



Aplicação de SMED na Indústria do Mobiliário

DIOGO OLIVEIRA REIS

maio de 2018

APLICAÇÃO DE SMED NA INDÚSTRIA DO MOBILIÁRIO

Diogo Oliveira Reis

2018

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



APLICAÇÃO DE SMED NA INDÚSTRIA DO MOBILIÁRIO

Diogo Oliveira Reis
1161441

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão industrial, realizada sob a orientação do professor doutor Venceslau Correia.

2018

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



JÚRI

Presidente

Professor Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira

Professor adjunto no departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Professor Doutor Venceslau Correia

Professor adjunto no departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

Professora Doutora Ângela Maria Esteves da Silva

Professora auxiliar na Faculdade de Engenharia e Tecnologias da Universidade Lusíada

AGRADECIMENTOS

Ao professor Venceslau, orientador no ISEP, pela disponibilidade demonstrada, pelo apoio prestado e pela orientação dada na elaboração deste trabalho.

A todos os colaboradores da empresa que me ajudaram no projeto.

À Francisca pelo apoio e contributo dado ao longo destes meses.

PALAVRAS CHAVE

SMED, *setup*, 5S, melhoria contínua, produtividade

RESUMO

O presente projeto centra-se, fundamentalmente, no estudo e intervenção prática com vista à redução do tempo de *setup* de uma CNC de curvar tubo existente na empresa DITA – Mobiliário para hotelaria e decoração Unip. Lda., que se dedica à produção de cadeiras e mesas. O projeto nasceu da necessidade da empresa em reduzir o tempo de *setup* do referido equipamento que causava um impacto negativo na disponibilidade e produtividade da máquina em questão. Para além deste projeto principal, foi proposto, também, fazer uma análise e melhoria do processo de embalamento de produto final.

O trabalho foi desenvolvido com base na metodologia *Single Minute Exchange of Die* (SMED) que contempla 5 etapas.

Ao longo do projeto foi estudada uma amostra significativa de *setups* da CNC e foi feito um estudo aprofundado de todas as tarefas realizadas. No final conseguiu-se uma redução do tempo geral de *setup* de cerca de 42% através da redução de tempo e eliminação de tarefas internas e externas e da aplicação de melhorias nestas tarefas. Para isto contribuiu a colocação das tarefas externas no início e no final do *setup*, a alocação de um segundo operador que ajuda em algumas tarefas internas, a normalização dos processos, a reorganização do *layout* da empresa e a reorganização dos elementos da máquina.

O processo de embalamento também foi revisto. A aplicação de melhorias simples neste processo permitiu reduzir o tempo de embalamento para cerca de metade.

KEYWORDS

SMED, setup, 5S, continuous improvement, productivity

ABSTRACT

This work aims the reduction of setup time on a tube bending CNC machine that exists on the company DITA – Mobiliário para hotelaria e decoração Unip. Lda., which produces chairs and tables. This project was born with the need of the company to reduce the impact of the setup time of the CNC machine on the productivity and on the machine availability. In addition to this main project, it was also proposed to make an analysis and improvement on the final product packing process.

The work developed consisted on the application of the Single Minute Exchange of Die (SMED) methodology which contemplates 5 stages.

Throughout this project, a significant sample of the CNC setups was studied and all the tasks performed were analyzed thoroughly. In the end of this work, it was achieved a significant reduce of the general setup time of 42% by reducing the time or eliminating some external and internal tasks and through the application of improvements in these tasks. For this, contributed the placement of the external tasks at the beginning or at the end of the setup, the allocation of a second operator that helps in some internal tasks, the normalization of the setup processes, the reorganization of the company layout and the reorganization of the machine elements.

The packaging process was also revised. The application of some simple improvements in this process allowed to reduce the packing time to about half.

LISTA DE ABREVIATURAS

CNC	Comando numérico computadorizado
JIT	<i>Just-in-Time</i>
MIG	<i>Metal Inert Gas</i>
PDCA	<i>Plan, do, check, act</i>
QEE	Quantidade económica de encomenda
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>

GLOSSÁRIO DE TERMOS

Termo	Designação
5S	Ferramenta utilizada para atingir um nível mais elevado de organização e limpeza do posto de trabalho
<i>Heijunka</i>	Palavra japonesa que significa “nivelamento da produção”
<i>Kaizen</i>	Palavra japonesa que significa “melhoria contínua”
<i>Layout</i>	Disposição dos vários equipamentos no chão de fábrica
<i>Muda</i>	Palavra japonesa que significa “desperdício”
<i>Poka-Yoke</i>	Palavra japonesa que significa “mecanismo à prova de erro”
<i>Setup</i>	Processo de preparação de um equipamento antes de este começar a trabalhar na produção de uma peça diferente da anterior
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i> , método criado por Shigeo Shingo para reduzir os tempos de <i>setup</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - EXEMPLOS DE PRODUTOS FABRICADOS NA EMPRESA	25
FIGURA 2 - 5 PRINCÍPIOS <i>LEAN</i>	32
FIGURA 3 - ESTRUTURA DO TPS	33
FIGURA 4 - CICLO DOS 5S	36
FIGURA 5 - CICLO PDCA	37
FIGURA 6 - EXEMPLO DE UM DISPOSITIVO POKA-YOKE	40
FIGURA 7 - ETAPAS DA METODOLOGIA SMED	43
FIGURA 8 - QUANTIDADE ECONÓMICA DE ENCOMENDA	45
FIGURA 9 - EFEITO DO SMED NA QEE	46
FIGURA 10 - LAYOUT DA FÁBRICA	51
FIGURA 11 - DIAGRAMA QUE REPRESENTA O FLUXO PRODUTIVO DA EMPRESA	52
FIGURA 12 - ESTANTE DE TUBO E VARÃO	52
FIGURA 13 - SERRA RESPONSÁVEL PELO PROCESSO DE CORTE	53
FIGURA 14 - PEÇA ACABADA DE SER CURVADA	53
FIGURA 15 - GABARI DE SOLDADURA COM UMA ESTRUTURA	54
FIGURA 16 - EXEMPLOS DE ESTRUTURAS DE CADEIRAS PRONTAS PARA O ACABAMENTO	54
FIGURA 17 - EXEMPLO DE UM PROGRAMA DA MÁQUINA CNC	55
FIGURA 18 - MÁQUINA CNC DE CURVAR TUBO	56
FIGURA 19 - PEÇAS DA PARTE DA FRENTE DA MÁQUINA CNC	57
FIGURA 20 - PEÇAS DA PARTE DE TRÁS DA MÁQUINA CNC	57
FIGURA 21 - OPERADOR A TRABALHAR NA CNC	58
FIGURA 22 - ZONAS DE AFINAÇÃO DA MÁQUINA CNC	59
FIGURA 23 - NÚMERO DE <i>SETUPS</i> DA CNC REALIZADOS AO LONGO DE 6 SEMANAS	60
FIGURA 24 - TAREFAS REALIZADAS NO SETUP DA CNC	61
FIGURA 25 - DIAGRAMA DE SPAGHETTI DO PROCESSO DE <i>SETUP</i> DA CNC	63
FIGURA 26 - DIAGRAMA CAUSA-EFEITO PARA O TEMPO DE <i>SETUP</i> ELEVADO	64
FIGURA 27 - REALOCAÇÃO DAS TAREFAS NO <i>SETUP</i> DA MÁQUINA CNC	65
FIGURA 28 - TEMPO DE PARAGEM DA MÁQUINA	66
FIGURA 29 - ENCOSTO MONTADO NO SUPORTE	67
FIGURA 30 - TAREFAS INTERNAS DO PROCESSO DE <i>SETUP</i> DA CNC	68
FIGURA 31 - TEMPO DAS TAREFAS INTERNAS COM 2 OPERADORES	69
FIGURA 32 - FICHA DE AFINAÇÃO DA CNC	70
FIGURA 33 - TEMPO DAS TAREFAS INTERNAS	71
FIGURA 34 - LAYOUT DA SERRALHARIA "ANTES" E "DEPOIS"	72
FIGURA 35 - MESA MÓVEL DE APOIO	73
FIGURA 36 - ESTANTE DE ARRUMAÇÃO "ANTES"	73
FIGURA 37 - ESTANTE DE ARRUMAÇÃO "DEPOIS"	74
FIGURA 38 - QUADRO DE FERRAMENTAS "ANTES" E "DEPOIS"	74
FIGURA 39 - ASPETO GERAL DA ZONA DA CNC DEPOIS DAS MELHORIAS	75

FIGURA 40 - TEMPOS DAS TAREFAS EXTERNAS	77
FIGURA 41 – <i>STANDARD</i> GERAL DO <i>SETUP</i> PARA O POSTO 1	78
FIGURA 42 - <i>STANDARD</i> GERAL DO <i>SETUP</i> PARA O POSTO 2	79
FIGURA 43 - TEMPO DE <i>SETUP</i> DEPOIS DAS ALTERAÇÕES	80
FIGURA 44 - TEMPO DE <i>SETUP</i> ANTES E DEPOIS DO PROJETO	81
FIGURA 45 - ROLOS DE CARTÃO CANELADO E ESPUMA DE POLIETILENO	82
FIGURA 46 - CARTÃO COM VÁRIAS MEDIDAS	83
FIGURA 47 - ROLOS DE ESPUMA DE POLIETILENO	84
FIGURA 48 - EXEMPLOS DE CADEIRAS EMBALADAS	85
FIGURA 49 - DESENHO DA MÁQUINA CNC	99
FIGURA 50 - DESENHOS DE ALGUMAS PEÇAS UTILIZADAS NO <i>SETUP</i> DA MÁQUINA	100
FIGURA 51 - FICHA DE AFINAÇÃO DA CNC	105
FIGURA 52 - FICHA TÉCNICA DE UM PRODUTO	106

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - TEMPOS DE <i>SETUP</i>	59
TABELA 2 - ETAPAS DO PROCESSO DE <i>SETUP</i> DA CNC	62
TABELA 3 - TAREFAS DESEMPENHADAS PELOS 2 OPERADORES	68
TABELA 4 - TAREFAS EXTERNAS REALIZADAS NO INÍCIO DO <i>SETUP</i>	76
TABELA 5 - TAREFAS EXTERNAS REALIZADAS NO FINAL DO <i>SETUP</i>	76
TABELA 6 - TAREFAS REALIZADAS NO <i>SETUP</i> DA CNC	101

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	25
1.1	APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	25
1.2	ENQUADRAMENTO E OBJETIVOS DO PROJETO.....	26
1.3	METODOLOGIA UTILIZADA	26
1.4	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	27
2	ENQUADRAMENTO TEÓRICO	31
2.1	INTRODUÇÃO AO <i>LEAN</i> E <i>TPS</i>	31
2.1.1	DESPERDÍCIO	33
2.2	5S	34
2.3	KAIZEN.....	36
2.4	GESTÃO VISUAL.....	38
2.5	<i>STANDARD WORK</i>	38
2.6	HEIJUNKA	39
2.7	<i>POKA-YOKE</i>	39
2.8	REDUÇÃO DO TEMPO DE <i>SETUP</i>	40
2.8.1	<i>SETUP</i>	40
2.8.2	<i>SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE (SMED)</i>	42
3	SITUAÇÃO INICIAL E SOLUÇÕES PROPOSTAS	51
3.1	SITUAÇÃO INICIAL.....	51
3.1.1	PROCESSO PRODUTIVO	51
3.1.2	FUNCIONAMENTO DA MÁQUINA CNC DE CURVATURA.....	55
3.1.3	ANÁLISE DA SITUAÇÃO INICIAL.....	59
3.2	APLICAÇÃO DA METODOLOGIA <i>SMED</i>	65

3.2.1	SEPARAR TAREFAS INTERNAS DAS TAREFAS EXTERNAS	65
3.2.2	CONVERTER TAREFAS INTERNAS EM EXTERNAS	66
3.2.3	REDUZIR AS TAREFAS INTERNAS	67
3.2.4	REDUZIR AS TAREFAS EXTERNAS	71
3.3	PADRONIZAÇÃO DO PROCESSO DE <i>SETUP</i>	78
3.4	RESULTADOS	80
3.5	MELHORIA DO PROCESSO DE EMBALAMENTO	82
3.5.1	DESCRIÇÃO DO PROCESSO	82
3.5.2	MELHORIAS PROPOSTAS	83
4	CONCLUSÕES E POSSÍVEIS TRABALHOS FUTUROS	89
4.1	CONCLUSÃO	89
4.2	POSSÍVEIS TRABALHOS FUTUROS	89
5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO	93
5.1	BIBLIOGRAFIA	93
5.2	OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO	95
6	ANEXOS	99
6.1	DESENHO DA MÁQUINA CNC	99
6.2	PEÇAS DA MÁQUINA CNC	100
6.3	TAREFAS DESEMPENHADAS NO PROCESSO DE <i>SETUP</i> NA MÁQUINA CNC	101
6.4	FICHA DE AFINAÇÃO DA CNC	105
6.5	FICHA TÉCNICA DE UM PRODUTO	106

INTRODUÇÃO

- 1.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA
- 1.2 ENQUADRAMENTO E OBJETIVOS DO PROJETO
- 1.3 METODOLOGIA UTILIZADA
- 1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

1 INTRODUÇÃO

O mercado mundial atual exige que as empresas tenham uma ampla coleção de produtos de qualidade e que estes cheguem ao cliente no menor tempo e com o menor custo possível. De modo a satisfazer estas necessidades, nos últimos anos as empresas começaram a ter a necessidade de produzir em pequenos lotes sem que isso afete a sua produtividade.

Este projeto foi realizado na empresa DITA – Mobiliário para hotelaria e decoração, Unipessoal Lda., no âmbito do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Nesta secção é feita uma pequena apresentação da empresa onde foi realizado o trabalho. Também é descrito o enquadramento e objetivos do projeto, a metodologia utilizada e a estrutura da dissertação.

1.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A DITA – Mobiliário para hotelaria e decoração, Unip. Lda., é uma microempresa recente sediada na Trofa que se dedica à produção de mobiliário, principalmente de cadeiras, mesas e bancos para hotelaria. Na figura 1 pode-se ver dois exemplos de produtos fabricados pela empresa.

Apesar de ter começado a sua atividade em 2017, tanto o seu administrador como os colaboradores têm uma experiência de cerca de 30 anos nesta área.

Com uma área coberta de cerca de 500 m² e apenas 5 colaboradores, a empresa está dividida em duas secções: a secção de serralharia e a secção de montagem e expedição. A secção de serralharia é a principal área da fábrica e está equipada com diversas máquinas. A montagem do produto final é toda feita manualmente.



Figura 1 - Exemplos de produtos fabricados na empresa

1.2 ENQUADRAMENTO E OBJETIVOS DO PROJETO

A alargada gama de produtos oferecidos pela empresa e a necessidade de produzir em pequenos lotes implica que sejam efetuados um grande número de *setups* dos equipamentos. Este número elevado de *setups* tem um impacto significativo na produtividade da empresa. A produção em pequenos lotes e com prazos de entrega apertados leva a que muitas vezes seja necessário fazer *setups* mais do que uma vez por dia. Além disso, o reduzido número de operários na produção limita o tempo que é gasto nos *setups*, que, com a perspetiva de crescimento da empresa, serão em cada vez maior número no futuro.

Tendo em conta que a política da empresa é a de reduzir ao máximo os *stocks* de produto final e de produto semi-acabado, é de extrema importância que a produção seja mais flexível. Um dos pontos críticos é o tempo gasto nas tarefas de mudança de série.

Este projeto está relacionado, principalmente, com a máquina CNC que se encontra na secção de serralharia e onde é gasto a maior parte do tempo nas tarefas de mudança de série. Esta é uma máquina que está envolvida na produção de praticamente todos os modelos em catálogo, pelo que é regularmente utilizada.

O primeiro objetivo proposto foi a redução significativa do tempo de *setup* entre séries de produtos de forma a aumentar a disponibilidade do equipamento. Esta redução irá ser realizada através da metodologia *Single Minute Exchange of Die* (SMED).

Através da aplicação desta ferramenta será possível detalhar as tarefas realizadas que gastam mais tempo e que poderão sofrer melhorias. Também será analisado o *layout* da fábrica.

Para além disso, foi proposto fazer uma análise ao processo de embalamento dos produtos que era outro dos pontos críticos no processo produtivo. Assim, foi feita uma análise mais cuidada neste processo de modo a tentar implementar algumas melhorias.

1.3 METODOLOGIA UTILIZADA

A metodologia utilizada neste projeto seguiu um conjunto de etapas descritas a baixo e elencadas por ordem cronológica:

- Levantamento da situação existente com o estudo do trabalho realizado no processo de mudança de série recorrendo também a cronometragem dos tempos verificados. Análise do processo produtivo e respetivo *layout* da empresa
- Identificação das operações que têm um impacto significativo no tempo de *setup* através dos resultados obtidos na etapa anterior
- Análise e seleção das operações a intervencionar
- Aplicação da metodologia SMED nas operações selecionadas

- Padronização dos processos de *setup*
- Testes, monitorização e validação dos resultados obtidos

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos. Neste primeiro capítulo é feita uma pequena apresentação da empresa. Também é descrito o enquadramento e objetivos do projeto, assim como a metodologia utilizada.

No segundo capítulo é feito um enquadramento teórico sobre os temas abordados neste relatório assentando globalmente no *lean manufacturing*, com ênfase em algumas das suas mais usuais ferramentas como os 5S, *standard work*, *Kaizen*, *Heijunka*, *poka-yoke*, gestão visual e SMED.

O terceiro capítulo está dividido em quatro partes. Primeiro é feita uma apresentação detalhada do problema e da situação inicial da empresa e são definidos quais os processos mais problemáticos e que irão ser sujeitos a análise, estudo e intervenção. Depois são apresentadas as soluções propostas levadas a cabo e analisados os resultados obtidos. Por fim, é feita uma análise ao processo de embalamento e são apresentadas as propostas de melhoria desenvolvidas para este processo.

No quarto capítulo são apresentadas as conclusões retiradas deste projeto e são analisados possíveis trabalhos futuros.

ENQUADRAMENTO TEÓRICO

2.1 INTRODUÇÃO AO *LEAN* E *TPS*

2.1.1 DESPERDÍCIO

2.2 5S

2.3 KAIZEN

2.4 GESTÃO VISUAL

2.5 *STANDARD WORK*

2.6 HEIJUNKA

2.7 *POKA-YOKE*

2.8 REDUÇÃO DO TEMPO DE *SETUP*

2.8.1 *SETUP*

2.8.2 *SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE (SMED)*

2 ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Nesta secção abordam-se os principais conceitos teóricos e definições que estão na base de todo o projeto desenvolvido. Os temas abordados estão relacionados com a temática *lean* que teve origem no *Toyota Production System (TPS)*. As ferramentas *lean* que vão ser abordadas são os 5S, *standard work*, a gestão visual, os sistemas *poka-yoke*, *Heijunka* e *Kaizen* que vão servir de apoio à metodologia da redução do tempo de *setup* dada pelo SMED.

2.1 INTRODUÇÃO AO LEAN E TPS

O *Toyota Production System* foi um sistema de produção industrial desenvolvido por *Taichii Ohno*, diretor da *Toyota Motor Company*, durante os anos 50 com o objetivo de eliminar o desperdício e aumentar a produtividade.

Após a segunda guerra mundial, o Japão estava fragilizado e com necessidade de recuperar a sua economia. *Eiji Toyoda* e *Taiichi Ohno*, conhecedores da produção em massa implementada por *Taylor Ford* nos Estados- Unidos, perceberam que não havia o capital necessário para grandes investimentos e que havia uma grande necessidade de fazer dinheiro rápido. Foi então que *Ohno* criou um modelo de gestão cujo objetivo seria o de desenvolver processos através da redução contínua de desperdícios, iniciando, aqui, o TPS que, a partir da década de 70, passou a ser seguido por outras empresas. Mais tarde surgiu a designação de sistema de produção *Lean* que deriva da filosofia do TPS (Womack 1990).

Shingo (1985) define *Lean Production* como sendo uma postura onde se devem identificar as fontes de custos que não acrescentam valor ao produto final. Este desperdício, além de custar dinheiro, provoca um aumento no tempo de percurso dos produtos no sistema de produção e impede a empresa de fazer outras coisas mais produtivas com esses recursos. Depois de estes desperdícios serem identificados é importante estudar formas de os reduzir ou se possível eliminá-los. Para ajudar neste processo existem diversas ferramentas e metodologias. Algumas delas serão referidas e explicadas mais à frente.

Segundo Womack e Jones (1990), o pensamento *lean* pode ser dividido em 5 princípios chave (esquematizados na figura 2) que provam que esta filosofia pode ser aplicada em qualquer organização, em qualquer sector e em qualquer localização:

- Especificar valor – identificar as características que acrescentam ou não valor ao produto considerando as necessidades dos clientes e eliminar ou melhorar as que não acrescentam valor. É o cliente final que deve definir o valor, ou seja, o valor é definido pelos requisitos apresentados pelo cliente e pelo que este está disposto a pagar;
- Identificar a cadeia de valor – definir os processos necessários para o desenvolvimento e produção de um produto de forma a identificar as atividades

de valor acrescentado, as atividades sem valor acrescentado mas que são necessárias à produção, e as atividades desnecessárias que devem ser eliminadas;

- Fluxo contínuo – fazer com que os processos da cadeia de valor decorram sem qualquer interrupção e esperas e de forma a não criar *stocks* intermédios;
- Sistema puxado – produzir apenas o que é pedido pelo cliente e quando ele o solicita. É o sistema que serve de base ao *JIT* e é o contrário do sistema que empurra os produtos, muitas vezes não pretendidos, para o cliente e que obriga à criação de *stocks*;
- Perfeição – focar em atingir a perfeição ao eliminar os desperdícios em todas as fases do processo produtivo. Não deve existir um fim para a busca de soluções de redução de custos, erros, tempo, etc.



Figura 2 - 5 Princípios *Lean*. Adaptado de Hines (2011)

Idealmente, o TPS permite produzir com a melhor qualidade, menor custo e menor *lead-time*. Os dois pilares do TPS (representados na figura 3) são o *Just-in-Time* (JIT) e o *Jidoka*. *Just-in-Time* significa que, num fluxo contínuo de materiais, os componentes corretos devem chegar à linha de produção no tempo em que são precisos e apenas nas quantidades necessárias. Deste modo a empresa consegue chegar a um stock mínimo. *Jidoka* significa automação com um toque humano. Ou seja, o operador deve ter uma função de supervisão que permite parar a linha de produção e impede que alguma peça com defeito passe para a estação seguinte (Ohno 1988).

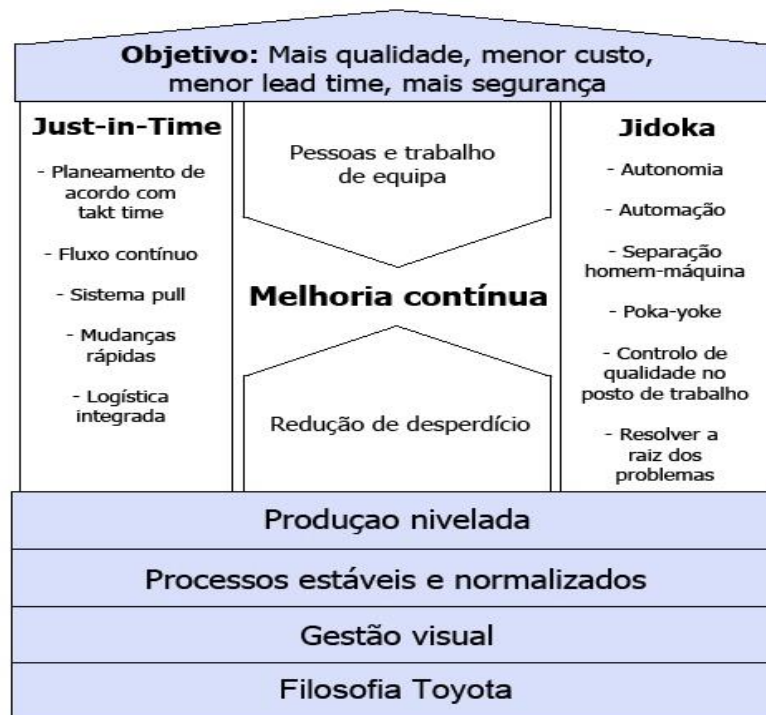


Figura 3 - Estrutura do TPS. Adaptado de Liker (2004)

Esta imagem, que simboliza uma casa, é um dos diagramas mais conhecidos da produção *lean*. A casa só é forte se o telhado, os pilares e a base forem fortes. Se um destes componentes estiver enfraquecido, todo o sistema fica mais fraco (Liker 2004).

2.1.1 DESPERDÍCIO

Para o antigo presidente da Toyota, Fujio Cho, desperdício é tudo para além da quantidade mínima de equipamento, materiais, componentes e trabalhadores que são absolutamente essenciais para a produção, ou seja, tudo aquilo que o cliente não está disposto a pagar. Foram também identificados 7 tipos de desperdício, que em japonês são designados de *muda*: sobreprodução, esperas, transporte, inventário, sobreprocessamento, movimentações e defeitos (Jacobs e Chase 2008).

- Sobreprodução – ocorre quando se produz mais cedo ou em maior quantidade que o requisitado pelo cliente. Esta produção excessiva vai originar outros desperdícios como excesso de pessoas, armazenagem e transporte pelo excesso de inventário. Normalmente é um dos piores desperdícios que persiste nas empresas. O balanceamento da produção, a uniformização do trabalho, o fluxo contínuo e a metodologia SMED são algumas formas de combater a sobreprodução.

- Esperas – ocorre quando um trabalhador está apenas à espera que uma máquina acabe o seu trabalho ou está à espera de material por falta de stock, etc. Estas esperas podem ser minimizadas por uma reorganização do *layout*, pela implementação do SMED ou pelo nivelamento da produção.

- Transporte – corresponde à movimentação de material seja ele matérias-primas ou produto acabado. Muitas vezes é originado por *layouts* mal planeados que obrigam a que se percorra grandes distâncias para transportar material.
- Inventário – excesso de inventário representa a acumulação de matérias-primas, produtos semiacabados ou produtos acabados. O excesso de inventário, muitas vezes esconde problemas como má organização da produção, entregas tardias dos fornecedores, defeitos, etc. O sistema de produção puxado permite diminuir os *stocks*.
- Sobreprocessamento – são processos que não são necessários à produção e que o cliente não está disposto a pagar por eles. Um exemplo deste desperdício é um molde de injeção mal feito que implica que a peça final tenha de ser retificada para ficar em condições. Se o molde estivesse em boas condições, este processo de retificação não era necessário.
- Movimentações – são todas as movimentações que os colaboradores têm de efetuar durante o processo produtivo que não acrescentam valor ao produto.
- Defeitos – refere-se aos produtos com defeitos que não podem ser enviados para o cliente e que têm de ser reparados ou substituídos. Podem ser minimizados através do *standard work*, pelo controlo de processos, sistemas *Poka-Yoke*, etc. (Liker e Meier 2006)

Segundo Womack e Jones (2003), nesta lista também podemos acrescentar o desenvolvimento de produtos e serviços que não vão ao encontro das necessidades do cliente. Liker e Meier (2006), por sua vez, referem o 8º desperdício como sendo a falta de aproveitamento das ideias e criatividade das pessoas.

Esta lista de desperdícios foi originalmente concebida para a produção física. No entanto também se aplica noutras atividades dentro de uma empresa como o desenvolvimento de produtos, processamento de encomendas, etc. Estes desperdícios podem representar 95% do tempo total numa empresa (Womack e Jones 2003).

2.2 5S

5S é uma das metodologias *lean* mais utilizadas na indústria que tem como foco a organização e limpeza do local de trabalho, sendo que o resultado final é sempre a redução dos desperdícios. Esta metodologia permite eliminar todo o “lixo” de modo a que se possa utilizar apenas o necessário, no tempo e quantidade certa. A implementação dos 5S pode permitir aumentar os níveis de qualidade, diminuir *lead times* e diminuir custos (Monden 2012).

Esta ferramenta pode ser implementada como um plano estratégico que, ao longo do tempo, passará a ser incorporado na rotina da empresa, contribuindo para a conquista

da qualidade total e tendo como principal vantagem o facto de provocar mudanças no comportamento em todos os níveis hierárquicos da organização (Womack 2003).

A designação de 5S vem das 5 palavras japonesas começadas por S que, segundo Hirano (1995) traduzem os pilares desta metodologia:

- *Seiri* (triagem) – consiste em separar o que realmente é necessário ter no local de trabalho daquilo que não é necessário e pode ser eliminado. Isto permite libertar espaço na área de trabalho, eliminar o excesso de materiais e aumentar a eficiência na procura e receção de objetos.
- *Seiton* (arrumação) – a arrumação acompanha sempre a organização. Assim que tudo estiver organizado, só sobra aquilo que é realmente necessário. O passo seguinte é o de clarificar onde é que cada objeto pertence de modo a que qualquer pessoa possa facilmente perceber onde deve encontrar o que pretende. Objetos usados ocasionalmente devem estar presentes no local de trabalho, mas não no local de acesso mais rápido que deve ser ocupado por objetos de utilização mais usual.
- *Seiso* (limpeza) – a limpeza do posto de trabalho é uma rotina que deve estar incluída nas tarefas de manutenção a desempenhar diariamente. É uma tarefa que permite identificar e resolver problemas aumentando a fiabilidade dos equipamentos. Para além disso permite estabelecer uma cultura de zelo pelo posto de trabalho por parte do operador.
- *Seiketsu* (normalização) – esta etapa consiste na normalização das tarefas e criação de regras de modo a manter os benefícios alcançados nas três etapas anteriores. Assenta no desenvolvimento de normas para garantir o uso de melhores práticas. É uma fase considerada chave para o sucesso da implementação do programa 5S porque permite assegurar a metodologia no futuro.
- *Shitsuke* (disciplina) – na última etapa procura-se que todos os colaboradores cumpram as tarefas estipuladas anteriormente. É nesta última etapa que a metodologia é implementada na organização de forma mais consistente. Os diretores podem tentar implementar os 5S na empresa, mas sem disciplina esta metodologia não vai perdurar.

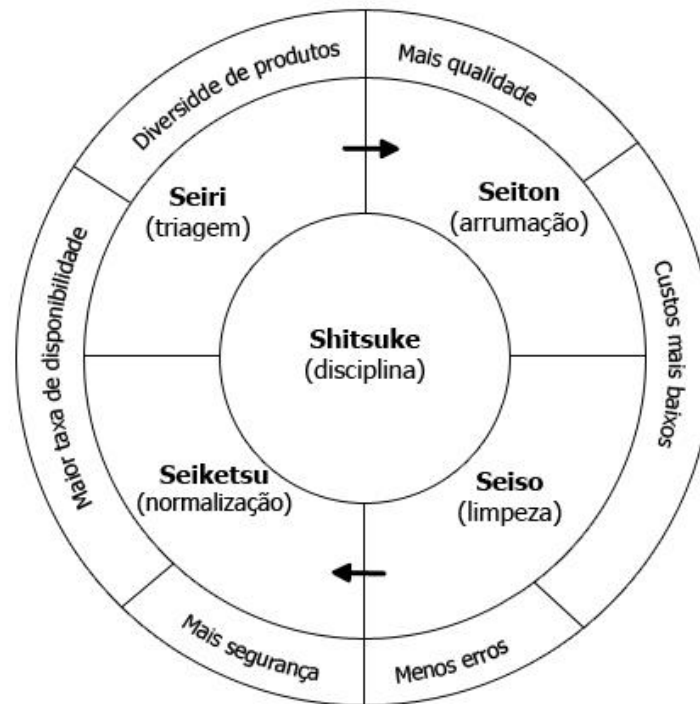


Figura 4 - Ciclo dos 5S. Adaptado de Hirano (1995)

Para Hirano (1995), o principal benefício da aplicação desta metodologia é a redução de desperdícios devido à melhoria na fluidez dos processos devido ao facto de os operadores não terem que gastar tanto tempo à procura de ferramentas e materiais. No entanto, existem outros benefícios como a melhor manutenção do local de trabalho e uma melhoria nos níveis de qualidade, higiene e segurança.

A implementação desta metodologia deve ser iniciada com formação dos operadores sobre as vantagens da sua utilização pois é muito importante que todos percebam a necessidade de a usar e que concordem com esta mudança (Michalska e Szewieczek 2007).

Esta ferramenta pode contribuir de forma significativa para a redução dos tempos de *setup*. O facto de as ferramentas de trabalho estarem organizadas de forma correta e mais perto dos postos de trabalho permite que se perca muito menos tempo na sua procura. A limpeza do posto de trabalho também facilita ao trabalhador a identificação dos ajustes a efetuar (Hirano 1995).

2.3 KAIZEN

Kaizen é uma combinação de duas palavras japonesas. “*Kai*” que significa mudar e “*Zen*” que significa melhor. Traduzindo à letra, *Kaizen* significa mudar para melhor. No dia-a-dia de uma empresa utiliza-se *Kaizen* para referir melhoria contínua e é uma filosofia de melhoria na vida pessoal, social e profissional. Quando é aplicada numa organização, esta deve envolver todas as pessoas que, trabalhando em conjunto, devem tentar encontrar soluções que permitam alcançar melhorias nos processos da empresa com o mínimo de investimento possível. É um dos principais fundamentos da filosofia *lean* e é

referido como “a chave para o sucesso competitivo japonês” (Imai 1986). A filosofia *Kaizen*, juntamente com a participação dos trabalhadores nos processos de melhoria são elementos chave no sucesso da indústria japonesa (Brunet e New 2003).

Kaizen deriva de uma filosofia em que se procura diariamente e de forma gradual o aperfeiçoamento na vida e a iluminação espiritual. Esta filosofia foi adotada pela indústria japonesa no sentido de procurar de forma interminável a melhoria para as suas organizações e passa por fazer pequenas coisas cada vez melhor no sentido de alcançar um objetivo proposto (Basu 2009).

Para Ortiz (2006), uma das metodologias que permite identificar oportunidades de melhoria são os eventos *Kaizen*. Estes são muitas vezes referidos como eventos para melhorias rápidas que consistem na investigação e introdução de melhorias em áreas específicas da organização. No entanto, devem ser desenvolvidos por equipas multidisciplinares compostas por colaboradores de várias áreas.

Outro método muito importante na metodologia *Kaizen* é o ciclo *Plan, Do, Check, Act* (PDCA). Este método, com origem nos anos 30, utiliza a formulação de hipóteses que depois serão testadas a partir da informação recolhida e é representado sob a forma de um ciclo como se pode ver na figura 5 (Rother 2009).

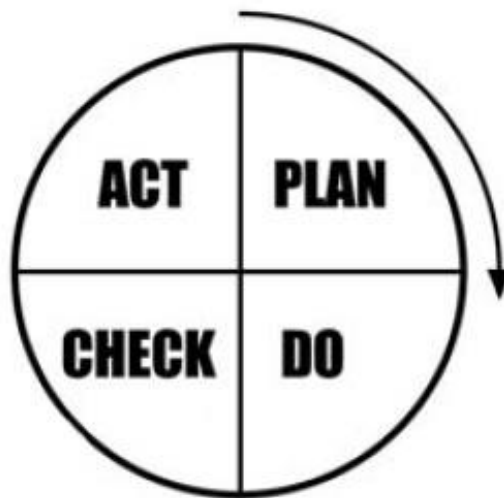


Figura 5 - Ciclo PDCA. Adaptado de Rother (2009)

O primeiro passo (*Plan*), define o problema e o plano de ação para atingir os objetivos e o que deverá acontecer. No *Do*, o que foi planeado anteriormente é posto em prática. Na fase do *Check* são comparados os resultados obtidos com os resultados que seriam esperados e procura-se perceber o que correu bem e o que correu mal. Por fim, no *Act* é onde se estabelecem os padrões para o processo em estudo ou, caso não se tenha obtido o resultado desejado, volta-se a iniciar o ciclo (Rother 2009).

2.4 GESTÃO VISUAL

Gestão visual é qualquer dispositivo utilizado no local de trabalho que permita rapidamente indicar como o trabalho deve ser realizado e que indique de forma facilmente perceptível quando algo não está a funcionar de forma correta. Isto confere ao trabalhador uma grande autonomia e responsabilidade pelo seu trabalho. Ao mesmo tempo, estes dispositivos criam informação visual perceptível por todos (Liker 2004).

Estes dispositivos podem ser utilizados para mostrar onde pertencem certos itens, para as quantidades de stock, qual o procedimento que se deve utilizar num processo específico, etc. Um exemplo muito usual da gestão visual é a colocação do desenho das ferramentas nos seus locais de armazenamento para facilitar a sua arrumação e para facilmente ser detetável qual a ferramenta que falta no local (Liker 2004).

Para além disso, a gestão visual também pode ser utilizada como uma ferramenta motivacional. Pode ser usado, por exemplo, um quadro acessível a todos os operadores com informação dos objetivos de produção e do desempenho das linhas produtivas, o que está provado ser um estímulo para o aumento da produtividade dos operadores (Liker 2004).

Segundo Tezel et al. (2009), a gestão visual pode desempenhar as funções de transparência entre os colaboradores, disciplina, melhoria contínua, facilitação do trabalho, formação ao longo do próprio trabalho, criação de propriedade partilhada, gestão pelos fatos, simplificação e unificação dos colaboradores.

2.5 STANDARD WORK

Segundo Martin e Bell (2011), o *standard work*, ou normalização do trabalho, é o melhor método para executar o trabalho, ou seja, é o método mais seguro e o mais eficiente que pode ser usado para executar o trabalho com a qualidade desejada. Esta normalização permite manter os ganhos alcançados e evita que os processos voltem aos estados anteriores. Esta ferramenta define, de forma clara, a sequência de processos a ser repetida para alcançar os máximos níveis de segurança, qualidade e produtividade, eliminando assim as variações da forma como os trabalhadores desempenham a sua função.

O *standard work* é uma das bases da melhoria contínua e esta normalização leva à expectativa de alcançar melhores resultados no futuro. Em muitas organizações existe uma quantidade substancial de desperdícios causada pelas atividades aleatórias e métodos inconsistentes. Para eliminar este desperdício deve-se eliminar a variação dos processos. Variação esta, que é a antítese da normalização (Liker e Meier 2006).

Implementando o *standard work*, passa a haver um melhor controlo sobre os resultados e os custos. Havendo ações de formação e treino, as pessoas chegam a níveis de eficiência máximos e semelhantes entre elas, havendo uma melhoria gradual e uniforme, acabando, assim, com os desvios e minimizando os defeitos de produção

resultantes do mau manuseamento das peças ou equipamentos em que o operador trabalha (Ortiz 2010).

Segundo Niebel e Freivalds (2003), existem três elementos para a criação do *standard work*: o trabalho sequencial, o *takt time* e o *stock* de produtos. O trabalho sequencial resulta da normalização do trabalho ao longo da linha de produção, de forma a que toda a linha execute o trabalho da mesma forma e com os mesmos tempos. O *takt time* diz-nos a quantidade de produção diária, sendo necessário que os tempos sejam cumpridos para se produzir as quantidades certas e de forma a não haver criação de *stocks*.

2.6 HEIJUNKA

Heijunka é uma palavra japonesa que significa produção nivelada e é uma das bases do TPS. A produção nivelada é essencial para a criação de um fluxo contínuo e de um sistema de produção puxado. Se a procura de um produto aumentar ou diminuir drasticamente, a empresa tem de reagir de imediato de forma a não criar desperdícios (Liker 2006). Juntamente com a produção peça e peça, a produção nivelada permite uma produção regular não havendo grandes flutuações diárias, produzindo um *stock* mínimo para cumprir os prazos de entrega e conseguindo a adaptação de produtos diferentes. Para que haja esta flexibilidade na produção, é essencial para empresa que os tempos de *setup* sejam baixos. Desta forma, uma mudança repentina do mercado causa um menor prejuízo à empresa (Jones 2006).

Segundo Huttmeir (2009), o objetivo do *Heijunka* é o de evitar “picos e vales” no planeamento da produção de forma a diminuir os desperdícios e a proteger a produção da variabilidade da procura. O produtor pode ordenar e selecionar os produtos que vão entrar em produção de modo a que esta seja nivelada. Citando Teece, Pisano e Shuen (1997), *Heijunka* é representado como um exemplo de capacidade de produção dinâmica ou rotina que aumenta a competitividade das empresas quando é feito juntamente com outras rotinas e capacidades.

Liker (2004) defende que a produção nivelada é essencial para eliminar as irregularidades na produção (*mura*), que, por sua vez, é fundamental para a eliminação do excesso de carga dos operadores e das máquinas (*muri*) e dos desperdícios (*muda*). Estas 3 palavras japonesas são conhecidas como os 3 M's que estão associados ao TPS.

2.7 POKA-YOKE

Shingo (1985) refere que “As causas dos defeitos residem em erros dos trabalhadores e os defeitos são a consequência de negligenciar esses erros. Os erros não resultarão em defeitos se forem eliminados atempadamente.”

Poka-Yoke significa “à prova de erro” e é um método criado nos anos 60s utilizado para trabalhos repetitivos que requerem a concentração e atenção do operador. Este método simples permite prevenir defeitos e erros que são originados por erros dos operadores,

libertando-os para outras operações e poupando tempo (Dudek-Burlikowska e Szewieczek 2009).

Um bom exemplo de um dispositivo poka-yoke é o das muito utilizadas *pens drives*. A *pen* só pode ser introduzida no computador de uma forma devido ao plástico que impede que entre ao contrário. Deste modo, essa peça de plástico evita que ocorra algum erro no computador ou na *pen* por colocação incorreta como se pode ver no exemplo da figura 5.

A aplicação de sistemas *poka-yoke* nas empresas permite que qualquer pessoa consiga desempenhar uma tarefa sem ter qualquer tipo de formação porque é impossível desempenhar essa tarefa de outra forma que não seja a correta. Isto vai permitir às empresas não ficarem dependentes de trabalhadores a quem foi dada uma formação específica e que, a qualquer altura, podem abandonar a empresa. A aplicação de sistemas *poka-yoke*, além de ter um baixo investimento, vai tornar as operações simples ao ponto de não serem necessários operadores especializados para as executar (Dvorak 1998). Os sistemas *poka-yoke* podem ser uma mais valia em algumas tarefas do *setup*.

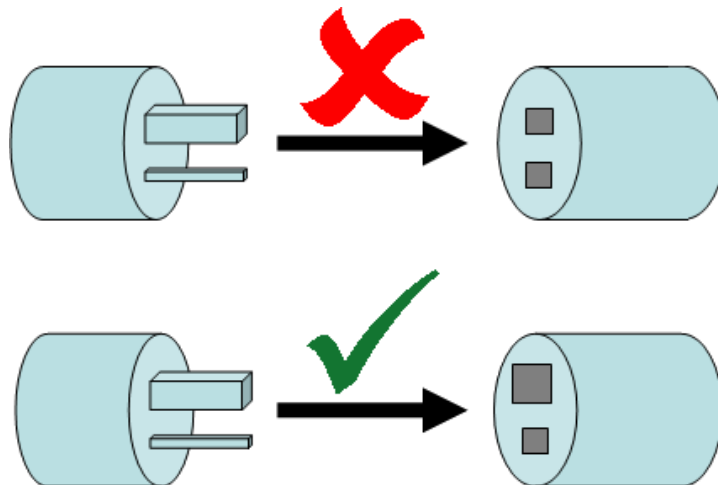


Figura 6 - Exemplo de um dispositivo Poka-Yoke. Retirada de <https://pdcahome.com/>

2.8 REDUÇÃO DO TEMPO DE *SETUP*

2.8.1 *SETUP*

Antes de mais, é importante definir o que é o tempo de *setup* ou *changeover time*. Segundo McIntosh et al. (2001), o tempo de *setup* é o intervalo de tempo que decorre desde a produção da última peça de um lote até à produção da primeira peça com qualidade do lote seguinte. Este tempo inclui o período de desaceleração que pode ocorrer em certas linhas de produção onde as máquinas trabalham num ritmo mais lento, e o período de aceleração que ocorre quando começa a produção de peças do segundo lote até que a produção destas está a 100% e com a qualidade desejada.

Sendo que estes períodos de aceleração e desaceleração são difíceis de definir no processo de produção, Shingo (1985) dividiu o período de *setup* em 4 etapas:

- Preparação, ajustamentos e confirmação de matérias-primas, ferramentas, etc. – nesta etapa os operários confirmam que todos os acessórios e ferramentas estão onde devem estar e que estão a funcionar corretamente, assim como a limpeza da máquina e arrumação do material.
- Montagem e remoção das ferramentas – aqui removem-se as ferramentas e acessórios usados na produção do último lote e faz-se a montagem das ferramentas necessárias para o novo lote.
- Calibrações, medições, etc. – neste passo faz-se todos os ajustes necessários para a produção do novo lote.
- Testes e ajustes – aqui é produzida uma peça de teste e comparada com a peça standard para depois serem feitos todos os ajustes necessários na máquina. De forma geral, os testes e ajustes são as tarefas que consomem mais tempo durante o processo de *setup*.

Resumindo, o processo de *setup* pode ser definido como um processo de mudança de produção de um produto para outro numa mesma máquina, assegurando que os equipamentos produzam de acordo com o resultado esperado (Gouberden 2002).

Com a tentativa de redução de *stocks*, cada vez mais se produz por encomenda e em séries mais curtas, o que implica a existência de um número cada vez maior de *setups*. A demora no processo de *setup* faz com que as linhas de produção permaneçam paradas durante longos períodos de tempo à espera das configurações necessárias para o início da produção. Esta demora representa custos referentes ao período inoperante dos equipamentos, a mão-de-obra necessária para a realização do *setup*, o desperdício de material referente ao início da produção da nova série, etc.

Segundo Gouberben (2002), a qualidade do processo de *setup* é definida pelo método usado, pela organização das tarefas e pelos aspetos técnicos das peças. Este categoriza as diferentes razões para tempos de *setup* reduzidos em 3 grupos:

- Flexibilidade – devido ao aumento do número de produtos e de variantes de produto que têm de ser oferecidas ao cliente e à diminuição da quantidade encomendada, as empresas têm de ter a capacidade de reagir rapidamente e de produzir em lotes pequenos;
- *Bottlenecks* – principalmente nas máquinas onde cada minuto que estiverem paradas perde-se muito dinheiro. O tempo de *setup* tem de ser minimizado para maximizar a disponibilidade da máquina;
- Redução de custos – visto que os custos de produção estão diretamente ligados à *performance* dos equipamentos, quanto menor for o tempo de *setup* melhor vai ser esta *performance* e menores são os custos.

Visto que este período, apesar de não acrescentar qualquer valor ao produto final, não pode ser eliminado do processo produtivo, é importante otimizá-lo de forma a eliminar perdas e tempos desnecessários.

2.8.2 SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE (SMED)

SMED é o acrónimo para *Single Minute Exchange of Die* e é um termo que, originalmente, se refere às metodologias para fazer operações de *setup* em apenas um dígito de tempo, ou seja, menos de 10 minutos. Este conceito pode ser aplicado a qualquer equipamento ou posto de trabalho que perde tempo ou eficiência na mudança de série de produtos (Coimbra 2013).

O primeiro contacto com esta metodologia aconteceu em 1950 com o objetivo de eliminar os gargalos na produção (*bottlenecks*) causados por prensas de 350, 750 e 800 toneladas na *Toyo Kogyo's Mazda* em Hiroshima. Na altura, o diretor da empresa pensava que a única solução de resolver estes gargalos seria comprar mais prensas. No entanto, após uns dias a analisar o processo produtivo da empresa, Shingo chegou à conclusão que as tarefas realizadas no *setup* são de dois tipos: as internas que só podem ser realizadas com a máquina parada, e as externas que podem ser realizadas com a máquina a trabalhar. Desta forma, Shingo conseguiu estabelecer um método de *setup* externo onde a eficiência dos processos aumentou em cerca de 50% e o gargalo foi aliviado (Shingo 1985).

O segundo contacto com a metodologia aconteceu em 1957 na *Mitsubishi Heavy Industries* também em Hiroshima onde Shingo conseguiu aumentar a produtividade em 40% ao passar a realizar uma atividade de controlo numa segunda mesa diferente da mesa que estava a ser utilizada na máquina. Desta forma, essa tarefa passou a ser desempenhada antes da máquina parar (Shingo 1985).

O terceiro encontro aconteceu em 1969 na *Toyota Motor Company* onde eram necessárias cerca de 4 horas para fazer o *setup* de uma prensa de 1000 toneladas quando o *setup* de uma prensa semelhante na *Volkswagen* demorava 2 horas. Shingo, juntamente com o diretor da fábrica, primeiro distinguiu claramente as tarefas internas e externas e tentou melhorar estas tarefas de forma separada, conseguindo uma diminuição no tempo de *setup* de 90 minutos. No entanto, no mês seguinte quando voltou à fábrica, teve instruções para tentar reduzir ainda mais o tempo e, foi nesta altura que Shingo pensou que era possível converter as tarefas internas em externas. O resultado final foi a passagem do tempo de *setup* de 4 horas para 3 minutos e foi aqui que nasceu o conceito SMED (Shingo 1985).

O desenvolvimento desta metodologia ocorreu ao longo de 19 anos e foi baseado em anos de experiências práticas e teorias, sendo uma aproximação científica à redução de tempos de *setups* e que pode ser aplicada em qualquer fábrica e equipamento (Shingo 1985).

Nos *setups* tradicionais não havia distinção entre *setup* interno e externo. As tarefas que podiam ser realizadas externamente são feitas durante o *setup* interno. Por isso, o passo mais importante na implementação da metodologia SMED é a distinção entre trabalho interno e externo. Assim, o trabalho interno é definido como sendo todas as tarefas que são realizadas com o equipamento parado e trabalho externo como todas as tarefas que podem ser realizadas com o equipamento a funcionar (Shingo 1985).

A aplicação do SMED divide-se em cinco etapas que estão representadas na figura 7:

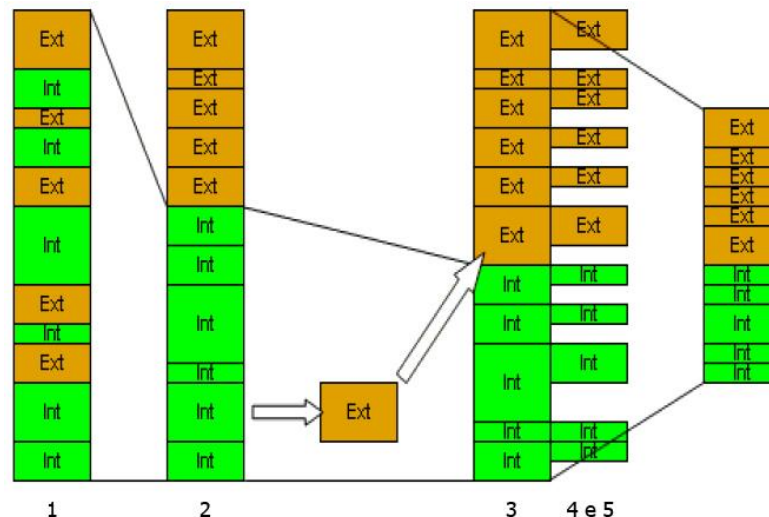


Figura 7 - Etapas da metodologia SMED. Adaptado de Moreira (2011)

1- Estudo do trabalho

Aqui faz-se o estudo do trabalho que é feito durante o processo de *setup*. Geralmente é feita uma gravação em vídeo de todo o processo desde que começa o trabalho de preparação para a mudança de série, são feitas cronometragens, diagramas de *Spaghetti*, etc. É também muito importante conversar diretamente com os operadores dos equipamentos que são essenciais para perceber as limitações e o potencial das máquinas (Coimbra 2013).

2- Separar o trabalho interno do trabalho externo

Existem muitas tarefas que podem ser efetuadas com o equipamento a funcionar como por exemplo o transporte de ferramentas ou moldes, a limpeza e afinação das ferramentas e outros acessórios, a verificação de alguns parâmetros da máquina que terão de ser alterados para a produção do próximo produto, etc. No entanto, tarefas como a montagem de ferramentas e a introdução dos novos parâmetros na máquina terão de ser efetuados com esta parada.

Após realizado o estudo do trabalho é feita a análise dos resultados e é separado o trabalho interno do trabalho externo. Todas as tarefas externas são agrupadas e colocadas no início ou no final do processo de *setup* para que possam ser realizadas com o equipamento a trabalhar (Coimbra 2013).

Shingo (1985) defende que apenas nesta etapa o tempo de mudança pode baixar entre 30 a 50%. Isto acontece devido ao facto de nas operações de *setup* tradicionais não haver distinção entre as tarefas internas e externas, sendo que praticamente todo o processo de *setup* é feito com o equipamento parado.

Shingo (1985) também estabelece algumas técnicas para redução do tempo de *setup* nesta fase como a utilização de *check lists*, a verificação das condições de funcionamento do equipamento e a melhoria no transporte de matrizes.

3- Converter tarefas internas em externas

Ao fazer uma análise mais detalhada de algumas tarefas internas e ao implementar algumas melhorias, estas poderão ser convertidas para tarefas externas.

Muitas vezes, para fazer esta conversão nas tarefas é necessário realizar algumas alterações no equipamento que requerem algum investimento. É de extrema importância que seja feito um estudo de custo/benefício antes da implementação destas alterações (Coimbra 2013).

Pode ser feita uma preparação antecipada das condições para operar a máquina, uma padronização das funções ou utilizar guias intermediárias.

4- Reduzir o trabalho interno

Aqui procuram-se medidas para implementar nas tarefas internas de modo a que estas sejam realizadas em menos tempo. Podem ser implementadas operações paralelas, adotados fixadores mais funcionais e rápidos, distribuir melhor as tarefas pelos operadores, dar mais formação etc. (Coimbra 2013).

5- Reduzir o trabalho externo

O objeto nesta etapa é aplicar as melhorias nas tarefas externas de modo a realizá-las no menor tempo. Aqui pode-se recorrer à melhor racionalização do armazém e dos seus recursos, assim como à melhoria do transporte de materiais, etc. (Coimbra 2013)

Este processo não é finito e deve ser encarado como um ciclo que não tem de ser executado sequencialmente. Ou seja, depois da realização destas etapas, este trabalho deve ser recomeçado de modo a tentar sempre procurar novas soluções para reduzir ao

máximo o tempo de *setup*. No entanto, as etapas enumeradas podem ser executadas em simultâneo ou noutra ordem que não a descrita (Coimbra 2013).

Shingo (1985) defende que a aplicação do SMED permite baixar substancialmente os *stocks* de produto acabado e intermédio e aumenta a possibilidade de produzir por encomenda e em lotes pequenos. Isto permite aumentar a rotação de capital, aumenta a eficiência do uso do espaço da fábrica, aumenta a produtividade visto que se gasta menos tempo em transporte e a armazenar *stocks* e há menos perdas por deterioração de produtos em *stock*. Para além disso, o SMED permite aumentar a produtividade das máquinas e consequentemente reduzir os tempos de entrega, eliminar erros nos *setups*, aumentar a qualidade dos produtos, aumentar a segurança dos operadores, aumentar a flexibilidade na produção, etc.

Segundo Shingo (1985), outro aspeto muito importante originado da aplicação do SMED é a redução do nível de conhecimento e aptidões dos trabalhadores. As mudanças que são implementadas no equipamento em estudo visam introduzir operações rápidas e simples, eliminando, desta forma, a necessidade de um nível de instrução elevado por parte dos operadores.

Um exemplo onde se pode ver o impacto do SMED é na quantidade económica de encomenda (QEE). Esta é definida como sendo a quantidade a encomendar que minimiza o custo de inventário e o custo da encomenda. O custo de inventário são os custos de posse de produto semiacabado enquanto que os custos de encomenda são os custos de perda de eficiência dos equipamentos devido ao tempo de mudança de ferramenta (Coimbra 2013). A QEE é dada pela interseção destas duas funções como é possível observar na figura 8.

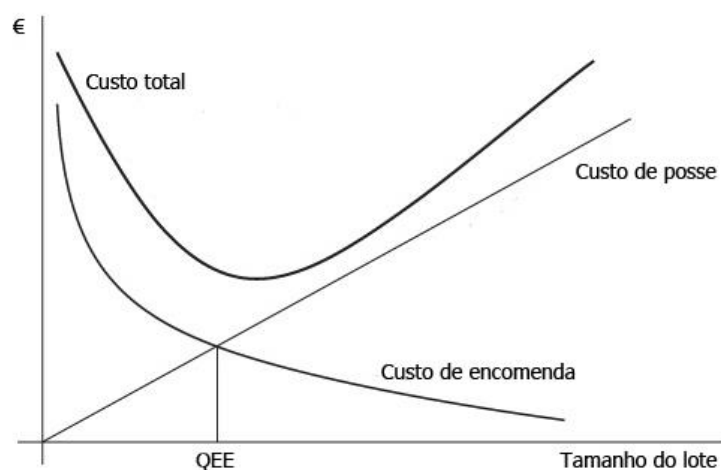


Figura 8 - Quantidade económica de encomenda. Adaptado de Coimbra (2013)

A *Toyota* desenvolveu a ferramenta SMED devido à necessidade de trabalhar com lotes mais pequenos de modo a diminuir o inventário e criar um fluxo contínuo de materiais. Ou seja, *Ohno* quis aumentar a flexibilidade dos equipamentos em termos de mudança de referência (Coimbra 2013).

A aplicação desta metodologia faz com que a QEE diminua como é possível ver na figura 9. *Ohno* queria chegar ao valor de QEE igual a 1 onde o fluxo é perfeito e não há esperas. Se o tempo de *setup* for reduzido, a eficiência e disponibilidade dos equipamentos aumentam, aumentando também a capacidade produtiva mesmo que as mudanças de referência ocorram em maior número. Do mesmo modo, a flexibilidade produtiva também aumenta, pois a empresa consegue ir ao encontro das necessidades do cliente sem despesas com stocks adicionais.

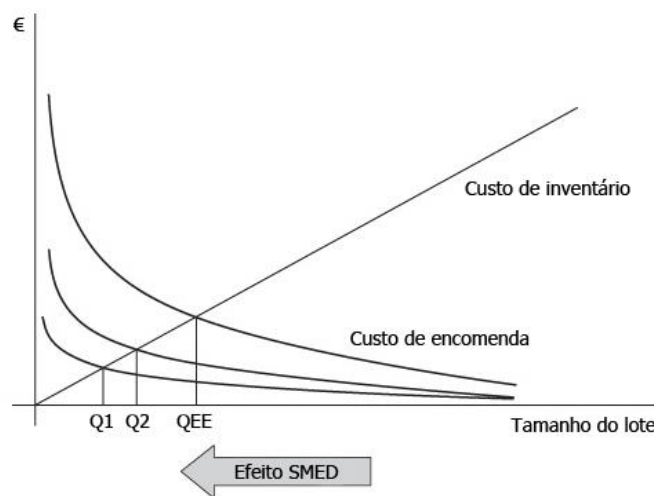


Figura 9 - Efeito do SMED na QEE. Adaptado de Coimbra (2013)

Apesar de esta metodologia ser uma referência no que toca a redução do tempo de *setups*, existem alguns críticos que acreditam que o SMED não toca em alguns pontos importantes.

Uma das críticas feita à metodologia SMED é que esta se foca apenas no tempo e que os fatores humanos apenas estão incluídos de forma implícita e não foram estudados a fundo. Gounbergen (2005) defende que um estudo mais aprofundado nos fatores humanos pode oferecer melhorias significativas na redução do tempo de *setup*. Este autor defende que fatores como a comunicação, alocação de tarefas, barulho, clima, iluminação, vibrações, materiais perigosos, motivação, perceção auditiva, tomada de decisões, automação, dispositivos visuais e auditivos e a segurança são subestimados e não são tidos em conta no desenvolvimento destes projetos de redução do tempo de *setup*.

Outras das críticas feitas a esta metodologia é, segundo McIntosh (2007), o facto de Shingo não considerar as perdas durante os períodos de desaceleração e aceleração

que podem ter um desempenho produtivo muito aquém dos objetivos, a interferência da sequência de produção que dependendo da similaridade dos produtos entre séries pode influenciar o tempo de *setup*, as melhorias do projeto que por vezes são necessárias pelo facto das soluções mais simples propostas pelo SMED não serem suficientes, e a falta de um método, como por exemplo as auditorias, para manter os tempos de *setup* baixos durante um longo período de tempo.

SITUAÇÃO INICIAL E SOLUÇÕES PROPOSTAS

3.1 SITUAÇÃO INICIAL

3.1.1 PROCESSO PRODUTIVO

3.1.2 FUNCIONAMENTO DA MÁQUINA CNC DE CURVATURA

3.1.3 ANÁLISE DA SITUAÇÃO INICIAL

3.2 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SMED

3.2.1 SEPARAR TRABALHO INTERNO DO TRABALHO EXTERNO

3.2.2 CONVERTER TAREFAS INTERNAS EM EXTERNAS

3.2.3 REDUZIR O TRABALHO INTERNO

3.2.4 REDUZIR O TRABALHO EXTERNO

3.3 PADRONIZAÇÃO DO PROCESSO DE *SETUP*

3.4 RESULTADOS

3.5 MELHORIA DO PROCESSO DE EMBALAMENTO

3.5.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO

3.5.2 MELHORIAS PROPOSTAS

3 SITUAÇÃO INICIAL E SOLUÇÕES PROPOSTAS

3.1 SITUAÇÃO INICIAL

Nesta primeira parte do terceiro capítulo é apresentado em detalhe o processo produtivo da empresa e as tarefas desempenhas nas mudanças de série. Por fim é feita uma análise à situação atual detalhando os maiores problemas encontrados.

3.1.1 PROCESSO PRODUTIVO

De modo a compreender melhor o problema em análise é necessário conhecer com detalhe o processo de fabrico da empresa. Como foi referido anteriormente, a empresa divide-se em duas secções de produção: a secção da serralharia e a secção de montagem e expedição. A figura 10 ilustra o *layout* da fábrica e a respetiva implantação dos equipamentos.

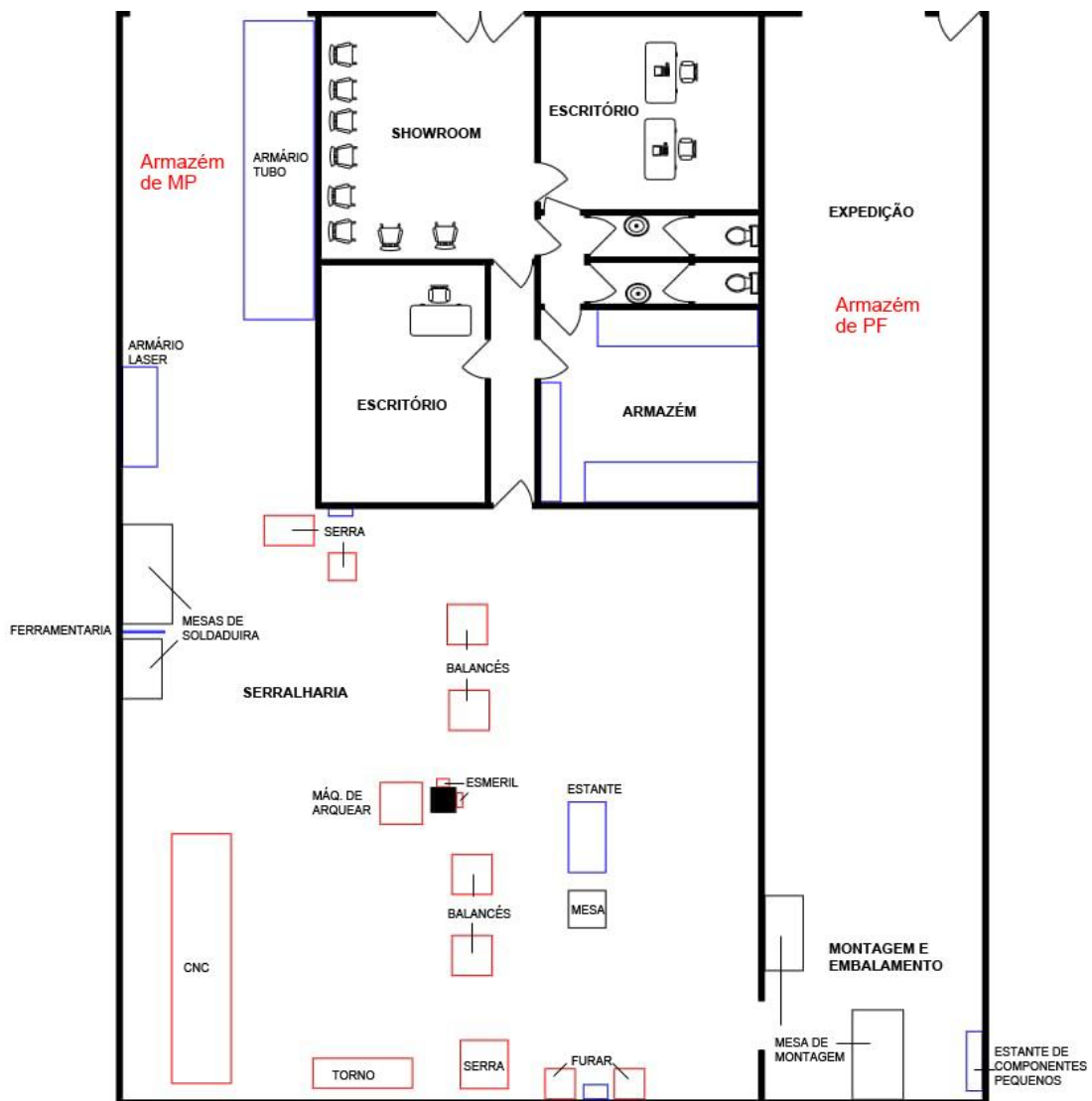


Figura 10 - Layout da fábrica

Como se pode ver na imagem anterior, a secção da serralharia é a principal secção da fábrica e é onde ocorrem os principais processos de produção. A figura 11 esquematiza os processos de fabrico desde a chegada das matérias primas ao armazém até ao produto final na maioria dos modelos. Existem modelos que podem não passar por todos estes processos. Os processos a azul são realizados dentro da fábrica. O processo a laranja é feito em regime de *outsourcing*.

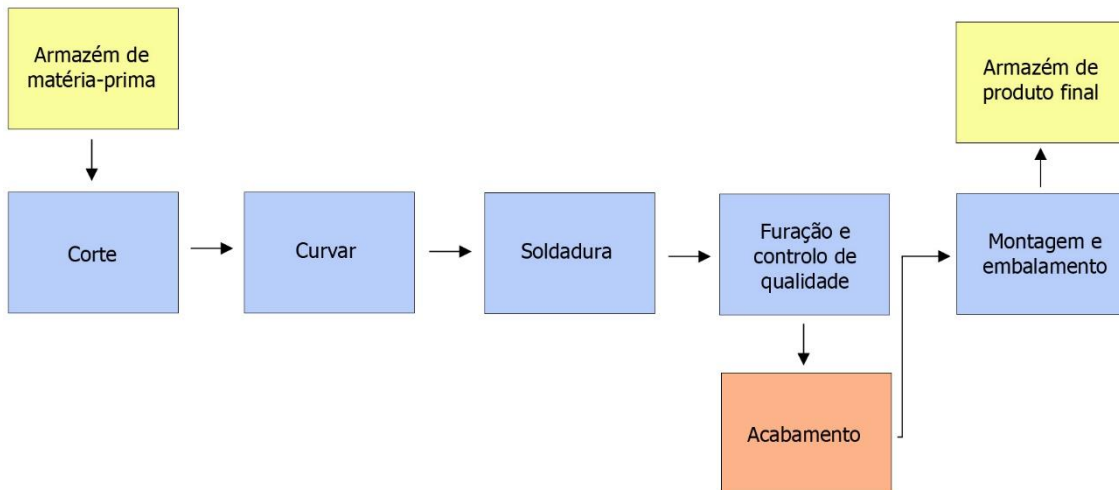


Figura 11 - Diagrama que representa o fluxo produtivo da empresa

Armazém de matéria-prima – Nesta zona são armazenadas todas as matérias-primas que vão fornecer a serralharia. A principal matéria-prima é o tubo, barra ou varão de aço ou inox. Nesta zona também são armazenadas peças de aço cortadas a laser que vão entrar no processo de produção de algumas mesas e cadeiras. Na figura 12 está representada uma estante típica de armazenamento de tubo e varão.



Figura 12 - Estante de tubo e varão

Corte – Este é o primeiro processo de fabrico. Todos os tubos, varão, barra, etc. de aço e inox chegam ao armazém com 6 metros de comprimento. Esta zona possui duas serras manuais, uma de fita e uma de disco, que permitem cortar o tubo com o comprimento e ângulo necessário ao fabrico de cada modelo. Na figura 13 é possível ver a serra de fita com uma tira de barra pronta a ser cortada.



Figura 13 - Serra responsável pelo processo de corte

Curvar – O processo de curvatura do tubo é essencial para a produção de todas as cadeiras, bancos e algumas mesas existentes no catálogo da empresa. As curvas são feitas numa máquina CNC automática. Ou seja, o tubo entra na máquina com o comprimento necessário e o operador apenas tem de retirar o tubo depois de o processo estar concluído. Na figura 14 está um exemplo de uma peça acabada de sair da máquina. O trabalho realizado incide na máquina CNC responsável por este processo, pelo que será descrito em detalhe numa fase posterior.



Figura 14 - Peça acabada de ser curvada

Soldadura – Depois do tubo estar curvado é necessário soldar as peças de modo a formar a estrutura final. Este é um processo feito manualmente com uma máquina de soldar MIG (*metal inert gas*) com a ajuda de gabaris de soldadura onde as peças anteriormente curvadas, juntamente com outros componentes, encaixam deixando as superfícies de soldadura livres para o operário soldar. Na figura 15 é possível ver um gabari de soldadura com a estrutura da cadeira já soldada.



Figura 15 - Gabari de soldadura com uma estrutura

Furação e controlo de qualidade – Com as estruturas já soldadas é depois feita a furação que vai permitir montar os assentos ou os tampos. A furação é feita utilizando os balancés. Nesta zona existem quatro balancés e duas máquinas de furar. Depois de estar furada é feita a verificação final da estrutura antes desta ir para o processo seguinte. Na figura 16 estão 2 exemplos de estruturas que saem desta etapa.



Figura 16 - Exemplos de estruturas de cadeiras prontas para o acabamento

Acabamento – Como foi referido anteriormente este processo é feito fora da fábrica. As estruturas em aço podem ser cromadas ou lacadas.

Montagem e embalamento – Aqui é feita a montagem dos assentos nas estruturas no caso das cadeiras e bancos ou a montagem dos componentes e tampos no caso das mesas. Este processo é feito manualmente com a ajuda de aparafusadoras pneumáticas. Depois de estarem montados, os produtos são protegidos e embalados. Depois seguem para o armazém de produto acabado onde estão prontos para serem expedidos. O processo de embalamento também será explicado mais detalhadamente mais à frente.

3.1.2 FUNCIONAMENTO DA MÁQUINA CNC DE CURVATURA

O controlo numérico computadorizado é um dispositivo capaz de dirigir os movimentos de posicionamento de um órgão mecânico, em que os comandos relativos a esse movimento são elaborados de forma automática a partir de informações numéricas ou alfa-numéricas definidas através de um programa. As principais vantagens deste sistema são o aumento da produtividade devido à diminuição do tempo de maquinação, flexibilidade devido ao facto de a máquina ser capaz de realizar um maior numero de operações comparando com uma máquina convencional, e precisão devido ao maior desenvolvimento tecnológico dos mecanismos do equipamento. No entanto, estes equipamentos também têm algumas desvantagens como o custo elevado de aquisição, a necessidade de ter um operador qualificado e a maior necessidade de realizar processos de manutenção. (Relvas 2000)

Este sistema permite ao operador introduzir as coordenadas para a movimentação da máquina e esta realiza todas as operações desejadas. Na figura 17 está representado um programa introduzido pelo operador.

N°	X	Y	Z	Vx	Vy	Vz	Sobr.	Antic.	S	E	R_Inic	R_Fin	W	P
1	370	105	0	9	9	9	0	0	0	0	59	59	0	0
2	265	89	90	9	9	9	0	0	0	0	59	59	0	0
3	83	90	-110	9	9	9	0	0	0	0	59	59	0	0
4	123	91	0	9	9	9	0	0	0	0	59	59	0	0

Figura 17 - Exemplo de um programa da máquina CNC

Este equipamento (figura 18) tem, em geral, alguma independência dos operadores. No entanto, neste caso, as operações realizadas pela máquina são muito curtas (entre 30 a 60 segundos, dependendo do número de curvas a fazer) o que inviabiliza que o operador se ausente durante muito tempo e possa realizar outras tarefas prolongadas.



Figura 18 - Máquina CNC de curvar tubo

A máquina é constituída principalmente pelo corpo, suporte lateral e pelo braço de curvatura. O desenho técnico da máquina está representado no anexo 6.1. O corpo contém uma vareta a todo o comprimento da máquina e na ponta tem um mandril que entra dentro do tubo e lhe dá suporte ao curvar e um carro móvel que tem uma pinça com um batente que fecha para segurar o tubo. Na ponta existem duas matrizes encaixadas numa árvore de suporte que acompanham a curvatura do tubo. O suporte lateral é composto pelo encosto que suporta o tubo no processo de curvatura. E, por fim, o braço de curvatura contém a mordça que aperta o tubo contra a matriz e permite o processo de curvar. Os elementos da máquina descritos neste parágrafo estão assinalados nas figuras 19 e 20 e esquematizadas no anexo 6.2.

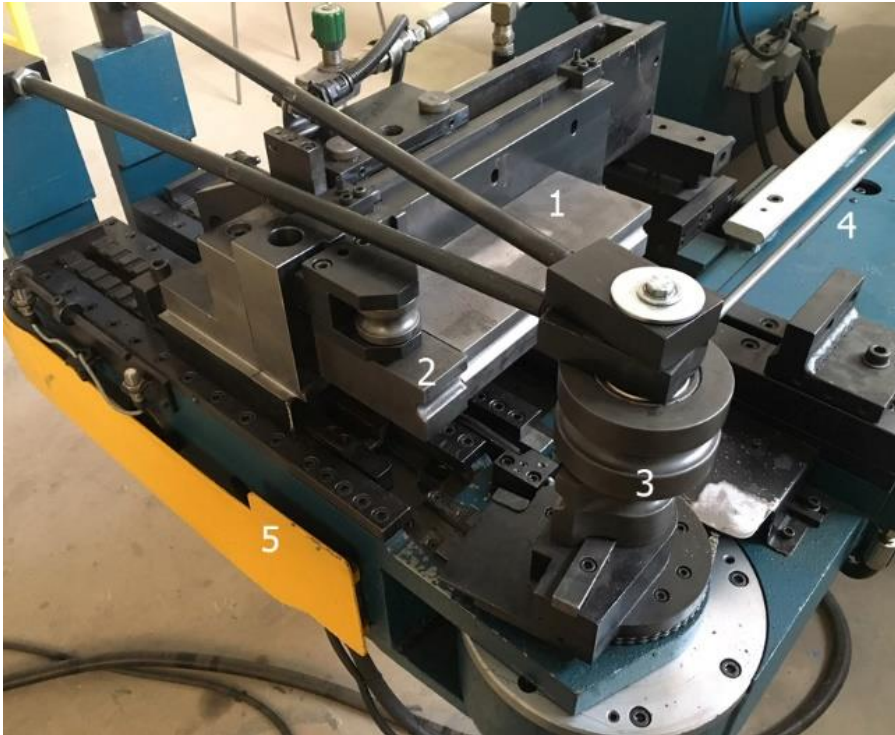


Figura 19 - Peças da parte da frente da máquina CNC



Figura 20 - Peças da parte de trás da máquina CNC

Legenda:

- 1 – Encosto
- 2 – Mordaça
- 3 – Matrizes
- 4 – Vareta
- 5 – Braço de curvatura
- 6 – Pinça e batente
- 7 – Carro móvel
- 8 – Computador

As tarefas do operador da máquina são apenas de abastecer a máquina com o tubo, um a um, e de o retirar no fim do processo de curvatura. O tubo, já cortado, é colocado num carro de apoio junto á máquina de onde o operador abastece o equipamento. No fim da

curvatura o operador retira a peça da máquina e coloca-a na parte de baixo do mesmo carro de apoio. Na figura 21 é possível ver o operador da máquina com o carro do seu lado esquerdo que contém o tubo cortado e pronto a ser curvado. Depois de colocar o tubo na máquina o operador apenas tem de carregar no pedal para que esta inicie o programa de curvatura.



Figura 21 - Operador a trabalhar na CNC

A curvatura ocorre pelo facto do braço se mover à volta da matriz e do tubo ser empurrado para a frente pelo carro. Como este está apertado entre a mordaza e a matriz é obrigado a curvar. Este processo repete-se curva a curva até que a pinça larga o tubo, o operador retira-o e a máquina está pronta para receber um novo tubo.

Neste caso particular, a máquina trabalha com tubo de aço redondo de diâmetro de 16 mm, 19 mm, 20 mm, 22 mm, 25 mm, com tubo quadrado de 16 mm e com varão redondo das mesmas dimensões. É possível curvar tubo em inox, mas neste momento este processo ainda não é feito. Cada diâmetro de tubo e material diferente tem as ferramentas correspondentes na máquina e cada vez que é necessário produzir um modelo com um diâmetro de tubo diferente é necessário fazer um novo *setup* no equipamento.

Uma das etapas mais demoradas do *setup* é a afinação da máquina que é feita ajustando a posição dos vários elementos que foram trocados. A posição das peças vai influenciar a curvatura do tubo e, caso não estejam exatamente na mesma posição em que estavam da vez que se modificou ou criou o programa, existirão diferenças entre a peça curvada e a peça *standard* com a qual esta é comparada. Isto implica que as peças curvadas não encaixem nos gabarits de soldadura de forma correta ou que tenham imperfeições. O

processo de afinação implica que o operário vá afinando a posição dos elementos da máquina e que faça uma peça nova. Essa peça é depois comparada com a peça *standard* e caso não esteja semelhante terá de se voltar a curvar outra peça com uma nova afinação. Este processo implica muito tempo e desperdício de tubo (em média, são feitas 5 peças não conformes por cada processo de *setup*). Na figura 22 estão representadas algumas zonas da máquina onde o operador faz as afinações (indicadas pelas setas). À esquerda é possível ver a zona de afinação da mordaza e do encosto e à direita a zona de afinação do mandril.

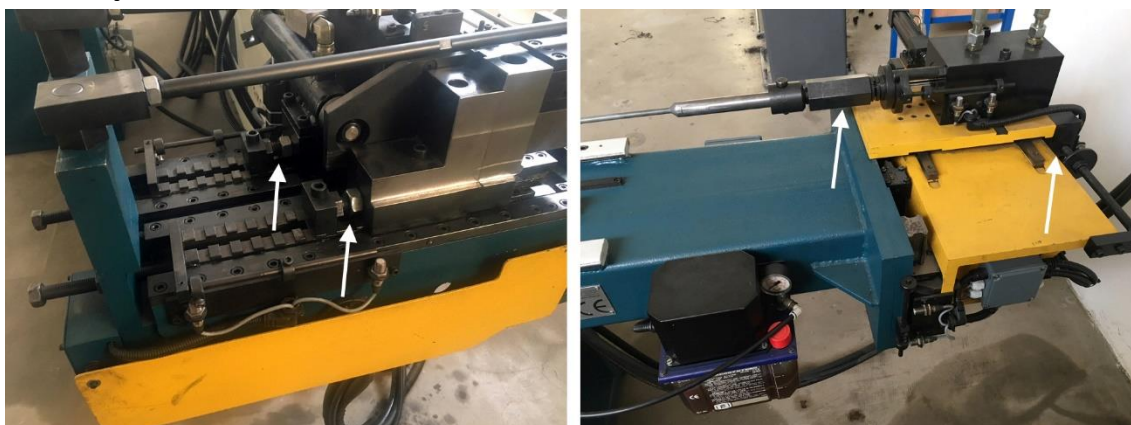


Figura 22 - Zonas de afinação da máquina CNC

3.1.3 ANÁLISE DA SITUAÇÃO INICIAL

Como foi dito anteriormente, a empresa produz os seus modelos por encomenda, em lotes pequenos e com prazos de entrega curtos. A gama alargada de produtos presentes em catálogo implica que haja um número elevado de mudanças de série que tem um grande impacto na produtividade e disponibilidade dos equipamentos.

Nesta primeira etapa foram recolhidos os tempos de referência da empresa para os tempos de *setup* dos vários processos produtivos.

Em todos os processos de fabrico da secção da serralharia descritos anteriormente é necessário fazer o *setup* do equipamento. Na tabela 1 é possível ver o tempo de *setup* médio por processo.

Tabela 1 - Tempos de *setup*

Processo	Duração atual (min.)
Corte	1
Curvar	62
Soldadura	2
Furação e controlo de qualidade	11

Da tabela 1 percebe-se a relevância do tempo de *setup* da máquina CNC na produtividade da empresa que é quase 6 vezes superior ao segundo tempo de *setup* mais elevado.

Foi também feita uma análise semanal ao número de vezes que se executou a mudança de ferramenta na máquina CNC. Esta análise foi feita durante seis semanas e está representada na figura 23.

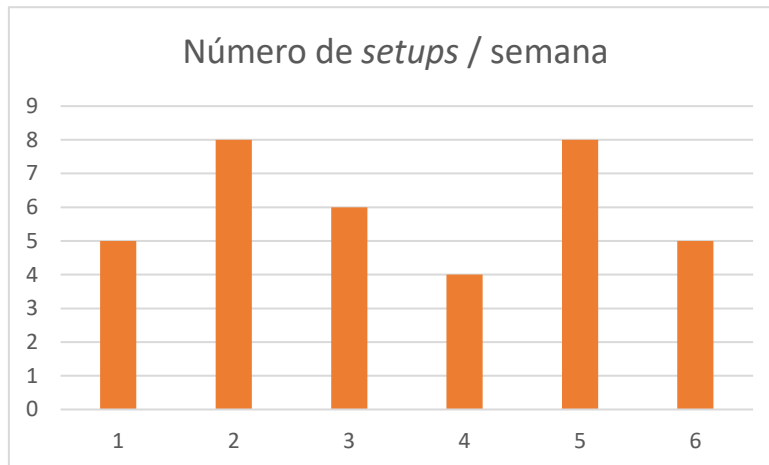


Figura 23 - Número de *setups* da CNC realizados ao longo de 6 semanas

Daqui é possível perceber a importância do tempo de *setup* da CNC. A média das mudanças de ferramenta nestas seis semanas foi de sete vezes por semana, o que significa que houve dias em que esta mudança é feita mais do que uma vez. Ou seja, nestes dias, e considerando as 8 horas do horário de trabalho, mais de 26% deste horário é dedicado à mudança de ferramentas da máquina.

Como foi visto anteriormente, o tempo de *setup* da máquina de curvar o tubo é o que tem uma maior influência no tempo de mudança de série. Por esta razão foi feito um estudo aprofundado das tarefas, ações e operações realizadas durante o *setup* do equipamento.

O *setup* da máquina inclui 84 tarefas que foram detalhadamente identificadas e se encontram enumeradas e descritas com detalhe no anexo 6.3. A figura 24 representa, na forma de um gráfico, essas tarefas ordenadas sequencialmente e o tempo que cada uma demora a ser efetuada.

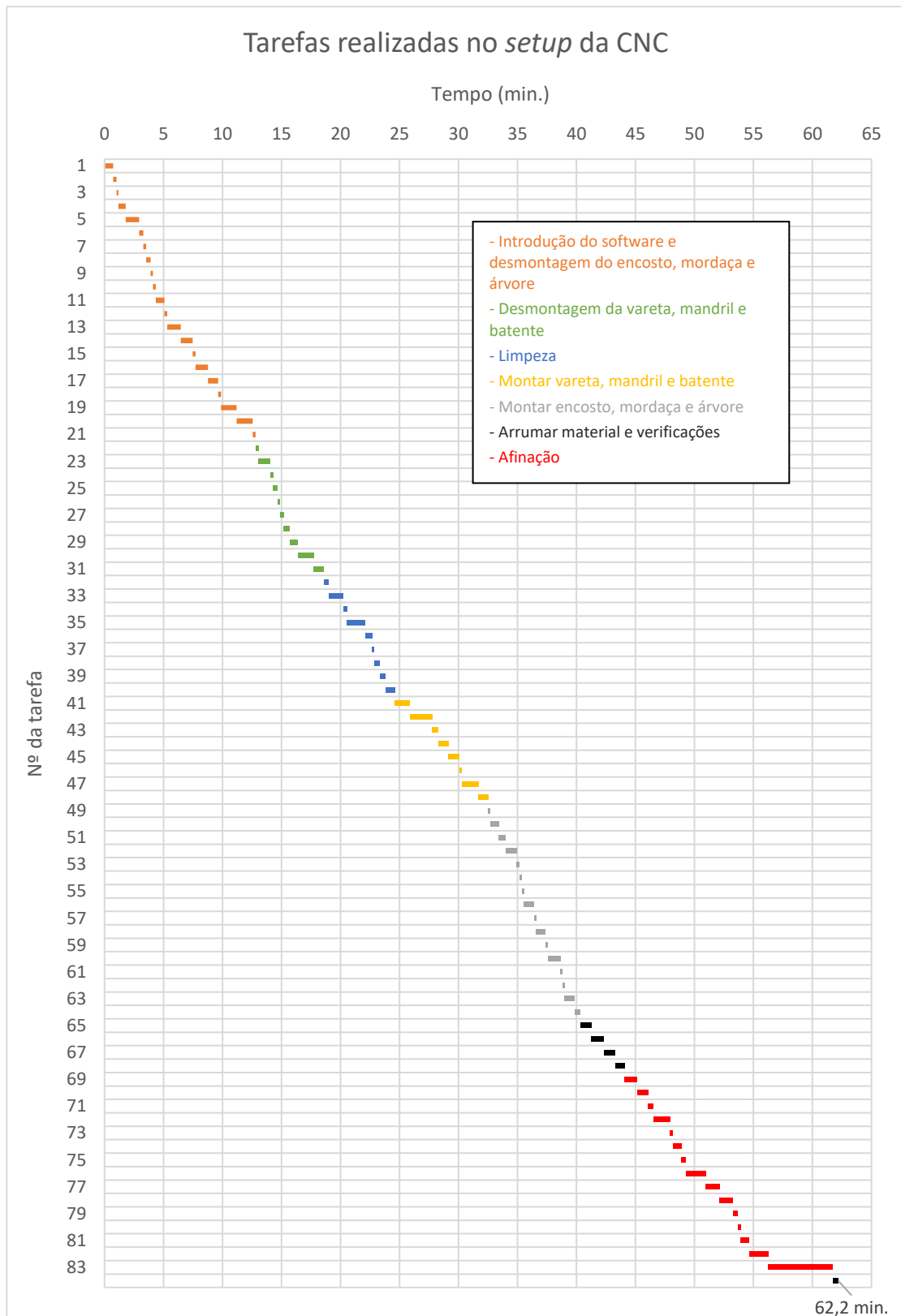


Figura 24 - Tarefas realizadas no *setup* da CNC

Para facilitar a descrição e a percepção do *setup* agruparam-se estas 84 tarefas em 7 grupos que estão descritos e elencados por ordem sequencial na tabela 2. Cada um

destes grupos corresponde a uma cor diferente no gráfico apresentado na figura 24. Estes grupos foram assim constituídos dependendo do tipo de operação que o operador realiza e do local da máquina onde esta é realizada. Nesta altura as tarefas também foram classificadas em externas e internas e se necessitavam ou não que o operador se movimentasse. Todas estas tarefas são desempenhadas apenas por um operador e todas elas são realizadas com a máquina parada.

Tabela 2 - Etapas do processo de *setup* da CNC

Grupo	Tempo médio da operação (min.)	Coefficiente de variação (%)	Tempo acumulado (min.)
Introdução do software e desmontagem do encosto, mordaza e árvore	12,8	1,26%	12,8
Desmontagem da vareta, mandril e batente	5,6	3,27%	18,4
Limpeza	6,0	1,40%	24,4
Montar vareta, mandril e batente	7,9	2,01%	32,3
Montar encosto, mordaza e árvore	7,8	3,34%	40,1
Arrumar material e verificações	3,8	1,99%	43,9
Afinar	18,3	13,61%	62,2

Os valores aqui representados resultam da cronometragem do tempo verificado para cada tarefa num conjunto de 13 *setups* feitos durante duas semanas de trabalho. O coeficiente de variação das cronometragens para cada grupo varia entre 1 e 3,4%, indicando, desta forma, a fiabilidade dos dados. A única exceção é o processo de afinação que tem um coeficiente de variação de 13,6%. Isto deve-se principalmente à falta de uma padronização deste processo. As cronometragens onde o operador se enganou em algum processo não foram consideradas para estas medições.

Ao longo das medições verificou-se que o operador da máquina fazia várias movimentações no chão de fábrica para ir buscar as peças e ferramentas necessárias. Para ilustrar estas movimentações foi traçado um diagrama *Spaghetti*, típico de uma mudança de série, e é apresentado na figura 25.

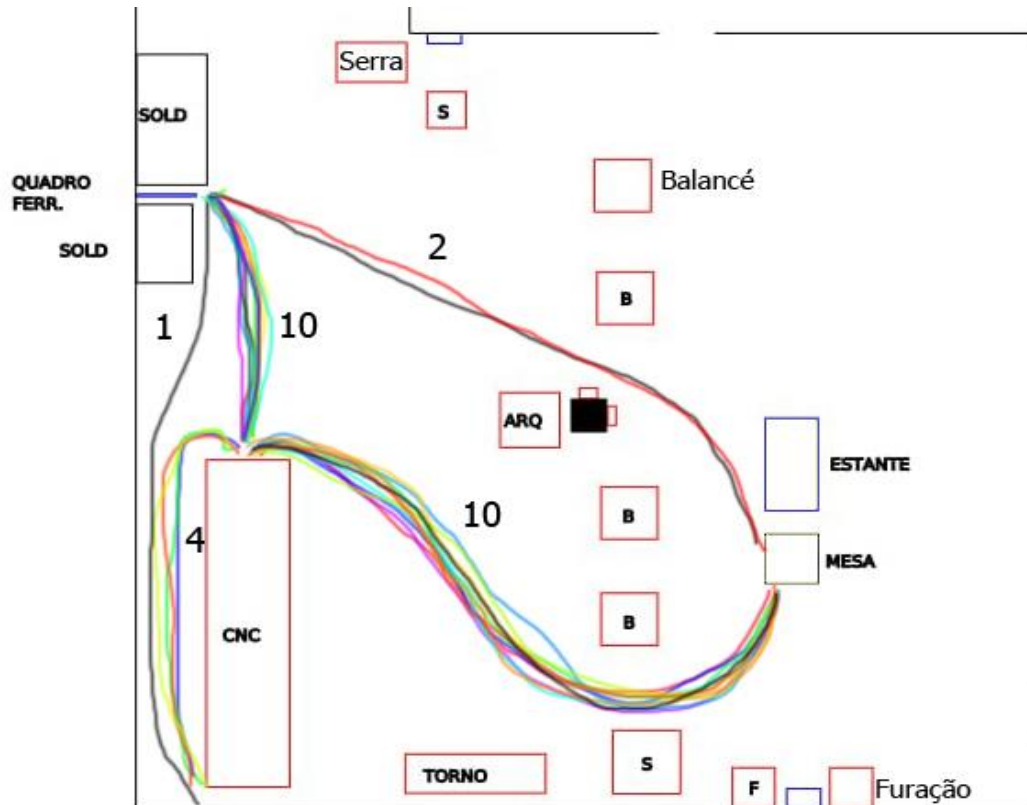


Figura 25 - Diagrama de Spaghetti do processo de *setup* da CNC

A distância percorrida pelo operador entre a mesa onde são montados e desmontados os elementos da máquina e a CNC, assim como a distância entre o quadro de ferramentas e a mesa, é de cerca de 10 metros. No diagrama de *Spaghetti* é possível ver que o operário se movimenta entre a máquina e a mesa, em média, 10 vezes e entre o quadro de ferramentas e a mesa cerca de 2 vezes. Para além disso o operário desloca-se 11 vezes ao quadro de ferramentas enquanto está na máquina a montar e desmontar as peças.

Ao longo das observações realizadas ao processo de *setup* da CNC foi possível identificar vários problemas que originam o tempo de *setup* elevado e que justificam a implementação de algumas melhorias. Para organizar e auxiliar a identificação destes problemas foi elaborado o diagrama causa-efeito que está representado na figura 26.

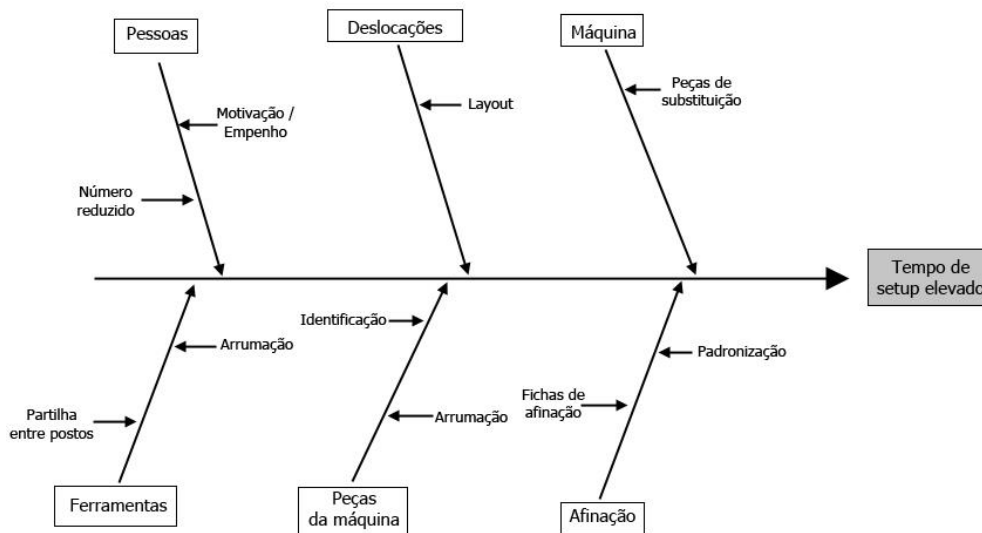


Figura 26 - Diagrama causa-efeito para o tempo de *setup* elevado

Uma das principais causas de um elevado tempo de *setup* é, inquestionavelmente, o *layout* desajustado da secção de serralharia. Percebeu-se que existe um elevado número de deslocações realizadas pelo operador da máquina que percorre cerca de 340 metros em cada *setup* entre o equipamento, quadro de ferramentas e a mesa de montagem o que corresponde a cerca de 8 minutos gastos em movimentações. Um rearranjo do *layout* permitiria reduzir significativamente o tempo gasto em deslocações.

Outro problema é a falta de organização e identificação dos elementos da máquina e das ferramentas. Na secção da serralharia existe uma ferramentaria geral que contém todas as ferramentas utilizadas na fábrica. Nos *setups* analisados o operário, por vezes, teve de pegar em várias chaves por não saber qual é a medida da chave a utilizar e muitas vezes teve de voltar atrás para ir buscar a chave certa. Para além disso, o facto de as ferramentas serem utilizadas em todos os postos de trabalho levou a que muitas vezes o operador tivesse de procurar as ferramentas que tinham sido deixadas em algum outro local da serralharia.

A estante de arrumação das peças da máquina CNC também se apresentava desorganizada. As ferramentas da máquina utilizadas nos vários diâmetros de tubo não possuíam um lugar fixo de arrumação e encontravam-se misturadas com outras peças que não são utilizadas na máquina. A sua identificação também é particularmente difícil pois a indicação do diâmetro do tubo ao qual se destina a peça encontra-se gravado no aço. Algumas peças, como é o caso das varetas, não têm sequer identificação, tornando difícil a sua distinção.

A inexistência de um *standard* para a realização das tarefas associadas às mudanças de série, foi também identificada como uma das fundamentais causas dos elevados tempos de *setup*, principalmente na altura da afinação do equipamento, sendo que esta é a etapa mais demorada de todo o *setup*.

3.2 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SMED

Feita a descrição e análise mais ou menos detalha dos principais processos produtivos da empresa e da metodologia inicialmente utilizada no *setup* da máquina CNC, serão aqui descritas e analisadas as melhorias propostas para o processo de *setup* da CNC, utilizando a metodologia SMED.

3.2.1 SEPARAR TAREFAS INTERNAS DAS TAREFAS EXTERNAS

Com a classificação das tarefas em externas e internas feita durante o estudo do processo de *setup* (ver anexo 6.3) é possível perceber que as tarefas externas são as deslocamentos do operador, a procura e arrumação das ferramentas e a limpeza. As tarefas internas são todas as tarefas de mudança física de elementos da máquina das quais fazem parte as desmontagens e montagens e a afinação. Para facilitar a análise e visualização do *setup*, dividiram-se as tarefas em grupos.

Nesta etapa foram realocadas as tarefas externas para o início e para o final dos trabalhos sem influenciar o normal decorrer do processo de *setup*. Todas as tarefas relacionadas com a procura das ferramentas e das novas peças da máquina foram colocadas no início, enquanto que as tarefas externas relacionadas com a arrumação e a limpeza foram alocadas ao final do *setup*. Esta realocação das tarefas está representada na figura 27. A azul representam-se as tarefas externas e a laranja as internas.

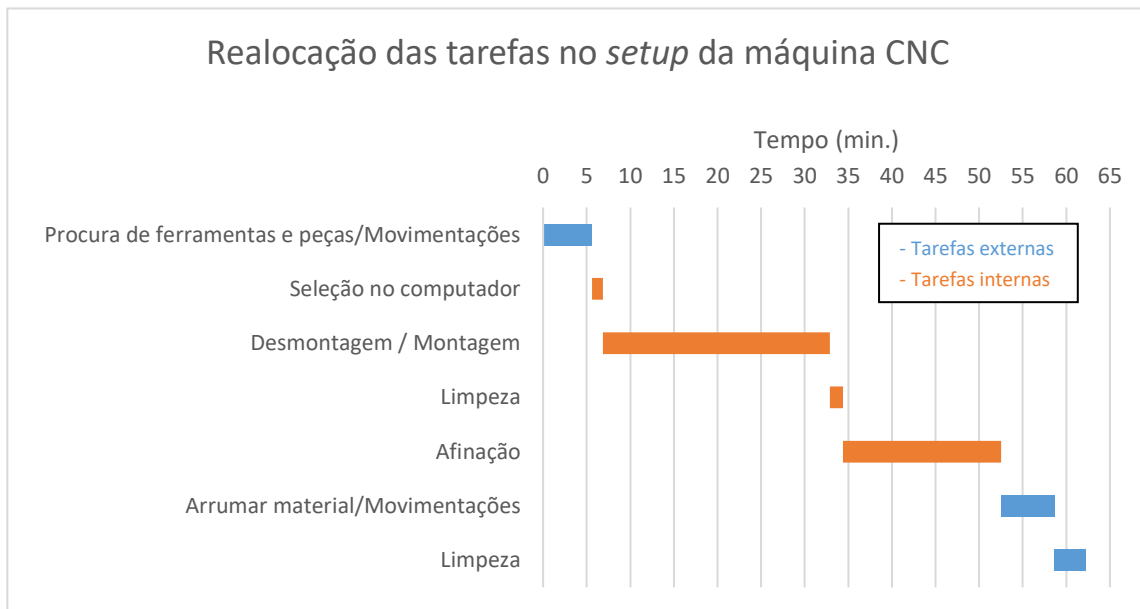


Figura 27 - Realocação das tarefas no *setup* da máquina CNC

Ao realocar as tarefas externas relacionadas com a procura de material para o início, o operador poderá realizar estas tarefas enquanto as últimas peças da série anterior são produzidas. Apesar de as operações realizadas pela máquina serem rápidas, o operador consegue realizar estas tarefas enquanto ocorre a curvatura das peças. Uma análise

sucinta aos tempos envolvidos permitiu verificar que estas tarefas podem e devem realizar-se enquanto ocorre a produção das últimas 10 peças da série anterior.

Da mesma forma, se a arrumação e a limpeza das peças e da máquina passarem a ser feitas no final permite-se que a produção da nova série esteja a decorrer enquanto estas tarefas são realizadas. O processo ocorre de forma semelhante ao inicial. Enquanto as primeiras peças da nova série são curvadas, o operador vai arrumando e limpando as peças utilizadas antes.

Assim, a máquina apenas tem de estar parada enquanto o operador realiza as tarefas internas, o que corresponde a cerca de 47 minutos. Menos 15 minutos que o método de *setup* usado anteriormente onde todo o processo era feito com a máquina parada. A diferença do tempo antes e depois das mudanças está representado na figura 28.

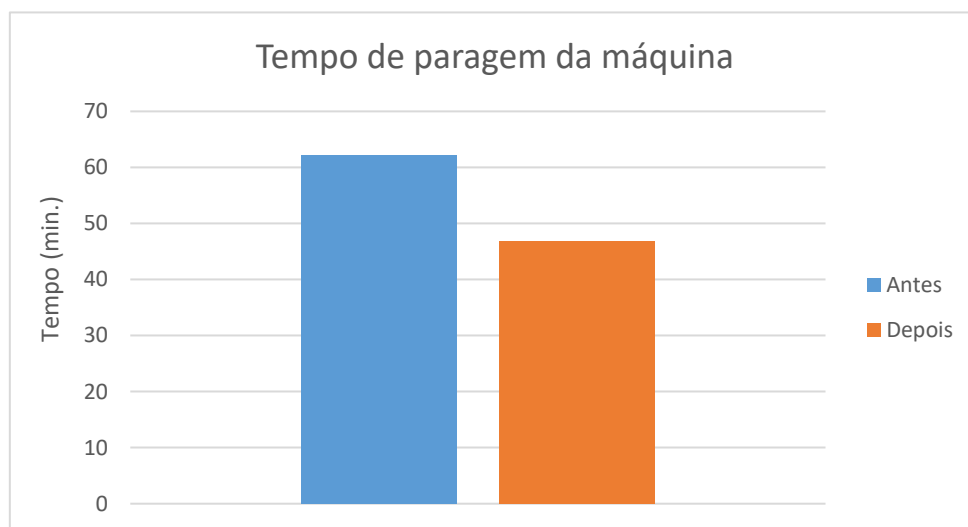


Figura 28 - Tempo de paragem da máquina

3.2.2 CONVERTER TAREFAS INTERNAS EM EXTERNAS

Todas as tarefas internas identificadas estão relacionadas com trabalhos realizados diretamente na máquina ou com trabalhos realizados em peças que a máquina necessita para trabalhar. Desta forma a máquina tem de estar completamente parada para que o operador possa realizá-las.

A única forma de converter algumas tarefas internas em externas seria comprar novas peças com as mesmas características das que existem para a máquina. Desta forma o operador podia fazer uma pré-montagem das peças da nova série enquanto a série anterior ainda estava em produção. Um exemplo deste processo seria o operador montar a mordaza ou o encosto que iria utilizar na série seguinte num segundo suporte que estaria parado e preparado para ser utilizado. Assim, esta tarefa poderia ser feita com a máquina a produzir a série anterior e permitiria reduzir o tempo de trabalho

interno. Na figura 29 pode-se ver o encosto montado no suporte antes de ser colocado na máquina.



Figura 29 - Encosto montado no suporte

Este procedimento iria permitir reduzir o tempo verificado para as tarefas de desmontagem e montagem que demoram um total de 26 minutos a ser realizadas.

Ao fazer um estudo do possível impacto da pré-montagem, pôde inferir-se que seria possível reduzir em cerca de 7 minutos o tempo de paragem da máquina. Ou seja, a máquina passaria a estar parada apenas 19 minutos nesta fase, sendo que as tarefas que perfaziam os outros 7 minutos passariam a ser consideradas externas e passariam a ser realizadas com a máquina a funcionar. No total, a máquina passaria a estar parada 40 minutos em vez dos 47 referidos anteriormente.

Embora este procedimento pudesse reduzir o tempo de trabalho interno, neste momento a aquisição de novas peças para a máquina não é opção para a empresa. Deste modo, não houve forma de fazer a conversão de tarefas internas em tarefas externas.

3.2.3 REDUZIR AS TAREFAS INTERNAS

Os dois grupos de tarefas internas que se destacam são a montagem e desmontagem das ferramentas que tem uma duração de cerca de 26 minutos e o processo de afinação com cerca de 18 minutos. Na figura 30 estão ordenadas por ordem sequencial de realização as 50 tarefas internas. Cada cor das barras corresponde a um grupo de tarefas.

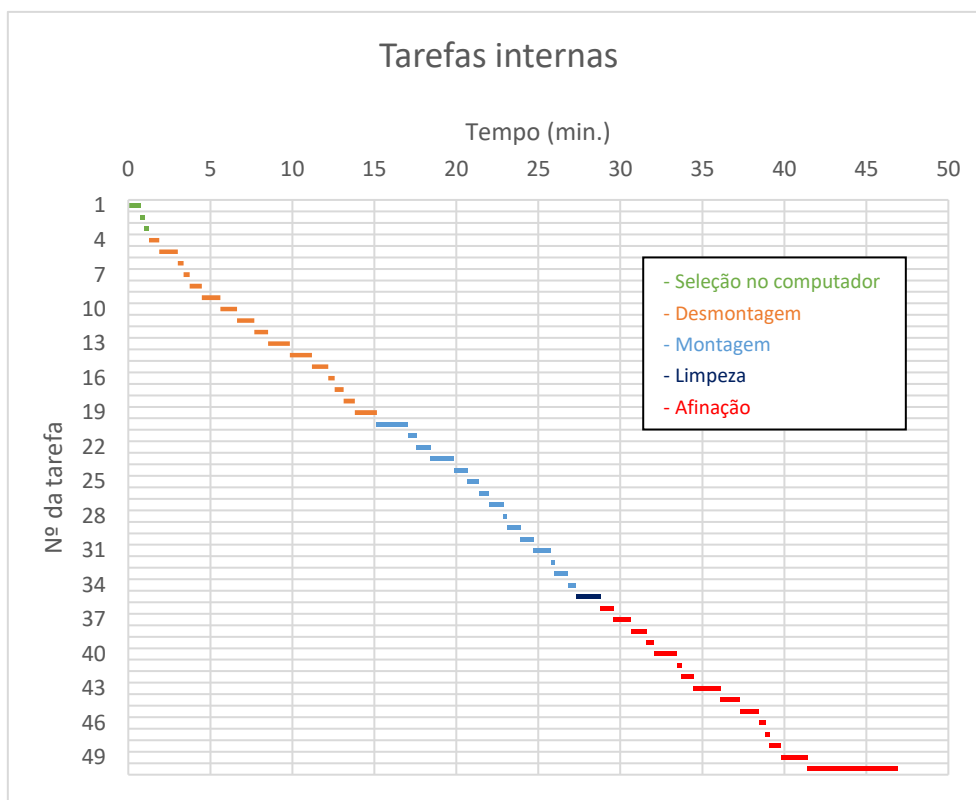


Figura 30 - Tarefas internas do processo de *setup* da CNC

Relativamente à montagem e desmontagem das ferramentas, o que sobressaiu de imediato como podendo reduzir significativamente o tempo nestas tarefas seria utilizar dois operadores a realizar as tarefas. Enquanto um operador trabalha na parte da frente do equipamento, o outro poderia estar a trabalhar na parte de trás. Ou seja, enquanto um operador estará a desmontar e montar a mordaza, o encosto e a árvore na frente da máquina, outro operador está a montar a vareta e o batente na parte de trás. Na tabela 3 estão elencadas as tarefas de cada operador que serão executadas em simultâneo.

Tabela 3 - Tarefas desempenhadas pelos 2 operadores

Tarefa	Operador 1	Operador 2
Desparafusar suportes do braço	X	
Alargar porcas dos suportes e retirá-los	X	
Retirar matrizes da árvore	X	
Desencaixar encosto	X	
Desparafusar suporte da mordaza da máquina	X	
Alargar suporte da mordaza e por na posição standard da próxima medida	X	
Alargar suporte do encosto e na posição standard da próxima medida	X	
Desmontar encosto do suporte	X	
Desmontar mordaza do suporte	X	
Desparafusar porca da árvore e retirá-la	X	
Desmontar as 2 peças da árvore	X	
Retirar suporte, pinça e batente		X
Retirar mandril da vareta		X
Tirar perno que prende a vareta		X

Desaparafusar tubo do óleo da vareta		X
Desenroscar vareta e retirá-la		X
Montar vareta		X
Prender vareta com o perno		X
Montar tubo do óleo na vareta		X
Montar batente, pinça e enroscar o suporte		X
Enroscar mandril na vareta		X
Montar árvore	X	
Montar árvore na máquina	X	
Enroscar porca para prender árvore	X	
Montar matrizes na árvore	X	
Montar mordça no suporte	X	
Montar mordça na máquina	X	
Montar encosto no suporte	X	
Encaixar encosto na máquina	X	
Encaixar suportes do braço	X	
Aparafusar suportes	X	
Retirar excessos de óleo		X

Utilizando a divisão de tarefas anteriormente definidas no gráfico da figura 27, separou-se a desmontagem / montagem em função da zona da máquina onde estas serão realizadas. Esta nova divisão de tarefas está representada na figura 31.

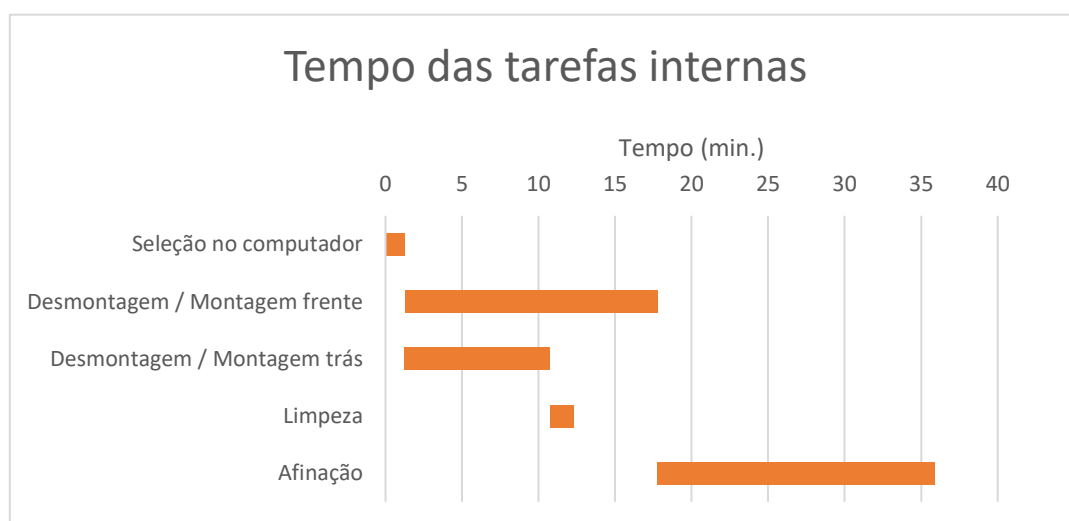


Figura 31 - Tempo das tarefas internas com 2 operadores

Como se pode ver na figura 31, ao realizar-se o *setup* com dois operadores, o trabalho interno passa de 47 minutos para 36 minutos. O segundo operador consegue realizar sem qualquer problema as tarefas de desmontagem e montagem na parte de trás da máquina e, como acaba estas tarefas antes do operador que está a trabalhar na parte da frente, ainda pode realizar a tarefa de limpeza geral sem importunar as tarefas que o primeiro operador está a realizar na parte da frente da máquina.

Depois da redução de tempo na montagem e desmontagem das peças, o foco passou a ser a redução do tempo de afinação. Este processo tem de ser feito de forma minuciosa para que a peça nova fique igual à peça *standard*.

Deste modo decidiu criar-se um procedimento *standard* de afinação para cada diâmetro de tubo. Ou seja, ao fazer a montagem das várias peças que mais tarde teriam de ser afinadas, o operador vai logo colocá-las nas “medidas” estipuladas e padronizadas, criando-se assim uma pré-afinação. Desta forma o operador apenas terá de fazer ajustes mínimos porque as afinações podem variar conforme a série de tubo que é fornecido.

Foram então criadas fichas de afinação como a que se pode ver na figura 32 e a mesma com maior dimensão no anexo 6.4.

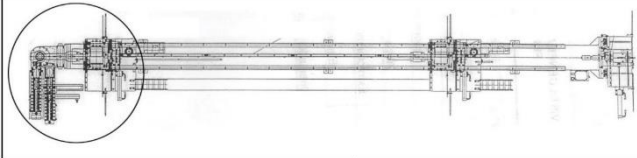
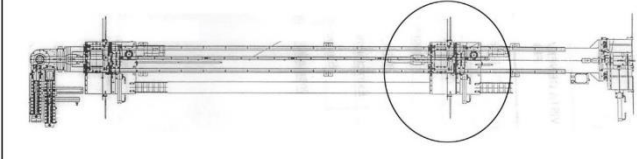
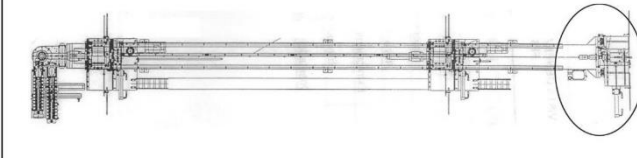
FOLHA DE AFINAÇÃO - CNC	
PEÇA A CURVAR	
Material	
Diâmetro	
Parede	
Velocidade	
MEDIDAS	
	
Distância mordaza-suporte	
Distância encosto-suporte	
Altura encosto	
Altura suporte do tubo	
	
Distância carro-suporte direito	
Distância carro-suporte esquerdo	
	
Distância mandril-matriz	
Distância suporte da vareta - suporte direito	
Distância suporte da vareta - suporte esquerdo	
DATA: _____	ELABORADO POR: _____

Figura 32 - Ficha de afinação da CNC

As fichas serão previamente preenchidas consoante o tipo de material que é curvado, o diâmetro do tubo ou varão e a sua espessura no caso do tubo. A velocidade de curvatura também é importante pois a curvatura feita em velocidades diferentes pode causar pequenas alterações na peça final. Cada tipo de material, diâmetro de tubo ou espessura da parede necessita de uma ficha de afinação diferente.

Depois de preenchidas as informações da peça a curvar, são preenchidas as medidas que são utilizadas em cada ponto de afinação. Como foi referido anteriormente existem vários pontos de afinação nas três partes da máquina. Estes pontos de afinação passarão, agora, a ter medidas de referência que são utilizadas pelo operador logo na fase de montagem dos elementos da máquina. Deste modo, o processo de afinação tornar-se-á muito mais rápido e possível a qualquer operador que faça o *setup* do equipamento pois apenas terá de seguir as informações da ficha.

Com a implementação do *setup* realizado pelos 2 operadores e do *standard* criado para o processo de afinação, um número, ainda que restrito de cronometragem realizadas, permitiu estimar que o tempo das tarefas internas possa ser reduzido sensivelmente para metade, passando de cerca de 47 minutos para cerca de 28 minutos (figura 33).

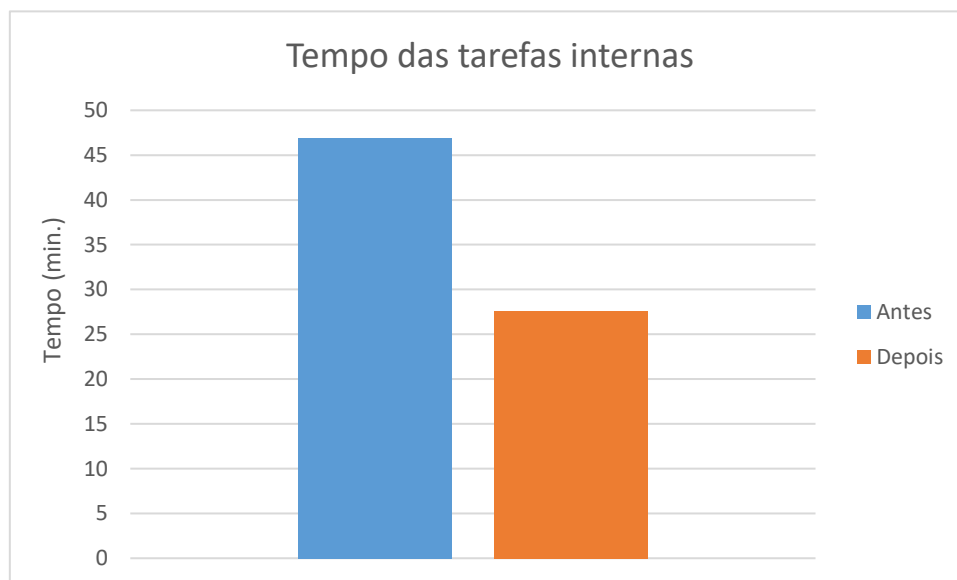


Figura 33 - Tempo das tarefas internas

3.2.4 REDUZIR AS TAREFAS EXTERNAS

3.2.4.1 LAYOUT

A primeira abordagem à redução do tempo de realização das tarefas externas foi a reorganização do *layout* da secção da serralharia. Como foi referido anteriormente, existe um grande desperdício de tempo nas movimentações do operador durante o processo de *setup*. Chegou-se à conclusão que facilmente seria possível mudar este *layout*. Na figura 34 pode-se observar o *layout* mais detalhado da serralharia antes e depois das alterações estudadas e propostas.

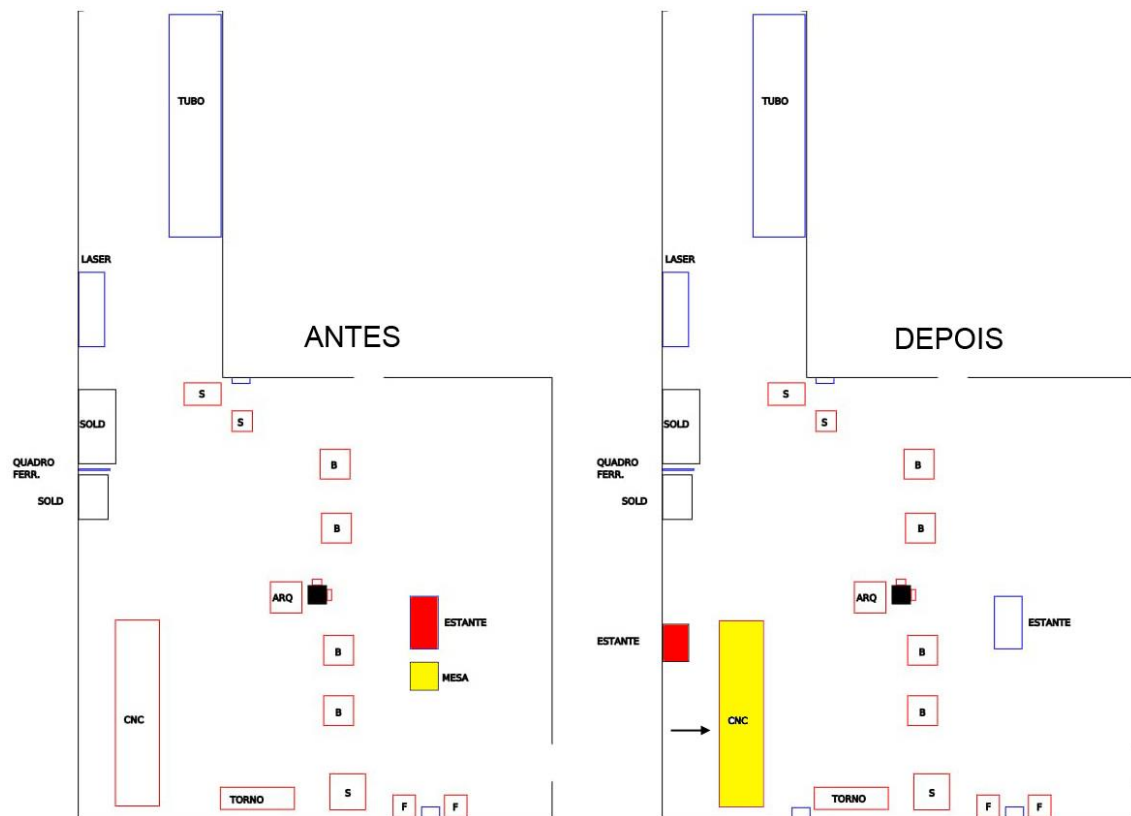


Figura 34 - Layout da serralharia "antes" e "depois"

Foi aumentado o espaço entre a máquina CNC e a parede limite do armazém de maneira a colocar aqui uma pequena estante de apoio ao equipamento (a vermelho à direita na figura 34). Esta estante tem as mesmas funções que a estante utilizada anteriormente, mas que estava localizada a 10 metros da máquina (a vermelho à esquerda na figura 34). Aqui são colocadas apenas as peças necessárias para a operação e para o *setup* da máquina. Desta forma evitam-se as deslocações entre o quadro de ferramentas, a mesa/estante de arrumação e o equipamento. O operador apenas se movimentará entre o equipamento e a nova estante, sendo que a distância entre eles é de cerca de 1,5 metros. A mesa que era utilizada para fazer a montagem e desmontagem das peças (a amarelo à esquerda na figura 34) passou a ser uma mesa móvel (figura 35) que serve de apoio à máquina CNC. Desta forma praticamente deixam de existir movimentações por parte do operador.



Figura 35 - Mesa móvel de apoio

3.2.4.2 ORGANIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DAS FERRAMENTAS

Como já foi referido, as peças da CNC encontravam-se misturadas com outras ferramentas e peças, desarrumadas e com deficiente identificação. No sentido de melhorar estas questões foi feita uma triagem e foram separadas todas as peças que são utilizadas na máquina. Estas peças foram depois reorganizadas na nova estante de apoio ao equipamento e foram identificadas várias zonas dentro da estante onde se encontram as peças. Desta forma o operador passa a ter uma referência para colocar as peças sempre nas mesmas posições. Algumas destas melhorias vão de encontro com o estabelecido na metodologia 5S, contudo, durante o período do projeto não houve oportunidade de implementar formalmente a metodologia em questão. Nas figuras 36 e 37 vê-se a diferença entre o antes e o depois das estantes de arrumação. Na figura 36 está a estante representada a vermelho à esquerda na figura 34. Na figura 37 está a estante representada a vermelho à direita da figura 34.



Figura 36 - Estante de arrumação "antes"



Figura 37 - Estante de arrumação "depois"

Também nesta nova estante de apoio foi desenvolvido e incorporado um outro quadro de ferramentas. Este quadro apenas contém as ferramentas necessárias às mudanças de série da máquina ao contrário do quadro geral que contém todas as ferramentas utilizadas em toda a fábrica. Desta forma o operador tem muito menos probabilidade de errar nas medidas das chaves e torna-se muito mais fácil a sua arrumação. Na figura 38 é possível comparar o quadro geral das ferramentas (existem ferramentas dos dois lados do quadro) com o quadro que se passou a usar no equipamento.



Figura 38 - Quadro de ferramentas "antes" e "depois"

As varetas que se encontravam no chão junto da estante antiga foram penduradas junto do equipamento e devidamente identificadas para evitar erros de montagem no futuro. Da mesma foram também se penduraram e identificaram as peças *standard* que são utilizadas para comparação com as novas peças que são curvadas facilitando assim este processo. Na figura 39 é possível ver o aspeto geral da zona onde se encontra a máquina CNC após a reorganização do espaço.



Figura 39 - Aspeto geral da zona da CNC depois das melhorias

3.2.4.3 REALOCAÇÃO DE TAREFAS

Das 84 tarefas realizadas no *setup* da CNC, 34 delas podem ser executadas com a máquina em movimento. Destas 34, 15 estão relacionadas com a procura das ferramentas e peças, 14 com a arrumação e a movimentação do operador e 5 com a limpeza. Ao realocar as tarefas relacionadas com a procura das ferramentas para o início do trabalho é possível eliminar algumas destas tarefas onde o operador apenas ia buscar 1 ou 2 ferramentas. Desta forma, no novo processo de *setup*, as tarefas externas realizadas no início do processo passaram para apenas 8 e estão enumeradas na tabela 4 juntamente com o tempo de cada uma. O tempo total do conjunto destas tarefas é de cerca de 2,7 minutos.

Tabela 4 - Tarefas externas realizadas no início do *setup*

Tarefa	Tempo médio da tarefa (min.)	Tempo acumulado (min.)
Buscar mesa e colocar à junto à estante	0,47	0
Buscar ferramentas e colocar na mesa	0,20	0,47
Buscar peças novas e colocar na mesa	0,37	0,67
Buscar pistola de ar comprimido e montar	0,40	1,03
Buscar gasóleo	0,33	1,43
Colocar vareta nova junto à máquina	0,40	1,77
Busca peça <i>standard</i>	0,35	2,17
Levar mesa para junto da máquina	0,13	2,52
Total		2,65

Da mesma forma, a arrumação passa a ser feita toda no final juntamente com a limpeza, possibilitando também a eliminação de algumas tarefas que agora passarão a ser apenas 8 como é possível ver na tabela 5. O tempo total das tarefas externas realizadas nesta fase do *setup* passou a ser de cerca de 5,5 minutos.

Tabela 5 - Tarefas externas realizadas no final do *setup*

Tarefa	Tempo médio da tarefa (min.)	Tempo acumulado (min.)
Levar mesa de apoio para junto da estante	0,15	0
Guardar ferramentas	0,55	0,70
Arrumar peças da série anterior na estante	0,82	1,25
Arrumar mesa de apoio	0,40	2,07
Soprar toda a máquina	1,85	2,47
Limpar encosto e mordça	0,47	4,32
Limpar árvore e matrizes	0,48	4,79
Limpar pinça	0,78	5,27
Total		5,5

A criação da mesa móvel permitiu ao operador ir buscar todas as ferramentas necessárias à realização do *setup* ainda antes de acabar a produção da série anterior. Desta forma, a aquisição das ferramentas a utilizar passa a ser feita apenas 1 vez. No final, a arrumação é feita da mesma forma, eliminando-se todas as tarefas em que o operador tinha de levar as ferramentas entre a máquina e a estante de arrumação/ferramentaria.

Com a implementação destas três melhorias estima-se que o tempo das tarefas externas possa ser reduzido de cerca de 15 minutos para cerca de 8 minutos, como se pode ver na figura 40, tendo um impacto de cerca de 15% no tempo de *setup* geral. O número de tarefas externas passou de 34 para 17.



Figura 40 - Tempos das tarefas externas

3.3 PADRONIZAÇÃO DO PROCESSO DE *SETUP*

A normalização e padronização dos processos foi uma das lacunas encontradas no processo inicial de *setup*. Esta padronização permite que haja menos erros e que qualquer operador consiga fazer o *setup* sem grande dificuldade.

Uma das principais medidas tomadas com vista à padronização do processo de *setup* foi a criação das fichas de afinação. Como foi referido anteriormente, estas fichas permitiram simplificar e tornar o processo de afinação da máquina muito mais rápido e com muito menos erros.

Também foi feito um *standard* geral do *setup* com a descrição das tarefas a realizar pelos operadores que estão neste processo. São constituídas por duas partes distintas, uma para o operador que faz as tarefas quase todas e uma segunda para o operador que faz as tarefas que se passaram a fazer em simultâneo. Também foi colocado um tempo de referência em cada grupo de tarefas, assim como quando deverão ser realizadas. É possível ver a lista de tarefas que foram colocadas nas guias nas figuras 41 e 42.

Nº	Tarefa	Altura do <i>setup</i>	Tempos de referência (min.)
1	Procura das ferramentas	<i>Pré-setup</i>	2,5
	- Colocar mesa de apoio à beira da máquina		
	- Colocar ferramentas na mesa		
	- Colocar peças da máquina na mesa		
	- Montar ar comprimido		
	- Procurar peça <i>standard</i>		
2	Seleção no computador	<i>Setup</i>	1
	- Seleção do novo programa		
	- Máquina em manual		
	- Abrir braço e puxar carro para a frente		
3	Desmontagem da parte da frente	<i>Setup</i>	10,5
	- Retirar suportes do braço		
	- Retirar matrizes		
	- Por suportes nas medidas <i>standard</i>		
	- Retirar encosto e mordaza		
	- Retirar árvore e desmontá-la		
4	Montagem da parte da frente	<i>Setup</i>	6,5
	- Montar árvore e coloca-la na máquina		
	- Colocar matrizes		
	- Montar mordaza no suporte		
	- Montar encosto no suporte		
	- Colocar encosto na máquina		
	- Montar suportes do braço		
5	Afinação	<i>Setup</i>	10
	- Acertar posição lateral do carro		
	- Colocar tubo e curvar em modo manual		
	- Compara peça com <i>standard</i>		
	- Ajustar encosto / mordaza / mandril		
	- Repetir até peça ficar igual a <i>standard</i>		
6	Arrumação e limpeza	<i>Pós-setup</i>	5,5
	- Guardar ferramentas		
	- Soprar máquina		
	- Limpar peças da série anterior e arrumar		
	- Arrumar mesa de apoio		

Figura 41 – *Standard* geral do *setup* para o posto 1

Nº	Tarefa	Altura do <i>setup</i>	Tempos de referência (min.)
1	Desmontagem da parte de trás	<i>Setup</i>	4
	- Desmontar pinça e batente		
	- Retirar mandril		
	- Retirar vareta		
2	Montagem da parte de trás	<i>Setup</i>	5,5
	- Montar vareta		
	- Montar pinça e batente		
	- Montar mandril		
3	Limpeza	<i>Setup</i>	1,5
	- Retirar excessos de óleo de toda a máquina		

Figura 42 - *Standard* geral do *setup* para o posto 2

Este *standard* vai permitir aos trabalhadores realizarem o *setup* da máquina sempre da mesma forma e da maneira mais simples possível de forma a que praticamente não existam erros. Para além disso, permite que qualquer trabalhador consiga fazer o *setup* se for necessário.

3.4 RESULTADOS

Depois da implementação destas melhorias realizaram-se vários testes para comprovar que a utilização de 2 operadores no *setup* da CNC não interfere com a produtividade da fábrica e se as propostas de melhoria são viáveis. Chegou-se à conclusão que a produtividade não é afetada pois qualquer um dos outros operários pode realizar as estas tarefas que são muito simples. Esta simplicidade permite realocar o operário que na altura tem menos trabalho. Para além disso, o *setup* realizado na parte de trás da máquina é realizado em pouco tempo (cerca de 10 minutos).

Após uma análise de uma amostra de 15 *setups* com as novas melhorias chegou-se a um tempo de *setup* médio de 36 minutos, sendo que a máquina está parada apenas 28 minutos. Para além disso não se registou nenhum erro de montagem por parte do operador. Os tempos foram recolhidos ao longo de 1 mês de trabalho, após a implementação das várias melhorias. Na figura 43 está representado o novo método de *setup*. A azul estão as tarefas externas e a laranja as internas.

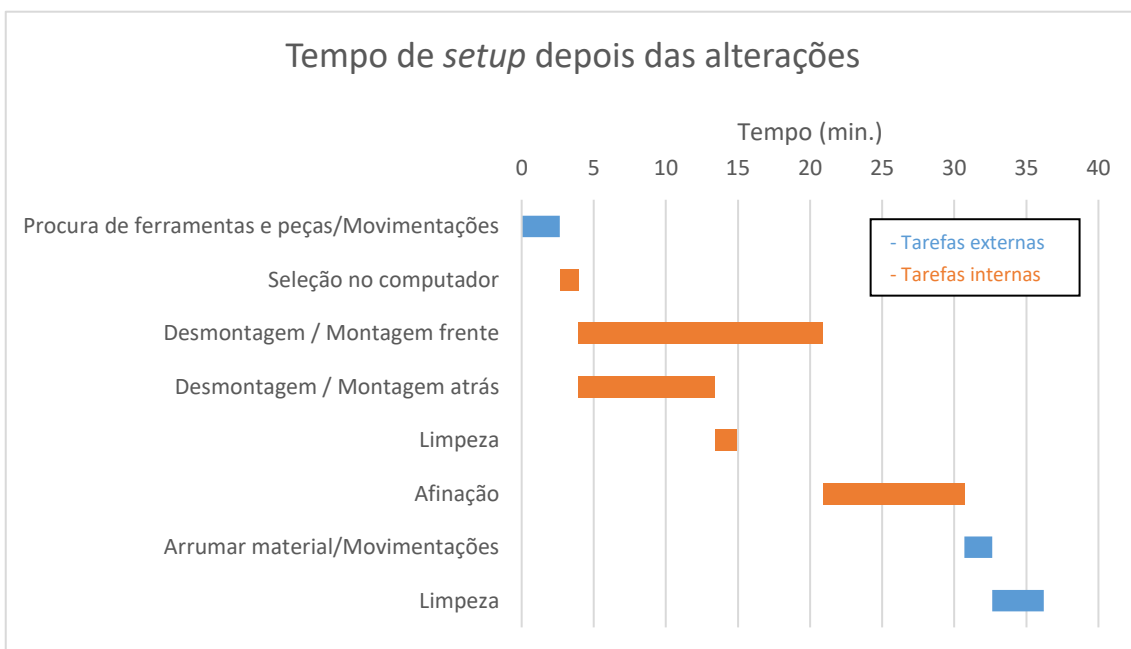


Figura 43 - Tempo de *setup* depois das alterações

Como se pode ver na figura 44, globalmente, o tempo de *setup* foi reduzido em cerca de 42% relativamente à situação inicial, passando de cerca de 62 minutos para cerca de 36 minutos. No entanto, e porque na situação inicial, todo o *setup* era executado com a máquina parada, após implementação das soluções aqui propostas, o tempo da máquina parada é diminuído em cerca de 55% (28 minutos quando comparado com os 62 minutos iniciais) devido à separação das tarefas externas e internas e da utilização de dois operadores no *setup*. A redução do número de tarefas de 84 para 63 contribui também para a redução do tempo total de *setup*.

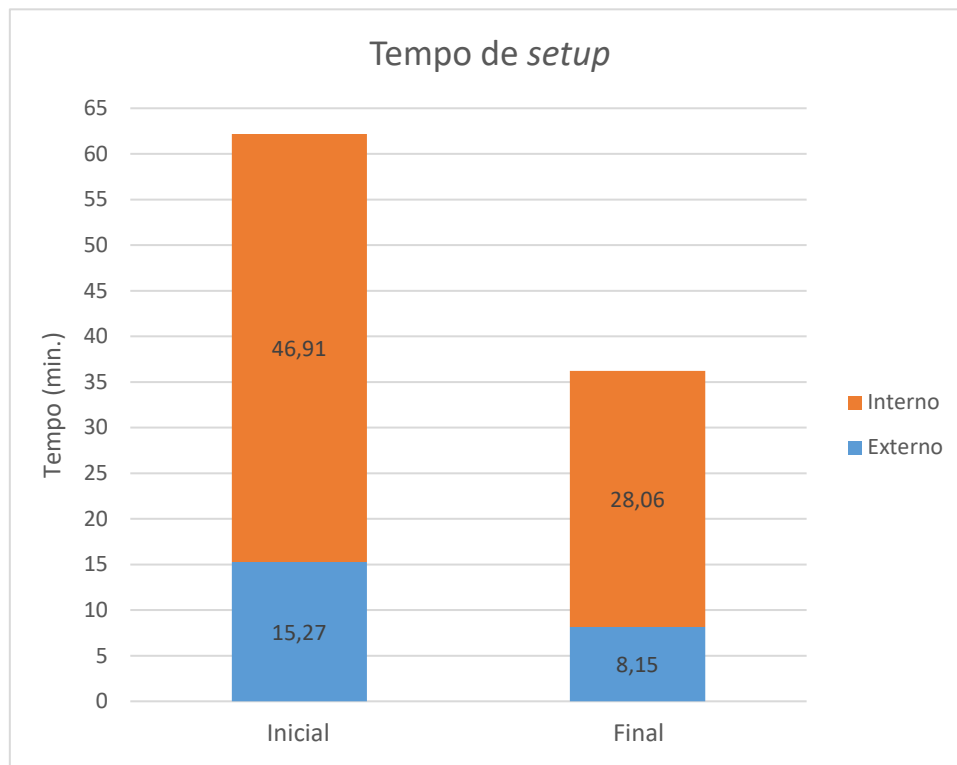


Figura 44 - Tempo de *setup* antes e depois do projeto

As tarefas associadas à afinação da CNC foram tidas como de fundamental importância durante o desenvolvimento deste projeto, tanto pelo tempo de imobilização que originavam, como pelo facto de gerarem um desperdício significativo de matéria prima (pela produção de peças não conformes). Com a implementação das melhorias já referidas, para além do tempo deste processo ter sido reduzido para metade, o número de peças não conformes produzidas também foi substancialmente reduzido, passando de uma média de 5 peças para cerca de 1 peça por cada *setup* realizado.

O novo *layout* do armazém permite que operadores façam menos deslocações tanto no *setup* da CNC como no *setup* de outros equipamentos. A criação da mesa móvel de apoio permite que, sempre que necessário, o operador tenha ao seu lado a mesa para realizar as tarefas de *setup*. O retirar dos elementos da máquina CNC da estante de arrumação geral, juntamente com a criação da estante de apoio ao torno, permitiu um melhor acesso e identificação de todo o material destes equipamentos que antes estava misturado com todas as peças na estante geral.

Todas estas mudanças foram efetuadas com um investimento praticamente nulo por parte da empresa.

3.5 MELHORIA DO PROCESSO DE EMBALAMENTO

3.5.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO

Depois dos produtos serem montados passam para a zona de embalagem. Este é o último processo antes de os produtos ficarem prontos para serem expedidos para o cliente.

Devido à grande variedade de modelos, não há um método *standard* para o embalagem dos produtos. A grande preocupação neste processo é o de acondicionar o melhor possível os produtos de forma a que não se danifiquem no transporte para o cliente. Para isso é utilizada espuma de polietileno, cartão e plástico.

Relativamente ao material utilizado para proteger os produtos, o cartão era adquirido em rolos com 1 metro de largura e a espuma de polietileno em rolos com largura de 1,6 metros. Este material está apresentado na figura 45. O plástico utilizado para embalar é o que vem juntamente com os assentos quando estes são comprados.



Figura 45 - Rolos de cartão canelado e espuma de polietileno

O processo de embalagem é relativamente simples. Os materiais a utilizar são cortados nas medidas desejadas, depois é colocada a espuma a proteger o material e posteriormente o cartão é colocado por cima desta e colado com fita cola. Por fim, nas zonas que não estão em contacto umas com as outras e não existe perigo de se danificarem, é colocado o plástico. Depois do material estar devidamente protegido as cadeiras/bancos são colocadas em caixas (que também têm de ser montadas) quando o cliente assim o pretende e as mesas são colocados em paletes.

Como existem diversos modelos de cadeiras e mesas não existe um *standard* para este processo e o operador tem de cortar os rolos em função das medidas das cadeiras ou das mesas. Esta tarefa de corte torna o processo de embalagem muito demorado de mão de obra intensiva.

O tempo de embalagem de referência para a empresa de uma cadeira ou de uma mesa é de cerca de 2,5 minutos. Mais de metade deste tempo é utilizado no corte do material.

3.5.2 MELHORIAS PROPOSTAS

Ao fazer uma análise das possíveis melhorias a aplicar neste processo de embalagem, é de extrema importância ter em conta que o acondicionamento dos produtos não é afetado.

Atualmente, o operador tem de cortar o cartão e a espuma no seu comprimento e largura. Assim, o primeiro passo foi o de tentar que os rolos de cartão e de espuma pudessem ser comprados em rolos de larguras diferentes. Desta forma, o operador apenas tem de cortar o material ao comprimento.

Assim, e após uma reunião com o fornecedor de cartão, chegou-se à conclusão que o processo era simples e até não ficava mais caro. Desta forma, passou-se a adquirir os rolos de cartão com larguras de 7 medidas diferentes entre 50 cm e 2 metros de forma a cobrir todas as possibilidades, facilitando o trabalho do operador responsável pelo embalagem. Na figura 46 é possível ver os rolos de cartão com largura diferente que agora se passou a utilizar



Figura 46 - Cartão com várias medidas

As medidas da espuma de polietileno também foram negociadas com o fornecedor. Este apenas deu a possibilidade de cortar o rolo a meio ou em quartos. Assim, passou-se a pedir o rolo com 40 cm e com 80 cm, acabando com a medida utilizada anteriormente de 160 cm. Na figura 47 pode-se ver os rolos de 40 cm e 80 cm na máquina de corte.

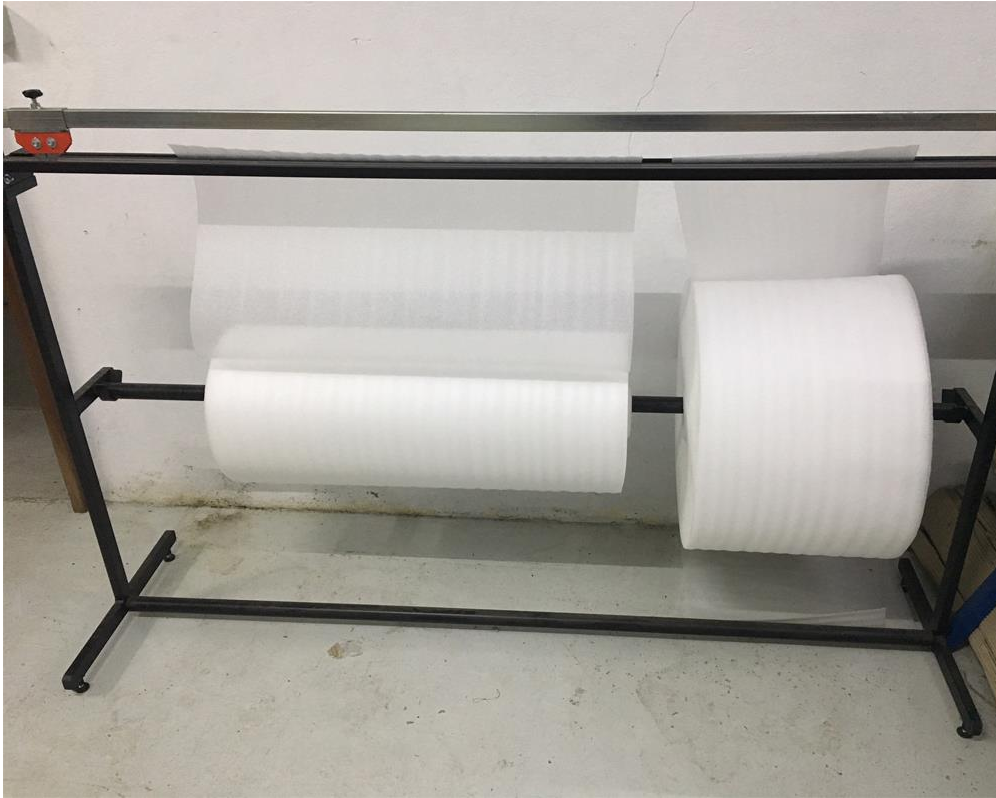


Figura 47 - Rolos de espuma de polietileno

Outro ponto que foi tido em consideração foi o plástico utilizado nas zonas sem perigo de se danificarem, que, normalmente, é apenas a parte das costas das cadeiras e bancos. Como foi referido anteriormente, o plástico aqui utilizado é o plástico que vem a proteger os assentos dentro das caixas que vêm do fornecedor. Este plástico também tem de ser cortado para caber na cadeira, pois agora apenas vai a proteger as costas da cadeira. Para além disso, este plástico é utilizado pelos fornecedores dos assentos de plástico e não nos assentos de madeira, pelo que nestas cadeiras não era colocado nenhum plástico e, apesar de ser em número reduzido, a empresa já teve reclamações de assentos de madeira danificados no transporte. Desta forma foi feita uma análise às medidas das costas dos vários de modelos de cadeiras e bancos e foram pedidos sacos de plástico com 55x50 cm de forma a serem utilizados em todos os modelos da coleção da empresa. Na figura 48 estão 2 modelos de cadeiras embaladas utilizando este novo processo.



Figura 48 - Exemplos de cadeiras embaladas

Para além destas melhorias ao nível do material utilizado no processo de embalagem, também criado uma certa normalização para este processo. Na ficha técnica de cada modelo foi adicionado um campo onde se especifica as medidas de cartão a utilizar e o tamanho que a espuma deve ser cortada facilitando o trabalho ao operador que está a embalar o material. Desta forma, qualquer trabalhador sabe o que deve fazer na tarefa de embalagem de cada produto. No anexo 6.5 pode-se ver um exemplo de uma dessas fichas técnicas.

O processo de embalagem passou a ser muito mais simples e rápido. O operador vai consultar a ficha técnica e sabe logo quais as medidas de cartão e espuma de polietileno é que tem de usar. A partir daí, vai buscar o rolo de cartão que vai utilizar e corta-o na medida pretendida. Da mesma forma vai á máquina de corte da espuma e corta o rolo. Depois de estarem cortados os cartões e a espuma que vai ser necessária, o operador coloca a espuma no assento e o cartão por cima, passando fita cola a toda a volta. Por fim, coloca o saco de plástico na costa e coloca as cadeiras em lotes prontos para serem colocados nas caixas.

Após a implementação das melhorias propostas foram feitas 10 de cronometragens ao processo de embalagem em produtos diferentes. Este passou agora a ter um tempo de referência médio de 1,3 minutos.

CONCLUSÕES

4.1 CONCLUSÃO

4.2 POSSÍVEIS TRABALHOS FUTUROS

4 CONCLUSÕES E POSSÍVEIS TRABALHOS FUTUROS

4.1 CONCLUSÃO

No início deste projeto era claro que o tempo de *setup* da máquina CNC era demasiado elevado e tinha um grande impacto na produtividade da empresa. Foi proposto o objetivo de reduzir significativamente este tempo. Para além disso, também foi proposto fazer uma revisão ao processo de embalamento dos produtos finais de modo a tentar melhorá-lo.

Após a análise de todas as tarefas realizadas no processo de *setup* foi possível identificar diversos aspetos passíveis de serem melhorados durante todo o processo como a movimentação excessiva do operador, a falta de organização e a falta de normalização dos processos.

Com a aplicação da metodologia SMED foi possível cumprir o objetivo proposto de baixar o tempo de *setup* da CNC para cerca de metade alterando apenas algumas metodologias utilizadas e sem fazer qualquer investimento na compra de novo material. No início do projeto, a simples separação das tarefas internas das externas permitiu reduzir o tempo de paragem da máquina visto que o anterior *setup* era todo feito com a máquina parada. No entanto, a segunda etapa da metodologia criada por Shigeo Shingo que é a conversão das tarefas internas em externas não foi possível de ser concretizada nesta altura visto que a empresa não pretende fazer o investimento em novas peças.

A alocação de um segundo operador a realizar algumas das tarefas internas, a reorganização do *layout*, a reorganização dos elementos da máquina e a normalização do processo de *setup* permitiu obter uma redução do tempo final de *setup* para quase metade do valor inicial cumprindo-se assim o objetivo proposto. Desta forma, a empresa obteve um aumento da produtividade através da redução significativa do tempo de *setup*.

Também a nível do embalamento foram obtidos resultados interessantes. A aplicação de melhorias sem investimento nenhum ou com um investimento mínimo permitiram facilitar o trabalho aos operadores que perdiam muito tempo nesta tarefa, cumprindo, desta forma, o segundo dos objetivos definidos para este projeto.

4.2 POSSÍVEIS TRABALHOS FUTUROS

Sendo a metodologia SMED uma ferramenta de melhoria contínua, depois da sua primeira aplicação o trabalho não deve ser considerado como concluído. Como foi referido antes, esta metodologia não tem um fim definido e, após a implementação das primeiras melhorias, todas as etapas da metodologia devem ser retomadas de modo a reduzir ainda mais o tempo de *setup*. Desta forma, é importante num futuro próximo fazer uma nova revisão ao *setup* do equipamento de maneira a encontrar novas melhorias que possam ser implementadas. As restrições ao nível de compra de novas

peças da máquina que existem neste momento poderão desaparecer com o crescimento da empresa e, deste modo, o tempo de *setup* poderá ser ainda menor. Com a compra destas novas peças, a máquina passaria a estar parada apenas cerca de 21 minutos em vez dos 28 obtidos no final do projeto. Isto significaria uma redução em cerca de 55% em relação ao tempo de *setup* da máquina antes da implementação do projeto.

O planeamento da produção também é outro aspeto que tem um grande impacto na produtividade da empresa e no número de *setups* a ser realizado. Com a previsão de crescimento da empresa, é importante investir no planeamento da produção de modo a fazer um melhor planeamento das encomendas que, por seu turno, condicionará os *setups* a serem realizados.

BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

5.1 BIBLIOGRAFIA

Basu, R. (2009). *“Implementing Six Sigma and Lean: A practical guide to tools and techniques”*. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann

Brunet, A. P., & New, S. (2003). *“Kaizen in Japan: an empirical study”*. *International Journal of Operations & Production Management*, 1426-1446

Coimbra, E. (2013). *“Kaizen in Logistics And Supply Chains”*. McGraw-Hill Education

Dudek-Burlikowska, M. e Szewieczek, D (2009). *“The Poka-Yoke method as na improving quality tool of operations in the process”*. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturin Engineering, Volume 36, Issue 1*, p. 95-102

Dvorak, P. (1998). *“Poka-Yoke designs make assemblies mistra-proof.”*. *Machine Design*, 10, p. 181-184

Gouberden, D. V. and Landeghem, H. V. (2002). *“Rules for integrating fast changeover capabilities into new equipment design”*. *Robotics and Computer Integrated Manufacturing* 18, p. 205-214

Gouberden, D. V. and Landeghem, H. V. (2005). *“Human factors aspects in setup time reduction”*.

Hines, P., Found, P., Griffiths, G., & Harrison, R. (2011). *“Staying Lean - Thriving, Not Just Surviving”* (2nd ed.). New York: CRC Press

Hirano, H. (1995). *“5 Pillars of the Visual Workplace: The Sourcebook for 5S Implementation”*. Productivity Press

Huttmeir, A., de Treville, S., van Ackere, A., Monnier, L., Prenninger, J. (2009). *“Trading off between heijunka and just-in-sequence”*. *International Journal of Production Economics*, 501-507.

Imai, M. (1986). *“Kaizen: The Key To Japan's Competitive Success”*. McGraw-Hill Education

Jacobs, F. R. and R. B. Chase (2008). *“Operations and Supply Chain Management: The Core”*. McGraw-Hill Irwin

Jones, D. T. (2006). *“Heijunka: leveling production”*. *Manufacturing Engineering*, 137, 29-36

Liker, Jeffrey K. (2004). *“The Toyota Way: 14 Management principles from the world's greatest manufacturer”*. McGraw-Hill

Liker, Jeffrey K. and David Meier (2006). *“The Toyota Way Fieldbook: A pratical guide for implementing Toyota's 4PS”*. McGraw-Hill

Martin, Timothy D. e Jeffrey T. Bell (2011). *“New Horizons in Standardized Work Techniques for Manufacturing and Business Process Improvement”*. Boca Raton, FL: CRC Press

McIntosh, R. I., Culley, S. J., Mileham, A. R., Owen, G. W. (2001). *“Improving Changeover Performance”*. Butterworth Heinemann: Oxford

McIntosh, R. I., Sugai, M., Novaski, O. (2007). “Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso”. *Gest. Prod.*, São Carlos, v. 14, n2 2, p. 323-335

Michalska, J. & Szewieczek, D. (2007). “The 5S methodology as a tool for improving the organization”. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 1 Outubro, 24(2), pp. 211-214.

Monden, Y. (2012). *“Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-in-time”*, Productivity Press

Moreira, António C. e Gil Campos Silva Pais (2011). “Single Minute Exchange of Die. A Case Study Implementation”. *Journal of Technology Management & Innovation*, Vol. 6, Issue 1, p. 129-146

Niebel, B.W. e A. Freivalds (2003). *“Methods, Standards, and Work Design”*. McGraw-Hill.

Ohno, T. (1988). *“Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production”*. Productivity Press

Ortiz, C. A. (2006). “Kaizen Assembly: Designing, Constructing, and Managing a Lean Assembly Line”. CRC Press

Ortiz, C. A. (2010). “Kaizen vs. Lean: Distinct but related”. *Metal Finishing* no. 108 p. 50-51

Relvas, C. (2000). “Controlo Numérico Computorizado – Conceitos Fundamentais”. Publindústria

Rother, M. (2009). “Toyota Kata: Managing People for Improvement, Adaptiveness, and Superior Results”. McGraw Hill

Shingo, S. (1985). *“A revolution in manufacturing: The SMED system”*. Productivity Press

Tezel, B. A., Koskela, L. J., & Tzortzopoulos, P. (2009). “The functions of visual management”. Salford, UK

Teece, D. J., Pisano, G., Shuen, A. (1997). *“Dynamic Capabilities and Strategic Management”*. *Strategic Management Journal*, 18, 509-533.

Womack, J. P. and D. T. Jones (2003). *“Lean Thinking – Banish waste and create wealth in your corporation”*. Simon & Schuster

Womack, J. P., Jones, D. T., Roos, D. (1990). *“The Machine that changed the World”*. Free Press

5.2 OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

Eric Costa, Rui Sousa, Sara Bragança, Anabela Alves. (2013). *“An Industrial Application of the SMED Methodology and other Lean Production Tools”*

Ferradás, P. G. & Salonitis, K. (2013). *“Improving changeover time: a tailored SMED approach for welding cells”*. Cranfield University

Kusar, J., T. Berlec, et al. (2010). "Reduction of Machine Setup Time." Journal Of Mechanical Engineering, University of Ljubljana - Slovenia: 13.

Pellegrini, S., et al. (2012). *“Study and Implementation of Single Minute Exchange of Die (SMED) Methodology in a Setup Reduction Kaizen”*. International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. Turkey

ANEXOS

- 6.1 DESENHO DA MÁQUINA CNC
- 6.2 PEÇAS DA MÁQUINA CNC
- 6.3 TAREFAS DESEMPENHADAS NO PROCESSO DE SETUP NA MÁQUINA CNC
- 6.4 FICHA DE AFINAÇÃO DA CNC
- 6.5 FICHA TÉCNICA DE UM PRODUTO

6 ANEXOS

6.1 DESENHO DA MÁQUINA CNC

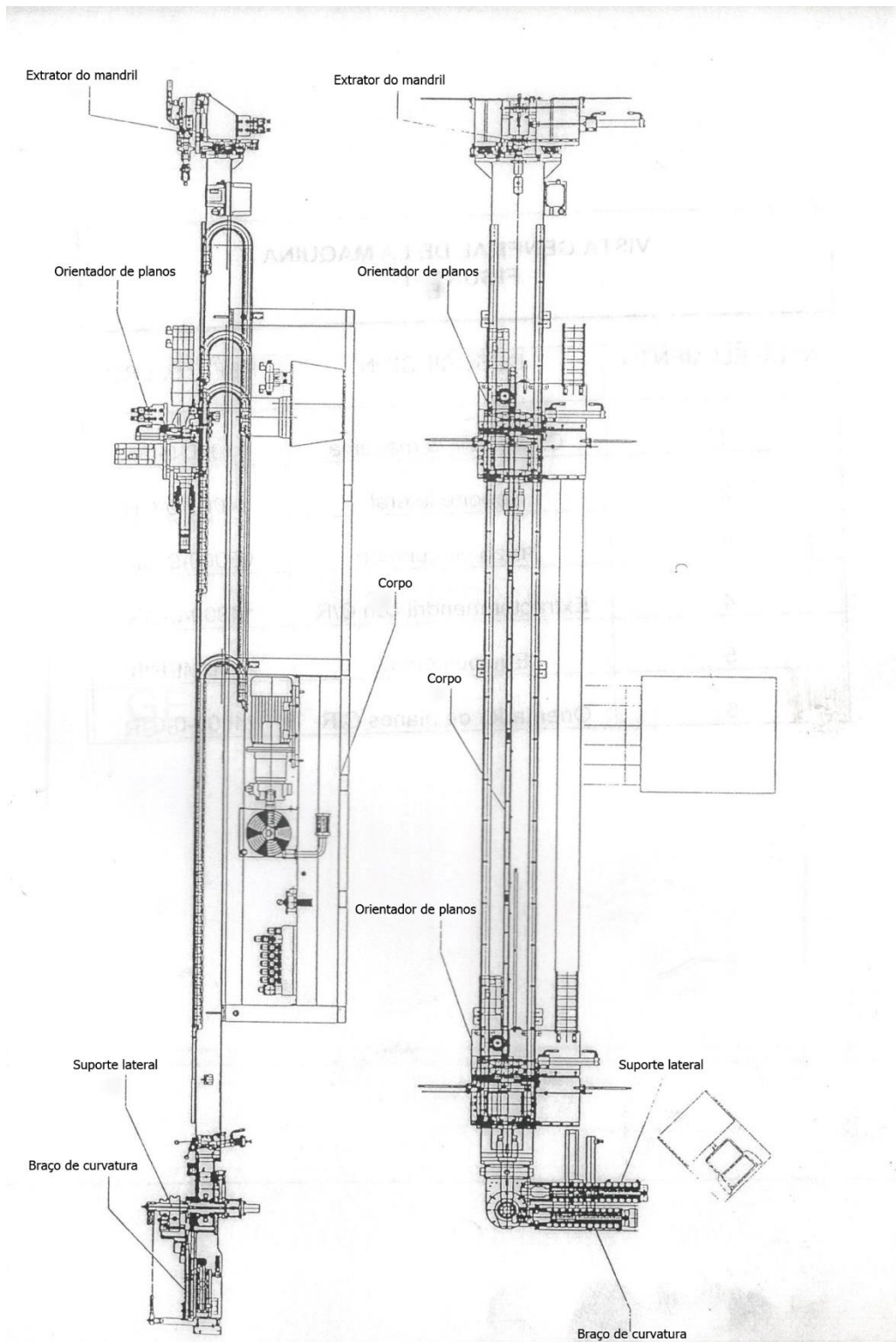
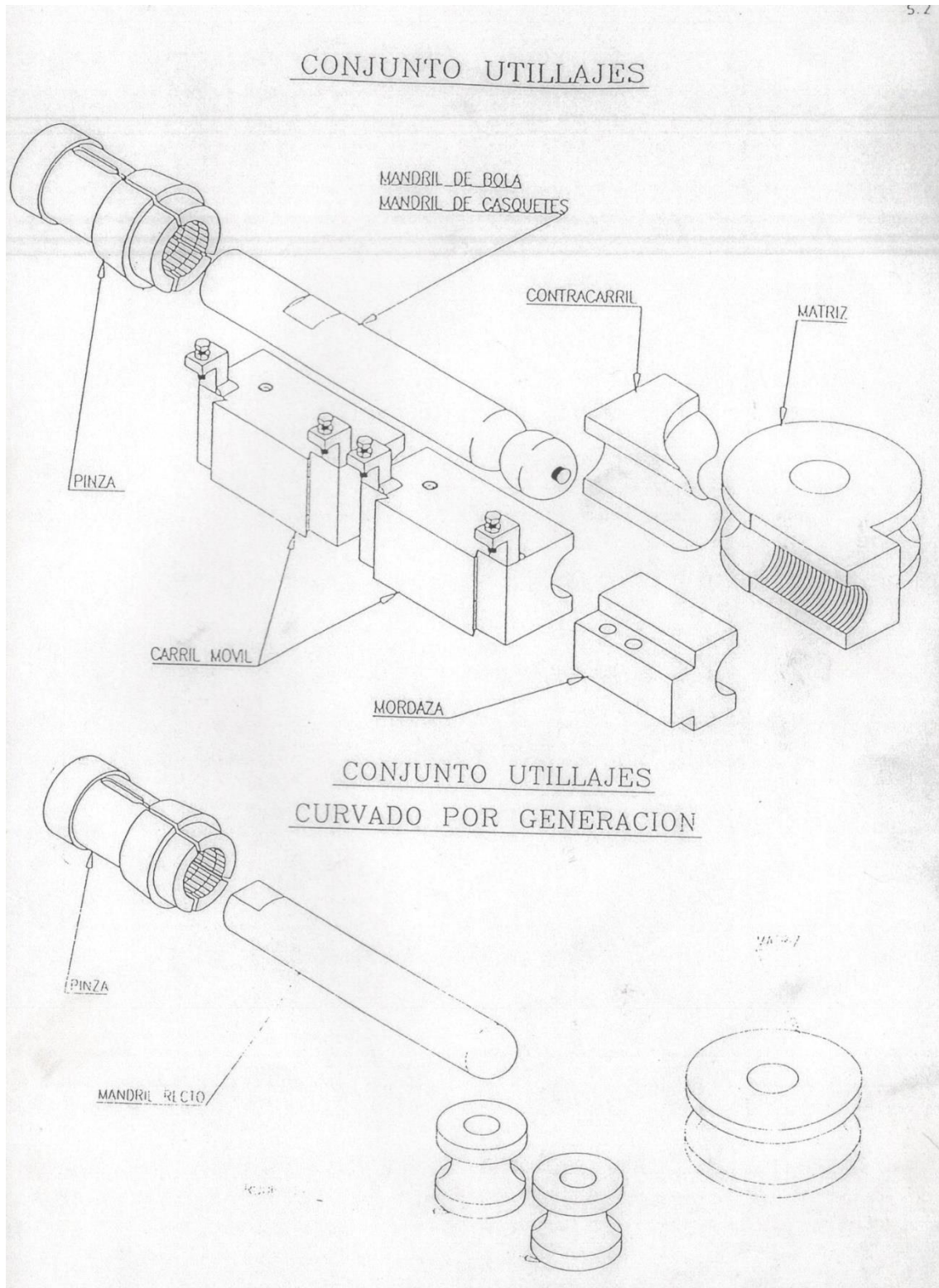


Figura 49 - Desenho da máquina CNC

6.2 PEÇAS DA MÁQUINA CNC

Figura 50 - Desenhos de algumas peças utilizadas no *setup* da máquina

6.3 TAREFAS DESEMPENHADAS NO PROCESSO DE *SETUP* NA MÁQUINA CNC

Tabela 6 - Tarefas realizadas no *setup* da CNC

Nº	Tarefa	Tempo médio da tarefa (min.)	Tempo acumulado (min.)	Tipo	Movimentação
1	Seleção do novo programa e colocar máquina em modo manual	0,73	0,00	I	
2	Abrir braço de curvar	0,28	0,73	I	
3	Buscar chaves	0,17	1,01	E	X
4	Desaparafusar suportes do braço	0,62	1,18	I	
5	Alargar porcas dos suportes e retirá-los	1,13	1,80	I	
6	Retirar matrizes da árvore	0,35	2,93	I	
7	Levar para a mesa e voltar	0,25	3,28	E	X
8	Desencaixar encosto	0,38	3,53	I	
9	Levar para a mesa	0,18	3,91	E	X
10	Buscar chaves	0,25	4,09	E	X
11	Desaparafusar suporte da mordaza da máquina	0,73	4,34	I	
12	Levar para a mesa e voltar	0,25	5,07	E	X
13	Alargar suporte da mordaza e chegar tudo atrás	1,13	5,32	I	
14	Alargar suporte do encosto e chegar tudo atrás	1,02	6,46	I	
15	Buscar chaves e voltar para a mesa	0,25	7,47	E	X
16	Desmontar encosto do suporte	1,05	7,72	I	
17	Desmontar mordaza do suporte	0,85	8,77	I	
18	Buscar chaves e ir para a máquina	0,25	9,62	E	X
19	Desaparafusar porca da árvore e retirá-la	1,33	9,87	I	
21	Levar para a mesa e voltar	0,25	12,55	E	X
22	Puxar carro para a frente	0,25	12,80	I	

Nº	Tarefa	Tempo médio da tarefa (min.)	Tempo acumulado (min.)	Tipo	Movimentação
23	Retirar suporte, pinça e batente	0,98	13,05	I	
24	Buscar chaves	0,25	14,03	E	X
25	Retirar mandril da vareta	0,40	14,28	I	
26	Levar para a mesa	0,18	14,68	E	X
27	Buscar chaves	0,30	14,86	E	X
28	Tirar perno que prende a vareta	0,54	15,16	I	
29	Desaparafusar tubo do óleo da vareta	0,68	15,70	I	
30	Desenroscar vareta e retirá-la	1,35	16,38	I	
31	Levar para o armário e voltar	0,85	17,73	E	X
32	Buscar pistola de ar comprimido e montar	0,40	18,58	E	X
33	Soprar toda a máquina	1,23	18,98	E	
34	Buscar gasóleo	0,33	20,21	E	X
35	Retirar excessos de óleo com gasóleo	1,52	20,55	I	
36	Soprar máquina	0,62	22,07	E	
37	Ir para a mesa	0,18	22,68	E	X
38	Limpar encosto e mordança	0,47	22,86	E	
39	Limpar árvore e matrizes	0,48	23,33	E	
40	Limpar pinça	0,78	23,81	E	
41	Buscar vareta nova e levar para a máquina	1,30	24,60	E	X
42	Montar vareta	1,90	25,90	I	
43	Prender vareta com o perno	0,50	27,80	I	
44	Montar tubo do óleo na vareta	0,87	28,30	I	
45	Buscar novo mandril, pinça, batente e suporte	0,92	29,17	E	X
47	Montar batente, pinça e enroscar o suporte	1,42	30,27	I	
48	Enroscar mandril na vareta	0,84	31,69	I	

Nº	Tarefa	Tempo médio da tarefa (min.)	Tempo acumulado (min.)	Tipo	Movimentação
49	Buscar peças da árvore ao armário	0,18	32,53	E	X
50	Montar árvore	0,70	32,71	I	
51	Montar árvore na máquina	0,60	33,41	I	
52	Enroscar porca para prender árvore	0,90	34,01	I	
53	Buscar matrizes novas ao armário e levar para a máquina	0,25	34,91	E	X
54	Montar matrizes na árvore	0,20	35,16	I	
55	Buscar nova mordada ao armário	0,20	35,36	E	X
56	Montar mordada no suporte	0,85	35,56	I	
57	Levar mordada para a máquina	0,18	36,41	E	X
58	Montar mordada na máquina	0,80	36,59	I	
59	Buscar encosto novo ao armário	0,20	37,39	E	X
60	Montar encosto no suporte	1,04	37,59	I	
61	Levar encosto para a máquina	0,18	38,63	E	X
62	Encaixar encosto na máquina	0,20	38,81	I	
63	Encaixar suportes do braço	0,85	39,01	I	
64	Aparafusar suportes	0,45	39,86	I	
65	Recolher ferramentas da máquina	0,96	40,31	E	X
66	Levar ferramentas para o quadro e guardá-las	1,05	41,27	E	X
67	Arrumar peças da série anterior no armário	0,95	42,32	E	X
68	Verificar se máquina está pronta a funcionar	0,80	43,27	I	
69	Chegar suporte do encosto até à posição desejada e apertar	1,07	44,07	I	
70	Chegar suporte da mordada até à posição desejada e apertar	0,95	45,13	I	
71	Desenroscar a vareta até que o mandril fique na posição desejada	0,45	46,08	I	
73	Colocar tubo na máquina para fazer o novo programa	0,25	47,93	I	
74	Curvatura em modo manual	0,73	48,18	I	

Nº	Tarefa	Tempo médio da tarefa (min.)	Tempo acumulado (min.)	Tipo	Movimentação
75	Buscar peça <i>standard</i>	0,35	48,92	E	X
76	Comparar peça nova com a <i>standard</i>	1,67	49,27	I	
77	Ajustar posição do encosto	1,20	50,94	I	
78	Ajustar posição da mordça	1,13	52,14	I	
79	Ajustar posição do mandril	0,41	53,27	I	
80	Colocar tubo na máquina para fazer o novo programa	0,25	53,68	I	
81	Curvatura em modo manual	0,70	53,93	I	
82	Comparar peça nova com a <i>standard</i>	1,60	54,63	I	
83	Repetir tarefas necessárias até que a peça fique com o formato desejado	5,50	56,23	I	
84	Guardar todas as ferramentas no quadro	0,45	61,73	E	X
		62,18			

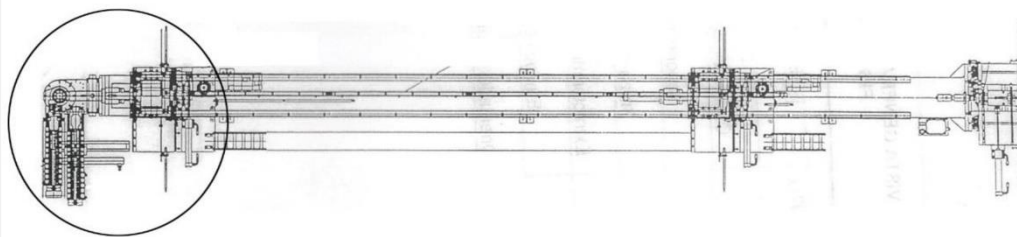
6.4 FICHA DE AFINAÇÃO DA CNC

FOLHA DE AFINAÇÃO - CNC

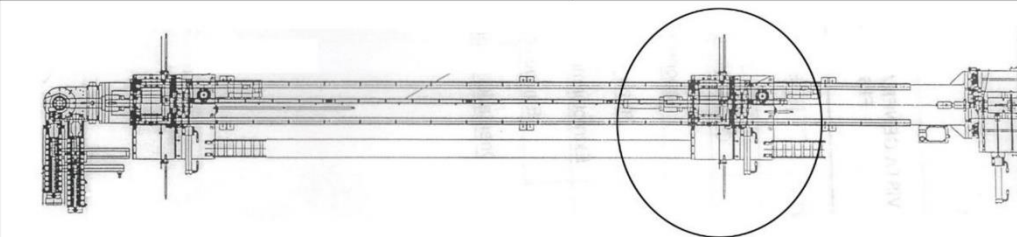
PEÇA A CURVAR	
Material	
Diâmetro	
Parede	

Velocidade	
------------	--

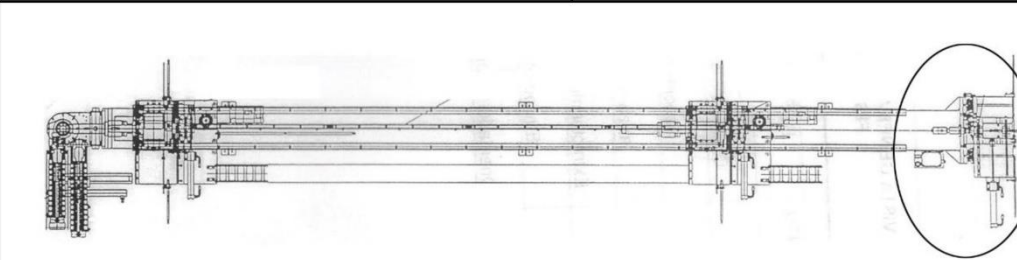
MEDIDAS



Distância mordaca-suporte	
Distância encosto-suporte	
Altura encosto	
Altura suporte do tubo	



Distância carro-suporte direito	
Distância carro-suporte esquerdo	



Distância mandril-matriz	
Distância suporte da vareta - suporte direito	
Distância suporte da vareta - suporte esquerdo	

DATA: _____

ELABORADO POR: _____

Figura 51 - Ficha de afinação da CNC

6.5 FICHA TÉCNICA DE UM PRODUTO

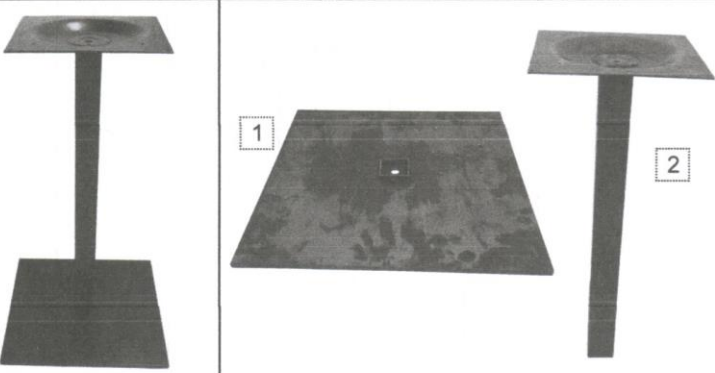
KUADRA-P		13-12-17
TEMPOS		
Serralharia	12	
Montagem	4	
TOTAL	16	
Peso	15 kg	
Altura	730 mm	
Largura	395 mm	
Comprimento	395 mm	
Embalagem		
Acabamento	P	
COMPOSIÇÃO		
<p>Base</p> <p>1x Base laser em chapa Q395 com 395x395x8mm 1x Anel em tubo 45x45x1,5mm com 9mm 4x Terminal red. 15X9x6 preto</p>		
<p>Estrutura</p> <p>1x Chapa estampada 280x280x3mm 8x Parafuso CQ PZD 5x20 zinc. para tampo em madeira 1x Coluna em tubo 50x50x1,5 com 695mm 1x Barra de fixação 40x8 com 46mm; Peso: 123g 1x Parafuso CE UMB DIN 7991 M12x50 oxd. 1x Anilha em aço recartilhada DIN 6798 M12 oxd. Tipo V</p>		
CONSTRUÇÃO		
<ul style="list-style-type: none"> - Cortar coluna em tubo 50x50x1,5 com 695mm - Cortar anel em tubo 45x45x1,5 com 9mm - Cortar barra 40x8 com 46mm - Alargar furo da Base para 13,5mm e escarear com broca de 25mm na parte de baixo - Fazer 4 furos na Base com 7mm de profundidade e 8mm de largura na parte de baixo - Furar barra com broca 10,25mm no centro e fazer rosca - Quebrar esquinas da Base - Soldar barra de fixação na parte de baixo interna da coluna - Soldar coluna à estampada 280x280x3mm - Aparafusar M12x50 com anilha M12 na Base e fixar na barra da coluna - Aparafusar CQ 5x20 na estampada 280x280x3mm ao tampo - Colocar Terminais 15x9x6 nos 4 furos da parte de baixo da Base 		
Embalagem		
<ul style="list-style-type: none"> - Cortar espuma e cartão de 80cm com 70cm para a base - Cortar espuma e cartão de 80cm com 25cm para a coluna 		

Figura 52 - Ficha técnica de um produto