

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



Normalização de Fluxos Produtivos

Criação de Fluxo numa Linha de Montagem Final

António Gonçalo Feio Mendonça

Dissertação/Relatório de Projecto realizada(o) no âmbito do
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Major Telecomunicações

Orientador: Prof. Doutor Américo Lopes de Azevedo

Junho de 2009

© Gonçalo Feio Mendonça, 2009

Resumo

Em ambientes empresariais modernos, principalmente no ramo industrial, a engenharia e os processos de negócio assumem um papel crucial na vida e dinâmica da empresa. Um dos aspectos principais a ter em conta na filosofia de qualquer empresa que pretenda ter sucesso nesta área é procurar antecipar e satisfazer completamente as necessidades e vontades dos seus clientes. Estrategicamente, é muito importante garantir que a empresa procura ir de encontro àquilo que o cliente pretende. Nesse sentido, toda a empresa (isto é, em toda a sua extensão, desde a administração ao chão-de-fábrica) deve ser orientada com esse propósito e todos os processos de negócio devem ser delineados tendo em vista esse objectivo global. A qualidade tem de ser perfeita e os tempos de entrega têm de ser mínimos. Os custos a que a empresa consegue produzir têm de ser também mínimos, de forma a garantir vantagem competitiva.

Numa perspectiva operacional, esse objectivo passa por eliminar todo o tipo de desperdícios inerentes ao processo produtivo, desde a produção em excesso (e a inevitável criação de stocks), ao transporte, aos tempos de espera de pessoas e máquinas, entre outros. A eliminação do desperdício foi a base de sustentação para a criação dos princípios do *Lean Manufacturing*, implementados pela primeira vez no Japão, pela Toyota e hoje em dia adoptados por milhares de empresas em todo o mundo.

Este documento pretende apresentar e descrever um projecto de criação de fluxo numa linha de montagem final de esquentadores numa fábrica, no qual procura eliminar desperdício no processo produtivo fazendo uso dos princípios do *Lean Manufacturing*, nomeadamente recorrendo à criação de abastecimento normalizado, através da criação de uma rota de *milk-run* e do abastecimento de peças em bordo de linha. Foi feita uma análise dos problemas da linha e foram apresentadas soluções e estudados os impactos noutros pontos da fábrica das alterações a implementar. São ainda apresentados os resultados dessa implementação e as perspectivas futuras de melhoria.

Abstract

When considering modern enterprise environments, specially industrial ones, one has to take engineering and business process models into account, since they nowadays play a very important role in it. It's vital to any company wanting to succeed in an industrial environment that it can foresee and completely satisfy its clients' needs and wills. Strategically speaking, it's very important to assure that the company is always working towards that objective: to satisfy the clients' needs. In that way, all the people in the company (from general manager to shop-floor) must guide their action towards that goal. It's also needed that the business processes get built in order to accomplish that objective. Quality must be perfect and the delivery times kept to a minimum. Cost must also be kept to a minimum, so that the company can be competitive.

In an Operations Management perspective, the way to guarantee satisfactory results within these factors is to avoid all kinds of "waste" inherent do the productive process, from excess production (which leads to excessive stock and work-in-progress) to material moving, machine and people idle times, etc. Eliminating waste is the main concept behind the principles of Lean Manufacturing, which were firstly implemented in Japan, at Toyota and nowadays are used worldwide.

This document seeks to present and describe a flow creation project within a final assembly line in a gas water-heaters plant. The project's purpose was the elimination of waste regarding the assembly and packaging process of the devices focusing on the Lean Manufacturing principles. Some of the improvements were the creation of a standard supplying system to point of use and the inclusion of a *milk-run*. Throughout an extensive analysis it was possible to perceive the line's major problems. The solutions to these problems as well as the impacts the modifications had in other sections of the plant and the results achieved are described in this document.

Agradecimentos

Aos meus pais pela inesgotável paciência, orientação, apoio e carinho.

Aos meus irmãos.

À Luísa, por tudo.

Ao Ângelo Coelho, à Sandra Santos, ao Jorge Barros, à Ângela Silva e ao Filipe Roque pela magnífica equipa que formam e pelo incrível ambiente de trabalho que proporcionaram assim como pelas importantes contribuições para o enriquecimento desta tese.

A todos os operadores da linha estudada pela disponibilidade, simpatia e paciência que sempre manifestaram.

Ao Eng.º Néilson Ré e ao Eng.º Tiago Sacchetti pela constante disponibilidade e pelos valiosos conselhos.

Ao Prof. Doutor Américo Lopes de Azevedo pelos conhecimentos e contagiante entusiasmo transmitidos.

Ao Saul Hudson pela inspiração e força.

Índice

Resumo	iii
Abstract.....	v
Agradecimentos	vii
Índice.....	ix
Lista de figuras	xi
Lista de tabelas	xiii
Abreviaturas e Símbolos	xiv
1. Introdução	1
1.1 Contexto.....	1
1.2 Objectivos.....	2
1.3 Metodologia.....	3
1.4 Organização.....	3
2. Fundamentos Teóricos	5
2.1 Lean Manufacturing	5
2.2 Muda - os 7 desperdícios, Mura e Muri	6
2.3 Os 4 “Ms”	10
2.4 O BPS.....	11
2.4.1 Princípios BPS	12
2.4.2 Sistema a Puxar (<i>Pull System</i>).....	14
2.4.3 Orientação ao Processo.....	16
2.4.4 Qualidade Perfeita	16
2.4.5 Flexibilidade	17
2.4.6 Normalização	18
2.4.7 Eliminação de Desperdício e Melhoria Contínua (CIP)	19
2.4.8 “Transparência” de Processos.....	20
2.4.9 Envolvimento e Delegação de Poder aos Colaboradores.....	22
2.5 <i>Milk-Run</i>	23
2.6 Bordos de Linha	23
2.7 O “A3”	25
2.8 Conclusões	25
3. Caracterização e Análise do Problema	27
3.1. Descrição do Problema.....	27

3.2. Metodologia, Análise de Problemas e Estabelecimento de Objectivos.....	28
3.2.1 Metodologia	28
3.2.2 Identificação de Problemas e Procura de Soluções.....	31
3.2.3 Estabelecimento de Objectivos	32
4. Soluções Preconizadas	35
4.1. Apresentação de Soluções.....	35
4.2. Alteração do <i>Layout</i> da linha	36
4.3. Reestruturação dos Balanceamentos.....	38
4.4. Eliminação de desperdício no processo da embalagem	39
4.5. Bordos de Linha	45
4.6. <i>Milk-Run</i>	48
4.7. Sistema <i>Pull</i> com cartão <i>kanban</i>	55
5. Implementação e Resultados.....	56
5.1. Alterações ao <i>Layout</i> e Bordos de Linha	56
5.2. Impactos do SNP e <i>Milk-Run</i>	57
5.3. Sistema <i>Pull</i>	58
5.4. Alteração mecânica do Posto 22	58
5.5. Novos Balanceamentos.....	59
6. Conclusões e Perspectivas de Melhoria	60
6.1. Conclusões	60
6.2. Perspectivas de Melhoria	63
Referências	65
Anexos	66
Anexo 1: Dimensionamento dos Bordos de Linha	67
Anexo 2: Cálculo do tempo da rota do MR.....	85
Anexo 3: A3 do projecto	88

Lista de figuras

Figura 2.1 - Escala temporal exemplificativa de uma cadeia de valor com identificação de tarefas com e sem valor acrescentado, retirada do livro “The Toyota Way” (Liker, 2004).	7
Figura 2.2 - Os princípios do Bosch Production System (retirada do Manual do BPS).	13
Figura 2.3 - O diagrama conhecido como “House of TPS” (retirada do livro “The Toyota Way” (Liker, 2004)).	13
Figura 2.4 - Esquema-exemplo da implementação de um sistema <i>pull</i> ao longo de um processo produtivo.	16
Figura 2.5 - a) Exemplo de um Value Stream Map - Current State. b) Exemplo de um Value Stream Map - Future State (ou VSD). (Figuras retiradas do livro <i>Learning To See</i> (Rother, 1999).)	22
Figura 2.6 - Exemplo de bordos de linha de abastecimento frontal ao posto de trabalho. Figura retirada do livro <i>Total Flow Management</i> . (Coimbra, 2009).....	24
Figura 3.1 - Esquema em cartolina do <i>layout</i> do estado actual da linha. O início da linha (“cabeça-de-linha”) encontra-se à esquerda. É aí que os aparelhos começam a ser montados, deslocando-se sempre para a direita, até à área da embalagem.....	28
Figura 3.2 - Esquema em cartolina do primeiro esboço para o <i>layout</i> do estado futuro da linha.	29
Figura 3.3 - A3 do projecto.....	30
Figura 3.4 - Gráfico exemplo representativo da ocupação temporal de uma linha com 4 operadores.	33
Figura 4.1 - a) <i>Layout</i> actual da linha. b) <i>Layout</i> futuro da linha.	37
Figura 4.2 - <i>Layout</i> actual da área da embalagem da linha.	39
Figura 4.3 - <i>Layout</i> futuro da área da embalagem da linha.	40
Figura 4.4 - Diagrama de blocos representativo do processo da embalagem de aparelhos na linha.	40
Figura 4.5 - Situação de acumulação de WIP após a agrafadora automática.....	43

Figura 4.6 - Vista superior do tampo do posto de colocação de esferovite (posto 22). Em cima, situação actual e em baixo a proposta de alteração.....	44
Figura 4.7 - Mecanismo proposto para inclinação do aparelho e colocação em palete.	45
Figura 4.8 - Caso exemplificativo da necessidade de respeitar a regra dos “3 ciclos” na profundidade do Bordo de Linha. Neste caso o desrespeito da regra pode conduzir a paragens da linha.	47
Figura 4.9 - Caso exemplificativo da necessidade de respeitar a regra dos “3 ciclos” na profundidade do Bordo de Linha. Neste caso a regra é respeitada.	47
Figura 4.10 - Rota do <i>milk-run</i>	51

Lista de tabelas

Tabela 2.1 – Quadro-Resumo de diferenças entre sistemas Push e Pull.....	15
Tabela 2.2 – Ferramentas de Qualidade do BPS.	17
Tabela 4.1 – Tabela de Relação entre problemas encontrados e soluções propostas.	35
Tabela 4.2 – Relação entre SNP e Desperdício em Paletes.	49
Tabela 6.1 – Quadro resumo: Conclusões.	62

Abreviaturas e Símbolos

Lista de abreviaturas (ordenadas por ordem alfabética)

DEEC	Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores
FEUP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
WIP	Work In Progress ou Trabalho em Curso
BPS	Bosch Production System
TPS	Toyota Production System
JIT	Just-In-Time
TFM	Total Flow Management
VSM	Value Stream Map
VSD	Value Stream Design
CIP	Continuous Improvement Process
MR	Milk-Run
SNP	Standard Number of Parts
NPK	Number of Parts per Kanban
BL	Bordo de Linha

1.

Introdução

Neste capítulo é feita uma apresentação contextualizada do documento e da forma como está organizado.

1.1 Contexto

Nos dias que correm, um dos aspectos principais a ter em conta na filosofia de qualquer empresa do ramo industrial que pretenda ter sucesso é procurar antecipar, satisfazer de forma completa, rápida e à primeira as necessidades e vontades dos seus clientes. Tudo isto deve ser alcançado da forma mais económica possível para a empresa. De uma forma muito resumida, a produção deve ser ao máximo livre de desperdício, de forma a maximizar o proveito dos custos da produção. Utopicamente, a empresa deve procurar ser capaz de produzir e entregar em segundos e a custos ínfimos um produto perfeito ao seu cliente.

Para que seja possível aproximar o funcionamento de uma linha de produção a este propósito utópico, é essencial criar condições para a existência de fluxo, ou seja, permitir que o produto a atravesse o mais rapidamente possível (redução do *lead-time*), sem defeitos e com níveis de stock mínimos que permitam a transparência do processo. Todos os processos da fábrica devem “perseguir” esse objectivo.

É também muito importante procurar soluções que sejam flexíveis, para que a fábrica tenha capacidade de reacção a diferentes exigências do mercado. A forte e crescente concorrência existente na maior parte dos mercados mundiais leva muitas vezes empresas aparentemente estáveis ou mesmo detentoras de monopólio à falência. Para conseguir

resistir a este tipo de concorrência a flexibilidade é uma peça chave; recorrendo a uma elevada capacidade de mudança e de adaptação aliada a uma boa leitura de mercado é possível à empresa adequar o seu posicionamento e a sua oferta à procura existente. Esta flexibilidade não se limita apenas ao sentido estratégico mas também à flexibilidade necessária nos processos de produção; a empresa deve ser capaz de, com rapidez e eficácia, responder a um súbito aumento na procura de determinado produto ou de alterar substancialmente a construção de uma linha para se adequar a uma alteração na estrutura de um produto, sob pena de deixar escapar hipóteses de negócio vitais para a empresa.

Com facilidade se conseguem comprovar as enormes vantagens deste tipo de abordagem na produção industrial e a vital importância que representa para a indústria mundial. Estes factores justificam o interesse do projecto que se pretende apresentar, desenvolvido nesta área e no seio de um grupo empresarial que é referência nesta matéria.

Alguns dos contextos em que se enquadra o trabalho detalhado no presente documento são o da produção sem desperdício (*Lean Production* ou *Lean Manufacturing*), o da gestão da produção e o da engenharia industrial.

1.2 Objectivos

No âmbito da eliminação do desperdício através dos princípios do *Lean Manufacturing* e das ideias que se apresentaram na secção anterior, os objectivos traçados para este projecto foram:

- Identificar fontes de desperdício numa linha de montagem¹, à luz dos princípios do *Lean Manufacturing*;
- Estudar alternativas e propor soluções que permitam a eliminação dos pontos de desperdício identificados;
- Planear, dimensionar e implementar alterações que permitam a criação de fluxo e melhorias na eficiência do processo produtivo.
- Analisar resultados e criar condições para melhorias futuras.

¹ O presente documento pretende apresentar detalhadamente um projecto desenvolvido em ambiente industrial, durante quatro meses, numa linha de montagem final duma unidade fabril do grupo BOSCH de produção de esquentadores e caldeiras, no âmbito da disciplina de Dissertação/Projecto do Mestrado Integrado em Eng.^a Electrotécnica e de Computadores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

1.3 Metodologia

O desenvolvimento do trabalho dividiu-se em duas componentes principais:

- Uma componente de estudo, durante o período inicial do projecto, em que foram aprofundados os conhecimentos na área do *Lean Manufacturing* e da Gestão de Operações através de uma pesquisa bibliográfica orientada e do estudo de alguns dos documentos identificados. Esta fase inicial contribuiu bastante para a interiorização da filosofia, maneira de pensar e método de análise e resolução de problemas desta abordagem à realidade industrial.
- Uma componente prática, que se iniciou com a calendarização de todo o projecto e uma análise cuidada do estado actual e dos problemas apresentados, seguida da procura de soluções para as situações identificadas. Concluída esta fase, foram escolhidas algumas soluções de melhoria e projectadas as respectivas implementações. O novo modelo encontrado é então por fim implementado na própria linha e é feita uma análise comparativa tendo em conta os dados relativos ao modelo anterior, os objectivos traçados e os resultados obtidos no novo estado da linha.

1.4 Organização

A dissertação está dividida em capítulos. No capítulo que agora encerra foi feita uma introdução assim como o enquadramento da área do conhecimento em que se insere o projecto.

No capítulo seguinte é feita uma apresentação dos conceitos teóricos que suportam este trabalho, partindo da enunciação dos “7 desperdícios” e incluindo uma descrição dos princípios e elementos do *Bosch Production System* [BPS].

A partir do 3º capítulo são apresentados os detalhes do projecto: no 3º capítulo é caracterizado o problema que se pretende tratar (estado actual, problemas,...) e no 4º são apresentadas as propostas de melhoria e os efeitos se pretende que estas tenham numa situação futura.

No 5º capítulo é apresentada a implementação do projecto na linha e é feita uma análise dos resultados daí resultantes e o 6º capítulo está reservado à apresentação de resultados e conclusões. Ao longo de todo o trabalho são feitas várias referências a documentos científicos e técnicos, devidamente identificados, constituindo nalguns casos um levantamento do estado da arte de determinadas situações.

2.

Fundamentos Teóricos

2.1 Lean Manufacturing

Os conceitos de *Lean Production* e *Lean Manufacturing* começaram a ser desenvolvidos no seio da Toyota durante os anos 50, pelos pioneiros Taichii Ohno e Eiji Toyoda (cuja família conduzia os destinos da Toyota desde 1937. Como descrito por Liker no seu *Toyota Way* [Liker, 2004], por volta de 1950, após a Segunda Guerra Mundial, o Japão e a sua economia estavam devastados.

Por esta altura, Toyoda visitou, ao longo de 12 semanas, algumas fábricas da Ford nos Estados Unidos, com a expectativa de encontrar grandes desenvolvimentos relativamente às suas anteriores visitas. No entanto, Toyoda verificou que o sistema de produção em massa não havia sofrido grandes alterações desde os anos 30 e identificou inclusivamente algumas falhas no sistema de produção.

Toyoda não concordava com as grandes quantidades de material movidas entre departamentos, para processamento (e com as esperas que envolvia esse processo) nem com a típica abordagem de contabilidade que procurava ter as pessoas e as máquinas ocupadas ao máximo de maneira a reduzir o custo por peça. Toyoda também via como potenciais fontes de problemas a desorganização dos postos de trabalho e o facto de existirem grandes níveis de *stock*, que levavam a que hipotéticos problemas de qualidade ficassem escondidos durante semanas sem que ninguém desse conta dessa situação. Toyoda apercebeu-se então que existia ali uma boa oportunidade para tentar aproximar a *Toyota Motor Company* da concorrência americana.

Taiichi Ohno, com os conhecimentos adquiridos de mais visitas aos Estados Unidos, apercebeu-se também ele que o segredo passava pelo total domínio do fluxo contínuo de material (*continuous one-piece flow*) e é nessa base que assenta o princípio do *Just-In-Time*, um dos pilares da filosofia do Toyota Production System (TPS). Como descreve Liker (Liker, 2004), O *Just-In-Time* (JIT) é um conjunto de princípios, regras e técnicas que permitem que uma empresa produza e entregue produtos de qualidade em pequenas quantidades com tempos de entrega (*lead-times*) curtos, ou seja, “o produto correcto, na altura certa, na quantidade pedida”.

Os ensinamentos de Deming, grande pioneiro na área da qualidade, também foram importantes no estabelecimento do Toyota Production System: o princípio de Deming, “encarar o próximo processo como o cliente”, levava a que passassem a existir então clientes internos e externos. Cada passo do processo produtivo passava então a ser tratado como cliente pelo processo anterior, o que implicava um controlo de qualidade mais rigoroso ao longo de todo o processo. Outro dos ensinamentos de Deming que maior relevo apresenta no TPS é a abordagem que este defende para quando surgem problemas no processo produtivo.

O ciclo de Deming, também conhecido como o ciclo PDCA (que significa *Plan-Do-Check-Act*), prevê uma forma sistemática de abordagem à resolução de problemas, procurando ir à raiz dos problemas, em vez de apenas os tentar remediar, a fim de os eliminar definitivamente. Existe também uma clara relação entre esta realidade e a melhoria contínua (em japonês *Kaizen*) cujo objectivo principal se prende com a eliminação de todo o desperdício inerente ao processo produtivo, ou seja, a eliminação de todas actividades com custo associado mas que não representa qualquer valor acrescentado ao produto final.

Pode dizer-se que a eliminação do desperdício é o cerne do *Lean Manufacturing*; não é por isso estranho que Womack e Jones, após terem escrito o primeiro documento que descreve o TPS em todo o seu esplendor e que ainda hoje é referência obrigatória em qualquer trabalho desenvolvido nesta área, *The Machine That Changed The World* (Womack, 1990), tenham escrito uma outra obra de referência intitulada *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Company* (Womack, 1996), em que a eliminação do desperdício é o tema central, como se pode depreender do próprio título.

2.2 Muda - os 7 desperdícios, Mura e Muri

Muda é a palavra japonesa utilizada para descrever o desperdício, que se procura eliminar a todo o custo. Womack e Jones (1996) defendem que se existe uma palavra em japonês que é mesmo imprescindível conhecer, essa palavra é definitivamente *Muda* e que a única maneira de o combater é através das metodologias *Lean*, uma vez que estas permitem

especificar com clareza as tarefas em que se está a criar valor, alinhá-las na melhor sequência, permitir que estas decorram sem interrupções e que haja uma evolução constante na eficiência com que estas são realizadas.

“Whenever there is a product for a customer, there is a value stream. The challenge lies in seeing it.”

- Mike Rother, *Learning to See* (Rother, 1999)

Rother (1999) realça a importância da identificação e distinção entre as tarefas que acrescentam valor e as que não acrescentam. A figura 2.1 exemplifica essa distinção, ao longo de uma cadeia de valor.

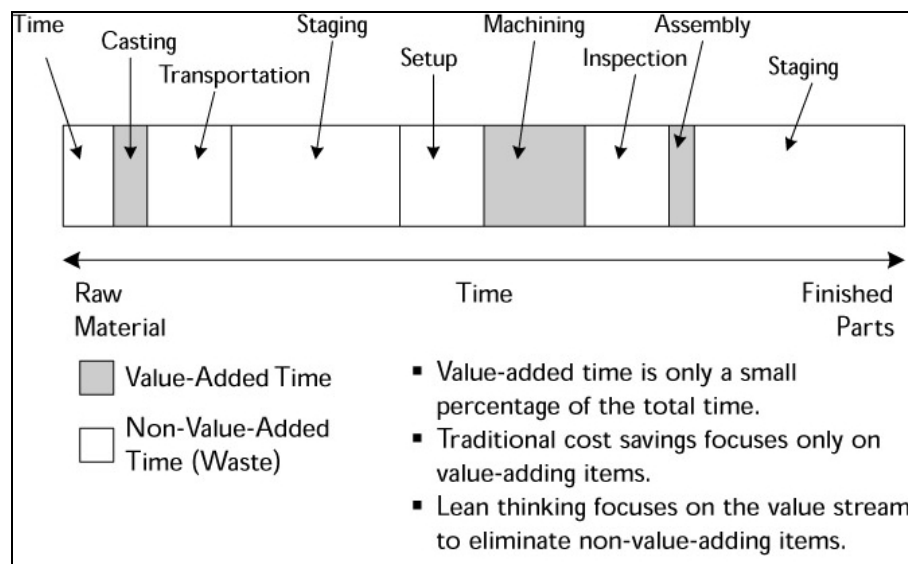


Figura 2.1 - Escala temporal exemplificativa de uma cadeia de valor com identificação de tarefas com e sem valor acrescentado, retirada do livro “The Toyota Way” (Liker, 2004).

Todas as tarefas que não acrescentam valor ao produto final estão associadas a desperdício. Taiichi Ohno despendeu bastante tempo a identificar os tipos de desperdício existentes, tendo-os classificado em sete categorias cuja eliminação é apontada por diversos especialistas como o principal canal para se conquistar competitividade e excelência. Tipicamente os desperdícios no processo produtivo estão associados a actividades pelas quais o cliente final não está disposto a pagar; por outras palavras, ao cliente não interessa se o processo produtivo implicou muito transporte de material e pessoas, retrabalho ou *setup* de máquinas. Em resumo, etapas do processo que não representem valor acrescentado ao produto. Coimbra (2009) alinha os 7 desperdícios identificados por Ohno da seguinte maneira:

1 - Defeitos: Produzir peças defeituosas ou ter que as retrabalhar custa tempo e dinheiro e quanto mais tempo se perder até se detectar um defeito mais dinheiro se perde. Ao procurar combater este desperdício é muito importante que a abordagem seja preventiva e não se restrinja à mera inspeção das peças (a própria inspeção de peças pode ser considerada como desperdício, uma vez que se trata de um manuseamento que não traz qualquer tipo de valor acrescentado (Liker, 2004)). Nesta categoria de desperdício incluem-se todo o tipo de reparações, retrabalho, substituição de peças, etc.

2 - Pessoas à Espera: Pessoas que estão apenas a olhar para uma máquina, à espera da conclusão de uma etapa de processamento, de uma peça, de abastecimento de peças ou outro representam um desperdício evidente para o sistema de processamento. As principais fontes deste tipo de desperdício prendem-se com atrasos no abastecimento, avarias de máquinas, atrasos no processamento, etc.

3 - Deslocação de Pessoas: Colaboradores que estejam a realizar movimentos desnecessários como dobrarem-se, esticarem-se, virarem-se, terem de estar à procura de peças ou a deslocarem-se entre postos de trabalho representam uma clara fonte de desperdício. Postos com fracas condições de ergonomia ou mal dimensionados e o auto-abastecimento são potenciais fontes deste tipo de desperdício.

4 - Processamento em Excesso: Processamento desnecessário ou ineficiente de peças leva a que estas estejam expostas a potenciais fontes de defeito e implica desperdício de tempo. Liker (2004) defende mesmo que quando se fornece um produto com mais qualidade que a necessária se está a incorrer num desperdício. Algumas das potenciais fontes deste tipo de desperdício são a inadequação de máquinas para determinados processos, a má preparação de determinadas peças ou a falta de trabalho normalizado que conduzam à necessidade de mais processamento.

5 - Material à Espera: Este desperdício diz respeito àquilo que é conhecido usualmente como *stock*. A acumulação excessiva de matérias-primas ou de produto acabado, por exemplo, deixam os materiais mais expostos e vulneráveis a danos ou problemas futuros por deterioração ou por outro tipo de acidentes e incorrendo mesmo no risco de o mesmo se tornar obsoleto. Invariavelmente, este desperdício leva também à falta de transparência no sistema (dificulta por exemplo a percepção de atrasos dos fornecedores ou dos tempos de setup de máquinas) e esconde as verdadeiras origens dos problemas. Os custos associados ao armazenamento de material também devem ser levados em linha de conta, quando se está a analisar este tipo de desperdício. No entanto existem excepções a esta situação de

desperdício, como é o caso do vinho, que mesmo enquanto está “à espera” de ser consumido está a criar valor, através do envelhecimento.

6 - Transporte de Material: O transporte de trabalho em curso (do inglês *Work in Progress* ou *WIP*) de forma ineficiente entre processos ou entre armazém e cais de saída é uma clara forma de desperdício, uma vez que não existe qualquer acrescento de valor, pois não há lugar a qualquer tipo de transformação. Devem procurar manter-se mínimas todas as distâncias de transporte que ocorram durante o processo produtivo.

7 - Produção em Excesso: A produção de bens para os quais não existem pedidos de encomenda é talvez o principal de todos os desperdícios e aquele ao qual empresas que procuram implementar o *Lean* pela primeira vez apresentam maior relutância. Da sua experiência, Coimbra (2009) aponta como principal motivo para esta situação a aparente mais-valia associada ao facto de o cliente já ter o produto disponível quando o procura, não havendo necessidade de o produzir. A produção em excesso implica custos elevados associados essencialmente à sobre-contratação de pessoas e ao armazenamento de material. A origem deste tipo de desperdício está por vezes associada a erros em previsões quer de mercado quer de capacidade de produção.

Liker (2004) refere estes 7 desperdícios identificados por Ohno e aponta ainda um 8º desperdício, um pouco menos visível: A Criatividade Desaproveitada dos Colaboradores. Muitas ideias e capacidades serão desaproveitadas se não for dada hipótese aos colaboradores de as expressarem e demonstrarem. É possível aprender, explorar pontos de melhoria, ganhando muitas vezes tempo e dinheiro, dando a devida atenção aos colaboradores, especialmente aqueles que se movem no chão-de-fábrica (ou *gemba* em japonês) onde tudo acontece.

O *muda* faz parte de uma realidade conhecida como “Os 3 Ms”, a saber, *Muda*, *Muri* e *Mura*. Coimbra (2009) acredita que é de uma importância extrema considerar “os outros dois Ms” na óptica do combate ao desperdício. *Mura* significa variabilidade (ou desigualdade) e está associado portanto a discrepâncias e à falta de estabilidade e de fiabilidade. Na secção seguinte esta questão da fiabilidade é estudada em maior detalhe. As dificuldades causadas pela *Mura* reflectem-se em paragens inesperadas e em falta de controlo do processo do produtivo. *Muri* diz respeito a situações de sobrecarga de pessoas ou máquinas e pode trazer problemas em termos de segurança (lesões dos operadores) e qualidade, com custos associados por exemplo em termos de um gasto excessivo de energia. Podem ter como causas-raiz más condições de ergonomia proporcionadas ao operador ou escolhas inadequadas de maquinaria. Coimbra defende ainda que existe uma razão directa entre o

comprometimento para com estes 7+2 desperdícios e o sucesso na implementação de metodologias *Lean*.

2.3 Os 4 “Ms”

O modelo por “gestão total de fluxo” (*Total Flow Management*) (Coimbra, 2009) assenta em cinco pilares muito importantes: a fiabilidade básica (*basic reliability*), o fluxo de produção, o fluxo de logística interna, o fluxo de logística externa e o desenho da cadeia de fornecimento. O primeiro destes pilares, a fiabilidade básica, é essencialmente garantido pela fiabilidade dos conhecidos 4 Ms: *Manpower*, *Machine*, *Material* e *Method*.

Manpower (pessoas): a confiança nos colaboradores nos fornecedores deve ser total. Todos devem cumprir horários e manter o absentismo a um mínimo de maneira a que se possa garantir a rigidez do balanceamento de linhas e células evitando assim paragens e problemas a jusante no processo produtivo. A capacidade para trabalhar em equipa é também vital para o bom funcionamento de todo o sistema. A normalização de situações anómalas e a formação dos colaboradores são a base para se conseguirem soluções de fiabilidade, ajudando a criar hábitos e mentalidade de trabalho.

Machine (máquinas): se não for possível garantir uma elevada percentagem de disponibilidade das máquinas, aparecerão dificuldades na implementação de um fluxo de produção. Um indicador a levar em conta no que diz que respeito a maquinaria é o *Overall Equipment Efficiency* (OEE). Deve ser feito um escalonamento temporal da ocupação das máquinas levando todas as realidades possíveis em consideração: tempos de setup, tempos de manutenção, produção, retrabalho, *changeover*, lotes incompletos, intervalos de maneira a que paragens não planeadas se façam sentir de forma mínima. A ocorrência de problemas deve ser abordada de forma sistemática: avaliar diariamente as perdas mais significativas, estabelecer limites de reacção para acção preventiva, utilizar técnicas como a dos 5W (5 Whys - Perguntar “Porquê?” 5 vezes. Exemplo: “A máquina parou. Porquê? Porque limitador de temperatura avariou. Porquê? Porque entrou água para o circuito. Porquê? Porque o vedante está ressequido. Porquê? Porque já não é substituído há 3 meses. Porquê? Porque não existe um plano de manutenção da máquina.”) para detectar a verdadeira raiz dos problemas.

Material: A fiabilidade básica em termos de material garante-se evitando falhas no abastecimento de peças, por problemas de ordem logística ou outra. É necessário ter sempre actualizada a informação relativa aos stocks de matérias-primas e de peças.

Um abastecimento eficiente é mais facilmente garantido recorrendo a soluções flexíveis como o comboio logístico (em japonês *mizusumashi*) ou o conceito de *Milk-Run*.

Method (método): O trabalho normalizado assume particular relevância no sentido de garantir a fiabilidade do método. Este aspecto pode ter impacto sobretudo na qualidade do produto, p.ex.: se existir muita variabilidade no trabalho executado (que se reflecte posteriormente no produto final) ou se o trabalho não for executado de forma a garantir o cuidado de manuseamento necessário. O treino dos colaboradores é também aqui importante, neste caso relativamente às filosofias *Lean* e sobretudo à resistência à mudança, uma vez que é necessário criar um ambiente favorável a alterações de standards para as chamadas melhores práticas, a alterações de *layouts* e de rotinas de trabalho, entre outras.

Devem estabelecer-se parâmetros de avaliação dos graus de fiabilidade destas quatro realidades. Estes parâmetros permitem fazer a monitorização da situação actual em termos de fiabilidade e actuar de forma condizente quando os níveis mínimos não estão a ser garantidos. Da mesma forma, quando se pretende implementar um projecto no âmbito da *Lean Production* é importante garantir primeiro que os parâmetros relativos às pessoas, máquinas, materiais e métodos directamente envolvidos cumprem com os requisitos mínimos antes da implementação de qualquer outra medida, sob pena de estas não serem bem sucedidas. Quando as condições mínimas não estão garantidas devem procurar-se pontos de intervenção específicos e que permitam aumentar consideravelmente o nível de fiabilidade com recursos reduzidos.

2.4 O BPS

O BPS é um acrónimo de *Bosch Production System*. Este sistema é uma iniciativa para todo o grupo BOSCH, assente em 8 princípios e que tem por base a gestão integrada da cadeia de valor.

Os principais objectivos do BPS são a redução do desperdício em todos os processos (tornando-os mais simples, mais transparentes e mais flexíveis) bem como o envolvimento de todos os colaboradores no seu trabalho diário, de modo a ultrapassar as expectativas dos clientes e a melhorar a rentabilidade da empresa. O BPS procura constantemente otimizar os processos produtivos, reduzir os *lead-times*, reduzir os custos e manter a qualidade pela qual a BOSCH é conhecida. O BPS torna possível a implementação da *Lean Production*

permitindo um estímulo contínuo do mercado e viabilizando o alcance das suas principais metas: satisfação de clientes e colaboradores e garantia do sucesso da empresa.

2.4.1 Princípios BPS

Os 9 princípios em que está assente o BPS procuram garantir o crescimento sustentado do valor das contribuições dos colaboradores, eliminando a ineficiência. Para tal são importantes as contribuições de todos os colaboradores, no sentido do seguimento destes princípios.

São então estes os princípios do Bosch Production System:

- Sistema a Puxar (Pull)
- Orientação ao Processo
- Qualidade Perfeita
- Flexibilidade
- Normalização
- Eliminação do Desperdício
- Melhoria Contínua
- Processos Transparentes
- Envolvimento e Delegação de Poder aos Colaboradores

Os departamentos BPS existentes nas unidades fabris da BOSCH têm como objectivo implementar os princípios BPS em todas as áreas da fábrica. O departamento tem como Visão “procurar a excelência no negócio, eliminando desperdícios em todos os processos, tornando-os mais simples, mais transparentes e mais flexíveis” e como Missão “suportar a implementação de processos mais eficientes, promover a melhoria contínua, incentivar o envolvimento de todos os colaboradores, alinhar a estratégia com os princípios do Bosch Production System e promover a gestão integrada de toda a cadeia de valor”.

Os princípios BPS formam as regras estruturais para o sistema de produção das unidades industriais do grupo BOSCH. Seguidamente, apresentam-se em maior detalhe cada um dos princípios BPS. Na figura 2.2. são apresentados em esquema esses mesmos princípios e a sua ligação com os indicadores de Qualidade, Custo e Entrega (*Delivery*), também conhecidos como indicadores QCD. Para efeitos de comparação, apresenta-se na figura 2.3. um esquema idêntico referente ao TPS. Da análise das duas figuras é possível estabelecer com facilidade alguns paralelos claros entre os dois sistemas: a importância das pessoas, a

normalização de processos, o sistema Pull, a qualidade perfeita e a eliminação de desperdícios são pilares de grande importância nos dois sistemas.

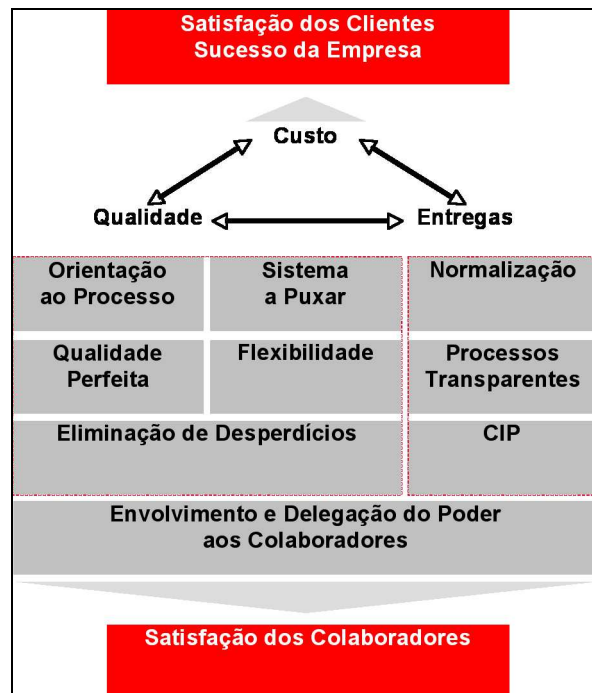


Figura 2.2 - Os princípios do Bosch Production System (retirada do Manual do BPS).

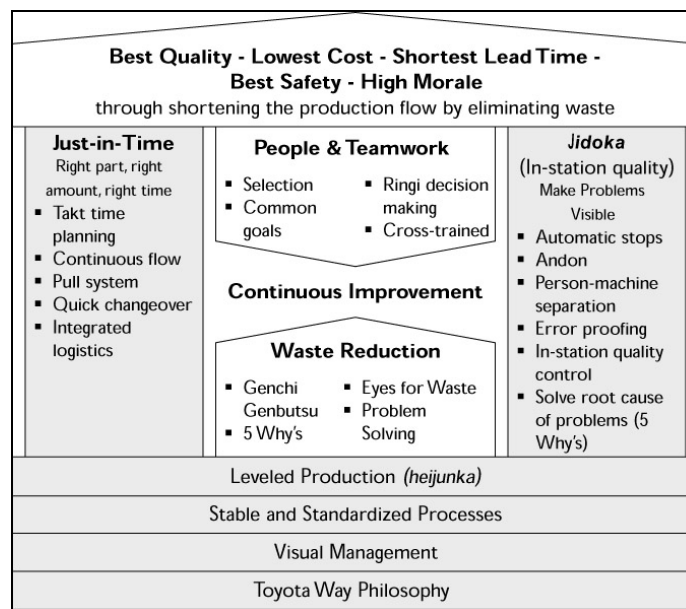


Figura 2.3 - O diagrama conhecido como "House of TPS" (retirada do livro "The Toyota Way" (Liker, 2004)).

2.4.2 Sistema a Puxar (*Pull System*)

“...*The company had a cognitive scheduling [...] when they really needed a reflexive scheduling. [...] When we put our finger on a hot stove, we don't methodically review the situation and propose the best course of action. Instead, our reflexes do the right thing by pulling our finger away. This is the simplest way to think about the difference between push and pull...*”

- Art Smalley, *Creating Level Pull* (2004)

À semelhança do Toyota Production System, descrito por Womack e Jones em *Lean Thinking* (Womack, 1996), também no Bosch Production System o sistema a puxar ou “*pull system*” é adoptado como princípio. Esta abordagem ao processo de produção baseia-se no conceito de apenas produzir e fornecer aquilo que o cliente precisa. A produção e a logística envolvida no processo produtivo apenas fazem sentido a partir do momento em que existe procura. Portanto, o princípio de funcionamento do sistema a puxar procura evitar a criação de stocks (e os elevados custos que daí advêm) e cria condições para reduzir os *lead times*² (tempo que decorre entre um pedido do cliente e a entrega da encomenda) através da introdução de uma produção orientada ao fluxo e de uma intensa sincronia e interligação entre produção e logística. É assim possível obter uma produção cujo ciclo é definido pela procura do cliente. A introdução de sistemas transparentes e auto-geríveis simplifica o planeamento e controlo da produção.

Todo o TPS foi desenvolvido em torno da eliminação de desperdício. Como já foi explicado neste capítulo, foram na altura identificados 7 principais desperdícios, lembrados por Liker em “*The Toyota Way*” (Liker, 2004). Um dos desperdícios estudados é a Produção em Excesso, ou seja, a produção de bens para os quais não há encomendas. Este desperdício conduz ao aparecimento de outros desperdícios como o excesso de colaboradores e os custos de armazenamento e transporte associados ao excesso de stocks. O sistema a puxar procura mais directamente combater a produção em excesso, um dos principais desperdícios, uma vez que permite baixar os níveis de stock.

Na tabela seguinte apresentam-se algumas das principais diferenças entre os princípios Pull e Push, este último existente na generalidade das unidades de produção fabril:

² Por *lead time* entende-se o tempo que intervala a criação de uma ordem de produção e a conclusão dessa mesma ordem. Por tempo de atravessamento ou *throughput time* entende-se o tempo que separa a entrada dos produtos a transformar (a montante) da saída dos produtos para o cliente.

Tabela 2.1 – Quadro-Resumo de diferenças entre sistemas Push e Pull

PUSH	Vs.	PULL
1. Produção 2. Encomenda 3. Entrega	Lógica do Processo (etapas)	1. Encomenda 2. Entrega 3. Produção
Elevados e Variáveis	Stocks	Reduzidos e Constantes
Variáveis	<i>Lead Times</i>	Constantes
Centralizado	Planeamento e Controlo da Produção	Baseados no Consumo

O acoplamento dos vários níveis da produção (através da inclusão de supermercados entre as várias fases do processo produtivo) permite que haja um ritmo de produção de acordo com o consumo cria o efeito *pull* ao longo da cadeia de valor, como é ilustrado para exemplo na figura 2.4. A partir do momento em que o consumidor retira um produto do supermercado é enviado um *kanban* (cartão) para a montagem final e assim sucessivamente, de forma retroactiva, sendo sempre produzidas e reabastecidas as partes consumidas. Exemplo: Considere-se o último supermercado da cadeia, situado mais próximo do cliente, na imagem abaixo. O cliente (*customer*) retira um produto do supermercado (*store*). Essa acção espoleta o envio de um *kanban* para a linha de montagem final, que produz mais um produto para repor no supermercado final o que foi consumido. Para montar esse produto, foi necessário “puxar” (daí o sistema se chamar *pull*) uma ou mais peças do supermercado da pré-montagem (*pre-assembly*), implicando o envio de um *kanban* para a pré-montagem. Esta sequência de eventos repete-se sucessivamente ao longo da cadeia de valor, até aos fornecedores.

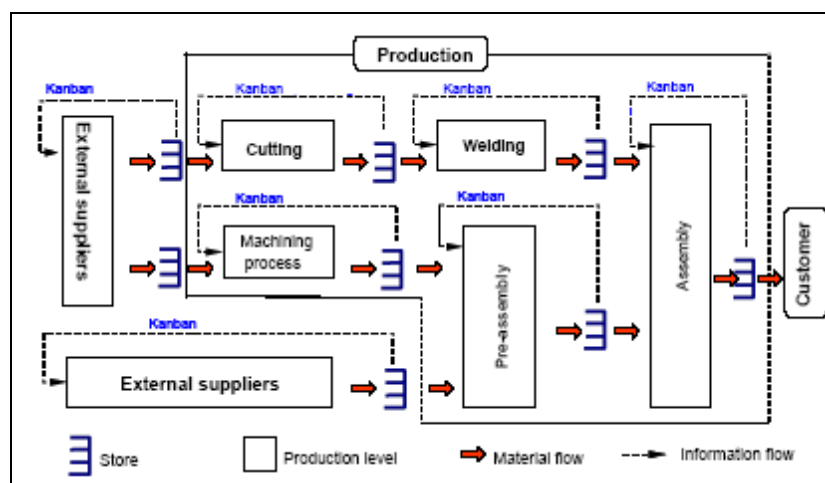


Figura 2.4 - Esquema-exemplo da implementação de um sistema *pull* ao longo de um processo produtivo.

A entrega da peça pedida na quantidade, momento, qualidade e local em que é necessária define o princípio do “*Just-In-Time*” (JIT), assegurado pelo sistema a puxar através de uma produção sincronizada. Idealmente, não seriam necessários supermercados, daí que se deva procurar que estes sejam tão pequenos quanto possível e que o material seja entregue o mais perto possível do nível seguinte, minimizando assim outro dos 7 desperdícios: o transporte.

A implementação de um sistema a puxar permite manter um nível de stock conhecido e constante, criar transparência no processo, aumentar a disponibilidade de peças, limitar a produção às peças consumidas e aumentar a frequência de encomendas cíclicas, reduzindo o tamanho dessas encomendas e o esforço a elas associado.

2.4.3 Orientação ao Processo

Toda a organização deve mover-se em sintonia e em torno do mesmo objectivo. O objectivo por trás de toda a organização e controlo dos processos é claro: a simplificação e maior rapidez de todos esses processos, desde o primeiro pedido à entrega da encomenda, sempre em benefício dos clientes.

Como é possível ver, este é um conceito particularmente presente no desenvolvimento do projecto apresentado neste documento pois foi possível procurar hipóteses de melhoria tendo em vista a melhoria numa óptica global (de redução de custos e lead-time) e não apenas a melhoria local de um ponto específico que permita aumentar a eficiência deste ou daquele posto. São vários os elementos que apoiam as hipóteses de melhoria num determinado processo: *Lean Line Design*, *Milk-Run* interno, Trabalho Normalizado, *Quick Changeover*, entre outros, alguns dos quais estudados mais adiante.

2.4.4 Qualidade Perfeita

A produção não se pode coadunar com falhas. O produto deve sair perfeito à primeira, evitando custos com retrabalhos e, no pior dos casos, impacto no cliente, quer em termos de queixas e custos com assistência técnica bem como com eventuais problemas de segurança.

Por estes motivos, o objectivo do BPS são zero erros. A prevenção de erros prevalece sobre a descoberta de erros, uma vez que vai evitar que estes ocorram no futuro. A

prevenção de erros é possível através da tomada de medidas de prevenção. A redução de stocks é também importante neste aspecto uma vez que torna os problemas visíveis. A qualidade perfeita é atingida através da prevenção, detecção, comunicação e eliminação de erros.

São apresentadas na tabela seguinte algumas das ferramentas mais importantes nesse processo:

Tabela 2.2 – Ferramentas de Qualidade do BPS.

Ferramenta	Objectivo	Funcionamento
5S	Prevenção	Em cada posto, nada mais do que o material necessário para o trabalho a realizar. Limpeza do Posto.
Poka Yoke	Prevenção	Ex.: Não ser mecanicamente possível trabalhar peças mal encaixadas num posto anterior.
Jidoka	Detecção	Detectar e impedir de forma automática o avanço de falhas na linha.
Andon	Comunicação	Sistema de resposta rápida. Permite uma intervenção mais rápida e adequada à ocorrência de um erro.
TPM	Eliminação	Manutenção preventiva e autónoma de máquinas e instalações. Permite eliminar as causas de “perdas” ligadas a paragens de máquinas.
5W	Eliminação	Aquando da ocorrência de um problema deve fazer-se a pergunta “Porquê?” (“Why?”) 5 vezes, até se chegar à raiz do problema. Permite identificar a verdadeira raiz dos problemas e assim eliminá-los.

Combinando medidas preventivas e controlo rápido de erros, é possível evitar a repetição de erros e atingir um rácio óptimo de “peças perfeitas à primeira”. Por último, a prevenção de erros também reduz a pressão nos operadores.

À semelhança do que acontece no TPS, é muito importante desenvolver uma cultura de procurar a verdadeira raiz do problema, nem que para tal seja necessário parar uma linha de montagem ou uma máquina. (Liker, 2006)

2.4.5 Flexibilidade

A flexibilidade é imprescindível para poder dar resposta a qualquer imprevisto ou súbita alteração; se as necessidades dos clientes se alterarem, é imperativo que haja uma adaptação fácil, simples e rápida a essas novas exigências, quer em termos de organização de trabalho quer de maquinaria. As variantes do produto devem ocorrer o mais tarde possível na

cadeia de valor, de forma a permitir uma maior facilidade e rapidez de implementação. Todo o equipamento mecânico da fábrica deve ser reutilizável e orientado de forma consistente ao ciclo de vida do produto. Todo o sistema de produção deve apresentar flexibilidade suficiente que permita, em qualquer altura, uma fácil integração de novos métodos e/ou desenvolvimentos aos processos já existentes, que estão em permanente renovação.

Um dos principais elementos BPS que contribui para esta flexibilidade é o “*Quick Changeover*”. O QCO é uma ferramenta que procura garantir que o tempo de “*changeover*” (troca de ferramenta) é o menor possível; a actividade de “*setup*” (preparação, troca e ajuste final) levada a cabo entre variantes diferentes do produto tem de estar otimizada de forma a garantir que é mínimo o tempo que intervala a última peça boa de A e a primeira peça boa de B. Para tal é essencial distinguir claramente as actividades de “*changeover*” internas (que apenas podem ser executadas com a máquina parada) e externas (que podem ser executadas durante o tempo de processamento da máquina), de forma a garantir que estas últimas são executadas durante o processamento que antecede a troca de ferramenta.

No âmbito da flexibilidade, existem várias oportunidades de melhoria, não só em termos de equipamento mas também de organização e gestão do posto de trabalho, de ferramentas e mesmo de desenho de produto. É importante garantir também que os operadores possam ser deslocados de forma flexível e que possam executar tarefas diferentes. A existência de documentação sobre as tarefas a desempenhar em cada posto (a actualização desta informação também deve estar sempre salvaguardada) é vital, no sentido de não existir um grau de dependência da pessoa que habitualmente está alocada a esse posto, tornando possível que qualquer pessoa possa levar a cabo essa função. No âmbito desta documentação, Coimbra (Coimbra, 2009) relembra a velha máxima de que “uma imagem vale mais do que mil palavras” e recomenda a utilização de fotografias e esquemas visuais evitando o recurso a uma descrição excessivamente textual dos passos a seguir em determinada tarefa.

2.4.6 Normalização

A adopção de standards correspondentes às melhores práticas e a constante procura de melhoria destes standards é um dos princípios base para uma boa implementação no terreno de uma filosofia de produção “*lean*”, como é apontado no “*Toyota Way Fieldbook*” (Liker, 2006). Taiichi Ohno (Liker, 2004) defende ainda que a normalização assente na delegação de poder aos colaboradores, permitindo que aqueles que estão mais directamente envolvidos em determinado processo contribuam com as suas ideias, abre caminho à elevada eficiência de produção evitando defeitos de qualidade, erros e acidentes. A normalização providencia portanto, uma estabilidade essencial ao bom funcionamento dos processos.

Na óptica do BPS, em linhas gerais, procura-se tirar o máximo partido do “*know-how*” existente, quer em termos de processos, métodos de trabalho ou equipamento, adoptando sempre as melhores soluções conhecidas, orientadas ao sucesso e a um bom desempenho, mantendo a dinâmica inerente a quaisquer possíveis contributos de melhoria, em qualquer altura.

A documentação associada à normalização (folhas de trabalho normalizado, etc....) é também ela de substancial importância para a estabilidade dos processos porque não só permite, à semelhança do que foi dito na secção anterior, que diferentes colaboradores desempenhem com igual eficiência a mesma tarefa como também torna possível a transmissão das melhores práticas para áreas semelhantes dentro do grupo.

2.4.7 Eliminação de Desperdício e Melhoria Contínua (CIP)

O manual do BPS refere que não existe nada que não possa ser melhorado (ainda mais...) daí que a palavra “melhoria” seja inevitavelmente acompanhada da palavra “contínua”, uma vez que é uma actividade desenvolvida constantemente, de forma cíclica. Existe sempre desperdício que pode ser eliminado.

Numa perspectiva de melhoria, qualquer processo deve ser visto no seu todo. Através dessa análise devem procurar-se um ou dois pontos possíveis de melhoria, em que os resultados possam ser mais expressivos para a eficiência de todo o processo (e não apenas a eficiência local do ponto a melhorar). Assim, apesar de os processos de melhoria procurarem actuar em pontos específicos do processo, o objectivo deverá sempre ser a melhoria global do processo.

O CIP (*Continuous Improvement Process*) ou Processo de Melhoria Contínua funciona em dois níveis: O System CIP e o Point CIP. O primeiro funciona numa perspectiva mais abrangente, com um planeamento do tipo “*top-down*” de objectivos para a fábrica (tendo em conta o plano de negócio) e com a Visão BPS como objectivo futuro. Uma das ferramentas desenvolvidas pela Toyota foi o ciclo PDCA, descrito por Liker no “*The Toyota Way*”, utilizado na BOSCH no âmbito da melhoria contínua com o “*System CIP*”. PDCA significa *Plan-Do-Check-Act*. A primeira fase prende-se com desenvolver um plano de acção para melhorar um determinado ponto. Na BOSCH é importante ter em atenção a Visão BPS, aquando desse planeamento. O projecto que se define e cuja implementação se programa, faz parte da segunda etapa, o “*Do*”. A terceira fase é perpetrada através da verificação dos resultados obtidos e de auditorias BPS. A última fase, o “*Act*” prende-se com ajustes às soluções implementadas tendo em conta as constatações da fase anterior.

O Point CIP funciona de maneira mais orientada ao posto de trabalho. A ideia é estabelecer standards e avaliar com regularidade os desvios a esses standards (confirmação de processo), actuando de acordo (sistemas de reacção rápida). O processo deve ser sistemático, consistente, estruturado, contínuo, guiado (os responsáveis devem procurar fazer-se sempre as perguntas certas, na busca das soluções) e transparente.

2.4.8 “Transparência” de Processos

No âmbito da “Transparência” de Processos, inerente ao BPS, existem três ferramentas fulcrais a considerar: os 5 S, o *Value Stream Map* (VSM) e a Gestão Visual. Esta última vem de encontro ao que já foi referido no sentido de favorecer a utilização de imagens e esquemas, nomeadamente em normas, instruções de trabalho identificação de peças ou semelhantes, em detrimento de descrições textuais minuciosas.

A ferramenta “5 S” procura deixar a descoberto os problemas, procurando sempre manter tudo limpo e tendo um lugar para cada coisa. Numa análise rápida, os 5S podem ser descritos como um conjunto de cinco passos fundamentais, a seguir apresentados:

1 - Seiri - Sort Out (Triar) - Distinguir o que é necessário daquilo que não é necessário. O que não for necessário deve ser eliminado.

2 - Seiton - Set in Order (Organizar) - Arranjar um lugar para cada coisa e arrumar cada coisa no seu lugar. As coisas que forem mais utilizadas devem ser mais facilmente alcançáveis do que as que são menos utilizadas

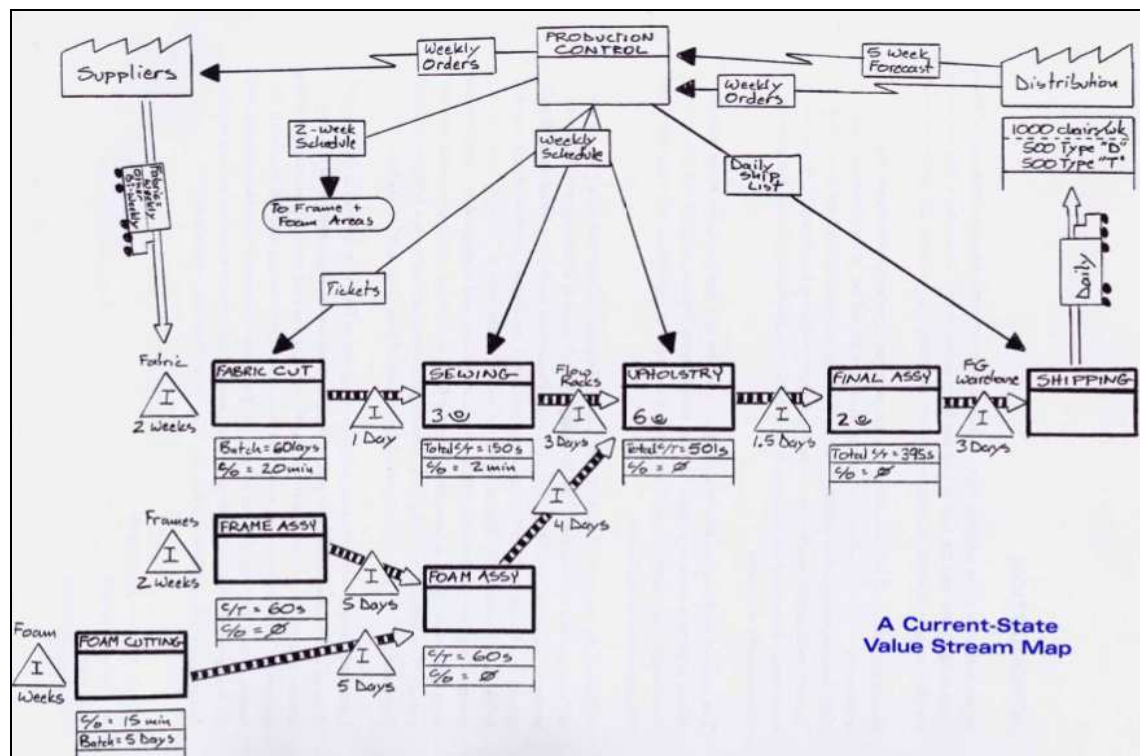
3 - Seiso - Shine (Limpar) - Manter tudo impecavelmente limpo sempre. Pode considerar-se este passo como uma forma de inspecção para prevenir eventuais falhas, inclusivamente.

4 - Seiketsu - Standardize (Normalizar) - Criar e manter documentação de standards para os primeiros 3 S e atribuir responsabilidades.

5 - Shitsuke - Sustain (Manter) - Manter os standards estipulados através de um comportamento disciplinado e da criação de rotinas e hábitos. Deve estabelecer-se ainda um plano de verificação de processo pela chefia.

Por último o VSM (Value Stream Map), amplamente estudado por Rother e Shook na sua obra de referência, “*Learning to See*” (Rother, 1999), trata-se de uma ferramenta

bastante importante que permite ver com facilidade toda a cadeia de valor e identificar de forma rápida as fontes de desperdícios e portanto os pontos de melhoria. Mais do que ver apenas o processo é possível compreender todo o fluxo e actuar de forma ao favorecimento deste. O VSM fornece uma linguagem comum e portanto uma base de entendimento para a discussão em equipa do processo produtivo. A facilidade de compreensão das ligações entre os vários processos e intervenientes faz do VSM um ponto de partida excelente para qualquer projecto de melhoria contínua. Nas figuras 2.5 a) e b) é possível ver dois exemplos de Value Stream Maps, um representativo de estado actual e outro representativo de um estado futuro (também conhecido como Value Stream Design ou VSD), retirados do livro “Learning to See” (Rother, 1999).



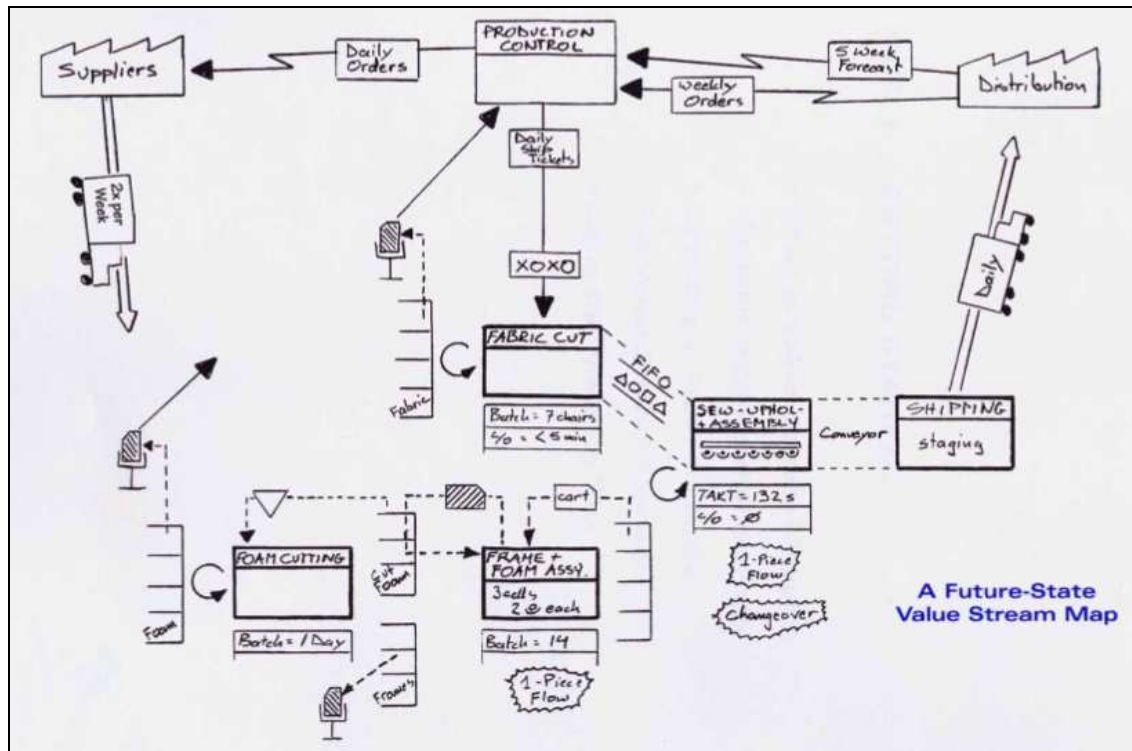


Figura 2.5 - a) Exemplo de um Value Stream Map - Current State. b) Exemplo de um Value Stream Map - Future State (ou VSD). (Figuras retiradas do livro *Learning To See* (Rother, 1999).)

Analisando o exemplo, na figura 2.5.a) são visíveis vários triângulos, que simbolizam pontos de stock. É possível constatar que muitos desses pontos serão eliminados no estado futuro e que será criado um sistema de *Kanban*, simbolizados pelos rectângulos com um canto recortado. O controlo de produção passaria também a enviar um plano de produção diário e não semanal como acontece no estado actual.

2.4.9 Envolvimento e Delegação de Poder aos Colaboradores

A delegação de autoridade ao nível dos processos permite uma muito maior flexibilidade e rapidez de acção no *gemba*, como é referido no manual BPS.

Como já foi dito, Taiichi Ohno passou muito tempo no chão-de-fábrica, à procura de pontos de desperdício, pois é aí que tudo efectivamente acontece e onde as melhorias têm de ser implementadas. Por esse facto, é essencial dar voz a quem mais tempo aí passa, os operadores, que são quem efectivamente melhor conhece os processos de produção e quem efectivamente sente as dificuldades aí encontradas. Já Liker (Liker, 2004) também referia a importância de não desperdiçar as valiosas contribuições que possam decorrer das ideias e talento de todos os colaboradores.

Neste sentido, a BOSCH tem em funcionamento um Sistema de Sugestões, no qual todos os funcionários podem dar novas ideias e receber pontos em troca dessas ideias e da implementação das mesmas. Esses pontos podem depois ser trocados por prémios.

2.5 Milk-Run

“Milk-Run: A routing of a supply or delivery vehicle to make multiple pickups or drop-offs at different locations.”

- Womack, Jones, *Lean Thinking* (1996)

A filosofia *lean* defende que em cada local de trabalho apenas devem estar as peças correctas, na quantidade necessária, na altura em que são precisas. Nesse sentido foi criado o conceito de *milk-run*, que vai buscar o nome aos circuitos da entrega de leite na América, que eram feitos na mesma quantidade e sempre à mesma hora todos os dias, porta-a-porta.

O conceito pretende portanto reduzir os *stocks* a um valor mínimo, baseando o seu funcionamento numa rota (ou trajecto) sempre igual, percorrida ciclicamente num tempo pré-determinado e fixo. No caso concreto do *milk-run* interno, mais importante no âmbito deste projecto, o abastecedor desloca-se numa mota eléctrica com carruagens atreladas, adequadas ao transporte das peças que vai transportar.

Coimbra (2009) defende a importância desta realidade para a criação de fluxo de logística interna (um dos pilares do modelo de gestão total de fluxo, citado anteriormente). O *milk-run* transporta peças mas também informação (cartões *kanban*) entre supermercados, bordos de linha, pontos de entrega de produto acabado, armazéns, entre outros, num ciclo fixo.

As vantagens para a empresa, como refere Amorim (2008), reflectem-se na diminuição dos custos associados à cadeia de abastecimento: *stocks* e custos associados ao transporte de material. Os tempos de ciclo de MR variam tipicamente entre 20 e 60 minutos, no entanto, com vista a minimizar os custos com *stocks*, deve procurar manter-se o tempo de ciclo tão baixo quanto possível.

2.6 Bordos de Linha

Como explica Coimbra (2009), é tarefa da logística interna entregar o material certo na quantidade e qualidade certa, na altura certa, no local em que o material é necessário. O

local onde esse material é entregue é bordo de linha, é o ponto de ligação entre a logística interna e a produção. A produção encarregar-se-á do processo de produção daí em diante, que é da sua responsabilidade.

Os bordos de linha são conjuntos de rampas onde são abastecidas caixas de peças directamente aos postos de trabalho, onde estas vão ser utilizadas. Estas rampas devem estar orientadas de maneira a que o operador receba as peças frontalmente e preferencialmente em caixas pequenas, de maneira a ser possível aproveitar ao máximo o espaço disponível, permitindo que esteja disponível a maior quantidade possível de referências aí utilizadas. A figura 2.6 ilustra um bordo de linha frontal.

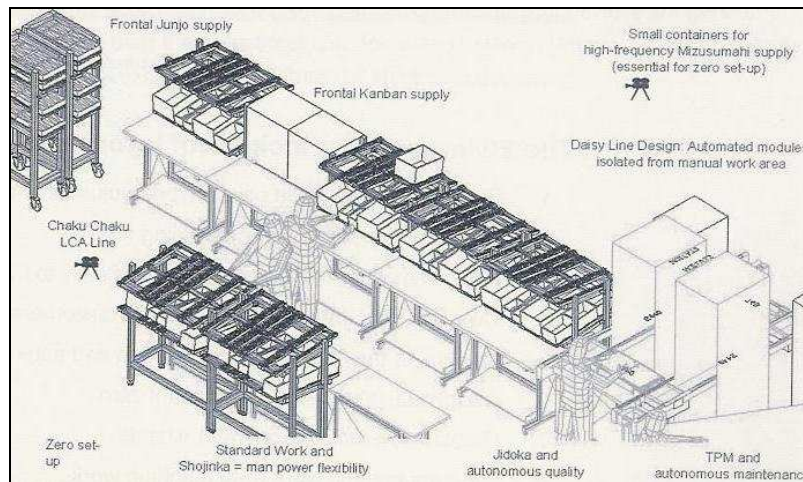


Figura 2.6 - Exemplo de bordos de linha de abastecimento frontal ao posto de trabalho. Figura retirada do livro *Total Flow Management*. (Coimbra, 2009)

Existem dois tipos de abastecimento possível:

- Abastecimento em “Caixa Cheia/Caixa Vazia” ou “2 Caixas” (ou *kanban supply*): nestes casos, em cada rampa apenas é abastecida uma referência de peça;
- Abastecimento em Sequência: contrariamente ao abastecimento em “2 caixas”, na mesma rampa podem ser abastecidas várias referências de peças, de forma sequencial. Por exemplo, se numa determinada rampa forem abastecidas as referências A, B e C é possível que encontremos nessa rampa 5 caixas ordenadas da seguinte forma: A, B, B, C, A (em “2 caixas”, contrariamente apenas seria possível encontrar A, A, A, A, A ou B, B, B, B, B).

Coimbra (2009) refere ainda que as vantagens da utilização de caixas pequenas não se restringem a questões de espaço mas também de qualidade e custo. Algumas das vantagens citadas são:

- Menor risco de as peças que ficam no fundo das caixas se danificarem (pois têm de suportar menos peso);
- Menor esforço necessário para o manuseamento de caixas (logo menor risco de acidentes);
- Maiores quantidades de peças podem mais facilmente conduzir a erros de contagem;
- Caixas maiores são mais difíceis de limpar.

2.7 O “A3”

O A3 é uma ferramenta muito importante de apoio ao trabalho em equipa. Trata-se como o próprio nome indica, de uma folha A3, mas que pode funcionar apenas em formato digital.

A ideia inicial do A3 advém da necessidade de comunicar de forma fácil e visual com recurso apenas a uma folha de papel, de maneira a permitir tomar decisões com rapidez, como aponta Liker (2004) no *The Toyota Way*. O A3 é mais um conceito desenvolvido no seio da Toyota, para combater as dificuldades de comunicação sentidas para chegar a um consenso, quando existem vários intervenientes. Procura manter-se no A3 apenas a informação verdadeiramente essencial, exposta de forma clara e inequívoca.

A utilização de um A3 num projecto permite a natural evolução de todo o processo mantendo sempre presentes os objectivos e as metas a que se propõe o projecto, ajudando a evitar desvios desnecessários aos propósitos iniciais e permitindo identificar com clareza atrasos no cumprimento de prazos, desvios a requisitos ou objectivos e respectivas consequências em outras acções e no plano traçado. É também fácil através do A3 melhorar a comunicação entre os vários membros de uma equipa através da identificação clara de responsabilidades.

Os A3 associados a resolução de problemas são normalmente baseados no ciclo de Deming - o PDCA, já anteriormente referido (Liker, 2004).

2.8 Conclusões

Após este capítulo, torna-se natural concordar com Liker, Coimbra, Womack e Jones entre outros reputados autores que se debruçaram sobre os princípios teóricos inerentes à

temática deste trabalho, quando atribuem ao *Lean Manufacturing* e à eliminação dos 7 desperdícios um grau de importância muito elevado, no actual contexto da produção industrial.

Para que estes princípios sejam aplicados com sucesso, é essencial conhecer bem e escolher ainda melhor as ferramentas mais adequadas a cada tipo de situação e problema, procurando garantir em simultâneo a estabilidade e transparência dos processos. Não devem procurar adaptar-se soluções de problemas idênticos procurando apenas os efeitos imediatos e o sucesso a curto prazo. A chave do sucesso nesta área assenta na escolha de soluções de compromisso, estudadas aprofundadamente e caso-a-caso, na óptica da filosofia e maneira de pensar *Lean*.

3.

Caracterização e Análise do Problema

No presente capítulo será feita a apresentação em detalhe do problema em questão, incluindo a metodologia seguida e a análise ao mesmo.

Esta parte do trabalho constitui uma importante base para a fase seguinte, de pesquisa de soluções para o problema e análise da viabilidade das mesmas. Durante a análise do problema foram tidos em conta os princípios da *Lean Production* bem como os princípios do BPS, estudados anteriormente.

3.1. Descrição do Problema

Como já foi referido anteriormente, este projecto foi desenvolvido numa unidade fabril de produção de esquentadores e caldeiras e tinha como objectivo a implementação de melhoramentos a vários níveis numa linha de montagem final de esquentadores.

Internamente à empresa, o projecto foi denominado como “Criação de Fluxo na Linha 9”. A linha em questão foi montada no início dos anos 90 e é a linha mais antiga da fábrica. Como tal, é fácil depreender que apresenta um vasto conjunto de problemas nos quais se incluem: a falta de condições de ergonomia e segurança em vários postos, a inexistência de abastecimento normalizado, uma reduzida eficiência de balanceamento, elevados níveis de stock, entre outros. Estes e outros problemas foram detectados numa abordagem inicial ao problema através de visitas ao próprio local e consulta dos operadores e através da análise do esquema de *layout* da fábrica. Apesar de todos estes problemas, a linha em estudo é uma linha bastante flexível: produz 7 famílias diferentes de aparelhos (num total de 154

referências diferentes) com tempos de *changeover* reduzidos (60 a 90 segundos). No início do projecto, a capacidade máxima da linha rondava os 350 aparelhos por dia, com 19 operadores.

O trabalho foi desenvolvido em equipa, com elementos de vários departamentos, entre os quais o Departamento de Engenharia e Processo, o Departamento Técnico (responsável pela análise de métodos e tempos) e o Departamento de Logística Interna e estabeleceu-se um plano de duas reuniões (também denominadas *workshops*) semanais com a duração de 3 horas cada uma.

3.2. Metodologia, Análise de Problemas e Estabelecimento de Objectivos

3.2.1. Metodologia

De maneira a facilitar o trabalho em equipa e a interacção entre os elementos, recorreu-se a um esquema de vista superior da linha (*layout*), feito à escala, com cartolinas num quadro para se poder fazer a análise da situação actual da linha nas reuniões de equipa. À semelhança deste *layout*, foi sendo desenvolvido um outro para a situação futura, em que se foram incluindo as alterações à medida que estas eram propostas. Desta maneira era mais fácil fazer uma simulação das sugestões ou ideias que eram lançadas. Na figura 3.1 encontra-se uma fotografia desse esquema.



Figura 3.1 - Esquema em cartolina do *layout* do estado actual da linha. O início da linha (“cabeça-de-linha”) encontra-se à esquerda. É aí que os aparelhos começam a ser montados, deslocando-se sempre para a direita, até à área da embalagem.

As setas a vermelho sinalizam situações de contra-fluxo, isto é, situações em que existem peças a circular no sentido contrário ao da linha. Este tipo de situação é desaconselhável numa linha de produção e portanto a sua eliminação é um objectivo. Alguns dos pontos a cor-de-laranja representam pontos de stock de peças; nalguns casos ocupam

áreas bastante consideráveis da linha, situação que vai também contra os princípios *Lean*, nomeadamente nos casos em que estas peças nem têm um local próprio para a sua colocação, como é o caso dos esferovites, na área da embalagem (fim da linha). A existência de postos em ambos os lados da linha é também uma situação que causa dificuldades sobretudo em termos de balanceamentos da linha com menos operadores. O aspecto global da linha é também ele bastante desorganizado, situação que se tentou corrigir.



Figura 3.2 - Esquema em cartolina do primeiro esboço para o *layout* do estado futuro da linha.

A figura 3.2. é uma fotografia do primeiro esboço de *layout* em cartolina projectado para a linha, sobre o qual eram experimentadas as soluções que iam sendo apontadas tendo em vista aquilo que se pretendia para a situação futura da linha. É possível verificar que já praticamente não se previam situações de contra-fluxo e está representado o abastecimento de peças em bordo de linha, de será apresentado mais adiante.

O A3 foi outra das ferramentas amplamente utilizada ao longo do desenvolvimento do projecto, pois é uma ferramenta que permite dar a conhecer todos os detalhes principais respeitantes ao projecto recorrendo apenas a uma folha de papel.

Na figura 3.3. encontra-se o A3 inicial do projecto. No anexo 3, no fim deste documento, encontra-se uma versão posterior do A3. Comparando os dois torna-se mais fácil compreender a dinâmica de funcionamento desta ferramenta e a razão da sua importância.

Em seguida é apresentada uma análise de algumas das informações que podemos retirar do A3.

3.2.2. Identificação de Problemas e Procura de Soluções

Problemas da Linha:

- Fluxo de trabalho e de balanceamento de operações insuficiente: existem operadores que estão sobrecarregados de trabalho para o tempo que têm disponível (tempo de ciclo da linha). Quando algum destes operadores se atrasa, este atraso reflecte-se evidentemente em toda a linha, uma vez que ele está ocupado todo o tempo em que a linha está a produzir. Em contrapartida, existem operadores que têm sempre tempo disponível em cada ciclo da linha e que estão parados nesses intervalos de tempo. Existem também situações em que o operador tem de se deslocar entre dois postos, claros casos de desperdício por “deslocação de pessoas”.
- Deficientes condições de ergonomia em muitos dos postos: existem postos em que o operador é obrigado a curvar-se para alcançar peças que estão demasiado baixas ou a efectuar movimentos de torção do tronco, que são desaconselhados e cujas condições de ergonomia não são aprovadas segundo a norma standard em vigor na fábrica. As dimensões de alguns dos postos também não standard, dificultando a acção dos operadores.
- A existência de postos em ambos os lados da linha e de “ilhas” [postos isolados, fora da linha] dificulta o balanceamento da linha para diferentes capacidades: a existência destas situações não permite que se façam balanceamentos de operações para menores capacidades da linha (menos produção, com menos operadores) uma vez que esses postos isolados implicam ter sempre pessoas fixas associadas, pois estas não podem estar a deslocar-se de um lado para outro da linha para levarem a cabo outras tarefas.
- WIP elevado: o grande comprimento da linha implica que existam muitos aparelhos parados entre postos, à espera de serem processados, em cada instante.
- *Layout* actual dos postos não permite a implementação de um abastecimento *standard* com bordo de linha: a falta de espaço e a existência de postos dos dois lados da linha não permite o abastecimento frontal de peças em bordo de linha, directo ao posto de trabalho. Existem postos que estão frente-a-frente com outros postos e existem alguns equipamentos que devido às suas grandes dimensões ocupam demasiado espaço na linha, dificultando a criação de condições de melhoria.

- O material de entrada não está organizado e na generalidade dos casos funciona como um “*buffer*”: existe um grande stock de muitas das peças que são necessárias nos postos. Apenas quando esse stock é consumido o abastecedor da linha traz mais material. Na maior parte dos casos este material não tem sequer um local apropriado e de fácil acesso ao operador.
- Não existe trabalho normalizado para o abastecedor da linha: tendo em conta o que foi referido no ponto anterior, é fácil perceber que o abastecedor da linha funciona mais como um “bombeiro” do que propriamente como um *milk-run*, daí não poder sequer ser chamado assim, uma vez que o conceito do *milk-run* implica a existência de uma rota normalizada. O abastecedor limita o seu trabalho a satisfazer os pedidos dos operadores dos vários postos, tendo estes que o avisar quando estão na iminência de necessitar da peça A ou da peça B. Isto leva a que existam picos de trabalho do abastecedor e em que lhe é impossível dar resposta a todos os pedidos. Nalguns casos mais extremos, para evitar paragens da linha os operadores chegam mesmo a ter de se auto-abastecer, deslocando-se eles próprios a outros pontos da fábrica para recolher o material de que necessitam.

3.2.3. Estabelecimento de Objectivos

Objectivos do Projecto:

- Melhorar a eficiência
- Melhorar a ergonomia
- Criar um Sistema de Abastecimento Standard (incluindo Bordos de Linha, *Milk-Run* e supermercados)

A estes três objectivos podem ainda juntar-se outros dois que surgiram posteriormente:

- Diminuir a área ocupada pela linha
- Aumentar as condições de segurança

A segurança era precária nalguns postos, mas só mais adiante foi verificada a necessidade de actuar também neste aspecto.

Foi feito um estudo de “métodos e tempos” (também conhecida como análise UAS) pelos membros da equipa do projecto pertencentes ao departamento técnico. Desse estudo foi possível concluir que, para a capacidade máxima da linha, quando estão alocados 19 operadores, a média das eficiências de balanceamento³ do estado actual da linha era de apenas 56% (este valor está identificado no quadro com os indicadores de performance, no A3).

O valor para a eficiência de balanceamento (para uma determinada família de esquentadores) foi calculado através da seguinte fórmula:

$$EffBal = \frac{\sum_{n=1}^N t_n}{N \times t_c}$$

Legenda:

t_n - tempo em que o operador n está ocupado, durante um ciclo da linha.

t_c - tempo de ciclo da linha, que corresponde ao maior t_n .

N - número total de operadores (neste caso $N = 19$)

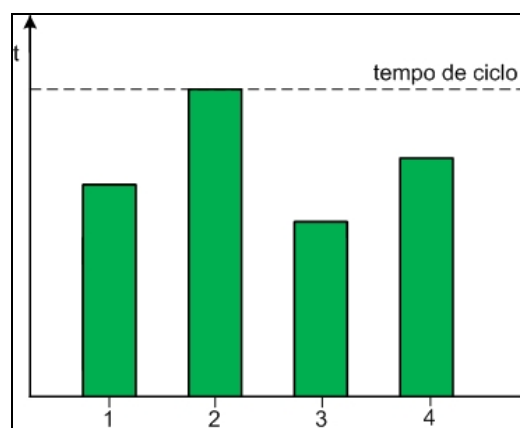


Figura 3.4 - Gráfico exemplo representativo da ocupação temporal de uma linha com 4 operadores.

Exemplo: Se quisermos calcular a eficiência de balanceamento de uma linha com 4 operadores cujos tempos de ocupação estão representados na figura 3.4. obter-se-ia o seguinte valor, supondo $t_c = 20seg$:

³ No A3 do projecto encontra-se um valor da média das eficiências de balanceamento uma vez que, como já foi dito, são produzidas 8 famílias diferentes de aparelhos na linha e o tempo de ciclo varia de família para família.

$$EffBal_{exemplo} = \frac{\sum_1^4 t_n}{N \times t_c} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}{4 \times t_c} = \frac{12 + 20 + 10 + 15}{4 \times 20} = 71,25\%$$

Ainda analisando o A3, é possível ver que existem dois campos muito importantes para o desenrolar do trabalho:

- O “*Action Plan*” (plano de acção), com uma calendarização das acções a tomar e a informação dos responsáveis por essas acções. Nesta fase inicial, o “plano de ataque” ao problema traçado passava pelo seguinte:
 - estudar o mapeamento actual de processo e logístico, já aqui apresentado;
 - desenvolver os balanceamentos para cada uma das famílias de produtos da linha;
 - cálculo e dimensionamento de bordos de linha;
 - cálculo do *milk-run*;

- As “*Performance Metrics*” (métricas de desempenho), através das quais é possível compreender alguns indicadores de avaliação dos objectivos do trabalho em termos de:
 - Nº de operadores necessários para a capacidade máxima da linha (o objectivo será reduzir em 10,5% o número de operadores para a mesma capacidade);
 - Área ocupada (pretendem libertar-se 70 m^2 de espaço, no fim da linha);
 - Eficiência (passar de uma eficiência de balanceamento de 56% para 85%).

4.

Soluções Preconizadas

No seguimento da caracterização da linha de montagem e dos vários problemas encontrados, apresentam-se neste capítulo as soluções propostas para a resolução dos mesmos, no sentido de cumprir os objectivos de melhoria estabelecidos.

As estratégias de solução propostas neste capítulo têm por base os princípios e métodos descritos no capítulo 3, para a construção do qual assumem particular relevo as referências de Liker (2004), Coimbra (2009) e Manual do BPS.

4.1. Apresentação de Soluções

Na tabela seguinte apresenta-se uma relação entre os problemas apontados no A3 e as soluções propostas para os mesmos. À tabela foram ainda acrescentados alguns pontos específicos da linha para os quais se propuseram soluções.

Tabela 4.1 – Tabela de Relação entre problemas encontrados e soluções propostas.

Problema	Soluções Propostas
Fluxo de trabalho e de balanceamento de operações insuficiente	Refazer os balanceamentos. Aproximação de postos (posto 23).
Deficientes condições de ergonomia em diversos postos	Alterar postos reprovados por postos standard.

A existência de postos em ambos os lados da linha e “ilhas” dificulta o balanceamento da linha para diferentes capacidades	Alteração ao <i>layout</i> da linha, passando todos os postos para o mesmo lado da linha, aproximando-se assim ao conceito de uma célula de produção.
WIP elevado	Abastecimento de todo o material em bordo de linha.
<i>Layout</i> actual dos postos não permite a implementação de um abastecimento standard com bordo de linha.	Alteração ao <i>layout</i> da linha, passando todos os postos para o mesmo lado da linha, aproximando-se ao conceito de uma célula de produção.
O material de entrada não está organizado e na generalidade dos casos funciona como um “buffer”	Abastecimento de todo o material em bordo de linha.
Não existe trabalho normalizado para o abastecedor da linha (<i>milk-run</i>)	Implementação de um <i>milk-run</i> com rota normalizada.

Na secção seguinte são apresentadas em detalhe cada uma das soluções propostas, para melhor compreender os seus efeitos e a maneira como permitem melhorar o fluxo da linha e reduzir ou mesmo eliminar várias situações de desperdício.

4.2. Alteração do *Layout* da linha

No sentido de dar resposta aos problemas apontados, nomeadamente o de acabar com as “ilhas” na linha e de maneira a tornar possível o abastecimento em bordo de linha foi proposta uma alteração ao *layout* da linha.

Para mais facilmente se compreenderem as alterações sugeridas, nas figuras 4.1. a) e b) é possível ver o *layout* actual e aquele que se pretende para o futuro da linha, juntamente com algumas anotações.

As principais diferenças entre o *layout* actual e o *layout* futuro são:

- Passagem de todos os postos para o lado direito da linha, eliminando as “ilhas” (postos isolados, do lado oposto da linha);
-

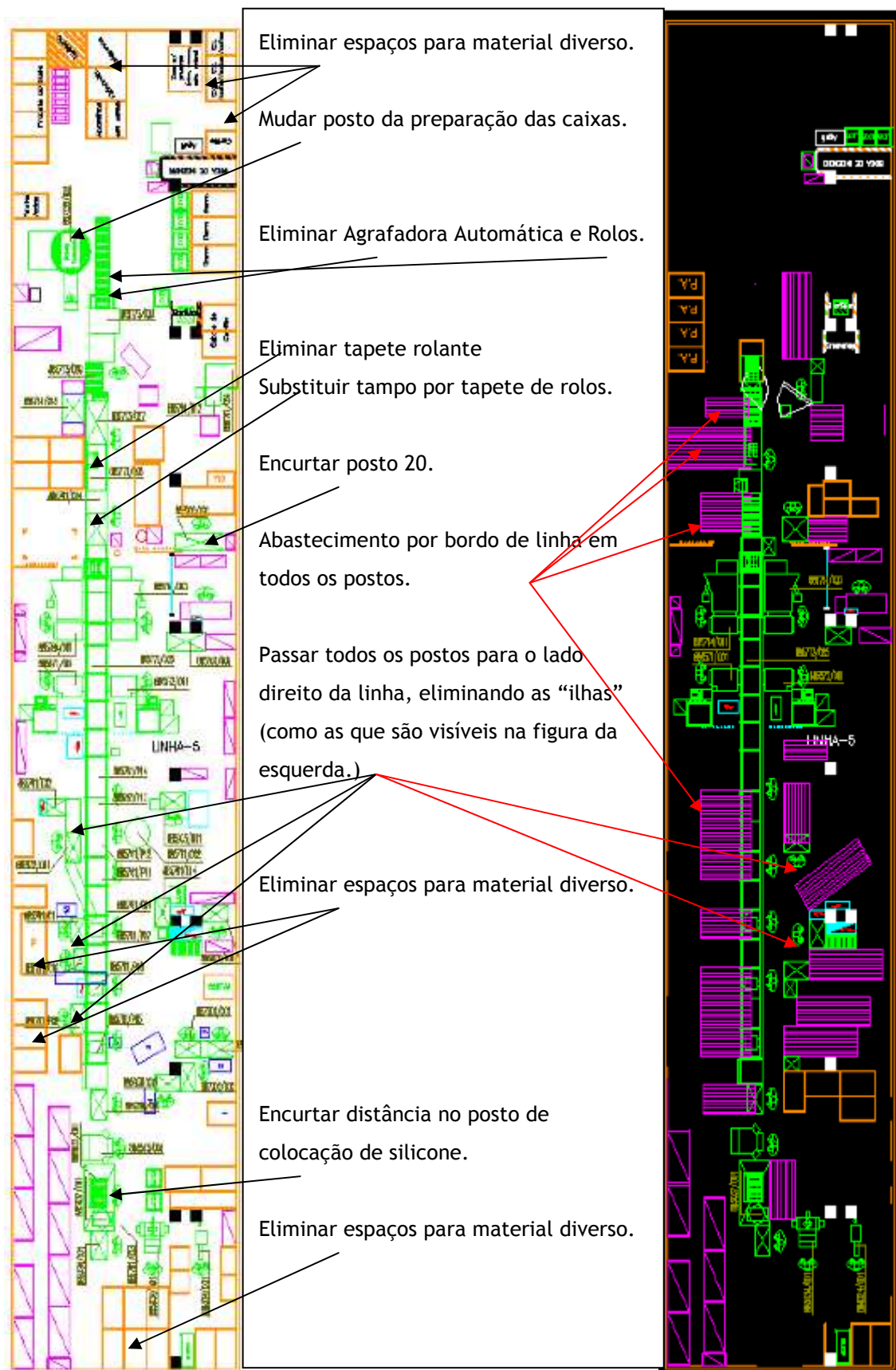


Figura 4.1 - a) *Layout* actual da linha. b) *Layout* futuro da linha.

4.3. Reestruturação dos Balanceamentos

Para cada família produzida na linha em estudo existem vários balanceamentos, correspondentes a diferentes capacidades, em que se inclui a descrição das tarefas levadas a cabo em cada posto assim como um registo das cronometragens dessas tarefas e do operador que as realiza. Quando se refere que existem balanceamentos para diferentes capacidades da linha significa que cada um deles diz respeito a um número diferente de operadores o que corresponde, por sua vez, a uma diferente quantidade produzida por turno (“*output*” da linha).

Tendo em conta as alterações feitas ao layout, que incluíram a eliminação das “ilhas”, foi possível fazer uma reestruturação desses balanceamentos de uma forma muito mais flexível. Na situação actual, alguns operadores estavam colocados em postos do lado oposto da linha e era-lhes portanto impossível realizar tarefas noutros postos durante o mesmo ciclo da linha. Esta situação seria impraticável pois implicaria que os operadores se deslocassem à volta da linha, criando assim uma clara situação de desperdício. No futuro *layout*, estando todos os postos do mesmo lado da linha, passa a ser possível ter operadores a realizar tarefas em postos anexos.

Esta enorme vantagem reflectiu-se claramente e de forma muito favorável nos novos balanceamentos. A eficiência média dos novos balanceamentos calculada é de cerca de 85%, registando-se portanto uma melhoria na ordem dos 30% relativamente ao valor anterior, que era de 56%.

A outra grande vantagem foi o facto de ser possível obter a mesma cadência ou “*output*” (número de aparelhos/turno) máximo da linha subtraindo 2 operadores à linha. Em termos efectivos, na área da embalagem é possível retirar um operador (os postos 20, 21, 22 e 23 podem passar a funcionar apenas com 3 operadores) e na área da montagem é possível retirar 2 operadores. No entanto, é necessário que um desses colaboradores seja atribuído ao novo *milk-run* a implementar, daí que o ganho total seja de apenas 2 operadores (total de operadores, para a capacidade máxima da linha: 17).

4.4. Eliminação de desperdício no processo da embalagem

O projecto foi estruturado de maneira a ser implementado em duas partes. A primeira parte do projecto prevê todo o dimensionamento e intervenção no sentido da implementação das alterações na área da embalagem (últimos quatro postos da linha) enquanto a segunda parte se dedicará à parte da montagem (restantes postos, desde a cabeça de linha).

Devido à curta duração do projecto, serão daqui em diante apresentadas mais detalhadamente apenas as propostas de alteração à área da embalagem. Para maior facilidade de compreensão das secções seguintes segue-se uma apresentação em maior detalhe do funcionamento dos postos da área da embalagem da linha, incluindo a descrição das tarefas realizadas nesses últimos 4 postos da linha (postos 20, 21, 22 e 23) e explicando em concreto as propostas de melhoria.

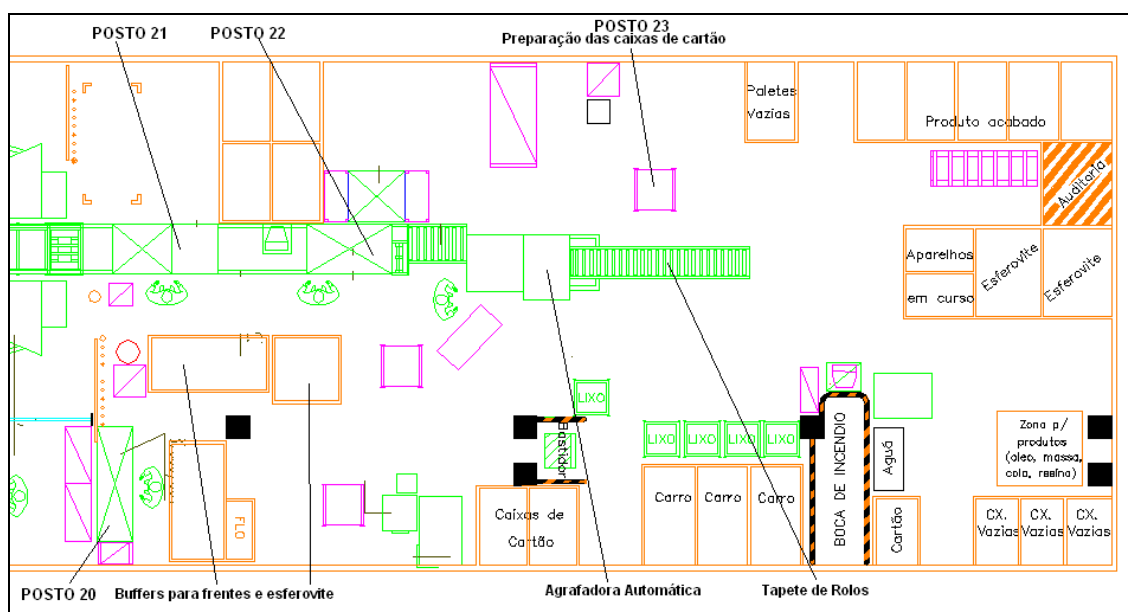


Figura 4.2 - Layout actual da área da embalagem da linha.

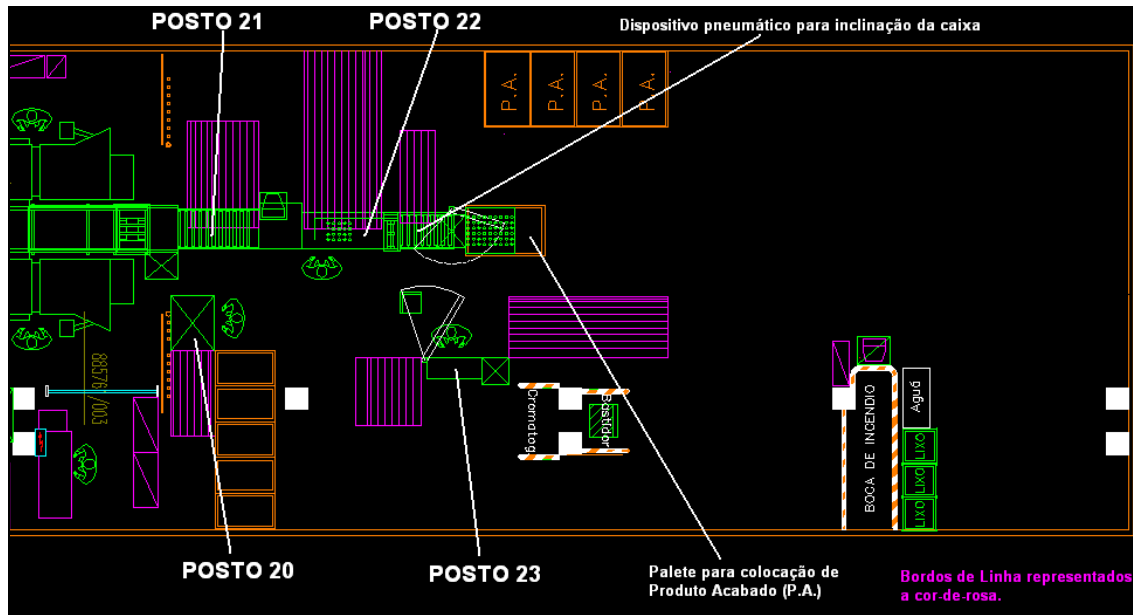


Figura 4.3 - Layout futuro da área da embalagem da linha.

As figuras 4.2. e 4.3. ilustram em detalhe os layouts actual e futuro da área da embalagem.

Para maior facilidade de compreensão do processo da área da embalagem, a figura 4.4 ilustra-o em diagrama de blocos, de forma muito resumida.

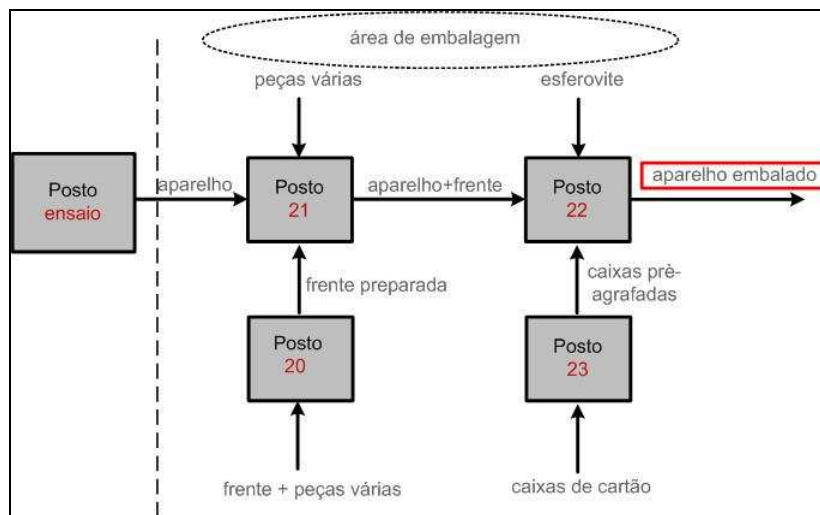


Figura 4.4 - Diagrama de blocos representativo do processo da embalagem de aparelhos na linha.

Segue-se uma breve descrição da situação actual:

POSTO 20: O aparelho chega à zona da embalagem vindo dos postos de ensaio. A “frente” do aparelho (peça metálica frontal do esquentador) chega à linha em carros, que são colocados junto ao posto 20. O operador retira então uma frente de cada vez para cima

do posto e prepara-a, colocando nomeadamente uma folha de isolamento, algumas etiquetas e chapa de marca. As frentes são depois colocadas num “*buffer*” intermédio de material. No posto 20 são ainda preparados os “espelhos” (peças em plástico onde se encontram os controlos do aparelho - indicadores LCD, botões e manípulos), sendo-lhes colocados alguns “clips” que permitem a posterior fixação deste ao aparelho. Esta preparação dos espelhos implica o seguinte processo: retirar todos os espelhos da caixa para cima do posto, colocar clips no espelhos, colocar espelho preparado na caixa. Esta caixa é posteriormente entregue no posto 21.

POSTO 21: Os aparelhos chegam ao posto 21 após serem ensaiados e aí são colocadas algumas tampas e etiquetas. Posteriormente é retirada uma frente do “*buffer*” e é aparafusada ao aparelho seguindo-se a colocação do “espelho”. Ainda no posto 21 é realizado um ensaio de estanquicidade ao aparelho, com recurso a uma máquina específica aí colocada, após o qual o aparelho é arrastado até ao posto seguinte.

POSTO 22: Aqui é colocado um plástico sobre o aparelho e, em seguida, este é elevado através de alguns pinos que saem da bancada e é colocada uma esferovite em cada uma das suas extremidades. Posteriormente baixam-se os pinos, o operador coloca uma caixa de cartão na extremidade direita do posto e empurra o aparelho para frente de maneira a ficar alinhado com a placa do embalador mecânico que em seguida empurra o aparelho para o interior da caixa. Segue-se a colocação dos acessórios no topo da esferovite e posteriormente o aparelho é alinhado com a agrafadora automática. Após a agrafagem, a caixa já com o aparelho desliza ao longo de um tapete de rolos até uma mesa de transferência onde é inclinado para a vertical e carregado em mão para a palete de produto acabado.

POSTO 23: As caixas de cartão são preparadas do lado oposto da linha (colocação de etiquetas), numa mesa plana, e posteriormente transportadas e colocadas num suporte ao lado do posto 22.

A partir da análise do processo da embalagem descrito são facilmente detectados alguns casos de desperdício, que se apresentam em seguida, acompanhados de possíveis soluções para os mesmos:

- Acumulação de WIP no “*buffer*” com frentes preparadas, entre o posto 20 e o posto 21: a solução passa por ser o mesmo operador a realizar as tarefas de preparação e colocação da frente no aparelho, uma a uma. Passar-se-ia portanto a ter uma situação de one-piece flow, eliminando esta situação de stock

intermédio. Note-se que o facto de passar a ser a mesma pessoa a trabalhar nos 2 postos cria uma nova situação de desperdício (que no entanto já acontecia relativamente à passagem da caixa com os espelhos, entre os mesmo postos): a distância entre ambos. Será por isso necessário diminuir o tamanho do posto 20 para as medidas de um posto standard e aproximar o máximo possível os postos 20 e 21.

- A falta de locais próprios para todo o material (peças) utilizado nestes postos. Na maior parte dos casos o material não está sequer ao alcance dos operadores no ponto em que são usados, como é o caso da esferovite, que está pousado no chão, atrás do operador, a cerca de 2 metros. A solução passa pela criação de bordos de linha em todos os postos. O facto de não haver um local próprio para todas as referências de material utilizado, implica que os operadores vão fazendo pedidos ao abastecedor da linha. Esta situação deixa de acontecer se houver local em bordo de linha para a grande maioria das peças, em sistema de “2 caixas”, uma vez que o abastecedor passaria a saber directamente qual o material que tem de repor através das caixas vazias que recolhe da prateleira de retorno.
- Tapete rolante inactivo entre o posto 21 e o posto 22. Este tapete acumula WIP entre os dois postos e implica que o operador arraste o aparelho até ao posto seguinte. A solução para este problema passa pela eliminação do tapete e respectiva aproximação dos dois postos.
- As primeiras operações levadas a cabo no posto 21 são executadas num tampo metálico, sendo necessário arrastar os aparelhos para a direita para ser feito em seguida o ensaio de estanquicidade. Este transporte é lento e penoso para o operador. Assim, propõe-se a substituição deste tampo por um tapete de rolos.
- A operação deagrafagem naagrafadora automática é lenta e cria uma situação desnecessária de stock de WIP pois existe também uma grande quantidade de aparelhos à espera de ser colocado em palete no tapete de rolos colocado à direita daagrafadora. A figura 4.4. ilustra a situação em causa. A solução passa pela remoção daagrafadora e do tapete de rolos substituindo-a por um processo deagrafagem manual, mais rápido, permitindo também que o aparelho seja mais rapidamente colocado em palete, através de um sistema de rolos mais curto e de uma mesa de transferência que permita a passagem de aparelhos para a palete com maior facilidade, diminuindo o esforço empregue pelo operador nesta operação, uma vez que passa apenas a ter que guiar o aparelho para a sua

posição final, com esforço mínimo, por oposição à situação actual em que o operador tem de levantar manualmente o aparelho para cima da paleta.



Figura 4.5 - Situação de acumulação de WIP após a agrafadora automática.

- A longa distância entre o posto de preparação das caixas, colocado no lado oposto da linha, e o local onde estas são utilizadas, no posto 23, provoca um desperdício de transporte de material (assim como desperdício de material em espera, uma vez que as caixas eram preparadas e transportadas em conjuntos, quase sempre de 16 unidades). A solução encontrada passou pela passagem desse posto para o mesmo lado da linha onde as caixas são utilizadas, encurtando drasticamente a distância entre o posto de preparação e o de agrafagem. A mesa plana em que era feita a preparação foi substituída por um cavalete na vertical, de forma a facilitar o processo de colagem de etiquetas.

A única modificação que prevê uma intervenção mecânica ocorre no posto 22. Nas figuras 4.5. e 4.6. apresentam-se dois esquemas de alterações propostas para este posto que permitem melhorar o processo.

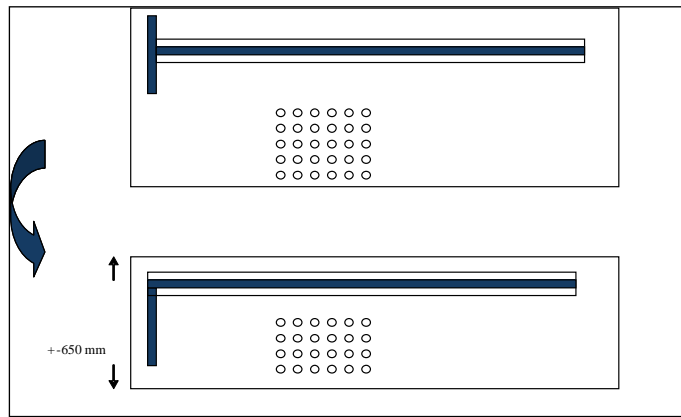


Figura 4.6 - Vista superior do tampo do posto de colocação de esferovite (posto 22). Em cima, situação actual e em baixo a proposta de alteração.

O aparelho chega ao posto da colocação da esferovite vindo da esquerda. Na situação actual o esquentador é deslocado para a zona dos pinos que o elevam para facilitar a colocação pelo lado do tampo mais próximo do operador. Depois de colocados os esferovites, o aparelho é empurrado para a extremidade do tampo oposta ao operador, de modo a ficar alinhado com a caixa de cartão, sendo accionado em seguida o mecanismo pneumático que o empurra, para a caixa, que se encontra à direita. A proposta de melhoria prevê reduzir a profundidade do posto e criar um sistema no qual a placa que empurra o aparelho desapareça para dentro do posto, permitindo que o esquentador atravessasse este posto sempre paralelamente ao sentido da linha, sem necessidade de o empurrar perpendicularmente ao sentido do deslocamento. Desta forma é também possível construir um bordo de linha para o abastecimento frontal da esferovite que fique ao alcance do operador.

Depois de o aparelho se encontrar na caixa existe um outro mecanismo pneumático que o inclina para a posição vertical, permitindo de forma fácil a colocação dos acessórios bem como a operação deagrafagem do topo da caixa. Imediatamente à frente existe um terceiro mecanismo de acção pneumática que eleva o esquentador para uma mesa de transferência com esferas ou rolos que permitam o deslize fácil do aparelho para a palete. A figura 4.6 apresenta um esquema desta proposta.

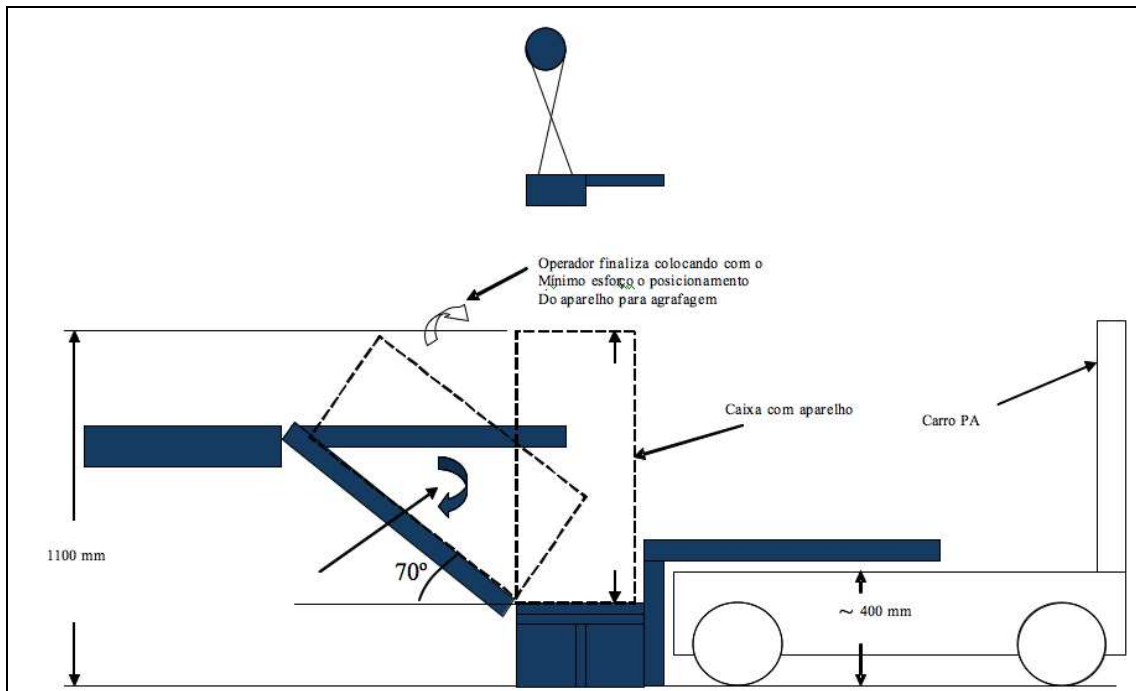


Figura 4.7 - Mecanismo proposto para inclinação do aparelho e colocação em paletê.

4.5. Bordos de Linha

Para que todo o material passe a estar disponível nos postos de trabalho foi sugerida a criação de prateleiras para abastecimento de peças em bordo de linha, directamente no ponto de uso.

Para o dimensionamento dos bordos de linha há vários factores a levar em consideração. Um desses factores tem que ver com a ergonomia. Existem vários estudos realizados que apresentam valores máximos e mínimos de alturas para “*picking*” (pegar) de peças assim como de peso e devem sempre procurar respeitar-se estes valores. Deve também favorecer-se sempre o abastecimento frontal, de maneira a minimizar os movimentos dos operadores. Quando este tipo de abastecimento não for possível, deve procurar-se pelo menos manter o material ao alcance do braço dos operadores, evitando a sua deslocação ou que estes tenham que se curvar ou efectuar movimentos de torção. A empresa em que foi desenvolvido este projecto dispõe de documentos *standard* para este tipo de dimensionamento, que foram aqui tomados em consideração.

Como foi visto anteriormente, o abastecimento em rampas de bordo de linha pode ser feito utilizando dois tipos de abastecimento: “2 caixas” ou “sequência”. O sistema de “2 caixas”, quando for possível implementar, é sempre preferível, uma vez que o abastecimento em sequência é mais vulnerável a erros de abastecimento e está sujeito ao tamanho de lote mínimo da linha (este valor teoricamente quer-se o mais baixo possível; tipicamente é escolhido um valor semelhante aos seguintes: 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20...). Para material de menores dimensões, material que venha em grandes quantidades ou material que seja utilizado em várias famílias dos produtos produzidos numa linha, p. ex.: parafusos, tampas, sacos e anilhas, etc., procura-se sempre a utilização de um sistema de “2 caixas”. Nos casos em que existem várias referências de material muito semelhante, material que varia de família para família, como por exemplo esferovite, caixas de cartão ou chapas de marca, é aconselhada a utilização do sistema de abastecimento em “sequência”.

Para poupar espaço no bordo de linha e para facilidade de utilização deve sempre procurar utilizar-se a caixa mais pequena possível para cada peça. No âmbito deste projecto, foi feito um estudo de todas as peças a colocar em bordo de linha tendo sido identificadas para cada uma delas as caixas a usar (de entre o conjunto de caixas standard existente na fábrica) e o número de peças que cabem em cada uma (NPK). A partir deste estudo foi possível saber qual o número de rampas necessárias em cada posto e qual o tamanho da caixa a colocar em cada rampa.

No que diz respeito à profundidade dos bordos de linha, deve procurar garantir-se que em cada rampa de uma determinada referência de peça cabem um número de caixas correspondente a 3 ciclos de entrega do *milk-run* (isto é, deve ter estar sempre disponível no bordo de linha um número de caixas equivalente a $N_{caixas}BL = \frac{3 \times t_{cMR}}{t_{consumo_{1caixa}}}$ em que t_{cMR} representa o tempo de ciclo do *milk-run* e $t_{consumo_{1caixa}}$ representa o tempo que o operador demora a consumir uma caixa, no caso mais desfavorável (“Regra dos 3 Ciclos” ou “Regra dos 2+1”). Veja-se o exemplo das figuras 4.7 e 4.8. em que se supõe que o operador quando está a “consumir” uma determinada referência de peça gasta uma caixa em 10 minutos, para um ciclo de *milk-run* também de 10 minutos.

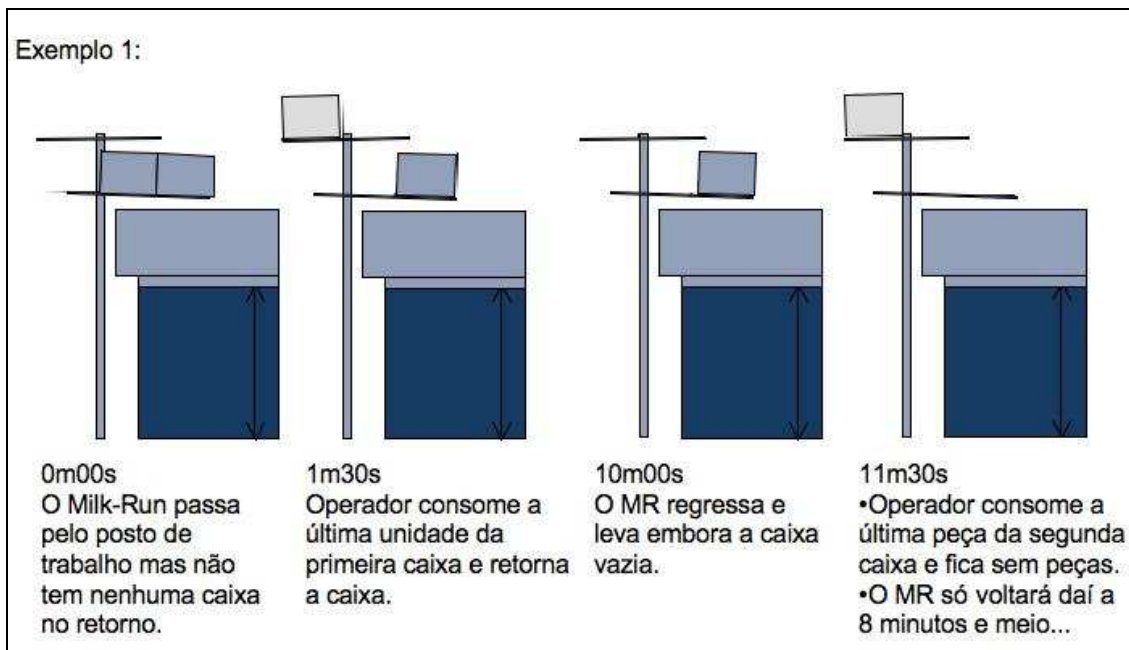


Figura 4.8 - Caso exemplificativo da necessidade de respeitar a regra dos “3 ciclos” na profundidade do Bordo de Linha. Neste caso o desrespeito da regra pode conduzir a paragens da linha.

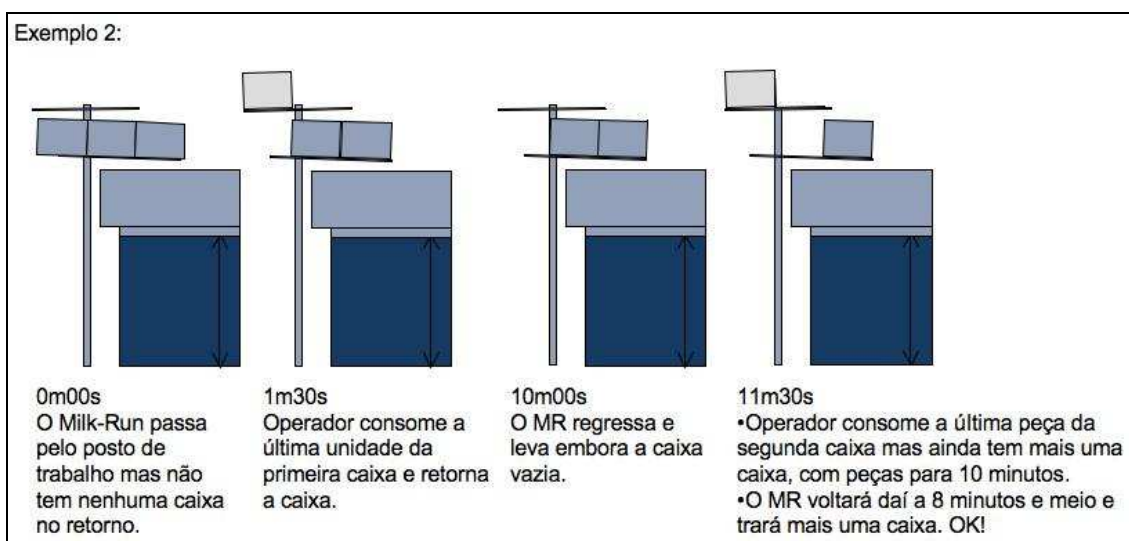


Figura 4.9 - Caso exemplificativo da necessidade de respeitar a regra dos “3 ciclos” na profundidade do Bordo de Linha. Neste caso a regra é respeitada.

Na figura 4.7 o bordo de linha apenas tem capacidade para 2 caixas quando seriam necessárias 3, para respeitar a regra dos “3 ciclos”. Com este simples exemplo é possível verificar que vai ocorrer uma paragem da linha, uma vez que o operador vai ficar sem peças antes de o MR voltar.

Na figura 4.8 a regra é respeitada e portanto, se o MR não se atrasar, o operador nunca vai ficar sem peças, não interrompendo a linha de produção.

Nos casos em que o tempo para consumo de uma caixa de peças é muito superior ao tempo de ciclo do *milk-run*, opta-se no mínimo pela colocação de duas caixas, no bordo de linha. Esta situação acontece em casos de peças muito pequenas como parafusos em que uma caixa pode conter por exemplo 2500 parafusos, fazendo com que a caixa dure 2 ou 3 dias.

No dimensionamento dos bordos de linha foi ainda necessário tomar em consideração que todas as rampas apresentassem um grau de inclinação e um tipo de material que permita ao material deslizar com facilidade.

Na linha alvo deste estudo, dada a grande quantidade de material utilizada no posto da colocação das frentes não foi possível colocar todas as referências no bordo de linha. Neste caso sugeriu-se a criação de um “supermercado”, ao lado do posto de preparação das caixas como pode ser visto na figura 4.3., no qual se disponibilizou o material que não pertencia às famílias mais produzidas.

Sugeriu-se ainda a encomenda de tabuleiros metálicos para colocação de peças pequenas com grande nível de consumo, que possam ser pendurados no posto, mais perto ainda da área de trabalho assim como suportes para as ferramentas utilizadas nesses postos.

4.6. Milk-Run

Para garantir o abastecimento normalizado de peças na área da embalagem foi sugerida a introdução de um *Milk-Run*.

No seu estado actual, a linha em questão aceitava da parte dos clientes encomendas de qualquer número de aparelhos (por exemplo encomendas de 1 ou 2 aparelhos apenas). Esta situação seria impraticável para o MR (*Milk-Run*) pois poderiam ocorrer situações do tipo “trazer uma caixa de cartão da referência A, seguida de 4 caixas da referência B, seguida de 17 da referência C...”. Assim sendo, era preciso normalizar esta situação antes de se poder efectuar qualquer cálculo em torno do conceito do *Milk-Run*.

Decidiu então adoptar-se um SNP (*Standard Number of Parts*) para as ordens de produção na linha. Um SNP representa a dimensão do lote mínimo que a linha pode produzir. Foi feito um estudo no sentido de escolher o SNP adequado para a linha tendo sido inicialmente considerado para critério principal a procura do SNP que representava menor desperdício em paletes (espaços vazios em paletes. P.ex.: Da família A cabem 5 aparelhos numa paletes; um SNP de 8, implica colocar 4 aparelhos em duas paletes, ficando assim 2 espaços vazios, que representam um desperdício de 20%). Conhecendo as encomendas de 4

meses da linha e tendo conhecimento dos diferentes números de aparelhos por palete para cada uma das referências produzidas (casos possíveis: 5, 6 e 8 aparelhos por palete) foi calculado a média do desperdício em paletes de todas as encomendas para os seguintes valores de SNP: 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 e 24. Os três valores que apresentaram menor desperdício em paletes encontram-se na tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Relação entre SNP e Desperdício em Paletes.

SNP	Soluções Propostas
8	11.47%
16	4.42%
24	0.18% ⁴

Da análise da tabela anterior é fácil concluir que um SNP de 24 seria claramente o mais vantajoso, tendo em conta o critério adoptado. No entanto, uma vez que a linha em questão produz muitas famílias e onde se incluem muitas referências ditas “exóticas” (com pouco consumo, tipicamente encomendas de menos de 16 aparelhos) chega-se a outro dado: a produção em lote com um SNP elevado (16 ou 24) para satisfazer estas encomendas mais pequenas conduziria à criação de níveis de stock muito elevados destas referências.

Esta situação tem bastante peso na escolha de uma solução, atendendo a que 17,05% das encomendas recebidas são encomendas inferiores a 16 aparelhos e 56,23% (!) das encomendas são inferiores a 24 aparelhos. Por oposição, apenas 5% das encomendas são inferiores a 8 e nesses casos o desperdício associado ao stock de aparelhos é muito menor.

Um estudo económico mais aprofundado permitiu concluir que as diferenças entre os custos associados aos desperdícios em paletes não eram tão significativas quando comparadas com os custos associados aos níveis de stock que se poderiam criar. No pior dos cenários possíveis, poderia dar-se o caso de estarem 15 ou 23⁵ aparelhos em stock de cada referência, o que corresponderia $(15 \times 154) = 2310$ ou $(23 \times 154) = 3542$ aparelhos parados, facto que seria totalmente inaceitável e incomportável economicamente.

Assim sendo, foi adoptado o valor de 8 para o SNP da linha. Em seguida, avançou-se para o cálculo da rota e tempo do *milk-run*.

⁴ Este valor é muito baixo devido pelo facto de 24 ser múltiplo de 6 e de 8, portanto só há desperdício em paletes nas referências em que se usam paletes com 5 espaços para aparelhos.

⁵ Quantidades imediatamente inferiores àquelas que constituem um lote, ou seja $15 = 16 - 1$ e $23 = 24 - 1$.

Um dos primeiros problemas a que é preciso dar resposta é a transmissão de informação ao MR sobre o material a trazer para a linha em cada rota. Para satisfazer esta necessidade propôs-se a criação de um sistema de cartões *kanban*. Inicialmente, este sistema basear-se-ia no plano de produção diário, pois é a partir deste plano que a produção funciona actualmente. Assim, no início de cada turno os cartões relativos aos lotes a produzir durante esse período seriam impressos e colocados numa caixa de nivelamento, sequencialmente. Este sistema assenta então na criação de um posto com um computador, uma impressora e uma pistola de leitura óptica.

No início de cada rota o MR faz a leitura óptica do próximo cartão *kanban* presente no sequenciador e o computador dá ordem para imprimir a denominada “lista de *picking*”, onde se encontra listado todo o material que o MR deve trazer nessa rota. Nesta lista encontram-se apenas as peças relativas a abastecimento em sequência, uma vez que o reabastecimento de peças em sistema de “2 caixas” funciona de maneira diferente, e será apresentada em detalhe mais adiante neste documento. Este posto seria então o ponto de partida do MR (ponto 0 na figura 4.9).

Em seguida, foram estudadas as paragens necessárias ao *milk-run* ao longo da fábrica, tendo sido possível concluir que o MR tem de efectuar mais 9 paragens e foi traçado o trajecto que permita passar por todos esses pontos da forma mais curta possível. Esse trajecto é apresentado na figura 4.9.

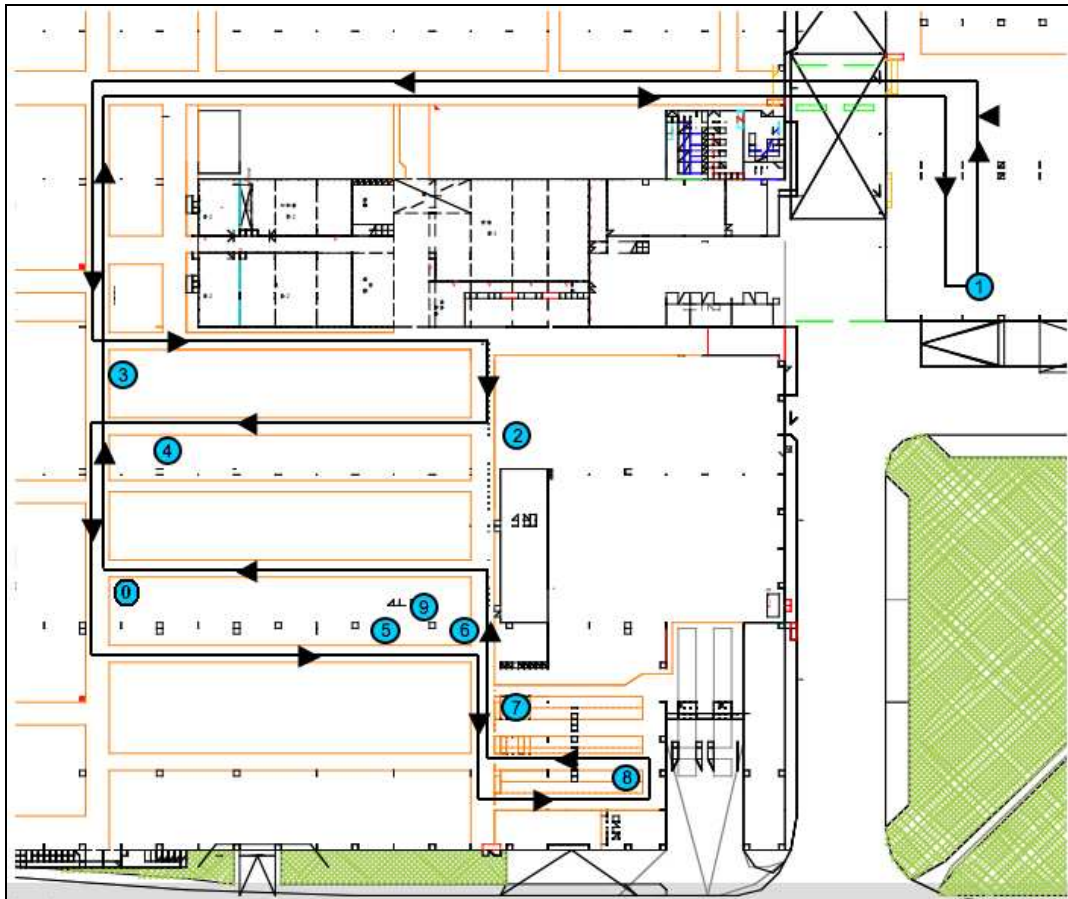


Figura 4.10 - Rota do *milk-run*.

Foram definidas as tarefas e consequentes paragens do MR, para se poder saber a distância que teria de percorrer. Foram definidas então 9 paragens.

- 1- Armazém - Recolhe material diverso, da lista de *picking*.
- 2- Recolhe carros com “frentes” e devolve carros vazios.
- 3- Recolhe “Etiquetas de Embalagem”.
- 4- Recolhe “Kits de Acessórios”.
- 5- Abastece BLs do lado sul da área da embalagem.
- 6- Recolhe Produto Acabado.
- 7- Entrega Produto Acabado.
- 8- Recolhe Esferovite e Caixas de Cartão
- 9- Entrega carros vazios de Produto Acabado e Abastece BLs do lado norte da área da embalagem.

No fim deste trajecto regressa ao posto da leitura óptica e imprime uma nova lista de “*picking*”. Os cartões *kanban* são entregues juntamente com as etiquetas da embalagem na linha. Esses cartões são posteriormente entregues pelos operadores ao chefe de equipa, no fim do turno, que por sua vez os devolve às pessoas responsáveis pelo plano de produção,

para as quais é mais fácil analisar o que foi produzido (é útil por exemplo nos casos em que não é possível cumprir com a totalidade da produção), melhorando assim a comunicação e permitindo uma melhor gestão do plano de produção para o dia seguinte.

O trajecto definido cobre uma distância aproximada de 750 metros. Tendo em conta a elevada quantidade de material presente na área da embalagem (o que acontece um pouco por toda a linha, devido à grande quantidade de aparelhos diferentes aí produzidos) torna-se difícil fazer uma estimativa do tempo que o *milk-run* demoraria para fazer toda a rota e a quantidade de material que deveria trazer de cada vez.

Sabe-se que o menor tempo de ciclo da linha é de 60 segundos. Se o *milk-run* trouxesse o material necessário para 1 SNP (ou seja, o material para 8 aparelhos) em cada rota, então teria que percorrer toda a rota num tempo de ciclo de 8 minutos, o que é inviável logo à partida, uma vez que só o tempo necessário para percorrer os 750 metros da rota, tendo em conta que a mota em média demora 0.9 segundos a andar 1 metro, ultrapassa os 11 minutos. Assim a proposta de solução seguinte começa por avaliar a possibilidade do MR trazer 2 SNP num tempo de ciclo de MR de 16 minutos.

Em alternativa às soluções empíricas usualmente adoptadas optou-se por desenvolver um algoritmo indutivo que conduziu a uma fórmula matemática para determinação do tempo de ciclo do *milk-run*.

Enquanto cumpre o seu papel, o *milk-run* ora está a conduzir a mota ora está a pé, a largar ou a pegar caixas. Defina-se a primeira actividade como “Trânsito” e a segunda como “Abastecimento de Peças” (AP). O tempo total de um ciclo do *milk-run* ($T_{C_{MR}}$) é a soma de 3 tempos: o tempo em trânsito ($T_{TRÂNSITO}$), o tempo para abastecimento de peças em sequência (T_{AP_SEQ}) e o tempo para abastecimento de peças em “2 caixas” ($T_{AP_2CAIXAS}$). É possível traduzir este raciocínio através da expressão (4.1).

$$T_{C_{MR}}(s) = \underbrace{T_{AP_2CAIXAS}}_{\text{tempo para abastecimento de peças em 2 Cxs}} + \underbrace{T_{AP_SEQ}}_{\text{tempo para abastecimento de peças em sequência}} + \underbrace{T_{TRÂNSITO}}_{\text{tempo gasto em trânsito}} \quad (4.1)$$

O $T_{TRÂNSITO}$ pode ser definido através da extensão do trajecto (L , em metros) e da velocidade média (v) a que se desloca a mota do MR, ambos conhecidos⁶. É também

⁶ Relativamente à velocidade, o valor efectivamente conhecido é o valor médio do seu inverso, que se considera ser de 0.9 segundos/metro (conhecido da média de outros MRs da fábrica). Utilize-se a incógnita “x” para representar ($x=1/v$, em segundos/metro).

conhecido o número de rampas de bordo de linha com referências em “sequência” (N) e em “2 caixas” (J).

Considere-se que o MR demora em média 10 segundos a fazer o abastecimento da caixa de uma determinada peça ($\overline{T_{abast_Seq}} = \overline{T_{abast_2Cxs}}$). Uma vez que as rampas de peças em sequência são abastecidas em todas as passagens do *milk-run*, fica apenas por definir a informação relativa ao número de caixas de referências em “2Caixas” que tem de abastecer o MR: $p \times J$.

$$T_{C_{MR}}(s) = \underbrace{\overline{T_{abast_2Cxs}} \times p \times J}_{\text{tempo para abastecimento de peças em 2 Cxs (em segundos)}} + \underbrace{\overline{T_{abast_Seq}} \times N}_{\text{tempo para abastecimento de peças em sequência (em segundos)}} + \underbrace{L \times X}_{\text{tempo gasto em trânsito (em segundos)}} \quad (4.2)$$

O valor p será então um valor entre 0 e 1, calculado em função do ritmo de consumo de peças da área da embalagem e será dado pela razão entre o número de peças consumidas em cada ciclo do MR e o número total de peças disponíveis considerando que se tem uma caixa cheia para cada referência. A percentagem de caixas a substituir em cada ciclo do MR é então aproximado por essa razão, representada em (4.3.).

$$p = \frac{T_{C_{MR_0}} \times \sum_{i=1}^J \left(\frac{f \text{int}_i}{T_{C_{L5i}}} \right)}{\sum_{i=1}^J \left(\left(\frac{\text{Peças}}{\text{Caixa}} \right)_i \right)} \quad (4.3)$$

O facto de p depender do tempo de ciclo de MR implica que seja necessário recorrer a um processo iterativo para calcular um valor teórico aproximado para o tempo de ciclo de MR a adoptar ($T_{C_{MR}}^*$). Para a primeira iteração desse cálculo considera-se um valor $T_{C_{MR_0}} = 960 \text{seg}$, equivalente a 16 minutos, conhecido do funcionamento de rotas de MR implantadas noutros pontos da fábrica.

Para cada uma das J referências de peças existentes na área da embalagem é necessário calcular o “consumo de unidades por segundo”, através do somatório $\sum_{i=1}^J \left(\frac{f \text{int}_i}{T_{C_{L5i}}} \right)$, onde $f \text{int}_i$ representa o maior “factor de integração” (número de unidades de uma referência que são utilizadas na estrutura de um aparelho) e $T_{C_{L5i}}$ representa o menor tempo de ciclo da linha a que essa referência pode ser consumida. Este valor multiplicado pelo tempo de ciclo do MR fornece o número de peças consumidas num ciclo do MR. Substituindo p e $T_{C_{MR}}$ e multiplicando o segundo membro da equação 4.2 por um factor de segurança C (>1) obtém-se a expressão do processo iterativo utilizado para prever o tempo de ciclo de *milk-run* (4.4).

$$Tc_{MR}^* = \left(\underbrace{\frac{Tc_{MR_0} \times \sum_{i=1}^J \left(\frac{f \text{ int}_i}{Tc_{L5i}} \right)}{\sum_{i=1}^J \left(\left(\frac{Peças}{Caixa} \right)_i \right)}}_{\text{tempo para abastecimento de peças em 2 Cxs}} \times T_{abast_2Cxs} \times J + \underbrace{\frac{T_{abast_Seq} \times N}{\text{tempo para abastecimento de peças em sequência}}}_{\text{tempo para abastecimento de peças em sequência}} + \underbrace{\frac{L \times \bar{x}/m}{\text{tempo gasto em trânsito}}}_{\text{tempo gasto em trânsito}} \right) \times \underbrace{C_{segurança}}_{\text{factor de segurança}}$$

(4.4)

Da primeira iteração obteve-se o seguinte valor para o tempo do MR (Tc_{MR}^*): ⁷

TMR estimado	15min 35 seg
---------------------	---------------------

Esta análise teórica leva a crer que seja possível implementar a rota dentro do tempo de 16 minutos uma vez que se considerou um factor de segurança de 1,1 ($C_{segurança}$).

No anexo 2 é possível ver a folha de cálculo utilizada para este estudo.

Como complemento foi feito um estudo que permitiu concluir que esta opção é a melhor, não só apenas em termos operacionais, mas também económicos. Para tal, traçaram-se alguns cenários diferentes em termos de tempo de ciclo de MR e número de SNPs que deve trazer em cada rota, levando em linha de conta o número de MRs necessários para cumprir com esse cenário assim como os custos associados ao Bordo de Linha (respeitando a regra do “3 ciclos”, enunciada anteriormente, que dita a profundidade necessária no bordo de linha, é fácil concluir que este valor aumenta quer com tempos de ciclo do MR maiores quer com quantidades maiores de SNPs a trazer), ao material necessário (motas para o MR, carros para trazer os produtos) e à área ocupada.

Neste estudo foram ainda considerados alguns factos indirectos como a viabilidade do tempo necessário à realização da rota (como foi explicitado anteriormente, os ciclos de 8 minutos não são viáveis, mas se em termos económicos fosse vantajoso poderia aproveitar-se esse dinheiro para investir de forma a que tal tempo de ciclo fosse exequível) e a facilidade ou dificuldade associada ao mesmo (e os problemas que daí poderiam decorrer). Por último, avaliar a experiência noutros locais da fábrica, em que o conceito *milk-run* já se encontra implementado, pode ser útil enquanto exemplo no desenvolvimento de um novo MR, por já serem conhecidas situações problemáticas, casos críticos, etc. Entre os 5 cenários traçados, a escolha dos 16 minutos associados aos 2 SNPs com 1 MR revelou ser a opção mais vantajosa, economicamente.

⁷ Na seguinte iteração deverá considerar-se $Tc_{MR_0} = Tc_{MR}^* = 935 \text{seg}$ e assim sucessivamente.

4.7. Sistema *Pull* com cartão *kanban*

No seguimento da secção anterior, explica-se agora a solução proposta para o reabastecimento de peças em sistema de “2caixas”.

A ideia seria criar uma célula logística (conjunto de supermercados) dedicada apenas aos produtos da linha, no armazém, de maneira a que o MR não tenha que efectuar mais do que uma paragem no armazém. Muito resumidamente o sistema funcionaria da seguinte forma: nos supermercados estariam disponíveis todas as referências de peças consumidas na área da embalagem cujo abastecimento é feito em sistema de “2caixas”. Em cada caixa seria colocado um cartão *kanban* com a identificação da referência e do número de peças por caixa. O cartão iria dentro da caixa para a linha e quando a caixa vazia é retornada, o MR ao voltar ao armazém entregaria o cartão aos responsáveis do armazém de maneira a que estes possam restituir a referência consumida no supermercado.

Este sistema permite manter o nível de stock controlado e em níveis mínimos.

5.

Implementação e Resultados

Neste capítulo são apresentados os detalhes da implementação das soluções propostas no sentido da criação de fluxo na linha de produção alvo deste projecto, acompanhados da explicitação dos problemas encontrados e correcções efectuadas. Por último é feita uma análise dos resultados obtidos.

5.1. Alterações ao *Layout* e Bordos de Linha

Ao nível da representação das soluções delineadas, é possível encontrar no anexo 1 a especificação feita para os bordos de linha pretendidos para os postos da área da embalagem.

Simultaneamente com todas as alterações previstas ao *layout* da linha foi possível fazer a instalação dos bordos de linha tal como eles foram projectados. As alterações ao *layout* incluíram, entre outros, o abate de várias peças de equipamento, entre as quais a agrafadora automática e a rampa de rolos, o tapete rolante e o tampo do posto 21. O tampo do posto 21 foi substituído por um tapete de rolos que permite o deslizamento fácil do aparelho até ao local do ensaio de estanquicidade e as distâncias entre os postos 20 e 21 e entre 21 e 22 foram substancialmente encurtadas, tal qual como havia sido projectado (recordar figura 4.1). O abate de material e o recondicionamento dos postos permitiu assim libertar os 70 metros quadrados que o projecto previa.

À parte de pequenos ajustes de alturas, a instalação dos bordos de linha não apresentou qualquer problema e melhorias relativamente à situação anterior são claras, nomeadamente: os operadores deixaram de ter que fazer pedidos de material e passou a

existir um local próprio para cada peça e em quantidades mais pequenas, eliminando a situação confusa de abastecimento em vigor e evitando a aglomeração de grandes quantidades de peças que ocorria nestes postos. O único problema foi registado no posto 22, no bordo de linha de auxílio à colocação dos acessórios, uma vez que a alteração mecânica que permitia a inclinação do aparelho registou algumas diferenças relativamente ao projecto inicial, levando a que o aparelho colidisse com o bordo de linha, aquando da inclinação do aparelho. Foi necessário por isso afastar um pouco o bordo de linha do operador, o que lhe cria algumas dificuldades no “*picking*” das peças.

5.2. Impactos do SNP e *Milk-Run*

A implementação de um lote mínimo de produção (SNP) implicou que os clientes externos fossem informados desta alteração, pois deviam passar a fazer as suas encomendas em múltiplos de 8, situação que não ofereceu problemas a registar.

A área da embalagem consome algumas peças que são fornecidas internamente por outras secções da fábrica, nomeadamente no fornecimento de frentes para os aparelhos. As frentes vinham em carros de 2 andares onde cabiam 16 frentes. No entanto com o SNP a 8, se os carros continuassem a trazer apenas uma referência, iriam passar a andar apenas com metade da sua capacidade o que implicaria também que fosse necessário alocar o dobro do espaços para carros de frentes junto ao posto 20, situação que se procurou evitar, uma vez que a criação de 70 metros quadrados de espaço livre era uma das bandeiras do projecto.

Foi possível, em equipa, chegar a uma solução para este problema: os carros poderiam passar a trazer duas referências diferentes de “frentes”, uma no andar superior e outra no inferior (8+8). Assim, depois de ser estudada a viabilidade desta alteração junto da secção da fábrica responsável pelo fornecimento das frentes dos aparelhos, foi criado um segundo suporte para identificação de referência no andar inferior do carro (uma vez que já existia identificação da referência do carro no andar superior).

Foi implementada a rota do MR tal qual havia sido planeada em simultâneo com a criação do posto com computador e impressora e a implementação do sistema de cartões com a caixa de nivelamento. O MR, pelo facto de ser uma situação totalmente nova para a linha, registou atrasos consideráveis nos primeiros dias após o início da sua implementação (tempos de ciclo na ordem dos 21 minutos). No entanto essa diferença na ordem dos 5 minutos não se reflectiu numa igual quantidade de tempo de paragem da linha (por ciclo de MR), uma vez que a própria linha também registou uma ligeira inércia à alteração na área da embalagem,

apresentando também tempos de ciclo mais elevados. Durante a primeira semana registavam-se cerca de 4 a 5 micro-paragens, na ordem dos 2 a 3 minutos, tendo havido uma ligeira redução no “output” de esquentadores na capacidade máxima (antes: 370 aparelhos/turno, após a alteração: 320 aparelhos/turno, sempre com 16 operadores na linha + 1 MR). No entanto esta situação tende a normalizar, uma vez que após a segunda semana o tempo de ciclo de MR já se aproximou dos 18 minutos, tendo reduzido o número de micro-paragens. Na segunda semana, a linha trabalhou apenas com 15 operadores e conseguiu cumprir com o plano de produção para essa capacidade (cerca de 270 aparelhos). Com base na evolução dos tempos de ciclo do MR e da linha, crê-se que a situação venha a estabilizar a curto prazo (1 mês).

5.3. Sistema *Pull*

O sistema de cartões para identificação das peças em sistema de abastecimento de “2 caixas” foi implementado sem problemas. Numa primeira fase, este sistema encontra-se a funcionar apenas para as referências de maior consumo na linha. O abastecimento destas referências passou a ser feito de forma mais eficaz e os cartões passam a substituir os pedidos dos operadores quando terminavam uma caixa de uma dada referência, melhorando assim a comunicação.

5.4. Alteração mecânica do Posto 22

O sistema mecânico para colocação na caixa de cartão e de inclinação no aparelho registou algumas diferenças no seu funcionamento e dimensões relativamente ao que estava projectado, tendo causado problemas na utilização do bordo de linha para abastecimento dos acessórios. Os pinos de elevação do aparelho para colocação da esferovite não estavam correctamente alinhados com a caixa de cartão, pelo que continua a ser necessário que o operador empurre ligeiramente o aparelho para a frente, para o alinhar (embora a distância agora seja menor). Imediatamente após a instalação, a acção pneumática de empurrar o aparelho para dentro da caixa demorava 8 segundos em vez dos 4 previstos em projecto, atraso esse que se reflectia no tempo de ciclo da linha. Esta situação já foi no entanto rectificadas, não constituindo por isso um atravancamento à linha de produção.

Durante a fase de arranque da implementação, registaram-se apenas problemas menores resolvidos com pequenos ajustes, sobretudo associados à sincronia dos dispositivos pneumáticos.

5.5. Novos Balanceamentos

Não foi ainda possível avaliar em pleno funcionamento os efeitos dos novos balanceamentos projectados, uma vez que ainda não estão reunidas todas as condições para que os operadores possam realizar as suas tarefas seguindo a folha de trabalho *standard* e cumprindo os tempos previstos, principalmente devido à alteração mecânica do posto 22. No entanto foi possível cumprir com o plano de produção, apenas com 3 operadores na área da embalagem por oposição aos 4 que aí estavam alocados anteriormente, o que leva a crer que quando estiverem reunidas todas as condições na linha, será possível aos operadores apresentarem a eficiência média pretendida de 85%. Nas semanas após a implementação foi possível registar já uma eficiência na ordem dos 75%, valor bastante superior aos 56% que apresentava anteriormente.

6.

Conclusões e Perspectivas de Melhoria

6.1. Conclusões

O problema que pretendia tratar este projecto era o da necessidade de criação de fluxo numa linha de montagem final de esquentadores. Perante a situação inicial, foram estudadas soluções de melhoria a vários níveis e foi projectada uma intervenção em duas fases, a primeira das quais já em pleno funcionamento permite tirar algumas conclusões satisfatórias.

Para uma melhor análise de resultados e para se poderem tirar conclusões objectivas relativas ao projecto desenvolvido que este trabalho documenta, relembrem-se os objectivos propostos inicialmente, nomeadamente:

a) Identificar fontes de desperdício na linha de montagem

Este objectivo foi atingido. Foram identificados vários tipos de desperdício dos quais se podem identificar de forma mais clara as situações de:

- Material à Espera (WIP, Stock de grandes quantidades de peças na linha),
- Pessoas à Espera (Reduzida eficiência de balanceamento, abastecimento não normalizado),
- Movimento de Pessoas (situações de auto-abastecimento por parte dos operadores, distâncias elevadas entre postos) e
- Movimento de material (abastecimento caótico, material colocado longe dos postos, transporte desnecessário de material entre postos). Foram identificadas ainda

situações de falta de condições de ergonomia em vários postos assim como alguns problemas de segurança.

b) *Estudar alternativas e propor soluções de melhoria*

Neste âmbito, foi apresentado um conjunto de soluções baseadas nos pressupostos da filosofia *Lean* dos quais se destacam alterações várias a nível de *layout* (deslocação de todos os postos para o mesmo lado da linha, eliminação de maquinaria e material de apoio desnecessário à produção), o abastecimento normalizado de peças em bordo de linha, directamente no ponto de uso, a criação de um *Milk-Run*, a reestruturação dos balanceamentos da linha, uma alteração mecânica que permita um maior fluxo na acção do embalagem do produto e a criação de um sistema *pull* por cartão *kanban* para algumas das peças consumidas na linha.

c) *Planear, dimensionar e implementar alterações que permitam a criação de fluxo e melhorias na eficiência*

Todas as soluções propostas foram implementadas sem problemas de maior e permitiram verificar que a sua acção se fez sentir eficazmente na criação de fluxo ao longo do processo produtivo, permitindo reduzir drasticamente os níveis de *stock* de peças presentes na linha, aumentar a eficiência de balanceamento da linha, reduzir o número de operadores para a mesma capacidade máxima de produção e libertar espaço no chão de fábrica melhorando ao mesmo tempo as condições ergonómicas e de segurança dos operadores.

d) *Analisar resultados e criar condições para melhorias futuras*

Quase todos os valores apontados teoricamente para cada um dos indicadores foram atingidos ou no mínimo produziram resultados satisfatórios e que apresentam uma clara tendência de melhoria no sentido da estabilização. Foram também criadas condições para situações de melhoria futura; são exemplos disso a colocação em funcionamento da caixa de nivelamento e dos cartões *kanban*, uma importante base para que futuramente se possa estender o sistema *pull* ao longo da cadeia de valor, englobando clientes ou fornecedores. A introdução de trabalho normalizado torna mais fácil actuar sobre as tarefas *standard* numa óptica de melhoria contínua.

Na tabela 6.1. encontra-se um quadro resumo dos efeitos pretendidos e alcançados relativamente às alterações implementadas.

Tabela 6.1 – Quadro resumo: Conclusões.

Parâmetro	Inicial	Objectivo	Atingido	Comentário
Área Ocupada	N.A.	Libertar 70 m2	OK	Maior transparência.
Abastecimento Normalizado	Inexistente.	<i>Milk-Run.</i>	OK	As micro-paragens já não são um ponto de estrangulamento.
Bordos de Linha	Inexistente	Bordo de linha em todos os postos.	OK	Redução de stocks na linha - eliminação de contentores, pilhas de material e situações de auto-abastecimento.
Eficiência	56%	85%	OK*	Apenas com a área da embalagem, a eficiência é já de 75%.
Número de Operadores	19	17	OK*	Redução de 4 para 3 pessoas na embalagem.
<i>Levelling</i>	Inexistente	Criação de condições iniciais.	OK	Já é possível serem produzidas todas as famílias na mesma semana.
Qualidade	Problemas de qualidade	Criação de Kits de acessórios.	OK	Eliminação das situações de retrabalho por falta ou troca de acessórios.

Em jeito de conclusão, é válido afirmar que os objectivos propostos foram integralmente atingidos. Contudo, e no contexto do sistema BPS, existe sempre o propósito da melhoria contínua: *não há nada que não possa ser melhorado ainda mais*, pois existem sempre situações de desperdício, sem valor acrescentado, que podem e devem ser

eliminadas, motivo pelo qual devemos procurar estabelecer novas metas, novos objectivos e novos propósitos. Neste âmbito apresentam-se em seguida algumas propostas de melhoria futura no seguimento deste projecto.

6.2. Perspectivas de Melhoria

Como já foi referido na secção anterior, umas das grandes perspectivas de melhoria futura prende-se com a expansão do sistema ao longo da cadeia de valor, por exemplo, englobando os fornecedores no processo, permitindo que os próprios fornecedores levem os cartões com as caixas e procedam ao reabastecimento, eventualmente num esquema do tipo *ship-to-line*, em que a entrega e levantamento de caixas é feita pelo fornecedor directamente na linha de montagem.

Numa óptica mais operacional, tendo em conta as soluções implementadas, existem ainda algumas hipóteses de melhoria, nomeadamente:

- Alteração do dispositivo em que são formadas as caixa de cartão de maneira a que este esteja acessível de qualquer dos lados, uma vez que actualmente as caixas só podem entrar e sair pelo lado para o qual está virada a inclinação. (ver anexo 1 - Bordos de Linha, slides 35-37) Se o dispositivo não tivesse inclinação seria possível retirar a caixa por qualquer um dos lados, podendo ser inclusivamente outro operador a fazê-lo.
- Criação de uma solução que permita a passagem do aparelho para a palete de forma ainda mais rápida e fácil para o operador (uma vez que este ainda tem algum trabalho na sua colocação) ou até automática.

Referências

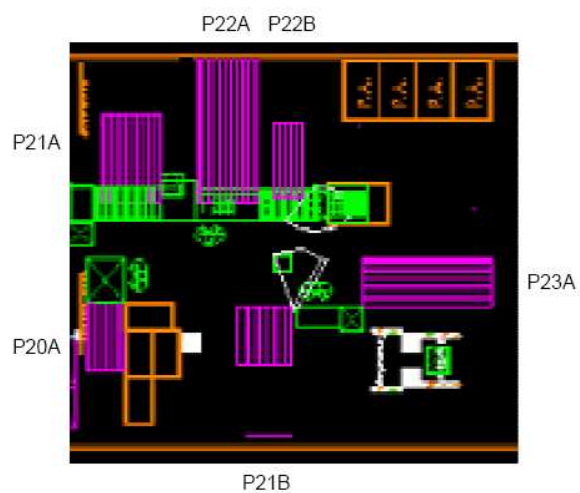
- [1] R. Chase, F.R. Jacobs, N. Aquilano, *Operations Management 11th Edition*. McGraw-Hill, 2006. 978-0-07-111552-0
- [2] J. Womack, D. Jones, D. Roos, *The Machine That Changed The World*. Simon and Schuster, 2007. 978-0-7432-9979-4
- [3] J. Womack, D. Jones, *Lean Thinking*. Simon and Schuster, 2003. 978-0-7432-3164-0
- [4] W. Feld, *Lean Manufacturing*. APICS, 2001. 1-57444-297-X
- [5] J. Liker, *The Toyota Way*. McGraw-Hill, 2004. 978-0-07-139231-0
- [6] J. Liker, D. Meier, *The Toyota Way Fieldbook*. McGraw-Hill, 2006. 978-0-07-1144893-2
- [7] E. Coimbra, *Total Flow Management*. Kaizen Institute, 2009. 978-0-473-14659-7
- [8] *Manual do BPS*. BOSCH. Intranet BOSCH, consultado entre Março e Julho de 2009.
- [9] B. Amorim, *Optimização de Abastecimentos de Materiais no Âmbito dos Processos de Logística Interna*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2008.
- [10] A. Smalley, *Creating Level Pull*. Lean Enterprise Institute, 2004. 978-0-9743-2250-6
- [11] M. Rother, *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA*. Lean Enterprise Institute, 1999. 978-0-9667-8430-5

Anexos

Anexo 1: Dimensionamento dos Bordos de Linha



Termotecnologia



Bordos de linha identificados a cor-de-rosa, na imagem.

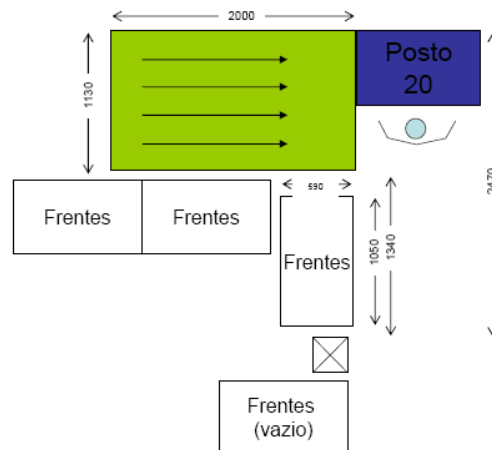
Termotecnologia

P20A	PEÇA Y	GP	100Cx Cheia Cx Vazia
	CHAPA DE MARCA A	BB	8Sequencia
		BB	8Sequencia
		BB	8Sequencia
		BB	8Sequencia
		BB	8Sequencia
	CHAPA DE MARCA B	BB	8Sequencia
	CHAPA DE MARCA C	BB	8Sequencia
	CHAPA A	s/ caixa	8Sequencia
	CHAPA B	s/ caixa	8Sequencia
	CLIP	BB	750Cx Cheia Cx Vazia
	PEÇA T	BB	600Cx Cheia Cx Vazia
	PEÇA A	KP	300Sequencia
	PEÇA B	KP	8Sequencia
		KP	8Sequencia
BB		2000Cx Cheia Cx Vazia	
PEÇA D	BB	100Cx Cheia Cx Vazia	
PEÇA E	BB	300Cx Cheia Cx Vazia	

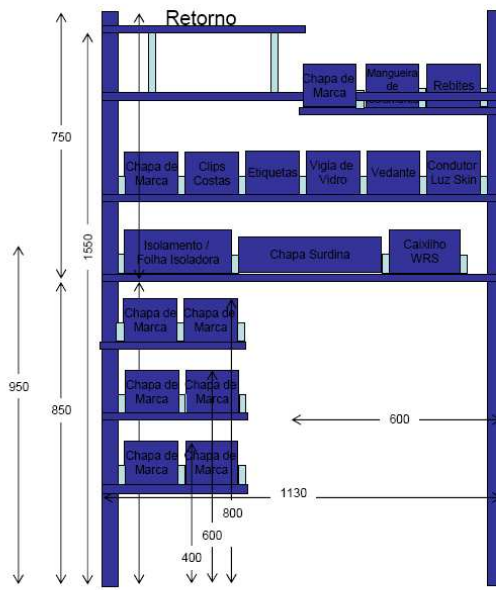
Neste posto entram ainda "Etiquetas", numa caixa BB, em sequência.

Nota:

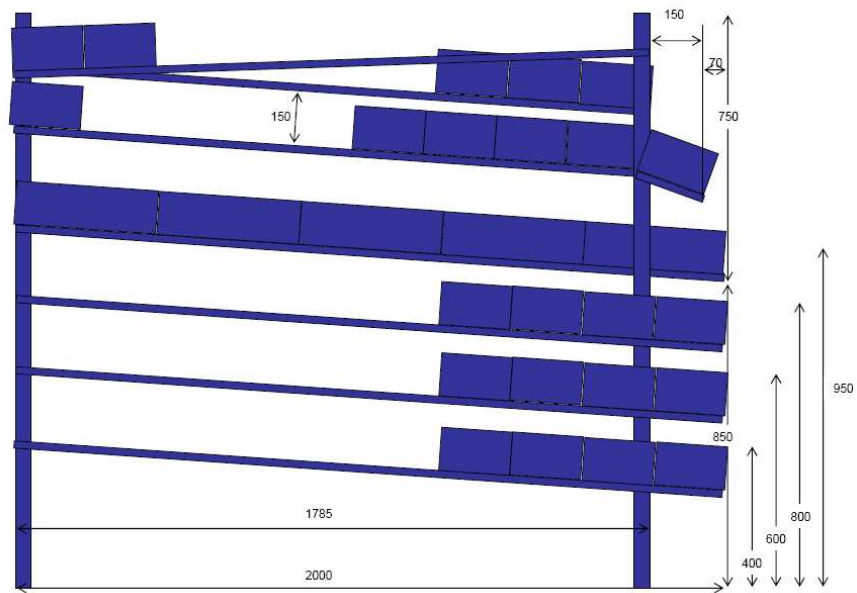
Sequência – Peças que entram sequencialmente, juntamente com caixas de outras referências semelhantes, na mesma slot.
Cx Cheia Cx Vazia – Peças que têm uma slot exclusiva.



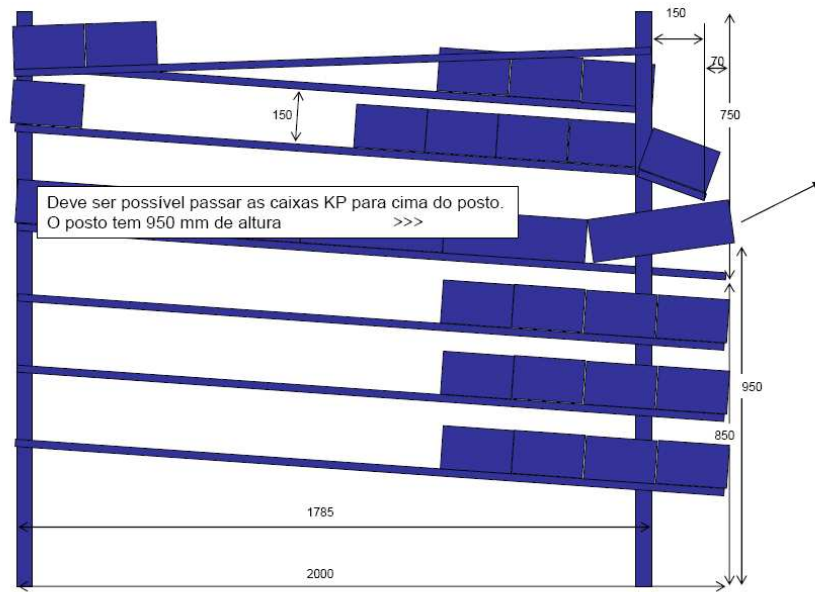
Termotecnia



Termotecnologia



Termotecnologia



Termotecnologia

Tabuleiros Inox (4 unidades):



Suporte para Ferramenta:



Suporte para Vigias de Vidro:



Termotecnologia

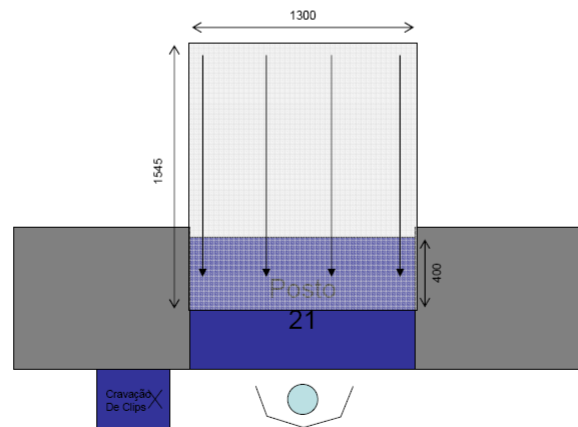
P21A	ANILHA 1	BB	1500Cx Cheia Cx Vazia
	CLIP	BB	1500Cx Cheia Cx Vazia
	ESPELHO	AGP	8Sequencia
		BGP	8Sequencia
		CGP	8Sequencia
		DGP	8Sequencia
		EGP	8Sequencia
		GGP	8Sequencia

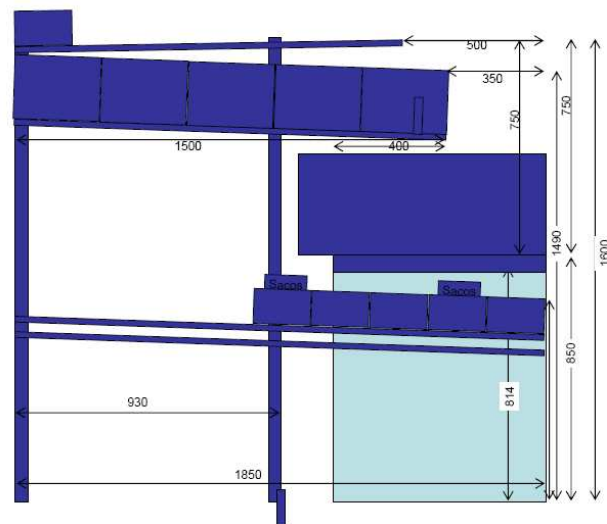
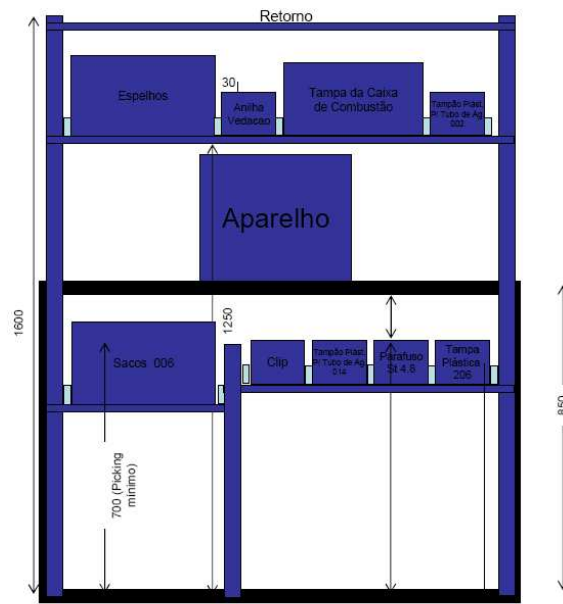
		TGP	8Sequencia
	ESPELHO Y	B	8Sequencia
	ESPELHO Z	B	8Sequencia
	PARAFUSO 1	BB	850Cx Cheia Cx Vazia
	TAMPAO 21	BB	150Cx Cheia Cx Vazia
BB		250Cx Cheia Cx Vazia	
TAMPA 3	s/ caixa	8Cx Cheia Cx Vazia	
TAMPA 4	BB	350Cx Cheia Cx Vazia	

Este posto deve ainda ter lugar para uma slot de "Sacos Plásticos", em Caixa LF.
 Dimensões de um conjunto de 8 Tampas da Caixa de Combustão: 505 (c) x 390 (l) x 200 (h).

Nota:

Sequência – Peças que entram sequencialmente, juntamente com caixas de outras referências semelhantes, na mesma slot.
 Cx Cheia Cx Vazia – Peças que têm uma slot exclusiva.





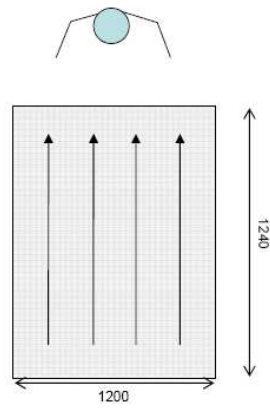
(80%)

Tabuleiros Inox (8 unidades):

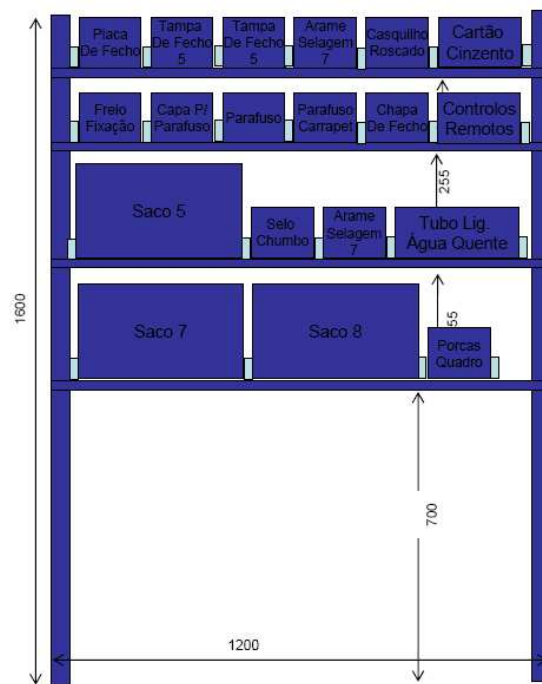


Termotecnologia

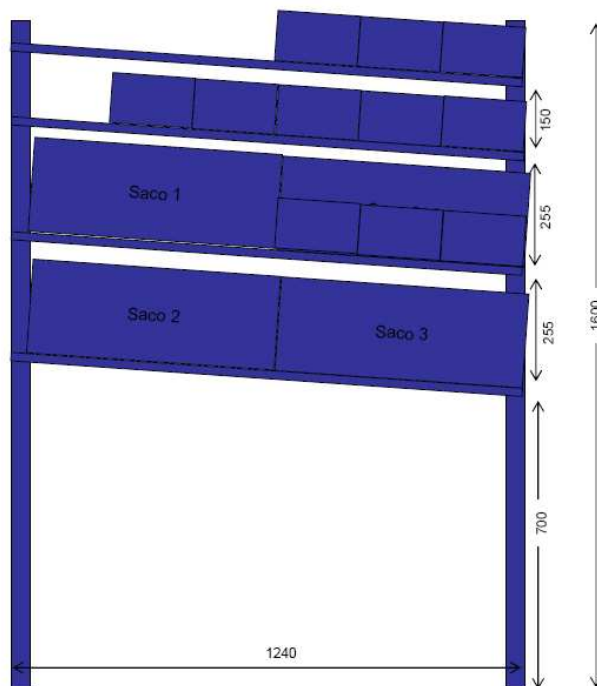
P21B	Peça A	1Cx Cheia Cx Vazia	BB	1000
	SACO PLASTICO 1	1Cx Cheia Cx Vazia	LF	500
	CARTAO 1	1Cx Cheia Cx Vazia	B	30
	SACO PLASTICO 2	1Cx Cheia Cx Vazia	LF	500
	SACO PL ¹ ASTICO 3	1Cx Cheia Cx Vazia	LF	1000
	Peça 3	2Cx Cheia Cx Vazia	BB	1000
		4Cx Cheia Cx Vazia	BB	1000
	CASQUILHO 1	1Sequencia	BB	8
	CASQUILHO 2	1Sequencia	BB	8
	CONTROLO REMOTO 1	1Sequencia	KP	8
	CONTROLO REMOTO 2	1Sequencia	KP	8
	CONTROLO REMOTO 3	1Sequencia	KP	8
	CASQUILHO 4	1Sequencia	BB	8
	PLACA 1	1Cx Cheia Cx Vazia	BB	300
	TUBO 1	1Cx Cheia Cx Vazia	B	20
	CHAPA 1	1Cx Cheia Cx Vazia	BB	2500
	TAMPA 2	1Cx Cheia Cx Vazia	BB	70
	TAMPA 3	1Cx Cheia Cx Vazia	BB	70
		2Cx Cheia Cx Vazia	BB	70
	PORCA 7	2Cx Cheia Cx Vazia	BB	600
	PARAFUSO 8	1Cx Cheia Cx Vazia	BB	300
	Parafuso 22	2Cx Cheia Cx Vazia	BB	1000
		4Cx Cheia Cx Vazia	BB	1000
	ARAME 41	1Cx Cheia Cx Vazia	BB	300
	ARAME 42	1Cx Cheia Cx Vazia	BB	300
		2Cx Cheia Cx Vazia	BB	300
	Peça 5	4Cx Cheia Cx Vazia	BB	1000



Termotecnologia



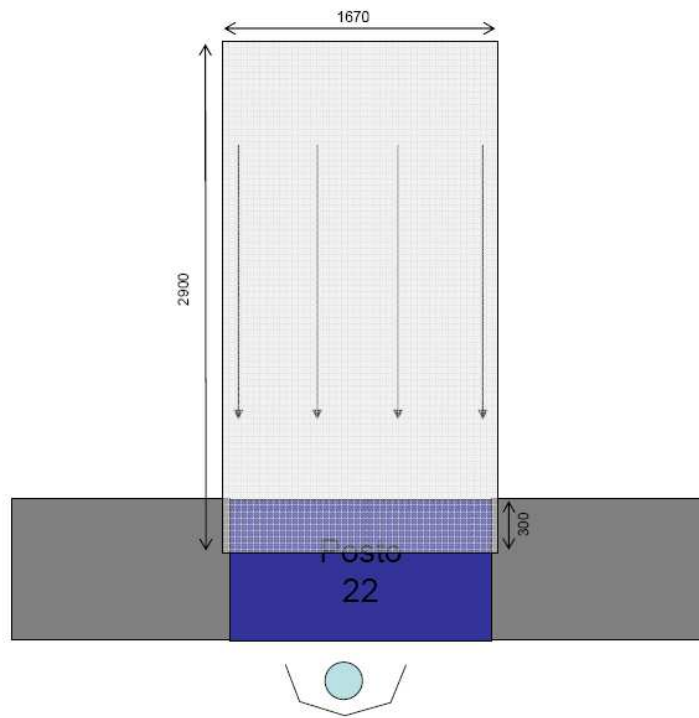
Termotecnologia



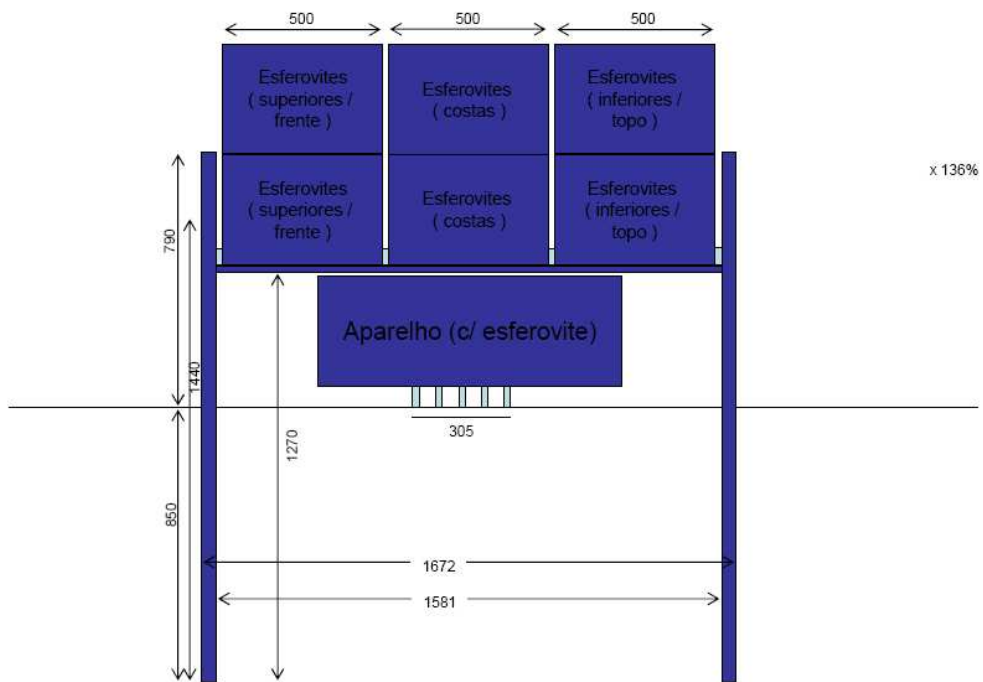
Termotecnologia

P22A	ESFEROVITE 1	1	Sequencia	s/ caixa	8
	ESFEROVITE 2	1	Sequencia	s/ caixa	8
	ESFEROVITE 3	1	Sequencia	s/ caixa	8
	ESFEROVITE 4	1	Sequencia	s/ caixa	8
	ESFEROVITE 5	1	Sequencia	s/ caixa	8
	ESFEROVITE 6	1	Sequencia	s/ caixa	8
	ESFEROVITE 7	1	Sequencia	s/ caixa	8
	ESFEROVITE 8	1	Sequencia	s/ caixa	8
	ESFEROVITE 9	1	Sequencia	s/ caixa	8
	ESFEROVITE 10	2	Sequencia	s/ caixa	8

	ESFEROVITE 11	1	Sequencia	s/ caixa	8
ESFEROVITE 12	1	Sequencia	s/ caixa	8	

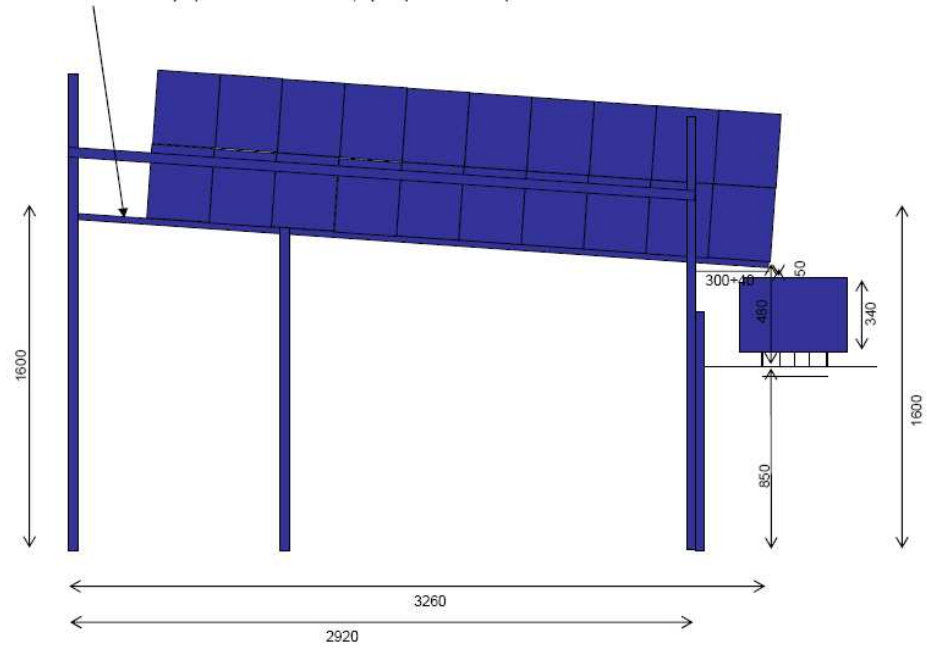


Termotecnologia



Termotecnologia

Este posto deve estar equipado com "rolos", que permitam que o esferovite deslize com facilidade.

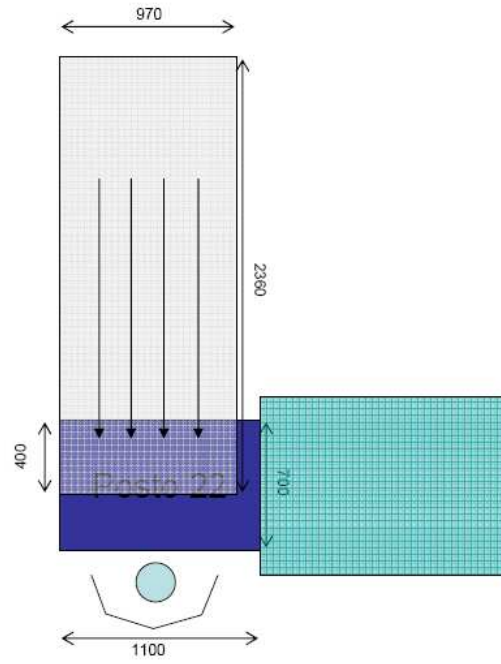


(50%)

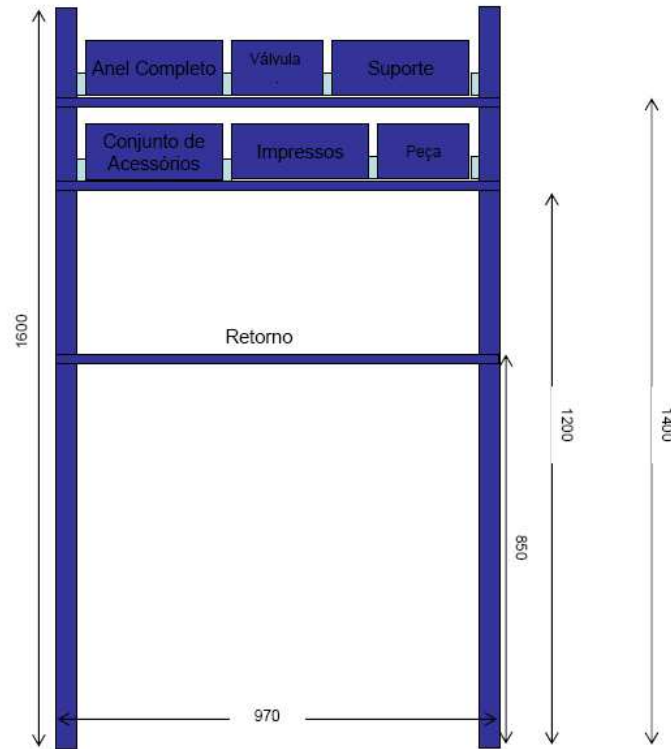
Termotecnologia

P22B	IMPRESSOS 1	1Sequencia	KP	8
	IMPRESSOS 22	1Sequencia	KP	8
	PEÇA Z	Cx Cheia Cx 1Vazia	s/ caixa	8
	ANEL 1	Cx Cheia Cx 1Vazia	KP	8
	SUPORTE 3	Cx Cheia Cx 1Vazia	KP	100
	VALVULA 3	Cx Cheia Cx 1Vazia	B	8
	CONJUNTO DE ACESSÉRIOS 1	1Sequencia	KP	8
	CONJUNTO DE ACESSÉRIOS 2	1Sequencia	KP	8
	CONJUNTO DE ACESSÉRIOS 3	1Sequencia	KP	8

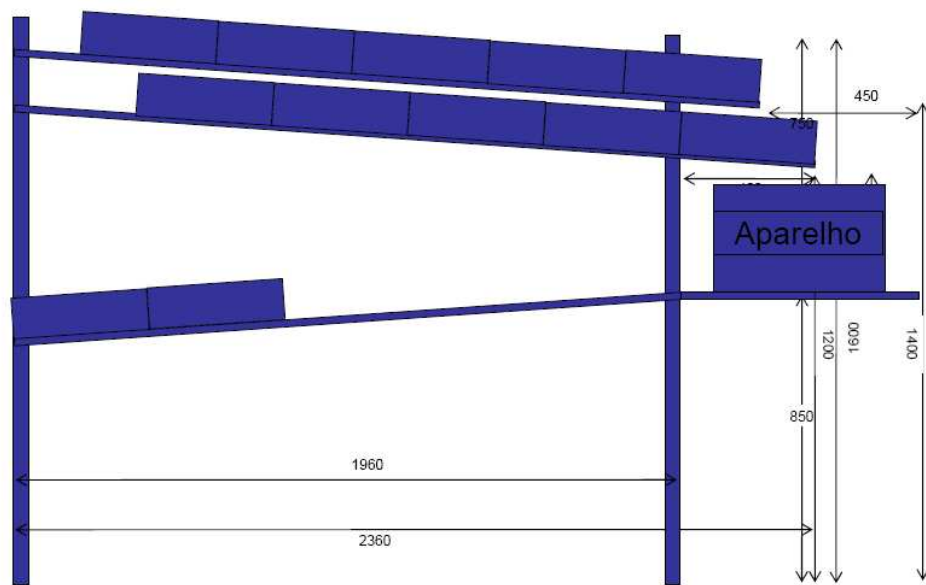
	CONJUNTO DE ACESSÉRIOS 66	1Sequencia	KP	8
	FITA-COLA	Cx Cheia Cx 1Vazia	BB	3



Termotecnologia



Termotecnologia



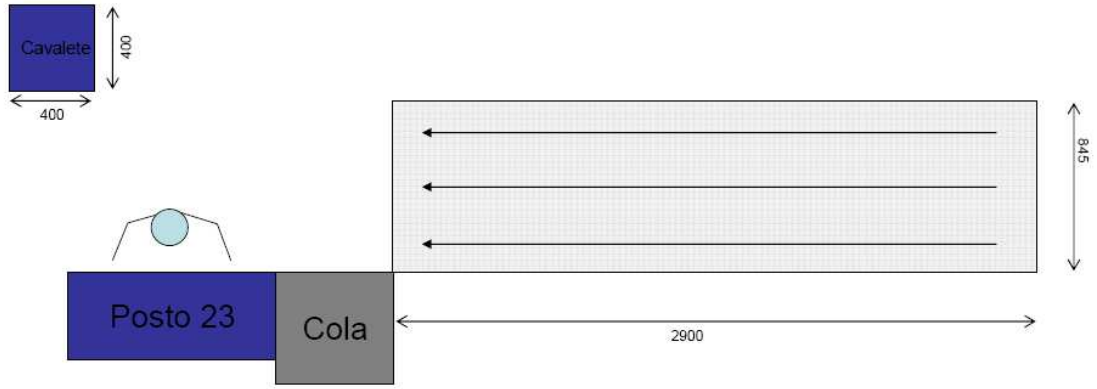
(80%)

Termotecnologia

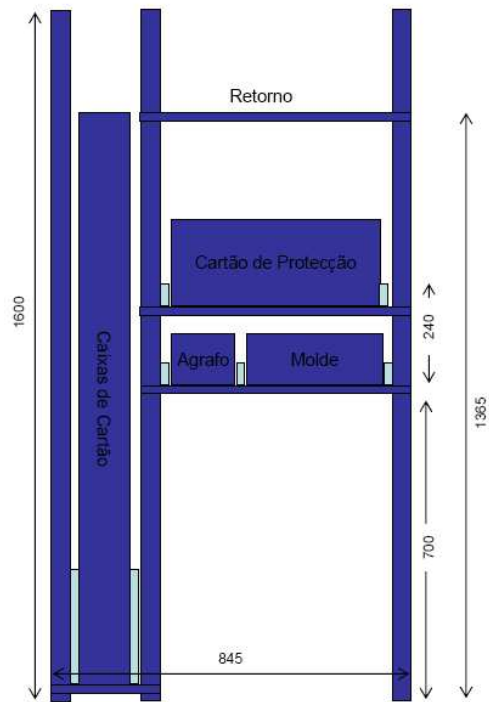
P23A	AGRAFO 1		Cx Cheia Cx			2500
	CAIXA DE CART	O 1	4Vazia	BB		8
	CAIXA DE CART	O 2	1Sequencia	s/ caixa		8
	CAIXA DE CART	O 3	1Sequencia	s/ caixa		8

	CAIXA DE CART	O 4	1Sequencia	s/ caixa		8
	CAIXA DE CART	O 5	1Sequencia	s/ caixa		8
	MOLDE		Cx Cheia Cx			8
	CARTAO 3		2Vazia	s/ caixa		8
	CAIXA DE CART	O 7	Cx Cheia Cx			8
	CAIXA DE CART	O 8	2Vazia	s/ caixa		8
	CAIXA DE CART	O 12	1Sequencia	s/ caixa		8
	CAIXA DE CART	O 123	1Sequencia	s/ caixa		8

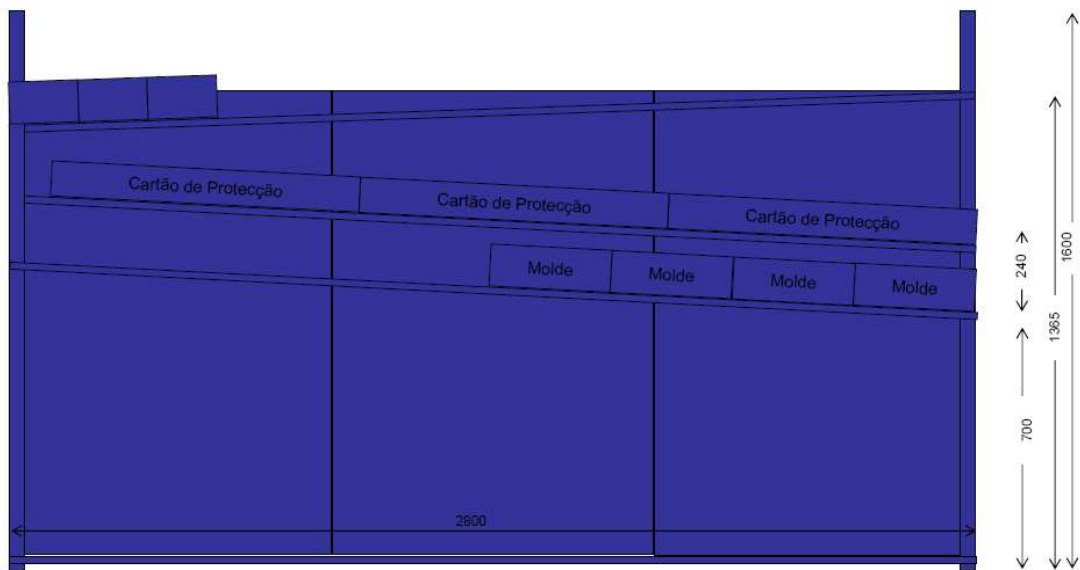
	CAIXA DE CART	O 453	1Sequencia	s/ caixa		8
CAIXA DE CART	O 45	1Sequencia	s/ caixa		8	



Termotecnologia



Termotecnologia



Termotecnologia

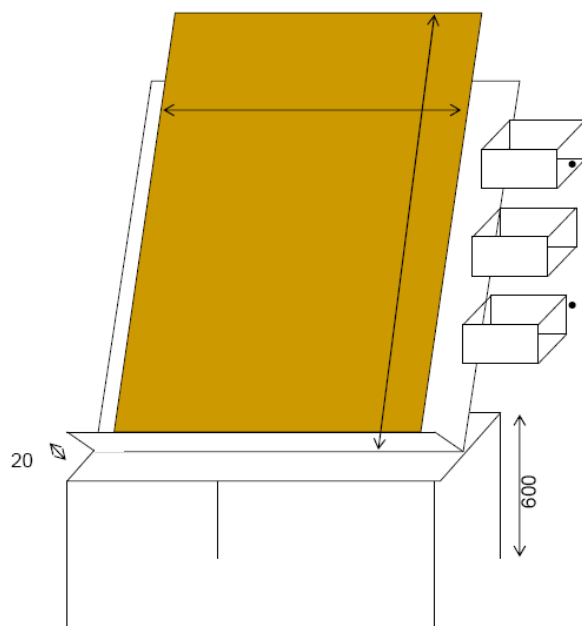
Cavalete para colar etiqueta:



Suporte para cola:



Termotecnologia



Cavalete 1

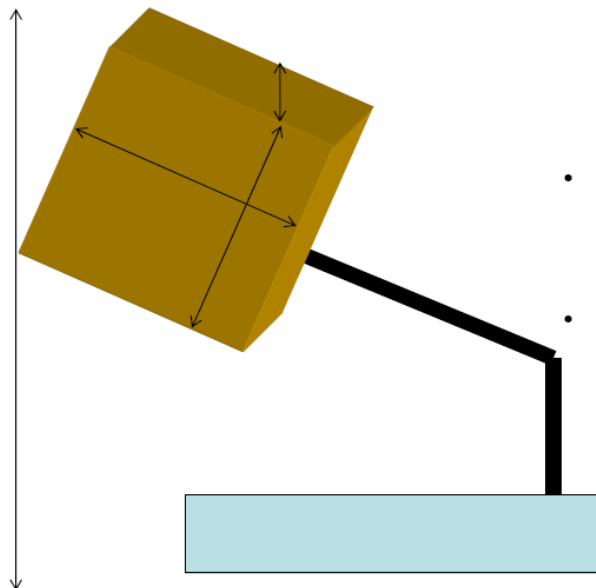
Deve ser possível neste posto de trabalho colar etiquetas em todas as caixas utilizadas na linha :

A maior dessas caixas tem as seguintes dimensões:

A base do cavalete deve ter uma altura

BPS | 04/05/2009 | © Robert Bosch GmbH 2009. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

31



Cavalete 2

• Deve ser possível neste posto de trabalho formar e agrafar todas as caixas utilizadas na linha

• A menor dessas caixas, já formada, tem as seguintes dimensões:

BPS | 04/05/2009 | © Robert Bosch GmbH 2009. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

32



BPS | 04/05/2009 | © Robert Bosch GmbH 2009. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

33



BPS | 04/05/2009 | © Robert Bosch GmbH 2009. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

34



BPS | 04/05/2009 | © Robert Bosch GmbH 2009. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.

Anexo 2: Cálculo do tempo da rota do MR

No seguinte ficheiro “Excel” é possível ver uma lista de todas as peças referentes à área da embalagem da linha.

Para cada referência é indicada a designação, o tipo de abastecimento, a caixa utilizada, o número de peças em cada caixa, o tempo de ciclo mínimo a que essa peça pode ser consumida, o factor de integração (número de unidades dessa peça consumidas por aparelho) e o consumo médio por segundo.

No fundo da folha é possível ver a fórmula utilizada no cálculo do tempo da rota e alguns valores intermédios desse cálculo, para mais fácil compreensão.

P23A	Sequencia	KP	8	60	1	0.016667	0	0
	Sequencia	KP	8	60	1	0.016667	0	0
	Sequencia	KP	8	60	1	0.016667	0	0
	Sequencia	KP	8	60	1	0.016667	0	0
	Sequencia	KP	8	60	1	0.016667	0	0
	Sequencia	KP	8	60	1	0.016667	0	0
	Cx Cheia Cx Vazia	BB	3	60	1	0.016667	0	0
	Cx Cheia Cx Vazia	BE	2500	68.1	8	0.117474	1	2500
	Sequencia	s/ caixa	8	66.4	1	0.01506	0	0
	Sequencia	s/ caixa	8	66.4	1	0.01506	0	0
	Sequencia	s/ caixa	8	66.4	1	0.01506	0	0
	Sequencia	s/ caixa	8	66.4	1	0.01506	0	0
	Sequencia	s/ caixa	8	60	1	0.016667	0	0
	Sequencia	s/ caixa	8	60	1	0.016667	0	0
	Sequencia	s/ caixa	8	66.4	1	0.01506	0	0
	Sequencia	s/ caixa	8	68	1	0.014706	0	0
	Sequencia	s/ caixa	8	68	1	0.014706	0	0
	Sequencia	s/ caixa	8	66.4	1	0.01506	0	0
	Sequencia	s/ caixa	8	60	1	0.016667	0	0
	Sequencia	s/ caixa	8	60	1	0.016667	0	0
	Sequencia	s/ caixa	8	68	1	0.014706	0	0
	Sequencia	s/ caixa	8	66.4	1	0.01506	0	0
	Sequencia	s/ caixa	8	60	1	0.016667	0	0
	Sequencia	s/ caixa	8	66.4	1	0.01506	0	0
	Sequencia	s/ caixa	8	66.4	1	0.01506	0	0
	Sequencia	s/ caixa	8	68	1	0.014706	0	0
	Sequencia	s/ caixa	8	60	1	0.016667	0	0
	Sequencia	s/ caixa	8	66.4	1	0.01506	0	0
	Sequencia	s/ caixa	8	66.4	1	0.01506	0	0
	Sequencia	s/ caixa	8	68	1	0.014706	0	0
	Sequencia	s/ caixa	8	60	1	0.016667	0	0
	Sequencia	s/ caixa	8	66.4	1	0.01506	0	0
	Cx Cheia Cx Vazia	s/ caixa	8	68.1	2	0.029369	1	8
	Cx Cheia Cx Vazia	s/ caixa	8	68.1	2	0.029369	1	8
	Sequencia	s/ caixa	8	68.1	1	0.014684	0	0
Sequencia	s/ caixa	8	66.4	1	0.01506	0	0	
Sequencia	s/ caixa	8	68.1	1	0.014684	0	0	
Sequencia	s/ caixa	8	66.4	1	0.01506	0	0	
Sequencia	s/ caixa	8	68.1	1	0.014684	0	0	
Sequencia	s/ caixa	8	66.4	1	0.01506	0	0	
Sequencia	s/ caixa	8	68.1	1	0.014684	0	0	
Sequencia	s/ caixa	8	66.4	1	0.01506	0	0	
Sequencia	s/ caixa	8	68.1	1	0.014684	0	0	
Sequencia	s/ caixa	8	66.4	1	0.01506	0	0	
Sequencia	s/ caixa	8	68.1	1	0.014684	0	0	
Sequencia	s/ caixa	8	66.4	1	0.01506	0	0	
Cx Cheia Cx Vazia	BB	1000	68.1	1	0.014684	1	1000	
Cx Cheia Cx Vazia	LF	500	60	1	0.016667	1	500	
Cx Cheia Cx Vazia	B	30	68	1	0.014706	1	30	
Cx Cheia Cx Vazia	LF	500	68.1	1	0.014684	1	500	
Cx Cheia Cx Vazia	LF	1000	66.4	1	0.01506	1	1000	
Cx Cheia Cx Vazia	BB	1000	68.1	4	0.058737	1	1000	
Cx Cheia Cx Vazia	BB	1000	68.1	4	0.058737	1	1000	
Sequencia	BB	8	68.1	1	0.014684	0	0	
Sequencia	BB	8	68.1	1	0.014684	0	0	
Sequencia	BB	8	66.4	1	0.01506	0	0	
Cx Cheia Cx Vazia	BB	300	68.1	1	0.014684	1	300	
Cx Cheia Cx Vazia	BB	2500	68.1	1	0.014684	1	2500	
Cx Cheia Cx Vazia	BB	70	68	1	0.014706	1	70	
Cx Cheia Cx Vazia	BB	70	68.1	1	0.014684	1	70	
Cx Cheia Cx Vazia	BB	70	68.1	1	0.014684	1	70	
Cx Cheia Cx Vazia	BB	600	68.1	4	0.058737	1	600	
Cx Cheia Cx Vazia	BB	300	68	1	0.014706	1	300	
Cx Cheia Cx Vazia	BB	1000	68.1	4	0.058737	1	1000	
Cx Cheia Cx Vazia	BB	1000	68.1	4	0.058737	1	1000	
Cx Cheia Cx Vazia	BB	300	68.1	1	0.014684	1	300	
Cx Cheia Cx Vazia	BB	300	68	1	0.014706	1	300	
Cx Cheia Cx Vazia	BB	300	68	1	0.014706	1	300	
Sequencia	KP	8	66.4	1	0.01506	0	0	
Sequencia	KP	8	66.4	1	0.01506	0	0	
Sequencia	KP	8	66.4	1	0.01506	0	0	
Cx Cheia Cx Vazia	BB	1000	68.1	4	0.058737	1	1000	
Cx Cheia Cx Vazia	B	20	68.1	1	0.014684	1	20	

- L Distância percorrida pelo MR 747.5
- N Nº de slots para refs em sequencia 13
- J Nº de peças em CxCheiaCxVazia 45
- x Tempo para percorrer 1 metro 0.9 seg/metro
- D Tempo de abastecimento cx cheia cx vazia 10 seg
- E Tempo de abastecimento sequencia 10 seg
- C Tempo de Ciclo do MR (1ª iteração: 16 min.) 960 seg
- f Coeficiente f do factor de segurança 4-3

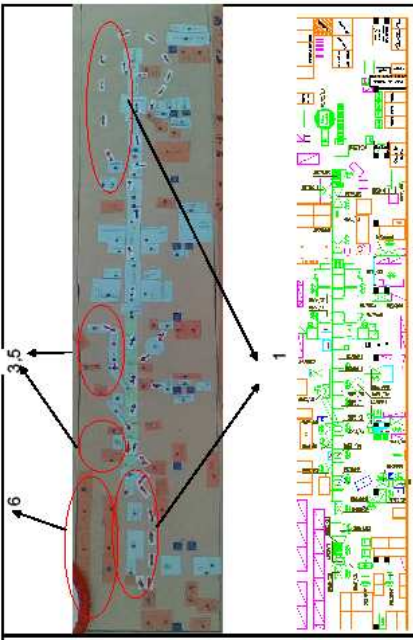
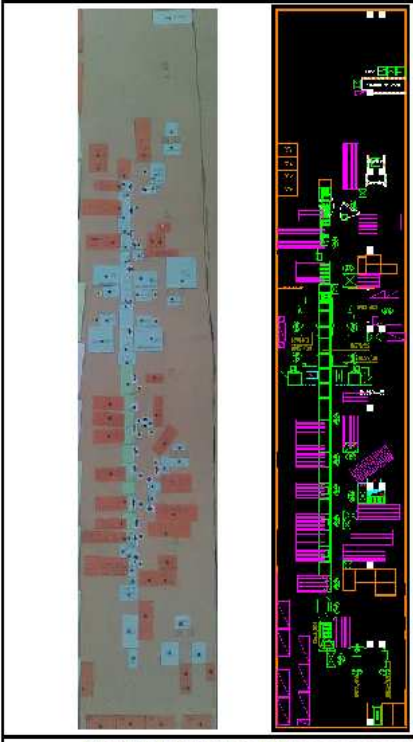
- A somatório de peças por caixa 27261 Nº Total de Peças
- B somatório de (F_int / 1 Ciclo da L5 mais baixo, para essa ref) 2.96 Peças consumidas por segundo, em média (pçs/seg)
- B*C 2845.90 Nº de Peças consumidas durante um ciclo de MR, em média (pçs)
- A/(B*C) 9.58 Nº de ciclos de MR que dura uma caixa de uma referencia, em média (ciclos)
- inv(A/(B*C)) 0.10 Percentagem de uma caixa que é consumida por cada ciclo do MR, em média
- [inv(A/(B*C))]^J 4.70 Média de caixas que são abastecidas por cada ciclo do MR
- 1 inv(A/(B*C))^J*Tabastcomrepack 46.98
- 2 nr de seq * Tabast 130
- 3 L*x 672.75
- 4 C 1.1

$$T_{C_{MR}} = \left(\frac{\sum_{i=1}^J \left(\frac{P_{C_{iY}}}{C_{X_i}} \right) \right)^{-1} \times \frac{D}{T_{abast_2Cxs}} \times J + \frac{E}{T_{abast_5eq}} \times N + \frac{L \times \bar{x} \cdot y_m}{T_{C_{LS}}} \times C_{seguranca}$$

tempo para abastecimento de peças em 2 Cxs tempo para abastecimento de peças em sequencia tempo gasto em trânsito factor de segurança

help	15.58	15.00	0.58	34.70
TMR estimado	15 min		35 seg	

Anexo 3: A3 do projecto

<p>Título</p> <p>Title: Linha Y - criação de fluxo</p> <p>Data: 01-06-2009</p> <p>Participants:</p>	 <p>Current state (i.e. VSM, layout or sketch)</p>																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
<p>Goal</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Improve Efficiency 2 Improve Ergonomics 3 Allow and create standard supply system (POUS, Std Milkrun, Supermarkets) 	 <p>Future state (i.e. VSM, layout or sketch)</p>																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
<p>Problems</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Unefficient work flow and operations' balancing 2 Ergonomic requirements not achieved in all workstations 3 Several "islands" do not allow line balancing for different capacities 4 High WIP 5 Workstations current layout does not allow standard POU supply 6 Incoming material not organized but placed as buffer 7 There is no standard work for the dedicated milk-run 	<p>Action plan</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">No.</th> <th rowspan="2">Implementation actions</th> <th rowspan="2">to whom</th> <th colspan="12">Time scale (months)</th> <th rowspan="2">Effect</th> <th rowspan="2">Status</th> </tr> <tr> <th>feb</th><th>mar</th><th>apr</th><th>may</th><th>jun</th><th>jul</th><th>aug</th><th>sep</th><th>oct</th><th>nov</th><th>dec</th><th>jan</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Current Process and logistic Mapping</td> <td>Team</td> <td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> <td>G</td> <td>G</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Balancing for "A" families</td> <td>TEFB</td> <td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> <td>G</td> <td>G</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Balancing for "B" families</td> <td>TEFB</td> <td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> <td>G</td> <td>G</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Future layout design</td> <td>Team</td> <td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> <td>G</td> <td>G</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>POU calculation, order and implementation for pack</td> <td>MCE1</td> <td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> <td>Y</td> <td>Y</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>POU calculation and order for assembly area</td> <td>MCE1</td> <td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> <td>Y</td> <td>Y</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Spec, order and impl. Of packing area</td> <td>MCE1</td> <td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> <td>Y</td> <td>Y</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>Spec, order and impl. Of assembly area</td> <td>MCE1</td> <td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> <td>Y</td> <td>Y</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>Supply definition and milkrun impl. for packing area</td> <td>Lint</td> <td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> <td>G</td> <td>G</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>Supply definition and milkrun impl. for whole line</td> <td>Lint</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> <td>G</td> <td>G</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>Point CIP implementation</td> <td>PA</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> <td>G</td> <td>G</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>Logistic cell for L5 in A0 floor packing area</td> <td>Lint</td> <td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> <td>G</td> <td>G</td> </tr> <tr> <td>13</td> <td>Logistic cell for L5 in A0 floor assembly area</td> <td>Lint</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> <td>G</td> <td>G</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>Define supermarkets for internal suppliers</td> <td>Team</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> <td>G</td> <td>G</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>SNP definition</td> <td>Team</td> <td>X</td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> <td>R</td> <td>G</td> </tr> </tbody> </table> <p>Done Dir. Departments: Coord. BPS</p> <p style="text-align: right;">Key (Status & Effect): Good: G Bad: R Okay: Y</p>	No.	Implementation actions	to whom	Time scale (months)												Effect	Status	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec	jan	1	Current Process and logistic Mapping	Team	X													G	G	2	Balancing for "A" families	TEFB	X													G	G	3	Balancing for "B" families	TEFB	X	X												G	G	4	Future layout design	Team	X	X												G	G	5	POU calculation, order and implementation for pack	MCE1	X	X	X											Y	Y	6	POU calculation and order for assembly area	MCE1	X	X	X											Y	Y	7	Spec, order and impl. Of packing area	MCE1	X	X	X											Y	Y	8	Spec, order and impl. Of assembly area	MCE1	X	X	X											Y	Y	9	Supply definition and milkrun impl. for packing area	Lint	X	X	X											G	G	10	Supply definition and milkrun impl. for whole line	Lint														G	G	11	Point CIP implementation	PA														G	G	12	Logistic cell for L5 in A0 floor packing area	Lint	X	X	X											G	G	13	Logistic cell for L5 in A0 floor assembly area	Lint														G	G	14	Define supermarkets for internal suppliers	Team														G	G	15	SNP definition	Team	X	X	X											R	G
No.	Implementation actions				to whom	Time scale (months)													Effect	Status																																																																																																																																																																																																																																																																																								
		feb	mar	apr		may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec	jan																																																																																																																																																																																																																																																																																														
1	Current Process and logistic Mapping	Team	X													G	G																																																																																																																																																																																																																																																																																											
2	Balancing for "A" families	TEFB	X													G	G																																																																																																																																																																																																																																																																																											
3	Balancing for "B" families	TEFB	X	X												G	G																																																																																																																																																																																																																																																																																											
4	Future layout design	Team	X	X												G	G																																																																																																																																																																																																																																																																																											
5	POU calculation, order and implementation for pack	MCE1	X	X	X											Y	Y																																																																																																																																																																																																																																																																																											
6	POU calculation and order for assembly area	MCE1	X	X	X											Y	Y																																																																																																																																																																																																																																																																																											
7	Spec, order and impl. Of packing area	MCE1	X	X	X											Y	Y																																																																																																																																																																																																																																																																																											
8	Spec, order and impl. Of assembly area	MCE1	X	X	X											Y	Y																																																																																																																																																																																																																																																																																											
9	Supply definition and milkrun impl. for packing area	Lint	X	X	X											G	G																																																																																																																																																																																																																																																																																											
10	Supply definition and milkrun impl. for whole line	Lint														G	G																																																																																																																																																																																																																																																																																											
11	Point CIP implementation	PA														G	G																																																																																																																																																																																																																																																																																											
12	Logistic cell for L5 in A0 floor packing area	Lint	X	X	X											G	G																																																																																																																																																																																																																																																																																											
13	Logistic cell for L5 in A0 floor assembly area	Lint														G	G																																																																																																																																																																																																																																																																																											
14	Define supermarkets for internal suppliers	Team														G	G																																																																																																																																																																																																																																																																																											
15	SNP definition	Team	X	X	X											R	G																																																																																																																																																																																																																																																																																											
<p>Performance metrics</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>Performance indicator</th> <th>Unit</th> <th>Current base</th> <th>Future goal</th> <th>Actual result</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Nr. Workers for same output (max. Cap.)</td> <td>Nr workers</td> <td>100%</td> <td>89.50%</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Area</td> <td>m2</td> <td>0 (ref)</td> <td>-70</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Efficiency (without support)</td> <td>%</td> <td>56%</td> <td>85%</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Nr WS not approved</td> <td>nr</td> <td>5</td> <td>4</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Key (Effect): Good: G Bad: R Okay: Y</p>	No.	Performance indicator	Unit	Current base	Future goal	Actual result	1	Nr. Workers for same output (max. Cap.)	Nr workers	100%	89.50%		2	Area	m2	0 (ref)	-70		3	Efficiency (without support)	%	56%	85%		4	Nr WS not approved	nr	5	4		<p>Performance metrics</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>Performance indicator</th> <th>Unit</th> <th>Current base</th> <th>Future goal</th> <th>Actual result</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Nr. Workers for same output (max. Cap.)</td> <td>Nr workers</td> <td>100%</td> <td>89.50%</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Area</td> <td>m2</td> <td>0 (ref)</td> <td>-70</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Efficiency (without support)</td> <td>%</td> <td>56%</td> <td>85%</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Nr WS not approved</td> <td>nr</td> <td>5</td> <td>4</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Key (Effect): Good: G Bad: R Okay: Y</p>	No.	Performance indicator	Unit	Current base	Future goal	Actual result	1	Nr. Workers for same output (max. Cap.)	Nr workers	100%	89.50%		2	Area	m2	0 (ref)	-70		3	Efficiency (without support)	%	56%	85%		4	Nr WS not approved	nr	5	4																																																																																																																																																																																																																																																
No.	Performance indicator	Unit	Current base	Future goal	Actual result																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
1	Nr. Workers for same output (max. Cap.)	Nr workers	100%	89.50%																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2	Area	m2	0 (ref)	-70																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
3	Efficiency (without support)	%	56%	85%																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
4	Nr WS not approved	nr	5	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
No.	Performance indicator	Unit	Current base	Future goal	Actual result																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
1	Nr. Workers for same output (max. Cap.)	Nr workers	100%	89.50%																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2	Area	m2	0 (ref)	-70																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
3	Efficiency (without support)	%	56%	85%																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
4	Nr WS not approved	nr	5	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																								

A3 report, v1 TIPO/BPS

08-07-2009 D:\DISERTACAO\documentos bosch\04-A3 Fluxo linhas.xls