

**Implementação de Ferramentas Lean numa Unidade Industrial
na Herculano – Alfaias Agrícolas S.A.**

Gilberto Miguel Valadares Correia Lage

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Eduardo Gil da Costa

Orientador na Herculano – Alfaias Agrícolas S.A.: Eng.º Hélder Ferreira dos Santos



FEUP

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

2013-01-25

Aos meus pais

Resumo

A presente dissertação descreve a implementação de ferramentas *lean* numa unidade industrial, tendo por objetivo a obtenção de melhorias significativas na produtividade e redução de erros num setor marcado pela desorganização resultante da pressão constante do dia-a-dia e pelo amontoar de inventário. Este tipo de metodologia tem vindo a afirmar-se por possibilitar uma melhoria significativa do funcionamento das empresas, com investimentos quase nulos e o envolvimento de toda a organização na criação de valor, redução de desperdícios e procura da perfeição.

Durante o período em que decorreu esta dissertação, analisou-se a área em detalhe de modo a encontrar pontos de possível melhoria. Uma vez detetados esses pontos, aplicaram-se metodologias *lean*, como é o caso dos 5S, simplificaram-se alguns processos e reestruturou-se o setor, sempre utilizando o ciclo PDCA.

Como resultado, obtiveram-se melhorias significativas no que diz respeito à redução de desperdícios, principalmente de tempo e material, e melhorias na qualidade dos produtos com menor incidência de erros. Estes resultados são consequência direta da melhor organização, limpeza e simplificação de processos. Ficam ainda algumas alterações em curso, onde se destaca a adaptação das árvores de produto do sistema ERP utilizado, que possibilitará reduzir custos, reduzir tempos de entrega, melhorar a qualidade, reduzir desperdícios e ainda um melhor controlo sobre o inventário existente.

Para além do tema anteriormente exposto, ao longo do período deste projeto, foi abordado, noutra setor da fábrica, a dificuldade em selecionar os parâmetros de soldadura adequados a constar nos procedimentos de soldadura. De modo a eliminar este problema e facilitar este processo, optou-se por criar uma ferramenta de apoio ao seu preenchimento, que possibilite o cálculo dos valores dos parâmetros a constar nas ditas fichas, tendo como parâmetro de entrada o valor da espessura mínima a soldar. Esta ferramenta foi desenvolvida utilizando o suplemento Visual Basic for Applications 7.0 do Microsoft Excel 2010 e encontra-se completa e em funcionamento.

Implementation of Lean Tools in a Manufacturing Unit

Abstract

The present dissertation describes the implementation of lean tools in a manufacturing unit, having the goals of reaching improvements in productivity and to decrease the errors of a sector marked by the lack of organization caused by everyday pressure and over-inventory. Lean methodologies allow huge improvements on enterprises operation, requiring low investment based on the entire organization commitment in creating value, reducing wastes and seeking perfection.

During the project development, the area was closely analyzed, looking for possible improvements and, once detected such problems, lean methodologies have been applied, some tasks were simplified and the area was restructured, always using PDCA cycle.

As a result, significant improvements were achieved eliminating wastes and improving the quality with a lower rate of errors. These results are closely related to a better organization, cleaning and simplified tasks. Some changes are still ongoing, mainly the adaptation of the company ERP system, which will help to reduce costs, lead times and wastes, improving quality and getting a better control over the existing inventory.

Another approach in another sector of the factory, during the project development, was the difficulty in setting the correct parameters of the welding procedures. In order to eliminate this problem and get an easier process, a support tool was created, which can evaluate the welding parameters in the welding process, with the minimum thickness to be welded. This tool was developed using Microsoft Basic for Applications 7.0, an add-in to Microsoft Excel 2010, which has been completed and placed in operation.

Agradecimentos

À Herculano – Alfaias Agrícolas S.A. pela oportunidade concedida e a toda a sua comunidade pela simpatia com que me acolheram desde o primeiro dia. Agradeço em especial a todos os colegas que estiveram diretamente relacionados com o trabalho realizado pela disponibilidade, empenho e envolvimento demonstrado.

Ao Eng.º Hélder Ferreira dos Santos por me orientar na empresa, pelo apoio prestado e conhecimento transmitido no decorrer desta dissertação.

Ao Professor Eduardo Gil da Costa, orientador pela FEUP, pela disponibilidade e prontidão na ajuda à resolução dos problemas encontrados.

Aos amigos que me acompanharam durante a minha vida académica.

Ao meu pai, à minha mãe e irmã pelo apoio incondicional e pelo exemplo que são.

À Adriana, por estar sempre presente e pelo contributo imensurável na elaboração desta dissertação.

Finalmente, quero agradecer o apoio financeiro gentilmente disponibilizado pela Herculano – Alfaias Agrícolas S.A. por permitir cobrir parte dos custos associados à minha deslocação e por ser uma motivação extra para desenvolver o trabalho.

Obrigado.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Apresentação da Herculano - Alfaias Agrícolas S.A.	1
1.2	Produtos.....	2
1.3	Contexto do projeto.....	2
1.4	Objetivos do Projeto.....	3
1.5	Metodologia seguida no projeto	3
1.6	Organização da presente dissertação.....	4
2	Enquadramento Teórico.....	5
2.1	Lean	5
2.1.1	Pull/Push.....	6
2.1.2	Just-in-Time	6
2.1.3	Jidoka.....	6
2.1.4	Poka-Yoke.....	7
2.1.5	Kanban.....	7
2.1.6	Desperdícios	7
2.1.7	Kaizen	8
2.1.8	5S	9
2.1.9	Gestão visual	9
2.1.10	SMED	9
2.1.11	Make-to-Stock e Make-to-Order	10
2.1.12	VSM.....	10
2.1.13	Diagramas de Spaghetti	11
2.1.14	Layout.....	11
2.2	Sistemas ERP	11
2.2.1	Estrutura dos Produtos.....	12
2.3	Qualidade.....	13
2.3.1	Ciclo de Deming.....	14
2.3.2	Sigma	14
2.3.3	Diagrama de Pareto	15
2.3.4	Diagrama Causa-efeito	15
2.4	Soldadura.....	16
2.4.1	Funcionamento do processo MIG/MAG	16
2.4.2	Equipamento.....	17
2.4.3	Modos de transferência.....	18
2.4.4	Parâmetros.....	19
3	Análise ao funcionamento.....	21
3.1	A fábrica.....	21
3.2	Processo Produtivo	21
3.3	Funcionamento do setor de acabamentos	24
3.4	Problemas no setor de acabamentos.....	26
4	Soluções propostas.....	33
4.1	Construção de novas estantes.....	33
4.2	Reorganização do <i>layout</i>	35

4.3	Novo carro de ferramentas.....	36
4.4	Eliminação de chapas de identificação no setor de acabamentos.....	36
4.5	Adaptação das estruturas de produto.....	37
4.6	Implementação de <i>kanban</i> em produtos produzidos internamente.....	37
4.7	Alteração do processo de furação.....	37
4.8	Processo de pintura de pinos.....	38
4.9	Bomba de óleo.....	38
4.10	Lixo e material a recuperar.....	39
4.11	Correntes.....	39
4.12	Documentação.....	40
4.13	Sugestões.....	40
4.14	Normalização.....	40
5	Soldadura.....	41
5.1	Fichas de Soldadura.....	41
5.2	Características do processo de soldadura na Herculano – Alfaias Agrícolas S.A.....	41
5.3	Definição dos parâmetros.....	42
5.4	Ferramenta para elaboração de fichas de soldadura.....	45
6	Conclusões e perspetivas de trabalhos futuros.....	48
6.1	Conclusões.....	48
6.2	Perspetivas de trabalhos futuros.....	49
	Referências.....	51
ANEXO A:	Projetos de estantes.....	53
ANEXO B:	Código preenchimento das fichas de soldadura.....	55

Lista de siglas

5S – *Seiri, Seiton, Seisō, Seiketsu, Shitsuke*

ERP – *Enterprise Resource Planning*

IMVP – *International Motor Vehicle Program*

IPQ – Instituto Português da Qualidade

ISO – *International Organization for Standardization*

JIT – *Just-in-Time*

MAG – *Metal Active Gas*

MIG – *Metal Inert Gas*

MTS – *Make-to-Stock*

MTO – *Make-to-Order*

PDCA – *Plan, Do, Check, Act*

SMED – *Single-Minute Exchange of Die*

TIG – *Tungsten Inert Gas*

TPS – *Toyota Production System*

VBA – *Visual Basic for Applications*

VSM – *Value Stream Map*

1 Introdução

1.1 Apresentação da Herculano - Alfaias Agrícolas S.A.

A Herculano – Alfaias Agrícolas S.A, é uma empresa integrada no grupo Ferpinta e está sediada numa das zonas industriais mais importantes do norte de Portugal situada a cerca de 40km do Porto e 30km de Aveiro. A empresa nasceu a 23 de Janeiro de 1969, liderada pela família Lopes com o objetivo de fabricar e comercializar equipamentos para a agricultura, silvicultura e pecuária.

As suas origens remontam ao início do século XX começando a sua existência com uma modesta oficina que fabricava pequenas alfaias. Este estabelecimento foi-se desenvolvendo à medida das necessidades do mercado até que em 1969 produziu o seu primeiro reboque agrícola. Em 1982 fez a sua primeira exportação, garantindo o reconhecimento da liderança no fabrico e comercialização de semi-reboques agrícolas em Portugal em 1986.

Em Maio de 1997, a *holding* do Grupo “FERPINTA S.G.P.S., S.A.”, adquiriu 80% do capital da empresa. Tal alteração trouxe uma nova dinâmica à Herculano – Alfaias Agrícolas S.A., não só do ponto de vista financeiro mas também estratégico, pautando-se pelo profissionalismo, qualidade do produto, serviço e inovação constante. Isto permitiu que logo em 1998, a Herculano fosse a primeira empresa portuguesa a receber o selo de qualidade do IPQ em carregadores frontais. Dando continuidade ao projeto de consolidação e expansão da empresa, em Dezembro de 2005 a “FERPINTA S.G.P.S., S.A.” e a família Teixeira (detentora do Grupo Ferpinta), passaram a deter 100% do capital da empresa.

Graças às parcerias com outras empresas do grupo Ferpinta, a Herculano – Alfaias Agrícolas S.A. aumentou a sua atividade em vários países europeus e africanos. Saliente-se que, devido à forte presença do grupo Ferpinta em Angola, este país acaba por ser um dos principais destinos de exportação da Herculano – Alfaias Agrícolas S.A..

Em 2006, iniciou-se um avultado investimento na ampliação e reestruturação das instalações fabris que datavam das décadas de 70/80, e que apresentavam uma série de constrangimentos à dinâmica de desenvolvimento em curso. Procedeu-se à reorganização dos *layouts*, permitindo uma maior flexibilização e integração de novos produtos. Este investimento permitiu à Herculano – Alfaias Agrícolas S.A. atingir a capacidade de produção anual de cerca de 1000 reboques agrícolas, 300 carregadores frontais, 400 grades de discos e 900 fresas e charruas, entre outros.

O *know-how* reconhecido a esta empresa na fabricação de alfaias agrícolas, aliado à constante procura de novas soluções, tem permitido melhorar cada vez mais o funcionamento dos seus produtos, quer sejam mais ou menos complexos. Além disso, esse *know-how* tem vindo a ser aproveitado e ampliado através de parcerias com fabricantes de peso global como é o caso da Pottinger que opta por utilizar o saber-fazer da Herculano na fabricação de ensiladoras (máquina para produzir o silo).

A Herculano desenvolve também uma área de negócio que visa o trabalho por subcontratação. Nesta área, a Herculano procura trabalhar com as melhores empresas mundiais de componentes mecano-soldados, sendo a sua carteira de clientes constituída por importantes empresas tais como a Terex-PPM, Liebherr, Sercel e John Deere.

Graças a todo o investimento e empenho no desenvolvimento da empresa, a Herculano – Alfaias Agrícolas S.A. é atualmente um dos maiores produtores de equipamentos agrícolas da Península Ibérica, possuindo uma área total de 48 000 m², empregando mais de 200 trabalhadores e tendo uma faturação anual que ronda os 15 000 000 €. No futuro, pretende prosseguir a liderança Ibérica e afirmar-se como um produtor de posicionamento global.

1.2 Produtos

A gama de produtos da Herculano – Alfaias Agrícolas S.A. pode ser dividida em:

- Alfaias de mobilização de solos – Inclui fresas, charruas, grades de discos, perfuradoras e pás niveladoras entre outros;
- Alfaias de movimentação – Inclui carregadores e semirreboques, como é o caso de cisternas, espalhadores e monocoques entre outros;
- Alfaias de forragem – Como ensiladoras, por exemplo;
- Alfaias destroçadoras – Incluindo por exemplo capinadeiras corta-mato.

É de referir que cada tipo de alfaia é dividido em várias gamas conforme as suas características, dimensões, potências e opções, tornando a gama de produtos disponibilizados pela Herculano muito abrangente.

1.3 Contexto do projeto

Ao falar de alfaias agrícolas é crucial entender que se trata de instrumentos de trabalho, o que significa que devem ser fáceis de usar, duradouros e obedecer a todos os requisitos legais e normativos, como por exemplo a diretiva máquinas, de modo a garantir o bom funcionamento dos equipamentos e principalmente a segurança de quem as opera ou se aproxima destes equipamentos.

No entanto, como referido anteriormente, a Herculano procura a liderança ibérica no fabrico e comércio de alfaias agrícolas. Para tal, e tendo em conta todas as características e condicionalismos a que estes equipamentos estão sujeitos, esta fábrica deve ser capaz de garantir uma qualidade superior à oferecida pela concorrência em todas as alfaias. Assim sendo, além de garantir que todas as alfaias respondam positivamente aos aspetos referidos, a Herculano é, e deve ser cada vez mais, capaz de oferecer algo mais ao cliente, quer seja pelo aumento da oferta quer pelo aprimorar da oferta que detém.

Para além disso, o preço assume uma importância maior na competitividade das empresas, sendo que a redução dos custos de produção, enquanto se mantém ou melhora a qualidade, constitui atualmente o foco da atenção da maioria das empresas, uma vez que, como é fácil de constatar, a redução de custos é uma grande vantagem para essas empresas, principalmente se essa redução for feita suprimindo os desperdícios naturalmente existentes.

São estes fatores, aliados ao serviço prestado ao cliente que, pelo lado da produção, poderão permitir que se atinja ou consolide determinada posição no mercado.

O facto de todas as alfaias da Herculano serem concluídas no setor de acabamentos, faz com que este tenha um papel preponderante na qualidade dos produtos, nomeadamente ao nível dos pormenores e ao nível da redução de custos, uma vez que um erro neste setor pode inviabilizar todo o trabalho realizado até ali. No início deste projeto, o setor mostrava poder ser alvo de melhorias significativas ao nível da qualidade e dos custos, uma vez que

apresentava alguma desorganização e desleixo motivados pela agitação do dia-a-dia em que não há tempo para a organização do material e existe a pressão constante de entregar as encomendas a tempo. Era visível o tempo desperdiçado pelos trabalhadores na procura de material e até na realização de tarefas sem valor acrescentado para o cliente, aumentando assim a pressão já existente e era ainda conhecida, embora nem sempre identificada, a existência de material supérfluo que ocupava espaço além de contribuir para a depreciação do local de trabalho, levando à inevitável desmotivação dos funcionários.

Neste contexto, foi reconhecida a necessidade de implementar gradualmente algumas melhorias, que com baixo custo, permitissem a promoção de um melhor ambiente de trabalho, a redução de erros e de tempos, mas principalmente a redução de desperdícios.

Paralelamente a este tema, surgiu noutra setor da fábrica, a dificuldade em selecionar os parâmetros de soldadura adequados a cada situação. Foi então proposta a criação de uma ferramenta informática que permitisse definir parâmetros de soldadura e elaborar as respetivas fichas de soldadura. Esta ferramenta tem por objetivo facilitar a elaboração das ditas fichas, revelando-se útil na estruturação do funcionamento da empresa. No entanto, a vantagem mais direta, será a de eliminar as variabilidades detetadas entre soldadores, permitindo adotar os parâmetros com melhores resultados para cada situação de soldadura. É, porém, essencial entender que existem várias máquinas de soldadura espalhadas pela fábrica com condições de funcionamento diferentes entre si e que se uns parâmetros se adequam à máquina X, podem já não servir na máquina Y. A juntar a isto, é ainda de realçar que cada soldador tem a sua própria técnica, podendo tornar os parâmetros calculados, desajustados à situação.

Assim sendo, o resultado final será sempre um intervalo de valores para vários parâmetros, sendo que a afinação final dependerá da técnica e experiência do soldador e da sua perceção sobre a qualidade da soldadura.

1.4 Objetivos do Projeto

O projeto relatado nesta dissertação teve como objetivo melhorar a produtividade do setor de acabamentos a par da redução da ocorrência de erros no mesmo setor e promoção da melhoria contínua. Para tal dever-se-ia proceder a uma reorganização do *layout* do setor.

A par desta reformulação do setor de acabamentos, foi ainda definido o objetivo de criar uma ferramenta informática de apoio à definição de parâmetros de soldadura.

1.5 Metodologia seguida no projeto

A metodologia de trabalho adotada no desenvolvimento deste projeto consistiu no acompanhamento das atividades desenvolvidas na área fabril e em especial nos locais em estudo, acompanhado de pesquisa bibliográfica e de discussão de problemas e soluções com quem lida direta ou indiretamente com os problemas em estudo. Como objetivo esteve a redução de desperdícios e a promoção da melhoria contínua, baseado no ciclo PDCA e na utilização de técnicas *lean*.

Em complemento, procedeu-se ao estudo de projetos desenvolvidos anteriormente, de modo a conhecer realidades diferentes e problemas frequentemente detetados. Além disso, levou-se a cabo uma reflexão sobre o cliente de alfaias agrícolas e o que é o valor do seu ponto de vista.

Durante o acompanhamento das atividades desenvolvidas procedeu-se, em conjunto com os funcionários, a uma análise à pertinência dos processos utilizados e de como eram desenvolvidos, tendo em vista a melhoria dos mesmos.

Foram ainda debatidas ao longo do período do projeto algumas soluções possíveis, analisando as vantagens e desvantagens das suas aplicações ou não, sendo que a maioria das impossibilidades estão relacionadas com a dificuldade em alterar as estruturas dos produtos e com o elevado número de produtos ali fabricados.

1.6 Organização da presente dissertação

A presente dissertação divide-se em seis capítulos, sendo que o presente capítulo foi destinado ao enquadramento do tema de estudo e do local onde decorre.

No capítulo 2 é feito o enquadramento teórico que serve de base para a aplicação de melhorias na Herculano – Alfaias Agrícolas S.A..

No capítulo 3 é descrito o funcionamento da empresa e em especial do setor de acabamentos enquanto se analisam os pontos fracos e os pontos fortes da mesma.

O capítulo 4 é destinado à descrição das soluções implementadas e resultados obtidos/esperados com essas soluções.

No capítulo 5 descreve-se o desenvolvimento do projeto relacionado com o preenchimento de fichas de soldadura e que decorreu em paralelo com a implementação de melhorias no setor de acabamentos.

Finalmente, no capítulo 6 são apresentadas as conclusões da dissertação, assim como as perspetivas de trabalhos futuros.

2 Enquadramento Teórico

2.1 Lean

O termo *lean* nasceu em 1990 com o lançamento do livro “*The machine that changed the world*” por Womack, Jones e Roos. Este livro surgiu como resultado do estudo promovido pelo IMVP (*International Motor Vehicle Program*), com o objetivo de comparar a produtividade e competitividade da indústria automóvel em vários países, tendo este estudo revelado a superioridade da indústria japonesa (Dombrowski, Mielke, e Engel 2012) face aos restantes países.

Segundo Melton (2005), “*The machine that changed the world*” (Womack, Jones, e Roos 1990) comparou a produção em massa usada na Europa e na América com a chamada produção *lean* usada no Japão na indústria automóvel, como se constata na Tabela 1. As empresas que usavam a produção em massa eram capazes de produzir em grandes quantidades, com pouca variedade e a um custo mínimo. Por outro lado, as empresas que usavam a produção *lean* conseguiam uma maior variedade respondendo aos pedidos do cliente em menos tempo, espaço, com menor investimento e com menos defeitos.

Tabela 1 – Comparação dos sistemas de produção (Melton 2005)

	Produção em massa	Produção <i>lean</i>
Princípio	Ford	Toyota
Pessoal projeto	Profissionais pouco qualificados	Equipas multidisciplinares
Pessoal produção	Sem qualificação ou semiquilificados	Equipas multidisciplinares
Equipamento	Caro e capaz de realizar apenas uma tarefa	Manual e automático capaz de produzir em larga escala com muita variedade
Método de produção	Grande quantidade de produto <i>standard</i>	Produtos pedidos pelo cliente
Filosofia	Atingir o suficientemente bom	Atingir perfeição

Segundo Womack, Jones, e Roos (1990), a metodologia *lean* assenta em cinco princípios:

- Especificação de valor – O valor de um produto é definido pelo cliente final. Complexidade sem interesse para o cliente apenas aumenta o custo sem aumentar o valor.
- Identificação da cadeia de valor – A cadeia de valor é constituída por todos os processos necessários para fazer chegar um produto ao cliente final. Isto engloba processos que acrescentam valor, processos que não acrescentam valor mas que são necessários e processos que não acrescentam valor e não são necessários, sendo portanto considerados desperdícios.

- Otimização do fluxo – O fluxo deve ser otimizado de modo a ser o mais fluido possível, eliminando tudo o que não acrescente valor.
- Sistema *Pull* – A produção deve fazer-se com base num sistema *pull*, ou seja, produzir para o pedido do cliente.
- Procura da perfeição – A perfeição nunca se atinge. No entanto é sempre possível melhorar, devendo toda a estrutura estar constantemente envolvida na procura de novas formas de inovar e melhorar.

Ser *lean* permite diminuir os tempos de espera, reduzir os *stocks*, assim como ter processos mais robustos e capazes de responder a variações nos pedidos (Melton 2005).

O sistema de produção *lean* começou com o *Toyota Production System* (TPS), um sistema baseado na “eliminação completa do desperdício”, procurando sempre métodos mais eficientes de eliminação do desperdício. Este sistema nasceu como resposta à necessidade de aumentar significativamente a produtividade da indústria automóvel japonesa após o Japão sair derrotado da II Guerra Mundial. Segundo Ohno (1978), nessa altura afirmava-se que seriam necessários nove japoneses para fazer o trabalho de um americano. No entanto, segundo afirma, isso só seria possível se no Japão houvesse muito desperdício. Assim sendo, Ohno criou um sistema que permitiu eliminar desperdício assente em dois pilares: *Just-in-Time* e *Jidoka*.

O TPS evoluiu ao longo dos anos através de tentativa e erro para melhorar a eficiência baseada no conceito *Just-in-Time* desenvolvido por Kiichiro Toyoda e Taiichi Ohno (Toyota 2012).

2.1.1 Pull/Push

O sistema *pull* é uma forma de controlar o fluxo de produção, sendo o cliente, interno ou externo, quem define a produção necessária. Este sistema tem a vantagem de não necessitar de previsões uma vez que responde de maneira simples às variações da procura. Para além disso, opõe-se ao sistema *push* que empurra a produção para o cliente, através de métodos de previsão mais ou menos complexos (Harrison 2005), criando grandes quantidades de *stock* e tempos de resposta mais lentos.

2.1.2 Just-in-Time

O *Just-in-Time* consiste em fazer o que é necessário, quando é necessário e nada mais. Tudo o que for produzido além do mínimo necessário é considerado desperdício, tendo em conta o tempo e material gastos em algo que não é necessário ou não poderá ser utilizado a curto prazo (Jacobs 2011).

O objetivo do JIT é eliminar as filas de material, minimizando o inventário e os tempos de ciclo sem sacrificar a satisfação ao cliente, a qualidade e as entregas. Além disso, quando os inventários são baixos, os problemas de qualidade tornam-se mais visíveis (Chase, Jacobs, e Aquilano 2006), permitindo resolvê-los atempadamente e com menor desperdício de material.

2.1.3 Jidoka

Jidoka, ou automação com toque humano, consiste em parar o trabalho mal ocorra um estado anormal ou defeito, retomando o trabalho assim que a causa do problema esteja resolvida.

Segundo Sugimori et al. (1977), existem duas razões para a importância do *Jidoka*:

- Previne que se produza demais – Se o equipamento for projetado de modo a parar assim que for atingida a produção necessária, não é possível produzir demais, produzindo-se portanto *just-in-time*.
- O controlo de anomalias torna-se fácil – Caso ocorra alguma anomalia, apenas será necessário focar a atenção nos equipamentos parados.

Isto permite a criação de produtos com pouca ocorrência de defeitos. Caso a produção continue apesar da existência de um problema, as peças produzidas daí por diante serão defeituosas, aumentando progressivamente o custo desse defeito.

2.1.4 Poka-Yoke

Também conhecido como tecnologia à prova de erros. Um sistema *poka-yoke* tem duas funções: executa inspeção a 100% e dá *feedback* imediato caso ocorra alguma anormalidade (Shingo 1986).

A ocorrência de erros é evitada através de mecanismos simples que alertam para o problema, tais como um aviso sonoro ou luminoso, ou mecanismos que impeçam o erro, desligando as máquinas ou bloqueando-as aquando da sua ocorrência.

2.1.5 Kanban

O sistema *kanban* baseia-se no método utilizado nos supermercados e surpreende pela sua simplicidade, tendo sempre disponível o que o cliente precisa na quantidade necessária. Assim que a quantidade de um produto atinge um valor considerado baixo, é apresentado um aviso, normalmente um cartão, com informações sobre o produto, quantidade e local onde é necessário esse produto.

É de notar que o *kanban* não elimina inventário, no entanto ajuda a controlar o material que está em processamento e garante a sua rotatividade. Este sistema é facilmente ajustável pois detetando uma variação no consumo, ajusta-se o sistema adicionando ou retirando *kanban*'s. Além disso, se o trabalhador considerar que o abastecimento está a ser deficiente, pode adicionar outro *kanban*, corrigindo essa falha (Jacobs 2011).

Apesar das vantagens, este sistema requer algum cuidado pois caso o *kanban* desapareça, o abastecimento deixa de ser realizado, podendo parar a produção por falta de material.

2.1.6 Desperdícios

Segundo Floyd (2010), os utilizadores da metodologia *lean* identificam oito tipos de desperdícios (também denominados por “*muda*”). No entanto, estes podem ser reduzidos/eliminados e prevenidos com a implementação de práticas *lean*. Apresentam-se de seguida os oito desperdícios usualmente considerados:

1. Sobreprodução – Produção de produto final ou intermédio, que não seja requerido pelo cliente ou pela operação seguinte no processo de produção. Faz com que se perca capacidade produtiva, material e mão-de-obra que poderiam ser empregues na produção de produtos necessários no imediato.
2. Transporte – O transporte de material, pessoas e informação é necessário de modo a avançar no processo produtivo. No entanto este pode ser considerado um desperdício

uma vez que não traz qualquer valor acrescentado, devendo portanto, ser reduzido ao mínimo indispensável. O transporte de material tem custos associados e pode ainda representar uma fonte de perigo durante a movimentação das cargas.

3. Processos – Os processos de fabrico devem ser visíveis, intuitivos e bem controlados. Se assim não for, corre-se o risco de perder tempo em tarefas sem valor ou de ter um processo propício à ocorrência de erros.
4. Movimentações desnecessárias - Inclui deslocações desnecessárias na procura de ferramentas ou matéria-prima, resultado de má comunicação, má organização ou mau acesso a ferramentas de trabalho. Inclui também a realização de trabalho desnecessário, seja trabalho sem valor acrescentado ou trabalho repetido por outros operadores.
5. Produção defeituosa – A produção de peças defeituosas é um desperdício de capacidade produtiva, material e trabalho. Este desperdício propaga-se em todas as tarefas em que a peça possa vir a ser usada, podendo ser ainda maior se a peça defeituosa chegar ao cliente, prejudicando a reputação da empresa perante o mesmo.
6. *Stock* – *Stock* resultante de excesso de produção, ou usado para camuflar a existência de problemas operatórios constitui também um desperdício. O excesso de *stock*, além da possibilidade de deterioração ou extravio, tem o problema de representar dinheiro investido que pode não representar lucro. Além disso, pode piorar o serviço prestado ao cliente, nomeadamente quando o cliente pretende um produto personalizado. O excesso de *stock* pode ainda esconder processos ineficientes que deveriam ser corrigidos o mais rapidamente possível.
7. Atraso – Ocorre quando as operações não estão ligadas nem sincronizadas, provocando tempos de espera que levam à perda de capacidade produtiva.
8. Capacidade humana – Desperdiçar a capacidade humana é resultado do não envolvimento das pessoas no projeto da empresa. Além da possibilidade de diminuir a produtividade, corre-se o risco de perder as oportunidades de melhoria que poderiam ser sugeridas por quem está no local.

Segundo Terwiesch (2012), destes desperdícios, os cinco primeiros estão relacionados com os recursos e o mau aproveitamento da capacidade, podendo ser detetados com duas perguntas:

- O que fiz nos últimos 10 minutos e qual o valor acrescentado?
- Qual a percentagem de gente a trabalhar à minha volta?

Os dois desperdícios seguintes (*stock* e atraso) são relacionados com o fluxo e podem ser detetados questionando:

- Será que tenho de estar aqui tanto tempo?

2.1.7 Kaizen

Kaizen significa melhoria contínua. Esta filosofia assume que todos os dias devem ser focados na melhoria contínua e realça que todos os trabalhadores a todos os níveis da organização devem estar envolvidos nesse objetivo. A melhoria contínua deve ser integrada nas atividades do dia-a-dia com foco na eliminação do desperdício, normalizando a produção e mantendo o local de trabalho limpo e organizado. As melhorias resultantes deste método são normalmente pequenas, no entanto, revelam-se importantes com o passar do tempo (Ortiz 2006).

Uma das vantagens da melhoria contínua é o facto de não implicar grandes investimentos por parte das organizações, uma vez que assenta numa mudança de atitude e não na aquisição de equipamentos.

2.1.8 5S

O método 5S representa uma filosofia que pretende manter o local de trabalho limpo e arrumado, assentando na lógica que se tudo estiver limpo e arrumado, a qualidade virá por acréscimo. A sua implementação é da responsabilidade de quem ocupa o dito local que deve estar empenhado na lógica de melhoria contínua.

Cada um dos 5S representa um conceito em japonês que deve ser implementado e mantido no dia-a-dia da empresa (Basu e Walton 2011):

- *Seiri* – utilização: consiste em identificar e seleccionar o material com utilização e sem utilização, eliminando do local de trabalho todo o material desnecessário.
- *Seiton* – organização: se o local de trabalho estiver devidamente organizado, com cada objeto no seu devido local, a sua utilização será mais fácil e intuitiva.
- *Seiso* – limpeza: ao limpar e manter limpo o local de trabalho, assim como encontrar causas de sujidade e repará-las, é possível melhorar o ambiente de trabalho e incentivar a qualidade.
- *Seiketsu* – normalização: se as tarefas forem normalizadas, todos saberão o que fazer e quando fazer, mantendo a qualidade dos produtos.
- *Shitzuke* – autodisciplina: os conceitos referidos atrás só funcionarão caso exista autodisciplina por parte dos funcionários de modo a dar seguimento a esta filosofia.

Segundo Pillet et al. (2011), a aplicação desta metodologia permite melhorar a qualidade dos produtos, a segurança dos trabalhadores, a eficiência e diminuir a ocorrência de defeitos. A aplicação da metodologia divide-se em duas fases: a fase correspondente aos três primeiros S (*Seiri*, *Seiton* e *Seiso*) em que se organiza o posto de trabalho; e a fase em que se mantém as alterações feitas (*Seiketsu* e *Shitzuke*).

2.1.9 Gestão visual

A técnica de gestão visual consiste em reorganizar o local de trabalho de modo a melhorar a comunicação entre todos através de uma comunicação simples, expressiva e precisa. Deste modo, qualquer funcionário pode indicar se algo está mal e, caso esteja, sugerir ações que possam ser adotadas para solucionar o problema.

Para a aplicação desta técnica podem ser usados sinais luminosos, sinalética, marcas, notas, entre outros.

2.1.10 SMED

Single Minute Exchange of Dies é um princípio desenvolvido por Shigeo Shingo na década de 50 no Japão com o objetivo de diminuir os tempos de paragem provocados pela mudança, preparação e ajuste de ferramentas.

Shingo (1985) afirma que existem dois tipos fundamentais de *setups*: *setups* internos, que são tarefas que têm de ser realizadas quando a máquina está parada (por exemplo mudar

ferramentas) e *setups* externos que podem ser realizados enquanto a máquina trabalha, como é o caso do transporte de ferramentas.

Afirma ainda que o processo de *setup* tem quatro passos:

- Preparação, ajustes pós-processo e verificação de materiais e ferramentas: este passo assegura que todas as peças e ferramentas estão onde devem estar e que estas funcionam corretamente.
- Montagem e desmontagem de peças: inclui a remoção de peças e ferramentas no fim do processo e a montagem antes de iniciar o novo processo.
- Medições, configurações e calibrações: este passo refere-se a todas as medições, configurações e ajustes que tem de ser feitos na preparação das operações.
- Realização de testes e ajustes: neste último passo, produzem-se peças de teste para verificar a conformidade do produto e se necessário reajustar as configurações do processo.

A aplicação do sistema SMED tem três fases conceituais (Shingo 1985):

- Separar *setup* interno e externo: é o passo mais importante na implementação SMED. A simples distinção de *setups* permite normalmente um grande ganho no tempo de *setup* necessário.
- Converter *setup* interno em externo: nesta fase deve-se reavaliar as operações na procura de passos considerados de *setup* interno que podem ser efetuados externamente e encontrar formas de o fazer.
- Simplificação da operação de *setup*: além de converter *setup* interno em *setup* externo, deve ser feito um esforço no sentido de simplificar o processo de *setup*.

2.1.11 Make-to-Stock e Make-to-Order

Make-to-stock (MTS) e *make-to-order* (MTO) são duas metodologias que caracterizam se a empresa produz para ter *stock* disponível (MTS) ou se produz como resposta a um pedido do cliente (MTO).

Caso a empresa adote um processo MTO manterá os inventários ao mínimo e será capaz de responder de modo mais eficaz aos anseios do cliente. No entanto, ao adotar este conceito, deverá aumentar o tempo de entrega. Um exemplo típico de *make-to-order* são os restaurantes. Se a empresa optar por produzir para *stock* terá um elevado nível de inventário, respondendo rapidamente aos pedidos do cliente com produtos normalizados (Jacobs 2011).

Alternativamente a estas duas opções, pode-se usar um processo híbrido, onde se produz um componente intermédio que pode ser utilizado em vários produtos (*standard*), para *stock*, e se mantém em *stock* até a chegada de uma encomenda, momento em que será utilizado no produto final.

2.1.12 VSM

O *Value Stream Mapping* (VSM) consiste numa representação gráfica dos fluxos de material e informação necessários para a obtenção de um produto. Ao mapear com detalhe as origens, os destinos e os percursos de material e informação necessários para obter um produto final, esta ferramenta permite a eliminação de tarefas sem valor acrescentado, ou a melhoria dos processos, reduzindo a complexidade do sistema e aumentando a sua produtividade.

A aplicação desta ferramenta está dividida em duas partes: na primeira parte, representa-se o estado atual do processo, enquanto na segunda, se representa o possível estado futuro (Jacobs 2011) com as devidas melhorias. O VSM é um ótimo modo de analisar visualmente um sistema existente e detetar locais onde o desperdício possa ser eliminado. Além disso, é simples de desenhar, sendo possível construí-lo com papel e lápis.

2.1.13 Diagramas de Spaghetti

O diagrama de *spaghetti* é uma ferramenta simples que permite identificar o percurso percorrido por uma pessoa ou material durante a execução de um processo (Plenert 2007). Para criar um diagrama de *spaghetti* basta ter uma planta do espaço fabril e desenhar nela o percurso percorrido pelo funcionário ou material desde o início até ao final de determinado processo. Se o diagrama de *spaghetti* for complicado, tal pode significar que o processo pode ser melhorado, simplificando ou reorganizando o processo ou a área de produção.

Assim sendo, esta ferramenta pode revelar-se útil para redesenhar os processos ou *layouts* fabris, diminuindo assim as distâncias percorridas e melhorando significativamente o tempo necessário ao processo.

2.1.14 Layout

O *layout* define a ocupação do espaço de um determinado local. A escolha correta de um *layout* é de grande importância para a empresa, uma vez que a sua correta definição permitirá reduzir os desperdícios em transporte, alterar processos, aumentar a segurança e até melhorar o envolvimento das pessoas no fabrico de determinado produto.

Segundo Jacobs (2011), destacam-se quatro tipos de *layout*.

- *Layout* de projeto – é normalmente utilizado para a construção de produtos de elevada dimensão tais como navios ou aviões. Neste tipo de organização, o produto a construir mantém-se fixo enquanto os recursos materiais e humanos circulam em seu redor.
- *Layout* por processo – os equipamentos que desempenham tarefas semelhantes são agrupados, especializando uma determinada zona numa determinada operação. Como exemplo pode-se referir as áreas de pintura.
- Célula de produção – consiste em agrupar equipamentos bastante diferentes, de modo a produzir determinado produto ou família de produtos na mesma célula.
- Linha de montagem – os equipamentos são organizados de modo a aumentar a fluidez no fabrico de determinado componente. Embora a flexibilidade de uma linha de montagem seja muito baixa, esta permite reduzir o tempo de produção e diminuir as distâncias.

2.2 Sistemas ERP

Os sistemas ERP (Enterprise Resource Planning) são sistemas integrados de gestão empresarial que automatizam e integram sob um mesmo modelo de informação os processos de gestão financeira, gestão de recursos humanos e gestão da produção/logística (Guedes 2000) (Figura 1). Caso a implementação do sistema ERP seja bem-sucedida, o departamento da produção tem conhecimento das novas encomendas assim que entram no sistema, o departamento das vendas sabe o estado das encomendas em tempo real, o departamento de compras sabe o que vai fazer falta ao departamento da produção e a contabilidade mantém-se

sempre ao corrente das transações realizadas (Jacobs 2011). No entanto, é frequente as empresas tornarem-se dependentes destes sistemas, o que aliado às estruturas rígidas e *standard*, pode funcionar como entrave a algumas empresas que apostem no momento de diferenciar.

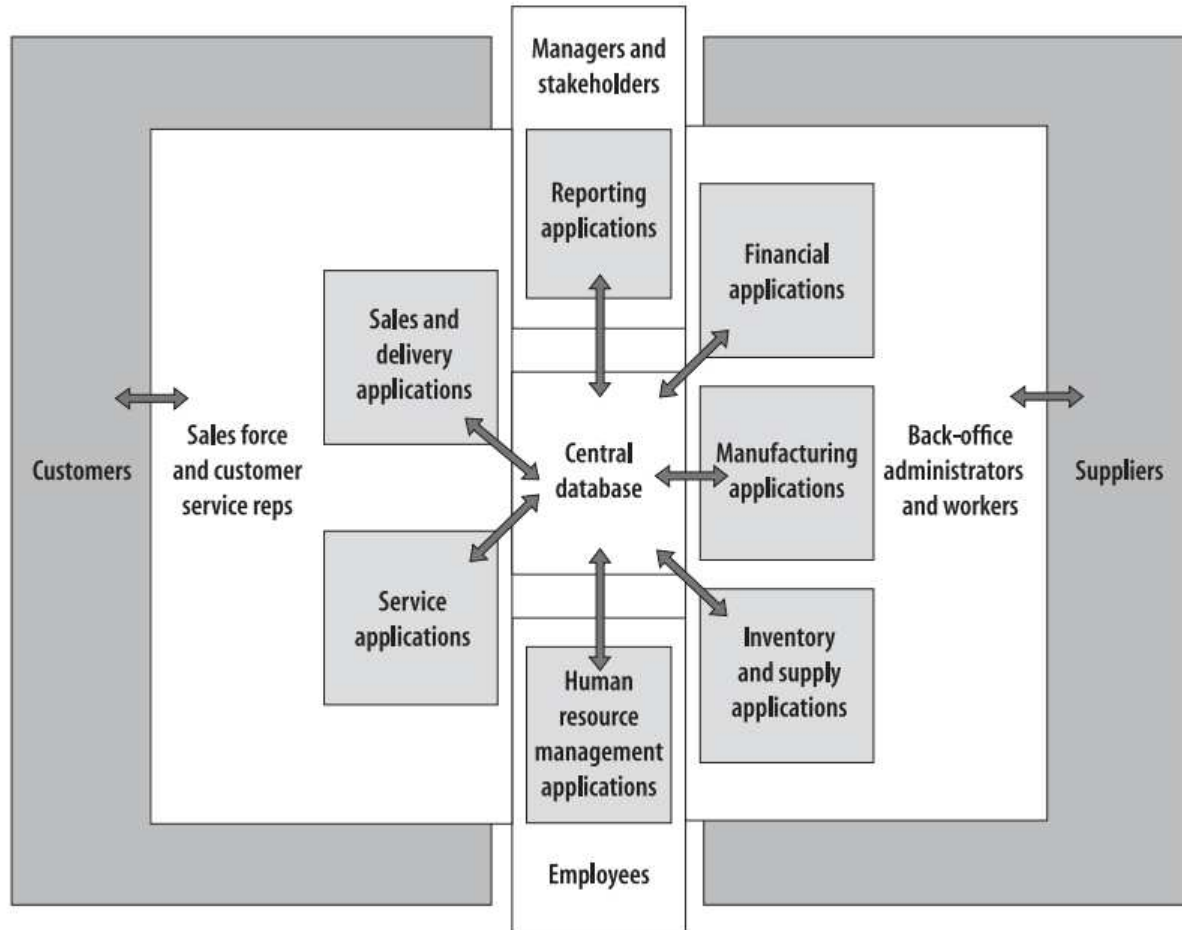


Figura 1 - Estrutura de um ERP (Davenport 1998)

2.2.1 Estrutura dos Produtos

Os sistemas ERP permitem, em geral, estruturar os processos e materiais necessários em cada fase da produção de um determinado produto criando uma estrutura dos produtos que permite calcular o custo dos materiais fabricados e planificar o fabrico desses mesmos produtos. Esta informação é hierarquizada por níveis de modo a poder afirmar quais os materiais necessários para obter o produto seguinte. Na Figura 2 é possível observar a estrutura de produto para a produção do artigo final A0 (produto acabado), sendo, por exemplo, A0 obtido a partir de A1, B1 e C1 enquanto A5 é obtido a partir de A6, B6, C6, D6. Assim sendo, assim que se solicitasse a produção de A0, o sistema verificaria a existência de A1, B1 e C1 e atualizaria o *stock* existente.

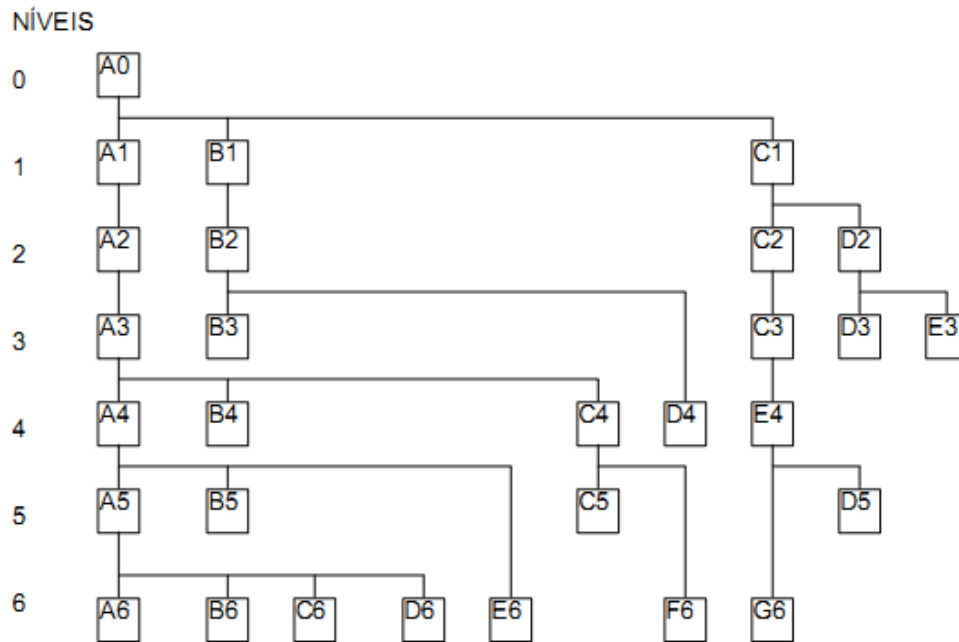


Figura 2 - Estrutura de Produto (Apontamentos de Gestão de Empresas - Planeamento da Produção - B.C.V. 2009)

2.3 Qualidade

A norma ISO 9000 define qualidade como “grau de satisfação de requisitos dados por um conjunto de características intrínsecas” (Instituto Português da Qualidade 2000), sendo que por “requisitos” se entende “necessidade ou expectativa”. Assim sendo, a qualidade visa agradar ao cliente, seja obedecendo às especificações ou respondendo a um conjunto de características implícitas básicas mesmo que não especificadas ou oferecendo características novas ou diferenciadoras.

Segundo (Duret 2005), o modelo de Kano define três tipos de qualidade, permitindo com a sua conjugação, avaliar a satisfação do cliente.

- Qualidade implícita (expectativas de base) – é aquela que se encontra em todos os produtos do mercado. É um requisito mínimo que caso não seja cumprido pode levar à rejeição do produto.
- Qualidade proposta (expectativas de performance) – é garantida pelas características que levam a empresa a afirmar-se no mercado. Por exemplo se a empresa garante um produto a preço mais baixo ou com desempenho melhorado em relação à concorrência.
- Qualidade inovadora (expectativas de sedução) – afirma-se por oferecer algo que o cliente não esperava. Algo de novo e diferenciador que cativa o cliente.

Philip Crosby, citado por Faria (2011), define qualidade como “conformidade com as especificações” e afirma que “a qualidade é de graça. Não é uma oferta mas é de graça. O que custa dinheiro é a falta de qualidade, isto é não fazer bem à primeira”. Com esta afirmação, Crosby elucida a importância de fazer bem à primeira. Se tal não acontecer, a empresa terá de suportar custos, sejam eles os custos de reparação, os custos de tempo, material e mão-de-obra desperdiçados ou o custo agravado caso um produto sem qualidade chegue ao cliente final.

2.3.1 Ciclo de Deming

O ciclo de Deming, também conhecido por ciclo de Shewhart ou PDCA é um método de melhoria contínua que pode ser utilizado em qualquer área. Este ciclo é constituído por quatro fases definidas que deverão ser continuamente repetidas de modo a obter um melhor desempenho e uma maior garantia da qualidade, conforme indicado na Figura 3. As fases são descritas de seguida, segundo Campbell e Collins (2010):

- *Plan* – Durante esta fase deve-se definir, estudar e analisar a situação de modo a encontrar as causas de determinado problema e definir as melhores soluções possíveis para esse mesmo problema, traçando um plano a implementar.
- *Do* – É a execução do plano traçado anteriormente
- *Check* – Analisam-se os resultados das fases anteriores e confirma-se se os resultados atingidos vão de encontro às metas definidas. Deve ser feita uma reflexão sobre os resultados atingidos e sobre o que deve ser feito.
- *Act* – Ao identificar as metas não atingidas deve-se agir, fazendo os ajustes necessários para chegar ao ponto desejado. Caso se entenda que os objetivos foram devidamente alcançados, deve-se procurar qual o próximo ponto a precisar de melhoria, recomeçando o ciclo PDCA.

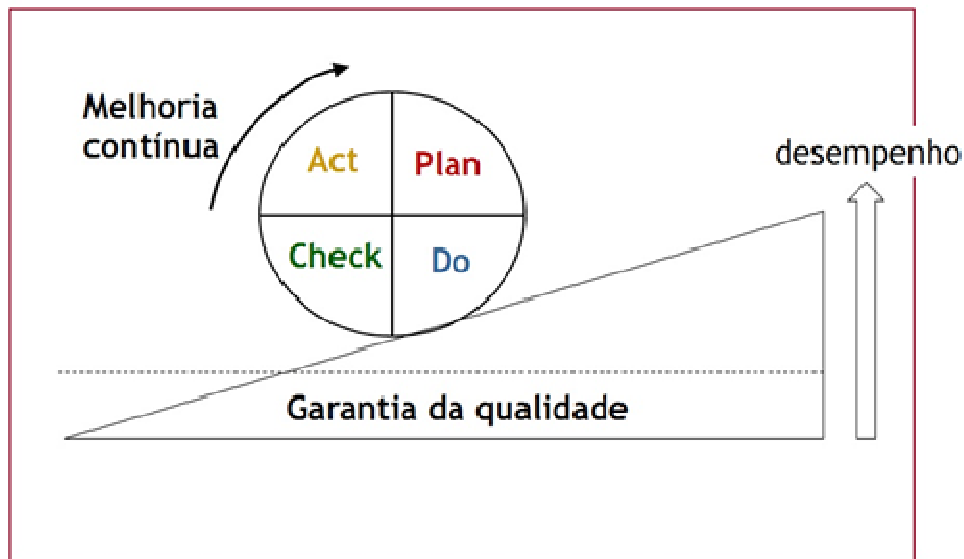


Figura 3 - Ciclo PDCA (Faria 2011)

2.3.2 6 Sigma

O 6 sigma é uma abordagem global de melhoria da qualidade do produto e dos serviços prestados aos clientes (Duret 2005), focando-se em garantir a total satisfação do cliente, podendo ser resumida no seguinte princípio:

“Se nos interessarmos pela qualidade, os custos descem. Se nos interessarmos pelos custos, a qualidade desce” (Duret 2005).

Com o processo centrado, caso os limites de especificação se mantenham inalterados e o processo seja melhorado, reduzindo a variabilidade dos produtos, então, a probabilidade de produzir uma unidade fora das especificações vai baixar (Jacobs 2011). Atingir o 6 sigma,

significa que o processo está centrado e a variância é reduzida, existindo menos de 3,4 defeitos por cada milhão de oportunidades de erro, conseguindo-se:

- Aumentar a qualidade dos produtos e satisfação do cliente
- Diminuir os custos de não qualidade
- Diminuir a variabilidade dos processos
- Aumentar capacidade produtiva

Segundo Duret (2005), esta abordagem decompõe-se em seis etapas:

1. Definir – Em primeiro lugar é necessário identificar corretamente o problema. Posteriormente, é necessário identificar o cliente, o que o insatisfaz e que grandezas poderão traduzir essa insatisfação.
2. Medir – De seguida deve-se verificar que o processo de medição não é fonte de grande variabilidade para poder então observar o processo e recolher factos.
3. Analisar – Esta etapa permite analisar os factos registados na etapa anterior. Esta análise centra-se primeiro em encontrar os defeitos e, só depois na causa desses defeitos.
4. Inovar – Após a identificação dos defeitos e das suas causas, é altura de implementar ações que eliminem as causas de defeitos, e os defeitos.
5. Controlar – Depois de melhorar o processo, deve-se então implementar o que for necessário para garantir que o processo se mantém controlado.
6. Normalizar – Finalmente, a solução deve ser normalizada de modo a facilitar a sua aplicabilidade.

2.3.3 Diagrama de Pareto

O diagrama de Pareto ou curva ABC é uma ferramenta útil para definir prioridades. Na sua base está o conceito que afirma que um pequeno número de produtos (cerca de 20%) ocupa um grande número de recursos (cerca de 80%), sendo que esta relação também se aplica na qualidade, tendo sido identificado que cerca de 80% dos defeitos são devidos a cerca de 20% de causas (Zairi 1991).

Este diagrama divide o inventário em três grupos, classificando-os de A, B ou C consoante a sua importância. Assim sendo, atribuem-se ao grupo A os produtos com alto valor, ao grupo B os produtos com moderado valor e ao grupo C os produtos com baixo valor. De referir que este valor é uma medida de importância: um artigo de baixo valor mas com um volume elevado pode ser mais importante que um artigo de alto valor e baixo volume (Jacobs 2011).

2.3.4 Diagrama Causa-efeito

O diagrama de causa-efeito ou diagrama de Ishikawa é um meio para identificar as causas de determinado problema. Este tipo de diagrama é construído traçando uma linha que representa o efeito em estudo, representando-se de seguida as famílias de causas que levam à ocorrência desses efeitos e às suas respetivas causas se for o caso, formando um diagrama em forma de espinha de peixe como se mostra na Figura 4.

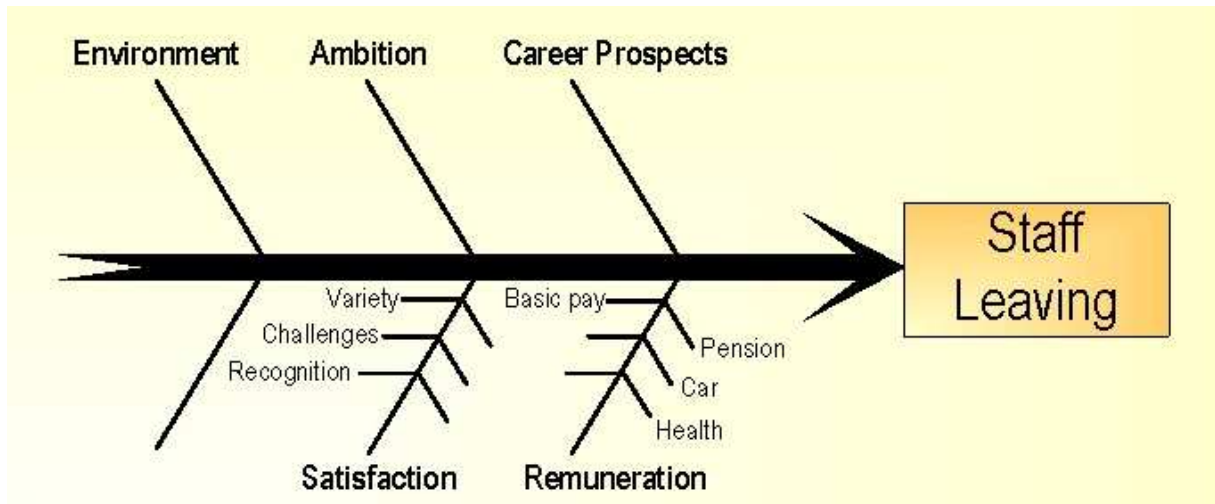


Figura 4 - Diagrama de causa-efeito (<http://www.sobreadministracao.com/wp-content/uploads/2009/12/ishikawa-diagram.png>)

De modo a tornar o diagrama o mais completo possível, este deve ser realizado após uma sessão de *brainstorming* onde os participantes dessa sessão devem debater quais as raízes do problema em estudo. No final, o diagrama permite esquematizar de forma simples as causas encontradas, organizando-as por famílias e ajudando a eliminar redundâncias (Duret 2005).

2.4 Soldadura

A soldadura pode ser definida como um processo de ligação permanente entre duas peças através de uma união íntima e atómica entre as superfícies em contacto, obtendo-se uma junta com propriedades mecânicas análogas ou superiores às do metal base e mantendo-se a continuidade de natureza metálica através da ligação (Fernandes 2007).

Pode-se dizer que existem dois modos de soldadura: soldadura no estado sólido ou soldadura por fusão conforme a união seja feita por pressão para deformar plasticamente as superfícies, ou por fusão das partes a ligar. No caso da soldadura por fusão, os processos de soldadura por arco eléctrico assumem especial importância, incluindo entre outros, os processos de soldadura por eléctrodo revestido, TIG, MIG/MAG ou arco submerso (Santos 1998).

2.4.1 Funcionamento do processo MIG/MAG

A soldadura MIG/MAG é um processo de soldadura por arco eléctrico no qual se utiliza um fio eléctrodo consumível de alimentação contínua (Santos 1998). Entre a ponta deste e o material a soldar, estabelece-se o arco eléctrico sob uma protecção gasosa inerte ou ativa, dependendo do gás utilizado, sendo esta a distinção entre o processo MIG caso se utilize um gás inerte tal como o argón, hélio ou misturas, ou MAG caso se utilize um gás ativo como o dióxido de carbono ou misturas.

Na Figura 5, é representado um esquema do processo de soldadura MIG/MAG, sendo possível observar a alimentação contínua do fio e a transferência de metal rodeada pela protecção gasosa. O facto da alimentação do fio eléctrodo ser feita de forma contínua aumenta consideravelmente a rentabilidade do processo, reduzindo os tempos necessários para a troca

de eléctrodo, o que permite alcançar fatores de marcha¹ elevados (aproximadamente 60%) e a possibilidade de cordões de soldadura mais compridos. Por sua vez, o gás de proteção evita o contacto do banho de fusão com a atmosfera, evitando assim a formação de óxidos que provocariam defeitos no cordão de soldadura.

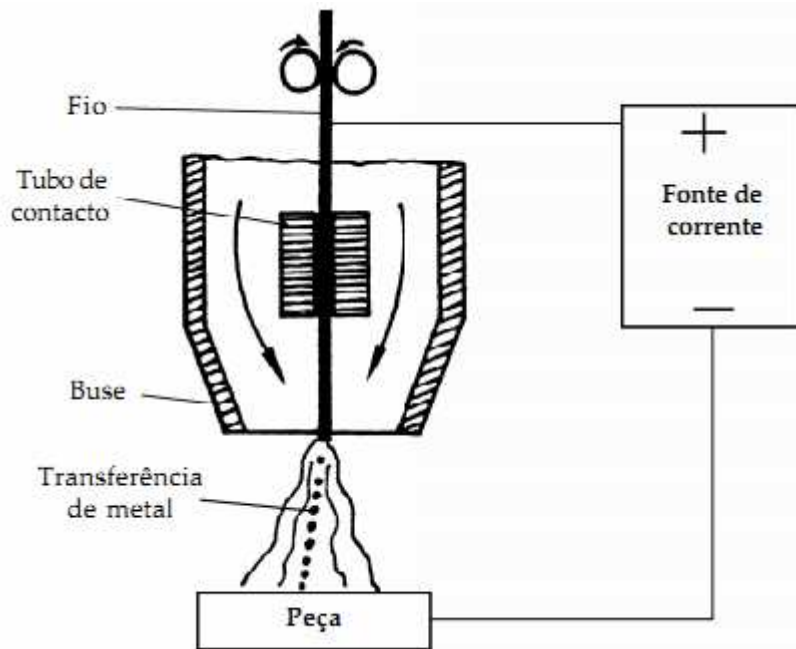


Figura 5 – Processo de Soldadura MIG/MAG (Fernandes 2007)

Além de ter uma rentabilidade elevada, este processo de soldadura permite soldar todos os metais comercialmente importantes em todas as posições de soldadura se a escolha dos parâmetros de soldadura, fio eléctrodo e gás de proteção for adequada (Campbell 2011).

O processo de soldadura MIG/MAG pode ser utilizado nos modos semiautomático e automático e permite soldar todos os metais vulgarmente utilizados em construção soldada, como o aço carbono, aço de alta resistência, aço inoxidável, alumínio, cobre, titânio, níquel e suas ligas (Santos 1998). No caso de soldadura automática, o operador apenas seleciona os parâmetros necessários para o funcionamento do *robot* de soldadura, enquanto no caso da soldadura semiautomática, esta é controlada manualmente com alimentação do fio automática pela unidade de alimentação da máquina.

2.4.2 Equipamento

O equipamento necessário para o funcionamento do processo MIG/MAG é semelhante nos casos de soldadura automática e semiautomática, sendo a principal diferença o facto de a instalação automática necessitar dos mecanismos que possibilitem a movimentação da tocha e o seu controlo. O equipamento base é representado na Figura 6 e constituído segundo Santos (1998) pelos seguintes elementos:

¹ Fator de marcha é a relação entre o tempo efetivo a soldar e o tempo total de trabalho.

- Fonte de alimentação da corrente de soldadura,
- Fonte de gás de proteção,
- Unidade de alimentação do fio,
- Tocha ou pistola de soldadura,
- Caixa de comando,
- Mano-redutor e debitómetro.

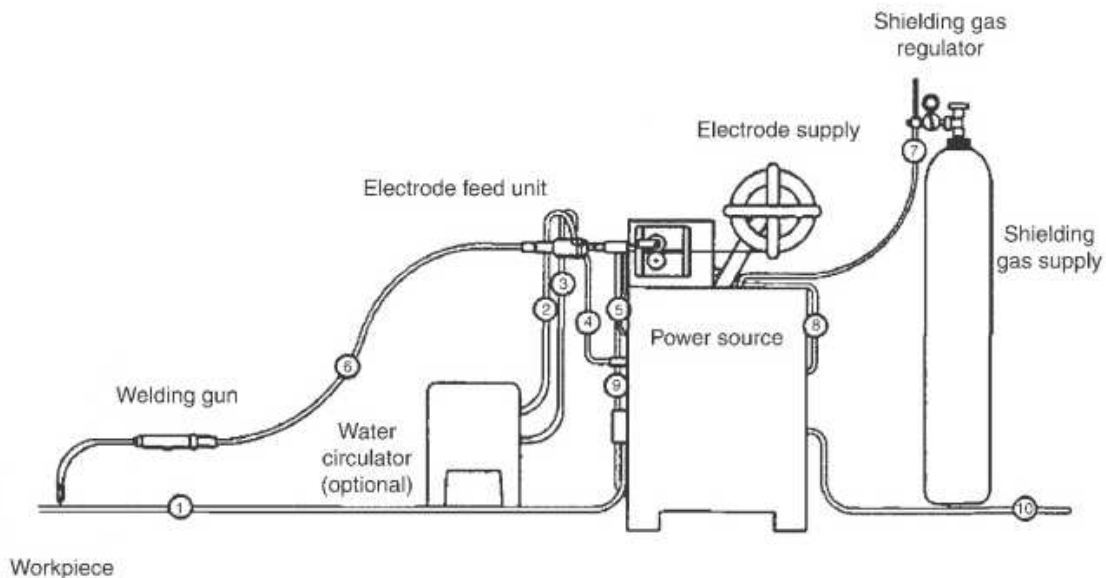


Figura 6 - Equipamento processo MIG/MAG editado de Conrardy (2011) citado por Campbell (2011)

Apesar da complexidade do equipamento necessário, o processo MIG/MAG é considerado de fácil execução e de elevada rentabilidade pois permite elevadas taxas de deposição e uma qualidade assinalável.

2.4.3 Modos de transferência

O modo como se realiza a transferência de material do fio eléctrodo para a peça tem implicações na qualidade do cordão da soldadura. Para um dado material, as diferentes formas de transferência dependem das forças envolvidas, as quais são função da corrente, tensão e composição do gás de proteção (Santos 1998). Campbell (2011) afirma a existência de três tipos de transferência:

- Transferência Globular (Figura 7 (b)) – Ocorre para baixas intensidades e é caracterizada pela formação de gotas de diâmetro superior ao do fio eléctrodo. A transferência das gotas para o banho de fusão ocorre por ação da força da gravidade, sendo frequente a ocorrência de salpicos.
- Transferência por curto-circuito (Figura 7 (c, d, e, f)) – Ocorre quando o metal é transferido para a peça apenas quando o eléctrodo está em contacto com o banho de fusão. É especialmente indicada para soldar pequenas espessuras uma vez que a entrega térmica é mantida num valor baixo.
- Transferência em *spray* (Figura 7(a)) – O aumento da intensidade de corrente leva à diminuição da dimensão das gotas e ao aumento da frequência de transferência, além

de reduzir os salpicos. Este modo de transferência tem uma entrega térmica mais elevada, o que faz com que se obtenha uma penetração superior mas deforme material com pequenas espessuras

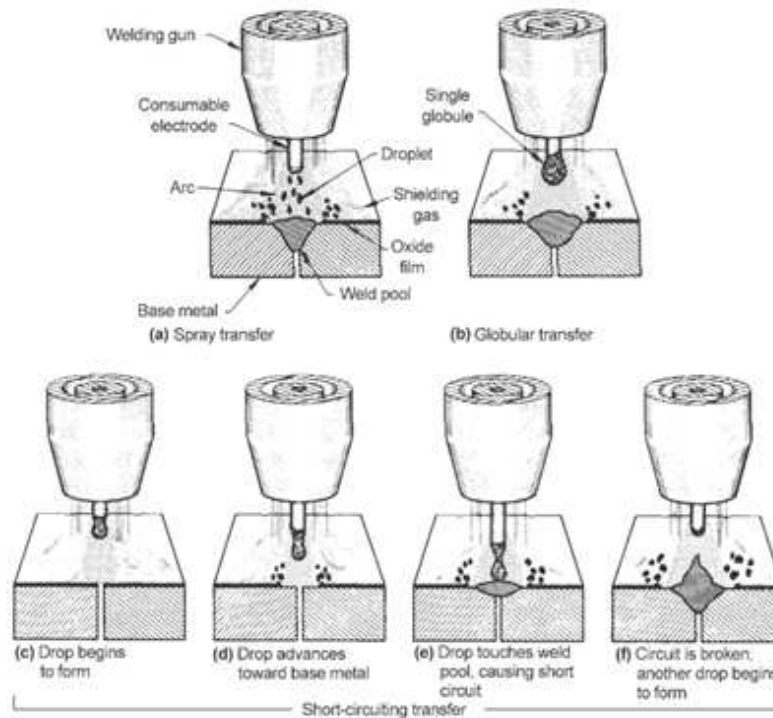


Figura 7 - Modos de transferência MIG/MAG (Davis 1998) citado por (Campbell 2011)

A utilização de corrente pulsada permite a transferência em *spray* para valores de intensidade mais baixos. A corrente pulsada consiste em combinar uma corrente de base que não extinga o arco elétrico com um pico de corrente, de baixa duração, que força a transferência de metal.

2.4.4 Parâmetros

Segundo Santos (1998), os principais parâmetros que influenciam a qualidade do cordão de soldadura produzido através da utilização de um processo MIG/MAG são:

1. Intensidade de corrente e velocidade do fio

A intensidade de corrente controla a taxa de fusão do eletrodo consumível (velocidade do fio), além de controlar o modo de transferência. Ao aumentar a intensidade de corrente enquanto se mantem os outros parâmetros inalterados, o cordão de soldadura vai aumentar, atingindo uma penetração maior.

2. Tensão do arco

A tensão do arco é uma variável importante em soldadura. Segundo Santos (1998), para uma dada intensidade de soldadura existe uma gama de tensões de arco que se devem utilizar. Se aumentar a tensão do arco sem variar os outros parâmetros, obtém-se uma maior largura do cordão, uma melhor molhagem e uma redução da penetração. Caso a tensão seja excessiva, o cordão apresentará porosidade, salpicos em excesso e bordos queimados, enquanto que se a tensão for demasiado baixa o cordão apresentará porosidade e uma forma convexa.

3. Velocidade de soldadura

É a deslocação linear do arco elétrico ao longo da junta a soldar por unidade de tempo. O aumento deste parâmetro provoca um cordão mais estreito.

4. Extensão do eletrodo

A extensão do eletrodo (“*stick-out*”) é o comprimento do fio eletrodo fora do bico de contacto. O aumento desta variável provoca um aumento do calor por efeito de Joule, no entanto, se o aumento for exagerado, o arco torna-se instável.

5. Posição da tocha

O posicionamento da tocha de soldadura assim como o modo como se efetua o deslocamento afeta a morfologia do cordão. Consoante a técnica utilizada, o cordão pode ser mais ou menos estreito, alto e com maior ou menor penetração. Além disso, o posicionamento pode alterar a visibilidade do soldador.

6. Diâmetro do eletrodo

O diâmetro do eletrodo afeta a forma do cordão, sendo que se o diâmetro do fio for maior, então a intensidade necessária para obter o mesmo modo de transferência será maior.

7. Tipo de gás de proteção

O gás de proteção tem como principal objetivo evitar a formação de óxidos pelo contato entre o banho de fusão e a atmosfera que poderiam provocar defeitos como inclusões de escória, porosidade e fragilização do cordão. No entanto, o gás de proteção influencia também as características do arco elétrico, o modo de transferência, a geometria do cordão, o aspeto superficial do cordão e as características mecânicas e metalúrgicas do metal.

3 Análise ao funcionamento

3.1 A fábrica

Além da qualidade reconhecida aos produtos com marca Herculano e/ou Ferpinta, uma das principais características da Herculano – Alfaias Agrícolas S.A. é a diversidade da oferta disponível. Para que esta diversidade seja possível, a fábrica está dotada de um grande número e variedade de equipamentos que permitem executar inúmeras tarefas. A título de exemplo refira-se o elevado número de pontes rolantes, que auxiliam o trabalho dos funcionários que recorrem a estas não só para transporte de material mas também para colocar as peças em posição apropriada para o processo a executar. Além das pontes, existe também uma vasta gama de equipamentos disponíveis para transformar a matéria-prima em produto-intermédio (cortar, quinar, conformar, furar, tornear, etc...) que possibilitam um tempo de resposta curto para essas operações e com vantagem na qualidade e precisão destas operações. Com estas condições e disponibilidade de material, a Herculano – Alfaias Agrícolas S.A. reduz a necessidade de recorrer a terceiros, fazendo-o apenas para tarefas mais específicas.

A organização da fábrica é semelhante à esquematizada na Figura 8, onde se destacam, além do total da área coberta a rondar os 30.000 m², a zona de corte, conformação e maquinagem e a zona de construção soldada e aparafusada, onde são efetivamente construídas as alaias. A zona de construção está dividida em diversas células de produção, cada uma especializada em determinado tipo de alfaia ou componente. Esta organização revela-se vantajosa por permitir a produção de uma vasta gama de produtos em simultâneo, enquanto se reduz a necessidade de movimentar material, o que no caso em questão tem uma importância acentuada dada a grande dimensão do mesmo.



Figura 8 - Esquema do layout da Herculano – Alfaias Agrícolas S.A.

3.2 Processo Produtivo

Tendo em conta a dimensão das instalações fabris e a grande variedade de alaias produzidas na Herculano – Alfaias agrícolas S.A., torna-se complexo referir um fluxo único na fábrica, no entanto, é possível descrever um processo geral do fabrico das alaias que pode ser acompanhado pela consulta da Figura 9 e Figura 10, que pretendem esquematizar a construção de um produto, sendo no entanto possível que algumas etapas sejam desnecessárias.

O processo produtivo começa com a receção da matéria-prima (chapa e perfis de aço, tubular ou não e normalmente de baixa liga), que é armazenada no armazém de matéria-prima

segundo a sua forma e dimensões, após passar por um controlo de qualidade por amostragem efetuado a todo o material rececionado. Saliente-se que o facto da Herculano – Alfaias Agrícolas S.A. pertencer ao grupo Ferpinta permite-lhe adquirir matéria-prima de qualidade superior e com um tempo de resposta reduzido, sendo, por esse motivo, o próprio grupo Ferpinta fornecedor de cerca de 85% do aço adquirido por esta fábrica.

Assim que é aberta uma ordem de fabrico, a matéria-prima é encaminhada para as operações de corte, conformação e/ou maquinagem, conforme necessário, sendo de referir o grande leque de possíveis processos que o material pode sofrer nesta zona da fábrica:

- ❖ Tecnologia de corte:
 - Corte térmico
 - ◆ Laser
 - ◆ Plasma
 - ◆ Oxicorte
 - Corte mecânico
 - ◆ Guilhotina
 - ◆ Balancé
 - ◆ Serrote
- ❖ Tecnologia de conformação:
 - Quinagem
 - Estampagem
 - Calandragem
- ❖ Tecnologia de maquinagem:
 - Torneamento
 - Furação
 - Fresagem

Após passar pelos processos necessários, o material segue para um armazém de produto intermédio (ver Figura 8) que funciona como *buffer* de produção de modo a garantir que os processos seguintes não parem por falta de material. Dessa secção, o material segue para a respetiva célula de produção, onde será montado, soldado e aparafusado conforme a especificação de cada alfaia.

Depois de efetuados os processos anteriores, o produto é encaminhado para a zona de pintura podendo adotar um de dois caminhos, dependendo das suas dimensões: se a peça for de pequena dimensão, é colocada no sistema de pintura automática, constituído por um sistema de carris, que encaminha a peça para que seja devidamente limpa por fosfatação e desgorduramento, pintada e seca em estufa; no caso de a peça ser de dimensões elevadas, este processo é feito manualmente em cabine (pintura manual) após limpeza com a utilização de solventes.

Ao sair da zona de pintura, a peça pode ser reencaminhada para a zona de montagem correspondente, caso o processo produtivo da alfaia assim o exija, sendo que neste caso, apenas se recorre a construção aparafusada.

Quer seja reencaminhado para a zona de montagem ou não, segue-se o setor de acabamentos onde são colocadas as rodas, cilindros hidráulicos, taipais, chapas de identificação, suportes, óleo, massa lubrificante, entre outros, encaminhando de seguida a alfaia para uma zona de armazenamento apropriada, até que chegue o momento de expedi-la.

Antes de expedir a alfaia, esta volta ao setor dos acabamentos, onde se instalam os *kits* de iluminação, refletores, mangueiras hidráulicas, matrículas, correntes, entre outros, e onde são feitos eventuais retoques finais. No final deste processo, todas as alfaias são submetidas a um controlo de qualidade visual, que confirma ou não que a alfaia está pronta a ser encaminhada para o cliente.

Finalmente, a alfaia é expedida em transporte próprio e adequado à mesma e ao local de destino.

É ainda de referir que durante todo o processo produtivo, existem controlos de qualidade volantes de modo a garantir a qualidade do produto ao longo de toda a cadeia produtiva.

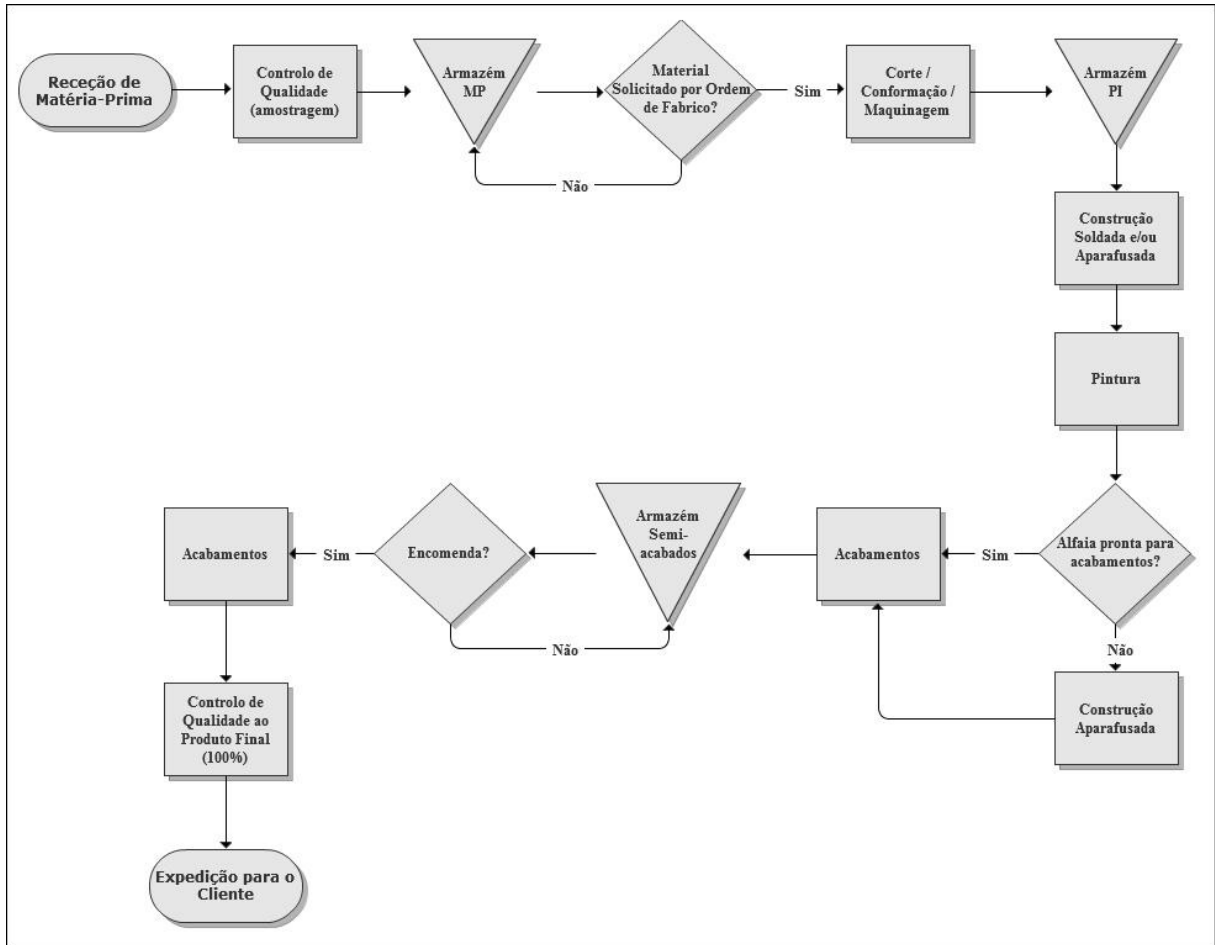


Figura 9 - Fluxograma do percurso do material

Na Figura 10, esboça-se o percurso do material pela fábrica desde a sua entrada como matéria-prima até à sua saída como alfaia agrícola. Em relação aos diversos componentes utilizados na construção da mesma (parafusos, correntes, mangueiras, etc.), estes são transportados diretamente do armazém de componentes para a zona em que serão utilizados/acoplados. Para algum material, como é o caso dos consumíveis de soldadura, é utilizado um sistema de *kanban*, que permite uma distribuição eficaz do material pelos funcionários sem a existência de *stock* excessivo.

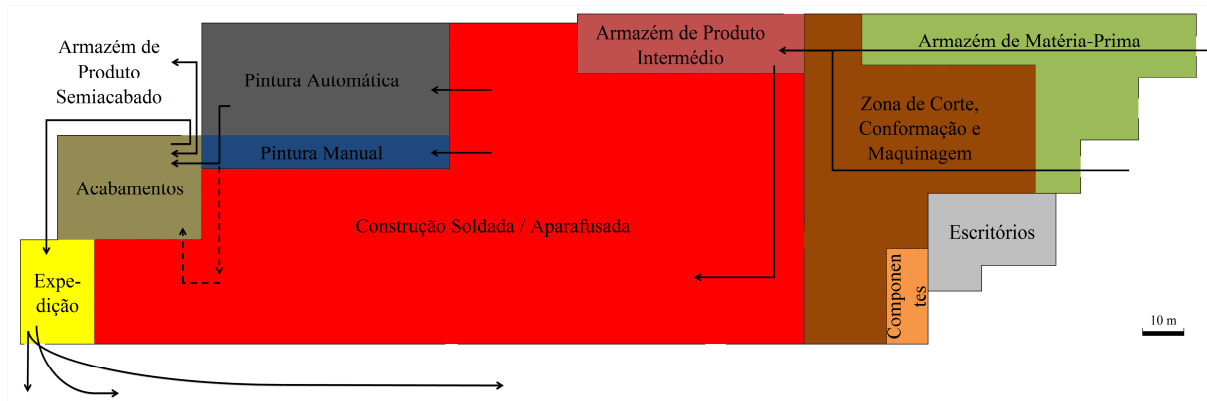


Figura 10 – Percurso do material desde a sua entrada como matéria-prima até a sua saída como alfaia agrícola

3.3 Funcionamento do setor de acabamentos

O setor de acabamentos (Figura 11) é responsável pela conclusão de todos os equipamentos produzidos na Herculano – Alfaias Agrícolas S.A., tendo portanto uma importância maior na qualidade do produto final nomeadamente no que diz respeito ao aspeto final da alfaia e sua usabilidade. Este setor tem entre outras, as seguintes funções:

- Instalar *kits* de iluminação
- Instalar sistemas hidráulicos (cilindros e suas ligações)
- Colocar sinalética
- Colocar refletores
- Colocar rodas
- Colocar taipais
- Colocar descansos
- Colocar suportes de mangueiras
- Colocar correntes
- Colocar identificação do fabricante
- Colocar chapas de identificação e matrícula
- Colocar óleo e massa lubrificante
- Retrabalhos eventualmente necessários

Como tal, este setor tem de manter sempre disponível uma grande variedade de produtos que permitam executar todas as funções necessárias em todas as alfaias produzidas de modo a poder manter um fluxo tão contínuo quanto possível.



Figura 11 - Setor de Acabamentos

As alfaias que chegam ao setor de acabamentos podem ser provenientes do setor de construção ou de pintura, para colocar os componentes pouco sujeitos a degradação tais como chapas de identificação, taipais, suportes ou podem ser provenientes do exterior para colocar os componentes em falta antes de expedir para o cliente tais como correntes, mangueiras hidráulicas, *kits* de iluminação, etc.. Em qualquer dos casos, as alfaias são transportadas por empilhador, havendo portanto a necessidade de ter o espaço livre suficiente que permita a movimentação deste e da alfaia transportada.

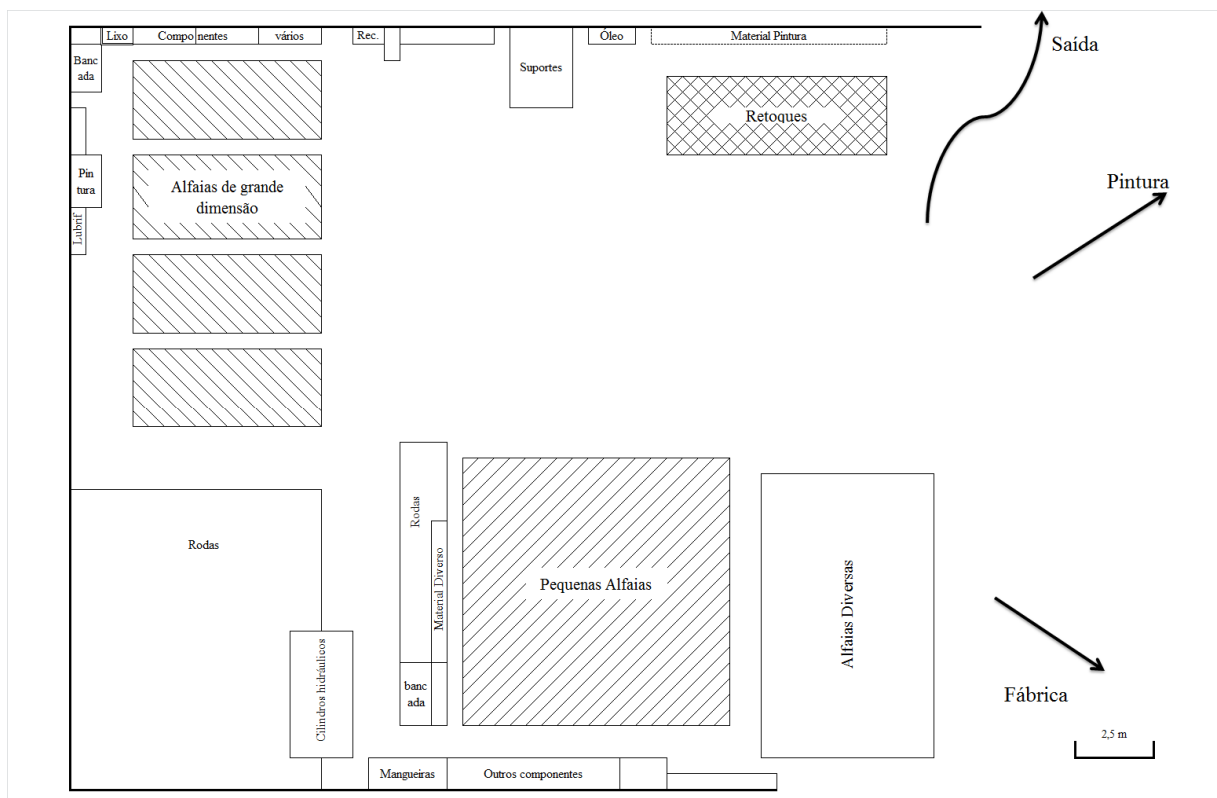


Figura 12 - Esquema do setor de acabamentos

O setor de acabamentos encontra-se esquematizado na Figura 12, sendo porém de referir que a utilização deste espaço não é fixa, variando de dia para dia consoante a produção em curso e as encomendas seguintes. Ainda assim, considerando o volume de trabalho habitual, pode-se afirmar que na zona norte (zona superior esquerda da figura) são concluídas alfaias de grande dimensão tais como reboques, semirreboques, cisternas, etc., na zona poente (zona com inscrição “pequenas alfaias”) são concluídas alfaias de pequena dimensão, produzidas em

grande série tais como fresas e charruas, na zona mais a nascente são dados alguns retoques necessários e que na zona mais a sul são colocadas alfaias em espera para determinada operação.

Pode ainda afirmar-se que o fluxo de trabalho é feito em torno da alfaia que devido às dimensões elevadas se mantém fixa enquanto os funcionários se deslocam entre os locais onde se encontram as ferramentas ou materiais necessários e a alfaia para realizar a devida operação. A título de exemplo, apresenta-se na Figura 13 o diagrama de *spaghetti* para o processo de instalação dos *kits* de iluminação. O funcionário desloca-se entre a estante que tem os *kits* de iluminação guardados e uma banca de trabalho onde os prepara para a instalação, deslocando-se de seguida até à alfaia para os ligar.

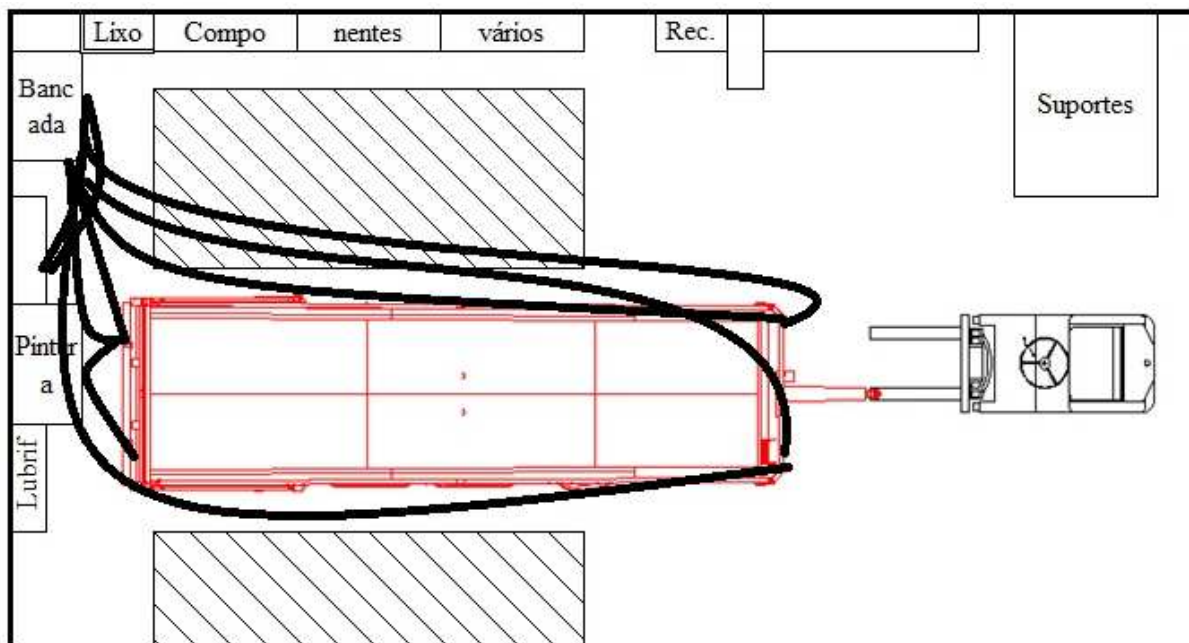


Figura 13 - Diagrama de *spaghetti* para instalação de iluminação

3.4 Problemas no setor de acabamentos

No início do projeto relatado nesta dissertação, procedeu-se a uma análise do funcionamento do setor dos acabamentos, procurando aspetos de funcionamento defeituoso ou pontos de possível melhoria. Após essa análise, constatou-se a existência de alguns aspetos passíveis de melhoria. Entre estes, destacam-se o excesso de inventário existente, a limpeza insuficiente e a desorganização do material que provocava frequentemente um enorme desperdício de tempo por parte dos operários na procura dos componentes necessários (Figura 14). Saliente-se ainda, que as estantes ali presentes eram já alvo de alguma crítica por parte dos funcionários quer pela sua longevidade, quer pelo seu desajuste para a maioria dos componentes que albergavam.

No que diz respeito ao excesso de inventário anteriormente referido, este é devido ao facto de os equipamentos serem projetados individualmente, sem a definição de componentes normalizados. Isto é especialmente patente na utilização de uma grande quantidade de parafusos de dimensões próximas umas das outras, que não sendo preponderante no projeto, leva à necessidade de os ter disponíveis.



Figura 14 – Arrumação e organização de estantes

Para além do mencionado, detetou-se ainda a presença de alguns itens que não necessitavam de ser ali armazenados, ou então encontravam-se armazenados em número demasiado elevado. A título de exemplo, refira-se a presença das chapas de identificação de determinadas alfaias (Figura 15), sendo que estas chapas identificam cada alfaia e tendo cada alfaia a sua própria identificação com informação sobre o equipamento e data de fabrico. As chapas eram impressas aquando do lançamento da ordem de fabrico e ali armazenadas até que a respetiva alfaia estivesse pronta para ser expedida. Este processo, além de poder levar à danificação das chapas, faz com que o funcionário que vai procurar a chapa correspondente à alfaia em que estava a trabalhar desperdice demasiado tempo na procura da mesma. Este desperdício de tempo deve-se principalmente a 2 motivos:

- Grande quantidade de itens – Devido à grande quantidade de chapas presentes no local, torna-se complicado encontrar a chapa correspondente à alfaia pretendida.
- Organização defeituosa – Em teoria, o local de armazenamento das chapas possuiria identificações para a localização de cada chapa, sendo estas organizadas por famílias de equipamentos. No entanto, a sua organização teórica nada tem a ver com a real já que as identificações são pouco perceptíveis, e dada a grande variedade de equipamentos e quantidades produzidos ao longo do tempo, é frequente juntar grandes quantidades de chapas de determinado tipo de alfaia, obrigando a ocupar o espaço reservado a outra família de alfaias.



Figura 15 - Chapas de Identificação das alfaias

Outro exemplo de excesso de inventário é a acumulação de um grande número de mangueiras hidráulicas (Figura 16), começando algumas a apresentar relativo mau estado de conservação. Cada uma destas mangueiras pertenceria a uma alfaia em parque, no entanto, tendo em conta o tempo que a maioria das alfaias fica à espera de comprador, estes componentes são guardados dentro da fábrica para evitar que se danifiquem. No entanto, dada a falta de flexibilidade do *software* de planeamento utilizado pela empresa, criou-se um armazém intermédio, onde se acumulam componentes de alfaias “prontas a vender”. Mais uma vez, existe uma grande variedade de mangueiras com dimensões próximas umas das outras, havendo sempre a necessidade de ter uma grande quantidade de *stock* de cada tipo de mangueiras. Além disso, é frequente o deslocamento dos funcionários até perto do armazém de componentes para transportar as mangueiras para o setor de acabamentos, constituindo um grande desperdício de tempo, principalmente tendo em conta que estes dois espaços estão distanciados cerca de 200 metros.



Figura 16 - Mangueiras Hidráulicas

Paralelamente às chapas de identificação e às mangueiras hidráulicas, são exemplos de excesso de inventário a presença de cavilhas (Figura 14 à esquerda), determinados parafusos, suportes de farolins, suportes de mangueiras, descansos, entre outros. O resultado mais evidente deste excesso de inventário (Figura 17) é a deterioração dos componentes como é exemplificado na Figura 18. Este excesso de inventário deve-se em grande parte à falta de adaptação do sistema ERP utilizado que assume que todas as alfaias em parque estão completas e prontas a expedir. Assim sendo, visto ser este o responsável por identificar onde determinado componente está em falta, encaminha de imediato uma série de componentes que poderão já existir em excesso, revelando uma elevada disparidade entre o inventário teórico e o real.

É de referir que apesar da Herculano produzir para *stock*, esta está atualmente a adotar uma nova filosofia que consiste na “stockagem” de alfaias incompletas que são terminadas apenas no momento da receção da encomenda. Tal procedimento permite variar no modelo a montar ou na quantidade de extras a aplicar à alfaia incompleta mediante a encomenda do cliente, no entanto, implica uma alteração à forma como as estruturas de produto estão definidas visto que atualmente a estrutura de produto tem por base que todos os produtos acabados armazenados estão concluídos e prontos para expedir, obrigando a ter disponível um excessivo *stock* de componentes no setor de acabamentos. A empresa passa atualmente por uma fase de transição na reestruturação das árvores de produto com o objetivo de distinguir o produto semiacabado em parque do produto pronto para expedir.



Figura 17 - Excesso de inventário



Figura 18 - Material estragado

O facto de as alfaias necessitarem de muito material que pode estar em zonas muito distanciadas entre si leva a que os funcionários tenham de fazer vários percursos no decorrer de determinada tarefa. De modo a facilitar e reduzir estes percursos, existe um carro porta ferramentas (Figura 19) no setor de acabamentos. Este equipamento é uma mais-valia pela sua mobilidade e capacidade de transporte de várias ferramentas. No entanto, por existir apenas um equipamento deste género, nem todos os operários podem beneficiar desta vantagem, tendo portanto de realizar várias deslocações até atingir o material necessário. Na Figura 19, é também possível constatar a desorganização das ferramentas no carro porta-ferramentas e do local. Esta desorganização, no caso do carro de ferramentas dificulta a localização do material necessário. Já relativamente ao espaço, a sua desorganização traduz-se numa limitação do acesso, quer dos funcionários, quer dos empilhadores, quando querem alcançar determinado objeto.



Figura 19 - Carro porta-ferramentas

Outro ponto que se destacou, foi a presença constante de processos que, ocupando grandes quantidades de tempo aos operários, não trazem qualquer valor acrescentado ou trazem valor mas poderiam já ter sido realizados com vantagem de tempo, qualidade e precisão. Exemplo disso é o caso da furação para colocar refletor, sinalética e farolins. É frequente, neste local, encontrar funcionários com o berbequim a fazer furos “a olho” para poder prender os farolins. Se é verdade que esses furos têm de ser feitos, também é verdade que muitas vezes o operador está a furar peças que passaram anteriormente por processos de corte laser, onde poderiam ter sido feitos esses furos muito mais rapidamente e com uma precisão muito maior. Outras vezes ocorre o facto de haver um furo de diâmetro maior do que o necessário, obrigando o funcionário a abrir outro furo ao lado dos existentes, como se vê na Figura 20.

A ausência de qualquer meio que garanta o correto posicionamento dos furos reflete-se por vezes no posicionamento dos componentes.



Figura 20 - Furação para colocação de farolins e suporte mangueiras

Ainda em relação à execução de tarefas sem valor acrescentado, detetou-se a pintura de pinos e cavilhas na zona de acabamentos. O processo de pintura destes componentes resume-se de seguida:

1. Prender pinos a um fio (pinos são furados na ponta),
2. Mergulhar num balde de tinta,
3. Passado o tempo suficiente, levantar os pinos,
4. Deixar a secar,

5. Armazenar.

Este processo, além de ser moroso, mostra-se pouco eficiente uma vez que a pintura sai com pouca qualidade como se vê na Figura 21. Além disso, a pintura é posta à prova mais uma vez no momento de colocar os pinos nas alfaías, uma vez que estes são colocados com a ajuda de um martelo de bola, danificando ainda mais a pintura destes.



Figura 21 - Antes e depois da pintura dos pinos

Note-se que, após o armazenamento em parque das alfaías, deteta-se por vezes a presença de material estragado, estando no topo das ocorrências a oxidação de alguns componentes. Quando assim é, esse componente é substituído e colocado numa zona de material a recuperar. No entanto, o material acumula-se sem que seja encaminhado para a dita recuperação, como se constata na Figura 22.



Figura 22 - Material a recuperar

Finalmente, realça-se a presença frequente de lixo no meio do material como se pode ver na Figura 23. Encontram-se garrafas de água vazias, folhas de ordens de fabrico antigas, caixas vazias, etc., apesar da existência de locais adequados para a colocação destes objetos.

O comportamento de não depositar o lixo no devido lugar deve-se ao desmazelo e à pressa de realizar outras tarefas mais importantes e urgentes, no entanto, com o passar do tempo, o resultado deste comportamento torna-se visível.



Figura 23 - Presença de lixo no meio do material

4 Soluções propostas

Neste capítulo serão apresentadas as soluções propostas e aplicadas de modo a melhorar o funcionamento do setor de acabamentos. Estas soluções têm por objetivo agilizar e melhorar os processos ali realizados, como por exemplo reduzir desperdícios de tempo e alterar o funcionamento de alguns processos.

4.1 Construção de novas estantes

A primeira solução debatida foi a criação de novas estantes para a arrumação de componentes. Como exposto no capítulo anterior, as antigas estantes além de estarem em mau estado, eram desadequadas para a maioria dos componentes. Como tal, procedeu-se ao desenho (Anexo A), em SolidWorks 2012, e construção de novas estantes mais adequadas e mais ergonómicas, fazendo uso dos equipamentos que a fábrica dispõe e dando uso a algum material destinado a aproveitamentos. Construíram-se cinco estantes, cada uma destinada a determinada função:

- Estante 1 (Figura 24) – Destinada ao material de iluminação: um dos problemas presentes na antiga estante com material de iluminação era a existência de material estragado e que não era visível. Por esse motivo, a nova estante foi construída de modo a ser sempre visível o fundo, mesmo nas divisões mais altas. Além disso, as divisões são maiores e o material é distribuído por cada divisão segundo a sua utilização.



Figura 24 - Estante 1

- Estante 2 (Figura 25) – Destinada a parafusos, porcas, molas, pinos, entre outros: esta estante teve como principal objetivo reduzir o tempo desperdiçado na procura de pequenos componentes. Na zona do setor correspondente, esta será a única estante com este tipo de componentes, devidamente organizados e identificados de modo a facilitar o seu acesso e identificação. Para além disso, de modo a evitar a existência de material supérfluo, procedeu-se à triagem do material utilizado, fazendo o levantamento do material existente no setor de acabamentos e verificando se esse material tem utilização nas alfaias produzidas atualmente ou se a sua utilização se restringiu a um conjunto de alfaias já fora de produção. O material considerado

supérfluo no setor de acabamentos foi devolvido ao armazém de componentes, contabilizando-se este *stock*.



Figura 25 - Estante 2 com caixas de arrumação

- Estante 3 (Figura 26) - Destinada a material produzido na fábrica e matrículas: nesta estante pretende-se albergar componentes produzidos na própria fábrica (suportes de farolins, suportes de mangueiras, entre outros) uma vez que as antigas eram desajustadas a estes materiais dadas as suas dimensões e formas. Os componentes deverão ser armazenados nas caixas em que são transportados e deverão ser reabastecidos segundo um sistema *kanban*, eliminando assim o excesso de material existente.



Figura 26 - Estante 3

- Estantes/contentores 4 e 5 (Figura 27) – Destinados aos descansos das alfaias: os descansos armazenados por dimensão (grandes ou pequenos) no primeiro ou segundo contentor. O abastecimento dos suportes passa a ser feito através destes contentores: quando os suportes estão a acabar, o encarregado do setor desloca-se à zona de pintura para abastecer o contentor. Esta solução deverá reduzir o material estragado uma vez que reduz a sua movimentação. Além disso, os contentores podem ser empilhados em altura para poupar espaço.



Figura 27 - Contentores para suportes

A par da construção das novas estantes, recuperou-se algumas das já existentes (Figura 28) assim como as bancadas de trabalho, pintando-as de modo a terem um aspeto melhorado e reorganizando-as.



Figura 28 - Estante recuperada

Os custos desta opção são os do material mais o custo de ter um funcionário a não produzir, uma vez que esteve encarregue da construção. No entanto, estes custos foram minimizados pela escolha de material de aproveitamentos e de material armazenado há mais tempo, aliado à tentativa de gerir a construção das estantes de modo a não parar a produção. Ainda assim, o custo da construção e recuperação das estantes foi estimado em 900 € sendo 400 € o valor do material utilizado. Ao valor referido deve ainda ser acrescentado o valor de material adquirido para facilitar a identificação e organização do material, como é o caso de caixas plásticas empilháveis com um custo total acumulado de 53 €.

4.2 Reorganização do *layout*

Para além da construção das novas estantes e da definição dos materiais que estas deveriam conter, redesenhou-se a disposição das mesmas, com enfoque na zona norte do setor (Figura

29). Esta reorganização teve como objetivo aproximar o material necessário do local em que é utilizado, como é o caso da estante com os pequenos componentes (parafusos e pinos, entre outros) que foi colocada numa posição mais central, garantindo que o material ali armazenado (com grande utilização) fica mais próximo de todas as alfaías.



Figura 29 - Nova disposição

Em complemento, a zona onde se pintavam os pinos e outros componentes pequenos foi transferida para mais perto da saída (junto à zona dos retoques) de modo a aumentar o espaço livre perto da zona destinada às alfaías maiores e ficar mais perto da zona de pintura. Criou-se também a zona de material a recuperar que deverá manter-se vazia, sendo definido um dia por semana para que seja despejada.

Quanto aos custos necessários para esta ação, contabiliza-se apenas o custo da não produção. Para reduzir esse impacto, optou-se por esperar pela altura de contabilização do inventário, aproveitando essa altura em que a fábrica está parada para realizar as duas tarefas em simultâneo.

4.3 Novo carro de ferramentas

Referiu-se anteriormente o benefício oferecido pelo carro de ferramentas já existente no local. No entanto, como este é frequentemente necessário em vários locais em simultâneo, optou-se pela aquisição de um novo. Esta compra, apesar do seu custo, traz vantagens óbvias na redução de tempo desperdiçado em deslocações e na organização da ferramenta necessária ao trabalho, já que este novo carro de ferramentas terá um lugar definido para cada ferramenta.

O custo deste equipamento foi de 297 € faltando acrescentar o valor da ferramenta em falta.

4.4 Eliminação de chapas de identificação no setor de acabamentos

A falta de organização das chapas de identificação no setor de acabamentos era uma das fontes de desperdício de tempo detetadas no setor. Como tal, este foi um dos alvos a tentar melhorar e, tendo em conta que todas as alfaías são acompanhadas durante o processo de construção por uma mica onde são armazenadas as ordens de fabrico, decidiu-se, que estas chapas poderiam, sem qualquer prejuízo, acompanhar a ordem de fabrico da alfaia ao longo da sua construção. Esta alteração, para além de evitar o desperdício de tempo na procura de determinada chapa, faria ainda com que o antigo espaço, determinado para o seu

armazenamento, ficasse disponível. No entanto, o desperdício criado pela existência de chapas antigas sem recuperação possível manter-se-ia. Para evitar este desperdício com um custo significativo, definiu-se que as chapas de identificação deveriam ser impressas apenas no momento em que as alfaia passam de produto semiacabado a produto acabado, antes da expedição.

4.5 Adaptação das estruturas de produto

A diferença entre o inventário real existente no setor de acabamentos e o inventário teoricamente existente é motivado pela presença de um grande *stock* de produto semiacabado que o sistema ERP assume como completo e, como tal, que os componentes necessários para completar a alfaia estão já todos aplicados. No entanto, os componentes utilizados imediatamente antes de expedir a alfaia, são armazenados no setor de acabamentos desde o lançamento da ordem de fabrico até pouco antes da alfaia correspondente ser expedida (esta ação tem como objetivo proteger alguns componentes mais suscetíveis ao deterioramento). Assim sendo, uma solução que pode simplificar a gestão de inventário no setor de acabamentos consiste em alterar o funcionamento do sistema, criando a distinção entre produto semiacabado e acabado. Deste modo, os componentes poderão ser encaminhados para o setor de acabamentos apenas no momento imediatamente antes ao momento em que são necessários.

Outra solução seria os componentes de baixo valor serem abastecidos por supermercado consoante as necessidades detetadas no setor de acabamentos criando um sistema *pull*. Esta solução afetaria o custo calculado de cada alfaia uma vez que os componentes deixariam de fazer parte da árvore de produtos, situação que poderia ser revertida através da introdução de custos teóricos para cada alfaia.

4.6 Implementação de *kanban* em produtos produzidos internamente

Para evitar o excesso de inventário frequentemente detetado no setor em estudo, é possível a utilização de um sistema *kanban*. O facto de este método ser já utilizado em algumas zonas da fábrica indicia que a sua implementação não deverá oferecer grandes dificuldades. Ainda assim, de modo a simplificar o processo, o seu funcionamento deverá consistir na existência de dois contentores por componente sendo que, assim que um dos contentores ficar vazio, deve ser lançado o pedido para produzir e repor um novo contentor com os componentes em falta.

Esta opção permitirá a rotatividade do *stock* e evitará a acumulação de material desnecessário evitando a consequente deterioração do mesmo. Além disso, o tamanho dos contentores utilizados é suficiente para garantir que estes componentes não vão faltar enquanto a ordem de fabrico está em curso.

A nível de custos, estes são inexistentes, sendo apenas necessário evitar que as ordens de fabrico imponham o envio do material em questão para o setor de acabamentos, devendo este passar a ser solicitado por quem está encarregue do abastecimento ao setor.

4.7 Alteração do processo de furação

Outro dos problemas já mencionados era o facto de haver a necessidade de fazer novos furos em todas as alfaia para colocar refletos, farolins e suportes mesmo tendo essa peça já passado por processos de furação. Foi então necessário sensibilizar os responsáveis pelos

projetos para que contemplem a presença desses furos, com as dimensões adequadas, desde o início ou redimensionem os já existentes, possibilitando assim que alguns dos furos sejam feitos na zona de corte e furação (por exemplo na máquina de corte laser) o que permite ganhar tempo e aumentar a precisão dos furos, uniformizando o processo através de um sistema à prova de erros (*poka-yoka*) (Figura 30). Como consequência, o aspeto das alfaias pode sair melhorado e ainda se liberta grande parte do tempo de um funcionário que pode ser aproveitado no apoio à realização de outras tarefas.

O custo da alteração deste processo é insignificante na maioria dos casos uma vez que era frequente o material (onde é necessário furar) passar por processos de corte laser ou outros, onde poderia ser furado em poucos segundos e com precisão melhorada.



Figura 30 - Furos por processo adequado

4.8 Processo de pintura de pinos

Quanto ao deficiente processo de pintura dos pinos já referido poder-se-ia, como alternativa, redirecionar a pintura destes para o sistema de pintura automática. Esta solução garantiria uma pintura com melhor qualidade que não se deterioraria tão facilmente. Outra solução viável seria a eliminação da pintura destes componentes optando por zincá-los, garantindo assim uma melhor proteção do material contra a oxidação, enquanto o aspeto do material zincado poderia ser utilizado como um argumento estético favorável.

Ambas as soluções apresentadas têm custos superiores ao processo inicial de pintura dos pinos isto porque, na primeira opção apresentada é necessário colocar os componentes no sistema de pintura automático e, na segunda é necessário zincar o material fora da fábrica em subcontratação. No entanto, mesmo com um aumento do custo com as opções sugeridas, estas hipóteses podem trazer vantagens claras na proteção e aspeto dos componentes.

Optou-se pelo processo de zincagem (subcontratação) por oferecer melhores garantias de qualidade e um aspeto mais atrativo, além de colocar menos restrições ao fluxo produtivo.

4.9 Bomba de óleo

A remoção de óleo do bidão era feita com recurso à força da gravidade. Contudo, esta tarefa provocava grandes desperdícios de óleo uma vez que o funcionário não conseguia ter total controlo sobre a quantidade dispensada. Assim sendo, de modo a facilitar o acesso ao óleo do bidão, adquiriu-se uma bomba de óleo manual no valor de 53.80 €, Figura 31, para colocar no respetivo bidão. Este equipamento permitiu diminuir o tempo gasto com as tarefas

relacionadas, obter um melhor aproveitamento do óleo e ainda proporcionar um local de trabalho mais limpo e organizado.



Figura 31 - Bomba de óleo

4.10 Lixo e material a recuperar

De modo a reduzir a quantidade de resíduos existente no setor de acabamentos e facilitar a implementação do 5S (organização e limpeza), optou-se por colocar no local um contentor de cor vermelha destinado ao material a recuperar (Figura 32 à direita). A utilização da cor vermelha está relacionada com o facto de aquele material não pertencer àquele setor, sendo portanto importante garantir que esse contentor se mantenha vazio durante a maior parte do tempo.

Em complemento, adquiriram-se novos caixotes do lixo (Figura 32 à esquerda), um para o plástico e outro para o papel, de modo a facilitar a limpeza do local e estimular a manter o espaço limpo. A aquisição destes contentores teve um custo unitário de 61.50 €.



Figura 32 - Lixo e material a recuperar

4.11 Correntes

Outro ponto de possível melhoria seria eliminar a necessidade de ter presente no local vários tipos de correntes, ordenados segundo o comprimento e sujeitos a oxidação. Isto torna-se possível com a implementação de dois rolos de correntes (os dois tipos de corrente usados: ¼” e 3/8”), uma ferramenta de corte adequada e simples instrumentos de medida. Assim, os

funcionários cortam a quantidade de corrente necessária gerindo melhor a utilização de corrente e evitando que o material se deteriore.

4.12 Documentação

A documentação de processos e listagem de materiais necessários à conclusão de cada produto poderia ser benéfica, apesar de não se mostrar urgente. De modo geral, os funcionários sabem, por experiência, quais os processos e materiais necessários em cada momento porém, há determinados processos em que existe apenas um funcionário que o sabe desempenhar pelo que, à falta desse funcionário, o cumprimento dessa tarefa fica comprometida. Para evitar que tal aconteça, dever-se-ia proceder à elaboração de planos de trabalho que explicassem, de forma simples mas detalhada, os processos ali realizados tornando-os assim acessíveis a outros funcionários.

Esta documentação permitiria normalizar os processos, manter um registo dos mesmos e facilitar a informação sobre os processos.

No que diz respeito aos custos de criação destes documentos, o investimento estaria relacionado com a mão-de-obra despendida, sendo no entanto importante garantir, no final, que a informação disponível estaria correta.

4.13 Sugestões

De modo a melhorar o funcionamento na fábrica torna-se importante aproveitar o potencial e as opiniões das pessoas envolvidas com o processo produtivo. Neste aspeto é visível o empenho e a comunicação dos funcionários que discutem, de forma interessada, algumas hipóteses para melhorar os processos. No entanto, seria possível aumentar a transmissão e aproveitamento de ideias se, por exemplo, fosse criada uma zona para sugestões onde todos pudessem dar a sua opinião. Com um maior envolvimento dos trabalhadores no melhoramento de alguns aspetos seria possível detetar e resolver problemas mais rapidamente.

4.14 Normalização

Outro aspeto importante é a sensibilização para as vantagens da normalização. Criar estruturas normalizadas pode permitir a simplificação do desenvolvimento de novos produtos assim como do processo produtivo, tornando possível reduzir consideravelmente o inventário necessário em chão de fábrica ao mesmo tempo que se torna possível diminuir os tempos de entrega.

No entanto, esta ação leva o seu tempo, devendo nascer com os projetos. Num caso como o da Herculano – Alfaias agrícolas S.A., esse processo deverá consistir em ter determinados módulos compatíveis (*standard*) com vários produtos, de modo a que com um número limitado de componentes se consiga fazer um grande número de produtos.

5 Soldadura

5.1 Fichas de Soldadura

Em complemento ao assunto tratado até aqui, foi solicitado o desenvolvimento de uma ferramenta informática que, de forma fácil e rápida, permitisse definir parâmetros de soldadura e preencher os respetivos procedimentos de soldadura (fichas de soldadura).

A norma NP EN ISO 15 607: 2008 (Instituto Português da Qualidade 2008), define um procedimento de soldadura como um “conjunto de ações cuja sequência deve ser seguida na execução de uma ligação soldada, incluindo, o(s) processo(s) de soldadura e referindo materiais, consumíveis de soldadura, preparação, pré-aquecimento (se necessário), método e controlo da soldadura, tratamento térmico após a soldadura (se relevante) e equipamento necessário”. Por sua vez, Fernandes (2007) afirma que o procedimento de soldadura pode ser definido como as instruções de soldadura para a oficina.

De facto, as fichas de soldadura destinam-se a fornecer instruções detalhadas sobre o procedimento a seguir pelo soldador, funcionando também para a empresa como um registo dessa mesma soldadura, podendo vir a ser reutilizado assim que se pretenda repetir o processo.

5.2 Características do processo de soldadura na Herculano – Alfaias Agrícolas S.A.

Na Herculano – Alfaias Agrícolas S.A. utiliza-se principalmente a soldadura por arco elétrico com proteção de mistura gasosa ativa (15% Dióxido de Carbono e 85% de Árgon) (MAG) por apresentar uma boa relação qualidade/preço e pelas características proporcionadas pela proteção ativa do dióxido de carbono. Apesar de haver poucas máquinas iguais entre si, há aspetos predominantes comuns em toda a fábrica:

- Metal base: Aço de baixa liga
- Gás utilizado: C15 (15% Dióxido de Carbono e 85% de Árgon)
- Débito de gás: 20-25 L/min
- Material de adição: SG2 – NP EN ISO 440 G 42 3 M G3Si1
- Diâmetro do fio eletrodo: 1.2 mm

Como referido anteriormente, a soldadura depende de vários parâmetros sendo uns mais facilmente controláveis do que outros. O material de adição, a tensão, a velocidade do fio ou o gás de proteção são parâmetros normalmente fáceis de controlar e replicar. No entanto, parâmetros como o *stick-out*, velocidade de avanço ou ângulo da tocha de soldadura, são mais difíceis de controlar pois variam com a técnica do soldador e até mesmo entre soldas feitas pelo mesmo soldador. Existem ainda outros fatores quase impossíveis de controlar tais como temperatura ambiente ou o vento. Com maior ou menor impacto, todos os parâmetros referidos têm influência na qualidade da soldadura final, daí a importância da técnica e experiência do soldador, de modo a conseguir controlar e adaptar os parâmetros para obter soldaduras tão boas quanto possível.

Os parâmetros tensão, intensidade e velocidade do fio assumem uma importância especial por serem estes os que, usualmente, se regulam na máquina de soldadura. Por esta razão, a

definição de parâmetros do presente estudo centrou-se nos parâmetros referidos. Importa no entanto referir que o valor da intensidade e da velocidade do fio estão relacionados por uma curva característica, sendo rara a máquina em que é possível regular os dois parâmetros independentemente. Para além disso, saliente-se que, caso se opte pelo controlo sinérgico, o operador seleciona um parâmetro apenas, sendo os restantes regulados pela máquina que os ajustará conforme as condições de soldadura.

5.3 Definição dos parâmetros

Observando a soldadura MAG semiautomática, o processo mais utilizado na fábrica, constatou-se que a definição de parâmetros ótimos por via matemática seria pouco viável pois além da falta de informação, alguns desses parâmetros são muito difíceis de controlar, existindo ainda as diferenças naturais de soldador para soldador no que se refere à técnica de soldar. Como tal, optou-se por analisar estatisticamente um grupo heterogéneo de soldadores. Depois de selecionar, aleatoriamente, quais os indivíduos que fariam parte do grupo a estudar, foi-lhes pedido que soldassem um conjunto de provetes utilizando determinados parâmetros iniciais e regulando-os de forma a conseguirem um cordão de soldadura tão bom quanto possível. Estes ensaios foram realizados com o material de soldadura disponível e utilizado na fábrica, motivo pelo qual se pode afirmar que a qualidade do metal base, o gás utilizado e o metal de adição não se alteram e são iguais aos utilizados na fábrica.

Os parâmetros iniciais foram definidos com base nos dados fornecidos pelo fabricante de equipamentos de soldadura Miller através da aplicação MIG Welding Calculator (Miller 2012) que apesar de fornecer dados para características ligeiramente diferentes (diferenças entre diâmetros de fio por usar sistema imperial, diferenças no tipo de gás, etc.) constituiu um ponto de partida.

Assim sendo, procedeu-se ao corte de um par de provetes de cada espessura para cada soldador conforme especificado abaixo:

- Dimensão do provete: 200 mm x 100 mm x espessura
- Espessuras: 2 mm; 3 mm; 5 mm; 6 mm; 8 mm; 10 mm
- Material do provete: Aço de baixa liga

O material a soldar foi distribuído pelos soldadores em estudo sendo-lhes pedido que efetuassem sempre soldaduras de canto e na posição ao baixo. Depois de explicado o procedimento, cada soldador efetuou várias soldaduras, regulando os parâmetros, de modo a conseguir obter um cordão de soldadura tão bom quanto possível como pretendido.

É conhecido na fábrica o favoritismo dos soldadores na utilização da corrente pulsada por permitir obter soldaduras com melhor qualidade e menor projeção de respingos. Apesar desta predominância, esta técnica é desaconselhada para a soldadura de pequenas espessuras já que há o risco de deformar o material. Segundo a experiência dos soldadores da fábrica, caso se utilize corrente pulsada para uma espessura igual ou superior a 3 mm, o risco de deformar o material torna-se diminuto. Assim sendo, definiu-se a espessura de 5 mm como ponto de transição a partir da qual se poderia utilizar a corrente pulsada.

Após a recolha dos dados, procedeu-se à análise dos mesmos procurando em primeiro lugar a curva característica do processo, seguindo-se a relação entre a espessura a soldar e um valor para a intensidade de corrente necessária e, por último, outra linha que fornecesse um valor intermédio da tensão capaz de criar o arco elétrico.

A relação entre a intensidade de corrente (A) e a velocidade do fio (mm/min), conhecida por curva característica, apesar de poder ser, segundo Santos (1998), determinada experimentalmente para cada material, detetou-se que a mesma variava conforme a máquina de soldadura (mesmo para máquinas equivalentes entre si e todos os outros parâmetros equivalentes). Apesar destas variações conseguiu-se através da opção “adicionar linha de tendência” disponível no Microsoft Excel, encontrar duas curvas próximas dos parâmetros medidos, nomeadamente através de uma aproximação linear e de uma aproximação polinomial, apresentadas na Figura 33. Entre as duas aproximações, adotou-se a aproximação linear uma vez que o desvio médio calculado para esta situação era quase nulo quando comparado com a aproximação polinomial. O desvio médio foi calculado pela média das diferenças entre o valor da velocidade do fio medida no ensaio i (i igual ao número do ensaio) e a velocidade do fio calculada (através da expressão da curva) a partir da intensidade medida no mesmo ensaio.

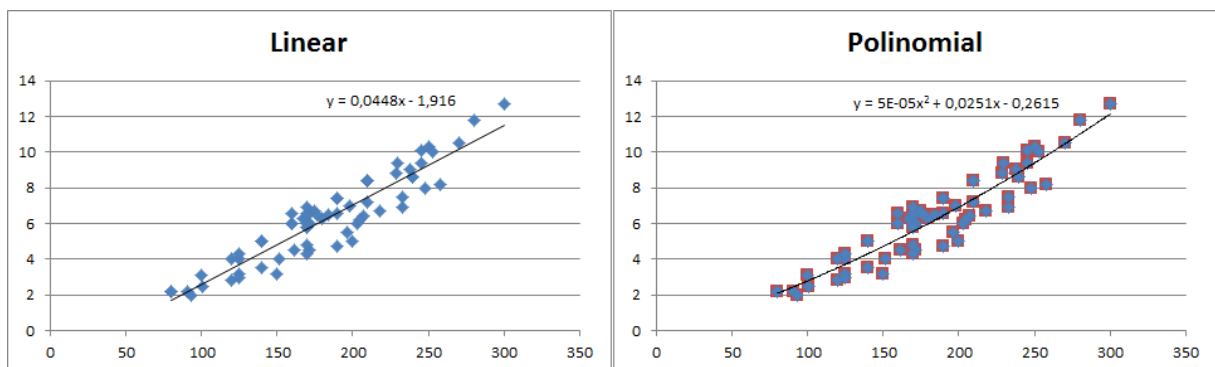


Figura 33 - Aproximações para curva característica [x = Intensidade (A), y = velocidade do fio (m/min)]

A definição da curva característica permitiu simplificar o processo uma vez que em algumas máquinas o parâmetro de entrada é a velocidade do fio e não a intensidade. Este facto retira precisão aos parâmetros inseridos nestas máquinas. No entanto é de referir que se procuram intervalos de valores e não valores específicos. Além disso, o facto de a curva adotada ter uma variância relativamente baixa em relação aos valores medidos, faz com que este problema de precisão tenha uma importância mínima.

A relação entre a espessura e a intensidade de corrente foi encontrada traçando várias linhas de tendência no Microsoft Excel 2010, comparando as médias das diferenças entre os dados recolhidos e os produzidos pela expressão de cada linha. A linha com melhores resultados foi a que respondia com uma tendência logarítmica (Figura 34), o que faz sentido na medida em que o incremento da intensidade necessária para soldar uma chapa de 2 mm para 4 mm deverá ser superior ao necessário para soldar chapas de 10 ou 12 mm.

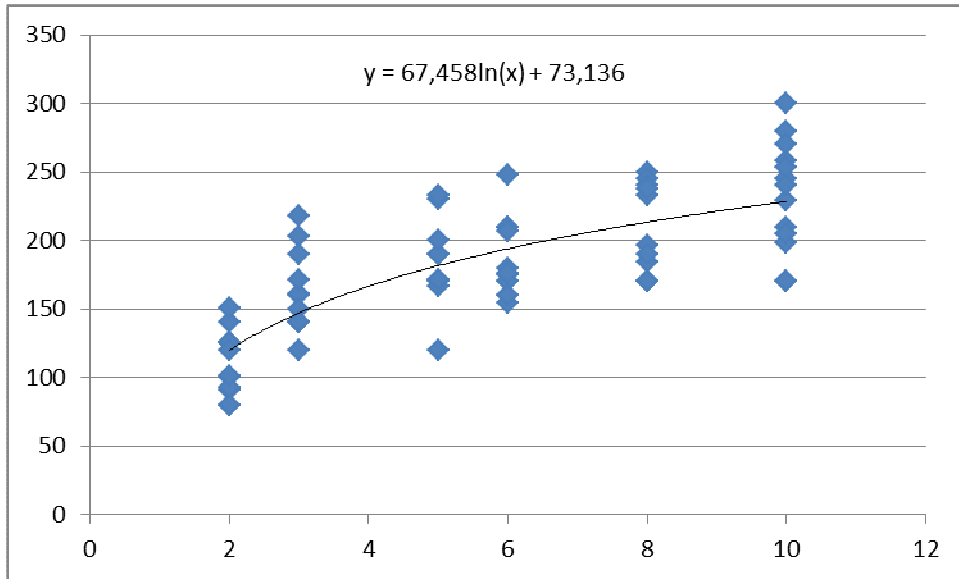


Figura 34 - Relação entre espessura (x em milímetro) e intensidade (y em Ampère)

Depois de se conseguir identificar esta relação, procurou-se uma gama de valores de tensão para os quais se desse a formação do arco elétrico e, utilizando a mesma técnica, tentou-se encontrar uma linha intermédia que produziria melhores resultados do que os valores extremos uma vez que, como referido anteriormente, mesmo que se tenha um arco estável, um excesso no valor da tensão provoca porosidade e bordos queimados, enquanto um valor demasiado baixo provoca um cordão convexo e com porosidade.

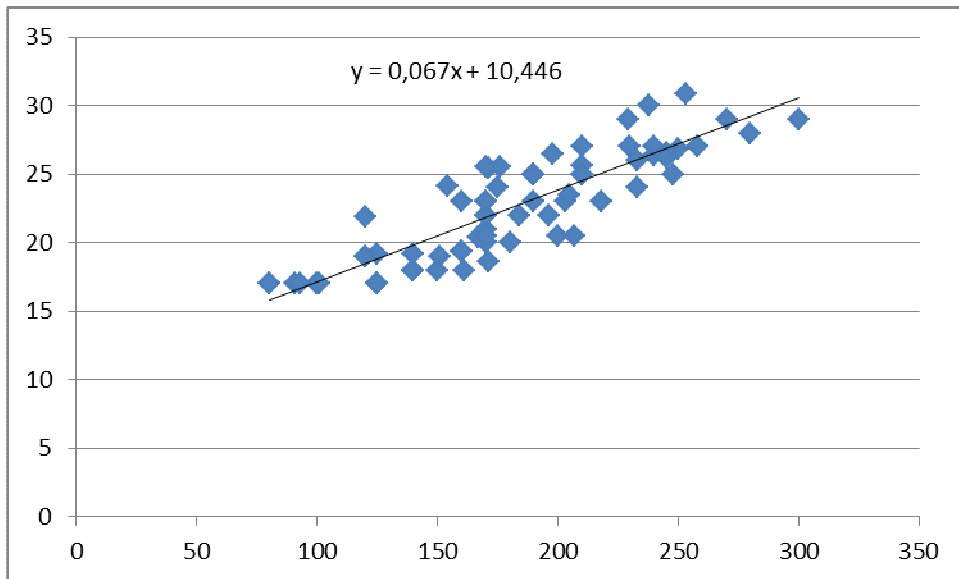


Figura 35 - Relação entre intensidade (x em Ampère) e tensão (y em Volt)

Com os três gráficos, foi então possível definir os três parâmetros de decisão e necessários para a soldadura de chapas de aço de baixa liga nas condições utilizadas na fábrica. Como já referido, estes são valores médios para um conjunto de soldadores e, como tal, deverão ser fornecidos como valores médios de um gama de valores possíveis, sendo o ajuste dos parâmetros para as condições ideais realizado por cada soldador. Dito isto, e considerando razoável pela empresa uma amplitude de $\pm 10\%$ procedeu-se ao teste dos resultados obtidos com quatro soldadores com equipamentos diferentes, nas mesmas condições de soldadura e para um novo conjunto de provetes com as características indicadas:

- Dimensão do provete: 200 mm x 100 mm x espessura
- Espessuras: 3 mm; 4 mm; 6 mm; 12 mm; 15 mm
- Material do provete: Aço de baixa liga

No final constatou-se que, ao utilizar os parâmetros médios, todos os soldadores em teste conseguiram soldar com sucesso os respetivos provetes. No final dos primeiros ensaios, tornou-se ainda possível afirmar se determinado soldador deveria soldar acima ou abaixo dos parâmetros calculados, tendo nos ensaios realizados, todos os soldadores conseguido obter cordões de qualidade elevada utilizando os intervalos especificados (Valor de referência $\pm 10\%$).

Quanto à análise da qualidade dos cordões, não havendo outro tipo de recursos, foi feita apenas recorrendo à inspeção visual por parte dos soldadores que analisaram cuidadosamente cada cordão avaliando o seu aspeto, a existência ou não de bordos queimados e a zona termicamente afetada. Como alternativa a este tipo de avaliação, e para obter informação mais precisa sobre a qualidade dos cordões de soldadura, poder-se-ia ter optado por controlo por raios X e/ou líquidos penetrantes, detetando assim a existência ou não de problemas como fendas ou porosidade.

5.4 Ferramenta para elaboração de fichas de soldadura

A ferramenta de preenchimento das fichas de soldadura deveria fazer uso do modelo já existente na empresa e, segundo também estipulado pela mesma, ser feita através do programa Microsoft Excel, não devendo no entanto impedir o preenchimento manual da mesma. Como tal, procedeu-se à criação de um código no suplemento Microsoft Visual Basic for Applications 7.0 (VBA) para o Microsoft Excel 2010 (código indicado no Anexo B).

Este código permite que, ao abrir o ficheiro, todos os campos de preenchimento da ficha sejam limpos ou repostos os valores de origem, seleccionando de seguida a folha “FS” que permite o preenchimento manual da folha. Caso se opte pelo formulário, deve-se seleccionar a folha “FS Formulário Preenchimento” que abrirá de imediato o formulário para preencher a ficha como se apresenta na Figura 36.

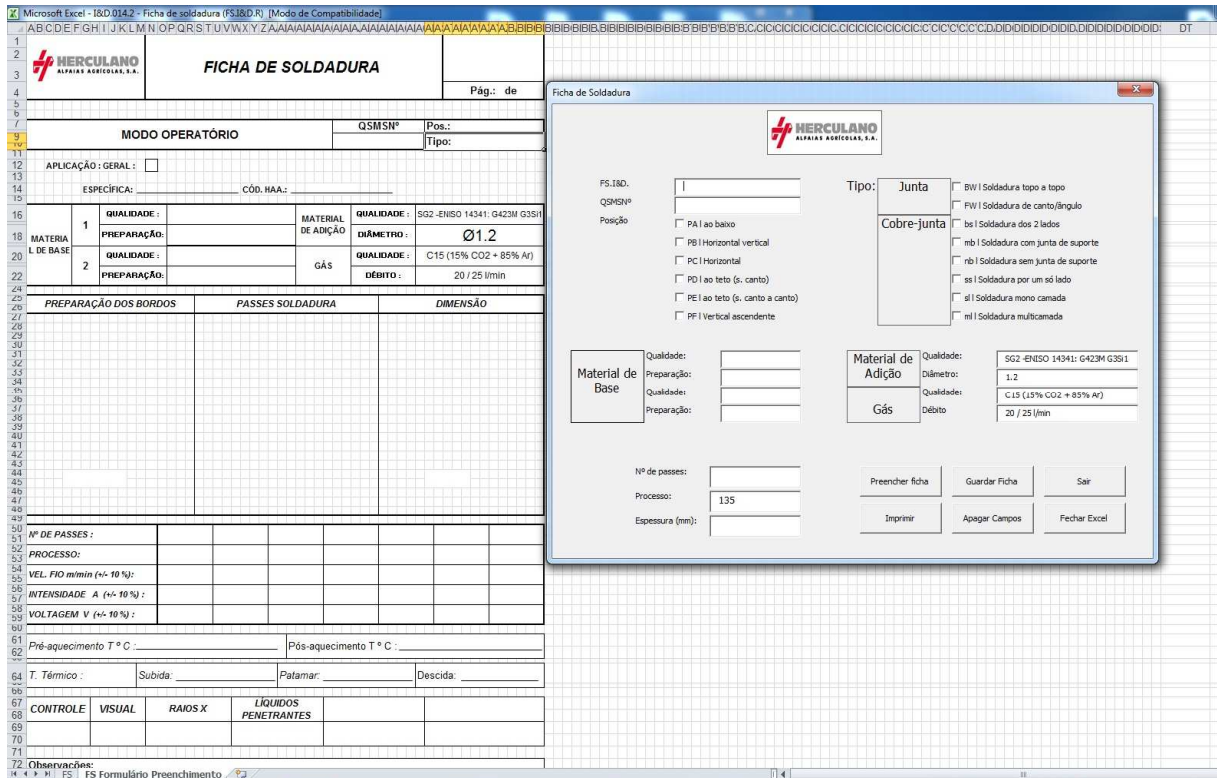


Figura 36 - Ficha de soldadura e formulário

Neste *userform*, é possível proceder ao preenchimento dos campos conforme as características da soldadura desejada, sendo que ao pressionar o botão “Preencher ficha”, os dados serão automaticamente incorporados na ficha de soldadura (Figura 37).

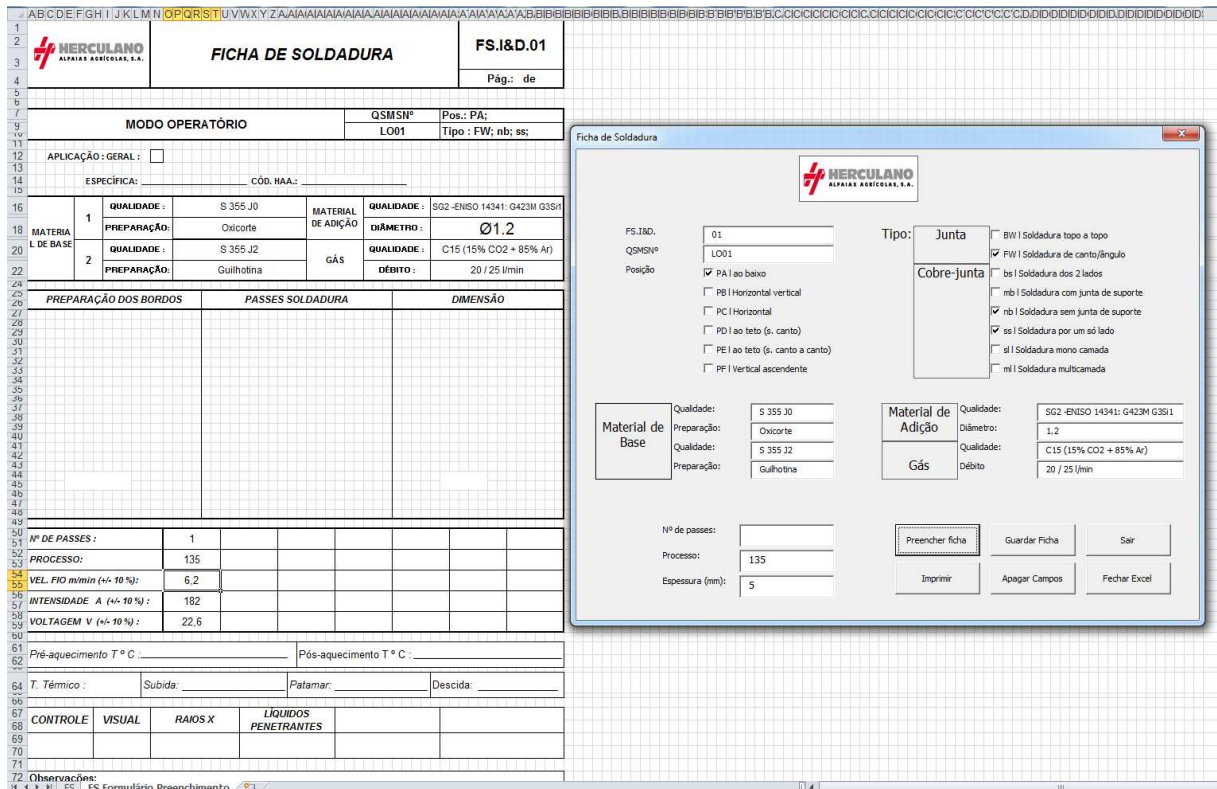


Figura 37 - Ficha de soldadura preenchida

Este formulário tem as seguintes características:

- A existência de campos já preenchidos deve-se ao facto de corresponderem a características comuns a toda a fábrica, como é o caso do processo, do fio, do gás utilizado e do material base a soldar.
- O número de passes é por predefinição o valor “1”.
- O preenchimento do campo “Espessura (mm)” tem com objetivo devolver os valores dos parâmetros apropriados para soldar a espessura indicada.
- Caso o número de passes seja superior a 1, será apresentada uma caixa de diálogo (Figura 38) que questionará se os parâmetros são idênticos. No caso de os parâmetros serem idênticos (Sim), estes serão preenchidos nos campos correspondentes (Figura 39). Em caso de resposta negativa, será apresentado um novo formulário para inserir os valores manualmente (Figura 40).
- O botão “Imprimir” permite imprimir a ficha de soldadura em que se está a trabalhar.
- O botão “Guardar ficha” exporta a ficha para um novo ficheiro Excel, abrindo de imediato a caixa de diálogo “Guardar como”.
- O botão “Sair” fecha o formulário.
- O botão “Fechar Excel” fecha o Excel.

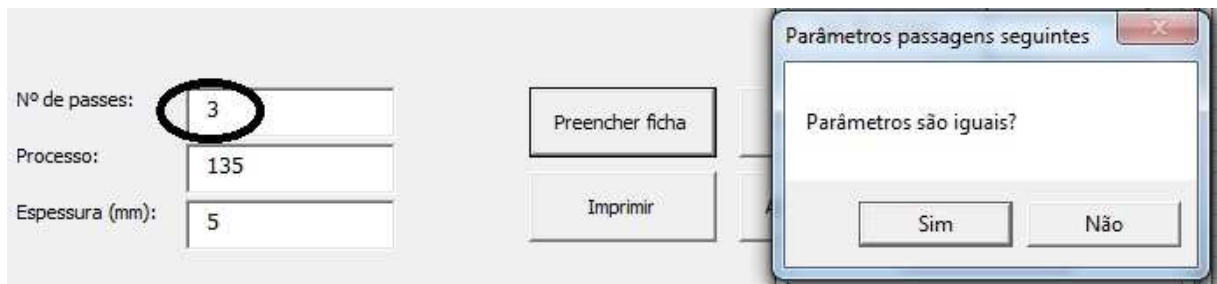


Figura 38 - Caixa de diálogo nº de passes >1

Nº DE PASSES :	1	2	3
PROCESSO:	135	135	135
VEL. FIO m/min (+/- 10 %):	6,2	6,2	6,2
INTENSIDADE A (+/- 10 %):	182	182	182
VOLTAGEM V (+/- 10 %):	22,6	22,6	22,6

Figura 39 - Preenchimento automático se parâmetros iguais

Nº DE PASSES :	1	2	3
PROCESSO:	135	135	135
VEL. FIO m/min (+/- 10 %):	6,2	5,9	5,9
INTENSIDADE A (+/- 10 %):	182	175	175
VOLTAGEM V (+/- 10 %):	22,6	23,0	23,9

Figura 40 - Preenchimento manual se parâmetros diferentes

6 Conclusões e perspectivas de trabalhos futuros

6.1 Conclusões

A redução de custos eliminando os desperdícios, a par da necessidade de garantir a melhor qualidade possível dos produtos, assume hoje em dia um papel preponderante no sucesso de qualquer empresa. Durante a elaboração da presente dissertação, procurou-se melhorar significativamente o funcionamento do setor de acabamentos da Herculano – Alfaias Agrícolas S.A. de modo a reduzir desperdícios e a aumentar a qualidade dos produtos que por ali passavam. Estas alterações foram feitas tendo sempre por base o ciclo PDCA, reaplicando o que funcionava bem e tomando ações que eventualmente corrigissem, ou melhorassem, o que funcionava menos bem.

Antes de qualquer alteração começou-se por estudar as metodologias existentes e já aplicadas com sucesso em outras empresas, identificando as suas vantagens, desvantagens e aplicabilidade. Durante essa análise constatou-se que as ferramentas *lean*, como por exemplo os 5S, assumem uma importância especial por proporcionarem melhorias significativas a médio e longo prazo com um custo de aplicação quase nulo. Apesar de todas as suas vantagens, o sucesso destas técnicas depende diretamente do empenho e persistência de todos os envolvidos que, para o sucesso da sua aplicação, deverão estar focados e motivados para a melhoria contínua.

Depois de analisadas as técnicas, procedeu-se à reorganização do setor de acabamentos, o que consistiu na construção de novas estantes e recuperação das existentes, redefinição da sua disposição no local e reorganização das mesmas, tendo como objetivo a redução de desperdícios mas também o de simplificar a execução de processos e proporcionar um melhor ambiente no local de trabalho. No final de todas as alterações constatou-se que estas foram eficazes na medida em que permitiram reduzir os desperdícios de tempo, especialmente visíveis pela diminuição das distâncias necessariamente percorridas até ao material em falta e na procura do mesmo. Para além do fator tempo, conseguiu-se ainda uma melhor organização e limpeza do setor e das estantes, apresentando também resultados positivos no tempo desperdiçado na procura de componentes (principalmente parafusos).

De modo a melhorar o sucesso da implementação das estantes, foi sugerido que o abastecimento de componentes produzidos na fábrica e/ou de baixo valor fosse feito através de sistema *kanban*, sendo que os próprios contentores utilizados para armazenar e transportar o material poderiam ser utilizados para sinalizar o material em falta. Esta ação está dependente da adaptação das estruturas de produto no sistema ERP para que permitam essa realidade.

Procedeu-se ainda à aquisição de algum equipamento novo como é o caso de uma bomba de óleo e carro porta-ferramentas, com o objetivo de simplificar e facilitar o trabalho dos funcionários. O carro porta-ferramentas é especialmente útil na diminuição das distâncias percorridas e ainda na organização da ferramenta eventualmente necessária. Quanto à bomba de óleo, esta permite simplificar o processo de extração de óleo dos bidões e ainda diminuir a quantidade de óleo desperdiçado.

A melhoria do funcionamento de alguns processos foi também um componente importante, permitindo reduzir tempos e custos enquanto se aumentava a qualidade do produto final. A

alteração do processo de furação que, quando possível, passou a realizar-se na zona de corte e conformação, torna o processo mais rápido e preciso. A alteração do momento em que as chapas de identificação são produzidas e encaminhadas para o setor de acabamentos, reduz drasticamente a possibilidade de criar chapas obsoletas e, conseqüentemente, reduz o número de chapas existentes no local e o tempo despendido na procura da chapa de identificação apropriada. Também a proposta de alterar o processo de pintura de pinos se assume como importante no sentido de melhorar a qualidade do produto final e aumentar a produtividade do setor em estudo.

Apesar das melhorias implementadas com sucesso, o excesso de material continua a ser um problema frequente, sendo que este problema só poderá ser corrigido com a normalização do material utilizado e com a adaptação das estruturas dos produtos no sistema ERP (em curso), permitindo assim a distinção entre produto semiacabado e acabado. O facto de o armazém de componentes enviar sucessivamente material, não necessário no setor de acabamentos, continuou a provocar um excesso de inventário difícil de gerir e de manter em bom estado. Para isto contribuiu ainda o elevado *lead time* verificado na fábrica, agravado pelo tempo que as alfaias ficam armazenadas em parque como produto semiacabado mas registado no sistema como produto acabado. Resultado disso é o grave desfasamento entre *stock* teórico e *stock* real no setor estudado. Enquanto a adaptação do sistema não é uma realidade e de modo a evitar a degradação do material, foi ainda solicitado ao armazém de componentes que enviasse esses componentes nas respetivas caixas e não em sacos plásticos. Assim sendo, esse material é armazenado nas respetivas caixas, sendo desempacotado apenas quando necessário.

Outro dos desafios propostos no desenvolvimento desta dissertação foi a criação de uma ferramenta de apoio ao preenchimento de procedimentos de soldadura que foi concluída com sucesso, estando disponível para utilização sempre que necessário. As equações para o cálculo dos parâmetros necessários à soldadura foram encontradas por via experimental, dada a falta de informação disponível e/ou atualidade da mesma. A título de exemplo, diga-se que a grande maioria dos recursos disponíveis na biblioteca da FEUP e plataformas *online* disponíveis sobre o tema não abordam a utilização de uma técnica comum, corrente pulsada, em soldadura MIG/MAG ou abordam isso como um tema futurista.

No final desta dissertação é possível afirmar que foram atingidos os objetivos propostos havendo, no entanto, ainda vários pontos de possível melhoria. Com o desenvolvimento do presente trabalho aprofundou-se o conhecimento sobre o funcionamento do ambiente fabril e dos problemas enfrentados no dia-a-dia, conseguindo identificar-se a importância de um bom planeamento de ações e de como, mesmo assim, este se pode afastar do expectado. Para além disso, este período permitiu perceber de forma mais sólida a importância das ferramentas *lean* e as vantagens da sua implementação, principalmente no sentido de diminuir desperdícios e libertar recursos humanos e financeiros.

6.2 Perspetivas de trabalhos futuros

Tendo em conta tudo o que se foi referindo ao longo da presente dissertação, pensa-se ser do interesse da empresa adaptar as estruturas dos produtos inseridas no sistema ERP à realidade da Herculano, devendo este ser considerado um meio para obter a excelência e não constituir um impedimento à evolução. Esta adaptação permitirá um controlo mais eficaz sobre os produtos produzidos, componentes utilizados e tempos necessários.

Para além da adaptação das estruturas de produto, são propostas soluções a implementar gradualmente. Estas soluções passam pela criação de documentação com instruções sobre os

processos realizados, disponibilização de um espaço para sugestões e pela normalização, sendo que esta última merece especial destaque pelo que possibilita a nível da qualidade e da eficiência, já que através da normalização será possível reduzir o *stock* necessário na fábrica e reduzir a incidência de erros.

Tendo em conta a alargada oferta que a Herculano – Alfaias Agrícolas S.A. mantém ao dispor do cliente, é do interesse da empresa apostar cada vez mais, e em toda a fábrica, na utilização de ferramentas *lean*. A redução de inventários, a par da normalização de componentes, poderá permitir à empresa melhorar os tempos de resposta e de entregas, melhorar a qualidade dos produtos, reduzir a ocorrência de erros e libertar recursos financeiros. Apesar de tudo, esta tarefa não é de fácil execução, pelo que levará o seu tempo, devendo começar pelo projeto das alfaias.

Continuar a apostar na formação e também na motivação dos funcionários é igualmente importante de modo a manter e melhorar as competências destes mas também o ambiente no local de trabalho, garantindo assim uma menor ocorrência de erros e um maior empenho na obtenção de produtos de qualidade superior face aos principais concorrentes. A definição e divulgação de objetivos atuais, concretos e definidos, poderá funcionar como motivação extra para os funcionários. Da mesma forma, a aposta em alfaias inovadoras e em novas soluções construtivas deve ser privilegiada, aproveitando eventuais ideias dos funcionários fabris, em especial daqueles que de uma forma ou de outra estão ligados ao mundo da agricultura.

Referências

- Apontamentos de Gestão de Empresas - Planeamento da Produção - B.C.V. 2009. FEUP.
- Basu, Ron e Peter Walton. 2011. *Fit Sigma : A Lean Approach to Building Sustainable Quality Beyond Six Sigma*. Wiley.
- Campbell , Clarck e Mike Collins. 2010. *THE ONE-PAGE PROJECT MANAGER FOR EXECUTION*. John Wiley & Sons, Inc.
- Campbell, Flake C. 2011. *Joining - Understanding the basics*. ASM International.
- Chase, Richard B.;, F. Robert; Jacobs e Nicholas J. Aquilano. 2006. *Operations Management for Competitive Advantage*. 11 ed.: McGraw Hill.
- Conrardy, C. 2011. "Gas Metal Arc Welding." Em *Welding Fundamentals and Processes*. ASM International.
- Davenport, Thomas H. 1998. "Putting the Enterprise into the Enterprise System." *Harvard Business Review*.
- Davis, J. R. 1998. *Metals Handbook Desk Edition*. Second ed.: ASM International.
- Dombrowski, U., T. Mielke e C. Engel. 2012. "Knowledge Management in Lean Production Systems." *Procedia CIRP* no. 3 (0):436-441. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827112002478>. doi: 10.1016/j.procir.2012.07.075.
- Duret, Daniel; Pillet, Maurice. 2005. *Qualidade na Produção*. LIDEL.
- Faria, José A. 2011. "Material de Apoio à disciplina Gestão da Qualidade Total - Garantia da Qualidade."
- Fernandes, António Augusto. 2007. Bloco Processos de Ligação de Metais. Em *Processos de Fabrico II*. FEUP.
- Floyd, Raymond C. 2010. "Lean Enterprise Thinking." Em *Liquid Lean*, 23-42. Productivity Press.
- Guedes, Alcibiades Paulo. 2000. "Planeamento Integrado & Gestão de Stocks/Materiais." Em *Disciplina de Logística*. FEUP.
- Harrison, Therry P.; Lee, Hau L. ; Neale, John J. . 2005. *The Practice of Supply Chain Management: Where Theory and Application Converge*. International Series in Operations Research & Management Science: Springer.
- Instituto Português da Qualidade. 2000. *Sistemas de gestão da qualidade fundamentos e vocabulário (ISO 9000:2000) NP EN ISO 9000 2000*.
- Instituto Português da Qualidade 2008. *Especificação e qualificação de procedimentos de soldadura para materiais metálicos ISO 15 613: 2008*.
- Jacobs , F. Robert. 2011. *Operations and supply chain management*. McGraw-Hill.
- Melton, T. 2005. "The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries." *Chemical Engineering Research and Design* no. 83 (6):662-673.

- <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263876205727465>. doi: 10.1205/cherd.04351.
- Miller. 2012. "MIG Welding Calculator". http://www.millerwelds.com/resources/calculators/mig_solid_amperage_calculator.php.
- Ohno, Taiichi. 1978. *Toyota production system : beyond large-scale production*. Portland : Productivity, 1978.
- Ortiz, Chris A. 2006. "The Company Kaizen Program." Em *Kaizen Assembly*, 7-26. CRC Press.
- Pillet, Maurice, Chantal Martin-Bonnefous, Alain Courtois e Pascal Bonnefous. 2011. *Gestion de production: Les fondamentaux et les bonnes pratiques*. 5 ed.: Eyrolles.
- Plenert, Gerhard. 2007. *Reinventing Lean*. Butterworth-Heinemann.
- Santos, José Oliveira; Quintino, Luísa. 1998. *Processos de Soldadura*. Instituto de Soldadura e Qualidade ed.
- Shingo, Shigeo. 1986. *Zero quality control : source inspection and the poka-yoke system*. Cambridge.
- Shingo, Shigeo. 1985. *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Portland: Productivity, Inc.
- Sugimori, Y., K. Kusunoki, F. Cho e S. Uchikawa. 1977. "TOYOTA PRODUCTION SYSTEM AND KANBAN SYSTEM. MATERIALIZATION OF JUST-IN-TIME AND RESPECT-FOR-HUMAN SYSTEM." *International Journal of Production Research* no. 15 (6):553-564.
- Terwiesch, Christian. 2012. An introduction to operations management - Module 2. University of Pennsylvania. http://spark-public.s3.amazonaws.com/operations/lecture_slides/Module%202%20slides.pdf.
- Toyota. 2012. "Toyota Production System". Acedido a 19 de Outubro de 2012. http://www.toyota-global.com/company/vision_philosophy/toyota_production_system/.
- Womack, James;, Daniel; Jones e Daniel Roos. 1990. *The Machine that Changed the World*. Rawson Associates Maxwell MacMillan International Collier-Macmillan Canada.
- Zairi, Mohamed. 1991. *Total Quality management for Engineers*. Woodhead.

ANEXO A: Projetos de estantes

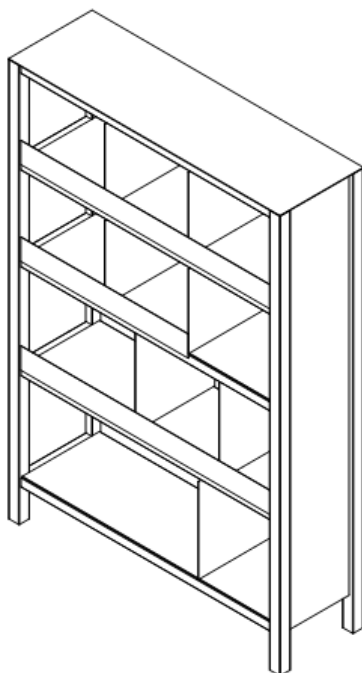


Figura 41 - Estante 1

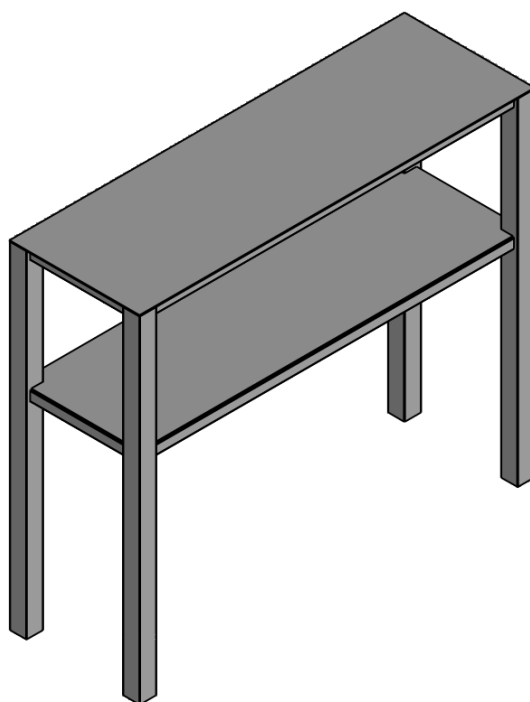


Figura 42 - Estante 2

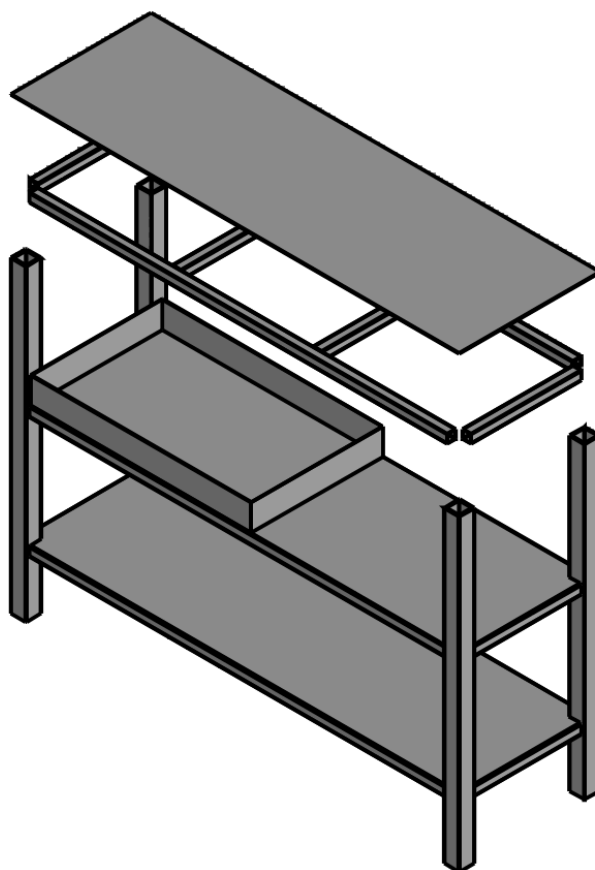


Figura 43 - Estante 3

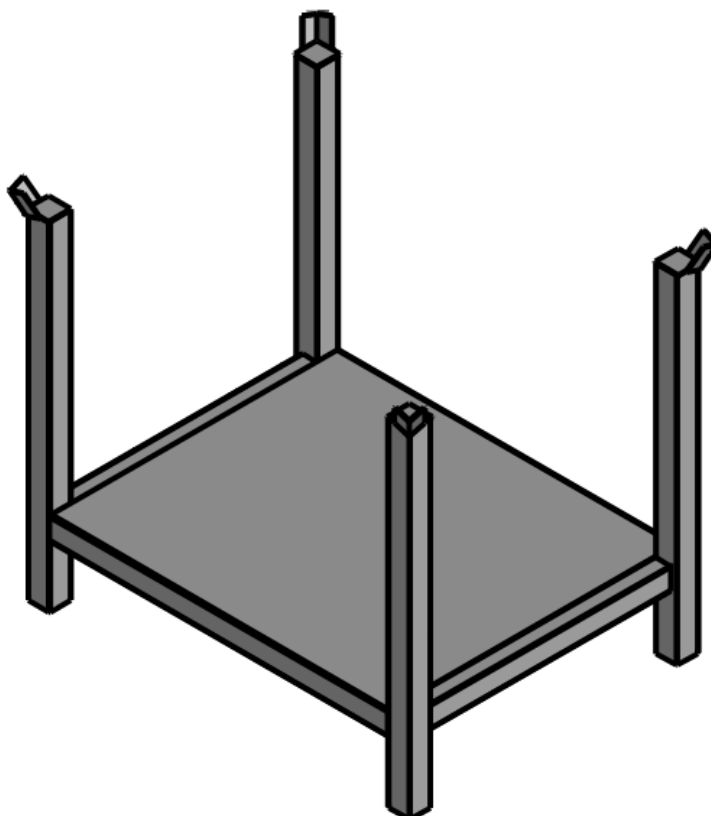


Figura 44 - Estantes/contentores 4 e 5

ANEXO B: Código preenchimento das fichas de soldadura

Abrir o ficheiro Excel

```
Private Sub Workbook_Open()
```

```
    Sheets("FS Formulário Preenchimento").Range("at1").Value = ClearContents
    Sheets("FS Formulário Preenchimento").Range("ah9").Value = ClearContents
    Sheets("FS Formulário Preenchimento").Range("ar7:ar7").Value = "Pos.:"
    Sheets("FS Formulário Preenchimento").Range("ar9:ar9").Value = "Tipo:"
    Sheets("FS Formulário Preenchimento").Range("p16:p22").Value = ClearContents
    Sheets("FS Formulário Preenchimento").Range("o50:ay58").Value = ClearContents
    Sheets("FS").Select
```

```
End Sub
```

Ao abrir a folha de cálculo “FS Formulário Preenchimento” abre-se o formulário.

```
Private Sub Worksheet_Activate()
```

```
    UserForm1.Show
```

```
End Sub
```

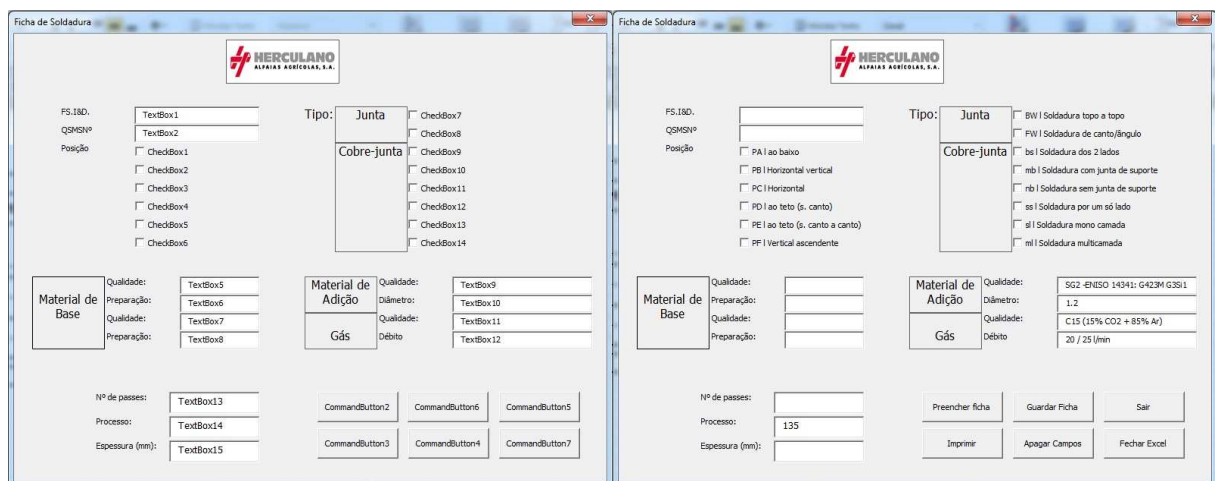


Figura 45 - Userform 1 - Formulário de Preenchimento

Ao clicar no botão preencher.

```
Private Sub CommandButton2_Click()
```

```
ID = TextBox1
Range("AT1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "FS.I&D." & ID
```

```
QSMSN = TextBox2
Range("AH9").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = QSMSN
```

```
pos = ""
If CheckBox1.Value = True Then
    pos = pos + "PA; "
End If
If CheckBox2.Value = True Then
    pos = pos + "PB; "
End If
If CheckBox3.Value = True Then
    pos = pos + "PC; "
End If
If CheckBox4.Value = True Then
    pos = pos + "PD; "
End If
If CheckBox5.Value = True Then
    pos = pos + "PE; "
End If
If CheckBox6.Value = True Then
    pos = pos + "PF"
End If
Range("AR7").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Pos.: " & pos
```

```
tipo = ""
If CheckBox7.Value = True Then
    tipo = tipo + "BW; "
End If
```

```
If CheckBox8.Value = True Then
    tipo = tipo + "FW; "
End If
If CheckBox9.Value = True Then
    tipo = tipo + "bs; "
End If
If CheckBox10.Value = True Then
    tipo = tipo + "mb; "
End If
If CheckBox11.Value = True Then
    tipo = tipo + "nb; "
End If
If CheckBox12.Value = True Then
    tipo = tipo + "ss; "
End If
If CheckBox13.Value = True Then
    tipo = tipo + "sl; "
End If
If CheckBox14.Value = True Then
    tipo = tipo + "ml"
End If
Range("AR9").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Tipo : " & tipo

Qual1 = TextBox5
Range("p16").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = Qual1

Prep1 = TextBox6
Range("p18").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = Prep1

Qual2 = TextBox7
Range("p20").Select
```

ActiveCell.FormulaR1C1 = Qual2

Prep2 = TextBox8

Range("p22").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = Prep2

qualad = TextBox9

Range("AQ16").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = qualad

If qualad = "" Then

 Range("AQ16").Select

 ActiveCell.FormulaR1C1 = "SG2 -ENISO 14341: G423M G3Si1"

End If

Diamfio = TextBox10

Range("AQ18").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "Ø" & Diamfio

If Diamfio = "" Then

 Range("AQ18").Select

 ActiveCell.FormulaR1C1 = "Ø1.2"

End If

qualgas = TextBox11

Range("AQ20").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = qualgas

If qualgas = "" Then

 Range("AQ20").Select

 ActiveCell.FormulaR1C1 = "C15 (15% CO2 + 85% Ar)"

End If

debitogas = TextBox12

Range("AQ22").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = debitogas

If debitogas = "" Then

```

Range("AQ22").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "20 / 25 l/min"
End If

```

```

Range("U50:ay59").Select
Selection.ClearContents
Dim n As Integer
npasses = TextBox13.Value
If npasses = "" Then
    npasses = 1
End If
If npasses > 7 Then npasses = 7
Range("o50").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = 1
If npasses > 1 Then
    n = 1
    Do While npasses > n
        n = n + 1
        ActiveCell.Offset(0, 1).Select
        ActiveCell.FormulaR1C1 = n
    Loop
Else
End If
If npasses = 1 Then
    Range("U50:ay51").Select
    Selection.ClearContents
    Range("U52:ay53").Select
    Selection.ClearContents
End If

```

```

processo = TextBox14
If processo = "" Then processo = 135
Range("o52").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = processo

```

```

If npasses > 1 Then
    n = 1
    Do While npasses > n
        n = n + 1
        ActiveCell.Offset(0, 1).Select
        ActiveCell.FormulaR1C1 = processo
    Loop
Else
End If

t = TextBox15
If t = "" Then
    Application.Run "M_apagar_parametros"
    t = 0
Else
    If t > 0 And t < 500 Then
        Dim I As Integer
        Dim V As Single
        Dim vfio As Single

        I = 67.458 * Math.Log(t) + 73.136
        V = (0.067 * I + 10.446)
        vfio = (0.0448 * I - 1.916)
        Range("o56").Select
        ActiveCell.FormulaR1C1 = I
        Range("o58").Select
        ActiveCell.FormulaR1C1 = V
        Range("o54").Select
        ActiveCell.FormulaR1C1 = vfio
    Else
        MsgBox ("Espessura inválida")
    End If
End If

```

```
        If npasses > 1 And t > 0 Then
            UserForm3.Show
        Else
            End If
    End Sub

Private Sub CommandButton3_Click()
    Application.Dialogs(xlDialogPrint).Show
End Sub

Private Sub CommandButton4_Click()
    Unload Me
    UserForm1.Show
End Sub

Private Sub CommandButton5_Click()
    Unload Me
End Sub

Private Sub CommandButton6_Click()
    ActiveWorkbook.Sheets(2).Cells.Copy
    Workbooks().Add
    ActiveSheet.Cells.PasteSpecial Paste:=xlPasteAll
    Application.Dialogs(xlDialogSaveAs).Show
End Sub

Private Sub CommandButton7_Click()
    Application.Quit
End Sub
```

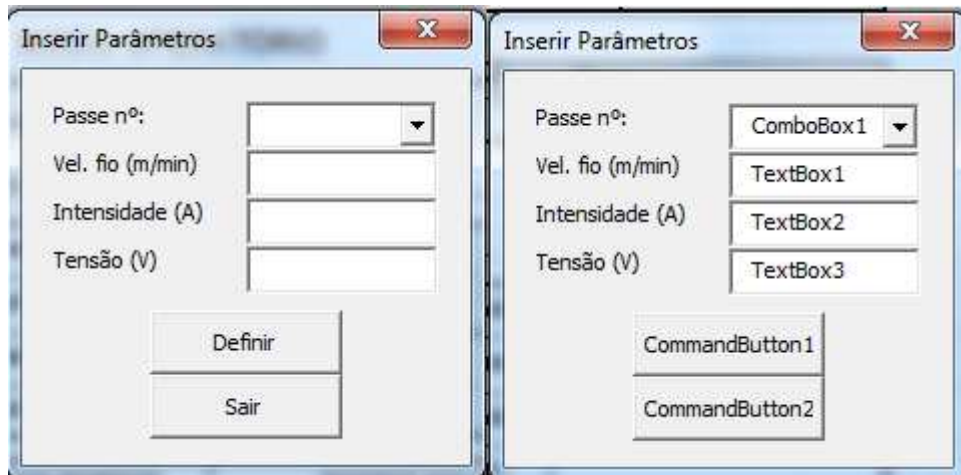


Figura 46 - Userform3 - Formulário preenchimento manual

```
Private Sub ComboBox1_Click()
```

```
    If ComboBox1 = 2 Then
```

```
        TextBox1 = Range("u54")
```

```
        TextBox2 = Range("u56")
```

```
        TextBox3 = Range("u58")
```

```
    Else
```

```
    End If
```

```
    If ComboBox1 = 3 Then
```

```
        TextBox1 = Range("aa54")
```

```
        TextBox2 = Range("aa56")
```

```
        TextBox3 = Range("aa58")
```

```
    Else
```

```
    End If
```

```
    If ComboBox1 = 4 Then
```

```
        TextBox1 = Range("ag54")
```

```
        TextBox2 = Range("ag56")
```

```
        TextBox3 = Range("ag58")
```

```
    Else
```

```
    End If
```

```
    If ComboBox1 = 5 Then
```

```
    TextBox1 = Range("am54")
    TextBox2 = Range("am56")
    TextBox3 = Range("am58")
Else
End If

If ComboBox1 = 6 Then
    TextBox1 = Range("as54")
    TextBox2 = Range("as56")
    TextBox3 = Range("as58")
Else
End If

If ComboBox1 = 7 Then
    TextBox1 = Range("ay54")
    TextBox2 = Range("ay56")
    TextBox3 = Range("ay58")
Else
End If
End Sub

Private Sub CommandButton1_Click()

If ComboBox1 = 2 Then
    vfio2 = TextBox1
    Range("u54").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = vfio2
    i2 = TextBox2
    Range("u56").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = i2
    v2 = TextBox3
    Range("u58").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = v2
End If
```

```
If ComboBox1 = 3 Then
    vfi03 = TextBox1
    Range("aa54").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = vfi03
    i3 = TextBox2
    Range("aa56").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = i3
    v3 = TextBox3
    Range("aa58").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = v3
End If
```

```
If ComboBox1 = 4 Then
    vfi04 = TextBox1
    Range("ag54").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = vfi04
    i4 = TextBox2
    Range("ag56").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = i4
    v4 = TextBox3
    Range("ag58").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = v4
End If
```

```
If ComboBox1 = 5 Then
    vfi05 = TextBox1
    Range("am54").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = vfi05
    i5 = TextBox2
    Range("am56").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = i5
    v5 = TextBox3
    Range("am58").Select
```

```
ActiveCell.FormulaR1C1 = v5
End If

If ComboBox1 = 6 Then
    vfio6 = TextBox1
    Range("as54").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = vfio6
    i6 = TextBox2
    Range("as56").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = i6
    v6 = TextBox3
    Range("as58").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = v6
End If

If ComboBox1 = 7 Then
    vfio7 = TextBox1
    Range("ay54").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = vfio7
    i7 = TextBox2
    Range("ay56").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = i7
    v7 = TextBox3
    Range("ay58").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = v7
End If

End Sub

Private Sub CommandButton2_Click()
    Unload Me
End Sub

Private Sub UserForm_Activate()
```

```

Dim npasses As Integer
If UserForm1.TextBox13 > 7 Then
    npasses = 7
Else
    npasses = UserForm1.TextBox13
End If

```

```

If MsgBox("Parâmetros são iguais?", vbYesNo, "Parâmetros passagens seguintes") =
vbYes Then

```

```

    If npasses > 1 Then
        Range("U54").Select
        ActiveCell.FormulaR1C1 = Range("o54")
        Range("U56").Select
        ActiveCell.FormulaR1C1 = Range("o56")
        Range("U58").Select
        ActiveCell.FormulaR1C1 = Range("o58")
    End If

```

```

    If npasses > 2 Then
        Range("AA54").Select
        ActiveCell.FormulaR1C1 = Range("o54")
        Range("AA56").Select
        ActiveCell.FormulaR1C1 = Range("o56")
        Range("AA58").Select
        ActiveCell.FormulaR1C1 = Range("o58")
    End If

```

```

    If npasses > 3 Then
        Range("AG54").Select
        ActiveCell.FormulaR1C1 = Range("o54")
        Range("AG56").Select
        ActiveCell.FormulaR1C1 = Range("o56")
        Range("AG58").Select
        ActiveCell.FormulaR1C1 = Range("o58")
    End If

```

If npasses > 4 Then

 Range("AM54").Select

 ActiveCell.FormulaR1C1 = Range("o54")

 Range("AM56").Select

 ActiveCell.FormulaR1C1 = Range("o56")

 Range("AM58").Select

 ActiveCell.FormulaR1C1 = Range("o58")

End If

If npasses > 5 Then

 Range("AS54").Select

 ActiveCell.FormulaR1C1 = Range("o54")

 Range("AS56").Select

 ActiveCell.FormulaR1C1 = Range("o56")

 Range("AS58").Select

 ActiveCell.FormulaR1C1 = Range("o58")

End If

If npasses > 6 Then

 Range("AY54").Select

 ActiveCell.FormulaR1C1 = Range("o54")

 Range("AY56").Select

 ActiveCell.FormulaR1C1 = Range("o56")

 Range("AY58").Select

 ActiveCell.FormulaR1C1 = Range("o58")

End If

Unload Me

Else

 MsgBox ("Por favor, insira valores dos parâmetros")

 n = 1

 Do Until n = npasses

n = n + 1

Me.ComboBox1.AddItem (n)

Loop

Close UserForm

End If

End Sub