



Universidade do Minho

Departamento de Produção e Sistemas

José Manuel Soto Maior Fernandes

**Melhoria da produtividade através da
identificação de restrições : Caso de Estudo-
Grupnor Elevadores**

Tese de Mestrado

Engenharia Industrial

Trabalho efetuado sobre a orientação do:

Professor Doutor Dinis Carvalho

Guimarães, Março de 2012



“Temos a íntima convicção de que a empresa deve ser um local de criação e de aprendizagem e que já não somos remunerados para “produzir peças”, mas sim para melhorar os processos que “produzem peças”. É talvez aí que reside o verdadeiro desafio das empresas ocidentais face à concorrência dos países que praticam baixos custos salariais.”

Pierre-Marie Gallois

“What we see depends mainly on what we look for.”

Sir Jhon Lubbok



Agradecimentos

Quero agradecer a toda a minha família e amigos que de uma forma direta ou indireta contribuíram para a conclusão deste projeto. Agradeço em especial ao meu pai que pôs à minha disponibilidade todos os recursos que se mostraram necessários (físicos, intelectuais e temporais) para que este trabalho terminasse com a maior brevidade possível.

Gostaria de agradecer especialmente ao Professor Doutor Dinis Carvalho pelo conhecimento partilhado e objetividade demonstrada ao longo deste projeto. Agradecer também à professora Anabela Alves pela disponibilidade sempre demonstrada e respostas rápidas a dúvidas que foram surgindo.

Agradecer a todos os que contribuíram ou estariam disponíveis a contribuir para a execução deste projeto.



Melhoria da produtividade através da identificação de restrições : Caso de Estudo- Grupnor Elevadores

Resumo

Ao longo dos últimos anos foi possível verificar um aumento substancial na procura de elevadores elétricos no mercado da construção. Este aumento deveu-se principalmente ao fato de o Estado incentivar os construtores civis, através da concessão de benefícios fiscais, a escolher equipamentos de baixo consumo.

O fato de a Grupnor ter de alguma forma menosprezado a evolução nos sistemas elétricos de elevadores, teve como consequência uma incapacidade crescente de se tornar competitiva nesta área (tendo sempre apostado mais nos elevadores hidráulicos). Essa falta de competitividade levou a que em alguns casos tenham sido efetuadas vendas abaixo do preço de custo para a empresa apenas para segurar e manter uma boa relação com determinados clientes habituais.

Este projeto teve como objetivo encontrar soluções para a melhoria da competitividade da empresa em estudo mais especificamente no segmento de mercado dos elevadores elétricos. Para o efeito contribuíram de forma valiosa a Teoria das Restrições, Engenharia Simultânea, Engenharia do Produto e Princípios Lean.

Após uma fase inicial de análise foi possível identificar como deficitária a produção de arcadas e contrapesos. As soluções encontradas partiram de uma remodelação dos componentes fabricados, culminando na remodelação total da configuração do elevador (disposição dos componentes, componentes fabricados e componentes fornecidos) no sentido de reduzir custos mantendo ou melhorando a qualidade de funcionamento. Foi possível reduzir substancialmente os custos globais dos elevadores elétricos e ao mesmo tempo aumentar o nível tecnológico do produto comercializado melhorando significativamente a competitividade da empresa.

Palavras Chave: Produtividade, Engenharia Simultânea, Reengenharia, Elevadores, Arcadas, Contrapesos



Abstract

Along the Last years it was possible to verify a substantial increasing of the electric elevators market. This increment had origin in the new ecologist incentives, from government to the constructors, according to the using of less energy consumption equipment's.

The fact that Grupnor elevators had somehow underestimated the evolution of the products on this market (betting in hydraulic systems), had as consequence a lack of competitiveness in this area of the market. That lack of competitively culminated in some financially costed sales in order preserve some regular clients.

This project had as primarily objective, to improve the productivity of the company Grupnor elevators and after a short period, it was possible to realize that the production directed to electric elevators was somehow in deficit.

The solution founded, started from a complete reengineering of the produced components (to electric elevators), ending in a complete revolution of the displacement of the components in the final product in (elevator in the Pit) order to make the company more competitive in this market.

The identification of constraints, product engineering and concurrent engineering, allowed substantial gains in the production costs and in the final cost of the elevator making the company more capable to fight in this market

Key Words: Productivity, Concurrent Engineering, Reengineering, Elevators, Cabin structures, Counterweights



INDÍCE

Agradecimentos	iii
Resumo	iv
Abstract	v
LISTA DE ABREVIATURAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE TABELAS	xiii
CAPITULO I - INTRODUÇÃO	1
1.1 ENQUADRAMENTO/MOTIVAÇÃO	2
1.2 OBJETIVOS	3
1.3 METODOLOGIA	3
CAPITULO II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. INTRODUÇÃO	6
2.2. TOC - TEORIA DAS RESTRIÇÕES	6
2.2.1. Breve Historial	7
2.2.2. Raciocínio Lógico	7
2.2.3. As Ferramentas	14
2.2.4. Drum Buffer Rope	16
2.3. ENGENHARIA DO PRODUTO vs. ENGENHARIA DO PROCESSO	18
2.3.1. Engenharia Simultânea	18
2.3.2. Engenharia Sequencial vs. Engenharia Simultânea	19
2.3.3. CIM - <i>Computer Integrated Manufacturing</i>	23
2.4. LEAN THINKING	26
2.4.1. Breve Histórico	26
2.4.2. Filosofia Lean	26
2.4.2.1. Mecanismo da função produção	27



a)	Melhoria de processamento.....	27
b)	Melhoria de inspeção.....	28
c)	Melhoria de transporte.....	29
d)	Melhoria de armazenagem.....	29
e)	Melhoria da preparação.....	30
2.4.2.2.	A lógica do desperdício.....	31
2.4.2.3.	Value Stream Mapping.....	32
CAPITULO III – DESCRIÇÃO DA EMPRESA EM ESTUDO.....		36
3.1.	EMPRESA.....	37
3.1.1.	Apresentação da empresa.....	37
3.1.2.	Breve Historial.....	41
3.2.	PRODUTOS.....	45
3.2.1.	Produtos Comercializados.....	45
3.2.1.1.	Sistema Hidráulico.....	45
3.2.1.2.	Sistema Elétrico.....	47
3.3.	DESCRIÇÃO DA UNIDADE PRODUTIVA.....	49
3.3.1.	Evolução e Recursos Disponíveis.....	49
3.3.2.	Processos Produtivos.....	51
3.4.	ESTADO INICIAL DOS PRODUTOS EM ANÁLISE.....	59
3.4.1.	Arcadas.....	60
3.4.1.1.	<i>Value Stream Mapping</i>	60
3.4.1.2.	Lead Time Médio.....	63
3.4.1.3.	Custo Médio de Matérias-Primas.....	64
3.4.1.4.	Custo Médio de Componentes.....	65
3.4.1.5.	Custo Médio de Recursos Utilizados.....	66
3.4.2.	Contrapesos.....	67
3.4.2.1.	<i>Value Stream Mapping</i>	67



3.4.2.2.	Lead Time Médio.....	70
3.4.2.3.	Custo Médio de Matérias-Primas.....	71
3.4.2.4.	Custo Médio de Componentes.....	72
3.4.2.5.	Custo Médio dos Recursos Utilizados	73
CAPITULO IV – DESENVOLVIMENTO DE AÇÕES DE MELHORIA		74
4.1.	IDENTIFICAÇÃO DE OPORTUNIDADES.....	75
4.1.1.	Posicionamento no mercado	76
4.1.2.	Comparação do nível tecnológico.....	77
4.2.	REENGENHARIA DO PRODUTO	78
4.3.	REENGENHARIA DOS COMPONENTES FABRICADOS	80
4.3.1.	Arcadas	81
4.3.2.	Contrapesos.....	84
CAPITULO V – IMPLEMENTAÇÃO DE AÇÕES DE MELHORIA E ANÁLISE DE RESULTADOS.....		86
5.1.	ARCADAS.....	87
5.1.1.	<i>Value Stream Mapping</i>	88
5.1.2.	Lead Time Médio.....	88
5.1.3.	Custo Médio de Matérias-Primas.....	89
5.1.4.	Custo Médio de Componentes.....	90
5.1.5.	Custo Médio de Recursos Utilizados.....	91
5.2.	CONTRAPESOS.....	92
5.2.1.	<i>Value Stream Mapping</i>	92
5.2.2.	Lead Time Médio.....	93
5.2.3.	Custo Médio Matérias-Primas	93
5.2.4.	Custo Médio Componentes.....	94
5.2.5.	Custo Médio de Recursos Utilizados.....	95
5.3.	ESTADO INICIAL vs. ESTADO FINAL.....	97
5.3.1.	Arcadas	97



5.3.2.	Contrapesos.....	97
5.3.3.	Configuração do Elevador Elétrico.....	98
CAPITULO VI – CONCLUSÕES.....		100
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		105
ANEXO A		108
ANEXO B		123



LISTA DE ABREVIATURAS

APR – Árvore dos Pré-Requisitos

ARA – Árvore da Realidade Atual

ARC – Árvore de Resolução de Conflitos

ARF – Árvore da Realidade futura

AT – Árvore de Transição

CAD – Computer Aided Design

CAE – Computer Aided Engineering

CAPP – Computer Aided Process Planning

CMC – Custo Médio de Componentes

CMMP – Custo Médio de Matérias-Primas

CMRU – Custo Médio de Recursos Utilizados

ER – Engenharia Simultânea

LTM – Lead Time Médio

RRC – Recurso Restritivo de Capacidade

TOC – *Theory of Constraints*

VSM – Value Stream Mapping



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Analogia entre tropa e sistema produtivo	11
Figura 2 - Tropa a Correr.....	11
Figura 3 - Tropa com <i>Kanban</i>	12
Figura 4 - Tropa com TOC	13
Figura 5 - Tropa com TOC II	14
Figura 6 - Fluxo da Engenharia Sequencial.....	20
Figura 7 - Engenharia Sequencial vs. Engenharia Simultânea	22
Figura 8 – VSM - Simbologia dos fluxos de materiais (Silva J. , 2008).....	33
Figura 9 – VSM - Simbologia dos fluxos de informação (Silva J. , 2008)	34
Figura 10 - VSM - Simbologia geral (Silva J. , 2008).....	34
Ilustração 11 - Exemplo de um VSM (Silva J. , 2008).....	35
Figura 12 - Localização Grupnor	37
Figura 13 - Organigrama Geral Grupnor.....	38
Figura 14 - Gestão por Processos	40
Figura 15 - Cilindro Hidráulico	46
Figura 16 - Esquema de um elevador elétrico	47
Figura 17 - Gráfico de vendas de elevadores	50
Figura 18 - Layout geral da empresa	51
Figura 19 - Produtos Fabricados	52
Figura 20 - Processo de fabrico das Cabinas/Portas.....	52
Figura 21 - Processo de fabrico das arcadas.....	55
Figura 22 - Processo de fabrico dos Contrapesos	56
Figura 23 - VSM inicial Arcadas.....	61
Figura 24 - VSM inicial Contrapesos	68
Figura 25 - Esquema elevador elétrico inicial	79



Figura 26 - Esquema desenvolvido para a configuração do elevador elétrico.....	80
Figura 27 – Arcadas: Solução Inicial vs. Solução Final.....	82
Figura 28 - Contrapesos: Solução Inicial vs. Solução Final.....	84
Figura 29 - VSM final Arcadas.....	88
Figura 30 - VSM final Contrapesos	92



ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Tempos de fabrico das cabinas	53
Tabela 2 - Tempos de fabrico das arcadas.....	55
Tabela 3 - Tempos de fabrico dos contrapesos.....	57
Tabela 4 - Dados PHC: somatório do Lead Time despendido na fabricação de arcadas (ano 2009)	63
Tabela 5 - Identificação das matérias-primas utilizadas nas arcadas (ano 2009)	64
Tabela 6 - Custo de matérias-primas utilizadas nas arcadas (ano 2009).....	64
Tabela 7 - Identificação dos componentes utilizados numa arcada (ano 2009)	65
Tabela 8 - Dados PHC sobre custo de componentes utilizados nas arcadas (ano 2009)	65
Tabela 9 - Custo Homem. Máquina/hora.....	66
Tabela 10 - Cálculo do custo médio de recursos utilizados (ano 2009).....	66
Tabela 11 - Dados PHC: somatório do Lead time despendido na fabricação de contrapesos (ano 2009) 70	
Tabela 12 - Identificação da matéria-prima utilizada nos contrapesos (ano 2009)	71
Tabela 13 - Custo da matéria-prima utilizada nos contrapesos (ano 2009)	71
Tabela 14 - Identificação dos componentes utilizados nos contrapesos (ano 2009)	72
Tabela 15 - Custo dos componentes utilizados nos contrapesos (ano 2009).....	72
Tabela 16 - Cálculo do custo médio de recursos utilizados (ano 2009).....	73
Tabela 17 - Tempos Médios obtidos no acompanhamento de 5 arcadas (Versão Final)	87
Tabela 18 - Dados PHC: somatório do Lead Time despendido nas arcadas (Setembro 2010 a Setembro 2011).....	89
Tabela 19 -Identificação da matéria-prima utilizada nas arcadas solução final.....	89
Tabela 20 - Custo de matérias-primas utilizadas nas arcadas (de Setembro 2010 a Setembro 2011)	89
Tabela 21 - Identificação de componentes utilizados nas arcadas versão final	90
Tabela 22 - Custos de componentes utilizados nas arcadas (Setembro 2010 a Setembro 2011).....	90
Tabela 23 - Cálculo do Custo médio de recursos utilizados nas arcadas versão final	91
Tabela 24 - Tempos médios obtidos no acompanhamento da produção de 5 contrapesos (solução final)	92



Tabela 25 - Dados PHC: somatório do Lead Time despendido nos contrapesos (Setembro de 2010 a Setembro de 2011)	93
Tabela 26 - Identificação da matéria-prima utilizada nos contrapesos versão final	94
Tabela 27 - Custo de Matérias-Primas utilizadas nos contrapesos (Setembro 2010 a Setembro 2011) ..	94
Tabela 28 - Identificação dos componentes utilizados nos contrapesos versão final.....	95
Tabela 29 - Custo dos componentes utilizados em contrapesos (Setembro 2010 a Setembro 2011)	95
Tabela 30 - Cálculo do custo médio de recursos utilizados nos contrapesos versão final.....	96
Tabela 31 - Comparação Arcada Inicial vs. Arcada Final	97
Tabela 32 - Comparação Contrapeso Inicial vs. Contrapeso Final	98
Tabela 33 - Comparação de Custos da Configuração Inicial vs. Configuração Final	99



CAPITULO I - INTRODUÇÃO



1.1 ENQUADRAMENTO/MOTIVAÇÃO

A Grupnor exerce a sua atividade no mercado dos elevadores desde 1979 tendo hoje em dia uma posição relevante no mercado nacional de elevadores. Trata-se da única empresa produtora de elevadores em Portugal ocupando uma área de 5000m², situada em Vila do Conde e empregando cerca de 80 funcionários.

Ao longo de mais de 30 anos de existência a Grupnor elevadores baseou o seu crescimento na venda de elevadores hidráulicos. Este tipo de equipamento sempre se mostraram bastante fiáveis e com elevado conforto tendo porém a contrapartida de necessitarem de uma potência instalada maior (nos quadros elétricos) quando comparados com os elevadores elétricos. Nos últimos anos este fator mostrou-se determinante no desenvolvimento do mercado dos elevadores, dado há cerca de 5 anos começaram a existir incentivos governamentais no sentido de beneficiarem os construtores que adquirissem equipamentos de baixo consumo. Nesse sentido tornou-se cada vez mais clara a necessidade da empresa se tornar mais competitiva no segmento do mercado dos elevadores elétricos, devido ao fato de se ter focalizado mais no mercado dos elevadores hidráulicos ao longo dos anos.

O trabalho desenvolvido procura melhorar a competitividade da empresa através de uma análise ao processo produtivo e através de uma análise à configuração do produto por forma a verificar se ainda se adapta aos atuais requisitos do mercado (componentes utilizados, disposição dos componentes, medidas necessárias, etc.).

De uma forma geral a elaboração deste trabalho parte de uma teoria produtiva denominada Teoria das Restrições (Goldratt, 1984) e dos princípios de produção Lean (Ohno, 1995) juntando posteriormente fortes componentes de Engenharia do Produto e Engenharia Simultânea. Este é um caso de estudo que se baseia na melhoria da produtividade através da identificação de restrições do processo produtivo usando a Engenharia de Produto para a melhoria de produtividade dessa restrição e do global. Esta abordagem não sendo vulgar, dado que a tendência é usualmente no sentido de tentar melhorar o sistema produtivo sem questionar o que este produz, procura mostrar a importância da ligação entre a produtividade de um sistema e os produtos que este produz, assim como a importância da conjugação de informações de vários departamentos no sentido de obter um ganho global maior, tornando a empresa mais



competitiva. O relacionamento e conhecimento cruzado de várias áreas na tomada de decisão poderá ser extremamente importante para se atingir a “máxima” eficiência de um sistema.

1.2 OBJETIVOS

Este projeto tem como objetivo principal a melhoria da competitividade da empresa Grupnor Elevadores no segmento de mercado dos elevadores elétricos. Essa melhoria deve passar pelo uso dos princípios da Engenharia Simultânea, TOC e Lean Manufacturing para que através da alteração do projeto dos produtos e alteração de processos de produção resulte em melhorias globais no desempenho.

1.3 METODOLOGIA

O tema deste trabalho nasce da atividade profissional adquirida ao longo de 2 anos. O fato de fazer parte do departamento de desenvolvimento (de produtos e processos) da empresa Grupnor elevadores relevou-se fundamental na escolha do tema.

A abordagem a metodologias de melhoria de produtividade ao longo do curso de Engenharia e Gestão Industrial é uma constante, porém a sua aplicação prática requer para além de alguma perspicácia, alguma experiência e conhecimento do mundo industrial em questão.

O processo de investigação inicia-se com a revisão bibliográfica de material publicado relativamente a melhoria de produtividade. A experiência profissional e a consciência do funcionamento da empresa foram fulcrais para o conjugar de várias metodologias/filosofias no decorrer deste projeto.

A pesquisa bibliográfica incide inicialmente sobre as palavras-chave, Teoria das Restrições, Engenharia do Produto, Engenharia Simultânea, *Computer Integrated Manufacturing* e *Lean*



Thinking. O processo de investigação bibliográfica é desenvolvido através de artigos científicos, prevalecendo artigos de revistas especializadas, principalmente o “*Journal of Operations Management*”, “*International Journal of Operations & Production Management*”, “*Revista Eletrônica Sistemas & Gestão*” e “*Industrial Management*”. A opinião de vários autores de renome assim como *case studies* de sucesso são fundamentais para perceber melhor os conceitos e a aplicabilidade destas metodologias. Foram utilizadas várias bases de dados online como *ISI Web of Knowledge*, *Google Académico* e *High Beam*.

Após a análise bibliográfica parte-se para a caracterização e descrição da unidade produtiva em estudo, identificando os processos, os fluxos, a mão-de-obra, etc. Seguidamente são identificados os principais problemas e os pontos com maior potencial de melhoria. Após esta fase são desenvolvidas e implementadas ações à luz dos conceitos, princípios e ferramentas relacionadas com TOC, Lean, Engenharia Simultânea e Engenharia do Produto.

A dissertação termina com uma avaliação dos resultados obtidos e conclusões relativamente ao trabalho efetuado e ainda sugestões para trabalho futuro.



CAPITULO II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA



2.1. INTRODUÇÃO

A pesquisa bibliográfica foi efetuada usando principalmente a base de dados *online* ISI Web of Knowledge, que é hoje em dia um site referência para estudos/pesquisas relacionadas com ciências, ciências sociais e artes.

Thomson Reuters Web of Knowledge é uma plataforma de pesquisa que permite ter acessos a conteúdos objetivos e a poderosas ferramentas de procura, conjugando informação guardada com mais de 100 anos até aos dias de hoje.

É um *site* que tinha já em 2008 protocolos de utilização com mais de 3550 instituições em mais de 90 países. Sendo um dos maiores sites de pesquisa académica do mundo a análise a textos escritos sobre a TOC, Engenharia do Produto, Engenharia Simultânea e *Lean Manufacturing* partirá deste motor de busca sendo posteriormente complementada por outras fontes de informação.

2.2. TOC - TEORIA DAS RESTRIÇÕES

Os resultados após colocação do título "*Theory of Constraints*" foram bastante interessantes. O motor de busca revelou-nos que existiam 416 documentos na sua base de dados sendo os mais relevantes para o pretendido, 327 artigos científicos, 93 "*Proceeding Papers*" (textos/estudos apresentados em conferências) e 6 textos relativos a revisões literárias.

As áreas onde se inserem estes artigos são maioritariamente nas áreas da engenharia como seria de esperar, mais especificamente sobre Engenharia de Produção e Gestão de Operações.

De qualquer forma é importante referir que esta metodologia não abrange apenas produção física e não é apenas aplicável a ambientes industriais, sendo como provam alguns *case studies* sobre Economia/Gestão Financeira e aplicação da metodologia em Serviços Hospitalares.



2.2.1. Breve Historial

A TOC começou a ser conhecida a partir de 1984 quando Goldratt e Jeff Cox publicaram o livro "*The Goal*" (A Meta). A obra apresentava-se de forma algo original contando a história de um gestor que estava com dificuldades em inverter o insucesso da sua fábrica.

É uma filosofia de gestão que tem sido aplicada eficientemente em sistemas de produção e processos no sentido de melhorar a produtividade das organizações. Tornou-se numa poderosa e versátil metodologia capaz de sistematicamente identificar e resolver problemas à medida que vai melhorando o sistema. É uma filosofia que defende que o global é muito mais do que a soma das partes (Mabin & Baderstone, 2003).

A TOC tem sido ao longo dos anos aplicada quer em processos produtivos quer em processos de gestão ou empresas de serviços. Desde o primeiro livro de Goldratt ("A Meta"), variadíssimas obras de autores conceituados foram lançadas analisando ou aplicando de certa forma a Teoria das Restrições.

Apesar do exponencial crescimento de defensores desta metodologia e de cada vez mais casos de sucesso, surgem algumas críticas do mundo académico defendendo que poderá existir um risco inerente à simplicidade da filosofia (Herroelen, Leus, & Demeulemeester, 2002), porém desde a sua "aparição" apareceram publicações em mais de 100 jornais diferentes sendo de salientar áreas completamente diversas de aplicação. Empresas como Boeing ou Ford Motor Company são empresas que fazem parte da fortune 500 onde a TOC foi aplicada com sucesso (Rahman, 1998).

2.2.2. Raciocínio Lógico

A TOC encara qualquer Fábrica/Empresa/Produção/Departamento como um sistema que está dividido em elementos interligados. Não acredita na potencialização de cada um deles de forma independente, mas num plano em que a solução englobe todos os elementos de uma forma coerente (Alves, Almeida, & Cogan, 2010).



O princípio base deste plano assenta na importância dada à restrição do sistema.

Goldratt desenvolveu a seguinte perspetiva do funcionamento de um sistema:

Ao termos uma linha de produção com o posto A, B, C e D; em que:

- A tem a capacidade de produzir 50 peças hora
- B tem a capacidade de produzir 75 peças hora
- C tem a capacidade de produzir 10 peças hora
- D tem a capacidade de produzir 50 peças hora

Independentemente da capacidade do posto A, B e D, nós sabemos que a nossa taxa de produção do sistema é de 10 peças hora. Isto acontece porque o posto C é a restrição do sistema, é ele que limita o aumento da produtividade do sistema global mesmo tendo os postos precedentes e antecedentes capacidade para mais.

A TOC assenta a sua teoria na importância da restrição de um sistema e podemos afirmar que contrariamente a várias metodologias de referência para melhoria de produtividade, a TOC afirma que em vez de despendermos tempo em tentar melhorar todos os sectores da produção, deveremos focalizar-nos no recurso que restringe o sistema pois é este que tem um impacto direto no desempenho global do sistema (Goldratt & Cox, A Meta, 1984).

Se no exemplo acima conseguíssemos duplicar a capacidade produtiva de D a produtividade global do sistema manter-se-ia, porém se fizéssemos o mesmo no posto C, automaticamente a nossa produtividade subiria.

Segundo Goldratt (1997) a TOC tende a ser aplicada em sistemas produtivos, onde as restrições são mais facilmente identificáveis, porém a TOC não se limita a esta área. Imaginemos que ao melhorarmos um sistema produtivo obtemos maior capacidade de produção do que a que necessitamos, a restrição nesse caso passaria para fora do sistema produtivo, isto é, passaria por exemplo para a política de vendas.



É uma metodologia de melhoria continua dado que funciona de forma cíclica. Após análise de um sistema, identifica a restrição, identifica oportunidades de melhoria, implementa soluções e volta a analisar o sistema repetindo continuamente o processo (Goldratt, Critical Chain, 1997).

A Teoria das restrições baseia-se em 5 etapas fundamentais, (i) na identificação da restrição, (ii) na decisão do que fazer em relação a esta, (iii) na subordinação do sistema ao recurso restritivo, (iv) na elevação da restrição e (v) na repetição dos passos anteriores.

Etapa 1 – Identificar a restrição

A TOC entende que qualquer empresa é um conjunto de partes que de uma forma ou de outra estarão interligadas entre si. Se fizermos uma analogia e pensarmos num sistema produtivo como uma corrente com vários elos (sectores), podemos perceber que a resistência da corrente não depende de forma igual de todos os elos, a resistência da corrente depende essencialmente da resistência do elo mais fraco, pois independentemente de existirem elos mais fortes a corrente deverá partir-se no elo mais fraco. O elo mais fraco é a denominada “restrição”.

A restrição é a fase/sector de um sistema onde o fluxo de informação/produção não têm tanta capacidade quanto os restantes do sistema. É o chamado Recurso com Restrição de Capacidade (RRC) da realidade onde se insere. É muitas vezes denominado de *gargalo* ou *bottleneck* pois a sua capacidade de produção é inferior aos outros sectores.

Etapa 2 – Decidir como explorar a restrição do sistema

Um dos princípios básicos da TOC (referido já anteriormente) é a correlação existente entre a restrição do sistema e a produtividade global deste. Após a identificação da restrição, é importante decidir como explorar a restrição para que esta não sofra quebras. É importante retirar o máximo partido da restrição pois é o seu desempenho que tem um impacto direto na produção global do sistema.



Etapa 3 – Subordinar tudo à restrição

Subordinar tudo à restrição é o ponto onde os recursos não restrição deverão ser reorganizados de acordo com o passo 2.

Etapa 4 – Elevar a restrição

Comparativamente com o segundo passo, Elevar a restrição leva um pouco mais longe a maximização da capacidade de produção da restrição do sistema. Neste passo poderemos reformular ou reorganizar o sector de modo a que a sua capacidade produtiva aumente. Subentende-se que neste passo o objetivo será a superação da restrição.

Etapa 5 - Verificar se a restrição mudou.

O quinto passo vai de encontro à melhoria contínua inata nesta metodologia. Este passo pretende voltar a reanalisar o sistema voltando ao passo 1.

Uma forma relativamente simples de explicar estes 5 passos é através do exemplo bastante elucidativo elaborado pelo consultor Thomas Corbett. (Corbett)

Thomas Corbett fez uma analogia entre um grupo de soldados que tem como objetivo chegar a um determinado ponto (a prova termina quando todos chegarem ao fim); e um sistema produtivo (Goldratt fez algo similar no livro “A Meta” porém utilizando escuteiros). A figura 1 mostra de uma forma gráfica qual a analogia adotada.

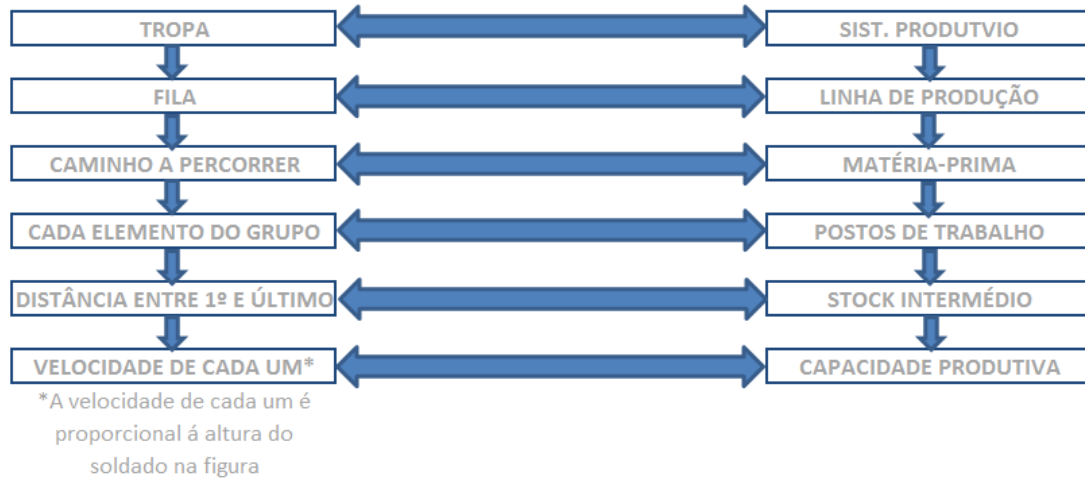


Figura 1 - Analogia entre tropa e sistema produtivo

Um sinal do sucesso da gestão deste grupo seria o fato de os soldados estarem o mais juntos possível e andando o mais rápido possível. Isto significaria que o sistema se encontrava com reduzido *stock* intermédio e um lead time reduzido.

A grande questão aqui será como atingir isso.

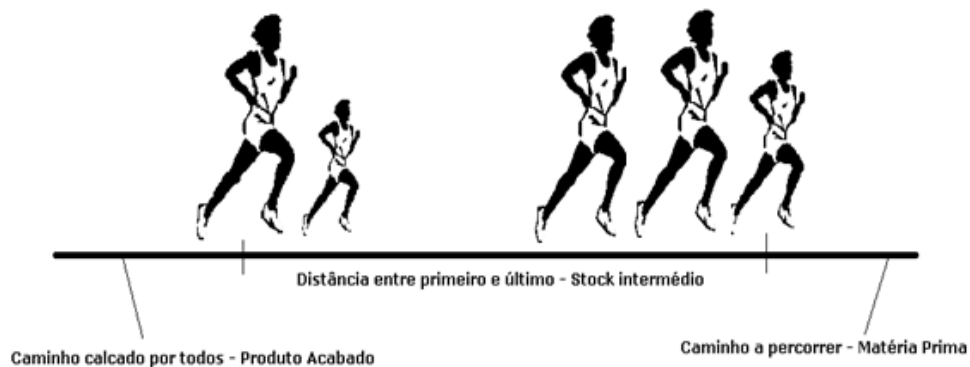


Figura 2 - Tropa a Correr

Thomas Corbelt no seu exemplo referiu 3 formas diferentes de encarar esta situação, através de uma gestão tradicional, através da utilização do *kanban* e por fim através da aplicação da TOC.

Segundo a gestão tradicional (sistema de produção empurrada), a tentativa de rentabilizar cada sector o mais possível é recorrente, mesmo que isso não beneficie o global do sistema. Aplicando essa filosofia nesta situação, seria pedido a cada soldado para demorar o menor tempo possível a chegar ao fim do percurso (tentando assim rentabilizar ao máximo cada posto). Isto faria com que a distância entre o primeiro soldado e último fosse cada vez maior (assumindo que os soldados não teriam desempenho homogéneo) aumentando o *stock* intermédio porém sem aumentar a produtividade global que é determinada pelo soldado mais lento.

Relativamente ao *Kanban*, funciona quase de maneira contrária ao modelo tradicional, passando de uma produção empurrada para uma produção puxada. O *Kanban* tornou-se numa ferramenta extremamente útil associada ao *Toyota Production System* (TPS). O que o *Kanban* poderá fazer é determinar um valor de *stock* intermédio máximo entre cada sector de produção.

No exemplo de Corbelt (2011) é como se os soldados tivessem uma corda amarrada entre si como se vê na figura 3:

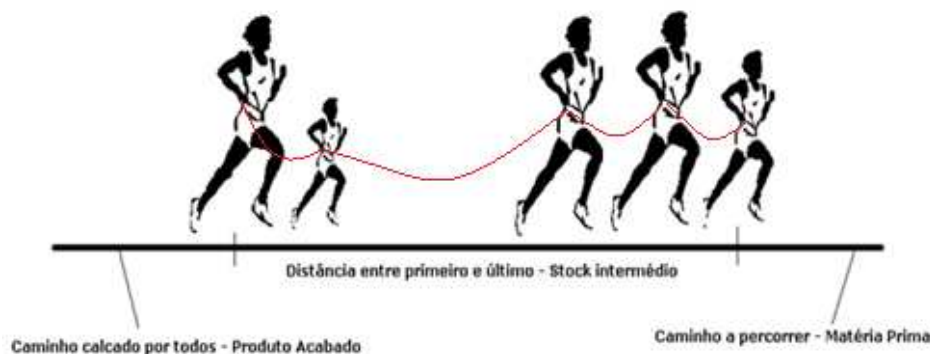


Figura 3 - Tropa com *Kanban*

O objetivo desta técnica é limitar a dispersão entre os soldados, controlando assim o *stock* intermédio. O que acontece se esse *stock* intermédio for ultrapassado? O recurso que abastece esse *stock* pára instantaneamente de produzir enquanto os valores não retomarem a normalidade. Este é um sistema onde apenas se produz se a empresa vender (produção puxada), a procura determina o que será produzido. É um método bastante eficaz no controlo de *stock* intermédio, porém é um sistema algo frágil. O problema reside no fato de por algum

motivo algum soldado ter de parar (posto com problemas), como os *stocks* intermédios são bastante reduzidos isto pode levar à paragem de todos os postos.

Esta fragilidade foi o que levou os japoneses (que desenvolveram este sistema) a focalizarem-se em metodologias de prevenção para estas, evitarem estas situações ou minimizarem o impacto.

Passemos agora à metodologia TOC, nesta situação a restrição do sistema é o soldado mais lento pois é ele que determina qual a velocidade a que o grupo pode terminar o seu desafio. Ao colocarmos o soldado mais lento na frente do grupo seguido do segundo mais lento e assim sucessivamente, acabamos por colocar os soldados mais rápidos no fim da fila fazendo com que o *stock* intermédio seja o mais baixo possível. Outra grande vantagem deste sistema é que se algum soldado tiver de parar que não o mais lento, existe uma boa probabilidade de depois de começar a andar novamente, apanhar o soldado mais lento sem este nunca ter tido a necessidade de parar. Isto é extremamente vantajoso pois se o soldado mais lento não parar, significa que a produtividade do sistema não foi prejudicada.



Figura 4 - Tropa com TOC

Obviamente que a configuração ideal nem sempre é possível de aplicar numa situação real (colocação do soldado mais lento na frente do grupo), porém isto não inviabiliza a aplicação noutras situações como podemos ver de seguida.

- Os grandes objetivos de ter o “soldado” mais lento à frente são:
- Que ele determine a velocidade de entrada de material

Que esteja o mais protegido de percalços que outros soldados possam ter, não tendo a necessidade de parar.

Numa situação em que não seja possível a colocação do soldado mais lento à frente do grupo, é possível manter estes dois objetivos, amarrando uma corda do soldado mais lento ao soldado da frente do grupo, como demonstra a figura 5. Esta técnica é a chamada DBR (Drum Buffer Rope) explicada mais à frente e que tem o mesmo objetivo que o kanban,



Figura 5 - Tropa com TOC II

É necessário criar sempre uma distância entre o soldado mais lento e o grupo de soldados à sua frente para evitar que este alguma vez pare. As distâncias entre os outros deverão ser equilibradas para que se algum problema surgir ninguém ter de parar.

2.2.3. As Ferramentas

De acordo com Cogan (2007) o princípio base desta filosofia mostra-nos uma nova abordagem aos problemas e um processo de raciocínio simples que pode trazer enormes vantagens competitivas para uma empresa. As respostas a perguntas como “O que mudar?”, “Para o que mudar?” e “Como fazer essa mudança” serão o próximo passo para conseguirmos elevar o sistema a um nível alto de produtividade.



De acordo com esta linha a TOC oferece-nos 5 ferramentas úteis para responder às perguntas atrás enunciadas, (i) a Árvore da Realidade Atual (ARA), (ii) Árvore de Resolução de Conflitos (ARC), (iii) Árvore da Realidade futura (ARF), (iv) Árvore dos Pré-Requisitos e a (v) Árvore de Transição (Cogan, 2007).

O que mudar? - Árvore da Realidade Atual (ARA)

A Árvore da Realidade Atual, é um método de raciocínio lógico visando a metodologia causa-efeito, que tem como objetivo identificar qual a origem dos problemas. Assenta no princípio de que existe uma causa, para um grande número de problemas (Alves, Almeida, & Cogan, 2010).

Esta árvore tem como objetivo identificar os efeitos indesejáveis para posteriormente conseguir identificar a causa desses efeitos.

O importante é conseguir identificar o problema raiz para não se perder tempo com situações onde a solução apenas apresentaria melhoras locais e temporárias, podendo até ser prejudicial a longo prazo. O problema raiz deverá ser o primeiro a ser analisado a fundo pois ele provoca a maior parte dos problemas (Moss, 2007).

Para o que mudar? - Árvore de Resolução de Conflitos (ARC) e Árvore da Realidade futura (ARF).

Após a identificação da causa raiz de grande parte dos problemas, é necessário perceber quais as mudanças possíveis de efetuar. Nesta fase é analisada a conjuntura da situação, onde é tido em consideração o que a mudança “X” ou “Y” implicaria no sistema. É importante perceber que o ganho global é mais importante que o ganho sectorial pois esse é o objetivo da empresa.

A ARC e ARF estão de certa forma interligadas pois a primeira permite-nos perceber quais as mudanças aceitáveis (vendo o sistema como um todo) e a ARF permite-nos testar essas possíveis mudanças simulando um panorama futuro.



O objetivo da ARF é perceber o efeito das diferentes soluções possíveis, isto é, avaliar qual será a que terá um impacto mais positivo.

Como Fazer essa Mudança? – Árvore de Pré-Requisitos (APR) e Árvore de Transição (AT)

Depois de identificarmos qual a mudança que terá um impacto mais positivo, é necessário perceber quais as barreiras à aplicação da solução. O objetivo desta árvore é identificar os obstáculos e criar pré-requisitos necessários para que estes sejam ultrapassados.

Por fim temos a AT, a Árvore de Transição que funciona como um guia de implementação com ações específicas relativamente ao sistema. É a Árvore que tal como o nome indica, define a transição de uma realidade para outra (Dettimer, 1997)

2.2.4. Drum Buffer Rope

No sentido de definir e controlar o sistema produtivo de acordo com os princípios acima referidos, apareceu a metodologia Tambor Pulmão Corda (*Drum Buffer Rope*) no livro “The Race” lançado em 1986 por Goldratt.

O nome Tambor Pulmão Corda nasce dos 3 elementos fundamentais desta metodologia. A simplicidade do método associada à sua eficácia tornam-na extremamente vantajosa no apoio à programação da produção.

A primeira etapa tal como o nome indica (Tambor) prende-se com o fato de definirmos qual o ritmo de produção. Este ritmo de produção é obviamente definido através do recurso restrição (aquele que nos limita e tem impacto direto na produtividade global do sistema). Esta definição do ritmo deverá ter em conta que o recurso restrição deverá trabalhar sempre a 100% para rentabilizarmos o nosso sistema. O ritmo definido pelo Tambor é não só o ritmo a que o sistema produtivo deverá obedecer, como obviamente tem consequência direta no ritmo a que as matérias-primas serão consumidas.



O fato de o sistema produzir de acordo com o ritmo da restrição faz com que seja extremamente importante garantir que a restrição nunca pare.

O Pulmão é o mecanismo de defesa definido para impedir a restrição de alguma vez parar. A TOC tendo a consciência de eventos aleatórios que podem ocorrer fazendo com que a produtividade não seja sempre uma constante, introduz o conceito pulmão (defendido por muitos como stock intermédio de segurança). O pulmão visa dar alguma segurança no caso de existir uma diminuição de produtividade, por exemplo falhas mecânicas no posto, falhas de energia num sector, etc. O pulmão para ser bem dimensionado deverá ser equilibrado para oferecer alguma segurança sem ser demasiado grande evitando assim um *stock* intermédio alto.

Numa última etapa, a Corda tem como objetivo a sincronização do recurso restritivo com o início do processo produtivo. Podemos afirmar que se trata quase de uma comunicação constante (monitorização) que subordina todos os restantes recursos ao ritmo do recurso restritivo (Goldratt & Fox, The Race, 1986).

Comparando com outras filosofias podemos afirmar que a TOC partilha alguns princípios de JIT, nomeadamente no objetivo de reduzir o tamanho dos lotes e do stock, porém a grande distinção entre TOC e outras filosofias está na metodologia que procura a melhoria dos sistemas. Ao contrário do sistema Kaizen que procura melhorar todos os sectores de um sistema todos os dias, a TOC focaliza-se numa melhoria sequencial usando as restrições dos sistemas como áreas prioritárias de intervenção. Deste modo toda a energia está focalizada em melhorar o desempenho da restrição obtendo resultados imediatos no ganho global do sistema. (Colwyn & Dugdale, 1998)



2.3. ENGENHARIA DO PRODUTO vs. ENGENHARIA DO PROCESSO

Caracterizando a indústria podemos afirmar que o objetivo de qualquer empresa é vender e obter lucro. Se nos focalizarmos no conceito de vender, podemos afirmar que para isso é necessário ter um produto que satisfaça as necessidades e objetivos do comprador em basicamente duas categorias, características técnicas do produto e valor de aquisição. Se tivermos um produto com apenas sucesso numa destas componentes ele não será um sucesso no mercado.

Esta relação entre características de um produto (engenharia do produto) e preço competitivo (entendamos neste caso como custo de produção) é então fulcral para o sucesso de um produto.

A Engenharia do Produto conjugada com a Engenharia do processo visa criar uma ponte com troca de informações no sentido de criar a ligação custo/benefício o mais benéfica possível. Ou seja, este conceito visa perceber se o produto se adequa ao processo e vice-versa, dado que ambas as áreas podem sofrer evoluções a ritmos diferentes (recursos adquiridos, novos materiais, etc...) (Carter & Baker, 1991).

Este tipo de abordagem ou de sensibilidade não se tornará tão diferenciada para Indústrias onde a necessidade de lançar produtos novos seja feita em períodos muito curtos, nestes casos esta ponte entre a Engenharia do Produto e Engenharia do Processo está mais aprimorada devido à necessidade constante de olhar para estas duas áreas. A capacidade de fazer a diferença com este tipo de abordagem surge em Indústrias mais tradicionais com produtos razoavelmente duradouros como por exemplo em áreas da metalomecânica.

2.3.1. Engenharia Simultânea

Nascida através da necessidade de indústrias onde o ciclo de vida do produto é reduzido e a necessidade de lançar novos produtos é feita em períodos curtos, esta filosofia é isso mesmo, uma filosofia (e não tecnologia) que assenta em princípios simples e que nasceu fundamentalmente da relação Produto vs. Processo Produtivo (Bennet & Lamb, 1995).



A primeira definição formal da ES (Engenharia Simultânea) surgiu em 1988 através de Winner (Winner, 1998), "Engenharia Simultânea é uma abordagem sistemática para o desenvolvimento integrado e paralelo do projeto de um produto e os processos relacionados, incluindo fabrico e suporte. Essa abordagem procura fazer com que as pessoas envolvidas no desenvolvimento considerem, desde o início, todos os elementos do ciclo de vida do produto, da conceção ao fim do produto, incluindo qualidade, custo, prazos e requisitos dos clientes."

Esta filosofia remete-nos para a potencialidade de relações interdisciplinares no quotidiano de uma empresa. A capacidade de termos ao nosso dispor conhecimento não só da nossa área potencia atingirmos melhores decisões relativamente à conceção do nosso produto e por consequência ao seu fabrico (Hartley, 1992)

De acordo com o evoluir desta metodologia, apesar de ter nascido fundamentalmente da relação Produto/Processo Produtivo, hoje em dia a ES é apresentada como uma metodologia que passou a incluir todas as fases ou áreas de uma empresa, desde o marketing aos fornecedores potenciando assim ao máximo as vantagens desta abordagem.

2.3.2. Engenharia Sequencial vs. Engenharia Simultânea

O processo tradicional de desenvolvimento de produtos é conhecido como Engenharia Sequencial ou também conhecido pela expressão em Inglês "*over the fence*". Estas expressões simbolizam o ato de após determinado departamento terminar a sua tarefa, lança para lá do muro (passa a outro departamento) a continuação do projeto. Este tipo de metodologia tende a fazer com que cada departamento se preocupe apenas com as suas atividades específicas não existindo uma preocupação global para que o produto tenha o maior sucesso possível (analisando todas as áreas que caracterizam o sucesso de um produto, vendas, custos, lead times, etc.).

Caracterizando de forma ilustrativa a Engenharia Sequencial podemos verificar através da figura 6 um fator interessante relativamente a possíveis correções.

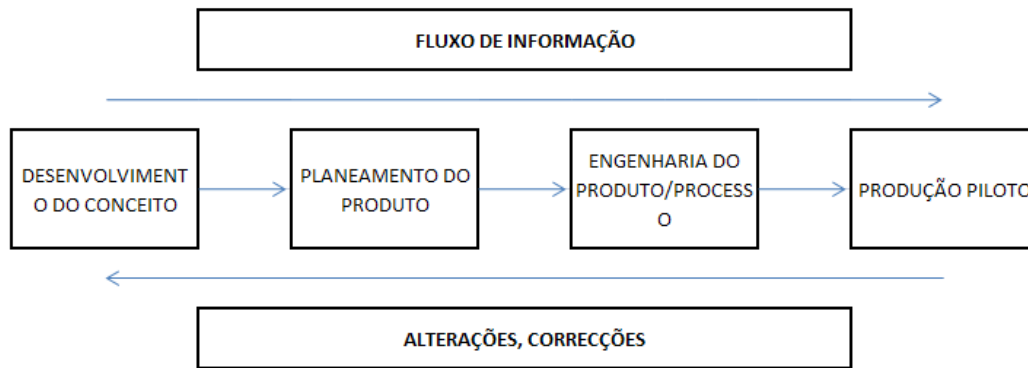


Figura 6 - Fluxo da Engenharia Sequencial

A figura 6 mostra-nos de forma básica os processos internos de uma empresa aquando de um ciclo de um produto. As duas primeiras fases (Desenvolvimento do Conceito e Planeamento do Produto) caracterizam-se por serem as etapas onde se visualizam oportunidades de negócio, definem características técnicas necessárias ao produto e requisitos para este ser produzido. É nesta fase que se define a arquitetura do novo produto incluindo o seu projeto conceptual, mercado alvo, viabilidade económica, etc.

Após aprovação o projeto entra numa fase de maior detalhe na engenharia do produto e do processo de fabrico. É nesta fase que o produto percorre o ciclo projetar – construir – testar sendo submetido a testes para simular o seu comportamento em uso. Caso ocorram falhas estas deverão ser corrigidas voltando de novo ao ciclo projetar – construir – testar até o produto atingir níveis satisfatórios. O fim desta etapa deverá indicar a versão final do produto e a aprovação para o produto iniciar uma produção piloto (Pimentel & Augusto, 2005).

Na fase de produção piloto é simulado o processo produtivo em quantidades consideráveis para identificar se existem problemas na logística produtiva, isto inclui, resposta adequada dos fornecedores e equipamentos adequados ao processo.

Por último a etapa final será o aumento da produção com o objetivo de atingir as metas propostas pela empresa.

Tipicamente nesta metodologia empresarial, cada etapa do projeto está condicionada à conclusão da etapa anterior não havendo ligações entre as diferentes fases do projeto. A falta de



conhecimento ou de entrosamento das diversas áreas envolvidas num produto poderá criar inúmeros problemas como, diferentes bases de dados utilizadas nos departamentos (aumento de informação sem efeito pragmático), reengenharia do produto devido a limitações/falhas ou oportunidades de melhoria em departamentos precedentes, etc. (Carter & Baker, 1991).

Contrariamente à Engenharia Sequencial a Engenharia Simultânea utiliza o paralelismo na execução das etapas de desenvolvimento como “trunfo” para obter uma redução do *time-to-market* (tempo desde o início do projeto até ao seu fim) e para potenciar toda a logística envolvente de forma global e não apenas na soma das suas partes (Pimentel & Augusto, 2005).

Esta é a sua grande vantagem, a decisão baseada na interligação de conhecimento proporcionando a maximização do resultado final. A estratégia de equipas multidisciplinares fornece a capacidade de evitar conflitos entre etapas. A presença do departamento de produção desde o início do desenvolvimento (ligação Produto vs. Processo abordado nesta dissertação) é uma vantagem enorme que permite não ter de voltar a projetar o produto devido a falhas/limites identificados no processo produtivo e também desenvolver o produto tendo em consideração/conhecimento a forma como ele deverá ser produzido para maximizar a sua produtividade através dos recursos disponíveis

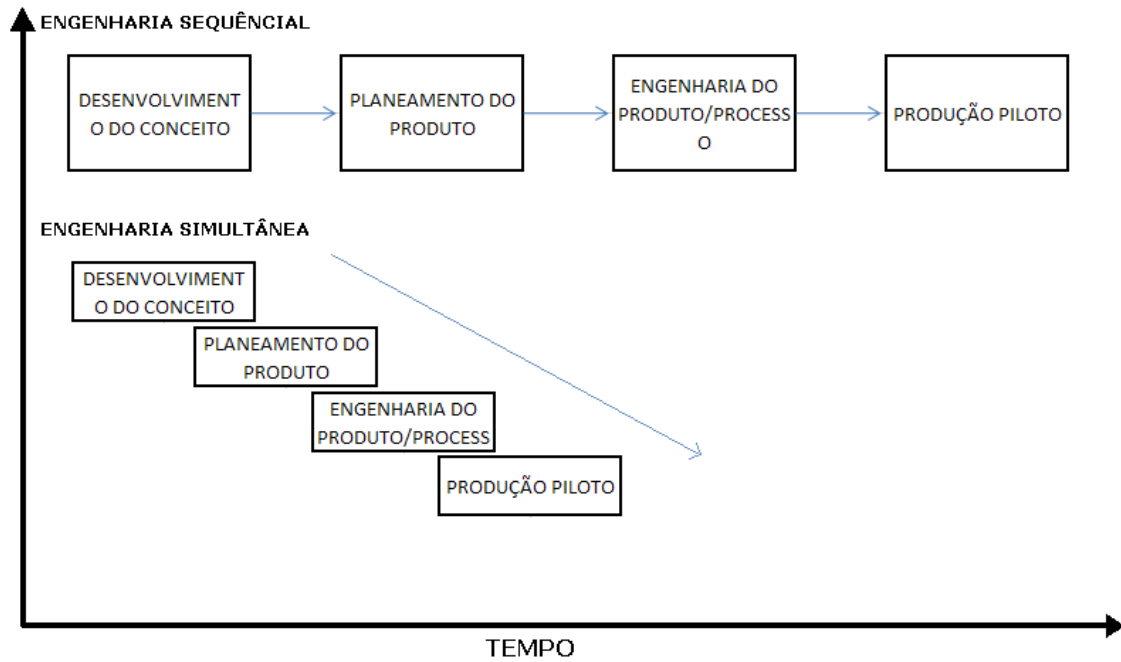


Figura 7 - Engenharia Sequencial vs. Engenharia Simultânea

O custo tende a ser reduzido significativamente devido a uma menor tendência para erros ou correções em fases avançadas do projeto e os tempos de lançamentos tenderão a diminuir tal como ilustrado na figura 7.

Um exemplo bastante famoso aconteceu na indústria naval (Carter & Baker, 1991) onde foi possível obter as seguintes melhorias:

Tempo de Desenvolvimento do Projeto – Redução até 70%

Alterações de Projeto e Reengenharia – Redução até 90%

Tempo de Lançamento do Produto – Redução até 90%

Qualidade Total do Produto – Melhoria até 600%

Produtividade – Melhoria até 110%

Retorno sobre vendas – Melhoria até 50%



Para concluir é possível então afirmar que a utilização da Engenharia Simultânea potencia de forma positiva o projetar corretamente, a redução de custos, a redução de reformulações, etc. trazendo inúmeras vantagens para qualquer organização.

2.3.3. CIM - *Computer Integrated Manufacturing*

Sintetizando o escrito anteriormente, é inegável que existem vantagens competitivas significativas com a interligação de áreas no desenvolvimento de um produto nomeadamente entre equipas de definição da arquitetura do produto e equipas de definição do processo de fabrico.

O *Computer Integrated Manufacturing* é um conceito que tenta potenciar a multidisciplinaridade através do uso de *softwares* para o desenvolvimento e gestão de informação dentro de uma organização.

A aplicação de soluções CIM no desenvolvimento de um projeto é adequada dado que vai de encontro aos princípios da Engenharia Simultânea. O objetivo é através da aplicação de CIM procurar atingir a sinergia necessária durante todo o processo de desenvolvimento defendida pela Engenharia Simultânea (Lessa, Freitas, & Walker, 2004).

As soluções CIM que vamos abordar adiante são CAE – *Computer Aided Engineering*, CAD – *Computer Aided Design* e CAPP – *Computer Aided Process Planning*. Estas tecnologias incutidas num projeto oferecem melhorias significativas quer em tempo, qualidade do produto, custo e/ou comunicação.

O CAE é a tecnologia direcionada para a conceber ou arquitetar o produto, onde é possível simular e retirar conclusões sobre as suas capacidades. Permite-nos criar protótipos, até atingirmos o nível de competências desejáveis para o produto, simulando e aprimorando a sua qualidade. Esta tecnologia, através da facilidade de criação e correção, ajuda na definição das especificações técnicas do produto e permite um ganho de tempo significativo no lançamento de produtos (Lessa, Freitas, & Walker, 2004).

Empresas que são adeptas da ES veem no CAE um “parceiro” valioso para o desenvolvimento de produto, quer pelo ganho ao nível da facilidade de criação e simulação das capacidades do produto quer pela rapidez com que tudo poderá acontecer.

Algumas das ferramentas mais usadas no mercado dão-se pelo nome de *SolidWorks*, *CATIA V5* e *Inventor*. É usual serem utilizadas em empresas nas áreas das estruturas, mecânica, metalomecânica, etc. Este tipo de *software* proporciona capacidade de cálculo, design e estudo de capacidades técnicas.

Relativamente à tecnologia CAD, o objetivo consiste não só na modelagem (se bem que a um nível técnico inferior ao CAE) mas também na comunicação de informações técnicas. No exemplo da utilização CAD mesmo que isoladamente, representa um benefício instantâneo em produtividade devido à facilidade de desenvolvimento e correções (Lessa, Freitas, & Walker, 2004)

CAD pode ser usado basicamente com dois objetivos:

- Na criação de produtos se bem que mais limitado do que a tecnologia CAE,
- Na transmissão de informação para o “chão de fabrico” seja ela direta para equipamentos automatizados (a maior parte dos equipamentos utiliza linguagem CAD) ou de auxílio para tarefas de transformação (com dados técnicos).

Uma das grandes vantagens inerente ao uso de CAD e CAE em relação às técnicas convencionais está no aumento de produtividade através da automação de tarefas no processo de *design* e na maior precisão dos seus modelos. É ainda fulcral, para potenciar ainda mais o desenvolvimento, que ambas as tecnologias contenham no seu processo de criação as limitações de transformação à disposição no fabrico.

A utilização CAD começou durante os anos 70 e se bem que tenha sido uma evolução, a tecnologia caracterizava-se simplesmente pela troca do lápis pelo *mouse* mantendo os elementos primitivos (ponto, reta, curva, etc.) como a base da criação. Após a introdução de modelos volumétricos e paramétricos a capacidade de desenho conheceu novos limites (Schutzer, 1997).



Hoje em dia o ponto alto da utilização CAD transporta-nos para outra dimensão em termos de capacidades. Os modelos de hoje em dia baseados em *features* permitem conjugar capacidade de projeto com facilidade de comunicação. Esta facilidade de comunicação permite-nos um fluxo de dados entre fabrico (processo de fabricação, dados de máquinas, custos, etc.) e desenvolvimento (complexidade, nº de componentes, tolerâncias, acabamentos, etc.) extremamente eficiente, benéfico e produtivo.

De acordo com Schutzer (1997) as *features* podem ser definidas como um conjunto de parâmetros estruturados de acordo com o pretendido. Estes *softwares* são hoje em dia a base do desenvolvimento e comunicação para os sectores produtivos.

Quanto à tecnologia CAPP, devido às dificuldades encontradas no planeamento convencional, tem-se realizado tentativas no sentido de captar a lógica da definição do processo de fabrico.

Esta tecnologia consiste na documentação das operações e recursos necessários partindo das especificações definidas no projeto. No plano geral após definida a sequência produtiva e tarefas a executar, são elaborados cálculos de capacidade, de tempos de preparação e operação e é associada a informação necessária às máquinas CNC.

Para que este processo seja o mais eficiente possível é necessário haver uma base de dados comum e compatível que providencie todas as informações necessárias para a melhor decisão ser tomada. É por isso importante que as tecnologias CAE/CAD sejam interligadas porque para além de diminuir tempos de conceção, potenciam o fluxo de informação e a capacidade de tomar decisões tendo um elevado grau de conhecimento sobre o produto (Silva & Batocho, 1997).

Em suma podemos afirmar que o início do desenvolvimento do produto constitui o início da integração das informações que nos levam a gerar o produto "ideal". A definição do produto não deverá incluir apenas a sua geometria mas, tolerâncias, propriedades dos materiais, processo de fabricação, etc.

O trabalho em paralelo cruzando informações do maior número de áreas que envolvem um produto é o cenário ideal da Engenharia Simultânea.



2.4. LEAN THINKING

2.4.1. Breve Histórico

Toyoda Sakichi (fundador da Toyoda Spinning & Weaving e da Toyoda Automatic Loom Works) viajou para os EUA pela primeira vez em 1910, quando a indústria automobilística estava a começar (o modelo T de Ford estava no mercado há dois anos). A popularidade dos carros estava em crescente e muitas empresas procuravam produzi-los.

Em concordância com o desejo de Toyoda Sakichi, o seu filho Toyoda Kiichiro entrou no ramo de automóveis e, em 1933, anunciou o objetivo de desenvolver internamente os carros de passageiros.

Em 1936, o governo japonês criou uma lei de proteção aos fabricantes internos de automóveis no sentido de os proteger contra os concorrentes externos e, em 1937, Toyoda Kiichiro funda a Toyota Motor Company (Ohno, 1995).

Em 1943, Taiichi Ohno começa a sua carreira na Toyota Motor Company.

Em 1945 após o fim da guerra entre Japão e Estados Unidos, Kiichiro lança o desafio de alcançar a América em três anos, dado que de outra forma não seria possível a indústria automóvel sobreviver no Japão (Ohno, 1995).

A ideia de que um trabalhador americano produzia três vezes mais do que um trabalhador japonês patenteou o início da busca pela eliminação da perda e focalização no acréscimo de valor. Esta busca marcou o início do Toyota Production System que definiu a filosofia Lean.

2.4.2. Filosofia Lean

O objetivo da Toyota é o lucro. O aumento do lucro pode ser atingido basicamente de duas formas, aumento da faturação ou redução de custos.



Em termos de produção, o foco recai na redução de custos. Nesse sentido a Toyota Production System procura afincadamente a eliminação das perdas utilizando os conceitos, “Mecanismo da Função Produção” e “Lógica das Perdas” (Monden, 1998).

2.4.2.1. Mecanismo da função produção

Para o estudo e entendimento do TPS, é necessária a compreensão correta do mecanismo da função produção, a qual é definida por Shingo (1981) como uma rede de processos e operações.

A transformação de materiais em produtos intermédios e em produtos acabados é definido como processo, enquanto o conjunto de ações aplicadas aos materiais por homens e máquinas são as operações. Sendo assim temos dois âmbitos de análise na produção, a análise dos processos e a análise das operações.

Segundo Antunes Júnior (1994), a análise do mecanismo da função produção permite:

- Compreender a lógica de conceção do TPS;
- Esclarecer um método de análise de produção que possibilita a construção de outros sistemas alternativos ou complementares ao TPS.

Podemos afirmar que relativamente ao conteúdo do processo, estão envolvidos 4 fenómenos, o processamento, a inspeção, o transporte e o armazenamento. Consequentemente, a melhoria de processo está vinculada a como podem ser melhorados estes quatros fenómenos.

a) Melhoria de processamento

Num primeiro estágio, a melhoria do processamento está vincada na visão de melhoria da Engenharia e Análise de Valores (EAV) - que considera basicamente a agregação de valor - em relação a que tipo de produto será produzido.



Após determinado o produto a ser feito, surge, como um segundo estágio de melhoria, a questão de como este será produzido, sendo as melhorias baseadas em metodologias/tecnologias específicas de produção e engenharia industrial.

b) Melhoria de inspeção

A inspeção pode ser caracterizada da seguinte forma:

Por objetivo:

- a) Inspeção de julgamento, ou seja, para encontrar defeitos;
- b) Inspeção informativa, ou seja, para prevenir defeitos posteriores.

Por abrangência:

- a) Inspeção por amostragem;
- b) Inspeção 100%.

Inicialmente é necessário que se tenha em mente que os defeitos originários do processamento não são passíveis de mudança num estágio de inspeção posterior, pois esta acontece depois da ocorrência do defeito.

A inspeção informativa cumpre a função de informar imediatamente ao processamento a ocorrência do defeito, norteando uma melhoria no método de processamento. Essa transferência de informação é chamada "função *feed-back* da inspeção", e tem como objetivo a redução contínua de defeitos.

Numa fase mais avançada surge a importância de identificar a fonte e perceber o porquê dos defeitos aparecerem. Esta fase pretende perceber se é possível prevenir os defeitos.

Prevenção de defeitos e qualidade assegurada são metas básicas do Sistema Toyota de Produção. Dentro dessa conceção, tem-se o sistema Poka-Yoke que, fazendo uso da inspeção 100%, procura o alcance do "zero-defeitos" (reduzindo a ocorrência de erros) (Shingo, 1981).

c) Melhoria de transporte

Em relação ao transporte, é necessária a diferenciação entre a melhoria do processo de transporte e a melhoria da operação de transporte. A utilização de empilhadoras, correias transportadoras, etc., é erradamente considerada como uma melhoria de transporte, quando na verdade constitui apenas uma melhoria no trabalho de transporte (mais relacionada com perdas de processamento) (Maria dos Santos, 2009).

Melhoria de transporte é a procura da eliminação do mesmo tanto quanto possível e, para isso, deve-se promover por exemplo a melhoria do *layout*.

Em oposição à antiga ideia do agrupamento de máquinas semelhantes (*layout* por processo), na qual encontravam-se, entre outros, problemas de transporte do lote de produção, concebe-se uma nova realidade que leva em conta processos similares ou comuns através da observação do fluxo de produtos (*layout* por produto) (Maria dos Santos, 2009).

Shingo (1981) destaca o fenómeno de transporte não como atividade que agrega valor ao produto, mas que contribui de forma significativa para os custos devendo-se manter uma forte atitude na procura da sua eliminação (Shingo, 1981).

d) Melhoria de armazenagem

Nos processos de transformação, existem sempre *stocks*. Esses *stocks* podem ser definidos por stock entre processos (ou *stock* intermédio) e *stock* por tamanho do lote.

Stocks entre processos (ou *stock* intermédio)

Do ponto de vista dos fluxos entre processos, no TPS a redução de *stocks* é alcançada pelo nivelamento das quantidades e pela sincronização da produção.

O nivelamento consiste numa produção equivalente em cada processo, ou seja, balancear tanto a quantidade de produção quanto a capacidade de processamento.



Segundo Shingo (1981), a redução de *stock* entre processos pode apenas ser alcançada depois de alcançadas melhorias no transporte, inspeção e analisadas as causas que podem provocar instabilidade no processamento.

Stock por tamanho do lote

No TPS, adota-se a ideia do lote de transporte unitário, ou seja, após processada a peça no processo precedente ela deve ser imediatamente transportada para o processo seguinte, não havendo a situação de espera até que todo o lote seja processado. Nessa condição, poder-se-ia trabalhar com um lote de produção de 1000 peças, porém seu lote de transferência seria de 1 peça.

Ressalta-se que a diminuição do lote de transporte traz como consequência o aumento do número de transportes, sendo necessária uma organização do *layout* bastante eficiente. (Maria dos Santos, 2009)

A real intenção de todas essas melhorias é a redução do tempo de atravessamento (lead time) e a redução dos custos associados.

e) Melhoria da preparação

A melhoria de preparação tem como objetivo reduzir os tempos de parametrização (não acrescentam valor) no sentido de tornar estes tempos mais curtos e menos custosos.

O TPS tem como ponto principal o Sistema SMED (Single Minute Exchange of Die) ou OTED (*One Touch Exchange of Die*), desenvolvidos por Shingo. Uma troca de ferramentas procedida num espaço de tempo inferior a 10 minutos é classificada como SMED, ou seja, apenas um dígito de minuto (Single Minute). De forma análoga, a troca em menos de 1 minuto é classificada como OTED (“um toque”), que constitui um avanço em relação à primeira.

O sistema SMED desempenha um papel fundamental na capacidade de adaptação do TPS às oscilações de mercado, pois possibilita a flexibilização da produção. Tem ainda como objetivo a redução dos tempos improdutivos gastos na preparação da máquina para a mudança de lote

aplicando uma metodologia de reflexão progressiva que vai desde a organização do posto de trabalho até à sua automatização. O nível de inventário é função do tamanho dos lotes e estes são função do tempo de preparação. De uma forma geral, tempos de preparação da máquina longos implicam raras mudanças de lote incorrendo assim em grandes lotes e consequentemente grandes níveis de inventário. Se for possível diminuir o tempo de preparação da máquina então as mudanças podem ser mais frequentes e assim diminuir o nível de inventário (Maria dos Santos, 2009).

2.4.2.2. A lógica do desperdício

A noção de perdas entre os industriais no início do século passado estava ligada basicamente com o desperdício de materiais. Taylor (1992) associava a visão de perdas diretamente à problemática da eficiência industrial e mantinha uma posição pragmática frente à postura hegemónica na época, contestando-a. Assim, associava as perdas a algumas causas fundamentais, entre elas:

- A falta de uma visão positiva relativamente à questão do treino e da formação das pessoas, da forma de organizá-las segundo a ótica do capital;
- A deficiente visão sistémica da organização da produção na época.

Ford, na mesma linha de pensamento, questiona o que seria necessário colocar no centro da problemática do desperdício e, como proposta, sugere que seja o trabalho humano.

Ford parte do princípio de que os materiais nada valem, adquirindo importância na medida em que chegam às mãos dos trabalhadores. Ou seja, dentro da lógica de agregação de valor, os materiais eram visualizados meramente como objetos da produção. As perdas de materiais implicariam diretamente na utilização desnecessária do trabalho humano.

Ohno (1988) diz que o pensamento de Henry Ford é universal e ortodoxo no que concerne à análise das perdas no negócio. Daí a importância histórica do pensamento de Ford para o desenvolvimento do conceito de perdas.



Segundo o mesmo autor, para implementar o TPS, deve haver uma total compreensão do conceito das perdas, para podermos detetá-las e chegar-se à sua eliminação. Ohno propõe que os analistas industriais tenham uma visão dinâmica dos sistemas produtivos e que tenham como objetivo “perda=zero” apontando principalmente a 7 desperdícios:

- 1 - Perdas por superprodução
- 2 - Perdas por transporte
- 3 - Perdas no processamento em si
- 4 - Perdas por fabricar produtos defeituosos
- 5 - Perdas no movimento
- 6 - Perdas por espera
- 7 - Perdas por *stock*

O objetivo do TPS consiste então em aumentar a taxa de trabalho que acresce valor ao produto, eliminando as perdas no sentido de maximizar o trabalho efetivo.

2.4.2.3. Value Stream Mapping

Podemos afirmar que o VSM (Value Stream Mapping) é a porta de entrada para a implementação do Lean Manufacturing. Poderá ser descrito como uma metodologia que tem como objetivo identificar e desenhar os fluxos de informação, dos processos e dos materiais.

Pretende acima de tudo representar de forma elucidativa o comportamento de um determinado sistema com o sentido de facilitar a identificação de oportunidades de melhoria. Permite, entre outras vantagens, melhorar a compreensão de sistemas complexos, clarificar a dependência entre processos e priorizar as ações de melhoria. (Silva J. , 2008)

(i) Princípios a seguir na elaboração de um VSM:

- Construído num único dia
- Elaborado por uma equipa multidisciplinar
- Elaborado através de observação direta
- Valores obtidos fiáveis
- Validar o mapa com os intervenientes do processo

(ii) Como elaborar um mapa:

- Escolher o tipo de mapa (alvo de análise)
- Começar por desenhar as atividades principais
- Colocar os pontos onde existe inventário (quantidades, tipo de transportes e dados do cliente e fornecedor)
- Adicionar as equipas de trabalho que executam as atividades
- Adicionar os fluxos de informação
- Incluir os dados de todos os elementos do mapa (lead-time, tempos de processo, tempos de *setup*, tempos de transporte, etc.)

Para a elaboração do VSM existem simbologias padronizadas que passamos a mostrar. A Figura 8 mostra-nos a simbologia utilizada nos fluxos de Materiais

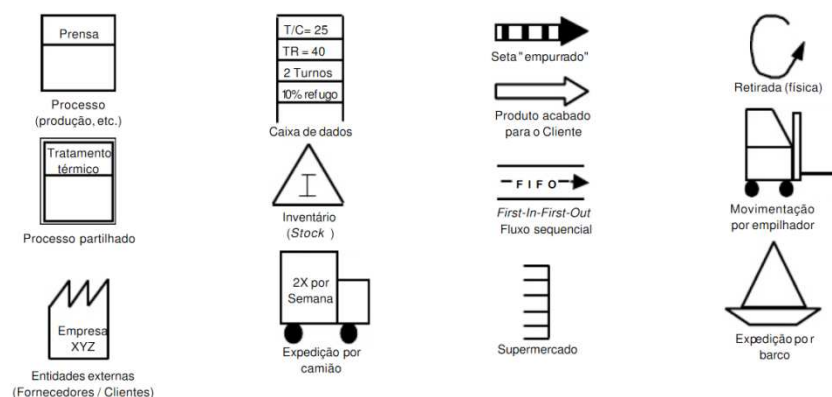


Figura 8 – VSM - Simbologia dos fluxos de materiais (Silva J. , 2008)

A Figura 9 a simbologia utilizada nos fluxos de informação

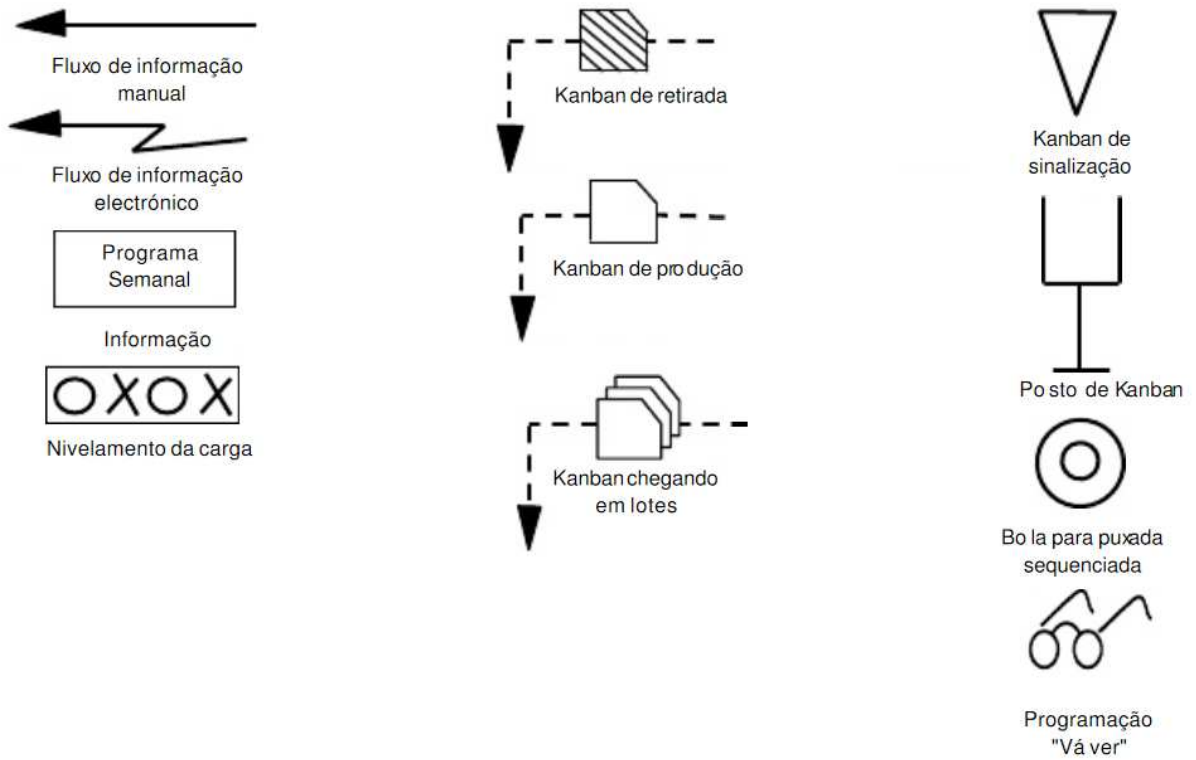


Figura 9 – VSM - Simbologia dos fluxos de informação (Silva J. , 2008)

A Figura 10 representa a simbologia Geral



Figura 10 - VSM - Simbologia geral (Silva J. , 2008)

Por fim passamos a representar na Figura 11 um exemplo de um VSM

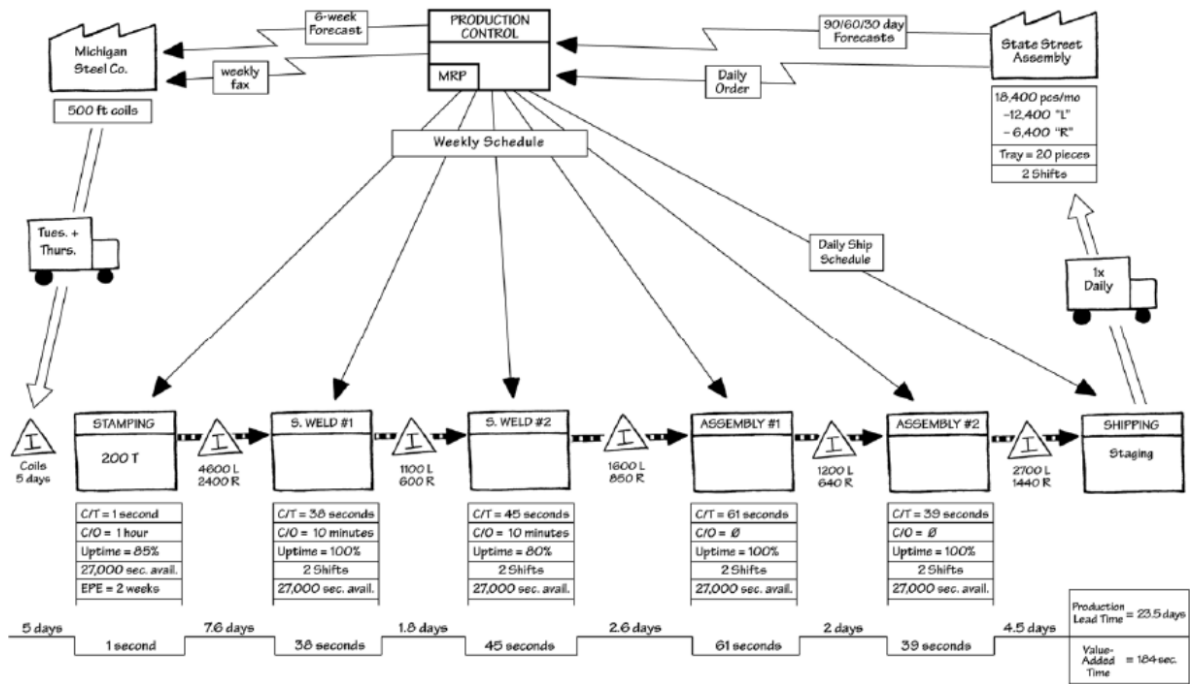


Ilustração 11 - Exemplo de um VSM (Silva J. , 2008)

Após a elaboração e análise do VSM estão reunidas as condições para avançarmos para o desenvolvimento de ações de melhoria.



CAPITULO III – DESCRIÇÃO DA EMPRESA EM ESTUDO

3.1. EMPRESA

3.1.1. Apresentação da empresa

A GRUPNOR concebe, projeta, fabrica parte dos componentes, instala e presta serviço de assistência técnica a ascensores. Adquire a fornecedores conceituados e prioritariamente certificados, alguns componentes de excelente qualidade. Tem com os seus fornecedores e clientes uma relação de confiança.

No âmbito da Assistência Após Venda é acreditada pela D.G.E como EMA – Empresa de Manutenção de Ascensores de acordo com o decreto-lei 320/ 2002.

Localização

GRUPNOR, Grupo Português de Elevadores do Norte, Lda.

Urbanização Industrial Árvore

Rua C – Lugar da Varziela

4480 – 736 – Vila do Conde

Telefone: 351 252 615 279

Fax: 351 252 615 605

E-Mail: geral@grupnor.pt

Internet: www.grupnor.pt

Mapa:

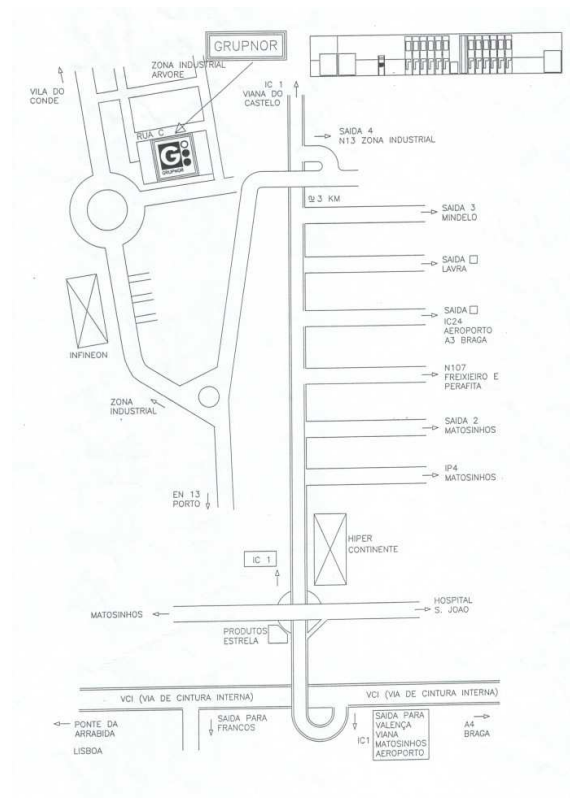


Figura 12 - Localização Grupnor

O Sistema de Gestão da Qualidade implementado interage com todos os Departamentos e Serviços da GRUPNOR. Por essa razão e com a finalidade de definir claramente as

responsabilidades e autoridades delegadas pela Administração, apresenta-se o organigrama da empresa.

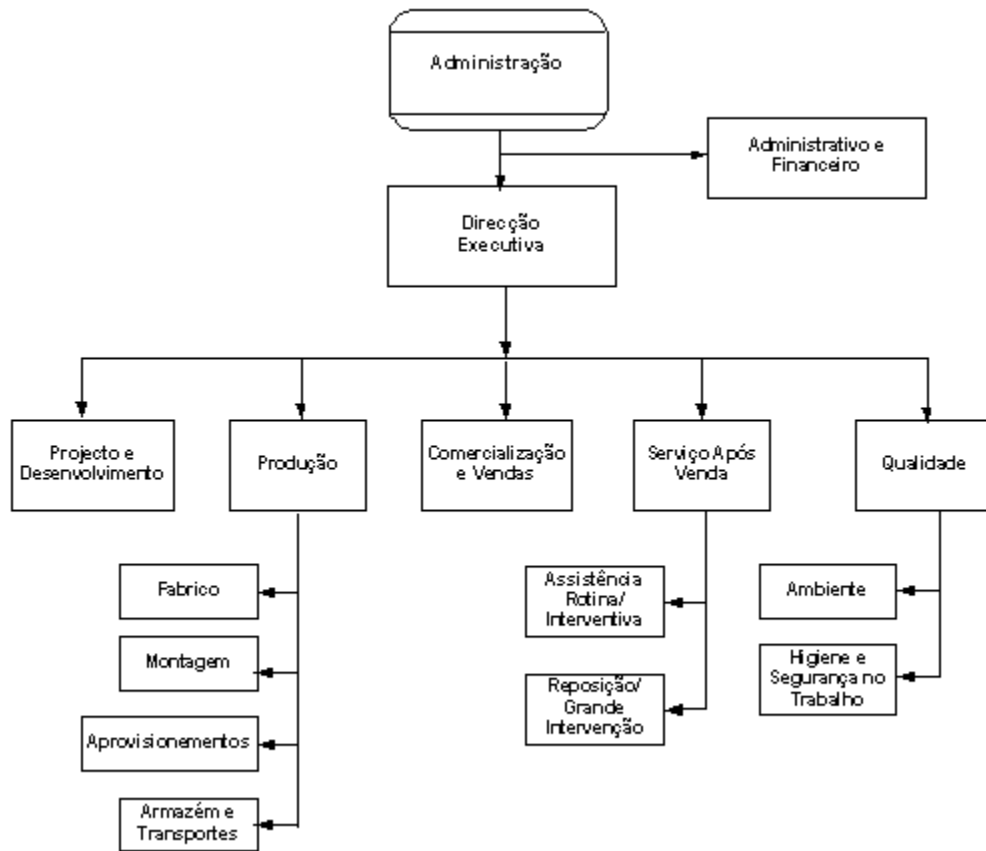


Figura 13 - Organigrama Geral Grupnor

Política da GRUPNOR

Missão

É seu objetivo desenvolver, produzir, comercializar e garantir a manutenção a Sistemas de Elevação. A GRUPNOR através do seu Sistema de Gestão da Qualidade atua no sentido da melhoria contínua dos seus processos, envolvendo toda a sua organização, de forma a atingir os objetivos – proporcionar a satisfação das necessidades e expectativas dos seus clientes e utilizadores finais, em conforto e segurança, quando necessitem de utilizar meios de transporte vertical por si fornecidos.

Visão



Contribuir para o desenvolvimento do mercado de Sistemas de Elevação, através de trabalho conjunto com arquitetos, engenheiros civis e técnicos da construção civil, de modo a encontrar soluções viáveis, que respeitem a legislação, as normas aplicáveis, o meio ambiente e a segurança dos trabalhadores e utilizadores. Finalmente, que os seus clientes reconheçam a excelência e o elevado padrão de desempenho dos produtos por si fornecidos.

Princípios

Reconhecendo ser a Qualidade um fator de mercado fundamental para tornar sustentável, a longo prazo, a rentabilidade económica da GRUPNOR e a possibilidade do alargamento a mercados cada vez mais exigentes, baseamos a nossa atividade nos seguintes Princípios:

As estratégias e os esforços de desenvolvimento, investimento e otimização do processo produtivo estão dirigidos para a crescente satisfação das exigências e expectativas dos nossos clientes.

A satisfação da Direção, dos Colaboradores e dos Fornecedores, constitui fator de sucesso para o desenvolvimento da GRUPNOR.

A melhoria contínua da Qualidade implica manter uma atitude atenta ao controlo dos custos da Qualidade e à medida dos processos, para que a eficácia das ações de melhoria possa ser avaliadas.

A contínua atualização dos requisitos legais e regulamentares aplicáveis aos seus produtos e serviços constituem uma base fundamental do seu Sistema de Gestão da Qualidade.

A Norma NP EN ISO 9001: 2008 e Diretiva 95/ 16/ CE constituem o referencial para as boas práticas de gestão da GRUPNOR, e para a garantia do fornecimento de produtos e serviços em conformidade com requisitos previamente definidos.

Modelos de Gestão dos Processos

A norma continua a encorajar a adoção de uma gestão por processos. A GRUPNOR continua a reconhecer as vantagens da adoção deste modelo.

Uma das características da abordagem por processos, tal como a norma reflete, prende-se com a análise de fluxos, entendidos como uma série de operações/ tarefas sequenciais que permitem converter *inputs* em *outputs* (entradas em saídas). Esta metodologia de análise de fluxos (processo) tem como objetivo fundamental detetar oportunidades de melhoria e obter os resultados planeados.

Na GRUPNOR, a gestão por processos baseia-se na identificação dos requisitos do cliente e dos requisitos legais ou regulamentares aplicáveis, que através da gestão de todos os processos originam o produto que determina o sucesso do negócio (Figura 10).

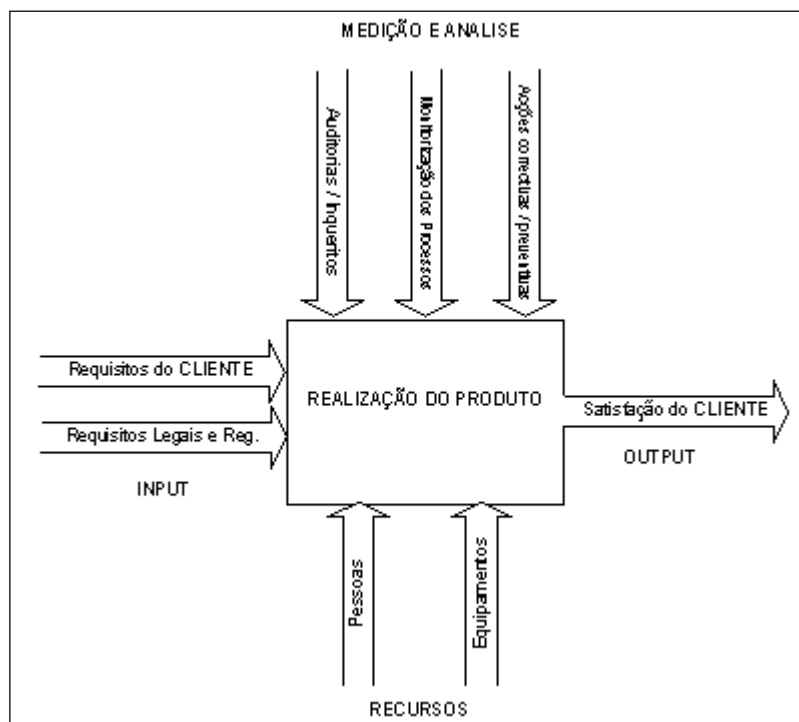


Figura 14 - Gestão por Processos

Este modelo de orientação procura explicar como os processos na GRUPNOR se inter-relacionam dentro do sistema da qualidade e como o ciclo Planear – Executar – Verificar – Agir (PDCA) é usado para gerir os processos.

No contexto do Sistema de Gestão da Qualidade a metodologia PDCA é um ciclo dinâmico, que pode ser aplicado a cada processo da empresa ou ao sistema como um todo. Está intimamente



associada com o planeamento, implementação, controlo e melhoria contínua tanto na realização do produto como quaisquer outros processos do sistema de gestão da qualidade.

Na GRUPNOR pretende-se manter, e continuamente melhorar, a capacidade dos processos aplicando o conceito PDCA a todos os níveis da empresa.

A nota na cláusula 0.2 da norma NP EN ISO 9001: 2008 explica que o ciclo PDCA deve-se aplicar aos processos da seguinte forma:

Plan “Planear” – estabelecer os objetivos e processos necessários para apresentar resultados de acordo com os requisitos do cliente e as políticas da organização.

Do “Executar” – implementar os processos.

Check “Verificar” – monitorizar e medir os processos e produto em comparação com políticas, objetivos e requisitos para o produto e reportar os resultados.

Act “Atuar” – empreender ações para melhorar continuamente o desempenho dos processos.

O funcionamento da GRUPNOR é baseado num conjunto de processos que foram identificados. Estes processos interligados transformam os requisitos do cliente, através de um conjunto de atividades geradoras de valor acrescentado, no produto final instalado e com marcação CE.

3.1.2. Breve Historial

A GRUPNOR – Grupo Português de Elevadores do Norte, LDA, fundada em 1979, iniciou a sua atividade no domínio da comercialização, instalação e assistência técnica de elevadores na zona norte do país. Para tal, celebrou um contrato comercial com a EFACEC – Elevadores, SA, para a aquisição e montagem de elevadores fabricados por esta empresa.

Em 1981, Encetou o Serviço Após Venda celebrando o 1º contrato de Assistência Técnica a Elevadores.



Em 1982, procedeu à instalação de cadeiras elevatórias para deficientes e no ano seguinte instalou a sua primeira plataforma hidráulica para transporte de mercadorias, ampliando os seus conhecimentos no domínio dos transportes verticais.

Em 1983, estendeu a sua atividade à zona centro do país com a abertura de uma delegação em Coimbra.

Em 1987, é-lhe atribuído o 1º certificado EMA – Empresa de Manutenção de Elevadores mantendo até hoje esta acreditação.

Em 1988, atribuiu a sua 1ª Ordem de Fabrico – OF 0001. Iniciou a atividade de conceção e fabrico de cabinas para elevadores.

Em 1989, é-lhe atribuído o Alvará nº 186 para a 4ª Categoria – Instalações Elétricas e Mecânicas. E para 9ª Subcategoria – Ascensores, escadas mecânicas e tapetes rolantes.

Em 1990, adquiriu tecnologia própria no domínio dos elevadores hidráulicos e iniciou a sua atividade na conceção e fabrico deste tipo de equipamento.

Em 1993, passou à fase de conceção, fabrico e assistência técnica de todo o tipo de elevadores e monta – cargas, elétricos e hidráulicos.

Em 1996, exportou o 1º elevador para Angola. Este elevador está instalado no Hotel Presidente – edifício mais alto de Luanda com 27 andares.

Em 1997, adquiriu instalações próprias na zona industrial de Vila do Conde, projetadas para o desenvolvimento da sua atividade.

Em 1998, foi distinguida com o prémio PME – EXCELÊNCIA INDÚSTRIA promovido pelo IAPMEI.

Neste ano iniciou a implantação do seu Sistema da Qualidade segundo a Norma NP EN ISO 9001: 1995.

Em 1999, Obteve a certificação da empresa pela Norma NP EN ISO 9001: 1995, no âmbito da conceção, fabrico, instalação e assistência técnica a elevadores.



Estendeu a sua atividade à Zona Sul do país com a abertura de uma delegação em Lisboa.

Voltou a receber o prémio PME – EXCELÊNCIA INDÚSTRIA promovido pelo IAPMEI.

Em 2000, alterou o logótipo para um grafismo contemporâneo.

Fabricou o elevador número 1000, produto da sua conceção como empresa envolvida no ciclo completo de elevadores (conceção, projeto, fabrico, instalação e assistência técnica a elevadores).

Voltou a receber o prémio PME – EXCELÊNCIA INDÚSTRIA promovido pelo IAPMEI.

Em 2001, obteve a extensão à diretiva 95/16/CE – Ascensores, para o anexo XIII (Módulo H) sendo reconhecida a sua competência para a colocação da marca CE.

Adquiriu um programa de gestão integrada Phc passando todos os serviços da GRUPNOR a trabalharem na mesma base de dados.

Voltou a receber o prémio PME – EXCELÊNCIA INDÚSTRIA promovido pelo IAPMEI.

Em 2004, fabricou o seu elevador número 2000, sendo este o seu primeiro equipamento elétrico do tipo MRL com conceção 100% GRUPNOR.

Em 2005, iniciou o processo de internacionalização da empresa, participando nas principais Feiras Internacionais de elevadores.

Instalou o seu 1º Tapete Rolante alargando a gama de produtos.

Em 2006, iniciou o processo de ampliação das suas instalações.

Projetou o seu 1º elevador inclinado OF 2500.

Estendeu a sua atividade à região do Algarve cobrindo assim todo o território nacional.

Aderiu ao programa “Compro o que é Nosso” que lhe permite usar esta marca promovendo e valorizando os produtos nacionais.

Em 2007, efetuou o registo da marca própria GRUPNOR.



Concretizou o processo de internacionalização da empresa iniciando exportações para o Reino Unido.

Em 2008, concluiu a ampliação das instalações passando a dispor de uma área coberta de cerca de 5 000 m².

Foi convidada a integrar a Organização Europeia de Empresas ligadas ao sector de Elevadores EFESME com sede em Bruxelas. Sendo a GRUPNOR a única empresa portuguesa presente neste importante Fórum Europeu.

Foi distinguida com o estatuto de PME Líder.

2009, comemorou o 30º aniversário.

Atribui a OF 3000 sendo este ascensor elétrico tipo MRL com sistema 2:1.

Inicia a Era Digital, sendo a FATE o seu 1º documento 100% digital estando disponível on-line.

Inaugura as novas instalações homenageando o Eng.º Giovanni Casella dando o seu nome ao novo edifício.

Inaugura o Museu Mário Areias. Neste Museu preserva o património dos elevadores onde se pode observar a evolução dos mesmos.

É atribuído o nome de “Edifício 1 – José Manuel Fernandes” às instalações existentes, em homenagem ao seu fundador e administrador.

3.2. PRODUTOS

3.2.1. Produtos Comercializados

A Grupnor comercializa elevadores, monta-pratos, plataformas elevatórias, plataformas de grande carga, escadas rolantes e *homelifts*. Em termos de percentagem podemos afirmar através de dados dos últimos 5 anos que 86% dos produtos vendidos são elevadores para edifícios, sendo os outros 14% divididos pelos restantes produtos.

Admitindo que as escadas rolantes são um sistema à parte, os restantes produtos poderão ser divididos em sistemas elétricos ou hidráulicos. Usualmente os sistemas elétricos referem-se aos elevadores e monta-pratos, e os sistemas hidráulicos referem-se também a elevadores, plataformas e *homelifts*.

Para percebermos quais as diferenças entre os dois tipos de sistemas de elevação será feita uma pequena comparação entre eles.

3.2.1.1. Sistema Hidráulico

O princípio do sistema hidráulico é bastante simples e consiste na cabina estar ligada a um cilindro com um pistão que através da injeção de óleo movimenta a cabina no sentido de baixo para cima; e através da libertação do óleo do cilindro movimenta a cabina de cima para baixo.

Na base deste sistema encontram-se válvulas de controlo (caudal e pressão), uma bomba, um pistão e um cilindro.

Começemos pelo cilindro, o cilindro é uma parte fixa que através da pressão de óleo que contém faz acionar o pistão provocando um movimento vertical. A injeção de óleo é feita por uma ligação à central que fornece (através de uma bomba e respetivas válvulas de controle) ou retira (por força da gravidade e respetivas válvulas de controle) óleo consoante o movimento pretendido (Figura 11).

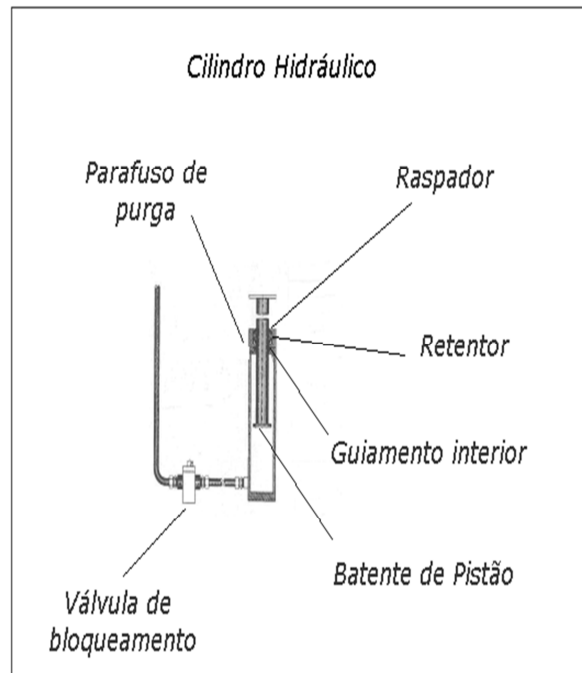


Figura 15 - Cilindro Hidráulico

A central é o equipamento que gera e controla o fluxo de óleo do sistema. Tem a capacidade de armazenar óleo em repouso e de o injetar no cilindro através de uma bomba de óleo. Contém também válvulas que possibilitam acelerações e desacelerações confortáveis através do controle da pressão e caudal.

No sistema hidráulico existe também uma válvula e bomba manual para movimento descendente e ascendente (no caso de emergências).

3.2.1.2. Sistema Elétrico

Relativamente ao sistema elétrico (o mais vendido em Portugal hoje em dia) é um sistema que se caracteriza por uma máquina com uma roda que ao efetuar o movimento de rotação promove a subida ou descida da cabina do elevador (Figura 12).

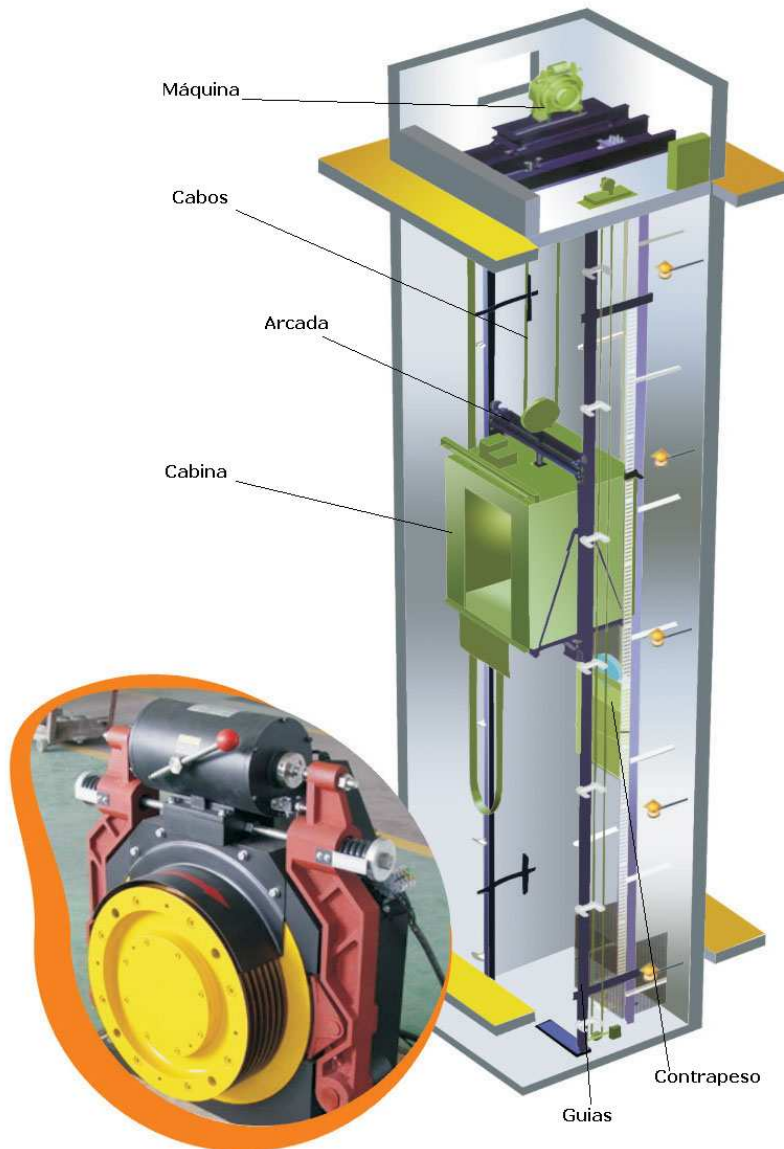


Figura 16 - Esquema de um elevador elétrico



É um sistema um pouco mais caro comparativamente com o sistema hidráulico devido ao maior número de componentes, porém, reclama uma maior eficiência energética o que hoje em dia tem um peso significativo na certificação energética dos edifícios.

O sistema elétrico tem como características base:

- Máquina elétrica
- Uma estrutura de suporte da cabina centrada (arcada)
- Contrapeso para balancear o esforço da máquina
- Cabos que fazem a ligação entre máquina, arcada e contrapeso

Em qualquer dos equipamentos comercializados, a Grupnor adquire o equipamento motriz a empresas certificadas assim como os operadores de portas automáticas, cabos de suspensão, guias e componentes elétricos.



3.3. DESCRIÇÃO DA UNIDADE PRODUTIVA

3.3.1. Evolução e Recursos Disponíveis

Nos primeiros tempos de existência da Grupnor, todo o material era comprado e comercializado ficando a cargo da empresa a venda, instalação e manutenção do equipamento. Ao longo dos anos a empresa foi começando a apostar no fabrico próprio iniciando a fabricação de cabinas e portas (1988) e mais recentemente o fabrico de arcadas e contrapesos (2005) para os elevadores elétricos.

A decisão de começar a ser fabricante de cabinas e portas em 1988 deveu-se especialmente a duas razões, à tentativa de poder controlar mais pormenorizadamente o *design* e os acabamentos (das cabinas) dado que desde sempre a Grupnor tentou colar à sua marca um toque estético diferente dos concorrentes, e a uma maior independência de fornecedores.

Relativamente ao fabrico de arcadas e contrapesos para elevadores elétricos a decisão surgiu principalmente da conjugação de dois fatores,

- O preço e demora de entrega destes produtos,
- O fato de ter em chão de fábrica todas as ferramentas necessárias ao seu fabrico.

Um ponto importante de referir está relacionado com a evolução do mercado dos elevadores. No ano 2000 a Grupnor vendia cerca de 200 elevadores por ano sendo 4% elevadores elétricos, no ano 2005 a venda anual mantinha-se perto dos 200 elevadores porém a percentagem de elevadores elétricos subira para 6%, no ano de 2009 a percentagem subira para 14% (167 elevadores vendidos) atingindo em 2010 um valor perto dos 23% (175 elevadores vendidos) comprovando que nos últimos anos a tendência do mercado tem vindo no sentido de uma maior procura pelos elevadores elétricos (Figura 13). Isto deve-se principalmente à evolução global do conceito da ecologia, existindo incentivos por parte de organismos governamentais aos construtores na aquisição de equipamentos de baixo consumo como fora referido atrás neste projeto.

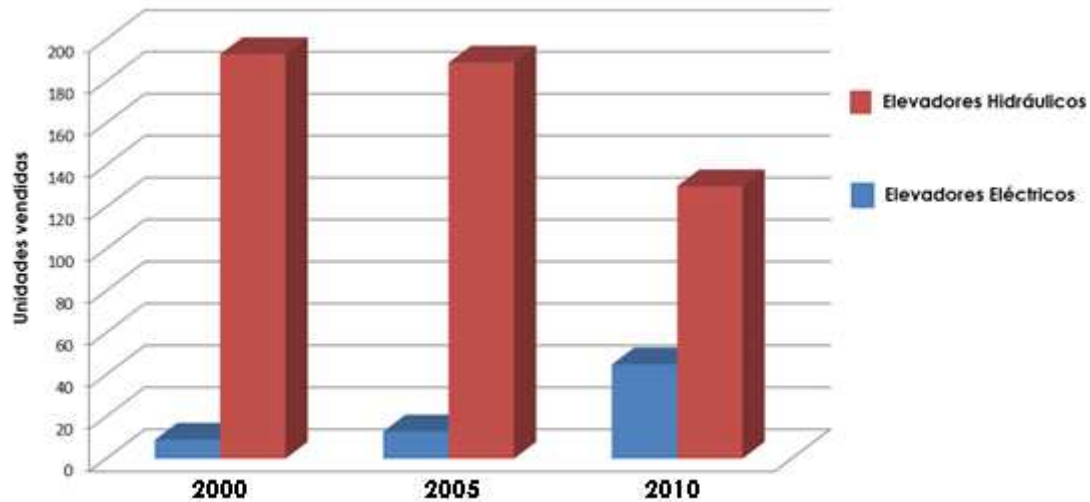


Figura 17 - Gráfico de vendas de elevadores

Apesar das razões que levaram ao início da fabricação de arcadas e contrapesos terem sido bastante plausíveis, a verdade é que ao longo dos anos foi-se verificando que as reduções perspectivadas no preço e tempo não foram totalmente atingidas. Se bem que foi possível reduzir o custo e tempo de disponibilidade destes componentes, essa redução revelou-se aquém das expectativas.

Analisemos agora os recursos disponíveis e a diferença entre os processos produtivos mais em detalhe. O chão de fábrica apresenta-nos um espaço de cerca de 2000 m² tendo à disposição uma puncionadora Finnpower com transmissão de informação em formato *jetcam* e limitação de espessura de chapa de 5mm; 3 quinadoras cobrindo gamas de chapa de 0.5mm até 5mm; 1 multifunções de corte e furo manual; um torno; 3 serrotes; uma cabina de pintura; uma estufa para secagem; cerca de 5 aparelhos de solda e vários tipos de ferramentas.

Dedicados à fabricação temos 12 pessoas entre as quais quinadores, soldadores, serralheiros, torneiros, pessoal especializado no manuseamento da puncionadora e montadores.

O Layout é apresentado na Figura 14:



Figura 18 - Layout geral da empresa

3.3.2. Processos Produtivos

O quotidiano de fabricação da empresa prende-se maioritariamente como referido a Cabinas, Portas, Arcadas (estruturas metálicas de suporte às cabinas para elevadores elétricos), Contrapesos (estruturas metálicas de armazenamento de barras de ferro para os elevadores elétricos). São também fabricados componentes menores como botoneiras de patamar ou cadeiras de fixação porém a grande produção passa pelos produtos referidos atrás e ilustrados na figura 15.

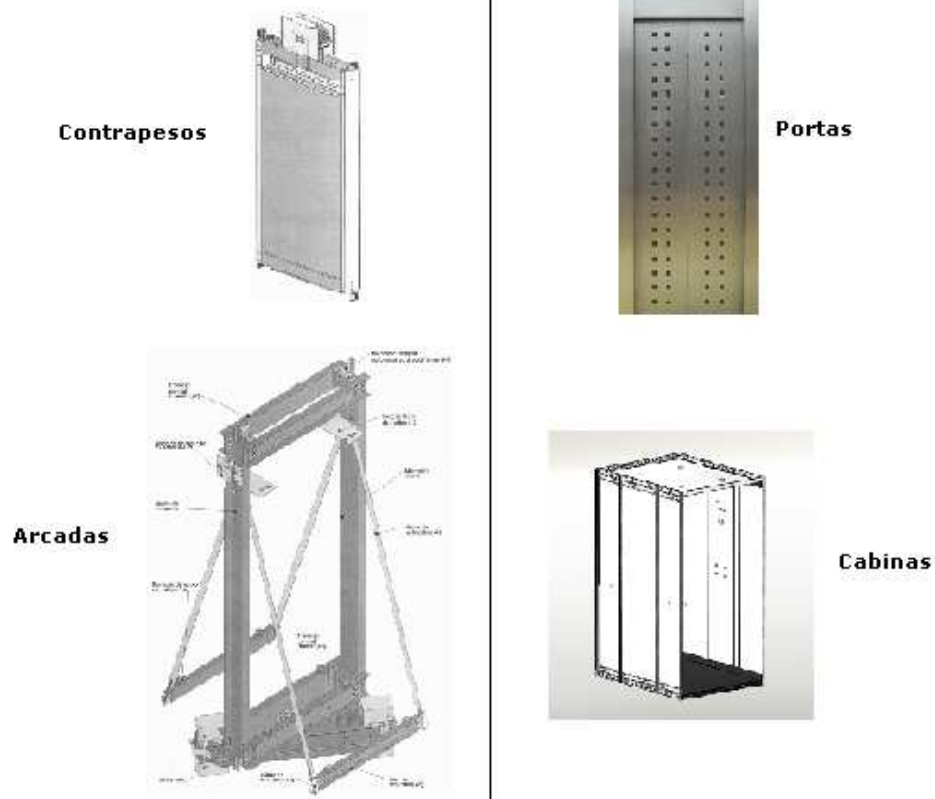


Figura 19 - Produtos Fabricados

Analisando o tipo de processos produtivos podemos dividir a fabricação em dois grupos, o grupo das cabinas/portas (Grupo I) e o grupo das arcadas/contrapesos (Grupo II). Este agrupamento deve-se à diferença de processos inerentes a cada grupo. As cabinas e portas, do Grupo de Produtos I, são fabricadas de forma bastante eficiente existindo uma forte componente de operações automáticas executadas por maquinaria automatizada. Quanto ao Grupo II, são produtos bastante robustos com o intuito de suportar grandes cargas e por consequência utilizam matéria-prima forte que é trabalhada manualmente utilizando ferramentas semiautomáticas (máquinas de furar, serrotes, etc.).

Começemos então por analisar o processo produtivo das cabinas e portas.



Figura 20 - Processo de fabrico das Cabinas/Portas

O processo de fabricação de cabinas e portas é um processo bastante simples. Apesar de serem processos praticamente idênticos, normalmente diferem nas quantidades a produzir. Enquanto as portas são feitas de acordo com um *stock* mínimo definido, as cabinas são feitas em média em lotes de 10 unidades com intervalos dependentes do ritmo das vendas. Este agrupamento de cabinas justifica-se devido à divergência de modelos possíveis, sendo que dimensões e materiais podem variar de cliente para cliente. Apesar de ser uma produção por projeto, o modelo de produção de cabinas encontra-se bastante normalizado existindo, praticamente, apenas alterações nos acabamentos de acordo com os requisitos dos clientes, dado que a estrutura de cada cabina é bastante similar entre si.

Os tempos apresentados na tabela abaixo, são tempos médios da produção de uma cabina após acompanhamento da produção de 2 lotes. Nesta tabela estão diferenciados os tempos de acréscimo de valor e os tempos de preparação para o acréscimo de valor (tempos de parâmetros).

Tabela 1 - Tempos de fabrico das cabinas

	Puncionar	Quinar	Montar	Embalar
Tempo de Parâmetros	77min.	79min.	623min.	32min.
Tempo de acréscimo de valor	26min.	17min.	33min.	11min.
Tempo Total por secção	103min.	96min.	656min.	43min.

Tempo Total de Operações	898min. = 2 dias aprox.
Lead Time Médio	6360min. = 13 dias aprox.

É importante referir que existe alguma agilidade por parte dos trabalhadores do chão de fabrico para desempenharem funções diferentes. Por exemplo, um quinador ou operador da puncionadora pode desempenhar funções de montador de cabinas quando é necessário reduzir o lead time de cabinas para determinadas obras e vice-versa. Este é um fator importante numa produção por projeto como é o caso, dado existir uma grande volatilidade nas prioridades de ordens de fabrico devido a atrasos das obras, faltas de pagamentos, etc.

O Lead time médio não é mais do que a média entre a primeira cabina do lote de 10 estar finalizada e a última cabina do lote, porém e como referido anteriormente estes valores podem ser alterados devido à agilidade possível nos colaboradores do chão de fabrico.

Analisando este processo produtivo é possível perceber que se trata de um processo com operações bastante rápidas e automatizadas até ao momento da montagem onde é necessário um maior gasto de tempo (cerca de 1 dia e meio para cada cabina), compreensível devido ao número de operações nesta fase e ao acréscimo de valor inerente a estas. É também importante referir que apesar de o lead time médio ser de 13 dias é possível obter uma cadência de 1 cabina pronta a cada 1,5 dias se o montador for fornecido incessantemente, algo que não se verifica devido a não existirem encomendas suficientes.

Na fase da punção foi admitido como acréscimo de valor os movimentos automáticos da puncionadora e como tempo de preparação a colocação de chapa, alteração de ferramentas e o tempo de retirar e cortar as microjuntas (manualmente). Na fase de quinagem o tempo de acréscimo de valor foi atribuído ao rebarbar do material nos lados para um melhor acabamento e à operação (quase instantânea) de quinagem do material. Na montagem, o acréscimo de valor foi identificado no aperto dos conjuntos que seguem para obra, assim como na colagem do piso do chão, colocação de *spots*, corrimões, espelho, botoneira e respetivas ligações elétricas. Por fim a embalagem, nesta fase o acréscimo de valor foi identificado como o tempo gasto na organização do material na palete assim como ao embrulho da cabina.

Relativamente ao processo produtivo do Grupo II (arcadas e contrapesos) entendeu-se que, apesar de os processos serem bastante parecidos entre as arcadas e contrapeso, seria benéfico existir uma separação na análise de ambos os produtos. Isto porque apesar de as operações serem praticamente as mesmas, a ordem nem sempre é.

Começamos pelas arcadas, as arcadas como referido anteriormente são estruturas que suportam a cabina do elevador e que fazem a ligação à máquina através de cabos (Figura 15). Estas estruturas podem ter de suportar uma carga estática de mais de 2000kgs (cabina + capacidade de carga).

A sua fabricação é visivelmente pesada devido à utilização massiva de UPNs e o número de operações a executar é considerável como é possível ver através do gráfico em baixo.

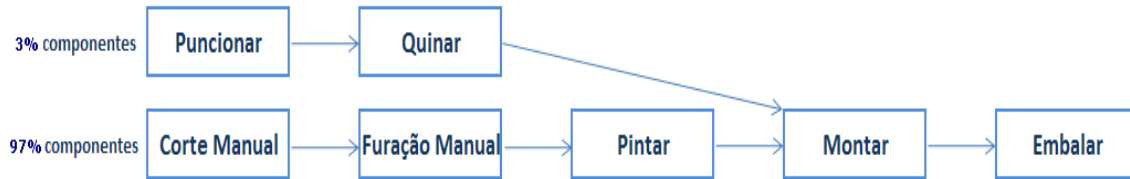


Figura 21 - Processo de fabrico das arcadas

O processo de fabricação das arcadas é caracterizado por recorrer à puncionadora e quinadora apenas em 3 peças, esquadros de suporte da cabina, suporte dos magnéticos e blindagens das rodas, sendo os restantes componentes fabricados com auxílio de ferramentas semiautomáticas. Todas as outras peças são feitas em UPNs ou barra sendo cortadas através de um serrote e furadas manualmente usando uma máquina de íman. Os dados mostrados na tabela em baixo referem-se a valores médios do fabrico de 5 arcadas *standard* com um entre guias de 1350mm.

Tabela 2 - Tempos de fabrico das arcadas

	Puncionar	Quinar	Cortar	Furar	Pintar e Secar	Montar	Embalar
Tempo de Parâmetros	22min.	20min.	177min.	216min.	501min.	303min.	107min.
Tempo de acréscimo de valor	9min.	13min.	13min.	16min.	14min.	0min.	9min.
Tempo Total por secção	31min.	33min.	190min	232min.	515min.	303min.	116min.

Tempo Total de Operações	1420min. = 3 dias aprox.
Lead Time Médio	2370min. = 5 dias aprox.

É importante referir que é perceptível logo numa primeira análise a difícil movimentação dos componentes da arcada devido ao elevado peso, sendo várias vezes necessária a ajuda de outros colaboradores ou mesmo do empilhador; assim como o elevado número de operações a executar manualmente.

Na fase de puncionar foram tidos os mesmos critérios da análise ao fabrico das cabinas, ou seja, foi admitido como acréscimo de valor os movimentos automáticos da puncionadora e como tempo de parâmetros a colocação de chapa e alteração de ferramentas, assim como o tempo de cortar as microjuntas (manualmente). Igualmente na quinagem o tempo gasto a rebarbar e quinar foram considerados como acréscimo de valor. No corte dos UPNs o acréscimo de valor foi contabilizado desde o contato da lâmina de corte até ao corte estar finalizado, é importante

reforçar mais uma vez o fato de a movimentação dos UPNs ser efetuada de forma extremamente difícil dado que os perfis de UPN são de 6 metros. Na fase de furar, o acréscimo de valor foi identificado na execução do furo, e na fase de pintar e secar no tempo gasto na pintura das peças. Por fim na montagem e dada esta fase ser apenas com o intuito de verificar as furações não é acrescentado qualquer valor e na fase de embalagem o tempo perdido na organização da paleta e no embrulho foi considerado como acréscimo de valor.

Todo este processo para além de complexo em algumas movimentações, condiciona o trabalho de outros colaboradores, dado ser muitas vezes necessária ajuda para manobrar as peças, impedindo também o trabalho dos que vem em auxílio. O fato de este processo conter muitas operações manuais, para além de tornar o processo moroso, aumenta a probabilidade de erro (não se verificou nas arcadas que foram acompanhadas) e correção das peças tornando o lead time ainda mais extenso em diversas situações.

Relativamente aos contrapesos a inutilização de processos automatizados é praticamente idêntica ao processo de arcadas, sendo que os contrapesos ainda crescem de uma operação de soldadura.

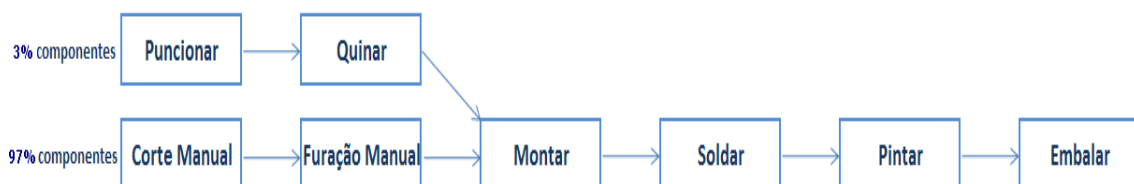


Figura 22 - Processo de fabrico dos Contrapesos

Neste processo de fabricação a utilização da puncionadora e quinadora é também diminuído devido à grande utilização de barra com 12mm e 20mm de espessura.

A operação de corte é feita através de um serrote semiautomático sendo a furação posteriormente feita utilizando uma máquina de furar. A grande diferença para o processo de fabrico das arcadas reside no próximo passo, onde nas arcadas a operação seguinte seria a pintura, nos contrapesos a operação seguinte é a montagem. Isto porque só após a montagem e respetiva soldadura é possível pintar a estrutura. O fato de a estrutura ficar dividida em 2 partes

após a soldadura acarreta dificuldades extras na sua maneabilidade devido à concentração de peso.

Por fim após secagem as peças seguem para o embalamento onde são embaladas de modo a poderem ir para a expedição.

De seguida são apresentados os valores em média do acompanhamento de 5 contrapesos.

Tabela 3 - Tempos de fabrico dos contrapesos

	Puncionar	Quinar	Cortar	Furar	Montar	Soldar	Pintar e Secar	Embalar
Tempo de Parâmetros	19min.	11min.	116min.	183min.	289min.	57min.	622min.	56min.
Tempo de acréscimo de valor	8min.	6min.	7min.	11min.	16min.	9min.	11min.	9min.
Tempo Total por secção	27min.	17min.	123min.	194min.	305min.	66min.	633min.	65min.

Tempo Total de Operações	1430min. = 3 dias aprox.
Lead Time Médio	2393min. = 5 dias aprox.

É interessante de realçar que quer num e noutra processo as operações a executar são bastante simples dado que falámos de cortar e furar no início e montar no final, porém devido à matéria-prima usada, à forma pouco automatizada de executar as operações, à quantidade de operações, ao peso do produto e à necessidade de condicionar outros colaboradores na sua movimentação, o resultado final não é satisfatório.

De acordo com as tabelas atrás mostradas é possível verificar que o lead time médio das cabinas é de 13 dias aproximadamente (5 dias para contrapesos/arcadas) porém 5 dias após início da produção do lote, temos 1 cabina pronta a cada 1,5 dias. Seria possível manter este ritmo ou até melhorá-lo se o restante processo fornecesse incessantemente o montador (restrição do processo), porém não existe procura suficiente que justifique este tipo de abordagem como referido anteriormente.

Relativamente às arcadas e contrapesos é visível uma inadequação do processo à procura existente hoje em dia. Se olharmos para 2005 (início da produção de arcadas e contrapesos) a procura anual dos elevadores elétricos ficava-se pelas 8 unidades. É nesta fase que é então decidido começar a fabricar os componentes Arcadas e Contrapesos para os elevadores elétricos no sentido de reduzir custos tornando a empresa mais competitiva nessa gama de produtos.



O resultado inicial, se bem que não indo completamente de encontro com as expectativas, foi satisfatório porém com o evoluir do mercado a procura por elevadores elétricos começou a aumentar. Como consequência dessa procura a empresa atingiu em 2009 23 unidades de elevadores elétricos vendidos sendo que devido aos condicionalismos inerentes à produção das arcadas e contrapesos a empresa fabricava de acordo com as possibilidades, existindo casos em que a produção dos contrapesos e arcadas era feita na empresa e casos em que estes componentes eram adquiridos a fornecedores.

Esta situação provocava conflitos quer nos preços finais dos equipamentos, quer nos tempos de entrega do equipamento ao cliente, quer na identificação por parte do departamento de compras da necessidade ou não de encomendar aqueles produtos para determinadas obras.

Com o aumento da venda de elevadores elétricos, tornou-se óbvia a necessidade de olhar para o processo produtivo das arcadas e contrapesos e identificar possíveis melhorias no sentido de aumentar a capacidade produtiva dos mesmos para voltar a conseguir obter uma maior margem de lucro na venda destes equipamentos.

3.4. ESTADO INICIAL DOS PRODUTOS EM ANÁLISE

Nesta fase deste projeto o objetivo será analisar mais detalhadamente o processo produtivo das arcadas e contrapesos. Sendo necessário identificar indicadores de desempenho que nos permitam no futuro comparar resultados, é fundamental obter valores médios (dado não ser uma produção em série) sobre Lead Times, custos de mão-de-obra, custos da utilização de equipamentos, custos de matéria-prima e custos de componentes

Esta análise será feita através de, *Value Stream Mapping* onde será possível visualizar de forma gráfica o comportamento de cada unidade produtiva, e através de 4 indicadores de desempenho (todos os valores apresentados correspondem a valores do ano de 2009).

O estudo será feito sobre o modelo de arcadas mais produzidas dado que estas podem variar em largura e altura consoante a obra em questão. De qualquer forma as arcadas com entre guias de 1350mm são as mais usuais (direcionadas para elevadores de 630 kg de capacidade) sendo este o tipo de arcadas alvo. A focalização neste tipo de arcadas tem também como objetivo fazer com que os indicadores sejam coerentes em comparações futuras onde o número de arcadas “não *standard*” poderá não ser equivalente ao ano de 2009.

Os quatro indicadores de desempenho são:

Equação 1

$$\text{Lead Time Médio} = \frac{\sum \text{Lead times individuais}}{\text{N}^\circ \text{ de arcadas produzidas}}$$

O objetivo deste indicador é proporcionar informação sobre o tempo médio desde o início da produção (movimentação da matéria-prima) até à entrega da arcada para o departamento de expedição.

O segundo indicador é:

Equação 2

$$\text{Custo Médio de Matérias Primas} = \frac{\sum \text{Custo individual de matérias primas}}{\text{N}^\circ \text{ de arcadas produzidas}}$$



Este indicador permite obter informação sobre o custo médio de matérias primas em cada arcada.

O terceiro indicador é:

Equação 3

$$\text{Custo Médio de Componentes} = \frac{\sum \text{Custo individual de componentes utilizados}}{\text{N}^{\circ} \text{ de arcadas produzidas}}$$

Este indicador permite obter valores sobre o custo médio de componentes utilizados nas arcadas.

Por fim o quarto indicador é:

Equação 4

$$\text{Custo Médio de Recursos Utilizados} = \frac{\sum \text{Custo dos recursos individuais}}{\text{N}^{\circ} \text{ de arcadas produzidas}}$$

O cálculo deste indicador permite obter um valor do custo médio de utilização de recursos, ou seja, cruza duas informações importantes no seu cálculo; o tempo médio de cada operação e o custo de cada operação.

3.4.1. Arcadas

3.4.1.1. *Value Stream Mapping*

As arcadas como referido anteriormente, são produtos que utilizam maioritariamente UPNs como matéria-prima, provocando uma alta robustez na estrutura.

O VSM elaborado foi baseado no acompanhamento da produção de 5 arcadas sendo os valores apresentados, valores médios de cada operação e tempos de espera.

Relativamente ao WIP e como podem existir 4 produtos diferentes a serem produzidos em simultâneo no chão de fábrica, os valores obtidos cingem-se a um valor médio temporal relativamente aos tempos de espera entre secções e estão representados no VSM que se segue.

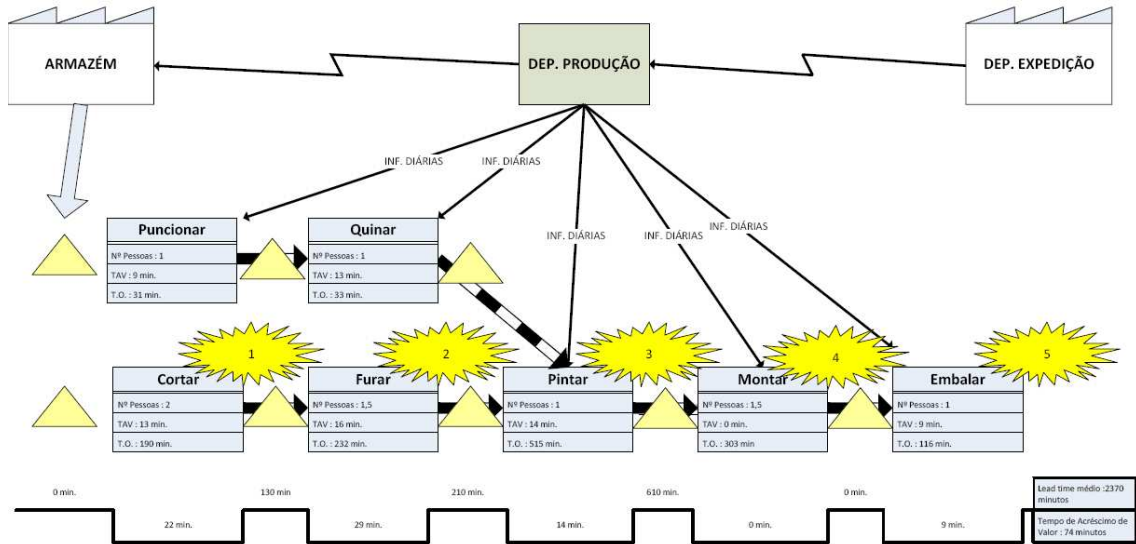


Figura 23 - VSM inicial Arcadas



- Dificuldade de movimentação da matéria-prima sendo necessário auxílio de outros colaboradores.

- Probabilidade de erro elevada no corte de travessas devido à dificuldade de manuseamento dos UPNs (necessidade de precisão milimétrica)

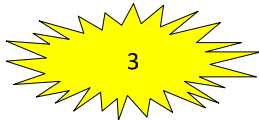


- Dificuldade de manuseamento da matéria-prima sendo necessário auxílio de outros colaboradores.



- Elevada probabilidade de erro devido a operação manual de furação (necessidade de precisão milimétrica)

- Tempo de furação bastante elevado.



- Necessidade de pintar devido ao acabamento da matéria-prima

- Longo tempo de espera pela secagem das peças

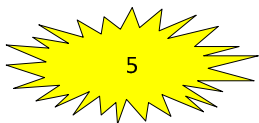
- Impedimento do uso da cabina de pintura a outros produtos devido à envergadura do material



- Matéria-prima extremamente pesada sendo necessário o auxílio de outros colaboradores na movimentação dos UPNs.

- Devido à probabilidade de erro nas operações anteriores, é frequente a necessidade de alargar furos para passagem de parafusos, quando se juntam as peças.

- Operação apenas de verificação de erros bastante morosa.



- Matéria-prima extremamente pesada sendo necessário o auxílio de outros colaboradores na movimentação dos UPNs.



É importante salientar também a baixa percentagem (aproximadamente 5%) de tempo de acréscimo de valor ao longo do processo. O fato de obtermos 95% de tempo “morto” onde se engloba tempos de espera, tempos de movimentação, tempos de preparação etc. é um ponto a ter em conta neste processo.

De seguida os cálculos referentes aos indicadores de desempenho.

3.4.1.2. Lead Time Médio

Relativamente a este indicador, através do uso do PHC foi possível identificar os dados referentes ao ano de 2009 no que a arcadas diz respeito. Nesse ano foram vendidos 167 elevadores para edifícios dos quais 23 elevadores elétricos tendo sido atribuídas 19 ordens de fabrico para arcadas. Das 19 ordens de fabrico de arcadas, 14 referiam-se a arcadas com entre guias de 1350mm sendo esse entre guias o nosso alvo de estudo.

Através de dados do PHC foi possível identificar o número de horas despendidas no fabrico de cada arcada:

Tabela 4 - Dados PHC: somatório do Lead Time despendido na fabricação de arcadas (ano 2009)

Tempo total despendido	34148 minutos
Nº de arcadas fabricadas	14

Sabendo o número total de horas despendidas no fabrico de arcadas e sabendo o número de arcadas produzidas podemos então chegar ao primeiro indicador de desempenho:

$$\text{LTM} = 34148 \text{ minutos} / 14 \text{ arcadas} = 2439 \text{ minutos/arcada}$$

O resultado mostra-nos um valor superior aos valores medidos no acompanhamento das 5 arcadas produzidas sendo de qualquer forma completamente aceitável.

De referir ainda que existe alguma diferença entre o valor mínimo obtido e o valor máximo, sendo consequência de maiores ou menores tempos de espera entre operações.

3.4.1.3. Custo Médio de Matérias-Primas

Relativamente ao índice de matérias-primas é também possível através do PHC identificar as quantidades e tipo de material utilizado na produção de uma determinada ordem de fabrico. Apesar das arcadas serem semelhantes e gastarem as mesmas matérias-primas os seus valores alteram ligeiramente devido a descontos, desvalorização/valorização do ferro, etc. Foi admitido no conjunto de matérias-primas todo o ferro e chapa necessária assim como os parafusos a utilizar.

A lista de material gasto numa arcada apresenta todos os componentes e material gasto sendo que para este cálculo foram apenas identificado os materiais considerados brutos sendo os restantes componentes contabilizados no índice seguinte.

Relativamente aos dados desta lista, é possível identificar como matéria-prima todo o ferro, chapa e tubo utilizado.

Tabela 5 - Identificação das matérias-primas utilizadas nas arcadas (ano 2009)

Material	Quantidade	Unidade
CHAPA PRETA 1500X3000X5mm	0,50	1 chapa
UPN220	14,00	metros
UPN180	3,60	metros
UPN120	3	metros
VEIO D50	0,50	metros

Relativamente aos dados do PHC sobre os custos de matéria-prima associados às 14 arcadas produzidas são:

Tabela 6 - Custo de matérias-primas utilizadas nas arcadas (ano 2009)

Custo Total de MP	6.645,93 €
Nº de arcadas fabricadas	14

O segundo indicador de desempenho pode agora ser calculado:

$$\text{CMMP} = 6645,93 \text{ euros} / 14 \text{ arcadas} = 474,7 \text{ euros} / \text{arcada}$$

O resultado mostra-nos um valor médio de 474,7 euros por arcada

3.4.1.4. Custo Médio de Componentes

O indicador referente ao uso de componentes utiliza também informação contida na base de dados do PHC sendo os artigos identificados catalogados como componentes:

Tabela 7 - Identificação dos componentes utilizados numa arcada (ano 2009)

Material	Quantidade	Unidade
VARÃO ROSCADO M16	1,50	metros
M16X50	87	unidades
M12X35	16	unidades
M10X35	20	unidades
M10X25	8	unidades
M6X25	8	unidades
ANILHA DE CUNHA M16	72	unidades
ANILHA DE CUNHA M12	8	unidades
ANILHA DE CUNHA M10	16	unidades
ANILHA DE CHAPA M16	98	unidades
ANILHA DE CHAPA M12	32	unidades
ANILHA DE CHAPA M10	56	unidades
ANILHA DE PRESSÃO M16	83	unidades
ANILHA DE PRESSÃO M12	20	unidades
ANILHA DE PRESSÃO M10	36	unidades
ANILHA DE PRESSÃO M6	8	unidades
FEMEA M16	103	unidades
FEMEA M12	20	unidades
FEMEA M10	52	unidades
FEMEA M6	8	unidades
BORRACHA PERNO ROSCADO	8	unidades
ROÇADEIRA DOURADA GUI16	4	unidades
RODA D400	2	unidades
PARAQUEDAS ASG - 100 UD	2	unidades

Relativamente aos valores obtidos através do PHC o custo de componentes por arcada foi de:

Tabela 8 - Dados PHC sobre custo de componentes utilizados nas arcadas (ano 2009)

Custo Total de Componentes	7.161,32 €
Nº de arcadas fabricadas	14

Com estes dados é possível então fazer o cálculo:

$$\text{CMC} = 7163,62 \text{ euros} / 14 \text{ arcadas} = 511,7 \text{ euros} / \text{arcada}$$

3.4.1.5. Custo Médio de Recursos Utilizados

Para o cálculo do último indicador foi necessário identificar os custos homem/máquina referentes a cada secção. Esses custos foram disponibilizados pelo departamento financeiro tendo sido recalculados no ano de 2008 e apresentam-se de seguida:

Tabela 9 - Custo Homem. Máquina/hora

Secção/Operação	Custo Homem/máquina/hora
Puncionar	50,00 €
Quinar	30,00 €
Pintura Líquida	25,00 €
Soldar	20,00 €
Furar	15,00 €
Cortar	12,50 €
Montar	10,00 €

Os valores assumidos para tempos de operação serão os medidos no acompanhamento das 5 arcadas devido ao fato de não ser possível identificar através do PHC quais os tempos despendidos em cada operação numa OF após um certo período.

O cálculo levará em consideração que na pintura líquida os tempos admitidos serão necessariamente inferiores devido aos operadores executarem tarefas durante a secagem. Será admitido e após visualização da tarefa que o operador apenas fica retido nesta tarefa durante 1,5 horas. Passemos ao quadro com os cálculos.

Tabela 10 - Cálculo do custo médio de recursos utilizados (ano 2009)

Operações	Custo Homem/máquina/hora	Tempo de Operar(h)	Custo
Puncionar	50,00 €	0,52	26,00 €
Quinar	30,00 €	0,55	16,50 €
Cortar	12,50 €	3,2	40,00 €
Furar	15,00 €	3,9	58,50 €
Pintar	25,00 €	1,5	37,50 €
Montar	10,00 €	5,05	50,50 €
Embalar	10,00 €	1,93	19,30 €
			248,30 € TOTAL

É possível então obter o último indicador de desempenho sendo ele:



CMRU = 248,30 euros / arcada

Sintetizando, os quatro indicadores de desempenho das arcadas são:

Lead Time Médio: 2439 minutos / arcada

Custo Médio de Matérias-Primas: 474,7 euros / arcada

Custo Médio de Componentes: 511,7 euros / arcada

Custo Médio de Recursos Utilizados: 248,30 euros /arcada

3.4.2. Contrapesos

Relativamente ao desempenho produtivo dos contrapesos, foram seguidos os passos executados anteriormente nas arcadas para averiguar os índices correspondentes.

3.4.2.1. *Value Stream Mapping*

Tal como nas arcadas os contrapesos utilizam matéria-prima bastante pesada sendo esta à base de barras de ferro com 180x20mm e 180 x12mm.

Relativamente ao WIP e tratando-se de uma situação semelhante à situação das arcadas os valores obtidos cingem-se a um valor médio temporal relativamente aos tempos de espera entre secções e estão representados no VSM que se segue. A base para a elaboração deste VSM foi o acompanhamento do fabrico dos 5 contrapesos referenciados no início deste capítulo.

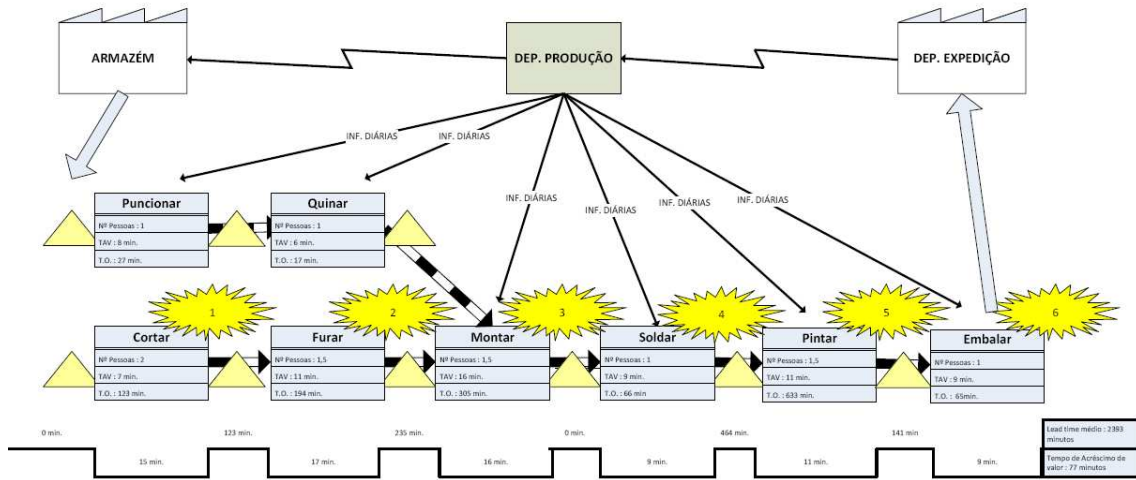


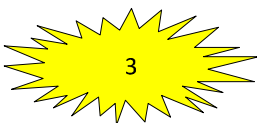
Figura 24 - VSM inicial Contrapesos



- Matéria-prima extremamente pesada sendo necessário o auxílio de outros colaboradores na movimentação das barras que atingem 6 metros de comprimento.
- Probabilidade de erro elevada no corte das peças dado se tratar de uma operação manual.



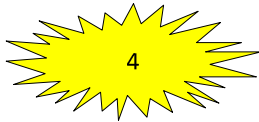
- Elevada probabilidade de erro.
- Tempo de furação bastante elevado.



- Operação de montagem é bastante morosa dado ter de se apertar mais de 48 parafusos

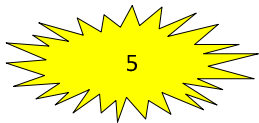
- Devido à probabilidade de erro nas operações anteriores, é frequente a necessidade de alargar furos para passagem de parafusos, quando se juntam as peças.

- Conjuntos montados são bastante pesados e difíceis de manusear



- Operação de soldadura é de elevada dificuldade devido à engenharia do contrapeso existindo peças que requerem bastante habilidade e movimentação do soldador para posições pouco confortáveis.

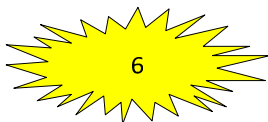
- O fato de existir soldadura implica a montagem da estrutura e a consequente aglomeração de material num conjunto, tornando os conjuntos bastante pesados



- Necessidade de pintar devido ao acabamento da matéria-prima.

- Longo tempo de espera pela secagem das peças.

- Impedimento do uso da cabina de pintura a outros produtos devido à envergadura do material.



- Devido à existência dos conjuntos (superior e inferior do contrapeso), é necessária ajuda na movimentação e organização destes na palete de embalagem.

Comparando esta análise com a análise elaborada nas arcadas é possível verificar bastantes semelhanças nas dificuldades de produção dum e doutro produto.

É de fácil perceção entender que a base de todas as dificuldades advém do uso de matérias-primas extremamente fortes, impeditivas de utilizar recursos automatizados e promovendo uma difícil maneabilidade dos produtos ao longo do seu processo.

Comecemos agora então a análise dos indicadores de desempenho neste processo.

3.4.2.2. Lead Time Médio

Relativamente ao indicador que nos relaciona com o lead time, foi também possível obter dados recorrendo ao *software* PHC. Tal como nas arcadas o número de ordens de fabrico referentes a contrapesos foi de 19. Utilizando o mesmo princípio na análise às arcadas, este estudo irá se focalizar nos contrapesos mais usuais sendo eles os de entre guias de 1030mm. Para contrapesos com entre guias 1030mm foram efetuadas 17 ordens de fabrico.

Através da base de dados do PHC foi possível identificar o número de horas despendidas no fabrico de cada contrapeso:

Tabela 11 - Dados PHC: somatório do Lead time despendido na fabricação de contrapesos (ano 2009)

Tempo total dispendido	24523 minutos
Nº de contrapesos fabricados	17

Sabendo o número total de horas despendidas no fabrico de contrapesos e sabendo o número de contrapesos produzidos podemos então chegar ao primeiro indicador de desempenho.

$$LTM = 24523 \text{ minutos} / 17 \text{ contrapesos} = 1442,5 \text{ minutos/contrapeso}$$

O resultado mostra-nos um valor bastante aproximado do obtido no acompanhamento dos 5 contrapesos.

3.4.2.3. Custo Médio de Matérias-Primas

Relativamente ao seguinte indicador, é também possível através do PHC identificar as quantidades e tipo de material utilizado na produção de uma determinada ordem de fabrico. Apesar dos contrapesos serem também semelhantes entre si gastando as mesmas matérias-primas os seus valores alteram ligeiramente devido a descontos, desvalorização/valorização do ferro, etc. Foi admitido no conjunto de matérias-primas todo o ferro e chapa necessária.

A lista de material gasto num contrapeso apresenta todos os componentes e material utilizado sendo que para este cálculo foram apenas identificados os materiais considerados brutos sendo os restantes artigos contabilizados no indicador seguinte (Custo Médio de Componentes).

Relativamente aos dados desta lista, é possível identificar como matéria-prima toda a barra e chapa utilizada.

Tabela 12 - Identificação da matéria-prima utilizada nos contrapesos (ano 2009)

Material	Quantidade	Unidade
BARRA 180X20	5,8	metros
BARRA 180X12	1,00	metros
VEIO D50	0,20	metros

Relativamente aos dados do PHC sobre os custos de matéria-prima associados aos 17 contrapesos produzidos são:

Tabela 13 - Custo da matéria-prima utilizada nos contrapesos (ano 2009)

Custo Total de MP	2.166,80 €
Nº de contrapesos fabricados	17

O segundo indicador pode agora ser calculado:

$$\text{CMMP} = 2166,8 \text{ euros} / 17 \text{ contrapesos} = 127,5 \text{ euros} / \text{contrapeso}$$

O resultado mostra-nos um valor médio de 127,5 euros por contrapeso.

3.4.2.4. Custo Médio de Componentes

O indicador de desempenho, Custo Médio de Componentes, é também obtido pela informação contida na base de dados do PHC sendo os artigos identificados catalogados como componentes:

Tabela 14 - Identificação dos componentes utilizados nos contrapesos (ano 2009)

Material	Quantidade	Unidade
RODA D400	1	unidades
ROÇADEIRA NYLON GUIA9	4	unidades
M6X20	14	unidades
M10X25	10	unidades
M14X50	36	unidades
M16X60	12	unidades
ANILHA CHAPA M6	14	unidades
ANILHA CHAPA M10	10	unidades
ANILHA CHAPA M14	36	unidades
ANILHA CHAPA M16	12	unidades
ANILHA PRESSAO M6	14	unidades
ANILHA PRESSAO M10	10	unidades
ANILHA PRESSAO M14	36	unidades
ANILHA PRESSAO M16	12	unidades
FEMEA M6	14	unidades
FEMEA M10	10	unidades
FEMEA M14	36	unidades
FEMEA M16	12	unidades
GRAMPO S1 M10	4	unidades

Relativamente aos valores obtidos através do PHC o custo de componentes por arcada foi de:

Tabela 15 - Custo dos componentes utilizados nos contrapesos (ano 2009)

Custo Total de Componentes	2.066,50 €
Nº de contrapesos fabricados	17

Com estes dados é possível então fazer o cálculo:

$$\text{CMC} = 2066,5 \text{ euros} / 17 \text{ contrapesos} = 121,6 \text{ euros} / \text{contrapeso}$$

3.4.2.5. Custo Médio dos Recursos Utilizados

Para o cálculo do último indicador de desempenho, foram utilizados os valores disponibilizados pelo departamento financeiro e já referenciados no cálculo dos indicadores de desempenho das arcadas..

Tal como nas arcadas os valores assumidos para tempos de operação serão os medidos no acompanhamento da produção de 5 contrapesos.

O cálculo levará igualmente em consideração que na pintura líquida os tempos admitidos para o cálculo terão de ser necessariamente inferiores devido aos operadores executarem tarefas durante a secagem. Será admitido e após visualização da tarefa que o operador apenas fica retido nesta tarefa durante 1 hora. Passemos ao quadro com os cálculos.

Tabela 16 - Cálculo do custo médio de recursos utilizados (ano 2009)

Operações	Custo Homem/máquina/hora	Tempo de Operar(h)	Custo
Puncionar	50,00 €	0,45	22,50 €
Quinar	30,00 €	0,28	8,40 €
Cortar	12,50 €	2,05	25,63 €
Furar	15,00 €	3,2	48,00 €
Montar	10,00 €	5,08	50,80 €
Soldar	20,00 €	1,1	22,00 €
Pintar	25,00 €	1	25,00 €
Embalar	10,00 €	1,08	10,80 €
			213,13 € TOTAL

É possível então obter o último indicador:

$$\text{CMRU} = 213,13 \text{ euros / contrapeso}$$

Sintetizando, os quatro indicadores de desempenho dos contrapesos são:

Lead Time Médio: 1442,5 minutos / contrapeso

Custo Médio de Matérias-Primas: 127,5 euros / contrapeso

Custo Médio de Componentes: 121,6 euros / contrapeso

Custo Médio dos Recursos Utilizados: 213,13 euros / contrapeso



CAPITULO IV – DESENVOLVIMENTO DE AÇÕES DE MELHORIA

)



4.1. IDENTIFICAÇÃO DE OPORTUNIDADES

Uma das fortes conclusões após análise da produção de arcadas e contrapesos direcionava-nos para as grandes implicações; quer na limitação do uso de recursos automáticos, quer na maneabilidade do produto; implícitas no uso de matérias-primas extremamente pesadas. No sentido de termos identificado como problema base o tipo de matéria-prima utilizada, foi iniciada uma fase de estudo com o objetivo de redesenhar o produto, adaptando-o aos recursos disponíveis em fábrica.

Neste caso específico e tratando-se de arcadas e contrapesos, a reformulação estrutural não tem implicações apenas na sua produção mas também na configuração da montagem do elevador em obra. É então fundamental neste processo de reengenharia cruzar informações referentes não só às capacidades fabris como também informações comerciais (para não fugir a medidas competitivas de instalação), informações sobre preços de fornecedores (preços de componentes utilizados e possíveis de utilizar), informações sobre projeto e instalação/disposição do sistema elétrico, e por fim informações referentes às normativas em vigor para os sistemas de elevação.

O processo de desenvolvimento de ambos os produtos terá de ser muitas vezes feito em simultâneo devido a alterações num produto poder implicar alterações no outro no sentido de a instalação final não ficar comprometida.

Ao iniciar esta fase deste projeto e dado que o redesenhar dos produtos se encontra como a solução mais forte para a resolução dos nossos problemas, foi possível verificar (através de troca de informações com o Departamento Comercial)) uma perda crescente de competitividade da empresa, no mercado dos elevadores elétricos, ao longo dos anos. Nesse sentido foi decidido alargar um pouco mais o âmbito desta reengenharia dado que existiam indícios de uma desatualização do produto ao mercado por parte da empresa. O objetivo passou de uma análise à reengenharia dos produtos fabricados para elevadores elétricos, para uma análise à reengenharia total da disposição dos componentes nos elevadores no sentido de verificar oportunidades de melhorar o produto para o tornar mais competitivo (particularmente na falta de preços competitivos).



Nesse sentido foi então necessária uma análise mais aprofundada sobre as implicações da atual configuração elétrica identificando desvantagens e oportunidades de melhoria. Todo este processo teria de passar e cruzar informações de várias áreas no sentido de conseguir conjugar o maior número de vantagens competitivas.

Começamos então pelo feedback comercial onde será possível perceber o estado dos concorrentes comparativamente à Grupnor.

4.1.1. Posicionamento no mercado

Um dos pontos mais importante é perceber como se posiciona a Grupnor e os seus elevadores elétricos relativamente à concorrência.

Após várias reuniões com o departamento comercial, foi possível realçar e comparar com concorrentes 4 pontos fulcrais para a venda de um elevador, preço, espaço necessário para instalação, estética e tempos de montagem:

Preço: A Grupnor apresentava-se como uma empresa com preços bastante acima dos praticados pelas multinacionais como Shcindler, Thyssen, Otis, Schmitt Sohn e Kone (principais multinacionais e concorrentes) sendo várias vezes realizadas vendas abaixo do preço de custo no sentido de manter habituais clientes da empresa. Essa perda na venda seria normalmente (não sendo obrigatória a manutenção por parte da empresa instaladora) compensada nas manutenções periódicas.

Espaço: Relativamente ao espaço necessário para instalação de um elevador elétrico com capacidade para 630 Kg a Grupnor apresentava-se atrás da média das empresas existindo empresas mais competitivas como Schindler e Otis nas medidas *standard*. O fato de a Grupnor não conseguir colocar um elevador em caixas de elevador com determinadas dimensões é um fator particularmente importante pois teria como consequência automática a exclusão de certos concursos devido às limitações impostas nos cadernos de encargos.



Estética: Se bem que discutível, a estética e qualidade de construção das cabinhas foi sempre uma vantagem da Grupnor na ótica dos clientes. Estes dados podem ser comprovados por inquéritos feitos anualmente.

Tempos de montagem: Devido a ser a única empresa fabricante em Portugal, os tempos de montagem são sempre um trunfo da empresa que possibilita uma agilidade bastante positiva aos olhos do cliente. Este fator foi decisivo para a venda de equipamentos dado o preço e espaço necessário serem áreas pouco competitivas por parte da empresa, na venda de elevadores elétricos.

É possível perceber que no mercado dos elevadores elétricos a Grupnor posiciona-se de uma forma deficitária relativamente aos concorrentes, nomeadamente no preço e dimensões necessárias para instalação. Comparativamente com o mercado dos elevadores hidráulicos, onde a empresa se encontra muito forte, é clara a existência de um défice relativamente aos concorrentes no segmento dos elevadores elétricos. Esta posição poderá provavelmente ser consequência de uma despreocupação da vertente elétrica ao longo dos anos sendo que sempre foram aposta da empresa os elevadores hidráulicos.

Essa perda de competitividade tornou-se de certa forma preocupante dado o mercado dos elevadores elétricos estar em franca ascensão como referido anteriormente.

4.1.2. Comparação do nível tecnológico

Olhando para o produto desenvolvido pela Grupnor e comparando com as evoluções do mercado e dos concorrentes é possível perceber que a empresa se encontra aquém da tecnologia e configuração atual deste tipo de elevadores.

Se bem que a diferença de preços praticados pela Grupnor e concorrentes neste sector do mercado possam ser justificados pelo número de elevadores vendidos ao ano e portanto respetivos descontos de quantidade por parte de fornecedores, é bastante óbvio perceber que este produto se encontra desatualizado relativamente às novas tecnologias existentes no mercado que podem possibilitar redução do custo final do equipamento.

Um desses casos flagrantes é o tipo de máquina usada pela empresa. Analisando e aprendendo com os concorrentes, que gastam milhões em desenvolvimento, é possível perceber a vantagem do uso de máquinas com rodas de diâmetro reduzido (passam de 400mm para 210mm de diâmetro). Para além de as máquinas serem substancialmente mais baratas), a sua utilização possibilita também a utilização de rodas de desvio mais pequenas e por consequência mais baratas. Para além da redução substancial destes componentes a utilização deste tipo de máquina mais pequena poderá também possibilitar a necessidade de um menor espaço para instalação.

Tudo isto parte do componente básico de um elevador elétrico (motor) e espelhava a falta de evolução da empresa neste segmento de mercado, reforçando ainda mais a necessidade de reformular a configuração do elevador.

4.2. REENGENHARIA DO PRODUTO

Após semanas de pesquisa relativamente a máquinas, quadro de manobra, sistemas para-quadras, limitadores de velocidade, variadores de frequência, etc. foram identificadas as possíveis substituições dos componentes que possibilitavam uma redução substancial do custo do global do equipamento.

Após a identificação dos componentes a adotar a fase seguinte prendeu-se com o objetivo de através de blocos referentes aos componentes, perceber se existia a possibilidade de os conjugar de acordo com as suas características, definindo os limites espaciais de cada elemento.

Foi ainda importante definir como objetivo, igualar ou melhorar as medidas apresentadas pela melhor empresa neste campo – Schindler. A Schindler empresa Suíça de elevadores apresenta-se como a única empresa a propor aos clientes a instalação de um elevador 630kg numa caixa de 1600x1650mm (largura x profundidade) como a sua melhor medida. Otis apresenta 1610x1650mm e as restantes empresas na sua maioria 1650x1650mm ficando a Grupnor com uma proposta de 1700x1650mm como é possível ver através da figura 21.

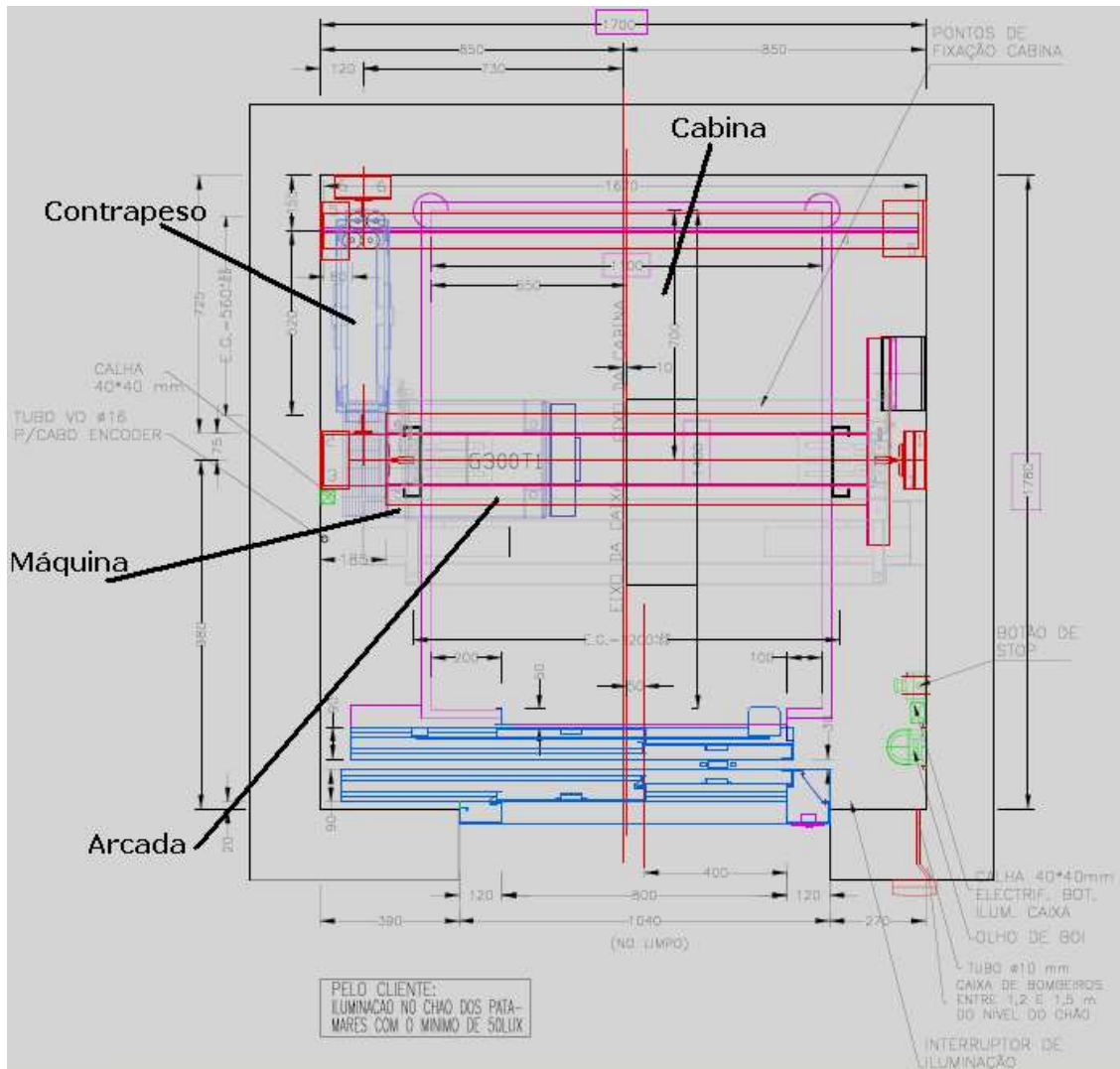


Figura 25 - Esquema elevador elétrico inicial

Após várias semanas de desenvolvimento e várias versões de configurações elétricas com frequentes trocas de informação com o Departamento de Projeto, Departamento de Montagem e Fornecedores foi possível chegar a uma solução que correspondia às expectativas criadas no início desta fase. Devido à menor dimensão da máquina, foi possível rodá-la a 90 graus proporcionando um alinhamento de cabos total e reduzindo o espaço necessário de instalação.

Esta solução resultou obviamente de várias horas de desenvolvimento onde foram conciliadas todas as questões de segurança, performance e limitações normativas.

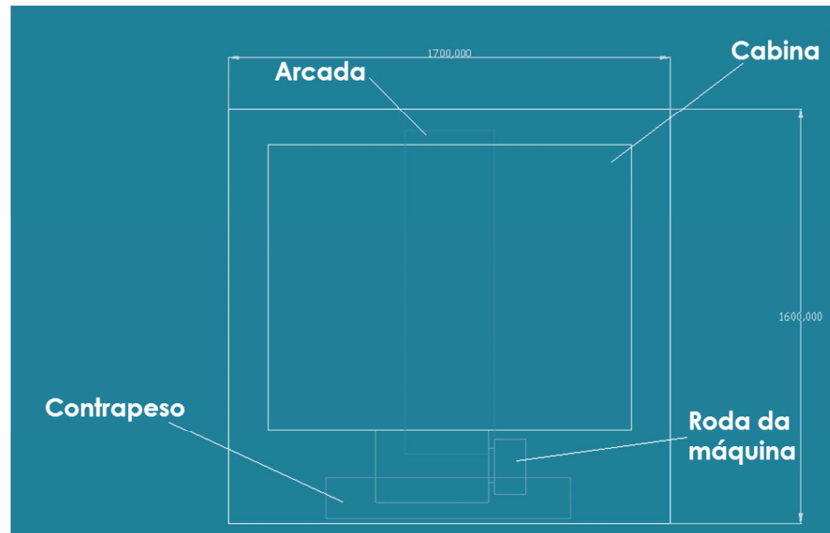


Figura 26 - Esquema desenvolvido para a configuração do elevador elétrico

A disposição encontrada igualava a melhor proposta de instalação do mercado (1600x1650mm) e utilizava uma máquina de última geração bastante mais económica e pequena do que nas versões anteriores.

Apesar de ser uma nova solução, a sua validação estava também dependente da capacidade de redesenhar quer os contrapesos quer as arcadas no sentido de cumprirem os seus objetivos funcionais dentro dos limites dimensionais impostos pelo novo sistema.

4.3. REENGENHARIA DOS COMPONENTES FABRICADOS

A análise feita anteriormente ao processo produtivo das arcadas e contrapesos permitiu perceber, através de conceitos associados à TOC e Lean, que a matéria-prima em causa limitava a eficiência dos processos produtivos. Sendo as operações de pintura (em ambos os casos) os gargalos do processo produtivo, um dos grandes objetivos no desenvolvimento das novas arcadas foi eliminar estas operações. O desenvolvimento partiu da conjugação de várias informações tendo a análise ao processo anterior contribuído de forma relevante no sentido de evitar ao máximo os possíveis desperdícios da produção, aumentando o acréscimo de valor. Outros das metodologias utilizadas no desenvolvimento que não teriam um impacto imediato no processo produtivo (pelo menos no tipo de análise a que nos propusemos) foi o fato de a



normalização ter tido uma participação importante na conceção dos produtos. Existiu uma forte preocupação relativamente ao número de peças diferentes, peças universais (utilização em diferentes produtos) que deverão no futuro ter por exemplo um impacto substancial na organização de *stocks*.

4.3.1. Arcadas

Relativamente às arcadas o objetivo do desenvolvimento consistia numa solução onde a utilização de chapa quinada fosse prioritária possibilitando uma fabricação mais automatizada e simples, e ainda um produto mais limitado ao nível de dimensões.

O desafio era fundamentalmente uma arcada mais pequena e menos robusta mas que no fundo conseguisse cumprir as funções da arcada anterior.

Após algumas semanas de desenvolvimento com o cruzamento de informações de projeto, fornecedores, instaladores, cálculos de resistência (Anexo A), etc. foi possível fabricar a primeira arcada V2011 (de acordo com as suas limitações identificadas na nova configuração) e proceder a testes de resistência e conforto.

Esta arcada resultou na combinação de informação de vários sectores tendo sempre como objetivo a maximização de potencialidades nas diversas áreas. Conceitos de normalização e automatização da produção estiveram sempre presentes numa perspetiva do departamento fabril, redução do custo de componentes e formas de maximizar a montagem estiveram também em consonância durante o desenvolvimento.

O resultado mostra-nos uma arcada feita integralmente em chapa, bastante mais leve do que a anterior (passou de 380kg para 250 kg) e bastante mais fácil de montar perspetivando-se ganhos substanciais na sua produção (Figura 23).

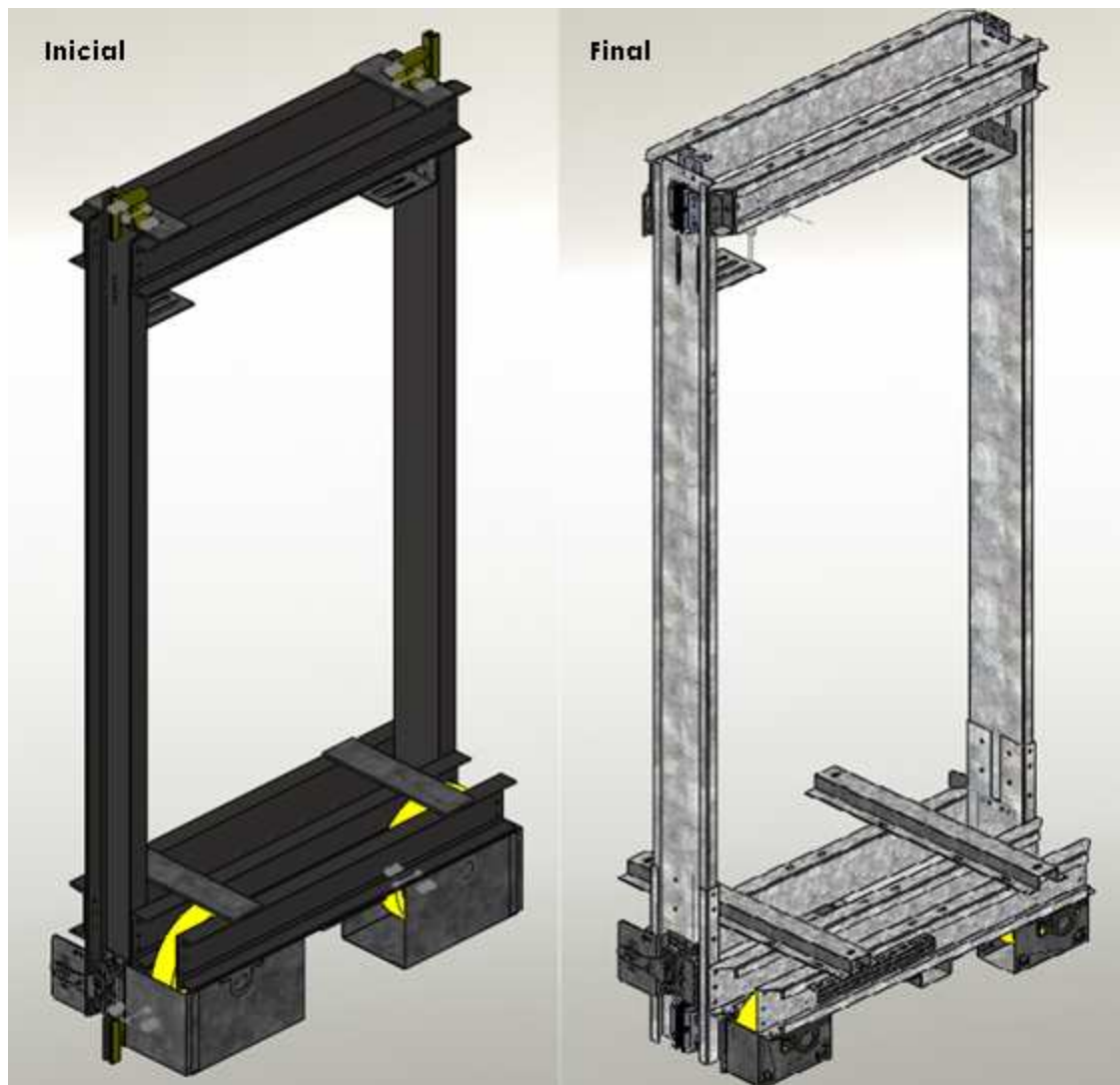


Figura 27 – Arcadas: Solução Inicial vs. Solução Final

A utilização de chapa em toda a sua estrutura possibilita a utilização da puncionadora na fase inicial de produção. Isto faz com que todas as operações de furar e cortar sejam feitas automaticamente pela máquina reduzindo o tempo substancialmente. Para além das operações serem mais rápidas, o risco de erro deverá decrescer significativamente dado que a máquina apresenta uma precisão de décimas de milímetro. Outra das vantagens do uso de chapa galvanizada é a eliminação das operações de pintura e secagem que pelos dados obtidos se mostravam como as operações de maior duração.

O desenvolvimento desta arcada contou também com uma forte componente de normalização. A sensibilidade para esta área possibilitou por exemplo a eliminação de montantes esquerdos e direitos, travessas superiores ou inferiores, etc. O resultado mostra-nos uma arcada com



travessas universais (para qualquer posição da arcada), montantes universais (para qualquer lado), blindagens das rodas universais (para qualquer lado), entre outros componentes possibilitando ainda a utilização destes componentes em arcadas com diferentes entre guias ou diferentes capacidades de carga.

Outro ponto importante a salientar, fruto da engenharia simultânea, é a utilização de rodas de menor dimensão provocando ainda uma maior redução de peso da estrutura e uma maior facilidade de montagem no fabrico.

Se verificarmos o processo da arcada antiga apercebemo-nos que a operação de montagem apenas serviria como verificação não acrescentando valor à produção. Nesta nova arcada para além do processo de montagem estar facilitado devido ao inferior peso das peças e à menor probabilidade de erros (automatização da furação e corte), a sua montagem é tida como valor acrescentado dado a arcada ir montada em 2 conjuntos para a obra. Isto permite também uma redução de custo na subcontratação de instaladores dado a montagem ser agora mais rápida em obra também.

Resumindo a nova arcada apresenta-se com enormes potencialidades não só em termos de processo de fabrico como também no impacto global do custo do elevador elétrico. As suas principais vantagens são:

- Uso de chapa galvanizada possibilitando o uso de puncionadora nas operações de corte e furação. Maior automatização do processo de fabrico perspetivando-se uma redução de custos e tempos de produção
- Menor probabilidade de erro dado as operações de corte e furação serem automatizadas.
- Eliminação das operações de maior duração do processo anterior (pintura e secagem) dado a chapa vir já com o tratamento adequado.
- Redução do peso e custo utilizando rodas de desvio com diâmetro inferior.
- Aproveitamento da operação de montagem no sentido de acrescentar valor ao produto (arcada entregue em 2 subconjuntos).

- Impacto na redução do custo de subcontratação de instaladores dado a arcada ir já pré montada.
- Número de peças diferentes reduzido possibilitando uma produção em massa e uma redução nos tempos de definição de parâmetros

4.3.2. Contrapesos

Relativamente às estruturas dos contrapesos, foi adotada a mesma filosofia de desenvolvimento. O objetivo seria conjugar vantagens no maior número de áreas possíveis maximizando assim o produto e o impacto global.

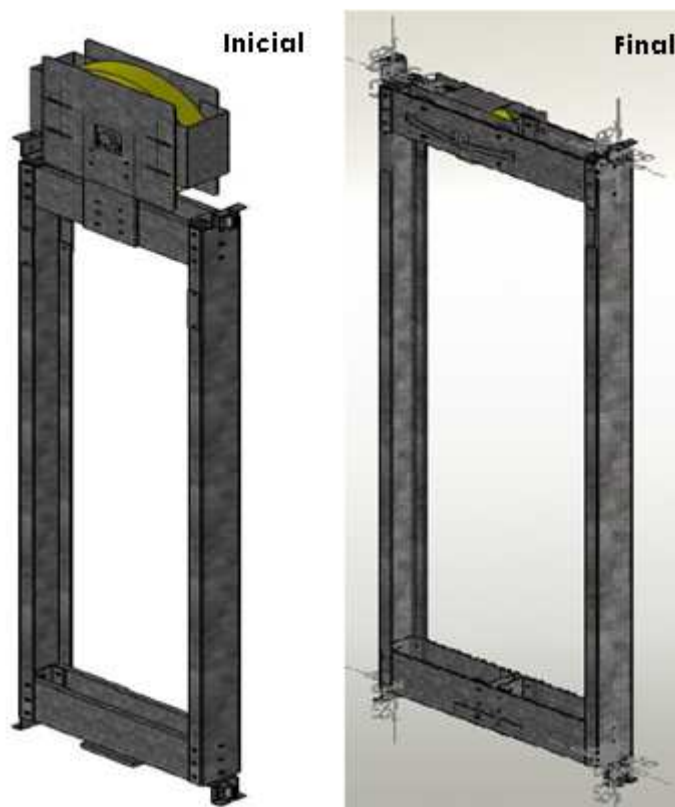


Figura 28 - Contrapesos: Solução Inicial vs. Solução Final

A utilização de chapa galvanizada permitiu tal como nas arcadas eliminar as operações de pintura e secagem.



O resultado foi um contrapeso feito integralmente em chapa e com uma montagem feita exclusivamente por parafusos o que para além da eliminação das operações referidas anteriormente permitiu ainda a eliminação de soldadura.

O uso de barra passou a ser inexistente, ficando assim a estrutura substancialmente mais leve facilitando a sua movimentação e montagem. Outra das vantagens da leveza da estrutura teve impacto também no custo da subcontratação de instaladores, dado a estrutura seguir agora completamente montada.

Tal como nas arcadas, a normalização foi uma forte componente do desenvolvimento do novo contrapeso, esta filosofia resultou numa estrutura com peças universais (direitas, esquerdas cima e baixo deixaram de existir) e de apenas 6 peças diferentes.

Podemos então resumir as vantagens (similares às novas arcadas) deste novo contrapeso em:

- O uso de chapa galvanizada possibilita a utilização da punçionadora nas operações de corte e furação, tendo como consequência operações mais rápidas e com uma menor probabilidade de erro.
- Eliminação das operações de maior duração do processo anterior (pintura e secagem) e ainda soldadura, dado a chapa vir já com o tratamento adequado e a sua montagem ser efetuada exclusivamente por parafusos.
- Redução do peso e custo utilizando roda de desvio com diâmetro inferior.
- Impacto na redução do custo de subcontratação de instaladores dado o contrapeso ir já pré montado.
- Número de peças diferentes reduzido possibilitando uma produção em massa e uma redução nos tempos de definição de parâmetros



CAPITULO V – IMPLEMENTAÇÃO DE AÇÕES DE MELHORIA E ANÁLISE DE RESULTADOS

~

5.1. ARCADAS

Após desenvolvimento e implementação dos novos produtos tendo em consideração aspetos vantajosos para várias áreas é possível analisar os resultados inerentes à mudança.

Esta análise de resultados seguirá a abordagem realizada na avaliação do sistema na fase inicial (antes da intervenção). A análise será feita através de um *Value Stream Mapping* para podermos verificar as diferenças do sistema produtivo, passando depois aos cálculos dos indicadores de desempenho referidos no início do capítulo III (Lead Time médio, Custo Médio de Recursos Utilizados, Custo Médio de Matérias-Primas Utilizadas, Custo Médio de Componentes Utilizados).

Os valores atribuídos no VSM foram obtidos através de medições e são valores médios do fabrico de 5 arcadas *standard* entre guias 1200 (capacidade 675 kg).

Foram então obtidos os seguintes valores médios no acompanhamento da produção (em períodos diferentes) de 5 arcadas.

Tabela 17 - Tempos Médios obtidos no acompanhamento de 5 arcadas (Versão Final)

	Puncionar	Quinar	Montar	Embalar
Tempo de Parâmetros	62 min.	43 min.	69 min.	22 min.
Tempo de acréscimo de valor	31 min.	34 min.	41 min.	12 min.
Tempo Total por secção	93 min.	77 min.	112 min.	34 min.

Tempo Total de Operações	316 min. = 1/2 dia aprox.
Lead Time Médio	1003min. = 2 dias aprox.

É possível através das tabelas obtidas identificar imediatamente uma redução substancial quer do tempo de operações quer do lead time médio.

5.1.1. Value Stream Mapping

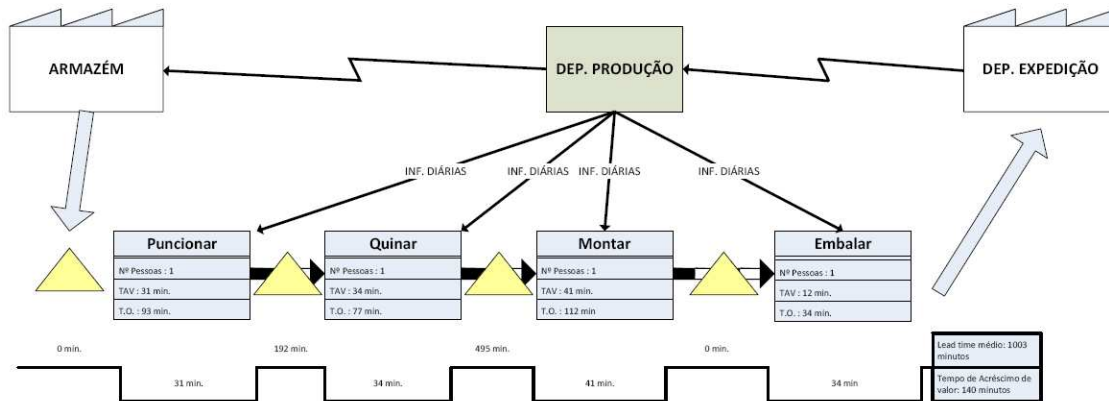


Figura 29 - VSM final Arcadas

Através do VSM é possível verificar uma redução drástica no número de operações e também no WIP (medido em tempo médio). A percentagem de acréscimo de valor também obteve uma subida significativa passando de 5% para 11,7%.

Outro ponto importante a referir é o fato de na operação de montagem, para além da redução do tempo de operação, existe agora acréscimo de valor. Isto deve-se à forma como a arcada foi desenvolvida e pensada de modo a seguir pré-montada para a obra, obtendo reduções também na subcontratação do serviço de instalação.

De seguida são apresentadas as tabelas e cálculos relativamente aos indicadores de desempenho. Os dados utilizados no cálculo dos indicadores de desempenho são correspondentes a dados obtidos entre Setembro de 2010 e Setembro de 2011 (através do uso de PHC).

5.1.2. Lead Time Médio

Relativamente ao Lead Time Médio foi possível identificar neste período, 20 ordens de fabrico para arcadas com capacidade para 675 kg.

Os valores obtidos estão representados na tabela seguinte:

Tabela 18 - Dados PHC: somatório do Lead Time despendido nas arcadas (Setembro 2010 a Setembro 2011)

Tempo total dispendido	20239 minutos
Nº de arcadas fabricadas	20

Sabendo o número total de horas despendidas no fabrico de arcadas e sabendo o número de arcadas produzidas, podemos então chegar ao primeiro indicador.

$$\text{LTM} = 20239 \text{ minutos} / 20 \text{ arcadas} = 1011 \text{ minutos/arcada}$$

O valor mostra-nos um valor médio ligeiramente superior ao valor medido no acompanhamento de um lote porém um valor ainda assim completamente aceitável.

5.1.3. Custo Médio de Matérias-Primas

Relativamente ao indicador do custo de matérias-primas utilizadas e como referido anteriormente é possível através do PHC identificar as quantidades e tipo de material utilizado na produção de uma determinada ordem de fabrico. Neste indicador foi então admitida como matéria-prima toda a chapa utilizada e desperdícios que não pudessem ser aproveitados.

Tabela 19 - Identificação da matéria-prima utilizada nas arcadas solução final

Material	Quantidade	Unidade
CHAPA GALV. 3000X1250X2mm	0,25	1 chapa
CHAPA GALV. 3000X1000X4mm	1,25	1 chapa
CHAPA GALV. 3000X1500X5mm	1,00	1 chapa
VEIO D50	0,5	metros

Relativamente aos dados do PHC sobre os custos de matéria-prima associados às 20 arcadas produzidas são:

Tabela 20 - Custo de matérias-primas utilizadas nas arcadas (de Setembro 2010 a Setembro 2011)

Custo Total de MP	5.058,05 €
Nº de arcadas fabricadas	20

O segundo indicador pode agora ser calculado:



CMMP = 5058,05 euros / 20 arcadas = 252,09 euros / arcada

O resultado mostra-nos um valor médio de 252,09 euros por arcada

5.1.4. Custo Médio de Componentes

O índice de componentes é também obtido pela informação contida na base de dados do PHC sendo os artigos catalogados como componentes:

Tabela 21 - Identificação de componentes utilizados nas arcadas versão final

Material	Quantidade	Unidade
ROÇADEIRAS ALUMINIO REF 152	4	unidades
ROÇADEIRA NYLON P/GUIA 16 COM	4	unidades
FIM DE C. OMRON TIPO D4N-1132	1	unidades
PARAQUEDAS ASG 100-UD	2	unidades
RODA DE DESVIO 240x8x6.5	2	unidades
PARAFUSO SEXT.ZINC. M12X30	90	unidades
PARAFUSO SEXT.ZINC. M12X50	16	unidades
FEMEA SEXT.ZINC.8.8.M12 C/FALSA	106	unidades
PARAFUSO SEXT.ZINC. M14x60	8	unidades
FEMEA SEXT.ZINC.8.8.M14	8	unidades
ANILHA DE PRESSAO 14MM	8	unidades
ANILHA DE CHAPA ZINC. 14MM	8	unidades
PARAFUSO SEXT.ZINC. M8X25 ROSCA	1	unidades
FEMEA SEXT.ZINC.8.8 M8 C/FALSA	4	unidades
PARAFUSO SEXT.ZINC. M6X12 ROSCA	8	unidades
PARAFUSO SEXT.ZINC. M6X20 ROSCA	8	unidades
FEMEA SEXT.ZINC.8.8 M6 FALSA	16	unidades
PARAFUSO SEXT.ZINC. M10X30	20	unidades
FEMEA SEXT.ZINC.8.8.M10 ZINC	20	unidades
BORRACHA APOIO ARCADA MRL	4	unidades

Relativamente aos valores obtidos através do PHC o custo de componentes por arcada foi de:

Tabela 22 - Custos de componentes utilizados nas arcadas (Setembro 2010 a Setembro 2011)

Custo Total de Componentes	7.489,30 €
Nº de arcadas fabricadas	20

Com estes dados é possível então calcular o seguinte indicador:



$$\text{CMC} = 7489,30 \text{ euros} / 20 \text{ arcadas} = 374,5 \text{ euros} / \text{ arcada}$$

5.1.5. Custo Médio de Recursos Utilizados

Relativamente ao custo médio de recursos utilizados, o cálculo deste indicador é bastante importante no sentido de podermos relacionar a redução dos tempos de operação com o custo dos novos recursos utilizados.

Sabendo através da tabela apresentada no capítulo II os custos homem/máquina de cada operação e utilizando os valores do acompanhamento dos 5 arcadas, podemos agora calcular o custo médio desses recursos em cada arcada.

Tabela 23 - Cálculo do Custo médio de recursos utilizados nas arcadas versão final

Operações	Custo Homem/máquina/hora	Tempo de Operar(h)	Custo
Puncionar	50,00 €	1,55	77,50 €
Quinar	30,00 €	1,28	38,40 €
Montar	10,00 €	1,9	19,00 €
Embalar	10,00 €	0,56	5,60 €
			140,50 €
			TOTAL

O custo médio obtido através da produção da nova arcada é então de:

$$\text{CMRU} = 140,50 \text{ euros} / \text{ arcada}$$

Sintetizando, os quatro indicadores de desempenho:

Lead Time Médio: 1011 minutos / arcada

Custo Médio de Matérias-Primas: 252,09 euros / arcada

Custo Médio de Componentes: 374,05 euros / arcada

Custo Médio dos Recursos Utilizados: 140,5 euros / arcada

5.2. CONTRAPESOS

Relativamente ao desempenho produtivo dos contrapesos, foram seguidos os passos executados anteriormente nas arcadas.

O início desta análise foi feito através do acompanhamento de um lote de 5 unidades dos novos contrapesos. Os valores médios obtidos foram de:

Tabela 24 - Tempos médios obtidos no acompanhamento da produção de 5 contrapesos (solução final)

	Puncionar	Quinar	Montar	Embalar
Tempo de Parâmetros	38 min.	23 min.	54 min.	10 min.
Tempo de acréscimo de valor	17 min.	20 min.	21 min.	3 min.
Tempo Total por secção	55 min.	43 min.	75 min.	13 min.

Tempo Total de Operações	186 min. = 1/3 dia aprox.
Lead Time Médio	428min. = 1 dia aprox.

5.2.1. Value Stream Mapping

Relativamente ao WIP e tratando-se de uma situação semelhante à situação das arcadas os valores obtidos cingem-se a um valor médio temporal relativamente aos tempos de espera entre secções e está representado no VSM que se segue.

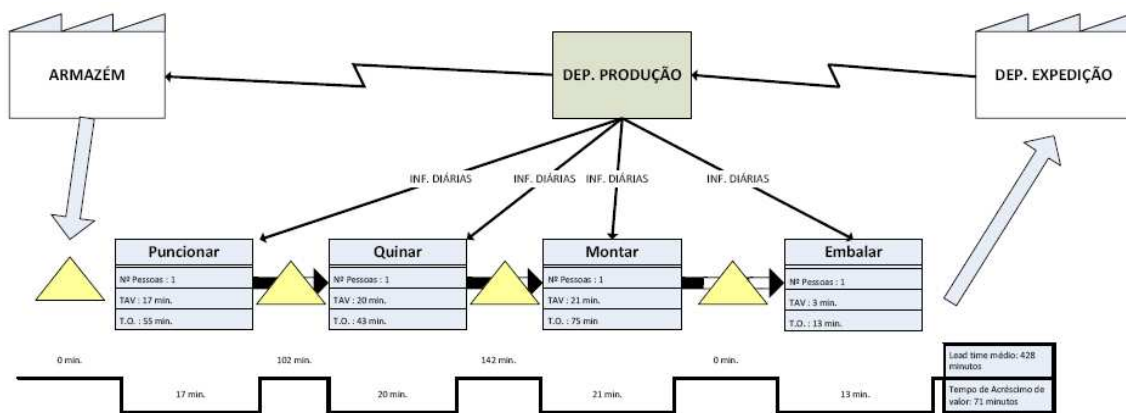


Figura 30 - VSM final Contrapesos

5.2.2. Lead Time Médio

Relativamente ao indicador de Lead Time Médio foi também possível obter dados recorrendo ao *software* PHC. O período sobre atenção foi como referido, Setembro de 2010 a Setembro de 2011.

Os dados de seguida mostram o tempo despendido na produção de cada contrapeso.

Tabela 25 - Dados PHC: somatório do Lead Time despendido nos contrapesos (Setembro de 2010 a Setembro de 2011)

Tempo total dispendido	9037 minutos
Nº de contrapesos fabricados	20

Sabendo o número total de horas despendidas no fabrico de contrapesos e sabendo o número de contrapesos produzidos podemos então chegar ao primeiro indicador de desempenho deste produto

$$\text{LTM} = 9037 \text{ minutos} / 20 \text{ contrapesos} = 451,5 \text{ minutos/contrapeso}$$

O resultado mostra-nos um valor bastante aproximado do obtido no acompanhamento dos 5 contrapesos.

5.2.3. Custo Médio Matérias-Primas

Relativamente ao indicador de matérias-primas é também possível através do PHC identificar as quantidades e tipo de material utilizado na produção de uma determinada ordem de fabrico. Apesar dos contrapesos serem também semelhantes entre si gastando as mesmas matérias-primas os seus valores alteram ligeiramente devido a descontos, desvalorização/valorização da chapa, etc.

A lista de material gasto num contrapeso apresenta todos os componentes e material utilizado sendo que para este cálculo foram apenas identificados os materiais considerados brutos sendo os restantes artigos contabilizados no índice seguinte.

Relativamente aos dados desta lista, é possível identificar como matéria-prima toda a chapa utilizada.

Tabela 26 - Identificação da matéria-prima utilizada nos contrapesos versão final

Material	Quantidade	Unidade
CHAPA GALV. 3000X1250X2mm	0,10	1 chapa
CHAPA GALV. 3000X1000X4mm	0,75	1 chapa
CHAPA GALV. 3000X1500X5mm	0,50	1 chapa
VEIO D50	0,5	metros

Recorrendo a valores obtidos através do PHC é então possível identificar os custos de matéria-prima nos contrapesos produzidos entre Setembro de 2010 e Setembro de 2011.

Tabela 27 - Custo de Matérias-Primas utilizadas nos contrapesos (Setembro 2010 a Setembro 2011)

Custo Total de MP	2.794,50 €
Nº de contrapesos fabricados	20

O segundo indicador pode agora ser calculado:

$$\text{CMMP} = 139,73 \text{ euros / contrapeso}$$

O resultado mostra-nos um valor médio de 139,73 euros por contrapeso.

5.2.4. Custo Médio Componentes

O indicador de desempenho relativamente ao custo médio de componentes é também obtido pela informação contida na base de dados do PHC sendo os artigos catalogados como componentes:

Tabela 28 - Identificação dos componentes utilizados nos contrapesos versão final

Material	Quantidade	Unidade
COPO LUBRIFICAÇÃO DONATI	2	unidades
RODA DE DESVIO 240x8x6.5	1	unidades
GRAMPO M10 S1	2	unidades
ROÇADEIRA CONTRA-PESO NYLON	4	unidades
PARAFUSO SEXT.ZINC. M12X35	60	unidades
FEMEA SEXT.ZINC.8.8.M12 C/FALSA	60	unidades
PARAFUSO SEXT.ZINC. M10X40	11	unidades
FEMEA SEXT.ZINC.8.8.M10 ZINC	9	unidades
PARAFUSO SEXT.ZINC. M8X30 ROSCA	16	unidades
FEMEA SEXT.ZINC.8.8 M8 C/FALSA	16	unidades
PARAFUSO SEXT.ZINC. M6X25 ROSCA	8	unidades
FEMEA SEXT.ZINC.8.8 M6 FALSA	8	unidades

Relativamente aos valores obtidos através do PHC o custo de componentes por arcada foi de:

Tabela 29 - Custo dos componentes utilizados em contrapesos (Setembro 2010 a Setembro 2011)

Custo Total de Componentes	1.661,40 €
Nº de contrapesos fabricados	20

Com estes dados é possível então calcular o indicador.

$$\text{CMC} = 1661,4 \text{ euros} / 20 \text{ contrapesos} = 83,07 \text{ euros} / \text{contrapeso}$$

5.2.5. Custo Médio de Recursos Utilizados

Para este cálculo foram utilizados os valores disponibilizados pelo departamento financeiro e já referenciados no cálculo do índice de recursos utilizados das arcadas.

Tal como nas arcadas os valores assumidos para tempos de operação serão os medidos no acompanhamento dos 5 contrapesos.



Tabela 30 - Cálculo do custo médio de recursos utilizados nos contrapesos versão final

Operações	Custo Homem/máquina/hora	Tempo de Operar(h)	Custo
Puncionar	50,00 €	0,92	45,83 €
Quinar	30,00 €	0,72	21,50 €
Montar	10,00 €	1,25	12,50 €
Embalar	10,00 €	0,22	2,17 €
			82,00 €
			TOTAL

É possível então obter o último indicador de desempenho sendo ele:

$$\text{CMRU} = 82 \text{ euros} / \text{contrapeso}$$

Sintetizando, os quatro indicadores de desempenho dos contrapesos são:

Lead Time Médio: 451,5 minutos / contrapeso

Custo Médio de Matérias-Primas: 139,73 euros / contrapeso

Custo Médio de Componentes: 83,07 euros / contrapeso

Custo Médio dos Recursos Utilizados: 82 euros / contrapeso

5.3. ESTADO INICIAL vs. ESTADO FINAL

5.3.1. Arcadas

As novas arcadas conseguiram conjugar vários fatores vantajosos para os departamentos de fabrico, montagem e armazém.

A nova estrutura de suporte das cabinas apresenta-se mais leve e feita integralmente em chapa, aproveitando assim os recursos disponíveis no chão de fábrica. A sua fabricação passou de processos quase artesanais para completamente industriais e automatizados.

Os ganhos obtidos (mostrados de seguida) foram consideráveis, fruto da capacidade de adaptação do produto aos meios produtivos.

Tabela 31 - Comparação Arcada Inicial vs. Arcada Final

	Arcada Inicial	Arcada Final
Lead Time Médio	2439 minutos	1011 minutos
	5 dias	2 dias

Custo Médio MP	474,7 euros	252,1 euros
Custo Médio Componentes	511,7 euros	374,5 euros
Custo Médio de Rec. Utilizados	248,3 euros	140,5 euros

Redução do Lead Time Médio	58,55%
Redução de Custos Médios	37,87%

5.3.2. Contrapesos

Relativamente aos contrapesos, tal como nas arcadas, os seus princípios básicos de desenvolvimento foram o aproveitamento dos recursos automáticos e redução dos custos de componentes através do desenvolvimento de uma nova configuração para o elevador elétrico.

Os dados apresentados de seguida mostram os ganhos substanciais obtidos através do novo contrapeso.

Tabela 32 - Comparação Contrapeso Inicial vs. Contrapeso Final

	Contrapeso Inicial	Contrapeso Final
Lead Time Médio	1442,5 minutos	451,5 minutos
	3 dias	1 dias

Custo Médio MP	127,5 euros	139,73 euros
Custo Médio Componentes	121,6 euros	83,07 euros
Custo Médio de Rec. Utilizados	213,1 euros	82 euros

Redução do Lead Time Médio	68,70%
Redução de Custos Médios	34,06%

5.3.3. Configuração do Elevador Elétrico

Em relação aos ganhos finais no produto comercializado (Elevador Elétrico), sendo que os valores podem diferir de obra para obra, é possível verificar a redução média dos principais componentes de um elevador.

A comparação dos valores foi efetuada num elevador 630 kg, 2 pisos, cabina *standard*, sem deslocação relevante.

Os dados obtidos foram os seguintes:

Tabela 33 - Comparação de Custos da Configuração Inicial vs. Configuração Final

	Preço Médio Versão Inicial	Preço Médio Versão Final
Máquina	2.455,00 €	1.798,00 €
Arcada	1.234,70 €	767,09 €
Contrapeso	462,23 €	304,80 €
Quadro de Manobra	3.448,00 €	3.245,00 €
Montagem	1.525,00 €	1.410,00 €
TOTAL	9.124,93 €	7.524,89 €

Redução de : 1.600,04 €

A diferença de 1600 euros revela-se significativa na venda de um elevador elétrico, representando uma redução de cerca de 9% no valor total do equipamento.

É possível confirmar através das comparações anteriores que o objetivo de reduzir o custo de fabricação de arcadas e contrapesos foi conseguido. Para isso foi extremamente importante perceber que a focalização no sistema produtivo inicial, no sentido de o melhorar, não traria a redução necessária para tornar a empresa competitiva. A solução necessária passaria então pela remodelação da configuração do elevador e pela reengenharia do produto das arcadas e contrapesos. Com isto é importante referir que os princípios da TOC e *Lean* foram essenciais para perceber as limitações do processo produtivo inicial e com isso desenvolver produtos que á sombra desses mesmos conceitos se tornassem mais eficientes de produzir.



CAPITULO VI – CONCLUSÕES



O objetivo proposto no início deste projeto foi atingido com sucesso. Foi possível através de soluções baseadas nas filosofias/metodologias enunciadas na fase inicial deste projeto reduzir de forma substancial o lead time médio e custos de produção associados a 2 dos principais subprodutos da empresa.

A fase inicial deste projeto prendeu-se pela identificação dos produtos merecedores de análise aprofundada. O fato de a empresa ter durante os seus 31 anos de existência dedicado sempre mais atenção ao desenvolvimento nos elevadores hidráulicos, culminou numa falta de competitividade no ramo dos elevadores elétricos. Esta situação tornou-se alarmante dado nos últimos 5 anos o mercado dos elevadores elétricos ter crescido substancialmente devido ao início de incentivos governamentais aquando da escolha de sistemas elétricos de baixo consumo nas construções.

Em reflexo da aposta no mercado dos elevadores hidráulicos e após uma análise ao sistema de fabrico da empresa foi possível verificar uma produção quase artesanal para os componentes dos elevadores elétricos em comparação com a produção automatizada dos outros componentes. O fato destes componentes não utilizarem praticamente nenhum dos recursos automáticos disponíveis na empresa e utilizarem matéria-prima extremamente pesada indicava que estavam completamente ultrapassados.

Após algum tempo de análise foi possível perceber vários fatores que contribuíam para a não competitividade no mercado dos elevadores elétricos. A fase de análise e identificação de oportunidades de melhoria iniciou-se com o objetivo de melhorar a produtividade dos componentes produzidos e terminou com a remodelação total do sistema do elevador elétrico e respetivos componentes. A decisão de remodelar a configuração do elevador partiu do entendimento de que mesmo reduzindo o custo de produção dos componentes fabricados, a empresa não seria competitiva no mercado dos elevadores elétricos.

A reengenharia do produto mostrou-se a solução mais acertada para recuperar a empresa nesta vertente do mercado. O sucesso na fase de desenvolvimento prendeu-se maioritariamente pela capacidade de conjugar informações referentes às tecnologias existentes no mercado, às normativas em vigor e a vantagens/desvantagens nos departamentos comercial, de projeto, de fabrico e de montagem.



Em lugar de começar pelo redesenhar das arcadas e contrapesos (componentes fabricados para os elevadores elétricos), a fase de desenvolvimento começou por analisar as configurações das empresas concorrentes no mercado. O desenvolvimento partiu de um *layout* de uma caixa de elevador (com as medidas mínimas praticadas pela empresa mais competitiva nesta área) sendo este “preenchido” de acordo com as normativas em vigor e com os componentes identificados no mercado como competitivos (dimensões reduzidas, preços baixos, mesmo conforto e qualidade).

Nesta fase poderá dizer-se que o fator decisivo para o desenvolvimento restante partiu da identificação de máquinas de rodas reduzidas no mercado. O diâmetro usual utilizado na configuração elétrica da empresa era de 400mm devido ao fato de pelas normas ser obrigatório o uso de um diâmetro na roda quarenta vezes superior ao diâmetro dos cabos usados na suspensão do elevador. O ponto-chave foi a identificação de empresas produtoras de cabos de suspensão (direcionadas para o mercado de elevadores) que comercializavam cabos certificados para rodas de 210mm. Isto possibilitava uma redução substancial do tamanho da máquina assim como uma potência menor e por consequência uma redução significativa do custo da máquina. Para além destas vantagens imediatas existia também a possibilidade de reduzir custos nas rodas de desvio e ainda nos quadros de comando.

O resto do desenvolvimento prendeu-se então com o completar do sistema elétrico no *layout*, utilizando blocos referentes aos novos componentes identificados como mais vantajosos.

Após o preenchimento do *layout* com os volumes dos componentes adquiridos e fabricados foi possível perceber que seria necessário reduzir as dimensões das arcadas e contrapesos (produtos fabricados) no sentido de ser possível obter as dimensões mínimas mais competitivas do mercado.

Dado desde o início ser clara a necessidade de remodelar as arcadas e contrapesos devido à sua produção pouco eficiente, após o preenchimento do *layout* foi possível verificar que essa remodelação teria de ser feita tendo em consideração não só os recursos atuais disponíveis no fabrico (no sentido de potenciar a produção) mas também os limites dimensionais estabelecidos na nova configuração que eram mais reduzidos.



O objetivo seria, eliminar as matérias-primas como perfis de ferro e barras na produção de arcadas e contrapesos, passando a utilizar chapa quinada de 5mm no sentido de conseguirmos utilizar os recursos automáticos disponíveis, e ainda reduzir as dimensões destes produtos (largura, altura, profundidade). Em suma, redesenhar um produto com menores dimensões, que utilizasse matéria-prima menos robusta mas que mantivesse a funcionalidade.

Este projeto foi pautado por várias fases desafiantes ao longo do seu desenvolvimento. Pode-se dizer que a base do sucesso partiu da experiência adquirida na empresa, conhecimentos adquiridos no mundo académico e da capacidade de procurar e cruzar informação.

Relativamente às arcadas foi possível verificar uma redução de cerca de 58% no Lead Time Médio, passando o tempo médio de produção de uma arcada para 2 dias sensivelmente (contra 5 dias no estado inicial). Os custos de produção também obtiveram uma redução significativa de cerca de 38%.

Quanto aos contrapesos, foi possível obter uma redução no Lead Time Médio de cerca de 69%, passando o tempo médio de produção para 1 dia sensivelmente (contra 3 dias no estado inicial) e ainda uma redução nos custos de fabricação de cerca de 34% em média.

A experiência deste projeto permitiu entender que é fulcral a procura pela evolução no sentido de nos mantermos competitivos. Parte do sucesso profissional/pessoal e organizacional depende principalmente da vontade de querer, perceber, procurar, aprender, motivar, evoluir e defender os interesses da empresa identificando oportunidades de melhoria.

Ao longo do decorrer deste projeto foi também possível verificar que o cruzamento de informações aquando do desenvolvimento de algo é extremamente importante no sentido de potenciar o maior número de áreas possíveis, melhorando o ganho global da empresa.

Neste caso em específico foi importante perceber a desadequação do produto ao mercado por parte da empresa. Melhor do que procurar obter ganhos na produção existente, a reengenharia dos produtos apresentava-se como a solução com maior capacidade de obter resultados satisfatórios.



A identificação de restrições do sistema anterior, a reengenharia do produto e a engenharia simultânea foram sem dúvidas as filosofias/metodologias mais patentes no desenrolar deste projeto culminando numa solução final bastante mais competitiva.

Em termos de trabalho futuro é importante ficar patente a possibilidade de ainda melhorar mais os resultados obtidos na produção de arcadas e contrapesos, iniciando um projeto focalizado na melhoria da produção, reduzindo as perdas e aumentando o acréscimo de valor. Apesar de os conceitos de TOC e Lean estarem bem patentes no desenvolvimento dos novos produtos neste trabalho tendo como consequência a conceção de produtos com bom nível de eficiência produtiva, uma focalização mais intensa apenas no processo produtivo trará possivelmente um maior ganho para a empresa.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, A., Almeida, R., & Cogan, S. (2010). Utilizando o processo de raciocínio da Teoria das Restrições para a gestão de projectos de pesquisas e actividades científicas. *Revista Eletrônica Sistemas & Gestão*.
- Antunes Jr., J. (1998). *Em Direção a uma Teoria Geral do Processo na Administração da Produção: uma Discussão Sobre a Possibilidade de Unificação da Teoria das Restrições e a Teoria que Sustenta a Construção dos Sistemas de Produção com Estoque Zero*. UFRGS, Porto Alegre, RS: Tese de doutorado em Administração de Empresas.
- Bennet, J., & Lamb, T. (1995). Concurrent engineering: application and implementation for U.S. shipbuilding. *Ship Production Symposium*.
- Carter, D., & Baker, B. (1991). *Concurrent Engineering: The Product Development for the 1990s*. Addison Wesley.
- Cogan, S. (2007). *Contabilidade Gerencial : Uma abordagem da teoria das restrições*. Saraiva.
- Colwyn, J., & Dugdale, D. (1998). Theory of Constraints: Transforming Ideas. *British Accounting Review*.
- Corbett, T. (s.d.). Obtido em 2011, de Theory of Constraints: www.goldratt-toc.com.br
- Courtois, A., Pillet, M., & Chantal, M. (2007). *Gestão da Produção*. Lidel.
- Courtois, A., Pillet, M., & Martin, C. (2003). *Gestão da Produção*. Lidel - Edições Técnicas, Lda.
- Dettimer, H. (1997). Goldratt's Theory of Constraints: A system approach to continuous improvement. *ASQ Quality Press*.
- EBAH. (s.d.). Obtido de Eu compartilho: www.ebah.com.br
- Goldratt, E. (1997). *Critical Chain*. North River Press.
- Goldratt, E. (2003). *Production the TOC way (Revised)*. North River Press.
- Goldratt, E., & Cox, J. (1984). *A Meta*. Nobel.
- Goldratt, E., & Fox, R. (1986). *The Race*. North River Press.
- Grupo Templo. (s.d.). Obtido de Improving your organisation: www.templo.com.br
- Gustavson, R. (2010). *Production Systems Engineering*. Oxford University Press.
- Hartley, J. (1992). Concurrent engineering: shortening lead times, raising quality and lowering costs. *Productivity Press*.
- Herroelen, W., Leus, R., & Demeulemeester, E. (2002). Critical Chain Project Scheduling: Do Not Oversimplify. *Project Management Journal*.



- identificado, N. (1998). *Integrated product and process development handbook*. Washington: Department of Defense.
- Lean Way*. (s.d.). Obtido de www.leanway.com.br/jidoka.pdf
- Lessa, A., Freitas, A., & Walker, R. (2004). Soluções CIM aplicadas á Engenharia Simultânea. *Curso de Engenharia de Produção - Universidade Federal do Rio de Janeiro*.
- Liker, J. (2004). *The Toyota Way: 14 Management principles from the world freatest manufacturer*. McGraw-Hill.
- Mabin, J., & Baderstone, S. (2003). The performance of the theory of constraints methodology: Analysis and discussion of successful TOC applicatons. *International Journal of Operations and Production Management*.
- Maria dos Santos, R. (2009). *Monografia de conclusão de curso - Sistemas de Produção*. São João del Rei.
- Metro Elevator Services*. (s.d.). Obtido em 2011, de www.metroelevatorservices.com
- Monden, Y. (1998). *Toyota Production System - An Integrated Aproach to Just-in-Time (Third Edition)*. Institute of Industrial Engineers.
- Moss, K. (2007). Improving Service Quality with the Theory of Contraints. *Journal of Academy of Business and Economics*.
- Nicholas, J. (1998). *Competitive Manufacturing Management: Continious Improvement, Lean Production and Customer focused quality*. McGraw-Hill.
- NUMA. (s.d.). Obtido de Núcleo de Manufatura Avançada: www.numa.org.br
- Ohno, T. (1995). *Toyota Production System - Beyond Large Scale Produtcion*. Productivity Press.
- Pimentel, C., & Augusto, O. (2005). Engenharia Simultânea e a sua aplicação na industria naval. *Sem dados da origem de publicação*.
- Rahman, S. (1998). Theory of Contraints: A review of the philosophy and its applications. *INternational Journal of Operations and Production Management*.
- Ribeiro, H. (2007). *A meta de Goldaratt: O Alicerce da nova Contabilidade de Ganhos*. Ponte de Lima: Universidade Fernando Pessoa.
- Salvendy, G. (2001). *Handbook of Industrial Engineering: Technology and Operations Management*. Wiley-Interscience.
- Schutzer, K. (1997). Detalhamento orientado para fabricação: Base para integração de sistemas. *Máquinas e Metais*.
- Shingo, S. (1981). *A Study of the Toyota Production System*. Japan: Productivity Press.



- Shingo, S. (1988). *Non-Stock Production: The Shingo System for Continuous Improvement*. Productivity Press.
- Silva, J. (2008). *Técnicas e Ferramentas Lean*. Obtido de pt.scribd.com.
- Silva, N., & Batocho, A. (1997). O modelamento baseado em features leva á integração entre projeto e manufatura. *Máquinas e Metais*.
- Taylor, F. (1992). Principios gerais da administração científica. *Sistemas Produtivos*.
UFRGS - Produção. (s.d.). Obtido de www.producao.ufrgs.br
- Watson, J., Blackstone, J., & Gardiner, S. (2007). The evolution of a management philosophy: The Theory of Constraints. *Journal of Operations Management*.
- Winner, R. (1998). The role of concurrent engineering in weapons system acquisition. *IDA Report*.
- Wordpress*. (s.d.). Obtido de Lean Construction: www.leanconstruction.wordpress.com



ANEXO A



Stress analysis of ARCADA MRL2011

Note:

Do not base your design decisions solely on the data presented in this report. Use this information in conjunction with experimental data and practical experience. Field testing is mandatory to validate your final design. Simulation helps you reduce your time-to-market by reducing but not eliminating field tests.



Table of Contents

Table of Contents	110
List of Figures	110
Description	111
Assumptions	111
Model Information	111
Study Properties	115
Units	116
Material Properties	116
Loads and Restraints	119
Connector Definitions	119
Contact	119
Mesh Information.....	119
Sensor Results	120
Reaction Forces	120
Free-Body Forces	120
Bolt Forces	121
Pin Forces.....	121
Beams	121
Study Results.....	121
Conclusion.....	Erro! Marcador não definido.

List of Figures

ARCADA MRL2011-Simulação Arcada-Fator of Safety-Fator of Safety1.....	122
---	-----



Description

Summarize the FEM analysis on ARCADA MRL2011

Assumptions

Model Information

Document Name	Configuration	Document Path	Date Modified
ARCADA MRL2011	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\ARCADA MRL2011.SLDASM	Mon Jan 16 09:50:14 2012
Apoio do Chão-1	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\Apoio do Chão.SLDPRT	Wed May 11 11:43:12 2011
Apoio do Chão-2	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\Apoio do Chão.SLDPRT	Wed May 11 11:43:12 2011
Batente Puffer VG-1	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\Batente Puffer VG.SLDPRT	Tue May 18 09:09:04 2010
Montante Parte Cima-1	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\Montante Parte Cima.SLDPRT	Thu Aug 11 11:03:33 2011
Montante Parte Cima-2	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\Montante Parte Cima.SLDPRT	Thu Aug 11 11:03:33 2011
Montante-1	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1	Sat Jun 04



		SOLUÇÃO2011\Montante.SLDPRT	14:19:4 2 2011
Montante-2	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\Montante.SLDPRT	Sat Jun 04 14:19:4 2 2011
Sapata2-1	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\Sapata2.SLDPRT	Tue May 18 09:09:0 4 2010
Sapata2-2	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\Sapata2.SLDPRT	Tue May 18 09:09:0 4 2010
Sapata2-3	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\Sapata2.SLDPRT	Tue May 18 09:09:0 4 2010
Sapata2-4	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\Sapata2.SLDPRT	Tue May 18 09:09:0 4 2010
Travessa-1	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\Travessa.SLDPRT	Sat Jun 04 11:18:5 0 2011
Travessa-2	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\Travessa.SLDPRT	Sat Jun 04 11:18:5 0 2011
Travessa-3	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\Travessa.SLDPRT	Sat Jun 04 11:18:5 0 2011
Travessa-4	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\Travessa.SLDPRT	Sat Jun 04 11:18:5 0 2011
Travessa-5	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\Travessa.SLDPRT	Sat Jun 04 11:18:5 0 2011
calcos-1	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\calcos.SLDPRT	Mon Jan 16



			09:45:14 2012
calcos-2	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\calcos.SLDPRT	Mon Jan 16 09:45:14 2012
calcos-3	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\calcos.SLDPRT	Mon Jan 16 09:45:14 2012
calcos-4	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\calcos.SLDPRT	Mon Jan 16 09:45:14 2012
Blindagem - Guarda Cabos-1	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\Blindagem - Guarda Cabos.SLDPRT	Wed May 11 10:15:57 2011
Blindagem - Guarda Cabos-2	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\Blindagem - Guarda Cabos.SLDPRT	Wed May 11 10:15:57 2011
Blindagem - Guarda Cabos-3	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\Blindagem - Guarda Cabos.SLDPRT	Wed May 11 10:15:57 2011
Blindagem - Guarda Cabos-4	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\Blindagem - Guarda Cabos.SLDPRT	Wed May 11 10:15:57 2011
Blindagem1 -1	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\Blindagem1.SLDPRT	Wed May 11 10:15:58 2011
Blindagem1 -2	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\Blindagem1.SLDPRT	Wed May 11 10:15:58 2011
Blindagem1 -3	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\Blindagem1.SLDPRT	Wed May 11 10:15:58 2011
Blindagem1	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1	Wed May 11



-4		SOLUÇÃO2011\Blindagem1.SLDPRT	10:15:58 2011
Cantoneira Universal-1	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\Cantoneira Universal.SLDPRT	Wed May 11 11:17:20 2011
Esquadros-1	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\Esquadros.SLDPRT	Tue Jan 11 16:43:07 2011
Esquadros-2	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\Esquadros.SLDPRT	Tue Jan 11 16:43:07 2011
FERROLHO PEÇA1 REFORÇO-1	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\FERROLHO PEÇA1 REFORÇO.SLDPRT	Tue Jun 22 15:22:06 2010
FERROLHO PEÇA1-1	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\FERROLHO PEÇA1.SLDPRT	Tue Jun 22 15:11:31 2010
FERROLHO PEÇA1-2	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\FERROLHO PEÇA1.SLDPRT	Tue Jun 22 15:11:31 2010
Gerval - Suporte-1	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\Gerval - Suporte.SLDPRT	Wed May 11 11:35:19 2011
PORCA PARA M20-1	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\PORCA PARA M20.SLDPRT	Tue Jun 22 15:51:43 2010
Paraquedas ASG UD-1	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\Paraquedas ASG UD.SLDPRT	Tue May 18 09:09:06 2010
Paraquedas ASG UD2-1	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\Paraquedas ASG UD2.SLDPRT	Fri Apr 08 17:03:49 2011
Roda	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\Roda	Wed May 11



D240-1		D240.SLDPRT	09:00:4 4 2011
Roda D240-2	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\Roda D240.SLDPRT	Wed May 11 09:00:4 4 2011
Suporte do Magnético-2	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\Suporte do Magnético.SLDPRT	Tue May 18 09:09:0 0 2010
Suporte do Magnético-3	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\Suporte do Magnético.SLDPRT	Tue May 18 09:09:0 0 2010

Study Properties

Study name	Simulação Arcada
Analysis type	Static
Mesh Type:	Mixed Mesh
Solver type	FFEPlus
Inplane Effect:	Off
Soft Spring:	Off
Inertial Relief:	Off
Thermal Effect:	Input Temperature
Zero strain temperature	298.000000
Units	Kelvin
Include fluid pressure effects from SolidWorks Flow Simulation	Off
Friction:	Off
Ignore clearance for surface contact	Off
Use Adaptive Method:	Off



Units

Unit system:	SI
Length/Displacement	mm
Temperature	Kelvin
Angular velocity	rad/s
Stress/Pressure	N/m ²

Material Properties

Solid Bodies

No.	Body Name	Material	Mass	Volume
1	SolidBody 1(Cut-Extrude2)	[SW]Galvanized Steel	6.31601 kg	0.000802542 m ³
2	SolidBody 1(Cut-Extrude2)	[SW]Galvanized Steel	6.31601 kg	0.000802542 m ³
3	SolidBody 1(Process-Bends1)	[SW]Galvanized Steel	5.06535 kg	0.000643627 m ³
4	SolidBody 1(Process-Bends1)	[SW]Galvanized Steel	26.475 kg	0.00336404 m ³
5	SolidBody 1(Process-Bends1)	[SW]Galvanized Steel	26.475 kg	0.00336404 m ³
6	SolidBody 1(Cut-Extrude11)	[SW]Galvanized Steel	6.05412 kg	0.000769266 m ³
7	SolidBody 1(Cut-Extrude11)	[SW]Galvanized Steel	6.05412 kg	0.000769266 m ³
8	SolidBody 1(Extrude3)	[SW]Gray Cast Iron	2.97097 kg	0.000412635 m ³
9	SolidBody 1(Extrude3)	[SW]Gray Cast Iron	2.97097 kg	0.000412635 m ³
10	SolidBody 1(Extrude3)	[SW]Gray Cast Iron	2.97097 kg	0.000412635 m ³
11	SolidBody 1(Extrude3)	[SW]Gray Cast Iron	2.97097 kg	0.000412635 m ³
12	SolidBody 1(Cut-	[SW]Galvanized	15.6946 kg	0.00199423 m ³



	Extrude8)	Steel		
13	SolidBody 1(Cut-Extrude8)	[SW]Galvanized Steel	15.6946 kg	0.00199423 m ³
14	SolidBody 1(Cut-Extrude8)	[SW]Galvanized Steel	15.6946 kg	0.00199423 m ³
15	SolidBody 1(Cut-Extrude8)	[SW]Galvanized Steel	15.6946 kg	0.00199423 m ³
16	SolidBody 1(Cut-Extrude8)	[SW]Galvanized Steel	15.6946 kg	0.00199423 m ³
17	SolidBody 1(Boss-Extrude1)	Galvanized Steel	6.95372 kg	0.000883573 m ³
18	SolidBody 1(Boss-Extrude1)	Galvanized Steel	6.95372 kg	0.000883573 m ³
19	SolidBody 1(Boss-Extrude1)	Galvanized Steel	6.95372 kg	0.000883573 m ³
20	SolidBody 1(Boss-Extrude1)	Galvanized Steel	6.95372 kg	0.000883573 m ³

Material name:	[SW]Galvanized Steel
Description:	
Material Source:	
Material Model Type:	Linear Elastic Isotropic
Default Failure Criterion:	Unknown
Application Data:	

Property Name	Value	Units	Value Type
Elastic modulus	2e+011	N/m ²	Constant
Poisson's ratio	0.29	NA	Constant
Mass density	7870	kg/m ³	Constant
Tensile strength	3.569e+008	N/m ²	Constant
Yield strength	2.0394e+008	N/m ²	Constant

Material name:	[SW]Gray Cast Iron
----------------	--------------------



Description:	
Material Source:	
Material Model Type:	Linear Elastic Isotropic
Default Failure Criterion:	Unknown
Application Data:	

Property Name	Value	Units	Value Type
Elastic modulus	6.6178e+010	N/m ²	Constant
Poisson's ratio	0.27	NA	Constant
Shear modulus	5e+010	N/m ²	Constant
Mass density	7200	kg/m ³	Constant
Tensile strength	1.5166e+008	N/m ²	Constant
Compressive strength	5.7217e+008	N/m ²	Constant
Thermal expansion coefficient	1.2e-005	/Kelvin	Constant
Thermal conductivity	45	W/(m.K)	Constant
Specific heat	510	J/(kg.K)	Constant

Material name:	Galvanized Steel
Description:	
Material Source:	
Material Model Type:	Linear Elastic Isotropic
Default Failure Criterion:	Max von Mises Stress
Application Data:	

Property Name	Value	Units	Value Type
Elastic modulus	2e+011	N/m ²	Constant
Poisson's ratio	0.29	NA	Constant
Mass density	7870	kg/m ³	Constant



Tensile strength	3.569e+008	N/m ²	Constant
Yield strength	2.0394e+008	N/m ²	Constant

Loads and Restraints

Fixture

Restraint name	Selection set	Description
Fixed-1 <Sapata2-4, Sapata2-3, Sapata2-2, Sapata2-1>	on 4 Face(s) fixed.	

Load

Load name	Selection set	Loading type	Description
Force-1 <calcos-1, calcos-2, calcos-3, calcos-4>	on 4 Face(s) apply normal force 12000 N using uniform distribution	Sequential Loading	

Connector Definitions

No Connectors were defined

Contact

Contact state: Touching faces - Free

Global Contact	Contact component: on ARCADA MRL2011
Description:	

Mesh Information

Mesh Type:	Mixed Mesh
------------	------------



Mesher Used:	Curvature based mesh
Automatic Transition:	Off
Smooth Surface:	On
Jacobian Check:	4 Points
Element Size:	49.254 mm
Tolerance:	2.4627 mm
Quality:	High
Number of elements:	23657
Number of nodes:	48902
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:18
Computer name:	PRT-JUNIOR

Sensor Results

No data available.

Reaction Forces

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Body	N	0.448214	11891.2	0.537444	11891.2

Reaction Moments

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Body	N-m	0	0	0	1e-033

Free-Body Forces

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Body	N	-0.00274193	-0.0426297	0.0104961	0.0439884



Free-body Moments

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Body	N-m	0.0119087	-0.00539979	-0.0045078	0.013831

Bolt Forces

No data available.

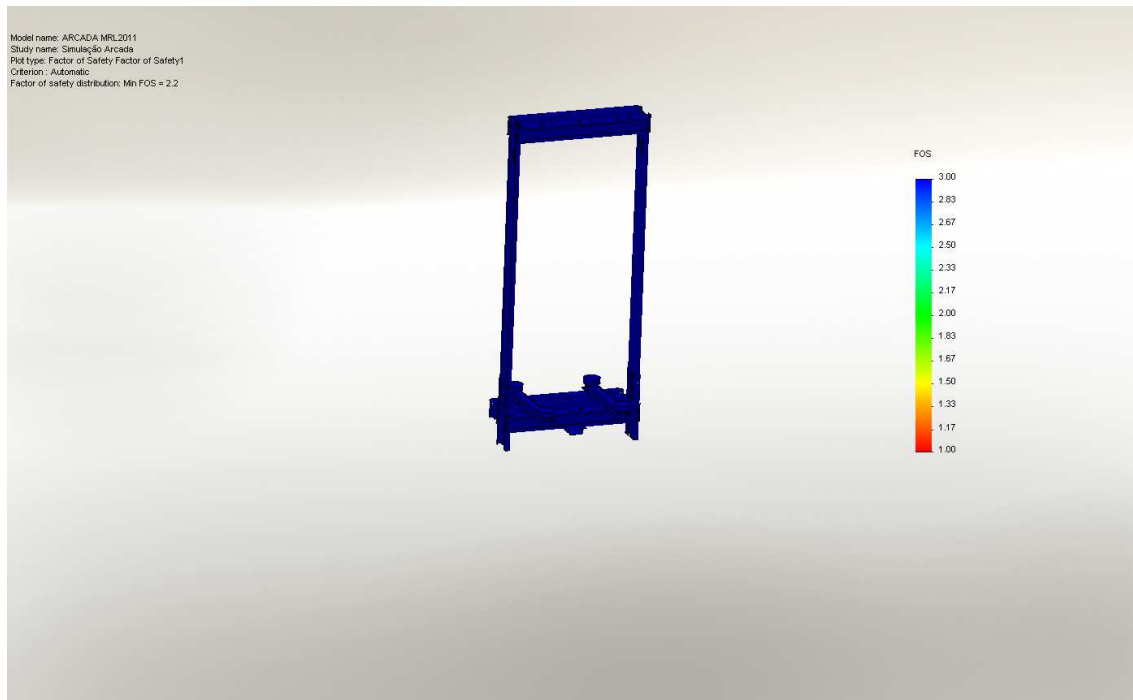
Pin Forces

No data available.

Beams

No data available.

Study Results



ARCADA MRL2011-Simulação Arcada-Fator of Safety-Factor of Safety1

Fator Mínimo de Segurança = 2.2

- Indicação de capacidade de resistência da estrutura superior à solicitada.

Próximo passo:

- Proceder a testes de carga na torre de testes



ANEXO B



Stress analysis of A CONFIG CP2011

Note:

Do not base your design decisions solely on the data presented in this report. Use this information in conjunction with experimental data and practical experience. Field testing is mandatory to validate your final design. Simulation helps you reduce your time-to-market by reducing but not eliminating field tests.



Table of Contents

Table of Contents	125
List of Figures	125
Description	126
Assumptions	126
Model Information	126
Study Properties	129
Units	130
Material Properties	130
Loads and Restraints	133
Connector Definitions	133
Contact	133
Mesh Information.....	134
Sensor Results	134
Reaction Forces	134
Free-Body Forces	134
Bolt Forces	135
Pin Forces.....	135
Beams	135
Study Results.....	135
Conclusion.....	Erro! Marcador não definido.

List of Figures

A CONFIG CP2011-Study 1-Fator of Safety-Fator of Safety1	136
--	-----



Description

Summarize the FEM analysis on A CONFIG CP2011

Assumptions

Model Information

Document Name	Configuration	Document Path	Date Modified
A CONFIG CP2011	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\CONTRAPESO\A CONFIG CP2011.SLDASM	Fri May 13 11:50:20 2011
CP Barra para Cabeçote Inferior EG 560 2010-1	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\CONTRAPESO\CP Barra para Cabeçote Inferior EG 560 2010.SLDPRT	Tue Apr 26 17:07:03 2011
CP Barra para Cabeçote Inferior EG 560 2010-2	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\CONTRAPESO\CP Barra para Cabeçote Inferior EG 560 2010.SLDPRT	Tue Apr 26 17:07:03 2011
CP Barra para Cabeçote Inferior EG 560 2010-3	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\CONTRAPESO\CP Barra para Cabeçote Inferior EG 560 2010.SLDPRT	Tue Apr 26 17:07:03 2011
CP Barra para Cabeçote Inferior EG 560	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\CONTRAPESO\CP Barra para Cabeçote Inferior EG 560 2010.SLDPRT	Tue Apr 26 17:07:03 2011



2010-4			
CP Barra para Cabeçote Superior EG 560 2010-1	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\CONTRAPESO\CP Barra para Cabeçote Superior EG 560 2010.SLDPRT	Fri May 13 10:37:21 2011
CP Barra para Cabeçote Superior EG 560 2010-2	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\CONTRAPESO\CP Barra para Cabeçote Superior EG 560 2010.SLDPRT	Fri May 13 10:37:21 2011
CP Barra para Cabeçote Superior EG 560 2010-3	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\CONTRAPESO\CP Barra para Cabeçote Superior EG 560 2010.SLDPRT	Fri May 13 10:37:21 2011
CP Barra para Cabeçote Superior EG 560 2010-4	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\CONTRAPESO\CP Barra para Cabeçote Superior EG 560 2010.SLDPRT	Fri May 13 10:37:21 2011
CP Cancela de Pesos 2010-1	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\CONTRAPESO\CP Cancela de Pesos 2010.SLDPRT	Tue Nov 02 10:35:47 2010
CP Cancela de Pesos 2010-2	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\CONTRAPESO\CP Cancela de Pesos 2010.SLDPRT	Tue Nov 02 10:35:47 2010
CP Cancela de Pesos 2010-3	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\CONTRAPESO\CP Cancela de Pesos 2010.SLDPRT	Tue Nov 02 10:35:47 2010
CP Cancela de Pesos 2010-4	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\CONTRAPESO\CP Cancela de Pesos 2010.SLDPRT	Tue Nov 02 10:35:47 2010
CP Fixação Suporte das	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\CONTRAPESO\CP Fixação Suporte das Roçadeiras 2010.SLDPRT	Thu Apr 28 16:41:2



Roçadeiras 2010-1			1 2011
CP Fixação Suporte das Roçadeiras 2010-2	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\CONTRAPESO\CP Fixação Suporte das Roçadeiras 2010.SLDPRT	Thu Apr 28 16:41:21 2011
CP Fixação Suporte das Roçadeiras 2010-3	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\CONTRAPESO\CP Fixação Suporte das Roçadeiras 2010.SLDPRT	Thu Apr 28 16:41:21 2011
CP Fixação Suporte das Roçadeiras 2010-4	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\CONTRAPESO\CP Fixação Suporte das Roçadeiras 2010.SLDPRT	Thu Apr 28 16:41:21 2011
CP Montante 2010-1	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\CONTRAPESO\CP Montante 2010.SLDPRT	Thu Apr 28 16:44:10 2011
CP Montante 2010-2	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\CONTRAPESO\CP Montante 2010.SLDPRT	Thu Apr 28 16:44:10 2011
CP Peça em U 2010-1	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\CONTRAPESO\CP Peça em U 2010.SLDPRT	Thu Apr 28 16:45:11 2011
CP Peça em U 2010-2	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\CONTRAPESO\CP Peça em U 2010.SLDPRT	Thu Apr 28 16:45:11 2011
CP Peça em U 2010-4	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\CONTRAPESO\CP Peça em U 2010.SLDPRT	Thu Apr 28 16:45:11 2011
CP Peça em U 2010-5	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\CONTRAPESO\CP Peça em U 2010.SLDPRT	Thu Apr 28 16:45:11 2011



CP Peça em U 2010-6	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\CONTRAPESO\CP Peça em U 2010.SLDprt	Thu Apr 28 16:45:11 2011
CP Peça em U 2010-7	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\CONTRAPESO\CP Peça em U 2010.SLDprt	Thu Apr 28 16:45:11 2011
CP Peça em U 2010-8	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\CONTRAPESO\CP Peça em U 2010.SLDprt	Thu Apr 28 16:45:11 2011
CP Peça em U 2010-9	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\CONTRAPESO\CP Peça em U 2010.SLDprt	Thu Apr 28 16:45:11 2011
CP Travamento da roda 2010-1	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\CONTRAPESO\CP Travamento da roda 2010.SLDprt	Fri May 13 11:06:00 2011
CP Travamento da roda 2010-2	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\CONTRAPESO\CP Travamento da roda 2010.SLDprt	Fri May 13 11:06:00 2011
CP Veio da Roda 2010-1	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\CONTRAPESO\CP Veio da Roda 2010.SLDprt	Fri May 13 11:03:24 2011
CP Barra para batente 2010-2	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\CONTRAPESO\CP Barra para batente 2010.SLDprt	Thu Apr 28 16:40:05 2011
CP Blindagem -1	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\CONTRAPESO\CP Blindagem.SLDprt	Fri May 13 10:11:37 2011
Roda-1	Default	C:\Users\juniorfernandes\Desktop\GRUPNOR\3D\Desenvolvimento de Produto\MRL 2-1 SOLUÇÃO2011\CONTRAPESO\Roda.SLDprt	Thu Apr 21 09:20:20 2011

Study Properties



Study name	Study 1
Analysis type	Static
Mesh Type:	Mixed Mesh
Solver type	FFEPlus
Inplane Effect:	Off
Soft Spring:	Off
Inertial Relief:	Off
Thermal Effect:	Input Temperature
Zero strain temperature	298.000000
Units	Kelvin
Include fluid pressure effects from SolidWorks Flow Simulation	Off
Friction:	Off
Ignore clearance for surface contact	Off
Use Adaptive Method:	Off

Units

Unit system:	SI
Length/Displacement	mm
Temperature	Kelvin
Angular velocity	rad/s
Stress/Pressure	N/m ²

Material Properties

Solid Bodies

No.	Body Name	Material	Mass	Volume
1	SolidBody 1(Cut-Extrude2)	[SW]Galvanized Steel	5.81621 kg	0.000739036 m ³



2	SolidBody 1(Cut-Extrude2)	[SW]Galvanized Steel	5.81621 kg	0.000739036 m ³
3	SolidBody 1(Cut-Extrude2)	[SW]Galvanized Steel	5.81621 kg	0.000739036 m ³
4	SolidBody 1(Cut-Extrude2)	[SW]Galvanized Steel	5.81621 kg	0.000739036 m ³
5	SolidBody 1(Cut-Extrude4)	[SW]Galvanized Steel	5.72423 kg	0.000727348 m ³
6	SolidBody 1(Cut-Extrude4)	[SW]Galvanized Steel	5.72423 kg	0.000727348 m ³
7	SolidBody 1(Cut-Extrude4)	[SW]Galvanized Steel	5.72423 kg	0.000727348 m ³
8	SolidBody 1(Cut-Extrude4)	[SW]Galvanized Steel	5.72423 kg	0.000727348 m ³
9	SolidBody 1(Extrude1)	[SW]Galvanized Steel	0.156803 kg	1.99242e-005 m ³
10	SolidBody 1(Extrude1)	[SW]Galvanized Steel	0.156803 kg	1.99242e-005 m ³
11	SolidBody 1(Extrude1)	[SW]Galvanized Steel	0.156803 kg	1.99242e-005 m ³
12	SolidBody 1(Extrude1)	[SW]Galvanized Steel	0.156803 kg	1.99242e-005 m ³
13	SolidBody 1(Boss-Extrude4)	[SW]Galvanized Steel	0.377007 kg	4.79043e-005 m ³
14	SolidBody 1(Boss-Extrude4)	[SW]Galvanized Steel	0.377007 kg	4.79043e-005 m ³
15	SolidBody 1(Boss-Extrude4)	[SW]Galvanized Steel	0.377007 kg	4.79043e-005 m ³
16	SolidBody 1(Boss-Extrude4)	[SW]Galvanized Steel	0.377007 kg	4.79043e-005 m ³
17	SolidBody 1(Process-Bends2)	[SW]Galvanized Steel	17.6207 kg	0.00223897 m ³
18	SolidBody 1(Process-Bends2)	[SW]Galvanized Steel	17.6207 kg	0.00223897 m ³
19	SolidBody 1(Cut-Extrude2)	[SW]Galvanized Steel	1.09739 kg	0.00013944 m ³
20	SolidBody 1(Cut-Extrude2)	[SW]Galvanized Steel	1.09739 kg	0.00013944 m ³



	Extrude2)	Steel		
21	SolidBody 1(Cut-Extrude2)	[SW]Galvanized Steel	1.09739 kg	0.00013944 m ³
22	SolidBody 1(Cut-Extrude2)	[SW]Galvanized Steel	1.09739 kg	0.00013944 m ³
23	SolidBody 1(Cut-Extrude2)	[SW]Galvanized Steel	1.09739 kg	0.00013944 m ³
24	SolidBody 1(Cut-Extrude2)	[SW]Galvanized Steel	1.09739 kg	0.00013944 m ³
25	SolidBody 1(Cut-Extrude2)	[SW]Galvanized Steel	1.09739 kg	0.00013944 m ³
26	SolidBody 1(Cut-Extrude2)	[SW]Galvanized Steel	1.09739 kg	0.00013944 m ³
27	SolidBody 1(Extrude1)	[SW]Galvanized Steel	0.33833 kg	4.29899e-005 m ³
28	SolidBody 1(Extrude1)	[SW]Galvanized Steel	0.33833 kg	4.29899e-005 m ³
29	SolidBody 1(Boss-Extrude2)	[SW]Galvanized Steel	2.41347 kg	0.000306667 m ³

Material name:	[SW]Galvanized Steel
Description:	
Material Source:	
Material Model Type:	Linear Elastic Isotropic
Default Failure Criterion:	Unknown
Application Data:	

Property Name	Value	Units	Value Type
Elastic modulus	2e+011	N/m ²	Constant
Poisson's ratio	0.29	NA	Constant
Mass density	7870	kg/m ³	Constant
Tensile strength	3.569e+008	N/m ²	Constant
Yield strength	2.0394e+008	N/m ²	Constant



Loads and Restraints

Fixture

Restraint name	Selection set	Description
Fixed-1 <CP Veio da Roda 2010-1>	on 3 Face(s) fixed.	

Load

Load name	Selection set	Loading type	Description
Force-1 <CP Peça em U 2010-9, CP Barra para Cabeçote Inferior EG 560 2010-4, CP Barra para Cabeçote Inferior EG 560 2010-3, CP Peça em U 2010-8, CP Barra para Cabeçote Inferior EG 560 2010-2, CP Barra para Cabeçote Inferior EG 560 2010-1, CP Peça e...>	on 24 Face(s) apply normal force 16000 N using uniform distribution	Sequential Loading	

Connector Definitions

No Connectors were defined

Contact

Contact state: Touching faces - Free

Global Contact	Contact component: on A CONFIG CP2011
Description:	



Mesh Information

Mesh Type:	Mixed Mesh
Mesher Used:	Curvature based mesh
Automatic Transition:	Off
Smooth Surface:	On
Jacobian Check:	4 Points
Element Size:	75.742 mm
Tolerance:	3.7871 mm
Quality:	High
Number of elements:	12447
Number of nodes:	28798
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:17
Computer name:	PRT-JUNIOR

Sensor Results

No data available.

Reaction Forces

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Body	N	-4.10804	1.27589	14648.5	14648.5

Reaction Moments

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Body	N-m	0	0	0	1e-033

Free-Body Forces



Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Body	N	0.000344277	-0.00526675	0.00583707	0.00786947

Free-body Moments

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Body	N-m	0.0055273	-0.00321505	-0.00497481	0.00810163

Bolt Forces

No data available.

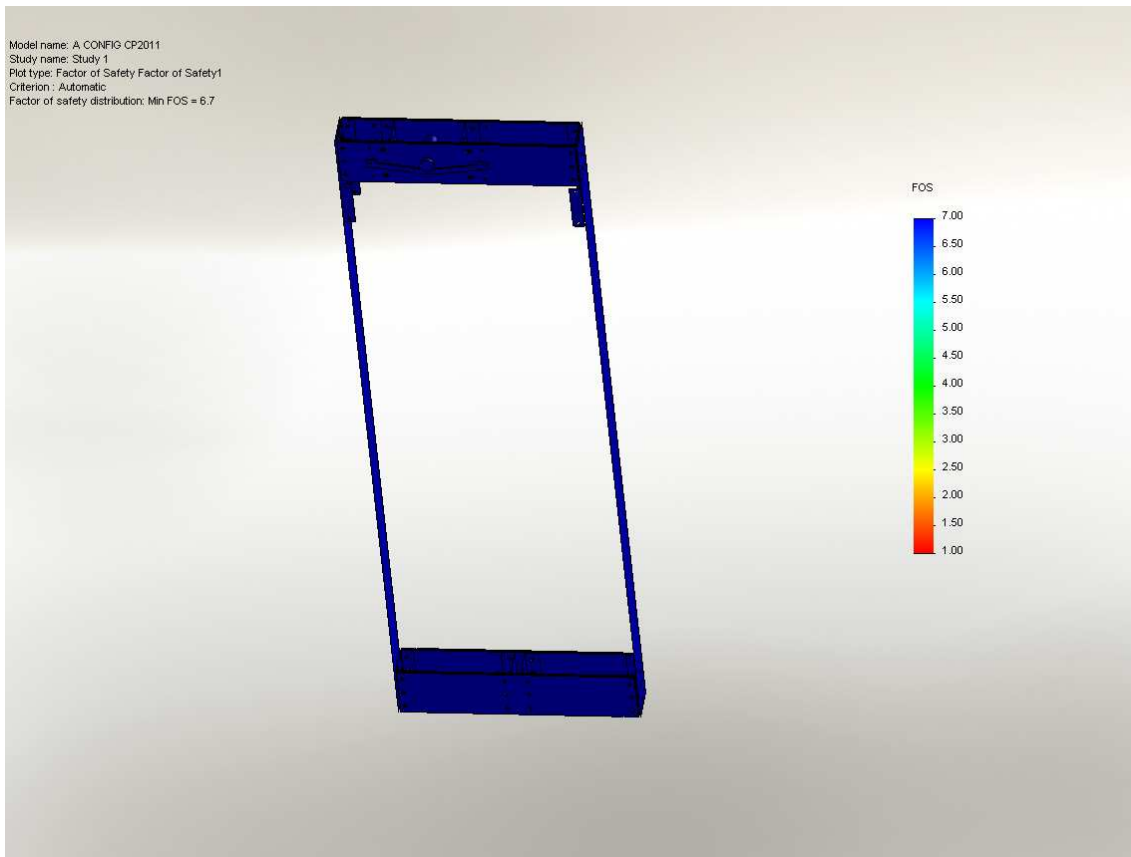
Pin Forces

No data available.

Beams

No data available.

Study Results



A CONFIG CP2011-Study 1-Fator of Safety-Fator of Safety1

Fator Mínimo de Segurança = 6.7

- Indicação de capacidade de resistência da estrutura bastante superior à solicitada

Próximo passo:

- Proceder a testes de carga na torre de testes