais vantagens e desvantagens da implantação do tipo célula de produção.

Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> - Grandes/médias quantidades - Qualidades consistente - Elevada produtividade e flexibilidade - Poucos trabalhos e curso de fabrico (WIP) - <i>Lead time</i> curto - Gestão simplificada - Autonomia - Várias configurações possíveis
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> - Dificuldade na formação de famílias e formação das respetivas células - Dificuldade com duplicação de equipamentos e outros meios - Possibilidade de produtos “isolados” (que não se encaixam nas células)

⁶ Família de artigos – Artigos que apresentam similaridades importantes do ponto de vista de fabricação ou manipulação (ex.: processo de fabrico; forma geométrica; dimensões; materiais;)

2.3.2.1. Tecnologia de Grupo

O conceito de célula de produção tem evoluído ao longo do tempo, muito por culpa da incessante necessidade de adaptação das organizações. Essa evolução deve-se a alguns estudiosos que quiseram juntar o melhor de dois conceitos – à enorme flexibilidade dos sistemas de produção funcionais, em produzir uma grande variedade de artigos, somar a produtividade e eficiência característica das linhas de produção e células (SPOP⁷). Coisas similares devem ser feitas de forma similar, disse Burbidge (1989), numa alusão, clara, à formação de famílias de artigos que coabitassem num grupo restrito de produtos a ser fabricados num conjunto de equipamentos (célula), desde que a procura justificasse tal dedicação (Pinto J. P., 2010).

O objetivo passa, portanto, por reduzir a complexidade produtiva de tais artigos pelo reconhecimento que, afinal, pertencem a famílias que podem ter processamento similar dentro de sistemas dedicados. Ainda que o ideal seja que os artigos de uma mesma família sejam fabricados na íntegra dentro da própria célula, pode haver interligação entre células e nesse caso são dependentes.

Esta filosofia de identificar artigos semelhantes e agrupá-los em famílias para processamento similar num sistema dedicado, designa-se de tecnologia de grupo, TG. Existem alguns métodos conhecidos para a criação de famílias onde se destacam (Carmo-Silva, 2011):

- A análise visual ou empírica;
- Sistema de codificação e classificação;
- Análise dos roteiros de fabrico (*production flow analysis*, PFA).

Ainda segundo Coimbra (2009), as vantagens de se ter várias linhas, ainda que com *tempo de ciclo* maior, compensará quando comparado com uma única linha. Segundo o autor, essa vantagem fica evidente quando se quer introduzir novos modelos no fabrico ou quando se está perante uma enorme variedade de artigos. Com uma só linha, a introdução de um novo fabrico afetará a produção do fabrico atual, assim como maiores *changeovers*, proporcionando mais perdas. Além disso, linhas com tempo de ciclo muito baixo apresentam maiores dificuldades de balanceamento, originando *muda*.

Em suma, a implementação desta estratégia de customização em massa permite responder a encomendas, nalguns casos, a velocidades ao nível da produção em massa. Admite um sistema de produção por encomenda (*build-to-order*) evitando previsões,

⁷ SPOP – Sistemas de produção orientados ao produto

inventários ou atrasos e notórias simplificações de transportes, movimentações e tempo de produção.

2.3.3. Sistemas de produção orientados ao produto

De entre as configurações abordadas, estas poderão ainda ser agrupadas em dois grandes grupos (Carmo-Silva, 2011):

- Sistemas de produção orientados ao produto (SPOP);
- Sistemas de produção orientados ao fabrico (SPOF).

Pelo que acaba de ser explicado, será fácil depreender que dos SPOP farão parte as linhas de produção e as células de produção. As oficinas funcionais e quaisquer outras configurações que não se rejam pela sequência de fabrico dos artigos (ex.: implantação por posição fixa) dirão respeito aos SPOF.

O percurso para estruturar e fazer um arranjo adequado dos SPOP pode ser bastante complexo. Há que ter em conta fatores tão variados como:

- Taxa de produção
- Conteúdo de trabalho por artigo
- Tempo de preparação
- Tipo de fluxo de trabalho: direto sem transposição, direto com transposição e inverso
- Agrupamento das máquinas
- Tamanho do lote
- Variedade de artigos
- Variedade e quantidade de máquinas
- Movimento intracelular e movimento intercelular
- Custo do sistema
- Polivalência
- Espaço disponível
- Apoio dos gestores e abertura por parte operadores
- Capital disponível

Destes, poderá ser feito um agrupamento em 5 fatores fundamentais:

- Formação das famílias dos artigos
- Agrupamento das máquinas
- Duplicação das máquinas
- Implantação intra-celular
- Implantação inter-celular

3. CASO DE ESTUDO

Nesta secção dar-se-á início à apresentação e exploração do local onde o presente estágio teve foco. Ao longo deste capítulo, é de esperar que o leitor fique a conhecer um pouco melhor a própria empresa, bem como as razões que motivaram a realização deste trabalho.

3.1. Descrição da Secção *Acessórios* e seu enquadramento na Amtrol-Alfa

Como já se teve oportunidade de referir, a secção *acessórios* será, porventura, a mais complexa secção de toda a empresa. Não querendo o autor fazer qualquer juízo de valor acerca da maior ou menor importância deste departamento para com os outros, até porque todos se encontram interligados, cabe aos *acessórios*, juntamente com o corte de chapa, a *pole position* da cadeia de valor produtiva no interior da empresa. Tal estado, confere-lhe uma importância tal, que em caso de qualquer anormalidade, seja por atrasos, defeitos, avarias ou outros, repercutir-se-á em todas as secções a jusante. Complexa porque, não obstante das diversas alterações e melhorias que sofrera ao longo dos anos, só o engenho de quem lá trabalha, há muitos anos, será capaz de assegurar a sua gestão e controlo diário. E ainda assim carece de melhorias significativas.

Dotada de diversos equipamentos, os principais serão as prensas (mecânicas e hidráulicas), máquinas de soldar MIG/MAG e por resistência, calandras (onde se enrola a chapa) bem como todas as ferramentas, bases e *gabarís*, tacos e marcas (para as inscrições). De forma geral, o parque de máquinas está envelhecido levando, não raras vezes, a que ocorram avarias e paragens forçadas. Encontra-se dividida em 4 zonas principais: a linha de golas e a linha de pés (as principais), uma zona dita “convencional” onde se encontram equipamentos diversos, mais antigos, e a linha de golas XL⁸.

⁸ XL – Abreviatura de *X-LITE* usada quando a intenção é referir garrafas de muito baixo peso, fabricadas na empresa, às quais está associada uma gola -“golinha”- sem inscrição e, também ela, de muito baixo peso.

Esta panóplia de equipamentos será responsável por processos variados que darão origem a dois tipos de produto final (golas - normais e punhos/asas) e pés. São ainda responsáveis pela execução de algumas operações em discos e bolachas. Só as golas (primeiramente), e discos (numa segunda fase) serão importantes neste trabalho já que são os responsáveis maioritários pelo granel causado no *gemba*.

Relativamente à produção-alvo, cumpre aos acessórios produzir 13000 golas diárias das quais 800 são destinadas à fábrica 1 (maioritariamente com inscrição), 7200 à fábrica 2 (também inscritas), e 5000 à fábrica 3 (não inscritas). Com o início da nova fábrica, esse *target* aumentará em 3300 unidades, iguais aquelas destinadas à fábrica 3. Quanto aos discos, somente os que são inscritos passarão pelos acessórios já que discos sem inscrição seguem, diretamente, do corte de chapa para o armazém de discos e em seguida para as respetivas fábricas (onde são conformados, dando origem às coquilhas).

A inscrição varia conforme as especificações do cliente. O nº de série é regra, podendo, ainda, incluir informação diversa como referências ao cliente, à própria empresa, datas de produção e re-teste, tara, entre outros.

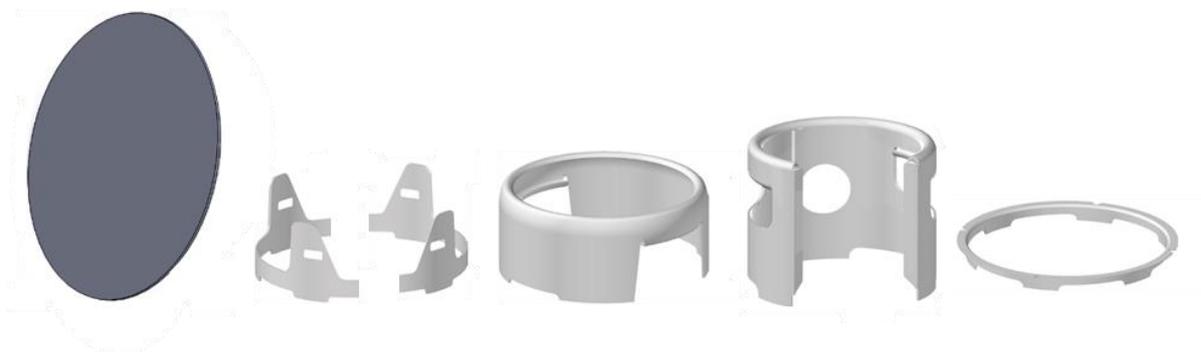


Figura 3.1. Da esquerda para a direita: Disco; Asa; GL33; GL168; GL164 (XL)

Na Figura 3.1 está representada uma amostra, muito curta, de todas as referências que poderão ser fabricadas nesta secção. Como mais tarde se evidenciará, tal variedade além de dificultar a gestão de encomendas diárias (produção por encomenda) com sucessivas reprogramações da sequência de produção, e afetação de tarefas, causa inúmeros fluxos de materiais e pessoas, transportes, movimentações e acumulação de inventário. Resta acrescentar que, no geral, esta secção opera 24 horas por dia, divididas em três turnos.

3.1.1. Organização da área produtiva

Como fora já antecipado, a secção dos acessórios conta com quatro zonas principais (Figura 3.2.). A zona azul que retrata a linha de pés. Com sombreado laranja, a linha de golas, a verde a linha responsável pelo fabrico de golas XL e a vermelho a zona convencional.

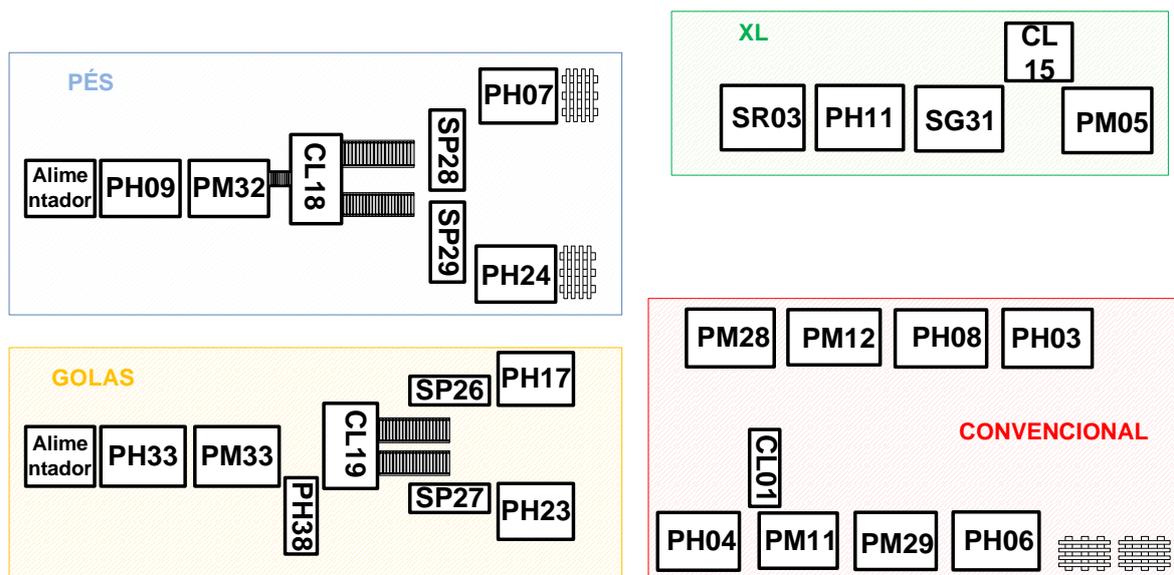


Figura 3.2. Layout da secção Acessórios.

A linha de pés é uma linha integrada, isto é, funciona de forma totalmente balanceada com entrada da matéria-prima pelo alimentador e saída do produto acabado pela PH07 ou PH24. Sem acumulação de produto intermédio, é uma linha que requer empilhador, somente, aquando da necessidade de retirar produto acabado (já no fim do curso) que é acumulado em grades de metal. O tempo de ciclo é baixo, podendo rondar os sete segundos (dependendo do modelo de pé) assim como o *lead-time* da linha (desde a passagem da chapa pelo alimentador até ao fim da última operação nunca ultrapassará os dois minutos). Esta linha trabalha 24 horas por dia, com 3 turnos e dedica-se, exclusivamente, ao fabrico de pés (8000 pés sem inscrição + 5000 inscritos).

A verde, a linha XL. Com características de célula dedicada, poder-se-ia dizer que se trata, também esta, de uma linha integrada, pese embora a operação de corte dos planificados seja feita à parte (por avanço) na LAC2 (conjunto alimentador, PH33 e PM33) e armazenados mais tarde. Esta é uma linha muito estudada, bem estruturada e organizada pelo

que não será foco deste trabalho. Diariamente, (ao longo de dois turnos) deve-se fabricar 5000 golas XL nessa linha.

A linha de golas, com cor laranja, e a zona convencional (a vermelho!) serão o centro da atenção deste trabalho. Quanto à primeira, não é uma linha integrada (designada de linha normal) já que todo o corte de chapa bem como a respetiva inscrição opera em avanço (na LAC2). Só mais tarde se voltam a inserir os planificados na linha normal (preferencialmente; caso esteja ocupada, opera-se na zona convencional) o que envolve criação de lotes, previamente cortados e marcados. Trata-se, portanto, de um fluxo intermitente. Além disso, para várias referências de golas, nem todas as operações necessárias à obtenção do produto final são possíveis de realizar no seio desta linha, havendo necessidade de transportar esse artigo para a zona convencional onde serão efetuadas as últimas operações.

Paralelamente, existe a zona convencional que, estando a linha normal ocupada com qualquer fabrico, permite terminar o fabrico de qualquer modelo cujos planificados estejam cortados, marcados/numerados e em espera. Nesta zona os equipamentos estão dispostos quase aleatoriamente, sem qualquer intenção de criar uma linha semelhante à linha normal. Poder-se-á dizer que a zona convencional se aproxima das características de uma oficina funcional. Diariamente, dois turnos encarregam-se de produzir 7200+800 golas, inscritas, entre a linha de golas normal e a zona convencional.

À primeira vista, parece óbvio que a linha de pés tem um desempenho superior à linha de golas. Além de não haver interrupções ao longo de toda a linha, há um balanceamento adequado, não envolvendo transporte de produto intermédio, armazenamento, ou espaço ocupado o facilita a sua gestão. Ou seja, há um fluxo contínuo.

Sendo assim, por que não opera a linha de golas de forma semelhante à linha de pés? Esta será a tentação de quem observa este panorama pela primeira vez, contudo, não será tão simples, como se tentará explicar mais adiante.

3.1.2. Processo e produtos

Como já se referiu, são inúmeros os modelos/referências de golas existentes no dossiê de fabrico da empresa. Todavia, há um conjunto de operações que são comuns à generalidade de golas fabricadas. Tipicamente, a sequência de fabrico segue o esquema da Figura 3.3.

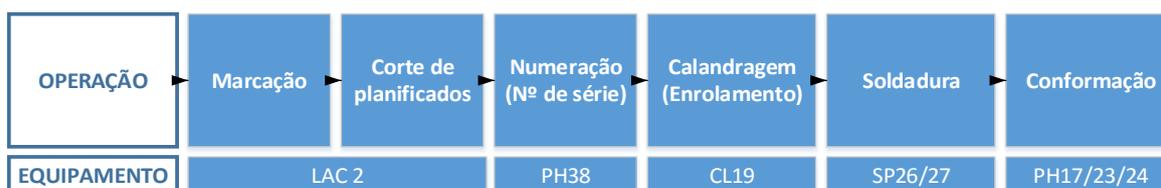


Figura 3.3. Sequência de fabrico genérica na fabricação de uma gola – linha normal.

Faz-se o paralelismo operação-equipamento para que melhor se perceba a afetação das operações à medida que progredem na linha normal.

A matéria-prima dá entrada nos acessórios sob a forma de um rolo (*slitting*). Seguidamente, o operador programa a LAC2 (alimentador + PH33 + PM33) que, de forma automática, desenrola o *slitting*, e faz prosseguir a chapa através da PH33 (onde ocorre a marcação) e da PM33 (corte da chapa em porções mais pequenas - planificados). A seguinte operação deve ocorrer numa prensa hidráulica para garantir que o número de série fica bem visível. Esta operação de marcação só é exigida se a especificação assim o indicar. A operação seguinte, a calandragem automática, confere a primeira forma à gola, ao proporcionar o seu enrolamento (total ou parcial) antes de ser soldada. Finalmente, a gola é introduzida pelos operadores numa ferramenta, recorrendo a uma prensa hidráulica (operação estranguladora da linha - *bottleneck*) onde poderá sofrer uma ou duas operações de conformação, consoante a ferramenta e o próprio modelo da gola. Como já se referiu, e dependendo de modelo, haverá, ou não, outras operações a efetuar além das apresentadas, como marcação de alto-relevo, furos, janelas, etc., ou mesmo conformação faseada, devido à falta de ferramenta adequada.

Uma sequência de fabrico semelhante à descrita dará origem a uma gola idêntica à GL33 (com enrolamento total e por isso, soldada) ou à GL168 (com enrolamento parcial, e assim, sem soldadura) apresentada na Figura 3.1. Estas operações poderão ser feitas, e tal verifica-se, frequentemente, nos equipamentos equivalentes da zona convencional. Nesses casos, os lotes de produto intermédio “saltam” de posto de trabalho em posto de trabalho, em fluxos intermitentes, e dependentes do empilhador que faça o seu transporte.

Relativamente aos discos, seguem uma sequência mais simples (Figura 3.4.).

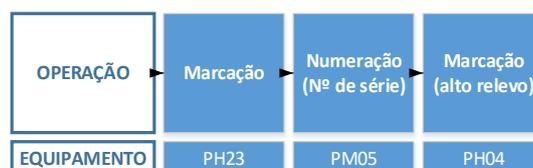


Figura 3.4. Sequência operatória no fabrico de discos.

Os discos chegam aos acessórios, em lotes, provenientes do armazém de discos, depois de previamente cortados no corte de chapa. Seguem uma sequência mais fixa, quer por falta de equipamento equivalente, quer por ocupação permanente de outros. Também nos discos, há loteamento de produto, o que origina o seu transporte por empilhador entre postos, já que estes se encontram distanciados.

Os punhos/asas são sujeitos ao corte na LAC2, sendo depois marcados e conformados (quinados), no caso dos punhos, ou somente conformados (asas).

As golas XL têm uma sequência semelhante às golas normais contudo sem inscrições (nem marcação nem nº de série).

De forma simplificada, ficam, assim, descritos os processos existentes nos acessórios e que mais nos interessam para o decorrer do projeto. Mais tarde, será feita uma análise mais pormenorizada aquando da análise da cadeia de valor destes artigos.

3.2. Estado inicial do processo produtivo

Imediatamente após o início do estágio, e passada a primeira semana de conhecimento de instalações e ambientação, fora apresentado (pelo mentor ao aprendiz) o processo produtivo bem como toda a equipa da qual se passara a fazer parte – iniciara-se o *Coaching Kata*. Nesta altura, o desafio já era conhecido – manipular o WIP de golas sem recurso ao empilhador – era importante começar a fazer o levantamento da condição-atual

O que se observou foi um modo de satisfação da procura com produção de golas por encomenda, em pequenas e médias séries, sendo o fluxo de produção descontínuo, ou intermitente, e efetuado em lotes. O artigo prossegue, desde o início da produção até à sua conclusão, em passos sucessivos, intermitentes, sujeito a esperas aleatórias entre processos (gera-se WIP). O fluxo ocorre, fazendo-se uso de transportadores de produto intermédio, entre os quais o empilhador. Existe uma grande variedade de golas. Em função da disponibilidade de recursos (equipamentos, operadores,...) as encomendas vão sendo

distribuída e afetas a determinado equipamento, multiplicando-se os fluxos de material que raramente são bem definidos e organizados, criando entropia.

Condição-atual⁹

Tendo em conta que na linha de golas trabalham dois turnos de 8 horas (no caso de atrasos em relação ao planeado, solicita-se um terceiro turno) com paragens para almoço (30 minutos) e descanso (10+10 minutos) virá:

Takt time

$TT_{\text{Linha xl}} = 9.9$ segundos

$TT_{\text{Linha de golas normal}} = 6.2$ segundos

$TT_{\text{lac}} = 3.8$ segundos

Nº de turnos: 2; sem horas extras;

Produção atual: 5010 / 3833 / 0; no 1º, 2º e 3º turno, respetivamente (produção registada no dia 1/04/2015; estes valores, assim como toda a condição-atual, devem ser atualizados, diariamente).

Nº de operadores: 13 / 13 / 3 no 1º, 2º e 3º turno, respetivamente.

Tamanho do lote: 1

WIP: consultar mapa do processo.

Observações: WIP médio diário: (-); Distância percorrida pelo empilhador: (-);

Constatou-se a falta de mecanismos de contabilização do inventário acumulado (WIP) assim como a inexistência de qualquer controlo da distância percorrida pelo empilhador pelo que, essas seriam questões a ser abordadas. Apesar de tudo, esta era só uma fase de levantamento da situação atual, não havendo lugar a juízos de valor, não se apontando perdas ou anormalidades. Apenas se aprende e regista informação do processo.

Condição-alvo¹⁰

A condição-alvo – ou, pelo menos, o seu assunto, fora indicado aquando da escolha do tema a realizar durante o estágio. Contudo, só nesta fase se aprofundou o seu verdadeiro conteúdo:

Desafio: Manipular o WIP das golas sem recurso ao empilhador.

Takt time

⁹ A folha de registo da condição-atual pode ser consultada no APÊNDICE B.

¹⁰ A folha de registo da condição-alvo pode ser consultada APÊNDICE B.

$TT_{\text{Linha xl}} = 9.9$ segundos

$TT_{\text{Linha de golas normal}} = 6.2$ segundos

$TT_{\text{lac}} = 3.8$ segundos

Nº de turnos: 2; sem horas extras;

Produção alvo: 6500 / 6500 / 0; no 1º, 2º e 3º turno, respetivamente

Nº de operadores: 12 / 12 / 0 no 1º, 2º e 3º turno, respetivamente.

Tamanho do lote: 1

WIP: 0

Métricas do processo: WIP médio diário: (-);

Métricas dos resultados: Distância percorrida pelo empilhador: (-);

Ora, à semelhança do que fora dito acerca do padrão da metodologia *Kata*, e porque ainda se está numa fase de aprendizagem, há que começar a estipular obstáculos que de forma mais ou menos intuitiva impeçam de atingir a condição-alvo apresentada. Como também já fora dito, o aprendiz do *Kata* pode começar por simular a condição-alvo e, partindo da condição-atual, descobrir essas barreiras.

Obstáculos:

1. Linha de golas não integrada (corte em avanço);
2. Existência de várias referências de golas;
3. Organização do *Layout* defeituosa – distanciamento entre postos de trabalho;
4. Material pesado e difícil de transportar/acondicionar;
5. Estrangulamento ao nível da PH17;
6. Falta de espaço no bordo de linha para a condicionamento do WIP;
7. Produção por encomenda, com imprevisibilidade da procura;
8. Falta de histórico de WIP acumulado;
9. Percursos e distância efetuados pelo empilhador desconhecidos;
10. Prensas da linha convencional mal orientadas/organizadas;

Estes foram os obstáculos com que se começou a abordar o problema. Nem todos, serão abordados.

Considera-se, agora, reunidas as condições para se apresentar a resposta à pergunta efetuada, anteriormente, acerca da possibilidade de colocar a linha de golas a operar como a linha de pés. De resto, este foi um dos primeiros passos efetuados durante os ciclos de *Coaching*, que muito contribuiu para se retirar algumas conclusões importantes.

Ora, como já se referiu, a linha de pés opera, na íntegra, com fluxo contínuo, havendo um balanceamento adequado entre a primeira e última operação. Por oposição, a linha normal de golas opera com o corte em avanço, e só da operação de numeração para jusante é que adquire características com fluxo contínuo, sem *stocks* acumulados ou esperas. Por consulta de informação interna, recolheram-se os tempos de corte (à saída da LAC2) bem como de produção (correspondente ao tempo de ciclo da operação mais lenta) para três modelos de golas (A,B e C) (ver Tabela 3.1).

Tabela 3.1. Comparação da utilização dos equipamentos para os cenários de uma (Opção2) e duas (Opção1) linhas não integradas.

	Procura (dia)	Opções a comparar		Modelo	Utilização LAC2			Utilização a jusante da LAC2					
		2 LINHAS			1 LINHA		C.Corte (g/h)	T. Corte (h)	Utiliz. LAC (%)	OPÇÃO 1		OPÇÃO 2	
		OPÇÃO 1	OPÇÃO 2		C.Prod (g/h)	T. Prod (h)				Utiliz. Linha (%)	Utiliz. Linha (%)		
F#1	800	Normal	Normal	A	560	1,4	82,5	360	2,2	113,2	183,0		
F#2	7200			B	850	8,5		514	14,0				
F#3	5000	XL	C	2600	1,9	500		10,0	69,8				

Numa primeira fase, com base na procura diária e na informação recolhida, obteve-se a cadência de corte e de produção (em golas/hora) e os respetivos tempos de corte e produção (horas). Neste sentido, aplicou-se uma métrica de desempenho - Utilização¹¹ - mediante dois cenários possíveis:

- Opção1 – A forma como se opera atualmente, com uma linha normal e uma célula dedicada a golas XL.
- Opção2 – Uma única linha, também com corte em avanço, mas com todas as golas na mesma linha flexível (golas normais e golas XL).

Na Tabela 3.1 mostra-se que do ponto de vista de utilização da LAC2 (utilização comum às duas opções), não há qualquer problema (82,5% de utilização). O mesmo não se pode dizer da utilização da linha nas operações seguintes. Enquanto, atualmente, já se trabalha no limite (113.2%) de utilização na linha normal (mais trabalhos na zona convencional) - motivo pelo qual se recorre frequentemente a um terceiro turno no fabrico de golas - com a criação de apenas uma linha dedicada a toda a produção, seria impossível satisfazer a procura diária. Enaltece-se o facto de nesta simulação não se estar a considerar os tempos perdidos em mudanças de fabrico (*changeover*) e/ou paragens forçadas, caso contrário, a utilização

¹¹ Disponibilidade ou Utilização – uma das métricas *Lean* (kpis – *key performance indicators*) que mede a relação entre o tempo útil e o tempo disponível: $U (\%) = \frac{\text{Tempo útil}}{\text{Tempo disponível}} * 100$.

suplantaria os atuais 183,0%. Note-se que a linha XL consegue satisfazer, plenamente, a procura atual (apenas 69,8% de utilização).

Conclusão: é imprescindível a produção recorrendo a duas células dedicadas. Uma para as golas normais e outra para as golas XL, considerando o corte em avanço.

Numa segunda fase, pretendeu-se simular uma terceira e quarta opções considerando, de igual forma, uma só linha, mas agora a operar de forma totalmente integrada, tal e qual a linha de pés. O resultado encontra-se espelhado na Tabela 3.2 e Tabela 3.3.

Tabela 3.2. Utilização da linha de golas, totalmente integrada, com dois turnos (Opção3).

	Utilização da linha integrada								
	Procura (dia)	OPÇÃO3	Modelo	C.Corte (g/h)*	T. Corte (h)	Utiliz. LAC (%)	C.Prod (g/h)	T. Prod (h)	Utiliz. Linha (%)
F#1	800	Normal integrada	A	360	2,2	183,0	360	2,2	183,0
F#2	7200		B	514	14,0		514	14,0	
F#3	5000		C	500	10		500	10	

Tabela 3.3. Utilização da linha de golas, totalmente integrada, com três turnos (Opção4).

	Utilização da linha integrada								
	Procura (dia)	OPÇÃO4	Modelo	C.Corte (g/h)*	T. Corte (h)	Utiliz. LAC (%)	C.Prod (g/h)	T. Prod (h)	Utiliz. Linha (%)
F#1	800	Normal integrada	A	360	2,2	122,0	360	2,2	122,0
F#2	7200		B	514	14,0		514	14,0	
F#3	5000		C	500	10		500	10	

Chama-se a atenção para o facto de as cadências de corte, agora, terem de ser ajustadas à cadência de produção (que passa a ditar o ritmo da linha). Note-se ainda que estando agora toda a linha a operar a um só ritmo (corte, e restantes operações a jusante da LAC2) há só um valor de *utilização* comum a toda a linha. Olhando para os resultados, verifica-se que seria impossível satisfazer a procura nas condições da opção3 (utilização de 183.0%). A opção4 (utilização de 122.0%) vem demonstrar que mesmo passando a operar com três turnos não se conseguia cumprir os objetivos. A criação de um quarto ou quinto turno poderia ser uma solução que, naturalmente, passaria pelo aumento de recursos (mão-de-obra) entre outros problemas (a ver mais tarde). Repare-se, ainda, que mesmo que não se considerasse a produção de golas XL na linha normal, isto é, não admitindo toda a produção numa única linha flexível, e operando na mesma com duas células, seriam necessárias mais de 16 horas para produzir só as encomendas destinadas às fábricas 1 e 2. Ou seja, implicaria a criação de um terceiro turno e mesmo assim teria que se garantir tempo para o corte das encomendas

destinadas à fábrica 3. Como se demonstrará, esta equipa de trabalho acha que a solução pode ser outra.

Conclusão: além de se pretender demonstrar a necessidade de trabalhar com o corte de golas em avanço, fica a perceber-se a razão da criação de uma célula dedicada a golas XL, já que seria incompatível operar com tal diversidade numa só linha, ainda que flexível. Faz-se ainda uma chamada de atenção para o facto de o início de atividade da nova fábrica representar, ainda, mais carga para os acessórios que se materializará num aumento de procura diária em mais 3300 golas XL e 3300 pés inscritos. Esse será um problema com que se lidará mais à frente neste trabalho mas que terá que começar a ter alguma influência nas decisões a tomar a partir de agora.

3.2.1. Análise da cadeia de valor de produto intermédio (PI)

Fazer o levantamento da condição-atual (desde o fluxo de materiais, informação e pessoas) de um qualquer *shop floor* é um caminho muito ambicioso que envolve um conhecimento abrangente do processo e suas sinergias. Há pois, que ter cuidado. Hoje em dia muitas organizações optam por usar uma ferramenta bem conhecida do *Lean Manufacturing*, o VSM¹² – mapeamento da cadeia de valor. Esta é uma ferramenta bastante poderosa que requer perícia no seu desenvolvimento, caso contrário, poderá não ser abrangente o suficiente e, conseqüentemente, pouco eficaz. Paralelamente aos VSM, servindo como complemento, costuma utilizar-se uma outra ferramenta designada por *Diagrama de Spaghetti* e com o qual se pretende representar os fluxos sobre a planta das instalações. A sua implementação poderá não só tornar visíveis as distâncias percorridas, mas também tempos, deslocações e esperas. No final, um novo diagrama poderá servir para avaliar os ganhos advindos das melhorias implementadas.

Neste projeto, como os desperdícios já se encontram identificados, faltando quantificá-los, será esta última a ferramenta de ponto de partida para uma análise à cadeia de valor de produto intermédio (WIP). Neste sentido, ao longo de vários dias de estágio, foram sendo recolhidos percursos efetuados no transporte dos lotes de material no *gemba*. O resultado está evidenciado na Figura 3.5.

¹² VSM – *value stream mapping* – ferramenta *Lean* que visa a construção de um mapa do “estado atual - *as-is*” da cadeia de valor, enquanto foca o seu estado pretendido ou “estado futuro - *to-be*”, numa ótica de identificação de desperdícios e redução dos tempos dos processos (*lead time*).

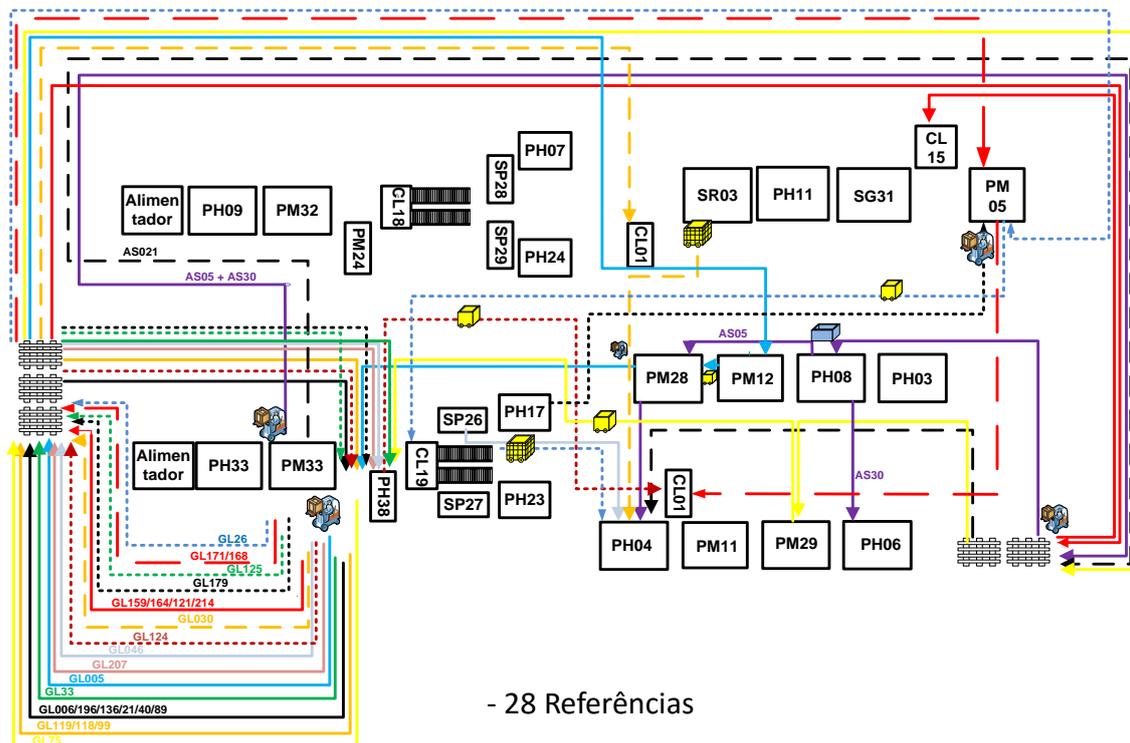


Figura 3.5. Diagrama de *Spaghetti* com os fluxos de material para diversas referências de golas.

Parece confuso (ver imagem ampliada no APÊNDICE B). De resto, o diagrama de *Spaghetti* incita, de facto, a estupefação tal o emaranhado de percursos que se possam encontrar. Começa, assim, a vislumbrar-se o verdadeiro problema da secção dos acessórios. Os desperdícios estão à vista. Há que esmiuçá-los.

A informação que aqui se apresenta terá que ser fiável e representativa do estado atual da secção. Como forma de garantir que a amostragem de fluxos que se apresenta traduz o panorama diário, semanal ou até mensal da secção dos acessórios, fez-se um outro estudo baseado no histórico de produção da empresa. Para tal, recorreu-se a uma outra ferramenta, uma das sete ferramentas clássicas da qualidade, a análise ABC¹³. Para a utilização desta ferramenta, tomou-se como critério as quantidades produzidas de cada modelo desde o início do ano 2014 até Junho de 2015 (Tabela 3.4).

¹³ Análise ABC – também designada como regra 20/80 ou princípio de Pareto, este princípio revela que para muitos fenómenos, 80% das consequências advêm de apenas 20% das causas. As organizações devem, portanto, orientar esforços naquilo que é realmente importante (i.e., a classe A e/ou B).

Tabela 3.4. Análise ABC – Classe A e B relativas às quantidades produzidas (2014 - Junho de 2015).

Sem xl		2014	2015	2014+2015		
MODELO	RANK	QUANTIDADE			QUOTA	Acumulado
GL125	1	375062	77840	452902	21,5%	21,5%
GL040	2	115942	31185	147127	7,0%	28,5%
AS021	3	54820	88900	143720	6,8%	35,4%
GL006	4	91100	42983	134083	6,4%	41,7%
GL021	5	78336	53052	131388	6,2%	48,0%
AS018	6	118260	0	118260	5,6%	53,6%
GL124	7	79922	27225	107147	5,1%	58,7%
AS005	8	62640	23245	85885	4,1%	62,8%
GL099	9	60835	18720	79555	3,8%	66,6%
GL030	10	41815	23640	65455	3,1%	69,7%
GL207	11	20230	33320	53550	2,5%	72,2%
GL153	12	52468	0	52468	2,5%	74,7%
GL075	13	34554	15910	50464	2,4%	77,1%
GL119	14	34345	15175	49520	2,4%	79,5%
GL179	15	42365	5077	47442	2,3%	81,7%
GL026	16	33800	11350	45150	2,1%	83,9%
GL210	17	0	41190	41190	2,0%	85,8%
GL136	18	29940	9990	39930	1,9%	87,7%
GL089	19	2380	24360	26740	1,3%	89,0%
GL150	20	22348	2015	24363	1,2%	90,2%
GL110	21	19038	4260	23298	1,1%	91,3%
GL171	22	22822	315	23137	1,1%	92,4%
GL044	23	9385	13280	22665	1,1%	93,5%
GL097	24	22338	0	22338	1,1%	94,5%

Na Tabela 3.4 está representado somente a classe A e B, as que realmente interessam¹⁴. Este estudo foi muito importante pois permitiu perceber quais as referências de golos a ter em conta (ainda que a imprevisibilidade do mercado seja acentuada) e que mais interessavam para o estudo dos fluxos produtivos. Sem ela, estar-se-ia, constantemente, à espera que surgisse uma encomenda de uma qualquer referência que ainda não se tivesse acompanhado, sem se perceber se, efetivamente, essa constituísse importância relevante ao estudo. De resto, quando se efetua qualquer análise ou alteração deve-se olhar ao todo, caso contrário, não se progride. Posto isto, refere-se, mais uma vez, que este foi o ponto de partida, sabendo-se de antemão que tal estudo fica desatualizado a cada dia que passa. Com a sua ajuda, pode-se dizer que as golos mais importantes estão a ser ponderadas no presente trabalho.

Paralelamente a este estudo, fora também desenvolvido um documento de registo de diagramas de blocos cujo objetivo era, além de complementar o estudo do processo, o de criar padrões que a juntar aos já criados, permitissem uma uniformização dos processos existentes. Um exemplo desses diagramas de blocos poderá ser visualizado na Figura 3.6¹⁵.

¹⁴ Consultar APÊNDICE C para ver tabela completa (com as três classes).

¹⁵ Consultar APÊNDICE D para ver mais diagramas de bloco.

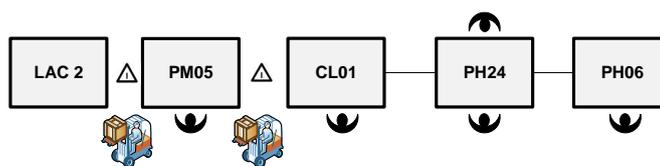


Figura 3.6. Diagrama de bloco para a sequência de fabrico da GL118.

Além da sequência operatória, estes diagramas permitem visualizar o número de operadores necessários ao fabrico, os locais de acumulação de WIP (*work-in-process*) bem como o meio utilizado para o transportar.

Estando os percursos identificados, faltará encontrar uma forma de quantificar o WIP acumulado. Para que tal fosse possível, desenvolveu-se um *template* de registo da produção diária. Com esta folha de registo, foi possível saber a quantidade exata de WIP acumulado no final de cada dia e em cada turno. Além disso, permitiu ter consciência da relação corte/produção em cada dia. Na Tabela 3.5 pode-se ver o exemplo do dia 13 de Abril. Essa informação foi sendo recolhida ao longo do período de 7 de Maio a 16 de Maio.

Tabela 3.5. Modelo do *Template* utilizado no registo de corte e produção diária.

Previsão		O.E/O.F.		Modelo	Cadência conformação (g/h)	Encomenda (ud)	Corte acumulado (ud)	Quarta					
Dia	Cliente	Nº	L					C1	P1	C2	P2	C3	P3
13	A	13381	1	PD.GL0021.00166	450	2 450	120	1440	890				
	B	13140	1	PD.GL0124.00178	450	5 285	0		1500			3840	
	C	12775	3	PD.GL0030.00001	450	17 830	4935		2200		1600		
	D	13064	2	PD.GL0164.00001	514	20 500	14175				1700		
Total								1440	2 200	2390	3300	3840	0
Razão								152,8		138,1		0,0	

Q. cortada (ud.)	∑ Q. cortada (ud.)	% Cortada (parcial)	% Cortada (total)	Q. Prod. data prevista (ud.)	Acumulado (ud.)	Avanço (h)	
2330	2450	95,1	100,0	0	2450	5,4	WIP
5340	5340	101,0	101,0	0	5340	11,9	28610
0	4935	0,0	27,7	3800	1135	2,5	27700
0	14175	0,0	69,1	1700	12475	24,3	31540
7670	P/C = 71,7			5500			31540

O sombreado verde representa corte, sem sombreado o que foi produzido. Como se verifica, neste dia houve mais corte do que conformação, numa razão de 0,71. Verifica-se ainda que o turno que mais produziu foi o 2º turno (P2) - 3300 - e que no terceiro turno houve só corte (3840 planificados cortados). De resto, por norma, no terceiro turno há só corte, o necessário para adiantar obra para o primeiro turno do dia seguinte. Fundamentalmente, verifica-se o WIP acumulado, sendo o seu pico máximo registado no final do dia (31540 planificados). Tal acontecimento deve-se ao corte registado ao longo do terceiro turno que não fora acompanhado pela conformação. Este é um cenário que se repete diariamente pelo

motivo já explicado. O facto de se ter recolhido informação durante 49 dias fez com que se tivesse um histórico que se apresentasse como uma amostra fidedigna da realidade do WIP médio acumulado na secção (Figura 3.7) e a partir do qual se pudesse inferir, com alguma segurança, acerca do WIP médio diário (Tabela 3.6).

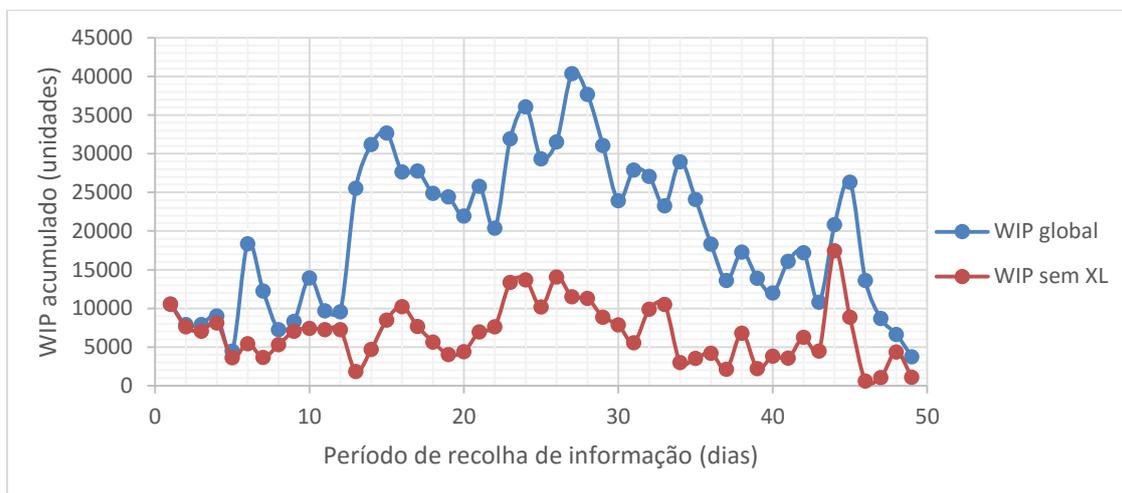


Figura 3.7. Evolução temporal do WIP acumulado no final de cada dia.

Tendo por base a evolução temporal do WIP acumulado que aqui se apresenta, os valores médios são:

Tabela 3.6. Valores médios diário do WIP acumulado no final de cada turno para o período referido.

Média_{global} (ud.)	Média_{sem XL} (ud.)
20383 (1ºT)	6248 (1ºT)
19925 (2ºT)	5790 (2ºT)
21273 (3ºT)	6782 (3ºT)

Transformando o WIP em termos de *lead-time* fica 1,6 dias para o caso global e 0,8 dias para o caso sem XL (considerando o WIP acumulado no fim do 3º turno). Embora não sendo valores muito elevados, já são consideráveis e justificam uma melhoria por não respeitarem (bem longe) um sistema de produção contínuo (por exemplo: *one-piece-flow*).

Fez-se a distinção entre WIP global e WIP sem XL já que era óbvio que segundo esta contabilização, o corte de XL inflacionaria os resultados. Como se poderá verificar na Tabela 3.1, a cadência de corte deste modelo de gola é muito elevada quando comparada com a dos restantes modelos. Isto faz com que havendo uma encomenda de golas XL, uma enorme quantidade seja cortada, em curto período de tempo, aumentando os valores de WIP nalgumas centenas. Essa quantidade não se repercutirá com igual estrondo nos fluxos ou

movimentações já que é uma gola de dimensões muito pequenas, o que fará com que a mesma palete que transporta 800 unidades de uma gola normal, possa carregar 6000 golas XL de uma só vez. Por fim, fez-se, ainda, uma pequena estimativa do espaço ocupado no chão de fábrica pelo WIP e respetivos contentores, que agora se evidencia na Tabela 3.7.

Tabela 3.7. Estimativa da área ocupada pelos contentores de WIP acumulado.

	WIP médio (ud.)	Capacidade dos contentores (ud.)	Contentores necessários	Área dos contentores (m ²)	Área ocupada (m ²)
Gola normal	6782	800 +/-100	8,5 (9)	0,8	7,2
Gola XL	14491	6000 +/- 100	2,4 (3)	0,6	1,8

A área média diária ocupada pelos contentores será de 9 metros quadrados. Uma representação desse *stock* de WIP acumulado no chão de fábrica pode ser observada na Figura 3.8.



Figura 3.8. Panorama atual de WIP acumulado no local destinado ao seu armazenamento.

3.3. Comentários

Finda esta exposição, há uma série de conclusões que se podem retirar. A primeira, e mais evidente, é a de que há razões mais que suficientes para se melhorar o desempenho desta secção. E porque numa crise, embora cientes do perigo, há que reconhecer a oportunidade, se se percorrer, de novo, a lista dos principais desperdícios *Lean*, dá para perceber que esses se encontram presentes. Comece-se pelo excesso de produção. A realidade é que com o corte em avanço já abordado, embora não se esteja a criar nenhuma

expectativa de venda (o fabrico é efetuado tendo em conta as encomendas efetuadas, em que só se produz quando o cliente dá garantias de que quer aquele produto), está a cortar-se mais planificados do que aqueles realmente necessários para aquele instante ou até próximas horas. Tal efeito cria *stocks* extra que, necessariamente, originarão transportes e movimentações que seriam desnecessários se se respeitasse o conceito de *just-in-time* – uma peça de artigo por cada posto de trabalho. Associado a estes lotes estão esperas sucessivas (a espera é uma das mais evidentes formas de não acrescentar valor ao produto) e uma produção não encadeada que origina fluxos intermitentes e constantes desperdícios. Estes são alguns dos efeitos mais evidentes causadores de *muda* na secção e que restringem uma maximização da sua real capacidade. A outra face da moeda é que embora haja claras fontes de insatisfação, denota-se alguma inércia por parte dos utilizadores do espaço em fazer alterações tal o seu estado de habituação e receio de que possíveis alterações venham a criar outros problemas, ao invés de solucionar os existentes. Estes e outros fatores tentarão ser minimizados com as soluções avançadas ao longo da próxima secção.

4. SOLUÇÕES PROPOSTAS

Tal como já se referiu, a inércia à mudança é, porventura, o maior inimigo da melhoria contínua. Nesta secção, tentar-se-á demonstrar que com a ajuda da metodologia *Kata*, um pouco de persistência e dedicação, pode-se chegar a soluções viáveis que contribuam para a melhoria da *performance* da secção acessórios.

4.1. Reestruturação do processo produtivo

À medida que se foi caminhando no sentido da condição-alvo - manipulação do WIP de golas sem empilhador - foi começando a ganhar força a ideia de uma mudança, porventura radical, na secção dos acessórios. Essa mudança, implicaria mexidas de *layout* (que são sempre delicadas) mas, se bem implementadas e estudadas, poderiam trazer enormes proveitos. Para tal, recorreu-se à Tecnologia de Grupo.

4.1.1. Tecnologia de grupo

A tecnologia de grupo, tal como fora já avançado, é uma técnica que tem evoluído ao longo dos anos e se tem instalado nas organizações competitivas, cujas características passa por adotar uma customização em massa, fruto da diversidade de produtos em carteira por forma a satisfazer as necessidades do cliente a baixo custo e no menor tempo (Susic, 2012).

Esta estratégia requer uma forma de agrupamento por famílias, que pode ser conseguida à custa da análise da sequência operatória dos artigos. Foi isso mesmo que foi efetuado, tendo por base os fluxos e padrões já apresentados, observados no chão de fábrica ao longo de vários dias, e recorrendo a um método de agrupamento designado por *Rank Order Clustering* (ROC) ou “Método de King” (Ver último passo do método na Figura 4.1¹⁶).

¹⁶ Consultar APÊNDICE E com explicação da construção do método e etapas intercalares.

	PH33	PH38	CL19	SP27	SP26	PH17	PH24	PH23	PM05	PM12	SR03	PM29	PM11	PH04	PM28	PH08	PH11	SG31	CL15	PH03	PH06	CL01	
GL33	1	2	3		4	5	6(2)																
GL119	1	2	3			4(2)	5																
GL118	1	2	3			4(2)	5																
GL05	1	3	4	5		6	7(x2)		2														
GL125	1	2	3	4		5	6(2)																
GL179	1	3	4				5		6	2													
GL075	1	3	4			5(2)				2													
GL06	1	2	3				4																
GL207	1	2	3			4																	
GL136	1	2	3				4																
GL99	1	2	3			4																	
GL21	1	2	3				4																
GL40	1	2	3				4																
GL89	1	2	3				4																
GL26	1	2	3				4																
GL196	1		2					3															
GL124	1	2	3			4	5																
GL171	1	2	3				4(2)			5	6												
GL168	1	2	3				4(2)			5	6												
GL030	1		2				4			3	5												
GL46	1		3	4			5		2														
AS05	1													4	3	2							
AS21	1													2									
AS30	1													4	3	2							
GL159	1																4	3	2				
GL164	1																4	3	2				
GL214	1																4	3	2				
GL121	1																4	3	2				
Discos								1	2												3		

Figura 4.1. Método de agrupamento – Rank Order Clustering (ROC).

Da aplicação do método há que concluir:

- Formação de três células/linhas principais – nº1: cor-de-rosa, nº2: azul e nº3: cinza;
- A existência de referências de golas que não se enquadram em nenhuma das células (GL171;GL168;GL30;GL46);
- Golas que não completam todas as operações dentro da célula (GL5;GL179;GL75);
- A necessidade de alteração no posicionamento de alguns equipamentos;
- A permuta (não definitiva) entre alguns equipamentos (de entre os que já existiam) para facilitar a formação da célula;
- Fica evidente a existência de equipamento supérfluo (PH06 e CL01);
- Discos não se inserem (para já) em nenhuma célula.

Posto este trabalho, faltava analisar o seu significado e averiguar a sua exequibilidade e adaptação ao processo.

1º Etapa – Analisar as referências que não se inserem em nenhuma célula ou não completam todas as operações dentro da “sua célula”.

Pelas razões expostas, estas referências constituem fonte de desperdício (Figura 4.2.).

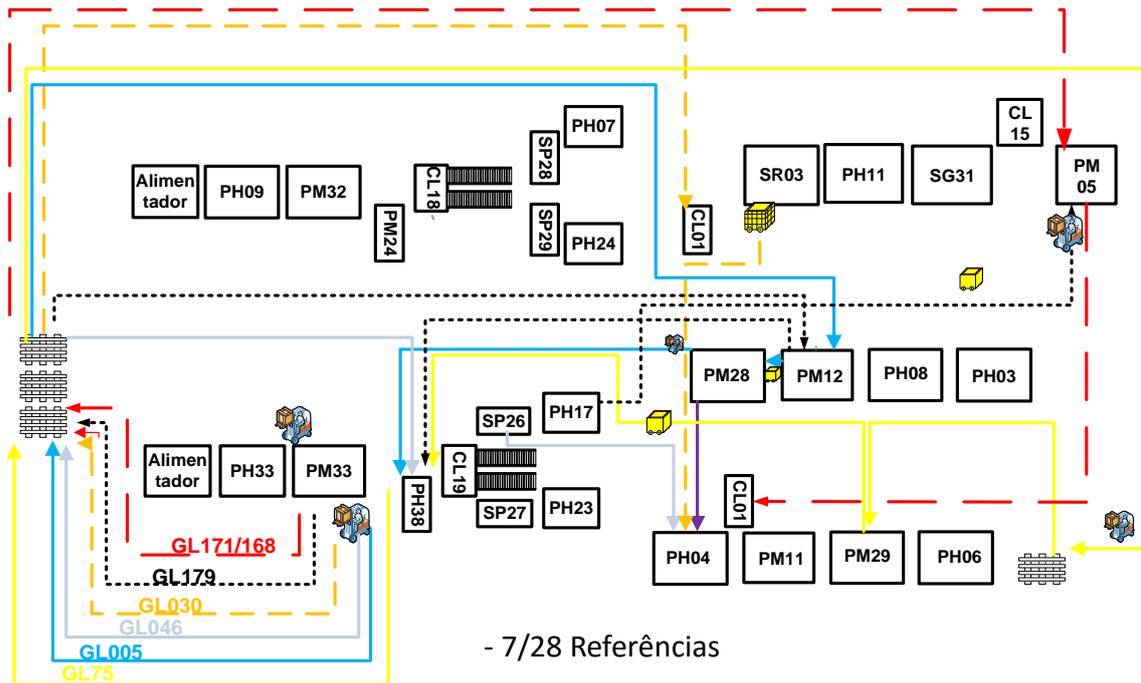


Figura 4.2. Rotas a eliminar com melhoria das ferramentas.

Estes modelos de golas não se enquadram nas células formadas por não haver ferramenta de corte/conformação adaptada que permita efetuar as operações necessárias. Dá-se o exemplo da GL179 que, não sendo a ferramenta de corte capaz de efetuar todas as operações de corte (na LAC 2), origina duas operações suplementares fora de linha; uma logo após o corte do planejado tem que ir a uma prensa mecânica, à zona convencional, efetuar um corte lateral, voltando a entrar na linha para as restantes operações; outra, após a conformação (na PH17), voltando a sair de linha para efetuar um furo, já depois da gola soldada e conformada. Outro exemplo é o da GL30 cuja especificação de soldadura requer que essa operação seja efetuada na máquina de soldadura por resistência (SR03). Deve-se, portanto, atuar no sentido de permitir que essa operação seja feita com soldadura MIG (na SP26) evitando saídas de linha e poupanças energéticas consideráveis (característica da soldadura por resistência). Além disso, tratando-se de uma gola muito estreita, o corte completo da janela, na LAC2, quebrá-la-ia. Nesse caso, um ajuste na ferramenta de corte evitaria a saída da gola de linha para efetuar essa operação na zona convencional (PH04).

Estas e outras melhorias de ferramentas não só eliminariam quase por completo os fluxos de material no chão de fábrica identificados na Figura 4.2, como também conduziria a outros ganhos (ver Tabela 4.1.).

Tabela 4.1. Alterações e principais ganhos com a melhoria de algumas ferramentas.

Gola (#)	Quota (ud.) (2014+2015)	Posição ABC	Alteração	Ganhos
GL 030	65455	10	Ferramenta de corte (janelas) + Ferramenta de conformar (suporte)	- 1 Operador + Cadência Trabalho em Linha Corte mais Uniforme (Furar) Redução Sucata (Acessórios e Montagem) Poupança energia
GL 075	50464	13	Já alterada !	- 1 Operador + Cadência Trabalho em Linha
GL 179	47442	15	Ferramenta de corte (corte lateral + furo)	- 2 Operadores + Cadência Trabalho em Linha
GL 171	23137	22	Ferramenta de corte (furo) + Ferramenta de conformar (não adaptada)	- 2 Operadores + Cadência Trabalho em Linha

Nesta tabela encontram-se somente aquelas referências que, em função da sua preponderância (dada pela análise ABC efetuada) careceram de maior atenção¹⁷. De resto, aquando da exposição deste estudo aos órgãos de chefia, houve a preocupação de demonstrar

¹⁷ Consultar APÊNDICE F para ver restantes referências que não se inserem em nenhuma célula e por decisão da equipa de trabalho não devem ser ponderadas tal a sua má classificação na análise ABC.

se, efetivamente, a alteração se revelaria vantajosa do ponto de vista custo-benefício. Claro está, não haverá grande interesse em gastar algumas dezenas de milhares de euros numa destas ferramentas quando a respetiva gola se encontra na classe C da análise ABC. Refira-se, ainda, que a GL33 que apresentava um percurso semelhante ao da GL75, fruto deste trabalho fora, também, alterada.

2º Etapa – Eliminação de rotas com a criação das células de tecnologia de grupo para asas/punhos (célula azul) e discos.

À medida que se foi caminhando em direção à condição alvo, constatou-se que além das golas, também os discos e punhos eram fonte de desperdícios evidente (Figura 4.3).

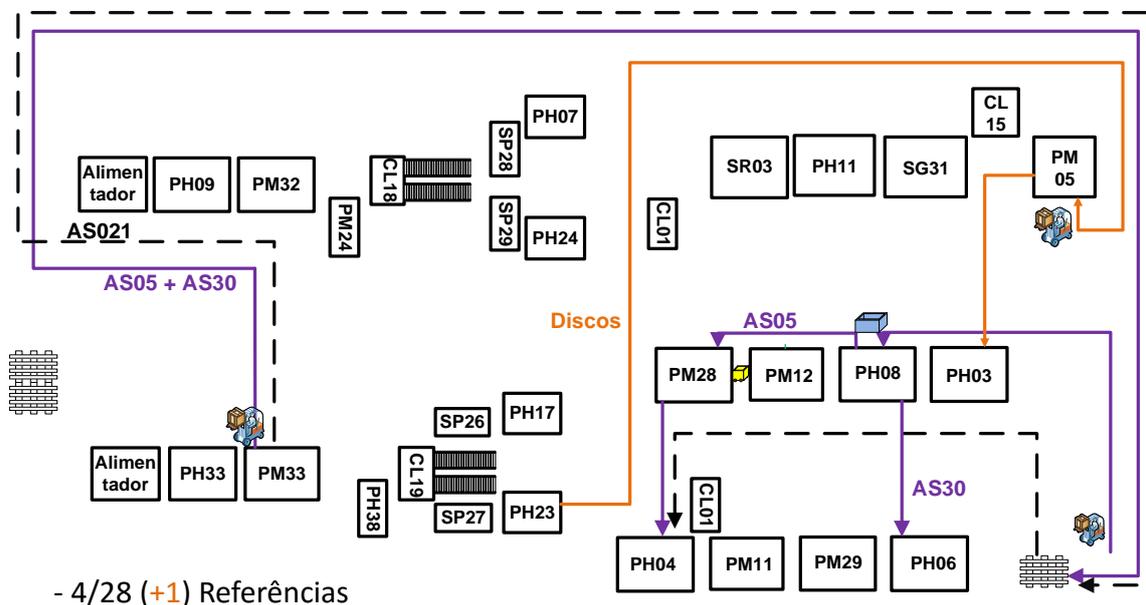


Figura 4.3. Rotas a eliminar com a criação das células de asas/punhos e discos.

Como se poderá ver, e como já fora mencionado na sequência de fabrico das asas/punhos, o atual desenho do chão de fábrica obriga a constantes deslocações deste material, quer com recurso ao empilhador, que em contentores de menor dimensão (representados a azul). A criação de uma célula dedicada a estes artigos simplificaria esses fluxos.

Também os discos passam a fazer parte integrante do estudo já que a sua sequência de fabrico, além de criar enorme granel (com fluxos constantes e ocupação de muito espaço junto à PH23 com as pilhas que lá se acumulam) está restringida aos equipamentos em cima identificados, nomeadamente, à PH23 e à PH03. Ora, a PH23 passa aqui a ter uma importância vital. Primeiro, porque é, a par da PH04, a única prensa que tem força suficiente para fazer a marcação de baixo-relevo nos discos. Depois, porque não tem uma mesa

suficientemente grande para operar com as ferramentas de conformação de golas (o que deita por terra a exequibilidade da célula/linha normal apresentada a cor-de-rosa na Figura 4.1. Além disso, tem muito fraca acessibilidade para as intervenções de troca de ferramenta. Ou seja, apesar de estar situada na linha de golas serve, única e exclusivamente, para a marcação de baixo-relevo nos discos. Quanto à PH03, é a única prensa que tem uma mesa suficientemente grande para lá ser inserida a ferramenta de alto-relevo (Figura 4.4).

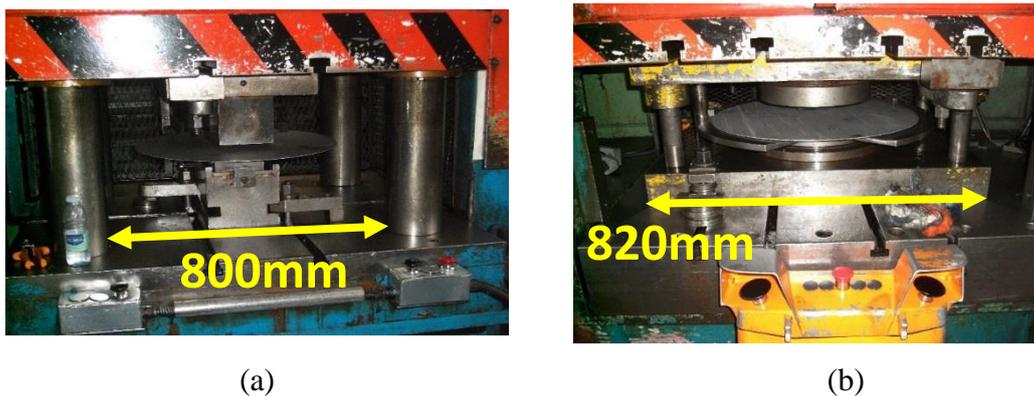


Figura 4.4. (a) PH23 com ferramenta de baixo-relevo; (b) PH03 com ferramenta de alto-relevo.

Ao mesmo tempo, quer asas/punhos quer discos, têm uma sequência operatória semelhante pelo que a ideia da conceção de uma célula dedicada aos primeiros poderia ser combinada com a possibilidade de essa célula passar a operar toda a sequência de discos, eliminando assim dois grandes problemas, com a implementação de uma única célula. A solução teria, portanto, que recair sobre uma célula de TG constituída por todos os equipamentos necessários à execução destas duas famílias de produtos.

4.1.2. Opções apresentadas

Tendo em conta tudo o que acaba de ser exposto, decidiu-se apresentar três hipóteses que, no entender desta equipa de trabalho, melhor satisfazem as necessidades desta secção. Claro está, com vantagens e desvantagens distintas, estas são as que justificam um juízo final cuidado de entre as várias que foram estudadas e rejeitadas.

- **Opção n°1**

Reparta-se esta opção em duas fases para melhor se perceber o seu conteúdo. A primeira parte diz respeito somente à linha (ou célula) de golas. Esta célula foi estruturada em resposta à célula n°1 obtida com a técnica de agrupamento (célula cor de rosa) e postula

que se crie uma célula que possa operar com dois ramos em paralelo (somente com modelos diferentes em simultâneo, já que não há ferramentas de conformação em duplicado), maximizando o seu rendimento e eliminando desperdícios (Figura 4.5). **Nota:** O fundo verde significa equipamento novo; O fundo laranja significa mudança de lugar.

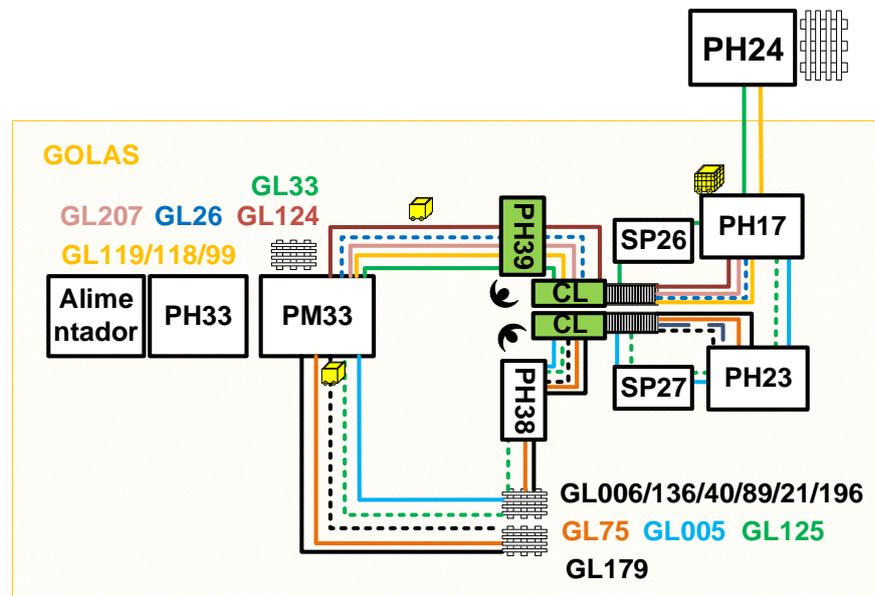


Figura 4.5. Célula de tecnologia de grupo para golas (opção nº1).

Pressupostos:

- Libertação de espaço no bordo de linha para acondicionamento de WIP;
- Já se viu que serão necessários em média 7.2 metros quadrados por dia. O corte em avanço, assim o exige.
- Consertar PH39 (semelhante à PH38) existente na empresa, mas inativa de momento;
 - Aquisição de duas calandras semelhantes à CL15 que permita o correto enrolamento de golas (a calandra automática atual (CL19) não permite calandrar duas referências diferentes, em simultâneo).
 - Talvez o ponto mais importante seja relativo à PH23.

Como se viu, esta prensa não é adequada para golas, primeiro por ter uma mesa estreita que condiciona a colocação da ferramenta de conformação. Depois, por ter muito fraca acessibilidade para a sua colocação. A solução pode passar por libertar espaço (retirando as estantes que se encontram junto a ela) permitindo assim ao empilhador aceder sem dificuldade para facilitar os *changeovers* e apelar ao engenho dos operadores para que consigam inserir as ferramentas no seu interior (é possível, mas complicado). Outra opção pode passar pela aquisição de uma prensa semelhante mas com a mesa maior.

- Balancear as linhas.

Garantir que o nº de série nas PH38/39, e a calandragem (a CL15, sendo semi-automática, basta que lhe seja apontada a gola que a operação decorre, automaticamente) sejam efetuadas pelo mesmo operador (no máximo, criar um posto de trabalho só para calandragem e assim manter os níveis de produtividade golas/(hora.Homem).

Vantagens:

- Prevê-se eliminar todas as rotas.

Rotas originadas por todas as referências de golas inseridas na célula nº1 (da Figura 4.1) mais rotas devidas às referências que não se inseriram em nenhuma célula (sem sombreado na Figura 4.1) e cujas ferramentas possam vir a ser melhoradas. O transporte de paletes com recurso ao empilhador deixaria de ser necessário pois passariam a percorrer uma distância muito menor e em quantidades reduzidas, recorrendo a carrinhos com rodízios já existentes.

- Passaria a operar-se numa célula fácil de gerir, controlar e onde as operações seriam facilmente visualizados e uniformizáveis;
- Menor esforço por parte dos trabalhadores;
- Fluxos simples e harmoniosamente distribuídos pela célula;
- Minimização do risco de acidentes;
- Prevê-se a redução de lead-times;
- Menor tempo necessário de fabrico para produzir o mesmo número de golas (maior flexibilidade);
- Libertação de espaço no chão de fábrica com menores pontos de retenção de material.

Apresenta-se agora a segunda fase que diz respeito à organização da célula de asas e discos (célula azul da Figura 4.1). A proposta pode ser vista na Figura 4.6.

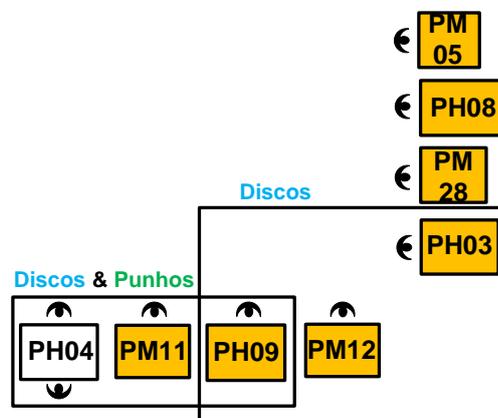


Figura 4.6. Célula TG dedicada a asas/punhos e discos.

Pressupostos:

- Rotação da PM11 e PM12;
- Alteração da posição da PH09;

Esta deixa de ser precisa na linha de pés (está prevista a chegada de uma nova prensa que substitua esta na linha de pés) – e fará aqui falta pois servirá quer para o baixo-relevo dos discos, quer para a quinagem ou marcação de punhos.

- Disposição em “L” (característica das células TG) que em muito facilita a visualização do processo e entreajuda.
- Ajuste na ferramenta de alto-relevo.

Deve ser retirado, por arranque de apara, alguns milímetros para que possa ser inserida na PH04.

Fica assim descrita a primeira opção apresentada.¹⁸

Vantagens:

- Eliminação total das rotas entre postos de trabalho visíveis na figura Figura 4.3.
- Libertação substancial de espaço no chão de fábrica;
- Melhorar a visibilidade e entreajuda entre operadores;
- Maior facilidade de acesso aos equipamentos (com rotação da PM11 e PM12);
- Grande flexibilidade;
- Produção de discos com alta cadência.

A opção atual de marcar o alto-relevo na PH03 faz deste posto de trabalho um estrangulador do processo pois a prensa é muito antiga, lenta e dela advém muitas paragens forçadas.

Repare-se que esta organização agrega as prensas necessárias a punhos/asas e discos.

Para os discos:

- uma PH para o baixo-relevo (neste caso a PH09);
- uma PM para nº de série (neste caso a PM11);
- uma PH para alto-relevo (neste caso há a PH04 ou, eventualmente, a própria PH03).

Para as asas/punhos:

- uma PH para marcar inscrição (neste caso a PH04, PH09 ou, eventualmente, a PH08);
- uma PM para nº de série (neste caso PM11, PM12, PM28 ou até PM05);

¹⁸ Consultar APÊNDICE G para ver *layout* global da opção nº1.

-uma PH para quinagem (neste caso PH09 ou PH04) conforme o sentido escolhido/disponível.

- **Opção n°2**

No seguimento das adversidades encontradas na opção n°1 surge a opção n°2. Muito sinteticamente, traduz-se com a passagem da célula de golas para a atual linha de pés (Figura 4.7), mantendo-se a célula de punhos/asas e discos igual aquela proposta na opção n°1.

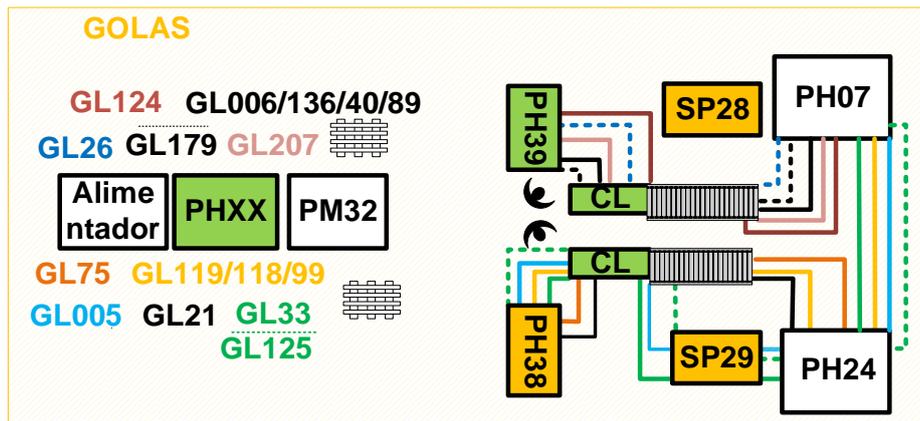


Figura 4.7. Célula de TG, desta vez, transferida para a atual linha de pés.

Pressupostos:

- Em linhas gerais, os pressupostos da opção anterior mantêm-se;
- Fazer pequeno ajuste na distância entre a PHXX (prensa nova e PM32) que garanta a continuidade dos padrões de corte anteriores;
- Rodar as SP (máquinas de soldar).

Ficou provado que a nova posição é mais ergonómica para os operadores que assim não terão que se rodar para recolher a gola/pé do tapete transportador.

- Garantir que as ferramentas de conformação cabem na PH07 (prensa ligeiramente mais pequena e estreita que PH24 ou PH17)¹⁹.

Vantagens:

Esta opção mantém todas as vantagens enumeradas para a opção n°1, pretendendo-se contornar os obstáculos inerentes à PH23. De facto, com esta solução, tem-se à disposição duas prensas hidráulicas perfeitamente capazes de conformar golas (a PH07 e a PH24).

Opção n°3

Por fim, e não menos importante, surgiu a opção n°3, que vem romper com as premissas das duas opções anteriores (Figura 4.8.).

¹⁹ Consultar APÊNDICE H para ver esse estudo efetuado bem como *layout* global da opção n°2.

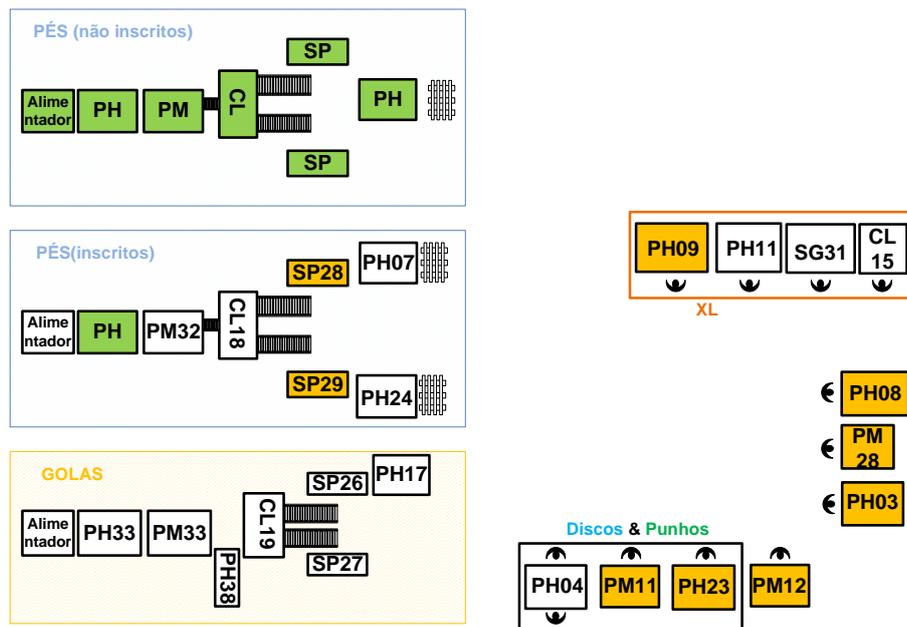


Figura 4.8. Layout global proposto na opção nº3.

Pressupostos:

- Manutenção dos pressupostos anteriores para as células de discos e punhos/asas;
- PH23 sai da linha de golas (agora não é necessária lá) e é deslocada para a zona convencional (substitui a PH09 na condição anterior)²⁰;
- Aquisição de uma nova linha de pés (somente destinada a pés não inscritos) a somar à necessidade de libertação de espaço para a sua instalação.

Vantagens:

Além de comungar de todas as vantagens das duas opções anteriores, garante:

- Grande flexibilidade;

Como se verá (Tabela 4.2), quer uma quer outra linha de pés não serão necessárias durante os três turnos pelo que haverá a possibilidade de fabricar golas nessas linhas.

- Aumento de capacidade da linha de pés.

Não contemplada nas opções anteriores, com a instalação da nova fábrica haverá a necessidade de aumentar a capacidade da linha de pés em 3300 unidades/dia.

²⁰ Deste modo, a PH09 poderá mover-se para a linha XL, passando a efetuar uma operação dessas golas (nas opções anteriores são efetuadas duas operações na PH11 - conformação e corte de rebarda - o que torna o tempo de ciclo ligeiramente menor que quando operando separadamente – PH11 + PH09);

Ora, como ainda não se teve oportunidade de demonstrar, de resto, não era esse o propósito deste trabalho, faça-se o mesmo estudo já efetuado para a linha de golas, quanto à utilização da linha (Tabela 3.1), mas agora para a linha de pés (Tabela 4.2 e Tabela 4.3)²¹.

Tabela 4.2. Utilização da linha de pés integrada atual (com 3 turnos).

	Procura (dia)	Linha	Modelo	Utilização da linha integrada					
				C.Corte (g/h)	T. Corte (h)	Utiliz. LAC (%)	C.Prod (g/h)	T. Prod (h)	Utiliz. Linha (%)
c/ inscrição	5000	Pés integrada	A	500	10	114,2	500	10	114,2
s/ inscrição	8000		B	550	14,5		550	14,5	

Tabela 4.3. Utilização da linha de pés integrada após nova fábrica (com três turnos).

	Procura (dia)	Linha	Modelo	Utilização da linha integrada					
				C.Corte (g/h)	T. Corte (h)	Utiliz. LAC (%)	C.Prod (g/h)	T. Prod (h)	Utiliz. Linha (%)
c/ inscrição	8300	Pés integrada	A	500	16,6	144,9	500	16,6	144,9
s/ inscrição	8000		B	550	14,5		550	14,5	

Como se depreende da simulação feita na Tabela 4.2 e Tabela 4.3, para as novas exigências de procura (acréscimo de 3300 pés inscritos por dia) deixa de haver capacidade da linha integrada de pés atual (Utilização de 144,9%) que já se encontrava no limite da sua capacidade (utilização de 114,2%). Ora, tem que se ter isso em conta numa possível intervenção nos acessórios.

Uma solução poderia passar, por exemplo, pela criação de um 4º e/ou 5º turno que ficaria a operar ao fim de semana. Essa opção traria outras preocupações:

- Custos com a contratação de pessoal;
- Acumulação de WIP e produto acabado em quantidades significativas (sobreprodução: que origina *stocks*, esperas, transportes, movimentações...);
- Enorme desgaste dos equipamentos, nomeadamente ao nível das LAC's que passariam a operar quase ininterruptamente.

Os motivos que aqui se apresentam foram mais que suficientes para se ser abandonado a ideia da criação de um 4º/5º turno e se ter optado pela solução nº3.

²¹**Nota:** manteve-se as colunas correspondentes quer à LAC (a cinza) quer a jusante dela (a verde), para se evidenciar que com a linha totalmente integrada (fluxo contínuo) há um só ritmo; isto é, uma *utilização* comum ao corte e à conformação. A mesma nota serve para as tabelas seguintes.

A utilização das duas linhas de pés para o panorama proposto está assim patente nas Tabela 4.4 e 4.5.

Tabela 4.4. Simulação da utilização das duas linhas de pés para a condição nº3 (três turnos).

3 Turnos	Procura (dia)	Linha	Modelo	Utilização da linha integrada					
				C.Corte (g/h)	T. Corte (h)	Utiliz. LAC (%)	C.Prod (g/h)	T. Prod (h)	Utiliz. Linha (%)
c/ inscrição	8300	Pés	A	500	16,6	77,2	500	16,6	77,2
s/ inscrição	8000	integrada	B	550	14,5	67,7	550	14,5	67,7

Tabela 4.5. Simulação da utilização das duas linhas de pés para a condição nº3 (dois turnos).

2 turnos	Procura (dia)	Linha	Modelo	Utilização da linha integrada					
				C.Corte (g/h)	T. Corte (h)	Utiliz. LAC (%)	C.Prod (g/h)	T. Prod (h)	Utiliz. Linha (%)
c/ inscrição	8300	Pés	A	500	16,6	115,8	500	16,6	115,8
s/ inscrição	8000	integrada	B	550	14,5	101,5	550	14,5	101,5

Como se pode ver na Tabela 4.4, e como já se referiu, nestas condições (opção nº3) e mantendo os três turnos, as linhas de pés ficam subutilizadas (Utilização de 77,2% e de 67,7%). Aliás, dois turnos quase que são suficientes para o fabrico de todos os pés necessários (Tabela 4.5). Tal facto permitiria que fossem fabricadas golas nestas linhas (no terceiro turno). Mais, esta condição abriria portas à possibilidade de se passar a fabricar golas em linha totalmente integrada! Nesse caso sim, todos os fluxos, lotes, esperas, transportes e movimentações seriam eliminados já que deixaria de se cortar em avanço e nesse caso, sim, seria possível satisfazer aquela primeira questão e colocar as golas a operar como a linha de pés (com fluxo contínuo). Este seria o padrão de trabalho ideal e a condição alvo ficaria plenamente satisfeita.

4.2. Simulação e comparação de cenários

Pretende-se, agora, fazer uma analogia condição-atual – condição-futura (em função das propostas apresentadas) e verificar, com recurso à simulação (*Software Simul8*), que as expectativas de melhoria delineadas com o que fora apresentado são uma realidade.

A simulação não é uma técnica de otimização nem produz uma solução por si só. Trata-se, sim, de uma ferramenta de análise *what if*, estatística, que consiste e fazer variar os parâmetros de entrada de um modelo do sistema real e assim analisar o seu impacto nas medidas de desempenho relevantes (Silva & Oliveira, 2013).

Numa primeira fase comparam-se os cenários do estado atual e da opção nº1, somente para a célula de golos normal (também válida para a opção nº2). Tomou-se como partido o WIP acumulado no início do dia 19 de Maio (GL124: 2465; GL33: 6350; GL6: 2742; GL136: 2500). Procedeu-se ao levantamento de tempos dos equipamentos necessários e projetou-se o modelo da condição proposta nº1 (

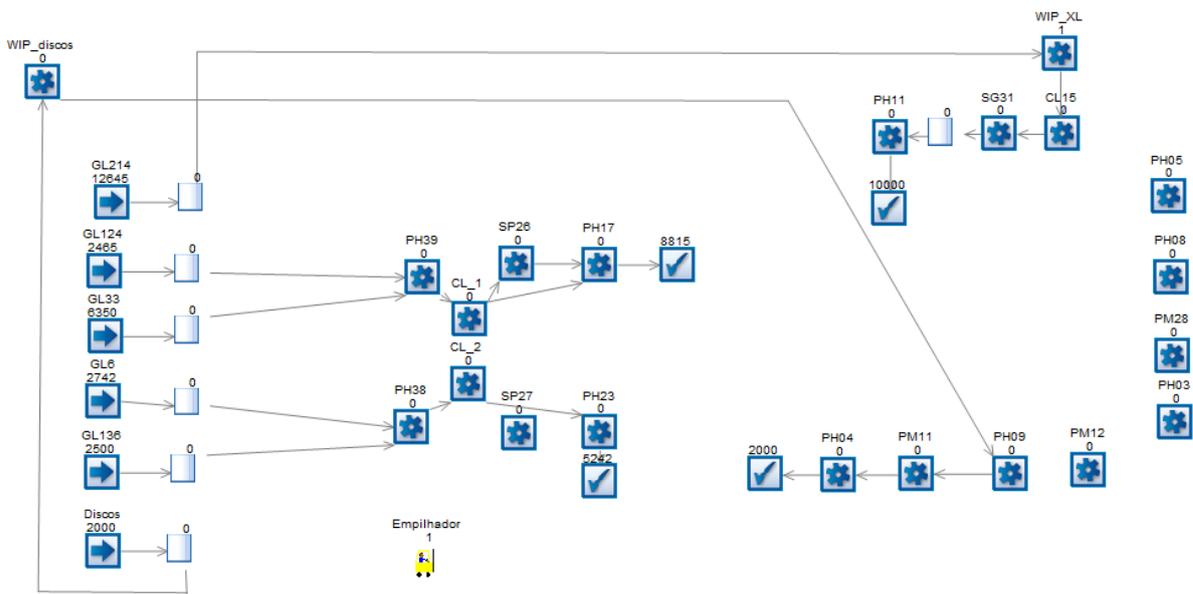


Figura 4.9)²²:

²² Consultar APÊNDICE I para ver imagem da

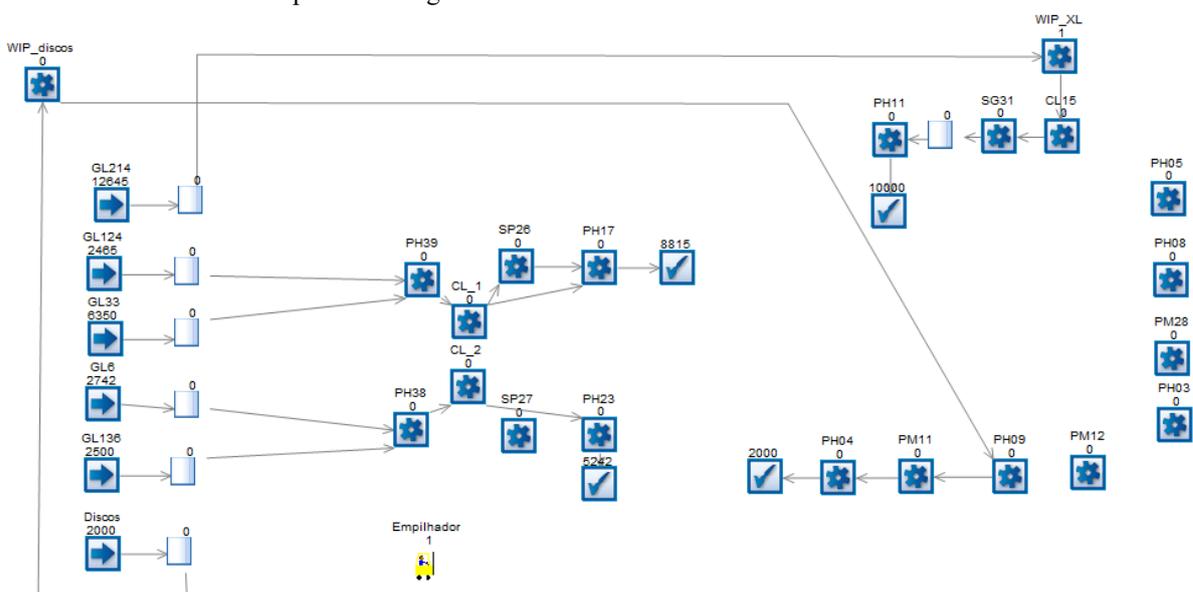


Figura 4.9 ampliada, bem como o modelo da condição-atual.

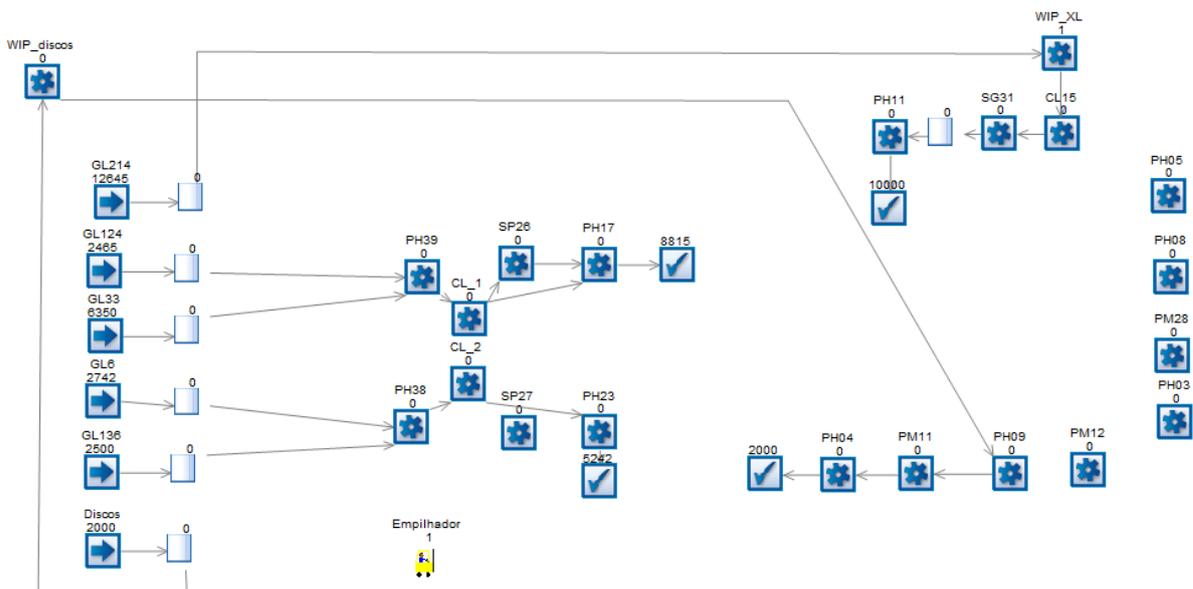


Figura 4.9. Modelo da condição nº1 retirado do programa de simulação *Simul8*.

Correu-se o modelo até que todas as referências de golas acumuladas tivessem sido produzidas, como forma de comparar tempos médios e máximos de cada referência no sistema atual e proposto. O resultado encontra-se na Tabela 4.6.

Tabela 4.6. Comparação de cenários, quanto a tempos no sistema, obtidos do programa de simulação.

Gola	Tempo no sistema (horas)				RAZÃO	
	Atual		Proposto		Médio	Máximo
	Médio	Máximo	Médio	Máximo		
6	3,0	6,0	3,0	6,0	1,0	1,0
124	9,3	12,5	2,7	5,4	0,3	0,4
136	12,1	14,8	8,7	11,4	0,7	0,8
33	21,2	27,7	12,3	19,2	0,6	0,7
Tempo total necessário		27,5		19,2 (Linha1)		
				11,4 (Linha2)		

Pela análise da tabela Tabela 4.6, verifica-se uma enorme redução de tempo no sistema, nomeadamente, para as golas 124 e 33. Refira-se que a comparação de cenários deve ser efetuada em termos de intervalos de confiança²³ pelo que acerca da gola 6 nada se pode concluir já que têm intervalos de confiança coincidentes. De resto, era o que se esperava já que para a condição-atual as golas são produzidas com a sequência 6-124-136-33 enquanto na nova condição a sequência é 6-136 numa linha e 124 – 33 na outra. Ou seja, a gola 6 começa a ser produzida sempre em primeiro lugar, e portanto, nunca espera. O mesmo não acontece com as restantes. Em termos de tempo total, enquanto na condição-atual são necessárias 27,5 horas para se concluir toda a produção (aproximadamente três turnos e

²³ Consultar APÊNDICE J para ver intervalos de confiança.

meio), com a solução proposta, como há produção em paralelo, são necessárias somente 19,2 horas de trabalho numa linha e 11,4 na outra. Ou seja, ao fim de dois turnos e meio toda produção está terminada sendo que nesse instante, uma dessas linhas encontra-se livre há praticamente 5 horas (redução de 30% do tempo total necessário). Ficam assim evidentes os ganhos em termos de *output*, a somar aos benefícios já referidos com a simplificação dos fluxos.

Numa segunda fase interessava compara os cenários para as células dedicadas de discos (Figura 4.10) e XL (Figura 4.11), como fora proposto. Para um período de simulação de dois turnos (51600 segundos) fica:

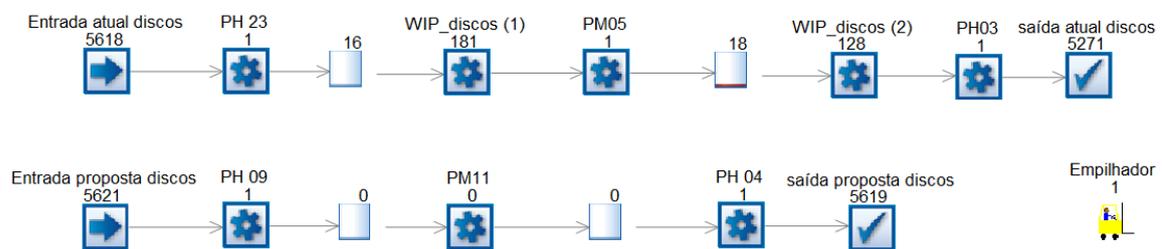


Figura 4.10. Comparação de cenários para discos (atual vs. proposto (opções nº 1 e 2)).

Como se apercebe à primeira vista da Figura 4.10, verifica-se acumulação de WIP entre a PH23 e PM05 e entre esta e a PH03, fruto do distanciamento entre estes postos, o que origina transportes com recurso ao empilhador (rotas da Figura 4.3) e, conseqüentemente, desperdícios. Na figura Figura 4.10 os itens WIP_discos (1) e WIP_discos (2) pretendem representar uma paleta de WIP que é transportada pelo empilhador e colocada junto ao respetivo posto de trabalho. Enquanto o empilhador não recolhe nova paleta, o posto anterior vai acumulando produto intermédio em fila de espera.

A quantificação desse WIP acumulado bem como os ganhos de produção podem ser visto na Tabela 4.7.

Tabela 4.7. WIP de discos acumulado e comparação de *output* para condição-atual e futura (**nota:** fila de espera vem em nº de golas; tempo vem em segundos).

	Item	Índice de desempenho	Intervalo de confiança		
			-95%	Média	95%
Atual	Fila para WIP_discos (1)	Tamanho médio fila espera	99	99	99
		Tamanho máximo fila espera	200	200	200
	Fila para WIP_discos (2)	Tamanho médio fila espera	69	69	69
		Tamanho máximo fila espera	200	200	200
	WIP_discos (1)	Quantidade média	69	69	70
		Quantidade máxima	199	199	199
	WIP_discos (2)	Quantidade média	88	88	89
		Quantidade máxima	199	199	199
	Saída atual discos	Tempo médio no sistema	4086	4089	4093
		Quantidade produzida	5252	5262	5272
Proposta	Saída proposta discos	Tempo médio no sistema	22	22	22
		Quantidade produzida	5602	5610	5618
	Fila para PH04	Tamanho máximo fila espera	1	1	1
	Fila para PM11	Tamanho máximo fila espera	1	1	1

A solução proposta além de eliminar rotas, reduz o WIP (a praticamente zero) bem como o *lead-time* médio (tempo médio no sistema), isto fruto do encadeamento da produção, em contrapartida à produção em lotes. Com a nova proposta ao fim de 22 segundos (em média e com 95% de certeza) ter-se-ia o primeiro disco acabado, ao passo que na condição atual será necessário que passem 4089 segundos (!) (em média) desde o início do fabrico, até se ter o primeiro disco pronto a expedir, o que diz bem dos benefícios do fluxo contínuo. Tal acontecimento representará um aumento de produtividade de 234 para 249 (discos.hora/Homem)²⁴.

²⁴ Produtividade: medida de desempenho de eficiência que representa a quantidade produzida por unidade de fator de produção; Produtividade = quantidade produzida/(hora.mão-de-obra utilizada); (4.1)

Embora não se tenha feito a simulação para punhos/asas, espera-se um comportamento semelhante, já que as novas condições assim o propiciam.

O mesmo estudo pode ainda ser feito para a alteração efetuada na célula de golos XL, proposta na opção nº3 (Figura 4.11).

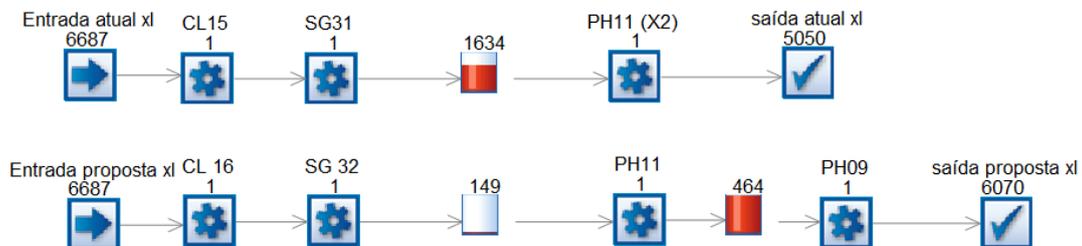


Figura 4.11. Comparação de cenários para célula de XL (atual vs. proposto (opção nº3)).

Também para dois turnos (51600 segundos), verifica-se um aumento de *output* significativo com a nova proposta. A produtividade passa agora de 168 para 202 golos/(hora.Homem). O WIP acumulado entre postos também se reduz-se (pelo motivo da redução de tempo de ciclo já anunciado). Repare-se que também aqui há uma redução significativa do tempo médio no sistema (aproximadamente 60%) (ver Tabela 4.8).

Tabela 4.8. Comparação de cenários para a célula de golos XL (**nota:** fila de espera vem em nº de golos e tempo vem em segundos).

		Item	Índice de desempenho	Intervalo de confiança		
				-95%	Média	95%
Atual	Fila para PH11 (X2)	Tamanho médio fila espera	802	809	815	
		Tamanho máximo fila espera	1606	1622	1637	
	Saída atual XI	Tempo médio no sistema	6217	6264	6311	
		Quantidade produzida	5048	5060	5073	
Proposta	Fila para PH11	Tamanho médio fila espera	69	73	77	
		Tamanho máximo fila espera	143	148	154	
	Fila para PH09	Tamanho médio fila espera	220	230	240	
		Tamanho máximo fila espera	448	463	478	
	Saída proposta xl	Tempo médio no sistema	2322	2376	2430	
		Quantidade produzida	6061	6070	6079	

Fica assim demonstrado as vantagens das várias propostas de melhoria apresentadas.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Importa lembrar quais foram os objetivos traçados para alcançar com a realização deste projeto:

1. Simplificação do fluxo produtivo (redução de percursos e distâncias);
2. Diminuição de pontos de retenção de material e níveis de inventário (WIP);
3. Controlo de produção mais fácil;
4. Libertação de espaço no chão de fábrica;
5. Normalização do processo;
6. Aumento da flexibilidade (com a diminuição do *lead time*);
7. Aumento da produtividade;
8. Minimização do risco de acidentes.

O facto de se ter apresentado mais do que uma opção tem a ver com possibilidade de se apresentar aos órgãos superiores um leque de escolhas que lhes permita seleccionar aquela que melhor se coadune com as suas pretensões.

A criação de uma célula de golas com possibilidade de operar, em simultâneo, com duas referências de golas diferentes, é uma solução que, embora envolva mudanças assinaláveis (podendo despoletar resistência por parte dos operadores e chefes de linha), permite solucionar um conjunto de problemas que em muito prejudicam o bom funcionamento da secção dos acessórios. Como se verificou, a simplificação dos fluxos foi o mais evidente, tendo contribuído para o aumento geral do desempenho da secção. Inerente a essa simplificação e com a melhoria de algumas ferramentas, o *output* e, consequentemente, a produtividade (Equação 4.1) também sofreram melhorias²⁵:

$$\text{Produtividade atual: } \frac{13574 \text{ (golas)}}{27,5 \text{ (horas)} \times 6 \text{ (operadores)}} = 82,3 \text{ golas/(hora.Homem)} \quad (5.1)$$

$$\text{Produtividade proposta: } \frac{14057 \text{ (golas)}}{19,2 \text{ (horas)} \times 6 \text{ (operadores)}} = 122,0 \text{ golas/(hora.Homem)} \quad (5.2)$$

²⁵ Nota: Produtividade calculada tendo por base os resultados do tempo e *output* decorrentes da simulação.

Como se depreende, conseguiu-se um aumento significativo da produtividade que será, porventura, ainda superior, já que se considerou que o tempo total de trabalho foram 19,2 horas quando é sabido que somente um dos ramos da célula demorou tanto tempo.

Há que ter em conta, também, que para efeitos de simulação da utilização desta célula/linha, se considerou que a procura diária é de 7200+800 golas. Na realidade não se tratará de um valor tão elevado já que nesta soma da procura diária, já se está a contabilizar punhos/asas que não são produzidos nesta célula. A sua utilização será, portanto, ligeiramente inferior. De resto, teve o cuidado de, para efeitos de simulação, se escolher um dia que contasse com WIP acumulado de várias referências, mas se se reparar não estão incluídos asas/punhos. Num dia “normal” estarão asas e punhos, pelo que as 8000 golas destinadas à célula de golas, na realidade será um número inferior.

Será de notar que esta solução carece, ainda, de pequenos ajustes, entre os quais um teste ao balanceamento das duas linhas, que permita que com apenas dois operadores, em paralelo, se possa efetuar a marcação do nº de série e a calandragem em ambos os ramos da célula (fundamental para não prejudicar os índices de produtividade).

Pro fim, as melhorias de ferramentas propostas será também fundamental à escolha desta opção já que sem elas continuará a haver a necessidade de fluxos exteriores à célula. Em suma, parece ser uma hipótese credível e económica, tendo em conta o investimento que a opção nº3 prevê. De resto, altos investimentos contrariam a política *Lean Thinking* aqui abordada.

A opção nº3, por sua vez, é uma ótima solução do ponto de vista produtivo. Permitirá operar com duas linhas totalmente integradas, dedicadas a pés (inscritos e não inscritos) além de viabilizar a utilização de uma destas para a produção de golas – a comparação da Tabela 4.3 e Tabela 4.4 permitiu evidenciar a sua disponibilidade. A flexibilidade e salvaguarda dos interesses do cliente são, portanto, a sua maior vantagem. Outro fator preponderante na sua escolha, e já enunciado, diz respeito ao menor desgaste provocado nos equipamentos, já que serão menos solicitados. Em seu benefício, contribui também a possibilidade de se passar a fabricar todas as golas em linha totalmente integrada. A disponibilidade das linhas de pés em fabricar golas (no terceiro turno) originaria a que se passasse a operar nesta secção somente com fluxo contínuo. De resto, o ideal. Como principal revés, o investimento financeiro que tal opção acarretaria.

Relativamente ao rearranjo da zona convencional, não há muito a acrescentar às evidências antes demonstradas. Esta parece ser a solução que melhor satisfaz todas as partes, já que alia a superioridade produtiva, fruto do encadeamento da produção (Figura 4.10), às melhores condições ergonómicas para os funcionários, minimizando ainda os desperdícios antes identificados como acumulação de WIP, deslocações, transportes e esperas. Além disso, revela-se uma oportunidade de melhoria bastante económica para a empresa.

Pode-se pensar que com o rearranjo das células se tenha perdido flexibilidade. Pelo contrário, além de se terem revelado proveitos enormes, nada impede que se possa fabricar golas normais, como antigamente (na zona convencional), desde que não haja discos e/ou asas/punhos para fabricar. Nesse aspeto a secção ficará tão bem ou melhor servida pois à flexibilidade anterior, acresce maiores cadências, melhor satisfação no local de trabalho e melhor qualidade.

Em suma, de forma mais ou menos eficiente, com maior ou menor investimento, todas permitem alcançar os objetivos antes estipulados.

6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Terminado que está este projeto, resta fazer uma retrospectiva ao que acaba de ser exposto numa tentativa de responder às questões levantadas aquando da sua apresentação. Ser eficaz (mediante o cumprimento dos objetivos) procurando a máxima eficiência (através da sábia utilização dos recursos de produção)! Será esta a premissa das tais organizações que prosperaram mesmo em tempo de crise.

De facto, fica evidente que caberá às empresas decidir, no seio dos seus órgãos de gestão, quais as políticas a adotar, aquelas que melhor atenuem uma contradição evidente ao nível do preço-qualidade, dando primazia ao potencial humano, numa ótica de maximizarem a porção de valor a ser entregue aos clientes. Na “prata da casa” é que estará o ganho, mantendo a consciência de que a empresa deve ser um local de criação e aprendizagem. Tal só será possível com sistemas de produção controlados e bem organizados.

Foi com esse intuito que se desenvolveu o presente trabalho. Com aliceces numa metodologia de melhoria contínua (*Toyota KATA*) coerente e sustentada, onde o diálogo e transparência apelou ao envolvimento e compromisso das pessoas, para que nunca se perdesse o foco daquilo que realmente interessava - a identificação e eliminação dos *muda*.

A reestruturação do processo produtivo demonstrou ser a melhor forma de atingir o padrão de trabalho pretendido. A estratégia de tecnologia de grupo com o agrupamento de máquinas e famílias de produtos revelou-se preponderante na minimização dos constantes transportes e movimentações de *WIP (work-in-process)* melhorando o desempenho geral da secção em causa.

O levantamento da condição no *gemba*, onde tudo acontece, terá sido, por ventura, a maior adversidade numa fase inicial do projeto fruto da variabilidade de produtos e falta de uniformização. A partilha de conhecimentos com os operadores, quem realmente conhece o processo, acabara por ser fundamental no mapeamento da cadeia de valor e identificação dos desperdícios que mais tarde se tratariam em equipa transversal, recorrendo à sua análise, reflexão e criação de consensos e desse modo combatendo a inércia dos velhos costumes.

Neste aspeto, o tempo revelou-se essencial. Muitas vezes esquecido pelo fascínio dos resultados rápidos em projetos *Lean*, há que ter em conta que novas implementações, ferramentas e métodos de trabalho requerem consolidação.

Nestes trabalhos de reorganização do sistema produtivo a duplicação de equipamentos acaba por ser uma via de progresso contudo, restrições quanto a equipamentos, localizações obrigatórias, falta de flexibilidade ou espaço disponível obrigou a reformular certas soluções e até ao desprezo de outras.

Como perspectiva de futuro, e tendo sido feito neste projeto, essencialmente, um estudo inter-operacional, seria proveitoso complementá-lo com uma análise do ponto de vista da implantação intra-operacional. Ao nível dos modos operatórios dentro da própria célula. Tal análise permitiria corroborar a viabilidade/vantagens das opções apresentadas e incidiria, fundamentalmente, no rearranjo e organização de cada posto de trabalho bem como no posicionamento dos operadores e todos os meios de produção e materiais necessários.

Alerta-se também para as vantagens que adviriam em se apontar esforços no sentido de melhorar o escoamento de produto acabado desta secção (acumulado em grades de metal e) ocupando espaço no chão de fábrica, forçando o empilhador a fazer inúmeros trajetos no *gamba* e sendo fonte de desperdícios.

A atual forma de armazenar e manipular o *slitting* é outro ponto que deveria requer atenção por parte dos órgãos de melhoria da empresa. Atualmente, este rolo é depositado no exterior, sem qualquer proteção ao ambiente, organização e/ou identificação, fatores que pejorativos à sua cadeia de valor.

Em suma, (no mínimo) fica a ideia de se ter contribuído para um melhor conhecimento do processo além de se ter dado (mais) um passo em frente naquilo que será a política de melhoria contínua da empresa.

E se este relatório começou com a invocação de Darwin acerca da evolução das espécies, nada melhor que terminar com Lamarck²⁶: “*A progressão rege-se pelo meio envolvente. No processo de adaptação ao meio, o uso despoleta o desenvolvimento, e o desuso provoca atrofio*”.

Às empresas cabe a árdua tarefa de nunca deixarem de utilizar os meios ao seu dispor, privilegiando uma evolução constante, sob pena de se deixarem atrofiar.

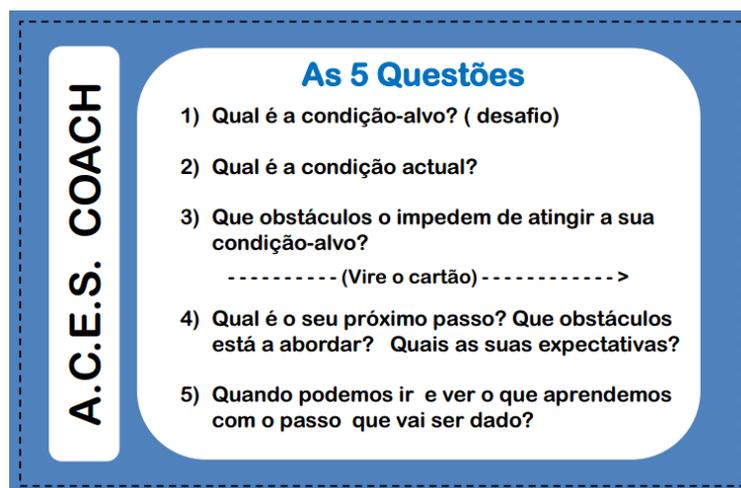
²⁶ Lamarck – evolucionista francês, o primeiro a propor uma teoria sintética da evolução aquando da publicação da obra de sua autoria - *Filosofia Zoológica* (1809).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

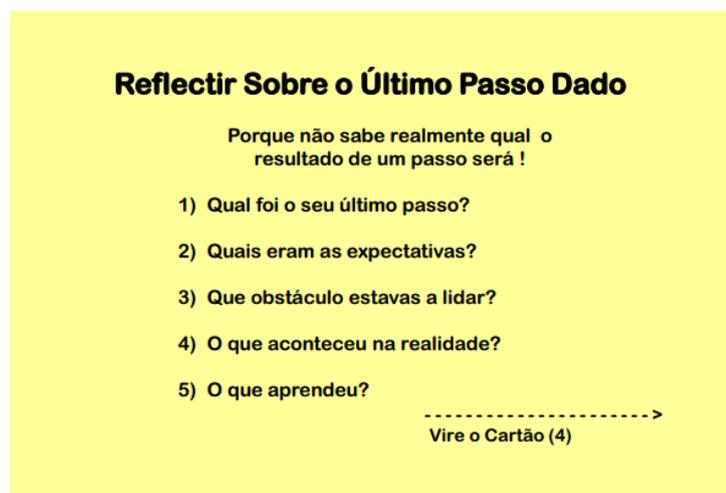
- Amtrol-Alfa. (28 de Maio de 2015). *Amtrol-Alfa*. Obtido de Web site Amtrol-Alfa: <http://www.amtrol-alfa.com/catalog/domesticindustrial>
- Brunt, D., & Butterworth, C. (1998). *Waste elimination in lean production - A supply Chain Perspective*. Dusseldorf: Proc ISATA 98.
- Burbidge, J. L. (1989). *Production Flow Analysis for Planning Group Technology*. Reino Unido: Oxford University Press.
- Carmo-Silva. (2011). *Textos e Elementos de Apoio - Organização de sistemas de produção*. Universidade do Minho.
- Coimbra, E. A. (2009). *Total Flow Management: Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains*. Switzerland: Kaizen Institute.
- Courtois, A., Pillet, M., & Martin-Bonnefous, C. (2007). *Gestão da produção - Para uma gestão industrial ágil, criativa e cooperante*. Lidel.
- Covey, S. R. (2004). *The 8th habit: From Effectiveness to Greatness*. New York: Free Press.
- Drew, J., McCallum, B., & Roggenhofer, S. (2004). *Journey to Lean: Making Operational Change Stick*. Great Britain: PALGRAVE MACMILLAN.
- Hirano, H. (2009). *JIT Implementaion Manual - The Complete Guide to Just-in-Time Manufacturing - Volume 3*. New York: CRC Press.
- Hitomi, K. (1996). *Manufacturing Systems Engineering*. Great Britain: Taylor & Francis, Ltd.
- Institute, L. E. (2008). *Lean Lexicon - a graphical glossary for Lean Thinkers*. USA: Lean Enterprise Institute, INC.
- Jabobs, F. R., Chase, R. B., & Aquilano, N. J. (2009). *Operations & Supply Management*. New York: McGraw-Hill.
- Liker, J. K., & Meier, D. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. USA: McGraw-Hill.
- Martin, K., & Osterling, M. (2007). *The Kaizen Event Planner - Achieving Rapid Improvement in Office, Service and Technical Environments*. New York: Productivity Press.
- Ohno, T. (2007). *O Sistema Toyota de Produção*. Porto Alegre: Bookman.

- Pinho, N. (2012). *Manual Kata Amtrol Alfa - Contínua Evolução Sistemática*. Guimarães: Publicação Interna.
- Pinto, J. P. (2009). *Pensamento Lean - A Filosofia da Organizações Vencedoras*. Lisboa: Lidel.
- Pinto, J. P. (2010). *Gestão de Operações - na Industria e nos Serviços*. Lisboa: Lidel.
- Porter, M. (1998). *Competitive Strategy - Techniques for Analysing Industries and Competitors*. New York: The Free Press.
- Porter, M. (2001). The Competitive Advantage of Nations. *Harvard Business Review*, 73-75.
- Rother, M. (2010). *Toyota Kata - Managing People for Improvement, Adaptiveness, and Superior Results*. New York: McGraw-Hill.
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to See - Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda*. USA: Lean Enterprise Institute, Inc.
- Schaeffer, R. (2003). *Understanding Globalization: The social consequences of political, economic and environmental change*. USA: ROWMAN & LITTLEFIELD PUBLISHERS, INC.
- Silva, C., & Oliveira, M. (2013). Simulação - Ideias Chave. DEM - Departamento de Engenharia Mecânica, Coimbra.
- Susic, N. (20 de 07 de 2012). Customizing Products through Application of Group Technology: A Case Study of Furniture Manufacturing. *Journal of Mechanical Engineering* 58(2012)12, 724-731, 724-729.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Ross, D. (1991). *The Machine That Changed The World*. New York: Rawson Associates.
- Womack, J., & Jones, D. (2003). *Lean Thinking - Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. New York: Free Press.

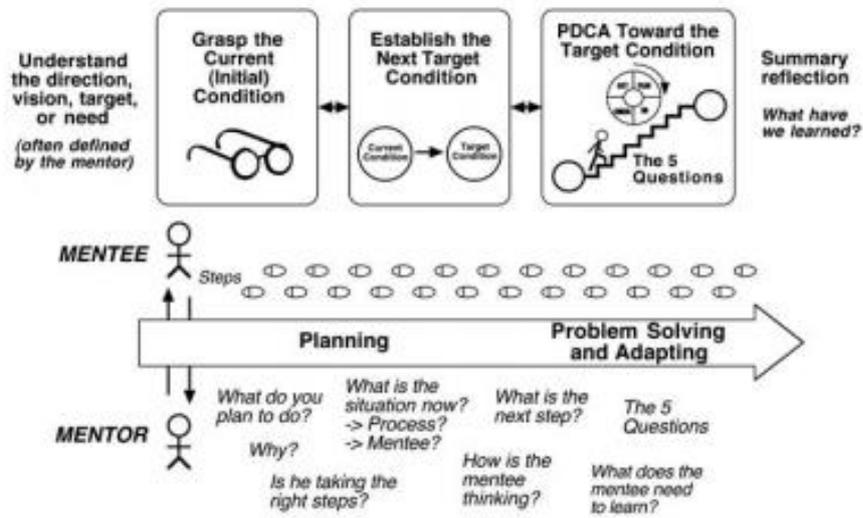
ANEXO A



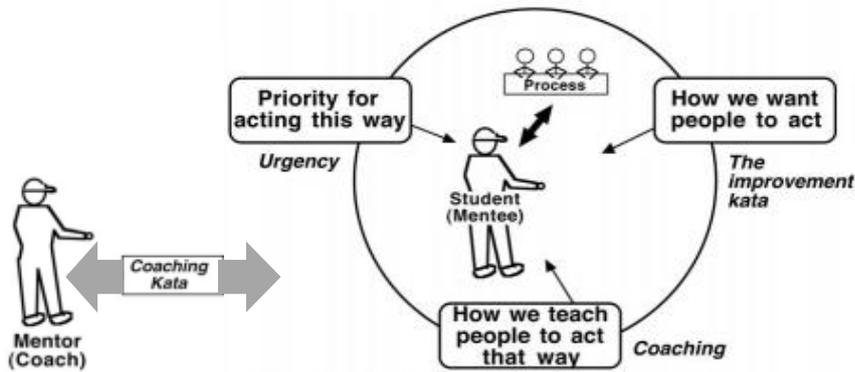
Frente do cartão com as 5 questões utilizadas nos ciclos de *coaching*.



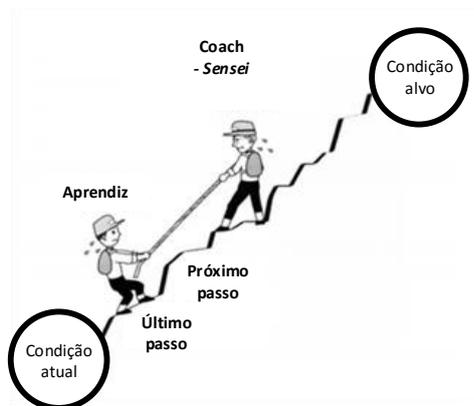
Verso do cartão com as 5 questões utilizadas nos ciclos de *coaching*.



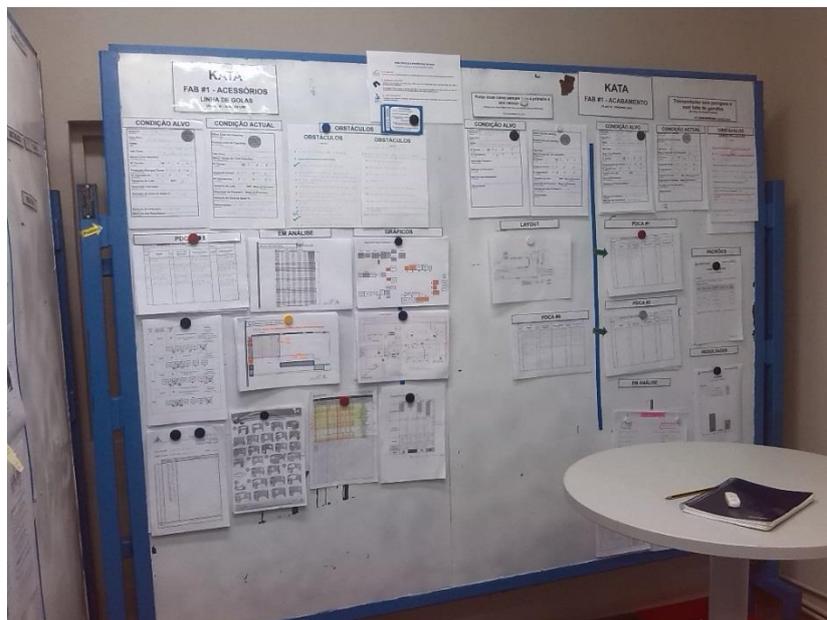
Diálogo mentor/aprendiz durante a aprendizagem do *kata*.



Três áreas onde se pode intervir (*improvement kata*).



O relacionamento entre mentor e aprendiz ao longo da longa caminhada.



Local onde os ciclos de *coaching* tiveram lugar.

ANEXO B

Último Ciclo de Coaching <small>Last Coaching Cycle</small> Próximo Ciclo de Coaching <small>Next Coaching Cycle</small>			
Takt Time:			
Menor Tempo de Ciclo Repetido: <small>Lowest Repeatable Cycle:</small>			
Nº Turnos : <small># of Shifts:</small>	HE: 1º <small>OT</small>	2º	3º
Produção Actual : 1º <small>Actual Out Put</small>	2º	3º	
Nº Operadores: 1º <small># of Operators</small>	2º	3º	
Tamanho do Lote : <small>Batch Size</small>	WIP: Mapa de Processo <small>Process Map</small>		
Descrição do Processo: Mapa do Processo <small>Describe the Process: Process Map</small>			
Variação do Ciclo de Saída %: <small>Exit Cycle Fluctuation %:</small>			
Observações: <small>Observations</small>			

Folha de registo da condição atual.

DESAFIO : CHALLENGE			
Data Alvo : Target Date			
TEMA: THEME			
Takt Time:			
Menor Ciclo Repetido: Lowest Repeatable Cycle:			
Nº Turnos : # of Shifts:	HE : OT	1º	2º
Produção Alvo por Turno: Target Out Put per Shift:	1º	2º	3º
Nº Operadores: # of Operators	1º	2º	3º
Tamanho do Lote : Batch Size	WIP:		
Descrição Processo: Describe the Process:			
Variação do Ciclo de Saída %: Exit Cycle Fluctuation %:			
Métricas do Processo: Process Metric			
Métricas dos Resultados: Outcome Metric			

Folha de registo da condição alvo.

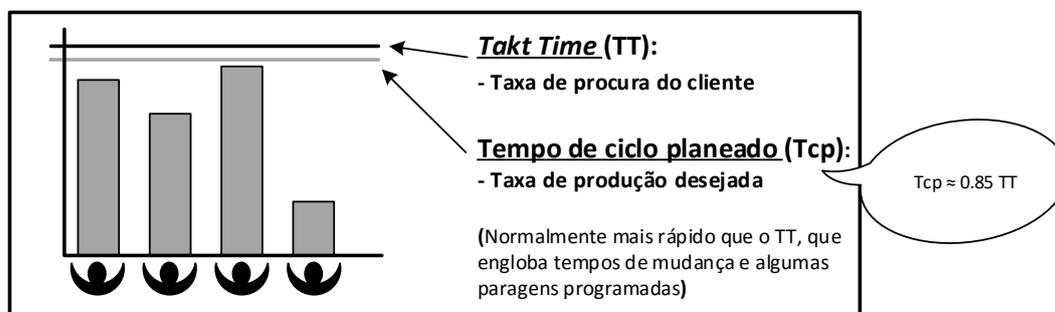
APÊNDICE A

O *Takt Time* fornece uma imagem do ritmo de produção exigido a um processo, durante um período de tempo, em função da procura do cliente. É definido como um tempo de ciclo variável (em função da procura) – maior procura requer um menor tempo entre peças consecutiva - ou seja, um menor *Takt Time*, de modo a garantir a satisfação da procura do cliente. Se o *Takt Time* for de 5 segundos, de 5 em 5 segundos tem que ser produzida uma peça ou produto final.

O tempo de ciclo de uma qualquer sequência de fabrico (definido pela operação mais lenta), não pode ser, em momento algum, superior ao *Takt Time* para que não haja atrasos nas entregas, nem muito inferior, para que não haja desperdícios nos processos (Pinto J. P., 2009).

$$TT = \frac{\text{Tempo de trabalho efetivo (por turno ou dia)}}{\text{Quantidade requerida pelo cliente (por turno ou dia)} \Rightarrow \text{Procura}}$$

O tempo de trabalho efetivo é definido como o tempo disponível. Ou seja, o tempo total menos o tempo de pequenas paragens (programadas). Ex.: almoço, descanso, etc.



Se TT (procura) > c (capacidade) => sobrecarga, atrasos nas entregas; falhas ao cliente!

Se TT (procura) < c (capacidade) => subcarga, baixa utilização de recursos; desperdícios!

$$TT_{lac} = \frac{(16 \times 3600) - (30 + 10 + 10 + 15) \times 60 \times 2}{800 + 7200 + 5000} = 3.8 \text{ segundos}$$

$$TT_{xl} = \frac{(16 \times 3600) - (30 + 10 + 10 + 15) \times 60 \times 2}{5000} = 6.2 \text{ segundos}$$

$$TT_{\text{linha de golas normal}} = \frac{(16 \times 3600) - (30 + 10 + 10 + 15) \times 60 \times 2}{800 + 7200} = 9.9 \text{ segundos}$$

APÊNDICE B

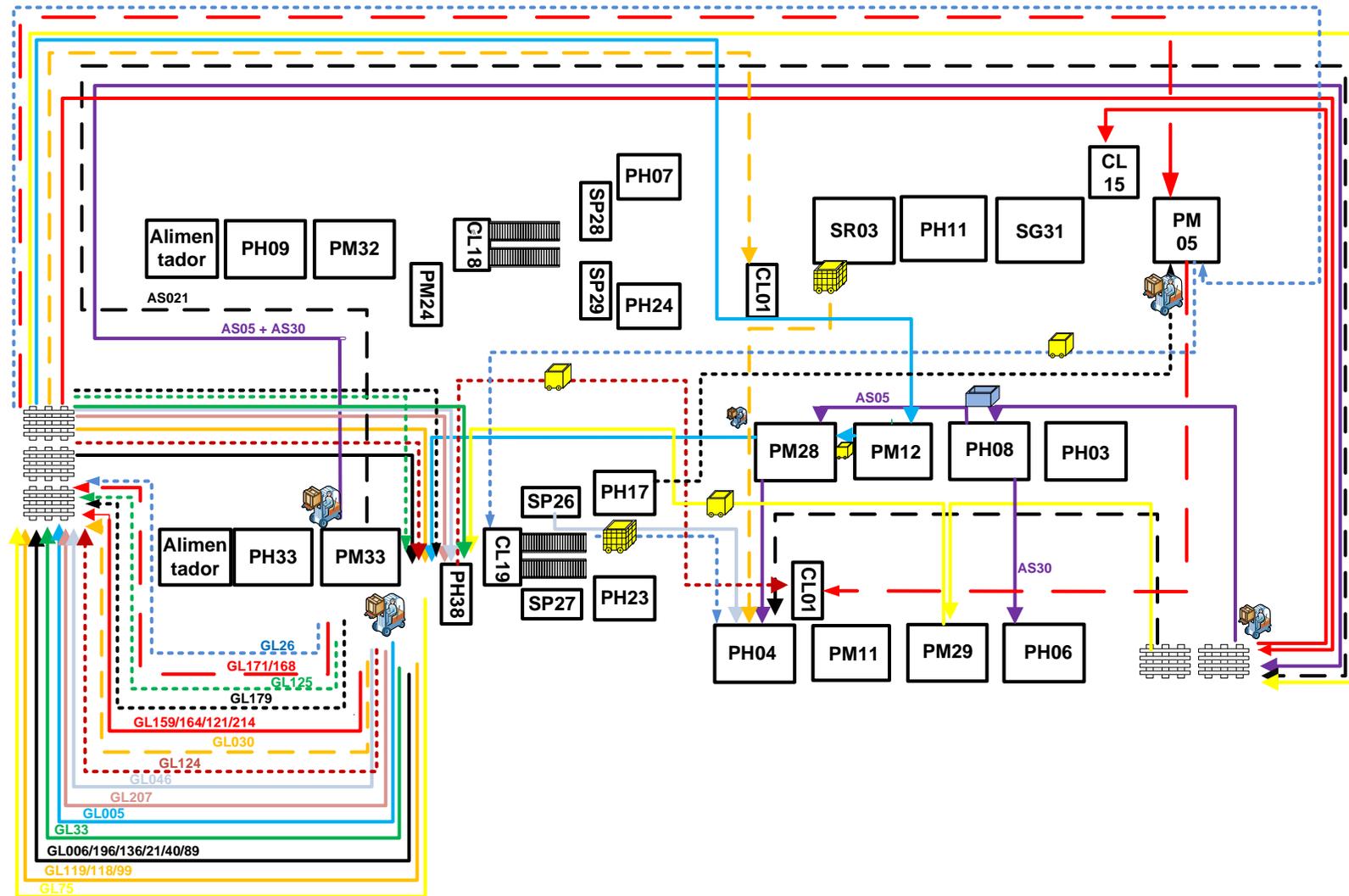


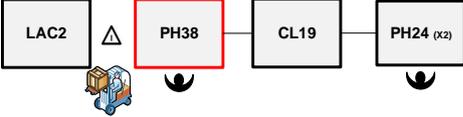
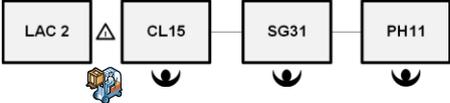
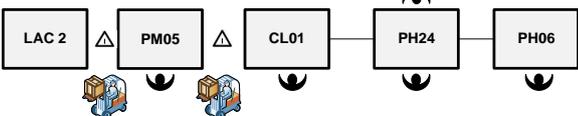
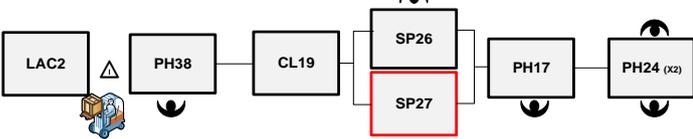
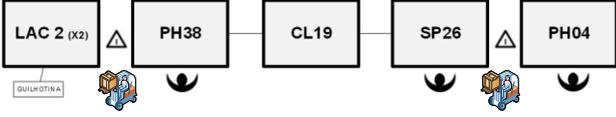
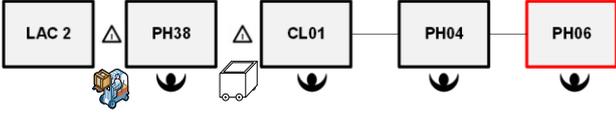
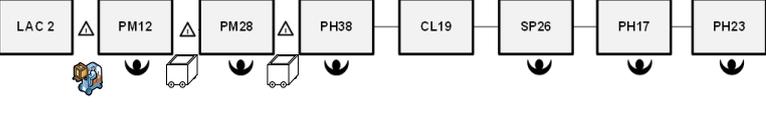
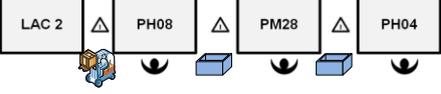
Diagrama de *Spaghetti* global com os fluxos de material para diversas referências de golas

APÊNDICE C

Sem xl		2014	2015	2014+2015			
MODELO	RANK	QUANTIDADE			QUOTA	Acumulado	
GL125	1	375062	77840	452902	21,54%	21,54%	A
GL040	2	115942	31185	147127	7,00%	28,53%	
AS021	3	54820	88900	143720	6,83%	35,37%	
GL006	4	91100	42983	134083	6,38%	41,74%	
GL021	5	78336	53052	131388	6,25%	47,99%	
AS018	6	118260	0	118260	5,62%	53,62%	
GL124	7	79922	27225	107147	5,10%	58,71%	
AS005	8	62640	23245	85885	4,08%	62,79%	
GL099	9	60835	18720	79555	3,78%	66,58%	
GL030	10	41815	23640	65455	3,11%	69,69%	
GL207	11	20230	33320	53550	2,55%	72,24%	
GL153	12	52468	0	52468	2,50%	74,73%	
GL075	13	34554	15910	50464	2,40%	77,13%	
GL119	14	34345	15175	49520	2,35%	79,49%	
GL179	15	42365	5077	47442	2,26%	81,74%	
GL026	16	33800	11350	45150	2,15%	83,89%	
GL210	17	0	41190	41190	1,96%	85,85%	
GL136	18	29940	9990	39930	1,90%	87,75%	
GL089	19	2380	24360	26740	1,27%	89,02%	
GL150	20	22348	2015	24363	1,16%	90,18%	
GL110	21	19038	4260	23298	1,11%	91,29%	
GL171	22	22822	315	23137	1,10%	92,39%	
GL044	23	9385	13280	22665	1,08%	93,46%	
GL097	24	22338	0	22338	1,06%	94,53%	
GL033	25	0	19690	19690	0,94%	95,46%	
AS030	26	11141	1525	12666	0,60%	96,06%	
GL118	27	7125	4992	12117	0,58%	96,64%	
OUTROS	28	9160	845	10005	0,48%	97,12%	
GL019	29	9650	0	9650	0,46%	97,58%	
GL168	30	7905	1630	9535	0,45%	98,03%	
GL196	31	0	8910	8910	0,42%	98,45%	
GL005	32	0	6190	6190	0,29%	98,75%	
GL160	33	3735	2155	5890	0,28%	99,03%	
GL145	34	3650	2050	5700	0,27%	99,30%	
GL141	35	1090	3560	4650	0,22%	99,52%	
GL170	36	2032	0	2032	0,10%	99,62%	
GL087	37	0	2010	2010	0,10%	99,71%	
GL169	38	0	1940	1940	0,09%	99,80%	
GL143	39	0	1700	1700	0,08%	99,88%	
GL046	40	827	700	1527	0,07%	99,96%	
GL061	41	455	455	910	0,04%	100,00%	
GL017	42	0	0	0	0,00%	100,00%	
TOTAL		1934904	621384	2102899	100%		

Quadro completo da análise ABC.

APÊNDICE D

Modelo (#Padrão)	M A R C A	Diagrama de bloco	Obs.
GL006 (#11)	S		PH38 Se marcadas
GL159	N		Padrão alternativo
GL119 (#15)	S	-	✓
GL196 (#11)	N	Igual a GL06 (#11)	✓
GL118 (#16)	S		Alternativa
GL033	S		SP27 Opcional
GL046	S		Padrão novo
GL124 (#30)	S		Padrão alternativo
GL005	S		Padrão novo
AS005 (3°)	S		Padrão Alternativo (variável!)

Alguns dos padrões criados aquando do acompanhamento do fluxo produtivo no chão de fábrica.

APÊNDICE E

	PH33	PH38	CL19	SP26	SP27	PH17	PH23	PH24	PM28	PM12	PH08	PH03	CL01	PH04	PM11	PM29	PH06	SR03	PH11	SG31	CL15	PM05	
GL06	1	2	3			4																	
GL159	1																		4	3	2		
GL119	1	2	3			4		5															
GL118	1	2	3			4		5															
GL118	1							4					3				5						2
AS21	1													2									
GL33	1	2	3	4		5		6															
GL196	1		2			3																	
GL05	1	3	4	5		6	7(x2)		2														
GL46	1	2	3	4										5									
AS05	1								3		2			4									
GL124	1	2											3	4			5						
GL207	1	2	3			4																	
GL164	1																		4	3	2		
GL214	1																		4	3	2		
GL075	1	3	4			5										2							
GL030	1												2	4	5			3					
GL121	1																		4	3	2		
GL125	1	2	3	4		5	6																
AS30	1								3		2						4						
GL136	1	2	3			4																	
GL99	1	2	3			4																	
GL21	1	2	3			4																	
GL171	1												3	4	6	5							2
GL26	1		3											4									2
GL168	1												3	4	6	5							2
GL40	1	2	3			4																	
GL89	1	2	3			4																	
GL179	1	3	4			5			2														6

Primeira etapa do método de agrupamento - ROC.

Na figura em cima está representado o primeiro passo, onde simplesmente se constrói a tabela com os equipamentos e a sequência operatória das respectivos referências. A partir daí, aplica-se o método, iterativamente, onde a desorganização vai dando lugar a células mais ou menos bem definidas (ver figura seguinte). Denote-se que, inicialmente, os equipamentos correspondentes às três zonas do *layout* dos acessórios (laranja – linha normal de golas; vermelho – zona convencional; verde – linha XL) se encontram juntas (tal como atualmente) contudo, à medida que o método vai sendo aplicado, as suas posições vão-se ajustando, com o intuito de formar as células de fabrico dedicadas às respetivas famílias de artigos.

	PH33	CL19	PH17	PH38	PH24	SP26	PM12	PM05	PH23	SP27	PM29	PH04	CL01	PH06	PH11	SG31	CL15	PM11	SR03	PM28	PH08	PH03	
GL33	1	1	1	1	1	1																	
GL119	1	1	1	1	1																		
GL118	1	1	1	1	1																		
GL05	1	1	1	1		1	1		1														
GL125	1	1	1	1		1			1	1													
GL179	1	1	1	1			1	1															
GL075	1	1	1	1							1												
GL06	1	1	1	1																			
GL207	1	1	1	1																			
GL136	1	1	1	1																			
GL99	1	1	1	1																			
GL21	1	1	1	1																			
GL40	1	1	1	1																			
GL89	1	1	1	1																			
GL196	1	1	1																				
GL46	1	1		1		1						1											
GL26	1	1						1				1											
GL124	1			1								1	1	1									
GL118	1				1			1					1	1									
GL171	1							1			1	1	1						1				
GL168	1							1			1	1	1						1				
GL030	1											1	1						1	1			
AS05	1											1									1	1	
AS21	1										1												
AS30	1													1							1	1	
GL159	1														1	1	1						
GL164	1														1	1	1						
GL214	1														1	1	1						
GL121	1														1	1	1						

Resultado após a última iteração do método de agrupamento - ROC.

Terminado o método, há ainda lugar a pequenas alterações como trocas entre equipamentos equivalentes para definir ainda melhor as células de fabrico (e respetivas famílias de produtos). O último passo encontra-se representado na Figura 4.1.

APÊNDICE F

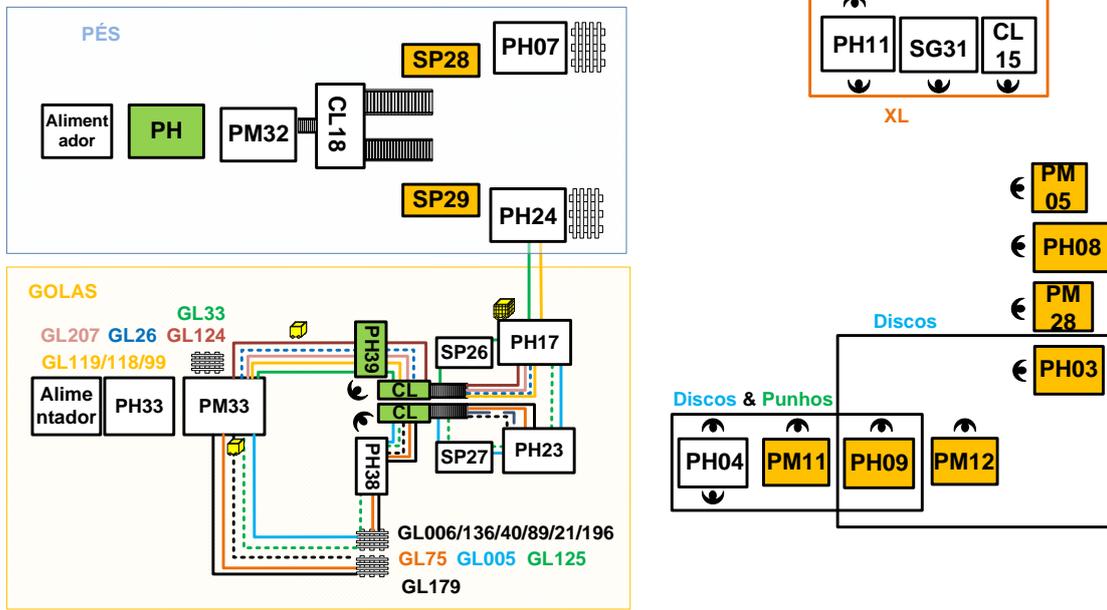
Gola (#)	Quota (ud.) (2014+2015)	Posição ABC	Alteração	Ganhos
168	9535	30	Ferramenta de corte (furo) + Ferramenta de conformar	- 2 Operadores + Cadência Trabalho em Linha
			<p>Diagrama de linha de produção com estações LAC2, PM05, CL01, PH04, PM2, PM11. PM2 e PM11 estão marcadas com um X vermelho.</p>	
5	6190	32	Ferramenta de Corte (Janela + Propriedade)	- 2 Operador + Cadência Trabalho em Linha
			<p>Diagrama de linha de produção com estações LAC 2, PM12, PM26, PH38, CL19, SP26, PH17, PH23. PM12 e PM26 estão marcadas com um X vermelho.</p>	
46	1527	40	Ferramenta de corte (Guilhotina)	- 1 Operador + Cadência Trabalho em Linha
			<p>Diagrama de linha de produção com estações LAC 2 (2), PH38, CL19, SP26, PH04. LAC 2 (2) está marcada com um X vermelho.</p>	

Alterações e principais ganhos com a melhoria de algumas ferramentas.



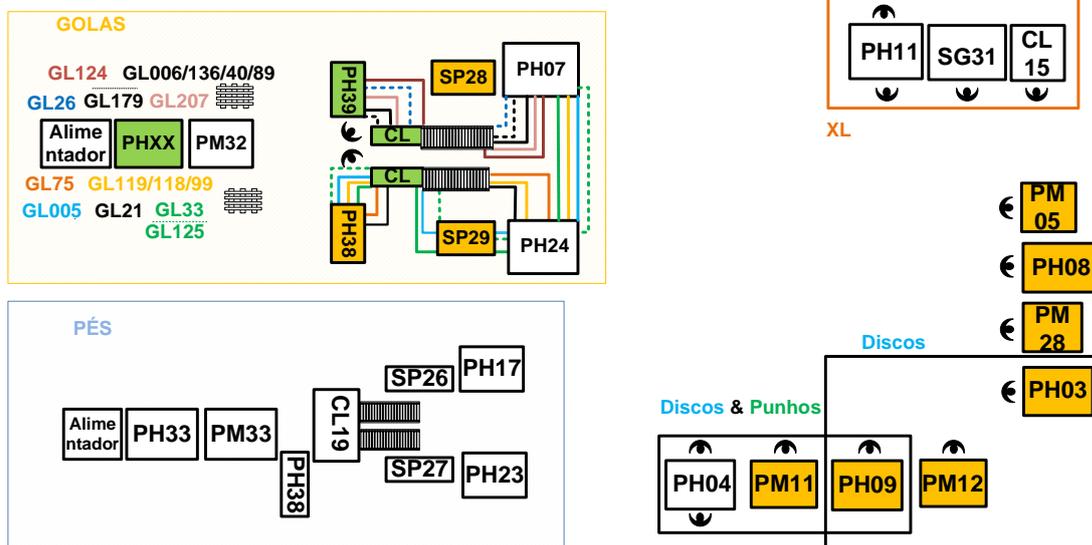
Imagem de ferramenta de conformar gola 124 instalada na PH17.

APÊNDICE G



Layout geral da opção proposta nº1.

APÊNDICE H



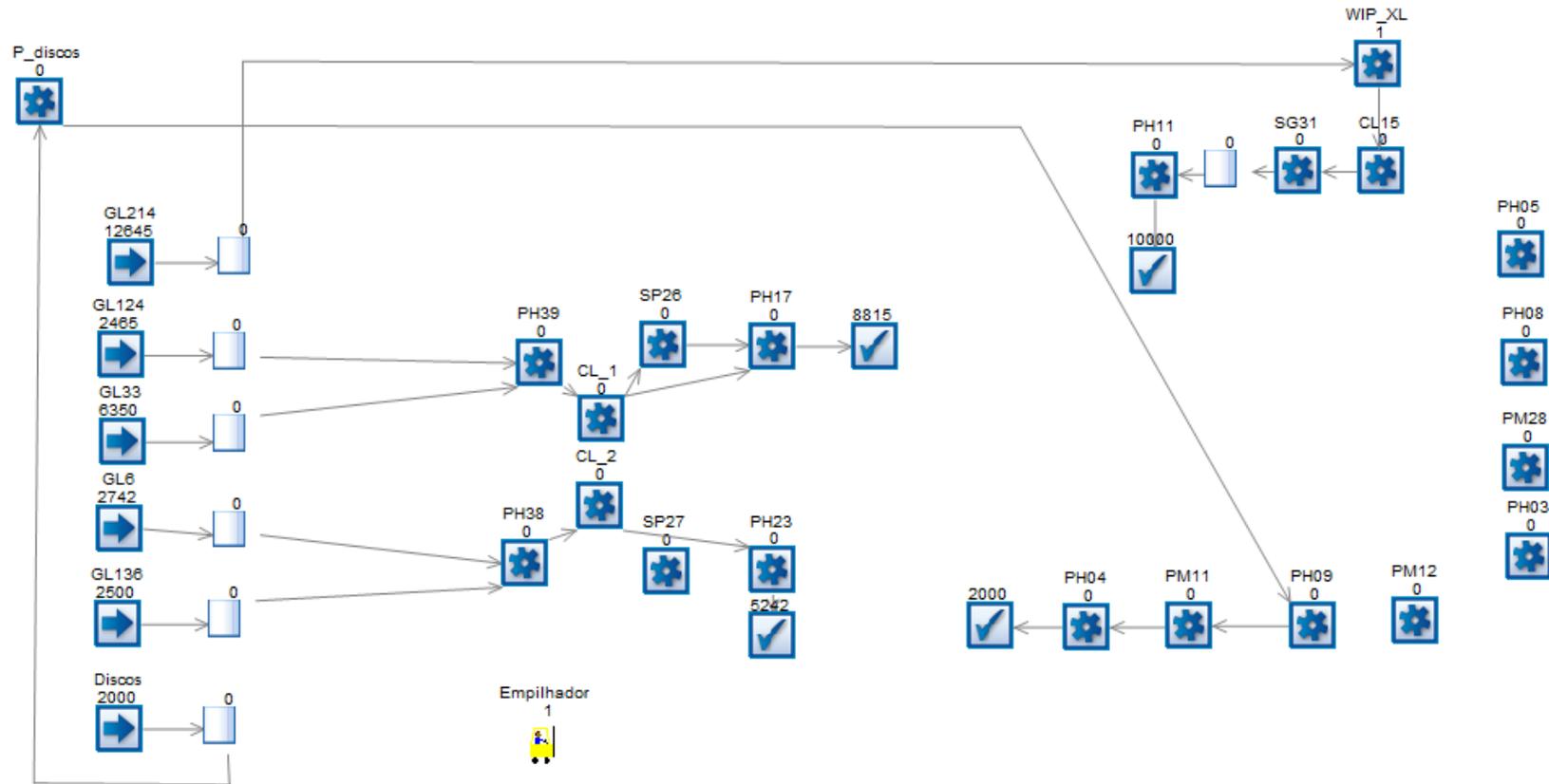
Layout geral da opção proposta nº2.

Ferramenta	Dimensões ferramenta (cm)				Folga	S/N
	Largura	Superior	Inferior	Total		
GL005	9	9	32	41	37	✓ 28
GL006	13	17	40	57	21	✓ 8
GL021	17	17	43	60	19	✗ 2
GL026	13	15	23	38	40	✓ 27
GL030	7	41		41	37	✓ 30
GL033	10	21	18	39	39	✓ 29
GL040	14	17	40	57	22	✓ 7
GL046	20	23	29	52	26	✗ 6
GL075	17	25	23	48	30	✓ 13
GL089	14	21		21	57	✓ 43
GL099	13	17	40	57	22	✓ 8
GL118	20	14	21	35	44	✓ 23
GL119	20	14	21	35	44	✓ 23
GL124	14	17	40	57	22	✓ 7
GL125	13	43	20	63	15	✗ 2 *Ferra./ Aumentada
GL136	10	14	35	49	29	✓ 19
GL168	16	20	23	43	35	✓ 19
GL171	16			0	78	✓ 62 *Não adaptada
GL179	15	16	23	39	39	✓ 24
GL196	13	17	40	57	21	✓ 8
GL207	15	17	40	57	22	✓ 7

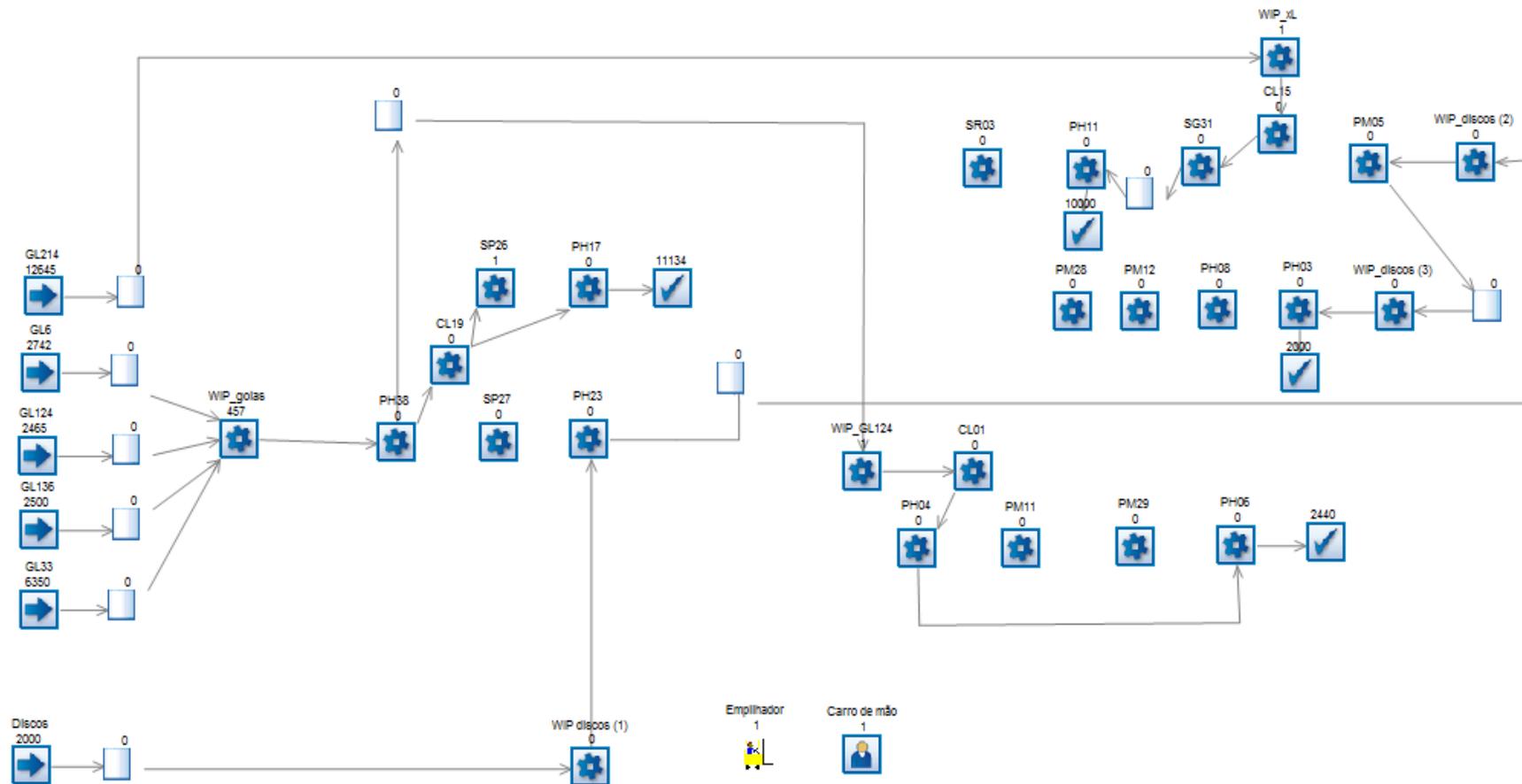
Verificação das dimensões das ferramentas de conformar.

Para esta análise tomou-se como referência as dimensões da ferramenta da gola 124 (que após inserida na PH07 se verificou-se que serviria, embora no limite). Nesse sentido, obtiveram-se as medidas de todas as ferramentas e considerou-se que aquelas que tivessem uma folga igual ou superior à da ferramenta da GL124 (> 7 cm) eram consideradas válidas.

APÊNDICE I



Modelo da proposta para a célula de golos (condiçãonº1 e 2) retirado do programa *simul8*.



Modelo do panorama atual retirado do programa comercial de simulação *simul8* (simulação para o dia 19/4).

APÊNDICE J

Item	índice de desempenho	Intervalo de confiança		
		-95%	Average	95%
Saída PH17	Average Time in System (136)	12,0	12,1	12,1
	Maximum Time in System (136)	14,8	14,8	14,8
	Average Time in System (33)	21,2	21,2	21,3
	Maximum Time in System (33)	27,7	27,7	27,7
	Average Time in System (6)	3,0	3,0	3,0
	Maximum Time in System (6)	6,0	6,0	6,0
saída convencional	Average Time in System (124)	9,2	9,3	9,3
	Maximum Time in System (124)	12,4	12,5	12,5

Intervalos de confiança (para 95% de certeza) relativos aos tempos médios e máximos no sistema (horas) para a simulação da condição atual.

Item	índice de desempenho	Intervalo de confiança		
		-95%	Average	95%
Saída proposta linha normal (1)	Average Time in System (124)	2,7	2,7	2,7
	Maximum Time in System (124)	5,4	5,4	5,4
	Average Time in System (33)	12,3	12,3	12,3
	Maximum Time in System (33)	19,1	19,2	19,2
Saída proposta linha normal (2)	Average Time in System (136)	8,7	8,7	8,7
	Maximum Time in System (136)	11,4	11,4	11,4
	Average Time in System (6)	3,0	3,0	3,0
	Maximum Time in System (6)	6,0	6,0	6,0

Intervalos de confiança (para 95% de certeza) relativos aos tempos médios e máximos no sistema (horas) para a simulação da condição proposta (célula de golos das opções nº1 e nº2).