



Balanceamento de uma Linha de Montagem na Adira S.A.

Luísa Helena Santos Vieira

Projecto de Dissertação

Orientador na FEUP: Prof. José Fernando Oliveira

Orientador na Adira S.A.: Engenheiro Rui Neto



Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão

Julho de 2009

“A obra da escola é a mais difícil, mas a que dá mais fruto porque dela depende o comportamento de toda a vida”

St^a Maddalena de Cannosa

Resumo

A presente tese incide sobre o estudo de necessidade de balanceamento da linha de montagem de Quinadoras e implementação de *standard Work* (SW) dos postos de trabalho tendo como objectivo principal o aumento da produtividade da linha em pelo menos trinta por cento. Para que tal objectivo fosse atingido, foi aplicada fundamentalmente a filosofia *Lean Manufacturing* com foco na metodologia 5S's. Com esta visão pretende-se a eliminação de desperdícios e sua transformação em tarefas de valor acrescentado.

O estudo iniciou-se com a descrição e conhecimento do processo da linha de montagem, baseado na sequência de montagem e tempos de execução, bem como na descrição de ferramentas utilizadas e tarefas alocadas por operário. Estes parâmetros possibilitaram a criação de um modo operatório que serviu como base de aplicação de *standard work*.

A aplicação da SW permitiu que a execução do trabalho nos postos se restringisse a tarefas indicadas no modo operatório, permitindo a identificação e eliminação de operações desnecessárias e conseqüente diminuição do tempo de processamento da máquina.

Através da observação de processos e tempos reais de laboração foi possível detectar elevadas discrepâncias entre os tempos dos operários revelando falhas no processo de montagem. A resistência dos operários à realização de filmagens de métodos de trabalho e preenchimento do modo operatório diminuiu a rapidez de percepção entre desperdícios e tarefas de valor acrescentado, bem como a precisão dos dados recolhidos.

Após a implementação de melhorias de algumas soluções propostas, nomeadamente a criação do bordo de linha, a redução de tarefas de produção dos novos produtos, e a aplicação da metodologia 5S's conduziram a redução do *lead-time*, conseqüentemente a linha foi balanceada de modo a ajustar a capacidade e os recursos a necessidade dos clientes.

O balanceamento, tema principal do trabalho, permitiu equilibrar a carga horária entre os operários e ajustar o trabalho nos postos. Além disso contribuiu para a optimização do processo e para o aumento da eficiência da linha.

De um modo geral, apesar das dificuldades encontradas e das soluções não implementadas na totalidade, o resultado da linha balanceada foi bastante satisfatório, atingindo um valor equivalente a noventa e oito por cento da eficiência e trinta e dois por cento no aumento da produtividade. Dada a continuidade do projecto prevê-se a satisfação total da linha balanceada e um aumento em mais de trinta e cinco por cento da produtividade.

Palavra-chave: Balanceamento, *standard work*, *lead time*, *takt-time*, *lean manufacturing* e tempo de ciclo.

Assembly Line Balancing

Abstract

This thesis deals with a line balancing problem, applied to press brakes and with the implementation of a standard work (SW) approach to the workstations, having as main objective the increase in the line productivity in at least thirty per cent. With that purpose a Lean Manufacturing strategy was applied, based on the 5S methodology. The goal is the eliminate waste by transforming those activities in added value tasks.

The first step has been the study and description of the production line process, based on the manufacturing sequence and execution times, as well as the description of the tools and tasks assigned to each worker. These parameters allowed the establishment of a list of operations that has been the base of the standard work methodology application.

Applying SW had as consequence that the work in each station was limited to tasks belonging the list of operations, identifying and eliminating all operations not needed and decreasing the processing time in each station.

By observing the real processes and operation times, it was possible to detect big differences between the several workers and to detect errors in the mounting process. However, the workers' opposition to the video-tapping of their work led to less accurate information on the several tasks, as well as a longer period to safely establish the waste activities in each station.

After the implementation of several changes, namely the production line border supply and the 5S methodology, the lead-time suffered a significant reduction. A line balancing activity was run, so that capacities were adjusted to the customer's demand.

Line balancing, the main focus of this work, has allowed for a new equilibrium between the working loads of each worker, both in terms of workload and time. As a direct consequence, the overall efficiency of the line was improved.

In general, despite the difficulties found during the project and the proposed solutions not having been completely applied, the practical result of the line balancing process was quite satisfactory, with a value of ninety eight per cent of efficiency and a raise of thirty per cent of productivity. In the follow-up of this project, a one hundred per cent balanced line is expected, with a overall productivity increase of thirty five per cent.

Key words: balance, standard work, lead time, tact time, lean manufacturing, cycles time

Agradecimentos

Agradeço a todas as pessoas do grupo Adira pelo apoio prestado na realização desse projecto, em especial o Eng. Rui Neto, Sr. Luís e Sr. David. Não poderei deixar de mencionar o Sr. Orlando pela sua paciência infinita e pela partilha de conhecimentos durante esse período.

Gostaria também de agradecer o professor José Fernando Oliveira pelo contributo e disponibilidade demonstrado ao longo desse projecto.

Índice de Conteúdos

Resumo	iii
Abstract	iv
Agradecimentos	v
Índices.....	ix
A Empresa.....	1
1.1. A Adira S.A.....	1
1.2. Apresentação do projecto	3
1.3. Estudo e Desenvolvimento.....	3
1.4. Temas Abordados e sua Organização no Presente Relatório	4
2. Fundamentos Teóricos.....	5
2.1. Sistema Toyota da produção	5
2.2. Desperdícios (Muda).....	5
2.3. Metodologia 5S´s	6
2.4. Balanceamento de uma linha.....	8
2.5. Linha de montagem	9
2.6. Abastecimento	11
2.7. Standard Work	12
3. Solução Proposta	13
3.1. Breve Introdução.....	13
3.2. Apresentação da solução.....	20
3.3. Organização dos postos.....	22
3.4. Normalização do abastecimento	23
4. Trabalho Desenvolvido.....	24
4.1. “Standard Work”	24
4.2. Organização do posto de trabalho	30
4.3. Normalização do abastecimento	33
4.4. Melhorias conseguidas.....	35
4.5. Balanceamento da linha de Quinadora	36
4.6. Balanceamento do tempo de processamento entre os agrupamentos da linha de quinadora	39
4.7. Balanceamento do tempo de montagem através da afectação das tarefas por postos	40
4.8. “Mura Station”	43
4.9. <i>Layout</i> da linha após balanceamento.....	44
4.10. 2ª Configuração.....	45
4.11. Cálculo de eficiência (E) e de produtividade (P) da linha balanceada	47
5. Conclusões e Perspectivas de Trabalho Futuro	48
6. Bibliografia.....	50
7. Anexos.....	51

Índice de figuras

Figura 1 - Quinadora electro-hidráulica para médios comprimentos [In http://www.adira.pt/]	1
Figura 2 – Guilhotina [In http://www.adira.pt/]	2
Figura 3 - Presença da Adira no mundo [in http://www.adira.pt/]	2
Figura 4 – Pavilhão de montagem	13
Figura 5 - Linha de montagem de quinadoras e guilhotinas	13
Figura 6 – Posto de trabalho da linha de montagem de Quinadora.....	14
Figura 7 - Processo de montagem da linha de quinadora	14
Figura 8 – Processo pretendido futuramente	15
Figura 9 – Razões para balancear uma linha	16
Figura 10 - Consequências de uma linha não balanceada	16
Figura 11 – Benefícios de uma linha balanceada	17
Figura 12 – exemplo de uma linha balanceada	17
Figura 13 – Modo operatório.....	25
Figura 14 – Tarefas de valor acrescentado (Apertar, furar, montar).	26
Figura 15 – Marcação e furacão na guarda posterior devido ao erro do fornecedor para cravar fêmeas.....	26
Figura 16 – Rasgo na porta lateral direita para o micro.	26
Figura 17 – Marcação, Correção de furos e redução de tamanho nas guardas laterais e posteriores.....	26
Figura 18 – Figura: Alargamentos do furo de modo a que as peças se ajustem.....	27
Figura 19 - Figura: Aumento do diâmetro dos furos devido ao erro de medição.....	27
Figura 20 – Figura: Transporte de material de um posto de pré-montagem para o posto de montagem	27
Figura 21 – Deslocamentos desnecessários dos operários no pavilhão de montagem (diagrama de <i>Spaghetti</i>).....	28
Figura 22 – Preparação do material no posto de trabalho	28
Figura 23 – Subidas e descidas sucessivas para mudanças de ferramentas.....	29
Figura 24 – Deslocamentos necessários dos operários dentro do posto.....	29
Figura 25 – Utensílio de baixa utilidade.....	30
Figura 26 – Marcação do posto de trabalho diferenciando as ferramentas fixas dos móveis.....	31
Figura 27- Limpeza e arrumação dos postos	31
Figura 28 – Situação inicial e final do posto de trabalho	31

Figura 29- Posto de trabalho após a implementação dos 5S's	32
Figura 30 – Identificação das equipas no posto de trabalho.....	32
Figura 31 – Trajecto do bordo de linha do <i>mizusumashi</i>	34
Figura 32- Implementação do bordo de linha implementado.....	35
Figura 33 - Sequência de montagem da Quinadora.....	36
Figura 34 – <i>Layout</i> da linha de montagem de quinadora com trabalho em paralelo.....	45
Figura 35 – <i>Layout</i> da linha de montagem da quinadora com desfasamento de um dia entre as linhas	45
Figura 36- <i>Layout</i> da linha de montagem numa única linha	46

Índice de anexos

Anexo A.	Balanceamento da linha através da atribuição das tarefas por posto	51
Anexo B.	Gestão visual	54
Anexo C.	Modo operatório.....	55
Anexo D.	Ficha de identificação da máquina	57
Anexo E.	Ficha de inspeção da Quinadora	58
Anexo F.	Ordem de venda	59
Anexo G.	Ficha de anomalias e faltas	60
Anexo H.	Normas de utilização de bordo de linha	61
Anexo I.	Prateleira do bordo de linha de material de fixação e aperto.....	62

A Empresa

O presente relatório foi desenvolvido na Adira, S.A. cuja área de negócios centra na concepção, produção e comercialização de máquinas ferramentas.

1.1. A Adira S.A.

A Adira S.A. foi fundada em 1956 por António Dias Ramos, dedicando-se a produção de máquinas ferramentas para tratamento de chapa metálica.

A Adira começou por comercializar tornos, plainas, fresadoras e limadoras sendo que anos mais tarde deu início a produção de máquinas ferramentas de modo a diferenciar dos concorrentes no mercado onde actuava.

Em 1961, o grupo Adira deu início a produção da primeira guilhotina mecânica. Ainda na mesma década, ano de 1964, produziu a sua primeira quinadora ascendente tipo QH, sendo a primeira empresa portuguesa a produzir máquina ferramenta com accionamento hidráulico. Quatro anos mais tarde, após o fabrico da primeira quinadora, produziu a primeira guilhotina hidráulico de ângulo variável, e em 1969 as quinadoras descendentes com sincronismo electro-hidráulico, as QIH.

Actualmente, a Adira oferece produtos de duas grandes categorias que são as máquinas de corte da chapa (laser e guilhotinas hidráulicas) e as máquinas de deformação da chapa (quinadoras hidráulicas e células robotizadas de quinagem).

As quinadoras e as guilhotinas são agrupadas em máquinas *STANDARDS* e *ESPECIAIS*. As máquinas Standards, são produzidas em grande série de modo a atender a procura dos clientes, enquanto as máquinas designadas especiais são máquinas personalizadas, pois a dimensão e as características exigidas pelos clientes são específicas das mesmas.

As quinadoras são prensas especiais destinadas a dobragem da chapa metálica, e essas podem ser obtidas em diferentes perfis consoante as operações de quinagem enquanto as guilhotinas são destinadas a corte de chapas através das lâminas de corte. Para além de quinadoras e prensas a Adira produz máquinas de corte por laser, com elevada qualidade de corte em diferentes.



Figura 1 - Quinadora electro-hidráulica para médios comprimentos [In <http://www.adira.pt/>]



Figura 2 – Guilhotina [In <http://www.adira.pt/>]



Figura 3 - Centro de corte por laser [In <http://www.adira.pt/>]

A Adira apresenta-se como principal cliente da Oxisol, empresa fornecedora de serviços de oxicorte, soldadura e produção de estruturas das máquinas. Ela está presente em vários países através de representantes directos. Futuramente, pretende expandir a produção criando fábricas de máquinas ferramentas nesses continentes onde está presente, e na Europa manter a Oxisol como a empresa mãe.



Figura 3 - Presença da Adira no mundo [in <http://www.adira.pt/>]

O grupo tem parcerias com várias instituições e fornece a empresa de elevado prestígio de entre elas a NASA, OGMA, Tap Portugal, Efacec, *Air France*, *Vulcano*, Salvador Caetano, Metalgalva, Siemens, Motorola e entre outras.

A Guifil tornou-se a principal concorrente da Adira a partir de 1997, mas foi adquirida pela Adira e hoje ela é uma empresa do grupo. Actualmente as principais concorrentes nacionais são a Tomás Castro Silva, Lda. (marca Rico) e a *Macform* (empresa constituída por ex-funcionários da Guifil). Relativamente aos concorrentes internacionais, o mercado é bastante competitivo, como é o caso da LVD (empresa belga) e da *Promecam*.

A Adira é uma empresa de Engenharia e Inovação, tendo como principal objectivo inovar constantemente de modo a acompanhar a evolução do mercado e, conseqüentemente, fornecer produtos com elevada qualidade e precisão aos seus clientes.

1.2. Apresentação do projecto

O projecto intitulado “ Balanceamento de uma linha de montagem na Adira” tem como principal objectivo identificar fontes de melhorias de modo a aumentar de forma significativa a produtividade da linha de montagem.

O principal objectivo do projecto fundamenta-se no aumento da produtividade em pelo menos trinta por cento, baseando em algumas metodologias para normalização de abastecimento, optimização dos recursos e eliminação dos desperdícios a ela associada. O aumento da produtividade é conseguido a partir da identificação das actividades que realmente acrescentam valor do ponto de vista dos clientes, procurando mantê-las, e da eliminação dos que apenas contribuem para o aumento dos custos. Os desperdícios deverão ser eliminados, ou pelo menos reduzidos, e devem ser sempre substituídos por operações de maior valor.

Para além do equilíbrio exigido na linha, também foi focado bastante um dos princípios de redução dos desperdícios que é a *Standard work* (SW). A SW é uma das ferramentas bastante utilizadas para a redução das falhas nas linhas de montagem. Tem como principal objectivo fazer com que os trabalhos sejam realizados em sintonia em todos os postos, usando as mesmas ferramentas e seguindo, todos, o mesmo procedimento de trabalho.

O balanceamento, outro factor importante no aumento da produtividade, foi realizado na linha de montagem de quinadoras tendo como objectivo a distribuição de forma organizada e eficiente das operações pelas equipas de trabalho de modo a aumentar a eficiência da linha e minimizar os tempos de paragem.

As linhas do processo de montagem são compostas por uma sequência de postos destinados à montagem de quinadoras e guilhotinas. Em cada uma das linhas operam recursos agrupados e distribuídos em uma, duas ou mais equipas. A primeira equipa, a dos serralheiros, destina-se à montagem mecânica, enquanto as restantes destinam-se à montagem eléctrica e aos ensaios. Da mesma forma encontram-se agrupadas as tarefas associadas a cada equipa e os respectivos tempos de execução. Os tempos de montagem das máquinas são cronometrados e analisados de forma a conseguir ter uma percepção real do tempo de montagem das máquinas e verificar possibilidades de redução de desperdícios durante o processo de montagem.

De um modo geral, os resultados pretendidos baseiam-se na redução de operações que não acrescentam valor a montagem, eliminação ou redução de desperdícios, de modo a obter melhorias significativas e atingir os objectivos pretendidos.

1.3. Estudo e Desenvolvimento

O desenvolvimento do projecto passou por várias fases entre as quais o conhecimento do processo, levantamento de dados e identificação de tarefas de valores acrescentados e de desperdícios (*standard Work*), balanceamento entre os tempos dos operadores, organização dos postos, normalização das tarefas e do abastecimento, e por último balanceamento da linha.

Para o levantamento dos dados foi criado uma folha de processo, designado por modo operatório, onde se mostrava de forma detalhada as operações realizadas, o tempo de execução de cada tarefa, o operário a executar cada tarefa, a data de início e conclusão das montagens, de modo a conhecer o processo de montagem. Cada campo era extremamente preciso, pois todos os dados ajudaram no estudo do balanceamento e na standardização do trabalho. Após o levantamento dos dados foram realizadas as primeiras análises, onde se

verificaram desvios no tempo de montagem das quinadoras e no de trabalho de cada operário, levando deste modo ao primeiro balanceamento direccionado ao trabalho realizado entre os operários nos postos.

À medida que o trabalho foi executado, permitiu diferenciar as actividades de valor acrescentado e as de desperdício sendo o objectivo reduzir ao mínimo as anomalias verificadas. Alguns dos desperdícios foram eliminados com a aplicação de metodologias como, por exemplo, a aplicação de 5S's entre outros. Também foram criados métodos para a normalização de abastecimento, de modo a reduzir o tempo de espera do material, e de normalização das tarefas através do processo de *standard Work*. A aplicação da metodologia 5S's contribuiu bastante para a organização do posto de trabalho e sobretudo para o fim da desordem gerada pela deposição de material no posto.

1.4. Temas Abordados e sua Organização no Presente Relatório

O presente trabalho está organizado em cinco capítulos, mas esses capítulos centram em dois temas que são o balanceamento e a *Standard Work (SW)*. O balanceamento, tema de maior foco, destina-se à organização das tarefas nos postos de trabalho respeitando a capacidade produzida e maximizando a eficiência da linha. Relativamente ao SW o objectivo principal consiste em obter uma descrição escrita da forma como as operações são executadas, e sobretudo a sequência com que o trabalho é executado de modo a criar estabilidade no trabalho desenvolvido.

De seguida serão apresentados de forma sucinta todos os capítulos desenvolvidos ao longo do trabalho.

O primeiro capítulo apresenta a empresa, o projecto e a descrição do projecto, e os principais problemas identificados na linha durante o processo de montagem.

Relativamente ao capítulo 2 são detalhados todos os problemas identificados ao longo do projecto. Descreve uma breve introdução da linha de montagem e do posto de trabalho da Adira. Além disso apresenta também um resumo das principais razões que conduzem ao balanceamento de uma linha e as vantagens em ter uma linha balanceada.

No capítulo 3 é apresentado alguns conceitos utilizados ao longo do desenvolvimento dos textos.

O capítulo 4 apresenta a solução proposta para a redução dos principais problemas identificados. Também é neste capítulo que se dá a conhecer todo o processo e a linha de montagem, o posto onde o trabalho é plenamente desenvolvido. A solução apresentada baseia-se em algumas metodologias de melhoria contínua, pois para que seja possível balancear e estandardizar o trabalho é necessário eliminar ou pelo menos reduzir os desperdícios.

No capítulo 5 é descrito, em termos práticos, todo o trabalho realizado no *gemba* para que as tais melhorias fossem possíveis. Neste capítulo também são apresentadas as metodologias e filosofias utilizadas e a análise dos resultados obtidos. Foram realizados estudos com base na *Standard Work*, organização do posto, normalização do abastecimento e por último o balanceamento da linha.

Relativamente ao capítulo 6 é apresentado alguma dificuldade encontrada ao longo do projecto, dentro e fora do *gemba*, e as perspectivas futuras de trabalho na área das melhorias da linha de montagem da quinadoras.

2. Fundamentos Teóricos

Neste capítulo encontram-se os conceitos técnicos utilizados na elaboração do presente trabalho, de modo a demonstrar o estado das definições actuais. Esses foram agrupados por classe de modo a que o conceito não fuja à sua realidade.

2.1. Sistema Toyota da produção

2.1.1. Origem e Conceito

O sistema de produção Toyota surgiu em Japão, quando a indústria sentiu a necessidade de obter uma produção mais alargada com base na divisão de trabalhos e sobretudo redução de custos.

O sistema Toyota da produção é um modelo de produção que objectiva lucrar com a sua produção, tendo em foco a eliminação dos desperdícios contribuindo desta modo para o aumento da eficiência, redução dos custos e aumento da produtividade com o melhor uso dos seus recursos proporcionando fluxo de produção contínuo.

Lean manufacturing

A *Lean manufacturing* é uma filosofia de gestão centrada na redução dos sete desperdícios associados a produção. A eliminação desses desperdícios permitirá maior qualidade no trabalho, menor tempo e custo de produção.

2.2. Desperdícios (Muda)

É interesse de todos a obtenção de uma produção eficiente, reduzindo ao máximo as falhas e aumentar a produtividade do seu trabalho. Se o que se faz não acrescenta valor do ponto de vista do cliente, estes deverão ser eliminados ou substituídos por acções pagas pelos clientes.

Em qualquer organização o “FAZER BEM” é o desejo de todos, pois disso resulta um trabalho produtivo, eficiente e com custos reduzidos. O “fazer bem” está intrinsecamente ligado a uma produção isenta de desperdícios. Na Toyota, a produtividade é medida com o executar bem do trabalho tendo sempre em mente eliminação de técnicas que contribuem para o aumento dos custos.

2.2.1. Os sete desperdícios

O sistema Toyota caracterizou os desperdícios do seguinte modo:

- Excesso de produção: excesso de material em stock.
- Inventário: Peças semi-acabadas entre operações.
- Transporte: Movimento de materiais.
- Processos Desnecessários: Passos não necessários no processo.
- Má Qualidade: Erros de produção conduzindo a re-trabalho.
- Manuseio: Movimentos desnecessários do trabalhador.

- Espera: Trabalhadores esperando por máquinas ou peças.

Os desperdícios contribuem apenas para o aumento dos custos e do tempo, não acrescentando valor nenhum no desempenho as actividades.

2.2.2. Tarefa desnecessária

As tarefas desnecessárias associam as tarefas que não constam no modo operatório como sendo tarefa *standard*. Ocorrendo por alguma anomalia do processo este é considerado uma tarefa extra que deve ser eliminada porque, ao não constar na lista das tarefas sequenciadas, contribui simplesmente para o atraso da máquina, o que não é saudável para o sistema.

2.2.3. Diagrama de *Spaghetti*

Este diagrama permite controlar os deslocamentos dos operários ao longo do trabalho. Alguns desses deslocamentos não acrescentam valor à máquina, mas entretanto são considerados precisos para que as tarefas se realizem.

2.3. Metodologia 5S's

2.3.1. Origem e Enquadramento histórico

A metodologia 5S's foi desenvolvida pela primeira vez no Japão na década de cinquenta, pelo engenheiro *Kaoru Ishikawa*, após uma viagem realizada a Estados Unidos, pela necessidade de resolver alguns problemas na indústria e no sistema económico que o país vivia. Hoje esta ferramenta é utilizada de oriente ao ocidente e em diversas áreas de trabalho.

2.3.2. Objectivos dos 5S's

Os principais objectivos da aplicação desta metodologia centram na organização do posto de trabalho, armazéns e entre outras áreas de actividade. Proporciona melhor meio de execução de trabalho, redução dos desperdícios e eliminação das actividades que valor nenhum acrescentam ao produto, do ponto de vista dos clientes, permite nivelar o stock, melhorar a qualidade do produto final, aumentar a eficiência e a segurança dentro do posto de trabalho.

De um modo geral o método 5S's pretende criar áreas de trabalho capazes de desenvolver melhorias sucessivas na execução das tarefas. Por estas, e várias outras razões, esta técnica não pode ser definida restritamente à limpeza e arrumação do *gemba*, mas sim proporcionar uma visão cada vez mais alargada do seu objectivo.

2.3.3. Significado dos 5S's

5S's é uma prática básica que promove o crescimento contínuo dos colaboradores, e consequentemente proporciona melhorias contínuas nas organizações, pois permite que todos tenham horizontes comuns rumo aos resultados pretendidos. Esta metodologia resume-se em cinco palavras todas iniciadas com a letra "S" com as seguintes designações:

- 1- **Seiri**: Seleccionar;
- 2- **Seiton**: Organizar;
- 3- **Seisō** : Limpar;
- 4- **Seiketsu**: Normalizar;
- 5- **Shitsuke**: Disciplinar;

Esta filosofia é de fácil adaptação em vários ambientes de aplicação e consegue-se atingir melhorias significativas através da mudança ao longo do trabalho. De seguida explica-se de uma forma mais abrangente o significado de cada um dos princípios desta técnica:

- 1) **Seiri**: Separar – Consiste na separação dos materiais que realmente são utilizados durante o processo dos que não pertencem de um modo geral ao local de trabalho. Os materiais utilizados continuam no posto e os inúteis serão identificados para o armazenamento ou eliminação. Tem como principal objectivo evitar acumulação de desperdícios, permite ter no posto apenas o material necessário e alocar os recursos realmente necessários na execução das actividades e redução de custos. Beneficia o posto na libertação dos espaços ocupados por materiais ou equipamentos que de algum modo é desnecessário ou inutilizado.
- 2) **Seiton**: Organizar – Permite ordenar as ferramentas, os materiais de modo que o trabalho seja executado em fluxo contínuo e acessível a todos os que o usufruem. O objectivo da ordenação foca-se no aumento da eficiência dos postos atribuindo um local específico para objecto pertencente ao posto. É necessário demarcar o posto, possibilitando aos operários uma identificação rápida dos objectos e da respectiva localização. Permite ter um sistema de fácil identificação e arrumação dos objectos necessários utilizando meios de comunicação visual, configuração prática do posto proporcionando maior comodidade, facilidade na localização e economia de tempo na procura dos objectos.
- 3) **Seisō**: Limpar – O senso de limpeza inculcada nos postos é fundamental para manter local de trabalho sempre limpo. Possibilita aumento na qualidade de trabalho e do produto proporcionando um ambiente de trabalho saudável eliminando desde modo qualquer tipo de sujidade. Este princípio beneficia a segurança dos trabalhadores, a preservação dos equipamentos e sobretudo ambiente de trabalho saudável.
- 4) **Seiketsu**: Normalizar: Neste senso permite estabelecer regras e procedimentos de trabalho de modo que de forma clara cada ocupante tenha conhecimento do que realmente deve ser feito. As regras e procedimentos são estabelecidos para conseguir melhor seguimento e cumprimento dos três conceitos discriminados anteriormente.
- 5) **Shitsuke**: Compromisso e Autodisciplina – O senso da auto-disciplina permite a criação de hábitos do seguimento das normas estabelecidas, ou seja, incentivar os colaboradores para a melhoria contínua através de meios de incentivos. Isto consegue-se criando motivações, consciencializando dos benefícios e dos resultados que têm de atingir.

2.3.4. Implementação

A técnica dos 5S's é implementada na fase inicial da aplicação do projecto *LEAN* e requer a contribuição de todos para a obtenção dos sucessivos resultados e melhorias contínuas.

Para a implementação desta metodologia necessita-se de:

- 1- Criar uma equipa para a implementação;
- 2- Planear;
- 3- Registar;
- 4- Reunir;
- 5- Implementar;
- 6- Acompanhar;

2.3.5. Benefícios gerais

A aplicação da técnica dos 5S's proporciona benefícios desejados e pensados pela empresa, pois permite visualizar com rapidez os problemas no *gemba*, aumentar a eficiência no

trabalho, reduzir desperdícios, criar auto disciplina e conseqüentemente normalizar o trabalho no posto, a qualidade do trabalho e o segurança nos postos. Se a metodologia for bem aplicada os resultados são notórios e a satisfação ainda maior.

Conclui-se deste modo que a técnica dos 5S's não se restringe apenas a limpeza e arrumação. Pode ser utilizada em várias áreas, industriais ou administrativas, pois há sempre algo que se pretende melhorar.

2.4. Balanceamento de uma linha

2.4.1. Descrição

O balanceamento de uma linha tem como principal objectivo aumentar a produtividade da linha e reduzir conseqüentemente os custos a ela associados. Trata-se de um problema de alocação de tarefas por postos e operários, de modo que o tempo de trabalho seja ocupado ao máximo.

O balanceamento de uma linha consiste em equilibrar a carga de trabalho entre os postos de modo a reduzir o tempo de trabalho inútil, procurando desencadear as tarefas cumprindo as ordens de execução e o tempo estabelecido. Para além da distribuição em igualdade do número de horas entre os postos, ele procura ajustar a produção à procura, maximizando a produtividade.

2.4.2. Etapas do balanceamento

A prática do balanceamento permite que a sua execução seja desenvolvida com base em indicadores, de modo a que seja possível avaliar na conclusão os resultados conseguidos ao longo da sua implementação.

Para a aplicação da técnica de balanceamento, antes necessita-se conhecer alguns elementos indispensáveis para a medição dos tempos necessários e dos indicadores de desempenho posteriormente necessários.

A importância dos indicadores de desempenho passa pela necessidade de comparação e medição dos resultados conseguidos antes e depois da aplicação do balanceamento. Deste modo descreve-se as etapas do balanceamento [Roldão e Ribeiro, 2007]:

- 1) Relação sequencial entre as tarefas;
- 2) *Takt-time* (T);
- 3) Número teórico mínimo de postos (Nt);
- 4) Determinação do tempo de ciclo (C);
- 5) Eficiência (E) e produtividade (P) da linha balanceada;

Para além desses elementos essenciais também necessita-se de mais alguns para o apuramento dos resultados esperados.

2.4.3. Relação sequencial

A primeira etapa da aplicação do balanceamento seja ela numa área administrativa ou de produção passa sempre pela medição do tempo real de processamento e pelo conhecimento das relações sequenciais entre as actividades desenvolvidas nas áreas em específicas, representada através de um diagrama.

2.4.4. *Takt-time* (T)

O *takt-time* é conhecido como sendo o tempo que ritma a produção, pois dependendo da

procura a empresa deverá demonstrar a capacidade de flexibilizar e ajustar a sua produção ao pedido do cliente. Assim sendo, quando a necessidade dos clientes aumenta o objectivo é diminuir o *takt-time*, ou seja, dando uma resposta atempada ao seu pedido. O contrário acontece quando a procura dos clientes diminui.

O *takt-time* é determinado através da razão entre o tempo disponível de produção e a procura do mercado, ou seja:

$$Tt = (\text{Tempo de trabalho disponível}) / (\text{Output})$$

O *takt-time* compassa a produção em função da procura, orienta o abastecimento da matéria-prima conduzindo deste modo a um sistema de produção *Lean*.

2.4.5. Tempo de ciclo (C)

O tempo de ciclo é o tempo entre a produção de dois componentes sucessivos. É também conhecido como o tempo equivalente a actividade de maior duração, pois dita a cadência de produção numa linha.

2.4.6. Lead-time (Lt)

É o período de tempo entre o início e o término de uma actividade. Quando o foco está na gestão do sistema de abastecimento o conceito concretiza-se no período de tempo desde a entrada do material até a saída do inventário.

O *lead-time* é determinado do seguinte modo:

$$Lt = \Sigma \text{ do tempo de processamento.}$$

O *lead-time* é considerado um dos tempos mais importantes na logística, pois dele depende todo o controlo necessário.

2.4.7. Número teórico mínimo de postos (Nt)

O cálculo do número de postos, tal como o nome indica permite determinar o número mínimo de postos necessários para a constituição da linha e para a execução das tarefas. O resultado do cálculo do número de postos nem sempre é um número inteiro, o que leva ao arredondar por excesso.

Para o cálculo do número de postos utiliza-se a seguinte formula baseando no tempo de ciclo.

$$Nt = (\text{Lead time (Lt)}) / (\text{Tempo de ciclo (C)})$$

2.4.8. Eficiência e produtividade da linha balanceada

A eficiência (E) da linha de montagem mede o desempenho de cada estação de trabalho e de uma forma directa os benefícios dos operários à linha, pois em cada posto estes são atribuídos para que o trabalho seja realizado.

$$E = (Lt) / (Nt * C)$$

A produtividade (P) está relacionada com a eficiência sendo esta realizada com base na produção por unidade de tempo, e é determinado do seguinte modo:

$$P = (Lt \text{ inicial} - Lt \text{ final}) / (Lt \text{ inicial})$$

2.5. Linha de montagem

2.5.1. Origem e definição

A linha de montagem foi criada, pela primeira vez, por *Henry Ford* para a produção de

automóveis *Ford*. Desde a data, a linha de montagem é utilizado para a produção ou montagem de diferentes tipos de artigos.

Uma linha de montagem é uma sequência de postos cuja finalidade pretendida baseia na obtenção de produto final. Para que a linha funcione, vários são os recursos necessários de entre a mão-de-obra, a matéria-prima, peças dependendo do tipo de produto pelo qual a linha se encontra configurada.

2.5.2. Funcionamento de uma linha

Numa linha de montagem muitos são os factores que condicionam um fluxo de trabalho contínuo. O conceito da linha realmente existe quando houver trabalho permanente entre os postos, possibilitando desenvolvimento crescente do produto. Uma linha de montagem é realmente eficiente quando preenche os seguintes requisitos:

- Componentes *Standards*;
- Acção mecânica;
- Equipamento de precisão;
- Processos normalizados;

A linha de trabalho consiste numa sequência progressiva de actividades desenvolvidas por meio de diversos recursos orientada para a produção em série. Os operários são treinados de modo a desenvolver eficientemente as tarefas necessárias na linha.

2.5.3. Produção enxuta

A produção enxuta, contrária da produção em massa produz apenas a quantidade exacta, procurando de um certo produzir a partir da necessidade dos clientes tendo como objectivo principal eliminar os desperdícios e reduzir os custos associados a produção.

2.5.4. Posto de trabalho

O posto de trabalho é uma unidade elementar para o funcionamento de uma linha. Necessita de recursos materiais e humanos para o desenvolvimento sequencial e uma dinâmica contínua da linha. Na linha em estudo o conceito de posto não é diferente

2.5.5. *Layout* do posto de trabalho

Devido à variação da quantidade encomendada, provocando oscilações nas produções, hoje as empresas sentem cada vez mais a necessidade de ajustarem os seus recursos ao sistema de produção. *Layout* é um posicionamento físico adaptado a uma linha de montagem ajustando os recursos e minimizar os custos [Carravilla, 1997].

2.5.6. *Gemba*

De significado “lugar efectivo”, o *gemba* inicialmente usado pelos japoneses define-se como verdadeiro local de criação de valor, mais precisamente a fábrica. Para *lean manufacturing*, *gemba* associa-se ao sítio onde todos os problemas são visíveis de modo a serem resolvidos com a prática de melhoria contínua, proporcionando equilíbrio e melhoria na linha.

2.5.6.1. Definição

O termo *Mura* é uma expressão japonesa associada a variabilidade, inconsistência ou desníveis. Tem como principal condição ajustar a produção à procura e focar num sistema *just-in-time*, ou seja o objectivo principal é produzir sem stock.

A produção nivelada é uma das formas de eliminar a mura, além disso também se usam *kanban* de vários de tipos de forma a controlar o aparecimento de muras.

2.5.6.2. Mura Station

A *mura station* são postos criados de modo a que as variabilidades surgidas sejam absorvidas eliminando deste modo o tempo de espera entre os postos de trabalho. Ou então são stock de trabalho que é necessário ter de modo a compensar o trabalho menos moroso.

2.5.7. Gestão visual

A gestão visual é uma forma de comunicação no local de trabalho. Permite que cada operário da linha, supervisor ou chapeiro, tenha informação visível do andamento do trabalho decorrido na linha ou noutra área qualquer de trabalho.

2.6. Abastecimento

O sistema de abastecimento é todo o processo que envolve a chegada do material a linha, iniciando pelo aviamento no armazém e todo o percurso realizado até a sua deposição no posto de trabalho. O abastecimento a linha permite introduzir no sítio requerido todo o material necessário para que trabalho seja executado sem interrupções.

2.6.1. “Kanban”

A palavra *kanban* deriva dum termo japonês que significa cartão visual. Tem uma maior aplicação no chão da fábrica permitindo gerir e controlar a produção e os materiais. Para além das fábricas, hoje em dia, o *kanban* também é aplicado em outras áreas diversas.

O sistema *kanban* contribui para a eliminação dos desperdícios, pois permite que a produção esteja em conformidade com o mercado, e aumentar a sua competitividade face aos concorrentes.

2.6.2. Abastecimento em Kanban

O abastecimento em *kanban* consiste em abastecer o bordo de linha com os materiais de fixação e aperto através de cartão que identifica o artigo. A cada artigo estão associadas duas caixas de modo a garantir que no esvaziamento de uma haja tempo para a reposição sem que falte material.

2.6.3. Abastecimento em junjo

O abastecimento de material em junjo associa o material à sequência de montagem e ao tempo de execução das tarefas.

2.6.4. Abastecimento não normalizado

Devido a falta de material, condicionado pelo atraso logístico externo e muitas vezes também pelo erro do planeamento, o abastecimento não é realizado em quantidade e tempo necessário, ou seja, vai abastecendo o posto com o material existente no armazém e no posto de pré-montagem hidráulica e mecânica e não pela necessidade do posto e da máquina.

2.6.5. Bordo de linha

Associado a todo o material que é necessário ter o mais próximo possível da linha, ou mais concretamente do operador, de modo a minimizar os deslocamentos a procura de material.

2.6.6. *Mizusumashi*

O *mizusumashi* é o operário responsável pelo abastecimento sincronizado de material em kanban e em junção à linha das pré-montagens mecânicas e hidráulicas e a montagem, sendo esta tarefa realizada não interferindo com a produção.

Nas funções estabelecidas, o *mizusumashi*, recolha as caixas vazias no bordo de linha de cada posto, enchendo-as no armazém de acordo com a quantidade estipulada no kanban, e depois de as caixas estarem cheias, este regressa a linha de montagem onde abastece o bordo de acordo com as referências de cada artigo.

2.6.7. Modo operatório

O modo operatório é uma folha de trabalho que contém informações relativamente as operações e a sua respectiva sequência, duração, ferramentas utilizadas durante o período de montagem. Para além do preenchimento da folha para mais tarde servir na criação de um documento com as devidas tarefas e sua sequência, esta folha é importantíssima para o estudo de balanceamento da linha.

2.7. Standard Work

O *Standard Word (SW)* é uma descrição detalhada, sequenciada e cronometrada das operações permitindo executá-las de melhor forma possível. A ela estão associados três elementos fundamentais:

- Sequência de trabalho,
- *Takt-time*;
- *Stock* do produto;

A sequência de trabalho é a base fundamental da normalização do trabalho, pois o processo é normalizado quando toda a linha executa o trabalho do mesmo modo, cumprindo as sequências de modo a não desequilibrar os reais tempos de montagem. Pretende-se que as sequências sejam seguidas tendo sempre em atenção o tempo ritmo da produção e a quantidade produzida de modo a não criar stock desnecessário.

Não é objectivo de nenhuma organização estabilizar a linha com o objectivo de produzir para stock, ou seja, a produção é feita com base na procura dos clientes.

3. Solução Proposta

3.1. Breve Introdução

3.1.1. Linha de Montagem

Todo o trabalho desenvolvido ao longo do projecto decorreu no pavilhão de montagem, mais concretamente na linha de montagem de quinadoras. A linha de montagem das quinadoras é constituída por uma sequência de postos, onde se desencadeia todo o processo de montagem.

Devido aos problemas anteriormente mencionados, não se verifica um trabalho contínuo na linha de montagem. Conclui-se, deste modo, que a principal preocupação será à da criação de fluxo de trabalho contínuo na linha. Para que isso seja possível o planeamento das máquinas e dos materiais necessários deverá ser controlado de tal modo que permita evitar o tempo de espera.

O pavilhão de montagem possui duas linhas, ambas de monoprodução, e em cada uma apenas é produzido um produto em específico, quinadora ou guilhotina. Cada linha é constituída por vários postos e a ele associam os recursos necessários para que o trabalho seja executado.

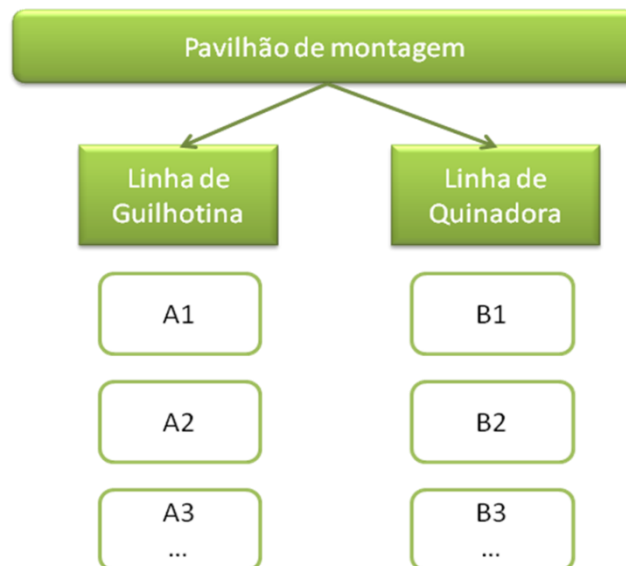


Figura 4 – Pavilhão de montagem



Figura 5 - Linha de montagem de quinadoras e guilhotinas

3.1.2. Posto de trabalho

Na montagem das quinadoras todos os postos são fixos. Isso deve-se à limitação do espaço na linha, da dificuldade de transporte do material e à mudança de instalação que se pretende realizar futuramente. Nessas condições os operários mudam de posto após a conclusão das tarefas.

3.1.2.1. Descrição do posto de trabalho

Na linha de montagem das quinadoras, cada posto de trabalho contém operários para os respectivos agrupamentos, carrinhos de ferramentas, estantes para a deposição dos componentes para a montagem, armários para reservar materiais utilizados, cavaletes e bancas para preparação dos materiais, bordo de linha de componentes de fixação e aperto, escadote e por fim a estrutura da máquina. Os carrinhos de ferramentas, bordo de linha, escadote e cavaletes são ferramentas necessárias em cada montagem e acompanham os operários na mudança dos postos. Enquanto as restantes são fixas e nelas se depositam os materiais necessários para à montagem.



Figura 6 – Posto de trabalho da linha de montagem de Quinadora

3.1.3. Processo de montagem da linha de quinadoras

O processo de montagem agrega as várias fases da montagem cujo objectivo conduz a um produto final.

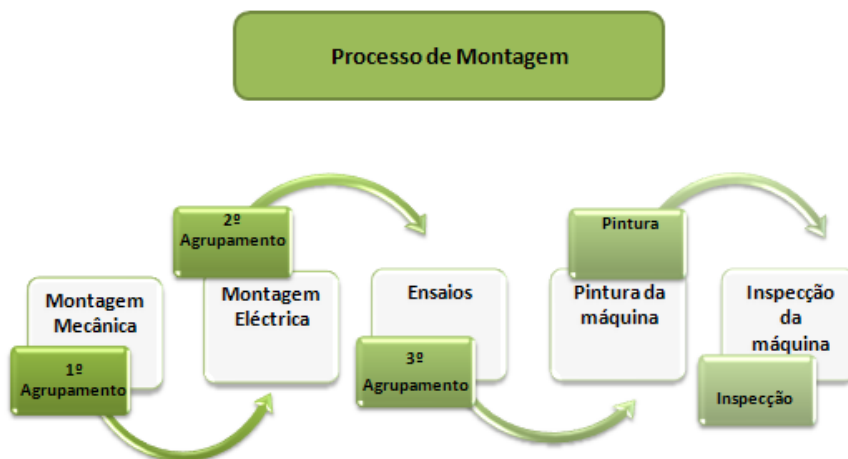


Figura 7 - Processo de montagem da linha de quinadora

Actualmente a linha de montagem de quinadora é constituída por cinco agrupamentos: mecânico, eléctrico, ensaio, acabamento final e por último a inspecção. Cada agrupamento é executado sequencialmente sendo sempre cumprido, de acordo com a representação do processo de montagem.

Cada agrupamento é constituído por um conjunto de tarefas realizadas pelos recursos associados a cada agrupamento.

Assim sendo é apresentada a sequência de montagem pretendida para as futuras montagens e a que foi considerada para o estudo realizado.

Num futuro próximo pretende-se que o acabamento final seja extinto, e a inspecção final incluída no ensaio. Deste modo passará a ter um processo de montagem com apenas três agrupamentos.

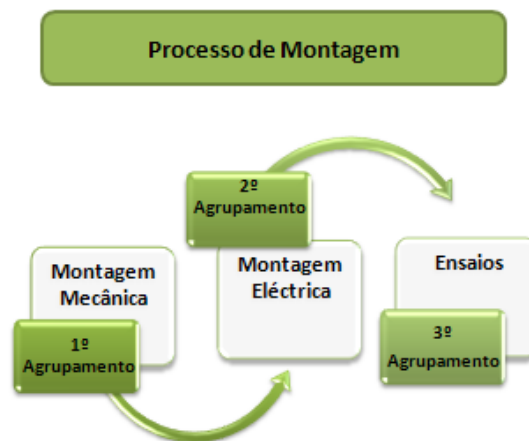


Figura 8 – Processo pretendido futuramente

Neste novo processo de montagem serão criados meios de protecção de modo a evitar a sujidade, furos e não conformidades, eliminando de um modo geral os retoques finais anteriormente realizados pelos operários mecânicos. Os operários serão mentalizados e disciplinados para estes novos cuidados, de modo a realizarem bem as tarefas de cada processo.

3.1.4. Balanceamento

O balanceamento permite, para além de aumentar a capacidade de produção na linha, atribuir de forma regular as tarefas entre os operários e os postos. Destina-se a equilibrar a carga de trabalho entre postos, otimizando a utilização dos recursos de modo a criar um fluxo contínuo de trabalho e ajustar a produção a necessidade dos clientes. Para além disso cria uma cadeia de montagem agrupando as tarefas nos postos de trabalho da linha.

Trata-se de um fluxo em linha onde os equipamentos e processos de trabalho são distribuídos de acordo com as fases sucessivas em que o produto é fabricado, de modo que toda a sequência de operações esteja equilibrada evitando o mínimo stocks intermédios e o tempo de paragem baixo. Nessa implantação, quem se movimenta são os operários pois a máquina possui uma estrutura de pouca acessibilidade para o transporte entre postos.

3.1.4.1. Razões para balancear uma linha

As razões fulcrais para o balanceamento de uma linha de montagem consistem no equilíbrio da carga horária entre os operários, ou seja, em igualar as actividades entre os operários de modo a reduzir ao mínimo o tempo repousante, o stock entre os postos e o tempo de ciclo em cada posto.

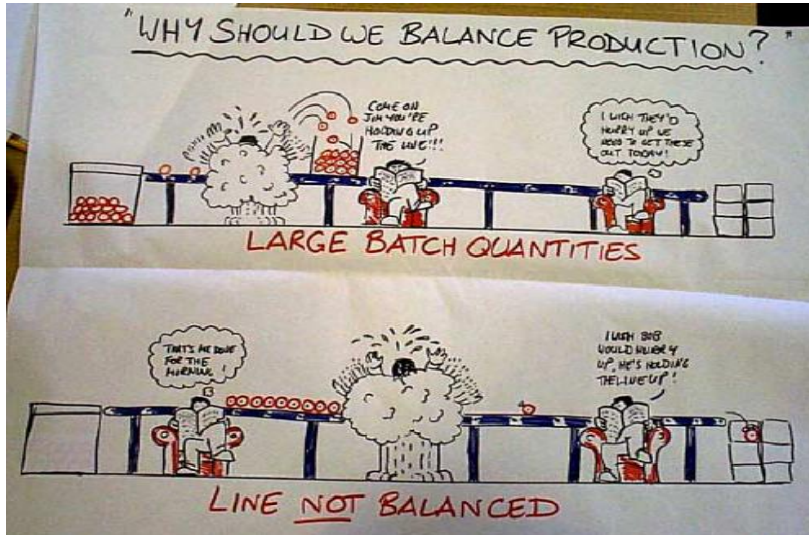


Figura 9 – Razões para balancear uma linha

[In <http://www.scribd.com/doc/7699063/Introduction-of-Line-Balancing>]

Muitas são as consequências, ou os desperdícios, que poderão surgir quando numa linha faltar a coordenação e o equilíbrio entre as actividades do processo. Numa linha não balanceada existirá sempre um operário que fica a espera do outro, pois a carga de trabalho não se encontra bem repartida entre eles, proporcionando deste modo excesso de produção, maior tempo de processamento, sobrecarga, stocks e entre outros desperdícios.

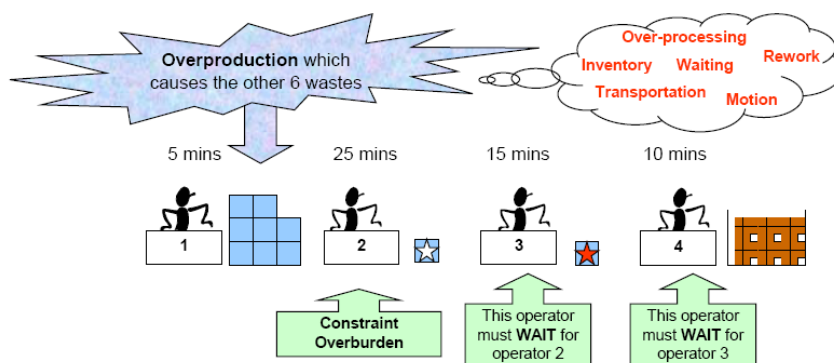


Figura 10 - Consequências de uma linha não balanceada

[In <http://www.scribd.com/doc/7699063/Introduction-of-Line-Balancing>]

Para que não se perpetue é necessário o quanto antes equilibrar o trabalho entre os postos, e isto é conseguido através da redução de carga de um posto sobrecarregado para os que têm menos trabalho de modo a equilibrar o trabalho entre os vários postos de modo a minimizar os desperdícios, buffer estandardizado e variação reduzida na obtenção do produto final.

Uma linha balanceada envolve todos os operários, com ritmo igual de trabalho e fluxo contínuo de produção, isto é num período constante obtém-se um produto sem que haja a necessidade de criar grandes stocks de material.

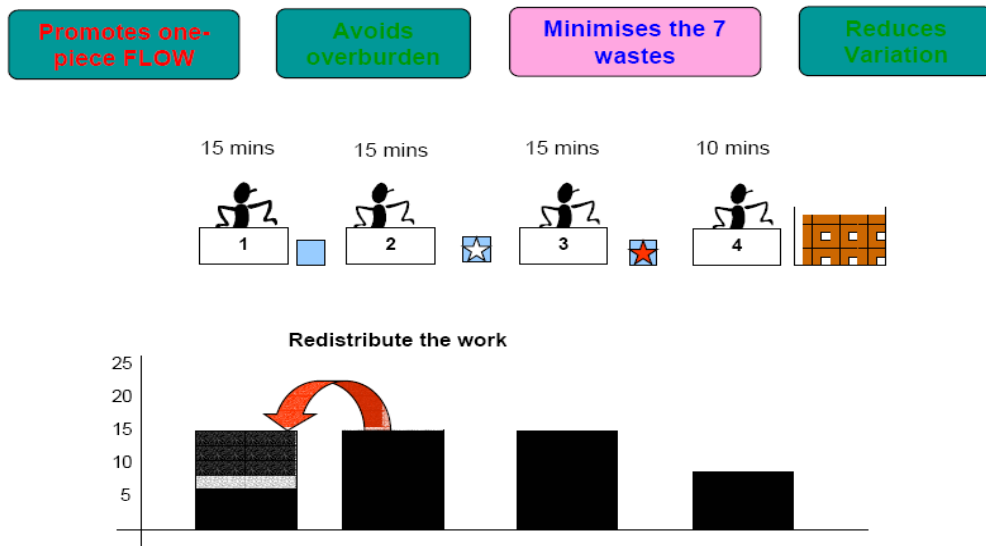


Figura 11 – Benefícios de uma linha balanceada

[In <http://www.scribd.com/doc/7699063/Introduction-of-Line-Balancing>]

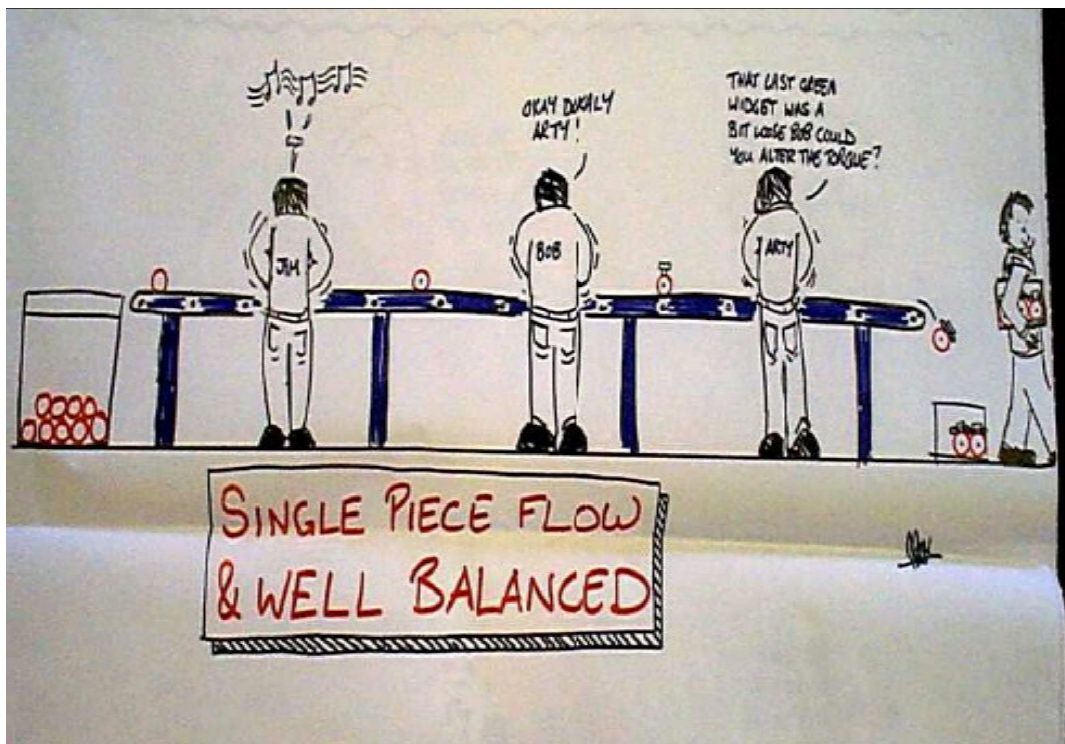


Figura 12 – Exemplo de uma linha balanceada

[In <http://www.scribd.com/doc/7699063/Introduction-of-Line-Balancing>]

3.1.5. Descrição de Problemas

3.1.5.1. Identificação dos problemas

Numa linha de montagem muitos são os problemas que poderão afectar a conclusão atempada do produto e o desenvolvimento sequenciado do trabalho ao longo do processo de montagem ou de produção.

Ao longo do período de montagens das máquinas, observaram-se trabalhos, tarefas e processos utilizados que valor nenhum acrescentavam à montagem e de uma forma directa impossibilitavam trabalho continuo e sequenciado das tarefas por realizar. Todos os problemas foram identificados de modo a que seja possível realizar melhorias e atingir os objectivos pretendidos.

Todos os problemas detectados no processo de montagem da máquina, foram agrupados de modo a que seja perceptível o seu grau de ocorrência e severidade no posto de trabalho. Os principais problemas identificados nos postos de trabalho foram agrupados da seguinte forma:

- Falta de material
 - Tempo de espera em vazio;
 - Deslocações desnecessárias;
 - Atraso na conclusão de montagem da máquina;
 - Descontrolo no abastecimento;
 - “Canibalização” de material
- Não conformidades
 - Re-trabalho;
 - Tarefas e trabalhos desnecessários;
 - Aumento do lead-time da máquina;
- Espaço
 - Desorganização do posto;
 - Deposição do material em sítios não específicos;
 - Má gestão de espaço;

A falta de material foi o problema mais recorrente e de maior grau de severidade relativamente aos restantes problemas identificados. Esta falta deriva em problemas como o tempo de espera em vazio, as deslocações desnecessárias dos operários dentro e fora da linha, o atraso na conclusão da máquina provocando atrasos nas entregas. O tempo de espera dos operários provocado na maioria das vezes por falha logística constitui uma das consequências negativas de maior peso na redução da eficiência da linha. Um dos princípios para o seu bom funcionamento é o abastecimento contínuo do material ao posto, ou seja, abastecer o posto num ritmo adequado e compatível com o tempo de execução das tarefas. Sendo este um problema recorrente e difícil de eliminar por completo, os operários sentiam-se frequentemente obrigados abandonar o posto para procurar material ou a saltar operações de modo a não ficarem totalmente parados. Na realidade os operários não podem ausentar-se dos postos, pois o abandono provoca complicações na área de montagem.

A sequência de execução das tarefas deve ser sempre cumprida, mas devido às situações mencionadas isso não se verifica acabando por conduzir a tempo de montagem superior ao necessário.

A “**canibalização da máquina**” é o outro problema que condiciona a linha de montagem. Devido a erros no planeamento de produção, por vezes depara-se com a necessidade de retirar

material já montado em máquinas, para ser colocado noutras de maior urgência. Isto resulta em tempo perdido e desnecessário a montar e desmontar, pois associando os dois processos pode-se dizer que nenhum deles acrescentou valor a máquina e prejudica o trabalho dos operários.

O segundo principal problema é o **desajustamento** entre os materiais fornecidos e o desenho da máquina, entre eles citam-se a estrutura de máquina e os respectivos componentes. Os desajustamentos ou **não conformidades** correspondem a situações inesperadas confrontados durante o processo de montagem, estas foram frequentes e os erros repetitivos, pois foram identificadas, listadas e enviadas a equipa técnica de modo a que os problemas fossem resolvidos. As não conformidades são corrigidas internamente conduzindo a tarefas de re-trabalho, sendo este tempo considerado desperdício na montagem. As não conformidades mais frequentes são os furos realizados incorrectamente pelos fornecedores ou mal designados no desenho da peça.

O terceiro problema identificado é da **limitação de espaço** no posto para a deposição de todo o material necessário à montagem da máquina. Os materiais são abastecidos aos postos independentemente das necessidades dos mesmos.

Quando o abastecimento é realizado de uma só vez, ou seja, o material é levado na sua totalidade, caso exista no armazém, de modo a reduzir o número de abastecimentos ao posto. Esta forma de fornecimento limita o espaço para as curtas deslocações dos operários dentro do posto.

Na realidade o abastecedor dos postos tem pouca preocupação em otimizar o espaço de depósito de material colocando-o em áreas destinadas ao deslocamento do operário, tendo este de dispensar o seu tempo de execução de trabalho para arrumar o posto.

Face a esta desorganização sugeriu-se a definição de áreas específicas marcadas no chão para deposição de material na perspectiva de normalizar o local de deposição.

Todos esses problemas têm-se reflectido no tempo de conclusão da máquina, e na diminuição de produtividade da linha. Além disso, têm contribuído para a baixa eficiência e desempenho dos operários, levando cada vez mais a desmotivação e desconforto, pois o trabalho não tem uma sequência contínua, a máquina não é montada de início ao fim e essas más condições aumentam o tempo de trabalho.

3.2. Apresentação da solução

Actualmente, a maioria das organizações tem procurado ajustar a sua produção a procura, através de meios adaptáveis e eficientes com o objectivo de aumentar a produtividade e reduzir os custos dos desperdícios. Esta técnica já se usa deste 1960 e é conhecida por *Toyota Production System* (TPS), por *Taiichi Ohno*. Actualmente, TPS é conhecido como sendo a junção de *Lean thinking system*, *Just in time* e *Flow production*, e *Lean Manufacturing*.

A melhoria contínua é conseguida à medida que as actividades vão sendo realizadas e os problemas identificados e resolvidos e não escondidos, nessas condições começa-se por distinguir as actividades que acrescentam valor do ponto de vista dos clientes dos desperdícios.

O objectivo desse projecto consiste especificamente na eliminação dos desperdícios de modo a aumentar a produtividade da linha e posteriormente balanceá-la. Para que o objectivo seja atingido, consideram-se três aspectos fundamentais:

- I. *Standard Work*;
- II. Organização do posto de trabalho;
- III. Normalização do abastecimento;

Assim o trabalho de projecto sendo baseou-se em alguns conceitos e metodologias fundamentais da melhoria contínua, entre os quais os nove desperdícios e os 5S's, de modo a obter um trabalho organizado, estandardizado e promover constante eliminação de desperdícios.

3.2.1. “Standard Work”

A adopção do sistema Standard Word (SW) permitiu que todo o processo, com contributo de toda a equipa, fosse melhorado continuamente na sua capacidade e eficiência. Esta análise permitirá que todos os postos trabalhem da mesma forma, ou seja, executando apenas as tarefas de valor acrescentado, mas sem grandes variações.

Para a SW foram criados instrumentos para que o estudo se realizasse. Para isso foi criado o modo operatório, sendo a base de todo o trabalho desenvolvido.

3.2.2. Modo operatório

A normalização das operações está sendo trabalhada no sentido de conseguir melhorar cada vez mais o processo considerado inadequado e manter o que na realidade é produtivo. Para isso, o modo operatório criado ajudou no aperfeiçoamento da sequência do processo de montagem, duração das tarefas e as respectivas ferramentas necessárias.

O modo operatório foi a principal ferramenta utilizada para a elaboração completa do SW e foi distinguido de duas formas: o modo operatório simples e o modo operatório detalhado. O simples, definido inicialmente, serviu de base de trabalho entre as equipas e levantamento de dados que após a aprovação levará a obtenção do modo operatório detalhado e documentado.

Após a recolha dos dados foram realizadas as análises para a verificação das variações. Estas variações marcaram as diferenças entre os tempos de execução das tarefas entre as máquinas e os operários.

O modo operatório foi identificado em todos os postos onde a máquina era montada de modo que todos os operários realizassem o trabalho do mesmo modo e no caso de surgimentos de desvios inesperados que seja possível a correcção ou implementação de acordo com o grau de importância do desvio surgido.

3.2.3. Identificação das actividades de valor acrescentado e dos desperdícios

Ao longo das montagens assistidas foram verificadas que alguns dos materiais chegavam ao posto prontos a serem montados, mas outros precisavam de pré-montagens e rectificações o que obrigava os operários a demorar mais tempo que o normal para a realização das tarefas. As tarefas, extras ou normais, identificadas como útil ou menos favorável para o sistema foram agrupados do seguinte modo:

- Tarefas de valor acrescentado;
- Desperdícios;
 - ✓ Necessários;
 - ✓ Puros desperdícios;

O objectivo vai além da identificação dos desperdícios, mas também na criação de soluções que permitam substituir os desperdícios por actividades de valor acrescentado.

3.2.4. Tarefas de valor acrescentado

Estas tarefas correspondem às actividades nucleares do processo e são realmente necessárias, pois os clientes pagam por elas. Por esta razão são fundamentais para o processo de montagem e devem ser mantidas.

3.2.4.1. Desperdícios necessários

Os desperdícios necessários são tarefas realizadas pelos operários que não acrescentam valor nenhum à máquina, mas são consideradas fundamentais para a realização das actividades precedentes que realmente acrescentam valor. Este tipo de desperdícios exemplifica-se com o deslocamento do operário dentro do posto, subidas e descidas sucessivas do escadote para mudanças de ferramentas, a arrumação do material na estante do posto de trabalho, o tempo de espera dos materiais (peças, ponte, mangueira), entre outras actividades.

3.2.4.2. Desperdícios puros

As operações identificadas como tal não trazem vantagens nenhuma ao objectivo final, conduzindo deste modo a re-trabalhos, aumento no tempo da conclusão da máquina, danificação da estrutura e das peças obrigando a serem retocadas e pintadas novamente. Ao verificar, situações de incompatibilidade entre os componentes a serem montados a tarefa era interrompida para o acerto e posteriormente preenchia-se um impresso de não conformidades assim como o operário que identificou a falha. Os impressos foram agrupados e posteriormente entregues a “Equipa técnica” de modo que o desenho fosse alterado ou enviado ao fornecedor caso for da sua responsabilidade.

3.2.5. Como Eliminar ou reduzir os desperdícios

A eliminação dos desperdícios será efectuada com base nos princípios de *Lean manufacturing*, mais concretamente

3.2.5.1. Optimização da distância

Para evitar os deslocamentos desnecessários dos operários aos outros postos a procura ou arranjo de material, deve-se eliminar as tarefas correspondentes a esses deslocamentos pois, se o objectivo do operário de montagem é montar a máquina ele nunca poderá ausentar-se do posto de trabalho. Alguns motivos desses abandonos estiveram relacionados com a falta de material; então a solução ideal é manter todo o material necessário mais próximo possível dos operários. Para isso implementou-se um bordo de linha de componentes de fixação e aperto de modo a que os operários tenham tudo próximo na área de trabalho. O bordo de linha permitirá manter a linha sempre abastecida. O modo de abastecimento do bordo de linha será abordado mais a frente no capítulo 5.

O outro conceito de optimização da distância fundamenta-se na preparação ergonómica dos materiais, através da criação de melhores condições para a preparação do material como por exemplo a altura, sendo a altura óptima de [75,110] cm para aplicações de força, o que não se verificava com algumas operações. Sugere-se que estas tarefas sejam transferidas para os postos das pré-montagens de modo a ganhar tempo na montagem e executar tarefas com melhores condições.

3.2.5.2. Criação de um ciclo de trabalho no posto

Cada trabalhador deve realizar as suas tarefas dentro do respectivo posto de modo criar qualidade no trabalho e reduzir os eventuais deslocamentos as restantes áreas de trabalho. Para isso, pretende-se que todo o material necessário e indispensável para a montagem esteja dentro do local de trabalho minimizando os deslocamentos.

3.3. Organização dos postos

3.3.1. Metodologia 5S's

Para uma maior organização dos materiais nos postos de trabalho foram utilizadas algumas metodologias para a implementação, como por exemplo o 5S's que permitiu uma maior orientação do ponto de vista de arrumação, local específico para a deposição do material e controlo do mesmo. Objectiva-se na criação de maior área de manobra, na redução do tempo de arrumação do material da palete para a estante e da procura da peça, pois existirão locais específicos para cada material o que facilitará tanto os operários da linha como os de abastecimento. Para evitar a arrumação do material da palete para a estante foi criado um carrinho, designado por “carro de aviamento”, que permite que o material após o aviamento é transportado directamente para o posto.

A aplicação desta metodologia foi iniciada com a selecção dos equipamentos utilizados com muita, pouca ou nenhuma frequência dentro do posto. Dos materiais menos necessários foram identificados que os armários e a estante dos materiais de fixação apenas ocupavam espaço. O bordo de linha continha todo o material necessário na linha, sendo a estante retirada do local em que se encontrava. Quanto ao armário achou-se que não haveria a necessidade de ter um por posto mas bastava um por cada dois postos.

Os materiais indispensáveis, ou seja sempre necessários para a realização do trabalho, foi separado em móveis e fixos e deste modo o chão foi demarcado para que cada material ocupasse o respectivo lugar. As ferramentas móveis acompanham os operários na mudança de postos. Entre essas citam o bordo de linha dos componentes de fixação e aperto, os carrinhos de ferramentas, escadote, cavaletes. Os materiais fixos permanecem nos postos de trabalho. Desses materiais refere-se à estante, banca, armário e entre outros.

3.3.2. Gestão visual

Para além da organização do posto, serão também criados alguns meios para que a informação sobre o estado com que se encontra o trabalho na linha sem a comunicação directa com os operários. Essas informações serão fornecidas através de impressos de identificação das máquinas e do painel de controlo na linha com as datas de início e conclusão das actividades, a equipa, os operários, os postos enfim todas as informações necessárias para a actualização do trabalho realizado no posto. O modo operatório, assim como as restantes fichas de identificação, permitirá acompanhar a evolução do trabalho dos operários na linha e corrigir as falhas no processo que poderão surgir.

3.4. Normalização do abastecimento

A normalização do abastecimento permitirá que um ou mais operários abasteçam a da linha de acordo com o tempo e necessidade da linha. Para além disso associou-se os tempos os componentes e peças ao respectivo tipo de abastecimento prevenindo deste modo que o material chegue a linha quando é realmente necessário.

3.4.1. Separação dos materiais

O objectivo desta divisão consiste no tipo de material existente e necessário para a execução do trabalho em causa. O material será separado em volume grande, pequeno ou médio, e mediante o seu tamanho assim será o tipo de abastecimento associado. O material grande estará associado ao abastecimento em junjo, o médio em carrinho de transporte, que também é abastecimento em *junjo*, e o pequeno em *kanban*.

3.4.2. Tipo de abastecimento

O abastecimento em *kanban* funcionará apenas para o bordo de linha de material de fixação e aperto, pois funcionará a base de caixas. Esses materiais encontram-se em caixas, pois foram dimensionadas pela capacidade das caixas e pelo consumo das máquinas na linha que lhes atribuirá uma determinada duração até que a próxima reposição seja efectuada.

O abastecimento em junjo consiste em abastecer o material à linha mediante a sequência de montagem e a duração de execução das tarefas.

4. Trabalho Desenvolvido

Neste capítulo encontra-se desenvolvida detalhadamente toda a prática do trabalho focado no tema do balançamento da linha de montagem.

4.1. “Standard Work”

O *SW* tem como principal objectivo eliminar todas as operações que não acrescentam valor ao processo sendo um dos princípios fundamentais da redução de desperdícios no chão da fábrica. A prática desse conceito foi bastante utilizada, desde a detecção das falhas, eliminação das mesmas e prevenção para que apenas as tarefas de valor acrescentado vigorassem ao longo do processo de montagem.

A normalização do trabalho foi realizada começando pela identificação e conhecimento do processo de montagem. Ao longo da observação da linha foram verificadas tarefas que poderiam ser realizadas de melhor maneira provocando diminuições do tempo de processamento.

No período destinado a *SW* foram tomadas duas decisões. A primeira decisão pretendia que todo o trabalho realizado dentro do posto fosse efectuado com base no trabalho padrão, descrito no modo operatório criado. Isso é, todos os postos executam o mesmo processo de trabalho para a montagem das máquinas.

Relativamente à segunda decisão, esta foca a imperatividade do operário jamais abandonar o posto, com vista a reduzir as deslocações desnecessárias.

Após a observação da montagem das três máquinas foram analisados os tempos, onde se verificaram alguns desvios provenientes de causas diferentes. Estas estão associadas à variabilidade das máquinas, à demora da realização das tarefas, aos atrasos e às incompatibilidades entre os materiais. À medida que se iam detectando os desvios, foi sugerido que os operários se questionassem sobre o motivo das variações com vista a proceder as melhorias.

4.1.1. Instrumentos utilizados

Foi observado e contabilizado o tempo total de processamento das máquinas em cada posto bem como cronometrado o tempo de execução das tarefas, das faltas e falhas surgidas.

4.1.2. Modo operatório

O modo operatório é uma folha de acompanhamento do processo de trabalho (ver anexo C) que permite verificar a evolução e o desencadeamento de trabalho em cada posto. Para além disso, combina vários pontos, tais como o local, normas de segurança, ferramentas necessárias, tarefas executadas, número de operários, entre outros (Figura 13).

A combinação desses requisitos permitirá averiguar se o trabalho está a ser desenvolvido como planeado, dentro de condições ergonómicas necessárias. Com isto, tencionava-se atingir os objectivos e conseguir os resultados pretendidos.

O levantamento de dados foi realizado com base no modo operatório que descreve os tempos de execução, as sequências de tarefas e respectiva alocação de operários e ferramentas.

4.1.3. Identificação das actividades de valor acrescentado e das mudas

A identificação dos verdadeiros focos de acção na redução de tempos passa pela distinção entre as operações que acrescentam valor ao processo, e as que representam desperdícios, deste modo torna-se possível desagregar o desperdício puro dos desperdícios necessários.



Figura 14 – Tarefas de valor acrescentado (Apertar, furar, montar).

Estas tarefas são as que se pretendem manter no posto de modo a fazer evoluir o trabalho ao ritmo desejado. São designadas como nucleares para o aumento da eficiência dos operários e da produtividade da linha (Figura 14).

4.1.3.1. Desperdício puro

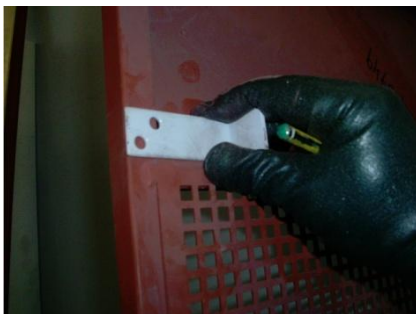


Figura 15 – Marcação e furacão na guarda posterior devido ao erro do fornecedor para cravar fêmeas.



Figura 16 – Rasgo na porta lateral direita para o micro.



Figura 17 – Marcação, Correção de furos e redução de tamanho nas guardas laterais e posteriores

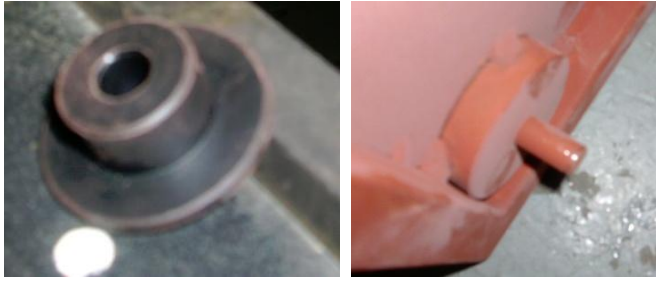


Figura 18 – Figura: Alargamentos do furo de modo a que as peças se ajustem.



Figura 19 - Aumento do diâmetro dos furos devido ao erro de medição

Devido ao erro de desenho os furos e rasgos são traçados e posteriormente furados de modo a que os restantes componentes se acoplam. Por vezes essas rectificações implicam voltar à retocar e pintar.



Figura 20 – Figura: Transporte de material de um posto de pré-montagem para o posto de montagem

O transporte do material é realizado por um operário que abandona o posto de trabalho na devida altura em que o material é preciso para a respectiva montagem. O transporte poderá ser evitado encarregando o *mizusumashi* de o fazer. Para que seja possível o abastecedor deveria depositar material no posto minutos antes da montagem. Devido a limitação de espaço no posto não será possível que isso aconteça. Por esta razão o próprio operário continuará a transportar esse material ao posto até que formas apropriadas de transporte seja possível. Nessas condições esta tarefa apresenta-se com um desperdício necessário.

4.1.3.2. Diagrama de *Spaghetti*

O diagrama de *spaghetti* representado na figura 21 mostra os deslocamentos realizados pelos montadores quando são necessárias alterações nas peças, transporte de material e idas à pintura. Alguns desses deslocamentos poderão ser minimizados, como por exemplo os acertos dos tubos, através da preparação dos mesmos nas pré-montagens. Ou seja, poderá ser produzido uma série de tubos e colocados num local referenciado e posteriormente abastecido à linha pelo *mizusumashi* de modo a evitar tais deslocamentos.

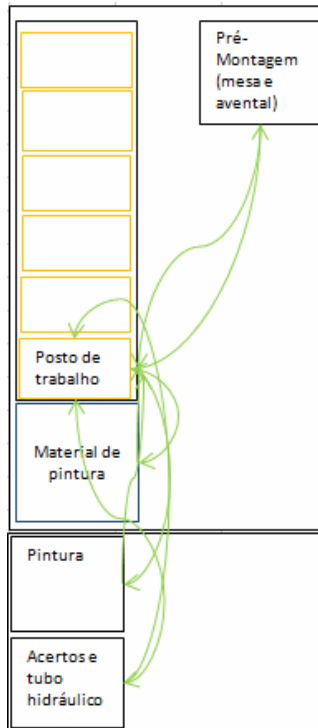


Figura 21 – Deslocamentos desnecessários dos operários no pavilhão de montagem (diagrama de *Spaghetti*)



Figura 22 – Preparação do material no posto de trabalho

As tarefas não ergonômicas para além de serem difíceis de executar também aumentam o tempo de processo. Na figura nota-se que a altura da paleta não é adequada para a tarefa que se pretende executar. Estas tarefas poderiam ser transferidas para as pré-montagens hidráulicas ou mecânicas de modo a reduzir o tempo de montagem uma vez que devido a limitação do espaço não é possível criar bancas com as devidas alturas.

4.1.3.3.Desperdício necessário



Figura 23 – Subidas e descidas sucessivas para mudanças de ferramentas.

Os desperdícios necessários, como por exemplo descidas e subidas do escadote para mudanças de ferramentas, poderão ser melhorados através de meios que produzirão um trabalho ergonómico e eficiente. Um dos meios baseia-se na criação de um suporte de ferramentas onde é depositado todas as ferramentas (máquina de furar e apertar, pistola de ar e brocas) evitando esses movimentos. Este meio será implementado no escadote, pois o motivo das subidas deve-se aos furos da parte superior da máquina. Para além da mudança de ferramenta também os deslocamentos à palete, ao bordo de linha e as restantes ferramentas são considerados desperdícios necessários.

4.1.3.4.Diagrama de *Spaghetti*

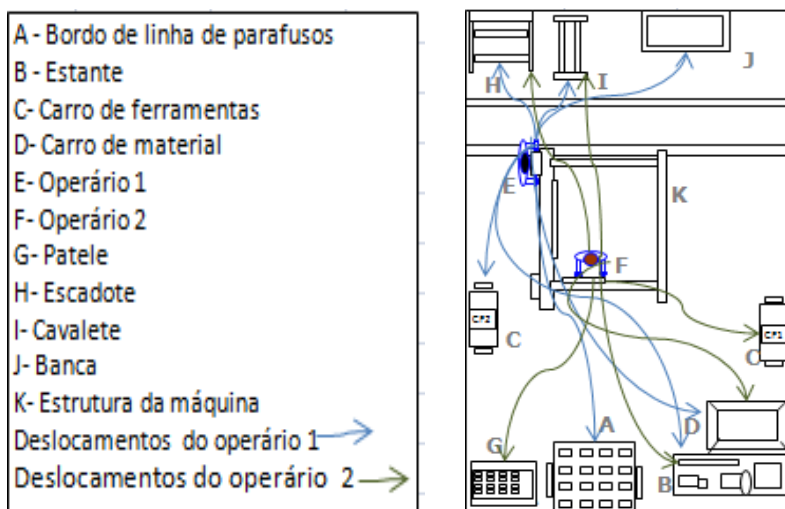


Figura 24 – Deslocamentos necessários dos operários dentro do posto

Para além do abandono dos postos para procura de material, também se verificam sucessivos deslocamentos dentro de posto que de uma forma directa não contribuem para a redução dos desperdícios. Alguns desses deslocamentos foram minimizados criando zonas estratégicas para a localização dos materiais e equipamentos. Um dos casos é o bordo de linha, sendo o

material utilizado pelos operários, este deverá estar a meia distância de modo a que não percam tempo a deslocar-se. Outro equipamento bastante utilizado é o carinho de ferramentas que deverá ficar sempre próximo de cada operário. Os restantes materiais possuem um lugar fixo, mas estratégico, pois devido a limitação do espaço não possibilita muita alteração.

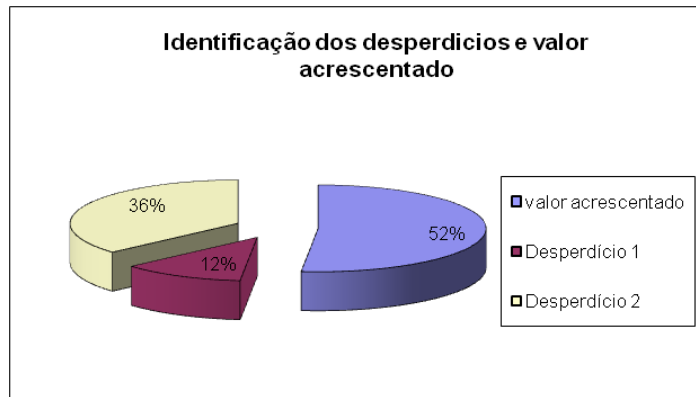


Gráfico 1 – Percentagem das tarefas de valor acrescentado e de desperdícios

4.2. Organização do posto de trabalho

4.2.1. Metodologia 5S's

A metodologia 5S's foi aplicada num dos postos da linha de montagem de quinadoras com o intuito de arrumar e manter o posto de trabalho sempre organizado, descobrir com facilidade o material em falta e sobretudo para simplificar a execução das operações.

4.2.1.1. Selecção do material ou equipamento

No posto de trabalho foram seleccionados todos os materiais ou equipamentos com pouca utilidade através de uma etiqueta vermelha. Esses materiais foram retirados do posto de modo a que o espaço fosse libertado e ocupado com outros equipamentos. Desses materiais destacam a estante com os componentes de fixação e aperto que continuava no posto apesar da implementação do bordo de linha de material de fixação e aperto. Adicionalmente os armários estavam sub-ocupados, pelo que se alocou um armário por cada dois postos.



Figura 25 – Utensílio de baixa utilidade

4.2.1.2. Marcação do posto de trabalho

Para que no posto ficasse especificado a localização de cada material, o espaço foi demarcado de modo a diferenciar o material fixo do móvel nele existente. Toda a ferramenta que na

mudança do posto acompanhava o operário foi designada por material móvel enquanto o material que se encontrava permanente no posto designou-se por equipamento fixo.



Figura 26 – Marcação do posto de trabalho diferenciando as ferramentas fixas dos

4.2.1.3. Limpeza do posto de trabalho

No posto de trabalho todo o lixo é misturado, a para das chapas, os plásticos do invólucro das matérias os resíduos e embalagens dos alimentos, os papéis.

Para melhorar o ambiente de trabalho foi sugerido a criação de um mini-ecoponto de modo a que o lixo fosse separado e tratado.



Figura 27- Limpeza e arrumação dos postos

5.2.1.4 Situação inicial e final do posto de trabalho após a aplicação da metodologia dos 5S's

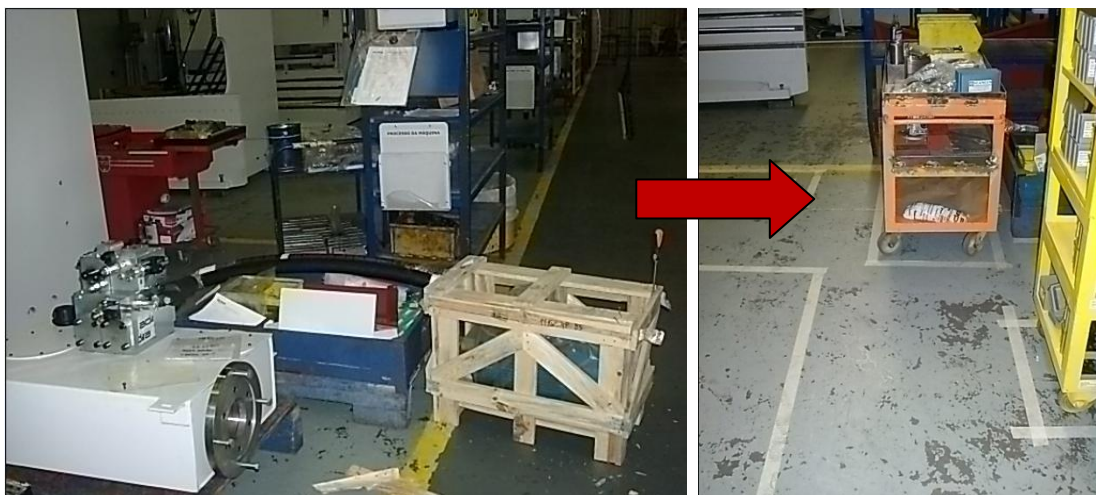


Figura 28 – Situação inicial e final do posto de trabalho

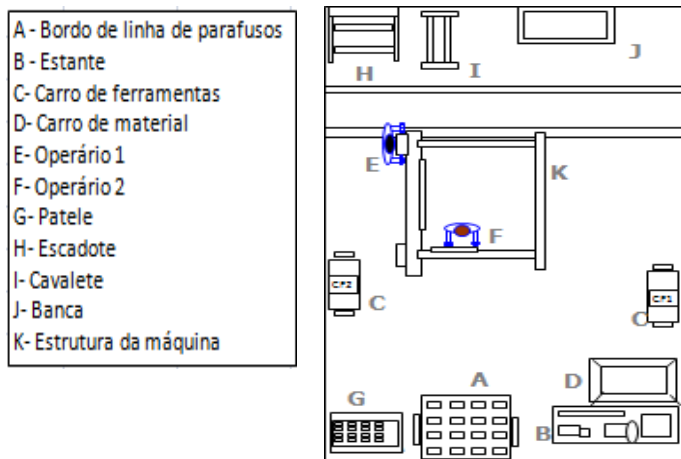


Figura 29- Posto de trabalho após a implementação dos 5S's

4.2.2. Gestão Visual

A gestão visual do posto de trabalho permitirá acompanhar e controlar a evolução do trabalho e os desvios que poderão surgir ao longo do trabalho.

Para que seja possível, de uma forma imediata, obter informação sobre o ponto de situação da montagem foi implementado o modo operatório, e sugeriu-se a implementação de fichas de identificação da máquina. Com o modo operário pretende-se controlar a sequência das tarefas, ou seja, verificar se o trabalho é realmente executado tal como indica a sequência. As fichas de controlos fornecerão informações relativamente às máquinas em cada posto e às máquinas à entrar na linha. A ficha de identificação da máquina permite que a equipa de controlo esteja informado a respeito da máquina que está a ser montada, o cliente para onde a máquina é destinada, a data de início e de conclusão de montagem, e consequentemente os dias de atrasos que poderá ocorrer devido anomalia (ver anexo B).

4.2.2.1. Modo operatório

Presente em todos os postos, este permitira acompanhar todo o trabalho realizado pelos operários (Anexo C).

4.2.2.2. Identificação das equipas por postos



Figura 30 – Identificação das equipas no posto de trabalho

Cada equipa de trabalho possui uma bandeira de identificação do tipo de operação. Esta bandeira deverá acompanhar a equipa cada vez que seja executada a mudança de posto, de modo a ser visível qual a operação a ser executada num dado instante. O contrário acontece com o posto sendo este fixo. Para além disso também encontram documentos relativos a cada máquina (Anexos D, E, F).

4.2.2.3. Identificação das máquinas por posto

As máquinas são identificadas de modo a que cada supervisor, ou outro funcionário, tenha a orientação e conhecimento da mesma sem ter de interromper o trabalho dos operários da linha. A ficha de identificação da máquina tem como referência, o cliente, o modelo, as data de início e conclusão da montagem e possíveis dias de atrasos.

4.2.2.4. Identificação das máquinas na linha

Futuramente, sugeriu-se a criação de um “PAINEL de CONTROLO” que manterá toda a linha informada da situação actual da máquina relativamente as datas de entrada, conclusão e os atrasos que poderão surgir. Esta informação será baseada nas datas de início e conclusão por posto, da equipa de trabalho, máquina a entrar e a sair da linha. Permite maior controlo pois muitas vezes devido ao mau planeamento invertem-se as prioridades para cumprimento de prazos, retomando posteriormente o ritmo normal.

4.3. Normalização do abastecimento

A normalização do abastecimento do material tal como a SW, foi uma das soluções para a estabilização da linha de montagem. O abastecimento inicialmente era realizado de uma forma desprogramada onde o material chegava a linha pela sua existência no armazém. Quando existia o material, ele era totalmente depositado no posto independentemente da ordem de montagem.

4.3.1. Separação dos materiais e suas localizações

A separação foi feita a partir da estrutura de engenharia, onde constava todo o material necessário para a montagem da respectiva máquina. Devido a diferentes tipos de materiais existentes para a montagem da máquina, estes foram separados de modo a ter apenas material necessário para às máquinas da linha de montagem. Cada conjunto de material separado foi associado ao seu respectivo tipo de abastecimento.

4.3.2. Divisão dos abastecimentos

A divisão dos abastecimentos foi feita de modo a localizar os materiais e sobretudo diferenciar o que é realizado em junjo, *kanban* ou em carrinho de aviamento. Esta divisão também permitiu que identificasse todos os pontos pelos quais o material deveria estar disponível.

4.3.3. Volume, transporte e abastecimento

O tamanho do material foi distinguido de três modos: o material com grande volume cujo abastecimento é realizado em junjo e transportado em paletes, material de volume médio onde a linha é abastecida por meio de um carrinho de transporte e por fim o de pequeno volume cujo abastecimento é feito por meio de caixas designado por abastecimento em *kanban*. Os materiais de grande volume foram distinguidos em 5 grupos: o cilindro e o depósito, o quadro eléctrico e o pendural, as blindagens, a régua do esbarro e o eixo x, a mesa e o avental, e ao posto são abastecidos através de *picking* na zona de montagem pelo sistema *kanban*. Este tipo

de abastecimento foi designado por abastecimento em junço. O material de volume médio foi associado ao abastecimento por aviamento.

4.3.4. Trajecto do mizusumashi

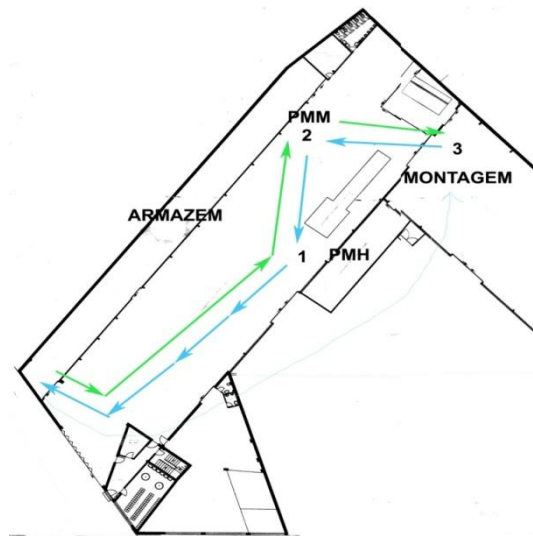


Figura 31 – Trajecto do bordo de linha do *mizusumashi*

Para esse tipo de abastecimento o *mizusumashi* inicia a rota no armazém. O uso do carrinho de armazém permite-lhe recolher as caixas vazias em cada posto começando pela montagem, passando pela pré-montagem mecânica (PMM), e por último pela hidráulica (PMH). Após a recolha das caixas vazias o *mizusumashi* regressa ao armazém onde estas são enchidas. Iniciando no armazém e passando pela PMH, PMM e montagem os bordos de linha são abastecidos com as caixas cheias de acordo com o respectivo *kanban*. Esse tipo de abastecimento será realizado duas vezes ao dia durante a semana. Este período garantirá a disponibilidade de peças na linha.

4.3.5. Abastecimento em junço

Nesse tipo de abastecimento o material é fornecido à linha associando as tarefas ao tempo de ciclo do *mizusumashi*, a sequência e a duração de montagem. Os materiais para este tipo de abastecimento serão localizados na pré-montagem mecânica e hidráulica e no armazém das ferramentas. O *mizusumashi* vai passando pelo posto e mediante a capacidade do meio de transporte e a necessidade da linha assim será o material a transportar. Esse abastecimento será realizado por *picking*, através de uma folha contendo todo o material disponível. A medida que o material é fornecido à linha coloca-se um visto de confirmação à referida folha de *picking*.

4.3.6. Abastecimento em carrinho de aviamento

Todo o material é depositado num carrinho de armazém, e após o carregamento ele é transportado à linha. O *mizusumashi* possui uma lista com todo o material necessário para a montagem. O material é colocado no depositado no carrinho onde após o enchimento é transferido para a linha.

No regresso dos abastecimentos dos postos, o *mizusumashi* responsabiliza-se também pela recolha das caixas vazias, e no carrinho levado ao armazém para o novo aviamento são depositadas as caixas de modo a serem enchidas e posteriormente trazidas e abastecidas ao bordo de linha.

4.4. Melhorias conseguidas

Após a identificação dos desperdícios, e de verificar constantes acontecimentos que de uma forma drástica prejudicava a linha e de perceber as causas agiu-se prontamente de modo a reduzir essas falhas. As primeiras medidas tomadas foram as de minimizar o abandono dos operários do posto de trabalho.

4.4.1. Bordo de linha

Quando se criou o bordo de linha de componentes de fixação e de aperto já existia no posto uma estante com alguns materiais necessários para a montagem da máquina, e além disso era uma estante fixa o que implicava o deslocamento a esse posto sempre que precisava de parafusos ou material do género. O contrário acontece com o bordo de linha implementado, pois esse acompanha os operários sempre na mudança dos postos de trabalho e contém todo o material de fixação indispensável para a montagem das máquinas.

A criação do bordo de linha consistiu na obtenção de todos os componentes necessários o mais próximo possível do operário. Tal como o material em *kanban* também tenciona-se criar bordos de linha para os materiais de maior volume.

4.4.2. Normas de abastecimento do bordo de linha

O bordo de linha dos órgãos de fixação é abastecido duas vezes por semana. Cada artigo desse bordo possui dois *kanbans* onde, ao ser consumido e esvaziado uma das caixas, será garantido que até ao próximo abastecimento não ocorrerá falta desse material. O material é consumido, e quando uma caixa é esvaziada esta é depositada numa prateleira devidamente identificada e designada por “prateleiras das caixas vazias” (Anexo I). O *mizusumashi* responsável pelo abastecimento em *kanban* recolhe todas as caixas vazias que posteriormente são enchidas no armazém e de novo colocadas no respectivo lugar de acordo com a referência do artigo.

Devido a má utilidade do bordo de linha foi elaborado uma norma de modo a que haja bom uso do sistema implementado (Anexo H).



Figura 32- Implementação do bordo de linha implementado

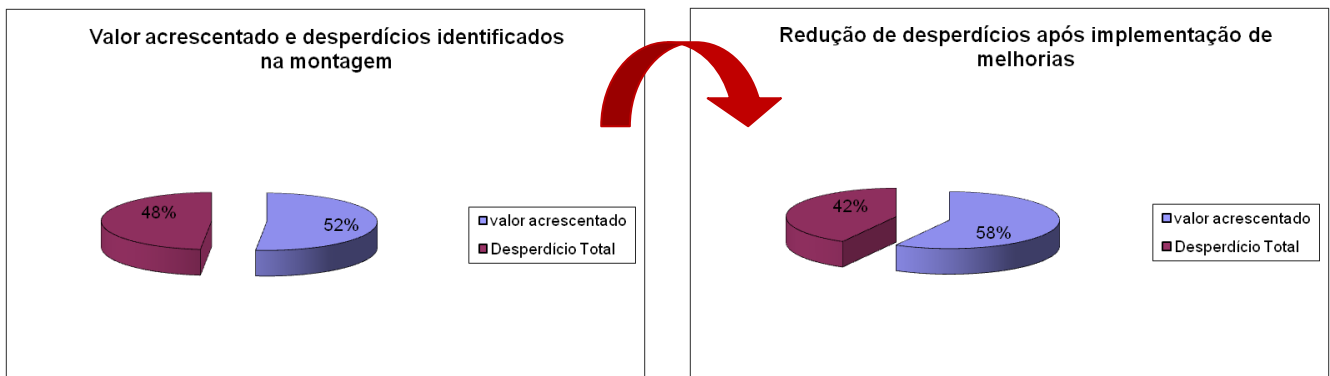


Gráfico 2 – Melhorias Obtidas

4.4.3. Redução de tarefas nas novas máquinas

Com a entrada das máquinas *LOW COST*, e devido as dificuldades que se pretendiam ultrapassar com a actual crise económica global, algumas tarefas foram eliminadas contribuindo deste modo na redução do tempo de processamento das máquinas. A redução das tarefas contribuiu com uma diminuição de aproximadamente cinco horas.

Devido as mudanças ocorridas nas máquinas de linha, algumas operações foram eliminadas e outras reduzidas o tempo de montagem. Com essas reduções o *lead-time* diminuiu e a máquina passou a ser montada em menos horas que inicialmente.

4.5. Balanceamento da linha de Quinadora

O balanceamento da linha foi realizado em função do *takt-time* e da eliminação de alguns desperdícios verificados na linha aquando da montagem. Devido a não implementação de todas as soluções previstas, o balanceamento foi feita apenas com as melhorias conseguidas.

4.5.1. Relação sequencial entre agrupamentos e tempo de processamento

A montagem da máquina é realizada mediante a sequência dos agrupamentos que por sua vez agrupam um conjunto de tarefas. Este procedimento deve ser respeitado de modo a que cada tarefa seja executado em tempo real. Na linha verificou-se mudanças de tarefas que resultou no dobro do tempo na montagem devido a não cumprimento da sequência.

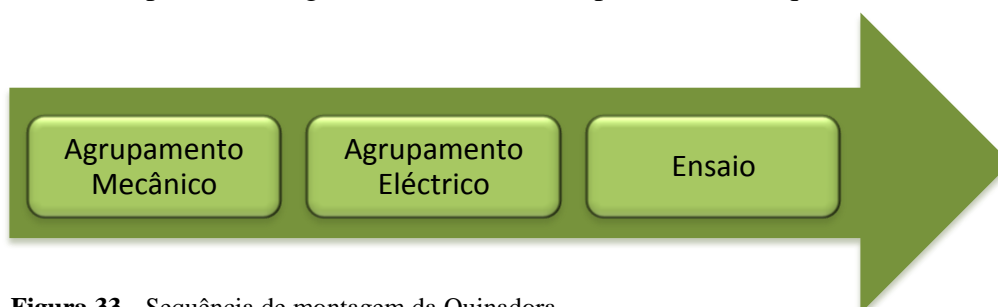


Figura 33 - Sequência de montagem da Quinadora

4.5.2. Procura do mercado

mercado. Mediante a variação da procura assim será a flexibilidade da empresa em ajustar a sua produção a necessidade dos clientes. Esse ajustamento é dado pelo *takt-time*.

A procura actual do mercado é de vinte máquinas mensais e a empresa objectiva-se em ajustar de tal modo os seus recursos a que seja possível produzir atempadamente a quantidade necessária para satisfazer os clientes.

4.5.3. Tempo de trabalho disponível da linha

A linha trabalha com um único turno em dois períodos. O primeiro período inicia-se das oito sendo, o trabalho é retomado às treze horas e trinta minutos até às dezassete horas. Durante todo o ano o trabalho é realizado segundo esse horário, excepto o período de férias em que a empresa se encontra fechada durante três semanas. Assim sendo, o tempo de trabalho da linha totaliza vinte dias úteis por mês.

4.5.4. “Takt-time”

O tempo que compassa a produção será dado pela razão entre o tempo de trabalho disponível da fábrica e a procura do mercado. A flexibilização da empresa está associada ao aumento ou diminuição da procura, e conseqüentemente a variação do takt-time. Este tempo foi obtido através da expressão seguinte:

$$T_t = (\text{Tempo de produção disponível}) / (\text{Procura mensal } (P_c))$$

Tabela 1 – cálculo do tempo de ciclo

Cálculo do takt-time (Tt)		
Procura mensal (Pc)	Tempo de produção mensal – Tp (dias)	Tt = Tp / Pc (dias)
20	20	1

Do resultado, concluiu-se que para uma procura de vinte máquinas em cada dia a empresa deve produzir uma máquina por dia.

4.5.5. Tempo de ciclo e “Gargalo do sistema”

O *takt-time* pretendido é de oito horas, e o tempo de ciclo de dezoito horas, para que a linha fique balanceada o tempo de ciclo deve igualar-se ao *takt-time* ou então ajustar a produção de modo a que a procura seja correspondida. O tempo de ciclo corresponde ao tempo de ensaio da máquina, sendo este a operação de maior duração. Para os onze postos considerados, o tempo de ciclo na prática será de dezoito horas, no entanto pretende-se igualar o tempo de ciclo ao *takt-time* de 8h. Para que objectivo seja atingido aloca-se dois operários por posto excepto no posto de ensaio, mas entretanto foi necessária a possibilidade da criação de dois postos para cada equipa resultando deste modo num tempo de ciclo de nove horas.

Tabela 2 – Tempo de processamento de cada agrupamento

	Agrupamento		
	Mecânico	Eléctrico	Ensaio
Tempo de Execução das tarefas de cada agrupamento (horas)	35	35	18

4.5.6. Lead-time da quinadora

O lead-time corresponde ao tempo total necessário para produzir uma quinadora. Esse tempo corresponde ao somatório dos tempos de processamento dos três agrupamentos e totaliza oitenta e sete horas sendo este o tempo pelo qual a linha foi balanceada.

$$Lt = \sum \text{Tempos de execução de cada agrupamento}$$

4.5.7. Lead-time antes do balanceamento

O lead-time da quinadora antes do balanceamento da linha indica de uma forma explícita o comportamento da linha antes do balanceamento. Estes tempos, frutos da desordem da linha e dos abusivos desperdícios identificados são demonstrados a partir do gráfico.

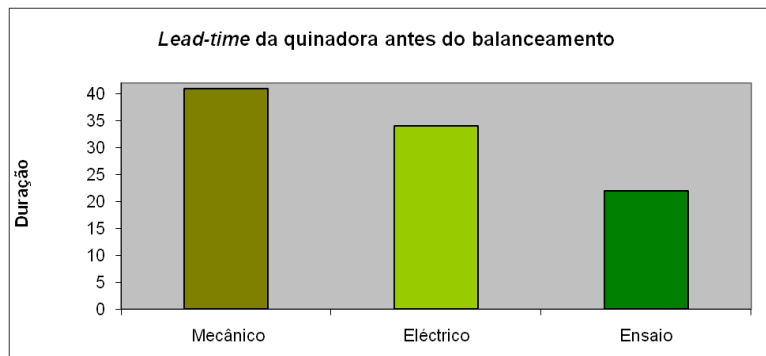


Gráfico 1 - *Lead-time* da quinadora antes do balanceamento

4.5.8. Equilíbrio nos tempos de execução

Devido às faltas do material na linha, as tarefas entre os operários eram saltadas de modo a reduzir o tempo ocioso. Estas trocas levaram a total desequilíbrio na carga horária dos operários proporcionando tempo de trabalho diferente entre operários. Após a primeira montagem da máquina obteve-se um desvio de 11 horas. A medida que a máquina ia sendo montada era ajustada a carga horária de modo a diminuir a discrepância de valores. O ajustamento foi realizado por transferências de tarefas dos operários de maior carga para os de menor carga.

Dada às causas apontadas como desperdícios na montagem das quinadoras, o tempo entre as operações dos operários são diferentes e o principal motivo deve-se a troca de tarefas de modo a diminuir o tempo de espera em vazio. As trocas realizadas na primeira montagem não foram pensadas de modo a que os tempos ficassem equilibrados, pois eram feitas em função do número de tarefas e não na duração de cada tarefa trocada.

Tabela 3 – Equilíbrio de tempo entre os operários

Ajustamento dos tempos entre os operários após cada montagem			
Referências das máquinas	Recursos		Desvios entre os operários
	Rec.1	Rec.2	
QIHD : 11030 ZZ: 12665	29,47	18,32	11,15
QIHD : 15030 ZZ: 12665	21,88	18,70	3,18
QIHD: 15030 ZZ: 12656	24,04	25,96	1,92

4.5.9. Ajustamento dos tempos entre os agrupamentos

Para o balanceamento do tempo entre os agrupamentos foram considerados os tempos de processamento da máquina após as melhorias conseguidas na linha. Para que o trabalho na linha seja contínuo e o tempo de espera reduzido entre os agrupamentos e postos de trabalho, o tempo de processamento entre as máquinas devem ser iguais ou aproximadamente iguais.

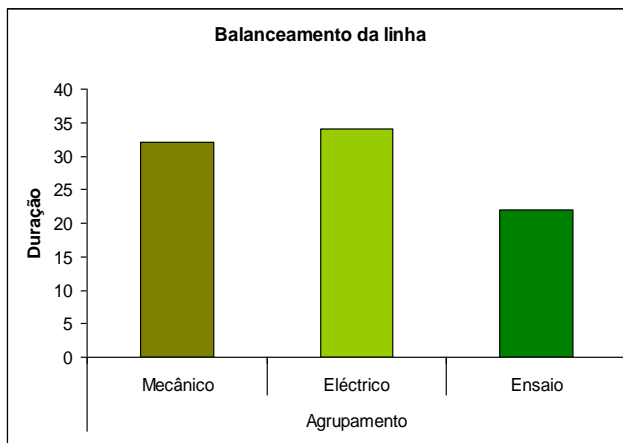


Gráfico 3 - Lead-time após as melhorias

Esses tempos, para além de serem iguais devem estar o mais próximo possível do takt-time de modo a cumprir com o prazo estabelecido.

Como que se pode comprovar, existe variações entre os tempos de montagem dos agrupamentos. O equilíbrio foi feito com base no número de operários por agrupamentos.

4.6. Balanceamento do tempo de processamento entre os agrupamentos da linha de quinadora

O balanceamento foi conseguido através da transferência de tarefas do agrupamento eléctrico para agrupamento mecânico e de ensaio para o eléctrico. Esta passagem foi realizada desta forma devido à necessidade da sequência de montagem entre os agrupamentos, pois para que seja realizada qualquer operação de ensaio a máquina antes deve encontrar-se totalmente montada.

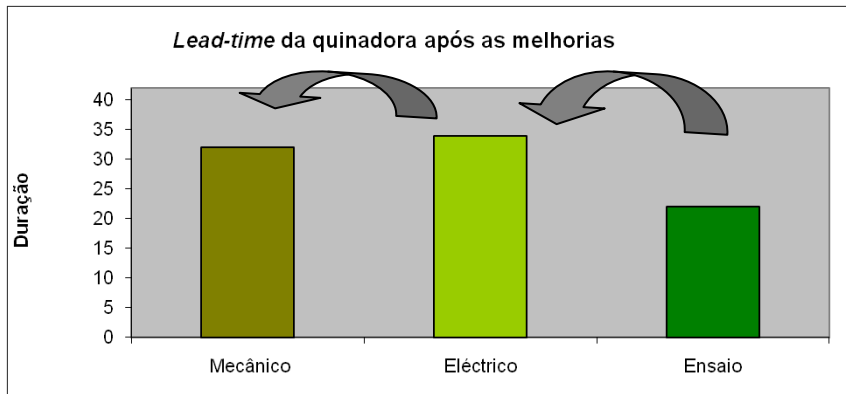


Gráfico 2 – Transferência de tarefas entre os agrupamentos

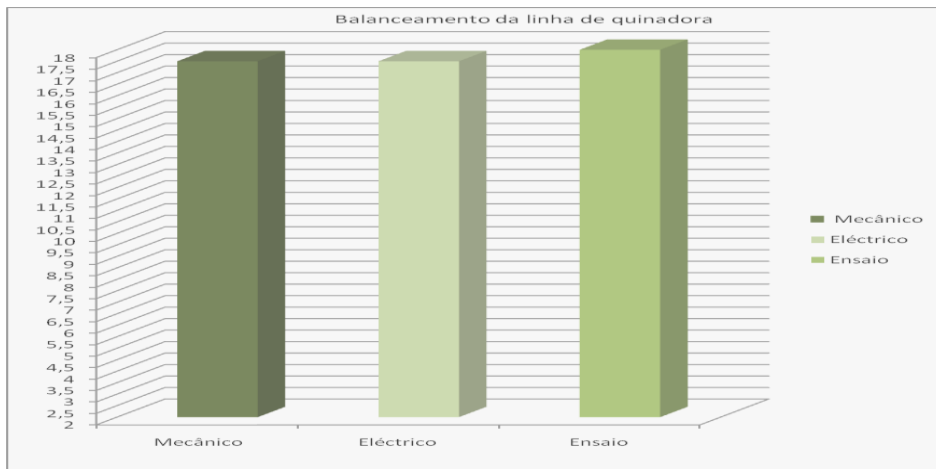


Gráfico 3 – Tempo de processamento balanceado entre os agrupamentos

Como o tempo de montagem do agrupamento eléctrico é superior ao tempo de montagem do mecânico, e além disso são transferidas mais horas de trabalho de ensaios para o agrupamento eléctrico, leva a que o tempo de montagem seja de trinta e cinco horas o equivalente a dezassete horas e meia se realizado por dois recursos. O mesmo acontece com o agrupamento mecânico, contudo o agrupamento de ensaio é de dezoito horas.

4.7. Balanceamento do tempo de montagem através da afectação das tarefas por postos

Na afectação das tarefas por posto foi obtido com base no número mínimos de postos, a equipa e o tempo da tarefa de maior duração. A partir dessas condições foi estipulado que ao atribuir as tarefas nos postos a soma total dessas tarefas não podiam ultrapassar o tempo de ciclo equivalente a dezoito horas. Dado ao objectivo, aproximar o tempo de ciclo do takt-time, os recursos foram ajustados de modo o tempo mais demorado seja de nove horas pois as actividades do ensaio são realizadas em dois postos cada um com um operário. Deste modo, atingiu-se o resultado satisfatório, mas não o ideal, do balanceamento tendo aproximado bastante os dois tempos (ver anexo A).

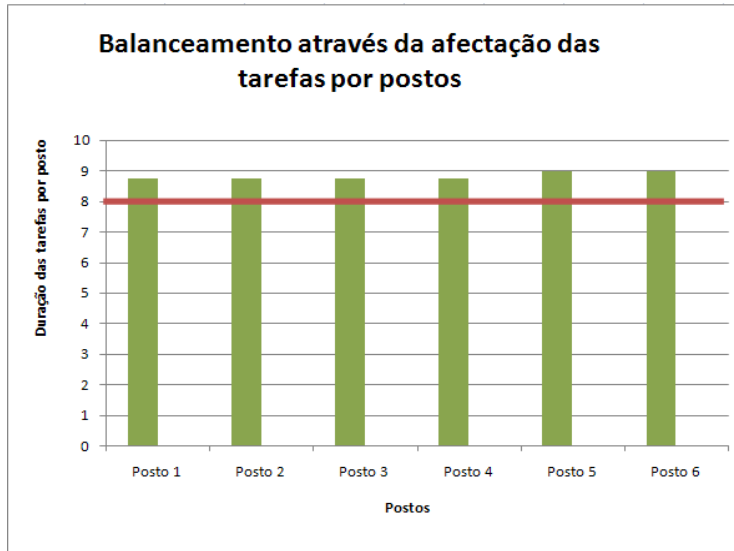


Gráfico 4 – Balanceamento da linha com tempo de ciclo igual a nove horas

4.7.1. Como igualar o tempo de ciclo ao takt-time

Para que o tempo de ciclo seja igual ao *takt-time* é necessário reduzir o *lead-time* da máquina e para que isso aconteça deve-se transferir, reduzir ou eliminar algumas operações do processo de montagem para outras áreas de actividade. Durante o período de montagem verificou-se que alguns materiais eram preparados no posto de trabalho. Esta é uma das hipóteses para a redução do *lead-time* da máquina, ou seja, passando algumas tarefas da montagem para a pré-montagem, operações equivalentes a cinco horas.

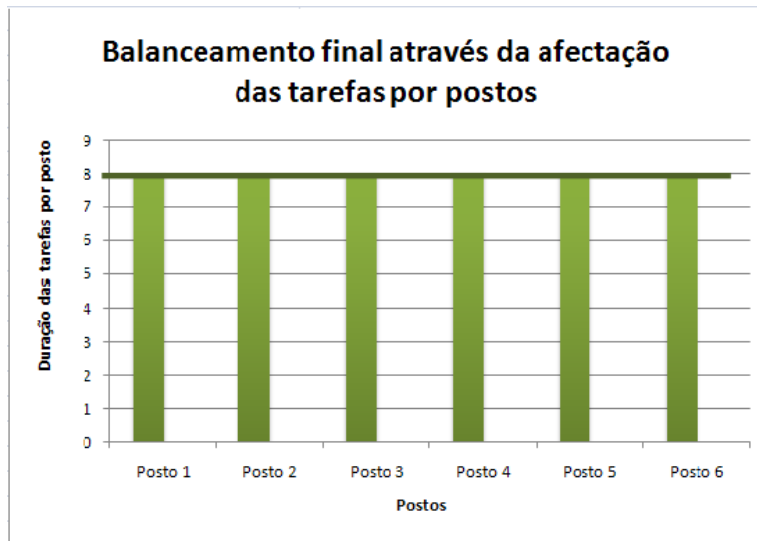


Gráfico 6 – Balanceamento final com takt-time igual ao tempo de ciclo

Sendo o objectivo igualar o tempo de ciclo ao takt-time de modo a que seja possível com o número de recursos disponíveis atender as necessidades surgidas.

4.7.2. Número teórico mínimo de postos

Para que a linha fique bem balanceada foi necessário saber qual o número de postos e através do takt-time, afectar as tarefas por posto. O cálculo do número de posto permitirá saber o número mínimo de posto para que a carga de trabalho em função das actividades encadeiem levando ao tempo mínimo de folga em cada posto.

O número de posto foi determinado através da seguinte fórmula:

$$Nt = \text{Lead time (Lt)}/\text{Tempo de ciclo (Tc)}$$

O número teórico mínimo de postos necessários para balancear a linha é onze tal como mostra a tabela 4, o que leva a ter um homem em cada posto.

Tabela 4 – Número mínimo teórico de postos com um operário por posto

Número mínimo de postos				
<i>Lead-time</i> (Horas)		<i>Takt-time</i> (Horas)	Nº de postos	Nº de operários por posto
Depois do balanceamento	88	8	11	1

Tabela 5 – Número mínimo teórico de postos com dois operários

Número mínimo de postos em função do Tempo de ciclo				
<i>Lead-time</i>		Tempo de ciclo	Nº de postos	Nº de operários por posto
Depois do balanceamento	88	9	6	4 Postos com 2 operários em cada um e dois postos cada um com um operário.

Sendo o objectivo fulcral, igualar o tempo de ciclo ao takt-time, deste modo o balanceamento é realizado com base nas equipas de trabalho e considerando dois postos com dois operários do agrupamento mecânico e eléctrico, e mais dois postos em que apenas necessitam de um operário por posto, como indica a tabela 5.

4.7.3. Número de operário por agrupamentos

$$No = (\text{Tempo de execução})/(\text{tempo de trabalho disponível})$$

Tabela 6 – Número de operário por agrupamento

Operários por agrupamento			
Agrupamento	Tempo de Execução	Tempo de trabalho disponível (mensal)	Número de operário por agrupamento (No)
Mecânico	32	20 Dias	2
Eléctrico	34		2
Ensaio	22		1

O cálculo do número de operários por processo corresponde a necessidade de operários para realizar trabalho equivalente a um determinado período de tempo e para um dos

agrupamentos. Esse valor foi obtido a partir do tempo de trabalho executado por cada agrupamento dividido pelo tempo de trabalho disponível.

Deste modo conclui-se que o agrupamento mecânico necessita de dois operários, dois também para o agrupamento eléctrico e um para o ensaio.

4.8. “Mura Station”

Todo o balanceamento que se tem feito até agora está associado a uma máquina simples, ou seja, sem variabilidade em algumas das tarefas. As tarefas designadas por variáveis são tarefas da opção dos clientes e por este motivo são frequentes, pois a maioria de máquinas montadas por mês é não *standards*.

Tabela 7 – Tempo das variabilidades

<i>Mura</i> (s)			
Variáveis	Agrupamento e respectivo tempo		
	Mecânico	Eléctrico	Ensaio
Mesa Bombeada (MB)	7 Horas	2 Horas	30 Min
Segurança (S)	2h30min	2 Horas	1 Hora
Eixo R (Er)	3 Horas	3 Horas	45 Min

As *muras* sendo tempos extra causados pela variabilidade nas tarefas montadas, quando se verificar na montagem da máquina simples esse tempo deve ser absorvido por um ou vários postos extras de modo que não haja tempo de espera dos operários nos postos.

Para que os tempos de variabilidade sejam absorvidos, foram criados postos extras designadas por *muras stations* de modo a que esses tempos sejam absorvidos sem que haja a necessidade de interrupções da linha. Estas permitirão que na presença de variabilidade estejam operários disponíveis para absorver os tempos. Para isso os operários deverão deslocar-se dos seus postos até aos postos *muras* para a antecipação das tarefas. A outra hipótese é a da linha especificar os operários nos postos *muras* para que seja possível reduzir os tempos de espera.

Foram consideradas três *muras stations* associados aos postos normais de trabalho o que implica que na presença de variabilidade da máquina, os operários de um agrupamento deslocavam a outros postos e realizavam trabalhos em simultâneo, equivalentes ao tempo da *mura*, de modo a compensar o seu tempo ou então ocupado de um outro modo para que ninguém fique parado a espera.

4.8.1. Matriz das *muras*

Das vinte máquinas montadas mensalmente, catorze são não *standards*, ou seja, apresentam variabilidade. As restantes seis máquinas são normais. As máquinas normais são as que na sua constituição não se presencia a montagem da mesa bombeada (MB) e do eixo R (ER), mas apenas do segurança (S).

Tabela 8 - Matriz representando o número de máquinas não standards

	MB	S	Er	MB, S, Er
MB	1	2	2	
S		1	4	
Er			1	
MB, S, Er				3

Tabela 9 - Percentagem das máquinas normais e não standards

Maquinas	Quantidade	Percentagem
Normais	6	30%
Não Standards	14	70%
Total	20	100%

As máquinas deverão ser introduzidas na linha de modo a reduzir a variabilidade e o número de postos “*muras*”. Para isso serão combinadas de modo a criar uma sequência óptima não permitindo tempo de espera entre os postos.

4.9. *Layout* da linha após balanceamento

Numa linha de montagem várias são as configurações que se podem adoptar. Esta adopção é realizada em função dos recursos disponíveis de modo a ajustar o tempo de ciclo, da capacidade do espaço da linha, da possibilidade da troca das tarefas e entre outros. Além disso fundamenta-se na minimização dos custos.

Para que a linha produzisse as quantidades necessárias de modo a atender a procura, todos os recursos necessários foram combinados. Isso acontecia tendo em conta o arranjo da linha, a disponibilização dos postos e sobretudo a afectação óptima dos recursos.

Pelo cálculo realizado o número mínimo de postos necessários foi onze o que implica ter um operário por posto. Sabendo que o takt-time é de nove horas e havendo possibilidade de ter três equipas na linha, entretanto passou a ter seis postos o que totaliza dez operários. Os operários são divididos do seguinte modo entre os postos. No agrupamento mecânico operam dois operários em cada posto e no eléctrico também dois, enquanto no ensaio é necessário um operário por posto.

Para a definição do *Layout* da linha Foram analisadas quatro configurações de modo a ver qual melhor ajustava o tempo de ciclo ao takt-time, a capacidade do *gamba* e o output desejado.

4.9.1. 1ª Configuração (contagem)

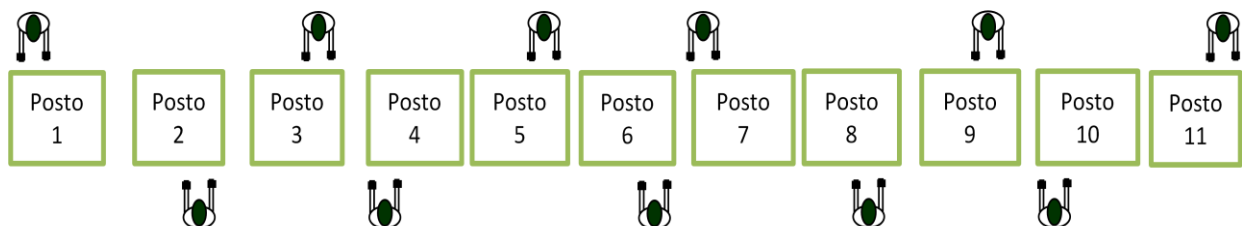


Figura 34 -*Layout* da linha com um operário por posto

O número mínimo de postos necessários são onze, mas devido as limitações da linha tal configuração não será levada em consideração. Se na linha existir onze postos para a montagem normal, o que não se verifica, não haverá capacidade na linha para a existência das *muras stations* e das inspecções. Esta configuração era considerada caso os operários fossem electromecânicos. Além disso devido ao equilíbrio entre os postos. Não se verificando tal condição, esta configuração é automaticamente rejeitada.

4.10. 2ª Configuração

As duas linhas trabalham em paralelo dando o início ao trabalho no mesmo dia e ao fim de dois dias sai duas máquinas. Cada linha ao fim de vinte dias produz dez máquinas, o que totaliza no final vinte máquinas igual a procura do mercado. A cadência com que a máquina é produzida afasta bastante do takt-time pretendido, um dia.

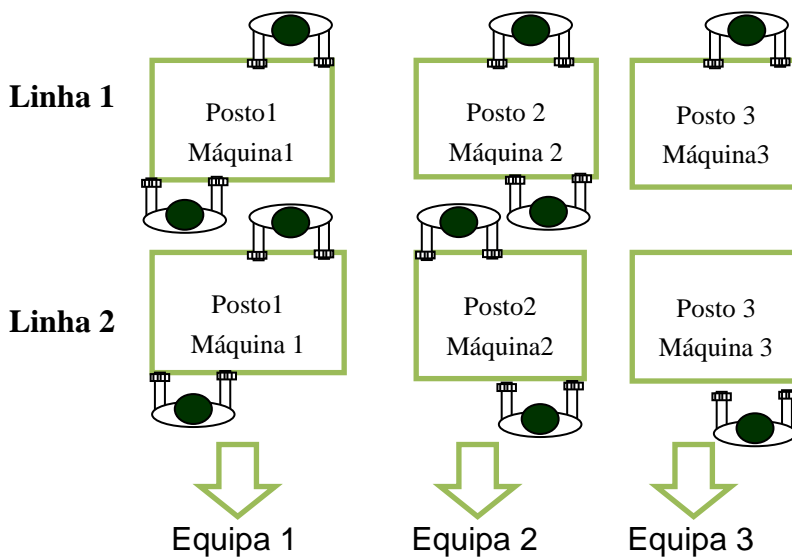


Figura 34 – Layout da linha de montagem de quinadora com trabalho em paralelo

4.10.1. 3ª Configuração

Nesta configuração, a produção é ritmada ao ponto de obter uma máquina ao fim de cada dia de trabalho. Entre as linhas existe desfasamento de um dia, o que leva a que diariamente seja produzida uma máquina.

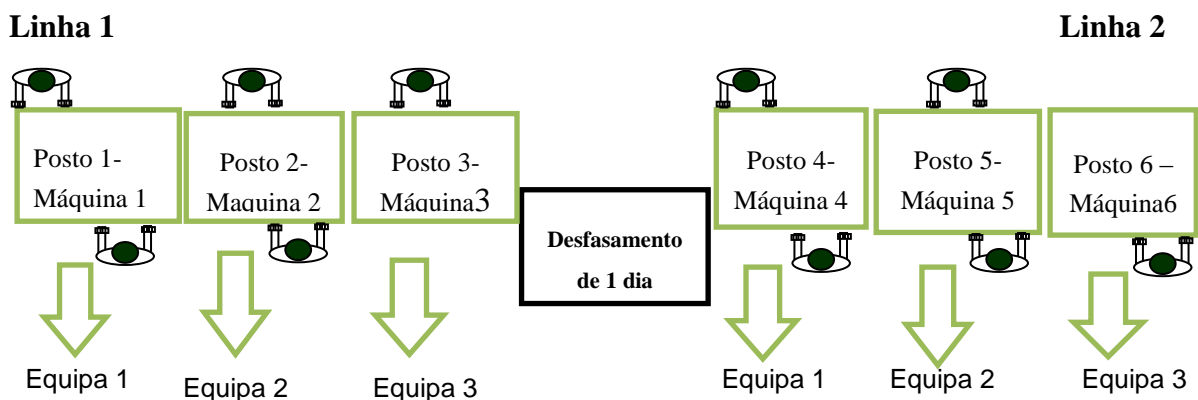


Figura 35 – Layout da linha de montagem da quinadora com desfasamento de um dia entre as linhas

4.10.2. 4ª Configuração

O trabalho é realizado antes pela equipa 1 destinada a montagem mecânica, depois a equipa 2, executa a montagem eléctrica e por último a equipa três. Tendo em consideração as normas estipuladas o ensaiador realizará o ensaio a máquina até que se conclua esta operação. Assim sendo, quando o operário do posto 5 realizar o ensaio equivalente a nove horas ele passa a máquina para o posto 6 e conclui a máquina nesse posto, ou seja, os dois operários da equipa 3 andarão a saltar os postos 5 e 6. Na linha de montagem, tal como já se tinha referido anteriormente, todos os postos são fixos. Deste modo os operários deslocam-se de posto em posto após a conclusão de cada agrupamento.

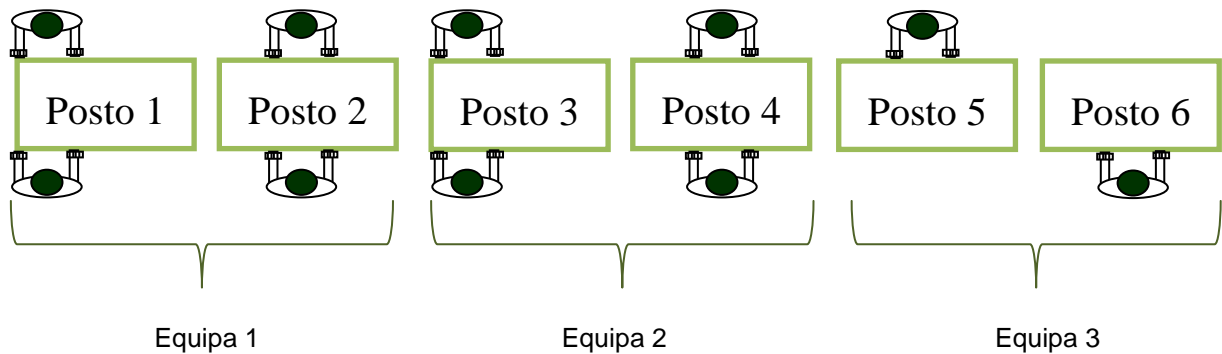


Figura 36- *Layout* da linha de montagem numa única linha

4.10.3. Comparação das configurações

Tendo em conta a limitação da linha relativamente ao espaço, e tal como se verifica na figura 34, a 1ª configuração não apresenta condições suficientes para que a linha venha a funcionar com eficiência. Além disso, o número de operários é superior face as restantes configurações o que contribui para a redução da eficiência da linha. Nestas condições, apesar do takt-time e do tempo de ciclo serem iguais, não se considera esta configuração como sendo a mais adaptável.

A primeira grande diferença notável entre as configurações é a cadência de produção e o takt-time conseguido a partir do arranjo dos postos, ou seja, o tempo de saída de cada máquina. Na segunda configuração são obtidas duas máquinas ao fim de dois dias enquanto na terceira configuração todos os dias sai uma máquina. A saída de duas máquinas implica que haja disponibilidade na pintura e na inspeção.

A 3ª configuração, apesar do tempo de ciclo estar desfasado, esta é a configuração aparentemente mais adaptável a linha da montagem da quinadora. Além disso o número de posto é reduzido, número dos operários é menor, o tempo de ciclo bastante perto do *takt-time*. Não apresentando limitações como as restantes configurações, o *layout* relativamente as restantes configurações será a seleccionada.

Esta configuração torna o trabalho mais flexível, pois evita *stock* e fila de espera de máquina para a pintura e inspeção. Ou seja, não há necessidade de requerer posto extra para a realização de alguns processos. Esta é a configuração que melhor se adapta à funcionalidade da linha na prática. Deste modo será esta a configuração escolhida.

Relativamente a quarta configuração, a única limitação é o facto de os operários estarem constantemente a mudar de postos.

4.11. Cálculo de eficiência (E) e de produtividade (P) da linha balanceada

4.11.1. Eficiência

A eficiência da linha balanceada resultou em noventa e oito por cento, pois o ajustamento dos recursos foi bem realizado conseguindo obter o tempo de ciclo muito próximo do takt-time. Isso é possível se todos os recursos fossem electromecânicos, permitindo polivalência maior capacidade de trabalho entre os operários.

O número de posto igual a onze equivale a ter um operário por posto. Sendo que a equipa de trabalho funciona com operários em cada agrupamento excepto o de ensaio, então o número de posto é de cinco e meio, e arredondando para o excesso obtém-se seis postos para a linha. Deste modo a eficiência da linha balanceada será de noventa e oito por cento sendo o valor mais próximo conseguido do *takt-time* nove horas.

Tabela 10 – Eficiência da linha balanceada Produtividade

Lead-time (Horas)	Tempo de ciclo (Horas)	Takt-time (Horas)	Nº mínimo de postos (estações)	Número de operário por posto	Total de operários na linha	Eficiência da linha balanceada
88,00	8	8	11	1	11	89%
	9	8	5,5	4 Postos – 2 operários cada 2 Postos – 1 operário cada	10	98%

4.11.2. Produtividade

A produtividade da linha foi medida a partir dos tempos de montagem actual tendo por base o tempo anterior ao balanceamento da linha.

Tabela 11- Produtividade da linha após balanceamento

	Tempo de montagem passado	Tempo de processamento actual (sem pintura)	Tempo de processamento actual (com pintura)	Ganho
Montagem mecânica	55	34	34	21
Montagem eléctrica	46	32	32	14
Ensaio	24	22	22	2
Pintura	6		5	1
Inspecção	5			5
Tempo total	136	88	93	43
Produtividade		35%	32%	

A máquina era montada em cento e trinta e seis horas, mas na medição actual antes de melhoria contabilizam-se noventa e sete horas. Devido à redução das tarefas e de melhorias implementadas, o resultado actual é de oitenta e oito horas. Nessas condições houve uma redução de quarenta e três horas entre os dois períodos. Tendo por objectivo a extinção do agrupamento de pintura no processo de montagem, o cálculo da produtividade foi realizada com base no processo com apenas três agrupamentos em que o ensaio inclui a inspecção e a pintura extinta. A outra possibilidade é o facto da máquina ainda ser submetida a pintura. Deste modo a produtividade da linha com a pintura foi de trinta e dois por cento e na eliminação deste agrupamento obterá trinta e cinco por cento.

5. Conclusões e Perspectivas de Trabalho Futuro

O projecto desenvolvido tinha como principal objectivo normalizar as operações nos postos de trabalho e balancear a linha de montagem de modo a atingir, pelo menos, trinta por cento da produtividade da linha.

A aplicação de *Standard Work* foi realizada com base na observação das montagens das máquinas com o intuito de acompanhar e averiguar o modo de trabalho realizado pelos operários. Essa operação inicialmente demonstrou muita resistência por parte dos operários pelo sentimento de exploração e controlo do trabalho realizado. Após a percepção de que o objectivo do trabalho consistia apenas na medição da duração das tarefas e não dos operários, o trabalho fluiu com maior tranquilidade e disponibilidade.

Após as dificuldades encontradas e os problemas enfrentados, conseguiu-se a progressão da aplicação da *SW*, cronometrando deste modo a montagem apenas do agrupamento mecânico, pois as faltas de materiais não permitiram que de uma forma contínua fosse possível concluir a montagem de um agrupamento e de seguida passar para o próximo. Devido a esta limitação e não compensação no tempo no tempo que se pretendia, a montagem dos restantes dois agrupamentos não foram realizadas.

As soluções implementadas contribuíram para a melhoria de todo o processo e estiveram-se focados no seguinte:

- Obtenção do material o mais próximo possível do operário, de modo a reduzir as deslocações desnecessárias;
- Aplicação da metodologia 5S's permitindo maior organização do ambiente de trabalho;

Com a aplicação da metodologia 5S's o posto ficou mais organizado e arrumado, mas devido a falta de hábito de arrumação levou a que fossem chamados em atenção inúmeras vezes pela ocupação dos lugares específicos de cada material.

A implementação do bordo de linha de granel permitiu que normas fossem criadas devido a sua má utilidade. A norma criada e a imposição pelo operário chefe de linha da melhor ou a utilidade do equipamento comum, levando a seguimento tal como o procedimento ordenava. Pode-se considerar que o trabalho da auto-disciplina é o mais difícil, pois os operários estão habituados a um modo de trabalho e apresentam sempre resistência a mudança que acabam pela ausente do supervisor não realizarem tarefas por si que contribuam para as melhorias.

A resistência dos operários à realização de filmagens de métodos de trabalho e preenchimento do modo operatório diminuiu a rapidez de percepção entre desperdícios e tarefas de valor acrescentado, bem como a precisão dos dados recolhidos.

O grande impacto desse projecto consiste na mentalidade dos operários, pois encontra-se de tal modo focada na forma de trabalho que nenhuma melhoria apresentada é digna de uma melhoria na linha. Isso leva muitas das vezes a crer que a primeira melhoria a ser realizada deve-se focar em meios credíveis de que muitas operações podem ser melhoradas.

Este projecto deverá ter continuidade de modo a que o resultado seja elevado e além disso conseguir que os operários tenham a percepção de melhoria contínua para o aumento da eficiência e da produtividade. A *SW* deverá decorrer continuamente até que realmente se estabeleça um trabalho padrão desenvolvido como se fosse o trabalho do dia-a-dia, sem imposições nem obrigações, mas sim pela realidade e percepção do trabalhar bem. Na verificação de melhorias conseguidas o *SW* deve ser refeito e a linha rebalanceada de modo a

que o trabalho seja executado do melhor modo possível e o tempo de montagem cada vez mais reduzido.

Apesar das limitações foi atingido trinta e dois por cento de produtividade sabendo que poderá aumentar ainda mais com as melhorias que poderão ser implementadas.

Para que isso aconteça será aumentado a polivalência dos operários dando formações aos operários de obter operários electromecânicos, capazes de exercer qualquer operação da área eléctrica ou mecânica. Além disso, na parte eléctrica os cabos virão preparados dos fornecedores e as fichas criam um sistema de ligação rápida.

De um modo geral e resumida, conclui-se que os principais obstáculos são a falta de material conduzindo à destruição da linha, à desmotivação dos operários e consequentemente a redução da eficiência dos operários e da produtividade da linha.

6. Bibliografia

[Roldão e Ribeiro], Roldão Victor e Ribeiro Joaquim “Gestão das Operações”, Monitor, 2007

[Pinto, 2008], João Paulo Pinto “lean thinking”, comunidade *lean thinking*, Março de 2008

Páginas Web:

<http://www.scribd.com/doc/7699063/Introduction-of-Line-Balancing>

<http://www.adira.pt/>

http://www.vitalentusa.com/learn/build_swp.php

[Carravilla, 1997]

<http://repositorio.up.pt/aberto/bitstream/10216/574/2/Layouts%20e%20Balanceamento%20de%20Linhas%20%20Texto%20de%20apoio.pdf>

<http://pt.wikipedia.org/wiki/5S>

7. Anexos


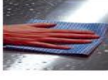










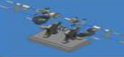
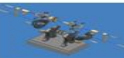

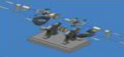



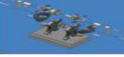




Anexo A. Balanceamento da linha através da atribuição das tarefas por posto

Postos	Descrição das tarefas	Duração
Posto 1	Limpar (1) zona de estrutura que contém massa de proteção; Passar (2) macho; Tirar (3) rebarbas da estrutura e limpar (4) com ar comprimido,	25
	Furar e roscar para a aplicação do quadro (1) eléctrico; das patelas do cilindro (2) ; das guardas laterais (3) e das guardas posteriores (4) ;	255
	Nivelar estrutura e tirar gráficos;	20
	Colocar quadro eléctrico (5) ; montar as guardas laterais (6) e posteriores (7) ;	240
	Aplicar pendural;	90
	Montar Cilindros;	74
	Montar Guiagens (QHD);	30
	Montar grupo energético;	50
	Montar tubos hidráulicos;	50
	Montar circuito hidráulico;	150
	Montar profundidade de Quinagem (QHD);	90
		17,9
Posto 2	Colocar mesa;	30
	Montar régua lineares (traçar para aplicação, furar e roscar); Montar e nivelar suporte da régua do esbarro; Montar e colocar régua com dedos e cabeça (aplicação dos dedos e cabeça; aplicação da régua do esbarro); Montar e nivelar base deslizante da régua de esbarro e encavilhar;	245
	Montar laser safe (aplicação do laser safe; apertar parafusos e nivelar; traçar e aplicar);	125
	Posicionar (8) e nivelar (9) , montar (10) sensores e accionamento do eixo "X";	220
	Transportar carro de óleo para o local de da máquina, aplicar mangueira no depósito e verificar medidor de óleo;	90
	Montar avental (aplicação do avental; amarração do cilindro e afinação de molas e aperto de garras; aplicar e afinar guiagens);	53
	Colocar (11) as tampas	30
	Transportar carro de óleo para o local de da máquina, aplicar mangueira no depósito e verificar medidor de óleo;	90
	Suporte da matriz e de fim de curso;	75
	Verificar bombeamento e registar no documento;	13
	Montar ferramentas de quinagem;	85
Tempo Total (Horas)	17,6	


Posto 3	Furar para chapa de identificação (13);	50
	Montar blindagens (12);	320
	Montar comando no pendural	55
	Passar cabo;	55
	Electrificar;	180
	Arrancar com todos os eixos;	240
	Ligar cabo as válvulas, ligar cabo do motor principal e ligar cabo das válvulas do motor da profundidade de quinagem;	120
	Tempo Total (Horas)	17
Posto 4	Distribuir cabos pelas respectivas calhas e esteiras;	135
	Ligar motor do "X";	
	Soldar linhas do cabo dos sensores "X";	
	Ligar cabos dos sensores "X";	
	Ligar cabo do micro da inclinação do avental; ligar cabo do fim de descida e subida e ligar cabo dos micros de profundidade de quinagem;	120
	Ligar cabo do comando ao quadro electrico;	340
	Ligar cabo de alimentação da máquina;	30
	Ligar cabos dos sensores "X";	45
	Distribuir cabos pelas calhas da parte central, superior elateral;	
	Ligar cabo das réguas lineares; Soldar linhas do cabo do captador "Y" a ficha de nove pisos; ligar cabo do comando "Y";	
	Ligar ficha do pedal do comando; Ficha do pedal do das tarefas 5E;6E;7E;8E;12E e 13E ao quadro;	
	Soldar linhas do cabo do captador "X"; ligar cabo do captador "X";	45
	Ligar e montar micros das guardas laterais;	45
	Ligar e montar micros das guardas posteriores;	45
	Mesa Mombeada (motor a esquerda)	
	Mesa Mombeada (motor a direita)	
	Identificar todos os cabos e componetes onde estes conectam	120
	Verificar rotação do motor, detectar possíveis erros de ligação e arrancar com o motor;	30
	Afinar guardas laterais;	60
	Ler processo e registar dados dos motore, variadores e comando;	15
Tempo Total (Horas)	17,2	

Posto 5	Afinar a abertura da máquina;	30
	Afinar cursos do eixo "Y";	30
	Indexar "Y";	30
	Afinar pressões;	45
	Montar ferramentas;	30
	Centrar mesa;	
	Parametrizar a mesa bombeada;	
	Medir velocidades e tempo de paragem em vazio;	90
	Calibrar "y0";	30
	Optimizar parametros;	60
	Verificar guiagens;	15
	Medir velocidades e tempo de paragem em vazio;	90
	Calibrar "y0";	30
	Optimizar parametros;	60
Tempo Total (Horas)	9	
Posto 6	Verificar precisão de paragem em vazio;	30
	Verificar paralelismo do dedo do esbarro;	60
	Verificar fim de curso;	15
	Indexar "X";	30
	Optimizar parametros "X";	
	Indexar "R" e afinar cursos;	
	Optimizar parametro "R";	
	Ensaio de quinagem;	120
	Afinar micros de enclinação;	30
	Testar modos de trabalho e funcionalidade do comando;	60
	Selar válvulas e substituir filtros;	15
	Inspeção final	
	Modos de funcionamento;	30
	Teste electrico;	60
	Teste terra;	30
	Verificação geral;	60
Tempo Total (Horas)	9	
Lead time (Horas)		88

Anexo C. Modo operatório

Modo Operatório							
Linha: Quinadora							
Posto:							
Equipa:							
operário: 2							
Modelo: QHD							
ZZ							
Nº de tar.	Oper.	Descrição de tar.	Ajuda Visual	Dur.(min.)	Tipo de Acção	Ferramenta/Materia	Observações
1	2	Limpar zona da estrutura que contém massa de proteção;		6		Pano...	
2	2	Passar macho		3		Macho e desandador;	
3	2	Tirar rebarbas da estrutura;		10		Rosca e lima;	
4	2	Limpar furos com ar comprimido;		6		Pistola de ar comprimido, mangueira	
5	2	Nivelar estrutura e tirar gráficos;		34		nível e base deslizante;	
6	2	Furar e roscar suportes das patelas do cilindro;		40		máquina de furar, de atarrachar, roscar, macho pistola de ar, óleo	
7	2	Montar cilindros		44		Ponte, Chave dinamométrica,	
8	2	Montar guiagens		28		Chave umbrako, casco, parafusos M6*12;	
9	2	Colocar mesa e meter os suportes de puxe-empurra;		30		Ponte, cordas, chaves...	
10	2	Montar grupo energético		23		Ponte, Chave umbrako (5,18,19), pernos M8;	
11	2	Montar circuito hidráulico		130		Chave de bocas (30,32), chave umbrako de 14, escadote, casco;	
12	2	Fazer tubos hidráulicos		120		Aparelho de vergar tubo e máquina de cravar;	
13	2	Aplicar pendural		90		Ponte, corda, chave de apertar, chave de 8 umbrako,	

14	2	Colocar quadro eléctrico;		30		Máquina de furar e de roscar, ponte, corda, chave de 6	
15	2	Montar avental móvel(aplicação do avental; amarração do cilindro e afinação de molas e aperto de garras;		45		Ponte, cinta, chave de 10 e 17 umbrako;	
16	2	Verificar bombeamento e registrar no documento;		10		Lápis, com parador e base deslizante	
17	2	Montar réguas lineares(tracar para aplicação; furar e roscar);		45			
18	2	Montar e nivelar suporte da régua do esbarro;		30			
19	2	Montar "laser safe"(aplicação do Laser safe; apertar parafusos e nivelar ;traçar e aplicar suportes; aplicar calha)		125			
20	2	Montar e colocar régua do esbarro com dedos e cabeça(aplicação dos dedos ou		135			
21	2	Montar ferramentas de quinagem		60			

<p>Layout do Posto de trabalho</p>  <p>A- Bordo de linha de parafusos B- Estante C- Carro de ferramentas D- Carro de material E- Operário 1 F- Operário 2 G- Patele H- Escadote I- Cavalete J- Banca</p>		<p>Equipamento de protecção individual</p> <p>Nota: Luvas, botas e fardamento.</p> 	
		<p>Equipa de Produção :</p> <p>Aprovação da equipa de produção Aprovação do responsável da linha</p>	
		<p>Segurança: Tomei conhecimento</p>	
		<p>Engº de produção: Tomei conhecimento</p>	
<p>Notas Gerais: Os supervisores deverão ajudar no esclarecimento de dúvidas surgidas de modo a resolver os problemas que não enquadrem no processo habitual de montagem.</p>			

Anexo D. Ficha de identificação da máquina



FICHA IDENTIFICAÇÃO MÁQUINA


ARTIGO	
Código artigo	: ZZ12702
Designação	: PM 11030 PLS QUINADORA HIDR. Nº7160/13278
Nº Série Máquina	: _____

ORDEM DE VENDA	
Ordem de venda	: 104870 Posição : 10
Cliente	: 500167 BENER COMERCIAL IMPORTADORA
Data Expedição	: 25/06/2009

ORDEM DE FABRICO	
Ordem de fabrico	: ???????

Operação	Empregado (Nº /Nome)	Data início	Data fim	Rubrica (na conclusão da op.)	Aditamentos*
Entrega processo					
M o n t. M e c.	Posto de trabalho nº 1				
	Posto de trabalho nº 2				
	Posto de trabalho nº 3				
Acerto blindagens					
Electrificação					
Pintura					
Montagem blindagens					
Arranque e ensaios electr					
Ensaios					
Inspeção final					
Aprovação					
Expedição					

Anexo E. Ficha de inspeção da Quinadora

 DT.CED / DG.CSG	DOCUMENTOS DE INSPEÇÃO E REGISTO QUINADORAS ADIRA PM		DOCUMENTO RI0114
	MONTAGEM - ENSAIOS - EXPEDIÇÃO		Pág. nº 1/29
MODELO MAQ.	N.º SÉRIE	ORDEM DE VENDA	ARTIGO (ZZ)
OPERAÇÃO	N.º FUNC.	DATA (Fim)	RUBRICA (validação)
MONTAGEM MECÂNICA			
MONTAGEM E ENSAIOS ELÉTRICOS			
ENSAIOS MECÂNICOS			
INSPEÇÃO FINAL			
APROVAÇÃO MÁQUINA			
EMBALAGEM E EXPEDIÇÃO			

Registado no programa BaaN

OBSERVAÇÕES E NÃO CONFORMIDADES

MONTAGEM MECÂNICA (Inspeções e registos a realizar pelo Montador)

1. GEOMETRIA DAS PATELAS DOS CILINDROS, E GUIAGENS

1.1. Utilizando um nível de 200 mm - 0,05 mm/m, em cada montante e entre montantes, verificar o nivelamento entre guiagem e patela do cilindro. Tolerância admitida, 0,1 mm/m (2 traço).
 Nº DE TRAÇOS: _____ Desnivel em mm/m: _____

1.2. Utilizando um nível de 200 mm - 0,05 mm/m, verificar o nivelamento dos ressaltos das patelas, entre patelas e avental fixo. Tolerância admitida, 0,1 mm/m (2 traço).

Nº DE TRAÇOS: _____ Desnivel em mm/m: _____

Anexo F. Ordem de venda

NOTA DE VENDA / ENCOMENDA INTERNA	Página	1	ADIRA S.A.	
Ordem venda	104870	Dat.ord.30/06/2009	Serviços Comerciais Data 01/07/09	

Cliente 500167 BENER COMERCIAL IMPORTADORA	V/ Encomenda
Referência A :	Referência B :

Registo e controlo do processamento da encomenda :

TAREFA	DATA	VALIDAÇÃO (Rubrica)	Observações
Venda (Vendedor)			Artigo provisório [] /Definitivo [] Preço de venda introduzido..... []
Verificação (Resp. mercado)			Verificar Preço..... [] Data Entr. []
Validação Prazo (Dir. Industrial)		Validado via sist. Inform.	Datas Lanç./EM/Mont/Exp defindas..... [X]
Aprovação (Dir. Comercial)			Verificar Preço..... [] Datas..... []
Descriminação (Gabinete Técnico)			Verif. e terminar configuração [] Configurar parte electrica..... []
Lançamento (Preparação)			OF Lançada... [] Datas Ok.. [] Artigo OF = Artigo Ordem de Venda..... []

Quantidade	Unid.	Artigo	Descrição	Arm	Data entrega
1,0000	un	ZZ12702	PM 11030 PLS QUINADORA HIDR. N°7160/13278	100	30/06/2009

Quinadora Hidr. ADIRA linha GUIMADIRA PM 11030 PLS
N° 7160/13278

Anexo G. Ficha de anomalias e faltas





adira		FICHA DE NÃO CONFORMIDADE		Não Conformidade N° : _____	
Código Peça : _____ (*)			Detectado por (Num) : _____ (*)		
Designação : _____			Data Início: ____-____-____ (*)		
OF/Req./ZZ : _____ (*) Qtd. OF/Req. : _____			Data Fim: ____-____-____		
DETECTOU (*) : CSG- Controlo qualidade PMA- Oficina MTG/MTL- Montagem / Ensaio ARM- Armazém / Recepção SRV- Cliente / Assistência Técnica		MÁQUINA (*) : • QH, (QHA, QHR, QHS, QHX,...) • QIH, QHD • PHC, PHDM • GV, GHL • GHS, GHR, GHX, (GH's) • CCL, LAF, LAP, LAT		Qtd. Não Conforme (*) : _____ Grupo Responsável : _____ Operador Responsável : _____	
TIPO DA NÃO CONFORMIDADE (*) : ACS- Acabamento superficial (Pintura, Crom.) HDR- Hidráulico (Fugas, Pressão, etc.) OTR- Outros CLN- Cota linear (Comp., Largura, etc..) MML- Material mal lançado PSC- Posicionamento (de furo, rasgo, etc.) DMT- Diâmetro MTM- Montagem Mecânica RGS- Rugosidade (mau acabamento, rebarb.) EQE- Equipamento eléctrico MTE- Montagem Eléctrica RSC- Roscas FTP- Faltam peças/ Ferramentas NDF- Não definido SDO- Soldadura/ Oxicorte GMT- Geometria (Planeza, Perpend, Paral.) OPN- Operação não executada SFT- Software					
Descrição e Causa da Não Conformidade (*) : 					
CAUSA DA NÃO CONFORMIDADE : ACI - Acidente ERO - Erro do Operador DMO - Desenho / Métodos / ou outros Documentos SUB - Subcontrat MFI - Máquina, Ferramentas ou Instrumentos de Medição NDF - Não definido MPC - Matéria prima ou componente defeituoso / Fornecedor					
		Registou (Controlador)	Responsabilidade (Causador e/ou sem representante)	Tomei conhecimento <input type="checkbox"/> Sou responsável	
TRATAMENTO DA NÃO CONFORMIDADE: PSD - Peça(s) para a sucata (subst. por novas peças) SMD - Segue com modificação das peças (Diferente do Desenho) RPP - Reparação das peças (Conforme Desenho) MPC - Modificação de peça(s) complementar(es) (ou especiais) DEV - Devolução ao fornecedor TRD - Tratamento a determinar SSM - Segue sem modificação (Atenção colocar)					
				Autorização Técnica (Gab. Técnico) apenas Trat.SSM,SMD,MPC	
(Na falta de espaço continue nas costas da folha)					
SITUAÇÃO APOS TRATAMENTO					
				Conhecimento (Direcção da Qualidade)	Conclusão /Encerram. (Chefe Controlo)
(Na falta de espaço continue nas costas da folha)					

Os campos identificados com (*) devem ser preenchidos por quem detectou a não conformidade

Registado no programa DEF 000:

cq017_00000009 4 de Dezembro de 2008

Anexo H. Normas de utilização de bordo de linha

adira Utilização do Bordo de Linha: Quinadora	
1.	<p>Consumir material da primeira caixa, e depois desta esvaziar-se passar para a segunda caixa.</p> 
2.	<p>No momento em que a caixa fica vazia esta deverá ser retirada e colocada na prateleira das caixas vazias.</p> 
3.	<p>Ao retirar o material da caixa por engano, certificar a referência do artigo e voltar a depositá-lo na respectiva</p> 
4.	<p>O espaço ocupado pelas duas caixas cheias deverá conter no mínimo uma caixa com material e nunca apresentar espaço sem as referidas</p> 

Anexo I. Prateleira do bordo de linha de material de fixação e aperto

