



**Arthur Francisco Sengo Ramalho de Napoleão  
Leal**

Licenciado em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

## **Implementação da metodologia Seis Sigma no Centro de Medições**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia e Gestão Industrial

Orientador: Doutora Ana Sofia Leonardo Vilela de Matos,  
Professora Auxiliar, Faculdade de Ciências e  
Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Professora Maria do Nascimento Lopes Nunes  
Arguente: Professor José Fernando Gomes Requeijo



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

**Setembro 2015**



Implementação da metodologia Seis Sigma no centro de medições.

Copyright 2016 © Arthur Francisco Sengo Ramalho de Napoleão Leal, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



*À memória do meu avô Ramalho...*



## **Agradecimentos**

Esta dissertação resultou do empenho e dedicação de várias pessoas, às quais passo a agradecer.

Em primeiro lugar, à Professora Ana Sofia Leonardo Vilela de Matos, pela orientação e apoio sem os quais não seria possível ter realizado esta dissertação.

Ao Engenheiro Vítor Martins e à Engenheira Cristina Isidoro, aos quais fico extremamente grato pelo apoio e interesse que sempre revelaram por este projeto e pela minha primeira experiência profissional a nível de engenharia.

A toda a equipa da qualidade pelo apoio prestado e disponibilidade que sempre tiveram para me ajudar.

Aos meus amigos Sara Rocha, Vítor Clérigo, João Júnior e António Fryxell, pelos conselhos e apoio prestado.

À Sofia Rodrigues pelo apoio que me deu em todos os momentos.



## **Resumo**

O centro de medições do departamento da qualidade tem como objetivo estar de acordo com a norma AV87-E-210 exigida pela Volkswagen, que tem como finalidade um rigoroso controle a nível da temperatura e da humidade, visto que no seu interior estão presentes várias máquinas de medição sensíveis ao ponto de serem influenciadas pela capacidade elástica dos materiais, causada pelas variações de temperatura.

A dissertação tem como objetivo apresentar a situação atual em que se encontra o centro de medições relativamente às exigências da norma e apresentar propostas de melhoria de modo a fazer com que este esteja conforme. Para tal, foi implementada a metodologia Seis Sigma que tem como objetivo melhorar o desempenho de um processo, tendo por meta ter 3,4 defeitos por milhão de oportunidades. De modo a estruturar todo o projeto foi aplicado o Ciclo DMAIC metodologia que se insere no Seis sigma que visa melhorar um processo apresentando soluções para os problemas em causa através de da utilização de ferramentas da qualidade de modo a padronização de processos.

No seguimento de todos os estudos foi desenvolvido um relatório semanal o qual dá a conhecer todos os comportamentos da temperatura e humidade num espaço de tempo de uma semana de acordo com todas as exigências da norma.

Por último, foram apresentados os principais fatores que estavam a originar o problema, tendo também sido apresentadas propostas de modo a obter melhores resultados

**Palavras-chave:** Centro de medições, Seis Sigma, Ciclo DMAIC, Norma AV87-E-210, Qualidade



## **Abstract**

The quality department of measurements center aims to comply with the AV87-E-210, standards required by Volkswagen , which aims to strictly control the level of temperature and humidity , since there are present several sensitive measuring machines, who can be influenced by elastic capacity of the material caused by temperature variations.

This dissertation aims to present the actual situation of the measurement center in relation to the standard and present improvement proposals in order to be conform. For that, it was implemented Six Sigma methodology, which aims to improve the performance of a process with a target of 3,4 defects per million opportunities. In order to structure the whole project was applied the Cycle DMAIC methodology that is inserted in the Six Sigma which aims to improve a process by presenting solutions to the problems in question through the use of quality tools in order to standardize processes.

Following all studies, was developed a weekly report which sets forth all behaviours of temperature and moisture in a week's time frame in accordance with all requirements of standard.

Finally, were presented the main factors that were to give the problem, also improvement proposals.

**Keywords:** Measuring, Six Sigma, Ciclo DMAIC Cycle, Norm AV87-E-210, Quality



# Índice

1	Introdução.....	1
1.1	Enquadramento.....	1
1.2	Objetivo .....	3
1.3	Metodologias.....	4
1.4	Estrutura.....	5
2	Fundamentos Teóricos .....	7
2.1	Introdução .....	7
2.2	Qualidade .....	7
2.3	Seis Sigma.....	7
2.3.1	História do 6 Sigma .....	8
2.3.2	Definição de 6 Sigma.....	8
2.3.3	Nível Seis Sigma: .....	9
2.3.4	Métricas baseadas em defeitos .....	11
2.4	Fases do Ciclo DMAIC.....	12
2.4.1	Definir.....	13
2.4.2	Medição.....	14
2.4.3	Análise .....	15
2.4.4	Melhoria.....	16
2.4.5	Controlo .....	16
2.5	Ferramentas e Técnicas utilizadas em Seis Sigma .....	17
2.5.1	Brainstorming.....	17
2.5.2	Matriz de Prioridades .....	17
2.5.3	Diagrama Causa-Efeito.....	20
2.5.4	Diagrama em Árvore.....	20
3	Caracterização da Empresa.....	23

3.1	Grupo Volkswagen .....	23
3.2	Volkswagen Autoeuropa.....	23
3.3	Qualidade e Segurança Ambiental.....	24
3.4	Centro de Medições do departamento da qualidade .....	24
4	Resultados e discussão .....	27
4.1	Ciclo DMAIC .....	27
4.1.1	Definir .....	28
4.1.2	Medição.....	29
4.1.3	Analisar .....	40
4.1.4	Melhoria .....	41
4.1.5	Controlar .....	50
5	Conclusão e Recomendações.....	55
5.1	Conclusão.....	55
5.2	Recomendações .....	55
	Bibliografia.....	57
	Anexo .....	59
	Anexo A .....	59

## Índice de Figuras

Figura 1.1 Gráfico Dimensão vs. temperatura.....	3
Figura 2.1 Distribuição Normal centrada no Target .....	10
Figura 2.2- Distribuição normal com desvio de Target de 1,5 Sigma da média.....	11
Figura 2.3Ciclo DMAIC .....	13
Figura 2.4- Diagrama de Causa-Efeito.....	20
Figura 2.5- Diagrama em Árvore.....	21
Figura 3.1-Linha de montagem.....	24
Figura 4.1- Declaração de projeto.....	28
Figura 4.2- Áreas circundantes ao centro de medições .....	29
Figura 4.3- Localização dos sensores.....	30
Figura 4.4- Localização das saídas de ar-condicionado .....	31
Figura 4.5 - Localização dos portões .....	31
Figura 4.6 – Gráfico da temperatura na semana 14 .....	32
Figura 4.7- Gráfico da temperatura na semana 24 .....	34
Figura 4.8-Análise para 60 minutos .....	35
Figura 4.9-Análise para 4 horas.....	35
Figura 4.10 – Análise para 24 horas .....	36
Figura 4.11-Análise para 7 dias .....	36
Figura 4.12-Análise entre sensores .....	37
Figura 4.13 – Temperatura na sala vs. temperatura na saída do ar-condicionado .....	37
Figura 4.14 – Temperatura vs. ar-condicionado vs. exterior .....	38
Figura 4.15 – Temperatura no centro de medições vs. temperatura no Body.....	39
Figura 4.16- Humidade no centro de medições .....	39

Figura 4.17- Humidade no centro de medições vs. Humidade no exterior .....	40
Figura 4.18 – Diagrama em árvore .....	40
Figura 4.19- Diagrama Causa-Efeito .....	41
Figura 4.20 – Comparação do desempenho do ar-condicionado .....	46
Figura 4.21 - Plano de ações de isolamento dos orifícios .....	47
Figura 4.22- Localização dos portões substituidos .....	48
Figura 4.23 – Localização dos canteiros .....	49
Figura 4.24 – Nível Sigma para 60 minutos .....	50
Figura 4.25 – Nível sigma para 4 horas .....	51
Figura 4.26 – Nível Sigma para 24 horas.....	51
Figura 4.27 – Nível Sigma para variação entre sensores.....	52
Figura 4.28 – Nível Sigma para humidade.....	52

## Índice de Tabelas

Tabela 1.1- Exigências da Norma AV87-E-210 relativamente à temperatura e humidade.....	2
Tabela 2.1- Número de defeitos (ppm) quando o Nível Sigma varia, sem desvios da média ....	10
Tabela 2.2-Número de defeitos (ppm) quando o Nível Sigma .....	11
Tabela 2.3-Ferramentas utilizadas .....	14
Tabela 2.4- Ferramentas utilizadas .....	15
2.5- Definir um conjunto de opções.....	18
Tabela 2.6-Definição de Critérios.....	18
Tabela 2.7- Ponderação.....	18
Tabela 2.8- Matriz de prioridades dos critérios .....	19
Tabela 2.9- Matriz de prioridades dos Critério.....	19
Tabela 2.10- Matriz de prioridades Opções vs. Critérios .....	19
Tabela 4.1- Avaliação do Nível Sigma .....	33
Tabela 4.2- Níveis Sigma .....	33
Tabela 4.3 – Critérios.....	41
Tabela 4.4 - Critérios de ponderação .....	42
Tabela 4.5 - Opções de melhoria .....	42
Tabela 4.6 - Matriz de prioridades dos criérios .....	43
Tabela 4.7 – Matriz de prioridades para o Critério A .....	43
Tabela 4.8 –Matriz de prioridades para o Critério B .....	44
Tabela 4.9 – Matriz de prioridades para o Critério C.....	44
Tabela 4.10 – Coeficientes de ponderação .....	45
Tabela 4.11 – Matriz de prioridades Opção vs. Critérios.....	45

Tabela 4.12-Comparação do Nível Sigma antes e depois .....	49
Tabela 4.13.Situação atual dos projetos. ....	53



## **Lista de Siglas**

$\Delta T$ - Variação de Tempo

$\Delta t$  - Variação de Temperatura

°C- Graus Celcius

DMAIC- Define, Measure, Analyse, Improve, Control

ISQ- Instituto de Soldadura e Qualidade

KPIV- Variáveis Chave De entrada No Processo

KPOV- Variáveis Chave De Saída No Processo

LE- Limite de Especificação

LIE- Limite Inferior de Especificação

LSE-Limite Superior de Especificação

MPV- Multi Proposal Vehicle

RPS- Reference Point System

T- Target

TN- Turno da Noite

TM-Turno da Manhã

TT-Turno da Tarde





# **1 Introdução**

Nos dias que correm, a concorrência no ramo automóvel tem vindo cada vez mais a ser competitiva, o que leva ao desenvolvimento constante de novas tecnologias, de modo a conseguir ter uma melhor aceitação por parte do mercado. Toda esta competitividade faz com que os processos se tornem cada vez mais complexos.

Deste modo, as ferramentas da Qualidade têm cada vez mais uma grande importância em todas as fases do processo com o intuito de se obter a melhor satisfação possível por parte dos clientes.

## **1.1 Enquadramento**

Nos dias de hoje, os níveis de exigência da qualidade são cada vez maiores ao nível das empresas. É com esse intuito que a empresa Volkswagen obriga as suas fábricas a cumprirem com várias normas internas, de modo a obterem sempre altos níveis de qualidade.

Deste modo, o centro de medições tem que se reger pela norma interna AV87-E-210 que vigora a nível de todos os centros de medição das fábricas Volkswagen. Esta norma apresenta um conjunto de requisitos relativos à temperatura e humidade que têm de ser cumpridos. Este controlo da temperatura deve-se à existência de várias máquinas de medição bastantes sensíveis, ao ponto de as suas medições serem influenciadas pela capacidade de deformações dos materiais causadas por alterações de temperatura.

Foi através da necessidade de estar conforme que surgiu este projeto, que visa responder a todas as exigências da norma. Para tal, foi apresentada a situação atual e desenvolvido um relatório semanal de modo a apresentar todas as variações da temperatura e humidade num espaço de uma semana. Após obtenção dos primeiros resultados, foram elaboradas várias propostas de modo a melhorar o desempenho do sistema.

Na Tabela 1.1 estão apresentadas todas as exigências da norma AV87-E-210 [1].

Tabela 1.1- Exigências da Norma AV87-E-210 relativamente à temperatura e humidade

Temperatura recomenda 20°C +/-2°C	
Variação $\Delta T/\Delta t$ em graus(°C)	
60 Minutos	1,0
4 Horas	1,5
24 Horas	2,0
7 Dias	2,0
A temperatura na sala não pode variar mais de 0,5°C em dois pontos diferentes	
Humidade relativa deverá encontrar-se entre os 30% e 60%	

Na Tabela 1.1 é possível observar as várias exigências da norma das quais:

- A temperatura deverá estar sempre entre os dezoito e os vinte e dois graus.
- A temperatura não pode variar mais do que um grau num espaço de tempo de sessenta minutos.
- A temperatura não pode variar mais do que um grau e meio num espaço de tempo de quatro horas.
- A temperatura não pode variar mais do que dois graus num espaço de tempo de vinte e quatro horas.
- A temperatura não pode variar mais do que dois graus num espaço de tempo de sete dias.
- A humidade relativa deverá encontrar-se sempre entre os 30% e 60%.

Na Figura 1.1 está caracterizado o comportamento dos materiais quando sujeitos a alterações de temperatura.

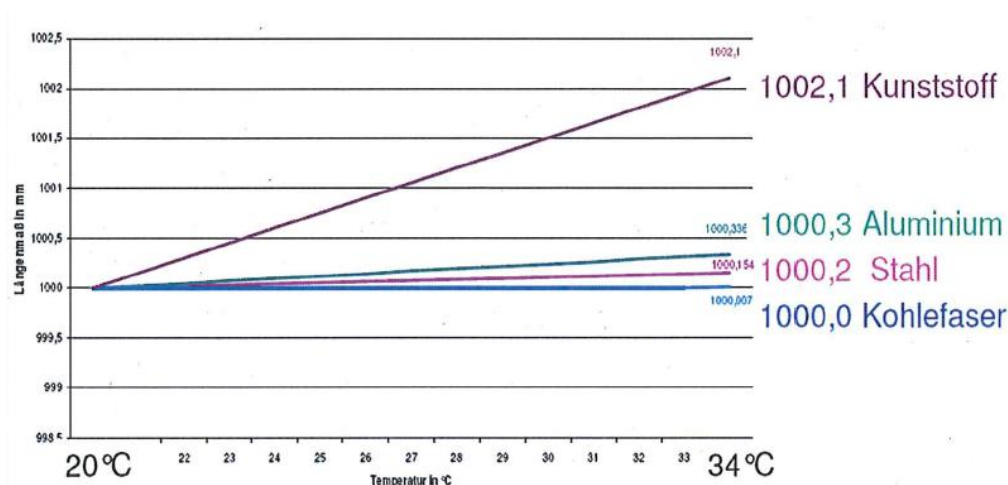


Figura 1.1 Gráfico Dimensão vs. temperatura

Legenda:

- Kunststoff -> Plástico
- Aluminium -> Alumínio
- Stahl -> Aço
- Kohlefaser -> Fibra de carbono

Na Figura 1.1 é possível observar as variações de comportamentos dos materiais que são medidos no centro de medições. Deste modo, é possível observar que as peças feitas de plástico são as que mais sofrem deformações dimensionais com as alterações de temperatura.

## 1.2 Objetivo

A presente dissertação tem como ponto de partida a necessidade de responder às lacunas existentes no Centro de Medições da Qualidade. Este tem que se reger por uma norma referente ao controlo da temperatura e humidade no seu interior, exigida pela Volkswagen.

Atualmente, o centro de medições encontra-se fora da conformidade relativamente a alguns tópicos exigidos pela norma AV87-E-210, os quais ainda não foram elaborados estudos de análise à presente situação de modo a que se verifique o grão em que se encontra. Presentemente são efetuadas recolhas dos valores de temperatura e apresentados em médias diárias e variações de temperaturas entre os respetivos dias da semana.

Assim, a dissertação tem como objetivo fazer com que o centro de medições esteja conforme relativamente a todas as exigências da norma, para tal será apresentado a situação atual, posteriormente apresentado um relatório semanal e após a recolha de dados apresentadas serão apresentadas as propostas de melhoria. Para tal, será implementada a metodologia Seis sigma que visa reduzir o número de defeitos de um processo para 3,4 defeitos por milhão de oportunidades. Posteriormente o Ciclo DMAIC irá ser aplicado, sendo este uma metodologia que se insere no Seis sigma que visa melhorar um processo apresentando soluções para os problemas em causa através da utilização de ferramentas da qualidade de modo a padronização de processos.

Para o efeito, será necessário analisar todos os dados de modo a conhecer qual e o nível de conformidade e, posteriormente, propor medidas de melhoria de modo conseguir aumentar o nível de conformidade.

### **1.3 Metodologias**

A metodologia adotada no desenvolvimento do trabalho da dissertação tem por base o processo de implementação da metodologia Seis Sigma, mais especificamente o ciclo DMAIC, desenvolvido ao detalhe ao longo do capítulo 2.

Inicialmente foi efetuada uma revisão bibliográfica para analisar que a implementação da metodologia Seis Sigma, mais concretamente o ciclo DMAIC. Este é um ciclo de desenvolvimento de projetos de melhoria originalmente utilizado na estratégia Seis Sigma. Inicialmente concebido para projetos relacionados à qualidade, o DMAIC não é efetivo somente na redução de defeitos, sendo abrangente para projetos de aumento de produtividade, redução de custo, melhoria em processos administrativos, entre outras oportunidades. Este seriam os métodos apropriados para responder ao problema em causa. Deste modo, foi possível decidir sobre qual a melhor abordagem a adotar, tendo em conta a possibilidade de implementar estas metodologias em diferentes setores.

Após a escolha do Seis sigma e do Ciclo DMAIC como tema para a dissertação de modo a responder ao projeto proposto pela empresa. Relativamente ao ciclo DMAIC, cada uma das fases do ciclo é suportada por ferramentas apropriadas que servem para responder a todas as fases que constituem o ciclo:

- **Fase de Define-** definir a meta do projeto, criação da equipa Seis Sigma, definição dos objetivos e compreensão do problema.

- **Fase Measure-** Medição do desempenho atual do processo e estabelecimento de métricas válidas e confiáveis de modo a atingir a meta proposta.
- **Fase de Analyse-** análise do sistema para identificar formas de eliminar as lacunas no desempenho atual do processo de modo a melhorá-lo.
- **Fase de Improve-** desenvolvimento de soluções para a resolução do problema e criação de um plano de ações de melhoria.
- **Fase Control-** controlo do novo processo, apresentação de orçamentos e apresentar a evolução do processo ao longo do tempo onde vão sendo aplicadas as propostas de melhoria.

## 1.4 Estrutura

A dissertação está organizada em 5 capítulos.

No presente capítulo, capítulo 1, foi feito um breve enquadramento do tema, bem como a apresentação das motivações que levaram ao desenvolvimento deste projeto, são também apresentadas as metas a que esta dissertação se propõem e metodologias aplicadas de modo a atingir as metas.

No capítulo 2, apresentam-se os principais fundamentos teóricos associados à metodologia Seis Sigma, desde a sua história às suas definições, posteriormente apresenta-se o ciclo DMAIC, sendo apresentado todas as fases que o constituem, sendo elas: Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar.

No capítulo 3, apresenta-se uma caracterização da empresa Volkswagen Autoeuropa, iniciando com uma breve descrição histórica, passando pelo Grupo Volkswagen ao qual pertence a empresa, abordando as práticas de qualidade, segurança ambiente e internacionalização e, por ultimo, uma descrição da fábrica Volkswagen Autoeuropa, entidade que serviu de suporte para implementação da metodologia Seis Sigma no centro de medições da qualidade.

No capítulo 4, apresenta o desenvolvimentos de todas as fases no ciclo DMAIC, das quais é apresentado toda a informação essencial para desenvolver o projeto das quais a descrição do problema, as propostas de melhoria de modo a atingir as metas propostas e por último a evolução do processo ao longo do tempo de estágio.

Por último, no capítulo 5, são apresentadas as conclusões do trabalho desenvolvido no âmbito da dissertação, assim como as limitações do sistema e possíveis ações a desenvolver no futuro de modo a melhorar o processo.



## **2 Fundamentos Teóricos**

### **2.1 Introdução**

Este capítulo tem como objetivo introduzir os conceitos teóricos e matemáticos utilizados no desenvolvimento da metodologia Seis Sigma, mais especificamente explicar todas as fases do ciclo DMAIC e, por sua vez, todas as ferramentas utilizadas.

### **2.2 Qualidade**

A qualidade tem vindo a evoluir significativamente nas últimas décadas de forma a adaptar-se às novas exigências por parte da gestão.

Hoje em dia, Qualidade é sinónimo de procura contínua de melhoria em todas as vertentes, com o objetivo de satisfazer ao máximo todos os colaboradores, clientes, acionistas e toda a sociedade em geral. Para que tal aconteça, é necessário o envolvimento de todos, a Qualidade tem que estar presente em todos os processos, de modo a contribuir para o aumento da produtividade e competitividade das organizações públicas e privadas, sendo elas de grande ou pequena dimensão [2].

### **2.3 Seis Sigma**

O Seis Sigma é uma ferramenta que tem a ambição de reduzir a variação no desempenho de produtos e serviços de modo a alcançar, consistentemente, os requisitos dos clientes. Esta metodologia é muitas vezes apresentada como uma forma de melhoria contínua que tem como objetivo reduzir o número de defeitos de um processo para 3,4 defeitos por milhão de oportunidades.

A melhoria da qualidade tem-se tornado, cada vez mais, numa estratégia de negócio importante para muitas organizações, incluindo fabricantes, distribuidores, empresas de transporte, organizações de serviços financeiros, prestadores de cuidados de saúde e agências governamentais.

A qualidade é uma ferramenta competitiva que pode resultar em vantagem considerável para as organizações que empregam de forma eficaz os seus princípios básicos.

Uma empresa que adote esta metodologia está melhor preparada para se relacionar com os seus clientes através da melhoria e controle de qualidade, tendo a vantagem de se tornar mais competitiva relativamente aos seus concorrentes.

Desenvolver uma estratégia eficaz da qualidade é um fator no sucesso do negócio a longo prazo. Seis Sigma é uma abordagem disciplinada, orientada para o projeto, com base estatisticamente para reduzir a variabilidade, a remoção de defeitos e a eliminação dos resíduos de produtos, processos e transações. Deste modo os métodos estatísticos têm um papel crítico fundamental no desempenho deste processo [3].

### **2.3.1 História do 6 Sigma**

O conceito Seis Sigma foi lançado pela Motorola em 1987, resultado de uma série de alterações na área da qualidade a partir do final dos anos 1970s, com unidades de melhoria de dez vezes mais ambiciosas. Em 1983 Engenheiro Bill Smith Vice Presidente da Motorola introduziu a abordagem estatística no processo de produção o que levou á melhoria do processo, esta estratégia visava o aumento do lucro devido á redução de defeitos do processo, a esta estratégia chamou-lhe Seis Sigma.

A gestão de topo juntamente com o CEO Robert Galvin, desenvolveram um conceito chamado Six Sigma. Depois de alguns testes de implementação, Galvin, em 1987, formulou a meta de "Alcançar capacidade de Six Sigma em 1992" em memória a todos Funcionários da Motorola.

Os resultados em termos de redução na variação do processo foram cerca de US \$ 13 bilhões, o que originou uma melhoria da produtividade do trabalho, conseguido um aumento 204% durante o período 1987-1997 [4]. Com o sucesso de implementação do Seis Sigma por parte da Motorola, algumas empresas como a IBM, a DEC, e Texas Instruments começaram a implementar este processo no início de 1990.

No início de 1997, os Grupos Samsung e LG na Coreia começaram a introduzir Seis Sigma nas suas empresas. Os resultados foram surpreendentemente bons nessas empresas. Por exemplo, a Samsung SDI, que é uma empresa sob a Samsung Group, informou que as economias de custo por projetos Seis Sigma totalizaram US \$ 150 milhões [5].

Atualmente, o número de grandes empresas a aplicar o Seis Sigma na Coreia está a crescer exponencialmente em muitas pequenas e médias empresas. Com o resultado em experiências com Seis Sigma na Coreia o autor acredita que este processo é um novo paradigma estratégico de gestão de inovação para a empresa no século XXI, implicando medição estatística, estratégia de gestão e cultura de qualidade [6].

### **2.3.2 Definição de 6 Sigma**

Atualmente existem várias definições relativamente á definição de 6 Sigma, contudo vão ser apresentadas várias definições com o intuito abranger o máximo de definições.

É possível definir o Seis Sigma como uma estratégia disciplinada e altamente quantitativa, que tem como objetivo aumentar drasticamente o lucro das empresas, através da melhoria da qualidade de produtos e processos e do aumento da satisfação de clientes e consumidores [7].

Seis Sigma é uma aplicação rigorosa, focada e altamente eficaz baseada em princípios e técnicas de qualidade que tem como objetivo a melhorar o desempenho do negócio.

Sigma,  $\sigma$ , é uma letra do alfabeto grego usado pelos estatísticos para medir a variabilidade em qualquer processo. O desempenho de uma empresa é medido pelo Nível Sigma através dos seus processos de negócios. Tradicionalmente as empresas consideram aceitável um Nível Sigma entre três e quatro, estes níveis traduzem-se em 6200 e 67000 defeitos por milhão de oportunidades.

A Metodologia Seis Sigma, o Nível Sigma pretendido é de cerca de 3,4 defeitos por milhão de oportunidades de modo a responder às expectativas dos clientes e do aumento da complexidade de produtos e processos modernos [8].

Harry e Schroeder (2000), no seu livro popular em Seis Sigma, descreveu-o como um “processo de negócios que permite às empresas melhorar drasticamente a sua linha de fundo através da conceção e monitorização de atividades de negócios diárias, de forma a minimizar o desperdício e recursos aumentando a satisfação do cliente”.

Hahn et al. (2000) o Seis Sigma descrito como uma disciplina e abordagem baseada em estatística para melhoria do produto e qualidade do processo. Por outro lado, Sanders e Hild (2000) chamou de uma estratégia de gestão que requer uma mudança de cultura na organização [9].

### **2.3.3 Nível Seis Sigma:**

Na Figura 2.1 está representado uma distribuição normal a qual está limitada pelo limite superior e pelo limite inferior, no centro encontra-se o T, ou seja o target, o nosso objetivo, os limites de especificação estão situados a  $\mu \pm 3\sigma$ , ou seja a probabilidade de encontrar um valor fora da tolerância é que 0,27%, são produzidos 2700 defeitos por milhão de oportunidades. Este valor é correspondente a um nível 3 da qualidade sigma, o que se pode observar na Tabela 2.1.

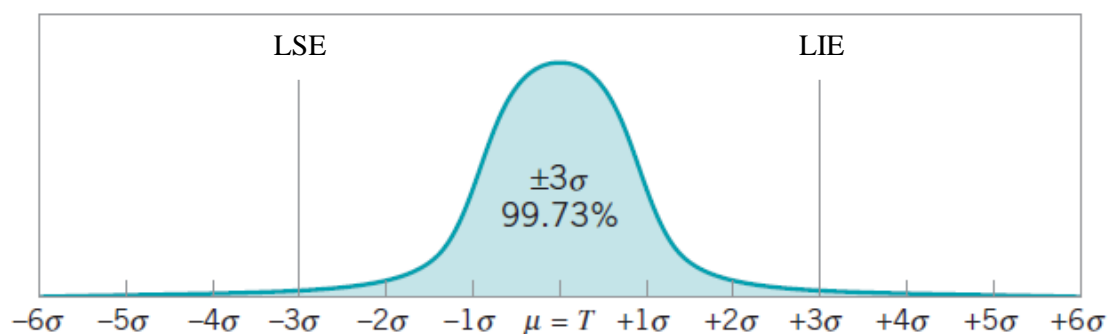


Figura 2.1 Distribuição Normal centrada no Target

Tabela 2.1- Número de defeitos (ppm) quando o Nível Sigma varia, sem desvios da média

LE	% dentro dos LE	Nº defeitos (ppm)
±1 Sigma	68,27	317300
±2 Sigma	95,45	45500
±3 Sigma	99,73	2700
±4 Sigma	99,9937	63
±5 Sigma	99,999943	0,57
±6 Sigma	99,9999998	0,002

#### Distribuição Normal centrada no Target

Devido às variações nos processos a Motorola, através de BILL Smith, este adicionou uma deslocação de  $\pm 1,5\sigma$  do valor médio, este desvio faz com que se obtenha um desvios-padrão da média para 1,5, resulte em 3,4 defeitos por milhão de oportunidades.[3]

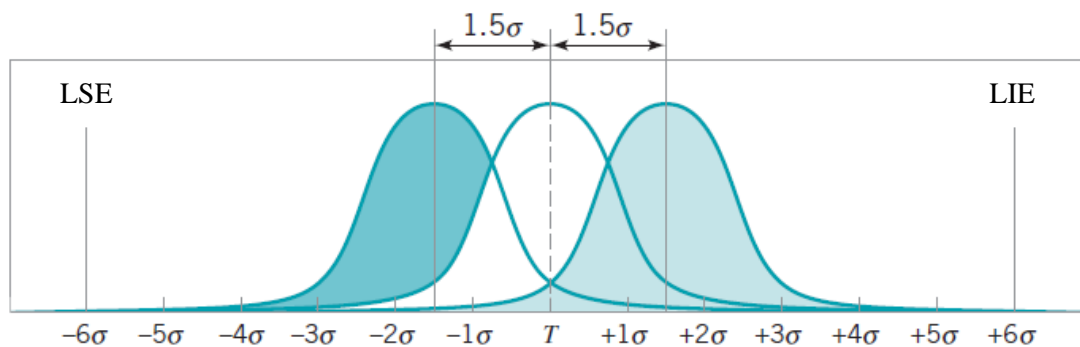


Figura 2.2- Distribuição normal com desvio de Target de 1,5 Sigma da média

Tabela 2.2-Número de defeitos (ppm) quando o Nível Sigma

LE	% dentro dos LE	Nº defeitos (ppm)
$\pm 1$ Sigma	30.23	697700
$\pm 2$ Sigma	69.13	608700
$\pm 3$ Sigma	93.32	66810
$\pm 4$ Sigma	99.3790	6210
$\pm 5$ Sigma	99.97670	233
$\pm 6$ Sigma	99.999660	3.4

#### 2.3.4 Métricas baseadas em defeitos

Muitas vezes o desempenho do processo é medido através de não conformidades ou por defeitos, habitualmente este desempenho é medido através de partes por milhão (ppm) de modo a verificar a capacidade do processo. As empresas convertem este ppm de modo a obter um nível equivalente a sigma.

$$DPU = \frac{\text{Número de defeitos}}{\text{Número de unidade de produto observado}} \quad (2.1)$$

Posteriormente é calculado o DPO, Defeitos por Oportunidade, que calcula o número de oportunidades para defeitos

$$DPO = \frac{DPU}{\text{Número de oportunidades para defeitos}} \quad (2.2)$$

Assim sendo, é calculado o DPMO, número de defeitos por milhão de oportunidades [10].

$$DPMO = DPO \times 10^6 \quad (2.3)$$

## 2.4 Fases do Ciclo DMAIC

DMAIC (normalmente pronunciado "duh-MAY-ick") está estruturado em cinco etapas de resolução de problemas, são procedimentos que podem ser usados para projetos complexos através de implementação de soluções que são projetadas para resolver causas dos problemas de qualidade, de modo a estabelecer as melhores práticas para assegurar que as soluções são permanentes. Estes procedimentos também podem ser adotados em diferentes áreas.

Esta secção explica o procedimento DMAIC e apresenta muitas das ferramentas utilizadas em cada passo. Muitas das ferramentas DMAIC são apresentadas em maior detalhe nas seguintes secções.

Após cuidadoso estudo tem que se ter em conta os seguintes passos:

1. Compreender a importância de selecionar bons projetos para as atividades de melhoria.
2. Analisar e desenvolver todas as fases do ciclo DMAIC: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controle.
3. Saber quando e quando não usar DMAIC.
4. Compreender de que forma o ciclo DMAIC se encaixa na filosofia seis sigma[6].

Na Figura 2.1 estão representadas todas as fases do ciclo DMAIC e mais pormenorizadamente as questões que se devem colocar em cada uma das fases.

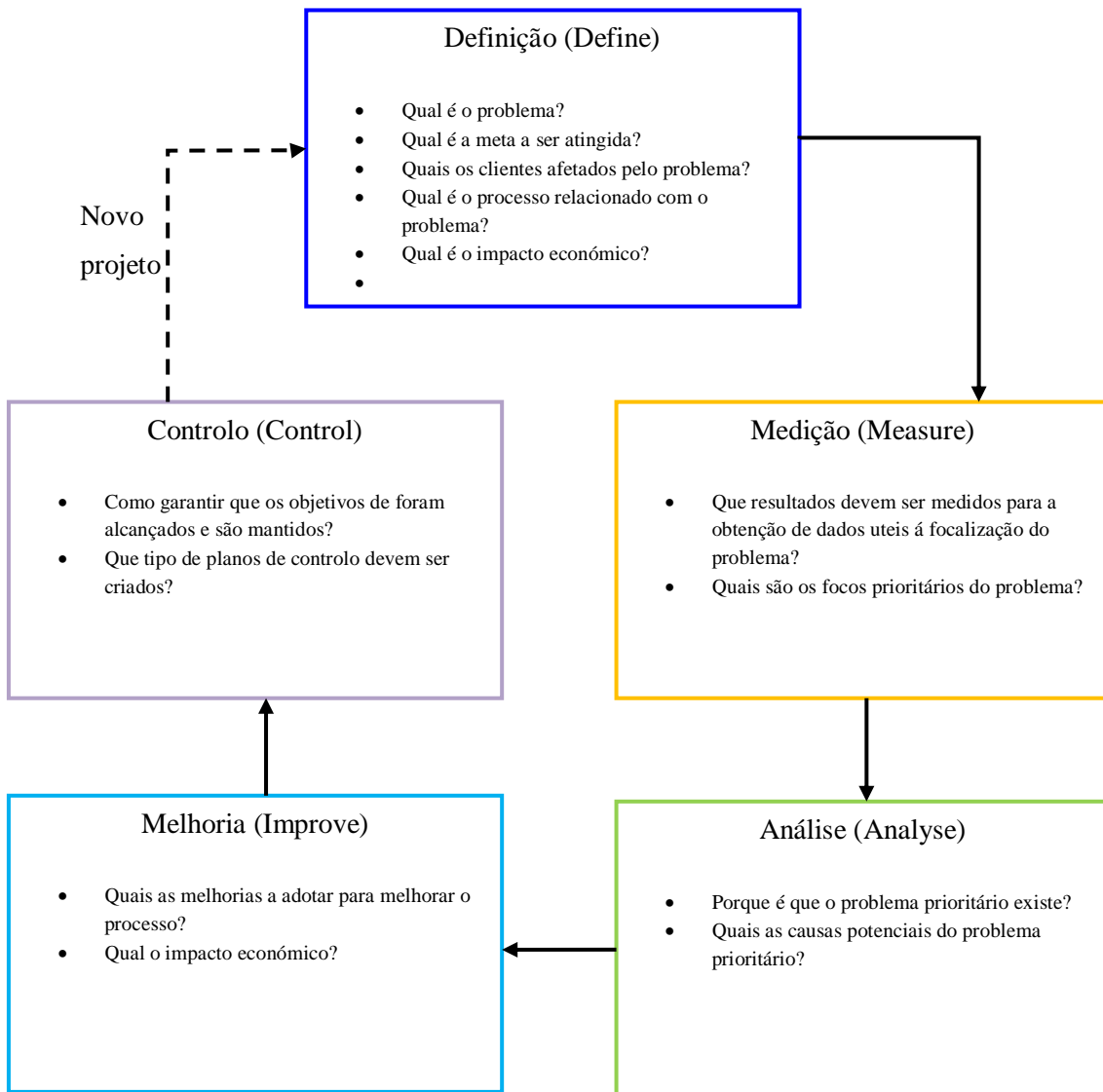


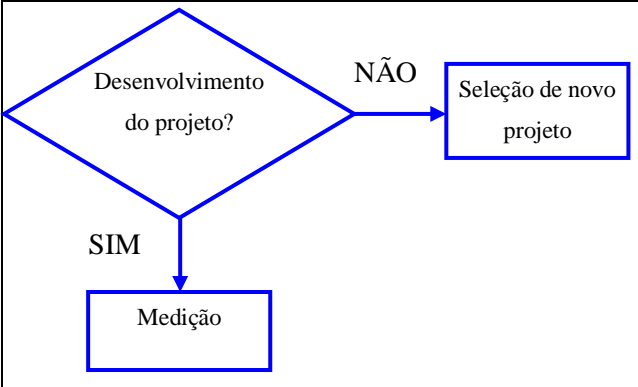
Figura 2.3Ciclo DMAIC

### 2.4.1 Definir

É na primeira fase do ciclo DMAIC que a equipa tem de responder as questões que lhe são propostas e analisar todos as possibilidades que tornem o projeto inviável tais como, restrições de recursos durante o projeto. Deste modo, devem ser distribuídas as funções de responsabilidade por cada elemento da equipa.

No início do projeto de ser apresentado na fase “Definir” a Declaração de Projeto. Esta tem o objetivo apresentar à equipa os problema em foco, datas de conclusão e informação relativa a distribuição de funções, com o intuito de manter toda a equipa alinhada na realização do projeto.

Tabela 2.3-Ferramentas utilizadas

Atividades	Ferramentas
Descrição do problema, e estratégias da empresa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Declaração de projetos</li> <li>• Métrica Seis Sigma</li> </ul>
 <pre> graph TD     A{Desenvolvimento do projeto?} -- NÃO --&gt; B[Seleção de novo projeto]     A -- SIM --&gt; C[Medição]     </pre>	
Estruturar a equipa, identificar recursos e possíveis restrições.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Declaração de projeto</li> </ul>

### 2.4.2 Medição

O objetivo da etapa de medição é a avaliação e compreensão do estado atual do processo, o que requer uma recolha de dados sobre as medidas de tempo de qualidade, custo e rendimento / ciclo. Para tal, é necessário o desenvolvimento de uma lista de todas as variáveis-chave de entrada do processo (por vezes abreviado KPIV) e as variáveis chave de saída do processo-chave (KPOV).

Relativamente aos dados, deve-se ter em atenção se estes são suficientes para permitir uma profunda compreensão do desempenho do processo. Pode-se obter os dados através de registos históricos, os quais nem sempre são os mais indicados porque podem não estar completos devido a métodos de conversão. Contudo, na maioria das vezes, é necessário fazer recolha de dados atuais através de estudos observacionais.

Além disso, o sistema de medição deve ser certificado de modo a não influenciarem a equipa que existe um problema.

Tabela 2.4- Ferramentas utilizadas

<b>Atividades</b>	<b>Ferramentas</b>
Recolha de informação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recolha de dados</li> </ul>
Determinação do atual desempenho do Nível Sigma	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cálculo nível do Nível Sigma</li> </ul>

### 2.4.3 Análise

A fase da análise tem o intuito de analisar os dados obtidos na fase de medição de modo a começar a determinar as causas e os efeitos com a finalidade de identificar e compreender as fontes de variabilidade. Deste modo podemos determinar quais os problemas de qualidade os quais motivaram a criação deste projeto [3].

Na fase Análise o objetivo é utilizar os dados recolhidos na fase medição e começar a determinar as causas e os efeitos no processo e perceber as diferentes fontes de variabilidade. Por outras palavras, na fase Análise é pretendido determinar as potenciais causas de defeitos, problemas de qualidade, problemas com clientes, tempo de ciclo, desperdício e ineficiência que motivaram ao desenvolvimento do projeto. É importante separar as fontes de variabilidade em causas comuns e causas especiais. Geralmente as causas comuns são fontes de variabilidade que estão presentes no processo, enquanto que as causas especiais nascem de fontes externas. Reduzir as causas comuns de variabilidade, normalmente significa mudar o processo, enquanto que a remoção das causas especiais requer a eliminação desse problema. Uma causa comum de variabilidade pode ser causada por falta de formação de um operador, enquanto que uma causa especial pode ser uma falha de uma ferramenta numa máquina.

Existem muitas ferramentas que são potencialmente úteis na fase Analisar. Por exemplo, as Cartas de Controlo são úteis na identificação de causas especiais de variação; Diagrama em árvore na ilustração detalhada de todas as alternativas de modo a atingir um objetivo previamente definido; Diagrama Causa-Efeito que tem como objetivo relacionar todas as causas e os efeitos de modo a identificar as principais causas[6].

<b>Atividades</b>	<b>Ferramentas</b>
Estabelecer as Características Críticas para a Qualidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagrama em árvore</li> <li>• Diagrama Causa-Efeito</li> </ul>

#### 2.4.4 Melhoria

Após a obtenção das potenciais causas na fase de análise, é necessário propor soluções de melhoria que permitam atingir os objetivos propostos pela equipa. É nesta fase que são apresentadas todas as recomendações de melhoria, avaliação de propostas e ações a tomar[3].

A equipa deve avaliar as propostas de melhoria, analisando se tem potencial suficiente face às metas definidas na primeira fase “Definir”. Caso não aconteça, a equipa tem que voltar à fase de medição para um maior aprofundamento das metas.

Na fase de medição e analisar, a equipa concentrou-se em decidir quais KPIVs e KPOVs para estudar, quais os dados para recolher, como analisar e apresentar os dados, o potencial identificado fontes de variabilidade, e determinar como interpretar os dados que se obtiveram. Na fase de melhoria, o pensamento da equipa é criativo sobre as alterações específicas que podem ser feitas no processo e outras alternativas que podem ser feitas para ter o impacto desejado sobre o processo desempenhado [3].

<b>Atividades</b>	<b>Ferramentas</b>
Determinação do atual desempenho do Nível Sigma	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cálculo nível do Nível Sigma</li></ul>
Identificação da priorização dos projetos	<ul style="list-style-type: none"><li>• Matriz de prioridades</li></ul>

#### 2.4.5 Controlo

O objetivo desta etapa é elaborar um plano de controlo do processo e outros procedimentos necessários para assegurar que os resultados obtidos no novo processo, continuem a ser atingidos e se possível melhorá-los. Para tal, os gráficos de controlo são uma importante ferramenta estatística utilizada nas etapas do ciclo DMAIC.

O plano de transição para o proprietário do processo deve incluir uma verificação de validação de vários meses após a conclusão do projeto. É importante assegurar que os resultados estão estáveis, de modo que o impacto financeiro seja positivo e sustentado. Caso se identifiquem algumas falhas no processo, a capacidade de responder rapidamente a falhas imprevistas deve ter sido em conta no plano.

A etapa de controlo geralmente inclui as seguintes questões:

- Os dados ilustrados devem estar em linha com a declaração do projeto que deve estar disponível?
- O plano de controlo do processo está completo.
- Está toda a informação essencial para que o processo esteja completo.
- A lista de oportunidades que não foram realizados no projeto. Isso pode ser utilizado para desenvolver projetos futuros o que é muito importante para manter o processo de melhoria através de projetos que ainda estejam pendentes ou em vias de se realizarem.
- Uma lista de oportunidades em que os resultados do projeto possam ser utilizados em outras partes do negócio [6].

## **2.5 Ferramentas e Técnicas utilizadas em Seis Sigma**

Seguidamente serão apresentadas as ferramentas e técnicas utilizadas ao longo da implementação da metodologia seis sigma, mais especificamente no ciclo DMAIC.

### **2.5.1 Brainstorming**

O Brainstorming é um método que tem como finalidade a geração de ideias. A equipa tem que se focar no problema ou numa oportunidade de modo a vir ao de cima com tantas ideias quanto possível.

Durante o brainstorming, não há nenhuma crítica ou discussão de qualquer ideia; o objetivo é gerar ideias a pensar no Problema. Quando algum dos membros da equipa lança uma ideia esta deve ser registada. Então após se reunirem as várias ideias a equipa pode analisar os resultados e explorar as melhores ideias. Brainstorming é também uma valiosa ferramenta para sondar durante a fase de análise e para a geração de ideias durante a fase Melhoria [11].

### **2.5.2 Matriz de Prioridades**

A Matriz de Prioridades ao combinar as ferramentas Diagrama em Árvore e Diagrama Matricial, permite restringir opções anteriormente formuladas às mais eficazes, ou seja, àquelas que representem um maior índice de prioridade definido por determinados critérios. Portanto, deve-se utilizar quando se está perante um conjunto de ações/soluções concorrenciais que permitam resolver um problema ou tomar uma decisão importante que seja consensual.

A elaboração da Matriz de Prioridades é realizada de acordo com os seguintes passos:

1. Definir um conjunto de opções de propostas de melhoria

2.5- Definir um conjunto de opções

1	Opção 1
2	Opção 2
3	Opção 3

2. Definir Critérios e atribuir a respectiva ponderação

Tabela 2.6-Definição de Critérios

A	Minimização do custo do projeto
B	Maximização do envolvimento dos colaboradores
C	Minimização do risco de insucesso do projetos
D	Rapidez de execução do projeto

3. Definição da ponderação das opções

Tabela 2.7- Ponderação

1	A mesma importância
5	Mais importante do que a alternativa
10	Muito mais importante do que a alternativa
1/5	Menos importante do que a alternativa
1/10	Muito menos importante do que a alternativa

4. Construção da Matriz de prioridades dos critérios

Tabela 2.8- Matriz de prioridades dos critérios

	A	B	C	Total	Ponderação(%)
A					
B					
C					
Total					

5. Construção Matriz de Prioridades para cada Critério

Tabela 2.9- Matriz de prioridades dos Critério

	1	2	3	Total	Ponderação(%)
1					
2					
3					
Total					

6. Construção da Matriz de prioridades Opções vs. Critérios

Tabela 2.10- Matriz de prioridades Opções vs. Critérios

	A	B	C	Importância(%)
1				
2				
3				

7. Avaliar cada opção face aos Critérios estabelecidos

8. Avaliar os resultados obtidos e abandonar as soluções que não fazem sentido para a equipa

### 2.5.3 Diagrama Causa-Efeito

O Diagrama de Causa-Efeito também é conhecido por diagrama de Ishikama ou diagrama em espinha de peixe. Esta é uma ferramenta bastante eficaz no processo de resolução de problemas.

Esta técnica é útil para gerar ideias através Brainstorming, onde a equipa consegue identificar as causas e os respetivos efeitos [10].

Ao elaborar um diagrama de Causa-Efeito deve-se começar por definir o problema, que segundo a Figura 2.4 irá ser colocado no retângulo na extremidade direita do diagrama. Posteriormente, devem-se identificar as causas, para tal pode-se ter em conta os seguintes exemplos: Materiais, Métodos, Mão-de-Obra, Meio Ambiente, Medições, Métodos. Identifica-se as causas de nível, que afetam diretamente a respetiva causa geral, sendo estas representadas por setas horizontais ligadas às setas oblíquas das causas gerais, e por último deve-se representar as causas de nível 2, que as respetivas setas oblíquas estão direcionadas para as setas das causas de nível 1 [2].

DIAGRAMA CAUSA-EFEITO

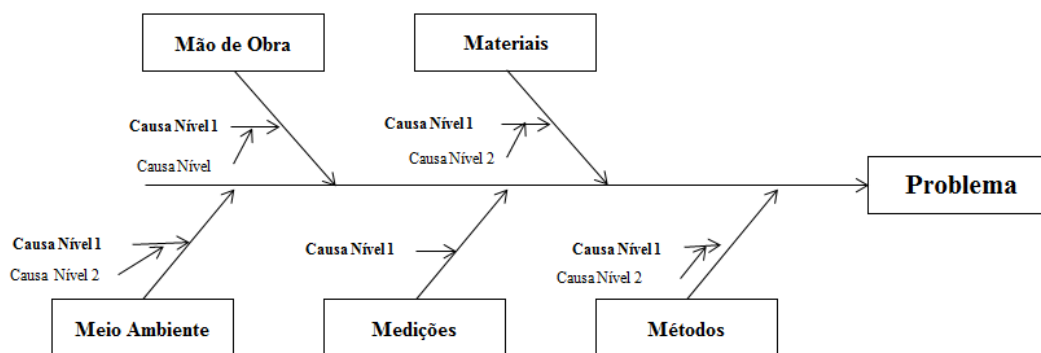


Figura 2.4- Diagrama de Causa-Efeito

### 2.5.4 Diagrama em Árvore

O Diagrama em Árvore é constituído por um organigrama que tem como intuito ilustrar todas as alternativas, em percursos e eventos, que serão necessárias para se atingir o objetivo previamente definido. Através deste diagrama são assegurados todos os passos possíveis de modo a resolver os problemas apresentados [2].

O Diagrama em Árvore deve ser estruturado de acordo com seguintes passos:

- Definir o tema/ objetivo final a atingir. (Para tal deve-se realizar uma sessão Brainstorming, com o intuito de definir os objetivos do nível 1, ou seja os ramos do objetivo final.
- Continuar o desdobramento, definindo para cada objetivo de nível 1 os seus elementos constituintes, bem como os respetivos subelementos.
- Rever o Diagrama de modo a garantir que todo o processo logico atinja o objetivo final.

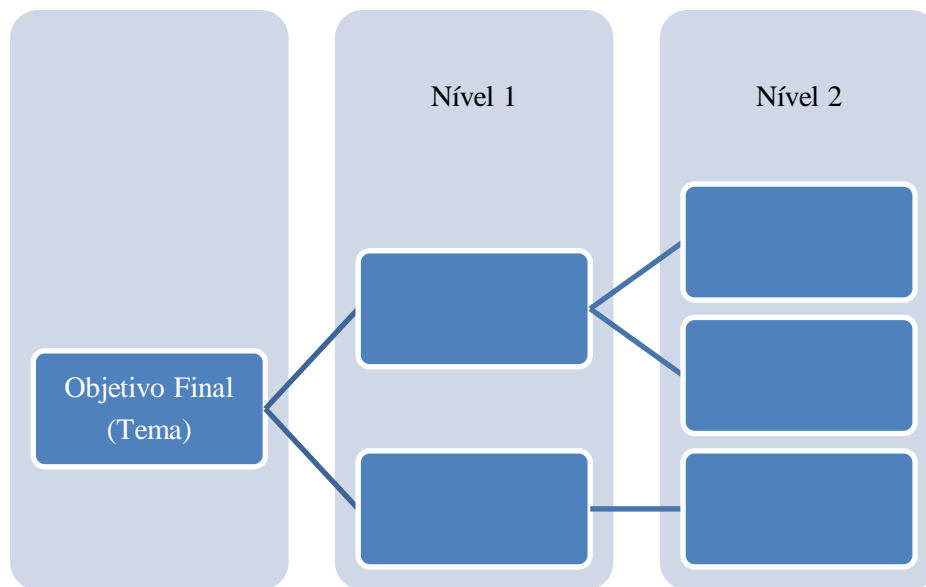


Figura 2.5- Diagrama em Árvore



## **3 Caracterização da Empresa**

### **3.1 Grupo Volkswagen**

O Grupo Volkswagen é atualmente um dos maiores fabricantes de automóveis do mundo, estando sediado na cidade de Wolfsburg, Alemanha.

A história da empresa começou a traçar-se em 1930 com o desenvolvimento de um projeto de construção de um automóvel que ficou para a história conhecido na Alemanha por “Kafer”, sendo mais conhecido em Portugal por “Carocha”. Este projeto tinha como objetivo a criação de um automóvel barato de modo a que qualquer pessoa pudesse ter acesso através de um sistema de poupança.

Com o passar dos anos, a empresa tem vindo a assumir um papel cada vez mais importante na indústria automóvel, tanto pela aquisição de varias marcas de prestígio, tais como, Audi, BUGATTI, Lamborghini, SCANIA ,MAN, BENTLEY,SKODA, SEAT, Porsche, Ducati, mas também pelo compromisso que tem com os seus clientes.

O Grupo tem como objetivo ser o maior construtor automóvel até 2018, estando presente em vários países tais como Estados Unidos da América, França, Espanha, Brasil, Portugal, Austrália, Inglaterra, México.

### **3.2 Volkswagen Autoeuropa**

A construção da Autoeuropa teve início em 1991 no parque industrial de Palmela, através de uma parceria entre a Volkswagen e a Ford.

O início de produção deu-se em 1995 com a produção do (MPV) VW Sharan, SEAT Alhambra e a Ford Galaxy. Posteriormente a Volkswagen em 1999 assume 100% da Autoeuropa.

- No final de 2000 iniciou-se a produção do MPV Facelift
- No final de 2006 inicia-se a produção do modelo EOS.
- No início de 2008 inicia-se a produção do Scirocco
- No início de 2010 produção do novo MPV e Facelift EOS
- No início de 2015 produção do Facelift Scirocco

Ao longo de todos estes anos a Autoeuropa tem vindo a expandir-se e a modernizar-se constantemente para manter os elevados padrões do grupo para se tornar uma referência a nível do grupo.

Atualmente a fábrica conta com 3500 colaboradores, estando previsto um aumento de 500 postos de trabalho nos próximos anos e um investimento de 660 milhões de euros até 2016.



Figura 3.1-Linha de montagem

### 3.3 Qualidade e Segurança Ambiental

A Autoeuropa desde o seu início que teve o objetivo de reduzir ao máximo a sua pegada ecológica, tendo-se tornado uma das primeiras empresas a obter uma certificação ambiental, desde 1998 através dos requisitos da norma ISO14001.

Atualmente a empresa tem um programa de redução de 25% até 2018 dos seguintes indicadores, de produção de resíduos, emissões atmosféricas, afluentes líquidos ou ruídos.

### 3.4 Centro de Medições do departamento da qualidade

O departamento em que estou inserido tem como principal objetivo garantir a qualidade quer a nível das peças produzidas na fábrica, quer a nível de fornecedores. O Centro de medições está dividido em várias áreas: Cubing, Masterbuck, e Analises/Geometric Control.

- Cubing- é composto por várias estruturas - modelo, de carros que são produzidos na fábrica. Estas estruturas são formadas por uma estrutura maciça em alumínio que permite a contínua montagem de componentes produzidos por fornecedores (todas as peças não metálicas), componentes estes que são posicionados na estrutura através do RPS. Após a sua montagem são submetidas a vários testes de medição.
- Masterbuck- é composto por varias estruturas-modelo, de carros que são produzidos na fábrica, estruturas estas que são formadas por uma estrutura em alumínio que permite a

contínua montagem de componentes produzidos nas áreas de prensas e carroçarias (peças metálicas), componentes estes que são posicionados na estrutura através do RPS. Após a sua montagem são submetidas a vários testes de medição.

- Análises/ Geometric Control- tem como finalidade a medição de todos o tipo de peças e estruturas, de todas as peças produzidas diariamente são recolhidas 3 de cada, uma do início, meio e fim de produção, para análise das mesmas.

Em todas estas três áreas existem várias máquinas de medição tátil.

As áreas de Cubing e Masterbuck são cruciais, visto que nestas áreas são analisados ao detalhe todos os cantos, raios, linhas, junções de borrachas e ângulos, que posteriormente vão ser auditados e submetidos a uma rigorosa avaliação de acordo com a gravidade de cada falha [12].



## **4 Resultados e discussão**

No presente capítulo são descritas as diferentes fases de estudo deste projeto e os resultados que as mesmas produziram.

Numa primeira fase procedeu-se a um levantamento de toda a informação relevante referente ao centro de medições de modo a poder identificar as possíveis causas.

Posteriormente implementou-se a metodologia Seis Sigma, mais especificamente o ciclo DMAIC.

### **4.1 Ciclo DMAIC**

Através da implementação do ciclo DMAIC, foi possível estruturar todo o projeto de modo a ter uma sequência lógica de passos com o intuito de obter uma melhoria do processo em causa.

Posteriormente, vão ser apresentados todos os estudos relativamente às várias fases que constituem o ciclo DMAIC:

- Definir.
- Medir.
- Analisar.
- Melhoria.
- Controlo.

#### 4.1.1 Definir

##### 4.1.1.1 Declaração de Projeto

Nome do Projeto		
Implementação da metodologia Seis Sigma no Centro de Medições		
Data início:	02-03-2015	Data término: 01-09-2015
Instituição:	Autoeuropa Volkswagen	
Missão do projeto:		
Fazer com que o centro de medições cumpra todos os requisitos da norma AV87-E-210		
Âmbito do projeto:		
Saber a situação atual no Centro de medições e apresentar propostas de melhoria de modo a este estar conforme com a norma interna AV87-E-210		
Descrição do problema:		
Não se saber qual é a situação atual relativamente á temperatura e humidade.		
Definição da meta:		
Reduzir o número de incumprimentos da norma AV87-E-210 e aumentar o Nível Sigma.		
Restrições e suposições		
Necessidade de recorrer a outras áreas da fábrica no estudo. Burocracias.		
Equipa de trabalho:		
Nome:	E-mail:	Responsabilidade:
Arthur Leal	<a href="mailto:af.leal@campus.fct.unl.pt">af.leal@campus.fct.unl.pt</a>	Elemento Pivot
Ana Sofia	<a href="mailto:asvm@fct.unl.pt">asvm@fct.unl.pt</a>	Supervisora Global
Vítor Martins	<a href="mailto:Vitor.martins@volkswagen.pt">Vitor.martins@volkswagen.pt</a>	Coordenador do Projeto
Cristina Isidoro	<a href="mailto:Cristina.isidoro@volkswagen.pt">Cristina.isidoro@volkswagen.pt</a>	Responsável de Projetos

Figura 4.1- Declaração de projeto

## 4.1.2 Medição

### 4.1.2.1 Disposição do espaço

Na Figura 4.2 estão presentes as áreas circundantes ao centro de medições.

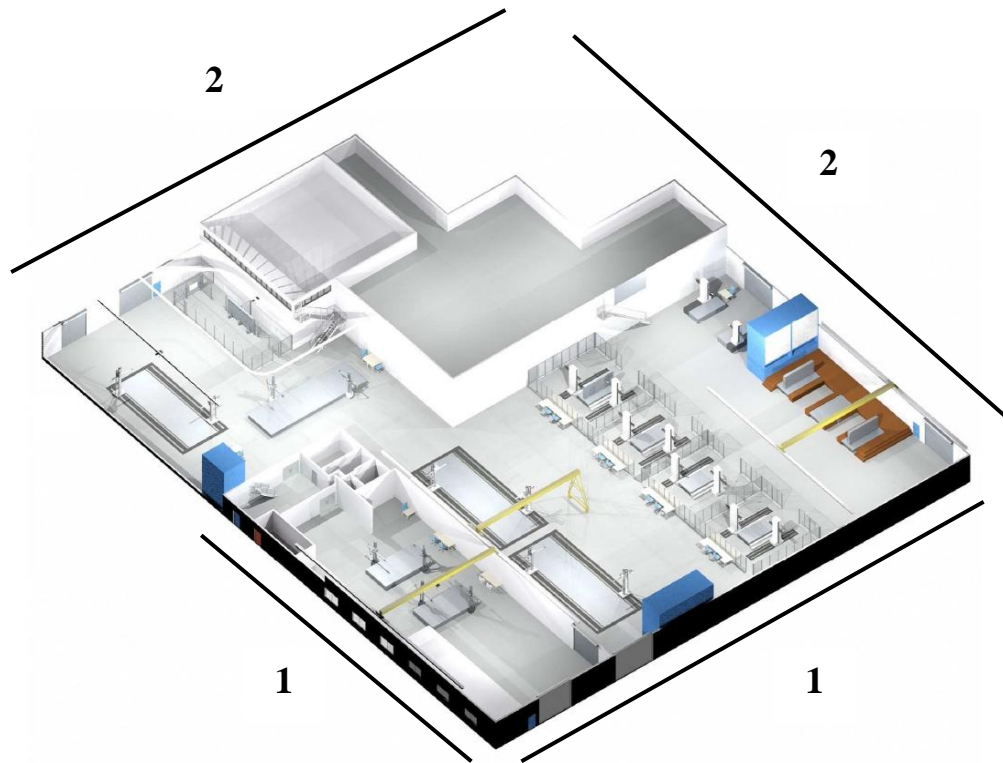


Figura 4.2- Áreas circundantes ao centro de medições

Legenda:

1. Zona exterior da fábrica
2. Área do Body

Na Figura 4.2 é possível observar todas as áreas que circundam o edifício do centro de medições, o qual está maioritariamente rodeado pelo body. Estas duas áreas apenas estão separadas por uma chapa em metal sem qualquer isolamento.

Relativamente à área exterior o edifício, tem um pavimento em alcatrão em toda a sua área circundante.

Na Figura 4.3 está representada a localização dos sensores no centro de medições

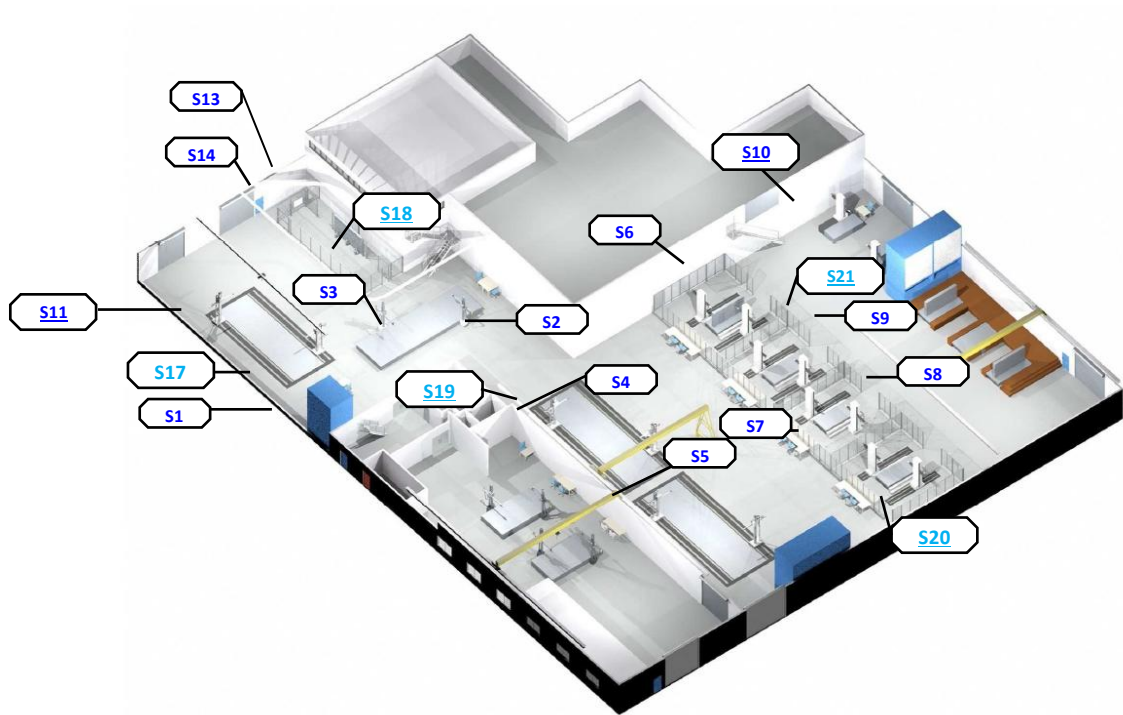


Figura 4.3- Localização dos sensores

Na Figura 4.3 é possível observar como estão distribuídos pelo centro de medições os 18 sensores, dos quais é possível obter a **temperatura** e **humidade**, todos estes sensores são certificados pelo ISQ. A temperatura e humidade exteriores são obtidas através de sensores comuns à fábrica.

Os sensores de 1 a 14 correspondem a sensores de temperatura e os de 17 a 21 correspondem a sensores de humidade, mais precisamente o sensor 13 está localizado fora do centro de medições na área do Body enquanto que o sensor 14 está localizado na saída da conduta de ar condicionado.

Na Figura 4.4 estão representadas a disposição das saídas de ar-condicionado

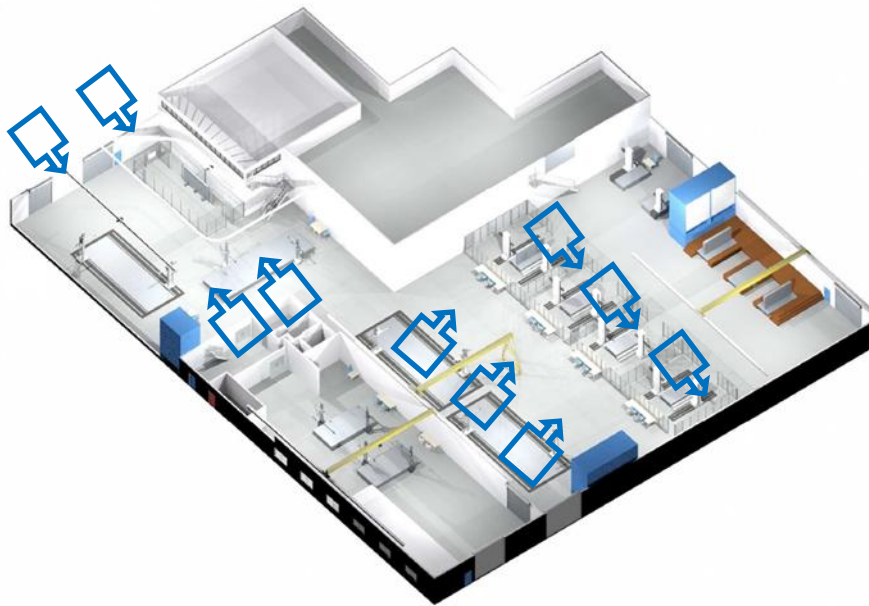


Figura 4.4- Localização das saídas de ar-condicionado

Na Figura 4.4 é possível observar a disposição das saídas de ar-condicionado, que estão ligadas à máquina que faz a alimentação do centro de medições.

Na Figura 4.5 está apresentada a localização dos portões.

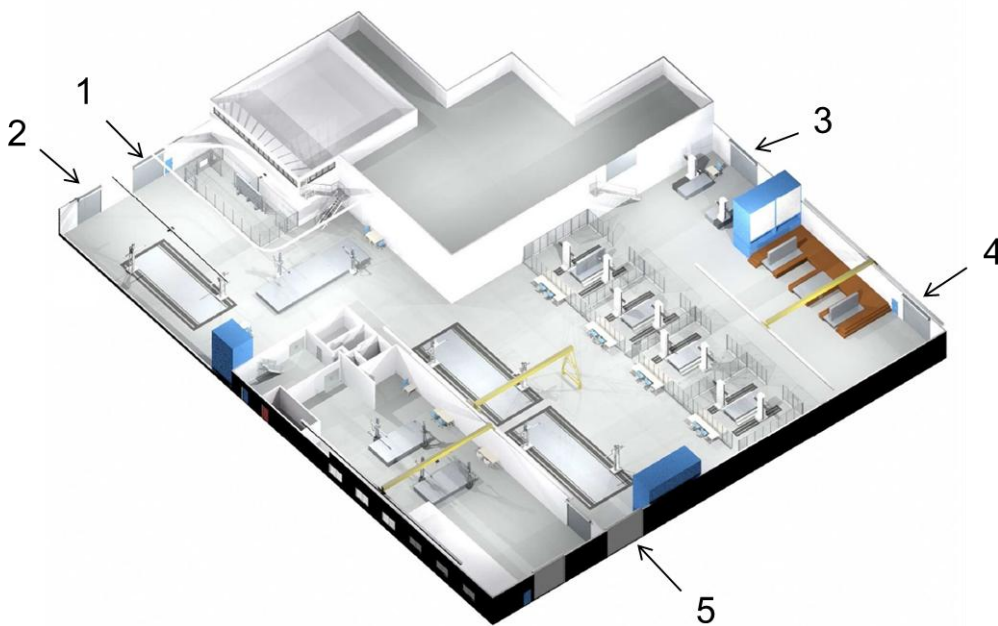


Figura 4.5 - Localização dos portões

#### 4.1.2.2 Situação atual

Na Figura 4.6 está representada a temperatura na semana 14.

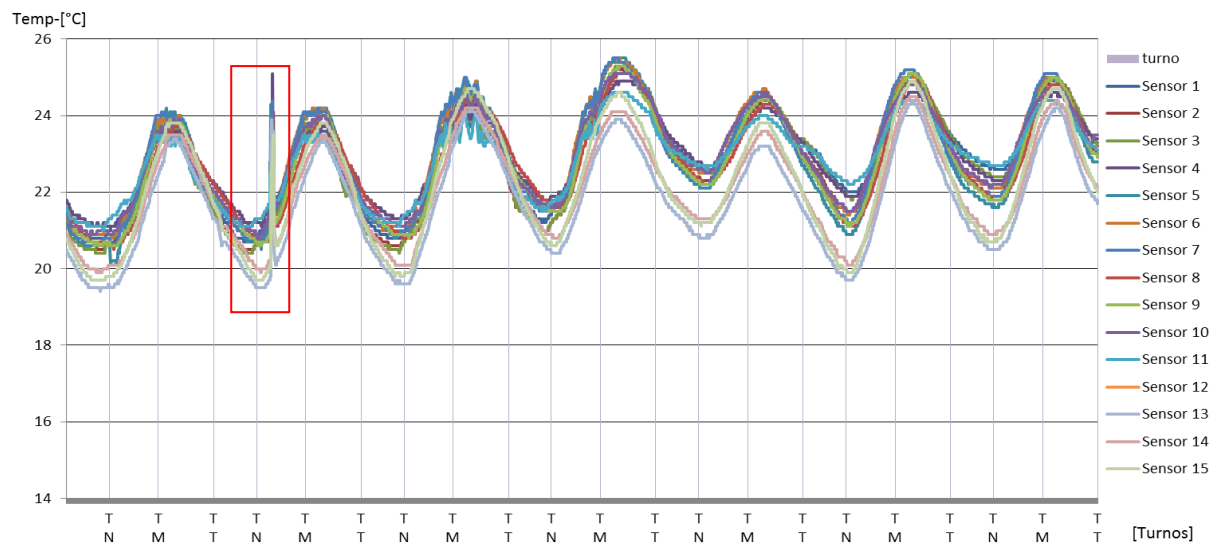


Figura 4.6 – Gráfico da temperatura na semana 14

Na Figura 4.6, é possível observar as variações da temperatura ao longo de cada dia. Num espaço de uma semana, a temperatura máxima diária é sempre atingida durante o turno da manhã e o mínimo no final do turno da noite início do turno da manhã. Contudo, também é possível observar que a máquina de ar-condicionado permaneceu desligada durante algum tempo, o que originou uma subida da temperatura num curto espaço de tempo.

Inicialmente, chegou-se a pensar que este pico de variação seria causado pela recolha manual dos sensores o que não se veio a verificar devido à recolha dos mesmos ter começado a ser realizada com auxílio de um sexto de modo a não existir contacto entre as mãos e o sensor. Posteriormente, chegou-se à conclusão que estas variações eram originadas por paragem do ar-condicionado.

### Avaliação do Nível Sigma:

A Tabela 4.1 está representada a avaliação para o Nível Sigma

Tabela 4.1- Avaliação do Nível Sigma

Avaliação	Nível Sigma
Mau	$\leq 1,2$
Insuficiente	$1,2 < \text{Nível Sigma} \leq 2,4$
Suficiente	$2,4 < \text{Nível Sigma} \leq 3,6$
Bom	$3,6 < \text{Nível Sigma} \leq 4,8$
Muito bom	$> 4,8$

Na Tabela 4.1 é possível observar vários níveis para medir o desempenho do Nível Sigma.

### Análise do Nível Sigma na semana 14:

A Tabela 4.2 está presente o Nível Sigma para uma das análises da norma. O Nível Sigma foi calculado através do DPMO, através das fórmulas (2.1), (2.2) e (2.3). Após se obter o valor do DPMO, consultou-se a tabela do Anexo A e obteve-se o Nível Sigma.

Tabela 4.2- Níveis Sigma

Tipo de análise	Nível Sigma
Temperatura recomenda 20°C +/-2°C	0,95
60 Minutos	4,06
4 Horas	2,76
24 Horas	0,01
7 Dias	*
A temperatura na sala não pode variar mais de 0,5°C em dois pontos diferentes	0,28
Humidade relativa deverá encontrar-se entre os 30% e 60% (semana 26)	6,75

- \*Nível Sigma não pode ser calculado visto que esta análise está sempre fora dos limites de especificação.

Na Tabela 4.2 é possível observar o Nível Sigma para cada uma das análises exigidas pela norma. É de salientar os baixos níveis sigma relativamente à temperatura recomendada, 24 Horas, e à temperatura não poder variar mais de 0,5°C em dois pontos diferentes. Relativamente á análise para 7 dias, não foi possível calcular o Nível Sigma, visto que esta análise está sempre fora dos limites de especificação, como se pode verificar no gráfico 4.11

### Temperatura no Centro de Medições:

No seguimento do estudo desenvolvido são apresentadas as análises gráficas de acordo com as exigências da norma.

Na Figura 4.9 está representado a temperatura na sala do centro de medições durante a semana 26, o qual tem como objetivo verificar se a temperatura está entre os dezoito e os vinte e dois graus.

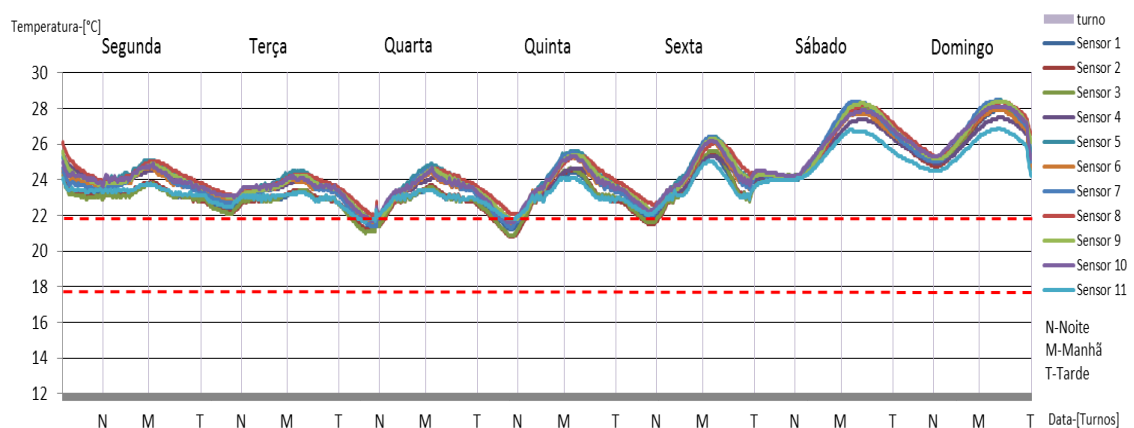


Figura 4.7- Gráfico da temperatura na semana 24

Na Figura 4.7 é possível observar que o processo está fora de controlo, visto que não se encontra entre os limites exigidos

### Análise para 60 minutos:

Na Figura 4.10 está representado a variação da temperatura em períodos de 60 minutos, a qual não pode ser superior a um grau.

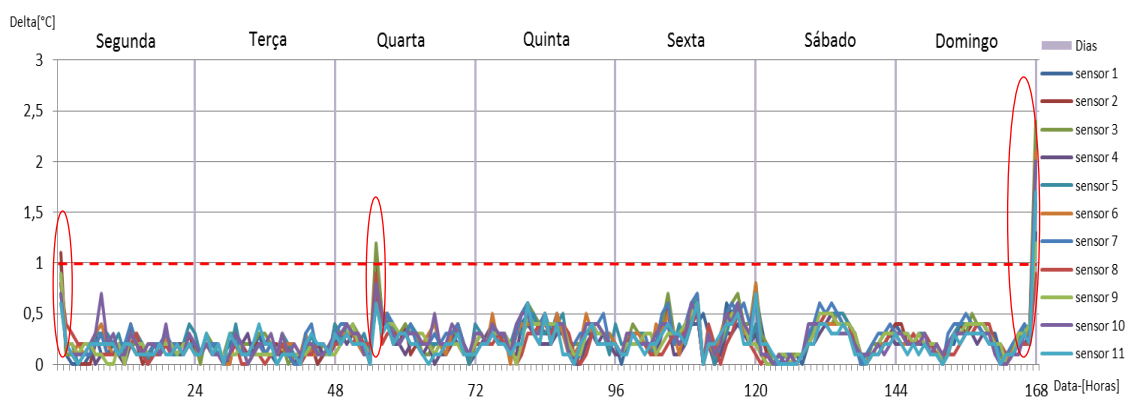


Figura 4.8-Análise para 60 minutos

Na Figura 4.8, é possível observar que o limite exigido pela norma é ultrapassado em 3 alturas, no início no meio e no fim da semana. As variações no início e no fim são originadas por se ligar a máquina de ar-condicionado no final de domingo que origina uma grande variação de temperatura num espaço de 60 minutos. Relativamente ao pico de temperatura de quarta na hora (55) foi originado pelo não funcionamento da máquina durante algum tempo.

**Análise para 4 horas:**

Na Figura 4.11 temos a representação da variação da temperatura em períodos de 4 horas, a qual não pode variar mais que um grau e meio.

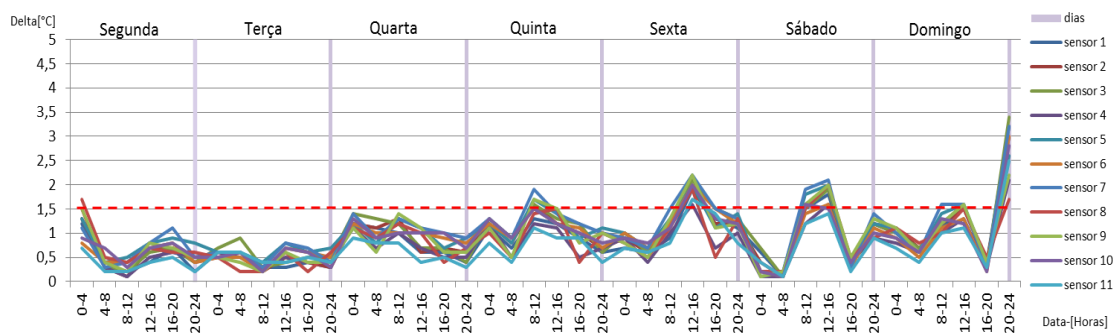


Figura 4.9-Análise para 4 horas

Na Figura 4.9 é possível observar que em alguns intervalos de tempo é ultrapassado o limite exigido, tendo ocorrido esta maior variação de temperatura de quarta para quinta (20-24 horas), devido ao ar condicionado se ter ligado após um dia inteiro desligado, o que originou uma grande variação da temperatura num curto espaço de tempo.

### Análise para 24 horas:

Na Figura 4.10 temos a representação da variação da temperatura em períodos de 24 horas, a qual não pode variar mais que dois graus.

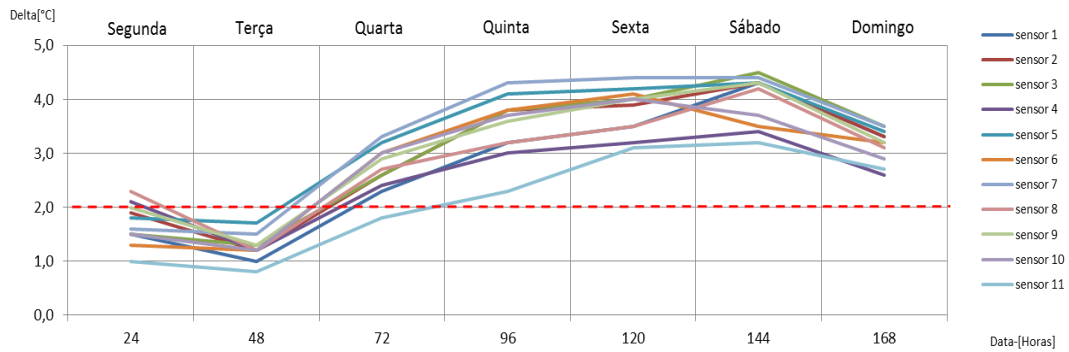


Figura 4.10 – Análise para 24 horas

Na Figura 4.10 é possível observar que para esta análise os limites de especificação são quase sempre ultrapassados

### Análise para 7 dias:

Na Figura 4.11 temos a representação da variação da temperatura em períodos de 7 dias, a qual não pode variar mais que dois graus.

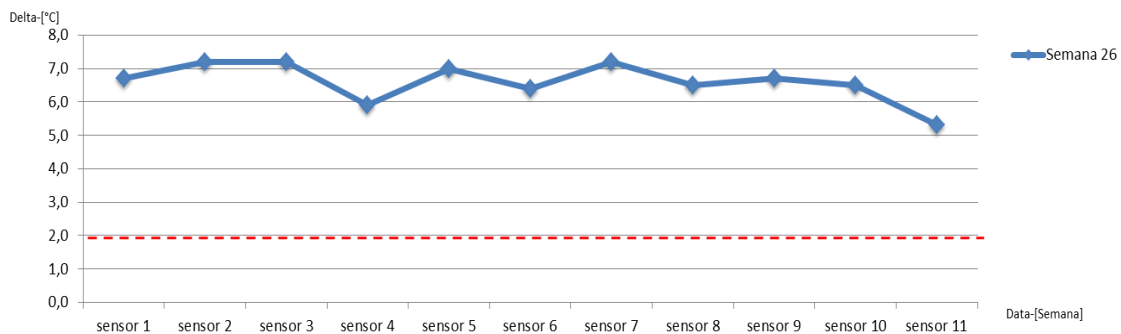


Figura 4.11-Análise para 7 dias

Na Figura 4.11 é possível observar que o processo esta fora de controlo visto que está sempre acima do limite de especificação.

### Análise entre sensores:

Na Figura 4.14 temos a representação da variação da temperatura entre sensores no mesmo instante de tempo, a qual não pode variar mais que meio grau.



Figura 4.12-Análise entre sensores

Na Figura 4.12 é possível observar que existem variações de temperatura na sala do centro de medições no mesmo instante de tempo.

**Comparação entre os sensores que estão pela sala do centro de medições e o sensor que está na saída do ar-condicionado:**

Na Figura 4.15 está representado a temperaturas lidas pelos vários sensores da sala do centro de medições e a temperatura relativa ao sensor que está colocado numa saída de ar condicionado.

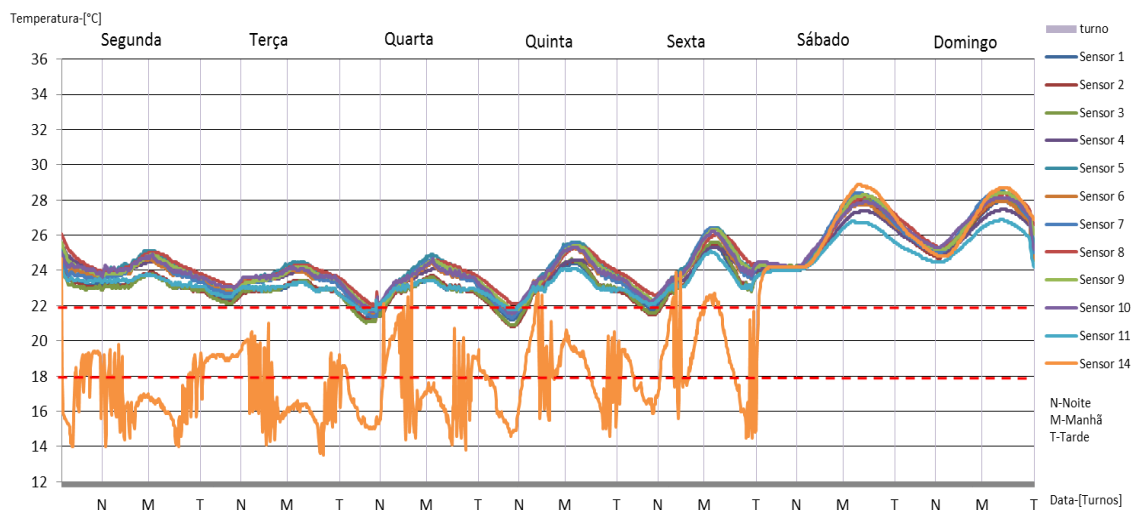


Figura 4.13 – Temperatura na sala vs. temperatura na saída do ar-condicionado

Na Figura 4.13 é possível observar grandes variações relativamente ao ar que é introduzido na sala através do ar-condicionado.

### Comparação entre temperatura na sala vs. ar-condicionado vs. temperatura exterior:

Na Figura 4.16 está representada a temperatura no centro de medições, à saída do ar-condicionado e por último a temperatura exterior.

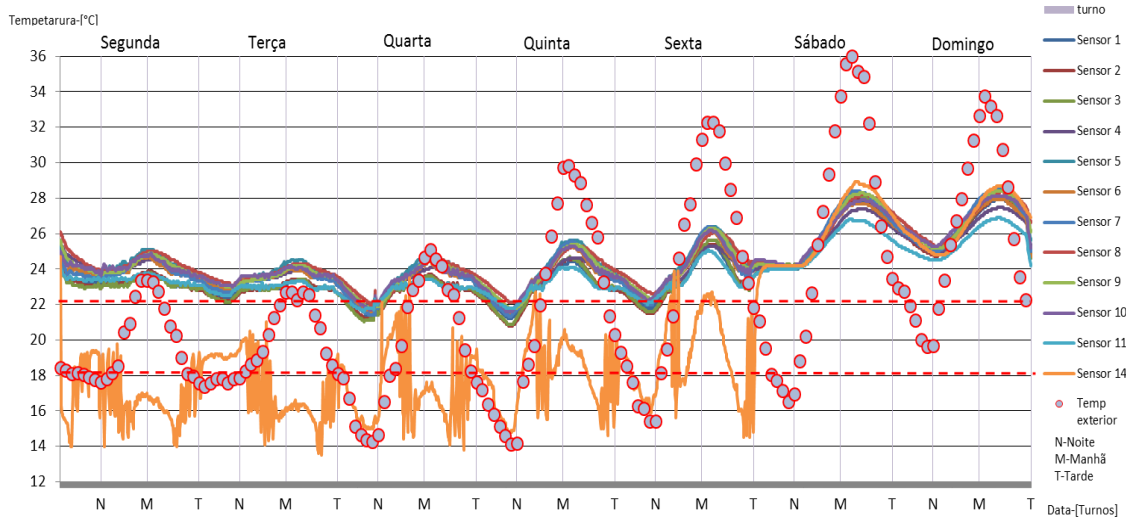


Figura 4.14 – Temperatura vs. ar-condicionado vs. exterior

Na Figura 4.14, é possível observar que estas três análises estão relacionadas, ou seja, a temperatura exterior tem uma forte influência na temperatura no centro de medições e na temperatura que sai da conduta de ar-condicionado. Também é possível observar que a máquina está sempre a trabalhar abaixo do limite de 22°C de segunda a sexta.

### Comparação entre a temperatura no centro de medições e o Body:

Na Figura 4.17 está representado a comparação da temperatura das leituras dos sensores no centro de medições e o sensor localizado na área do Body.

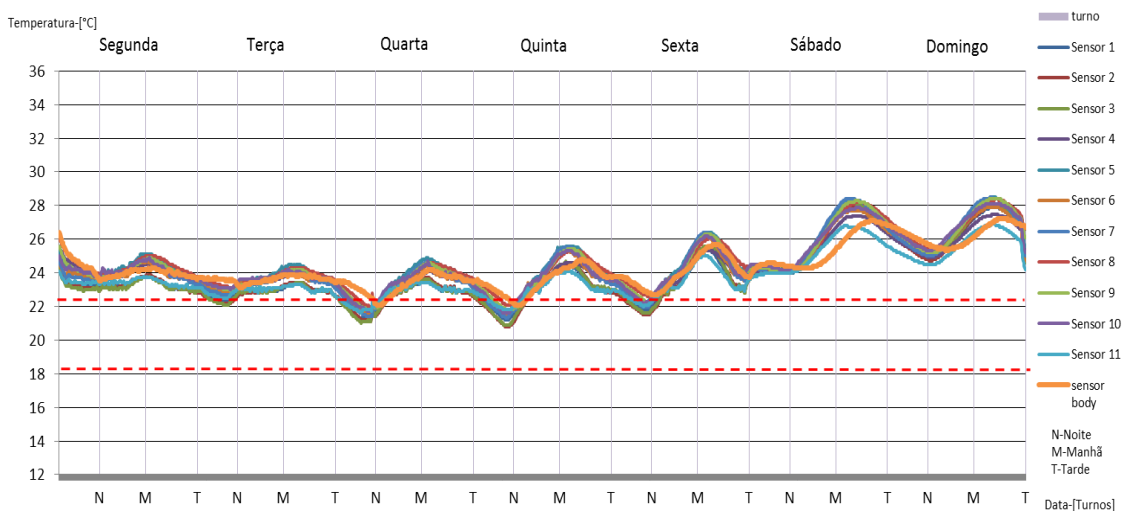


Figura 4.15 – Temperatura no centro de medições vs. temperatura no Body

Na Figura 4.15 é possível observar que a temperatura nas duas zonas é bastante semelhante, tendo sido a temperatura média no centro de medições de 23,9°C e a temperatura no Body de 24,32°C.

#### Humidade no centro de medições:

Na Figura 4.18 está representado a humidade no centro de medições durante a semana 34, o qual tem como objetivo verificar se a Humidade está entre os 30% e os 60%

É de realçar que a análise da humidade apenas começou a ser feita a partir da semana 26, tendo escolhido a semana 34 para apresentar por opção.

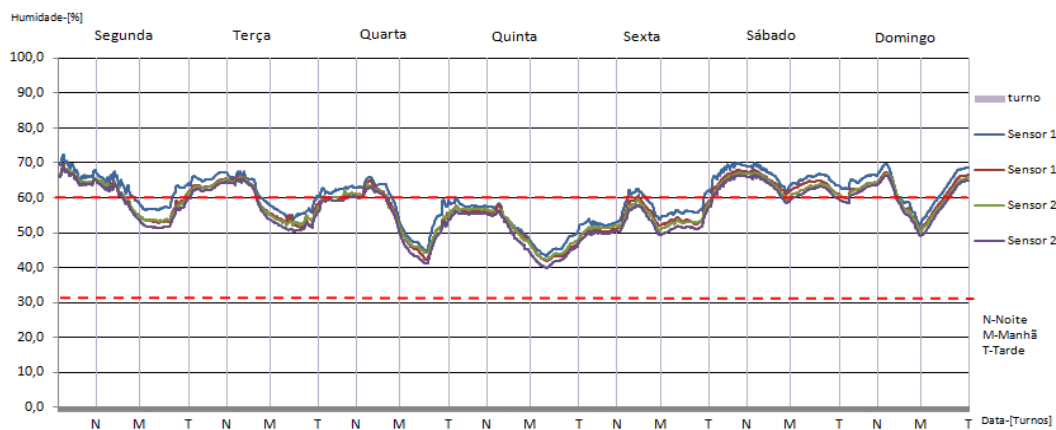


Figura 4.16- Humidade no centro de medições

Na Figura 4.16 é possível observar que a maioria do tempo a humidade está dentro dos limites de especificação.

#### Comparação entre a humidade no centro de medições vs. humidade exterior:

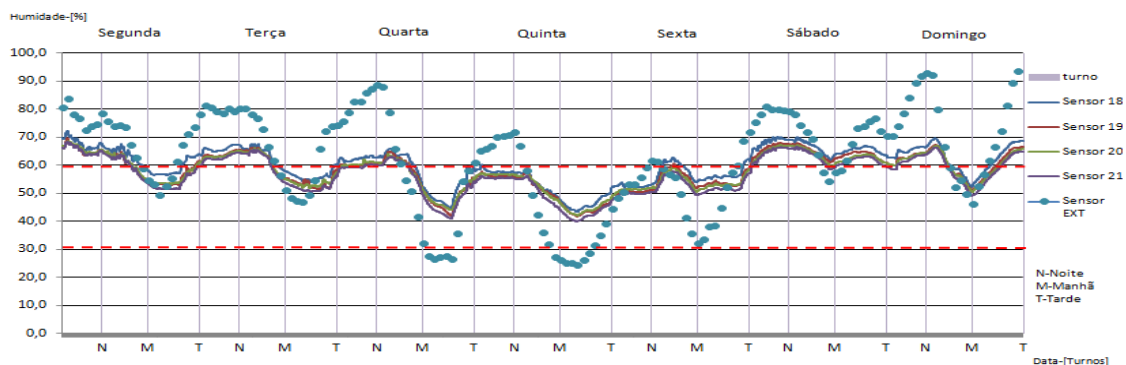


Figura 4.17- Humidade no centro de medições vs. Humidade no exterior

Na Figura 4.17 é possível observar que existe uma relação entre a humidade exterior e a humidade no interior da sala.

### 4.1.3 Analisar

#### 4.1.3.1 Diagrama em Árvore

Na Figura 4.7 está representado o diagrama em árvore.

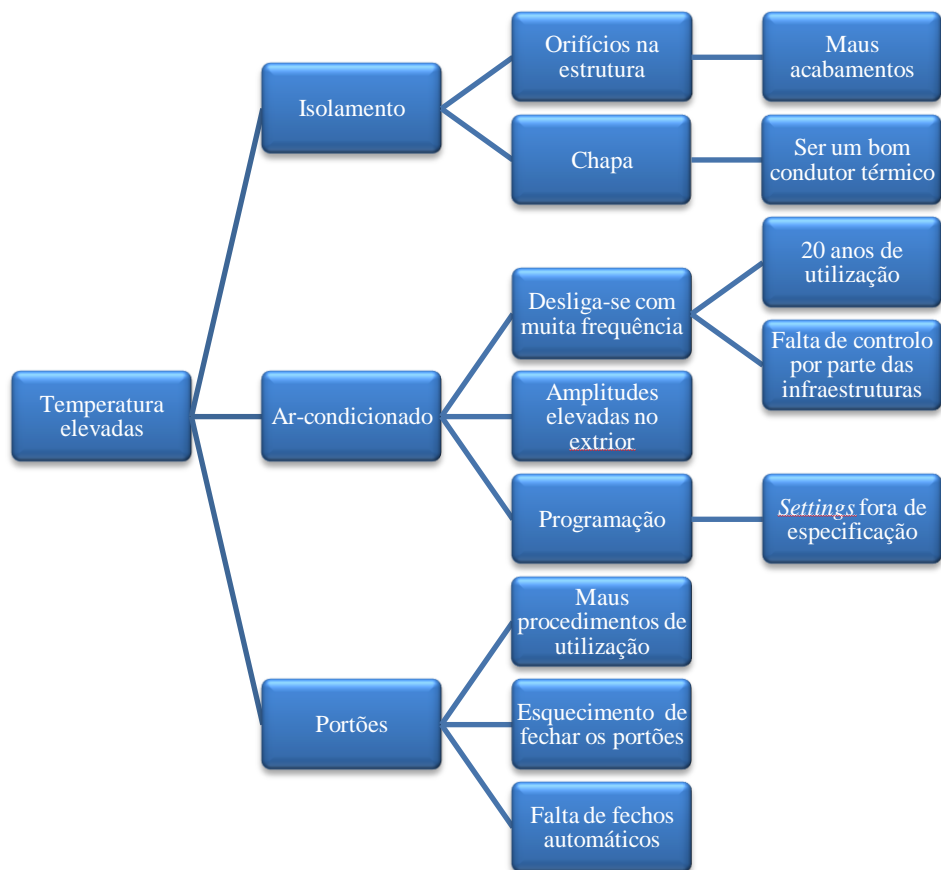


Figura 4.18 – Diagrama em árvore

Na Figura 4.18 é possível observar quais as possíveis causas do respetivo problema, sendo estas, os maus acabamentos, a chapa ser um bom condutor térmico, a máquina ter 20 anos de idade, falta de controlo por parte das infraestruturas e os *settings* estarem fora de especificação.

#### 4.1.3.2 Diagrama Causa-Efeito

Na Figura 4.8 está representado o diagrama causa-efeito

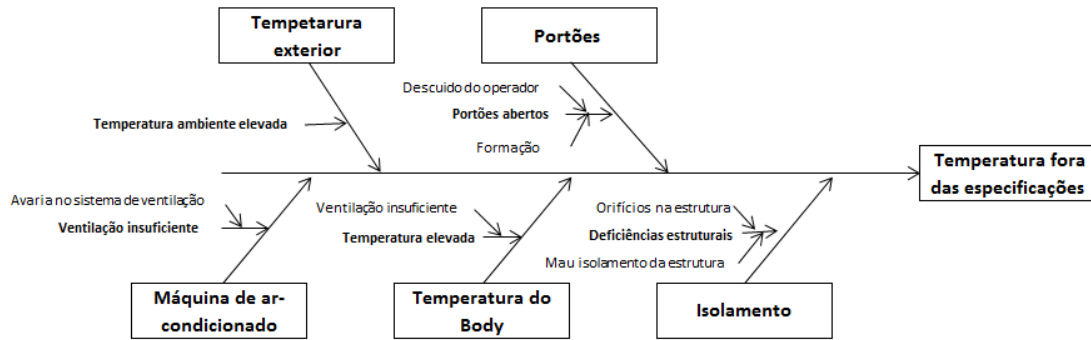


Figura 4.19- Diagrama Causa-Efeito

Na Figura 4.19 é possível observar o diagrama causa-efeito, após ter verificado as causas do problema, este diagrama foi adotado com o intuito de relacionar graficamente as causas e os efeitos que as mesmas originam. Neste diagrama é possível observar as potenciais causas do problema, sendo elas a Temperatura no Exterior, Portões, Máquinas de ar-condicionado, temperatura do Body e Isolamento. Posteriormente observa-se as causas de nível um e dois.

#### 4.1.4 Melhoria

##### 4.1.4.1 Matriz de Prioridades

- Na Tabela 4.3 estão representados os critérios.

A	Minimização do custo do projeto
B	Maximização do envolvimento dos colaboradores
C	Rapidez de execução do projeto

Tabela 4.3 – Critérios

Na Tabela 4.3 é possível observar os três critérios escolhidos. O critério A teve em consideração a necessidade de conseguir resolver o problema com o menor custo possível, por sua vez o critério B teve em consideração a necessidade de estar dependente de outras pessoas para conseguir elaborar o projeto, tendo o critério C tido em consideração a necessidade de apresentar resultados de melhoria dentro no período decorrente do estágio.

Na Tabela 4.4 estão representados critérios de ponderação.

Tabela 4.4 - Critérios de ponderação

1	A mesma importância
5	Mais importante do que a alternativa
10	Muito mais importante do que a alternativa
1/5	Menos importante do que a alternativa
1/10	Muito menos importante do que a alternativa

Na Tabela 4.5 são apresentados as opções de melhoria.

Tabela 4.5 - Opções de melhoria

1	Isolamento do edifício
2	Isolamentos dos orifícios
3	Substituição da máquina de ar-condicionado
4	Reprogramação da máquina de ar-condicionado
5	Canteiro

Na Tabela 4.5 é possível observar as várias propostas de melhoria, tendo estes o intuito de melhorar o nível de conformidade relativamente à norma.

Seguidamente é explicado a razão de cada proposta:

1. Foi proposto o Isolamento do edifício devido a se ter verificado que a temperatura no interior do centro de medições é altamente influenciada pela temperatura interior.
2. Foi proposto o isolamento dos orifícios devido a se ter detetado várias deficiências a nível de acabamento, e ter-se verificado que a temperatura na área circundante do Body fora a mesma do que no interior do centro de medições.

3. Foi proposto a substituição da máquina de ar-condicionado devido a ter-se verificado que esta está constantemente a desligar-se, e por não conseguir injetar ar no centro de medições a uma temperatura constante.
4. Foi proposto a reprogramação da máquina de ar-condicionado, devido a se ter verificado que os *settings* inicialmente eram de 19°C-23°C, o que não correspondia às exigências da norma.
5. Foi proposto um canteiro nas imediações do edifício devido a este na sua área circundante apenas ter alcatrão.

Na Tabela 4.6 está representada a matriz de prioridade dos critérios.

Tabela 4.6 - Matriz de prioridades dos critérios

	A	B	C	Total	Ponderação
A		10	5	15	59,05
B	0,1		0,1	0,2	0,78
C	0,2	10		10,2	40,15
Total	0,3	20	5,1	25,4	100%

Na Tabela 4.6 é possível observar na matriz de prioridades de critérios, quais deles tem maior ponderação. Tendo sido o Critério A com maior importância, seguidamente o Critério C e por último o Critério B. Com isto concluímos que o critério de minimização de custo é o critério com maior ponderação.

Nas tabelas seguintes estão representadas as matrizes de ponderação para cada critério

Critério A:

Tabela 4.7 – Matriz de prioridades para o Critério A

A	1	2	3	4	5	Total	Ponderação
1		0,1	1	0,1	0,2	1,4	2,04
2	10		10	0,2	5	25,2	36,84
3	1	0,1		0,1	0,2	1,4	2,04
4	10	5	10		5	30	43,85
5	5	0,2	5	0,2		10,4	15,20
Total	26	5,4	26	0,6	10,4	68,4	100%

Critério B:

Tabela 4.8 –Matriz de prioridades para o Critério B

B	1	2	3	4	5	Total	Ponderação
1		0,1	1	10	1	12,1	17,69
2	5		5	0,2	0,2	10,4	15,20
3	1	0,1		0,1	0,1	1,3	1,90
4	0,1	0,2	10		5	15,3	22,36
5	5	1	5	0,2		11,2	16,37
Total	11,1	1,4	21	10,5	6,3	50,3	100%

Critério C:

Tabela 4.9 – Matriz de prioridades para o Critério C

C	1	2	3	4	5	Total	Ponderação
1		0,1	1	0,1	0,2	1,4	2,05
2	10		10	0,2	5	25,2	36,84
3	1	0,1		0,1	0,2	1,4	2,05
4	10	5	10		5	30	43,86
5	5	0,2	5	0,2		10,4	15,20
Total	26	5,4	26	0,6	10,4	68,4	100%

Nas tabelas anteriores é possível observar que, de acordo com cada critério obteve-se ponderações relativamente aos vários projetos.

Concluimos que entre os critérios A,B e C, a Opção 4, correspondente á reprogramação da máquina foi o que obteve a maior ponderação relativamente à minimização de custos, maximização do envolvimento dos colaboradores e por último a rapidez de execução do projeto.

Na Tabela 4.10 estão representados os coeficientes de ponderação.

Tabela 4.10 – Coeficientes de ponderação

	A	B	C
1	2,05	17,69	2,05
2	36,84	15,20	36,84
3	2,05	1,90	2,05
4	43,86	22,37	43,86
5	15,20	16,37	15,20

Na Tabela 4.11 está representada a Matriz de prioridades Opção vs. Critérios

Tabela 4.11 – Matriz de prioridades Opção vs. Critérios

	A	B	C	Importância
1	0,12	0,01	0,08	0,22
2	2,18	0,01	1,48	3,67
3	0,12	0,01	0,08	0,20
4	2,59	0,02	1,76	4,37
5	0,90	0,01	0,61	1,52
				1,00

Na Tabela 4.11 é possível observar que a Opção 4 deve ser selecionada, pois apresenta a maior importância. A opção menos atrativa corresponde à Opção 1.

**Ordem de Importância:**

1º-Reprogramação da máquina de ar-condicionado

2º-Isolamento dos orifícios

3º-Canteiro

4º-Isolamento do edifício

5º-Substituição da máquina de ar-condicionado

#### 4.1.4.2 Reprogramação da máquina de ar-condicionado:

Na Figura 4.20 está representado o resultado da alteração de *setting* da máquina de ar-condicionado, tendo sido de 22°C-18°C para 21°C-17°C.

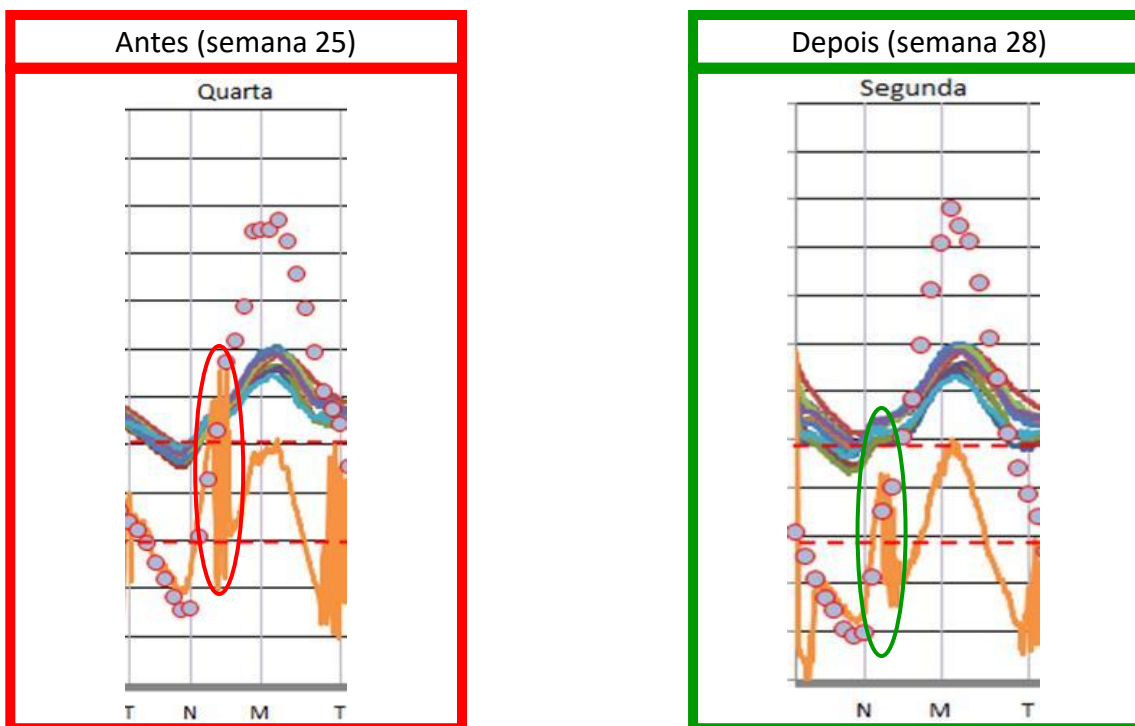










Figura 4.20 – Comparação do desempenho do ar-condicionado

Na Figura 4.20 é possível observar que as alterações de *setting* na semana 27 teve um efeito bastante positivo a nível da estabilidade da máquina de ar-condicionado, e que a máquina injetou teve um comportamento mais estável em condições semelhantes, o que se traduz numa injeção de mais frio na semana 28 relativamente á semana 25.

#### 4.1.4.3 Proposta de melhoria para isolamento de orifícios

Na Figura 4.22 é apresentado um plano de ações de modo a melhorar o isolamento dos orifícios no centro de medições.

Nº	Localização	Descrição do problema	Causas do problema	Ações temporárias			Ações definitivas				Seguimento(%)				Comentários
				Ações	Responsável	Data	Ações	Custo	Responsável	Data	25%	50%	75%	100%	
1		Porta de homem do lado do Body	Ar passa através da porta	Porta com pouco isolamento.	Colocar bandas vedantes	Antonio Gouveia		n.d							
2		Ar passa através já junção da parede com a chapa Body	Falta de enclenchimento na junção chapa parede	Massa para isolar	Antonio Gouveia										
3		Ar passa através da ligação entre o teto e a parede de chapa	Falta de enclenchimento na junção chapa parede	Massa para isolar	Antonio Gouveia										
4		Ar passa através dos orifícios		Película autocollante	Antonio Gouveia										
5		Ar passa através das folgas existentes no portão	Barra vedante mal ajustada	Ajustar a barra vedante do portão	Antonio Gouveia										
6		Ar passa através da porta	Porta com pouco isolamento	Colocar bandas vedantes	Antonio Gouveia										
7		Ar passa através das folgas existentes no portão	Barra vedante mal ajustada	Justar a barra vedante do portão	Antonio Gouveia										
8		Ar passa através das folgas existentes no portão	Barra vedante mal ajustada	Ajustar a barra vedante do portão	Antonio Gouveia										

2470 Euros

Figura 4.21 - Plano de ações de isolamento dos orifícios

Na Figura 4.21 é possível observar o plano de ações desenvolvido com o intuito de resolver provisoriamente os problemas de isolamento do centro de medições. Foi feito um levantamento de todos os problemas estruturais do edifício de modo a identificar os orifícios. Todas as ações deste plano ainda não foram realizadas devido ainda estar-se a analisar os vários orçamentos.

#### **Proposta de melhoria de isolamentos dos orifícios (Substituição dos portões):**

Na Figura 4.21 está representada a localização dos portões que foram substituídos.

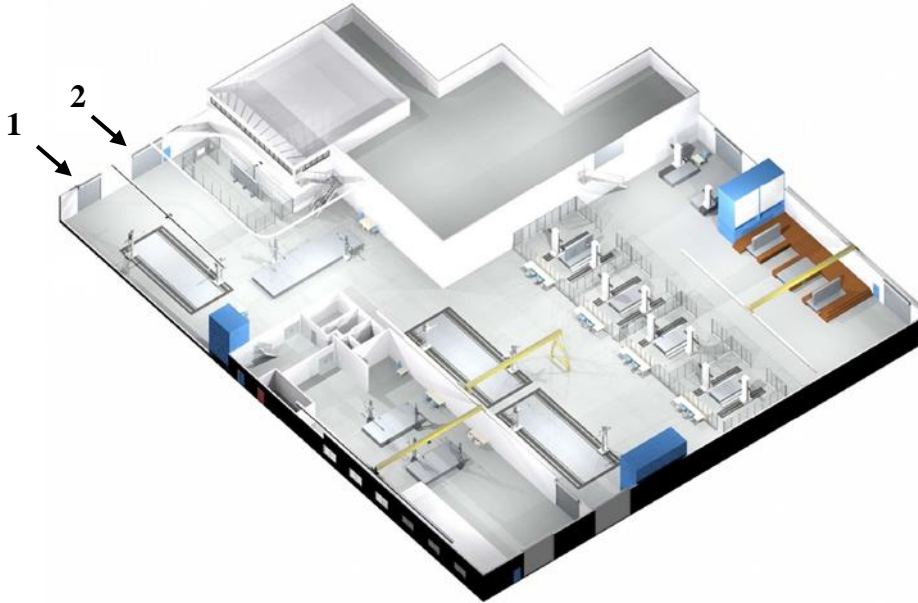


Figura 4.22- Localização dos portões substituídos

Na Figura 4.22 é possível observar a localização dos portões que foram substituídos.

O início da substituição dos portões 1 e 2 ocorreu durante a semana 26, tendo só sido concluída na semana 35. Os portões antigos apresentavam vários problemas a nível de isolamento devido a serem feitos em aço. Contudo, os novos portões apesar de serem feitos de fibra foi possível obter um melhor isolamento a nível dos portões como a nível das dobradiças e das bandas vedantes.

#### **4.1.4.4 Proposta de melhoria para construção de Canteiros**

Na Figura 4.23 está representada a proposta relativamente aos canteiros a colocar.

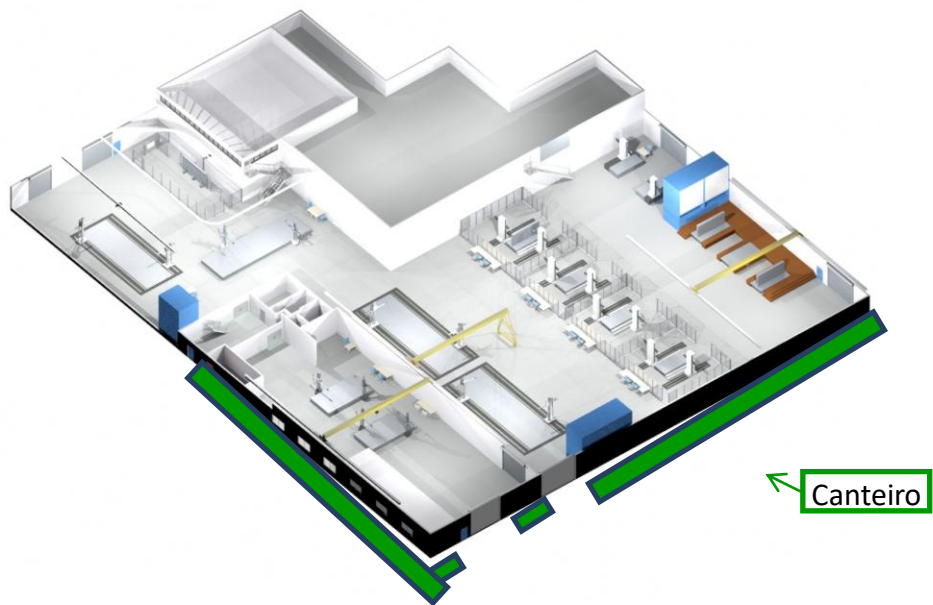


Figura 4.23 – Localização dos canteiros

Na Figura 4.23 é possível observar a proposta de colocação de canteiros na área circundante do edifício, substituindo, assim, a parte de alcatrão, criando-se um espaço verde de modo a poder baixar a temperatura na proximidade do edifício que é composta por chapa.

#### 4.1.4.5 Comparação do Nível Sigma

Tabela 4.12-Comparação do Nível Sigma antes e depois

Antes(Semana 14)		Depois(Semana 34)	
Valor de Sigma	Tipo de análise	Valor de Sigma	
0,95	Temperatura recomenda 20°C +/-2°C	1,09	
4,06	60 Minutos	3,29	
2,76	4 Horas	2,84	
0,01	24 Horas	1,38	
*	7 Dias	*	
0,28	A temperatura na sala não pode variar de 0,5°C em dois pontos diferentes	0,70	
4,68(semana 26)	Humidade relativa deverá encontrar-se entre os 30% e 60%	1,6	

a

Tabela 4.12 é possível comparar os níveis sigma para cada análise entre a semana 14 e 34, podemos verificar o desempenho do processo através da tabela de avaliação 4.1 que nos demonstra a nível visual as melhorias na maioria das análises. Contudo é de realçar que a semana 14 decorria em pleno inverno em que as temperaturas exteriores são bastante inferiores relativamente à semana 34 que se insere no período de verão com temperaturas exteriores bastante elevadas.

Contudo, não obtemos melhorias no nível sigma na análises de tempo mais curtas como a de “60 minutos” e” não pode variar mais de 0,5°C em pontos na sala” devido a estarmos a exigir mais da máquina de ar-condicionado, devido a esta estar a responder mais rapidamente às alterações de temperatura e ter que injetar ar cada vez mais frio na sala.

#### 4.1.5 Controlar

##### 4.1.5.1 Evolução do Nível Sigma para a análise de 60 minutos:

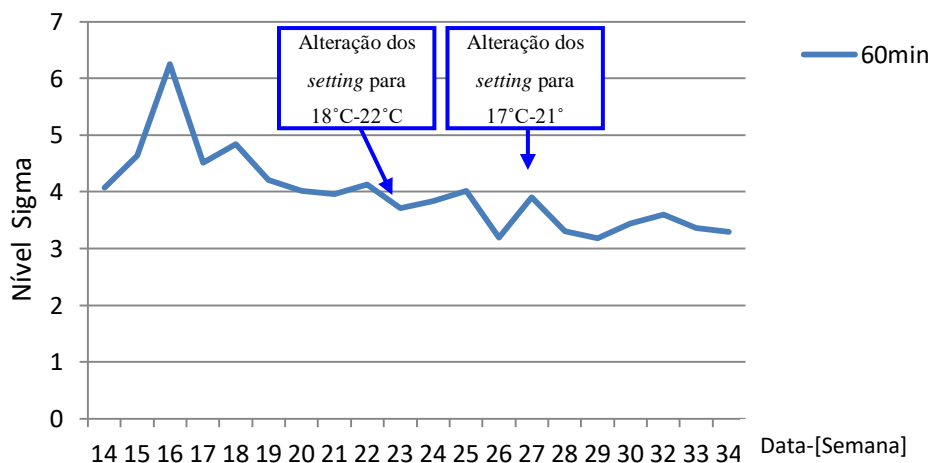


Figura 4.24 – Nível Sigma para 60 minutos

Na Figura 4.24 é possível observar que o Nível Sigma está a ter uma tendência descendente devido a tanto às alterações de *settings* efetuadas nas semanas 23 e 27 que fizeram com que a máquina responda mais rapidamente como às variações de temperatura injetando ar cada vez mais frio.

#### 4.1.5.2 Evolução do Nível Sigma para a análise de 4 Horas:

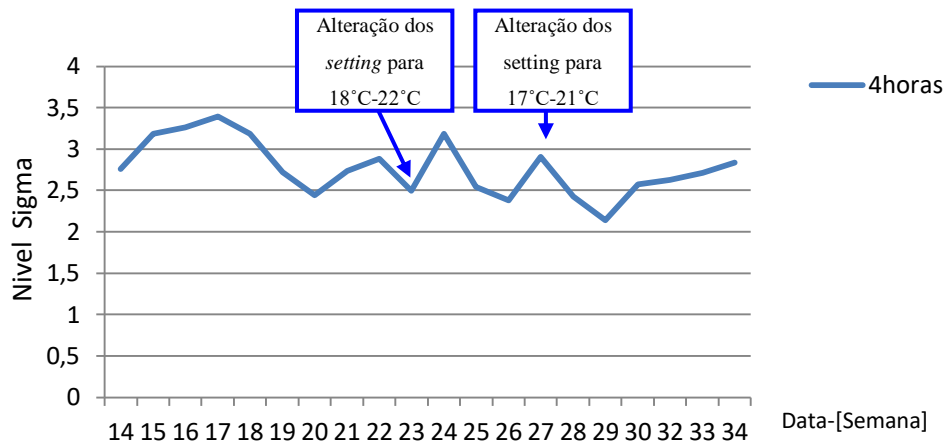


Figura 4.25 – Nível sigma para 4 horas

Na Figura 4.25 é possível observar que o Nível Sigma está com uma tendência ascendente em pleno verão já se encontra a níveis semelhantes à da primavera, contudo é de salientar que as mudanças de *settings* na semana 23 e 27 tiveram um efeito positivo no Nível Sigma.

#### 4.1.5.3 Evolução do Nível Sigma para a análise de 24 Horas

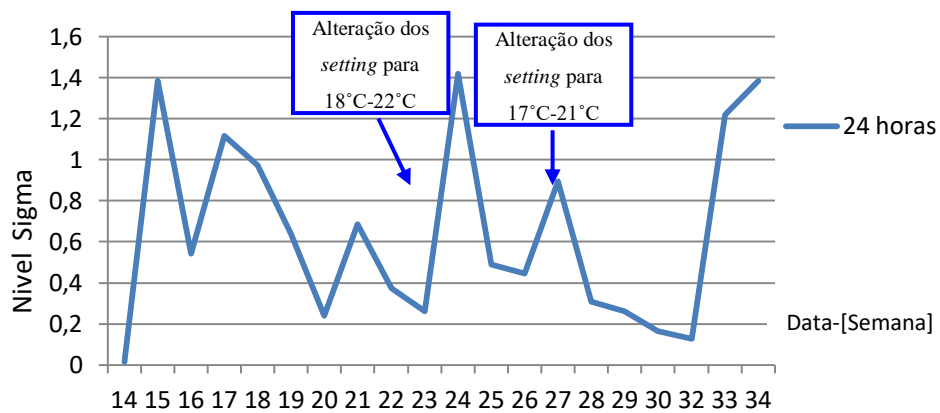


Figura 4.26 – Nível Sigma para 24 horas

Na Figura 4.26, é possível observar que o Nível Sigma está com uma tendência ascendente em pleno verão já se encontra a níveis semelhantes à da primavera, contudo é de salientar que as mudanças de *settings* na semana 23 e 27 tiveram um efeito positivo no Nível Sigma.

#### 4.1.5.4 Evolução do Nível Sigma para a análise entre sensores no mesmo instante de tempo

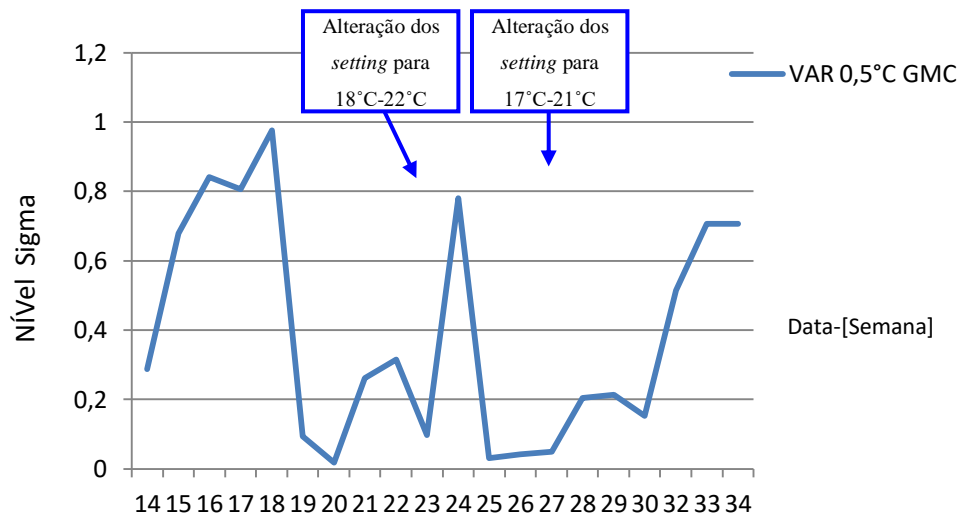


Figura 4.27 – Nível Sigma para variação entre sensores

Na Figura 4.27, é possível observar que o Nível Sigma está a ter uma tendência descendente devido tanto às alterações de *settings* efetuadas nas semanas 23 e 27 que fizeram com que a máquina responda mais rapidamente como às variações de temperatura injetando ar cada vez mais frio.

#### 4.1.5.5 Evolução do Nível Sigma para a análise da humidade

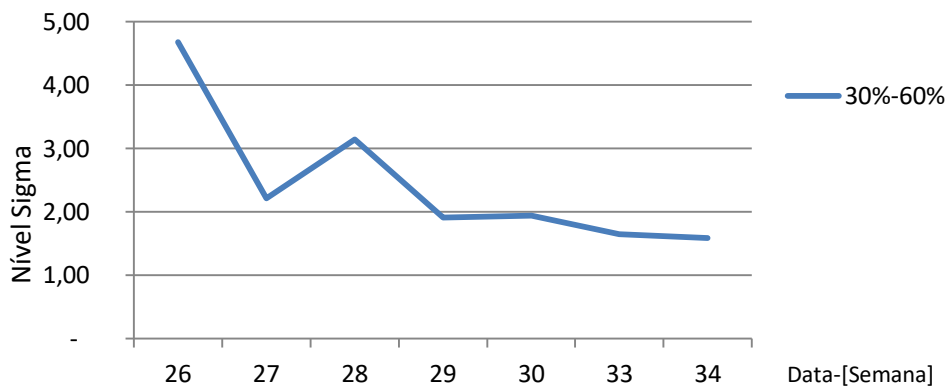


Figura 4.28 – Nível Sigma para humidade

Na Figura 4.28, é possível observar que o Nível Sigma está a ter uma tendência descendente.

#### 4.1.5.6 Situação das propostas de melhoria apresentadas

No Tabela 4.14 está representado a situação atual das propostas que foram apresentadas de forma a obter-se melhorias a nível do processo.

Tabela 4.13.Situação atual dos projetos.

Projetos	Orçamento	Aprovação
Reprogramação da máquina de ar-condicionado	0€	✓
Isolamento dos orifícios	2470€	Pendente
Canteiro	n.d	
Isolamento do edifício	600000€	Pendente
Substituição da máquina de ar-condicionado	800000€	Pendente

Na Tabela 4.14 é possível observar a situação em que se encontram os vários projetos que foram propostos de modo a se obter uma melhoria do processo em análise.

No decorrer deste projeto apenas foram possíveis realizar duas das propostas de melhoria, a reprogramação do ar-condicionado e a iniciação do isolamento do edifício com a substituição dos portões de acesso ao Body, as quais não tiveram quaisquer custo para o centro de medições. Os restantes projetos devido à sua complexidade ainda estão a ser analisados para serem realizados o quanto antes.



## **5 Conclusão e Recomendações**

### **5.1 Conclusão**

Após uma pesquisa bibliográfica e o estudo da situação, a realização deste projeto veio demonstrar a capacidade do Seis sigma de se adaptar a diferentes problemas e a sua capacidade de os resolver.

O projeto foi implementado com sucesso, tendo cumprido com todos os parâmetros propostos, elaboração de um relatório semanal o qual se podia analisar ao pormenor a temperatura e humidade dentro do centro de medições, tendo em conta todas as exigências de acordo com a norma interna. Nestes relatórios, eram apresentados e explicadas todas as possíveis causas de ocorrerem variações de temperatura e humidade durante a respetiva semana.

Ao longo do projeto, foram sendo apresentadas algumas propostas de melhoria, tendo sido postas em prática algumas delas, com resultados significativamente bons. Tendo sido as alterações de *settings* da máquina de ar-condicionado para níveis inferiores aos exigidos pela norma para corresponder à falta de isolamento do edifício. A última ação a ser realizada foi uma manutenção à máquina da ar-condicionado, ação esta que teve maior impacto nos resultados obtidos.

Através do Nível Sigma foi possível demonstrar que as ações implementadas tiveram um impacto significativo no sistema de avaliação, tendo o Nível Sigma aumentado significativamente em três das análises em causa propostas pela norma e piorado noutras três mas com pouca significância. Contudo, é possível concluir que o sistema está mais estável para análises de maior intervalo de tempo e um pouco pior relativamente às análises de intervalo de tempo mais curto, devido à resposta cada vez mais rápida da máquina de ar condicionado atendendo ao reajuste do *setting* da mesma.

### **5.2 Recomendações**

Ao longo do projeto foi - se identificando todos os problemas que tinham grande influência para que o centro de medições possa responder a todas as exigências de acordo com a norma interna, sendo as quais:

- Isolamento dos orifícios do edifício

Esta medida seria a alternativa provisória mais barata de tornar o edifício mais isolado, o que provocaria uma estabilização da temperatura no centro de medições. Deste modo, criando-se um

ambiente mais estável o que provocaria uma menor exigência por parte da máquina de ar-condicionado, visto que a mesma já tem alguns anos e algumas limitações.

- Isolamento do edifício

Esta proposta seria a solução definitiva mais indicada de modo a que a temperatura no interior do centro de medições deixasse de ser influenciada pela temperatura exterior. Deste modo, criaria-se um ambiente mais estável o que provocava uma menor exigência por parte da máquina de ar-condicionado, visto que já que esta tem alguns anos e algumas limitações.

- Substituição da máquina de ar-condicionado

É recomendado a substituição da máquina de ar-condicionado visto que esta já não apresenta grande eficiência e capacidade de resposta em dias com maior amplitude térmica.

- Canteiro

É recomendado a colocação de canteiro nas imediações do edifício com o intuito de baixar a temperatura, visto que em seu redor apenas existe alcatrão.

## Bibliografia

- [1] Volkswagen, “Norma interna AV87-E-210,” 2011.
- [2] Z. L. Pereira e J. G. Requeijo, *Qualidade: Planejamento e Controlo Estatístico de Processos*, Faculdade de Ciências e Tecnologias, 2012.
- [3] H. Woodall e D. C. a. William, “An Overview of Six Sigma,” *International Statistical Review*, 76, 3, 329–346, 2008.
- [4] Losianowycz e G, *Six Sigma Quality: A Driver to Cultural Change e Improvemente*, an invited lecture by standars Association at Seoul, 1999.
- [5] S. SDI, *Explanation Book of the Current Status of Six Sigma*, Prepared for the National Quality Prize of Six Sigma for 2000 .
- [6] D. C. Montgomery, *Introduction to Statistical Quality Control*, ISBN 978-0-470-16992-6: 6th Ed, 2010.
- [7] M. C. Catarino, *Design For Six Sigma*, ISBN 85-7303-333-9: Werkema, 2005.
- [8] T. Pyzdek, *The Six Sigma Handbook*, ISBN-0-07-141596-3: McGraw-Hill, 2003.
- [9] R. G. Schroeder<sup>a</sup>, K. Liderman<sup>a</sup>, C. Liedtke e A. S. Choo, “Six Sigma: Definition and underlying theory,” 22 June 2007.
- [10] S. H. Park, *Six Sigma for Quality and Productivity Promotion*, ISBN: 92-833-1722-X: Asian Productivity Organi, 2003.
- [11] G. Brue, *SIX SIGMA FOR MANEGERS*, McGraw-Hill, 2002.
- [12] I. Carimbo, “Cubing e Masterbuck certificação internacional,” *Jornal autoeuropa n°171*, 2014.



# Anexo

## Anexo A

Sigma Level	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
2.0	308770.2	305248.8	301747.6	298263.7	294798.6	291352.3	287925.1	284517.3	281129.1	277760.7
2.1	274412.2	271084.0	267776.2	264489.0	261222.6	257977.2	254753.0	251550.2	248368.8	245209.2
2.2	242071.5	238955.7	235862.1	232790.8	229742.0	226715.8	223712.2	220731.6	217773.9	214839.2
2.3	211927.7	209039.6	206174.8	203333.5	200515.7	197721.6	194951.2	192204.6	189481.9	186783.0
2.4	184108.2	181457.4	178830.7	176228.0	173649.5	171095.2	168565.1	166059.2	163577.5	161120.1
2.6	158686.9	156278.0	153893.3	151532.9	149196.7	146884.7	144596.8	142333.2	140093.6	137878.1
2.6	135686.7	133519.3	131375.8	129256.3	127160.5	125088.6	123040.3	121015.7	119014.7	117037.0
2.7	115083.0	113152.2	111244.7	109360.2	107498.9	105660.5	103844.9	102052.1	100281.9	98534.3
2.8	96809.0	95106.1	93425.3	91766.6	90129.8	88514.8	86921.5	85349.7	83799.3	82270.1
2.8	80762.1	79275.0	77808.8	76363.2	74938.2	73533.6	72149.1	70784.8	69440.4	68115.7
3.0	66810.6	65525.0	64258.6	63011.3	61783.0	60573.4	59382.5	58210.0	57055.8	55919.6
3.1	54801.4	53700.9	52618.1	51552.6	50504.3	49473.1	48458.8	47461.2	46480.1	45515.3
3.2	44566.8	43634.2	42717.4	41816.3	40930.6	40060.2	39204.9	38364.5	37538.9	36727.8
3.3	35931.1	35148.6	34380.2	33625.7	32884.8	32157.4	31443.3	30742.5	30054.6	29379.5
3.4	28717.0	28067.1	27429.4	26803.8	26190.2	25588.4	24988.2	24419.5	23852.1	23295.8
3.6	22705.4	22215.9	21692.0	21178.5	20675.4	20182.4	19699.5	19226.4	18763.0	18309.1
3.6	17864.6	17429.3	17003.2	16586.0	16177.5	15777.7	15386.5	15003.5	14628.8	14262.2
3.7	13903.5	13552.7	13209.5	12873.8	12545.5	12224.5	11910.7	11603.9	11303.9	11010.7
3.8	10724.2	10444.1	10170.5	9903.1	9641.9	9386.7	9137.5	8894.1	8656.4	8424.2
3.8	8197.6	7976.3	7760.3	7549.4	7343.7	7142.8	6946.9	6755.7	6569.1	6387.2
4.0	6209.7	6036.6	5867.8	5703.1	5542.6	5386.2	5233.6	5084.9	4940.0	4798.8
4.1	4661.2	4527.1	4396.5	4269.3	4145.3	4024.6	3907.0	3792.6	3681.1	3572.6
4.2	3467.0	3364.2	3264.1	3166.7	3072.0	2979.8	2890.1	2802.8	2717.9	2635.4
4.3	2555.1	2477.1	2401.2	2327.4	2255.7	2186.0	2118.2	2052.4	1988.4	1926.2
4.4	1865.8	1807.1	1750.2	1694.8	1641.1	1588.9	1538.2	1489.0	1441.2	1394.9
4.6	1349.9	1306.2	1263.9	1222.8	1182.9	1144.2	1106.7	1070.3	1035.0	1000.8
4.6	967.6	935.4	904.3	874.0	844.7	816.4	788.8	762.2	736.4	711.4
4.7	687.1	663.7	641.0	619.0	597.6	577.0	557.1	537.7	519.0	500.9
4.8	483.4	466.5	450.1	434.2	418.9	404.1	389.7	375.8	362.4	349.5
4.8	336.9	324.8	313.1	301.8	290.9	280.3	270.1	260.2	250.7	241.5
5.0	232.6	224.1	215.8	207.8	200.1	192.6	185.4	178.5	171.8	165.3
5.1	159.1	153.1	147.3	141.7	136.3	131.1	126.1	121.3	116.6	112.1
5.2	107.8	103.6	99.6	95.7	92.0	88.4	85.0	81.6	78.4	75.3
5.3	72.3	69.5	66.7	64.1	61.5	59.1	56.7	54.4	52.2	50.1
5.4	48.1	46.1	44.3	42.5	40.7	39.1	37.5	35.9	34.5	33.0
5.6	31.7	30.4	29.1	27.9	26.7	25.6	24.5	23.5	22.5	21.6
5.6	20.7	19.8	18.9	18.1	17.4	16.6	15.9	15.2	14.6	13.9
5.7	13.3	12.8	12.2	11.7	11.2	10.7	10.2	9.8	9.3	8.9
5.8	8.5	8.2	7.8	7.5	7.1	6.8	6.5	6.2	5.9	5.7
5.8	5.4	5.2	4.9	4.7	4.5	4.3	4.1	3.9	3.7	3.6
6.0	3.4	3.2	3.1	2.9	2.8	2.7	2.6	2.4	2.3	2.2
6.1	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.7	1.6	1.5	1.4	1.4
6.2	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8
6.3	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5
6.4	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3
6.6	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
6.6	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
6.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
6.8	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0