

Aplicação do Lean Management na produção de unidades de ventilação da RIOX

Luís Fernando Pereira Branco

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Eng.º Paulo Osswald

Orientador na Riox – Indústrias Metaloelectricas S.A.: Eng.º Guilherme Carvalho



FEUP

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

2011-06-27

*Aos meus Pais, Irmãos,
E a ti, Ana*

Resumo

O presente trabalho foi realizado num sector de montagem de produtos de ventilação de uma empresa metalomecânica. Neste contexto, foram aplicadas várias metodologias do âmbito do *Lean Management*.

Com a criação de fluxo produtivo em mente, foi criada uma linha de montagem, em que se sincronizou a produção com a procura, de modo a reduzir o *Lead Time* e o *WIP (Work in Process)*. De forma a garantir a continuidade desse fluxo, foi criado um sistema de alimentação *Mizusumashi* baseado num supermercado com abastecimento por sistema *Kanban*.

Foi criado, para cada modelo integrado na linha, um *Standard Work* e com base nele foi criado um cálculo de índice de produtividade. Agiu-se também na área da qualidade, implementando uma Matriz de Auto-qualidade, com vista a reduzir os defeitos existentes, instaurando uma cultura de resolver os problemas na sua raiz. Foi ainda aplicada a filosofia 5S, implementando melhorias com vista à redução do *Muda* (desperdício) e consequentemente à redução dos tempos de montagem.

A implementação do presente projecto permitiu uma mudança cultural na organização e deu às pessoas confiança e vontade de trabalhar na direcção da melhoria contínua pela obtenção de resultados que outrora pareciam inatingíveis, tais como um aumento da qualidade na ordem dos 130%, da produtividade e uma redução do *lead time* superior a 50%.

Application of Lean Management to the ventilation sector of Riox

Abstract

The current project addressed an assembly sector of ventilation products of a metalworking company. In this context, several methodologies that are part of the Lean Management philosophy were followed.

With the main goal being the creation of work flow, an assembly line was designed, synchronizing the production with the demand, in order to reduce the Lead time (response time) and the WIP (Work in Process). In order to guarantee the continuity of the created work flow, a *Mizusumashi* feeding system was implemented based on a supermarket working with a *Kanban* system.

For each model being assembled in the new assembly line, a Standard Work was created and, based on it, a productivity index. The quality area was also key to work on, in order to reduce the existing defects. That was accomplished creating a Self-quality Matrix, establishing a culture in the company of solving the existing problems at their source. The 5S philosophy was also object of implementation, with the aim of reducing *Muda* (waste) and consequently reducing the assembly times.

The development of the current project allowed a cultural change to take place in the organization and has given people the confidence and will to work towards the direction of the continuous improvement by obtaining results that once seemed unachievable, such as an increase in quality of 130%, in productivity and a reduction in the lead time of over 50%.

Agradecimentos

Ao Eng.º Guilherme Carvalho, orientador do Projecto na empresa, pelo apoio, disponibilidade, formação e partilha de conhecimentos proporcionada durante a implementação do Projecto.

Ao Eng.º Joaquim Pinho, director fabril, o meu apreço por todo o apoio concedido e oportunidade de concretização do Projecto.

Ao Sr. Manuel Parente, responsável do sector em que o Projecto foi implementado, pela sua ajuda e apoio sempre que foi necessário.

Ao Eng.º Nuno Silva e ao Eng.º Pedro Serapicos, pela partilha de conhecimentos dada durante a implementação do Projecto.

Ao Eng.º Paulo Osswald, orientador do Projecto por parte da FEUP, manifesto o meu profundo reconhecimento pela maneira sábia e atenta com que me orientou e ainda pela extrema solicitude com que sempre me atendeu.

Agradeço também à RIOX – Indústrias Metaloelectricas S.A., como empresa, pela oportunidade que permitiu a realização deste Projecto.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	2
1.1	Apresentação da Riox.....	2
1.2	Enquadramento do projecto	3
1.3	Metodologia aplicada	3
1.4	Estudo e Desenvolvimento da Aplicação do Lean Management na Riox S.A.....	4
1.5	Organização da dissertação.....	5
2	Estado da Arte.....	6
2.1	A filosofia Lean.....	6
2.2	Técnicas utilizadas na filosofia Lean	9
3	Caso de Estudo.....	16
3.1	Apresentação do produto	16
3.2	Posição no fluxo produtivo da organização.....	18
3.3	A situação inicial do sector de montagem	18
3.4	Apresentação dos efeitos consequentes.....	21
4	Explicação e justificação da solução proposta	23
4.1	Objectivo a alcançar.....	23
4.2	Criação de uma linha de montagem	23
4.3	Resultados esperados.....	31
5	Aplicação da solução desenvolvida	33
5.1	Implementação no Gemba.....	33
5.2	Uniformização de trabalho	37
5.3	Eliminação de defeitos	37
5.4	Filosofia 5S	39
6	Análise de resultados e conclusões.....	43
6.1	Análise de resultados	43
6.2	Balanço do projecto realizado.....	47
6.3	Perspectivas de eventuais trabalhos futuros.....	48
	Referências	49
	ANEXO A: Implementação do Lean Management no sector da metalomecânica.....	50
	Implementação no Gemba	51
	ANEXO B: Implementação do Lean Management na montagem do XEVO.....	56
	O produto.....	57
	Apresentação do problema.....	58
	Implementação no Gemba	59
	Trabalhos futuros.....	60
	ANEXO C: Standard Work	61
	ANEXO D: Documento utilizado na Matriz de Auto qualidade	65

Glossário

5S – Cinco palavras japonesas, todas começadas como a letra “S”, que estabelecem o ambiente cultural para a melhoria contínua. As cinco palavras japonesas são: *Seiri*, seleccionar; *Seiton*, organizar; *Seiketsu*, limpar; *Seisou*, uniformizar; *Shitsuke*, disciplinar.

Bordo de linha – Local no posto de trabalho onde se encontra o material a ser usado no fabrico ou montagem.

Carrinho – Local móvel onde são colocadas as ferramentas utilizadas para uso na montagem.

Conjunto – Palavra utilizada na Riox para definir o conjunto de peças que constituem um recuperador de calor.

FIFO (*First In, First Out*) – Sistema usado para manter ordem nos processos, sendo atendidos de acordo com o princípio “primeiro a entrar, primeiro a sair”.

Gemba – Palavra japonesa para designar o “local de trabalho”, também conhecido como “chão de fábrica” ou “terreno”.

Heijunka – Palavra de origem japonesa que significa “nivelar”. A programação *heijunka* envolve o nivelamento da carga de forma a garantir um fluxo contínuo de materiais e informação pela fábrica.

JIT (*Just in Time*) – Conceito que traduz a regra de que nada deve ser produzido, transportado ou comprado antes do instante em que é necessário.

Kanban – Palavra japonesa que significa “cartão”. É um dos mais simples sistemas de controlo de operações que se conhece e um dos elementos primários do TPS. O sistema *kanban* coordena o fluxo de materiais e de informação ao longo do processo de fabrico.

Layout – Arranjo físico dos recursos num determinado espaço de trabalho. Existem vários tipos de *layout* em função de diferentes estratégias de fabrico ou serviço.

Lead Time – Tempo necessário para realizar uma dada tarefa, trabalho, produto ou serviço. É composto pelo tempo útil e tempo não produtivo.

Lean Management – Uma abordagem sistemática para a identificação e eliminação de desperdícios (actividades sem valor acrescentado), através da melhoria contínua.

Mizusumashi – Palavra japonesa que significa “aranha da água”. Refere-se a um operador de abastecimento interno que fornece materiais aos diversos pontos de trabalho.

Milk Run – Veículo de transporte de materiais (interno ou externo) que faz o abastecimento rotineiro ponto a ponto de acordo com as necessidades *just in time*, evitando falhas ou excessos no fluxo de materiais.

MRP (Materials Requirement Planning) – Sistema de informação utilizado para gerar o planeamento quer das ordens de produção, quer das ordens de compras, gerando cronologicamente as necessidades dos materiais.

Muda – Palavra japonesa que significa desperdício.

Mura – Palavra japonesa que significa variabilidade.

Muri – Palavra japonesa que significa sobrecarga.

PDCA (Plan, Do, Check, Act) – Ciclo de melhoria baseado no método científico de se propor uma mudança num processo, implementar essa mudança, analisar os resultados e tomar as providências para a sua melhoria contínua.

Pull System – Forma de planeamento, em que se produz unicamente o que o cliente consome. A produção é puxada pelo cliente.

Push System – Forma de planeamento oposta ao *Pull System*. A produção é empurrada até ao cliente, tendo como base previsões e em nada orientado ao mercado.

Stock – Artigos em inventário.

Supermercado – Técnica de gestão de inventário para o controlo de fluxo de materiais no *gemba*.

Takt time – Palavra de origem alemã que significa ritmo. É o tempo de produção de um componente ou produto, baseado no ritmo da procura para responder às necessidades do cliente.

Tempo de Ciclo – Período de tempo entre o final da produção de uma peça e o final da produção da peça seguinte.

TPS (Toyota Production System) – Sistema impulsionador da filosofia *Lean Management*, focalizado na eliminação de todos os desperdícios envolventes na produção, orientado para a melhoria contínua.

TQM (Total Quality Management) – Abordagem global que incentiva a melhoria contínua e a abordagem pela qualidade envolvendo todas as áreas de uma organização.

VSD (Value Stream Design) – Mapeamento da cadeia de valor, que identifica todas as actividades que tornam matéria-prima em produto acabado ou serviço. Inclui o fluxo de materiais e de informação.

WIP (Work in Process) – Material que se encontra entre processos a ser utilizado, processado ou em espera.

Índice de Figuras

Figura 1- O sistema de produção da Toyota (TPS) (adaptado de: Pinto, 2008)	8
Figura 2 - O ciclo PDCA (http://wagnerelias.com/2008/05/16/pdca-e-iso-27001/ , acessido a 13 de Abril de 2011)	13
Figura 3 - <i>Heijunka Box</i> exemplificativa (http://sese.hpu.edu.cn/ie/mirror/leanword.htm , acessido a 4 de Maio de 2011).....	15
Figura 4 - Recuperador de calor	16
Figura 5 - Interior do Recuperador de calor	16
Figura 6 - Permutador de fluxos cruzados (http://www.uk-exchangers.com/air-to-air-heat-exchangers.htm , acessido a 11 de Maio de 2011)	17
Figura 7 - Permutador de contra-fluxo	17
Figura 8 - Produção de recuperadores de calor em células individuais	19
Figura 9 - Produção de recuperadores de calor em células individuais	19
Figura 10 - Conteúdo de trabalho do modelo T3 C1 H.....	20
Figura 11 - Desorganização das peças e ferramentas de montagem	21
Figura 12 - Matriz de Produto de Processo (MPP)	24
Figura 13 - <i>Value Stream Design</i> (VSD) no estado inicial	25
Figura 14 - <i>Value Stream Design</i> (VSD) no estado futuro.....	26
Figura 15 - Diagrama <i>Spaghetti</i> da montagem da estrutura interior.....	27
Figura 16 - Diagrama <i>Spaghetti</i> da montagem restante.....	27
Figura 17 - Conteúdo de trabalho das diferentes famílias de recuperadores.....	28
Figura 18 - Balanceamento da linha de montagem composta por seis postos	30
Figura 19 - <i>Layout</i> da linha de montagem em “U”	31
Figura 20 - Estado “antes”.....	32
Figura 21 - Estado “depois”.....	32
Figura 22 - Implementação no <i>gemba</i> da montagem física da linha	34
Figura 23 - <i>Mizusumashi</i> composto por três subconjuntos.....	35
Figura 24 - <i>Layout</i> da unidade fabril.....	36
Figura 25 - Matriz de Auto-qualidade	38
Figura 26 - Diagrama de Pareto dos defeitos mais comuns.....	39
Figura 27 - Desarrumação de um carrinho	40
Figura 28 - Desorganização e obstrução do material de montagem.....	40
Figura 29 - Carrinho redimensionado e com localizações específicas	41
Figura 30 - Bordo de linha redimensionado e com localizações específicas	41
Figura 31 - Material de montagem organizado	42

Figura 32 - Indicador de produtividade da linha de montagem.....	43
Figura 33 - Indicador de defeitos por recuperador de calor na linha de montagem	45
Figura 34 - Estado "antes" da produção das peças interiores	51
Figura 35 - Estado "depois" da produção das peças interiores	52
Figura 36 - Estado "antes" da produção dos painéis exteriores	53
Figura 37 - Estado "depois" da produção dos painéis exteriores	53
Figura 38 - Estado "antes" da montagem dos ventiladores	54
Figura 39 - Estado "depois" da montagem dos ventiladores	55
Figura 40 - Recuperador de calor "XEVO 60"	57
Figura 41 - Recuperador de calor "XEVO 90"	57
Figura 42 - Encomendas mensais do XEVO 60	58
Figura 43 - Encomendas mensais do XEVO 90	58
Figura 44 - Situação "antes" da unidade de ventilação XEVO	59
Figura 45 - Situação "depois" da unidade de ventilação XEVO.....	60
Figura 46 - <i>Standard Work</i> de um modelo que percorre quatro postos.....	63
Figura 47 - <i>Standard Work</i> de um modelo que percorre todos os postos	64
Figura 48 - Documento utilizado na Matriz de Auto qualidade	66

Índice de Tabelas

Tabela 1 - <i>Mix</i> dos modelos do recuperador de calor produzidos	29
Tabela 2 - Resultados esperados com a implementação da linha de montagem	31
Tabela 3 - Equivalência das quantidades dos vários modelos	44
Tabela 4 - Resultados alcançados com a implementação da filosofia <i>Lean Management</i>	46
Tabela 5 - Resultados da célula das peças interiores	52
Tabela 6 - Resultados alcançados na célula dos painéis exteriores	54
Tabela 7 - Resultados alcançados na célula de montagem dos ventiladores	55
Tabela 8 - Resultados alcançados na célula de montagem do XEVO	60

1 Introdução

Neste capítulo é inicialmente feita uma breve apresentação da empresa em que este projecto se inseriu, são de seguida referidos os problemas e objectivos deste, assim como é apresentada a metodologia utilizada.

Conclui-se o capítulo com a apresentação da organização do presente relatório.

1.1 Apresentação da Riox

A Riox – Indústrias Metaloelectricas SA, é uma empresa fabril sediada em Vila Nova de Gaia, fundada pela Relopa SA, casa-mãe. Trata-se de uma empresa com um volume de negócios de 12 milhões de euros, que se dedica à concepção e fabrico de componentes metálicos e plásticos, assim como à montagem de subconjuntos e produtos finais, contemplando 162 colaboradores.

A empresa está dividida em três grandes sectores distintos: a metalomecânica, o sector de injeção de plásticos e o sector de montagem. Na metalomecânica são usados variados processos de fabrico, tais como corte de chapa por guilhotina, corte por arrombamento através de punçadoras CNC, corte a laser, quinagem de chapa, estampagem por prensas hidráulicas, calandragem, torneamento, fresagem, furação, rectificação e soldadura por pontos.

Na área de montagem, a organização está dividida em dois sectores distintos: montagem de pequenos electrodomésticos e montagem de produtos de ventilação.

Apesar de a Riox continuar a ter fabrico de electrodomésticos, a área de negócio predominante é a da ventilação, pois representa cerca de 40% do volume total da facturação, apresentando este valor uma forte tendência a aumentar. Esta área tem ganho cada vez mais importância, pois permite uma margem mais confortável, relativamente aos electrodomésticos.

A maior parte dos produtos fabricados na Riox, mais de 80 % do total do seu fabrico, são exportados, principalmente para grandes empresas europeias líderes nos seus respectivos mercados.

Como linhas estratégicas, a Riox tem apostado em oferecer ao cliente algo mais que o produto, assim como o projecto, o apoio nos moldes e ferramentas, os ensaios e certificação, o desenvolvimento de novas soluções e a procura de tecnologias complementares, tais como a topografia, a soldadura por ultra-sons, injeção a gás, o corte a laser, entre outras.

A organização encontra-se certificada pela norma NP EN ISO 9001:2008, que se refere às exigências de um sistema da gestão de qualidade, com vista à eficácia na satisfação do cliente.

A revisão do referencial normativo permitiu à Riox rever e repensar a organização, o Sistema de Gestão de Qualidade e a actividade, envolvendo todos os colaboradores. Através de uma

abordagem por processos, é facilitada a tarefa da identificação e compreensão das actividades e suas interdependências, permitindo definir e controlar os processos da empresa.

Planeando o futuro é permitida a sustentabilidade da melhoria.

“A Riox está empenhada e altamente motivada para seguir a via da *Melhoria Contínua*.”¹

1.2 Enquadramento do projecto

Este projecto, que teve como duração quatro meses e meio, nasceu com o objectivo de implementação das metodologias *Lean* na organização, mais particularmente no sector da ventilação, sector este que se encontrava numa situação de problemas de qualidade e de falhas aos clientes. A produção da linha de produtos que é objecto deste projecto teve início na empresa há 10 meses, sendo os produtos montados em postos fixos. Este sistema tornou-se impraticável perante a previsão de cadências impostas muito superiores à capacidade do sector. De forma a corrigir e melhorar esta situação, a linha mestra a seguir como objectivo será a melhoria do fluxo produtivo, envolvendo todos os colaboradores directos aos processos afectos ao sector. Para tal ser obtido o projecto foi dividido por vários objectivos intermédios:

- Criação de uma linha de montagem;
- Definição e implementação de um método de abastecimento;
- Implementação de um sistema de informação;
- Criação de sistemas de gestão visual;
- Aplicação de métodos com vista a eliminar o desperdício.

Com este trabalho espera-se obter um aumento de produtividade, uma redução do *Lead Time* e do tempo de ciclo, eliminação das falhas de entrega existentes, dos problemas de qualidade e um aumento de satisfação por parte dos colaboradores.

1.3 Metodologia aplicada

O projecto em estudo utilizou uma filosofia *Lean*, que foi implementada em diversos *workshops* formados por equipas. Iniciou-se envolvendo todos os membros da equipa que iria participar neste projecto, assim como os membros da direcção da organização. Nesta fase inicial foi delineado o percurso a seguir e foram decididas as várias ferramentas a utilizar.

Começou-se por analisar o problema, utilizando as seguintes aproximações:

¹ Manual do Sistema de Gestão da Qualidade (Riox Indústrias Metaloelectricas S.A (4ª Edição – Revisão n.º 10))

- Análise do portfólio dos produtos em causa e as fontes de variabilidade em cada fase de montagem;
- Identificação do fluxo dos principais componentes dos produtos a serem montados;
- Mapeamento do fluxo produtivo;
- Cálculo do *Mix* actual das várias famílias de produtos e do *Takt Time* a atingir na nova linha de montagem.

O passo seguinte foi o da implementação no *gemba*. Esta fase foi conseguida através de diversos *workshops*, envolvendo várias equipas constituídas por colaboradores dos diversos sectores intervenientes.

Procedeu-se à montagem dos bordos de linha, dos vários postos de trabalho e dos meios de abastecimento, tendo sempre em vista a eliminação de desperdício. Durante todo este projecto fizeram-se reuniões diárias, cujo objectivo era o acompanhamento do projecto pelas várias equipas, identificando problemas e como os eliminar ou contornar, sempre com um objectivo em mente, o da melhoria contínua.

Por fim, fez-se uma abordagem à implementação de métodos de organização no local de trabalho.

1.4 Estudo e Desenvolvimento da Aplicação do Lean Management na Riox S.A.

A intenção de proceder à aplicação das metodologias *Lean* na produção das unidades de ventilação já tinha sido estabelecida, previamente a este projecto, pela administração e direcção da produção da empresa. Deste modo foi possível fazer a integração deste projecto, desde o início da abordagem dos conceitos do *Lean Management*, na organização.

Como ponto de partida foi elaborado um *Lean Assessment*, com o intuito de perceber qual a situação actual do sector onde iria incidir o projecto, assim como os seus sectores intervenientes. Os vários tópicos explorados foram a estratégia utilizada, layout, manuseamento de materiais, qualidade, flexibilidade dos recursos humanos, abastecimento, processos e inventário.

O passo a seguir foi o da criação de uma equipa e nomeação de um coordenador para o projecto.

Posteriormente foi feita a elaboração do VSD (*Value Stream Design*) da situação actual com as seguintes informações:

- Identificação da cadeia de valor;
- Identificação de tempos de ciclo;
- Movimentação de material;
- Fluxo de informação;
- WIP (*Work in Process*);

- *Lead Time.*

Após análise dos vários tópicos acima mencionados, foi elaborado o VSD otimizado.

Esta elaboração consistiu em seleccionar os sectores prioritários e em definir os objectivos pretendidos. A implementação do VSD futuro foi conseguida através de *workshops* de implementação com as equipas anteriormente definidas.

Foram ainda criados *Standard Works* para garantir a manutenção e aplicação das implementações, definindo procedimentos que permitissem uniformizar as actividades e tarefas de cada processo.

Por fim, foi implementado um sistema de melhoria contínua do processo criado.

1.5 Organização da dissertação

A presente dissertação, na sua totalidade, é constituída por seis capítulos e 4 anexos.

O primeiro capítulo tem como principal função fazer uma breve apresentação da empresa na qual este projecto decorreu, assim como o enquadramento deste, descrevendo de uma forma sucinta os objectivos que se pretendem atingir, assim como os problemas presentes que se pretendem eliminar. Inclui ainda a metodologia utilizada para o desenvolvimento do projecto.

O segundo capítulo introduz os variados conceitos que foram utilizados como ferramenta durante o decorrer do trabalho, sendo predominantemente desenvolvidos os temas e técnicas que foram utilizados com mais ênfase durante o projecto.

No terceiro capítulo encontra-se uma descrição detalhada do processo no qual irá incidir este trabalho, assim como o departamento da empresa em que este se encontra. São também expostos os seus processos produtivos e a sua posição no fluxo produtivo da organização. É ainda descrita a situação inicial e qual o rumo a seguir para serem atingidas as metas delineadas.

No seguimento do capítulo anterior, o quarto capítulo expõe e sustenta conceptualmente a razão da solução escolhida para a resolução do problema anteriormente definido, expondo ainda os resultados esperados.

O quinto capítulo é alvo da descrição da implementação da solução proposta sob o ponto de vista operacional, referindo os meios utilizados e resultados obtidos.

O sexto capítulo efectua uma descrição detalhada dos resultados alcançados e a sua implicação no cômputo geral da organização. Finaliza com as conclusões relativas ao projecto desenvolvido, propondo ainda eventuais trabalhos a realizar como continuação do presente projecto.

Nos anexos A e B são apresentados trabalhos adicionais de aplicação das mesmas ferramentas e desenvolvidos noutros sectores da empresa, que conduziram a uma sincronização da produção com o sector de montagem e também a uma optimização de processos.

2 Estado da Arte

Neste capítulo será feita uma revisão de cariz teórico ao conceito do *Lean Management* e por consequência aos mais importantes conceitos, técnicas e métodos que estão associados a esta filosofia.

2.1 A filosofia Lean

Num mercado cada vez mais competitivo, tanto a nível económico como a nível concorrencial, as empresas para prosperar têm de encontrar maneiras de superar as várias dificuldades que advêm dessa mesma competitividade. Estas dificuldades são variadas, entre elas encontram-se o aumento dos custos e a redução das margens de lucro.

No seguimento destas imposições, as empresas têm que reagir, podendo recorrer a diversas soluções, sendo algumas destas o caminho do investimento, técnico, tecnológico, comercial e operacional. Apesar de todas estas soluções serem válidas, existe uma em que as empresas têm apostado cada vez com mais importância, a filosofia de gestão *Lean*.

O conceito *Lean* é uma estratégia com grande aplicabilidade, essencialmente em processos industriais, tendo como objectivo aumentar a satisfação dos clientes através da melhor utilização dos recursos, com vista a eliminar desperdício, baixar os custos e otimizar os processos produtivos. Esta filosofia nasceu na Toyota, no Japão do pós-guerra, criada por Taiichi Ohno, engenheiro da empresa. A situação do país após a Segunda Guerra Mundial fazia com que fossem tomadas medidas para ser possível a sobrevivência da Toyota e foi com esta situação que o *Lean Management* nasceu, com o intuito da procura e eliminação do desperdício.

Foram então definidos por Ohno os sete *Mudas* (desperdícios) existentes no *gemba*, que são os seguintes, como refere Imai (1997):

- Transporte – Deslocações excessivas de máquinas, materiais ou produtos, que não acrescentam valor;
- Movimentação – Todo o movimento corporal que não está directamente relacionado com a agregação de valor, devido maioritariamente à desorganização existente no local de trabalho;
- Espera – Compassos de espera, que se verificam quando não existe equilíbrio na linha, o que faz com que o operador esteja à espera que lhe chegue o material ao seu posto;
- *Stock* – Excesso de produtos acabados, semi-acabados ou de matérias-primas em locais de armazenamento, resultando em custos excessivos tanto de transporte como administrativos;

- Excesso de produção – Produção em demasia, mais do que o necessário ou cedo demais, que faz com que exista um falso sentimento de segurança e que conduz ao *muda* pelo excesso de stock;
- Processo – Má utilização de maquinaria ou ferramentas e aplicação de processos não indicados, fazendo com que resulte em mau desempenho, não acrescentando valor ao produto e criação de *muda* para o processo seguinte;
- Defeitos – Problemas durante os processos, que originam interrupções na produção e consequente trabalho adicional.

A eliminação destes sete desperdícios tornou-se na base do TPS (*Toyota Production System*).

O sistema TPS, esquematizado na figura 1, foi desenvolvido para melhorar a qualidade e produtividade, tendo dois objectivos em mente, a eliminação do desperdício e o respeito pelas pessoas (Jacobs et al., 2009).

O seu foco é o de otimizar o uso dos recursos, eliminando o desperdício, através dos seguintes pilares principais em que este sistema assenta:

- Processos JIT (*Just in time*) – Criação de um fluxo otimizado do produto e da informação, minimizando o WIP (*work in process*), conduzindo a um tempo de ciclo aproximado ao *takt time* desejado;
- *Heijunka* – Estabilização e uniformização da produção, tornando os processos estáveis e de acordo com as necessidades do cliente;
- *Jidoka* – Implementação de procedimentos de automação das máquinas, à prova de erro, melhorando a confiança nos processos.

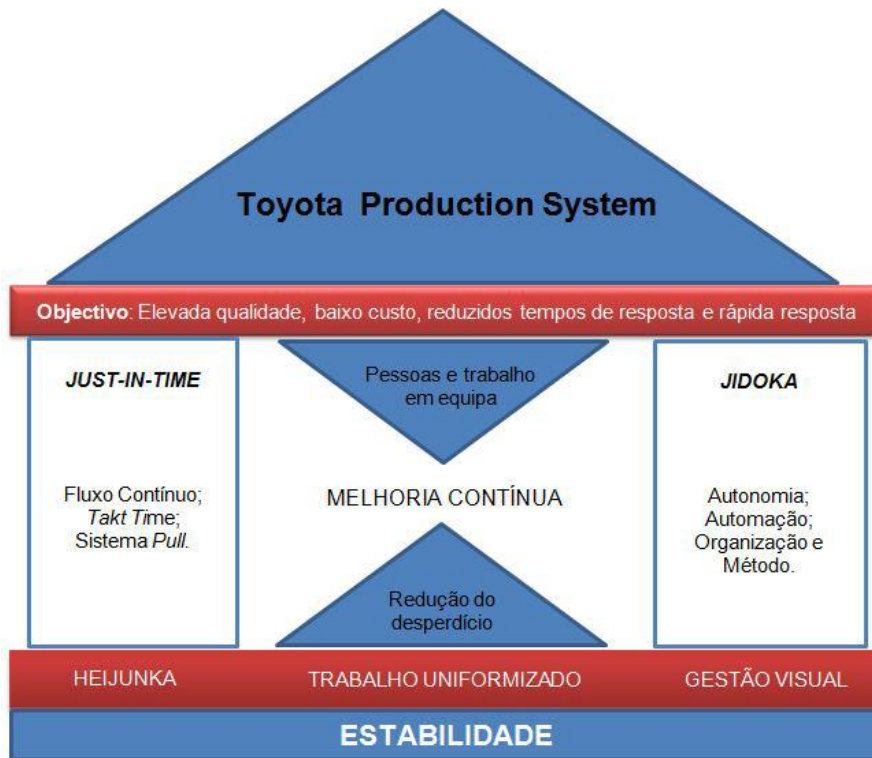


Figura 1- O sistema de produção da Toyota (TPS) (adaptado de: Pinto, 2008)

Actualmente o sistema TPS é conhecido mundialmente por *Lean Management*, termo com que foi introduzido por James Womack e Daniel Jones e divulgado no Ocidente na década de 90 do século XX.

Um dos princípios a seguir quando se pretende seguir uma metodologia *Lean*, é o de sincronizar a produção com a procura. Este princípio tem como objectivo produzir apenas o necessário quando for necessário. Seguindo esta forma de trabalhar são evitadas acumulações de inventário de produtos. Deste modo o fluxo produtivo inverte-se, sendo o cliente que “puxa” a produção e não a empresa que a “empurra”. Passa-se a utilizar um modelo *Pull* (que faz parte dos elementos base da filosofia TPS) ao invés do modelo clássico de gestão da produção, que se caracteriza por sistemas de planeamento rígidos e baseados em previsões, chamado *Push*.

Utilizando um *Pull System*, as actividades de fabrico iniciam-se apenas quando existe um pedido ou ordem por parte do cliente, logo as operações seguem um caminho inverso dentro da organização, das fases finais às fases iniciais (Pinto, 2008).

As vantagens que advêm de um *Pull system* são:

- Modelo não dependente de previsões, respondendo apenas ao consumo;
- Evitam-se produções que conduzam a *stocks* elevados;
- Sincronização fácil das operações ao longo da cadeia de valor;
- *Lead Times* mais curtos;
- Fluxo de informação simplificado.

A filosofia do *Lean Management* é a de procurar fornecer consistentemente valor ao cliente final através da redução de custos, obtida pela otimização dos fluxos produtivos. Isto é conseguido através da utilização de *pull systems* baseados na necessidade dos clientes e na análise e melhoria da cadeia de valor do *gemba*, desde as matérias-primas até aos produtos acabados.²

Para tal ser alcançável, segundo refere o *Lean Institute Brasil*², foram identificados os cinco princípios do *Lean Thinking*, que são os seguintes:

- Caracterização do Valor do ponto de vista do cliente – Não é a empresa mas sim o cliente que define o que é valor;
- Identificação do fluxo de valor – Através de um estudo da cadeia produtiva, definir o que cria valor e o que não cria valor mas que é importante para o processo e o que não cria valor algum, eliminando imediatamente este último;
- Melhoramento do fluxo produtivo – Garantir que haja fluidez entre as diversas operações e processos, através da redução de *stock*, tempos de ciclo e mudança da mentalidade das pessoas;
- Adopção de um *Pull System* – Produzir apenas o necessário quando for necessário, em contraste com o método *Push*, o que irá conduzir entre outros benefícios a *Lead Times* mais curtos;
- Melhoria Contínua – Aplicação permanente dos quatro princípios acima mencionados.

2.2 Técnicas utilizadas na filosofia Lean

Variadas ferramentas, técnicas e conceitos foram desenvolvidos no âmbito da filosofia *Lean*. Muitas das ferramentas derivaram do sistema TPS, enquanto outras foram sendo desenvolvidas. Todas elas complementam-se umas às outras, servindo todo um propósito: seguir o caminho da melhoria contínua.

2.2.1 VSD – Value Stream Design

Também denominado como *Value Stream Mapping* e sendo um mapeamento da cadeia de valor, esta ferramenta é utilizada com a finalidade de identificar as várias actividades inerentes ao processo que são utilizadas para transformar matéria-prima ou componentes em produto acabado.

A ideia é desenvolver um diagrama detalhado do fluxo de materiais e de informação de um processo, que mostra todas as actividades que acrescentam valor, as que não acrescentam

² <http://www.lean.org.br>, acedido a 2 de Abril de 2011

valor e as etapas que são apenas de espera. Deste modo o VSD ajuda a identificar ineficiências intrínsecas ao processo, tais como:

- Inventário excessivo;
- Transporte ineficiente;
- Actividades pouco produtivas;
- Movimentações não necessárias.

Através da observação deste tipo de diagrama fica visualmente claro onde é necessário actuar de forma a transformar o processo existente num processo *lean* (Jacobs et al., 2009).

2.2.2 Os 3 M

Os três M's a evitar nas organizações são o *Muda* (desperdício), *Mura* (variabilidade) e *Muri* (sobrecarga). É fulcral abordar estes três conceitos quando se pretende atingir uma forma de pensar e actuar *Lean*.

O facto de existir um fluxo de trabalho que não está correctamente balanceado e a sua carga de trabalho é inconsistente e não está uniformizada, tem como resultado a criação de *Mura*.

Quando numa empresa os operadores e máquinas são forçados a trabalhar arduamente para cumprir um prazo de entrega, é criada uma sobrecarga de trabalho (*Muri*).

Mura cria *Muri*, que como resultado irá criar *Muda*. Logo, na maioria das organizações, *Mura* e *Muri* são as causas para o facto de existir *Muda*.

Muda é essencial ser eliminado pois é algo que não traz valor acrescentado ao produto, nem cria valor ao cliente final.

2.2.3 Takt Time

O termo deste conceito tem origem alemã, visto que “*takt*” vem de ritmo. Significa tempo de ciclo, mas difere do tempo de ciclo usual como descrito em Heizer et al. (2006), pois este está directamente relacionado com a procura. Se a procura aumenta, o *takt time* diminui e vice-versa. Logo, as encomendas previstas pela empresa ditam o *takt time*, pois o valor a ele associado é o tempo de ciclo necessário para corresponder à produção objectivo.

2.2.4 Standard Work

A função desta ferramenta é, como o próprio nome indica, especificar tarefas ou processos. Através da sua utilização é garantido que o processo irá ser efectuado da mesma maneira, consistentemente, com as mesmas ferramentas e pela mesma ordem de sequência qualquer que seja a pessoa que o irá efectuar. Isto garante que, ao ser feito exactamente da mesma forma, a variabilidade, factor que é um dos grandes causadores da falta de qualidade, é evitada.

Isto é aplicado através de um documento que contém variadas informações assim como o procedimento e a sequência correcta a seguir e as ferramentas a utilizar. Também são visualmente documentadas as eventuais células necessárias, a movimentação correcta do operador de maneira a minimizar o desperdício e o WIP entre elas a cumprir.

Ao pôr em prática esta ferramenta a organização garante uma estabilidade e consistência nos seus processos e produtos.

2.2.5 Ferramentas da Qualidade

São várias as ferramentas que incidem na área da qualidade, intrínsecas ao *Lean*. Entre elas são de destacar o fluxograma, o histograma, que analisa problemas representando graficamente dados numa distribuição por barras verticais, a análise ABC de Pareto, que faz a distinção entre o que é importante e o que é trivial (conhecido pela regra 20/80), o diagrama de *Ishikawa*, também conhecido por diagrama de causa-efeito ou diagrama espinha de peixe, que ajuda a identificar as possíveis causas de um determinado problema e a Matriz de Auto-qualidade.

Esta última ferramenta é uma matriz que tem como objectivo a eliminação de problemas de qualidade afectos aos produtos ou processos em causa. É visualmente composta por uma abcissa, em que se encontra o departamento ou posto que detectou o defeito e numa ordenada em que se encontra qual é o que produziu o defeito. Nos dois eixos, os departamentos e postos existentes são os mesmos. Numa ficha é preenchido qual o defeito detectado e inserido no local apropriado à origem identificada. Desta forma, os defeitos são conduzidos imediatamente ao processo causador do defeito, de maneira a serem corrigidos na raiz. Nesta forma de agir é seguido o lema: Não aceitar, não criar e não passar defeitos.

Todas estas ferramentas conduzem a uma melhoria da qualidade, através da detecção de possíveis causas de defeitos. Tem como objectivo facilitar a todos os colaboradores meios simples para a resolução de problemas e serem adaptadas ao trabalho de grupo, visto que são visualizáveis e consensualmente aceites (Courtois et al., 1997).

2.2.6 Conceito 5 S

Este conceito visa promover a alteração do comportamento das pessoas, fazendo com que certos hábitos no local de trabalho sejam adquiridos através da aplicação das seguintes etapas constituintes:

- *Seiri* (Selecionar) – Através de uma triagem, distinguir os elementos necessários dos desnecessários;
- *Seiton* (Organizar) – Arrumar de uma forma organizada os itens a ser utilizados;
- *Seiso* (Limpar) – Manter o local de trabalho, assim como as máquinas utilizadas limpas;
- *Seiketsu* (Uniformizar) – Tem como função manter e controlar os 3 S's acima mencionados;
- *Shitsuke* (Disciplinar) – Criar uma autodisciplina em todas as pessoas envolvidas na organização, integrando estes conceitos na cultura das pessoas e da organização, de maneira a que se tornem num hábito de toda a empresa.

Este conjunto de etapas faz com que na organização o controlo visual seja adequado, o ambiente de trabalho melhorado, os custos sejam reduzidos, o desperdício seja eliminado, exista mais segurança e a motivação dos colaboradores aumente, segundo Imai (1997).

2.2.7 Gestão Visual

Esta técnica consiste em utilizar sinais visuais no *gemba* junto dos locais de trabalho, com o intuito de expor tanto o rumo a seguir, como o rumo a não seguir, sendo a sua base a filosofia 5S.

O caminho a não seguir é conseguido, expondo através de fotografias, gráficos e equipamentos, os *Muda* existentes e suas consequências.

Através da afixação de *Standard Works*, indicadores de desempenho, de produtividade e processos de melhoria contínua é mostrado o caminho exemplar a seguir. Desta forma é transmitido às pessoas o reflexo do seu próprio trabalho e dos seus resultados, incutindo um sentido de responsabilidade em cada um.

Informações como normas, regras de trabalho e instruções de utilização de equipamentos também são afixadas num local de fácil visualização para que todos tenham acesso a elas.

2.2.8 Ciclo PDCA

O ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), também conhecido como ciclo de Shewhart ou ciclo de Deming, é um dos principais veículos para seguir o caminho da melhoria contínua.

O norte-americano Walter A. Shewhart criou um modelo de controlo da produção, de actuação cíclica, no final da década de 30 do século XX. Mais tarde, em 1950, W. Edwards Deming leva este modelo, denominado ciclo de Shewhart, ao Japão. A sua introdução foi bem aceite no Japão e começou a ser utilizado também em processos repetitivos de melhoria, mantendo o seu carácter cíclico. Passado algum tempo, os japoneses definiram esse modelo em quatro etapas distintas, nascendo assim o PDCA, como é conhecido nos dias de hoje.³

É um dos pilares do TPS e a sua função é a de identificar a causa dos problemas e procurar a sua melhor resolução. É uma ferramenta de gestão que descreve a forma como as mudanças devem ser efectuadas e que é composta pelas seguintes etapas:

- Planear (*Plan*) – Definição de um alvo para a melhoria;
- Fazer (*Do*) – Implementação do que foi planeado na etapa anterior;
- Verificar (*Check*) – Conferir se a implementação conduziu à melhoria esperada;
- Actuar (*Act*) – Criação de um novo procedimento do problema original ou estabelecer novas metas para a melhoria.

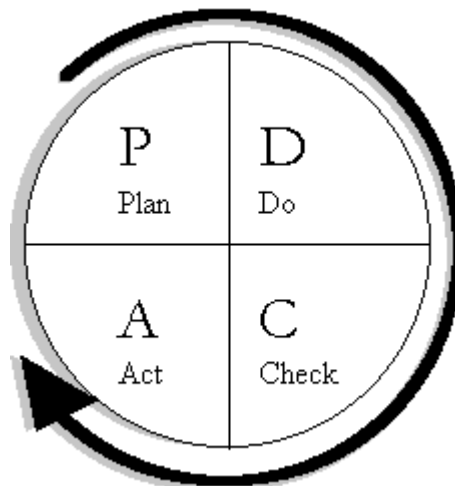


Figura 2 - O ciclo PDCA (<http://wagnerelias.com/2008/05/16/pdca-e-iso-27001/>, acedido a 13 de Abril de 2011)

³ <http://www.ubq.org.br/>, acedido a 27 de Abril de 2011

2.2.9 Sistema Kanban

Kanban no vocabulário japonês significa cartão. Este sistema baseia-se na circulação de etiquetas e foi desenvolvido na Toyota com o objectivo de melhorar o fluxo de um processo produtivo. É um sistema bastante utilizado nas organizações, em virtude de ser bastante simples e intuitiva a sua utilização, proporcionando uma elevada eficácia. É visto como um *Pull System*, contrastando com o sistema utilizado com a ferramenta MRP (*Materials Requirement Planning*), que é visto como um *Push System*.

Num sistema *Pull*, o posto de trabalho a montante deve produzir apenas o que lhe é pedido a jusante e este por sua vez deverá fazer o mesmo e assim sucessivamente. O posto mais a jusante do processo inteiro deverá apenas produzir o necessário para satisfazer o cliente, como refere Schonberger (1982).

Existem dois tipos distintos de funcionamento num sistema *Kanban*. Um deles é com um cartão único, no outro são necessários dois tipos de *Kanban*, um *Kanban* de produção (autoriza a produção) e um *Kanban* de transporte (necessário para a movimentação do material), tendo este último as mesmas informações do primeiro. Estes contêm informações quanto ao produto a produzir, as suas quantidades, o nome do sector que o consome, assim como do sector que o produz (Browne et al., 1999).

Este sistema traz diversas vantagens aquando da sua implementação:

- Uma rápida e simples circulação de informação entre os vários postos de trabalho, sectores ou até organizações;
- Fácil interacção entre quem produz e quem consome o especificado no cartão *Kanban*;
- Redução de tempos de reacção;
- Eliminação de produção excessiva;
- Independência do controlo da produção, eliminando a necessidade da existência de um sistema de gestão centralizado;
- Redução de inventários;
- Redução do *Lead Time*.

É um processo com bastantes mais-valias para a empresa, sendo um processo simples, de custo quase zero, fácil de ser utilizado pelos próprios operadores. Como contrapartida, requer bastante disciplina por quem o utiliza, não podendo ser descuidada a atenção constante necessária para o sistema não falhar.

2.2.10 Heijunka

Consiste em obter uma programação de produção nivelada, de forma a garantir um fluxo contínuo de materiais e informação na empresa entre os vários sectores, minimizando os *stocks*, assim como os tempos de *setup* das máquinas. É um sistema alternativo ao sistema

Kanban e ao sistema *Pull*, na medida em que existe uma programação pré-definida e em lotes pequenos.

O método mais utilizado é através de uma *Heijunka Box* (figura 3). Normalmente trata-se de um quadro que é fixado na parede da fábrica, dividido por colunas e linhas, formando pequenas caixas onde são inseridos pequenos cartões coloridos, que representam tarefas individuais. Cada linha pode representar um determinado período, enquanto as colunas podem representar produtos diferentes, ou vice-versa. Desta forma é de fácil visualização a produção que tem de ser cumprida e para quando cada tarefa está programada. Os operários removem o cartão do quadro de acordo com o cronograma, de forma a terem conhecimento de qual é a tarefa a efectuar nesse mesmo período. Podem eventualmente passar para outros postos de trabalho relacionados com o produto em questão no fim de cada posto, funcionando como um cartão *Kanban*.

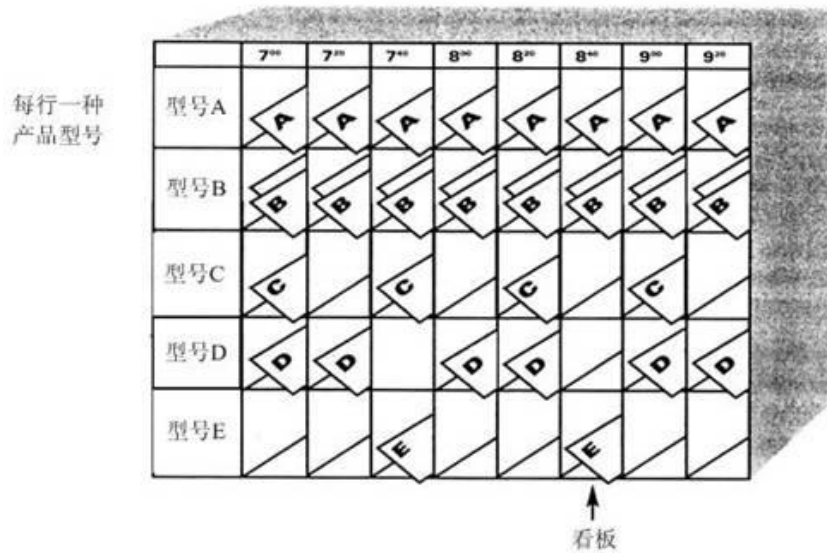


Figura 3 - *Heijunka Box* exemplificativa (<http://sese.hpu.edu.cn/ie/mirror/leanword.htm>, acedido a 4 de Maio de 2011)

3 Caso de Estudo

Neste capítulo é descrito o produto em análise e o seu processo produtivo. É indicada a posição do sector, em que o projecto incide, no fluxo produtivo da organização. Por fim é também apresentada uma descrição da situação inicial e os problemas que daí advêm.

3.1 Apresentação do produto

Este projecto incidiu no sector de montagem de produtos de ventilação, mais propriamente na montagem de um determinado produto, chamado recuperador de calor (figuras 4 e 5), que foi desenvolvido pela Riox.



Figura 4 - Recuperador de calor



Figura 5 - Interior do Recuperador de calor

Este produto é uma unidade de recuperação de energia para aplicação em instalações de ventilação destinadas a estabelecimentos de atendimento ao público, espaços comerciais, serviços e indústria.

Tem como função aspirar ar novo do exterior e insuflar esse mesmo ar no interior a climatizar, enquanto extrai ar viciado do interior e o rejeita para o exterior. A recuperação de energia realiza-se através de um permutador de placas ar-ar, que se encontra no interior do recuperador, o que faz com que os dois fluxos existentes se cruzem, aproveitando o calor do ar rejeitado para aquecer o ar insuflado. Existem dois tipos de recuperador, um apresenta uma eficiência de 60% e o outro, uma eficiência de 95%. O primeiro utiliza o permutador de placas de fluxos cruzados, o segundo utiliza um permutador de contra-fluxo. As figuras 6 e 7 abaixo representam esquematicamente estes dois tipos de funcionamento.

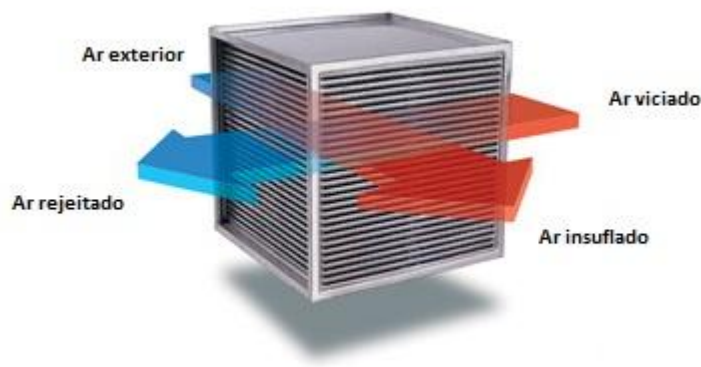


Figura 6 - Permutador de fluxos cruzados (<http://www.uk-exchangers.com/air-to-air-heat-exchangers.htm>, acedido a 11 de Maio de 2011)

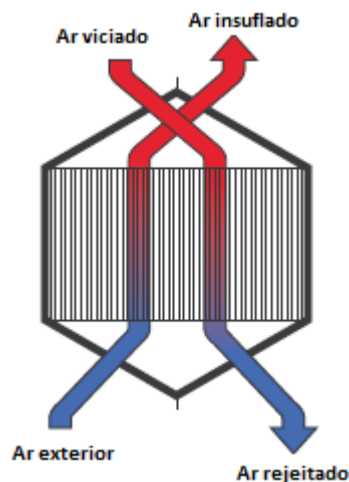


Figura 7 - Permutador de contra-fluxo

O recuperador de calor é produzido numa vasta gama de modelos diferentes, 136 mais precisamente. Este elevado número de modelos diferentes advém de o recuperador existir em seis tamanhos diferentes, do T1 ao T6 e existir numa construção horizontal e vertical para todos os seis tamanhos. Outro factor que contribui para a grande quantidade de modelos diferentes é o facto de existirem bastantes opcionais que podem ser incorporados no produto, tais como *by-pass*, baterias de aquecimento de água quente ou de resistências eléctricas e o facto de ter um permutador de fluxos cruzados ou em contra-fluxo. Para o projecto em estudo apenas se consideraram os modelos horizontais do tamanho T1 ao T4, representando o maior volume de vendas, devido à complexidade e variedade da gama.

3.2 Posição no fluxo produtivo da organização

A montante do sector em estudo, o sector de montagem, encontram-se três sectores, o sector da metalomecânica, o sector dos plásticos e o armazém.

O sector da metalomecânica produz todas as peças metálicas constituintes do recuperador de calor. Este sector trabalha em todo o processo de elaboração destas peças, assim como o corte e a conformação plástica de chapa.

O sector dos plásticos produz quase todos os componentes de material plástico a incorporar no recuperador de calor.

O armazém contém as peças e componentes comprados a fornecedores externos para montagem no produto final.

O sector de montagem encontra-se no fim do fluxo produtivo, sendo o seu trabalho o último antes da entrega ao cliente. Daí que, a jusante deste sector, apenas se encontra o armazém para tratar da entrega ao cliente.

3.3 A situação inicial do sector de montagem

Os elevados tempos de montagem e a ausência de uma norma de trabalho, visto tratar-se de uma actividade recente na empresa, caracterizavam a situação inicial na montagem do recuperador de calor.

Inicialmente o sector apresentava uma produção em células para todos os seus modelos. Encontrava-se um operador por célula e iniciavam e concluíam o mesmo produto sem mudança de célula e faziam todas as etapas do processo de montagem individualmente. As células não tinham um objectivo diário, este apenas estava implícito no planeamento feito pela chefia da área, que tinha como propósito garantir que a produção semanal fosse cumprida. A produção semanal era baseada nas encomendas do cliente, não existindo um nivelamento desta. As fotografias 8 e 9 mostram a produção em células que era adoptada na montagem do recuperador.



Figura 8 - Produção de recuperadores de calor em células individuais



Figura 9 - Produção de recuperadores de calor em células individuais

A maioria dos 7 desperdícios era praticada utilizando esta forma de trabalhar. Existia espera, transporte desnecessário e excessivo, movimentação, defeitos na montagem e processos inadequados. Era também constante a falta de qualidade das peças vindas da metalomecânica, o que inevitavelmente iria conduzir a trabalho excessivo e tempos de espera desnecessários.

A maior parte dos componentes utilizados na montagem encontrava-se longe do local das células, o que fazia com que os deslocamentos e interrupção do trabalho fossem constantes. A não existência de um trabalho uniformizado nas células, levava a que existissem falhas de planeamento da montagem, o que se traduzia em falta de peças e que originava quebras na produção fazendo com que os tempos aumentassem abruptamente.

No gráfico da figura 10 é possível verificar as flutuações que existiam nos tempos de montagem. Para o efeito apenas são ilustrados dados de um único modelo.

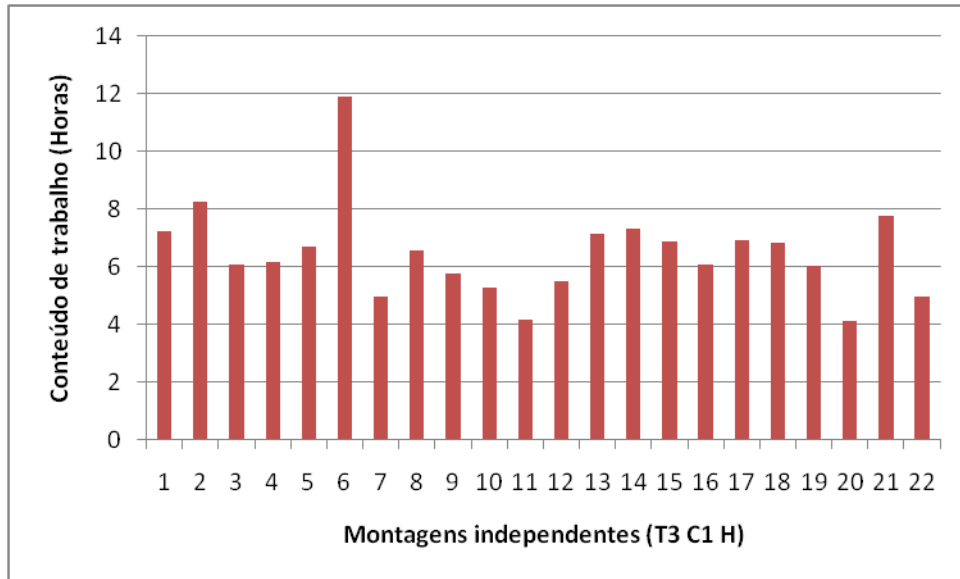


Figura 10 - Conteúdo de trabalho do modelo T3 C1 H

Estas flutuações nos tempos das operações tornam o planeamento da montagem incerto. Com a uniformização do processo espera-se que os tempos estabilizem tornando assim o planeamento mais fiável.

Na situação inicial, a montagem era feita em função da existência de peças existentes na metalomecânica o que provocava constantes paragens na produção. O facto de faltarem peças significa por vezes ter que se mudar de operação, deixando a outra pendente até chegarem as peças necessárias. Ao voltar atrás para recomeçar na operação incompleta, tempo era perdido a rever o que já tinha sido efectuado.

A par disto existia ainda a falta de componentes nos bordos de linha devido ao abastecimento pouco eficaz, fazendo com que os colaboradores tivessem que parar a montagem para se irem auto abastecer.

Outro factor a contribuir para os tempos elevados era a organização (ou desorganização), que nascia da falta de um trabalho uniformizado das pessoas que trabalhavam nas células. Existiam demasiados objectos na zona de montagem provocando bastante confusão e também alguma dificuldade em encontrar as peças e ferramentas de maneira a prosseguir com a montagem. Pode ser visto um exemplo na Figura 11.



Figura 11 - Desorganização das peças e ferramentas de montagem

3.4 Apresentação dos efeitos consequentes

Os problemas que existiam devido à situação em que se encontrava a zona de montagem dos recuperadores de calor eram vários, tais como:

- Existência quase contínua de rupturas provocadas por falhas no abastecimento;
- Falta de trabalho uniformizado;
- Tempos de produção com grandes flutuações, sendo que cada pessoa tem o seu ritmo e método de trabalho;
- Inexistência de um planeamento no sector, dada a existência de um *Mix* de produtos elevado. Este era baseado na flexibilidade do responsável do sector;
- Custos de produção excessivos e daí má rentabilidade;
- *Lead time* longo;
- Necessidade de recorrer a grande quantidade de horas extras;
- Falta de qualidade nos produtos, pois os defeitos não são visíveis, sendo encobertos;

- Existência de um WIP bastante elevado, de maneira a satisfazer as necessidades de todas as células;
- Não existência de um cálculo de produtividade, logo era impossível saber se a produção se encontrava dentro dos objectivos. Como tal, não existia um objectivo de melhoria para a produtividade.

Como consequência dos vários problemas presentes na situação inicial, a produção do sector de montagem do recuperador de calor atingia apenas o valor de oito unidades por dia, com a intervenção de dezasseis operadores.

O presente projecto foca-se na eliminação dos principais problemas, melhorando os processos, instituindo outros métodos de trabalho e criando fluxo na cadeia de valor, de maneira a conseguir obter um aumento da capacidade produtiva.

4 Explicação e justificação da solução proposta

Neste capítulo serão apresentadas as várias soluções utilizadas ao longo do projecto para eliminar os problemas e dificuldades descritos no capítulo anterior a este. Será feita uma explicação das ferramentas do âmbito *Lean* que melhor se enquadram nos problemas a solucionar e nos objectivos impostos a alcançar.

4.1 Objectivo a alcançar

O projecto iniciou-se com o intuito de aumentar a produtividade numa linha de produção de unidades de ventilação, mais concretamente, do recuperador de calor. De forma a garantir a existência e continuidade desse fluxo foi criada de raiz uma linha de montagem, criados sistemas de abastecimento e implementados mecanismos de informação e de uniformização de trabalho. Por último foi aplicada a filosofia 5S, de forma a reduzir o desperdício e melhorar a produtividade.

4.2 Criação de uma linha de montagem

O sector de montagem inicialmente utilizava um sistema de montagem por células, numa quantidade de doze, em que cada operador iniciava e concluía o produto sem que mais ninguém tivesse intervenção no processo. Esta solução acarreta vários problemas, como descrito no capítulo anterior.

A solução encontrada para reduzir, ou mesmo eliminar os problemas referidos foi a da criação de uma linha de produção. Uma solução como esta é adoptada quando existe uma produção de elevada cadência de produtos idênticos, neste caso, o recuperador de calor, ao contrário de montagens personalizadas e de baixa cadência que faz mais sentido produzir em células. As razões e benefícios para a utilização de uma linha de montagem neste tipo de produtos são várias, tais como a possibilidade de criação de mecanismos de uniformização de trabalho, assim como o *Standard Work*, visto que os operadores terão de efectuar a montagem de acordo com uma sequência predefinida que é criada aquando da criação da linha. Outra vantagem é a de que os defeitos se tornam visíveis, pois sempre que um exista, a linha irá parar, afectando a cadência da própria. Logo, torna-se necessário que o problema seja resolvido na sua raiz para a linha não voltar a ser interrompida no futuro pelo mesmo problema. É também viável e praticável a existência de um planeamento, pois existe um *takt-time* conhecido. Outro benefício da introdução de uma linha de montagem face a células individuais é a possibilidade de reduzir o elevado número de pessoas afectas à montagem, podendo ser incumbidas de outras tarefas. O facto de a linha estar dividida por vários postos diferentes, cada um com a sua função destinada, faz com que o trabalho seja mais repetitivo,

exista mais eficiência por parte do operador devido à repetição das tarefas executadas, logo exista um tempo de ciclo inferior. O facto de o operador ganhar eficiência devido ao trabalho repetitivo, faz com que nasça uma desvantagem, pois esta repetição torna o trabalho cansativo e pouco motivador. Para esta desvantagem ser eliminada, uma solução tomada será a de trocar periodicamente os operadores de posto, mas mantendo um período suficientemente elevado para atingir a eficiência que advém de um trabalho repetitivo.

As desvantagens existentes com a introdução de uma linha de produção são a dificuldade de implantação devido às grandes quantidades de variáveis em jogo, a existência de um *mix* de produtos elevado e o impacto que vai ter uma mudança em termos de trabalho a que as pessoas estão habituadas.

Ferramentas utilizadas

Para o estudo da implementação, foi analisado em detalhe o portfólio dos recuperadores de calor horizontais do tamanho T1 ao T4, representando 79% da produção total. A importância da análise deste portfólio é a de conhecer as fontes de variabilidade do produto em cada fase da montagem. As variabilidades nascem dos seguintes factores:

- Diferentes tamanhos (T1-T4);
- Diferentes estruturas interiores, chamadas de “miolo”, provenientes do facto de serem compostas por um permutador de fluxos cruzados ou de contra-fluxo;
- Existência ou não de *by-pass*;
- Existência ou não de bateria eléctrica;
- Existência ou não de bateria de água quente;
- Utilização de ventiladores de carcaça plástica ou metálica;
- Diferentes quadros eléctricos, caso tenha regulação ou baterias de aquecimento;
- Diferentes testes de funcionamento, devido à existência de diferentes quadros.

Esta análise das fontes de variabilidade foi efectuada através de uma Matriz de Produto de Processo (MPP), como mostra a figura 12.



Figura 12 - Matriz de Produto de Processo (MPP)

Com estes resultados, é possível analisar em que etapas da montagem e quais os componentes que produzem variabilidade de modelo para modelo, o que faz com que o balanceamento e a construção da linha de montagem, que irão ser abordados de seguida, sejam feitos com conhecimento destas imposições.

Seguidamente foi analisado o fluxo produtivo dos principais componentes que são utilizados no recuperador, sendo analisado também o sector da metalomecânica, pois é deste que bastantes componentes são produzidos. Para tal, utilizou-se um método de mapeamento, o *Value Stream Design* (VSD), em que como primeira abordagem foi exposto o estado inicial dos vários fluxos, para permitir encontrar as áreas de melhoria. Na figura seguinte é possível ver o estado inicial, em que a montagem é denotada com a “seta”.

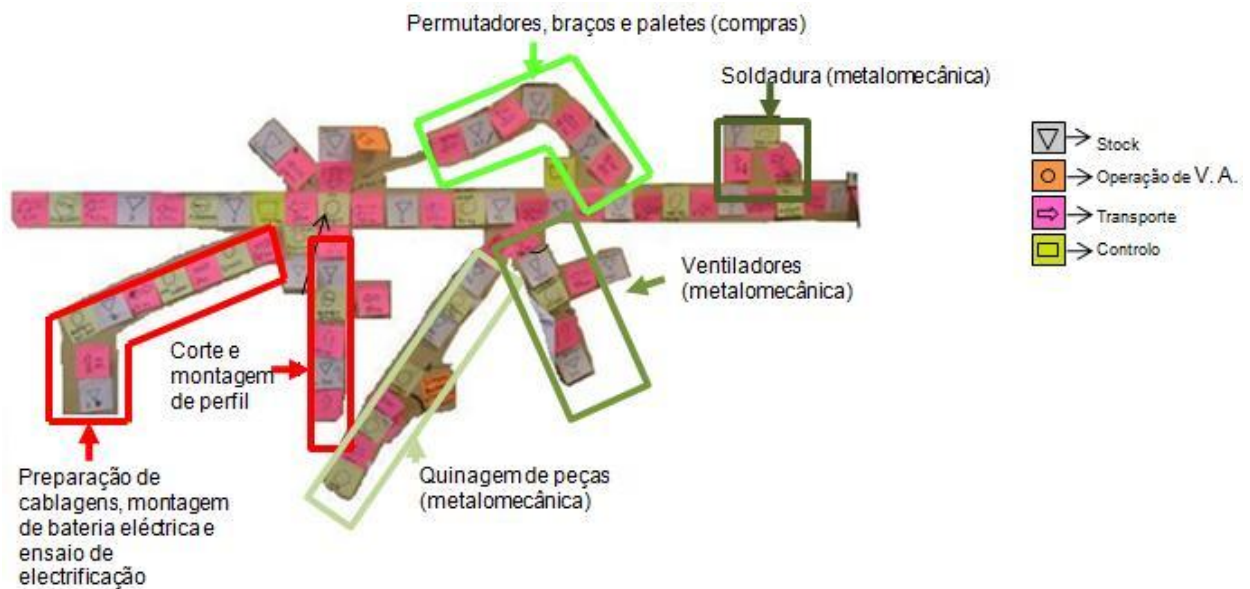


Figura 13 - *Value Stream Design* (VSD) no estado inicial

Ainda na situação inicial foi calculado o *lead time*, sendo este de 4,75 dias. É de fácil observação que existem muitos fluxos e processos a ser otimizados.

Analisando em detalhe o mapeamento, conforme a seguir explicitado, tiram-se as seguintes conclusões:

- Necessidade de colocar a montagem perto da metalomecânica;
- Criar 3 células na metalomecânica para fornecer a montagem (estrutura interior, painéis, ventiladores) evitando diversas passagens por armazéns intermédios;
- Criação de uma linha de montagem com incorporação de pré-montagens, teste final e embalagem;
- Conclusão de supermercado para produtos fornecidos a *Kanban* à linha;
- Nova localização no armazém dos componentes comprados;
- Existência dos 7 *Mudas*.

O primeiro ponto seria uma solução que iria eliminar o transporte excessivo que existe e é claramente visível no VSD, mas não é possível, pelo menos a curto e médio prazo, por razões de logística e de decisões administrativas. O segundo ponto é essencial de modo a reduzir o WIP existente na metalomecânica além de também reduzir consideravelmente o transporte inicialmente existente. Apesar de ter sido dada como prioridade a criação de uma linha como indica o terceiro ponto, a metalomecânica foi também alvo de intervenção como se pode ver no anexo A. As pré-montagens realizadas até agora em bancas de trabalho (montagem de baterias, das estruturas em perfil exteriores e dos ventiladores) à parte das células, poderão ser incorporadas na linha a criar, assim como o teste de funcionamento e a embalagem. Também o WIP, transporte, movimentação e número de operadores afectos à montagem serão drasticamente reduzidos seguindo esta abordagem. O quarto ponto referido é algo de importante a realizar, mas fora do âmbito deste projecto, de forma a existir um abastecimento sem falhas. Os componentes constituintes do recuperador de calor também, mudando a sua localização e concentrando-os na mesma zona, iriam contribuir para menor desperdício em transporte, pois na situação inicial estavam todos um pouco dispersos pelo armazém.

Na figura 14 pode-se observar o VSD proposto, aplicando as ideias acima referidas. É notória a redução de transporte e WIP, conseguindo concentrar as operações de valor acrescentado. As células apresentadas neste mapeamento são assunto discutido no anexo A, sendo que foram criadas para evitar os desperdícios acima referidos. Foi também implementada a ideia da criação de postos de auto-controlo em cada posto de trabalho nos vários sectores afectos, com o objectivo de reduzir os defeitos inicialmente existentes que eram apenas detectados na maioria dos casos quando o recuperador se encontrava em fase de montagem.

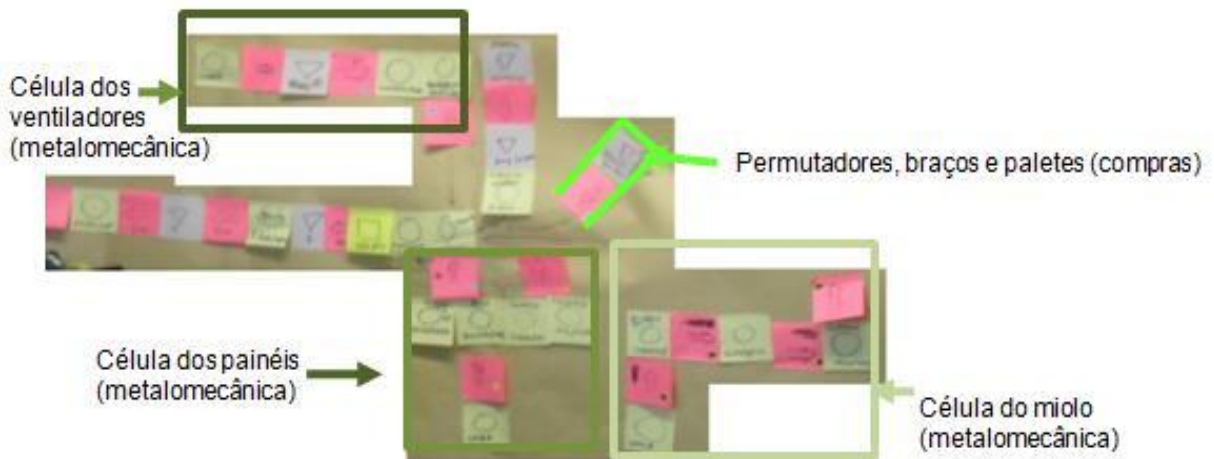


Figura 14 - Value Stream Design (VSD) no estado futuro

Foi feito uma análise através de diagramas *Spaghetti* da movimentação necessária à montagem de um recuperador, como se pode ver nas figuras 15 e 16, com vista a observar os desperdícios em termos de movimentação. Foi obtida uma distância de 464 metros, o que é impensável de praticar, quando se produz várias dezenas de recuperadores por semana.

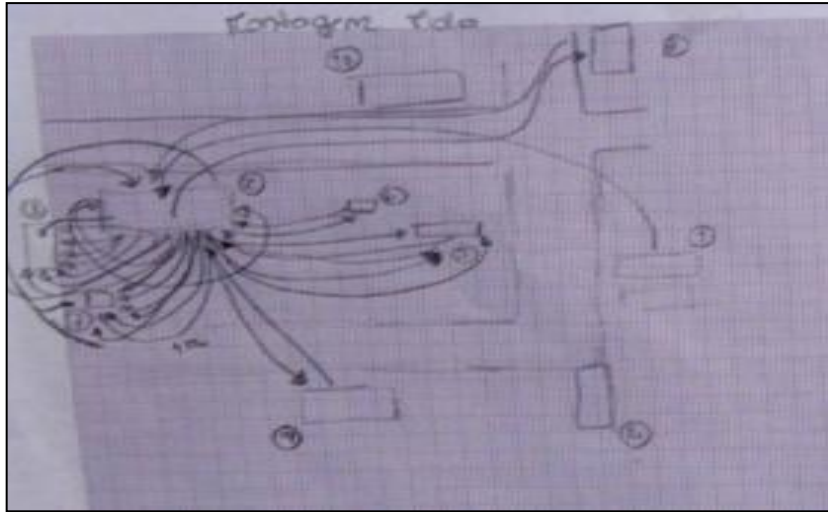


Figura 15 - Diagrama *Spaghetti* da montagem da estrutura interior

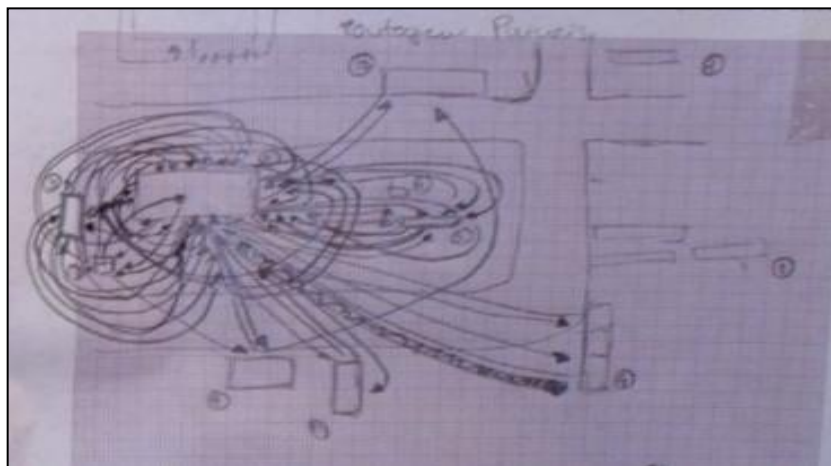


Figura 16 - Diagrama *Spaghetti* da montagem restante

O passo seguinte, que serve de alicerce para a criação de uma linha de montagem, é o de fazer o balanceamento da linha. Como primeira abordagem foram feitas diversas cronometragens a modelos diferentes da gama do recuperador de calor, de forma a obter uma quantificação do conteúdo de trabalho de vários modelos da gama, assim como o impacto de cada fonte de variabilidade.

Esta cronometragem foi feita considerando apenas os tempos sem desperdício, ou seja, considerando apenas as ações que acrescentam valor ao produto, pois é esse valor que o cliente está a pagar e não o tempo perdido em tarefas desnecessárias que não acrescentam valor. Estes tempos são observados na figura 17, onde foram consideradas diversas famílias diferentes, para simplificação do processo. A simplificação consistiu em agrupar os modelos em que as variantes de componentes não implicam tempos de montagem significativamente

diferentes. As ilações que se podem retirar deste gráfico são duas. Primeiro, é de constatação imediata a diferença entre o tempo de montagem da situação inicial, vista anteriormente na figura 10, e o tempo de montagem dos tempos sem desperdício. Falando do mesmo modelo, enquanto que este era montado com tempos entre cinco e doze horas de duração, agora vemos valores que rondam as duas horas e meia. Esse dado revela a ineficiência do processo de montagem inicialmente adoptado. Em segundo lugar, observa-se que a variação de tempo entre tamanhos é reduzida, enquanto que a variação do conteúdo de trabalho nos modelos que incorporam opcionais pode atingir quase o dobro do modelo base. Os processos de montagem nos vários modelos são bastante semelhantes, variando apenas o tempo de execução, devido às opções que podem incorporar o produto.

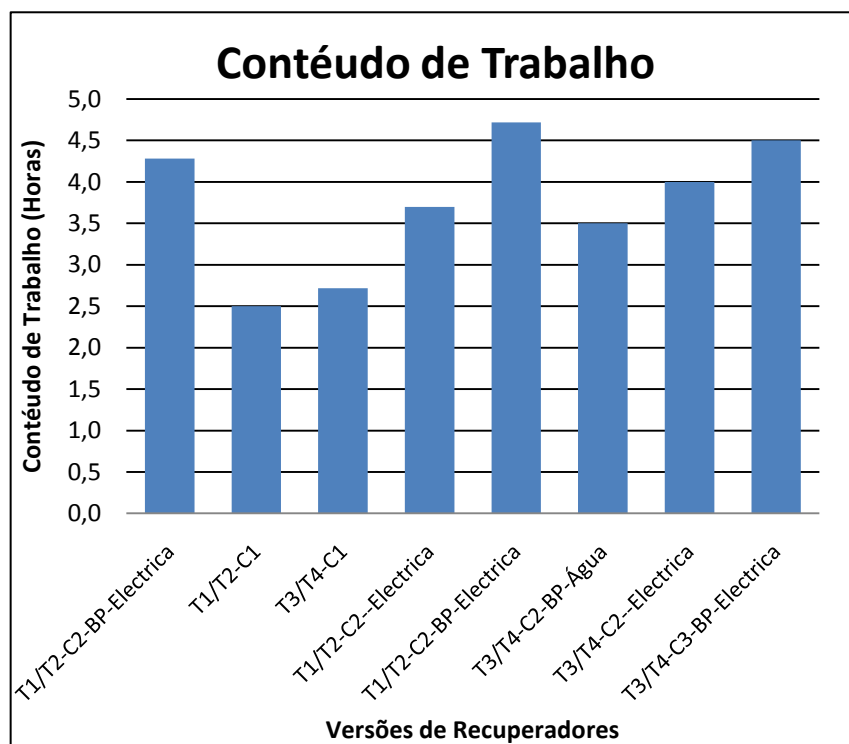


Figura 17 - Conteúdo de trabalho das diferentes famílias de recuperadores

O passo seguinte foi o de calcular o *takt-time* da linha. Este valor é definido pela empresa em função da expectativa de encomendas. Neste caso concreto, foi feito um levantamento das quantidades vendidas por semana do recuperador de calor e a sua sazonalidade no ano anterior e utilizou-se o valor máximo existente. Como esse valor é de sessenta recuperadores de calor, então chega-se à conclusão, que trabalhando oito horas diárias e cinco dias por semana, a cada quarenta minutos terá de sair da linha um recuperador para cumprir o objectivo estipulado. Daí o *takt-time* alvo ser de quarenta minutos.

Analisou-se também o *mix* dos modelos de toda a gama do recuperador de calor, como se pode ver na tabela 1, em que foram calculadas as quantidades de cada modelo a produzir semanalmente. Para isso foram considerados os novos tempos sem desperdício medidos e a percentagem de cada modelo produzido historicamente. Em seguida fez-se um somatório de

todas as quantidades semanais. Esse valor é então dividido pelo número de minutos de trabalho semanal disponível, para se obter o número de pessoas necessárias para montar sessenta produtos numa semana, através desse *mix*. Como o valor alcançado foi de 5,46, o número de postos necessários a implementar na nova linha é, por excesso, de seis, considerando um operador por posto. Com este valor, reduz-se drasticamente o número de postos de trabalho utilizados anteriormente na situação inicial, que era de doze células.

Tabela 1 - *Mix* dos modelos do recuperador de calor produzidos

MIX				
Famílias	Tempo Total	%	Qtd. Semana	Tempo Total sem.
T1/T2 C1 s/BP	162,27	16,00%	9,6	1557,792
T3/T4 s/BP + BAT. ELECT.	243,28	10,00%	6	1459,68
T1/T2 C2 s/BP + BAT. ELECT.	231,13	8,00%	4,8	1109,424
T3/T4 C1 s/BP	162,43	8,00%	4,8	779,664
T3/T4 C2 c/BP + BAT. ELECT.	288,17	4,00%	2,4	691,608
T3/T4 C3 c/BAT. ELECT.	271,71	3,00%	1,8	489,078
T1/T2 C2 c/BP + BAT. ELECT.	257,2	3,00%	1,8	462,96
T3/T4 C3 c/BAT. ÁGUA	244,03	3,00%	1,8	439,254
T3/T4 C3 s/BAT.	219,83	2,50%	1,5	329,745
T1/T2 C3 c/BAT. ELECT.	268,37	2,50%	1,5	402,555
T3/T4 C2 c/BP + BAT. ÁGUA	226,89	2,00%	1,2	272,268
T1/T2 C2 c/BP + BAT. ÁGUA	221,02	1,50%	0,9	198,918
T1/T2 C3 s/ BAT.	211,75	1,50%	0,9	190,575
T3/T4 C2 s/BP + BAT. ÁGUA	183,31	1,50%	0,9	164,979
T1/T2 C1 C/BP + REG.	203,95	1,50%	0,9	183,555
T3/T4 C1 c/BP + REG.	214,19	1,00%	0,6	128,514
T3/T4 C1 c/REG.	178,19	1,00%	0,6	106,914
T3/T4 C1 c/BP	210,19	1,00%	0,6	126,114
T1/T2 C3 c/ BAT. ÁGUA	228,12	1,00%	0,6	136,872
T1/T2 C1 C/REG.	169,45	1,00%	0,6	101,67
T1/T2 C1 C/BP	196,32	1,00%	0,6	117,792
T1/T2 C2 s/BP + BAT. ÁGUA	184,45	0,50%	0,3	55,335

Tendo estas informações, o próximo passo foi o de distribuir as tarefas por postos, para os vários modelos. Como é de reparar na figura 18, os modelos que contemplam certos opcionais não são de possível montagem dentro do tempo estipulado, daí que foi estabelecido um segundo *takt time* de sessenta minutos apenas para estes casos.

Este segundo *takt time* nasceu da necessidade de incorporar todos os modelos que tivessem um tempo de montagem total superior a 240 minutos (6 postos x 40 minutos). Tendo então dois postos a possibilitar um tempo de montagem de sessenta minutos, o tempo total da montagem admitida na linha será de 280 minutos, o que engloba todos os modelos a incorporar.

A solução optada para poder conjugar dois *takt time* numa só linha foi de alocar as tarefas fixas e comuns a todos os modelos nos postos um, dois, cinco e seis. E as operações variáveis foram alocadas nos postos três e quatro, chamados de postos variáveis. A incorporação de tal configuração na linha torna-se possível através de um planeamento alternado. Considerando os modelos base, que apenas circulam por quatro postos de "A" e os restantes de "B", uma

solução é optar por uma sequência "A A B A A B...". Desta forma garante-se que não existirá conflito entre postos, desde que o *takt time* seja cumprido. A desvantagem que existirá é a de que um dos postos variáveis terá periodicamente uma folga de vinte minutos no mínimo até receber o modelo que se situa no posto a montante. Pode significar mais que vinte minutos se o produto em questão tiver um tempo de montagem entre 240 e 280 minutos. De maneira a reduzir os efeitos dessa desvantagem, o operador, durante esse tempo de espera, pode ir auxiliar eventuais postos em atraso.

Para esta solução ser fisicamente viável e de fácil integração, optou-se por uma linha de montagem em formato de "U". Com este *layout* (figura 19), a circulação entre os postos torna-se de fácil acesso e possibilita a passagem do produto do posto dois para o posto cinco, sem que interfira com produtos que estejam nos postos três e quatro.

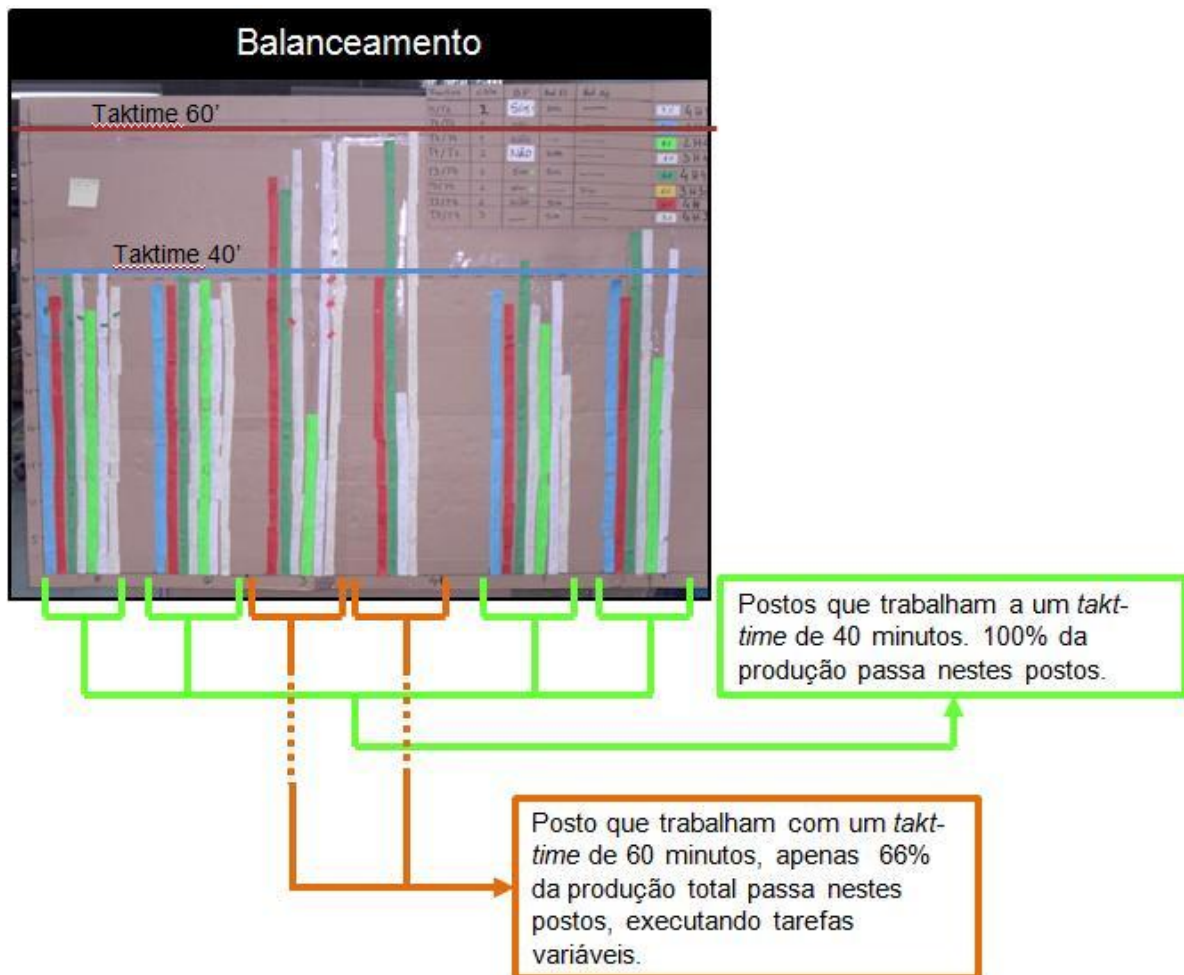


Figura 18 - Balanceamento da linha de montagem composta por seis postos

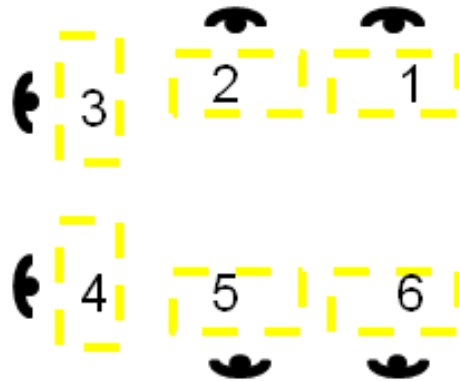


Figura 19 - *Layout* da linha de montagem em “U”

4.3 Resultados esperados

Após as implementações descritas, expondo o estado (figura 20) “antes” e o “depois” (figura 21), pode-se observar na tabela 2 a evolução que se pretende atingir com este projecto. Como objectivo futuro, dos iniciais dezasseis operadores com intervenção directa na montagem do produto (doze nas células, um na montagem das baterias, um na montagem da estrutura em perfil, um no abastecimento e outro na electrificação dos ventiladores), passa-se a ter apenas sete (seis na linha de montagem e um no abastecimento). Também no que diz respeito à área de implantação da montagem, foi calculada uma drástica redução que se pretende obter, de duzentos para oitenta e oito metros quadrados, o que representa um ganho considerável.

Todas estas abordagens que se pretendem implementar significam em termos de custos um valor bastante baixo, tendo em conta o *payback* que existirá sob a forma dos benefícios esperados.

Tabela 2 - Resultados esperados com a implementação da linha de montagem

Resultados			
	Produção Diária	Nº Pessoas	Área Ocupada
ANTES	8	16	200 m ²
DEPOIS	12	7	88 m ²
	342 %		112 m²

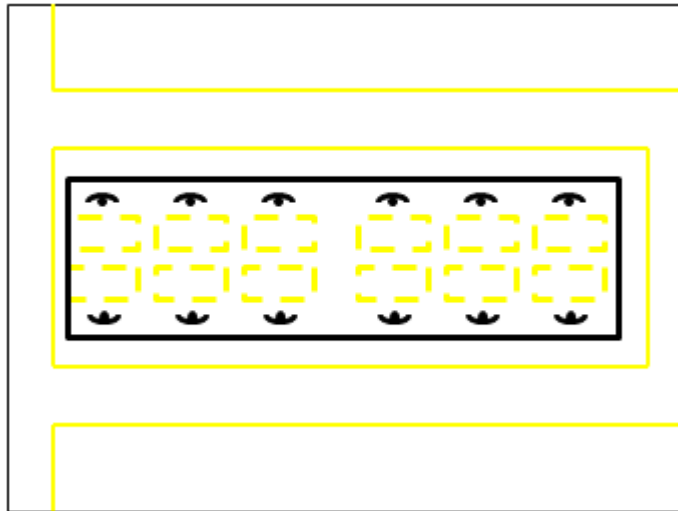


Figura 20 - Estado "antes"

Nesta situação anterior os postos de trabalho eram fixos e recorriam a pré-montagens.

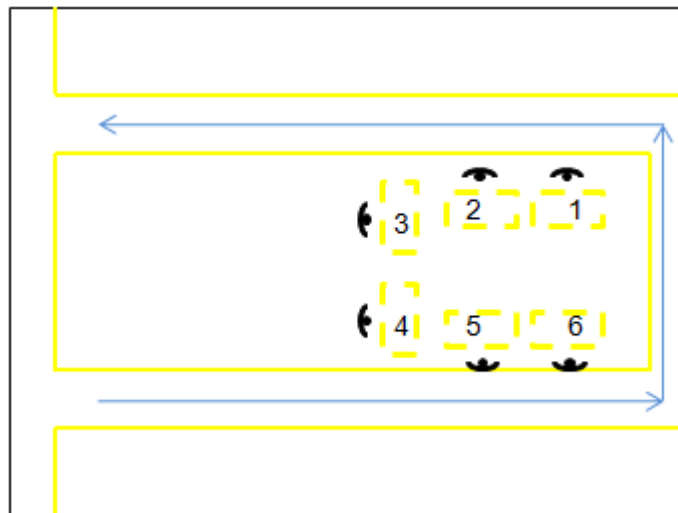


Figura 21 - Estado "depois"

Legenda da figura 21:

- 1 – Montagem da estrutura
- 2 – Montagem do interior
- 3 – Operações variáveis
- 4 – Operações variáveis
- 5 – Electrificação
- 6 – Testes e embalagem

5 Aplicação da solução desenvolvida

Este capítulo descreve a implementação que ocorreu no âmbito do projecto, os meios utilizados e também apresenta resultados alcançados.

5.1 Implementação no Gemba

Foi dado início à construção da nova linha de montagem, dividindo as pessoas disponíveis por equipas. Uma equipa tratou da montagem dos bordos de linha e dos carrinhos dos postos, outra dedicou-se à construção de um carro que sustentasse o recuperador de calor e que se adaptasse melhor à sua montagem e a última equipa foi incumbida de definir e criar o *mizusumashi*, carro que irá fazer o abastecimento à linha a partir do supermercado já existente, que funciona por *Kanban*.

Ao montar os bordos de linha, foi sempre tida em mente a filosofia *lean*, ou seja, montar um bordo de linha que tenha o espaço mínimo necessário para os materiais que irão ser utilizados nesse determinado posto e não deixar espaços sem utilidade. Foi adoptado o método de duplo cesto, para que o abastecimento fosse de fácil manuseamento e de fácil visualização quando fosse necessário repor o *stock*. Na construção dos carrinhos foi seguido o mesmo princípio, sendo a grande diferença para os bordos de linha, o facto de os carrinhos possuírem os materiais de constante utilização e também as ferramentas de trabalho. Foi ainda montada uma cadeira de electrificação para o último posto, visto que o trabalho integral deste posto é o de proceder à electrificação do aparelho, o que representa uma montagem sempre no mesmo local. Adaptou-se a uma cadeira braços articulados com tabuleiros montados para que fosse possível conter todas as ferramentas e materiais necessários à electrificação de modo a que o trabalho fosse efectuado sempre em posição sentada. Este último factor afecto à saúde dos operadores é muitas vezes negligenciado, mas não deixa de ter bastante importância não só pela implicação directa na saúde da pessoa, mas também para que o trabalho seja efectuado de forma eficiente, que resultará do conforto na posição de trabalho mais ergonómica.

A construção do carro que iria transportar o recuperador foi feita tendo em conta a sequência e as várias operações de montagem do recuperador. Foi concebido com um sistema de ajuste flexível sobre a orientação de dois eixos, de forma a poder arcar com os diferentes tamanhos existentes do produto e também a possibilitar a rotação do recuperador, para que fosse de fácil acesso a todos os locais de montagem, o que permitia uma deslocação mínima do operador, reduzindo o desperdício em termos de movimentação e consequentemente o tempo de ciclo. A fixação do recuperador no carro, para que este possa ser transportado e submetido à rotação sem que exista o perigo de cair, é assegurada por rebites roscados já existentes na parte superior e inferior do produto. Estes rebites existentes têm como função possibilitar a fixação do produto na posição horizontal, principalmente para aplicações sobre tectos falsos.

Na figura 22 é possível ver parte do trabalho efectuado na montagem da linha, assim como a sua disposição e o seu fluxo possível.

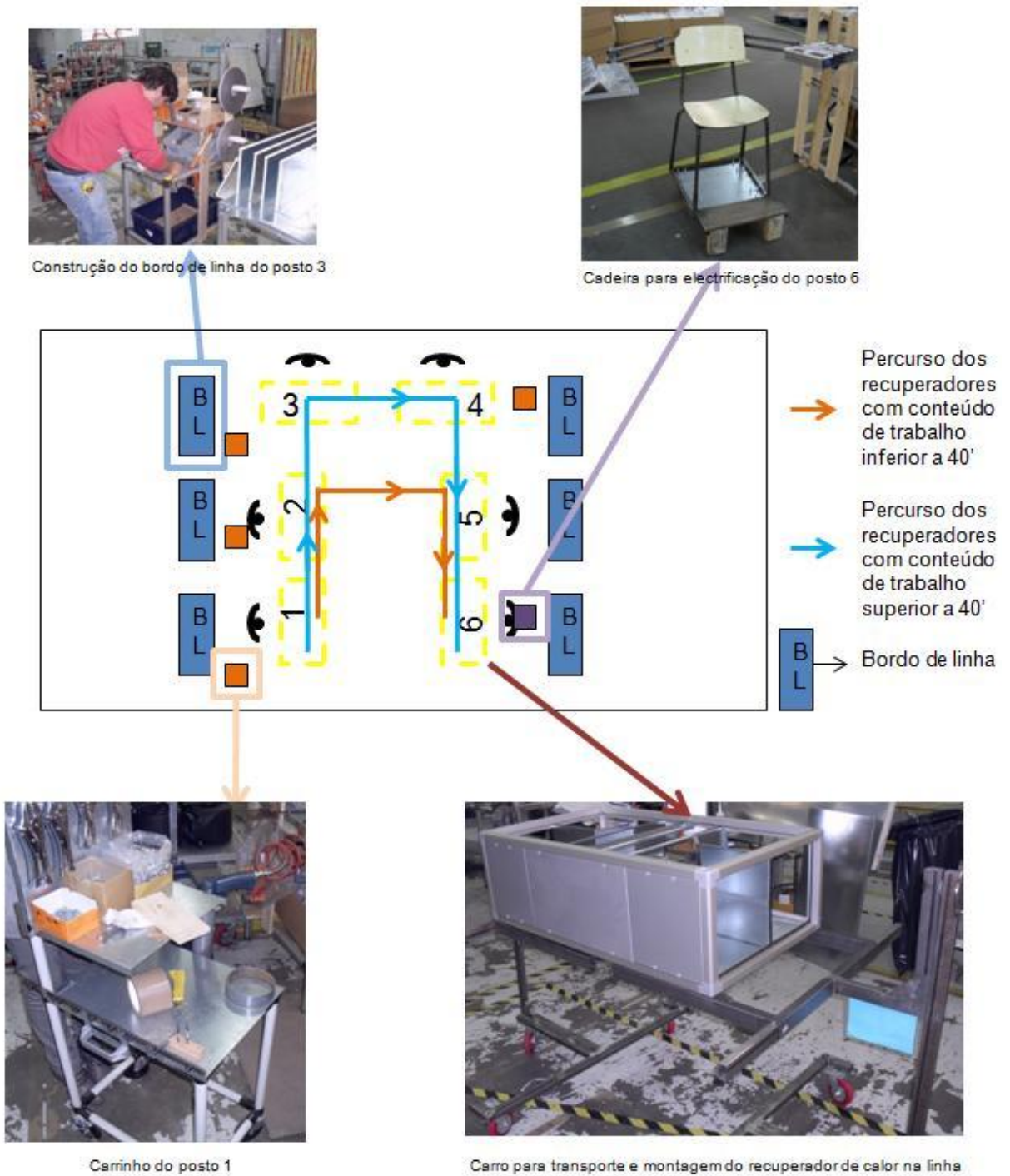


Figura 22 - Implementação no *gamba* da montagem física da linha

O passo que se seguiu foi o de garantir um correcto abastecimento à nova linha. Foi para isso definido e criado uma carro de abastecimento interno, o *mizusumashi*, que tem como função fornecer os diversos materiais aos vários postos de trabalho da linha. Utilizando um conceito similar ao *milk run*, este tem como objectivo seguir um percurso e horário previamente definidos. O *mizusumashi* passa pelo supermercado que contém os componentes e materiais utilizados para os recuperadores e transporta em embalagens de formato compacto, que irão ser substituídas pelas embalagens vazias de igual formato dos bordos de linha, visto estes

terem sido construídos para utilizar a função duplo-cesto garantindo o método FIFO. Logo, no percurso inverso as embalagens vazias que são trazidas pelo *mizusumashi*, serão pousadas no local designado para o efeito do sistema *Kanban*, já implementado no supermercado. Para esta implementação ter lugar foram definidos todos os componentes a colocar no carro e designados os locais específicos de cada componente.

De maneira a ser possível o abastecimento não só dos componentes mas também das várias peças metálicas, provenientes da metalomecânica, que constituem o recuperador de calor, foi construído outro *mizusumashi* (figura 23) sendo este composto por três carrinhos de abastecimento, que se interligam entre si por um sistema de cavilha. O primeiro carro transporta as peças da estrutura interior do recuperador, o segundo carro as peças da estrutura exterior e alguns componentes comprados que se encontram armazenados no sector do armazém e o terceiro carro os ventiladores e respectivos painéis de aspiração e insuflação. Devido à sua dimensão, cerca de quatro metros de comprimento, foi ainda acoplado na parte posterior do conjunto um pequeno empilhador que tem como função a fácil deslocação do *mizusumashi*, sendo este operado apenas por um operador.



Figura 23 - *Mizusumashi* composto por três subconjuntos

A imagem da figura 24 demonstra o percurso delineado para o efeito, assim como a localização dos pontos de abastecimento do *mizusumashi* e a localização da nova linha em relação ao supermercado e à metalomecânica. A elaboração das três células existentes na metalomecânica pode ser consultada no anexo A.

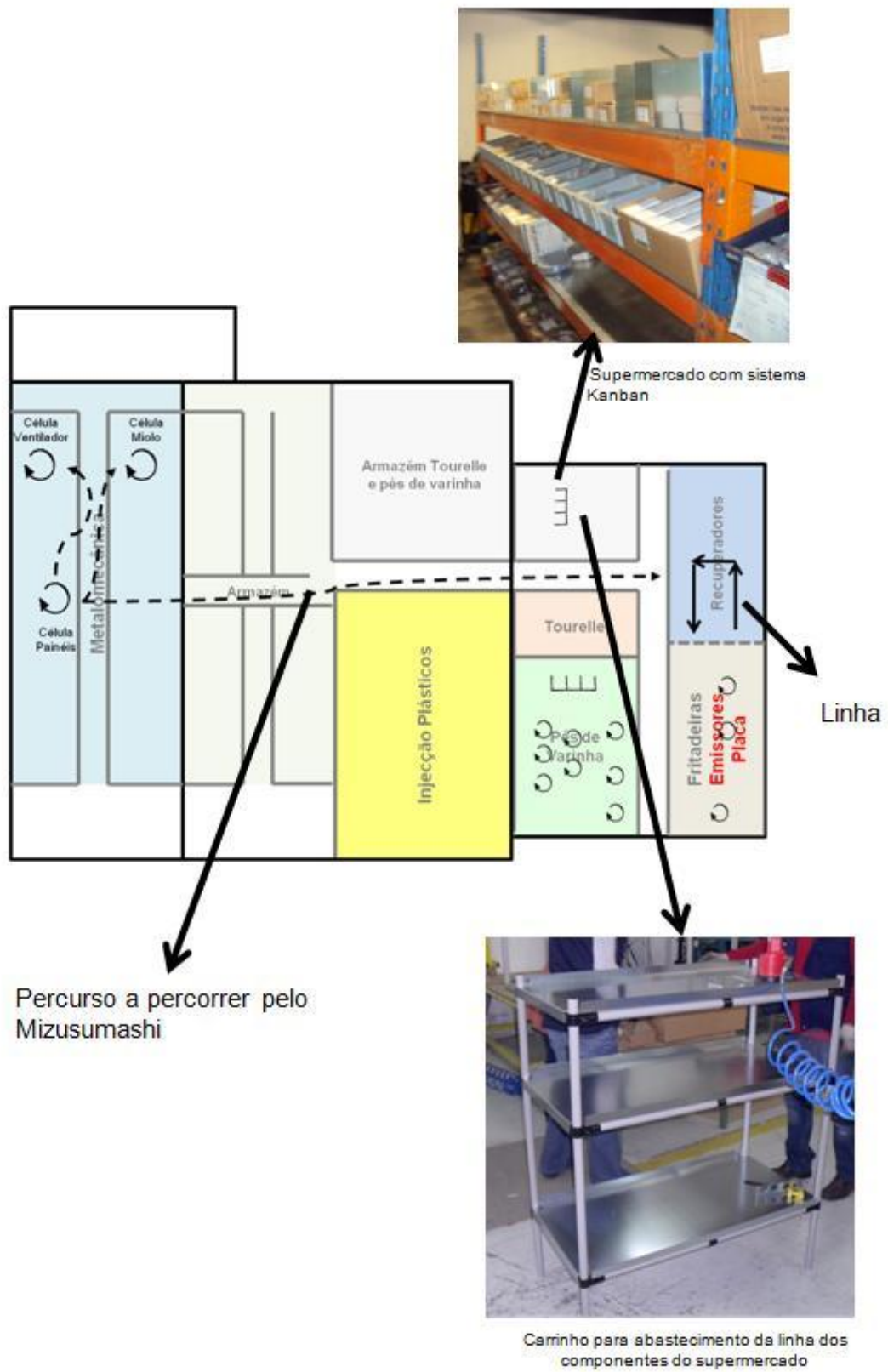


Figura 24 - Layout da unidade fabril

5.2 Uniformização de trabalho

Para que a linha de montagem tenha um funcionamento estável, com o mínimo de interrupções e com um tempo de ciclo otimizado, é necessário implementar um método de trabalho uniformizado.

Para isso foi iniciada a criação de um *Standard Work* para cada modelo que é montado na linha. Trata-se de um documento (ver anexo C) que inclui todas as tarefas a efectuar no modelo em questão e pela ordem de sequência correcta. Define o método mais eficiente de montagem no que diz respeito ao equipamento e material disponível. Estas tarefas estão divididas pelos postos de trabalho, para que cada operador facilmente identifique as tarefas que tem a cumprir. Para que seja de fácil acesso e manuseamento, o documento é preso ao carro que transporta o recuperador de calor logo no início no posto número um, quando o operador identifica o modelo que irá entrar na linha. Desta forma, o *Standard Work* acompanha sempre o produto e é utilizado por todos os postos sem que seja necessário haver mais do que um por modelo.

Esta forma de actuar, faz com que todo o trabalho seja feito de igual forma por quem quer que esteja a proceder à montagem, tornando o processo mais automatizado, pois qualquer variação na forma de montar pode criar problemas de qualidade e acarretar custos desnecessários.

5.3 Eliminação de defeitos

Depois de a linha iniciar o seu funcionamento, é essencial procurar soluções de celeridade e eficaz resolução de defeitos. O método utilizado na organização, nos outros sectores e também já utilizados neste sector de montagem previamente ao início deste projecto é o método do ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*). As vantagens inerentes a este método são bastantes e resultam numa resolução eficaz dos problemas que possam existir. Porém as reuniões em que se aborda o PDCA têm um ritmo diário, ou seja, apenas passado vinte e quatro horas se irá abordar o problema e agendar a sua resolução. Num projecto dinâmico e importante como este a resposta necessitava de ser mais rápida, pois um defeito numa peça obrigava a uma paragem na linha, logo não se iriam continuar a produzir mais produtos até este estar resolvido, caso que não acontecia quando se produzia em células individuais.

Dá-se ter criado uma Matriz de Auto-qualidade (figura 25) focalizada apenas para a linha de montagem.



Figura 25 - Matriz de Auto-qualidade

Como se pode ver na vertical encontram-se os mesmos sectores que na horizontal, com a diferença que o eixo dos “yy” está dedicado a quem detectou os defeitos e o eixo dos “xx” está dedicado a quem os produziu. Os sectores/departamentos incluídos no processo foram:

- O gabinete de projecto;
- A metalomecânica;
- O departamento de qualidade;
- A logística interna;
- As compras;
- A linha de montagem, subdividida pelos seis postos;
- O cliente final.

Foram criados papéis vermelhos, como podem ser consultados no anexo D, onde é indicado quem e em que data detectou o defeito, qual a natureza do defeito e qual o sector ou departamento que o produziu. Nas situações em que a origem do defeito é incerta, na ficha é indicado o departamento a montante e assim sucessivamente até chegar ao departamento ou sector causador. Dessa forma quem irá recolher o papel será do departamento onde o defeito foi criado, podendo ser resolvido na raiz para que não volte a ocorrer. Para tornar a ocorrência dos defeitos menor, foi instaurada uma política, em todos os sectores e departamentos afectos ao recuperador de calor, de autocontrolo de: Não aceitar, não criar e não passar defeitos. Desta forma a resolução de defeitos é proactiva e de rápida execução.

Para analisar a evolução dos defeitos e reconhecer facilmente onde se deve actuar para que a diminuição destes seja feita, foi criado um diagrama de Pareto (figura 26) onde os defeitos ocorridos e as suas quantidades são graficamente visíveis.

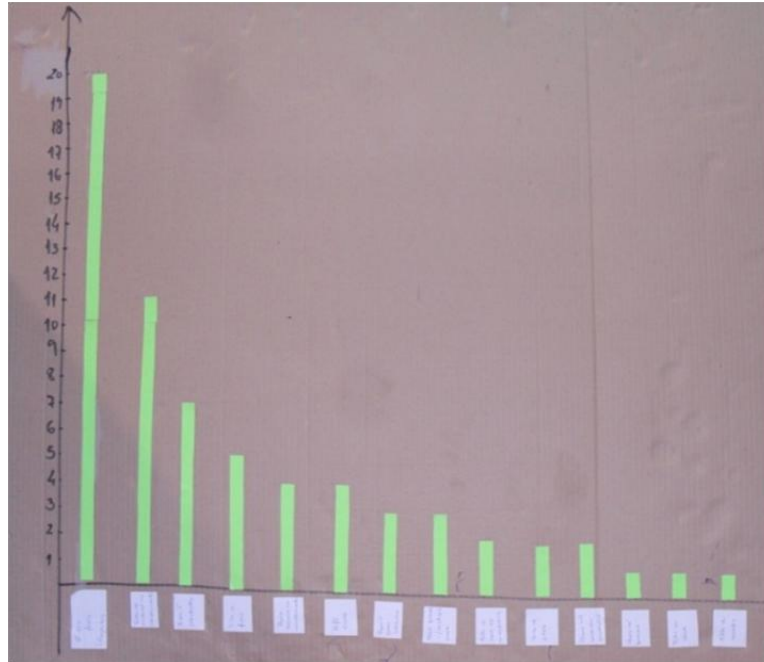


Figura 26 - Diagrama de Pareto dos defeitos mais comuns

5.4 Filosofia 5S

Com o intuito de criar um ambiente de trabalho propenso à sua adequada utilização, numa óptica de melhoria contínua, foi imprescindível a aplicação do conceito 5S.

Como acto inicial foi feita uma formação 5S a todos os colaboradores do sector de montagem, para que todas as pessoas estivessem envolvidas e com a mentalidade aberta à sua aplicação.

Foi feito um levantamento dos problemas existentes para que fosse de fácil detecção as zonas que necessitavam de intervenção. Após alguns dias de utilização da linha de montagem, tornou-se evidente o que seria alvo de intervenção, desde arrumação de postos de trabalho ao redimensionamento dos bordos de linha.

Os problemas encontrados foram os seguintes:

- Acumulação de material e lixo nos bordos de linha e nos carrinhos, fazendo com que espaços sem ocupação passassem a ser ocupados indevidamente;
- Falta de localização específica para muitas ferramentas, logo são deixadas no primeiro local vago;
- Ausência de caixotes de lixo nos postos;
- Necessidade de marcar o chão para não variar o local de trabalho;
- Falta de preocupação em deixar o local de trabalho limpo.

Alguns destes problemas encontrados podem ser observados nas figuras abaixo.



Figura 27 - Desarrumação de um carrinho



Figura 28 - Desorganização e obstrução do material de montagem

Depois de efectuado o levantamento dos problemas houve a necessidade de ser feita uma triagem de modo a perceber quais os que seriam de intervenção mais rápida e os que seriam de resolução mais demorada.

Os primeiros problemas a serem tratados foram aqueles que, devido às suas características tinham uma resolução mais acessível, sendo estes os relacionados com a limpeza e a arrumação das zonas de montagem.

Numa fase seguinte, o redimensionamento dos bordos de linha, carrinhos e mesas de trabalho foram alvo das modificações necessárias, assim como criação de localizações específicas para as ferramentas utilizadas.



Figura 29 - Carrinho redimensionado e com localizações específicas



Figura 30 - Bordo de linha redimensionado e com localizações específicas



Figura 31 - Material de montagem organizado

Por fim, foram implementadas padronizações das actividades existentes e sensibilização à disciplina, para que o trabalho tido não se torne inútil no futuro, voltando à situação inicial.

Conclui-se que a implementação da prática dos 5S proporcionou o aumento da eficiência no trabalho, a redução do desperdício, um aumento de segurança e a criação de disciplina para obter uma forma de trabalho uniforme e correcta.

6 Análise de resultados e conclusões

Este capítulo analisa os resultados obtidos na implementação da filosofia *Lean Management* ao sector de ventilação da Riox S.A. e relata as conclusões retiradas ao longo do projecto. Descreve também outras áreas que foram alvo de modificações no âmbito *Lean* e por fim são propostos eventuais trabalhos futuros.

6.1 Análise de resultados

6.1.1 Medição de produtividade

De modo a ser possível avaliar a produtividade da linha de montagem, acabada de ser implementada, foi criado um indicador de produtividade, como se pode ver na figura 32. Este indicador situa-se na própria linha de montagem, pois tem como objectivo ser preenchido e discutido diariamente pelos próprios operadores. Encontra-se dividido em colunas, representadas pelos doze meses e pelos dias do mês. Ao fim do mês a média diária é calculado e esse valor é assinalado na coluna do mês correspondente e assim sucessivamente. Sempre que se verifique um dia especialmente bom ou mau, são indicados no gráfico, sucintamente, factores que tenham tido impacto nesse resultado.

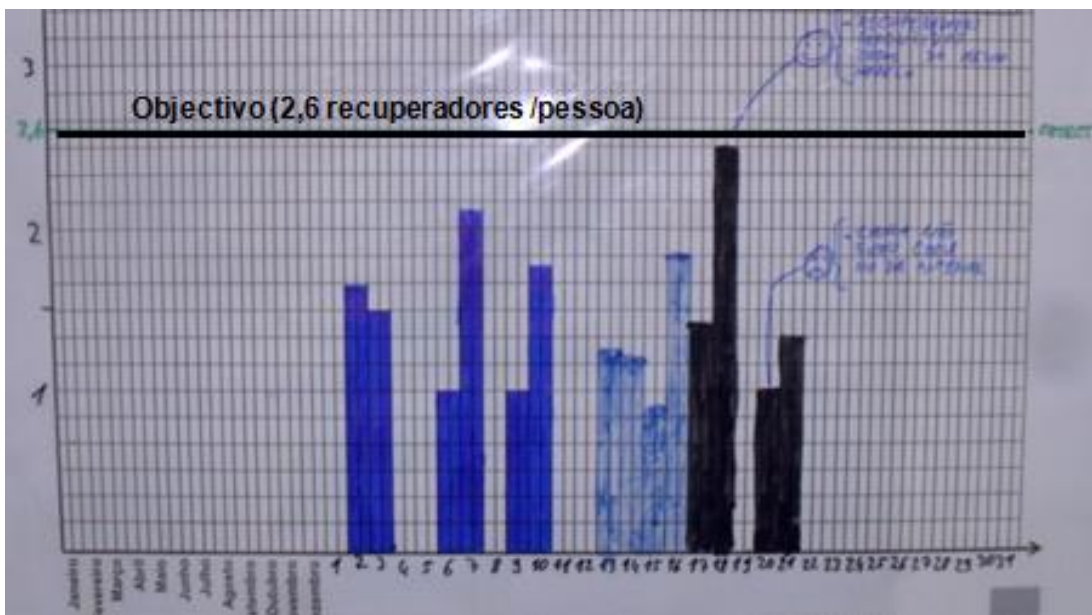


Figura 32 - Indicador de produtividade da linha de montagem

O resultado traduz-se no número de recuperadores produzidos por pessoa. Foi assinalada uma linha horizontal que representa o objectivo da produtividade, tendo em conta os valores para os quais a linha foi criada. O objectivo é de sessenta recuperadores por semana, logo é de doze por dia. Este número doze é substituído, com base no *mix* actual, por um número equivalente de 15,6, uma vez que todos os modelos foram convertidos para a sua quantidade equivalente, partindo do modelo mais simples como base, como se observa na tabela 3.

Daí divide-se 15,6 por seis e chega-se ao valor assinalado como objectivo de 2,6 recuperadores por dia.

Tabela 3 - Equivalência das quantidades dos vários modelos

LINHA		
MODELO	HORAS	QTD. EQUIVALENTE
T1/T2 C1 C/BP	3,27	1,2
T1/T2 C1 C/BP + REG.	3,40	1,2
T1/T2 C1 C/REG.	2,82	1,0
T1/T2 C1	2,70	1,0
T1/T2 C2 c/BP + BAT. ÁGUA	3,68	1,3
T1/T2 C2 c/BP + BAT. ELECT.	4,29	1,5
T1/T2 C2 BAT. ÁGUA	3,07	1,1
T1/T2 C2 BAT. ELECT.	3,85	1,4
T1/T2 C3BAT. ÁGUA	3,80	1,3
T1/T2 C3 BAT. ELECT.	4,47	1,6
T1/T2 C3 s/ BAT.	3,53	1,2
T3/T4 C1 c/BP	3,50	1,2
T3/T4 C1 c/BP + REG.	3,57	1,3
T3/T4 C1 c/REG.	2,97	1,1
T3/T4 C1	2,71	1,0
T3/T4 C2 c/BP + BAT. ÁGUA	3,78	1,3
T3/T4 C2 c/BP + BAT. ELECT.	4,80	1,7
T3/T4 C2 BAT. ÁGUA	3,06	1,1
T3/T4 C3 c/BAT. ÁGUA	3,84	1,4
T3/T4 C3 c/BAT. ELECT.	4,53	1,6
T3/T4 C3	3,59	1,3
T3/T4 BAT. ELECT.	4,05	1,4

Foi também criado um indicador de defeitos ocorridos por recuperador de calor (figura 33), formatado da mesma forma do indicador de produtividade em termos de periodicidade, para que se tenha uma noção da evolução destes e se conclua se a abordagem utilizando a Matriz de Auto-qualidade está a surtir efeito.

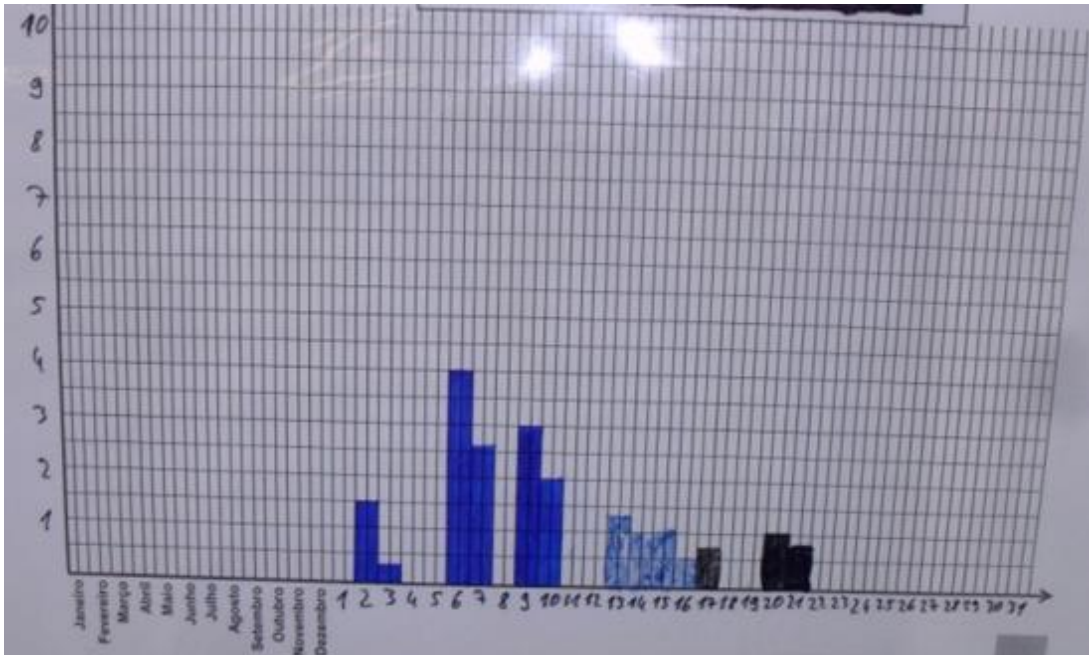


Figura 33 - Indicador de defeitos por recuperador de calor na linha de montagem

Como se pode observar, após um elevado número de problemas encontrados nos primeiros dias, os defeitos têm vindo a diminuir, cerca de 70%, do dia com mais defeitos aos dias actuais, o que demonstra eficácia por parte da abordagem tomada para a resolução destes.

6.1.2 O sector de montagem do Recuperador de Calor

Como foi abordado no capítulo da introdução, este sector sofria de falhas de entrega aos clientes, necessidade de recorrer constantemente a horas extra devido aos elevados tempos de ciclo praticados e às falhas constantes dos fornecedores internos. Outro grande problema muitas vezes descurado mas existente, era o descontentamento por parte dos colaboradores do sector. Estes consideravam que não era feito o suficiente, que não existiam condições de trabalho, e que não eram ouvidas as suas opiniões nas tomadas de decisão e nos melhoramentos dos seus locais de trabalho.

Com as implementações efectuadas e mudanças tomadas houve melhorias significativas e de momento em todos os recuperadores de calor horizontais do tamanho T1 ao T4, que representam 79% da produção da gama, houve um aumento de capacidade de produção e estabilidade das pessoas nos postos, garantindo sempre as entregas aos clientes, sem que se recorra a horas extra. O *mizusumashi* garante que não existam falhas no abastecimento dos bordos de linha, o que resulta numa produção contínua e sem paragens por falta de peças e componentes.

A quantificação de alguns resultados alcançados encontra-se resumida na tabela 4, onde se pode observar que as perspectivas que se tinham em mente foram parcialmente atingidas.

Tabela 4 - Resultados alcançados com a implementação da filosofia *Lean Management*

	Antes	Actual	Depois	Resultados (situação actual)
Qualidade	2,3 defeitos / recuperador	1 defeito / recuperador	Objectivo: 0 defeitos / recuperador	Aumento de qualidade = 130 %
Custo	Linha de montagem: 8 Recuperadores / dia 16 pessoas Área Ocupada 200 m ²	Linha de montagem: 8 Recuperadores / dia 7 pessoas Área Ocupada 88 m ²	Linha de montagem: 12 Recuperadores / dia 7 pessoas Área Ocupada 88m ²	Aumento de produtividade = 128 % Área liberta = 112 m ²
Entrega	Lead Time = 4,75 dias	Lead Time = 2 dias	A validar posteriormente	Redução do Lead Time = 58 %
Moral	Colaboradores insatisfeitos. Opiniões não eram ouvidas.	Melhor espírito de equipa e motivação para seguir a via da melhoria contínua.		

A produtividade foi consideravelmente aumentada, assim como a qualidade. O *Lead time* foi outro ponto muito importante em que se conseguiu uma redução drástica, estando a organização numa situação muito mais confortável em termos de resposta a encomendas. Estes resultados eram no entanto esperados visto que, dada a diminuição de desperdício e de *WIP*, a diferença entre a situação anterior e a actual seria significativa. Também no que diz respeito à área de implantação da zona de montagem os ganhos foram consideráveis. O objectivo final irá ser atingido pressupondo uma continuação de empenho e dedicação por parte de todos os colaboradores, não sendo ainda atingível por falta de habituação aos novos métodos e aprimoramento de alguns detalhes, o que apenas com o tempo irá ser alcançável.

Quanto à implementação da prática 5S, as acções de seleccionar, organizar, padronizar, limpar e disciplinar garantiram a prossecução do caminho correcto para a permanência do novo fluxo produtivo.

Concluindo, no sector de ventilação da Riox S.A., a implementação do *Lean Management*, foi um veículo que permitiu solucionar bastantes problemas existentes, eliminar paradigmas existentes, simplificar métodos e chegar a resultados de uma magnitude impressionante, ainda que parciais.

6.2 Balanço do projecto realizado

Ao implementar este projecto conseguiu-se através da utilização de ferramentas *lean*, a introdução de novos métodos de trabalho no processo de montagem, existindo agora um processo que caminha para a estabilidade com um planeamento organizado. Conseguiu-se também capacitar todos os envolvidos no sector para a necessidade de melhorar constantemente e de nunca ficar conformado com o presente.

Durante a fase de implementação no *gemba* foram surgindo variados obstáculos, como seria de esperar, pois trata-se da imposição de uma nova metodologia de trabalho. Apesar de muitos dos obstáculos encontrados serem de origem logística, como ter de se continuar a produzir enquanto se implementava uma nova linha e fazia a transacção do método antigo para o novo, outro grande e sempre presente obstáculo era a mentalidade dos colaboradores. Alguns deles, principalmente os de faixa etária mais baixa, estavam abertos a novas ideias, métodos e formas de trabalhar, mas os colaboradores que trabalharam uma vida inteira de uma certa forma e “à sua maneira” representavam o maior obstáculo, pois estavam sempre relutantes face a novas imposições de trabalho. A posição era derrotista logo à partida antes de o método ser implementado. Daí que uma das formas de combater a resistência à mudança era o de dialogar e ouvir as opiniões de todas as pessoas e implementar os vários métodos de trabalho sugeridos, fazendo com que o trabalho mais eficiente e eficaz fosse perfeitamente entendido por todos, tornando óbvio o caminho a tomar. Foram desfeitos paradigmas existentes e minimizadas as actividades sem valor acrescentado ao produto final.

Depois de a implementação estar numa fase mais avançada, efectuar periodicamente reuniões de “pontos de situação” foi também um passo importante, pois é essencial manter a ligação ao projecto por parte de todos os envolvidos, esclarecendo dúvidas, manter a equipa toda a par das modificações efectuadas, ouvir novas sugestões de melhoria e apresentar os resultados alcançados para que a motivação, empenho e dedicação não desvançam.

Além da aplicação dos conceitos *Lean* na linha de montagem dos recuperadores de calor, também a metalomecânica e a montagem da unidade de ventilação denominada XEVO foi, paralelamente, alvo de implementações similares para que a cadeia produtiva apresente um funcionamento integrado e harmonizado. Tanto as implementações na metalomecânica como na montagem do XEVO podem ser consultadas nos anexos A e B, respectivamente.

Os objectivos propostos foram conseguidos com sucesso e as zonas de montagem são hoje locais onde está presente a limpeza, arrumação, organização e disciplina.

A mudança, apesar de vista com alguma relutância e algo de desestabilizador, foi aceite e efectuada, trazendo benefícios para todos sob o efeito de várias formas. E é nessa mesma mudança de mentalidade e forma de pensar que assenta o caminho para a melhoria contínua.

6.3 Perspectivas de eventuais trabalhos futuros

Apesar da linha de montagem já se encontrar em funcionamento, ainda existe muito caminho para a melhoria e uniformização do trabalho, assim como:

- Continuação da criação dos *Standard Work*;
- Criação de auditorias periódicas aos *Standard Work*;
- Consolidação de um planeamento nivelado;
- Melhorar o funcionamento do supermercado, acrescentando componentes em falta;
- Introdução dos modelos restantes dos recuperadores de calor, os tamanhos T5 e T6 horizontais e a gama dos modelos verticais, na linha de montagem criada.

Desta forma fica assegurado que todo o sector de montagem se encontra otimizado na montagem de todos os produtos e que a linha de montagem esteja sob a alçada de um planeamento comum.

Deve também ser dada continuidade à utilização dos processos de resolução de problemas de qualidade, como a Matriz de Auto qualidade e aí serem também integrados os restantes modelos da gama dos recuperadores, a introduzir futuramente na linha de montagem.

Após estas tarefas serem concluídas, a organização terá então instaurado no sector um novo método de trabalho eficaz, eficiente, com vista à redução do desperdício e que tem uma visão em mente, a da melhoria contínua.

São projectos como este, que tornam as empresas mais fortes, competitivas e capazes de enfrentar novos desafios, destacando-se da concorrência.

Referências

Imai, Maasaki (1997), *Gemba Kaizen*, IMAM

Jacobs, F. Robert, Chase, Richard B. e Aquilano, Nicholas J. (2009), *Operations and Supply Management*, McGraw-Hill

Pinto, João Paulo (2008), *Introdução ao Lean Thinking*, último acesso: Abril de 2011, <http://www.leanthinkingcommunity.org>

Courtois, A., Pillet, M., e Martin, C. (1997), *Gestão da Produção*, LIDEL

Schonberger, Richard J. (1982), *Técnicas Industriais Japonesas*, Pioneira

Browne, Jimmie, Harhen, John e Shivnan, James (1999), *Production Management Systems*, Addison-Wesley

Heizer, Jay e Render, Barry (2006), *Operations Management*, Pearson Prentice-Hall

ANEXO A: Implementação do Lean Management no sector da metalomecânica

O presente anexo descreve de uma forma sucinta a aplicação da filosofia *Lean* ao sector da metalomecânica, principal fornecedor interno à linha de montagem. Foi um projecto que ocorreu paralelamente ao da linha de montagem.

Implementação no Gemba

Foram três as áreas da metalomecânica que foram alvo de mudanças significativas. São estas a área de fabricação das peças metálicas que constituem o interior do recuperador de calor, a área de fabricação dos painéis exteriores do recuperador de calor e por fim a área da montagem dos ventiladores.

Todas estas três áreas se encontram dispersas pela metalomecânica, estando os processos produtivos separados uns dos outros apesar de se destinarem à mesma peça. De maneira a eliminar deslocações desnecessárias, procurou-se aglomerar fisicamente os postos de trabalho dos diferentes processos produtivos comuns à mesma peça. O objectivo é que cada área esteja concentrada para que o desperdício seja eliminado, reduzindo a movimentação, o transporte e o WIP. Para que este objectivo fosse concretizável, foram implementadas células de montagem, uma para cada área distinta.

Célula das peças interiores

Originalmente (figura 34) o fluxo produtivo destas peças começava com o corte da chapa na máquina *laser*, uma das quinadeiras recebia as chapas cortadas numa palete e quinava-as. De seguida um empilhador ia buscar a palete com as peças já quinadas e levava-a à zona da soldadura, num dos extremos da metalomecânica, onde as peças necessárias eram soldadas por pontos.

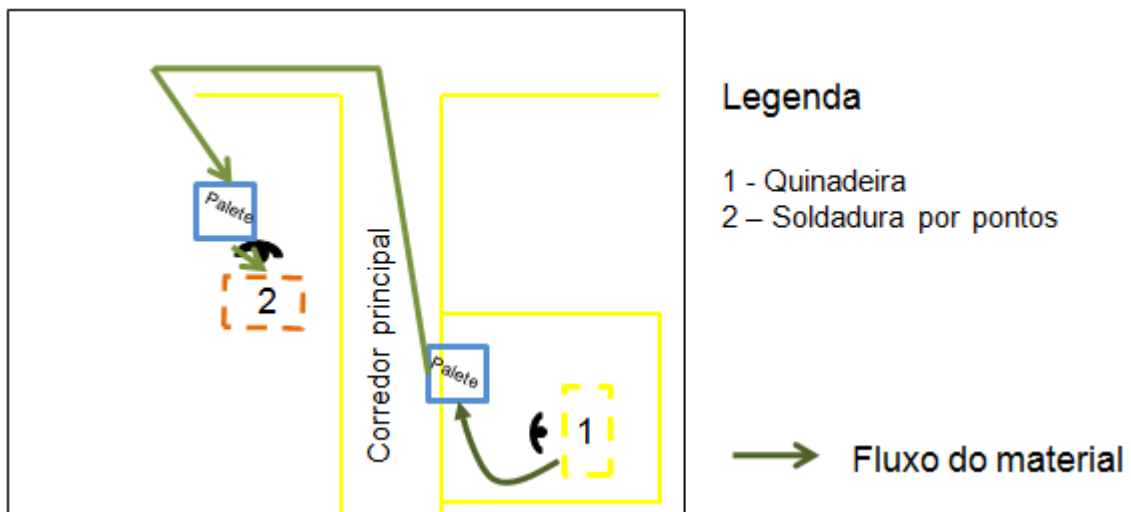


Figura 34 - Estado "antes" da produção das peças interiores

De maneira a reduzir o desperdício existente foi deslocada a máquina de soldadura por pontos para ao lado da quinadeira, de modo a que a movimentação e transporte fossem mínimos. Para otimizar o processo foi construído um carro que transportasse as peças da máquina *laser* para a zona da quinadeira e máquina de soldadura. Todas as peças retiradas desse carro, que

entretanto fica vazio, são quinadas e seguidamente as peças são soldadas e colocadas no carro vazio. Todo este processo é efectuado apenas por um operador, ao contrário dos dois que eram necessários pelo método anterior, como mostra a figura 35. Assim, o carro agora completo com as peças já quinadas e soldadas, é transportado pelo *mizusumashi*, sendo este carro, um dos três já mencionados no presente projecto.

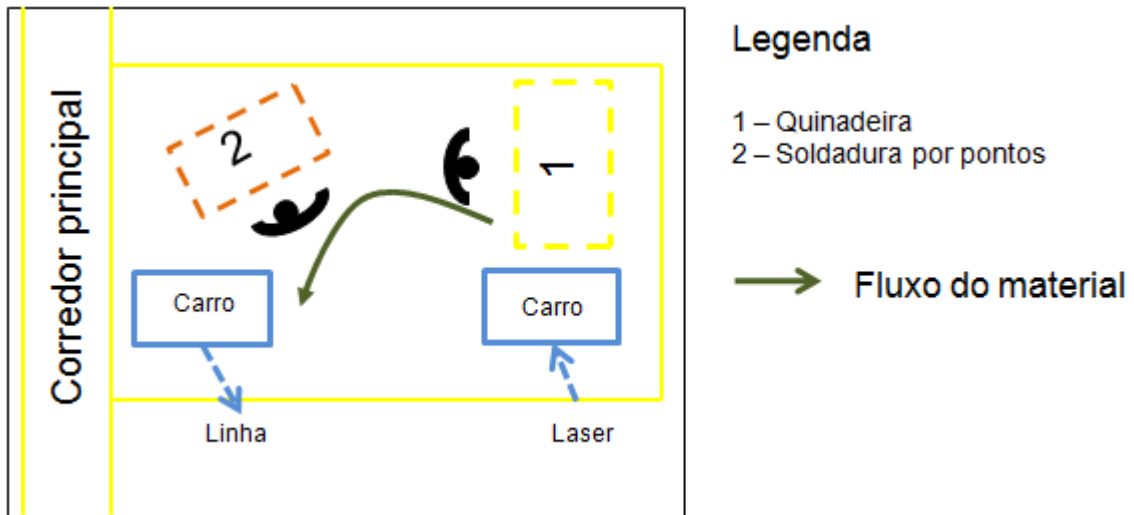


Figura 35 - Estado “depois” da produção das peças interiores

Na tabela abaixo podem ser observados os resultados alcançados com tal implementação, tendo alcançado uma relação impressionante de 300 % em termos de produtividade, conseguindo chegar a um valor de doze conjuntos diários de modo a estar em sincronia com os objectivos da linha de montagem, além do espaço ganho.

Tabela 5 - Resultados da célula das peças interiores

Resultados			
	Produção Diária	Nº Pessoas	Área Ocupada
ANTES	8	2	36 m ²
DEPOIS	12	1	20 m ²
Resultados	300 %		16 m²

Célula dos painéis

Na situação inicial (figura 36) o fluxo produtivo dos painéis começava com o corte da chapa na máquina *laser*, assim como as peças interiores, seguidamente uma das quinadeiras recebia as chapas cortadas numa palete, quinava-as e arrumava-as numa estante. De seguida outro

operador transportava os painéis quinados da estante para o seu posto, onde os preenchia com lã de rocha, isolamento usado nos recuperadores de calor, e os fechava.

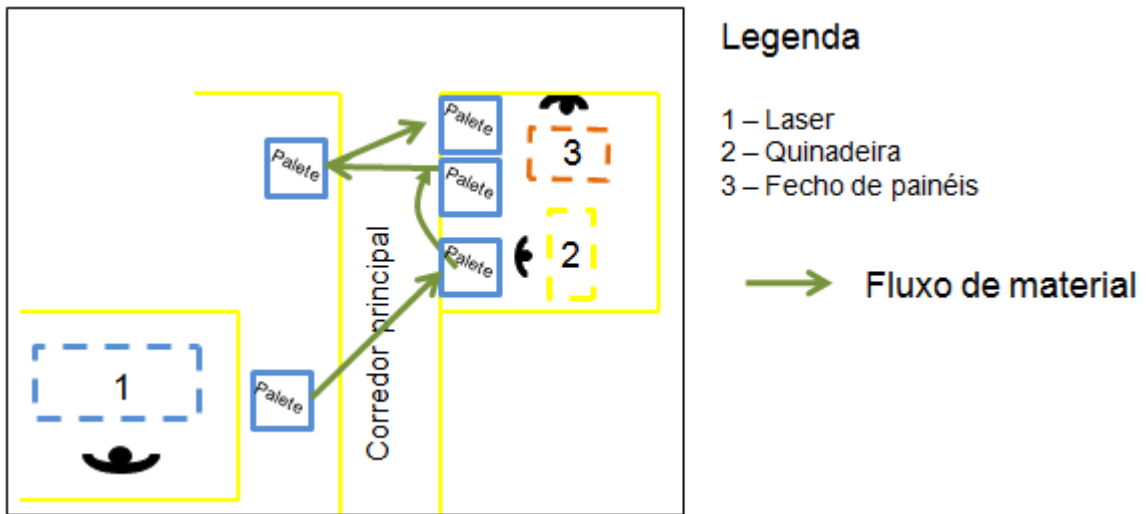


Figura 36 - Estado “antes” da produção dos painéis exteriores

De maneira a reduzir o desperdício e a exemplo do implementado na célula para as peças interiores, foi necessário efectuar alterações ao *layout* das máquinas. Foi deslocada a quinadeira e o posto de fecho dos painéis para ao lado da máquina *laser*, de modo a formar uma célula como anteriormente. Para tornar o transporte fácil foi construído um carro, o segundo que constitui o *mizusumashi*, para que transportasse as peças da máquina *laser* para a beira da quinadeira. Todas as peças retiradas desse carro são quinadas em forma de painéis e seguidamente preenchidos por lã de rocha e fechados. Todo este processo é efectuado apenas por dois operadores, um que opera a máquina laser e faz o fecho dos painéis e outro que procede às operações de quinagem, ao contrário dos três que eram necessários pelo método anterior, como é visível na figura 37. Assim, o carro agora completo com as peças já quinadas e soldadas, é transportado pelo *mizusumashi* para a linha de montagem.

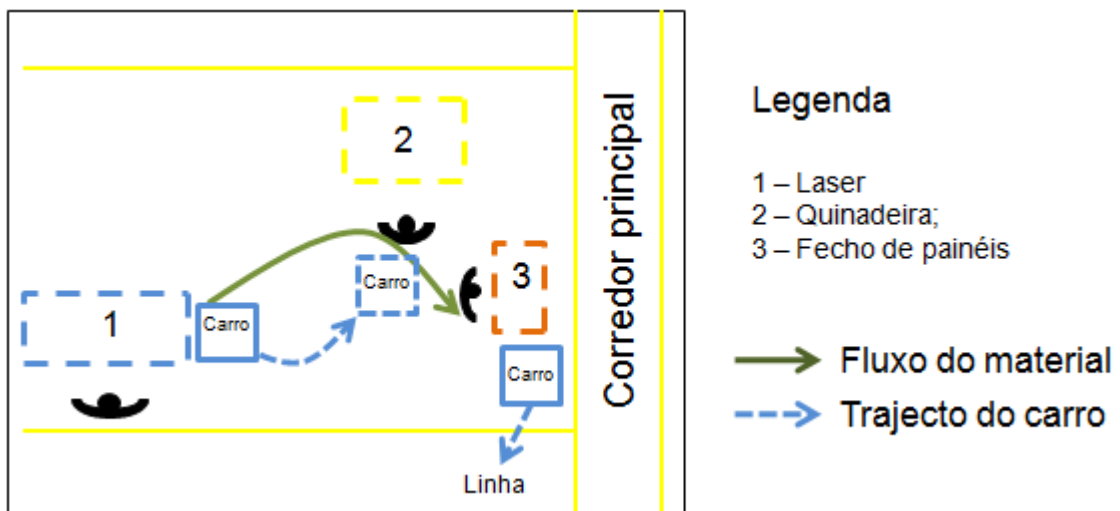


Figura 37 - Estado “depois” da produção dos painéis exteriores

Os resultados conseguidos (tabela 6) voltaram a demonstrar um aumento na produtividade, conseguindo alcançar também os doze conjuntos como era necessário e um aproveitamento de área da unidade fabril.

Tabela 6 - Resultados alcançados na célula dos painéis exteriores

Resultados			
	Produção Diária	Nº Pessoas	Área Ocupada
ANTES	8	3	120 m ²
DEPOIS	12	2	100 m ²
Resultados	225 %		20 m ²

Célula dos ventiladores

A célula dos ventiladores foi a última a ser implementada no sector da metalomecânica.

Como acontecia nos outros dois processos produtivos cada estação de trabalho estava longe uma da outra e envolvia demasiados operadores. O processo inicial (figura 38) era comum ao dos painéis exteriores até eles serem fechados e a partir daí um empilhador teria de ir ao local do fecho dos painéis buscar os painéis específicos dos ventiladores que estavam no meio dos outros painéis numa palete. Ao chegar à zona de montagem dos ventiladores, estes eram montados e soldados e terminava aí o processo ao passar de novo para uma paleta, estando estes já montados. Este processo envolvia quatro operadores, um do corte da chapa, outro da quinadeira, outro do fecho e finalmente outro da montagem dos ventiladores.

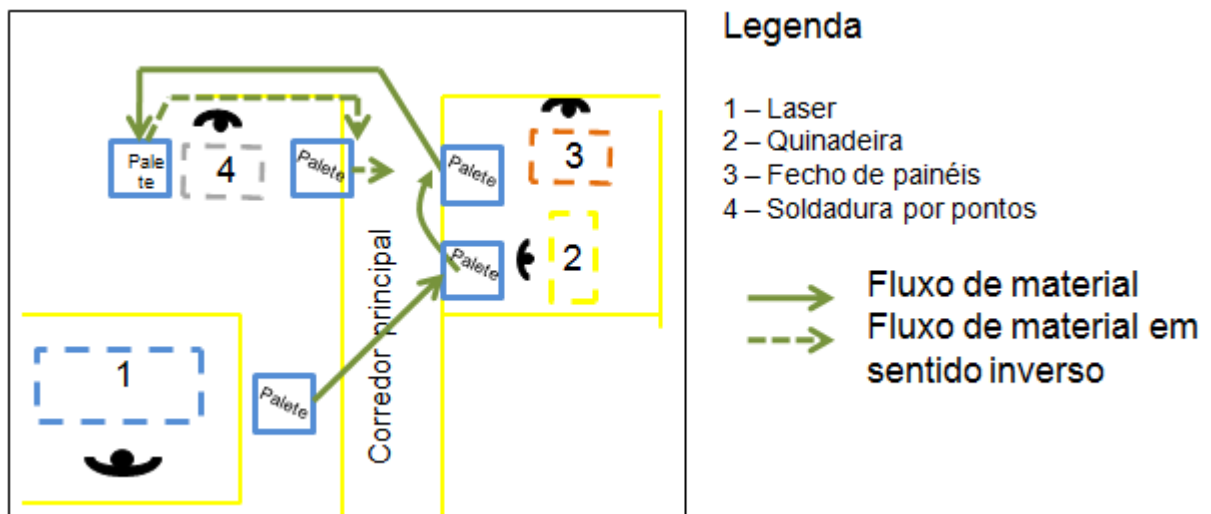


Figura 38 - Estado “antes” da montagem dos ventiladores

Como forma de contornar o problema comum deste sector, procedeu-se de novo a uma reestruturação do *layout*, aproveitando a criação da célula dos painéis exteriores. No fim do fecho, os painéis correspondentes são colocados num carro específico que é transportado para a zona de montagem dos ventiladores, onde estes são montados e soldados em cima do próprio carro de transporte, evitando assim deslocações e manuseamento desnecessários e que não acrescentam valor à cadeia produtiva. Depois de montados, são recolhidos também pelo *mizusumashi*, no terceiro carro constituinte do conjunto de três. A figura 39 ilustra a mudança efectuada nesta célula que, de quatro operadores, passou a necessitar apenas de três.

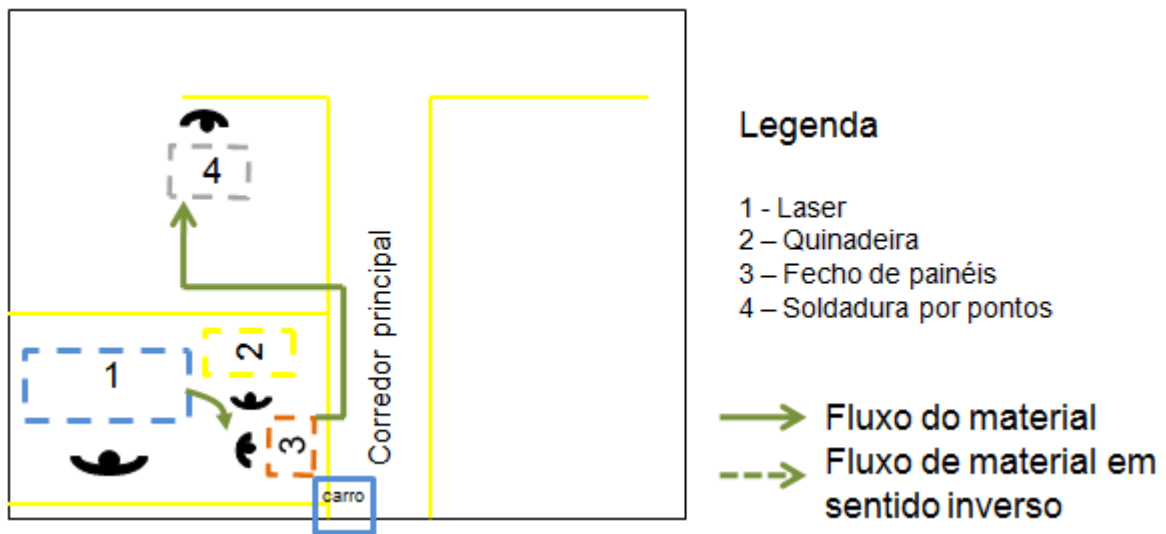


Figura 39 - Estado “depois” da montagem dos ventiladores

Mais uma vez os resultados alcançados foram de encontro ao objectivo, sincronizando a produção das várias células da metalomecânica com a montagem na linha de 12 recuperadores de calor por dia (tabela 7). A área utilizada como era de esperar diminuiu também, desta vez para metade.

Tabela 7 - Resultados alcançados na célula de montagem dos ventiladores

Resultados			
	Produção Diária	Nº Pessoas	Área Ocupada
ANTES	8	4	40 m ²
DEPOIS	12	3	20 m ²
Resultados	200 %		20 m ²

Como trabalho futuro fica por criar um planeamento sincronizado entre a máquina *laser* e a linha de montagem para que um sistema *pull* funcione entre os dois sectores, assumindo a linha de montagem a posição de cliente.

ANEXO B: Implementação do Lean Management na montagem do XEVO

O presente anexo descreve a aplicação do *Lean* a uma outra unidade de ventilação também montada no mesmo sector do recuperador de calor, denominada XEVO. Foi também implementado em paralelo com o projecto da linha de montagem.

O produto

O produto em questão chama-se XEVO, é de construção idêntica ao do recuperador de calor e exerce a mesma função, a de fazer recuperação de energia ao renovar o ar dentro de edifícios. Tem como aplicação alvo o sector da habitação, devido ao seu pequeno dimensionamento e débito de caudal bastante inferior ao recuperador de calor convencional. A sua gama é composta por dois modelos diferentes, o XEVO 60 (figura 40) e XEVO 90 (figura 41), residindo a sua diferença no facto do primeiro incorporar uma permutador ar-ar de fluxos cruzados e o segundo um permutador ar-ar de contra-fluxo.



Figura 40 - Recuperador de calor "XEVO 60"



Figura 41 - Recuperador de calor "XEVO 90"

Apresentação do problema

A alteração do método de montagem deste produto era imperativa, pois como noutras áreas, o desperdício existente era visível e os tempos de montagem eram extremamente longos dado que existia falta de meios de abastecimento, assim como de ferramentas adequadas para um correcto trabalho e que não conduzisse a interrupções constantes, o que não era o caso. Não existia um planeamento para a sua montagem e esta era efectuada sem data definida e de forma irregular. Apenas se produzia quando existiam encomendas. Isto porque as encomendas apresentavam uma oscilação acentuada tanto num modelo como no outro, como se pode observar nos gráficos 42 e 43⁴.

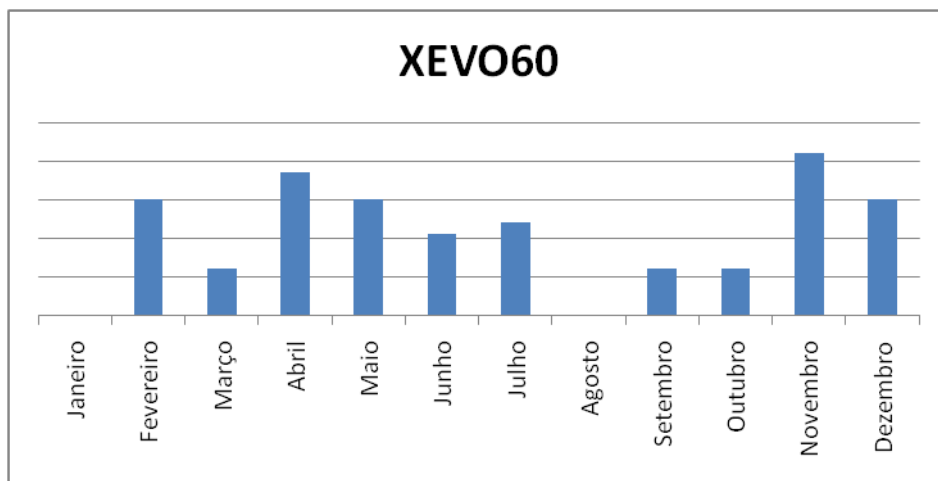


Figura 42 - Encomendas mensais do XEVO 60

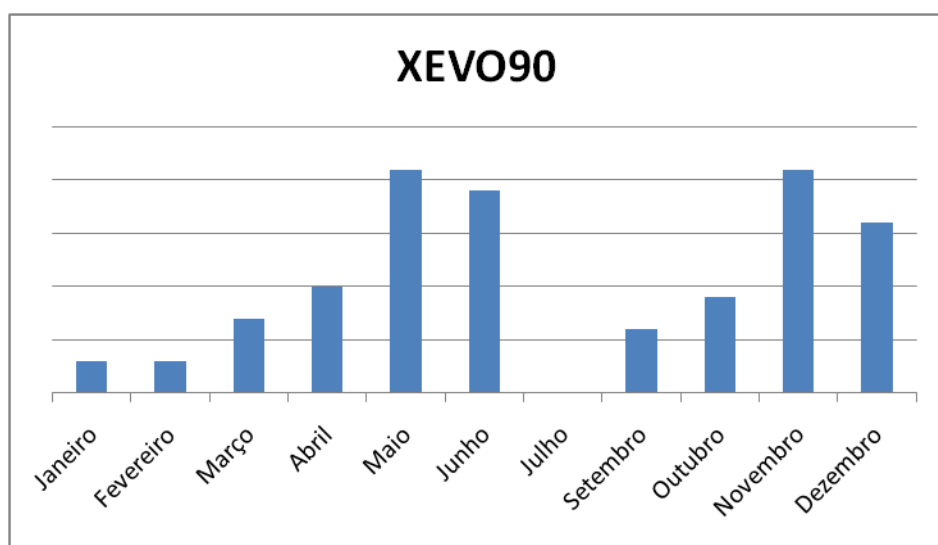


Figura 43 - Encomendas mensais do XEVO 90

⁴ Quantidades omitidas propositadamente

Implementação no Gemba

Na figura 44 podemos ver o *layout* em que se encontrava a montagem do XEVO 60 e 90. Quando era efectuada uma encomenda, três operadores montavam numa banca comum o produto completo, tendo que se deslocar a meio da montagem a outro local para fazer o teste de funcionamento eléctrico e voltar de novo à banca de montagem. Depois, no fim da montagem, deslocavam-se de novo à zona do teste de funcionamento onde era também efectuada a embalagem final do produto.

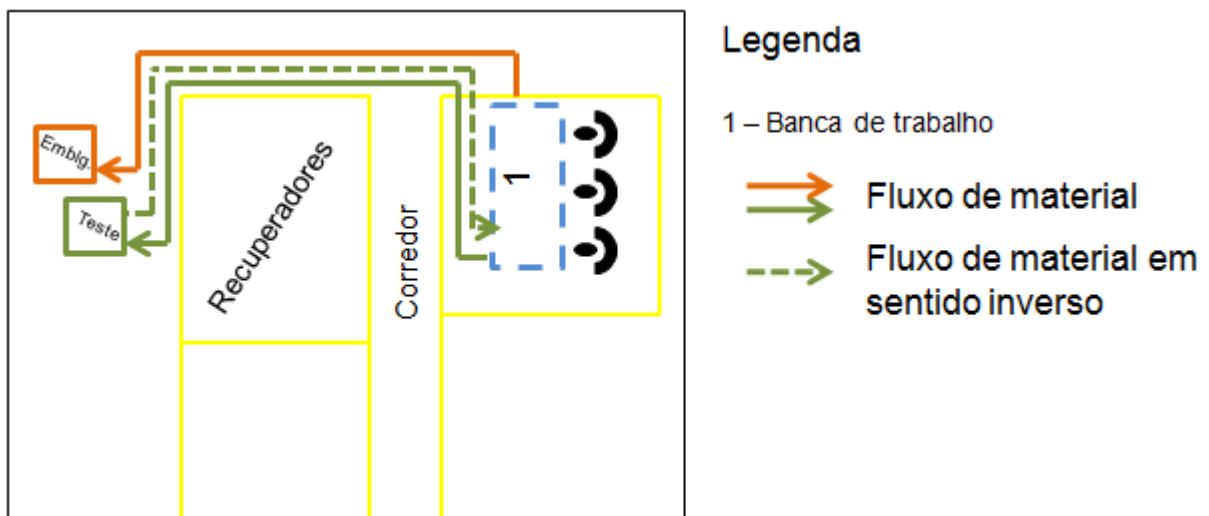


Figura 44 - Situação “antes” da unidade de ventilação XEVO

Como resolução, o *layout* foi totalmente alterado (figura 45), sendo a montagem deslocada para uma zona, agora desimpedida devido à área ganha com a implementação do projecto da linha de montagem. Neste novo local foi construída uma célula com uma banca dimensionada para as dimensões do XEVO. Foram também construídos um bordo de linha e um carrinho com o material e ferramentas necessárias para a sua construção. A máquina do teste de funcionamento foi também deslocada para esta nova célula. Como se constata passou-se a ter uma movimentação praticamente inexistente. Em vez de três operadores, agora apenas um era necessário à sua montagem, pois foi criado um planeamento de quantidades: um XEVO 60 e dois XEVO 90 de produção diária. Deste modo existia um nivelamento da produção, conseguindo com esta capacidade produtiva responder a todas as encomendas. O único problema encontrado nesta solução é a acumulação de algum *stock* de produto acabado, mas visto ser um produto de uma dimensão relativamente pequena, é preferível do que ter uma produção totalmente desnivelada e que representava bastante desperdício.

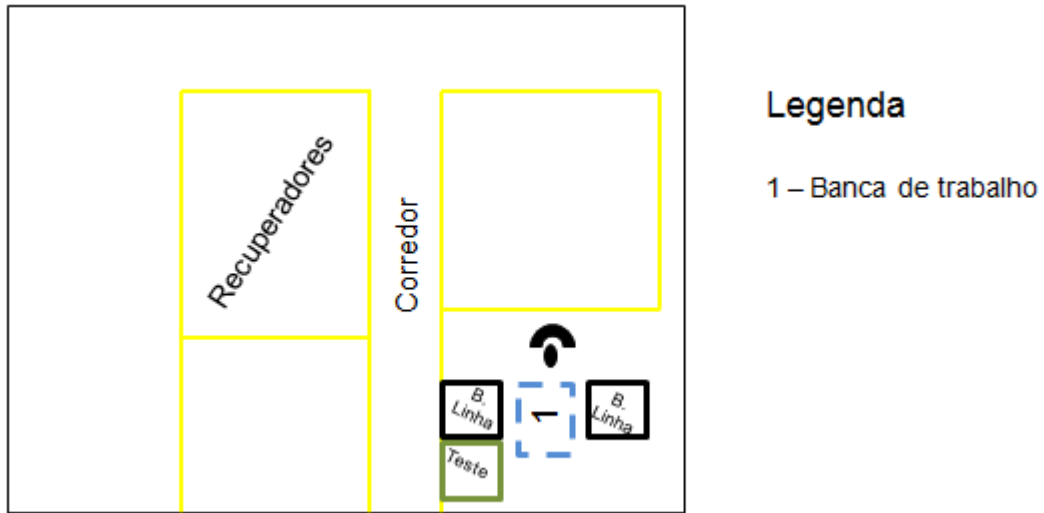


Figura 45 - Situação “depois” da unidade de ventilação XEVO

Resumindo, além de uma montagem mais estabilizada e a existência de um planeamento, conseguiu-se uma redução de dois operadores necessários à sua montagem e também um ganho em termos de área ocupada (tabela 8). Em relação ao *Lead time* e tempo de ciclo, por motivos de tempo, ainda não foi possível retirar conclusões.

Tabela 8 - Resultados alcançados na célula de montagem do XEVO

Resultados			
	Produção Diária	Nº Pessoas	Área Ocupada
ANTES	1,5	3	19 m ²
DEPOIS	1,5	1	15 m ²
Resultados	300 %		4 m²

Trabalhos futuros

Como trabalhos a efectuar a curto prazo, falta ainda estabelecer um meio eficaz de abastecimento ao bordo de linha, para que não seja o próprio operador a interromper a montagem para o fazer e também a passagem da máquina da embalagem para a célula, de modo a que a movimentação seja praticamente nula, reduzindo assim o tempo de ciclo.

ANEXO C: Standard Work

O presente anexo apresenta dois *Standard Work*. Um destinada a um modelo que apenas percorre quatro posto (posto um, dois, cinco e seis) e outro destinado a um modelo que percorre todos os seis postos.

Como se pode ver nas figuras 46 e 47, os *Standard Work* foram criados, como abordagem inicial, como documentos bastante simplificados. Cada posto contém na primeira coluna as respectivas tarefas a executar e na segunda coluna os tempos medidos sem desperdício. No fundo dessa mesma coluna entra-se o somatório dos tempos de todas as tarefas. Alguns destes valores ultrapassam, nos postos um, dois, cinco e seis, os quarenta minutos definidos como *takt time*, mas visto que ainda existem bastantes tarefas a otimizar, a médio prazo os tempos irão decrescer e satisfazer o limite imposto pelo *takt time*. Este factor é algo que não é muito preocupante, pois o *takt time* de quarenta minutos foi calculado com base no valor sazonal máximo, o que permite obter uma folga de segurança. Em relação aos postos três e quatro, não existe esse problema, pois o planeamento permite um *takt time* de sessenta minutos, como descrito no presente projecto.

T1/T2 C1

Posto 1		Posto 2		Posto 5		Posto 6	
Armar carro	5	Pôr parafusos no intercalar	4,24	Encostar p. tapados + intercalares	4,6	Colocar tampas todas excepto fundo	4,7
Furar e rebitar perfil	3	Pôr fita miolo	2,83	Pôr passa-cabos nos buçins dos intercalares	4	Entubar fios	2,3
Montar estrutura	6	Pôr silicone	7,5	Furação + colocação fechos porta-visita	2,63	Pôr silicone + cinta nas golas + tirar plástico	6
Pôr fita estrutura	10	Pôr silicone + fixar painel fundo	3,9	Passar cabos para o exterior	3	Ligações quadro principal	11
Fixar BP/base	0,83	Colocar tampas painel fundo	1,33	Fazer cabelagem para ventiladores + colocar cabos nos ventiladores	19,42	Teste de funcionamento	1
Fixar Porta-filtros	2,84	Colocar silicone dreno	0,45	Fixar quadro	2,33	Colocar etiquetas elect.	0,33
Fixar paineis separadores	4,9	Fixar painéis sep. à chapa fundo	1,5	Fixar chapas suporte tubos	0,58	Controlo de qualidade + teste de conformidade	3,67
Colocar dreno	1,5	Preparar intercalar	1,83	Dividir folgas	2	Tapar quadros + apertar fechos	3
Medição + fixação tab. Condensado + G. permutador	2,92	Colocação + fixação p. frontais + intercalares	7	Fixar e rebitar int. aos porta-filtros	0,85	Passagem para palete	10
Medição para centrar by-pass/base	3,97	Encostar + fixar painéis traseiros	1,8				
Fixar + colocar fita porta by-pass	1,95	Pôr silicone no tecto	1				
Fixar paineis de alojamento/triângulos	1	Encostar + aparafusa painel tecto	2,5				
Testar permutador	1,25	Preparar permutador + filtros	4				
Cortar perfil com tesoura	0,62	Colocar permutador + filtros	2				
Limar corte perfil	2,8	Pôr fio terra	1,17				
	48,58		43,05		39,41		42

Figura 46 - Standard Work de um modelo que percorre quatro postos

T1/T2 C2 c/BP + BAT. ELECT.

Posto 1		Posto 2		Posto 3		Posto 4	
Armar carro	5	Furar + pôr passa-cabos	3	Montar servomotor + teste de funcionamento	14,83	Ligações bateria elect. no quadro principal	6
Furar e rebitar perfil	3	Pôr parafusos no intercalar	4,24	Montagem da bateria no gabari	1,7	Ligações quadro bateria	13,8
Montar estrutura	6	Pôr fita miolo	2,83	Encostar + fixar painéis traseiros	1,8	Teste de funcionamento bateria elect.	4,5
Pôr fita estrutura	10	Pôr silicone	7,5	Colocar sonda anti-gelo	1,18	Preparar permutador + filtros	4
Fixar BP/base	0,83	Pôr silicone + fixar painel fundo	3,9	Colocar 3 sondas restantes	4	Colocar permutador + filtros	2
Fixar Porta-filtros	2,84	Colocar tampas painel fundo	1,33	Encostar p. tapados + intercalares	4,6	Pôr fio terra	1,17
Fixar painéis separadores	4,9	Colocar silicone dreno	0,45	Pôr passa-cabos nos bucins dos intercalares	4	Fixar calhas da bateria elect./água	4
Colocar dreno	1,5	Fixar painéis sep. à chapa fundo	1,5	Passar cabos bat. Elect. Para exterior	2		
Medição + fixação tab. Condensado + G. permutador	2,92	Preparar intercalar	1,83	Electrificação da bateria	4,65		
Medição para centrar by-pass/base	3,97	Colocação + fixação p. frontais + intercalares	7	Ensaio Bateria elect.	2,08		
Fixar painéis de alojamento/triângulos	1	Pôr silicone no tecto	1	Colocar cabo pressostato	4		
Testar permutador	1,25	Encostar + aparafusa painel tecto	2,5	Furação + colocação da toma	0,93		
Cortar perfil com tesoura	0,62	Fixar + colocar fita porta by-pass	1,95	Entubar fios bateria elect. até aos quadros	6,83		
Limar corte perfil	2,8		39,03		52,6		35,47
Posto 5		Posto 6					
Prender cabo servomotor	0,62	Fixar quadros + pressostato	3,72				
Aumento cabo servomotor + fita espiral	3,7	Fixar chapas suporte tubos	0,58				
Furação + colocação fechos porta-visita	2,63	Ligações quadro principal	20				
Passar cabos para o exterior	3	Ligações BP no quadro principal	0,8				
Fazer cabeleagem para ventiladores + colocar cabos nos ventiladores	19,42	Teste de funcionamento	1				
Colocar tampas todas excepto fundo	6	Teste de funcionamento BP	1,67				
Dividir folgas	2	Colocar etiquetas elect.	0,33				
Fixar e rebitar int. aos porta-filtros	0,85	Controlo de qualidade + teste de conformidade	3,67				
Entubar fios	2,3	Tapar quadros + apertar fechos	3				
Pôr silicone + cinta nas golas + tirar plástico	6	Passagem para palete	10				
			46,52				44,77

Figura 47 - Standard Work de um modelo que percorre todos os postos

ANEXO D: Documento utilizado na Matriz de Auto qualidade

O presente anexo apresenta o documento⁵ utilizado para preenchimento de problemas e defeitos existentes.

⁵ Documento impresso em folha vermelha



Indústrias Metaloeletricas S.A

MODELO:

PRODUTO/ OPERAÇÃO:

REFERÊNCIA:

Origem:

DESCRIÇÃO DO DEFEITO

Detectado (posto e nome):

Data: ___/___/___

CAUSA PROVAVEL :

Data

Assinaturas

TRATAMENTO DA OCORRÊNCIA (Verificação da causa, registo do tratamento, e acompanhamento)

Data e nome do responsável pelo desenvolvimento