



Pedro Filipe Caetano Teixeira

Análise e otimização dos fluxos e  
processos do setor de desempenho numa  
empresa de produção de perfis de aço

Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial

Julho /2014



UNIVERSIDADE DE COIMBRA



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS  
E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE  
ENGENHARIA MECÂNICA

# **Análise e otimização dos fluxos e processos do setor de desempenho numa empresa de produção de perfis de aço**

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial.

**Autor**

**Pedro Filipe Caetano Teixeira**

**Orientador**

**Professor Doutor Pedro Mariano Simões Neto**

**Co-Orientador**

**Engenheiro Nélio Ricardo Sebastião Mourato**

**Júri**

<b>Presidente</b>	<b>Professor Doutor Cristóvão Silva</b> Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra
<b>Vogais</b>	<b>Engenheiro José António Gonçalves dos Santos</b> Diretor de Produção na empresa Böllinghaus <b>Engenheiro Nélio Ricardo Sebastião Mourato</b> Técnico de Turno na empresa Böllinghaus

**Colaboração Institucional**

---



**Böllinghaus Steel, S.A.**

**Coimbra, Julho, 2014**



“Se andarmos apenas por caminhos já traçados, chegaremos apenas aonde os outros chegaram”

Alexander Graham Bell



## **Agradecimentos**

O trabalho que aqui se apresenta só foi possível graças à colaboração e apoio de algumas pessoas, às quais não posso deixar de prestar o meu reconhecimento.

Aos meus pais e irmão, pelo orgulho demonstrado e por me apoiarem incondicionalmente em todo o meu percurso académico, criando sempre as melhores condições para o meu sucesso.

Ao Professor Doutor Pedro Neto, pela orientação, disponibilidade, motivação, e conhecimentos transmitidos.

A todos os colaboradores da Böllinghaus, pela excelente forma como me receberam e pelas condições que me proporcionaram para a realização deste trabalho.

Estou igualmente grato ao engenheiro Nélio Mourato e ao engenheiro José Santos por me terem apoiado em todos os momentos desde que entrei na organização, por toda a informação facultada, pela total disponibilidade e ajuda prestada ao longo de todo o projeto, estimulando sempre a minha reflexão e desafiando-me na procura de soluções.

Um agradecimento muito especial à Joana Novais por todo o apoio, carinho e paciência demonstrado ao longo de mais esta etapa.

Por fim, um muito obrigado a todas as pessoas que não me referi mas que de algum modo contribuíram para a realização deste trabalho.



## Resumo

Num ambiente competitivo e adverso em que o mundo empresarial se debate, distinguir-se da concorrência e alcançar uma performance superior torna-se uma questão de sobrevivência. Esta situação faz com que as organizações procurem métodos, nomeadamente na redução dos custos, na eliminação de desperdícios, na constante inovação e na excelência de produtos e serviços para a sustentabilidade dos seus negócios.

Neste contexto, as empresas que pretendem manter-se à frente da concorrência, devem esforçar-se para conseguir uma gestão eficaz dos seus recursos de modo a sustentar a sua posição no mercado e praticar ações que possibilitem a análise dos processos e a busca por melhores performances.

Entre as diversas metodologias existentes para implementar a melhoria contínua, a que mais se tem afirmado no mundo dos negócios é o Seis Sigma - DMAIC (Define-Measure-Analyze-Improve-Control), com inúmeros casos de sucesso na resolução de problemas ao nível do processo produtivo das organizações.

O propósito desta dissertação é a implementação da iniciativa Seis Sigma no setor de desempenho da Böllinghaus Steel, S.A, uma empresa do setor metalúrgico, recorrendo à metodologia DMAIC. Esta metodologia está dividida em cinco fases: a etapa Define permitiu uma descrição detalhada do processo, identificando aspetos passíveis de serem melhorados e métricas a serem utilizadas na fase Measure; na terceira fase do projeto, etapa Analyze, é feita uma análise da causa raiz do(s) problema(s), enquanto que, na etapa Improve, são apresentadas algumas ideias de melhoria; na última fase do projeto, etapa Control, são apenas referidos alguns processos a serem explorados em trabalho posterior.

**Palavras-chave:** Performance, Melhoria, Implementar, Seis Sigma, Böllinghaus Steel, DMAIC.





## Abstract

In adverse world in which industrial companies face new challenges, to be distinguished from competitors, reach a superior performance becomes a question of survival. This obligates organizations to look for methods namely cost reduction, waste elimination, constant innovation, product and service quality for their business.

In this context, companies that want to be ahead of the competition must make an effort to obtain an efficient management of resources to maintain their place in the market and execute actions that enable process analysis and the search of better performance.

Amongst diverse methods to initiate a continuous improvement six sigma – DMAIC (Define-Measure-Analyze-Improve-Control), has affirmed itself, due to innumerable success cases in solving problems concerning the organizations' productive process.

The objective of this dissertation is the application of the six sigma initiative in the straightening sector of Böllinghaus Steel, S.A, a company in the metallurgical sector using the DMAIC method. This methodology is divided into five phases: the Define stage allowed a detailed description of the process, identifying aspects to be improved and metrics to be used in the Measure phase. In the third phase of the project, Analyze stage, an analysis of the main cause of the problem is made, while in the Improve stage some ideas of improvement are presented. In the last phase of the project Control stage some processes to be explored in future work are mentioned.

**Keywords** Performance, Improvement, Application, Böllinghaus Steel, Seis Sigma, DMAIC.



## Índice

Índice de Figuras .....	xi
Índice de Tabelas .....	xiii
Siglas .....	xv
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Caso de estudo .....	1
1.2. Estrutura da dissertação .....	3
1.3. Apresentação da empresa.....	4
1.3.1. História da Empresa.....	4
1.3.1.1. Principais marcos na história da empresa .....	5
1.3.2. Produtos.....	5
1.3.2.1. Aplicações .....	6
1.3.3. Organograma .....	7
2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO .....	9
2.1. Seis Sigma.....	9
2.1.1. Definição .....	9
2.1.2. Origem.....	9
2.1.3. Seis Sigma em termos técnicos .....	10
2.1.4. Equipa seis sigma .....	12
2.2. DMAIC .....	12
2.3. 3 M's.....	14
2.4. 5S's .....	15
3. DEFINIR .....	17
3.1. Definição da equipa .....	17
3.2. Definição do problema.....	17
3.3. Definição do plano.....	18
3.4. Plano de comunicação .....	18
3.5. Descrição do setor de desempenho .....	18
3.5.1. Layout do setor de desempenho .....	21
3.6. Mapa do processo de desempenho da RDP 60 .....	22
3.7. Voz do Cliente (VOC).....	23
3.7.1. Análise de Kano .....	23
3.8. SIPOC .....	24
3.9. Síntese (DEFINIR) .....	25
4. MEDIR .....	27
4.1. Diagrama de dependências .....	27
4.2. Capacidade de produção .....	29
4.3. OEE RDP 60.....	30
4.4. Nível Sigma .....	35
4.5. Síntese (MEDIR) .....	36
5. ANALISAR.....	37

5.1.	FMEA .....	37
5.2.	Diagrama de Ishikawa .....	40
5.3.	Gráfico de Pareto .....	41
5.4.	Diagrama Spaghetti .....	44
5.5.	Cartografia de fluxos .....	45
5.6.	Síntese (ANALISAR).....	48
6.	MELHORAR .....	49
6.1.	Brainstorming .....	51
6.2.	5S's .....	53
6.3.	Propostas de melhoria.....	55
6.3.1.	Operadores afetos às operações do Forno F5 .....	55
6.3.2.	Transportes internos .....	55
6.3.3.	Equipamento para corte de pontas .....	56
6.3.4.	Alteração do berço de descarga.....	57
6.3.5.	Alteração da mesa de alimentação .....	57
6.3.6.	Prensa em contínuo .....	58
6.3.7.	Balancim.....	58
6.3.8.	Fichas de desempenho.....	59
6.3.9.	Novo layout (rotação da RC120 a 180°) .....	59
6.4.	Resultados.....	60
6.4.1.	Nível sigma .....	60
6.4.2.	OEE RC 120.....	61
6.5.	Síntese (MELHORAR).....	62
7.	CONTROLAR .....	63
8.	CONCLUSÕES.....	65
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	67
	APÊNDICE A – Plano do projeto.....	69
	APÊNDICE B – Cartografia de fluxos .....	71
	APÊNDICE C – Check List 5's .....	73
	APÊNDICE D – Plano de limpeza.....	75

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Fluxo de produto da Böllinghaus .....	2
Figura 1.2. Taxa de trabalho dos equipamentos de desempenho .....	3
Figura 1.3. Instalações da Böllinghaus Steel em Vieira de Leiria.....	4
Figura 1.4. Gama de produtos Böllinghaus .....	6
Figura 1.5. Gráfico de vendas 2013 por Continente.....	6
Figura 1.6. Aplicações dos produtos Böllinghaus .....	6
Figura 1.7. Organograma Böllinghaus Steel .....	7
Figura 2.1. Empresas que usam Seis Sigma .....	10
Figura 2.2. Esquema representativo do Seis Sigma .....	11
Figura 2.3. Esquema representativo dos 3M's .....	14
Figura 3.1. Esquema de funcionamento do processo de desempenho.....	18
Figura 4.1. Diagrama de dependências.....	27
Figura 4.2. Inputs da RDP 60 .....	28
Figura 4.3. Outputs da RDP 60 .....	28
Figura 4.4. Evolução da produção da RDP 60 nos últimos 3 anos.....	29
Figura 4.5. Produção RDP 60 em 2013 .....	30
Figura 4.6. Análise de tempos .....	34
Figura 4.7. Análise de tempos e perdas .....	34
Figura 4.8. Resultados gráficos dos 234 dias analisados.....	35
Figura 5.1. Gráfico da percentagem por tipo de aço produzido em 2013 .....	39
Figura 5.2. Gráfico da variação do tempo de processamento.....	40
Figura 5.3. Diagrama de Ishikawa.....	41
Figura 5.4. Análise de Pareto.....	42
Figura 5.5. Curva ABC.....	43
Figura 5.6. Percentagem de trabalho .....	43
Figura 5.7. Diagrama Spaghetti RDP 60 .....	44
Figura 5.8. Análise dos tempos em função da natureza do trabalho .....	47
Figura 5.9. Taxa de ocupação operador 1 .....	48
Figura 5.10. Taxa de ocupação operador 2.....	48

Figura 6.1. Diagrama Spaghetti RC 120 .....	50
Figura 6.2. Sessão de Brainstorming.....	51
Figura 6.3. Matriz importância vs custo.....	52
Figura 6.4. Arrumação da ferramenta .....	53
Figura 6.5. Arrumação de pertences.....	53
Figura 6.6. Arrumação das madeiras.....	54
Figura 6.7. Quadro de informação .....	54
Figura 6.8. Quadro 5S's .....	54
Figura 6.9. Arrumação do arame.....	54
Figura 6.10. Empilhador combilift.....	56
Figura 6.11. Máquina de corte Häberle AL350 .....	56
Figura 6.12. Berço de descarga .....	57
Figura 6.13. Mesa de alimentação automática .....	57
Figura 6.14. Arrumação de pertences.....	58
Figura 6.15. Balancim em triângulo.....	58
Figura 6.16. Resultados gráficos dos 38 dias analisados .....	60

---

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1. Nível de qualidade vs Linguagem financeira .....	11
Tabela 2.2. Definição e quantificação dos objetivos .....	13
Tabela 3.1. Definição e quantificação dos objetivos .....	17
Tabela 3.2. Principais qualidades de aço inox .....	20
Tabela 3.3. Legenda do layout do desempenho .....	21
Tabela 4.1. Valores OEE classe mundial .....	31
Tabela 4.2. Dados de produção RDP 60.....	31
Tabela 4.3. Resultados estatísticos dos 234 dias analisados.....	35
Tabela 4.4. Tabela DPMO vs Conversão para nível sigma.....	36
Tabela 5.1. FMEA .....	38
Tabela 5.2. Códigos de paragem .....	42
Tabela 5.3. Análise dos deslocamentos RDP 60 .....	45
Tabela 5.4. Análise dos tempos de operação.....	46
Tabela 5.5. Tempos em função da natureza do trabalho .....	46
Tabela 6.1. Análise dos deslocamentos RC 120.....	50
Tabela 6.2. Comparação das distâncias percorridas pelo material .....	59
Tabela 6.3. Resultados estatísticos dos 38 dias analisados.....	61
Tabela 6.4. Resultados estatísticos dos 38 dias analisados.....	61
Tabela 6.5. Comparação dos resultados .....	62





---

## SIGLAS

DMAIC – Define, measure, analyze, improve, control

FMEA – Failure mode and effects analysis

OEE – Overall equipment effectiveness

DPMO – Defeitos por milhão de oportunidades

SIPOC – suppliers, inputs, process, outputs, and customers

CTQ – Critical to quality

VOC – Voice of customer

TA – Trem aberto

TC – Trem contínuo

RPN – Risk priority number

Tdp – Tempo disponível para produção

Tp – Tempo programado

Tt – Tempo total

Tpp – Tempo de paragens programadas

Tnp – Tempo de paragens não programadas

tbp – Total de barras processadas

ip – Taxa ideal de produção

tbr – Total de barras não reprocessadas

tbr – Total de barras reprocessadas



# 1. INTRODUÇÃO

Com a atual e crescente competitividade vivida no meio industrial, as empresas procuram melhorar a performance dos seus processos, de modo a solidificarem a sua posição no mercado. Neste panorama, tem-se apresentado o Seis Sigma, que segundo Linderman (2003), é um método organizado e sistemático para melhoria dos processos e do desenvolvimento de produtos e serviços, baseado em técnicas estatísticas e científicas, como uma das metodologias mais utilizadas e com maiores taxas de sucesso. De acordo com Harry e Schroeder (2000) desde o início da década de 1980 o Seis Sigma tem sido apontado como a metodologia mais eficaz no combate à variação nos processos.

## 1.1. Caso de estudo

Este caso de estudo foi desenvolvido no setor de desempenho da empresa Böllinghaus Steel, uma empresa do setor metalúrgico. Trata-se de uma empresa flexível, sempre focada no cliente, produzindo atualmente mais de 700 perfis. Devido a esta flexibilidade, e no âmbito do projeto “Böllinghaus 2020” no qual estão previstos vários investimentos na melhoria de condições de trabalho e ambientais, a empresa encontra-se em constante evolução, sendo por vezes complexo a realização de estudos de performance, uma vez que surgem diversas limitações devido a alterações estruturais e ao limitado espaço fabril.

A elaboração deste projeto assenta fundamentalmente em duas referências bibliográficas:

- Gupta, P. e Siri, A. (2012), “seis sigma-virtualmente sem estatística”, Vida Económica, Porto.
- Castro, R.P. (2013), “Lean six sigma-Para qualquer negócio”, IST Press, Lisboa.

O processo de desempenho, tem nesta empresa um papel fundamental, pois trata-se de um setor intermédio de acabamento, tal como é possível apurar na Figura 1.1, e assim

sendo, tem que assegurar o processamento do material de modo a que este chegue na quantidade pretendida, no momento certo, com a qualidade desejada aos setores a jusante de acabamento, de outro modo, podem verificar-se quebras de produção e incumprimentos nos prazos de entrega planeados, criando insatisfação nos clientes.

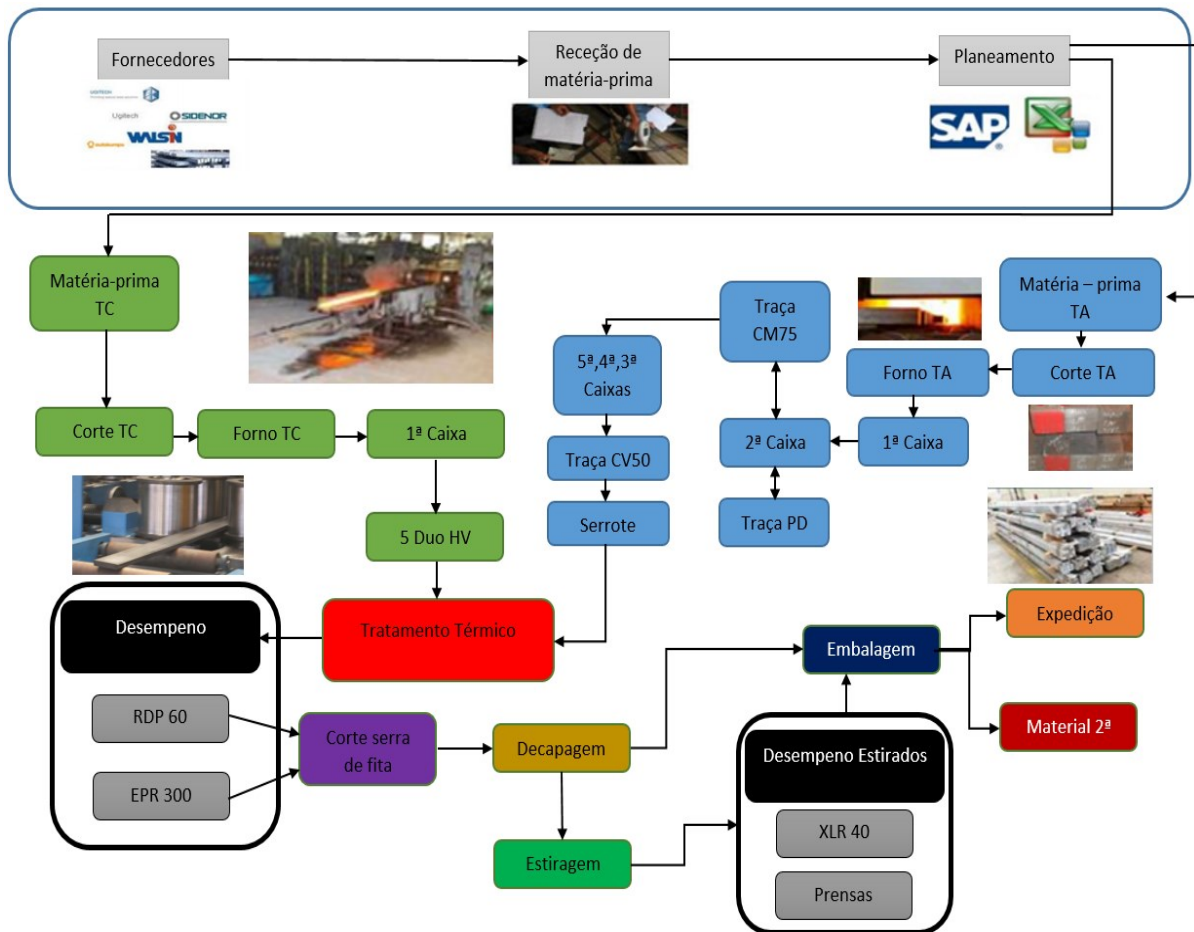
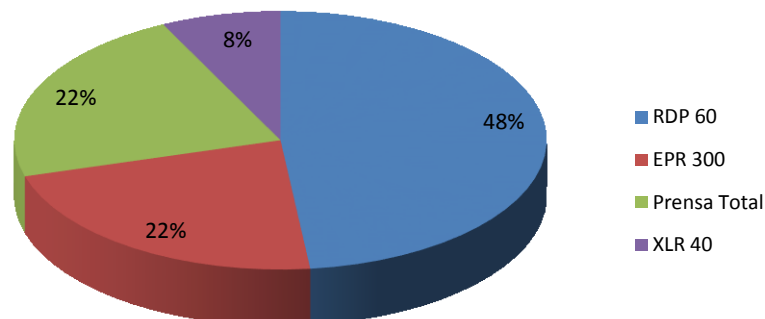


Figura 1.1. Fluxo de produto da Böllinghaus

Para melhorar o processo de desempenho, decidiu-se implementar um projeto seis sigma. No período inaugural, foi realizado um estudo dos registos de produção, referentes ao ano de 2013, onde foi possível apurar que 48% do aço é desempenado pela máquina de desempenho RDP 60, tal como podemos verificar na Figura 1.2.



**Figura 1.2.** Taxa de trabalho dos equipamentos de desempenho

Devido à comprovada dependência do setor relativamente ao equipamento RDP60 e à elevada taxa de defeitos apresentada pelo mesmo (dias com produção inferior à pretendida, 600 barras), decidiu-se que o projeto seria, nesta fase, restrito à melhoria dos fluxos e processos do equipamento em causa.

## 1.2. Estrutura da dissertação

Esta secção apresenta e resume a estrutura de cada capítulo presente na dissertação.

A dissertação está dividida em 8 capítulos.

Neste capítulo é feita uma apresentação da empresa onde decorreu o estágio que resultou no estudo para a presente dissertação.

No capítulo 2, é abordada a componente teórica da metodologia Seis Sigma – DMAIC.

Nos capítulos 3 Definir, 4 Medir, 5 Analisar, 6 Implementar e 7 Controlar, é descrito o trabalho prático desenvolvido em cada uma das fases da metodologia DMAIC.

No capítulo 8, são descritas as conclusões retiradas deste projeto.

## 1.3. Apresentação da empresa

### 1.3.1. História da Empresa



**Figura 1.3.** Instalações da Böllinghaus Steel em Vieira de Leiria (Fonte: <http://www.bollinghaus.pt/>)

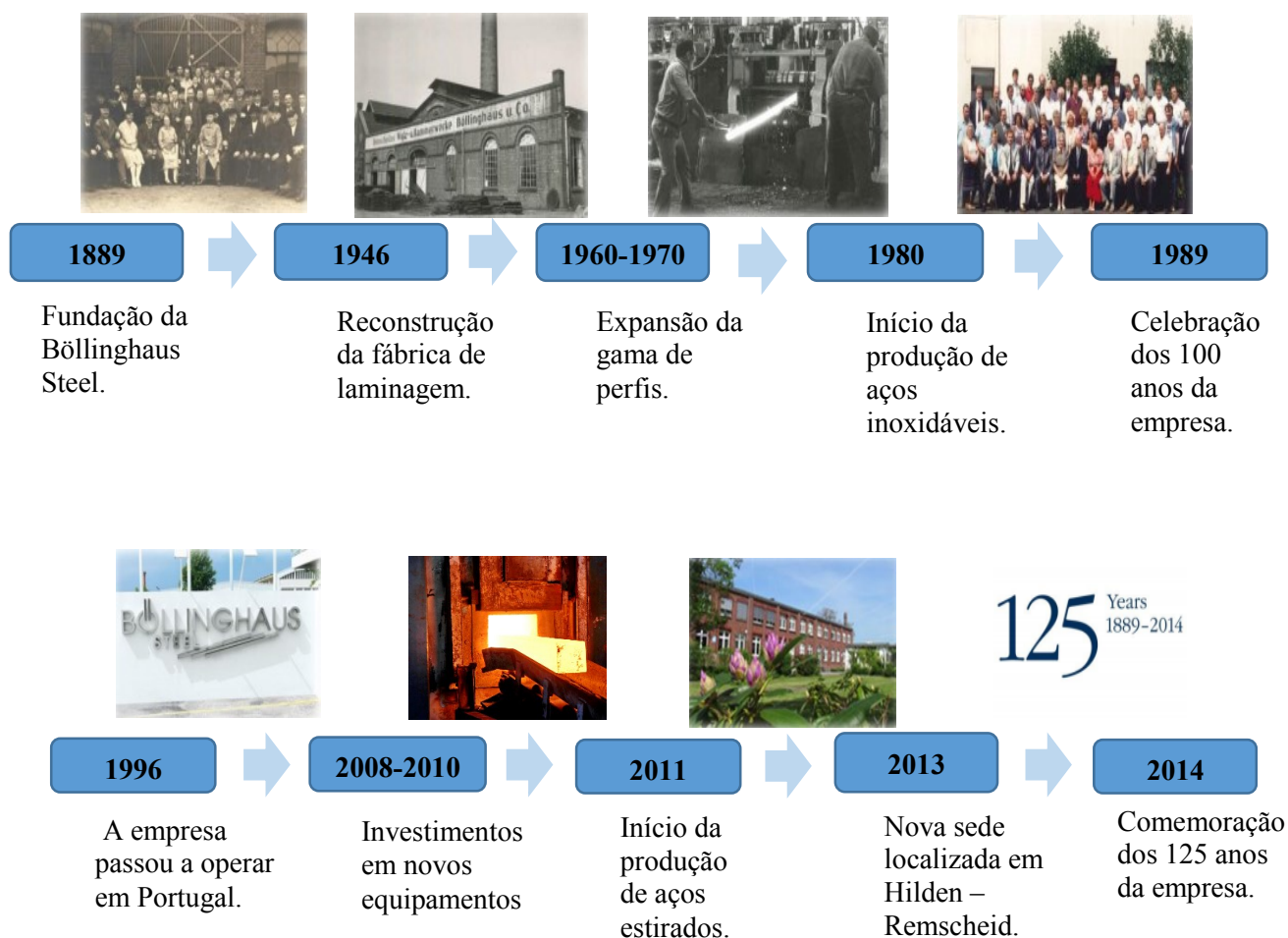
A empresa Böllinghaus Steel, fixada atualmente em Vieira de Leiria, teve origem em 1889 em Remscheid, Alemanha, tendo sido fundada por Hermann Böllinghaus e Johann Ludwig Härtel como empresa produtora de aço ferramenta. Apenas em 1980 a Böllinghaus iniciou a sua produção em aços inoxidáveis.

Em 1996, Hartwig Hartel, atualmente presidente da empresa, ingressou na Böllinghaus, com o intuito de aumentar as exportações. A empresa passou então a operar em duas fábricas, uma em Portugal e outra na Alemanha. Em 2001 a unidade de produção alemã, em Remscheid, foi fechada, mas a sede da Böllinghaus permanece até hoje na Alemanha, estando a nova sede localizada em Hilden desde Janeiro de 2013.

O grande objetivo da Böllinghaus é atingir uma quota de mercado que lhe permita maximizar a ocupação das máquinas e melhorar os equipamentos de modo a aumentar a eficácia de cada trabalhador, contribuindo assim, para a diminuição do custo de transformação por tonelada, superando a expectativa dos clientes no perfil de resposta em qualidade do produto e em prazo de entrega de toda a gama de produtos oferecidos mas também em pequenas séries de produtos especiais.

A Böllinghaus Steel é uma empresa privada de sucesso com um universo de cerca de 190 funcionários.

### 1.3.1.1. Principais marcos na história da empresa



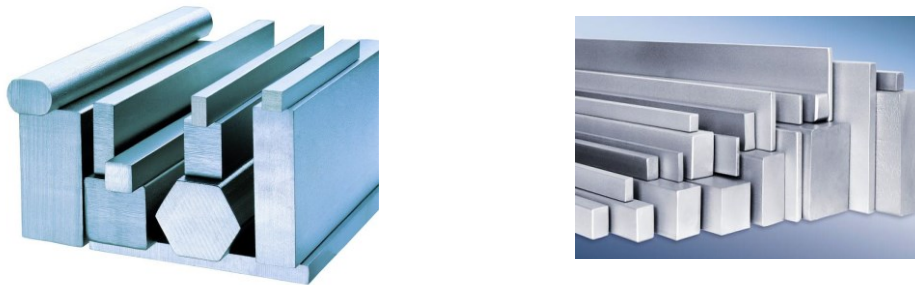
### 1.3.2. Produtos

A empresa conta já com a experiência de 125 anos no processamento de aço. A produção é totalmente orientada para as especificidades do cliente, garantindo sempre a melhor qualidade e uma grande variedade de produtos.

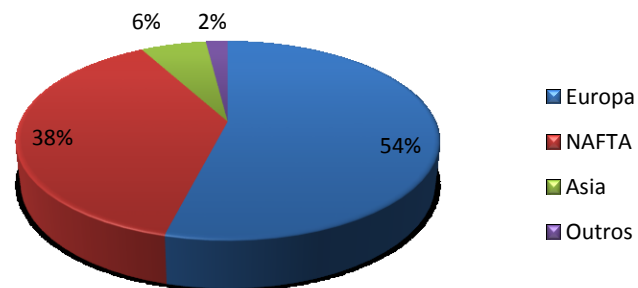
A gama de produtos incide sobre as tendências atuais do mercado, sendo eles: perfis retangulares, perfis quadrados, perfis hexagonais e especiais, Figura 1.4, podendo os produtos ser laminados a quente ou estirados. Contudo, e uma vez que a Böllinghaus trabalha de forma a garantir a inteira satisfação do cliente, são também desenvolvidos perfis especiais em estreita colaboração com os clientes.



O produto final é vendido maioritariamente para exportação sendo os principais destinos Europa e NAFTA Figura 1.5, (tratado Norte-Americano de livre comércio Estados Unidos, Canadá e México).



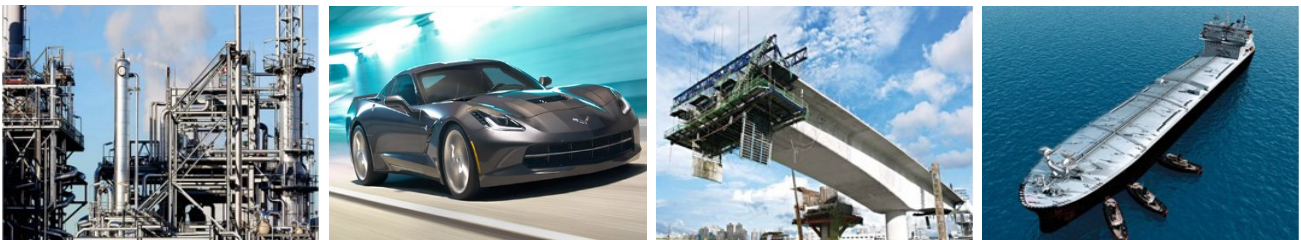
**Figura 1.4.** Gama de produtos Böllinghaus (Fonte: <http://www.bollinghaus.pt/>)



**Figura 1.5.** Gráfico de vendas 2013 por Continente

### 1.3.2.1. Aplicações

Os aços produzidos pela Böllinghaus destinam-se a diferentes aplicações, tais como, indústria química, indústria automóvel, construção, maquinaria e indústria naval.



**Figura 1.6.** Aplicações dos produtos Böllinghaus (Fonte: <http://www.bollinghaus.pt/>)





## **2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO**

### **2.1. Seis Sigma**

#### **2.1.1. Definição**

O Seis-Sigma não possui uma definição única na literatura quer académica ou de cariz empresarial (Hahn, Hoerl, e Zinkgraf 1999).

De acordo com Hoerl (1999), Seis Sigma é reduzir continuamente a variação nos processos e o objetivo é a eliminação de defeitos ou falhas de todos os produtos, serviços e processos transacionais.

Para Antony e Banuelas, 2002, o Seis Sigma é uma melhoria da estratégia do negócio usado para aumentar a rentabilidade, para diminuir as perdas, para reduzir os custos de qualidade e para melhorar a efetividade e a eficiência de todas as operações que satisfaçam ou mesmo excedam as expectativas dos clientes.

Para Marshall (2004), Seis Sigma significa reduzir o número de defeitos, a variabilidade dos processos, a melhoria dos produtos, a diminuição do tempo de ciclo, o aperfeiçoamento dos stocks, a obtenção de custos mais baixos, a satisfação dos clientes, o aumento da qualidade e a lucratividade, resultando em importantes impactos financeiros para a empresa.

No contexto global, o Seis Sigma é um processo disciplinado que, através do uso de ferramentas estatísticas, permite às organizações identificar e eliminar erros, alcançando uma vantagem competitiva sustentável através da redução da variabilidade dos seus processos ou produtos, da diminuição de tempos de ciclo, da redução de custos e principalmente do aumento da satisfação do cliente.

#### **2.1.2. Origem**

O conceito Seis Sigma teve origem na década de 80 na Motorola. O principal objetivo era tornar a empresa mais competitiva, numa altura em que a mesma se via ser

ultrapassada pela entrada de novos concorrentes, Japoneses, que produziam produtos de qualidade superior a preços mais baixos.

Na década de 90, a General Electric (GE), através do seu líder Jack Welch investiu cerca de 450 milhões de euros na implementação desta metodologia, obtendo ganhos de produtividade na ordem de 1,5 biliões de euros, o que viria a celebrar o Seis Sigma como estratégia de valor estabelecido Eckes (2001).

Tendo por base este exemplo de sucesso, esta metodologia foi adaptada a outras empresas internacionais, Figura 2.1, e hoje, o Seis Sigma é usado nas mais diversas áreas, como indústrias, bancos, telecomunicações, seguradoras, construtoras, saúde, software.



Figura 2.1. Empresas que usam Seis Sigma

### 2.1.3. Seis Sigma em termos técnicos

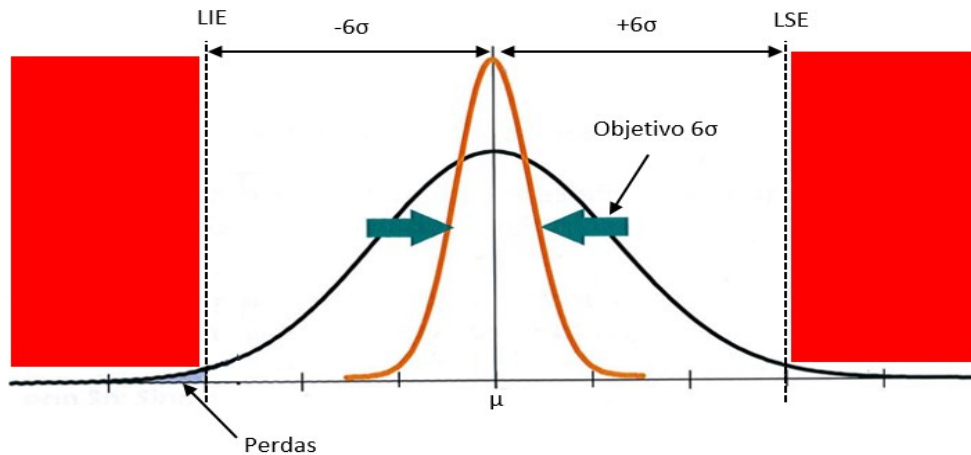
A letra sigma ( $\sigma$ ), 18ª letra do alfabeto grego, é usada na estatística como sendo uma medida de variação em torno da média.

Em qualidade, o sigma está relacionado com a variabilidade de um processo e mede o quanto os dados se inserem nos requisitos do cliente.

No Seis Sigma um defeito é algo que iniba um processo de atingir maior produtividade, isto é, sempre que exista uma oportunidade de melhoria, mesmo que o processo não produza defeitos, para o Seis Sigma este processo tem um defeito.

Para Eckes (2001), o conceito de Seis Sigma é medir quantos sigmas existem a partir da média até que ocorra um defeito. Logo, um processo Seis Sigma é aquele que tem

o limite superior de especificação e o limite inferior de especificação a seis desvios-padrão de distância da média. Assim, quanto maior o valor sigma do processo, melhores as características do processo ou produto.



**Figura 2.2.** Esquema representativo do Seis Sigma

A maioria das empresas está no nível Sigma 4, isto é, 6210 mil defeitos por 1 milhão de oportunidades o que conduz a um rendimento de 99.4%. Este nível leva a empresa a um custo de não qualidade entre os 15 a 25% da sua faturação, Tabela 2.1.

**Tabela 2.1.** Nível de qualidade vs Linguagem financeira

Nível sigma	DPMO	Rendimento (%)	Custo da não qualidade
1	697700	30.90	Não se aplica
2	308700	69.15	Não se aplica
3	66807	93.32	25 a 40%
4	6210	99.38	15 a 25 %
5	233	99.98	5 a 15%
6	3.4	99.99966	<1%

**Fonte:** Gestão de operações e serviços industriais – Cernetec (2014)

De acordo com vários analistas, dentro de escassos anos as indústrias de transformação que não estiverem a operar com um nível de qualidade próxima de Seis Sigma, estarão sem capacidade competitiva.

#### **2.1.4. Equipa seis sigma**

Segundo Rotondado et al. (2002), a equipa Seis Sigma deve ser formada por um núcleo base, de composição fixa, que serão pessoas responsáveis pelo planeamento e execução do projeto. A terminologia dada aos especialistas da equipa seis sigma são:

**Champion:** é o dono do processo a ser melhorado. Este deve compreender as teorias, os princípios e as práticas do Seis Sigma;

**Black Belt:** orientam o Green Belt na condução do grupo de trabalho e são profissionais experimentados na utilização de ferramentas e técnicas para prevenção e resolução de problemas;

**Green Belt:** a sua função é auxiliar o Black Belt na recolha de dados, no desenvolvimento de experiências e na liderança de pequenos projetos.

**Yellow e White Belts:** são profissionais do nível operacional da empresa e têm como função auxiliar o Green Belt.

### **2.2. DMAIC**

O sucesso do programa Seis Sigma é assegurado pela aplicação da metodologia do processo de melhoria denominada DMAIC.

O DMAIC é um acrónimo de Define, Measure, Analyze, Improve e Control. Esta metodologia foi desenvolvida por Edwards Deming e trata-se de uma ferramenta de gestão de projetos, que visa subdividir as diferentes fases do projeto de forma a permitir o foco no objetivo final.

#### ***Define (Definir):***

Nesta fase é identificado o processo a ser melhorado para corresponder às características críticas para o cliente elevando a sua satisfação.

#### ***Measure (Medir):***

Nesta etapa o objetivo é determinar as características que influenciam o comportamento do processo. Deve fazer-se um levantamento geral de todas as entradas do

processo sendo necessário medir com precisão a performance de cada etapa, identificando os pontos críticos e passíveis de melhoria. Em outras palavras, mede-se a capacidade atual do processo, expressa pelo seu valor  $\sigma$  (sigma).

***Analyze (Analisar):***

O intuito desta fase é identificar a causa raiz do problema, ou seja, os motivos para a diferença entre a performance atual e a meta desejada, fatores que aumentam a variabilidade do processo e que são responsáveis pela geração de defeitos.

***Improve (Melhorar):***

Nesta fase pretende-se identificar as soluções com base nas fontes de variação dos problemas, identificadas na fase Analisar. São criadas e analisadas várias alternativas, que posteriormente poderão ou não ser implementadas.

***Control (Controlar):***

Nesta última etapa deve-se empregar métodos para monitorizar as fontes de variação identificadas. O objetivo é garantir o sucesso contínuo das ações implementadas, isto para evitar que as soluções não passem de soluções temporárias.

A tabela 2.2 resume a metodologia DMAIC.

**Tabela 2.2.** Definição e quantificação dos objetivos

Fase	Objetivo	Ferramentas mais utilizadas
Definir	Definir o objetivo da atividade de melhoria.	SIPOC; VOC; Mapa de processo; Gráfico de projeto.
Medir	Medir a performance atual do processo.	Nível sigma; DPMO; Média; Pensamento estatístico.
Analisar	Identificar as causas do problema.	FMEA; Diagrama de Pareto; Diagrama de Ishikawa; Gráfico de dispersão.
Melhorar	Executar ações que melhorem o processo.	Brainstorming; Experiências comparativas.
Controlar	Planear ações que mantenham a melhoria a longo prazo.	Gráficos de controlo; Controlo estatístico do processo.



A utilização de cada ferramenta depende do problema envolvido, das informações obtidas, dos dados históricos disponíveis e do conhecimento de cada etapa do processo, sendo que não existe uma regra para a utilização de cada ferramenta numa etapa específica do processo.

### 2.3. 3 M's

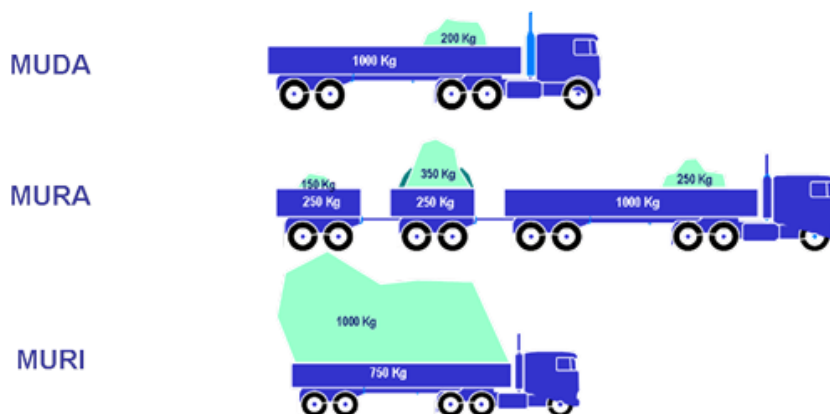
O sucesso do Seis Sigma é garantido pela estabilidade do processo, ou seja, pela redução da sua variabilidade, garantindo o seu controlo e previsibilidade, de modo a evitar sobrecargas do sistema e consequentemente diminuir a ocorrência de desperdícios.

Quando falamos de desperdícios na indústria, referimo-nos obrigatoriamente ao modelo 3M's:

MUDA: significa desperdício e diz respeito a qualquer atividade que não agrega valor ao cliente.

MURA: significa desequilíbrio e está relacionada com a variação do processo.

MURI: significa sobrecarga. Para os operadores diz respeito à sobrecarga física ou mental, sendo que para as máquinas está relacionado com a sobrecarga de produção.



**Figura 2.3.** Esquema representativo dos 3M's  
Fonte: <http://www.cetcon.de/>

## 2.4. 5S's

O modelo 5S's foi desenvolvido no Japão, na década de 60. Trata-se de uma filosofia de trabalho, que envolve todas as pessoas da organização e que tem como objetivo tornar o ambiente de trabalho agradável, seguro e produtivo através da sensibilização, disciplina e responsabilidade de todos os envolvidos.

O modelo é denominado de 5S's, porque em japonês as palavras que correspondem às cinco fases, ou sentidos, começam com a letra S: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke (Carvalho, 2011).

Seiri - senso de utilização, descarte e seleção. Este primeiro senso orienta sobre a necessidade de reflexão e análise de cada pessoa nos trabalhos de classificação daquilo que é útil daquilo que é inútil (Carvalho, 2011).

Seiton - senso de ordenação, sistematização e classificação. Uma vez que todos os objetos classificados como desnecessários já foram descartados, resta a ordenação daqueles considerados necessários, o que exige uma preocupação para com a facilidade de acesso, em virtude do tempo e do desgaste físico (Carvalho, 2011).

Seiso - senso de limpeza. O conceito de limpeza compreende também a segurança do trabalho, a utilização correta das máquinas e equipamentos, dentro das suas especificações técnicas, não causando desgastes desnecessários e, ainda, o não-uso da matéria-prima e outros materiais, acima de suas reais necessidades, sem desperdício (Colenghi, 2003).

Seiketsu - senso de saúde. O quarto S significa criar condições favoráveis para a saúde física e mental, garantindo um ambiente de trabalho livre de agentes poluentes. De acordo com Carvalho (2011), o Seiketsu é a consolidação dos ganhos obtidos com os três S's anteriores: Seiri, Seiton e Seiso.

Shitsuke - senso da autodisciplina. É o compromisso de execução de tudo aquilo que foi estabelecido. Quando existir disciplina no ambiente de trabalho, pode afirmar-se que o programa 5S's foi compreendido, reconhecido e adotado (Carvalho, 2011).

Os 5S's são uma técnica de análise e melhoria de processos, em que o seu objetivo principal consiste em suprimir os aspetos mais negativos de cada procedimento, sendo por isso, muito mais que uma simples tarefa de arrumar ou limpar.



### 3. DEFINIR

Esta é a primeira fase do DMAIC, e tem como propósito a absorção das necessidades do cliente e a definição do problema.

Segundo Porter (2001), o objetivo desta fase, consiste em definir os limites e objetivos do projeto de melhoria considerando os requisitos do cliente e dos processos que garantam o cumprimento desses mesmos requisitos.

#### 3.1. Definição da equipa

A equipa foi constituída por um champion, Bruno Pedro (diretor geral), por um black belt, José Santos (diretor de produção), por um green belt, Pedro Teixeira (autor da presente dissertação), por yellow belts, Técnicos de turno e finalmente por white belts, colaboradores do setor de desempenho.

#### 3.2. Definição do problema

O problema concentra-se na necessidade de aumentar a produtividade do setor do desempenho através da otimização dos fluxos e processos da máquina RDP 60, tendo como principais objetivos reduzir a variabilidade e o tempo médio de ciclo, permitindo desta forma reduzir o número de defeitos por milhão (DPMO), aumentando consequentemente o nível sigma do processo, potenciando assim a confiança no sistema. Foi criada a tabela 3.1 com a quantificação destes objetivos.

**Tabela 3.1.** Definição e quantificação dos objetivos

Objetivo	Inicial	Meta
Redução do tempo médio de ciclo	1247 Segundos / atado de 15 barras	1000 Segundos / atado de 15 barras
Redução do coeficiente de variação %	59.09%	20%
Redução do DPMO	602564	66807
Aumento do nível sigma	1.2	3

### 3.3. Definição do plano

A elaboração de um plano bem estruturado é essencial para uma gestão eficaz do tempo e uma focalização eficiente no objetivo primordial do projeto. Desta forma, o plano encontra-se dividido em cinco etapas, sendo estas:

- D – Definir;
- M – Medir;
- A – Analisar;
- I – Melhorar;
- C – Controlar.

O plano detalhado é apresentado no APÊNDICE A, e foi determinado tendo em conta a duração do estágio curricular, vinte e uma semanas.

### 3.4. Plano de comunicação

Para a realização de um trabalho mais eficaz, foi decidido que a equipa reuniria duas vezes por mês com o responsável do setor de desempenho para apresentar os resultados obtidos e para discutir possíveis melhorias.

### 3.5. Descrição do setor de desempenho

O desempenho é um processo Mecânico de enformação que permite modificar a forma unicamente à custa de uma redistribuição de material através da aplicação de forças.

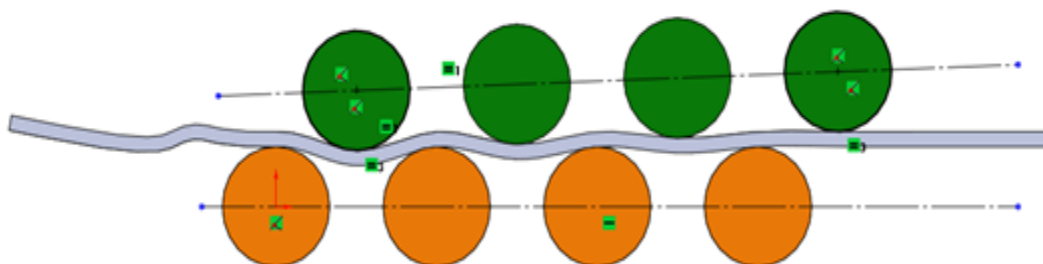


Figura 3.1. Esquema de funcionamento do processo de desempenho

Durante os processos de produção de aços que antecedem o processo de desempenho, laminagem e tratamento térmico, as barras tendem a deformar-se plasticamente. Neste setor, o que se pretende é aliviar as tensões internas localizadas, através da introdução de novas tensões, conseguindo criar um estado geral de tensões internas que compense as que foram introduzidas localmente durante os processos anteriores.

O processo de desempenho contempla a seguinte ordem de operações:

1. É elaborado o planeamento das dimensões das barras a desempenar;
2. De acordo com o planeamento, coloca-se o atado na mesa de alimentação, retiram-se as etiquetas e abre-se o atado;
3. Procede-se à afinação da máquina;
4. Desempenam-se as barras do atado. A cada 5 barras verifica-se o estado de linearidade, comprimento e a dimensão da barra;
5. O atado é cintado, identificado com as etiquetas assinaladas com o número do operador e colocado na zona de produto acabado. Regista-se o número de barras processadas e lança-se na base de dados os registos.

Após o desempenho das barras, ao verificar-se um dos exemplos referidos nas Figuras 3.2 e 3.3, leva-se a barra à prensa.

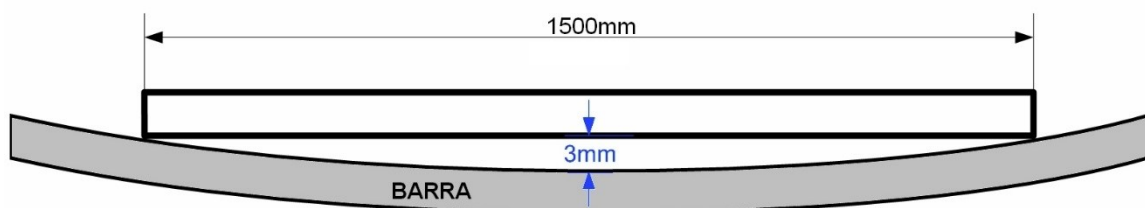


**Figura 3.2.** Defeito em S



**Figura 3.3.** Defeito em “Stick”

Se a barra desempenada apresentar um valor de empeno superior a 3 mm/1500mm, Figura 3.4, é considerado produto não-conforme.



**Figura 3.4.** Exemplo da não linearidade da barra

A tabela 3.2 apresenta as principais qualidades de aço inox produzidos na empresa Böllinghaus Steel.

**Tabela 3.2.** Principais qualidades de aço inox

DIN	Qualidade
1.4305	303
1.4571	316 Ti
1.4404	316 L
1.4307	304 L
1.4542	T 630
1.4005	416

### 3.5.1. Layout do setor de desempenho

Na figura 3.5, é possível observar com detalhe o setor de desempenho. De realçar que apesar das máquinas fresadoras e da furadora estarem afetas ao setor, estas não estão diretamente ligadas ao processo de desempenho.

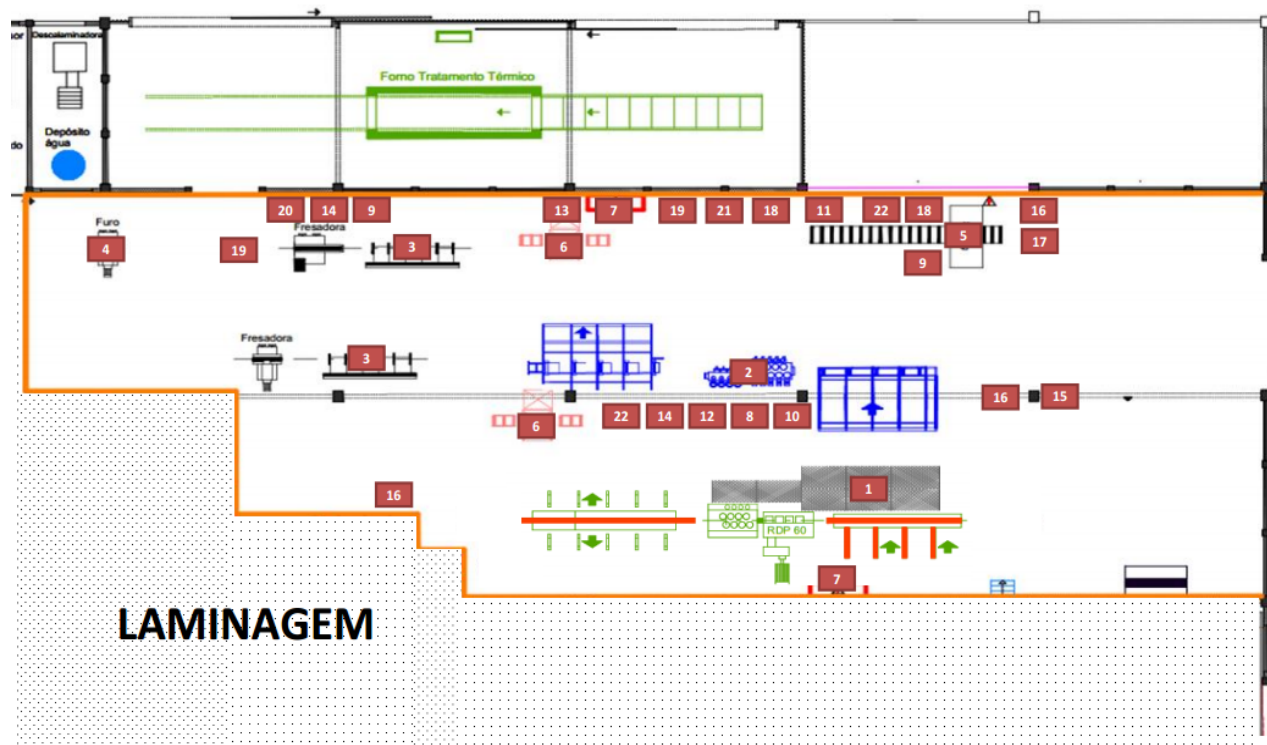


Figura 3.5. Layout do setor de desempenho

Tabela 3.3. Legenda do layout do desempenho

1- RDP 60	5- Máquina de corte	9- Caixote de resíduos banais	13- Cacifos	17- Contentor de limalha	21- Carrinho vassoura
2- EPR 300	6- Prensas	10-Ecoponto	14- Dispensador de água	18- Emulsões	22- Aspirador
3- Fresadoras	7- Quadros elétricos	11- Quadro 5S's	15- Barrotes de madeira	19- Suporte de ferramentas	
4- Furadora	8- Armário de arrumação	12- Quadro de informação	16- Contentores de sucata	20 - Secretária	



### 3.6. Mapa do processo de desempenho da RDP 60

A análise desta ferramenta estabelece o arranque da melhoria, permitindo identificar atividades do processo desconectadas ou ineficientes (Praveen, Arvin, 2012).

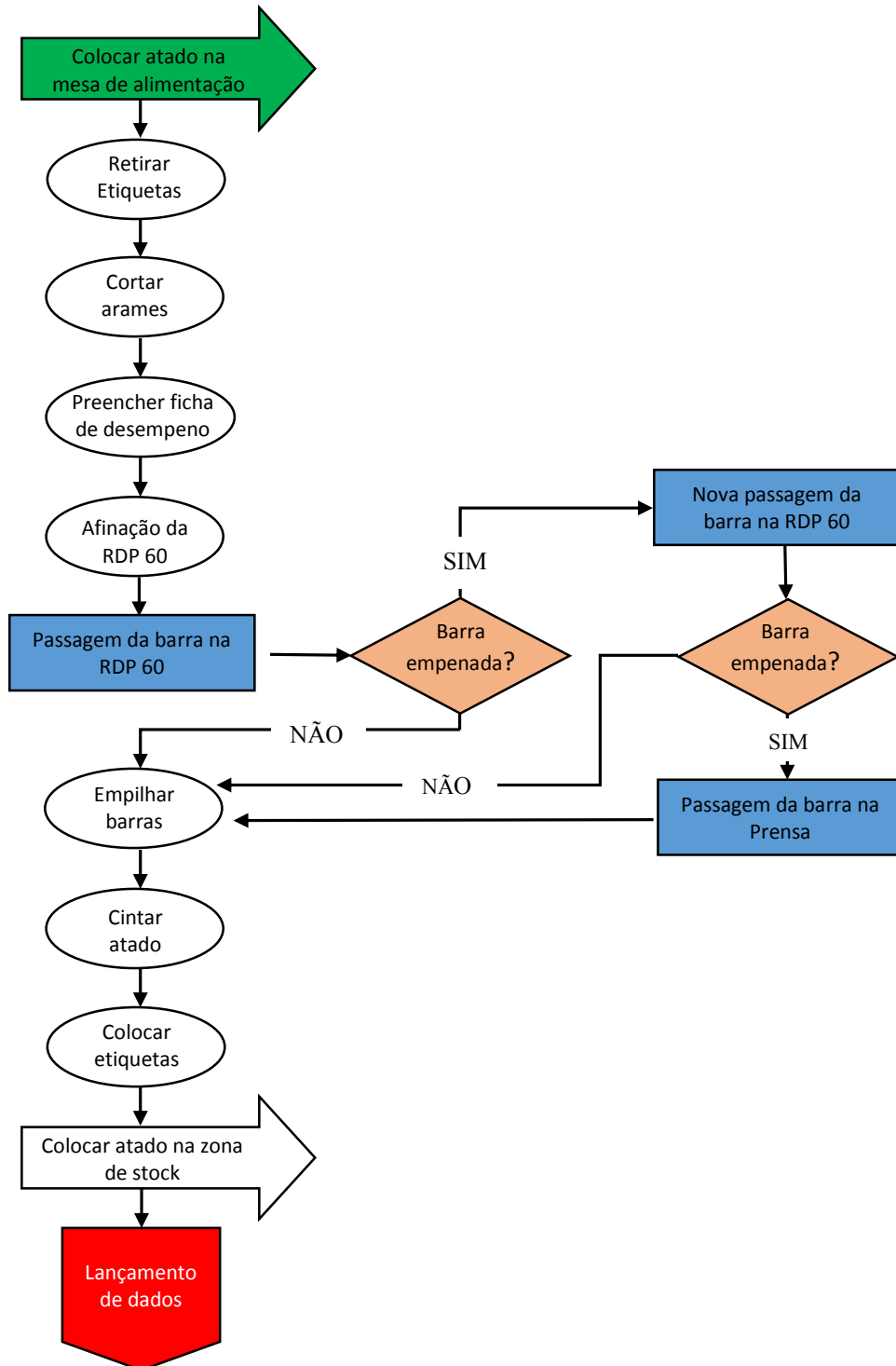


Figura 3.6. Mapa do processo de desempenho da RDP 60

### 3.7. Voz do Cliente (VOC)

A voz do cliente diz que o cliente quer a encomenda na quantidade certa, na data prevista com a qualidade pretendida.

#### 3.7.1. Análise de Kano

A ideia fundamental do modelo de Kano é que os atributos do produto e/ou serviço possam ser classificados em categorias segundo criem satisfação ou insatisfação ao cliente com o nível de performance (Huiskonen e Pirttilä, 1998).

Para Noriaki Kano (1984), os requisitos do cliente podem ser entendidos de acordo com as três seguintes categorias: requisitos básicos; desejos especificados e desejos não especificados. Ao longo do tempo, os desejos não especificados que são satisfeitos tornam-se requisitos básicos. Assim, os líderes na indústria tendem a introduzir características ou serviços superiores aos oferecidos pela maioria dos concorrentes.

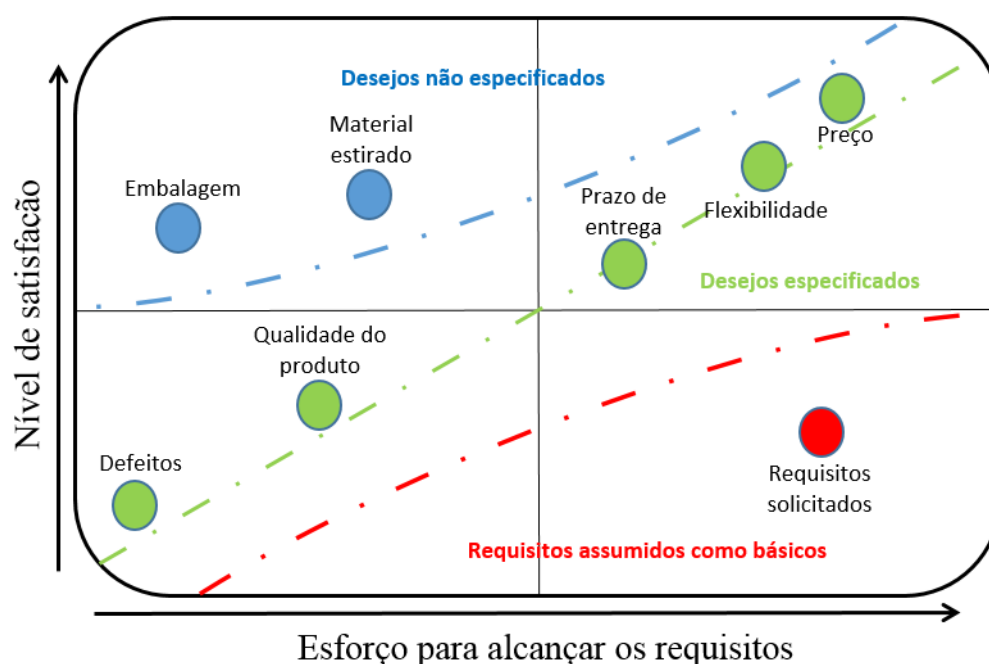


Figura 3.7. Análise de Kano

Como podemos ver pela Figura 3.7, os clientes da Böllinghaus dão enfoque ao preço, à flexibilidade e ao prazo de entrega.

Para corresponder aos desejos do cliente, é essencial elevar a eficiência e a eficácia dos processos que estão na origem dos produtos da Böllinghaus.

### 3.8. SIPOC

Um diagrama SIPOC, é uma ferramenta utilizada para identificar restrições e intervenientes que podem contribuir para o êxito ou fracasso do processo, bem como potenciais problemas associados ao mesmo (Praveen, Arvin, 2012).

A sigla SIPOC tem origem nos termos em inglês: Suppliers (fornecedores), Inputs (entradas), Process (processo), Outputs (saídas) e Customers (clientes) (PANDE, 2001).

<b>S</b>	<b>I</b>	<b>P</b>	<b>O</b>	<b>C</b>
<b>Supliers</b> (Fornecedores)	<b>Inputs</b> (Entradas)	<b>Process</b> (Processo)	<b>Outputs</b> (Saídas)	<b>Customers</b> (Clientes)
Trem Aberto Trem Contínuo Tratamento Térmico Embalagem Reprocessos Torneiros	Barras empenadas Etiquetas Rodas para a máquina	<b>DESEMPENO RDP 60</b>	Barras desempenadas Etiquetas Sucata (pontas)	Decapagem Jato Clientes particulares

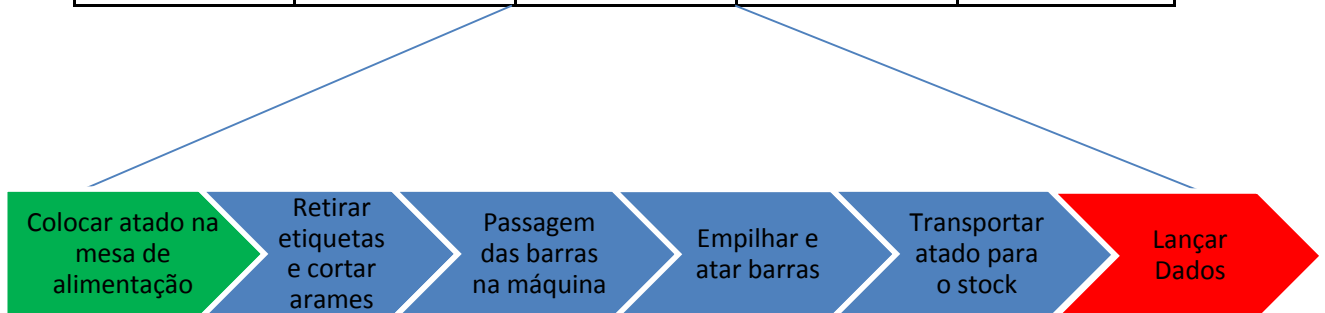


Figura 3.8. SIPOC RDP 60

### 3.9. Síntese (DEFINIR)

Problema (O QUÊ?):

- Necessidade de aumentar a produtividade do setor do desempenho através da otimização dos fluxos e processos da máquina RDP 60.

Equipa (QUEM?):

- Champion: Bruno Pedro
- Black Belt: José Santos
- Green Belt: Pedro Teixeira
- Yellow Belt: Técnicos de turno
- White Belts: Colaboradores do setor de desempenho

Objetivos e metas (PARA ONDE?):

- Redução do tempo médio de processamento de 1247 seg. para 1000 seg.
- Redução do coeficiente de variação de 59.09% para 20%.
- Redução do DPMO de 602564 para 66807.
- Aumento do nível sigma de 1.2 para 3



## 4. MEDIR

Na fase Medir, estabelecem-se as fontes de informação, o ponto de partida para a oportunidade de melhoria (Praveen, Arvin, 2012).

O objetivo desta fase consiste em medir a performance atual do processo de forma a definir a sua eficiência. É essencial garantir que os dados relevantes são recolhidos e que correspondem à realidade.

### 4.1. Diagrama de dependências

Com o intuito de fazer uma aproximação mais coerente ao problema, foi decidido fazer uma abordagem global ao processo.

Considerando o período mensal do ano de 2013, foi elaborado o diagrama da Figura 4.1.

Este tipo de abordagem permitiu verificar as dependências entre vários processos afetos ao equipamento RDP60.

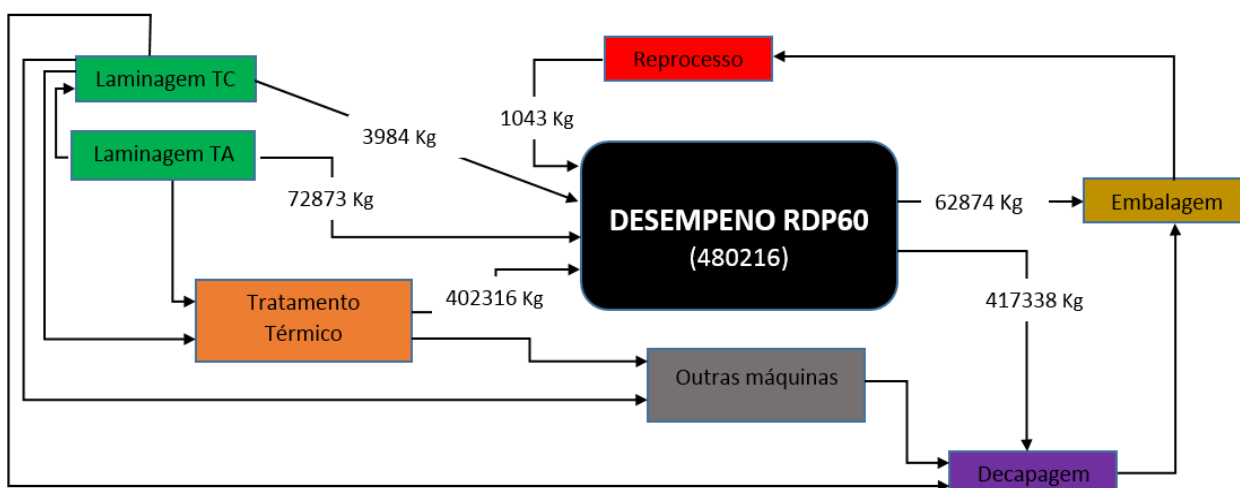
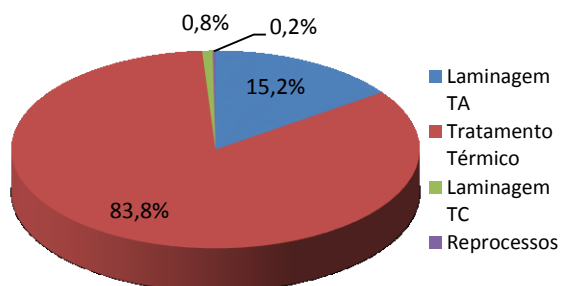


Figura 4.1. Diagrama de dependências

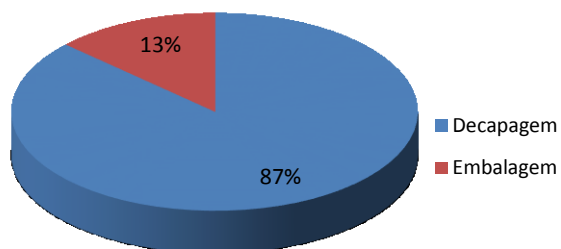
A partir da visualização do diagrama, Figura 4.1, verificamos que o material processado pela RDP 60 é proveniente da laminagem TA, da laminagem TC, do tratamento térmico e de reprocesso. Por sua vez, os setores dependentes da capacidade produtiva da RDP 60 são a embalagem e a decapagem.

Como se pode verificar pela Figura 4.2, a produção da RDP 60 depende em 83.8% da capacidade produtiva do setor de tratamento térmico.

A partir da Figura 4.3, conseguimos afirmar que a decapagem é o setor mais dependente da capacidade produtiva da RDP 60 consumindo cerca de 87% da sua produção total.



**Figura 4.2.** Inputs da RDP 60

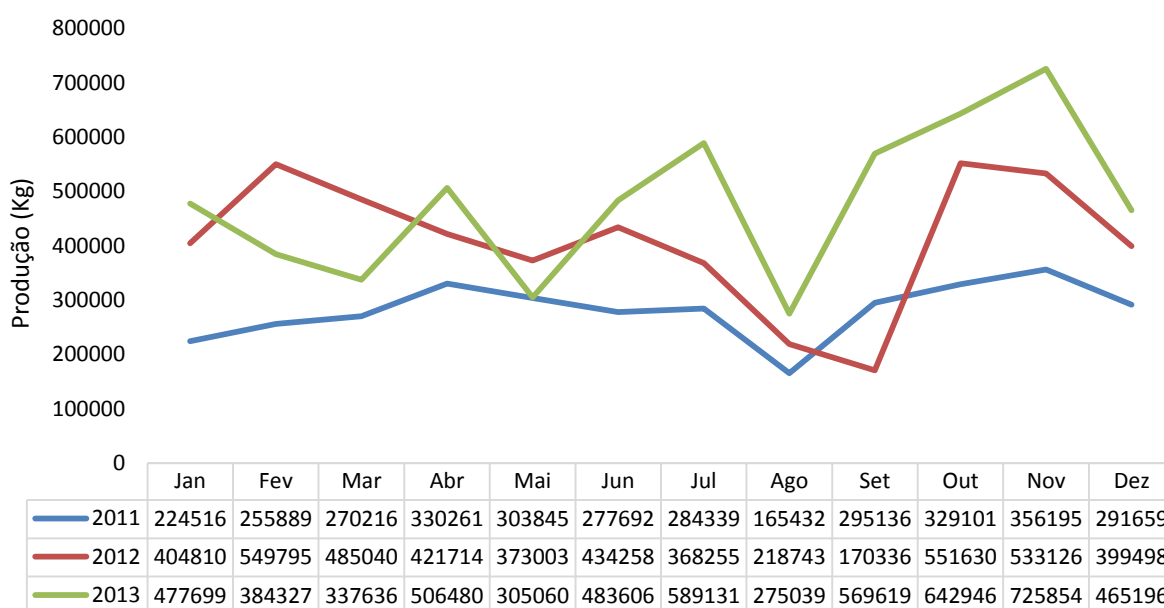


**Figura 4.3.** Outputs da RDP 60

Esta elevada dependência, que se verifica da RDP 60 face ao tratamento térmico, obriga a um alinhamento da produção por forma a não existirem constrangimentos ou estrangulamentos.

## 4.2. Capacidade de produção

De forma a entender melhor a tendência da produção, foi elaborado o gráfico da Figura 4.4, a partir do qual, conseguimos afirmar que a produção da RDP 60 tem aumentado ao longo destes últimos 3 anos. Isto deve-se essencialmente ao aumento das encomendas provenientes do trem aberto, para material estirado.



**Figura 4.4.** Evolução da produção da RDP 60 nos últimos 3 anos

No ano de 2011 a produção total de material desempenado pela RDP 60 foi de 3384281 Kg, por sua vez no ano de 2012 foi de 4910208 Kg, sendo que no ano de 2013 a produção voltou a aumentar atingindo os 5762593 Kg.

Na Figura 4.5, é possível observar com maior detalhe a produção alusiva à RDP60 no ano de 2013, onde se verifica que os meses de Novembro, com 725854 Kg, correspondente a 16871 barras processadas e Outubro, com 642946 Kg correspondente a 12734 barras processadas, são os meses de maior produção e que os de menor produção são Maio com 9570 barras processadas, perfazendo um total de 305060 Kg e Agosto com 275039 Kg correspondente à 12212 barras processadas. O mês de Agosto revela-se no entanto um mês atípico, uma vez que se trata de um período em que o setor da laminagem



não labora no máximo das suas capacidades devido à paragem de alguns colaboradores para cumprirem o seu período de férias.

Neste gráfico ficou mais uma vez evidente a variabilidade do processo em causa e a necessidade de melhoria.

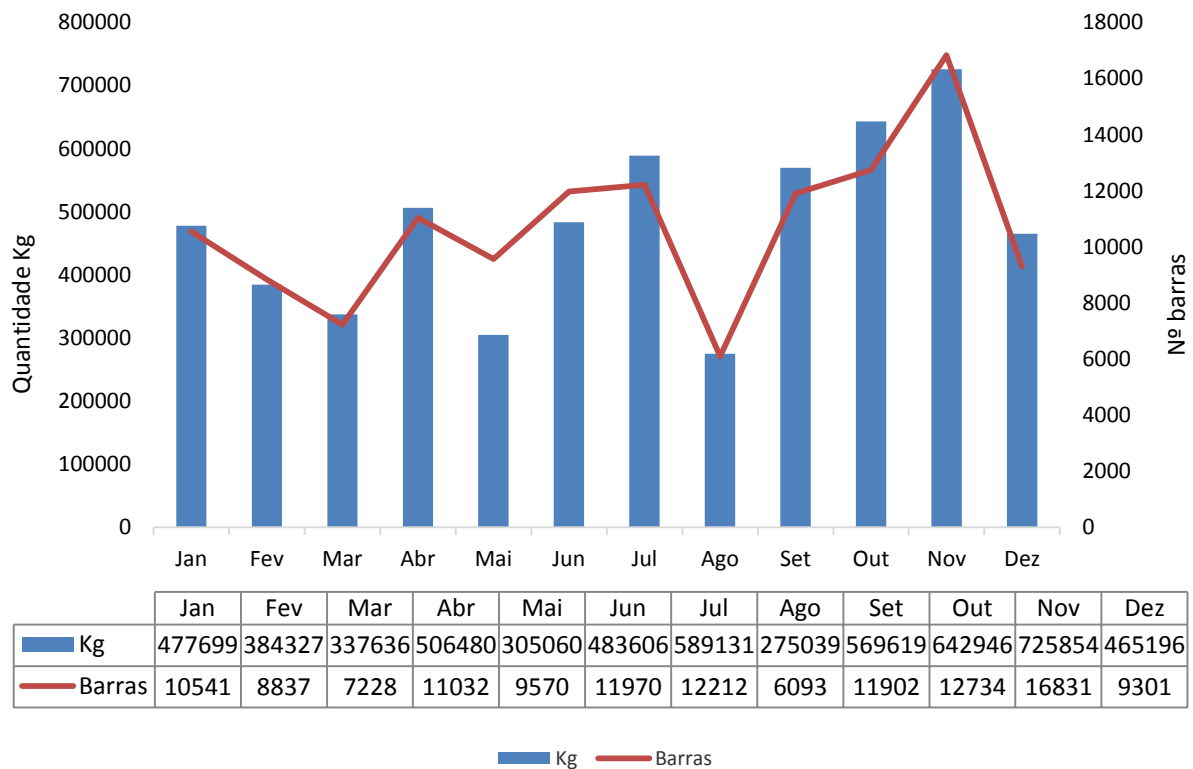


Figura 4.5. Produção RDP 60 em 2013

### 4.3. OEE RDP 60

O cálculo do OEE, eficácia global do equipamento, é uma ferramenta que tem como objetivo conduzir os equipamentos à melhoria da eficiência, da qualidade e à redução de custos. De acordo com Amorim (2009) o OEE é um indicador que faz a medição da performance de uma maneira “tridimensional” uma vez que considera quanto tempo útil a máquina tem para produzir, a eficiência que demonstra durante a produção e a qualidade que é obtida no produto.

O JIPM, Japan Institute of Plant Maintenance, criou o conceito de World Class OEE, Tabela 4.1, utilizado como índice de benchmarking mundial pelas indústrias, que considera como “BOM” um OEE de 85%

**Tabela 4.1.** Valores OEE classe mundial

Fator OEE	Classe Mundial
Disponibilidade	90%
Performance	95%
Qualidade	99.9%
<b>OEE Total</b>	<b>85%</b>

Para o cálculo da eficácia da RDP 60, utilizou-se os dados da Tabela 4.2, sendo que o espaço temporal corresponde a 1 dia, ou seja, 3 turnos.

**Tabela 4.2.** Dados de produção RDP 60

Item	Dados
Paragens programadas	30 min lanche 30 min limpeza
1 Turno	480 min (8 horas)
3 Turnos	1440 min (24horas)
Tempo médio de paragens não programadas por turno	175 min
Média do número total de barras processadas por dia	539 barras
Capacidade produtiva da máquina	≈ 1 barra por minuto
Média do número de barras reprocessadas por dia	42 barras

O cálculo do OEE é obtido através do produto entre a Disponibilidade, a performance e a qualidade, equação 4.1.

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Performance} \times \text{Qualidade} \quad (4.1)$$

A disponibilidade do equipamento é calculada com base no tempo disponível para produção ( $Tdp$ ) a dividir pelo tempo programado ( $Tp$ ), equação 4.2.

$$\text{Disponibilidade} = \frac{Tdp}{Tp} \quad (4.2)$$

O tempo programado é resultado da subtração do tempo de paragens programadas ( $Tpp$ ) ao tempo total ( $Tt$ ), equação 4.3.

$$Tp = Tt - Tpp = 1440 - (60 \times 3) = 1260 \text{ minutos} \quad (4.3)$$

O tempo disponível para produção é calculado subtraindo ao tempo programado o tempo de paragens não programadas, equação 4.4.

$$Tdp = Tp - Tnp = 1260 - (175 \times 3) = 735 \text{ minutos} \quad (4.4)$$

$$\text{Disponibilidade} = \frac{735}{1260} = 0.5833 = \mathbf{58.33\%}$$

A performance do equipamento é obtida pela divisão do total de barras processadas ( $tbp$ ) pelo tempo disponível de produção a dividir pela taxa ideal de produção ( $ip$ ), equação 4.5.

$$\text{Performance} = \frac{\frac{tbp}{Tdp}}{ip} \quad (4.5)$$

$$\text{Performance} = \frac{\left(\frac{539}{735}\right)}{1} = 0.7333 = \mathbf{73.33\%}$$

A taxa de qualidade do equipamento é calculada através da divisão do total de barras não reprocessadas ( $tbr$ ) pelo total de barras processadas ( $tbp$ ), equação 4.6.

---

$$\text{Qualidade} = \frac{tbr}{tbp} \quad (4.6)$$

O total de barras não reprocessadas resulta da subtração do total de barras reprocessadas ao total de barras processadas, equação 4.7.

$$tbr = tbp - tbr = 539 - 42 = 497 \text{ barras} \quad (4.7)$$

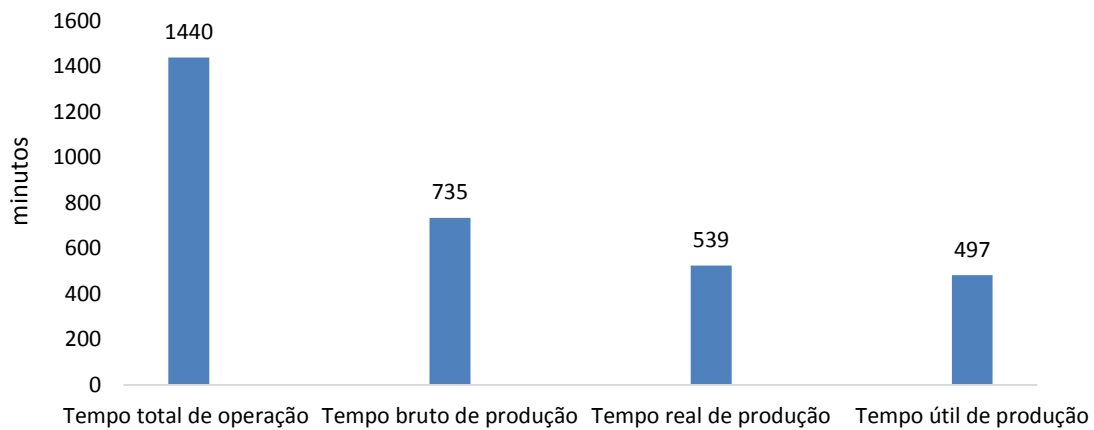
$$\text{Qualidade} = \frac{497}{539} = 0.9220 = \mathbf{92.20\%}$$

Assim, a eficácia global do equipamento é:

$$\mathbf{OEE} = 0.5833 \times 0.7333 \times 0.9220 = 0.3943 = \mathbf{39.43\%}$$

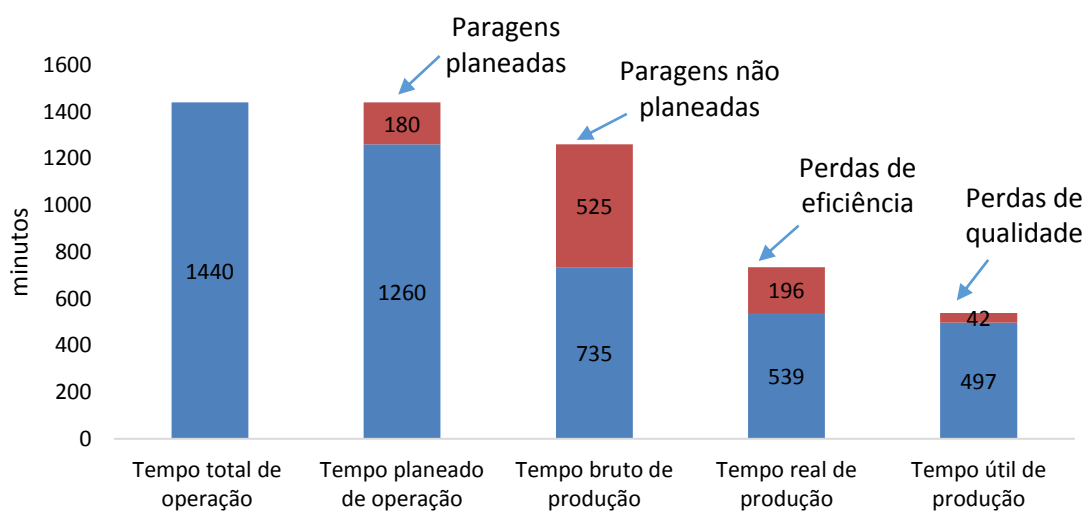
A eficácia global da RDP 60 é de 39.43%, valor bastante distante dos 85%, considerado valor de referência como classe mundial. No entanto, segundo estudos no mundo inteiro, o índice de OEE para um equipamento industrial situa-se em média próximo dos 60%, valor ainda assim bastante distante do obtido, o que mostra a enorme margem de melhoria para este equipamento.

O gráfico de tempos, apresentado na Figura 4.6, mostra-nos a elevada diferença entre o tempo total de operação, 1440 minutos (24 horas), e o tempo útil de produção, 497 minutos ( $\approx$  8 horas), ou seja, o tempo despendido na produção de peças não defeituosas.



**Figura 4.6.** Análise de tempos

No gráfico de tempos e perdas, Figura 4.7, podemos analisar com maior detalhe as perdas do tempo de produção e concluir que no caso de estudo, a maior perda prende-se com as paragens não planeadas.

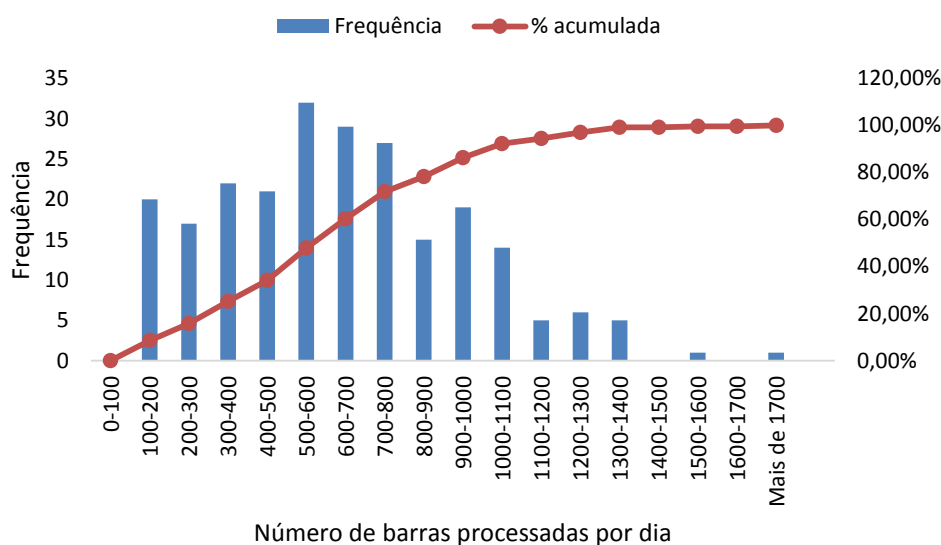


**Figura 4.7.** Análise de tempos e perdas

Para melhorar o OEE temos que atuar nas “perdas”, neste caso, nas paragens não planeadas, pois, se conseguirmos reduzir o tempo de paragens, conseguimos aumentar a disponibilidade e a performance do equipamento, aumentando consequentemente o OEE.

#### 4.4. Nível Sigma

Para medir a performance atual do processo foram analisados os dados correspondentes a 234 dias de operação relativos ao ano de 2013. O número de barras processadas por dia (3 turnos de 8 horas) foram registados em Excel. O histograma resultante é apresentado na Figura 4.8.



**Figura 4.8.** Resultados gráficos dos 234 dias analisados

Os dados estatísticos mais relevantes encontram-se organizados na Tabela 4.3.

**Tabela 4.3.** Resultados estatísticos dos 234 dias analisados

Mínimo	12
Máximo	1618
Intervalo de variação	1606
Variância	10154
Mediana	515
Média	539.3
Desvio padrão	318.65
Coeficiente de variação	59.09%

O DPMO refere-se aos defeitos por milhão de oportunidades, onde as oportunidades são o valor potencial de defeitos que podem ocorrer. Neste caso, os defeitos correspondem aos dias com produção inferior a 600 barras, sendo o DPMO calculado da seguinte forma:

$$\text{DPMO} = \frac{1000000 \times 141}{234} = 602564 \quad (4.8)$$

O nível sigma é determinado pela conversão do valor de DPMO em nível sigma, através da Tabela 4.4.

**Tabela 4.4.** Tabela DPMO vs Conversão para nível sigma

Nível sigma	DPMO
1	697700
2	308700
3	66807
4	6210
5	233
6	3,4

**Fonte:** Praveen Gupta e Arvin Sri, 2012.

Os dados recolhidos mostram que o rendimento do processo é de cerca de 40%, sendo o valor de DPMO de 602564, o que aponta para um nível sigma 1.2, quando o valor definido como objetivo é de 3.

## 4.5. Síntese (MEDIR)

Na fase medir, avaliou-se a performance do setor relativamente aos processos e fluxos da RDP 60.

Observou-se que:

- Inputs: 83.8% tratamento térmico;
- Outputs: 87% decapagem;
- O equipamento tem vindo a ser mais solicitado, devido ao aumento de produção;
- OEE: 39.43%
- Nível sigma: 1.2
- Coeficiente de variação: 59.09%

## 5. ANALISAR

Na terceira etapa do DMAIC, o objetivo primordial é determinar as causas fundamentais do problema associado a cada meta estabelecida na etapa Definir. Para Pyzdek (2003), esta etapa serve para analisar o sistema e identificar formas de eliminar as diferenças entre a performance atual do processo e a meta desejada.

### 5.1. FMEA

O FMEA (Failure Mode, Effect and Analysis) ou em português, Análise do Modo de Falha e Efeito é o estudo de falhas potenciais para indicar as suas consequências. Posto isto, o objetivo principal desta ferramenta é determinar os aspetos da operação que são críticos para os vários modos de falha com a finalidade de os reduzir (Oakland, 1994).

Para a realização do FMEA, Tabela 5.1, foi elaborada uma reunião com o responsável do setor de desempenho, onde foram listados os passos do processo, os modos de falha, as consequências dos modos de falha, a severidade, as potenciais causas dos modos de falha, a probabilidade de ocorrência, os meios de controlo, as suas capacidades de deteção e o cálculo do respetivo NPR (número de prioridade de risco).



**Tabela 5.1. FMEA**

Passo do Processo	Modo de Falha Potencial	Efeito Potencial	S e v	Causa Potencial	O c o	Controlos do Processo habituais	D e t	Número de Prioridade de Risco (NPR)
Planeamento	Mau planeamento	Atraso no processamento do material	8	Planeamento incorreto	4	Comité de planeamento	1	32
Material	Falta de material	Paragem do processo	8	Incumprimento dos transportes internos	7	Nenhum	10	560
Material	Aço torto	Demora / dificuldade no processo	6	Falta de cuidado no arrefecimento após tratamento térmico / tratamento térmico no forno F5	3	Nenhum	10	180
Material	Aço fora de dimensão	Mau desempenho	7	Erro no processo de laminagem	2	Medição da dimensão de uma barra no início do atado	5	70
Desempeno	Avaria da máquina	Paragem do processo	8	Má manutenção	4	Instruções de manutenção	2	64
Desempeno	Falta de RH	Atraso / demora do processo	8	Deslocação de operadores para o forno F5	5	Nenhum	10	400
Desempeno	Mau desempenho	Reprocesso de material	5	Má afinação	5	Inspeção visual do RP	2	50
Desempeno Prensa	Avaria da prensa	Paragem do processo	8	Má / falta de manutenção	1	Nenhum	10	80
Desempeno Prensa	Mau desempenho	Reprocesso de material	5	Falta de experiência do operador / aço não conforme	1	Inspeção visual do RP	2	10
Colocação do material em stock	Má colocação do atado	Novo empeno	5	Instabilidade do atado	1	Nenhum	10	50

Depois de calculados todos os NPR, foram destacados os fatores que mais podem influenciar o processo:

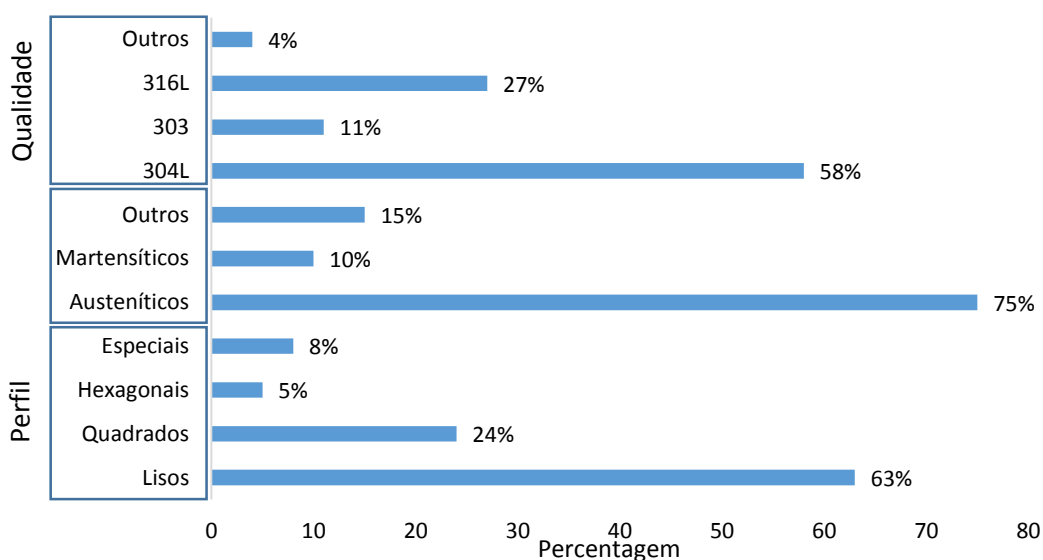
1. Falta de material;
2. Falta de recursos humanos.

Para além da realização do FMEA, onde se apurou os possíveis modos de falha do processo, foram também discutidas as principais causas que poderão influenciar os tempos de processamento. E estas causas são:

- Dimensão, qualidade e perfil do aço;
- Necessidade de corte de pontas;
- Aço proveniente do tratamento térmico no forno F5;
- Paragens não planeadas.

Dada a elevada gama de dimensões, perfis e qualidades de aço produzidos na Böllinghaus, torna-se complexo estudar detalhadamente cada uma delas. Assim sendo, foi elaborado o gráfico, Figura 5.1, de modo a observar qual o perfil, a estrutura e a qualidade do aço com maior produção no ano de 2013, focando o estudo em termos de tempos de processamento a essa gama de aço.

O aço de maior produção no ano de 2013 foi o de estrutura austenítica, 304L de perfil liso.



**Figura 5.1.** Gráfico da percentagem por tipo de aço produzido em 2013

O gráfico da Figura 5.2 mostra a variação do tempo de processamento com a dimensão, com o aço proveniente do forno F5 e com a necessidade do corte de pontas.

Da análise ao mesmo gráfico é possível constatar que o tempo de processamento aumenta quase de forma progressiva com esses três fatores.

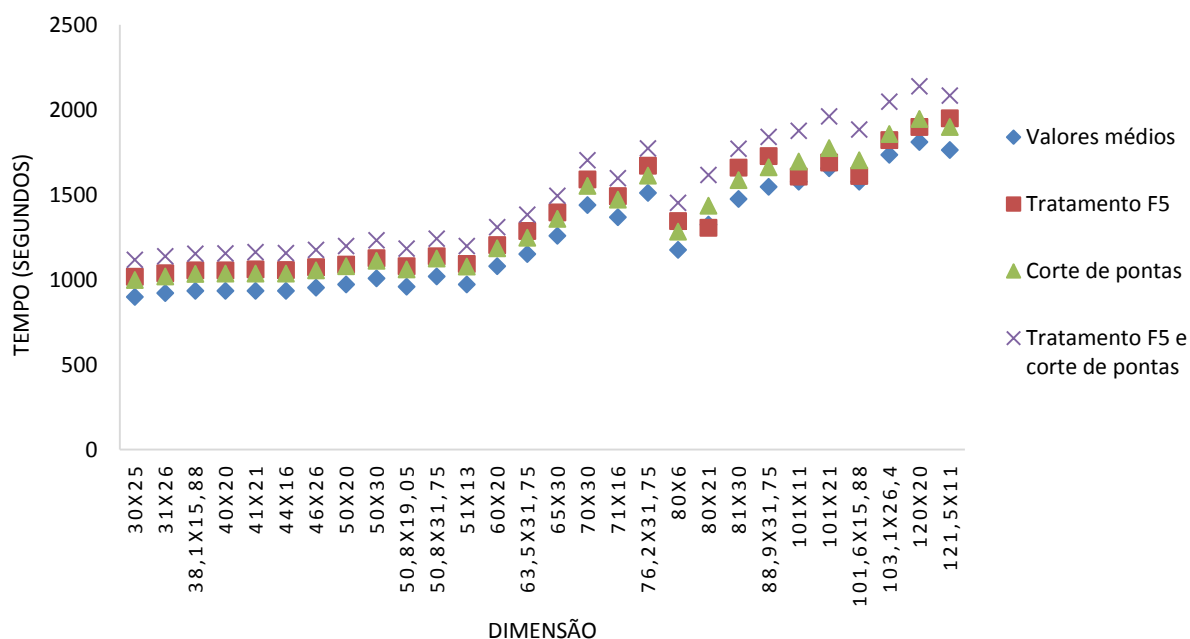


Figura 5.2. Gráfico da variação do tempo de processamento

Resta, então, observar o último fator considerado na variação do tempo de processamento, as paragens não planeadas. No decorrer da fase Medir, mais concretamente durante a recolha de tempos e o cálculo do OEE da RDP 60, já tinha sido perceptível e mencionado que o número e o tempo de paragens era demasiado elevado, sendo por isso, uma das principais causas para a variabilidade do processo. Posto isto, nesta fase, foi realizada uma análise mais detalhada, recorrendo para esse efeito a análises gráficas e a histogramas de frequências, de forma a determinar quais as causas principais para este facto.

## 5.2. Diagrama de Ishikawa

O diagrama de Ishikawa, também conhecido por diagrama de causa e efeito, é utilizado para organizar e exibir graficamente todos os conhecimentos do grupo relativos a um problema particular (Pyzdek, 2003). Neste contexto, desenvolveu-se um diagrama causa-efeito, de modo a se identificarem os fatores com possível impacto nas paragens, Figura 5.3. As causas potenciais foram discutidas numa das reuniões com o responsável e colaboradores do setor de desempenho.

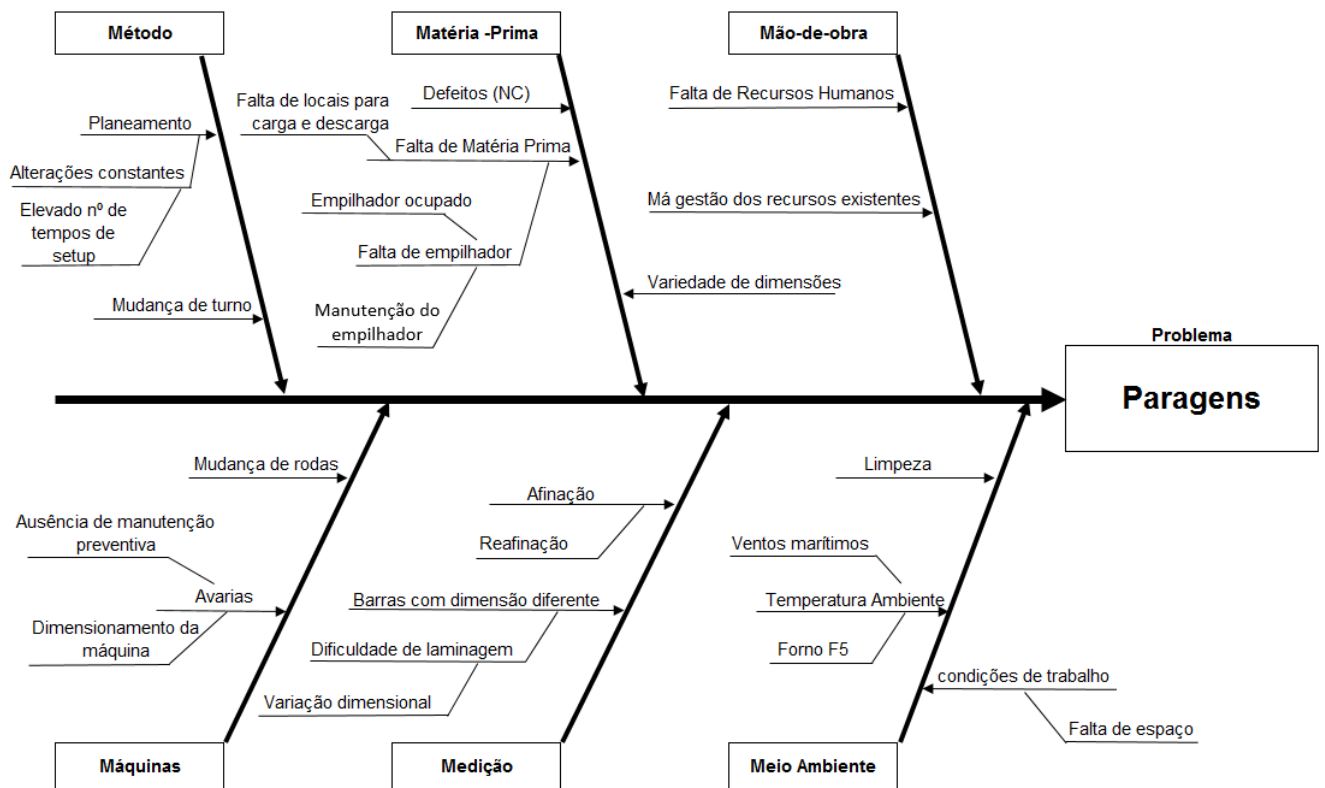


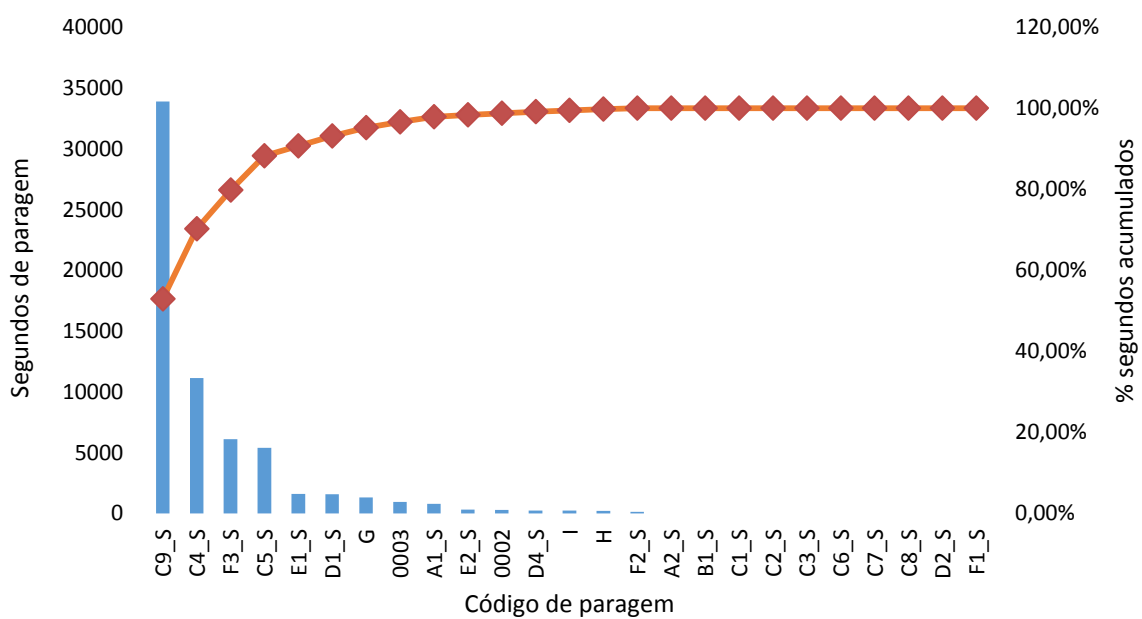
Figura 5.3. Diagrama de Ishikawa

### 5.3. Gráfico de Pareto

A análise Pareto permite detalhar, em pormenor, as principais causas do problema e a partir destas focar as mais importantes, mediante a análise do comportamento do processo. Deste modo, foi elaborado um gráfico de Pareto, a fim de identificar as principais causas de paragem, permitindo a focalização naquelas que mais influenciam o processo. Foram então recolhidos, para uma melhor precisão dos resultados, mais tempos de paragem. Estes foram classificados de acordo com os códigos de paragem já existentes na base de dados da empresa, Tabela 5.2, e, por fim, foi elaborado o gráfico de Pareto, Figura 5.4.

**Tabela 5.2.** Códigos de paragem

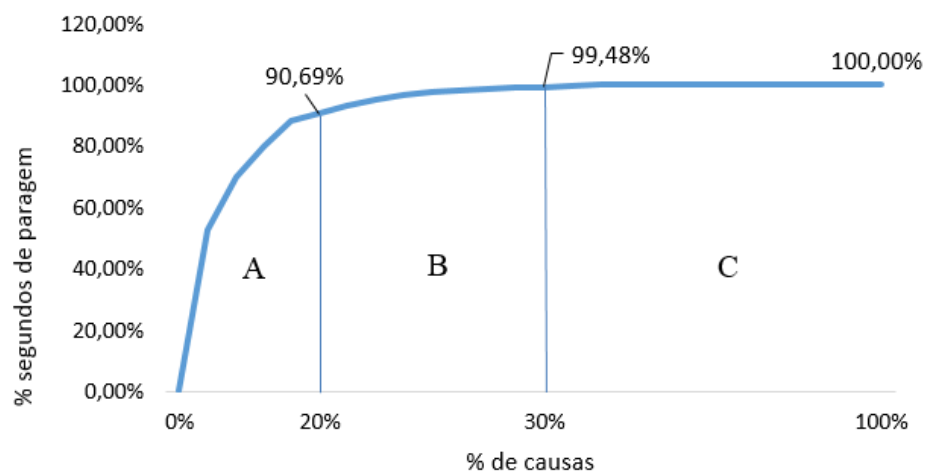
Descrição	Código de paragem
Erro de operação	0002
Defeito de material	0003
Avaria do equipamento de desempenho	A1_S
Avaria dos equipamentos auxiliares	A2_S
Aço não conforme para desempenho	B1_S
Falta de energia eléctrica	C1_S
Falta de empilhador	C2_S
Falta de ar comprimido	C3_S
Falta de aço	C4_S
Pausa	C5_S
Reuniões	C6_S
Motivo sociais	C7_S
Fenómenos naturais	C8_S
PGT: Falha recursos humanos	C9_S
Mudança de rodas de desempenar	D1_S
Roda de desempenar partida	D2_S
Alteração do programa de desempenho	D4_S
Afinação	E1_S
Reafinação	E2_S
Paragem por dificuldade desempenho	F1_S
Tirar aço da mesa de descarga	F2_S
Limpeza	F3_S
Mudança de turno	G
Lubrificação / Manutenção	H
Mover mesa de descarga	I



**Figura 5.4.** Análise de Pareto

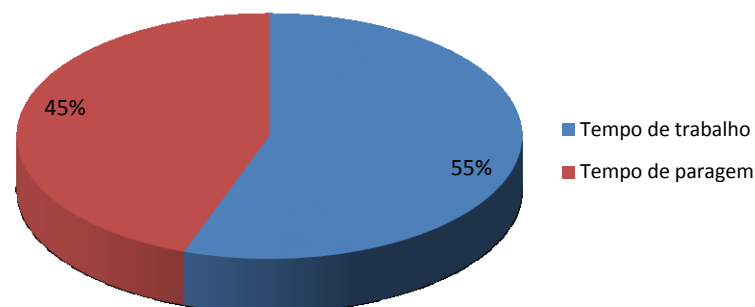
Da análise de Pareto concluímos que a maior percentagem de tempo de paragem resulta da falha de recursos humanos, da falta de aço, da paragem para limpeza, da pausa para lanche e das paragens para afinações. No entanto, as paragens para limpeza e para o lanche são interrupções programadas, razão pela qual não irão ser alvo de qualquer intervenção.

A curva ABC é um método de classificação que permite separar os itens por classes de acordo com o seu impacto. Como podemos verificar na Figura 5.5, 90,69% das paragens resultam de 20% das causas.



**Figura 5.5.** Curva ABC

Com os dados acima referidos, elaborou-se o gráfico da Figura 5.6, onde se constata que a percentagem de paragem do equipamento é de 45%, valor demasiado elevado e que realça a necessidade de melhoria deste ponto.



**Figura 5.6.** Percentagem de trabalho

## 5.4. Diagrama Spaghetti

O diagrama Spaghetti permite observar os deslocamentos e as distâncias percorridas pelo material ao longo do processo. Esta ferramenta tem como objetivo expor layouts ineficientes identificando desperdícios que ocorrem entre as etapas chave.

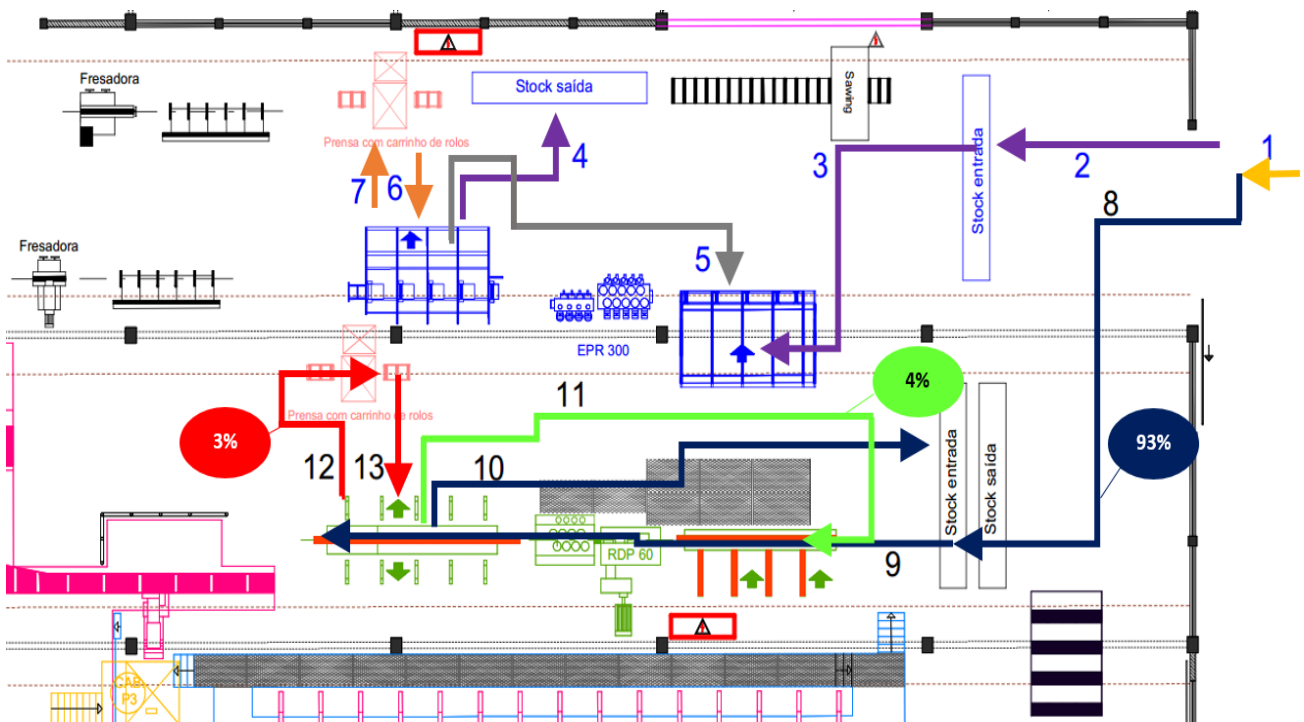


Figura 5.7. Diagrama Spaghetti RDP 60

Feita a análise do diagrama spaghetti, podemos confirmar a complexidade do fluxo, uma vez que este pode variar com o sucesso da operação. De modo a ser possível quantificar as deslocações efetuadas pelo produto, ao longo do processamento referente à RDP 60, foram feitos levantamentos das distâncias percorridas, Tabela 5.3.

**Tabela 5.3.** Análise dos deslocamentos RDP 60

Máquina	Movimentação do material	Operação	nº do movimento	Distância percorrida (m)	
RDP 60	Do parque para o pavilhão		1	39	
	Da entrada do pavilhão para o stock entrada	DESEMPENO	8	9	
	Do stock para a mesa de alimentação	-----	9	6	
	Do berço de descarga para o stock saída		10	23	
					77
	Do parque para o pavilhão		1	39	
	Da entrada do pavilhão para o stock entrada	Com necessidade de 2º	8	9	
	Do stock para a mesa de alimentação	DESEMPENO	9	6	
	Do berço de descarga para a mesa de alimentação	-----	11	17	
	Do berço de descarga para o stock saída		10	23	
					94
	Do parque para o pavilhão		1	39	
	Da entrada do pavilhão para o stock entrada	Com necessidade de DESEMPENO na Prensa	8	9	
	Do stock para a mesa de alimentação		9	6	
	Do berço de descarga para a mesa de alimentação		11	17	
Do berço de descarga para a prensa	-----	12	5		
Da prensa para o berço de descarga		13	5		
Do berço de descarga para o stock saída		10	23		
				104	

Como é possível apurar, a distância percorrida pelo material pode variar entre os 77 metros, caso a ação seja bem-sucedida, os 94 metros, caso a barra necessite de nova ação de desempenho e os 104, na eventualidade do material carecer da ação de desempenho na prensa.

## 5.5. Cartografia de fluxos

A cartografia de fluxo do produto, Apêndice B, exhibe o tempo médio despendido em cada tarefa do processo de desempenho e permite identificar atividades que não criam valor ao produto.

Os valores da tabela 5.4 correspondem aos tempos médios de processamento para o pior cenário, ou seja, para uma barra que necessite de ação de desempenho na prensa.



**Tabela 5.4.** Análise dos tempos de operação

Operação	Tempo operação (seg)
Transformação	139,5
Transporte	914,8
Manuseamento	380,4
Decisão	15,7
Diversos	93,1

Como é possível verificar na Tabela 5.4, a maior percentagem de tempo despendido no processo resulta de atividades que não criam valor ao produto, como o transporte e o manuseamento.

Qualquer operação é composta por períodos durante a qual a condição de trabalho varia em função:

- da intervenção do operador;
- da intervenção da máquina.

Nesse sentido, foi decidido distinguir e relacionar, a partir da Tabela 5.5, as operações em que o operador é obrigado a parar os meios produtivos, de outras em que pode acrescentar valor, ao mesmo tempo que a máquina funciona.

**Tabela 5.5.** Tempos em função da natureza do trabalho

Descrição dos elementos de trabalho		Tempo (segundos)
<b>Tma</b>	Trabalho manual	958,7
<b>TM</b>	Trabalho de máquina	0,0
<b>TmaM</b>	Combinação do manual e de máquina	608,1
<b>TMv</b>	Trabalho máquina com vigilância	519,0
<b>Td</b>	Trabalho de deslocação	235,5
<b>Ts</b>	Trabalho de setup	149,0

O Tma, trabalho manual, é o trabalho praticado unicamente pelo operador, com ou sem ajuda de ferramenta manual.

O TM, trabalho de máquina, é o trabalho executado pela máquina em automático.

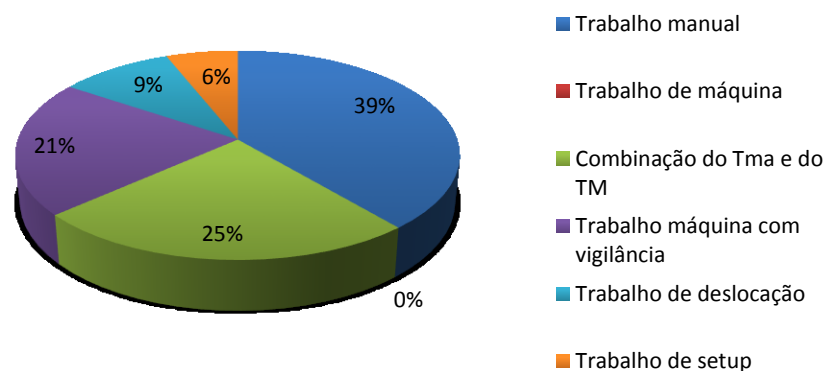
O TmaM, combinação do trabalho manual e do trabalho de máquina, é o trabalho realizado simultaneamente pelo operador e pela máquina.

O TMv, trabalho de máquina com vigilância, é o trabalho realizado pela máquina sob a vigilância do operador (durante este tempo o operador não pode exercer outra atividade).

O Td, trabalho de deslocação, é o trabalho relativo à deslocação do operador.

Por último, o Ts, Trabalho de setup, diz respeito ao trabalho alusivo a uma afinação da máquina.

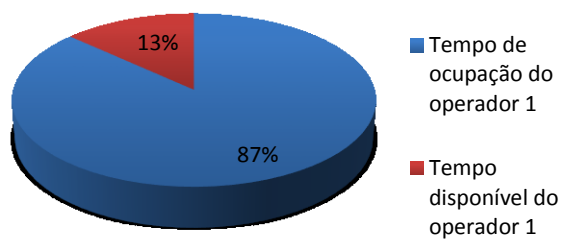
Após a análise dos tempos de trabalho, Figura 5.8, apuramos que a maior percentagem de trabalho diz respeito ao trabalho manual, cerca de 39%, logo seguido pela combinação de trabalho manual e máquina, com 25%.



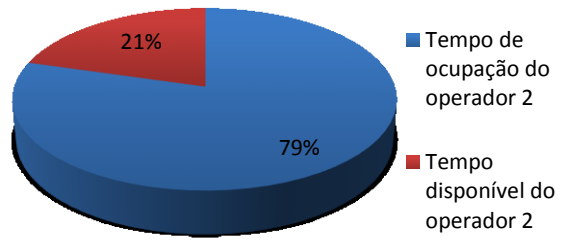
**Figura 5.8.** Análise dos tempos em função da natureza do trabalho

Estes resultados indicam que o processo está mais dependente da capacidade de trabalho dos operadores do que está da capacidade produtiva da máquina.

De acordo com a afirmação anterior, foram analisadas as taxas de trabalho de cada um dos operadores afetos às atividades de processamento da RDP 60, e a conclusão foi a esperada, o operador 1 e operador 2, detêm 87% e 79%, respetivamente, de taxas de ocupação. Estes valores podem ser comprovados pelas Figuras 5.9 e 5.10.



**Figura 5.9.** Taxa de ocupação operador 1



**Figura 5.10.** Taxa de ocupação operador 2

## 5.6. Síntese (ANALISAR)

Na presente fase, verificou-se que os fatores que mais influenciam a variabilidade do processo e que por isso carecem ser melhorados são:

- Paragens:
  - Falta de recursos humanos;
  - Falta de aço.
- Distância percorrida pelo material;
- Elevada taxa de trabalho manual.

## 6. MELHORAR

Nesta fase, o objetivo consiste em encontrar soluções que eliminem as causas identificadas na fase anterior e que estão na origem da variabilidade do processo.

A direção da empresa, ciente da necessidade do aumento da produção do setor de desempenho, decidiu adquirir um novo equipamento de desempenho, a RC 120. Este equipamento, numa primeira fase irá substituir diretamente a RDP 60 (devido ao seu estado de degradação será sujeita a uma reparação total), contudo, o objetivo principal da aquisição do equipamento, passa por alargar a gama de produtos produzidos na Böllinghaus, uma vez que a máquina permite trabalhar com dimensões maiores.

Porém, e ao contrário daquilo que seria expectável, esta solução não veio resolver todos os problemas relacionados com a produtividade do setor, pois as paragens continuam e a distância percorrida pelo material aumentou. Assim, e visto que a aquisição da máquina se deve também a um previsível aumento da produção, o projeto ganhou ainda mais impacto: potenciar ao máximo as capacidades do novo equipamento.

Foi então realizado um estudo de layout para o novo equipamento, todavia, este não se tornou viável, devido às instalações elétricas já existentes no local e ao desnível e irregularidade do pavimento. Assim sendo, a opção recaiu por colocar o equipamento no mesmo local da RDP 60 mas numa posição inversa.

Ao analisarmos o diagrama spaghetti, Figura 6.1, e a tabela das distâncias percorridas Tabela 6.1, verifica-se que a distância total percorrida pelo material aumentou, isto porque o novo equipamento funciona na direção contrária à antiga RDP 60.

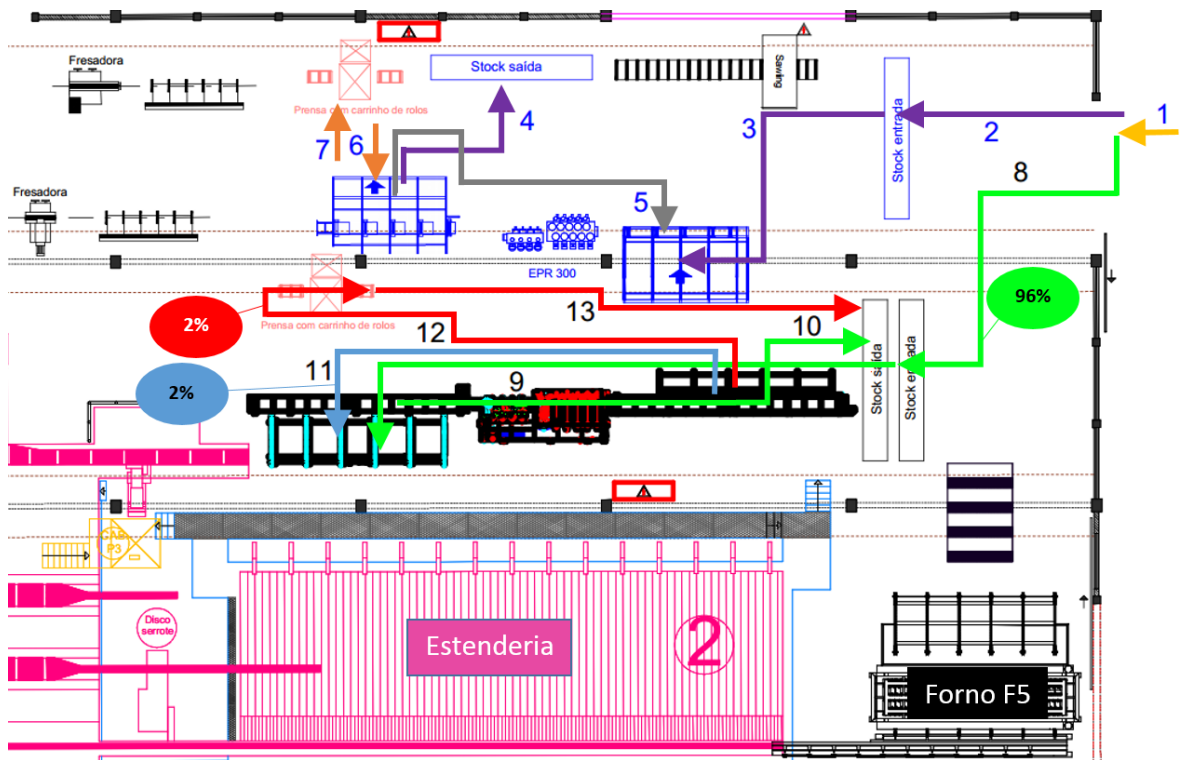


Figura 6.1. Diagrama Spaghetti RC 120

Tabela 6.1. Análise dos deslocamentos RC 120

Máquina	Movimentação do material	Operação	nº do movimento	Distância percorrida (m)
RC 120	Do parque para o pavilhão		1	39
	Da entrada do pavilhão para o stock entrada	DESEMPENO	8	9
	Do stock para a mesa de alimentação	-----	9	20
	Do berço de descarga para o stock saída		10	6
				74
	Do parque para o pavilhão		1	39
	Da entrada do pavilhão para o stock entrada	Com necessidade de 2º DESEMPENO	8	9
	Do stock para a mesa de alimentação		9	20
	Do berço de descarga para a mesa de alimentação	-----	11	18
	Do berço de descarga para o stock saída		10	6
				92
	Do parque para o pavilhão		1	39
	Da entrada do pavilhão para o stock entrada	Com necessidade de DESEMPENO na Prensa	8	9
	Do stock para a mesa de alimentação		9	20
	Do berço de descarga para a mesa de alimentação		11	18
Do berço de descarga para a prensa	-----	12	17	
Da prensa para o berço de descarga		13	17	
Do berço de descarga para o stock saída		10	6	
			126	

## 6.1. Brainstorming

O brainstorming é uma ferramenta caracterizada como uma dinâmica de grupo para geração de ideias, conceitos e possíveis soluções, provenientes de pessoas com diferentes perspectivas, num ambiente livre de críticas e de restrições à imaginação. Neste contexto, foi realizada uma sessão de brainstorming, onde os partícipes foram o autor da dissertação Pedro Teixeira, o Engenheiro Nélio Mourato e os colaboradores do setor de desempenho.

Esta sessão teve como objetivo a recolha e discussão de ideias para a melhoria do processo de desempenho, com base nos dados recolhidos na fase Analisar.

A apresentação foi iniciada pela exposição de alguma informação sobre a atual situação do setor, tais como, a evolução anual da produção, as percentagens de paragem e os tempos médios de processamento. Posto isto, foi dado a conhecer o que era uma sessão de brainstorming e as regras pelas quais esta se rege:

- Críticas não são rejeitadas, se expostas de modo construtivo;
- Não existem más ideias;
- Quantidade é necessária;
- Ideias menos comuns são bem-vindas.

Numa segunda fase, foram distribuídos 3 cartões a cada colaborador, sendo que a relevância dada por cada elemento a cada ideia variava com a cor do cartão, verde-muito importante-3 pontos, amarelo-importante-2 pontos e por fim, branco-menos importante-1 ponto.



Figura 6.2. Sessão de Brainstorming

Foram recolhidas um total de 28 ideias, sendo estas agrupadas em 11 grupos. As ideias mais pontuadas foram:

1. Melhorar organização do setor (5S's);
2. Rebarbadora no berço de descarga para corte de pontas;
3. Novo Layout;
4. Eficácia dos transportes internos;
5. Empilhar;
6. Preencher fichas de desempenho;
7. Prensa em contínuo;
8. Colaboradores afetos ao forno F5;
9. Automatizar saída para 2º desempenho;
10. Canga para a ponte;
11. Mecanismo para atar aço.

Para uma gestão mais eficaz do tempo e para definir prioridades de forma mais eficiente, foi executada uma Matriz importância vs custo, adaptada da Matriz de Covey, apresentada na Figura 6.3.

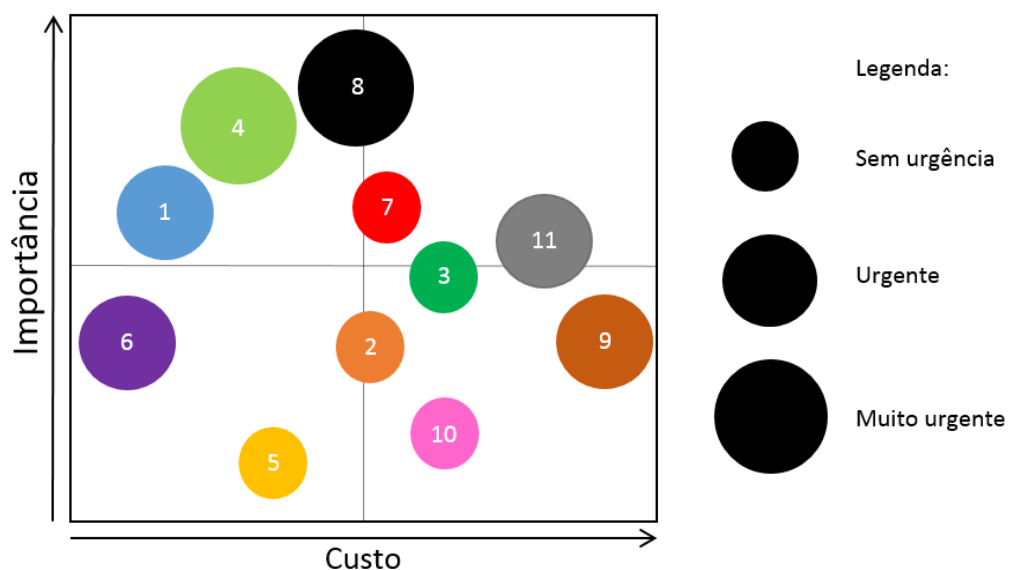


Figura 6.3. Matriz importância vs custo

Cada número no interior do círculo representa a ideia acima identificada, sendo que o tamanho do círculo define a ideia como urgente e não urgente, isto é, quanto maior for o círculo, maior a sua urgência.

## 6.2. 5S's

Numa primeira fase, seleção, foram selecionados todos os objetos de uso diário de modo a eliminar os objetos cuja utilização é casual. Na fase de organização, foram organizados todos os objetos de acordo com a sua aplicação. Na fase de limpeza foi elaborado um plano de limpeza, APÊNDICE C. Por fim, na fase de normalização e disciplina, é realizada uma auditoria mensal, APÊNDICE D.

**Antes**



**Depois (solução)**



**Figura 6.4.** Arrumação da ferramenta

**Antes**



**Depois (solução)**



**Figura 6.5.** Arrumação de pertences



**Antes**



**Depois (solução)**



**Figura 6.6.** Arrumação das madeiras

**Antes**



**Depois (solução)**



**Figura 6.7.** Quadro de informação

**Antes**

Não existia

**Depois (solução)**



**Figura 6.8.** Quadro 5S's

**Antes**



**Depois (solução)**



**Figura 6.9.** Arrumação do arame

A aplicação de 5S's conduziu aos seguintes benefícios:

- Aumento da eficiência no trabalho;
- Redução dos desperdícios, dos tempos de execução e dos tempos de movimentação;
- Melhoria da imagem do setor;
- Aumento da segurança do posto de trabalho.

### **6.3. Propostas de melhoria**

#### **6.3.1. Operadores afetos às operações do Forno F5**

Um dos problemas identificados na fase Analisar foi a elevada percentagem de paragens por falta de recursos humanos. O setor de desempenho apresentava paragens de cerca de 52.89% devido à deslocação de colaboradores para operar com o forno F5. Assim, com a afetação de novos colaboradores ao setor de tratamento térmico, foi possível obter um decréscimo do tempo de paragens de 278 minutos por dia, o que equivale a cerca de 1,5 horas por turno. De salientar que esta solução acarretou custos, uma vez que tiveram de ser contratados 3 novos colaboradores.

#### **6.3.2. Transportes internos**

O setor de desempenho apresenta paragens de cerca de 17.38% devido à falta de material. Este valor é explicado pela ineficiência dos transportes internos, isto é, os transportes internos são responsáveis pela movimentação do material entre vários setores de acabamento, e o que acontece é que muitas das vezes quando são solicitados o seu tempo de resposta é elevado. Assim sendo, com a afetação de um empilhador ao setor de desempenho é possível obter uma diminuição de cerca de 30 minutos nos tempos de paragem. A grande desvantagem é o investimento necessário para a compra do novo empilhador.



Preço: 82750€

**Figura 6.10.** Empilhador combilift

### 6.3.3. Equipamento para corte de pontas

Preço:  
Semiautomática 7180 €  
Automática 140000 €



**Figura 6.11.** Máquina de corte Häberle AL350

Na fase Analisar, um dos problemas que ficou evidente foi a elevada taxa de trabalho manual, resultando num avultado tempo de manuseamento. Com a acoplação de uma máquina de corte ao berço de descarga, para o corte de pontas, seria possível garantir uma diminuição do trabalho manual, do tempo de ciclo e da variabilidade desse mesmo tempo de ciclo. Esta solução iria ainda permitir a realização da operação de uma forma mais ergonómica para o operador.

#### 6.3.4. Alteração do berço de descarga

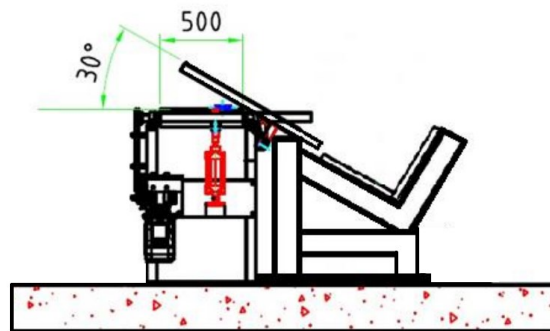


Figura 6.12. Berço de descarga

A alteração do berço de descarga para o formato ilustrado na Figura 6.11, permitiu reduzir em quase 50% o tempo da operação designada de “empilhar barras”, ou seja, a operação passou de um tempo médio de 7 segundos para 3.8 segundos. Todavia, a grande vantagem prende-se com o aumento de ergonomia na realização da atividade.

#### 6.3.5. Alteração da mesa de alimentação

A principal crítica ao novo equipamento recaiu sobre a mesa de alimentação do mesmo. A operação de puxar e guiar a barra é sem dúvida a operação de todo o processo de desempenho que requer maior esforço físico por parte do operador. A conceção de uma mesa de descarga com sistema automático de posicionamento de barras consentia a redução do tempo de T<sub>ma</sub> (trabalho manual) e consequentemente do tempo de ciclo. Porém esta solução carece de um elevado investimento.

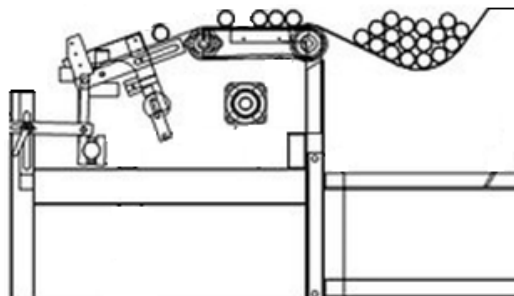


Figura 6.13. Mesa de alimentação automática

### 6.3.6. Prensa em contínuo

Um dos problemas com a chegada do novo equipamento foi o aumento das distâncias percorridas pelo material, nomeadamente quando este necessita de ação de desempenho através da prensa. Assim sendo, a solução passa pela colocação de uma prensa no final do caminho de rolos de saída da máquina, permitindo reduzir a distância do material desempenado na prensa em cerca de 34 metros. A desvantagem prende-se com o investimento necessário na adaptação da prensa ao equipamento RC 120.

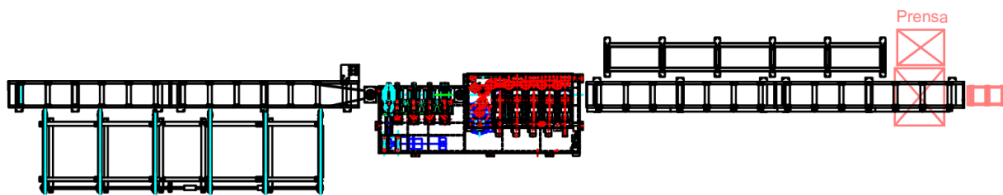


Figura 6.14. Arrumação de pertences

### 6.3.7. Balancim



Preço: 3434.16€

Figura 6.15. Balancim em triângulo

No processo de desempenho, a operação de maior desperdício prende-se com a movimentação do material nas pontes rolantes. Dado o comprimento e o peso das barras, equilibrar o atado quando é feito o transporte não é tarefa fácil, pelo que este balancim em triângulo permitiu simplificar a ação, reduzindo em 30% o tempo de operação.

### 6.3.8. Fichas de desempenho

O preenchimento das fichas de desempenho tinham um tempo médio de 53.4 segundos, contudo, a realização desta tarefa não criava qualquer valor uma vez que o registo dos dados no sistema movilizer (sistema de comunicação com o SAP) é feito diretamente através de um tablet, pelo que a extinção desta operação resultou numa diminuição de tempo de ciclo de 53.4 segundos.

### 6.3.9. Novo layout (rotação da RC120 a 180º)

A movimentação excessiva de material é um dos vários tipos de desperdícios existentes na indústria. Todo o tipo de processamento que não cria valor ao cliente, deve ser considerado desperdício. Assim sendo, a proposta de rotação de 180º da RC120, visa a diminuição de deslocamentos desnecessários.

**Tabela 6.2.** Comparação das distâncias percorridas pelo material

	Atual	Proposta
Desempeno	74 metros	74 metros
2º Desempeno	92 metros	92 metros
Desempeno na Prensa	126 metros	101 metros

É possível verificar, tabela 6.2, que esta alteração resultaria numa diminuição de 25 metros na distância percorrida pelo material quando este necessita de ação de desempenho na prensa.

Existem no entanto, outras propostas de layout, mas que só serão viáveis após a expansão do pavilhão, plano inserido no projeto “Böllinghaus 2020”.

## 6.4. Resultados

Das propostas de melhoria referidas anteriormente, várias ainda se encontram em fase de análise, isto porque requerem elevados investimentos. Assim, as sugestões já implementadas foram:

- Contratação de três operadores para operarem com o Forno F5;
- Alteração do berço de descarga;
- Aquisição de um balancim triangular;
- Abolição do preenchimento das fichas de desempenho.

### 6.4.1. Nível sigma

Depois de implementadas algumas das soluções propostas e da implementação de 5S's no setor, foi recalculado o nível sigma do processo seguindo o mesmo método já experimentado na fase Medir.

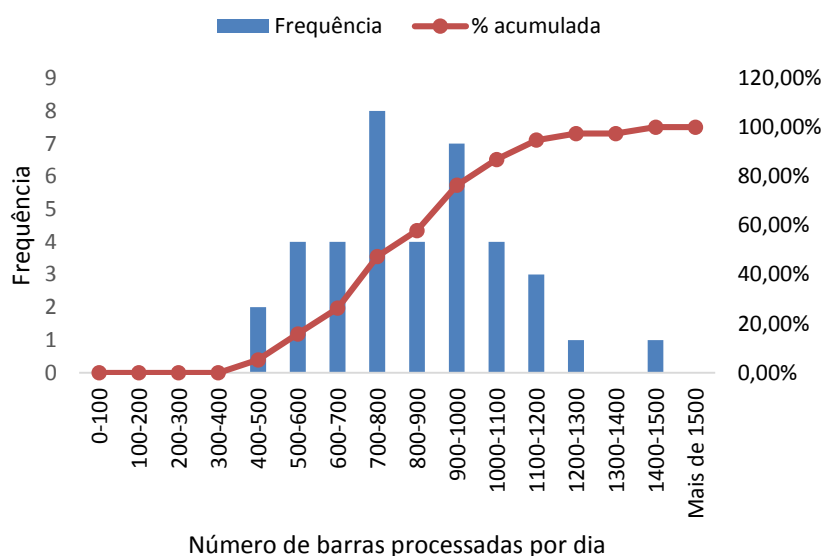


Figura 6.16. Resultados gráficos dos 38 dias analisados

A tabela 6.3 contém os dados estatísticos mais relevantes.

**Tabela 6.3.** Resultados estatísticos dos 38 dias analisados

Mínimo	304
Máximo	1344
Intervalo de variação	1040
Variância	53309.7
Mediana	711
Média	742.9
Desvio padrão	230.9
Coefficiente de variação	31%
Rendimento	74%
DPMO	263158
Nível sigma	2,1

Podemos verificar que o rendimento do processo aumentou para os 74%, sendo que o valor de DPMO de 263158, o que elevou o nível sigma para os 2.1.

Estes valores são resultado dos 10 dias dos 38 analisados apresentarem uma produção inferior à determinada, 600 barras.

#### 6.4.2. OEE RC 120

Para o cálculo da eficácia da RC120, utilizou-se a metodologia já empregue no cálculo do OEE da RDP 60.

**Tabela 6.4.** Resultados estatísticos dos 38 dias analisados

Item	Dados atuais	Dados antigos
Paragens programadas	30 min lanche	30 min lanche
	30 min limpeza	30 min limpeza
1 Turno	480 min (8 horas)	480 min (8 horas)
3 Turnos	1440 min (24horas)	1440 min (24horas)
Tempo médio de paragens não programadas por turno	78 min	175 min
Média do número total de barras processadas por dia	743 barras	539 barras
Capacidade produtiva da máquina	≈ 1 barras / minuto	≈ 1 barras / minuto
Média do número de barras reprocessadas por dia	28 barras	42 barras

$$\text{Disponibilidade} = \frac{1026}{1260} = 81.43\%$$



$$\text{Performance} = \frac{\left(\frac{743}{1026}\right)}{1} = 72.41\%$$

$$\text{Qualidade} = \frac{715}{743} = 96.23\%$$

Assim, o valor de OEE para o novo equipamento, RC 120, é:

$$\text{OEE} = 0.8143 \times 0.7243 \times 0.9623 = 56.7\%$$

Podemos verificar que o valor de OEE de 56.7% se situa muito próximo dos 60%, valor médio de OEE para equipamentos industriais. De realçar, no entanto, que este valor se deve em muito à diminuição dos tempos de paragem, pois, comparativamente aos valores da RDP60, constatamos que a grande alteração se encontra na disponibilidade do equipamento, valor calculado tendo em conta o tempo disponível para produção e o tempo programado.

## 6.5. Síntese (MELHORAR)

Tabela 6.5. Comparação dos resultados

Objetivo	Inicial	Atual	Meta
Redução do tempo médio de ciclo	1247 Segundos / atado de 15 barras	1070 Segundos / atado de 15 barras	1000 Segundos / atado de 15 barras
Redução do coeficiente de variação %	59.09%	31%	20%
Redução do DPMO	602564	263158	66807
Aumento do nível sigma	1.2	2.1	3
OEE	39.43%	56.7%	60%

## 7. CONTROLAR

Na presente fase, o objetivo é avaliar o impacto e eficácia das soluções que foram implementadas na fase anterior assegurando que estas foram incorporadas no processo de forma sustentada.

Devemos então monitorizar, continuamente, a performance do processo aplicando métodos para controlar as fontes de variação identificadas na fase Analisar e depois comparar com a realidade anterior, de modo a garantir que as melhorias implementadas estão consolidadas.

Um dos fatores condicionantes desta etapa foi o facto de algumas das melhorias ainda estarem em fase de análise e ainda não terem sido implementadas, impossibilitando a monitorização das mesmas. Desta forma, as únicas ações de controlo já executadas foram:

- Elaboração de novas instruções de trabalho;
- Elaboração e fixação de gráficos com a produção diária;
- Registo de todo e qualquer tipo de paragens que sucedem no setor.



## 8. CONCLUSÕES

Uma empresa vive dos seus clientes, por sua vez, estes vivem da qualidade dos produtos que a empresa lhes proporciona. Esta qualidade advém da eficiência e eficácia dos processos que originam esses produtos. Neste contexto, o Seis Sigma surge como uma ferramenta talhada para o aumento destes dois conceitos. De acordo com Castro (2013), qualquer trabalho é feito por processos, e quando se tem um processo ineficaz ou ineficiente, este deixa de ser rentável.

O Seis Sigma permite reduzir custos pela diminuição dos desperdícios, defeitos e variabilidade do processo. A utilização desta metodologia permitiu conhecer melhor o processo de desempenho e tomar decisões com base em factos e não em hipóteses.

Até ao momento, a implementação do projeto descrito resultou: na redução do tempo de ciclo para os 1070 segundos por atado de 15 barras; na redução do coeficiente de variação para 31%; na redução do DPMO para os 263158 o que elevou o nível sigma para os 2.1.

Os objetivos inicialmente estabelecidos mostraram-se realistas e nesta fase existem boas indicações de que com a implementação das soluções em análise, estes possam vir a ser atingidos na sua totalidade.



---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amorim, J.P. (2009), “OEE – A Forma de Medir a Eficiência dos Equipamentos”, em [www.scribd.com](http://www.scribd.com).
- Andrietta, J. e Miguel, P. (2002), “The Six Sigma Method Importance in Quality Management Analyzed Under a Theoretical Approach”, Revista de Ciência & Tecnologia.
- Antony, L., Banuelas, R. (2002), “Key ingredients for the effective implementation of Six Sigma program”. Measuring Business, em <http://www.abepro.org.br/>
- Baba, V.A. (2008), “Diagnóstico e análise de oportunidade de melhoria num restaurante universitário por meio de uma filosofia Seis Sigma”, Ribeirão Preto, em [www.teses.usp.br/](http://www.teses.usp.br/)
- Biasotto, E. (2006), “Aplicação do BSC na gestão da TPM - Estudo de caso em indústria de processo”. Tese em Mestre em engenharia na especialidade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, em <https://repositorio.ufsc.br>
- Brook, Q. (2010), “Lean Six Sigma and Minitab: The Complete Toolbox Guide for All Lean Six Sigma Practitioners”, United Kingdom: OPEX Resources Ltd.
- Carreira, A. (2013), “Implementação de metodologias Lean na Indústria de laminagem de aço”. Tese de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, Universidade de Coimbra.
- Carvalho, P.C. (2011), “O programa 5S e a qualidade total”, Campinas, em <http://www.livrariasaraiva.com.br/>
- Castro, R.P. (2013), “Lean six sigma-Para qualquer negócio”, IST Press, Lisboa
- Colenghi, V.M. (2003), “O&M e a Qualidade Total: Uma integração perfeita”, Qualitymark, em <http://www.aedb.br/>
- Eckes, G. (2001), “A Revolução Seis Sigma: O método que levou a GE e outras empresas a transformar processos em lucros.” Rio de Janeiro, Campus.
- Ferreira, Luís Miguel D.F., Silva, Cristóvão e Mesquita, Carolina (2013), “Using the Six Sigma DMAIC Methodology to Improve na Internal Logistic Process”, Springer International Publishing.
- Gupta, P. e Siri, A. (2012), “Seis Sigma – Virtualmente sem estatística”, Vida Económica, Porto.
- Hahn, G.,R. Hoerl e Zinkgraf, S. (1999), “The Impact of Six Sigma Improvement - A Glimpse Into the Future of Statistics. – The American Statistician”
- Harry, M., Schroeder, R. (2000), “Six Sigma:The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World’s Top Corporations”, Doubleday Currency, New York, em <http://books.google.pt/>

- Huiskonen, J. e Pirttilä, T. (1998), “Sharpening logistics customer service strategy planning by applying Kano’s quality element classification”, *Production Economics*.
- Linderman, K., Schroeder, R.G., Zaheer, S. e Choo, A.S. (2003), “Six Sigma: a goal-theoretic perspective”, *Journal of Operations Management*.
- Manual do Formando – “Organização e Gestão da produção” (2005), em [www.giagi.pt](http://www.giagi.pt)
- Marshall, I.J. et al. (2004), “Gestão da Qualidade”, Rio de Janeiro
- Montez, L. (2011), “Seis Sigma – uma nova cultura empresarial”. Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- Oakland, J. (1994), “Gerenciamento da qualidade”, São Paulo.
- Porter, L. (2001), “Six Sigma excellence”, Quality World.
- Pyzdek, Thomaz (2003), “Uma ferramenta em busca do defeito zero”, HSM Management.
- Reis, S. (2008), “Optimização de processos de prestadores de cuidados de saúde e radioterapia”. Tese de Mestrado em Engenharia Física, Universidade de Coimbra.
- Rotondaro, R.G. et al. (2002), “Seis Sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços”. São Paulo, Atlas.
- Santos, D. (2012), “Aplicação da Metodologia DMAIC na Redução do Stok de Bens Alimentares. Caso de Estudo na Nestlé”. Tese de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial. Universidade de Lisboa.
- Távora, K. (2009), “Aplicação da metodologia Seis Sigma no processo de corte de uma indústria produtora de capas para bancos de automóvel”. Tese de Mestrado em Gestão Comercial. Universidade do Porto.







## APÊNDICE B – CARTOGRAFIA DE FLUXOS

nº operação	Conteúdo das operações	Operações					Distância (m)	Tempo (seg)
		Transformação	Transporte	Manuseamento	Decisão	Diversos		
1	Transportar atado para a mesa de alimentação	☐	➡	○	◇	☐	9	168,6
1,1	Colocar correntes e equilibrar atado			×			0	35,4
1,2	Deslocação do atado do stock para a mesa		×				6	61,4
1,3	Posicionar atado e retirar correntes			×			0	56,9
1,4	Retirar ponte da área de trabalho		×				3	14,9
2	Preparação do atado para o desempenho	☐	➡	●	◇	☐	0	85,4
2,1	Retirar etiquetas			×			0	10,1
2,2	Cortar arames			×			0	75,3
3	Preparação da ação de desempenho	☐	➡	●	◇	☐	0	234,0
3,1	Preencher fichas de desempenho					×	0	53,4
3,2	Verificar dimensões da barra			×			0	31,6
3,3	Ajustar parâmetros da máquina (1ª afinação)			×			0	80,6
3,4	Ajustar entrada			×			0	20,1
3,5	Passar 1ª barra e ajustar parâmetros de afinação	×					0	48,3
4	Ação de desempenho	■	➡	○	◇	☐	8	50,5
4,1	Puxar, posicionar e guiar barra			×			0	15,9
4,2	Passagem da barra na RDP 60	×					0	34,6
4,3	Verificação visual do empeno da barra	☐	➡	○	◆	☐	8	15,7
5	Transportar barras para 2ª ação de desempenho	☐	➡	○	◇	☐	51	322,0
5,1	Deslocar ponte para o berço de descarga		×				17	38,2
5,2	Colocar correntes e equilibrar barras			×			0	35,4
5,3	Deslocação das barras do berço para a mesa		×				17	144,8
5,4	Posicionar barras e retirar correntes			×			0	56,9
5,5	Deslocar ponte novamente para o berço		×				17	46,7
6	Transportar barras para a prensa	☐	➡	○	◇	☐	5	94,8
6,1	Colocar correntes e equilibrar barras			×			0	35,4
6,2	Deslocação das barras do berço para a prensa		×				5	35,4
6,3	Posicionar barras e retirar correntes			×			0	24,0
7	Ação de prensagem	■	➡	○	◇	☐	0	89,0
7,1	Ação de desempenho na prensa	×					0	89,0
8	Transportar barras para o berço de descarga	☐	➡	○	◇	☐	5	94,8
8,1	Colocar correntes e equilibrar barras			×			0	35,4
8,2	Deslocação das barras da prensa para o berço		×				5	35,4
8,3	Posicionar barras e retirar correntes			×			0	24,0
9	Preparação do atado	☐	➡	●	◇	☐	0	61,0
9,1	Empilhar barras			×			0	7,0
9,2	Colocar arames			×			0	42,3
9,3	Colocar etiquetas			×			0	11,7
10	Transportar atado para o stock	☐	➡	○	◇	☐	23	234,6
10,1	Colocar correntes e equilibrar atado			×			0	35,4
10,2	Deslocação do atado do berço para a zona de stock		×				23	142,3
10,3	Posicionar atado e retirar correntes			×			0	56,9
11	Finalizar operação de desempenho	☐	➡	○	◇	■	0	93,1
11,1	Fazer lançamento de dados					×	0	93,1



## APÊNDICE C – CHECK LIST 5'S



### Check List - 5'S



Área:








Local:

Data:

ID	DESCRIÇÃO				Pontuação			
		Sim	Não	N/A	1	2	3	4
<b>1S</b>	<b>ELIMINAR</b>	Sim	Não	N/A	1	2	3	4
1	Existem Materiais Desnecessários no Local de trabalho que perturbem o mesmo?							
2	O chão está desimpedido, sem ferramentas, peças sobressalentes, ou materiais deixados no chão?							
3	Todos os objetos e instrumentos de medição usados com frequência estão organizados, armazenados e rotulados?							
4	Os painéis só têm documentos ou arquivos necessários?							
5	Os corredores de passagem encontram-se livres?							
6	Todo o material e equipamento está em bom estado?							
<b>2S</b>	<b>ORDENAR</b>	Sim	Não	N/A	1	2	3	4
1	As vias de acesso encontram-se claramente definidas?							
2	Os instrumentos encontram-se devidamente organizados por Ordem de uso?							
3	Todos os recipientes, paletes, madeiras estão armazenados de forma adequada?							
4	O acesso ao extintor de incêndio, está desimpedido de obstáculos que dificultem a sua utilização?							
5	As prateleiras e outras áreas de armazenamento estão marcadas com indicadores de localização?							
6	Estações de trabalho, as estações de Limpeza e equipamentos encontram-se devidamente assinaladas?							
7	O pavimento contém fissuras ou encontra-se desnivelado							
8	Todos os cabos, tubos, torneiras encontra-se identificáveis							
<b>3S</b>	<b>LIMPAR</b>	Sim	Não	N/A	1	2	3	4
1	O chão está limpo, sem manchas de Óleo, Águas suidade e desperdícios?							
2	As máquinas encontram-se Limpas? Sem manchas de Óleo, Poeiras e outros resíduos?							
3	As Luzes são devidamente utilizadas?							
4	As iluminação, janelas encontram-se Limpas e sem estarem partidas?							
6	As máquinas encontram-se Pintadas, sem vestígios de corrosão ou outros aspectos visivelmente não agradáveis?							
7	As zonas de Difícil Acesso encontram-se devidamente Limpas?							
8	Os resíduos encontram-se devidamente separados?							
9	O Posto de trabalho está vazio de betas, com o chão limpo?							
10	O chão e os objectos estão limpos e sem lixo?							
<b>4S</b>	<b>SISTEMATIZAÇÃO E SAÚDE</b>	Sim	Não	N/A	1	2	3	4
1	Os trabalhadores estão a Utilizar fardas adequadamente limpas?							
4	Há conforto térmico e não existem problemas de frio ou calor?							
5	O tecto encontra-se em bom estado sem fissuras nem fugas?							
6	Os trabalhadores têm todas as ferramentas que necessitam?							
7	As instruções de trabalho estão dispostas, são claras e mantidas actualizadas?							
8	As ideias de melhoria têm vindo a ser implementadas?							
9	A Manutenção tem actuado de acordo com as Fichas de Intervenção Abertas?							
10	Os equipamentos de Protecção são os Adequados?							
<b>5S</b>	<b>RIGOR E RESPEITO</b>	Sim	Não	N/A	1	2	3	4
1	O equipamentos de protecção são correctamente Utilizados e quando necessários?							
2	Todas as Ferramentas têm vindo a ser armazenadas correctamente?							
3	As instruções de Limpeza têm sido seguidas?							
4	Tem sido feita manutenção Preventiva aos equipamentos?							



## APÊNDICE D – PLANO DE LIMPEZA

 <b>PLANOS DE LIMPEZA - PL</b>					
Desempeno					
Item	Operação				Periodicidade
	Nº	Descrição	Desenho/Foto	Tempo	
1	Limpeza do posto de trabalho		5 min	Operador	Diário/Final Turno
2	Limpeza do pavimento		20 min	Operador	Diário/Final Turno
3	Descarga dos contentores - caso estes estejam cheios e colocação de saco plástico		5 min	Operador	Diário/Final Turno
4	Verificação/colocação dos objectos nos locais destinados aos mesmos		5 min	Operador	Diário/Final Turno
5	Limpeza do quadro de informação 5S		5 min	Operador	Semanal /Final Turno das 21h
6	Arrumar sucata		5 min	Operador	Diário/Final Turno
<b>Lista de Materiais de Limpeza disponíveis ao operador:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pano de limpeza</li> <li>• Detergente Líquido</li> <li>• Pá do lixo</li> <li>• Vassoura</li> <li>• Carro vassoura</li> </ul>					
<b>Edição</b>		<b>Data</b>		<b>Elaborado</b>	
2		10-04-2014		Pedro Teixeira	

