

Implementação de Metodologias Lean na TEGOPI-Indústria Metalomecânica, SA

Estêvão Emanuel da Costa Amorim Gomes

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Paulo Osswald

Orientador na TEGOPI-Industria Metalomecânica, SA: Eng.º Ivo Gonçalves



FEUP

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

2012-06-29

*The most dangerous kind of waste
is the waste we do not recognize
[Shigeo Shingo]*

Resumo

Esta dissertação foi realizada numa empresa de industria metalomecânica em que se analisou as linhas de montagem de torres eólicas com o objetivo de reduzir as fontes de desperdício e melhorar a produtividade.

Assim realizou-se e implementou-se *standards* nas linhas de montagem dos tramos das torres eólicas e implementou-se o programa dos 5S nos postos de trabalho. Com isto pretendeu-se criar as condições de estabilidade necessárias para a realização do processo produtivo com a menor variabilidade possível, permitindo assim as reduções do desperdício e a melhoria da produtividade requeridas.

Realizaram-se propostas de melhoria com o intuito de eliminar algumas fontes de desperdício existentes em alguns processos utilizando diversas ferramentas *lean*.

Com a implementação dos standards conseguiu-se melhorias significativas da produtividade para todos os tramos e reduções do *lead time*. As reduções obtidas devido a este projeto não puderam ser isoladas doutros ganhos de produtividade, pois a sua implementação foi coincidente com a introdução dum novo modelo de torre, mas estas são expectáveis que sejam significativas e permanentes.

Com a implementação dos 5S conseguiu-se melhorar as condições dos postos de trabalho e assim potenciar a execução das operações de uma forma mais eficiente.

Implementation of lean methodologies

Abstract

This subject of this dissertation was developed in the assembly lines of wind turbine towers in an engineering company, with the objective of reducing waste and improving productivity.

Standard works were developed and implemented for each of the work places that manufacture the sections of the wind turbine towers. A 5S programme was also implemented in the work stations. The objective is to achieve the stability and standardization conditions of the production process, reducing variability and thus enabling improvements required.

Specific proposals for continuous improvement were made with the purpose of reducing some sources of waste that were identified using several *lean* tools.

With the implementation of the *standards*, productivity was increased and the *lead time* was reduced. The actual reduction due to this project could not be isolated from other productivity gains, as their implementation was coincident with the introduction of a new tower model, however they are expected to be significant and permanent.

Moreover, with the implementation of the 5S programme, the state of the work stations was improved allowing the execution of the operations in a more efficient way.

Agradecimentos

Ao Engenheiro Ivo Gonçalves por toda a disponibilidade, motivação e orientação prestada.

Ao Jaime Pereira e ao Tiago Chaves pela integração, apoio e bom ambiente criado ao longo do projeto.

Aos colaboradores do Controlo de Qualidade e da Área Técnica pelo apoio na integração na empresa.

Ao Engenheiro Eduardo Teixeira, Engenheiro João Gomes e ao Fernando Vasconcelos pela disponibilidade de discutir ideias e pelo apoio prestado.

Ao Professor Paulo Osswald por todo o seu apoio e orientação prestada ao longo da dissertação.

Aos meus Pais que me deram o apoio necessário durante todo o meu percurso académico.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Apresentação da Empresa TEGOPI- Indústria Metalomecânica, S.A.....	1
1.2	Implementação de Metodologias Lean na Tegopi-indústria Metalomecânica S.A.	2
1.3	Método seguido no projeto.....	3
1.4	Temas Abordados e sua Organização no Presente Relatório	4
2	Conceitos e metodologias Lean	5
2.1	Fundamentos do lean	5
2.2	5S	7
2.3	Kaizen e melhoria contínua.....	8
2.4	Just-In-Time	9
2.5	Jidoka.....	12
2.6	Value Stream Mapping (VSM).....	14
2.7	Diagrama de Spaghetti.....	14
2.8	Medição e definição dos tempos <i>standards</i>	14
3	Descrição da situação atual	15
3.1	O produto	15
3.2	Análise da situação atual	16
3.3	VSM das torres eólicas	21
4	Definição e implementação dos standards nas linhas de montagem.....	24
4.1	Recolha e tratamento dos tempos	24
4.2	Definição dos elementos que constituem os <i>standards</i>	24
4.2.1	Definição dos tempos <i>standard</i>	24
4.2.2	Definição de operações em simultâneo	27
4.2.3	Fluxos entre os postos de trabalho	28
4.3	Definição dos standards.....	30
4.4	Implementação e acompanhamento dos standards nas linhas de montagem.....	32
4.5	Resultados obtidos aquando da implementação dos standards	32
5	Implementação dos 5S e identificação de oportunidades de melhoria	36
5.1	Implementação dos 5S nos postos de trabalho	36
5.2	Outras propostas de melhoria	41
6	Conclusões e perspetivas de trabalho futuro.....	46
	Referências	47
	ANEXO A: Desenhos das torres de 85 e 100 metros	49
	ANEXO B: Símbolos utilizados no VSM	50
	ANEXO C: Análise SMED ao processo de soldadura circular	51
	ANEXO D: Instrução de trabalho da máquina de oxicorte.....	53
	ANEXO E: Modelo da auditoria 5S	61
	ANEXO F: Número de ciclos a ser observado	63
	ANEXO G: Instrução de trabalho para o abastecimento dos cristos	64

ANEXO H: *Standards* das linhas de montagem66
ANEXO I: *Standards* dos principais processos.....84

Índice de Figuras

Figura 1-Ponte e pórtico rolante (TEGOPI, 2007)	2
Figura 2-Distribuição percentual do volume de vendas por produto/serviço comercializados pela TEGOPI no ano de 2011	3
Figura 3- Cronograma das atividades ao longo do projeto.....	4
Figura 4- Ciclo <i>order to cash</i> (Ohno, 1998).....	6
Figura 5-O processo de melhoria contínua(Imai, 1997).....	8
Figura 6 - Flange montada num tramo	15
Figura 7 - Layout das linhas das torres eólicas.....	16
Figura 8-VSM do estado atual das torres eólicas	22
Figura 9-Layout esquemático dos postos de trabalho e movimentações dos tramos	29
Figura 10-Exemplo de um <i>standard</i> para o tramo St de 85m (posto 9C e 7C).....	31
Figura 11-Evolução do número de falhas da sequência ao longo do acompanhamento dos <i>standards</i>	33
Figura 12-Evolução global dos desvios registados relativamente ao <i>standard</i>	34
Figura 13-Evolução global da variabilidade dos processos	34
Figura 14-Estado do armário antes da implementação dos 5S	36
Figura 15-Estado da secretária antes da implementação dos 5S	37
Figura 16- Degradação inicial do posto de trabalho.....	37
Figura 17- Estado do armário após a implementação dos 5S.....	37
Figura 18-Estado da secretária após a implementação dos 5S	38
Figura 19-Estado da calandra antes da implementação dos 5S	38
Figura 20-Estado dos armários e afins antes da implementação dos 5S	39
Figura 21-Estado da calandra após implementação dos 5S.....	39
Figura 22-Estado dos armários e afins após a implementação dos 5S	39
Figura 23- Carrinhos com as ferramentas necessárias ao processo de montagem	40
Figura 24-Estado das marcações dos postos de trabalho e dos recipientes dos pinos antes da implementação dos 5S	40
Figura 25- Estado das marcações dos postos de trabalho e dos recipientes dos pinos depois da implementação dos 5S	40
Figura 26-Melhoria relativa à implementação dos 5S.....	41
Figura 27-Análise 5 Porquês para o processo de chanfragem.....	42
Figura 28-Diagrama de Spaghetti do processo de soldadura dos pinos (escala 1:201).....	42
Figura 29-Diagrama de Spaghetti do processo de setup de soldadura circular exterior (escala 1:141).....	43
Figura 30-Diagrama de Spaghetti com a nova proposta de movimentações (escala 1:141)	44

Figura 31-Extrato dum desenho técnico dum torre completa de 100m.....49
Figura 32-Extrato dum desenho técnico dum torre completa de 85m.....49

Índice de Tabelas

Tabela 1-Legenda do <i>layout</i> das linhas das torres eólicas.....	16
Tabela 2-Dados relativos ao custo anual relativo às movimentações de chapa e dos tramos ..	18
Tabela 3-Dados relativos ao custo anual relativo às movimentações dos tramos.....	18
Tabela 4-Apresentação das estatísticas descritivas para os diferentes processos.....	24
Tabela 5- Apresentação das estatísticas descritivas para os diferentes processos (cont.)	25
Tabela 6-Limite inferior e superior dos intervalos de confiança a 95%	26
Tabela 7-Ganhos de produtividade conseguidos com a introdução da realização de processos em simultâneo.....	28
Tabela 8-Legenda das movimentações.....	28
Tabela 9-Redução dos <i>lead times</i> após a implementação dos <i>standards</i>	35
Tabela 10-Possibilidade de redução de <i>lead times</i> existente.....	35
Tabela 11-Taxas de consumo médias para os dois tipos de fio das bobines utilizados	45
Tabela 12-Tempos estimados de duração das bobines.....	45
Tabela 13-Símbolos principais utilizados no VSM.....	50
Tabela 14-Sequência das tarefas realizadas durante o setup numa soldadura circular	51
Tabela 15-Nova proposta de sequência das tarefas para o setup numa soldadura circular	52
Tabela 16-Guia para o número de ciclos a serem observados (Niebel, 1958)	63

1 Introdução

Atualmente tendo em conta o panorama nacional e internacional de instabilidade e incerteza resultante da crise financeira que se abateu em 2008, muitas empresas na impossibilidade de recorrerem a financiamento externo para suportarem as suas atividades, têm de potenciar a utilização dos seus recursos de forma a conseguirem manter-se competitivas e flexíveis na resposta às necessidades dos seus clientes. Uma maneira de conseguir isso é a implementação de metodologias *lean*. O *lean* que tem como princípio fundamental a redução do desperdício, é uma das formas em que não exige praticamente nenhum investimento em equipamentos e que consegue obter grandes resultados em termos de aumentos de eficiência, produtividade entre outros, devido a um melhor aproveitamento e alocação dos recursos existentes e uma redução das atividades que não acrescentam valor.

É neste contexto que foi desenvolvida esta tese no âmbito do Mestrado Integrado de Engenharia Industrial e Gestão da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, que se foca essencialmente na realização e implementação dos 5S e dos *standards* de trabalho, nos postos de trabalho das linhas de produção das colunas para torres eólicas.

1.1 Apresentação da Empresa TEGOPI- Indústria Metalomecânica, S.A.

A empresa TEGOPI foi fundada em 1946 por António Teixeira Gomes e Manuel de Pinho segundo o regime jurídico das sociedades por quotas com a subscrição de capital social de 50 contos¹ e com a denominação de Teixeira Gomes e Pinho, Lda. A principal atividade nesta altura consistia na realização de instalações elétricas. No final da década de 50 a empresa muda-se das instalações do Porto para Vilar do Paraíso, Vila Nova de Gaia onde ainda hoje permanece.

O surgimento de grandes projetos industriais na década de 60 faz com que a empresa se posicione na área de metalomecânica, em que começa a produção e venda de pontes e pórticos rolantes, produto que se torna imagem de marca da empresa e que ainda hoje comercializa (figura nº1).

¹ Denominação relativa ao escudo em que um conto correspondia a mil escudos (cinco euros)



Figura 1-Ponte e pórtico rolante (TEGOPI, 2007)

Em 1988 a TEGOPI muda de regime jurídico de sociedades por quotas para o das sociedades anónimas, obtendo assim a sua designação atual, TEGOPI-Indústria Metalomecânica, S.A.

Em 1993, o Grupo Quintas & Quintas faz uma aquisição das ações da TEGOPI ficando a deter 100% do capital social.

Atualmente a TEGOPI desenvolve a sua atividade económica em três grandes áreas de negócio: torres eólicas, equipamentos de elevação e movimentação e mecano soldados.

Na área dos equipamentos de elevação e movimentação (pontes e pórticos rolantes) a TEGOPI é líder de mercado com 50% de quota do mercado português. Destaca-se a participação nalguns projetos como a construção da barragem do Alqueva ou o fornecimento de equipamentos para a nova fábrica da Portucel em Setúbal inaugurada em 2009. (Global, 2012)

Na área das torres eólicas, a TEGOPI é também o maior produtor nacional de torres exportando cerca de 95% da sua produção. Os principais mercados de exportação são a Alemanha, França e Reino Unido, sendo que os principais clientes são a GE, Nordex, Enercon, Efacec e Terex. Nesta área de negócio, em 2009 a TEGOPI iniciou o seu processo de internacionalização realizando uma *joint-venture* com uma empresa turca, a ALKEG-TEGOPI com o objetivo de expandir os seus mercados de exportação de forma a abranger a região do Mar Negro (Global, 2012).

Na área dos mecano soldados, os principais produtos comercializados são chassis, flechas e charriots para equipamentos de movimentação.

1.2 Implementação de Metodologias Lean na Tegopi-indústria Metalomecânica S.A.

Este projeto tem como objetivo principal o aumento da produtividade das linhas de montagem dos tramos das torres eólicas. Para se conseguir atingir esse objetivo definiu-se e implementou-se *standards* nas linhas de montagem dos tramos das torres eólicas. Isto deve-se ao facto de não existir até este momento, uma sequência bem definida da realização dos diversos processos num dado posto de trabalho para um dado tramo e não existir uma definição dos tempos dos mais variados processos. Ora, isto é deveras importante pois com a definição dos *standards* consegue-se saber à partida, por um lado, quanto tempo demorará uma torre eólica a ser fabricada e por outro, conseguir ter um controlo mais apertado sobre os processos.

Além disto, realizou-se a implementação dos 5S nos postos de trabalho. Com os 5S pretende-se sobretudo melhorar as condições dos postos de trabalho de forma a facilitar o trabalho dos operadores e ao mesmo tempo, a reduzir potenciais fontes de desperdício.

As torres eólicas têm, cada vez mais, um peso preponderante na atividade económica da empresa e isto faz com que exista a necessidade de conseguir extrair o máximo proveito possível desta atividade. Isto pode ser verificado na distribuição do volume de negócios total, relativo a cada um dos produtos produzidos e comercializados pela empresa no ano de 2011 apresentado na figura nº2

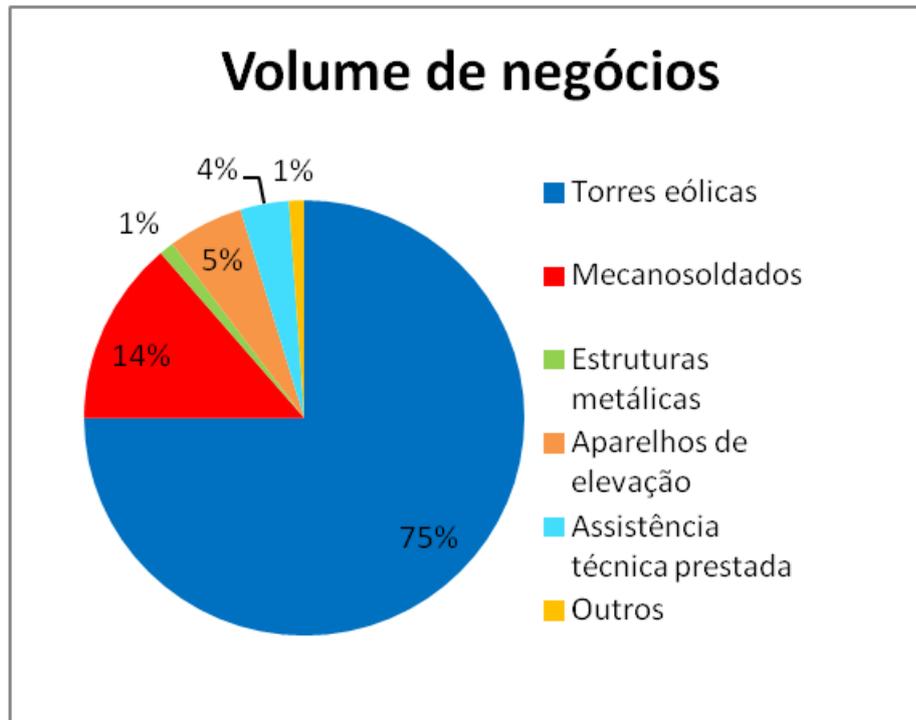


Figura 2-Distribuição percentual do volume de vendas por produto/serviço comercializados pela TEGOPI no ano de 2011

Como se pode verificar na figura nº2, o peso que as torres eólicas apresentam ao nível do volume de negócios é de cerca de 75%, do volume de negócios total da empresa (que revela um crescimento de cerca de 10% relativamente ao ano de 2010) (AICEP, 2010). Isto revela a importância cada vez maior que este produto tem vindo a ter na atividade económica da empresa. Assim, é apenas natural que se procure a implementação de metodologias *lean* de forma a reduzir eventuais fontes de desperdício e assim se poder garantir uma atividade mais sustentável da empresa na fabricação e comercialização de torres eólicas.

1.3 Método seguido no projeto

No início do projeto foi definido a metodologia de abordagem ao problema.

Numa primeira fase, fez-se o registo do estado atual da empresa, através do levantamento de tempos e análise de cada processo referente à produção das colunas para torres eólicas. Ao mesmo tempo fez-se uma revisão bibliográfica sobre o tema, de forma a ser possível implementar de forma correta as metodologias *lean*.

Numa segunda fase, fez-se uma análise dos tempos recolhidos por forma a definir-se os *standards* de trabalho para cada posto de trabalho. Em simultâneo, com base na observação das operações nos postos de trabalho, foram implementadas medidas 5S.

Numa terceira fase realizou-se o acompanhamento da implementação dos *standards* em cada posto de trabalho e foram feitas auditorias 5S periódicas para verificar se as melhorias implementadas resultantes da aplicação dos 5S se mantêm.

O cronograma que ilustra a calendarização das atividades é mostrado na figura nº3.

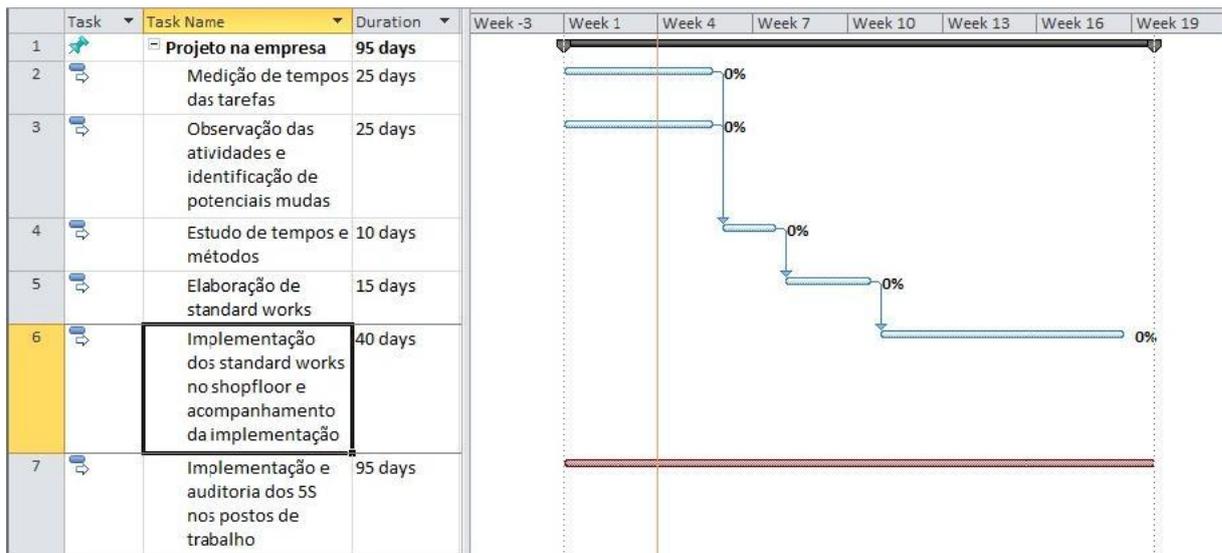


Figura 3- Cronograma das atividades ao longo do projeto

1.4 Temas Abordados e a sua Organização no Presente Relatório

Esta dissertação encontra-se dividida em seis capítulos.

No primeiro capítulo é feita uma exposição introdutória sobre o tema, a empresa onde foi realizada a dissertação e a metodologia seguida.

No segundo capítulo é feita uma revisão bibliográfica sobre os principais conceitos, princípios e metodologias que compõem o *lean* e que são importantes para a realização deste trabalho.

No terceiro capítulo é exposta a situação inicial da empresa, sendo efetuada uma breve explicação de todas as operações que constituem o processo produtivo das colunas para torres eólicas.

No quarto capítulo é exposta a metodologia utilizada na definição e implementação dos *standards* de trabalho nas linhas de montagem das torres eólicas da empresa.

No quinto capítulo é apresentada a implementação e os resultados obtidos resultantes dos 5S nos postos de trabalho. Além disto, são identificadas também algumas fontes de desperdício (*muda*) ao longo das diferentes operações, que constituem o processo produtivo e expostas as respetivas propostas de melhoria.

Finalmente, no capítulo seis apresentam-se as conclusões do trabalho realizado e as propostas para a realização de trabalhos futuros.

2 Conceitos e metodologias Lean

2.1 Fundamentos do lean

O conceito de *lean* surgiu aquando da implementação e divulgação do TPS (*Toyota Production System*) desde o fim da 2ª Guerra Mundial até ao fim dos anos 80 na Toyota. Este sistema tem por base dois princípios fundamentais: a redução do desperdício e o respeito pelas pessoas (Jacobs et al., 2009).

O desperdício (ou *muda*) pode ser definido como toda e qualquer atividade que absorve recursos mas que não acrescenta valor (Womack and Jones, 2003). Existem sete tipos fundamentais de *muda* (Womack and Jones, 2003):

1. Produção excessiva (*overproduction*). Produzir uma quantidade de produtos superior ao número de pedidos. Isto provocará excesso de inventário na fábrica e utilização excessiva de recursos (espaço de armazenamento, pessoal, transporte);
2. Processamento excessivo (*overprocessing*). Este tipo de muda é dos mais difíceis de se detetar, porque está muitas vezes associado à realização de um número de operações dentro dum dado processo superior ao necessário e a que o cliente não atribui qualquer tipo de valor;
3. Movimentação desnecessária (*motion*). Todo o tipo de movimentações desnecessárias que o operador tem de realizar durante a realização da sua tarefa (ex.: procurar ferramentas, deslocar o produto em processamento, etc.);
4. Tempo de espera (*waiting time*). Quantidade de tempo que os operadores e máquinas estão parados e/ou à espera de realizarem a próxima tarefa/processo (ex.: estar à espera de peças da estação anterior);
5. Inventário (*inventory*).Quantidades elevadas de inventário que acarretam em si custos elevados de stockagem e que escondem diferentes problemas que podem ocorrer entre os quais defeitos e avarias do equipamento;
6. Transporte (*transportation*). Transporte de materiais/produtos dentro da fábrica. O facto de durante o transporte não estar a ser realizado nenhuma atividade que acrescente valor ao cliente, isto leva a um encargo adicional para a organização;
7. Não conformidades ou defeitos (*defects*). Produtos/peças que não estão conformes e são ou reparadas ou descartadas.

Ainda existe um oitavo tipo de *muda*, de acordo com Liker (2003), que é a inutilização da criatividade dos trabalhadores. Isto consiste em perder tempo, ideias, oportunidades de melhoria e oportunidades de aprendizagem devido a não ouvir os trabalhadores. Esta forma de desperdício passa muitas vezes despercebido mas é muito importante, pois os trabalhadores são aqueles que mais tempo passam no chão de fábrica e como tal, são as pessoas que melhor conhecem o comportamento do equipamento e têm um conhecimento mais profundo dos processos. Assim, são provavelmente as pessoas com maior conhecimento de causa, tornando-as também as pessoas mais indicadas para proporem melhorias relativamente às tarefas que desempenham no dia a dia.

Além destes oito tipos de *muda* existem mais duas formas de desperdício que são: *muri* (無理) e *mura* (.斑) (Liker, 2003).

Muri consiste na sobrecarga dos recursos (pessoas e/ou equipamento) além dos limites naturais, colocando assim expectativas irreais nestes. Isto poderá provocar problemas de

segurança e de qualidade relativamente aos trabalhadores, avarias e defeitos relativamente aos equipamentos (Liker, 2003). *Mura* é o resultante da inexistência de balanceamento do trabalho nos diferentes postos de trabalho. Isto poderá resultar de planeamentos de produção inadequados, ou de elevada flutuação nos volumes de produção internos devido por exemplo a avarias, peças em falta ou defeitos (Liker, 2003). Como se pode observar *muda*, *muri* e *mura* estão intimamente ligados sendo que existe uma ligação entre estes três tipos de desperdício. Se existir uma falta de balanceamento na (s) linha (s) de produção, este desnível fará com que exista uma possível quantidade excessiva de trabalho (*muri*) num dado posto de trabalho, o que levará ao aparecimento de *bottlenecks*. Por sua vez, o facto de existirem *muri* e *mura* faz com que exista *muda* (por exemplo o facto de existir um *bottleneck* faz com que existam atividades com folga, sendo que nessas atividades os trabalhadores e o equipamento estarão, por vezes, à espera que as atividades realizadas no *bottleneck* estejam terminadas, incorrendo assim numa forma de *muda* - tempo de espera).

A redução e eliminação dos *muda* é algo essencial, pois conseguir-se-á um melhor aproveitamento dos recursos existentes e melhoria da eficiência dos processos e com isso encurtar o ciclo *order to cash* referido por Ohno (fig.4).

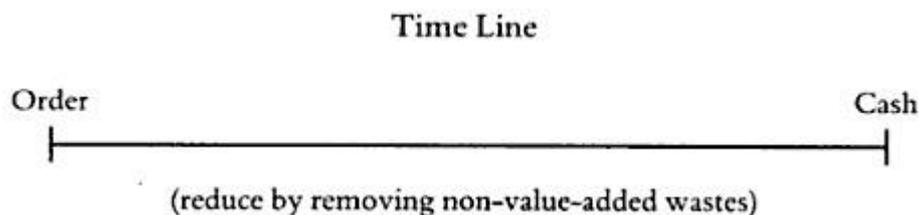


Figura 4- Ciclo *order to cash* (Ohno, 1998)

O ciclo *order to cash* basicamente representa o tempo desde que um pedido é feito por parte do cliente até receber o seu pedido (e efetuar o respetivo pagamento). Em todo este processo existirão atividades que acrescentam valor e atividades que não acrescentam valor (*muda*) (Ohno, 1998). Deve-se reduzir (e se possível eliminar) todas as atividades que não acrescentam valor para que o *lead time* seja o mais curto possível e assim a organização possa receber o seu pagamento o mais depressa possível (Ohno, 1998). Mas, para se saber quais as atividades que acrescentam e não acrescentam valor tem de se definir o conceito de valor.

Valor, segundo uma perspetiva *lean*, são todos os produtos ou serviços que satisfazem as necessidades do cliente a um determinado preço e num determinado instante (Womack and Jones, 2003). Esta perspetiva de valor é deveras importante, pois hoje em dia estando na presença de mercados saturados em que a oferta é bastante superior à procura, é o cliente que terá a última palavra em termos de definição das características (ex.: preço, qualidade, etc.) que pretende no seu produto ou serviço. Então as organizações têm de procurar obter as suas margens de lucro através da redução de custos internos, não essenciais para providenciar um produto/serviço com os requisitos definidos pelo cliente ao preço mais competitivo. Tal como foi referido atrás, isto pode ser conseguido através da redução ou eliminação de atividades que não acrescentam valor, ou seja, através da redução do *muda*.

Outro princípio fundamental em que assenta o *lean* é o respeito pelas pessoas. Até meados da década de 1990, no Japão, a maior parte das empresas adotava uma política de trabalho para a vida. No entanto, com o arrebentar da bolha de especulação dos ativos no Japão, muitas empresas foram forçadas a realizar reestruturações. Estas foram conseguidas sobretudo através de transferências de trabalhadores para empresas subsidiárias, reduções drásticas das contratações e a criação de planos atrativos de reforma antecipada, evitando ao máximo

recorrer aos despedimentos. (Kato, 2001; Ono, 2007) . No entanto, atualmente continuam a existir provas da continuidade da prática da política do emprego para a vida (Kato, 2001; Ono, 2007), sendo que quer os trabalhadores quer os empregadores continuam a mostrar apoio a esta política (Ono, 2007). O objetivo desta política é servir como incentivo que promove a lealdade e o compromisso dos trabalhadores para que estes façam o máximo pela empresa, conseguindo assim potenciar as qualidades dos seus colaboradores o que se traduzirá em ganhos de produtividade. Além disto, o facto de que uma grande parte dos colaboradores das empresas japonesas possuem níveis de formação elevados, permite conseguir ganhos de produtividade maiores que advém das sinergias inerentes entre colaboradores (mesmo entre níveis de hierarquia diferentes) (Takeuchi et al., 2007) e também devido à própria cultura japonesa, que tem imbuída em si valores tais como o respeito e a exigência.

2.2 5S

Os 5S são uma ferramenta *lean* que pretende a criação e manutenção do local de trabalho de forma bem organizada, com elevada eficácia e qualidade (Michalska and Szewieczek, 2007). O conceito dos 5S tem as suas raízes na cultura japonesa, que é vista pelos japoneses como uma aplicação holística usada para criar padrões de ética e moral e que é suportada nos pressupostos filosóficos do Xintoísmo, Budismo e Confucionismo. (Kobayashi et al., 2008). Pode-se ir mais além e afirmar que vários dos princípios traduzidos pelos 5S estão hoje desprovidos de qualquer conotação religiosa e estão imbuídos no dia a dia dos japoneses.

Os 5S são baseados nos acrónimos japoneses que começam pela letra S *seiri* (整理), *seiton* (整頓), *seisou* (清掃), *seiketsu* (清潔) e *shitsuke* (躰) que significam respetivamente triagem, arrumação, limpeza, normalização e disciplina. Na implementação do *seiri* pretende-se perceber quais os materiais e ferramentas que são essenciais para a execução das tarefas no posto de trabalho, sendo que o que não for essencial é separado para ser descartado (Michalska and Szewieczek, 2007). Na execução do *seiton* o foco está na arrumação dos materiais e ferramentas, sendo que estes devem ser colocados em lugares próximos, acessíveis, e se possível à distância duma mão, para que as movimentações associadas à recolha dos materiais/ferramentas sejam o mais eficiente possível (Michalska and Szewieczek, 2007). *Seisou* consiste na limpeza do posto de trabalho, pois só assim se conseguirá garantir condições de higiene e segurança necessárias à execução das tarefas no posto de trabalho e ao mesmo tempo conseguir ter a transparência necessária para conseguir identificar problemas que possam surgir (ex.: avarias, fugas de gás, etc.) e rapidamente os corrigir (Michalska and Szewieczek, 2007; Gapp et al., 2008). *Seiketsu* traduz-se no desenvolvimento de *standards* no posto de trabalho, via procedimentos e instruções de trabalho, que definirão todos os passos a seguir na execução duma dada tarefa e/ou dum dado equipamento (Michalska and Szewieczek, 2007). Além disto também deverão existir *standards* que definam a posição e designação dos materiais e ferramentas no posto de trabalho. Estes *standards* devem ter imbuídos em si métodos visuais que os tornem mais facilmente perceptíveis e intuitivos (Gapp et al., 2008). Finalmente é necessário garantir a manutenção da condição resultante da implementação dos anteriores S no posto de trabalho. Isto é conseguido através do *shitsuke*. Assim *shitsuke* consiste no exercício da disciplina necessária por parte dos operadores para que estes realizem as tarefas de manutenção do posto de trabalho (que passa por continuar a implementar os restantes S), na formação e educação dos trabalhadores, de forma a melhorar o nível de motivação e assim conseguir aumentar a qualidade e os *standards* de trabalho (Gapp et al., 2008). A implementação bem-sucedida dos 5S irá aumentar não só a eficiência (via redução dos desperdícios e racionalização das

atividades nos postos de trabalho) mas também a eficácia da organização, devido às sinergias que se vão estabelecer entre trabalhadores (Kobayashi et al., 2008). Isto acontece quando durante a implementação dos 5S é fomentada a participação total das pessoas de toda a estrutura organizacional, criando assim um espírito de equipa e empenho transversal a toda a organização. Este empenho transversal será a base para a instituição das atividades de melhoria contínua e de *kaizen*.

2.3 Kaizen e melhoria contínua

Kaizen (改善) é uma palavra japonesa composta por dois *kanji*: *kai* (改) que significa revisão/mudança e *zen* (善) que significa bom. Assim *kaizen* (que é a junção dos dois *kanji* anteriores) pode-se afirmar como tendo o significado de melhoria contínua. A implementação do *kaizen* está associada a uma visão global de que no longo prazo melhorias incrementais sucessivas num dado contexto organizacional acabarão por trazer bons resultados sem grandes investimentos (ao invés de grandes mudanças normalmente associadas à inovação disruptiva ou a mudanças de paradigma radicais) (Imai, 1997). De forma a poder ser bem implementado é necessário que exista empenho e envolvimento da gestão de topo (Imai, 1997), pois só assim é que será possível transmitir aos trabalhadores o empenho necessário, para que eles tomem a iniciativa na implementação de práticas de melhoria contínua e tornem esta filosofia parte integrante da cultura da empresa, e com a autonomia suficiente para a implementação de melhorias que necessitem de paragens de produção e ou de equipamento na empresa. O *kaizen* está suportado em dois ciclos de melhoria contínua: o PDCA e o SDCA. (ver figura nº5).

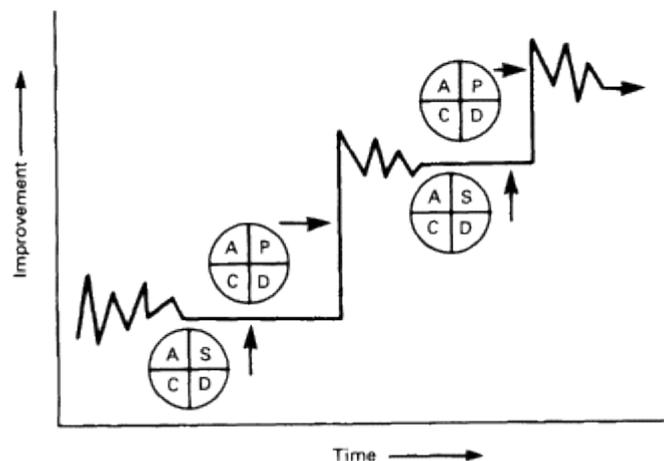


Figura 5-O processo de melhoria contínua(Imai, 1997)

O ciclo SDCA (*standardize-do-check-act*) basicamente consiste em que antes de se considerar qualquer tipo de melhoria a implementar deve-se primeiro normalizar os processos atuais de forma a reduzir a variabilidade ao máximo e assim possuir um conjunto de práticas comuns a toda a organização em cada um dos seus processos. Só depois se pode começar a pensar em efetuar determinada melhoria. Então após a estabilização dos processos começa-se por se melhorar um determinado processo. Essa melhoria passará pela passagem das diferentes etapas do ciclo PDCA (*plan-do-check-act*). Na fase de planeamento (*plan*) são definidas as metas a serem atingidas e as ações de melhoria a serem implementadas. Na fase de execução (*do*) são postas em prática as ações de melhoria de acordo com o que foi planeado. Na fase de verificação (*check*) são avaliados os resultados obtidos pela execução das ações de melhoria e verificados quais os desvios existentes. Na fase de ação (*act*) são implementadas eventuais

ações de correção de desvios e/ou fazer novamente o planeamento de ações/metapas. Após a conclusão da implementação da melhoria é necessário normalizá-la por toda a organização utilizando o ciclo SDCA. Este padrão de normalização e melhoria repetir-se-á sempre, constituindo isto o mecanismo da melhoria continua. Associado ao conceito do *kaizen* está também o conceito de *hansei*. *Hansei* (反省) é a palavra japonesa para reflexão e consiste em realizar uma introspeção sobre as fraquezas existentes e em como as superar (Liker, 2003). Isto é deveras importante (sobretudo quando as coisas correm bem), pois é este processo, o de olhar constantemente para as fraquezas e para o que se podia ter feito melhor que vai ser a incubadora da mudança e que permitirá que o *kaizen* tenha o seu contributo aumentado.

2.4 Just-In-Time

O Just-In-Time é uma filosofia de produção que, quando implementada, permite fornecer ao “cliente o que ele quer, quando ele quer e na exata quantidade que ele quer” (Jacobs et al., 2009; Huang and Kusiak, 1996), podendo assim ser considerado como “um sistema de produção para atingir excelência através de melhoria continua na produtividade e na eliminação do desperdício” (Fullerton and McWatters, 2001). De forma a poder satisfazer o cliente “quando ele quer” o *lead time* do produto/serviço a fornecer terá de ser relativamente curto (idealmente seria instantâneo). Ora para isto ser possível, uma das condições fundamentais é a existência da quantidade mínima de inventário ao longo dos processos (work-in-progress ou WIP) para que o *lead time* seja o menor possível². Assim para conseguir garantir isto, é necessário garantir as seguintes condições:

- Existência de uma relação de proximidade com os fornecedores;
- Qualidade na fonte;
- Garantia de qualidade dos processos;
- Balanceamento dos postos de trabalho;
- Planeamento congelado (*heijunka*);
- Trabalhadores autónomos e multidisciplinares;
- Tamanhos de lote reduzidos.

A existência de uma relação de proximidade com os fornecedores é essencial de forma a obter entregas frequentes de matéria-prima, pois só assim será possível responder no menor tempo possível a um dado pedido dum cliente não incorrendo em grandes volumes de stock de matéria-prima.

A qualidade na fonte traduz-se pela garantia de qualidade das matérias-primas obtidas através do fornecedor. Esta é uma condição necessária pois só assim será possível realizar produtos que satisfaçam os requisitos do cliente, o mais depressa possível, sem ter que incorrer em reparações extra e/ou outros encargos adicionais relativos às matérias primas.

A garantia da qualidade dos processos é uma condição necessária, pois uma empresa que opere em Just-In-Time precisa de ter um controlo de qualidade do processo de forma a conseguir, por um lado, detetar mais rapidamente defeitos que possam ocorrer e repará-los assim que estes ocorram e, por outro lado, desta forma conseguir evitar a propagação de

² Esta relação pode ser facilmente verificada através da Lei de Little que considerando situações estacionárias afirma que o *lead time* será igual ao WIP a dividir pela taxa de produção. (Jacobs et al., 2009)

defeitos ao longo do processo produtivo. Se só houvesse um controlo de qualidade no produto final seria de todo impossível conseguir detetar atempadamente muitas das não conformidades que podem ocorrer. Isto é devesas importante, pois a qualidade é um dos fatores mais importantes na perspetiva do cliente, podendo-se mesmo afirmar que será um factor diferenciador em termos de posicionamento duma empresa no mercado. Ora isto faz com que um único produto defeituoso no mercado possa afetar severamente a imagem de marca da empresa no mercado e possa até comprometer seriamente a viabilidade da empresa no longo prazo. Além disto, quando uma empresa opera em JIT, o facto de que possui a quantidade mínima de inventário faz com que muitas das vezes esta não possui capacidade para reparar/refazer um dado produto devido a não ter tempo para isso (pois ao ter que ser feita uma dada reparação corre-se o risco de não conseguir cumprir o tempo de realização de um dado produto/serviço no tempo necessário). Assim a empresa vai ter que imbuir na sua organização mecanismos de controlo e de melhoria/garantia de qualidade (ver subsecção 2.5).

O balanceamento dos postos de trabalho é uma condição que deve ser verificada, pois só assim é que será possível reduzir a quantidade de inventário a um mínimo e garantir um fluxo contínuo de produção. O balanceamento dos postos deve ser feito segundo a noção de *takt time*. *Takt time* é o máximo intervalo entre a conclusão de unidades consecutivas dum dado produto e é definido como o quociente entre o tempo de produção disponível e a procura do cliente por um determinado produto (Black, 2007; Miltenburg, 2001). Então pode-se afirmar que o *takt time* não é mais do que o tempo que a empresa deve demorar a produzir um determinado produto de forma a satisfazer a procura do cliente. Assim deve-se procurar balancear os postos de trabalho para que o tempo de ciclo destes seja igual ou inferior ao *takt time* (na realidade deve-se procurar sempre que o tempo de ciclo seja ligeiramente inferior ao *takt time* para que seja possível acomodar variações na procura), para assim satisfazer o cliente “quando ele quer e na quantidade que ele quer”.

O planeamento congelado (*heijunka*) é uma condição necessária para a implementação do JIT, pois tem de existir pelo menos uma razoável estabilidade em termos da variabilidade da procura, para assim poder ser trasladado o valor da procura para períodos temporais mais curtos (semanas), em que a produção é fixa. Uma das claras vantagens da implementação deste tipo de planeamento é a estabilização da produção e a diminuição do inventário, sendo que essa diminuição poderá permitir perceber quais são os eventuais problemas que podem estar a afetar o rendimento da produção (pois a existência de grandes quantidades de inventário permitem a ocultação de problemas tais como avarias das máquinas, não conformidades dos produtos, etc.). Normalmente associado ao *heijunka* está o uso do *kanban*. *Kanban* é um cartão que controla a produção, transporte e inventário, pois além da sua função principal, que é puxar as peças a serem produzidas (respondendo assim ao pedido do cliente), também são usados para visualizar e controlar o WIP (Akturk and Erhun, 1999) . Existem dois tipos principais de sistema de *kanban*: mono-cartão (*single-card*) e cartão duplo (*dual-card*) (Akturk and Erhun, 1999). No sistema mono-cartão apenas existe um tipo de *kanbans*, que só controlam o transporte dos materiais, sendo que o planeamento de produção é ainda controlado pelo centro de planeamento de produção (Huang and Kusiak, 1996; Akturk and Erhun, 1999). Uma das vantagens deste tipo de sistema é a facilidade de implementação e rapidez com que se faz a transferência de informação (Akturk and Erhun, 1999). No entanto existem algumas condições para se implementar de forma bem-sucedida este sistema (Huang and Kusiak, 1996):

- Distância reduzida entre duas estações subsequentes;
- Elevada rotação de kanbans;
- Reduzido WIP;
- Reduzido espaço de inventário;
- Sincronização entre a produção e a velocidade de transporte dos materiais.

No sistema de cartão duplo vão existir dois tipos de kanbans: kanbans que controlam a produção e kanbans que controlam o transporte de materiais. Neste sistema o que acontece é que quando uma peça é puxada por um colaborador da estação seguinte este deixa o kanban de produção na estação anterior para que uma nova peça seja produzida. A seguir o colaborador dessa estação vai à estação precedente com um kanban de transporte retira as peças que necessita (especificadas no kanban de transporte), volta para o seu posto de trabalho, faz o processamento que é necessário e volta a colocar uma peça no *buffer* de onde foi retirado originalmente uma peça. As condições que se devem verificar são (Huang and Kusiak, 1996):

- Distância moderada entre duas estações subsequentes;
- Elevada rotação de kanbans;
- Existência de algum WIP;
- Existência de um buffer externo ao sistema de produção;
- Sincronização entre a produção e a velocidade de transporte dos materiais.

Atrás foi referido que a utilização do *heijunka* está normalmente associado ao uso do *kanban*. Esta associação verifica-se através do *heijunka board* em que em todas as semanas a sequência de produção (representada pela sequência dos kanbans de produção) já está predefinida, sendo as ordens de produção feitas através da introdução dos *kanbans* na linha de produção.

Outra característica fundamental para a implementação bem-sucedida do JIT é a existência de uma força de trabalho composta por trabalhadores multidisciplinares e autónomos de forma a serem flexíveis e a possuírem a autoridade para tomarem decisões diárias relativas à produção, que lhes permitam responder de forma apropriada às situações que ocorrem (Fullerton and McWatters, 2001).

Ainda de acordo com estes autores, a formação multidisciplinar é considerada crítica para o sucesso da implementação do JIT. Isto é deveras importante pois em ambiente de JIT existem muitas vezes células de produção. As células de produção consistem na agregação dos processos por famílias de produtos de acordo com os processos necessários para produzir os produtos de uma mesma família numa célula especializada (Jacobs et al., 2009). Normalmente nas células é exigido a um trabalhador que efetue diferentes tarefas (podendo ser partilhadas ou não) ou ainda, por vezes, que seja chamado a ajudar um operador numa tarefa em que está a ter dificuldades. Isto vai exigir que o operador tenha de dominar diferentes processos (associados a diferentes equipamentos) de forma a conseguir responder às exigências do cliente.

Além disto, mesmo que não existam células de produção o facto de a empresa operar em JIT obriga a que, no caso de um dado trabalhador faltar, exista outro que possa tomar o seu lugar, para evitar assim qualquer tipo de atraso ou incumprimento da produção estipulada para esse dia. Assim, pode-se afirmar que o trabalho de equipa é também fundamental num ambiente de JIT (Im and Lee, 1989), no que concerne à resolução de problemas.

O tamanho de lote reduzido é uma condição necessária, pois só assim se consegue tornar a produção mais flexível, podendo acomodar rápidas variações de tipos de produtos a ser produzidos. Além disto, a produção de lotes de tamanho reduzido possibilita a redução da quantidade de inventário, o que por sua vez diminuirá o ciclo de pagamento (*order to cash*). Também o facto de que o cliente, num dado momento, só quer um número reduzido de unidades, faz com que num dado lote só essas unidades possam ser consideradas valor acrescentado e o restante desperdício, o que motiva ainda mais a redução do tamanho de lote. No entanto esta redução dos tamanhos de lote só é possível acompanhada de uma redução dos tempos de setup.

A redução dos tempos de *setup* pode ser conseguida através da implementação da metodologia SMED. Shingeo Shingo, em 1950, durante um inquérito de melhoria de eficiência numa fábrica da Mazda, em Hiroxima, desenvolve o SMED (*Single Minute Exchange of Dies*). Consiste na redução dos tempos de setup para um valor inferior a dez minutos (Shingo, 1985). O conceito de SMED está associado à distinção entre tarefas de setup internos e externos. Setups internos são todas aquelas atividades que só podem ser realizadas quando a máquina está desligada. Setups externos são todas aquelas atividades que se podem realizar quando a máquina está em funcionamento (Shingo, 1985). A aplicação da metodologia SMED consiste na execução das seguintes etapas (Shingo, 1985):

1. Reconhecer que os setups internos e externos estão misturados;
2. Separar setups internos de externos;
3. Converter setups internos em externos;
4. Simplificar os setups internos e externos;
5. Standardizar as atividades

2.5 Jidoka

Muitas vezes (sobretudo entre os ocidentais) pensa-se que, para melhorar o nível de qualidade de um dado processo, a melhor maneira é automatizar esse processo recorrendo uma grande parte das vezes à instalação de equipamento novo que execute determinada tarefa. No entanto, de acordo com um estudo realizado pela Universidade de Harvard e o MIT, no início dos anos 90, verifica-se que, no setor estudado (setor automóvel), existe uma correlação extremamente baixa entre melhoria da qualidade e grau de automação (Hinckley, 2007). Isto porque, apesar de com um grau de automação elevado se conseguir uma maior eficiência, ao mesmo tempo também se aumenta a complexidade de todo o processo (devido ao aumento da complexidade da máquina), o que faz com que a maneira de detetar e prevenir eventuais não-conformidades se torne também mais difícil.

Assim, ao invés disto, os japoneses desenvolveram uma filosofia denominada *jidoka* (自働化). O termo *jidoka* pode ser traduzido como automação, sendo que isto significa automação com um toque humano³ (Hinckley, 2007; Miltenburg, 2001; Sousa, 2009) e tem como objetivo fundamental a prevenção da ocorrência de defeitos. Esta prevenção passará muito pela capacidade de deteção de erros potenciais e a capacidade de auto ajustamento do equipamento de forma a garantir que esses erros potenciais não se manifestam em não-

³ Isto pode ser facilmente deduzido através da observação dos *kanji* de *jidoka* (自働化) e automação (自動化). A diferença consiste no radical *ninhen* (人) que significa pessoa. Assim facilmente se deduz que *jidoka* é automação com um toque humano

conformidades reais. No entanto, para se conseguir isto, deve-se garantir os seguintes atributos fundamentais (Hirano, 1989; Hinckley, 2007):

- Deve-se distinguir claramente as tarefas que são realizadas pelos operadores e pelo equipamento;
- O equipamento e os operadores trabalham separadamente;
- O setup, o carregamento e o descarregamento do equipamento são à prova de erro (*poka-yoke*).

A separação clara das tarefas realizadas por operadores e máquinas deve-se a que as máquinas são normalmente excelentes a efetuar tarefas repetitivas, mas não possuem inteligência, enquanto os operadores possuem inteligência, mas muitas vezes têm tendência a fazer erros quando têm que desempenhar tarefas repetitivas (pois muitas das vezes perdem a motivação e começam a ficar aborrecidos). Assim deve-se utilizar o operador para pensar e introduzir “inteligência” na máquina de forma a construir qualidade no processo. Esta separação clara das tarefas permite também chegar à conclusão de que muitas vezes a melhor solução não passa pela compra de equipamento mais sofisticado para realizar determinado processo, se ao invés de ter um dado operador a trabalhar, em grande parte dos casos ter-se-á depois um operador a ver (durante uma grande parte do processo) a máquina a trabalhar sem ele próprio realizar qualquer tarefa, tendo apenas como principal tarefa a monitorização da máquina. Ora, isto vai fazer com que haja uma perda de talento do operador (incorrendo assim no oitavo *muda* segundo Liker (2003)) e uma disseminação potencial de preguiça na força de trabalho. Assim, tal como foi referido atrás, deve-se sim procurar introduzir inteligência humana na máquina.

Além disto, implementar *poka-yoke* quer nas tarefas desempenhadas pelas pessoas, quer pelas máquinas é algo fundamental para se conseguir uma boa implementação do *jidoka*.

O *poka-yoke* consiste numa abordagem proativa para prevenir o aparecimento de defeitos durante o setup e fabrico de um dado item através da demonstração do estado dum produto ou processo de forma óbvia (Hinckley, 2007). Esta abordagem é muitas vezes conseguida através da implementação de *standards* e métodos visuais que permitem alertar e lembrar potenciais problemas de qualidade que possam surgir numa dada tarefa e posto de trabalho (Liker, 2003). Por exemplo, no caso em que, por qualquer motivo, está a ocorrer um desvio relativamente ao standard, graças ao *poka-yoke* o operador consegue reconhecer que desvio é esse e rapidamente corrigi-lo. Outra alternativa consiste na alteração do design ou da forma de um dado item, de modo a que a montagem de um dado componente só possa ser realizada de uma única maneira corretamente (Sousa, 2009). Um exemplo de um sistema de *poka-yoke* é o sistema *andon*.

O sistema *andon* consiste na implementação de um sistema de alerta (que podem ser luzes, sons ou bandeiras) que sinalizam a existência dum dado problema de qualidade na linha (Liker, 2003). Quando existe um problema o operador responsável pelo processo sinaliza esse problema através do *andon*, sendo que depois o líder da equipa ao ver que existe um problema desloca-se ao posto de trabalho e decide a melhor resposta a dar ao problema. No caso de o problema ser relativamente sério, poderá haver a possibilidade de paragem da linha até o problema de qualidade ser resolvido.

2.6 Value Stream Mapping (VSM)

O VSM é uma ferramenta *lean* que permite a visualização do fluxo de produção desde as matérias-primas até o produto final ser entregue ao cliente (Rother and Shook, 1999). As principais vantagens da utilização desta ferramenta são a criação de uma linguagem comum relativamente aos processos industriais, através da utilização de símbolos e diagramas universais, a definição do fluxo da família de produtos, que está a ser considerada e a apresentação no VSM de dados qualitativos e quantitativos que permitem identificar o que são atividades que acrescentam valor, oportunidades de melhoria a realizar assim como a verificação em que se destaca o impacto das propostas de melhoria aquando da sua implementação (Rother and Shook, 1999). Os passos para a realização de um VSM são a identificação e definição da família de produtos⁴, a escolha da linha modelo para se efetuar o mapeamento e a realização do mapeamento propriamente dito (Ramesh et al., 2008; Rother and Shook, 1999).

2.7 Diagrama de Spaghetti

Este diagrama consiste em representar à escala as movimentações realizadas pelos operadores e materiais e medir a distância percorrida (Feld, 2000). O nome spaghetti advém do facto de que o desenho parece a imagem dum tigelado cheio de esparguete (Feld, 2000).

2.8 Medição e definição dos tempos *standards*

Para a definição dos *standards* é necessário recolher tempos dos processos e/ou operações que se pretendam normalizar. Esta recolha de tempos deve ser feita por parte do observador, numa posição em que não interfira com o trabalho efetuado pelo operador, mas que permita acompanhar todo o seu ciclo de trabalho (Niebel, 1958). Durante a medição de tempos deve-se procurar sempre que possível separar a operação em elementos para facilitar a medição do tempo da operação (Niebel, 1958). O objetivo da recolha de tempos dum dado processo é a obtenção dum amostra, a partir da qual se possa inferir informações sobre a população. Para esse efeito deve ser considerada a dimensão da amostra de modo a que os dados possam ser considerados estatisticamente significativos. De acordo com Niebel (1958), para um determinado valor de tempo de ciclo maior do que o indicado na tabela nº16 (no anexo F) e para um número mínimo de vezes que esse ciclo se repete ao longo do ano, é indicado o número de observações a ter de se realizar, para que a média dos tempos da amostra siga aproximadamente uma distribuição normal (Niebel, 1958).

⁴ A identificação da família de produtos consiste em agregar produtos que sigam um número semelhante de processos (Ramesh et al., 2008; Rother and Shook, 1999).

3 Descrição da situação atual

3.1 O produto

Tal como foi descrito na secção 1.1 um dos produtos da empresa são as torres eólicas⁵. Existem dois modelos de torres eólicas: as torres com comprimentos de 85 metros e de 100 metros (ver anexo A). Cada torre é constituída por um conjunto de tramos, sendo que cada tramo resulta da montagem e soldadura de um conjunto de virolas (uma virola é uma chapa enrolada). Além disto, nos topos de cada tramo são montadas e soldadas flanges (ver fig.6) de forma a permitir a montagem dos diferentes tramos para formar uma coluna completa no local de instalação da torre eólica.



Figura 6 - Flange montada num tramo

Cada tramo possui uma designação única devido às suas características. Assim na torre de 100 metros, esta vai possuir um tramo superior (S1), dois tramos intermédios superiores (S2 e S3), um tramo intermédio inferior (S4) e um tramo inferior (St), que possui a porta de acesso para a coluna. Já a torre de 85 metros possui apenas um tramo superior (S1), dois tramos intermédios (S2 e S3) e um tramo inferior (St). É de realçar de que, apesar da igualdade de nomenclatura para os tramos das torres de 85 e 100 metros, existem diferenças que se vão traduzir no facto de a torre de 100 metros possuir mais um tramo que a torre de 85 metros e o tramo inferior (St) da torre de 100 metros possuir mais duas virolas que o tramo inferior da torre de 85 metros. Além disto consoante o número de virolas e o número de tramos vai existir uma nomenclatura própria para cada uma das virolas. Na torre de 100 metros, como esta possui trinta e cinco virolas em cinco tramos estas vão ter a designação de V1 a V35, sendo a V1 a primeira virola do tramo inferior (St) e a V35 a última virola do tramo superior (S1). Já na torre de 85 metros que só tem vinte e oito virolas em quatro tramos, as virolas vão ter a designação desde V1 a V28. No entanto, apesar desta designação distinta, verifica-se que na realidade vai existir correspondência entre as designações diferentes (por exemplo, uma virola V35 do tramo S1 para uma torre de 100 metros é igual a uma V28 do tramo S1 da torre de 85 metros).

⁵ É de referir que quando se diz que a empresa produz torres, na realidade só produz as colunas e respetiva montagem de acessórios (cabos de potência, escadas de acesso interiores, etc.), sendo que a produção das hélices, do transformador, gerador e a fundação para a colocação da torre não é efetuada pela empresa.

3.2 Análise da situação atual

De maneira a se obter uma visão global de toda a organização é necessário não só observar os processos individuais que constituem o processo produtivo, mas também observar o fluxo, quer de informação, quer das matérias. O fluxo que é seguido ao longo da fábrica pode ser visto na figura nº7 e é ilustrado pela sequência dos números que vai desde o 0 até ao número 10.



Figura 7 - Layout das linhas das torres eólicas

A correspondência entre os números e a designação dos postos de trabalho pode ser visualizado na tabela nº1.

Tabela 1-Legenda do *layout* das linhas das torres eólicas

Números	Nome dos postos de trabalho
0	Zona de entrada/saída da fábrica
1	Corte e chanfragem
2	Calandragem
3	Soldadura Longitudinal
4	Desempeno
5	Controlo de qualidade (ultrassom)
6	Limpeza
7	Montagem de flanges
8	Linhas de montagem dos tramos
9	Pintura e cura da pintura
10	Montagem dos acessórios interiores e preparação para expedição

Como se pode verificar no *layout* existem quatro grandes movimentações, que vão fazer com que exista um grande desperdício de tempo e de recursos mobilizados, pois para deslocar grandes quantidades de chapa e os diferentes tramos são necessários camiões e atrelados, que têm de ser utilizados e subcontratados para realizar o transporte, sendo que isto vai representar um custo acrescido e desperdícios significativos em tempos de espera. A distância percorrida pela chapa (transportada por um camião) consiste desde a entrada até ao posto do corte e chanfragem (nº1), na movimentação da chapa cortada e chanfrada desde o posto de corte e chanfragem (nº1) para o posto das calandras (nº2), na movimentação dos tramos completos (nº8) para o posto da pintura (nº9) e finalmente no percurso que tem de ser efetuado no transporte dos tramos acabados dentro da fábrica. Uma hipótese inicial de redução dessas movimentações passaria pela rotação de 180° dos postos 2 a 8. No entanto existem diversas restrições que impedem a implementação desta hipótese: Primeiro, o facto de que o reposicionamento do posto das calandras exigiria a realização de novas fundições e a própria movimentação das calandras; segundo, ao realizar o reposicionamento do posto 8, teriam que ser colocados novos carris para suportar os “cristos” de soldadura⁶, que por sua vez teriam de ser deslocados para a nova posição. Além disto, o facto de na montagem de tramos serem necessárias pontes rolantes com uma capacidade de suporte de 50 toneladas, faria com que também se tivesse de transportar as pontes rolantes. Isso poria em causa a estrutura integral do edifício, pois seria necessário que o edifício suportasse a tonelagem aquando da utilização da capacidade máxima das pontes. Assim, a única forma de poder reduzir e eventualmente eliminar essas movimentações seria necessário obter ganhos de eficiência sobretudo nos processos associados às linhas de montagem dos tramos (nº8), de forma a ser possível eliminar alguns dos postos para se poder colocar o posto da pintura e da montagem dos acessórios interiores em sequência com os outros postos das linhas de montagem dos tramos. Também um aumento de eficiência dos processos 2 a 5 poderia permitir o reposicionamento do posto do corte e chanfragem no início da sequência, eliminado assim a movimentação associada ao transporte da chapa do posto 1 ao posto 2. Além disto, estes novos posicionamentos permitiriam reduzir as movimentações associadas quer à entrada das matérias primas quer à saída dos produtos acabados. Mas, para isso ser exequível, é necessário proceder a uma standardização e estabilização dos processos realizados nos postos de trabalho para que seja possível, de seguida, identificar oportunidades de melhoria e implementá-las (Imai, 1997). Isto é um dos objetivos deste projeto sendo que será apresentado na secção 4.

Tendo isto em conta, de seguida será apresentado uma referência aos custos associados às grandes movimentações expostas anteriormente por forma a se ter um valor de referência e servir de base para análises custo/benefício futuras relativas a possíveis mudanças do *layout*.

Então tomou-se como referência o ano de 2009 em que a empresa tinha como previsão a realização de 100 torres. Considerando que cada torre é constituída por 35 virolas, deduz-se rapidamente que terão de ser transportadas 3500 chapas (que corresponde a 500 tramos). Na tabela nº2 são apresentados os dados relativos às movimentações de chapa.

⁶ Os cristos de soldadura são essencialmente máquinas que são utilizadas no processo de soldadura por arco submerso. Estas possuem bobines com uma determinada espessura de fio que são utilizadas para a deposição do material de soldadura submerso numa quantidade depositada de fluxo no local a realizar a soldadura.

Tabela 2-Dados relativos ao custo anual relativo às movimentações de chapa e dos tramos

Nº de chapas	Tempo médio viagem (h)	Nº chapas transportadas por atrelado	Nº tramos transportados por camião	Nº de horas gastas	Custo/hora (€/h) ⁷	Custo total (€)
3500	0.67	2	1	1575	7	10.552,50

Além disto, ainda existem os encargos associados à preparação e colocação dos tramos nos camiões para serem expedidos para o cliente. Estes encargos estão basicamente associados à subcontratação de guias para que estas coloquem os tramos sobre os camiões. Estes encargos podem ser vistos na tabela nº3.

Tabela 3-Dados relativos ao custo anual relativo às movimentações dos tramos

Número de tramos movimentados	Custo/hora das guias (€/h) ⁸	Custo total (€)
500	281	140.500

Assim pode-se concluir que o custo anual total foi de 151.052,50€, sendo que é um valor relativamente elevado e que deve ser tomado em conta.

De seguida são apresentados os processos produtivos que são realizados nos postos representados na figura nº7 e que fazem parte do processo produtivo global das torres eólicas.

Processo de corte da chapa

Após a receção da chapa e a transferência desta para o posto do corte, a chapa que vai ser utilizada para a produção das colunas é colocada numa máquina de oxicorte e é cortada segundo as especificações necessárias, para ficar com as dimensões de comprimento e largura pretendidas. Consoante a espessura da chapa o corte pode ser feito por plasma (chapas de espessura mais finas) ou por chama (espessuras mais grossas).

Chanfragem da chapa

Depois de a chapa ser cortada, esta é chanfrada no posto seguinte. O objetivo disto é permitir que na soldadura das virolas para a formação dos tramos se consiga garantir a penetração total na soldadura, satisfazendo assim os requisitos impostos pelo cliente.

Calandragem

Após a chapa estar propriamente chanfrada e cortada tem de ser enrolada para se formar a virola. Durante a calandragem procura-se que a chapa ao ser enrolada cumpra os requisitos necessários de circularidade utilizando para isso massas que permitem ao operador saber a inclinação com que está a enrolar a chapa e assim ajustar esse enrolamento. Após a chapa ser enrolada esta é pingada por processo manual para garantir uma pré montagem.

Soldadura Longitudinal (LT)

Estando a virola pingada, esta precisa de ser soldada para garantir a fusão do material e a resistência mecânica adequada. Então a virola é soldada segundo o processo de soldadura por

⁷ Neste custo já está incorporado o custo de utilização dos veículos e da mão de obra.

⁸ Neste custo já está incorporado o custo de subcontratação mais o custo de mão de obra.

arco submerso na parte interior e exterior da junta, através da utilização dum cristo de soldadura, garantindo a montagem definitiva da virola.

Controlo Ultrassom (UT)

Neste processo é realizado o controlo de qualidade à soldadura efetuada no processo anterior. Este controlo de qualidade é feito através do ensaio do ultrassom à junta soldada, sendo que, se existir um defeito, a onda de ultrassom é refletida para o aparelho de medição, onde acusará a presença dum defeito (a medição da onda sai fora dos parâmetros estabelecidos pelo aparelho).

Desempeno

Após a realização da soldadura longitudinal, a virola, devido ao calor da soldadura dilata perdendo assim a concentricidade necessária, tornando-se necessário corrigir esse desvio. Assim a virola é colocada noutra calandra em que basicamente será novamente enrolada até voltar a verificar os requisitos de circularidade exigidos para a formação posterior dos tramos.

Limpeza

A virola é rebarbada na junta de soldadura e em toda a sua superfície interior e exterior de forma a retificar a superfície desta e limpar qualquer tipo de impurezas acumuladas resultantes dos processos anteriores.

Montagem das flanges

Este processo consiste na colocação e pré-montagem das flanges sobre as virolas que vão ser colocadas nos extremos dos tramos (início e fim). Inicialmente a flange é colocada sobre uma base, que vai servir de apoio à montagem, e de seguida é colocada a virola sobre a flange. Depois é pingada a toda à volta de forma a garantir a pré montagem.

Montagem de virolas

Tal como já foi referido na secção 3.1 para a formação de tramos é necessário a montagem sucessiva de um número específico de virolas (que será diferente para cada tramo). Assim neste processo, duas virolas são colocadas juntas lado a lado, e depois de garantido o correto posicionamento e alinhamento, estas são pingadas circularmente ao longo do perímetro para permitir a pré montagem.

Soldadura Mig/Mag

Este processo irá consistir numa soldadura por eléctrodo manual em que se depositará algum material nas juntas de contacto previamente montadas (quer sejam entre duas virolas ou entre uma virola e uma flange) de forma a garantir espessura suficiente para que seja possível realizar as soldaduras circulares interiores.

Soldadura circular interior

Tal como no processo de soldadura longitudinal, é necessário que após a montagem das virolas garantir a fusão dos materiais para assim se formar um tramo único. Então através dum processo de soldadura por arco submerso, solda-se circularmente as juntas entre as virolas utilizando um cristo de soldadura.

Arc-Air

Neste processo realiza-se a abertura das juntas com um aparelho de arc-air pelo lado oposto ao que foi soldado. O objetivo disto é garantir que na soldadura circular exterior a ser

realizada de seguida se garanta que vá existir interpenetração do material de soldadura e assim garantir a união das duas juntas.

Rebarbagem

Neste processo irá ser feita a rebarbagem para limpar e retificar as juntas que foram sujeitas ao arqueamento para que estas possam estar em condições de ser soldadas circular exterior.

Soldadura circular exterior

É em tudo semelhante ao processo de soldadura circular interior, sendo que a única diferença é que a soldadura é efetuada exteriormente.

Montagem do aro da porta

O aro da porta, tal como um nome indica, é um aro de metal que servirá de suporte para a fixação da porta de acesso à torre eólica.

Neste processo faz-se o corte da superfície do tramo inferior (St), através da utilização dum maçarico, onde será colocado o aro da porta e feita a respetiva pré montagem.

Soldar aro da porta

Depois de montado o aro da porta é necessário soldá-lo de forma a garantir a sua união permanente ao tramo inferior. O aro da porta é soldado pelo processo de arco submerso exteriormente e interiormente em toda a sua extensão.

Corrigir planeza

É necessário garantir que os requisitos do cliente relativos às tolerâncias geométricas da planeza das flanges estejam garantidas, por forma a assegurar que durante a montagem dos tramos no local onde ficará a torre eólica haja um encaixe aceitável entre os diferentes tramos. Assim, após a medição da planeza das superfícies é realizada a correção necessária das planezas das superfícies (através da limagem e rebarbagem das superfícies) até estas se encontrarem dentro dos toleranciamentos exigidos.

Soldar flanges

Tal como com as virolas, é também necessário garantir a união das flanges com o tramo, pelo que as flanges também são soldadas pelo um processo de soldadura de arco submerso exteriormente e interiormente tal e qual as virolas.

Controlo UT (virolas)

Neste processo é realizado um controlo de qualidade por ultrassom para verificar se existe algum defeito nas soldaduras efetuadas nas juntas das virolas e nas juntas entre as virolas e a flange.

Montagem e soldadura de pinos

Para permitir a montagem dos acessórios internos que vão fazer parte da torre (tais como cabos de potência, escadas de acesso, motores, etc.) é necessário que haja mecanismos de suporte para estes acessórios. Assim neste processo são montados e soldados pinos de suporte onde serão colocados e fixados os acessórios acima referidos.

Controlo de Qualidade final e Acabamentos

Nestes dois processos são feitos o controlo de qualidade visual final aos tramos e os respetivos acabamentos à torre (rebarbagem das superfícies e correção de pequenos

desfasamentos das superfícies resultantes da deposição de algum material em excesso nos processos de soldadura nas juntas).

Pintura e Cura da pintura

Nestes dois processos os tramos são pintados e secos dentro duma estufa até garantir que a tinta ficou curada para assim evitar potenciais brechas ou quebras do filme da tinta.

Montagem dos acessórios internos

Neste processo faz-se a montagem de todos os acessórios internos que são necessários (escadas, cabos de potência, etc.) para o bom funcionamento das torres eólicas.

Preparação para expedição

Processo onde se realizam os últimos preparativos antes das torres estarem prontas a serem enviadas para o local de montagem da torre eólica.

3.3 VSM das torres eólicas

Considerando o *layout* e os processos apresentados na secção 3.2 realizou-se um VSM (*Value Stream Mapping*) da situação atual do processo produtivo das torres eólicas com o objetivo de auxiliar a compreensão dos principais fluxos de informação e materiais e dos principais processos que intervêm no processo produtivo das torres eólicas. Neste caso em particular, tal como já foi visto, as únicas diferenças entre a torre eólica de 85 metros e de 100 metros é que na torre de 85m só vão existir quatro tramos ao invés da de 100 metros, que vai possuir cinco e que na torre de 100 metros o tramo inferior vai ser ligeiramente superior, sendo constituído por mais duas virolas. Pode-se afirmar à partida que ambas as torres pertencem à mesma família de produtos pois ambas passam pelo mesmo tipo de processos. Depois da definição da família de produtos fez-se também o acompanhamento do fluxo desta desde o início, em que se faz o corte da chapa, até ao fim, em que a torre fica pronta para ser expedida por forma a perceber as principais movimentações.

Depois do acompanhamento do fluxo pela fábrica procedeu-se então à elaboração do VSM.

Devido à existência de dois modelos de torres (85m e 100m), para a realização do VSM considerou-se a torre de 100 metros devido ao maior *lead time* que esta possui, definindo assim o tempo máximo que uma torre demora desde que é efetuado um pedido até esta ser enviada para o cliente. Além disto o facto de todos os cinco tramos que constituem a torre serem feitos em postos independentes levou a que o mapeamento dos processos fosse realizado tendo em conta na linha de montagem dos tramos, o tramo que demora mais tempo, que é o tramo inferior (St).

Os principais símbolos que foram usados para a representação do VSM podem ser vistos na tabela nº13 no anexo B.

Tendo isto em conta realizou-se o VSM do estado atual que pode ser observado na figura nº8.

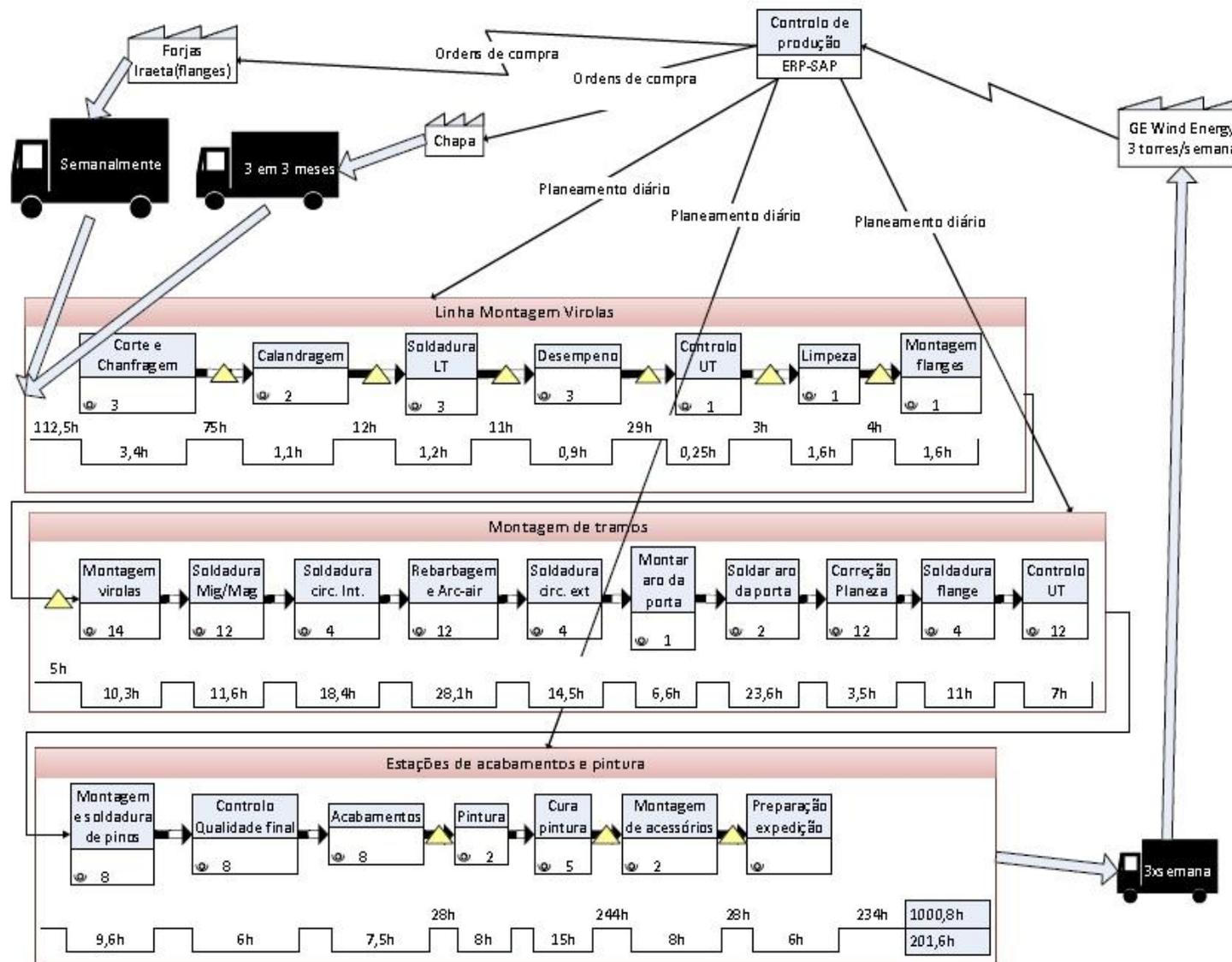


Figura 8-VSM do estado atual das torres eólicas

É de realçar que no mapeamento dos processos relativos à montagem dos tramos, estes foram agregados consoante o número de vezes que ocorrem na realização do tramo inferior, pois estes processos (montagem de virolas, soldadura Mig/Mag, soldadura circular interior, soldadura circular exterior, rebarbagem, arc-air, e a soldadura da flange) repetem-se um determinado número de vezes até o tramo ficar completo. Assim os tempos e os postos de trabalho apresentados nestes processos estão também agregados consoante o número de vezes que se repetem. Nos tempos apresentados considerou-se apenas o tempo representativo do valor acrescentado (sendo que estes tempos correspondem ao limite superior do intervalo de confiança a 95%⁹) dos processos, exceto para os processos que exigem algum tipo de controlo de qualidade ou que não foi possível medir, sendo que para esses assumiu-se valores médios providenciados pela empresa e como não possuindo qualquer percentagem de valor não acrescentado.

Relativamente ao *lead time* este foi calculado somando todos os tempos de ciclo das tarefas, mais o tempo representado pelas quantidades em inventário. Este tempo foi calculado dividindo a quantidade em inventário pelas necessidades requeridas pelo cliente (neste caso semanais) (Rother and Shook, 1999).

Tal como se pode observar a partir do VSM o *lead time* das torres eólicas é de 1000,8 horas (aproximadamente dois meses), sendo que o total de valor acrescentado é 201,6 horas (aproximadamente duas semanas). Isto significa que apenas cerca de 20% do *lead time* é valor acrescentado, sendo tudo o resto desperdício. Assim pode-se concluir facilmente que existem oportunidades de melhoria a serem exploradas.

No entanto, o facto de que o objetivo imediato é a implementação dos *standards* e dos 5S levou a que se focasse em alguns processos específicos, sendo que as oportunidades de melhoria relativos a estes processos serão apresentadas na secção 5.2. Além disto, neste momento não é possível realizar balanceamentos dos postos segundo o *takt time* já que devido às restrições de *layout* e aos tempos consideráveis de fabrico dos tramos (nas linhas de montagem) não existe espaço para ter o número de estações necessários.

⁹ A metodologia e a definição destes tempos são expostas na secção 4.2.1.

4 Definição e implementação dos standards nas linhas de montagem

A definição e implementação dos *standards* era uma necessidade premente para a empresa, pois a empresa não possuía qualquer *standard* para o fabrico das torres eólicas. Assim na realização de cada um dos tramos não existia uma maneira “única” de realização dos processos (quer em termos da sequência de fabrico a ser realizada para cada tramo, quer em termos da localização dos tramos nos postos respetivos). Isto obviamente faz com que por um lado, o processo produtivo possuísse bastante variabilidade e por outro lado, dificultava o controlo diário do processo produtivo e por conseguinte a verificação do progresso do fabrico dos tramos. Além disto, o facto de não existirem tempos definidos para cada uma das operações fazia com que não houvesse uma noção *à priori* do tempo total de fabrico dos tramos na linha de montagem, que é algo que é deveras importante.

4.1 Recolha e tratamento dos tempos

Para ser possível definir os tempos *standards* de realização dos processos é necessário efetuar a medição destes. A recolha dos tempos foi efetuada observando em cada posto de trabalho o ciclo de trabalho completo de cada processo sem interferir com este (tal como foi referido na secção 2.8), exceto nos casos em que o tempo total dos processos era relativamente longo¹⁰. Nestes casos observaram-se partes do processo distintas, em dias consecutivos, para conseguir obter a duração total do processo. Durante a recolha dos tempos os operadores eram informados do objetivo deste trabalho para que não pensassem que estavam a ser controlados nem alvo de escrutínio, para assim os tempos recolhidos serem o mais fíável possível.

4.2 Definição dos elementos que constituem os *standards*

4.2.1 Definição dos tempos *standard*

A definição dos tempos *standard* teve por base os tempos recolhidos durante a dissertação utilizando a metodologia apresentada na secção 4.1 de cada um dos processos e tempos recolhidos por parte da empresa. Tendo em conta isto apresenta-se os principais processos com as respetivas estatísticas descritivas (ver tabelas nº4 e 5).

Tabela 4-Apresentação das estatísticas descritivas para os diferentes processos

Processos	Número de observações (N)	Média amostral (\bar{X})(min)	Desvio padrão amostral(S)(min)
Corte	24	124,85	39,70
Chanfragem	32	137,50	58,80
Calandragem	25	91,88	15,81
Soldadura LT	27	111,44	36,15
Desempeno	19	72,82	22,82
Limpar	13	101,77	27,63

¹⁰ Isto verificou-se no processo de soldadura do aro da porta, já que é um processo que tem uma duração de cerca de 1791 minutos (29,85 horas)

Tabela 5- Apresentação das estatísticas descritivas para os diferentes processos (cont.)

Processos	Número de observações (N)	Média amostral (\bar{X})(min)	Desvio padrão amostral(S)(min)
Montagem virolas	37	158,14	59,47
Soldadura Mig/Mag	20	115,50	55,00
Rebarbagem	16	74,31	37,99
Arc-Air	6	108,30	32,80
Soldadura circ. int.	11	141,70	37,20
Soldadura circ. ext.	5	136,30	62,50
Montar pinos	1	237,78	N/A
Montar aro da porta	1	549,85	N/A
Soldar aro da porta	1	1790,74	N/A
Acabamentos	1	453,38	N/A

Verifica-se à partida a existência de uma grande variabilidade dos processos com valores de desvios padrões relativamente elevados. Isto levanta diversas questões relativas aos processos que necessitariam duma análise mais profunda dos processos. No entanto, devido ao facto de que todos os processos têm tempos de ciclo demorados, que o número da observações recolhido é demasiado reduzido para se separar tomando em conta características que possam ter impacto no tempo do processo (por exemplo a espessura da chapa) e que esta não é uma prioridade neste momento para a empresa, não se efetuou esse tipo de análise.

Como se pode constatar estes processos, não são todos os que vão consistir na formação dum tramo. No entanto, não foi possível medir todos os processos que constituem a formação dos tramos devido à morosidade dos processos em si (todos demoram pelo menos algumas horas). Assim para os processos em que se efetua algum tipo de controlo de qualidade (medição de planezas, controlo de ultrassom, etc.) recorreu-se à experiência dos controladores, sendo que estes providenciaram valores médios para cada uma das atividades que realizam. Para os outros processos em que não foi possível recolher tempos, utilizou-se tempos antigos recolhidos pela empresa para esses processos, sendo esses definidos como *standards*. Além disto, assumiu-se nesta fase que para as soldaduras interiores e exteriores estas eram idênticas independentemente do tipo de tramo (ou seja, de certa forma, considerou-se a soldadura independente da espessura da chapa). Isto é algo que em princípio não corresponderá à verdade, mas devido ao facto de que a dimensão da amostra é desde já relativamente pequena, tornou-se impossível nesta fase fazer a separação dos valores recolhidos. Para os tempos recolhidos, procedeu-se à definição dos respetivos intervalos de confiança do valor esperado, sendo que de seguida serão apresentados os passos efetuados para o seu cálculo.

Considerou-se então que a média amostral segue uma distribuição normal (Guimarães and Cabral, 2007)¹¹:

¹¹ De acordo com o teorema do limite central a média amostral segue uma distribuição normal se o tamanho de amostra for superior a 50 (no caso da distribuição ser bastante assimétrica) ou superior a 20 no caso de ser razoavelmente simétrica (Guimarães and Cabral, 2007).

$$\bar{x} \rightarrow N\left(\mu, \frac{\sigma^2}{N}\right) (1)$$

De seguida padronizou-se a média amostral:

$$Z = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{N}}} \rightarrow N(0,1) (2)$$

Mas considerando que o tamanho da amostra é suficientemente grande¹², pode-se considerar que o desvio padrão populacional (σ) seja igual ao desvio padrão amostral (S).

Assim pode-se assumir que:

$$Z = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{N}}} = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{N}}} \rightarrow N(0,1) (3)$$

Posto isto, está-se em condições de definir os intervalos de confiança para o valor esperado (μ) com um grau de confiança $(1-\alpha)$. 100% (Guimarães and Cabral, 2007):

$$\left[\bar{x} - z\left(\frac{\alpha}{2}\right) \cdot \frac{S}{\sqrt{N}}, \bar{x} + z\left(\frac{\alpha}{2}\right) \cdot \frac{S}{\sqrt{N}} \right] (4)$$

Tendo em conta a equação (4) definiram-se os intervalos de confiança com um nível de confiança a 95%, podendo estes serem vistos na tabela nº6.

Tabela 6-Limite inferior e superior dos intervalos de confiança a 95%

Processos	Limite inferior (min)	Limite superior (min)
Corte	108,97	140,74
Chanfragem	117,20	157,90
Calandragem	85,68	98,08
Soldadura LT	97,81	125,08
Desempeno	62,55	83,08
Montagem virolas	138,31	177,96
Limpar	85,07	118,47
Soldadura Mig/Mag	89,80	141,30
Rebarbagem	54,07	94,56
Arc-Air	73,90	142,80
Soldadura circ. int.	58,70	224,70
Soldadura circ. ext.	58,70	213,80

Assim tendo em conta as considerações atrás referidas, tomou-se como tempo *standard* para um dado processo, o valor superior do intervalo¹³, pois com este valor em princípio garante-se

¹² Como para a maior parte dos tamanhos da amostra encontram-se compreendidos nos limites ilustrados na tabela nº16 no anexo F, considera-se que a amostra tem um tamanho relativamente grande (Niebel, 1958).

que em determinado processo, o tempo estipulado seja cumprido em 95% das vezes que for efetuado.

4.2.2 Definição de operações em simultâneo

Depois de definidos os tempos *standard* para cada processo, definiu-se a sequência das operações a serem realizadas. Devido ao facto de todos os processos envolvidos na fabricação dos tramos serem relativamente morosos, tentou-se ao máximo garantir a realização de processos em simultâneo de forma a conseguir poupar o máximo de tempo possível. Isto era algo que até então não era feito (pelo menos de uma forma consistente). Assim inicialmente todos os processos eram feitos de uma forma sequencial em cada posto de trabalho. Então definiu-se sempre que possível, a realização simultânea de soldaduras circulares interiores com a realização dos arqueamentos e rebarbagens exteriores. Para conseguir perceber como se realiza estes processos em paralelo tome-se como exemplo a existência de duas virolas (em que a ultima virola tem uma flange pré-montada) já montadas num tramo que está a ser concluído mas que ainda não se encontram soldadas. Neste caso as execuções em paralelo destes processos são conseguidas da seguinte forma:

Começa-se por realizar a soldadura circular interior numa junta entre as virolas a soldar. De seguida, quando esta soldadura encontra-se concluída, realiza-se a soldadura circular interior da próxima junta, sendo que nesse mesmo momento começa-se por realizar o arqueamento da junta que já tinha sido previamente soldada. Após a segunda junta se encontrar soldada começa-se a realizar a soldadura da terceira junta (que será entre a ultima virola e a flange) e assim que o arqueamento da primeira junta estiver concluída realiza-se o arqueamento da segunda junta já soldada. Ao mesmo tempo aquando do início do arqueamento da segunda junta faz-se a rebarbagem da primeira junta que já foi previamente soldada e arqueada.

Esta foi a melhor maneira de se conseguir garantir a simultaneidade dos processos, já que não é possível realizar o processo de arc-air e o da soldadura circular ao mesmo tempo na mesma junta, pois existe o risco de que ao ser feita a soldadura circular possa existir o rompimento da chapa¹⁴. Caso isto acontecesse, provocaria danos físicos graves estando do lado de fora um operador a realizar o processo de arc-air.

Como as reduções de tempos conseguidas foram executadas nos *bottlenecks* dos respetivos tramos, a redução de tempos conseguida terá um impacto direto na produtividade. Este impacto pode ser observado na tabela nº7 em que são apresentados os tempos de ciclo dos *bottlenecks* de cada tramo ajustado relativamente ao número de postos em paralelo (que são dois para todos os tramos) antes da definição dos trabalhos em simultâneo e depois da definição destes.

¹³ Isto verificou-se sempre com a exceção dos processos de soldadura circular interior e exterior em que o encarregado de produção considerou que para algumas juntas, os tempos resultantes do limite superior do intervalo de confiança eram relativamente excessivos. Assim ajustou-se os tempos de soldadura dessas juntas de modo a ficarem enquadrados com a realidade da empresa.

¹⁴ Isto não se verifica no caso das virolas V1 e V2 do tramo St de 100 metros, pois as chapas possuem espessuras elevadas (na ordem dos 50 milímetros) o que faz com que não exista este risco. Assim neste caso definiu-se a realização dos processo de soldadura circular e os de arc-air na mesma junta ao mesmo tempo.

Tabela 7-Ganhos de produtividade conseguidos com a introdução da realização de processos em simultâneo

Tramo	Tempos de ciclo do bottleneck antes (h)	Tempos de ciclo do bottleneck depois (h)	Ganhos de produtividade (%)
S1	48,28	44,93	6,93
S2	50,86	46,30	8,98
S3	64,75	58,71	9,33
S4	55,67	47,73	14,26
St (100m)	54,78	46,69	14,76

4.2.3 Fluxos entre os postos de trabalho

Tendo-se definido a sequência de operações e os tempos *standard* respetivos é necessário perceber os fluxos internos que existem entre os diferentes postos e a sua localização espacial relativa. A localização dos postos, as movimentações associadas à produção de cada tipo de tramos e os cristos de soldadura (com a denominação SO) podem ser vistos na figura nº9, sendo que a respetiva legenda pode ser visualizada na tabela nº8.

Tabela 8-Legenda das movimentações

Movimentação	Tipo de tramo
	S1
	S2
	S3
	S4
	St



Figura 9-Layout esquemático dos postos de trabalho e movimentações dos tramos

Verifica-se que para os tramos S1 e S2 as movimentações são relativamente lineares. No entanto, para os restantes tramos existem algumas movimentações excessivas sobretudo na movimentação do tramo S3 do posto 3 para o posto 7. Mas existem diversas restrições que condicionam as movimentações e forçam com que estas sejam feitas desta maneira. Primeiro o facto de que os tramos S3, S4 e St são os mais pesados o que faz com que estes tenham de ser feitos na parte esquerda do hall (sendo a divisão dos halls representada na figura nº9 por uma mancha cinzenta) pois é aí que existem as pontes rolantes (duas pontes de 50 toneladas) capazes de movimentar e transportar esses tramos (ao contrário das pontes que se situam no lado direito que só têm uma capacidade máxima de 12,5 toneladas)¹⁵. Além disto, o facto de os postos 1A, 2A e 3A serem mais pequenos que os seus antecessores (1,2 e 3) faz com que o tramo S3 que é feito no posto 3 não possa ir para o 3A, mas tenha que ir para o 7A (devido a falta de espaço). Também o facto de que o cristo de soldadura SO 336 se situar onde está, dificulta as movimentações, mas este é necessário para executar a soldadura das flanges (que é a última parte da sequência dos postos 2 e 3), pois senão seria necessário realizar ainda mais movimentações (rotações e movimentações de tramos), para fazer essa última parte da sequência dos postos 2 e 3 (ver anexo H). A localização deste cristo de soldadura é também a razão pela qual os tramos S3 e S4, dos postos 2 e 1 respetivamente, são transportados para os postos 1A e 2A, pois a existência deste cristo de soldadura também impede que os tramos S3 feitos no posto 2 possam ser deslocados para os posto 2A devido às restrições de espaço existentes.

Depois dos tramos estarem prontos, estes são içados verticalmente e transportados pelas pontes rolantes para os camiões que os transportarão para o posto de pintura.

4.3 Definição dos standards

Tendo em conta o que foi referido nas secções 4.2.1, 4.2.2 e 4.2.3, neste momento está-se em condições de se definirem os *standards* das linhas de montagem dos tramos. Na figura nº10 é apresentado um exemplo dum *standard*.

¹⁵ Tal como já foi referido na secção 3.2 não é possível passar as pontes de 50 toneladas para a parte direita do hall, devido a problemas estruturais que podiam surgir e causar no pior cenário possível o colapso do edifício.

FOLHA NORMALIZADA DE TRABALHO						FERRAMENTAS NECESSÁRIAS	
TEGOPI		Posto 7C e 9C	Torres 85m GE	Posto de trabalho 7C e 9C	Folha 1/1	Elaborado: Estêvão Gomes	
Seqüência	Operação	Nº Operadores	Meios Específicos	Tempo (min)	Tempo Acumulado (h)	F1	Aparelho magnético
42	Controlo NDT	1		360	6,00	F2	Líquidos penetrantes
43	Reparações soldadura manualis	1		2400	46,00	F3	Projector
44	Acabamentos	3		906	61,10	F4	Rebarbadora
45	Controlo final	1		360	67,10	F5	Aparelho de soldadura se necessario
						F6	Relatorio parcial controlo NDT
						F7	Binagem de tinta amarela

Figura 10-Exemplo de um *standard* para o tramo St de 85m (posto 9C e 7C)

Como se pode observar na figura nº10 o *standard* está dividido em três partes. No canto superior esquerdo encontra-se definida a sequênciade processos a ser realizada nos respectivos postos de trabalhos com o número de operadores que intervém nesse processo e os respetivos tempos *standard*. Em baixo utilizou-se imagens representativas de cada um dos processos segundo a sequênciade definida, sendo que cada imagem possui uma sigla que corresponde às ferramentas utilizadas num dado processo que estão visíveis na imagem. Além disto, por vezes, as imagens têm indicações gerais referentes aos processos. Finalmente no canto superior direito vai existir a correspondência entre as siglas e a designação das ferramentas.

Assim a elaboração dos *standards* teve por base o princípio de ser o mais intuitivo possível recorrendo a imagens tipo de cada um dos processos (sendo que estas são apresentadas segundo a sequênciade definida para cada posto de trabalho), para que seja facilmente perceptível, por parte dos operadores e facilmente controlável em termos da sua execução.

A definição da sequênciade dos processos a realizar num determinado posto de trabalho teve por base o diálogo com algumas das chefias e o encarregado de produção para que todos estivessem de acordo com o que foi definido e que todos pudessem dar o seu contributo.

Esta metodologia acima apresentada foi idêntica para os restantes *standards* dos outros postos de trabalho dos outros tramos, sendo que estes encontram-se no anexo H.

No entanto, além deste tipo de *standards*, elaborou-se um segundo tipo de *standards*. Estes estão feitos de acordo com a definição mais conceptual de *standard*, sendo que possui para um dado processo as diferentes tarefas que o constituem e as relativas percentagens de valor acrescentado e valor não acrescentado para cada tarefa (ver anexo I). O objetivo destes segundos *standards* será a constituição duma base de análise dos principais processos, para potenciais ações futuras de melhoria de determinado processo, mas também para numa

segunda fase, após os processos das linhas de montagem estarem mais estabilizados e poderem eles próprios serem alvos de implementação no *gemba*.

4.4 Implementação e acompanhamento dos standards nas linhas de montagem

Após a definição dos *standards* procedeu-se à implementação destes nas linhas de montagem. A implementação dos *standards* começou com o diálogo com todas as chefias do fabrico para que estes estivessem de acordo com o que foi definido e para que pudessem passar aos operadores as informações relativas aos *standards* (sendo que os *standards* foram afixados em cada posto de trabalho). Assim, desta forma, tentou-se garantir que os *standards* de fabrico pudessem ser cumpridos (quer em termos de sequência, quer em termos de localização dos tramos nos postos definidos). Depois disto era necessário verificar a implementação dos *standards* e se estes estavam a ser cumpridos. Esta verificação foi feita através do acompanhamento das operações realizadas em cada um dos postos de trabalho e a utilização dum ponto de referência temporal durante o dia para se realizar o acompanhamento temporal e a identificação dos respetivos desvios temporais relativamente ao *standard* (já que os tempos de ciclo são relativamente grandes, não sendo possível acompanhar os processos de forma contínua)¹⁶. O ponto de referência foi definido como o ponto na sequência de fabrico em que o tramo se encontrava no primeiro dia num determinado posto de trabalho. Com o ponto de referência definido, de seguida considerou-se a soma consecutiva do número de horas totais disponíveis por dia de trabalho (que são 22.5 horas¹⁷), para se definir o ponto na sequência em que o tramo se devia encontrar nos dias seguintes. Então os desvios temporais (em percentagem) diários foram calculados fazendo a diferença entre o ponto em que o tramo devia estar e o ponto em que o tramo se encontra na sequência de operações a ser realizadas em cada posto de trabalho. Além disto fez-se também um acompanhamento qualitativo das falhas de sequência, que se traduziram no não cumprimento da sequência definida e na realização de tramos nos postos indevidos. Isto é algo que se deve evitar, pois cada falha que se provoque no *standard* irá adicionar variabilidade ao processo produtivo, aumentando potencialmente a probabilidade da introdução de tempos de movimentação e/ou espera superiores ao expectável.

4.5 Resultados obtidos aquando da implementação dos standards

Considerando a metodologia relativa à implementação dos *standards* apresentada na secção anterior de seguida serão apresentados os principais resultados obtidos¹⁸.

A evolução do número de falhas do *standard* ao longo das seis semanas em que se efetuou o acompanhamento da implementação dos *standards* é apresentado na figura nº11.

¹⁶ O acompanhamento da sequência das operações foi feito durante o primeiro turno e o segundo turno, sendo que o ponto de referência temporal considerado foi o início do segundo turno. No terceiro turno não existiu um acompanhamento de perto existindo apenas a delegação da sequência a ser cumprida por parte das chefias desse turno. Este cumprimento da sequência era logo verificando aquando do acompanhamento realizado no primeiro turno no dia seguinte.

¹⁷ Corresponde a que num dia de trabalho existem três turnos e em que cada possui 7,5h de tempo disponível para produção.

¹⁸ È de realçar que os resultados aqui apresentados apenas se referem às torres de 85 metros, já que eram estas que estavam a ser produzidas no momento do acompanhamento

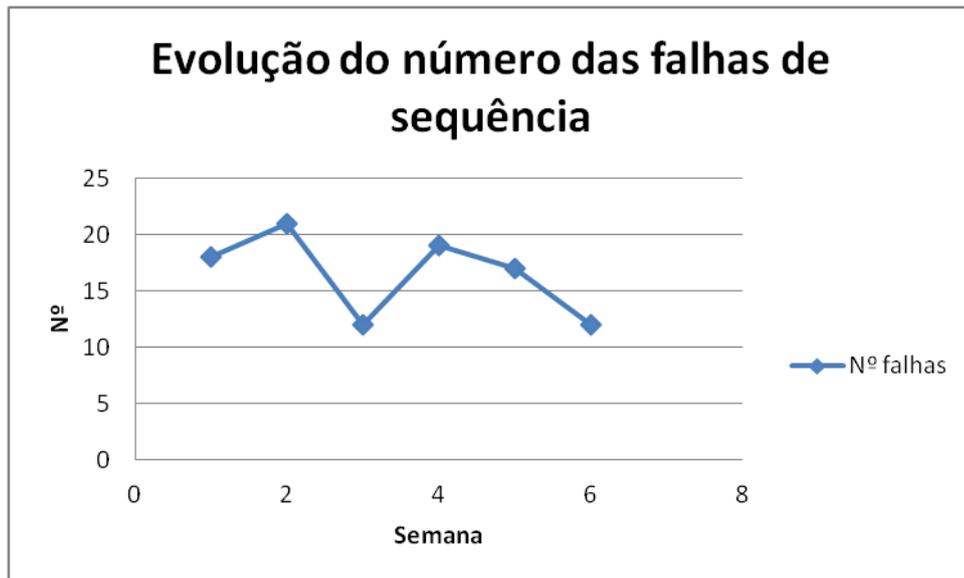


Figura 11-Evolução do número de falhas da sequência ao longo do acompanhamento dos *standards*

Na primeira e segunda semana o número de falhas aumentou ligeiramente, sendo isto devido ao facto da existência de alguma resistência inicial à mudança e também ao facto de já na altura existir alguns tramos a serem feitos segundo uma sequência que não era a que estava definida. A partir da terceira semana houve então um esforço para começar realmente a implementação dos *standards*, havendo um reflexo direto no número de quebras do *standard* (que diminuiram). Esta tendência para cada vez mais cumprir o *standard*, continuou a ser verificada, apesar de existir um aumento do número de falhas na quarta semana. Este aumento foi devido ao facto de, por razões de segurança¹⁹, deixou-se de utilizar alguns cristos de soldadura, havendo necessariamente maior variabilidade no sistema. No entanto, procurou-se que cada vez mais que o que foi definido como *standard* fosse cumprido, o que teve como consequência a redução sucessiva do número de falhas.

Tal como já foi referido também se fez um acompanhamento aos desvios temporais relativos ao *standard*, por forma a perceber a evolução dos tempos e a evolução da variabilidade dos processos. Esta evolução de uma forma global é apresentada nas figuras nº12 e nº13.

¹⁹ Estas razões prendem-se com o facto de que o braço dum cristo de soldadura da MOTOFIL tinha caído duas vezes, pelo que, por segurança, para evitar potenciais acidentes, decidiu-se parar a utilização de todos cristos de soldadura fornecidos por esta empresa até serem vistos pela equipa de manutenção da empresa MOTOFIL.

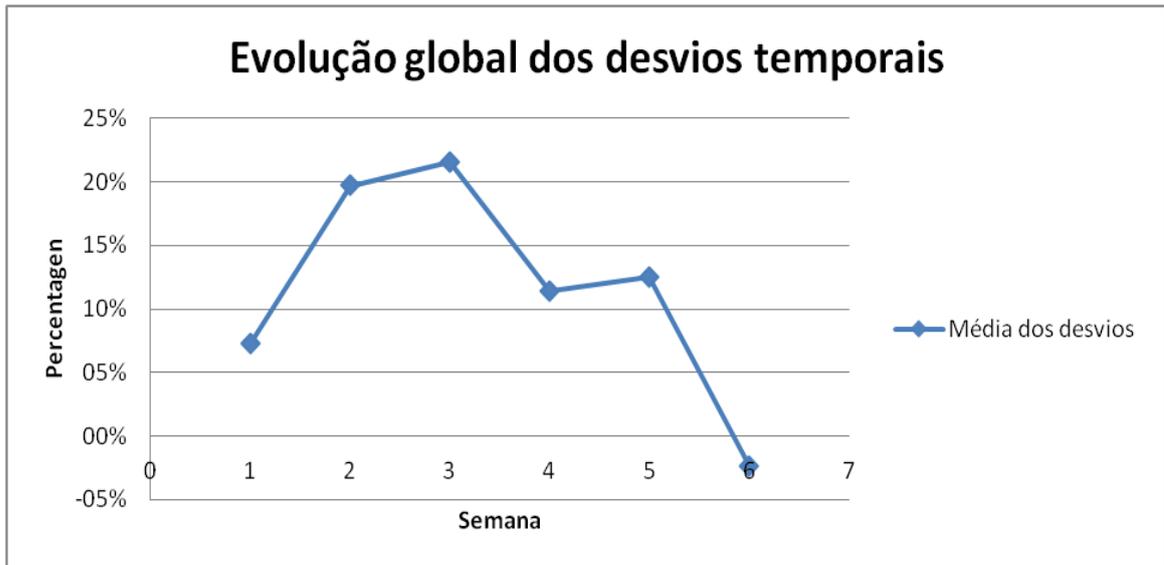


Figura 12-Evolução global dos desvios registados relativamente ao *standard*

Como se pode observar na figura nº12 a partir da terceira semana existe uma tendência de que a média dos desvios de uma forma global diminua, chegando mesmo a atingir um valor abaixo de zero na sexta semana. Isto quer dizer que já existem postos com tempos de ciclo inferiores ao definido no *standard* e que a tendência será para que noutros postos aconteça o mesmo. Isto é algo expectável, pois os tempos definidos como *standard* foram os limites superiores dos intervalos de confiança, pelo que com a redução da variabilidade, a tendência será para que um maior número de tempos de ciclo dos postos de trabalho se afaste desses limites e se aproxime da média.

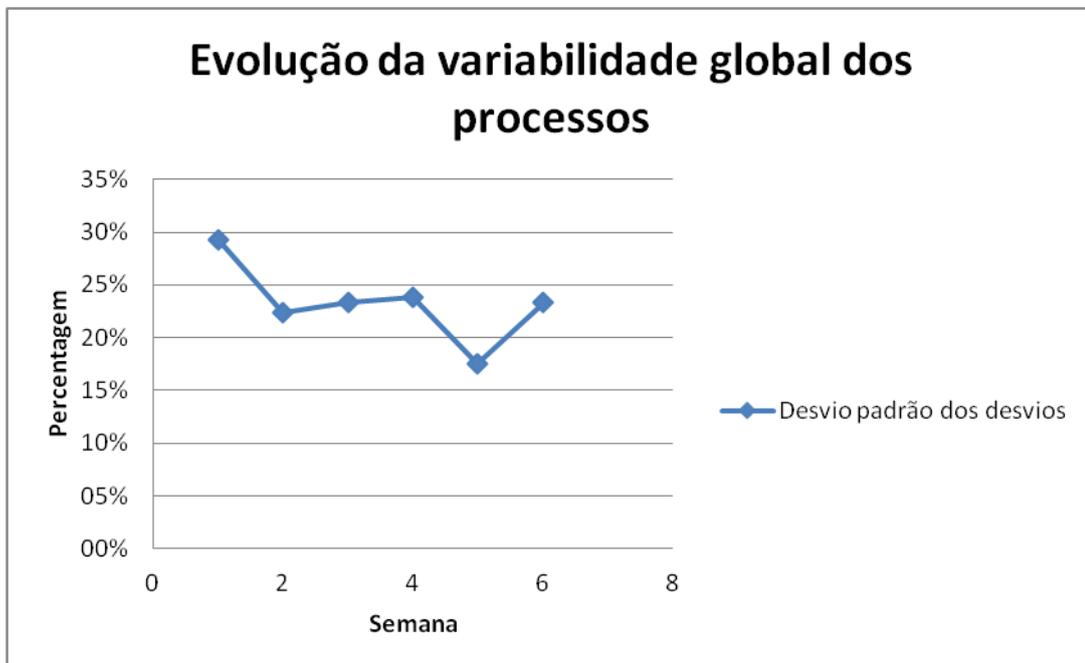


Figura 13-Evolução global da variabilidade dos processos

Verifica-se, observando a figura nº13, que existe uma diminuição do desvio padrão dos desvios registados de cerca de 5%. Isto é algo positivo pois significa que se está a conseguir reduzir a variabilidade dos processos de forma global. No entanto, ainda existe um longo caminho a percorrer, já que a variabilidade ainda é relativamente elevada (entre os 20 e 25%),

sendo que a contínua redução desta variabilidade contribuirá para a redução dos *lead times* dos tramos para valores próximos (e se possível inferiores aos definidos nos *standards*).

Finalmente, apresenta-se as reduções conseguidas na implementação dos *standards* durante as seis semanas de acompanhamento (ver tabela nº9).

Tabela 9-Redução dos *lead times* após a implementação dos *standards*

Tramos	LT antes da implementação (dias)	LT depois da implementação (dias)	Melhoria
S1	14,30	11,17	21,91%
S2	13,22	9,88	25,32%
S3	13,70	10,00	27,01%
St (85m)	17,40	15,08	13,31%

Verifica-se que se conseguiu até este momento reduções na ordem dos 20%. É de notar que estas reduções não estão isoladas de outros ganhos de produtividade pois a implementação dos *standards* foi coincidente com a introdução dum novo modelo de torre, sendo que não foi possível separar a redução provocada pela implementação dos *standards*. Porém, isto não invalida que tenha existido uma redução do *lead time* de forma significativa através da implementação dos *standards*.

Apesar disto, ainda existe um potencial de redução substancial expectável, sendo que este é apresentado na tabela nº10. É assim natural que ao longo das próximas semanas se consiga maiores reduções, acompanhadas dum cumprimento cada vez maior dos *standards*.

Tabela 10-Possibilidade de redução de *lead times* existente

Tramos	LT teóricos (dias)	LT depois da implementação (dias)	Potencial atual de melhoria
S1	7.29	11,17	34,74%
S2	6,66	9,88	32,59%
S3	7,57	10,00	24,30%
St (85m)	12,20	15,08	19,10%

5 Implementação dos 5S e identificação de oportunidades de melhoria

5.1 Implementação dos 5S nos postos de trabalho

Outro dos objetivos existentes consistia na implementação dos 5S. A metodologia utilizada na implementação dos 5S consistiu essencialmente na observação do estado atual dos postos de trabalho, dialogar com os operadores que normalmente estão alocados a esses postos por forma a perceber também a perspetiva que eles tinham sobre a situação atual e como achariam que seria possível melhorar a organização do posto de trabalho. Após isto, foi feita a implementação dos 5S em que se deu formação aos operadores de forma a sensibilizá-los e envolvê-los na implementação por forma a transmitir o espírito de empenho transversal, necessário para a manutenção da condição dos postos de trabalho após a reorganização destes. De seguida serão apresentados alguns exemplos de implementação.

Posto de trabalho do oxicorte

Verificou-se inicialmente a existência de uma completa desarrumação do posto de trabalho (ver figuras nº14 e 15), existindo inclusive elementos que apresentavam um estado de degradação substancialmente avançado (ver figura nº16). Assim procedeu-se à implementação dos 5S no posto de trabalho (ver figuras nº 17 e 18) segundo a ordem apresentada na secção 2.2. Para os elementos que apresentavam um estado de degradação elevado, fez-se a substituição destes sempre que possível (como no caso do manual de manutenção). Para os que não foram possíveis de substituir, descartaram-se. Além disto, como relativamente à máquina de oxicorte não existia qualquer tipo de *standard* desenvolveu-se uma instrução de trabalho para operar a máquina (ver anexo D)



Figura 14-Estado do armário antes da implementação dos 5S



Figura 15- Estado da secretária antes da implementação dos 5S



Figura 16- Degradação inicial do posto de trabalho



Figura 17- Estado do armário após a implementação dos 5S



Figura 18-Estado da secretária após a implementação dos 5S

Posto de calandragem

Tal como no posto do oxicorte verificou-se a existência duma grande desarrumação do posto de trabalho (ver figuras nº19 e 20). Mas além disso também se verificou a existência de muita sujidade o que obviamente não é nada benéfico na realização das atividades rotineiras do posto. Assim implementou-se os 5S por forma a melhorar substancialmente a organização do posto de trabalho (ver figuras nº21 e 22).



Figura 19-Estado da calandra antes da implementação dos 5S



Figura 20-Estado dos armários e afins antes da implementação dos 5S



Figura 21-Estado da calandra após implementação dos 5S



Figura 22-Estado dos armários e afins após a implementação dos 5S

Linhas de montagem dos tramos

Verificou-se que no processo de montagem dos tramos os operadores sempre que necessitavam de realizar este processo tinham que se deslocar à ferramentaria para recolher as ferramentas necessárias e voltar ao local onde se realiza a montagem. Ora por forma a reduzir essas movimentações fez-se a definição das ferramentas necessárias e colocaram-se carrinhos nos postos (fig.23) onde se realizam as montagens de virolas (postos 10;11;4;5;2;3;7;8;9) para assim reduzir as movimentações associadas e os operadores terem as ferramentas que necessitam sempre próximas e acessíveis.



Figura 23- Carrinhos com as ferramentas necessárias ao processo de montagem

Também se verificou que as marcações dos postos de trabalho encontravam-se apagadas e que os recipientes que continham os pinos não se encontravam organizados (figura 24). Assim voltou-se a pintar as marcações para que estas se tornassem visíveis e organizou-se os pinos (figura 25).



Figura 24- Estado das marcações dos postos de trabalho e dos recipientes dos pinos antes da implementação dos 5S



Figura 25- Estado das marcações dos postos de trabalho e dos recipientes dos pinos depois da implementação dos 5S

Após a implementação dos 5S realizaram-se auditorias (utilizando o modelo apresentado no anexo E) por forma a avaliar e garantir que o estado dos postos de trabalho se mantém. Na figura nº26 apresenta-se a situação antes e depois da implementação dos 5S de uma forma global.

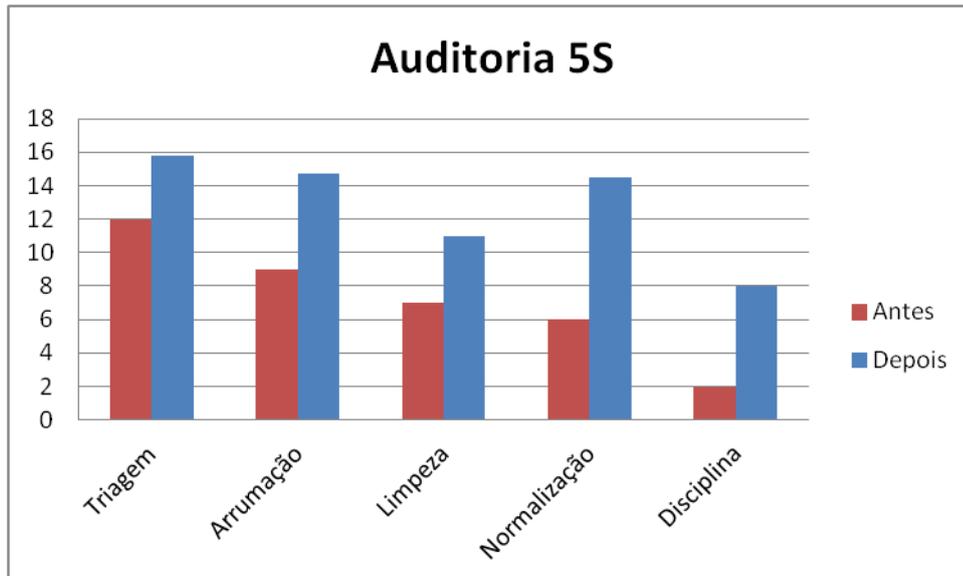


Figura 26-Melhoria relativa à implementação dos 5S

Verifica-se que existem melhorias generalizadas em cada um dos elementos que compõem os 5S. No entanto é necessário prosseguir o esforço da mudança de mentalidades pois é isto que permitirá que as melhorias implementadas perdurem (através do reforço da disciplina), senão existirá o risco de que as melhorias conseguidas se percam revertendo-se para o estado anterior.

5.2 Outras propostas de melhoria

Nesta secção serão apresentadas algumas oportunidades de melhoria identificadas ao longo dos diferentes processos apresentados na secção 3.2.

Nestes processos verificaram-se algumas fontes de desperdício que poderiam assim ser objeto de ações de melhoria. Estas fontes de desperdício vão ser apresentadas de seguida assim como as respetivas propostas de melhoria.

No processo de chanfragem verificou-se que existia uma atividade que demora cerca de vinte minutos e que consistia na rebarbagem da chapa antes do início da chanfragem. Isto devia-se sobretudo às condições em que a chapa chegava para ser chanfrada. Como esta atividade não acrescentava qualquer tipo de valor decidiu-se realizar uma análise de 5 porquês, para determinar as causas chave pelas quais a chapa precisa de ser rebarbada e as respetivas ações propostas de forma a corrigir esta situação para assim não ser preciso efetuar esta atividade. Esta análise é apresentada na figura nº27.

Porquê 1	Porquê 2	Porquê 3	Porquê 4	Ação Proposta
O corte da chapa mal executado	A máquina de oxicorte é antiga e velha tendo acumulado folgas e desgaste ao longo dos anos.			Aquisição de uma nova máquina.
A chapa tem ferrugem	As chapas muitas das vezes têm dimensões superiores em comprimento do que a máquina de decapagem, não permitindo realizar a decapagem a toda a chapa.			Realizar decapagem de toda a chapa de modo a conseguir-se eliminar todos os vestígios de ferrugem.
	As chapas muitas das vezes já vêm com ferrugem.	As chapas estão ao ar livre estando sujeitas às condições atmosféricas (ar, chuva, etc).		Colocar as chapas num sítio abrigado das condições atmosféricas
		As chapas por vezes vêm do fornecedor já com um determinado grau de ferrugem.	É mais barato comprar chapa com um determinado grau de ferrugem contemplado pela norma do que comprar chapa em melhores condições.	Estabelecimento duma parceria com o fornecedor win-win de forma a garantir a melhor qualidade na fonte possível

Figura 27-Análise 5 Porquês para o processo de chanfragem

Verificou-se que a chapa precisa de ser rebarbada porque aquando do corte da chapa esta vem com algumas imperfeições ou porque a própria chapa possuía resquícios de ferrugem. A partir daí perguntou-se consecutivamente “porquê” para se apurar as causas que levam à ocorrência destes fenómenos. É de realçar que a maior parte das medidas são relativamente fáceis de implementar exceto a última, em que se terá provavelmente de fazer um esforço de proximidade entre fornecedor e cliente, mas que será essencial se a empresa quiser num futuro próximo passar de um produtor tradicional para um produtor *lean*.

No processo de soldadura dos pinos (no tramo S1) identificou-se um desperdício absurdo de movimentações do operador relativo à rotação do tramo. Para soldar todos os pinos é necessário ir rodando o tramo. Isto é conseguido através da utilização dum comando que controla os viradores e que permite a rotação do tramo. Ora, o que se verifica é que quando o operador necessita de rodar o tramo este tem de se deslocar duma ponta do tramo até à outra, de forma a poder virar o tramo e depois tem de regressar a onde estava para soldar o conjunto de pinos na posição pré designada (ver figura nº28).

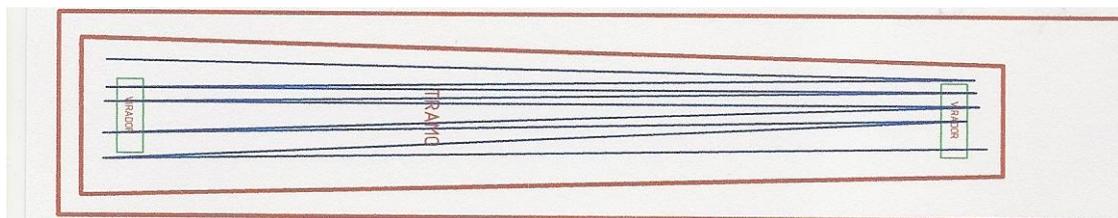


Figura 28-Diagrama de Spaghetti do processo de soldadura dos pinos (escala 1:201)

Esta movimentação de ir ao comando, rodar o tramo e regressar à posição inicial constituem um desperdício de cerca de 108 minutos, (cerca de 19% do valor total do tempo de ciclo) que o operador perde em movimentações. Isto podia ser completamente eliminado se simplesmente se colocasse no comando um fio de corrente elétrica suficientemente comprido para que o operador pudesse transportá-lo e sempre que precisasse de rodar o tramo só teria que simplesmente carregar no botão do comando que se encontraria consigo.

Nos processos de soldadura circular exterior identificou-se a existência de hipóteses de melhoria relativas à possibilidade de redução do tempo de setup. A sequência relativa à execução das tarefas durante o setup podem ser vistas na tabela nº14 do anexo C, sendo que as movimentações efetuadas pelo operador no posto de trabalho ao longo da sequência podem ser vistas na figura nº29.

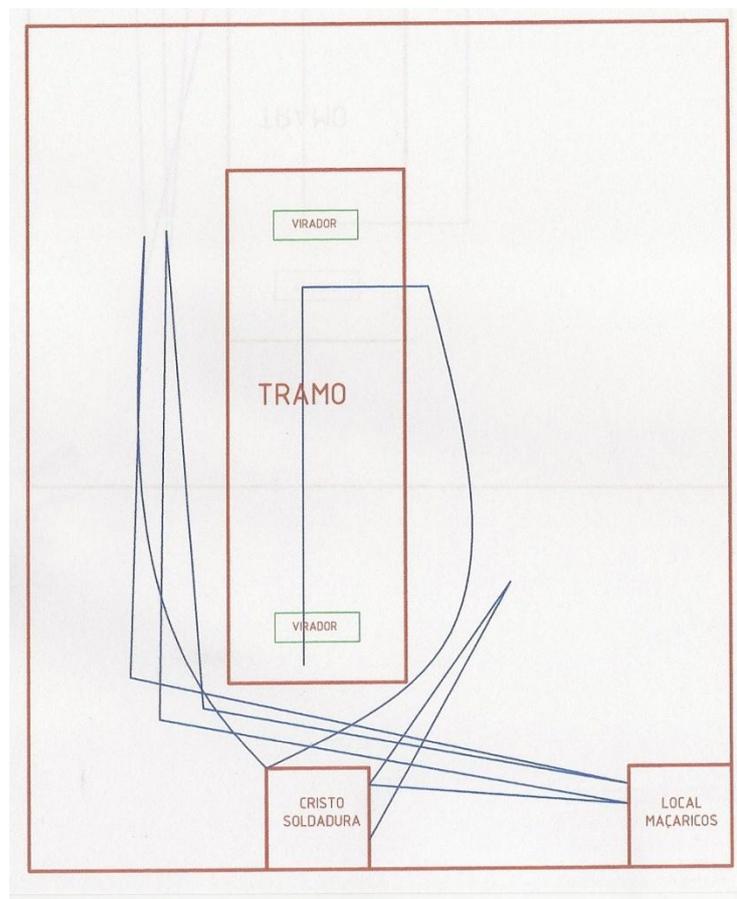


Figura 29-Diagrama de Spaghetti do processo de setup de soldadura circular exterior (escala 1:141)

Verificou-se que muitas das atividades podiam ser externalizadas (podiam ser feitas de antemão) e algumas podiam até mesmo ser eliminadas, pelo que se pode poupar bastante tempo. Assim definiu-se uma proposta duma nova sequência de atividades (tabela nº15 do anexo C), tendo em conta os passos definidos pela análise SMED (exposta na secção 2.4). Com a nova sequência também se idealizou um novo conjunto de movimentações que podem ser observadas na figura nº30.

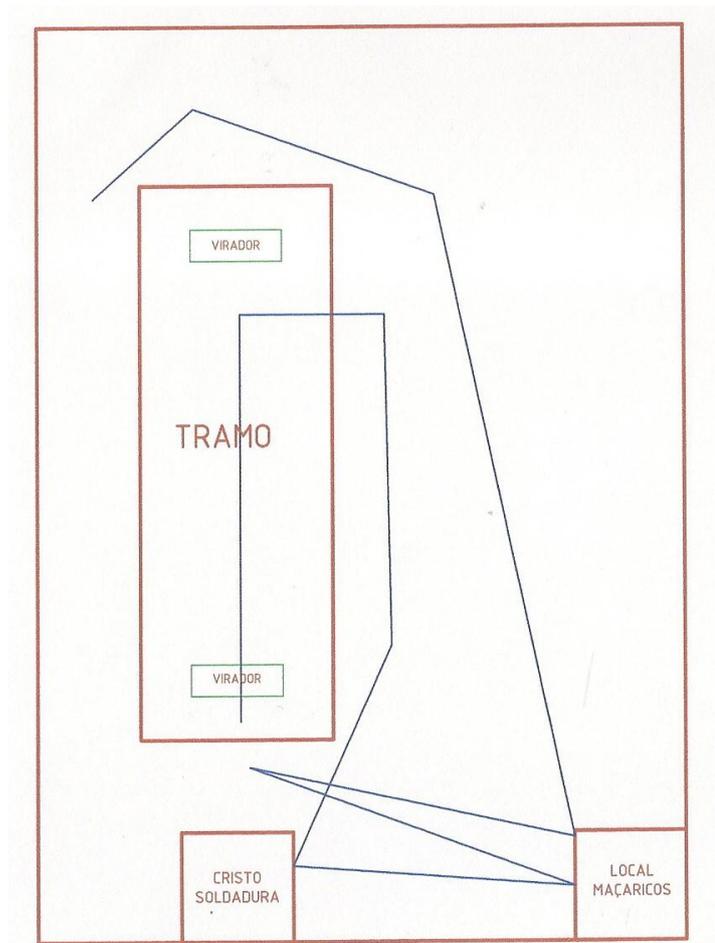


Figura 30-Diagrama de Spaghetti com a nova proposta de movimentações (escala 1:141)

Observa-se que com a nova sequência se conseguiria à partida, um conjunto de movimentações mais harmoniosas e com menor desperdício de tempo. Também se verifica que em princípio mesmo considerando que todos os tempos se mantenham iguais, realizando a nova sequência, se possa passar dum tempo de 33:06 para 9:07, que é o tempo apenas de realizar as tarefas internas do setup (sendo que as externas seriam feitas de antemão), podendo obter uma redução do tempo de setup de cerca de 73%.

A utilização dos cristos de soldadura necessita da utilização de bobines com fio de diferentes espessuras e de sacos de fluxo por forma a poderem realizar as soldaduras por arco submerso. Observou-se que quando era necessário fazer o reabastecimento nos cristos de soldadura de bobinas o soldador tinha de sair do seu posto de trabalho e recolher os itens de que necessitava. É claro que isto vai causar um aumento de variabilidade no processo e ao mesmo tempo ser uma fonte de desperdício. Assim definiu-se um percurso de abastecimento dos cristos de soldadura em que um operador ficaria encarregue, de numa determinada periodicidade, circular pelos diferentes cristos segundo um percurso definido e colocar as bobines e fluxos na base do cristo de soldadura, para que quando fosse necessário, o soldador só precisasse de realizar a substituição dos itens em causa e não ter de se deslocar para recolher os itens necessários. Para realizar a definição da periodicidade recorreu-se à especificação das bobines dada pelo fornecedor para a taxa de consumo média por hora estimada consoante a espessura de fio (tabela nº11).

Tabela 11-Taxas de consumo médias para os dois tipos de fio das bobines utilizados

Tipos de fios	Taxa de consumo (kg/h)
Fios de 4mm	8
Fios de 2mm	6

Assim tendo em conta isto calculou-se o tempo médio de duração de uma bobine tendo em conta as respetivas massas das bobines utilizadas (tabela nº12).

Tabela 12-Tempos estimados de duração das bobines

Tipos de fios	Massa das bobines (kg)	Tempo duração bobine (h)
Fios de 4mm	25	3,1
	30	3,8
	100	12,5
Fios de 2,5mm	25	4,2
	30	5
	100	16,7

Como se pode observar os tempos de duração mais curtos são para as bobines que utilizam fios de 4mm. Assim definiu-se que a periodicidade com que se faria o reabastecimento seria de quatro em quatro horas pois praticamente todos os cristos de soldadura possuem pelo menos uma bobine de 30 kg de fio de 4mm e que ao dialogar com os operadores estes referiram que o tempo com que tinham de trocar de bobine era superior ao indicado na tabela nº12, o que é normal pois nenhum cristo de soldadura possui uma taxa de utilização de 100%. No anexo G apresenta-se o percurso de abastecimento e as características das bobines referentes a cada cristo de soldadura. O local de deposição das bobines será na base de cada cristo de soldadura, sendo que o número de bobines a depositar serão duas, para assim garantir na eventualidade de ser necessário substituir duas bobines em simultâneo o operador tenha as bobines disponíveis na base do cristo e possa assim proceder à substituição destas no cristo de soldadura incorrendo no mínimo tempo perdido.

6 Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

Os principais objetivos desta dissertação passavam pela definição e implementação dos *standards* das linhas de montagem e pela implementação dos 5S.

Inicialmente na empresa não existia qualquer tipo de standardização referente ao processo produtivo das torres, sendo que este se traduzia por ser bastante errático e quase arbitrário em termos de sequência e de localização dos diferentes tipos de tramos a serem realizados nos diferentes postos de trabalho. Assim definiu-se e implementou-se *standards* nas linhas de montagem dos tramos com o objetivo de acabar com esta situação. Esta implementação não foi fácil, pois inicialmente existiu alguma resistência em mudar de um comportamento em que o que se pretendia era ver cristos a soldar e a fábrica cheia de tramos, para um comportamento que implicava a existência de uma ordem de fabrico com uma sequência definida, que tinha que ser respeitada e em que só se produzia quando necessário. Claro que mudar nunca é fácil, mas atualmente em que cada vez mais as vantagens competitivas associadas aos produtos e aos processos são efémeras, devido à facilidade de que os concorrentes possuem em imitar um determinado produto ou processo, é necessário estar em constante evolução, sobretudo no atual contexto económico.

Com a implementação dos *standards* conseguiu-se melhorias de produtividade significativas e uma redução de *lead times* na ordem dos 20% durante o período de acompanhamento, sendo expectável conseguir reduções maiores nas próximas semanas. Isto prova que através da simples normalização e estabilização dos processos consegue-se reduzir a variabilidade dos processos que terá impacto direto na redução do *lead time*. Esta redução do *lead time* terá como consequência a redução do ciclo *order to cash*, via redução do tempo médio de recebimentos, reduzindo assim o tempo necessário para a faturação das torres a serem produzidas.

Relativamente à implementação dos 5S procurou-se com a colaboração dos operadores melhorar as condições dos postos de trabalho, para que a realização das operações aí efetuadas fossem o mais eficientes possíveis e ao mesmo tempo criar um sentido de responsabilidade dos operadores necessário à manutenção deste.

Além disto elaboraram-se propostas de melhoria relativas a alguns processos tendo em vista a redução de desperdícios existentes através da utilização de diferentes ferramentas *lean*.

Relativamente a trabalhos futuros, a continuação da estabilização dos processos nas linhas de montagem dos tramos é uma prioridade. Após a estabilização estar concluída, a reformulação dos tempos dos *standards* será o próximo passo já que com a redução generalizada da variabilidade o tempo de cada processo tenderá a afastar-se cada vez mais do limite superior do intervalo de confiança, fazendo com que esses tempos muito provavelmente deixem de ser coerentes com a realidade. Nesta reformulação dever-se-á procurar recolher um grande número de observações de cada processo, para permitir fazer uma análise à variabilidade dos processos. Ao mesmo tempo deve-se procurar fazer a redução de tempos das linhas de montagem através da focalização de esforços na melhoria contínua dos processos de montagem e de soldadura para que se depois então se consiga fazer o balanceamento dos postos de trabalho por forma a cumprir a procura exigida pelo cliente. Além disto a realização duma análise dos defeitos de soldadura por forma a perceber as principais causas, seria algo interessante para conseguir num futuro próximo diminuir a taxa média de defeitos e reduzir o tempo necessário das reparações.

Referências

- AICEP. (2010) *Aicep Portugal Global*. Available at: <http://www.portugalglobal.pt/PT/PortugalNews/RevistaImprensaNacional/Empresas/Paginas/TegopiinvestetresmilhoesnaTurquia.aspx>.
- Akturk MS and Erhun F. (1999) An overview of design and operational issues of kanban systems. *International Journal of Production Research*: 3859-3881.
- Black JT. (2007) Design rules for implementing the Toyota Production System. *International Journal of Production Research*: 3639-3664.
- Feld WM. (2000) *Lean Manufacturing: Tools, Techniques and How to Use Them*: CRC.
- Fullerton RR and McWatters CS. (2001) The production performance benefits from JIT implementation. *Journal of Operations Management*: 81-96.
- Gapp R, Fisher R and Kobayashi K. (2008) Implementing 5S within a Japanese context: an integrated management system. *Journal of Manufacturing Technology Management*: 565-579.
- Global AP. (2012) *Revista Portugal Global*. 50-52.
- Guimarães RC and Cabral JAS. (2007) *Estatística*: Mc Graw-Hill.
- Hinckley CM. (2007) Combining mistake-proofing and Jidoka to achieve world class quality in clinical chemistry. *Accreditation and Quality Assurance: Journal for Quality, Comparability and Reliability in Chemical Measurement*: 223-230.
- Hirano H. (1989) *JIT factory revolution: A pictorial guide to factory design of the future*: Productivity Press.
- Huang C-C and Kusiak A. (1996) Overview of Kanban systems. *International Journal Computer Integrated Manufacturing*: 169-189.
- Im JH and Lee SM. (1989) Implementation of just-in-time in US manufacturing firms. *International Journal of Operations and Production Management*: 5-14.
- Imai M. (1997) *Gemba Kaizen : A Commonsense Low-cost Approach to Management*: McGraw-Hill Professional.
- Jacobs FR, Chase RB and Aquilano NJ. (2009) *Operations and Supply Management*: McGraw-Hill.
- Kato T. (2001) The End of Lifetime Employment in Japan?: Evidence from National Surveys and Field Research. *Journal of the Japanese and International Economies*: 489-514.
- Kobayashi K, Fisher R and Gapp R. (2008) Business improvement strategy or useful tool? Analysis of the application of the 5S concept in Japan, the UK and the US. *Total Quality Management & Business Excellence*. 245-262.
- Liker JK. (2003) *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*: McGraw-Hill.
- Michalska J and Szewieczek D. (2007) The 5S methodology as a tool for improving the organization. *Journal of Achievements in Material and Manufacturing Engineering*: 211-214.

- Miltenburg J. (2001) One-piece flow manufacturing on U-shaped production lines: a tutorial. *IIE transactions*: 303-321.
- Niebel BW. (1958) *Time Motion Study*, Homewood, Illinois: Richard D. Irwin, Inc.
- Ohno T. (1998) *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*: Productivity Press.
- Ono H. (2007) *Lifetime Employment in Japan: Concepts and Measurements*.
- Ramesh V, Prasad KVS and Srinvas TR. (2008) Implementation of a Lean Model for Carrying out Value Stream Mapping in a Manufacturing Industry. *Journal of Industrial and Systems Engineering*: 180-196.
- Rother M and Shook J. (1999) *Learning to See: value stream mapping to add value and eliminate muda*: Lean Enterprises Institute, Incorporated.
- Shingo S. (1985) *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*: Productivity Press.
- Sousa A. (2009) *Automatização de linha de montagem na Paulo Mendes S. A.*
- Takeuchi R, Lepak DP, Wang H, et al. (2007) An empirical examination of the mechanisms mediating between high-performance work systems and the performance of Japanese organizations. *Journal of Applied Psychology* 92: 1069.
- TEGOPI. (2007) *Catálogo Geral da Tegopi*.
- Womack JP and Jones DT. (2003) *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*: Simon & Schuster.

ANEXO A: Desenhos das torres de 85 e 100 metros

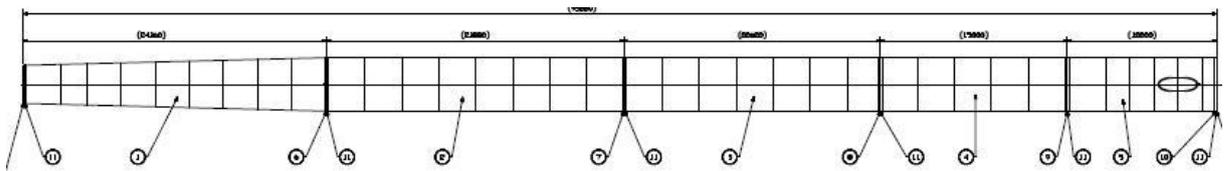


Figura 31-Extrato dum desenho técnico duma torre completa de 100m

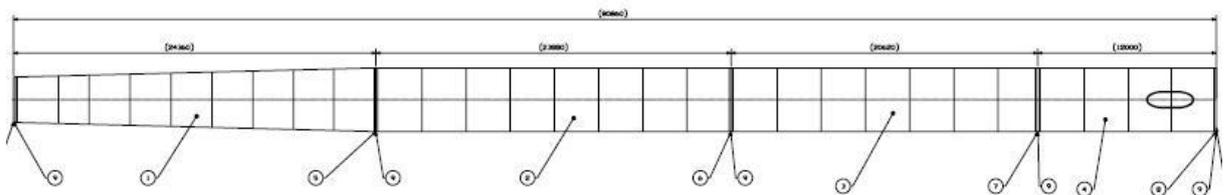
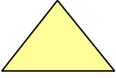
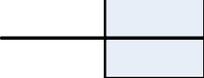


Figura 32-Extrato dum desenho técnico duma torre completa de 85m

ANEXO B: Símbolos utilizados no VSM

Tabela 13-Símbolos principais utilizados no VSM

Símbolos	Significado
	Processo com o número respetivo de postos de trabalho
	Símbolo que representa o fornecedor (es) e o (s) cliente (s)
	Seta que representa um movimento de <i>push</i>
	Inventário presente em determinado ponto do fluxo
	Seta que representa transmissão de informação por via eletrónica
	Seta que representa transmissão de informação por via manual
	Seta que representa envio dos produtos acabados para o cliente
	Linha temporal
	Caixa que em cima tem o <i>lead time</i> total e em baixo o tempo acumulado de valor acrescentado
	Camião que representa o meio de transporte de matérias-primas e produtos acabados

ANEXO C: Análise SMED ao processo de soldadura circular

Tabela 14-Sequência das tarefas realizadas durante o setup duma soldadura circular

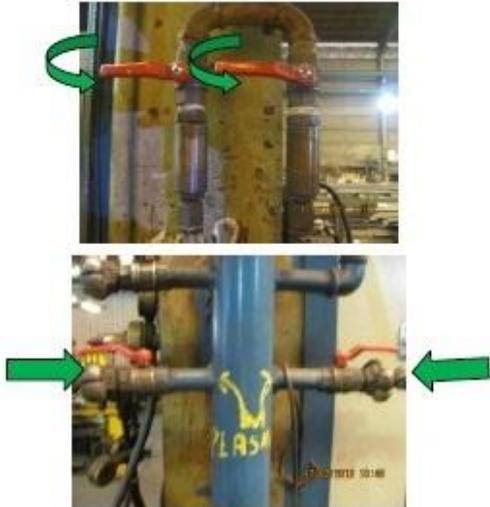
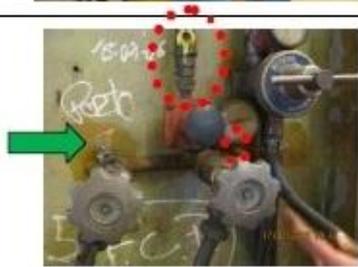
Nº	Tarefa	Tempo	Int.	Ext.	Sugestões
1	Colocar cristo em posição	3:00	X		
2	Ajustar fios do cristo	0:30		X	Com os fios ajustados não seria necessário realizar esta tarefa
3	Calibrar cristo	0:30	X		
4	Recolher maçarico	0:32		X	
5	Calibrar viradores	3:00		X	Não seria possível calibrar à primeira a velocidade para todo o setup?
6	Ligar maçarico	0:10		X	
7	Pré-aquecimento da junta	16:08		X	Não será possível fazer isto à mesma velocidade de rotação do que na soldadura?
8	Pousar maçarico	1:25		X	
9	Calibrar viradores	1:16		X	É possível calibrar à primeira
10	Colocar arnês de segurança	2:05		X	
11	Recolher material de apoio à soldadura	0:10		X	
12	Subir o tramo até ao cristo	0:25	X		
13	Realizar últimos ajustes e testar	5:12	X		
Tempo total (min:seg)		33:05			

Tabela 15-Nova proposta de sequência das tarefas para o setup numa soldadura circular

Nº	Tarefa	Tempo atividade Interna (min:seg)	Tempo atividade Externa (min:seg)
1	Calibrar viradores		3:00
2	Recolher maçarico e ligar gás		0:32
3	Ligar maçarico		0:10
4	Pré-aquecimento da junta		16:08
5	Colocar arnês de segurança		2:05
6	Recolher material de apoio à soldadura		0:10
7	Pousar maçarico e desligar gás		1:25
8	Colocar cristo em posição	3:00	
9	Calibrar cristo	0:30	
10	Subir tramo até ao cristo	0:25	
11	Realizar últimos ajustes	5:12	
Tempo total (min:seg)		9:07	23:35

ANEXO D: Instrução de trabalho da máquina de oxicorte

TEGOPI	Instrução de trabalho da Máquina OX15 <i>Working Instruction of the OX15 machine</i>	IT 001/2012	
		Rev : 00	Página : 1 / 1 Page : 1 / 1

o. Pos	Descrição das actividades <i>Description of Activities</i>	Operações / Critérios de aceitação <i>Features / Acceptance Criteria</i>	Responsabilidade / Equipamentos <i>Responsibility / Devices</i>	Notas <i>Remarks</i>
1	Ligar os passadores do ar e do plasma	-Aceitação visual <i>Visual acceptance</i>	- Operador <i>Operator</i>	
2	Ligar os passadores de ar (garantir que o passador amarelo está aberta)	-Aceitação visual <i>Visual acceptance</i>	- Operador <i>Operator</i>	

	Instrução de trabalho da Máquina OX15 <i>Working Instruction of the OX15 machine</i>	IT 001/2012	
		Rev : 00	Página : 2 / 1 Page : 2 / 1

3	Ligar a máquina do plasma (pressionar botão verde) e ajustar a pressão	-Aceitação visual <i>Visual acceptance</i>	- Operador <i>Operator</i>	
4	Ligar a máquina. Depois de ligar a máquina validar 2 vezes (ENTER) para chegar ao menu principal.	-Aceitação visual <i>Visual acceptance</i>	- Operador <i>Operator</i>	

TEGOPI	Instrução de trabalho da Máquina OX15 <i>Working Instruction of the OX15 machine</i>	IT 001/2012	
		Rev : 00	Página : 3 / 1 Page : 3 / 1

5	No menu principal seleccionar a opção nº1 (Execução PGM) e validar (ENTER)	-Aceitação visual <i>Visual acceptance</i>	- Operador <i>Operator</i>	
6	Inserir nº de programa CNC (ignorar os dois zeros iniciais). No caso de o programa não estar na memória prosseguir para a operação 7, senão ir para a operação 11.	-Aceitação visual <i>Visual acceptance</i>	- Operador <i>Operator</i>	
7	Retroceder ao menu inicial, seleccionar opção nº3 (Chargement PGM) e validar (ENTER)	-Aceitação visual <i>Visual acceptance</i>	- Operador <i>Operator</i>	
8	No sistéme d'entree escolher a opção nº4 (Sortie Serie) e validar (ENTER)	-Aceitação visual <i>Visual acceptance</i>	- Operador <i>Operator</i>	

	Instrução de trabalho da Máquina OX15 <i>Working Instruction of the OX15 machine</i>	IT 001/2012	
		Rev : 00	Página : 4 / 1 Page : 4 / 1

9	Introduzir o nº de PGM e carregar em ENTER sucessivamente até acabar e aguardar que o programa seja carregado	Aceitação visual <i>Visual acceptance</i>	- Operador <i>Operator</i>	
10	Regressar ao menu principal (carregar em RST), seleccionar a opção nº1 (Execução PGM) e validar (ENTER)	Aceitação visual <i>Visual acceptance</i>	- Operador <i>Operator</i>	
11	Carregar em ENTER, depois introduzir o valor da sangria e a seguir carregar sucessivamente em ENTER até o programa começar a calcular os parâmetros.	Aceitação visual <i>Visual acceptance</i>	- Operador <i>Operator</i>	
12	Mudar o modo de corte manual para corte automático (opção nº2).	Aceitação visual <i>Visual acceptance</i>	- Operador <i>Operator</i>	

	Instrução de trabalho da Máquina OX15 <i>Working Instruction of the OX15 machine</i>	IT 001/2012	
		Rev: 00	Página : 5 / 1 Page : 5 / 1

13	Depois, no menu de execução introduzir os dados (dimensão da chapa). Validar 2 vezes (ENTER)	-Aceitação visual <i>Visual acceptance</i>	- Operador <i>Operator</i>	
14	Depois de introduzido os valores carregar ENTER (VOULEZ VOUS CHANGER ANG TOILE).	-Aceitação visual <i>Visual acceptance</i>	- Operador <i>Operator</i>	
15	Calibrar a máquina no ponto zero no lado esquerdo (sequência OUI-ENTER). Depois ir ao ponto mais distante da chapa e fazer os ajustes necessários (utilizar as setas direccionais). De seguida mudar para OUI e carregar duas vezes em ENTER. Carregar no V para ver o gráfico.	-Aceitação visual <i>Visual acceptance</i>	- Operador <i>Operator</i>	
16	Chamar a máquina ao ponto zero de corte (RET)	-Aceitação visual <i>Visual acceptance</i>	- Operador <i>Operator</i>	

	Instrução de trabalho da Máquina OX15 <i>Working Instruction of the OX15 machine</i>	IT 001/2012	
		Rev: 00	Página : 6 / 1 Page : 6 / 1

17	Regressar ao menu anterior (carregar duas vezes em STOP) e seleccionar opção de teste (carregar em OUI e ENTER)	-Aceitação visual <i>Visual acceptance</i>	-Operador <i>Operator</i>	
18	Mudar para o teste contínuo (opção n°2) e validar (ENTER até ao fim). Para iniciar teste carregar em GO	-Aceitação visual <i>Visual acceptance</i>	-Operador <i>Operator</i>	
19	Parar o teste carregando no STOP. Colocar a máquina no ponto zero (Carregar três vezes no RET)	-Aceitação visual <i>Visual acceptance</i>	- Operador <i>Operator</i>	
20	Regressar ao menu anterior (carregar em STOP) e mudar para corte (opção n°1) e validar (ENTER até ao fim)	-Aceitação visual <i>Visual acceptance</i>	-Operador <i>Operator</i>	

	Instrução de trabalho da Máquina OX15 <i>Working Instruction of the OX15 machine</i>	IT 001/2012	
		Rev: 00	Página : 7 / 1 Page : 7 / 1

21	Testar o stickout do bico de corte no painel Auto Height (activar interruptor n°3)	-Aceitação visual <i>Visual acceptance</i>	- Operador <i>Operator</i>	
22	Introduzir velocidade de corte	-Aceitação visual <i>Visual acceptance</i>	- Operador <i>Operator</i>	
23	Iniciar corte (Pressionar botão GO)	-Aceitação visual <i>Visual acceptance</i>	- Operador <i>Operator</i>	

ANEXO E: Modelo da auditoria 5S

Lista de Verificação dos 5S			Local:	Nota: /100				
				Anterior: /100				
5S	Nº	Item Verificado	Critérios de Avaliação	Péssimo	Mau	Razoável	Bom	Excelente
				0	1	2	3	4
Triagem	1	Informação e materiais	Existem materiais desnecessários espalhados no posto de trabalho					
	2	Máquinas e Equipamentos	Todas as máquinas e equipamentos são usados regularmente					
	3	Ferramentas	Todas as ferramentas são usadas regularmente? Existem ferramentas espalhadas no posto de trabalho?					
	4	Controlo visual	Todos os equipamentos e materiais necessários estão claramente identificados					
	5	Eliminação de excessos	Existe um procedimento claro para a eliminação de excessos					
Resultados Triagem (%):				0,0%				
Arrumação	6	Locais de armazenagem	Existem locais dedicados à armazenagem de ferramentas/materiais?					
	7	Arquivo	Existe uma zona claramente identificada para arquivo de documentação					
	8	Eliminação materiais	Existem locais adequados para a segregação de materiais (papel, plástico, outros)					
	9	Lay Out	A arrumação de equipamentos e componentes está organizada para minimizar os movimentos de pessoas					
	10	Documentos, equipamentos e materiais	A armazenagem de documentos, equipamentos e materiais está bem organizada, facilitando o seu acesso					
Resultados Arrumação (%):				0,0%				
Limpeza	11	Piso, corredores	O piso e corredores estão sempre limpos ?					
	12	Zona de resíduos	Existe um local proprio para os resíduos da area? Estão a ser convenientemente utilizados?					
	13	Máquinas	As máquinas são mantidas limpas					
	14	Posto de trabalho	O posto de trabalho está limpo? Existem normas claras de quem e quando deve limpar o postos de trabalho.					
	15	Limpeza Habitual	Varrer e limpar são consideradas actividades habituais					
Resultados Limpeza (%):				0,0%				
Normalização	16	Posto de trabalho	O posto de trabalho fica arrumado no final do dia.					
	17	Indicadores de quantidade	Há indicações claras sobre a quantidade mínima e máxima de stock					
	18	Regras	Há regras claras de forma a assegurar que as melhorias introduzidas são mantidas no futuro					
	19	Gestão visual	As normas estão visíveis e são do conhecimento de todos					
	20	Instruções de trabalho	Estão criadas instruções de trabalho para as operações relevantes					
Resultados Normalização (%):				0,0%				
Disciplina	21	Cumprimento dos regulamentos	Todos os regulamentos são respeitados rigidamente e há actualização das normas					
	22	Manutenção	Existem a realização de ativiades de manutenção da condição do posto de trabalho					
	23	Seguimentos	São feitas auditorias com frequência					
Resultados Disciplina (%):				0,0%				
Total	Calcular a média de cada S		0%					

ANEXO F: Número de ciclos a ser observado**Tabela 16-Guia para o número de ciclos a serem observados (Niebel, 1958)**

Quando o tempo de ciclo é superior a	Número mínimo de ciclos do estudo do processo (atividade)		
	Mais que 10000 por ano	Entre 1000-10000	Abaixo de 1000
8 horas	2	1	1
3 horas	3	2	1
2 horas	4	2	1
1 hora	5	3	2
48 minutos	6	3	2
30 minutos	8	4	3
20 minutos	10	5	4
12 minutos	12	6	5
8 minutos	15	8	6
5 minutos	20	10	8
3 minutos	25	12	10
2 minutos	30	15	12
1 minuto	40	20	15
0,7 minutos	50	25	20
0,5 minutos	60	30	25
0,3 minutos	80	40	30
0,2 minutos	100	50	40
0,1 minutos	120	60	50
Menos que 0,1 minutos	140	80	60

ANEXO G: Instrução de trabalho para o abastecimento dos cristos

	Instrução de trabalho do abastecimento aos cristos <i>Working Instruction of the supplying of the welding machines</i>	IT 001/12	
		Rev : 00	Página : 1/1 Page : 1/1

o. Pos	Descrição das actividades <i>Description of Activities</i>	Operações / Critérios de aceitação <i>Features / Acceptance Criteria</i>	Responsabilidade / Equipamentos <i>Responsibility / Devices</i>	Notas <i>Remarks</i>
1	Ir aos pontos 3,4,2 e 1 (ver mapa) e verificar a existência das necessidades (bobines e fluxos)			
2	Recolha das bobines e dos sacos do fluxo para abastecer o (s) cristo (s) no armazém.	-Aceitação visual <i>Visual acceptance</i>	- Operador <i>Operator</i>	Ver tabela nº1
2	Deslocação do armazém até ao ponto 1 (ver mapa em anexo) Descarregar as bobines e fluxos para a SO 296, SO 283 e SO 336. Repetir percurso Armazém-ponto 1 até os cristos estarem todos abastecidos.	-Aceitação visual <i>Visual acceptance</i>	- Operador <i>Operator</i>	
3	Deslocação do ponto 1 até ao ponto 2 (ver mapa em anexo). Descarregar as bobines e fluxos para a SO 294, SO 335 e a SO 257. Repetir percurso ponto2-Armazém até os cristos estarem todos abastecidos.	-Aceitação visual <i>Visual acceptance</i>	- Operador <i>Operator</i>	
4	Deslocação do ponto 2 até ao ponto 3 (ver mapa em anexo). Descarregar as bobines e fluxos para a SO 266, SO 276,SO 226 e SO 198. Repetir percurso ponto2-Armazém até os cristos estarem todos abastecidos.	-Aceitação visual <i>Visual acceptance</i>	- Operador <i>Operator</i>	
5	Deslocação do ponto 3 ao ponto 4 (ver mapa em anexo). Abastecer as SO 213 e SO 227. Repetir percurso ponto3-Armazém até os cristos estarem todos abastecidos.	-Aceitação visual <i>Visual acceptance</i>	- Operador <i>Operator</i>	

	Instrução de trabalho do abastecimento aos cristos <i>Working Instruction of the supplying of the welding machines</i>	IT 001/12	
		Rev : 00	Página : 2/1 Page : 2/1

6	Regressar para o armazém	-Aceitação visual <i>Visual acceptance</i>	- Operador <i>Operator</i>	
7	Repetir ciclo de tarefas 1 a 6 de 4 em 4 horas.	-Aceitação visual <i>Visual acceptance</i>	- Operador <i>Operator</i>	

	Instrução de trabalho do abastecimento aos cristos <i>Working Instruction of the supplying of the welding machines</i>	IT 001/12	
		Rev : 00	Página : 3 / 1 Page : 3 / 1



Figura 1-Representação esquemática do percurso de abastecimento

	Instrução de trabalho do abastecimento aos cristos <i>Working Instruction of the supplying of the welding machines</i>	IT 001/12	
		Rev : 00	Página : 4 / 1 Page : 4 / 1

Tabela 1-Dados relativos aos abastecimentos de cada cristo

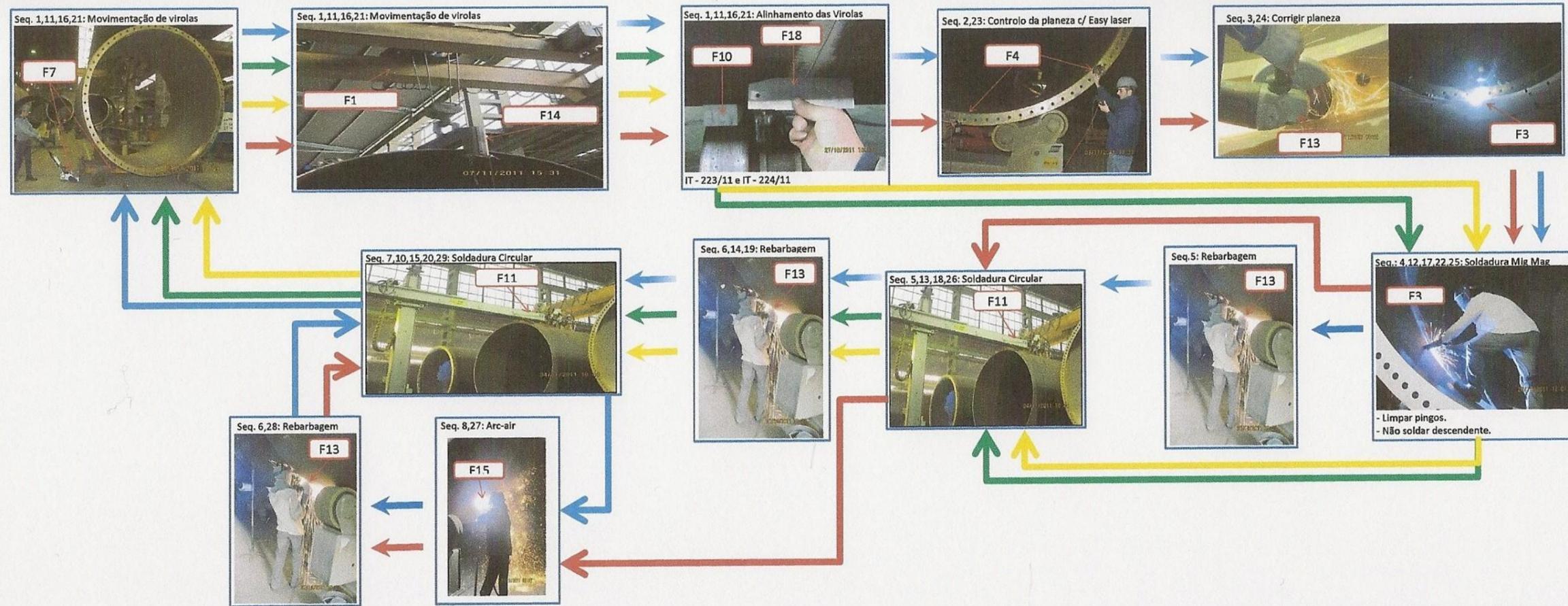
Ponto de paragem	Designação dos cristos de soldadura	Tipo de Bobines	Tipos de Fluxo	Quantidade de bobines de fio de 2,5mm	Quantidade de bobines de fio de 4mm	Quantidade de sacos de fluxo
1	SO 296	ESAB (30kg)	ESAB	2	1	2
	SO 283	ESAB (30kg)	ESAB	2	1	2
	SO 336	ESAB (100kg)	ESAB	0	2	2
2	SO 294	ESAB (100kg)	ESAB	2	1	2
	SO 335	ESAB (30kg)	ESAB	0	2	2
	SO 257	ESAB (30kg)	ESAB	2	1	2
3	SO 266	Ar líquido (25kg)	Ar líquido	0	2	2
	SO 276	Ar líquido (25kg)	Ar líquido	0	2	2
	SO 226	Ar líquido (25kg)	Ar líquido	0	2	2
	SO 198	Ar líquido (25kg)	Ar líquido	0	2	2
4	SO 213	ESAB (30kg)	ESAB	2	1	2
	SO 227	ESAB (30kg)	ESAB	2	1	2

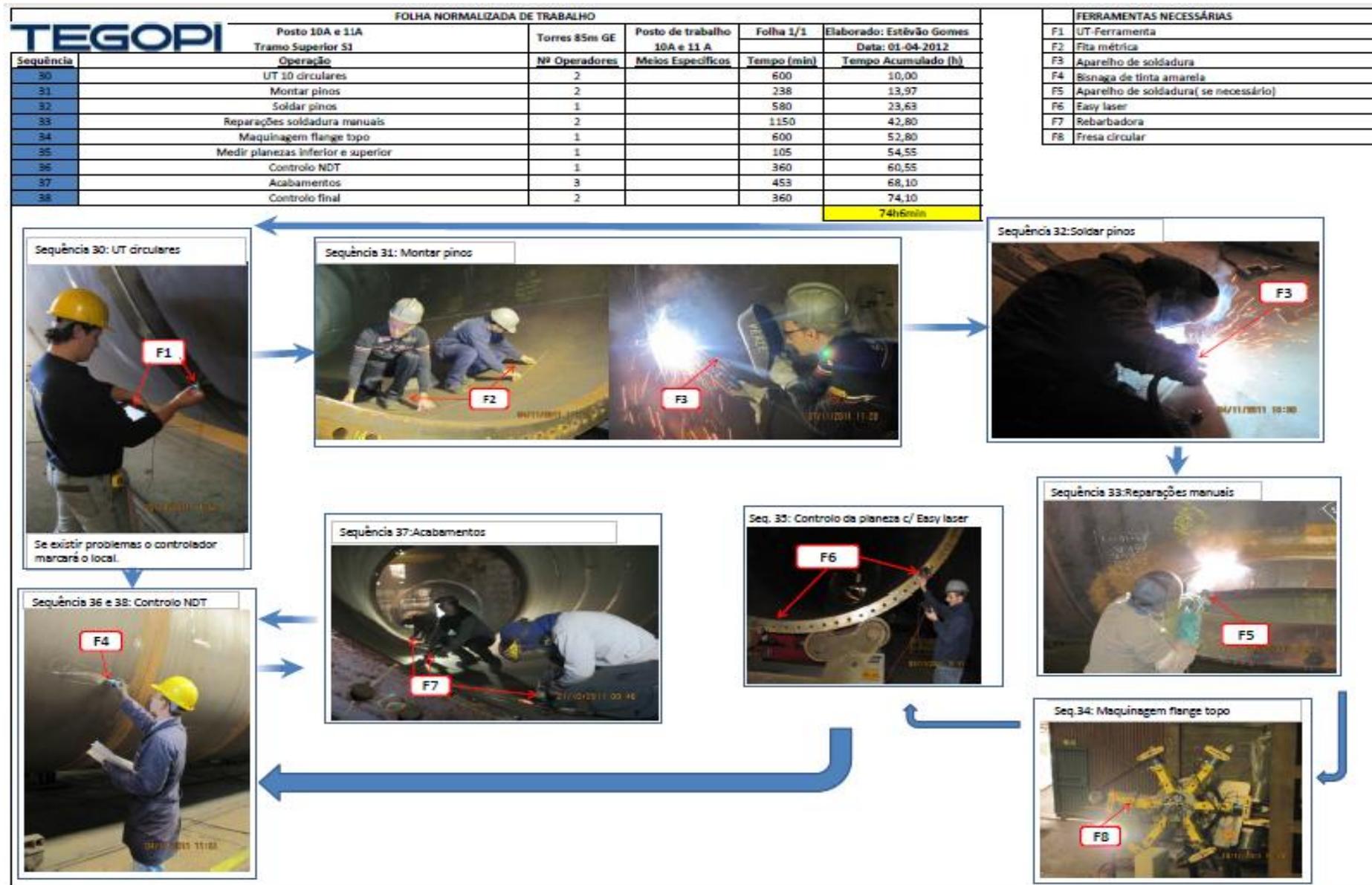
ANEXO H: *Standards* das linhas de montagem

De seguida são apresentados os *standards* das linhas de montagem. É de realçar que os *standards* abaixo apresentados são referentes às torres de 85m, sendo que se apresenta os *standards* das torres de 100m somente quando existem diferenças relativamente às torres de 85m (que vão existir no tramo inferior St e no tramo S4 que só as torres de 100m possuem).

FOLHA NORMALIZADA DE TRABALHO						
TEGOPI		LINHA 10 e 11 Tramo Superior S1	Torres 85m GE	Posto de trabalho 10 e 11	Folha 1/1	Elaborado: Estêvão Gomes
Seqüência	Operação	Nº Operadores	Meios Específicos	Tempo (min)	Tempo Acumulado (h)	Data: 01-04-2012
1	Montagem virolas (V28F+V27+V26)	2		356	5,93	
2	Medir planeza(V28F)	1		40	6,60	
3	Corrigir planeza(V28F)	2		80	7,93	
4	Soldadura Mig Mag(int)-(V28+F;V28F+V27;V27+V26)	1		423	14,98	
5	Soldadura circular (ext)-(V26+V27) e Rebarbagem (V28+F;V28F+V27)	2		45	15,73	
6	Rebarbagem (int)(V26+V27)	1		95	17,32	
7	Soldadura circular (int)-(V28+F)	1		120	19,32	
8	Soldadura circular (int)-(V28F+V27;V27+V26) e Arc-air(ext)-(V28+F;V27+V28)	1		286	24,08	
9	Rebarbagem(ext)-(V28+F;V27+V28)	2		190	27,25	
10	Soldadura circular(ext) (V28+F; V28F+V27)	1		90	28,75	
11	Montagem virolas (V25+V24)	2		356	34,68	
12	Soldadura Mig Mag(int)-(V26+V25;V25+V24)	1		282	39,38	
13	Soldadura circular (ext)-(V26+V25)	1		55	40,30	
14	Soldadura circular (ext)-(V25+V24) e Rebarbagem(int)-(V26+V25;V25+V24)	1		190	43,47	
15	Soldadura circular (int)-(V26+V25; V25+V24)	1		135	45,72	
16	Montagem de virolas (V23+V22)	2		356	51,65	
17	Soldadura Mig Mag(int)-(V24+V23;V23+V22)	1		282	56,35	
18	Soldadura circular (ext)-(V24+V23; V23+V22)	1		95	57,93	
19	Rebarbagem(int)-(V24+V23;V23+V22)	1		190	61,10	
20	Soldadura circular (int)-(V24+V23; V23+V22)	1		145	63,52	
21	Montagem de virolas (V21+V20F)	2		356	69,45	
22	Soldadura Mig Mag(int)-(V21+V22;V21+V20)	1		282	74,15	
23	Medir planeza(V20+F)	1		45	74,90	
24	Corrigir planeza(V20+F)	2		80	76,23	
25	Soldadura Mig Mag(int)-(V20+F)	1		141	78,58	
26	Soldadura circular (ext)-(V20+F)	1		53,3	79,47	
27	Soldadura circular (ext)-(V20F+V21; V21+V22) e Arc-air(int)-(V20+F)	1		143	81,86	
28	Rebarbagem(int)-(V20+F;V20F+V21;V21+V22)	1		285	86,61	
29	Soldadura circular (int)-(V20+F; V20+V21; V21+V22)	2		195	89,86	
					89h52min	

FERRAMENTAS NECESSÁRIAS	
F1	Ponte 10t
F2	Projector
F3	Aparelho Mig-Mag
F4	Easy-laser
F5	Escada ou Plataforma
F6	aparelho de medida a laser
F7	Zorra manual+carro movimenta zorra
F9	Fita de medida
F10	Cunha de nylon
F11	Cristo de soldadura
F12	2 Macacos hidráulicos
F13	Rebarbadeira
F14	Garfo
F15	Arc air
F16	Apalpa folgas
F17	2 pontes 50t
F18	Escantilhão
F19	Maçarico





TEGOPI

Posto 4 e 5
Tramo Intermédio S2

FOLHA NORMALIZADA DE TRABALHO

Torres 85m GE Posto de trabalho 4 e 5 Folha 1/1 Elaborado: Estêvão Gomes

Data: 01-04-2012

FERRAMENTAS NECESSÁRIAS

F1	Ponte 10t
F2	Projector
F3	Aparelho Mig-Mag
F4	Easy-laser
F5	Escada ou Plataforma
F6	aparelho de medida a laser
F7	Zorra manual+carro movimenta zorra
F8	Pull-lift
F9	Fita de medida
F10	Cunha de nylon
F11	Cristo de soldadura
F12	2 Macacos hidráulicos
F13	Rebarbadeira
F14	Garfo
F15	Arc air
F16	Apalpa folgas
F17	2 pontes 50t
F18	Escantilhão
F19	Maçarico

Sequência	Operação	Nº Operadores	Meios Específicos	Tempo (min)	Tempo Acumulado (h)
1	Montagem virolas - (V19F+V18+V17)	2		356	5,93
2	Soldadura Mig Mag(int)-(V19F+V18;V18+V17)	1		282	10,63
3	Soldadura circular (ext)-(V19F+V18)	1		95	12,22
4	Soldadura circular (ext)-(V18+V17) e Rebarbagem(int)-(V19F+V18;V18+V17)	2		190	15,38
5	Soldadura circular (int)-(V19F+V18;V18+V17)	1		190	18,55
6	Montagem virolas -(V16+V15)	2		356	24,48
7	Soldadura Mig Mag(int)-(V17+V16;V16+V15)	1		282	29,18
8	Soldadura circular(ext)-(V17+V16)	1		83	30,56
9	Soldadura circular(ext)-(V16+V15) e Rebarbagem(int)- (V17+V16;V16+V15)	2		190	33,73
10	Soldadura circular(int)-(V17+V16;V16+V15)	1		190	36,89
11	Montagem virolas - (V14+V13)	2		356	42,83
12	Soldadura Mig Mag(int)-(V15+V14;V14+V13)	1		282	47,53
13	Soldadura circular (ext)-(V15+V14)	1		200	50,86
14	Rebarbagem(int)-(V15+V14;V14+V13)	2		190	54,03
15	Soldadura circular (int)-(V15+V14;V14+V13)	1		270	58,53
16	Montagem (V12+F)	2		178	61,49
17	Soldadura Mig Mag(int)-(V13+V12F)	1		141	63,84
18	Medir planezas flanges(V19F;V12F)	1		90	65,34
19	Corrigir planeza(V12F)	2		165	68,09
20	Soldadura Mig Mag(int)-(V12+F)	1		141	70,44
21	Rebarbagem(int)-(V13+V12;V12+F)	2		190	73,61
22	Soldadura circular (int)-(V13+V12F;V12+F) e Arc-air (ext)-(V14+V13;V13+V12F;V12+F) e Rebarbagem(ext)-(V14+V13)	1		429	80,76
24	Rebarbagem(ext)-(V13+V12F;V12+F)	2		190	83,93
25	Soldadura circular (ext)-(V14+V13;V13+V12F;V12+F)	1		480	91,93
26	Movimentar tramo para o próximo posto	4		40	92,59
				92h35min	

Após cada tarefa, armazenar as ferramentas no local adequado.



Seq. 1,6,11,16: Movimentação de virolas (F7)

Seq. 1,6,11,16: Movimentação de virolas com PR (F1, F14)

Seq. 1,6,11,16: Alinhamento das Virolas (F10, F18)
IT - 223/11 e IT - 224/11

Seq.: 2,7,12,17: Soldadura Mig Mag (F3)
- Limpar pingos.

Seq. 3,8,13,22: Soldadura Circular (F11)

Seq. 4,9,14,24: Rebarbagem (F13)

Seq. 18: Controlo da planeza c/ Easy laser (F4)

Seq. 19: Corrigir planeza (F13)

Seq. 20: Soldadura Mig Mag flange (F3)
- Limpar pingos.
- Não soldar descendente.

Seq. 21: Rebarbagem flange (F13)

Seq. 5,10,15,25: Soldadura Circular (F11)

Seq. 26: Movimentar tramo (F1)

TEGOPI						FOLHA NORMALIZADA DE TRABALHO					FERRAMENTAS NECESSÁRIAS	
Posto 4A e 5A Tramo Intermediário S2		Torres 85m GE	Posto de trabalho 4A e 5A	Folha 1/2	Elaborado: Estêvão Gomes							
Seqüência	Operação	Nº Operadores	Meios Específicos	Tempo (min)	Tempo Acumulado (h)							
27	Corrigir planeza (V19+F)	2		45	0,75					F1	Rebarbadora	
28	Soldadura Mig Mag(int)- (V19+F)	1		141	3,10					F2	Aparelho Mig Mag	
29	Rebarbagem(ext)-(V19+F)	2		95	4,68					F3	Aparelho de soldadura	
30	Soldadura circular (ext) (V19+F)	1		95	6,27					F4	Cristo de soldadura	
31	Arc-air(int)-(V19+F)	1		143	8,65					F5	Arc air	
32	Rebarbagem(int)-(V19+F)	1		95	10,23					F6	Poste rolante	
33	Soldadura circular (int) (V19+F)	1		62,5	11,28							
34	Movimentar tramo	4		40	11,94							
					11h57min							

The process flow diagram illustrates the sequence of operations for the tower section. It starts with 'Seq. 27: Corrigir planeza' (F1), followed by 'Seq. 28: Soldadura Mig Mag' (F2) with instructions: '- Limpar pingos. - Não soldar descendente.' This leads to 'Seq. 29: Rebarbagem' (F1), then 'Seq. 30 Soldadura Circular' (F4), 'Seq. 31,32: Arc-air+Rebarbagem' (F5, F1) with instruction: '- Identificar pontos NÃO CONFORMES', 'Seq. 33: Soldadura Circular' (F4), and finally 'Seq. 34: Movimentar tramo' (F6).



TEGOPI

FOLHA NORMALIZADA DE TRABALHO

Elaborado: Estêvão Gomes
Data: 01-04-2012

Sequência	Operação	Nº Operadores	Posto de trabalho 2 e 3	Folha 1/2	Tempo	
					Tempo (min)	Tempo Acumulado (h)
1	Montagem de virolas(V5F+V6+V7)	2	Torres 85m GE		356	5,93
2	Soldadura Mig Mag(int)-(V5F+V6;V6+V7)	1			282	10,63
3	Rebarbagem(int)-(V5F+V6;V6+V7)	1			190	13,80
4	Soldadura circular (int)-(V5+V6)	1			155	16,38
5	Soldadura circular (int)-(V6+V7) e Arc-air(ext)-(V5+V6;V6+V7)	1			286	21,15
6	Rebarbagem(ext)-(V5+V6;V6+V7)	2			180	24,15
7	Soldadura circular (ext)-(V5+V6;V6+V7)	1			255	28,40
8	Montagem virolas -(V8+V9)	2			356	34,33
9	Soldadura Mig Mag(int)-(V7+V8;V8+V9)	1			282	39,03
10	Rebarbagem(int)-(V7+V8;V8+V9)	1			190	42,20
11	Soldadura circular(int)-(V7+V8)	1			155	44,78
12	Soldadura circular(int)-(V8+V9) e Arc-air(ext)-(V7+V8;V8+V9)	1			286	49,55
13	Rebarbagem(ext)-(V7+V8;V8+V9)	2			190	52,72
14	Soldadura circular(ext)-(V7+V8;V8+V9)	1			250	56,88
15	Montagem virolas -(V10+V11F)	2			356	62,82
16	Medir planezas flanges(V11+F,V5+F)	1			90	64,32
17	Corrigir planeza (V11+F)	2			120	66,32
18	Soldadura Mig Mag(int)-(V11+F;V10+V11;V10+V9)	1			429	73,47
19	Rebarbagem(int)-(V11+F;V10+V11;V10+V9)	1			285	78,22
20	Soldadura circular (int)-(V11+F)	1			160	80,88
21	Soldadura circular (int)-(V10+V11;V10+V9) e Arc-air(ext)-(V11+F;V10+V11;V10+V9) e Rebarbagem(ext)-(V11+F)	1			429	88,03
22	Rebarbagem(ext)-(V11+F;V10+V11;V10+V9)	2			190	91,20
23	Soldadura circular (ext)-(V11+F;V10+V11;V10+V9)	1			575	100,78
24	Posicionar tramo	2			30	101,28
					101h17min	

FERRAMENTAS NECESSÁRIAS

F1	Ponte 10t
F2	Projector
F3	Aparelho Mig-Mag
F4	Easy-laser
F5	Escada ou Plataforma
F6	aparelho de medida a laser
F7	Zorra manual+carro movimenta zorra
F8	Pull-lift
F9	Fita de medida
F10	Cunha de nylon
F11	Cristo de soldadura
F12	2 Macacos hidráulicos
F13	Rebarbadeira
F14	Garfo
F15	Arc air
F16	Apalpa folgas
F17	2 pontes 50t
F18	Escantilhão
F19	Maçarico

Após cada tarefa, armazenar as ferramentas no local adequado.



FOLHA NORMALIZADA DE TRABALHO						FERRAMENTAS NECESSÁRIAS	
TEGOPI		Posto 2 e 3 Tramo Intermediário S3	Torres 85m GE	Posto de trabalho 2 e 3	Folha 2/2	Elaborado: Estêvão Gomes Data: 01-04-2012	
Seqüência	Operação	Nº Operadores	Meios Específicos	Tempo (min)	Tempo Acumulado (h)		
25	Corrigir planeza(VS+F)	2		120	103,28		
26	Soldadura Mig Mag(int)-(VS+F)	1		341	105,63		
27	Soldadura circular (int)-(VS+F)	1		225	109,38		
28	Arc-air(ext)-(VS+F)	1		343	111,77		
29	Rebarbagem(ext)-(VS+F)	2		95	113,35		
30	Soldadura circular (ext)-(VS+F)	1		214	116,92		
31	Movimentar tramo	2		30	117,42		
					117h25min		

Seq.25: Corrigir planeza

→

Seq.: 26: Soldadura Mig Mag

- Limpar pingos.
- Não soldar descendente.

→

Seq. 27 Soldadura Circular

Seq. 31.Movimentar tramo

←

Seq. 30: Soldadura Circular

←

Seq. 28,29: Arc-air+Rebarbagem

- Identificar pontos NÃO CONFORMES

FOLHA NORMALIZADA DE TRABALHO

TEGOPI		Posto 1A e 7A Tramo Intermediário S3		Torres 85m GE	Posto de trabalho 1A e 7 A	Folha 1/1	Elaborado: Estêvão Gomes	
Seqüência	Operação	Nº Operadores	Meios Específicos	Tempo (min)	Tempo Acumulado (h)			
32	UT 8 circulares	1		720	12,00			
33	Montar pinos	2		238	15,97			
34	Soldar pinos	1		360	21,97			
35	Controlo NDT	1		360	27,97			
36	Reparações soldadura manuais	1		600	37,97			
37	Medir planeza flanges	1		90	39,47			
38	Acabamentos	3		453	47,02			
39	Controlo final	3		360	53,02			
						53h2min		

FERRAMENTAS NECESSÁRIAS	
F1	UT-Ferramenta
F2	Fita métrica
F3	Aparelho de soldadura
F4	Bisnaga de tinta amarela
F5	Aparelho de soldadura (se necessário)
F6	Easy laser
F7	Reberbadora

Seqüência 32: UT circulares



F1

Se existir problemas o controlador marcará o local.

Seqüência 33: Montar pinos



F2

Seqüência 34: Soldar pinos



F3

Seq. 37: Controlo da planeza c/ Easy laser



F6

Seqüência 36: Reparações manuais



F5

Seqüência 35 e 39: Controlo NDT



F4

Seqüência 38: Acabamentos



F7

TEGOPI

FOLHA NORMALIZADA DE TRABALHO

Posto 1 e 7
Tramo Intermédio S4

Torres 100m GE

Posto de trabalho
1 e 7

Folha 1/1

Elaborado: Estêvão Gomes
Data: 01-04-2012

FERRAMENTAS NECESSÁRIAS

F1	Ponte 10t
F2	Projector
F3	Aparelho Mig-Mag
F4	Easy-laser
F5	Escada ou Plataforma
F6	aparelho de medida a laser
F7	Zorra manual+carro movimenta zorra
F8	Pull-lift
F9	Fita de medida
F10	Cunha de nylon
F11	Cristo de soldadura
F12	2 Macacos hidráulicos
F13	Rebarbadeira
F14	Garfo
F15	Arc air
F16	Apalpa folgas
F17	2 pontes 50t
F18	Escantilhão
F19	Maçarico

Sequência	Operação	Nº Operadores	Meios Específicos	Tempo (min)	Tempo Acumulado (h)
1	Montagem de virolas (V7F+V8+V9)	2		356	5,93
2	Medir planezas flanges(V7+F)	1		45	6,68
3	Corrigir planeza(V7+F)	2		170	9,52
4	Soldadura Mig Mag(int)-(V7+F;V7F+V8;V8+V9)	1		423	16,57
5	Rebarbagem(int)-(V7+F;V7+V8;V8+V9)	1		285	21,32
6	Soldadura circular (int)-(V7+F)	1		225	25,07
7	Soldadura circular (int)-(V7F+V8;V8+V9) e Arc-air(ext)-(V7+F;V7F+V8;V8+V9) e Rebarbagem(ext)-(V7+F)	1		450	32,57
8	Rebarbagem(ext)-(V7+V8;V8+V9)	1		190	35,73
9	Soldadura circular (ext)-(V7+F;V7+V8;V8+V9)	1		642	46,43
10	Rodar secção	2		30	46,93
11	Montagem virolas -(V10+V11F)	2		356	52,87
12	Medir planeza(V11F)	1		45	53,62
13	Corrigir planeza (V11F)	2		170	56,45
14	Soldadura Mig Mag(int)-(V9+V10;V10+V11F;V11+F)	1		423	63,50
15	Rebarbagem(int)-(V9+V10;V10+V11F;V11+F)	1		285	68,25
16	Soldadura circular(int)-(V9+V10)	1		225	72,00
17	Soldadura circular(int)-(V10+V11F;V11+F) e Arc-air(ext)-(V9+V10;V10+V11F;V11+F) e Rebarbagem(ext)-(V9+V10)	1		450	79,50
18	Rebarbagem(ext)-(V10+V11F;V11+F)	1		285	84,25
19	Soldadura circular(ext)-(V9+V10;V10+V11F;V11+F)	1		642	94,95
20	Movimentar tramo para o próximo posto	2		30	95,45
				95h27min	

Após cada tarefa, armazenar as ferramentas no local adequado.



The diagram illustrates the sequence of operations for the tower section assembly. It starts with the movement of the section (Seq. 10) and ends with moving it to the next station (Seq. 20). Key steps include:

- Seq. 1,11: Movement of flanges with PR (Tools: F7, F1, F14)
- Seq. 1,11: Alignment of flanges (Tools: F10, F18)
- Seq. 2,12: Control of flatness with Easy laser (Tool: F4)
- Seq. 3,13: Correcting flatness (Tools: F13, F3)
- Seq. 4,14: MIG Mag welding (Tool: F3)
- Seq. 5,15: Beveling (Tool: F13)
- Seq. 6,16: Circular welding (Tool: F19)
- Seq. 7,8,17,18: Arc-air + Beveling (Tools: F15, F13)
- Seq. 9,19: Circular welding (Tool: F11)

FOLHA NORMALIZADA DE TRABALHO						FERRAMENTAS NECESSÁRIAS	
Sequência	Operação	Nº Operadores	Meios Específicos	Folha 1/1	Elaborado: Estêvão Gomes	F1	UT-Ferramenta
				Tempo (min)	Tempo Acumulado (h)	F2	Fita métrica
21	UT 6 circulares	1		540	9,00	F3	Aparelho de soldadura
22	Montar pinos	2		238	12,97	F4	Bisnaga de tinta amarela
23	Soldar pinos	1		300	17,97	F5	Aparelho de soldadura (se necessário)
24	Controlo NDT	1		360	23,97	F6	Easy laser
25	Reparações soldadura manuais	1		800	37,30	F7	Rebarbadora
26	Medir planezas flanges	1		45	38,05		
27	Acabamentos	3		453	45,60		
28	Controlo final	3		360	51,60		
					51h,36min		

Sequência 21: UT circulares



F1

Se existir problemas o controlador marcará o local.

Sequência 22: Montar pinos



F2

Sequência 23: Soldar pinos



F3

Seq. 26: Controlo da planeza c/ Easy laser



F6

Sequência 25: Reparações manuais



F5

Sequência 24 e 28: Controlo NDT



F4

Sequência 27: Acabamentos

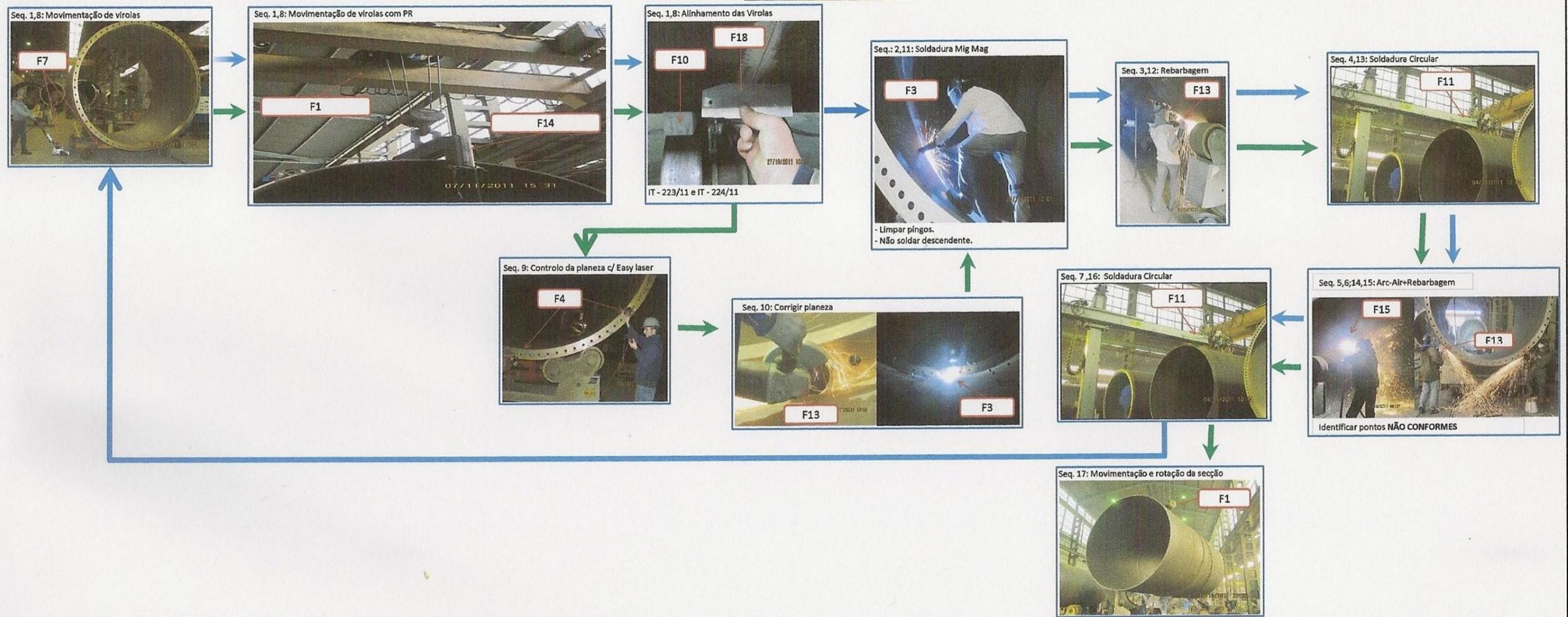


F7

FOLHA NORMALIZADA DE TRABALHO					
TEGOPI					
Posto 8 e 9					
Seqüência	Tramo St	Torres 85m GE	Posto de trabalho 8 e 9	Folha 1/1	Elaborado: Estêvão Gomes
	Operação	Nº Operadores	Meios Especificos	Tempo (min)	Data: 11-10-2011
					Tempo Acumulado (h)
1	Montagem virolas - (V1F+V2+V3)	2		534	8,90
2	Soldadura Mig Mag(Int)-(V1F+V2;V2+V3)	1		282	13,60
3	Rebarbagem(int)-(V1F+V2;V2+V3)	1		190	16,77
4	Soldadura circular (Int)-(V1F+V2)	1		205	20,18
5	Soldadura circular (Int)-(V2+V3) e Arc-air(ext)-(V1F+V2;V2+V3) e Rebarbagem(ext)-(V1F+V2)	1		286	24,95
6	Rebarbagem(ext)-(V2+V3)	2		95	26,53
7	Soldadura circular (ext)-(V1F+V2;V2+V3)	1		266	30,97
8	Montagem virolas-(V4F)	2		178	33,93
9	Medir planeza 1ª flange (V4F)	1		45	34,68
10	Corrigir planeza (V4F)	2		130	36,85
11	Soldadura Mig Mag(Int)-(V3+V4;V4+F)	1		282	41,55
12	Rebarbagem(int)-(V3+V4;V4+F)	1		190	44,72
13	Soldadura circular (Int)-(V3+V4)	1		167	47,50
14	Soldadura circular (Int)-(V4+F) e Arc-air(ext)-(V3+V4;V4+F) e Rebarbagem(ext)-(V3+V4)	1		286	52,27
15	Rebarbagem(ext)-(V4+F)	2		95	53,85
16	Soldadura circular (ext)-(V3+V4;V4+F)	1		363	59,90
17	Rotação e movimentação da secção	2		60	60,90
					60h54min



FERRAMENTAS NECESSÁRIAS	
F1	Ponte 10t
F2	Projector
F3	Aparelho Mig-Mag
F4	Easy-laser
F5	Escada ou Plataforma
F6	aparelho de medida a laser
F7	Zorra manual+carro movimentação zorra
F8	Pull-lift
F9	Fita de medida
F10	Cunha de nylon
F11	Cristo de soldadura
F12	2 Macacos hidráulicos
F13	Rebarbadeira
F14	Garfo
F15	Arc air
F16	Apalpa folgas
F17	2 pontes 50t
F18	Escantilhão
F19	Maçarico

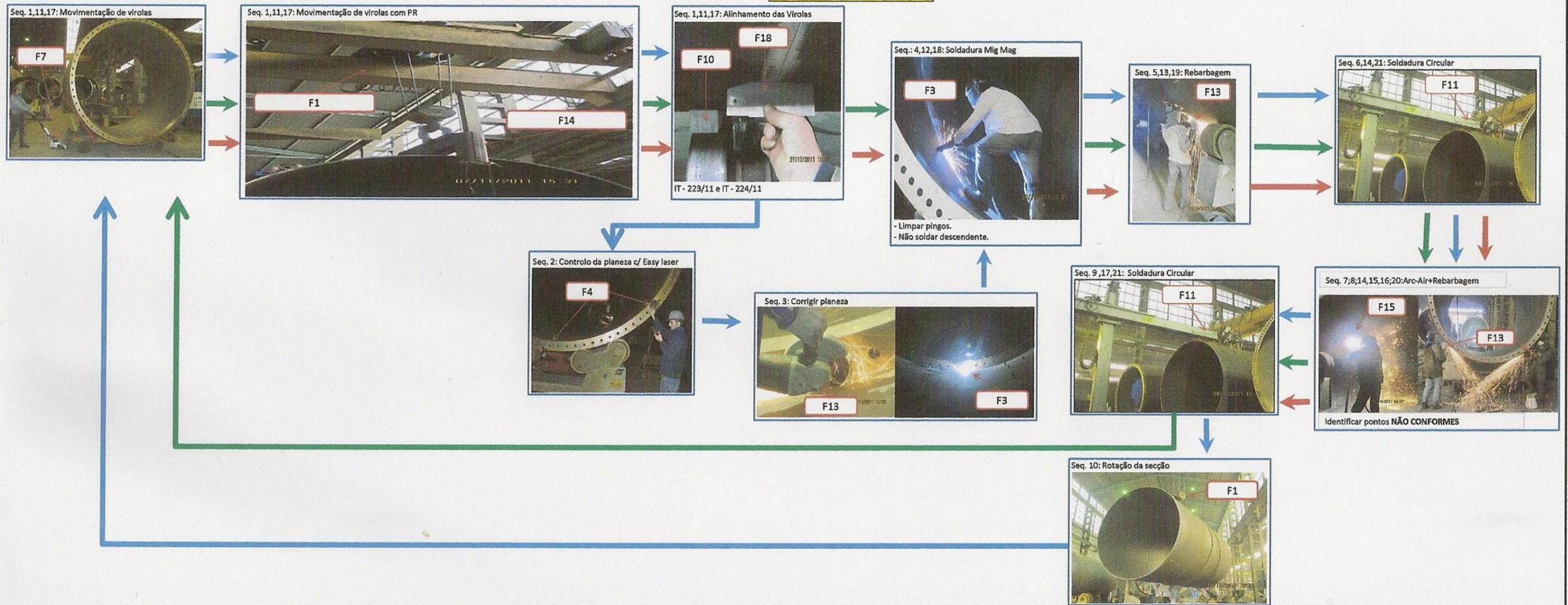


FOLHA NORMALIZADA DE TRABALHO					
LINHA 8 e 9					
Seqüência	Tramo St	Torres 100m GE	Posto de trabalho 8 e 9	Folha 1/1	Elaborado: Estêvão Gomes
	Operação	Nº Operadores	Meios Específicos	Tempo (min)	Data: 11-10-2011
					Tempo Acumulado (h)
1	Montagem virolas - (V6F+V5+V4)	2		356	5,93
2	Medtr planeza 1ª flange (V6F)	1		45	6,68
3	Corrigir planeza (V6F)	2		130	8,85
4	Soldadura Mig Mag(int)-(V6+F;V6F+V5;V5+V4)	1		423	15,90
5	Rebarbagem(int)-(V6+F;V6F+V5;V5+V4)	1		285	20,65
6	Soldadura circular (int)-(V6+F)	1		225	24,40
7	Soldadura circular (int)-(V6F+V5;V5+V4) e Arc-air(ext)-(V6+F;V6F+V5;V5+V4) e Rebarbagem(ext)-(V6+F)	1		450	31,90
8	Rebarbagem(ext)-(V6F+V5;V5+V4)	2		285	36,65
9	Soldadura circular (ext)-(V6+F;V6F+V5;V5+V4)	1		642	47,35
10	Rotação da secção	2		30	47,85
11	Montagem virolas-(V3+V2)	2		356	53,78
12	Soldadura Mig Mag(int)-(V4+V3;V3+V2)	1		282	58,48
13	Rebarbagem(int)-(V4+V3;V3+V2)	1		190	61,65
14	Soldadura circular(int)-(V4+V3;V3+V2) e Arc-air(ext)-(V4+V3;V3+V2) e Rebarbagem(ext)-(V4+V3)	1		450	69,15
15	Rebarbagem(ext)-(V3+V2)	2		190	72,32
16	Soldadura circular(ext)-(V4+V3;V3+V2)	1		428	79,45
17	Montagem virolas-(V1F)	2		178	82,42
18	Soldadura Mig Mag(int)-(V2+V1F)	1		141	84,77
19	Rebarbagem(int)-(V2+V1F)	1		95	86,35
20	Soldadura circular (int)-(V2+V1F) e Arc-air(ext)-(V2+V1F) e Rebarbagem(ext)-(V2+V1F)	1		238	90,32
21	Soldadura circular (ext)-(V2+V1F)	1		214	93,88
					93h53min



Após cada tarefa, armazenar as ferramentas no local adequado.

FERRAMENTAS NECESSÁRIAS	
F1	Ponte 10t
F2	Projector
F3	Aparelho Mig-Mag
F4	Easy-laser
F5	Escada ou Plataforma
F6	Aparelho de medida a laser
F7	Zorra manual+carro movimenta zorra
F8	Pull-lift
F9	Fita de medida
F10	Cunha de nylon
F11	Cristo de soldadura
F12	2 Macacos hidráulicos
F13	Rebarbadeira
F14	Garfo
F15	Arc air
F16	Apalpa folgas
F17	2 pontes 50t
F18	Escantilhão
F19	Maçarico



TEGOPI

FOLHA NORMALIZADA DE TRABALHO

Posto 9A
Tremo St

Folha 1/1
Elaborado: Estêvão Gomes
Data: 11-10-2011

Seqüência	Operação	Nº Operadores	Meios Específicos	Tempo (min)	Tempo Acumulado (h)
18	UT porta	1		90	1,50
19	Cortar a ro porta + rebarbar + montar a ro da porta + pingar	1		550	10,67
20	Montar pinos	2		258	14,63
21	Soldar pinos + passo semi da porta	1		690	26,13
22	Rebarbar em passo semi porta	1		95	27,72
23	UT 2 circulares	1		180	30,72
				30h 45min	

FERRAMENTAS NECESSÁRIAS	
F1	2 Portes
F2	Rebarbadora
F3	Aparelho de soldadura
F4	UT-feramenta
F5	Aparelho portátil de oxigênio
F6	Aparelho Mig Mag
F7	Fita métrica

Seq.19: Cortar a ro da porta



Rebarbar a abertura do aro da porta

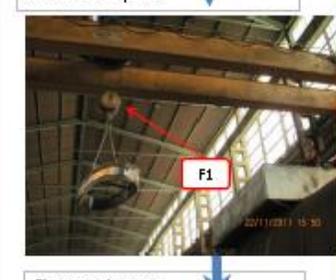


↓

Seq. 21: Soldar pinos



Montar a ro da porta



↓

Seq. 23: UT circulares



Seq. 20: Montar pinos



Pingar a ro da porta



FOLHA NORMALIZADA DE TRABALHO						
TEGOPI		Porto 98 e 78	Tomaz Assis GE	Porto de trabalho	Folha 1/2	Elaborado: Estêvão Gomes
Tramo 98		98 e 78		Data: 11-10-2011		
Sequência	Operação	Nº Operadores	Molde Específico	Tempo (min)	Tempo Acumulado (h)	
24	Soldadura circular do arco da porta (int)	2		450	7,50	
25	Soldadura linear do arco da porta(int)	1		450	15,00	
26	Arco-ar do arco da porta	1		286	19,77	
27	Rebarbagem arco da porta	2		190	22,93	
28	Soldadura circular do arco da porta (ext)	2		360	28,53	
29	Soldadura linear do arco da porta(ext)	1		360	34,93	
30	UT arco da porta	1		120	36,93	
31	Medir planesa 24 flange(V1+F)	1		48	37,68	
32	Corrigir planesa(V1+F)	2		120	39,68	
33	Soldadura Mig/Mag 24 flange(int)-(V1+F)	1		141	42,09	
					42h2min	

FERRAMENTAS NECESSÁRIAS	
F1	UT-Ferramenta
F2	Arco-ar
F3	Rebarbadora
F4	Chimo de soldadura
F5	Aparelho Mig/Mag
F6	Broca
F7	Easy laser
F8	Porta rolante

TEGOPI

FOLHA NORMALIZADA DE TRABALHO

Seq.útil	Operação	Nº Operadores	Meios Específicos	Tempo (min)	Tempo Acumulado (h)
34	Rebarbagem(int)- (V1+F)	1		95	48,62
35	Soldadura circular 2º flange (int)- (V1+F)	1		225	47,37
36	Arc-air(ext)- (V1+F)	1		148	49,75
37	Rebarbagem(ext)- (V1+F)	2		95	51,33
38	Soldadura circular 2º flange (ext)- (V1+F)	1		214	54,90
39	UT3 circulares	1		270	59,40
40	Controlo planesa + marcação acabamentos dim	1		360	65,40
41	Acabamento porta	2		500	73,73
					73h44min

FERRAMENTAS NECESSÁRIAS

F1	Ferramenta UT
F2	Cristo de soldadura
F3	Arc-air
F4	Rebarbadora
F5	Banaga de tinta amarela

Seq. 34: Rebarbagem

→

Seq. 35: Soldadura circular (int)

→

Seq.útil 36,37: Arc-air/Rebarbagem

Identificar pontos NÃO CONFORMES

→

Seq. 38: Soldadura circular

↓

Seq. 39: UT circulares

←

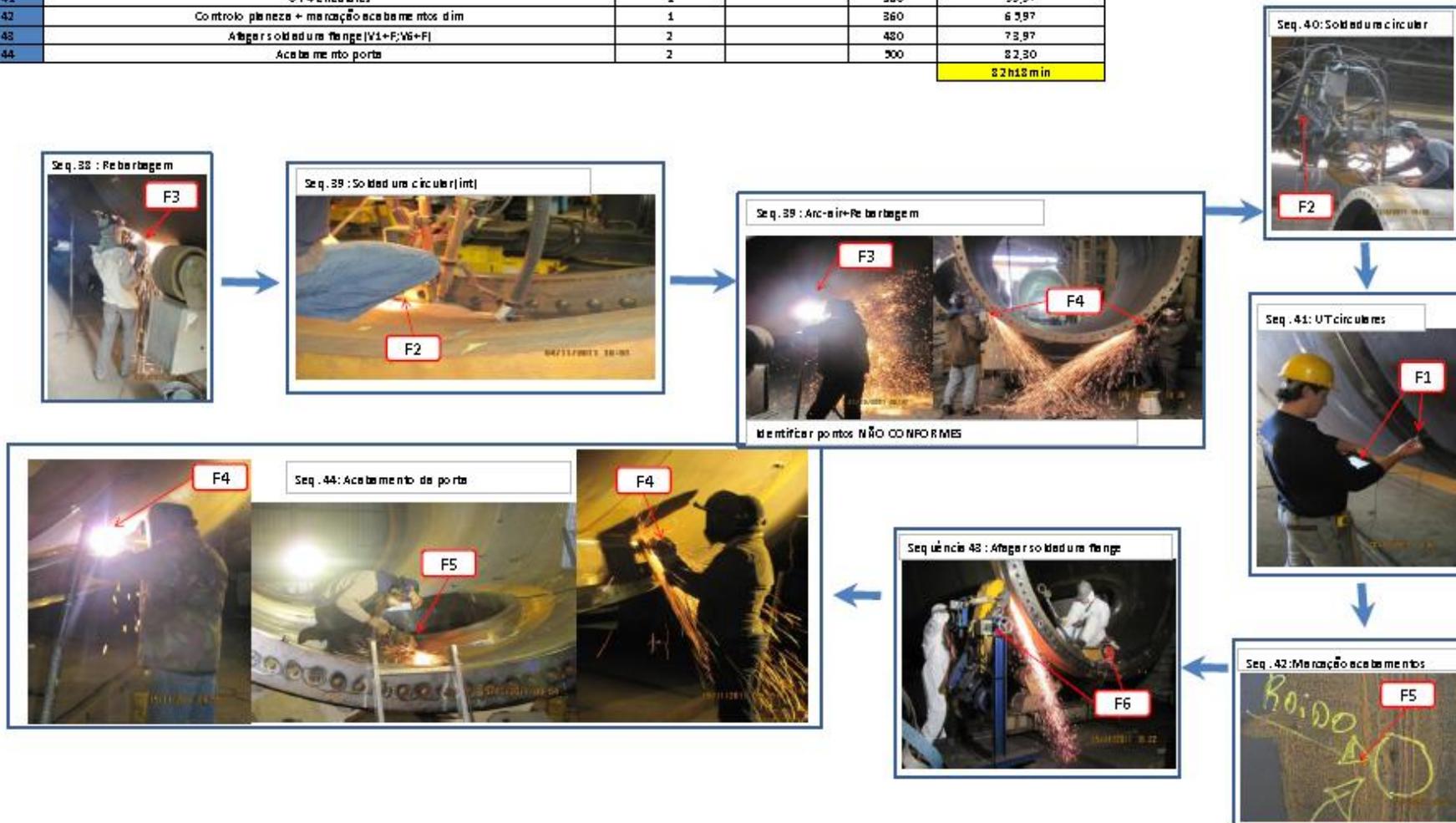
Seq. 40: Marcação acabamentos

←

Seq. 41: Acabamento de porta

FOLHA NORMALIZADA DE TRABALHO						
TEGOPI		Posto 98 e 78 Tramo St	Torres 100m G E	Posto de trabalho 98 e 78	Folha 2/2	Elaborado: Estêvão Gomes Data: 11-10-2011
Seqüência	Operação	Nº Operações	Métos Específicos	Tempo (min)	Tempo Acumulado (h)	
38	Rebarbagem (int)-[V1+F]	1		95	46,48	
39	Soldadura circular 23 flange (int)-[V1+F] e Arc-air(Ext)-[V1+F] e Rebarbagem(Ext)-[V1+F]	1		238	50,40	
40	Soldadura circular 23 flange (Ext)-[V1+F]	1		214	58,97	
41	UT4 circulares	1		360	59,97	
42	Controlo planeza + marcação acabamentos dim	1		360	63,97	
43	Afagar soldadura flange [V1+F;V6+F]	2		480	73,97	
44	Acabamento porta	2		500	82,30	
					82 h 18 min	

FERRAMENTAS NECESSÁRIAS	
F1	Ferramenta UT
F2	Cristo de soldadura
F3	Arc-air
F4	Rebarbadora
F5	Bandeja de tinta amarela
F6	Máquina de afagar



FOLHA NORMALIZADA DE TRABALHO						FERRAMENTAS NECESSÁRIAS	
TEGOPI		Posto 7C e 9C		Torres 85m GE		Elaborado: Estêvão Gomes	
		Tramo St		Posto de trabalho 7C e 9C		Data: 11-10-2011	
Seqüência	Operação	Nº Operadores	Meios Específicos	Folha 1/1 Tempo (min)	Tempo Acumulado (h)		
42	Controlo NDT	1		360	6,00	F1 Aparelho magnético	
43	Reparações soldadura manualis	1		2400	46,00	F2 Líquidos penetrantes	
44	Acabamentos	3		906	61,10	F3 Projector	
45	Controlo final	1		360	67,10	F4 Rebarbadora	
					67h6min	F5 Aparelho de soldadura se necessario	
						F6 Relatório parcial controlo NDT	
						F7 Bisnaga de tinta amarela	

Seq. 42, 45: Controlo NDT



Seq. 43: Reparações manuais



Seq. 44: Acabamentos



ANEXO I: *Standards* dos principais processos

Mapa de standardização das operações

Analista(s): Estêvão Gomes
 Projeto: _____

Produto: Chapa

Data: _____

Nome do processo: Corte da chapa

Procura semanal: 105

Takt(min/virola) : 64,3

Min/semana 6750

VA Tempo manual
 NVA Tempo manual
 Tempo máquina
 NVA Andar
 NVA Esperar



OP	Elementos de trabalho cíclicos	Tempo					Minutos
		(VA) Operação Manual	(NVA) Operação Manual	Tempo Máquina	(NVA) Andar	(NVA) Esperar	
1	Colocação da chapa na máquina		3,0		10,0		
2	Calibrar a máquina de oxicorte		23,0				
3	Oxicortar	69,0					
4	Verificar as dimensões da chapa		21,0				
5	Remover desperdícios		7,0		7,0		
6	Remover chapa da máquina		7,0		4,0		
7							
Tempo total por categoria==>		69,0	61,0		21,0		
% Tempo de operador por categoria==>		46%	40%		14%		
		Tempo total de ciclo==>				151,0	

Elementos de trabalho não cíclicos		Minutos		
		Tempo	Peças	Taxa
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
TOTAL ==>				

Diagrama do fluxo do trabalho	
0	300

Tempo total OP = Cíclico + Tempo não cíclico **151 mins**
 Taxa produção/sem ana= Minutos disponíveis por semana/T tempo total OP **45 pcs**

Mapa de standardização das operações

Analista(s): Estêvão Gomes
 Projeto: _____

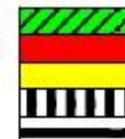
Produto: Chapa

Data: _____

Nome do processo: Chanfragem
 Procura semanal: 105
 Takt(min/virola) : 64,3

Min/semana 6750

VA Tempo manual
 NVA Tempo manual
 Tempo máquina
 NVA Andar
 NVA Esperar



Elementos de trabalho cíclicos		Tempo VA = Valor acrescentado, NVA = Valor não acrescentado					Minutos	
OP	Descrição do trabalho	(VA) Operação Manual	(NVA) Operação Manual	Tempo Máquina	(NVA) Andar	(NVA) Esperar		
1	Colocação da chapa na máquina		7,0		4,0			
2	Calibração da máquina de chanfragem		14,0					
3	Chanfrar a chapa	115,0						
4	Remover desperdícios		5,0		6,0			
5	Remover chapa do posto de trabalho		6,0		5,0			
6								
7	Tempo total por categoria==>	115,0	32,0		15,0			
	% Tempo de operador por categoria==>	71%	20%		9%		Taxa produção/semana= Minutos diponiveis por semana/Tempo total OP 42 pcs	
		Tempo total de ciclo==>					162,0	
Elementos de trabalho não cicilicos		Minutos			Diagrama do fluxo do trabalho			
		Tempo	Peças	Taxa				
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
		TOTAL ==>						

Mapa de standardização das operações

Analista(s): Estêvão Gomes
 Projeto: _____

Produto: Chapa

Data: _____

Nome do processo: Calandragem
 Procura semanal: 105
 Takt(min/viola) : 64,3

Min/semana 6750

VA Tempo manual
 NVA Tempo manual
 Tempo máquina
 NVA Andar
 NVA Esperar



Elementos de trabalho cíclicos		Tempo VA = Valor acrescentado, NVA = Valor não acrescentado					Minutos	
OP	Descrição do trabalho	(VA) Operação Manual	(NVA) Operação Manual	Tempo Máquina	(NVA) Andar	(NVA) Esperar	Gantt Chart	
1	Pegar e colocar a chapa na máquina		5,0		5,0		0-10	
2	Introdução dos parâmetros na calandra		10,0				10-20	
3	Calandrar a chapa	46,0	12,0				20-78	
4	Pingar a chapa	22,0			1,0		78-100	
5	Remover a virola da calandra		6,0		7,0		100-113	
6								
Tempo total por categoria==>		68,0	33,0		13,0			
% Tempo de operador por categoria==>		60%	29%		11%			
		Tempo total de ciclo==>				114,0	Tempo total OP = Cíclico + Tempo não cíclico	
							Taxa produção/semana= Minutos disponíveis por semana/Tempo total OP	
							114 mins	
							59 pcs	

Elementos de trabalho não cíclicos		Minutos		
		Tempo	Peças	Taxa
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
TOTAL ==>				

Diagrama do fluxo do trabalho

Mapa de standardização das operações

Analista(s): Estêvão Gomes
 Projeto: _____

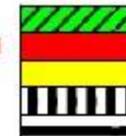
Produto: Virola

Data: _____

Nome do processo: Soldadura Longitudinal
 Procura semanal: 105
 Takt(min/virola) : 64,3

Min/semana 6750

VA Tempo manual
 NVA Tempo manual
 Tempo máquina
 NVA Andar
 NVA Esperar



Elementos de trabalho ciclicos		Tempo VA = Valor acrescentado, NVA = Valor não acrescentado					Minutos		
OP	Descrição do trabalho	(VA) Operação Manual	(NVA) Operação Manual	Tempo Máquina	(NVA) Andar	(NVA) Esperar	Gantt Chart		
1	Colocar virola no posto de soldadura		8,0		6,0		0-10		
2	Calibração da máquina de soldadura		19,0				10-30		
3	Soldar longitudinal interior	36,0					30-70		
4	Calibração da máquina de soldadura		13,0				70-80		
5	Soldar longitudinalmete exterior	34,0					80-115		
6	Remover virola do posto de trabalho		9,5		9,5		115-135		
7									
Tempo total por categoria==>		70,0	49,5		15,5		Tempo total OP = Ciclico + Tempo não ciclico		
% Tempo de operador por categoria==>		52%	37%		11%		Taxa produção/semana= Minutos diponíveis por semana/Tempo total OP		
		Tempo total de ciclo==>				135,0	135 mins		
Elementos de trabalho não ciclicos		Minutos					Diagrama do fluxo do trabalho		
		Tempo	Peças	Taxa					
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
		TOTAL ==>							

Mapa de standardização das operações

Analista(s): Estêvão Gomes
 Projeto: _____

Produto: Virola

Data: _____

Nome do processo: Desempenar
 Procura semanal: 105
 Takt(min/virola) : 64,3

Min/semana 6750

VA Tempo manual
 NVA Tempo manual
 Tempo máquina
 NVA Andar
 NVA Esperar



OP	Elementos de trabalho cíclicos	Tempo					Minutos	
		VA = Valor acrescentado, NVA = Valor não acrescentado						
	Descrição do trabalho	(VA) Operação Manual	(NVA) Operação Manual	Tempo Máquina	(NVA) Andar	(NVA) Esperar		
1	Colocar virola na calandra para desempenar		10,0		10,0			
2	Desempenar virola	52,0						
3	Remover virola do posto de trabalho		4,0		9,0			
4								
Tempo total por categoria==>		52,0	14,0		19,0		Tempo total OP = Cíclico + Tempo não cíclico 85 mins	
% Tempo de operador por categoria==>		61%	16%		22%		Taxa produção/semana= Minutos diponíveis por semana/Tempo total OP 79 pcs	
		Tempo total de ciclo==>					85,0	
Elementos de trabalho não cíclicos		Minutos			Diagrama do fluxo do trabalho			
		Tempo	Peças	Taxa				
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
		TOTAL ==>						

Mapa de standardização das operações

Analista(s): Estêvão Gomes
 Projeto: _____

Produto: Virola

Data: _____

Nome do processo: Limpar virola
 Procura semanal: 105
 Takt(min/virola) : 64,3

Min/semana 6750

VA Tempo manual
 NVA Tempo manual
 Tempo máquina
 NVA Andar
 NVA Esperar



OP	Elementos de trabalho cíclicos	Tempo					Minutos
		VA - Valor acrescentado, NVA - Valor não acrescentado					
	Descrição do trabalho	(VA) Operação Manual	(NVA) Operação Manual	Tempo Máquina	(NVA) Andar	(NVA) Esperar	
1	Colocar virola no posto de limpeza		6,0		10,0		
2	Limpar a virola	98,0					
3	Remover virola do posto de trabalho		6,0		2,0		
4							
Tempo total por categoria==>		98,0	12,0		12,0		
% Tempo de operador por categoria==>		80%	10%		10%		
Tempo total de ciclo==>						122,0	Tempo total OP = Cicilico + Tempo não cicilico 122 mins Taxa produção/semana= Minutos diponíveis por semana/Tempo total OP 55 pcs
Elementos de trabalho não ciclicos		Minutos			Diagrama do fluxo do trabalho		
		Tempo	Peças	Taxa			
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
TOTAL ==>							

Mapa de standardização das operações

Analista(s): Estêvão Gomes

Projeto: _____

Produto: Virola

Data: _____

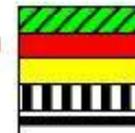
Nome do processo: Montagem flange

Procura semanal: 30

Takt(min/virola) : 225,0

Min/semana 6750

VA Tempo manual
 NVA Tempo manual
 Tempo máquina
 NVA Andar
 NVA Esperar



OP	Elementos de trabalho cíclicos	Tempo					Minutos
		VA - Valor acrescentado	NVA - Valor não acrescentado		NVA		
	Descrição do trabalho	(VA) Operação Manual	(NVA) Operação Manual	Tempo Máquina	(NVA) Andar	(NVA) Esperar	
1	Rebarbar virola	100,2					
2	Preparar o equipamento		4,4				
3	Rebarbar flange	13,0					
4	Medição diâmetro da flange+virola		7,5				
5	Colocação da virola sobre a flange e centrá-la		25,8				
6	Pingar virola à flange	36,0					
7	Verificar acerto entre a virola e a flange	16,4					
8	Retirar conjunto virola e flange do posto de trabalho		5,0				
9							
Tempo total por categoria==>		165,8	42,5				Tempo total OP = Cíclico + Tempo não cíclico
% Tempo de operador por categoria==>		80%	20%				Taxa produção/semana= Minutos diponiveis por semana/Tempo total OP
		Tempo total de ciclo==>				208,1	208 mins
							32 pcs
Elementos de trabalho não cíclicos		Minutos			Diagrama do fluxo do trabalho		
		Tempo	Peças	Taxa			
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
TOTAL ==>							

Mapa de standardização das operações

Analista(s): Estêvão Gomes
 Projeto: _____

Produto: Virola

Data: _____

Nome do processo: Montagem de virola
 Procura semanal: _____
 Takt(min/virola) : #DIV/0!

Min/semana 6750

VA Tempo manual
 NVA Tempo manual
 Tempo máquina
 NVA Andar
 NVA Esperar



OP	Elementos de trabalho cíclicos	Tempo					Minutos	
		(VA) Operação Manual	(NVA) Operação Manual	Tempo Máquina	(NVA) Andar	(NVA) Esperar		
1	Colocação da virola no posto de trabalho		30,0		8,0			
2	Realizar a medição do perímetro das virolas		13,0					
3	Realizar as marcações a 180º		9,0					
4	Pingar as virolas	124,0						
5								
Tempo total por categoria==>		124,0	52,0		8,0		Tempo total OP = Cíclico + Tempo não cíclico Taxa produção/semana= Minutos diponíveis por semana/Tempo total OP	
% Tempo de operador por categoria==>		67%	28%		4%			184 mins 37 pcs
		Tempo total de ciclo==>					184,0	
Elementos de trabalho não cíclicos		Minutos			Diagrama do fluxo do trabalho			
		Tempo	Peças	Taxa				
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
		TOTAL ==>						

Mapa de standardização das operações

Analista(s): Estêvão Gomes
 Projeto: _____

Produto: Virola

Data: _____

Nome do processo: Soldadura Mig/Mag
 Produção semanal: _____
 Takt(min/virola) : #DIV/0!

Min/semana 6750

VA Tempo manual
 NVA Tempo manual
 Tempo máquina
 NVA Andar
 NVA Esperar



OP	Elementos de trabalho cíclicos	Tempo					Minutos
		(VA) Operação Manual	(NVA) Operação Manual	Tempo Máquina	(NVA) Andar	(NVA) Esperar	
1	Preparação do material		26,0				<p>Tempo total OP = Cíclico + Tempo não cíclico 151 mins Taxa produção/semana= Minutos diponiveis por semana/Tempo total OP 2.682 pcs</p>
2	Soldadura Mig/Mag	116,0	9,0				
3							
Tempo total por categoria==>		116,0	35,0				
% Tempo de operador por categoria==>		77%	23%				
		Tempo total de ciclo==>			151,0		
Elementos de trabalho não cíclicos		Minutos			Diagrama do fluxo do trabalho		
		Tempo	Peças	Taxa			
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
		TOTAL ==>					

Mapa de standardização das operações

Analista(s): Estêvão Gomes

Projeto: _____

Produto: Virola

Data: _____

Nome do processo: Soldadura circular interior

Produção semanal: _____

Takt(min/virola) : #DIV/0!

Min/semana 6750

VA Tempo manual
 NVA Tempo manual
 Tempo máquina
 NVA Andar
 NVA Esperar



OP	Elementos de trabalho cíclicos	Tempo					Minutos
		VA - Valor acrescentado, NVA - Valor não acrescentado					
	Descrição do trabalho	(VA) Operação Manual	(NVA) Operação Manual	Tempo Máquina	(NVA) Andar	(NVA) Esperar	
1	Preparação/préaquecimento soldadura		24,0		8,0		
2	Soldadura circular interior	184,0					
3	Limpeza da área de trabalho		12,0				
4							
Tempo total por categoria==>		184,0	36,0		8,0		Tempo total OP = Cicilico + Tempo não cicilico
% Tempo de operador por categoria==>		81%	16%		4%		Taxa produção/semana= Minutos diponiveis por semana/Tempo total OP
		Tempo total de ciclo==>		228,0			228 mins
							1.776 pcs
Elementos de trabalho não cicilicos		Minutos			Diagrama do fluxo do trabalho		
		Tempo	Peças	Taxa			
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
		TOTAL ==>					

Mapa de standardização das operações

Analista(s): Estêvão Gomes
 Projeto: _____

Produto: Virola

Data: _____

Nome do processo: Rebarbagem e Arc-air
 Produção semanal: _____
 Takt(min/virola) : #DIV/0!

Min/semana 6750

VA Tempo manual
 NVA Tempo manual
 Tempo máquina
 NVA Andar
 NVA Esperar



Elementos de trabalho cíclicos		Tempo					Minutos	
		VA= Valor acrescentado, NVA= Valor não acrescentado						
OP	Descrição do trabalho	(VA) Operação Manual	(NVA) Operação Manual	Tempo Máquina	(NVA) Andar	(NVA) Esperar		
1	Preparação para o arc-air		26,0				[Bar chart: 0-240 min scale, red bar at 26 min]	
2	Arquear	117,0					[Bar chart: green bar from 26 to 143 min]	
3	Preparação para a rebarbagem		13,0				[Bar chart: red bar at 156 min]	
4	Rebarbar	82,0					[Bar chart: green bar from 156 to 238 min]	
5								
Tempo total por categoria==>		199,0	39,0				Tempo total OP = Ciclico + Tempo não ciclico	
% Tempo de operador por categoria==>		84%	16%				Taxa produção/sem ana= Minutos diponiveis por sem ana/Tem po total OP	
Tempo total de ciclo==>						238,0	238 mins	
							1.702 pcs	
Elementos de trabalho não cíclicos			Minutos			Diagrama do fluxo do trabalho		
			Tempo	Peças	Taxa			
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
TOTAL ==>								

Mapa de standardização das operações

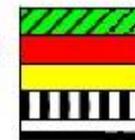
Analista(s): Estêvão Gomes
 Projeto: _____

Produto: Virola

Data: _____

Nome do processo: Soldadura circular exterior
 Produção semanal: _____
 Takt(min/virola) : #DIV/0! Min/semana 6750

VA Tempo manual
 NVA Tempo manual
 Tempo máquina
 NVA Andar
 NVA Esperar



Elementos de trabalho cíclicos		Tempo					Minutos		
		VA = Valor acrescentado, NVA = Valor não acrescentado							
OP	Descrição do trabalho	(VA) Operação Manual	(NVA) Operação Manual	Tempo Máquina	(NVA) Andar	(NVA) Esperar			
1	Preparação/préaquecimento soldadura		50,0		10,0				
2	Soldadura circular exterior	145,0							
3	Limpeza da área de trabalho		15,0						
4									
Tempo total por categoria==>		145,0	65,0		10,0				
% Tempo de operador por categoria==>		66%	30%		5%		Tempo total OP = Cíclico + Tenpo não cíclico 220 mins Taxa produção/semana= Minutos diponiveis por semana/Tempo total OP 1.841 pcs		
Tempo total de ciclo==>							220,0		
Elementos de trabalho não cíclicos				Minutos			Diagrama do fluxo do trabalho		
		Tempo	Peças	Taxa					
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
TOTAL ==>									

Mapa de standardização das operações

Analista(s): Estêvão Gomes

Projeto: _____

Produto: Aro da porta

Data: _____

Nome do processo: Montar aro da porta

Produção semanal: _____

Takt(min/virola) : #DIV/0!

Min/semana 6750

VA Tempo manual
 NVA Tempo manual
 Tempo máquina
 NVA Andar
 NVA Esperar



OP	Elementos de trabalho cíclicos	Tempo					Minutos	
		VA = Valor acrescentado, NVA = Valor não acrescentado						
	Descrição do trabalho	(VA) Operação Manual	(NVA) Operação Manual	Tempo Máquina	(NVA) Andar	(NVA) Esperar		
1	Colocação do tramo em posição		4,0					
2	Efetuar marcações de eixos de posição		18,0					
3	Efetuar medições de linearidade e circularidade		4,0					
4	Rodar tramo e verificar alinhamento		5,0					
5	Recolher escadote				2,0			
6	Fixar escadote		1,5					
7	Recolher material de furar a porta				6,0			
8	Colocar a base em cima do tramo		11,0					
9	Recolher aro da porta		11,5					
10	Efetuar posicionamento/marcação do furo		5,5					
11	Retitar aro da porta		2,0					
12	Abrir buraco	238,0						
13	Recolher material de apoio		18,5					
14	Oxicortar pontas	69,0						
15	Recolha de desperdícios		22,0					
16	Rebarbar	65,0						
17	Montar aro da porta	6,0						
18	Dar o passo semi	20,0						
19	Retirar plataforma e material		11,0					
20								
	Tempo total por categoria==>	398,0	112,0		8,0			
	% Tempo de operador por categoria==>	77%	22%		2%			
	Tempo total de ciclo==>					518,0		
							Tempo total OP = Cicilico + Tenpo não cicilico	518 mins
							Taxa produção/semana= Minutos diponiveis por semana/Tempo total OP	782 pcs
Elementos de trabalho não cicilicos		Minutos			Diagrama do fluxo do trabalho			
		Tempo	Peças	Taxa				
1								
2								
3								
4								
6								
8								
7								
	TOTAL ==>							

Mapa de standardização das operações

Analista(s): Estêvão Gomes
 Projeto: _____

Produto: Aro da porta

Data: _____

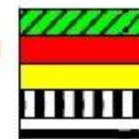
Nome do processo: Soldar aro da porta

Produção semanal: _____

Takt(min/virola) : #DIV/0!

Min/semana 6750

VA Tempo manual
 NVA Tempo manual
 Tempo máquina
 NVA Andar
 NVA Esperar



OP	Elementos de trabalho cíclicos	Tempo					Minutos
		VA = Valor acrescentado, NVA = Valor não acrescentado					
	Descrição do trabalho	(VA) Operação Manual	(NVA) Operação Manual	Tempo Máquina	(NVA) Andar	(NVA) Esperar	
1	1ºSetup		96,0				
2	Soldar interior curvo	532,0					
3	Soldar interior reto	321,0					
4	2ºSetup		75,0				
5	Soldar exterior curvo	502,0					
6	Soldar exterior reto	266,0					
7							
Tempo total por categoria==>		1621,0	171,0				
% Tempo de operador por categoria==>		90%	10%				
Tempo total de ciclo==>						1792,0	Tempo total OP = Cíclico + Tempo não cíclico Taxa produção/semana= Minutos diponiveis por semana/Tempo total OP
Elementos de trabalho não cíclicos		Minutos			Diagrama do fluxo do trabalho		
		Tempo	Peças	Taxa			
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
		TOTAL ==>					

1.792 mins
226 pcs