



Aplicação da metodologia DMAIC no aumento yield da conformidade do produto

MARIA TERESA MAGALHÃES PAIVA SARAIVA

Outubro de 2020



Aplicação da metodologia DMAIC no aumento yield da conformidade do produto

outubro 2020

AUTOR

Maria Teresa Magalhães Paiva Saraiva

ORIENTAÇÃO

Engenheiro Tiago Gomes – Continental Mabor

Doutora Anabela Guedes – Instituto Superior de Engenharia do Porto

**Dissertação Submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Química, ramo da Qualidade**

Agradecimentos

A elaboração deste trabalho não poderia ter sido possível sem a colaboração e apoio de diversas pessoas. Assim, gostaria de expressar a minha gratidão a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para que esta tarefa fosse realizada com sucesso.

À Engenheira Anabela Guedes, orientadora na faculdade, que me orientou e ajudou para que todo o trabalho fosse feito.

Ao Engenheiro Tiago Gomes, orientador na empresa, que se mostrou sempre disponível a ajudar e me deu liberdade para realizar o meu trabalho de forma autónoma.

Aos analistas da empresa, Rui Guerra, José Torres e Sr. Casimiro sempre disponíveis em qualquer questão e que sempre me apoiaram.

Aos meus pais, irmã e namorado que me apoiaram sempre de uma maneira incondicional ao longo desta etapa.

Resumo

A presente dissertação teve como objetivo efetuar um projeto de melhoria contínua de um processo produtivo de uma empresa da indústria automóvel. Este projeto foi desenvolvido no âmbito do Mestrado de Engenharia Química, ramo da Qualidade.

O estudo foi desenvolvido na Continental Mabor, tendo como objetivo aumentar a conformidade do produto final. Assim, foi necessário realizar um estudo intensivo deste problema, analisando a conformidade dos pneus ao longo de 2019 e identificando as causas deste problema, com o objetivo de melhorar o processo e o seu controlo contínuo.

A partir da metodologia DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control), foi possível percorrer todas estas etapas, cumprindo o objetivo de cada uma delas de maneira a culminar na resolução do problema. Ao longo destas fases foi recorrente o uso de diversas ferramentas da qualidade, associadas ao SIX SIGMA, capazes de simplificar e estruturar o estudo em questão, encontrando diversas propostas de melhoria.

Em suma, após percorrer todas as etapas da metodologia foi possível identificar alguns problemas de não conformidade e, desta forma, foi possível implementar melhorias significativas no processo. O objetivo principal deste trabalho foi conseguido uma vez que a conformidade do produto aumentou de 90% para 95%.

Palavras-Chave: Cartas de Controlo, Diagrama Ishikawa, pneus, DMAIC, SIX SIGMA, SMART.

Abstract

The present dissertation had as objective to carry out a project of continuous improvement of a productive process of an automobile company. This project was developed within the scope of the Master of Chemical Engineering, branch of Quality.

The study was developed at Continental Mabor, with the objective of increasing the compliance of the final product. So, it was necessary to carry out an intensive study of this problem, analyzing the conformity of the tires throughout 2019 and identifying the causes of this problem, in order to improve the process and its continuous control.

From the DMAIC methodology (Define, Measure, Analyze, Improve and Control), it was possible to go through all these steps, fulfilling the objective of each one of them in order to culminate in solving the problem. Throughout these phases, the use of several quality tools, associated with SIX SIGMA, was able to simplify and structure the study in question, finding several proposals for improvement.

In conclusion, after going through all the stages of the methodology, it was possible to identify some non-compliance problems and, with this, it was possible to implement significant improvements in the process. The main objective of this work was achieved since the product's compliance increased from 90% to 95%.

Keywords: Control Cards, Ishikawa Diagram, tires, DMAIC, SIX SIGMA, SMART.

Índice

1. Introdução	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Apresentação da Empresa.....	1
1.2.1. Continental AG.....	1
1.2.2. Continental Mabor.....	2
1.3. Estrutura Organizacional da Empresa.....	3
1.4. Política da Empresa	5
1.5. Processo de Produção	6
1.6. Produto Final	10
2. Sistemas de Melhoria Contínua.....	13
2.1. Metodologia <i>SIX SIGMA</i>	13
2.2. Metodologia DMAIC	15
2.3. Ferramentas da Qualidade	17
2.3.1. Folhas de Registo	17
2.3.2. Diagrama de Causa e Efeito.....	17
2.3.3. Fluxograma.....	18
2.3.4. Histograma	19
2.3.5. Diagrama de Pareto	20
2.3.6. Diagrama de Dispersão.....	21
2.3.7. Diagrama de Caixa (Boxplot).....	22
2.3.8. Cartas de Controlo	23
2.4. Capabilidade de um processo	27
2.5. Metodologia SMART.....	28
3. Implementação da Metodologia DMAIC	30
3.1. Primeira Etapa – Definir.....	30
3.1.1. CTD (<i>Cured Tire Dimension</i>).....	30
3.1.2. Parâmetros <i>Blue Items</i>	31
3.2. Segunda Etapa – Medir	34
3.2.1. Análise Quantitativa	34
3.2.2. Análise Qualitativa	36
3.3. Terceira Etapa – Analisar	43
3.3.1. <i>Target</i> do CTD diferente da especificação (início da industrialização).....	43
3.3.2. Sobreposição do piso na zona do S25.....	46
3.3.3. Atualizações do target CTD ou da especificação da parede lateral ao longo do tempo	54

3.3.4.	Existência de gravações na zona do S25	56
3.3.5.	Perfil da parede fora da tolerância	61
3.4.	Quarta Etapa – Melhorar	64
3.4.1.	<i>Target</i> do CTD diferente da especificação (início da industrialização).....	64
3.4.2.	Sobreposição do piso na zona do S25	66
3.4.3.	Atualizações do <i>target</i> CTD ou da especificação da parede lateral ao longo do tempo	70
3.4.4.	Existência de gravações na zona do S25.....	73
3.4.5.	Perfil da parede fora da tolerância	75
3.5.	Quinta Etapa – Controlar.....	78
3.5.1.	Implementação da melhoria.....	78
3.5.2.	Controlo da Melhoria Contínua	79
3.6.	Resultados da Implementação DMAIC	80
4.	Conclusões e propostas de trabalhos futuros	83
	Referências Bibliográficas	85
	Anexo A – Constantes das Cartas de Controlo.....	88
	Anexo B – Medições do S25 nos artigos da causa “ <i>Target</i> do CTD diferente da especificação (início da industrialização)”	89
	Anexo C – Definição do <i>target</i> do S25 nos artigos da causa “Sobreposição do piso na zona do S25”	90

Índice de Figuras

Figura 1.1. Os dois setores da empresa: Grupo Automativo e Grupo de Borracha. [4].	2
Figura 1.2. Empresa Continental Mabor em Lousado. [6]	3
Figura 1.3. Representação da Estrutura Organizacional da Continental Mabor.[4]	4
Figura 1.4. Constituição da Direção da Qualidade. [7]	5
Figura 1.5. Esquema com os valores da empresa. [8]	6
Figura 1.6. Fase da Misturação. [2]	7
Figura 1.7. Fase da Preparação. [2]	8
Figura 1.8. Fase da Construção. [2]	8
Figura 1.9. Fase da Vulcanização. [2]	9
Figura 1.10. Fase da Inspeção Final. [2]	9
Figura 1.11. Constituição do pneu Continental [4].	10
Figura 1.12. Constituintes do pneu e as respetivas funções [4].	11
Figura 2.1.Estrutura de certificação do SIX SIGMA [12].	14
Figura 2.2. Os seis tipos de sigma [13].	15
Figura 2.3. Representação de uma folha de registo. [14]	17
Figura 2.4. Esquema de um diagrama causa e efeito [14]	18
Figura 2.5. Símbolos usados na aplicação de um fluxograma [17].	18
Figura 2.6. Representação de um fluxograma [14].	19
Figura 2.7. Representação de um histograma [14]	20
Figura 2.8. Representação de um Diagrama de Pareto [14].	21
Figura 2.9. Representação de um diagrama de dispersão. [14]	22
Figura 2.10. Representação de um diagrama de caixa ou boxplot [18].	22
Figura 2.11. Representação de uma carta de controlo [14].	23
Figura 2.12. Resumo dos tipos de cartas de controlo existentes [20].	25
Figura 2.13. Descrição das regras para deteção de causas especiais [20].	25
Figura 2.14. Representação gráfica das regras para deteção de causas especiais [20].	26
Figura 2.15. Metodologia SMART [24].	29
Figura 3.1. Representação de uma secção transversal de um pneu.	31
Figura 3.2. Não conformidade dos 6 blue items mais analisados no ano de 2019.	32
Figura 3.3. Constituintes que fazem parte de um pneu.	33
Figura 3.4. Medição do parâmetro S25.	34
Figura 3.5. Percentagem de Não Conformidade do S25 no ano de 2019.	36
Figura 3.6. Diagrama espinha de peixe com as potenciais causas para a não conformidade do S25.	37
Figura 3.7. Esquema com as respetivas causas de não conformidade do S25, inseridas no processo produtivo.	38
Figura 3.8. Compilação de todos os votos da equipa multidisciplinar.	41
Figura 3.9. Representação gráfica das causas com mais impacto de não conformidade do S25.	43
Figura 3.10. Representação gráfica das medições do artigo A.1.	44
Figura 3.11. Representação gráfica das medições do artigo A.2.	45
Figura 3.12. Representação gráfica das medições do artigo A.3.	45
Figura 3.13. Representação de uma secção em que o piso sobrepõe a zona do S25.	46
Figura 3.14. Diagrama de Pareto com a percentagem de não conformidade das paredes no ano de 2019.	47
Figura 3.15. Pneu acompanhado na produção com as respetivas marcações, antes de ingressar na Vulcanização.	49

Figura 3.16. Medições em CTD do piso na secção.....	50
Figura 3.17. Não sobreposição do piso na zona de medição do S25.....	50
Figura 3.18. Sobreposição do piso na zona de medição do S25.	51
Figura 3.19. Carta de Controlo com os resultados das medições do S25, no acompanhamento realizado.....	52
Figura 3.20. Explicação do cálculo da sobreposição do piso através da medição da largura do piso, da largura da secção, do limite do fim do piso e do S25M.....	53
Figura 3.21. Diagrama de Pareto com o número de artigos afetados pelo S25 e, consequentemente, qual a parede lateral mais afetada por esta causa.	54
Figura 3.22. Representação gráfica das medições do S25 para o artigo B.1.....	55
Figura 3.23. Representação gráfica das medições do S25 para o artigo B.2.	55
Figura 3.24. Exemplo de uma secção que contém gravações na zona do S25.	57
Figura 3.25. Representação gráfica dos resultados obtidos do S25 na secção A, lado SS.	59
Figura 3.26. Representação gráfica dos resultados obtidos do S25 na secção A, lado OSS.....	59
Figura 3.27. Representação gráfica dos resultados obtidos do S25 na secção B, lado SS.....	60
Figura 3.28. Representação gráfica dos resultados obtidos do S25 na secção B, lado OSS.	60
Figura 3.29. Representação da perfilometria não conforme da parede do artigo D.1.	61
Figura 3.30. Medições em CTD do parâmetro, S25, no artigo D.1.....	62
Figura 3.31. Representação da perfilometria não conforme da parede do artigo D.2.	63
Figura 3.32. Medições em CTD do parâmetro, S25, no artigo D.2.....	63
Figura 3.33. Representação gráfica dos valores medidos de S25 no artigo A.1, antes e depois da atualização do target.....	65
Figura 3.34. Representação gráfica dos valores medidos de S25 no artigo A.2, antes e depois da atualização do target.....	65
Figura 3.35. Representação gráfica dos valores medidos de S25 no artigo A.3, antes e depois da atualização do target.....	66
Figura 3.36. Exemplo de um artigo (Artigo A) com o target que foi inicialmente definido (antigo) e o target que foi definido como ideal (novo).	67
Figura 3.37. Código desenvolvido em Visual Basic, para ferramenta de sobreposição do piso..	69
Figura 3.38. Representação do excel e da ferramenta desenvolvida para a sobreposição do piso.	70
Figura 3.39. Artigo B.1 com o target que foi inicialmente definido (antigo) e o target que foi definido como ideal (novo).	71
Figura 3.40. Artigo B.2 com o target que foi inicialmente definido (antigo) e o target que foi definido como ideal (novo).	72
Figura 3.41. Exemplo de uma secção cujo S25 deu não conforme devido à consideração de uma gravação.	74
Figura 3.42. Medição do S25 no lado oposto da secção de maneira a não considerar a gravação nessa zona.	74
Figura 3.43. Medição do S25 não considerando a espessura da gravação nessa zona.	75
Figura 3.44. Representação da perfilometria conforme da parede do artigo D.1.	76
Figura 3.45. Medição do S25 no artigo D.1, após correção de feiras.	76
Figura 3.46. Representação da perfilometria conforme da parede do artigo D.2.	77
Figura 3.47. Medição do S25 no artigo D.2, após correção de feiras.	77
Figura 3.48. Representação gráfica da percentagem de não conformidade do S25 ao longo do ano de 2020.....	80
Figura 3.49. Comparação dos resultados de não conformidade do S25 ao longo dos meses dos anos de 2019 e 2020.....	81

Figura A.1. Carta com constantes usadas nas Cartas de Controlo [29].	88
Figura C.1. Representação gráfica das medições do S25 do Artigo B, para o target definido inicialmente.	90
Figura C.2. Representação gráfica das medições do S25 do Artigo B, para o target definido como ideal.	91
Figura C.3. Representação gráfica das medições do S25 do Artigo C, para o target definido inicialmente.	91
Figura C.4. Representação gráfica das medições do S25 do Artigo C, para o target definido como ideal.	92
Figura C.5. Representação gráfica das medições do S25 do Artigo D, para o target definido inicialmente.	92
Figura C.6. Representação gráfica das medições do S25 do Artigo D, para o target definido como ideal.	93
Figura C.7. Representação gráfica das medições do S25 do Artigo E, para o target definido inicialmente.	93
Figura C.8. Representação gráfica das medições do S25 do Artigo E, para o target definido como ideal.	94
Figura C.9. Representação gráfica das medições do S25 do Artigo F, para o target definido inicialmente.	94
Figura C.10. Representação gráfica das medições do S25 do Artigo F, para o target definido como ideal.	95
Figura C.11. Representação gráfica das medições do S25 do Artigo G, para o target definido inicialmente.	95
Figura C.12. Representação gráfica das medições do S25 do Artigo G, para o target definido como ideal.	96

Índice de Tabelas

Tabela 2.1. Os seis tipos de sigma com os respectivos defeitos por milhão de oportunidades [2].	14
Tabela 2.2. Significado das 5 etapas da metodologia DMAIC [2].....	16
Tabela 2.3. Interpretação dos valores de Cp, Pp, Cpk e Cpk [23].....	28
Tabela 3.1. Número de artigos medidos em cada mês, bem como os artigos cujo S25 deu não conforme, com a respetiva % de não conformidade.	35
Tabela 3.2. Tabela com resumo dos votos das causas com mais impacto na não conformidade do S25.	42
Tabela 3.3. Artigos cujo target no início da industrialização não se enquadra nas medições em CTD.	44
Tabela 3.4. Lista de tarefas a realizar no acompanhamento de um pneu.	48
Tabela 3.5. Registo das medições realizadas no pneu antes de vulcanizado.....	48
Tabela 3.6. Medições em CTD do piso na secção.	49
Tabela 3.7. Resultados das Larguras desde o MT até ao fim do piso e desde o MT até ao S25..	51
Tabela 3.8. Registo das medições do S25 no pneu acompanhado, bem como das respetivas tolerâncias.	51
Tabela 3.9. Artigos com S25 não conforme devido a sobreposição do piso, por tipo de parede lateral.	54
Tabela 3.10. Medições do S25 na secção A, lado SS.	57
Tabela 3.11. Medições do S25 na secção A, lado OSS.....	58
Tabela 3.12. Medições do S25 na secção B, lado SS.....	58
Tabela 3.13. Medições do S25 na secção B, lado OSS.....	58
Tabela 3.14. Target atual e target proposto para os artigos analisados (B.1 e B.2).....	73
Tabela 3.15. Dados relativos às medições não conformes nos anos de 2019 e 2020 e as percentagens de conformidade e não conformidade em cada mês.	82
Tabela B.1. Medições do S25 no artigo A.1 para o target definido inicialmente.	89
Tabela B.2. Tabela B.1. Medições do S25 no artigo A.2 para o target definido inicialmente.	89
Tabela B.3. Tabela B.1. Medições do S25 no artigo A.3 para o target definido inicialmente.	89

Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

AG – *Automotive Group*;

VDO – *Vereinigte DEUTA – OTA*;

PLT – *Passenger and Light Truck Tires*;

CST – *Commercial Specialty Tires*;

APA – *Armazém de Produto Acabado*;

DMAIC – *Define, Measure, Analyze, Improve and Control*;

PPM – *partes por milhão*;

SMART – *Specific, Measurable, Achievable, Realistic and Timely*

PU – *Pressure Unity*;

KM – *Karcass Machine*;

CTD – *Cured Tire Dimension*;

KPI – *Key Performance Indicator*;

TS - *Molding parting line treadring/sidewall*;

SUB – *Sidewall Under Belt*;

SUB+Wrap – *Sidewall Under Belt + Wrap*;

STB – *Sidewall to belt*;

MT – *Middle of the Tire*;

NSH – *Nominal Sidewall Height*.

1. Introdução

1.1. Enquadramento

No âmbito do último ano do Mestrado em Engenharia Química, ramo da Qualidade, compete a cada aluno realizar uma dissertação. Assim, a presente dissertação, trata-se de um projeto realizado em ambiente industrial, nomeadamente na empresa Continental Mabor S.A. – Indústria de Pneus.

Este é um mercado cada vez mais competitivo e exigente, em que os custos e os prazos de entrega, cada vez menores, devem estar aliados a uma melhor qualidade do produto, e, por esses motivos, é necessária uma constante melhoria dos processos produtivos.

Assim, o presente trabalho vai de encontro àquele que é um dos objetivos da Continental. Para isso ao longo do estudo, o objetivo fundamental será avaliar o produto e, conseqüentemente, melhorar o processo para que a conformidade do mesmo aumente.

1.2. Apresentação da Empresa

1.2.1. Continental AG

No ano de 1871 a Continental AG (sede) foi fundada em Hanôver e o objetivo inicial do negócio passava pela produção de pneus maciços para carruagens e bicicletas. Mais tarde, em 1898 ocorre a produção de pneus sem padrão no piso e em 1904 apresenta o primeiro pneu de automóvel do mundo com padrão. No ano de 1936 é introduzida, no processo de fabricação de pneus, a borracha sintética [1]. Desde então, tem existido uma evolução da empresa sendo uma marca de referência com vários prémios ao longo da sua história.

Em 2007 adquiriu a *Siemens VDO Automotive AG*, tornando-se num dos cinco maiores fornecedores mundiais da indústria automóvel e estabelece posição na Europa, América do Norte e Ásia [1].

O grupo Continental produz, também, sistemas de travagem, controlos dinâmicos para viaturas, tecnologias de transmissão de potência, sistemas eletrónicos e sensores. A Continental AG é a principal fornecedora de equipamento eletrónico e de pneus a várias marcas conceituadas como a *BMW*, o grupo *Volkswagen*, a *Mercedes-Benz*, entre outras [2]. Atualmente, o Grupo emprega cerca de 208 000 colaboradores, em 53 países, tendo gerado um volume de vendas de cerca de 34,5 mil milhões de euros em 2014 [3]. Na

figura 1.1 encontra-se como esses colaboradores se dividem em 2 setores: Grupo Automotivo e o Grupo da Borracha. [4].

Automotive Group			Rubber Group		
Chassis & Safety <ul style="list-style-type: none"> •Sistemas de travagem eletrónica; •Sistemas de travagem hidráulica; •Sensores; •Segurança passiva & ADAS (Sistema de assistência avançada ao condutor); •Componentes de chassis. 	Powertrain <ul style="list-style-type: none"> •Sistemas gasolina; •Sistemas diesel; •Transmissão; •Eletrónica; •Sensores; •"Motor Drives" e fornecimento de combustível; •Drives de híbridos e elétricos; •"Turbochargers" 	Interior <ul style="list-style-type: none"> •Habitáculo & Segurança; •Comunicação; •Veículos comerciais & pós-venda; •Instrumentação & displays; •Módulos interiores; •Multimédia. 	Passenger an Light Truck Tires <ul style="list-style-type: none"> •Equipamento de origem; •Mercado de substituição Europa; •Mercado de substituição Américas; •Mercado de substituição Ásia; •Pneus para veículos de duas rodas. 	Commercial Vehicle Tire <ul style="list-style-type: none"> •Pneus pesados Europa; •Pneus pesados Américas; •Pneus pesados Ásia; •Pneus Industriais. 	ContiTech <ul style="list-style-type: none"> •Sistemas de ventilação; •Benecke-Kaliko Group; •Sistemas de correias; •Elastómeros; •Revestimento.

Figura 1.1. Os dois setores da empresa: Grupo Automotivo e Grupo de Borracha. [4].

1.2.2. Continental Mabor

A Continental Mabor surgiu em 1989, em Lousado, através da fusão de duas empresas de renome na manufatura de borracha, a Mabor, a nível nacional, e a Continental AG a nível mundial (figura 1.2). Mais tarde houve uma reestruturação das instalações Mabor, sendo estas substituídas por 21 unidades industriais da Continental AG. No início limitavam-se à produção de pneus Mabor, mas, hoje a produção é variada quer em medidas, tipos ou em marcas. [5]

Atualmente mais de 98% da produção da Continental Mabor destina-se à exportação. O chamado “mercado de substituição” retém mais de metade da produção anual da Continental Mabor. A outra parte é distribuída pelas linhas de montagem, dos mais prestigiados construtores da indústria automóvel. [5]



Figura 1.2. Empresa Continental Mabor em Lousado. [6]

1.3. Estrutura Organizacional da Empresa

A estrutura da Continental Mabor está organizada com poucas interfaces de maneira a facilitar a comunicação, sendo esta mais eficiente e rápida. Na figura 1.3 encontra-se representada a organização desta empresa, sendo apresentadas as direções existentes.

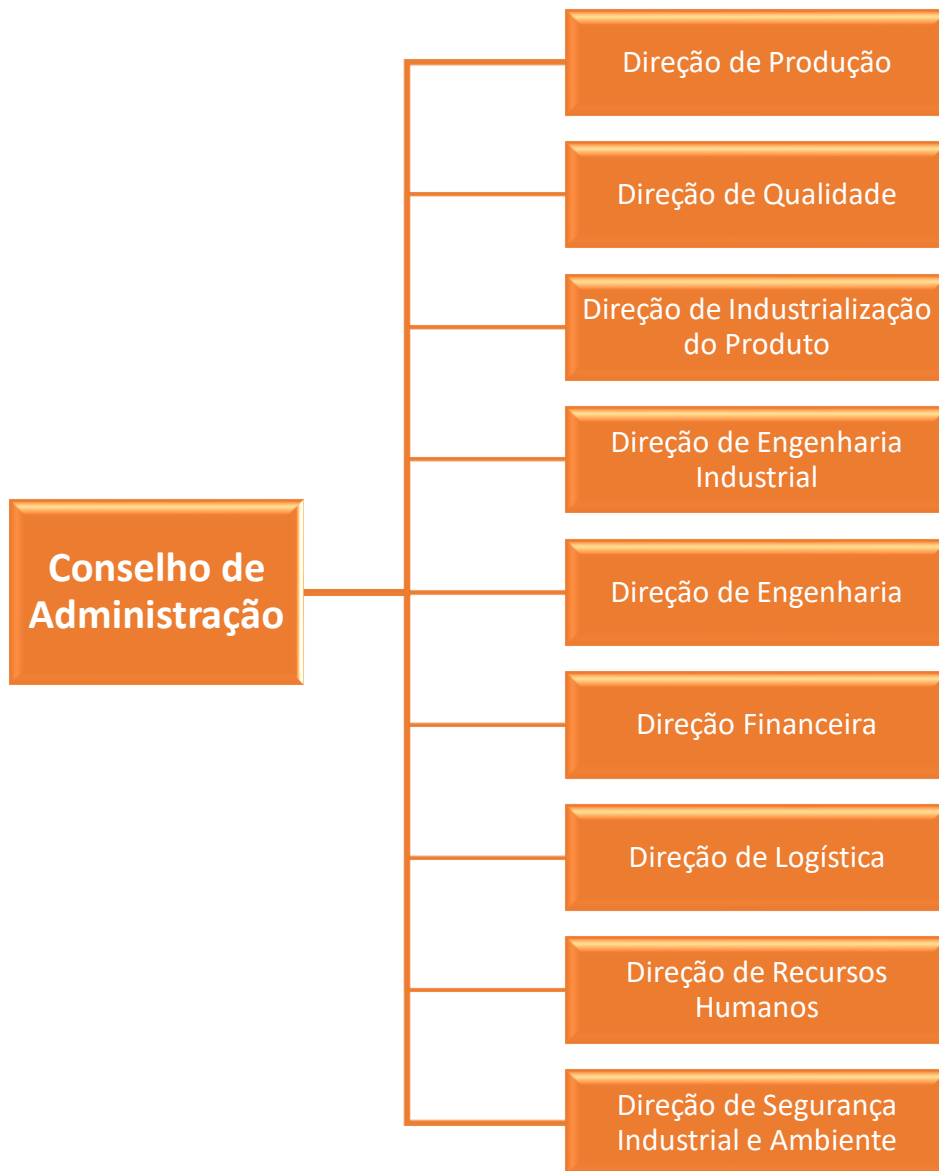


Figura 1.3. Representação da Estrutura Organizacional da Continental Mabor.[4]

O presente trabalho foi elaborado na Direção de Qualidade, mais precisamente no Departamento de Laboratórios, Clientes e Sistemas, estando o mesmo inserido na Avaliação do Produto.

Esta Direção está organizada em 4 departamentos: Departamento de Laboratórios, Clientes e Sistemas, Departamento de Processos PLT, Departamento do Produto e Uniformidade e por fim o Departamento de CST, *ContiSeal*¹ e APA. O Departamento de Laboratórios, Clientes e Sistemas é constituído pelo Laboratório, Metrologia, Avaliação

¹ O *ContiSeal*TM é uma tecnologia desenvolvida pela Continental para vedar furos no piso do pneu. Em caso de perfuração por objetos estranhos, como pregos, não é necessário substituir o pneu de imediato, e os furos mantêm-se vedados mesmo que o objeto se liberte do pneu.

do Produto, onde se encontra inserido o estudo realizado, Sistemas de Qualidade e Ferramentas de Qualidade. Na figura 1.4 pode ver-se a estrutura desta Direção.

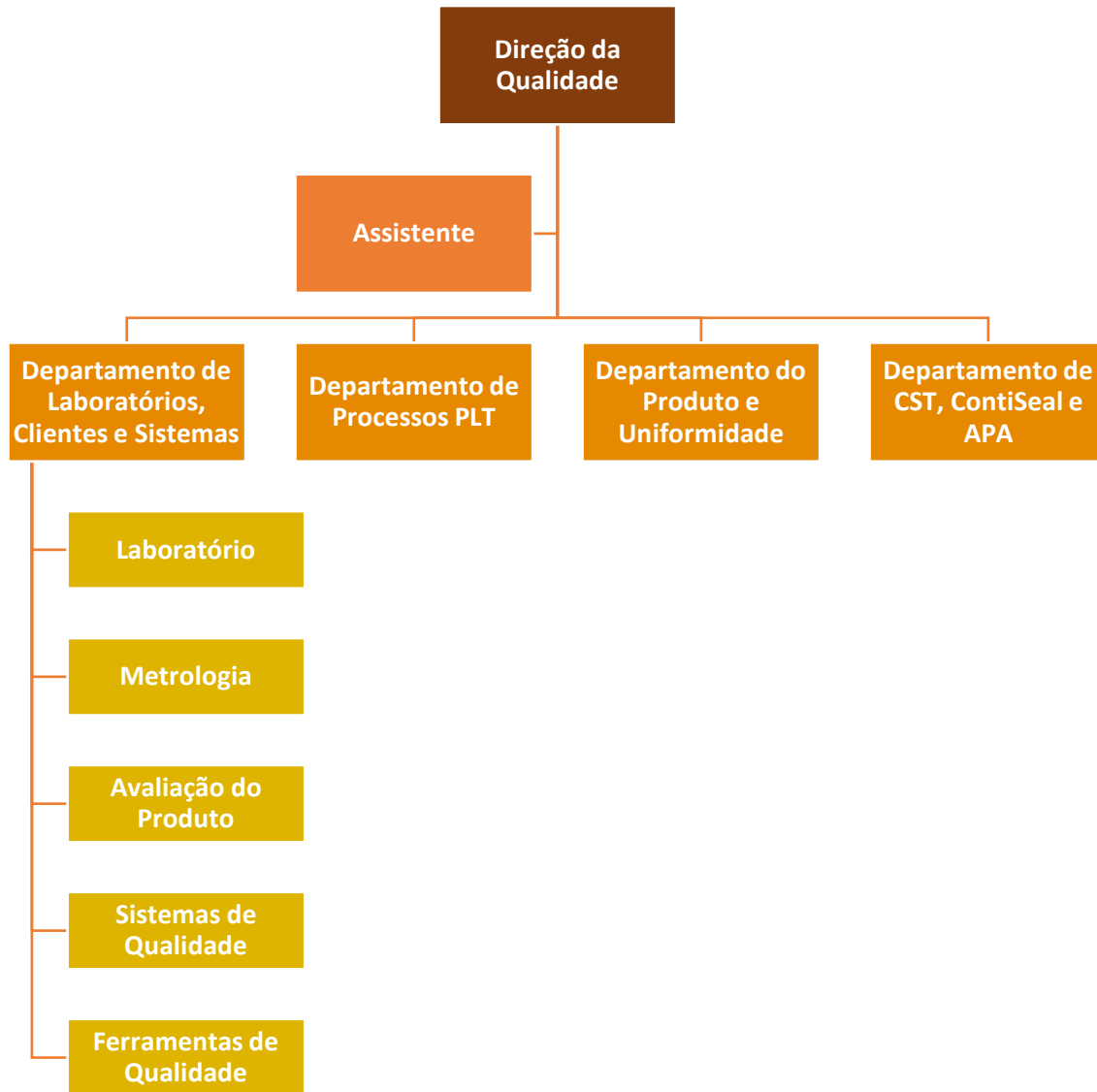


Figura 1.4. Constituição da Direção da Qualidade. [7]

1.4. Política da Empresa

A política da Continental passa pela visão de “Ser Líder” e de colocar sempre em prática os valores de Confiança, Paixão por Vencer, Liberdade para Agir e Uns pelos Outros que se encontram representados na figura 1.5. [8]

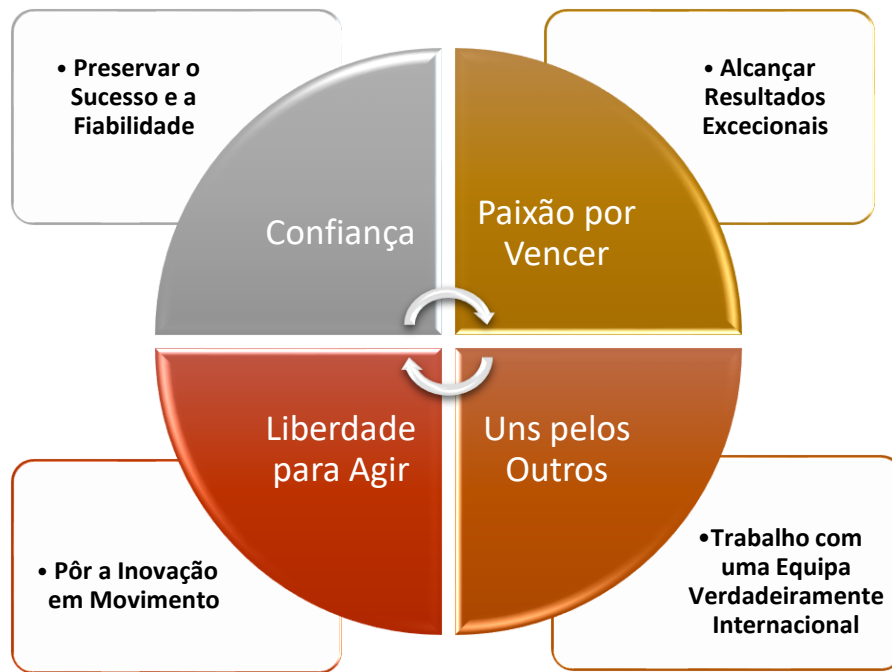


Figura 1.5. Esquema com os valores da empresa. [8]

A principal função desta empresa é fornecer, de forma eficiente, bens e serviços que satisfaçam da melhor forma, não só os clientes, como também os colaboradores, investidores, parceiros de negócios, políticos e a sociedade. [9]

A forma como pensam e agem é sistemática, trabalhando em rede, daí serem mais rápidos quando comparados com outras empresas, no que toca em transformar as ideias numa produção em massa. [9]

A sua principal **missão** passa por [10]:

- Gerar valor e crescer com base em regras de sustentabilidade;
- Saciar os seus clientes com produtos de alta tecnologia;
- Procurar a melhoria contínua regendo-se sempre pela eficiência, qualidade, flexibilidade e inovação;
- Apelar a motivação, competência e excelência dos seus colaboradores.

1.5. Processo de Produção

É crucial perceber qual o processo de produção de um pneu, para assim entender todas as etapas a que o pneu está sujeito até chegar ao consumidor. Assim, o processo

está constituído por 5 etapas: Misturação, Preparação, Construção, Vulcanização e Inspeção Final [4].

Misturação: Esta é a primeira fase do processo produtivo onde são misturados todos os componentes da borracha, tais como borracha natural e sintética, pigmentos, sílica, negro de fumo e óleo mineral. Após esta etapa, a borracha é colocada numas mesas passando para a etapa seguinte [4]. A fase da misturação encontra-se representada na figura 1.6.



Figura 1.6. Fase da Misturação. [2]

Preparação: Nesta etapa há a produção dos elementos chave na constituição de um pneu, em extrusoras, calandras e máquinas de corte, sendo esta subdividida em Preparação a Frio e Preparação a Quente. Na Preparação a Frio produz-se a camada estanque, a tela têxtil, a tela metálica, a cinta têxtil em espiral e a cinta metálica. Na Preparação a Quente produz-se o piso, a parede lateral, o talão e o talão com cunha [4]. A fase da preparação encontra-se representada na figura 1.7.



Figura 1.7. Fase da Preparação. [2]

Construção: Esta etapa produz o chamado pneu “verde” ou “cru” com os componentes provenientes das fases anteriores. Aqui existem duas máquinas, as KM (*Karcass Machine*), onde se constrói a chamada carcaça do pneu e as PU (*Pressure Unity*), onde se une à carcaça as cintas metálicas, as telas têxteis e o piso [4]. A fase da construção encontra-se representada na figura 1.8.



Figura 1.8. Fase da Construção. [2]

Vulcanização: Nesta etapa, como o próprio nome indica, ocorre a vulcanização do pneu. O pneu em “cru”, proveniente da construção, entra na prensa onde é moldado até se obter o aspeto final pretendido [4]. A fase da vulcanização encontra-se representada na figura 1.9.



Figura 1.9. Fase da Vulcanização. [2]

Inspeção Final: Esta é a última etapa do processo produtivo. É aqui que são feitas todas as verificações visuais, inspeções automáticas e ensaios necessários para garantir a qualidade do produto final. Após esta etapa, os pneus são armazenados no armazém do produto acabado, onde irão permanecer até serem expedidos para os clientes finais [4]. A fase da inspeção final encontra-se representada na figura 1.10.



Figura 1.10. Fase da Inspeção Final. [2]

1.6. Produto Final

A Continental produz pneus desde jante 14 a jante 22, não produzindo apenas pneus de marca Continental, mas também outras marcas como *Uniroyal*, *Semperit*, *Mabor*, *Barum*, *Viking*, entre outras. Na figura 1.11 podemos ver que o pneu tem diferentes componentes na sua constituição [4].

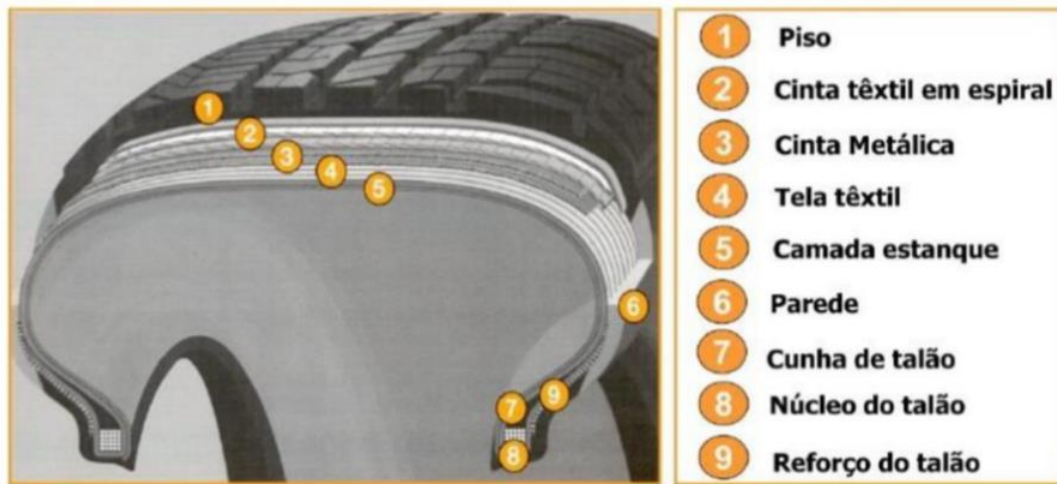


Figura 1.11. Constituição do pneu Continental [4].

Na figura 1.12 encontra-se representado um esquema com os constituintes do pneu e as suas funções no mesmo.



Figura 1.12. Constituintes do pneu e as respetivas funções [4].

2. Sistemas de Melhoria Contínua

Neste capítulo é feita uma descrição dos fundamentos teóricos que serviram de base para a realização deste trabalho.

2.1. Metodologia *SIX SIGMA*

Na década de 1980 os produtos da empresa *Motorola* entraram numa crise de competitividade, na medida em que esta começou a ficar em desvantagem em relação às empresas concorrentes. Assim, com o objetivo de pôr fim a esta falha, a empresa passou a ser controlada por uma empresa japonesa que adotava técnicas de gestão diferentes. Foi então aqui que surgiu a metodologia *SIX SIGMA* no sentido de fabricar produtos com melhor qualidade e a custos mais baixos, sendo, certamente, a abordagem que mais modificou o comportamento em qualidade das empresas nos últimos anos [11].

É uma das filosofias mais estruturadas para atingir a excelência, ajudando no desenvolvimento da organização quer nos seus produtos quer nos processos, sendo uma vantagem fundamental [11]. O objetivo desta metodologia é atingir zero erros em todo o desempenho de uma empresa, ou seja, obter um nível mínimo, próximo de zero, de defeitos numa produção. Caso isto não se verifique, existem consequências, tais como [11]:

- O produto não é vendido;
- Foram desperdiçados recursos materiais e humanos que terão de ser pagos;
- É necessário desfazer-se desses produtos, o que também envolve custos.

Assim, a finalidade da implementação do *SIX SIGMA* será reduzir o desperdício e os custos, produzindo mais e melhor.

Existem diferentes tipos de certificação *Six Sigma*, estando os mesmos apresentados na figura 2.1.



Figura 2.1. Estrutura de certificação do SIX SIGMA [12].

A certificação *Yellow Belt* é atribuída aos membros que correspondem ao nível básico das metodologias six sigma, analisando as melhorias do processo que podem apoiar o projeto. A certificação *Green Belt* diz respeito aos indivíduos que estão adaptados às etapas básicas de melhoria. Estes desenvolvem gráficos, usam medidas estatísticas, planeiam e controlam todo trabalho desenvolvido para eliminar os erros. A certificação *Black Belt* engloba os membros que lideram o projeto, treinando a equipa *Green Belt* para a solução dos problemas. Por fim, o *Master Black Belt* é o líder principal que conhece os aspetos complexos dos projetos, tendo no mínimo dois anos de experiência [12].

O termo “SIGMA” surge da medida estatística do desvio-padrão. O sigma representa a dispersão em torno da média do processo, ou seja, representa a competência do processo produzir produtos conformes. Para ser possível adquirir um determinado nível de qualidade foi necessário perceber que existem seis tipos de sigma, estando estes apresentados na tabela 2.1 [2].

Tabela 2.1. Os seis tipos de sigma com os respetivos defeitos por milhão de oportunidades [2].

Z (número sigma)	1	2	3	4	5	6
DPMO (Defeitos por Milhão de Oportunidades)	697 672	308 770	66 810	6 209	232	3,40

Quanto mais alto for o número sigma melhor será a qualidade, uma vez que a taxa de defeitos é de 3,4 defeitos por milhão de oportunidades.

Assim, para chegar aos níveis exigidos pelo Six Sigma é fundamental recorrer a ferramentas estatísticas que passam pela melhoria dos processos. Um exemplo disso é o sistema DMAIC que passa por 5 etapas. Cada etapa possui uma série de ferramentas e técnicas, tais como o planeamento e o controlo estatístico de processos, proporcionando ao utilizador recursos para medir, analisar, melhorar e controlar os processos considerados críticos [2].

2.2. Metodologia DMAIC

O sistema DMAIC permite eliminar os parâmetros que afetam a eficiência de um determinado processo, estando sempre em frequentes medições de maneira a aplicar o método de melhoria contínua. Focando-se nas suas 5 etapas que passam por definir, medir, analisar, melhorar e controlar, pretende-se melhorar a qualidade e a lucratividade do processo [2].

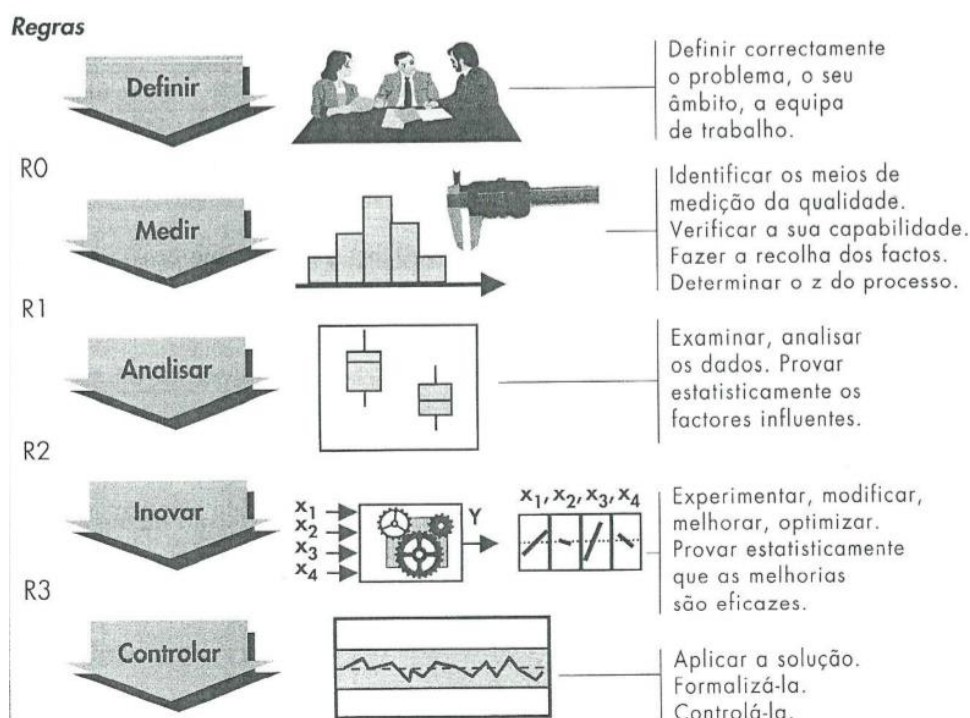


Figura 2.2. Os seis tipos de sigma [13].

Esta é uma metodologia que após ser empregue nas empresas, traz vantagens para as mesmas, tais como [2]:

- Redução do desperdício;
- Retenção dos clientes;
- Promoção da aprendizagem e oportunidade de praticar ferramentas conhecidas;
- Criar uma abordagem consistente, uma vez que todos se regem pelo mesmo modelo.

Os objetivos principais de cada etapa estão apresentados na tabela 2.2.

Tabela 2.2. Significado das 5 etapas da metodologia DMAIC [2].

Definir (<i>Define</i>)	Definir o objetivo do projeto; Definir as exigências e expectativas dos clientes; Definir limites do projeto, início e fim.
Medir (<i>Measure</i>)	Avaliar o desempenho do processo; Efetuar uma recolha de dados sobre o processo; Estudar o problema, percebendo as suas deficiências.
Analisar (<i>Analyze</i>)	Determinar as causas de cada problema; Identificar as falhas do desempenho atual; Priorizar oportunidades para melhorar.
Melhorar (<i>Improve</i>)	Propor e implementar soluções para cada problema; Desenvolver e implementar um plano de ação usando tecnologia e disciplina.
Controlar (<i>Control</i>)	Definir planos a longo prazo de maneira a os problemas não serem repetidos; Institucionalizar as melhorias através da modificação de sistemas e estruturas (pessoal, formações, incentivos).

Esta é uma metodologia que envolve apenas 5 etapas, contudo todas as fases têm um papel fundamental em toda a avaliação de um processo. Como o próprio nome de cada etapa indica é um processo que passa por:

1. Definir o que é necessário melhorar;
2. Medir o foco do problema;
3. Analisar o sistema de maneira a identificar falhas no seu desempenho;
4. Melhorar o processo, tornando-o mais económico, rápido e produtivo;
5. Controlar o novo método implementado, aperfeiçoando sempre, de maneira a garantir o sucesso das empresas.

2.3. Ferramentas da Qualidade

As ferramentas da qualidade são recursos importantes na solução de problemas e tomadas de decisão. Assim, com estes recursos é possível um controlo e melhoria contínua dos processos organizacionais.

Segundo Kaoru Ishikawa, 95% dos problemas de qualidade podem ser resolvidos com as “7 ferramentas básicas da qualidade” sendo, para isso, necessário conhecê-las e saber aplicá-las nas diversas situações. As ferramentas básicas são: Folhas de Registo, Diagrama de Causa e Efeito, Fluxograma, Carta de Controlo, Histograma, Diagrama de Pareto e Diagrama de Dispersão [15].

2.3.1. Folhas de Registo

As folhas de registo são usadas para facilitar o registo e a análise dos dados. O uso destas folhas poupa tempo, e os dados devem traduzir os factos para a discussão e melhoria de projetos [14].

Esta ferramenta pode ser utilizada para [16]:

- Registrar dados de amostras de uma produção;
- Verificar produtos defeituosos, a localização do defeito e as suas causas;
- Determinar o intervalo em que ocorre o problema (hora, dia, mês ou ano).

Na figura 2.3, encontra-se representada uma folha de registo.

Tipo de Circuito:X22C64.....		Data: ...12.01.1995.....	
Lote N°:22602.....		Unidade fabril:.....B12.....	
Dimensão da amostra: ...1025 cartas...		Controlador: ...J. Silva.....	
Tipo de defeitos	Quantidade de não conformidades		
Teste das pontas	HHH III		8
Teste funcional	HHH HHH HHH HHH II		22
Defeito de soldadura	HHH I		6
Outros	HHH		5
Total			41

Figura 2.3. Representação de uma folha de registo. [14]

2.3.2. Diagrama de Causa e Efeito

O diagrama de causa e efeito é uma ferramenta usada com a finalidade de expor todas as causas possíveis de um determinado problema. As causas são organizadas por categorias principais e subcategorias, sendo a sua estrutura semelhante a um diagrama de espinha de peixe. Outro nome dado a esta ferramenta é diagrama de *Ishikawa*, que tal

como o nome indica foi desenvolvido por Kaoru Ishikawa, da Universidade de Tóquio, onde foi utilizado para explicar para o grupo de engenheiros da *Kawasaki Steel Works* como vários fatores podem ser relacionados [15]. Este diagrama, por norma, aborda os 6Ms: Meio Ambiente, Método, Medida, Mão-de-obra, Máquina e Matéria-Prima.

Esta ferramenta é usada para [15]:

- Analisar relações de causa e efeito;
- Comunicar relações de causa e efeito;
- Facilitar a resolução de problemas do sintoma para a causa, até à solução.

Na figura 2.4, encontra-se a representação de um diagrama de causa e efeito.

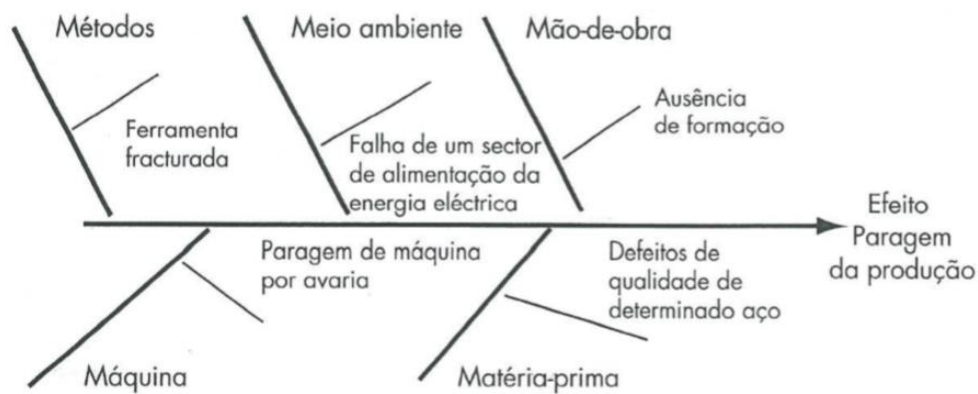


Figura 2.4. Esquema de um diagrama causa e efeito [14].

2.3.3. Fluxograma

Um fluxograma é outra ferramenta de qualidade que é utilizado para identificar o caminho ideal a ser seguido para um produto ou serviço, de maneira a identificar potenciais problemas. Pode ser usado para estabelecer um fluxo de vendas, de finanças, de marketing, etc. O fluxograma é elaborado com símbolos facilmente identificáveis, que se encontram representados na figura 2.5. [15]

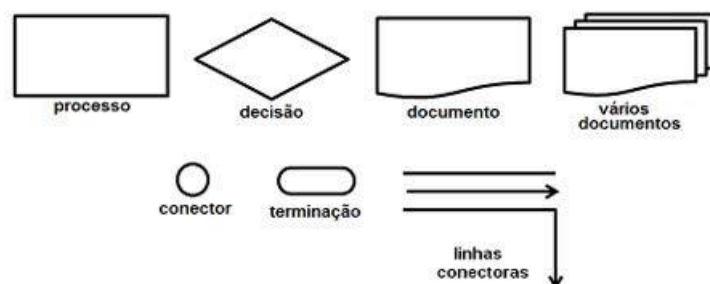


Figura 2.5. Símbolos usados na aplicação de um fluxograma [17].

Esta ferramenta é usada para [15]:

- Descrever um processo existente;
- Projetar um novo processo.

Na figura 2.6 encontra-se uma representação de um fluxograma.

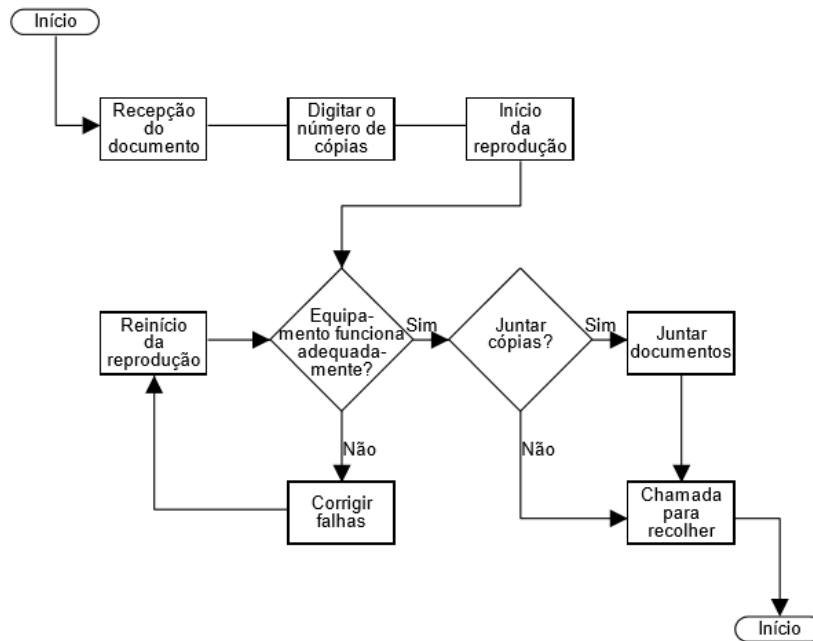


Figura 2.6. Representação de um fluxograma [14].

2.3.4. Histograma

Um histograma tem como objetivo mostrar a distribuição de dados característicos de um fenómeno ou processo através de gráficos de barras identificando o número de unidades para cada uma das categorias [16].

Este é aplicado para [15]:

- Apresentar o padrão de variação;
- Comunicar visualmente a informação sobre o comportamento do processo;
- Decidir onde devem ser concentrados os esforços para a melhoria.

Os dados recolhidos são representados como uma série de retângulos que têm a mesma largura e altura variável como se pode observar no exemplo de um histograma representado na figura 2.7.

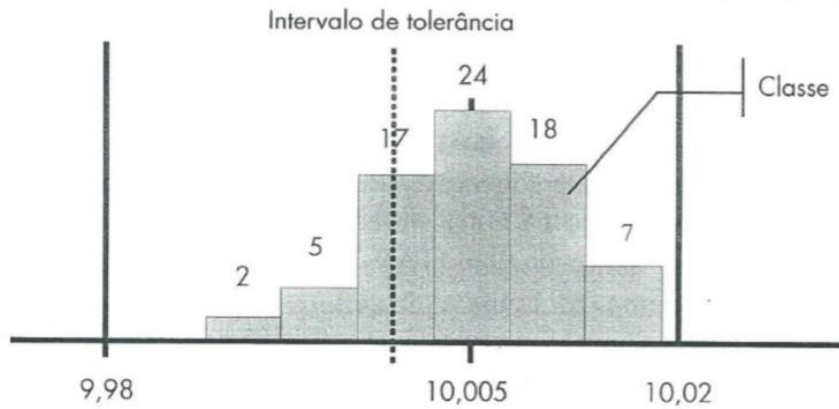


Figura 2.7. Representação de um histograma [14].

2.3.5. Diagrama de Pareto

Esta ferramenta é uma técnica gráfica simples utilizada para a classificação de itens desde o mais ao menos frequente e é baseado no princípio de Pareto. Este princípio declara que muitas vezes apenas alguns itens são responsáveis pela maior parte do efeito, estes itens são considerados elementos críticos e a eles deve-se prestar total atenção [15]. Com a distinção destes itens a melhoria será obtida com menor esforço.

Esta ferramenta tem como principal objetivo mostrar a importância de todas as condições, a fim de escolher o ponto de partida para a solução do problema, identificar a causa básica do problema e monitorizar o sucesso.

Este é aplicado para [15]:

- Mostrar, por ordem de importância, a contribuição de cada item para o efeito total;
- Classificar oportunidades para a melhoria.

O Diagrama de Pareto mostra, em ordem decrescente, a contribuição relativa de cada item sobre o efeito total. Esta contribuição pode ser baseada no número de ocorrências, no custo associado a cada item, ou em outras medidas de impacto sobre o efeito total. São utilizados blocos para mostrar a contribuição de cada item e uma linha de frequência cumulativa para mostrar a frequência cumulativa dos itens, como se pode verificar no exemplo do diagrama de Pareto representado na figura 2.8.

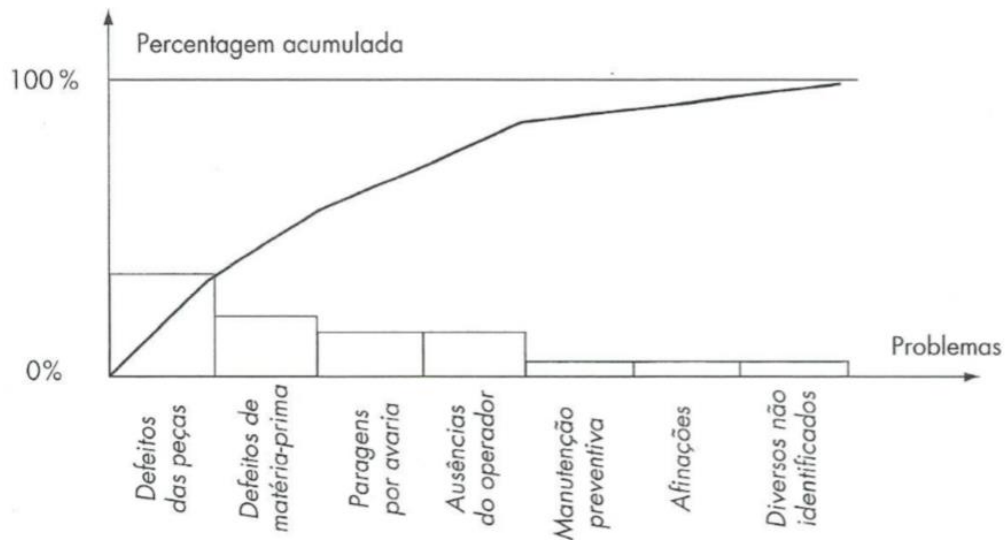


Figura 2.8. Representação de um Diagrama de Pareto [14].

2.3.6. Diagrama de Dispersão

O diagrama de dispersão é uma técnica gráfica destinada a mostrar o que acontece com uma variável (variável dependente) quando outra muda (variável independente), para testar possíveis relações de causa efeito [16]. Esta ferramenta tem como principal objetivo avaliar a relação existente entre duas variáveis, parâmetros ou características de interesse.

Este é aplicado para [15]:

- Descobrir e mostrar relações entre dois conjuntos de dados associados;
- Confirmar relações antecipadas entre dois conjuntos de dados associados.

O diagrama mostra os dados como nuvens como se pode verificar na figura 2.9. À medida que os dados apresentam uma tendência, ou comportamento razoável previsível, pode-se dizer que as variáveis apresentam correlação. A tendência mais comum é o comportamento linear, ou seja, os pontos tendem a alinhar-se e com isso, é possível imaginar uma reta que representa a correlação entre essas variáveis [15].

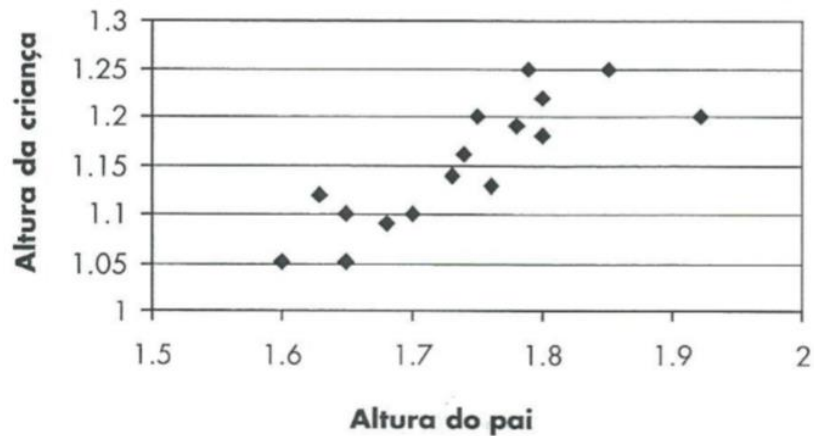


Figura 2.9. Representação de um diagrama de dispersão. [14]

Estas são ferramentas que podem e devem ser consideradas quando pretendemos melhorar e controlar o processo produtivo obtendo, assim, melhores resultados.

2.3.7. Diagrama de Caixa (Boxplot)

Esta é uma ferramenta usada para avaliar a distribuição dos dados de uma variável numérica. Este é formado pelo primeiro e terceiro quartil e pela mediana que corresponde ao segundo quartil. Para além disso possui umas hastes superiores e inferiores que se estendem até aos respetivos limites [18]. Na figura 2.10 encontra-se uma representação deste diagrama.

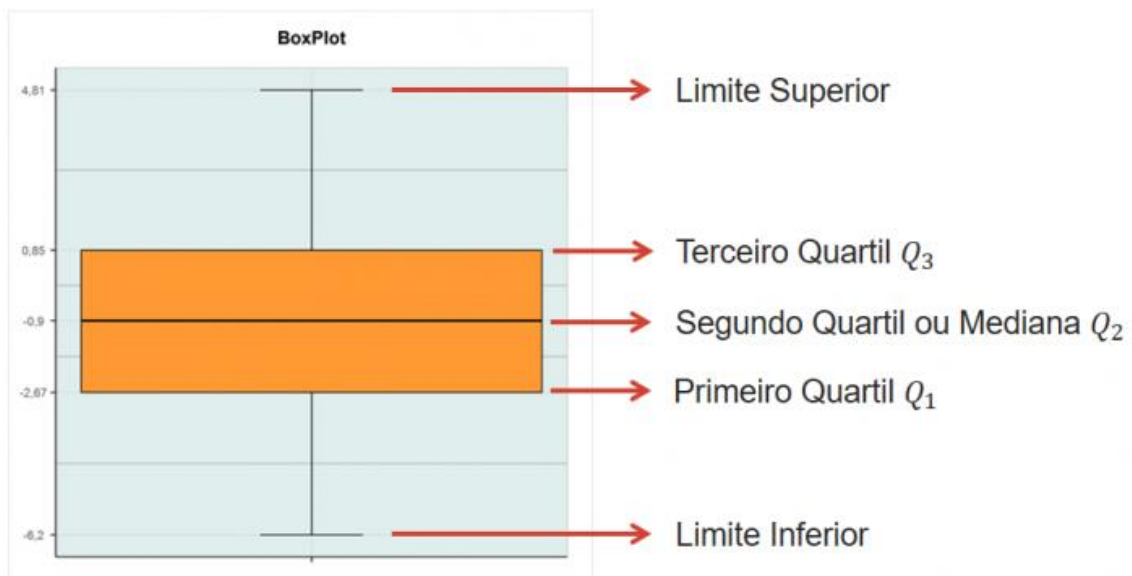


Figura 2.10. Representação de um diagrama de caixa ou boxplot [18].

O limite inferior e superior, tal como o próprio nome indica, representam o valor mais baixo e o valor mais alto medido, respetivamente. O primeiro quartil (Q_1) significa que 25% dos valores medidos são menores ou iguais a esse mesmo valor. O segundo

quartil (Q_2) ou mediana, representa o valor intermédio do conjunto de dados medidos e, por fim, o terceiro quartil (Q_3) significa que 75% dos valores medidos são menores ou iguais a esse mesmo valor.

2.3.8. Cartas de Controlo

As cartas de controlo são gráficos que têm como objetivo identificar, investigar e colocar sob controlo alguns fatores que afetam um processo. A elaboração destes gráficos é feita com base em cálculos estatísticos e usam dados operacionais para estabelecer limites dentro dos quais futuras observações são esperadas. Nas cartas de controlo podem ser usados dados por variável (mensuráveis) ou dados por atributo (discretos) [15].

Esta ferramenta é usada para [15]:

- avaliar a estabilidade do processo;
- determinar quando um processo necessita ser ajustado;
- confirmar uma melhoria de um processo.

Na figura 2.11 encontra-se uma representação de uma carta de controlo.

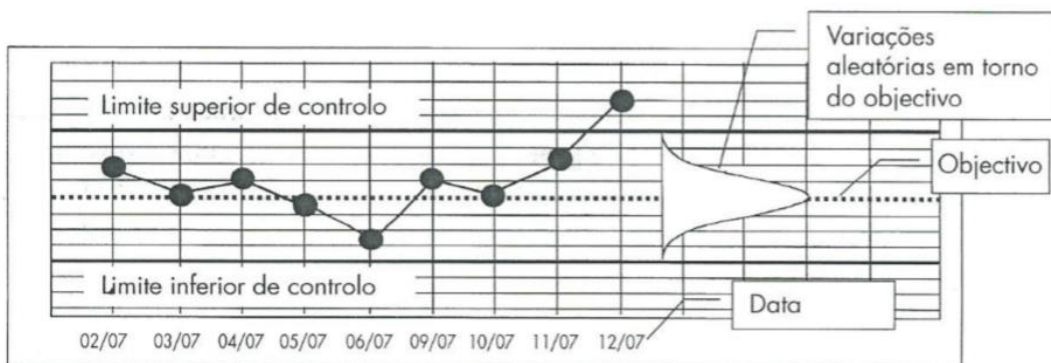


Figura 2.11. Representação de uma carta de controlo [14].

2.3.8.1. Tipos de Cartas de Controlo

Existem vários tipos de cartas de controlo que devem ser adequadas ao critério que pretendemos estudar. Dentro das cartas de controlo mais usadas temos as cartas de controlo por variáveis e as cartas de controlo por atributos. [19]

As cartas de controlo por variáveis estudam aquilo que se considera que é quantitativo e que, portanto, pode ser expresso por um valor tal como o peso, diâmetro, volume, etc. [19]

Assim, são construídos gráficos que permitem o controlo da localização e dispersão da população a ser estudada. Dentro destas cartas temos as [19]:

- Cartas para média e amplitude;
- Cartas para média e desvio padrão;
- Cartas de mediana e amplitude;
- Cartas de valores individuais e amplitudes móveis.

Por outro lado, as cartas de controlo de atributos são recorrentes quando não é possível exprimir as características de uma população de uma forma quantitativa. Neste caso é usual classificar a população como conforme ou não conforme ou defeituoso ou não defeituoso, ou ainda contabilizar os defeitos existentes. O não conforme é definido como uma peça ou unidade cuja sua funcionalidade está comprometida, enquanto que o defeituoso é algo que pode existir, mas que pode não prejudicar a funcionalidade [19].

Assim dentro das cartas de controlo de atributos temos as [19]:

Cartas para defeituosos que se dividem em:

- Cartas para números de não conforme (tipo np);
- Cartas para proporção de não conforme (cartas tipo p).

Cartas para defeitos que por sua vez se dividem em:

- Cartas para números de não conforme (tipo c);
- Cartas para não conforme por unidade (tipo u).

Na figura 2.12 encontra-se representado o resumo das cartas de controlo apresentadas anteriormente.

Cartas de Controlo de Variáveis	Média e Amplitude Carta \bar{X} e Carta R
	Média e Desvio Padrão Carta \bar{X} e Carta S
	Média e Variância Carta \bar{X} e Carta S^2
	Mediana e Amplitude Carta \tilde{X} e Carta R
	Observações Individuais e Amplitudes Móveis Carta X e Carta MR
Cartas de Controlo de Atributos	Proporção de unidades não conformes Carta p
	Número de unidades não conformes Carta np
	Número de defeitos Carta c
	Número de defeitos por unidade Carta u

Figura 2.12. Resumo dos tipos de cartas de controlo existentes [20].

As cartas de controlo possuem algumas regras de deteção de causas especiais de variação. Para a verificação da existência de uma causa especial, é necessário verificar se existe um ponto fora dos limites de controlo ou se os pontos da carta formam algum tipo de padrão, que não seja aleatório. Na figura 2.13 estão representadas as 8 regras de deteção e na figura 2.14 encontra-se um exemplo de uma carta de controlo a representar todas estas regras mencionadas [20].

Regra	Descrição
1	Um ponto fora dos limites de controlo
2	Nove pontos consecutivos no mesmo lado da linha central
3	Seis pontos consecutivos no sentido ascendente ou descendente
4	Catorze pontos consecutivos crescendo e decrescendo alternadamente
5	Dois de três pontos consecutivos na zona A, do mesmo lado da linha central
6	Quatro de cinco pontos consecutivos na zona B ou A do mesmo lado da linha central
7	Quinze pontos consecutivos na zona C acima e abaixo da linha central
8	Oito pontos consecutivos de ambos os lados da linha central, sem nenhum na zona C

Figura 2.13. Descrição das regras para deteção de causas especiais [20].

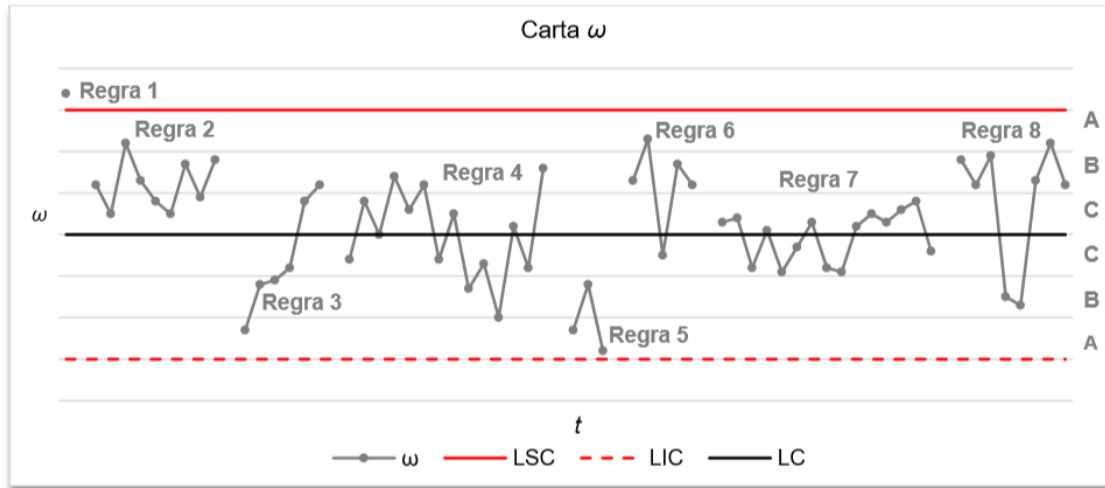


Figura 2.14. Representação gráfica das regras para deteção de causas especiais [20].

As cartas de controlo de variáveis de observações individuais são utilizadas quando só é possível obter um valor por amostra ou lote ou quando se trata de testes ou ensaios destrutivos [20].

No caso do estudo feito aos pneus foi essencial recorrer a este tipo de cartas, uma vez que os resultados avaliados são aleatórios, no sentido de não existirem diversas amostras representativas de um lote ou correspondentes a uma máquina específica e por se tratar de ensaios destrutivos.

De maneira a construir as cartas de controlo é necessário perceber como são calculados os limites de controlo tanto no gráfico de observações individuais como no gráfico de amplitudes móveis.

Para as observações individuais [21]:

- $LIC = \bar{X} - \frac{3 * \overline{MR}}{d_2}$
- $LC = \bar{X}$
- $LSC = \bar{X} + \frac{3 * \overline{MR}}{d_2}$

Para as amplitudes móveis [21]:

- $LIC = D_3 * \overline{MR}$
- $LC = \overline{MR}$
- $LSC = D_4 * \overline{MR}$

Os valores de d_2 , D_3 e D_4 são constantes usadas nas cartas de controlo, cujos valores se encontram no Anexo A. Neste caso são usados os valores para $n=2$, pois quando se trata de cartas de controlo de valores individuais o n usado é sempre o mais pequeno. Posto isto, para além de avaliar a estabilidade do processo pela carta de controlo é, também, imprescindível avaliar a capacidade do processo.

2.4. Capacidade de um processo

A capacidade de um processo avalia se o processo tem capacidade de produzir de acordo com as especificações estabelecidas para o produto [19].

A análise da capacidade do processo consiste em comparar a distribuição de um processo com as especificações previamente estabelecidas, tendo como objetivos avaliar novos equipamentos, comparar equipamentos antes e depois de reparações e comparar técnicas de inspeção entre fornecedores e entre fornecedores e clientes [19].

Existem quatro indicadores fundamentais que permitem avaliar a capacidade de um processo: C_p , C_{pk} , P_p e P_{pk} .

O C_p avalia a capacidade do processo com base na variação do processo, mas não com base na sua localização relativamente aos limites, através do desvio padrão de curto prazo enquanto que o C_{pk} avalia a capacidade global do processo com base na sua variação e localização relativamente aos limites [19]. As equações 2.1 e 2.2 representam o cálculo destes indicadores.

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6 * \sigma} \quad \text{equação 2.1}$$

$$C_{pk} = \min \left(\frac{\bar{X} - LIE}{3 * \sigma}; \frac{LSE + \bar{X}}{3 * \sigma} \right) \quad \text{equação 2.2}$$

O P_p avalia a performance do processo com base na variação do processo, mas não com base na sua localização relativamente aos limites, através do desvio padrão de longo prazo, enquanto que o P_{pk} avalia a performance global do processo com base na sua variação e localização relativamente aos limites [19]. As equações 2.3 e 2.4 representam o cálculo destes indicadores.

$$P_p = \frac{LSE - LIE}{6 * \sigma} \quad \text{equação 2.3}$$

$$P_{pk} = \min \left(\frac{\bar{X} - LIE}{3 * \sigma}; \frac{LSE + \bar{X}}{3 * \sigma} \right) \quad \text{equação 2.4}$$

Existe, ainda, outro indicador que compara a dispersão da especificação com a dispersão dos dados do seu processo, tendo em conta o quanto os dados se desviam do valor-alvo [19]. Esse indicador é denominado de Cpm e é calculado pela equação 2.5.

$$C_{pm} = \frac{Pp}{1+9*(Pp-Ppk)^2} \quad \text{equação 2.5}$$

Os índices de capacidade estão dependentes do valor de sigma adotado no processo. Neste caso o valor adotado é de três sigma, ou seja, é aquele que admite uma variação até 3 desvios padrão, em relação à média, antes de alcançar os limites de especificação definidos. Para além disso esse é o valor usado pela grande maioria das indústrias, inclusive as do setor automotivo [22].

Na tabela 2.3 encontra-se a interpretação dos valores de Cp, Cpk, Pp e Ppk.

Tabela 2.3. Interpretação dos valores de Cp, Pp, Cpk e Ppk [23].

Valores	Cp ou Pp	Cpk ou Ppk
< 1	Processo não é capaz	Processo não é capaz
Entre 1 e 1,33	Processo é aceitável	Processo é aceitável
> 1,33	Processo é capaz	Processo é capaz

2.5. Metodologia SMART

Uma outra ferramenta que é útil recorrer, para definir os objetivos de um estudo, é a metodologia SMART. Esta é formada por um acrónimo, ou seja, formada a partir da letra inicial de cada um dos seus atributos na língua inglesa: *Specific* (específico), *Measurable* (mensurável), *Achievable* (atingível), *Realistic* (realista) e *Timely* (temporal) (Figura 2.15).

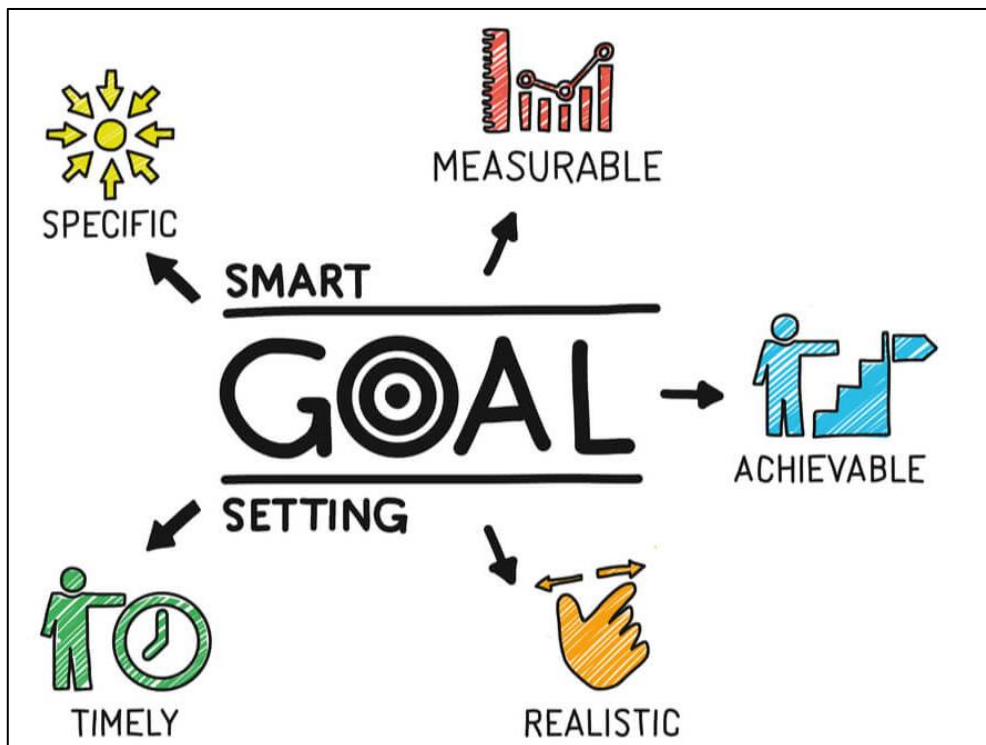


Figura 2.15. Metodologia SMART [24].

A função desta metodologia é tornar mais simples a definição do objetivo, ajudando as empresas e pessoas a alcançar os resultados pretendidos. Cada uma das etapas tem um significado [24]:

- Específico, ou seja, é importante que seja o menos generalista, tornando o objetivo claro de maneira a ser possível a sua realização;
- Mensurável, para saber se no fim as ações planeadas atingem ou não o objetivo final;
- Alcançável, para conseguirmos atingir aquilo que se espera sem desmotivação das pessoas ao longo do processo;
- Realista, no sentido de ser ambicioso durante o processo, mas traçar metas de acordo com a realidade;
- Temporal, para que possa ser programado com tempo, rumo ao sucesso do processo.

Esta ferramenta foi importante para a metodologia DMAIC, essencialmente na fase de definição do problema. Foi nesta fase que foi definida de forma clara e concisa o objetivo deste estudo e, portanto, recorreu-se ao objetivo SMART.

3. Implementação da Metodologia DMAIC

3.1. Primeira Etapa – Definir

Neste subcapítulo é definido o problema a ser estudado, sendo importante a sua definição com base num objetivo SMART. Esta metodologia passa por 5 pontos, sendo definido um objetivo para cada uma delas:

- *Specific*: Aumentar a conformidade do produto de 90% para 95%;
- *Measurable*: É possível ser medido e avaliado ao longo do tempo;
- *Achievable*: Recorrer a todos os recursos possíveis, como acompanhamentos dos pneus, testes, análises quantitativas e qualitativas, brainstormings entre equipas;
- *Realistic*: É um estudo feito no momento ideal, na medida que o aumento da conformidade do produto, traz melhoria na empresa e, conseqüentemente, satisfação do cliente;
- *Temporal*: É necessário realizar um planeamento e estabelecer prioridades ao longo do tempo do estudo.

Para isso foi necessário conhecer alguns conceitos, e entender como é feita a avaliação do produto de maneira a estudar a conformidade do mesmo.

3.1.1. CTD (*Cured Tire Dimension*)

Após a produção dos pneus, existem amostras selecionadas pela empresa que são usadas para a avaliação da conformidade do mesmo. Após essa seleção são cortadas duas secções de pneus (A e B) para cada artigo sendo, depois, analisadas no programa CTD pelos analistas especializados para tal. Na figura 3.1 encontra-se representada uma secção transversal de um pneu.

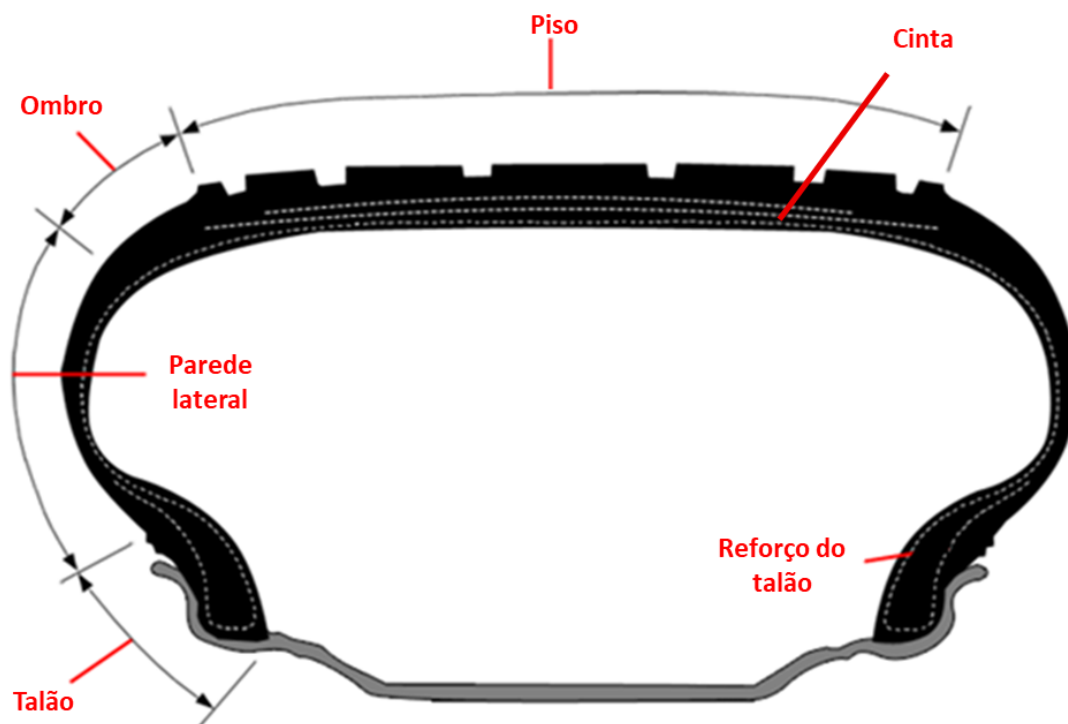


Figura 3.1. Representação de uma secção transversal de um pneu.

O *Software CTD Tool*, isto é, “Cured Tire Dimension” ou “Análise Dimensional de Pneus Vulcanizados”, permite aos analistas medir diversos parâmetros no pneu, relacionados com a cinta, o piso, o talão e a parede lateral. Cada um dos parâmetros possui um *target*, isto é, um valor objetivo, definido pela empresa central na Alemanha, com as respetivas tolerâncias, mínima e máxima, e que devem ser cumpridas.

Após as medições das secções transversais, as informações de cada artigo são introduzidas num ficheiro de maneira a compilar tudo que é necessário para estudar esse artigo e definir se este é conforme ou não.

3.1.2. Parâmetros *Blue Items*

Como já foi referido anteriormente, existem vários parâmetros que são medidos ao longo de uma secção. Contudo, existem parâmetros que são considerados *blue items* e outros que são considerados não *blue items*. Os *blue items* são, na prática, os parâmetros cruciais do pneu, isto porque têm um impacto na performance do pneu.

Assim, quando os parâmetros são medidos em CTD, inicialmente o KPI é de 5,0. O KPI, isto é, *Key Performance Indicator* ou Indicador-Chave de Desempenho está relacionado com o facto de ser possível avaliar um conjunto de medidas adotadas e

verificar se estão de acordo com o objetivo da empresa. Resumidamente, o valor do KPI define a conformidade do pneu. Se o KPI for igual ou superior a 4,7 o pneu está conforme, se o KPI for inferior a 4,7 então o pneu é considerado não conforme. O valor de 4,7 é definido pela empresa com base nos resultados obtidos ao longo dos anos.



Quando um parâmetro não *blue item* está fora do especificado é descontado 0,1 ao valor do KPI inicial (5,0). Quando um parâmetro *blue item* está fora da especificação é descontado 1,5 ao valor do KPI inicial. Isto mostra que quando um parâmetro *blue item* está fora do estipulado, automaticamente o pneu é considerado não conforme.

Pela figura 3.2 pode-se verificar quais os 6 *blue items* mais analisados na empresa, e as suas respetivas percentagens de não conformidade no ano de 2019.

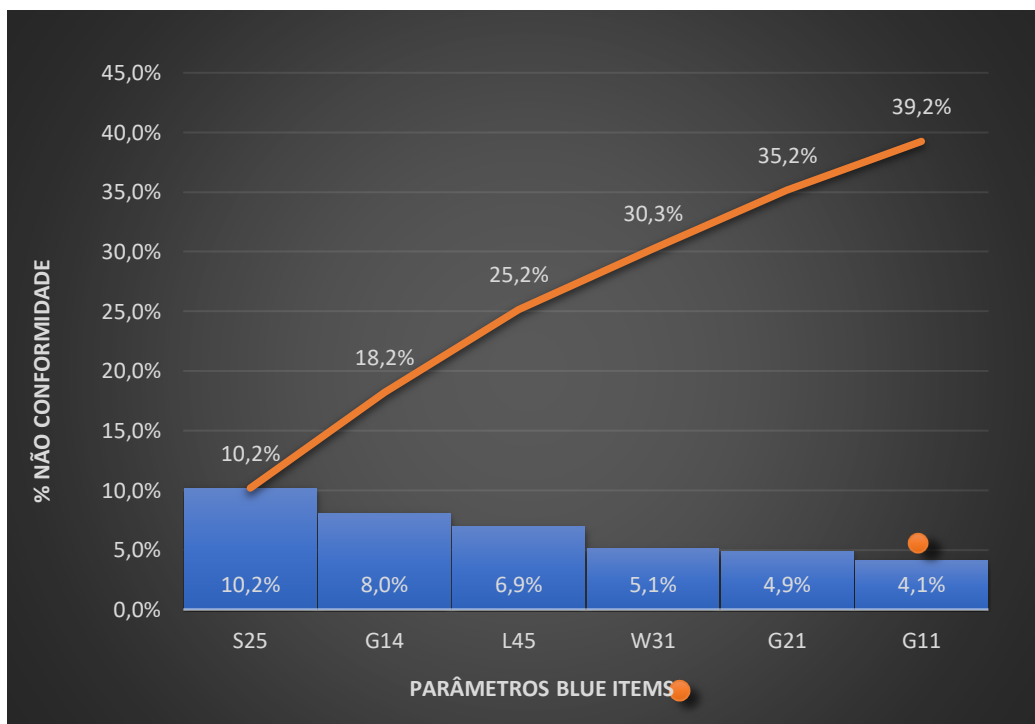


Figura 3.2. Não conformidade dos 6 blue items mais analisados no ano de 2019.

Pela análise da figura 3.2 é perceptível que o parâmetro com maior percentagem de não conformidade é o S25. Este tem sido um caso de especial atenção, uma vez que tem

vido recorrentemente identificado como fora do especificado, prejudicando assim a conformidade dos pneus.

Analisando a figura 3.3 pode-se verificar que o pneu possui diversos componentes, nos quais são avaliados alguns parâmetros.

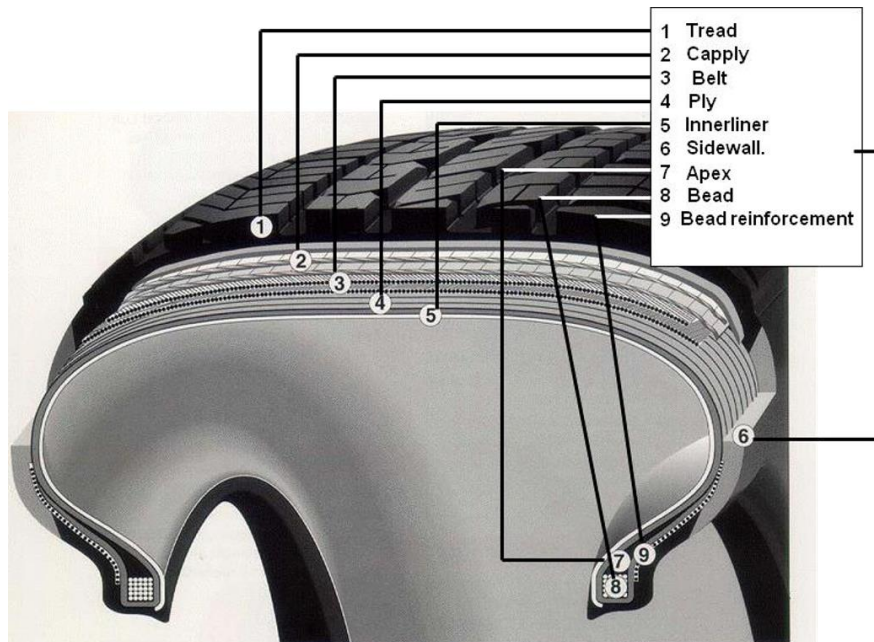


Figura 3.3. Constituintes que fazem parte de um pneu.

Um desses parâmetros é o S25, que é medido na parede lateral, e que avalia a espessura da parede lateral. Primeiro é medido o S25M a partir de um ponto de referência (TS) que representa a linha de separação do molde. O S25M é definido com base em cálculos para cada pneu e, após ser medido, é possível medir o S25. A figura 3.4 exemplifica como é feita essa medição.

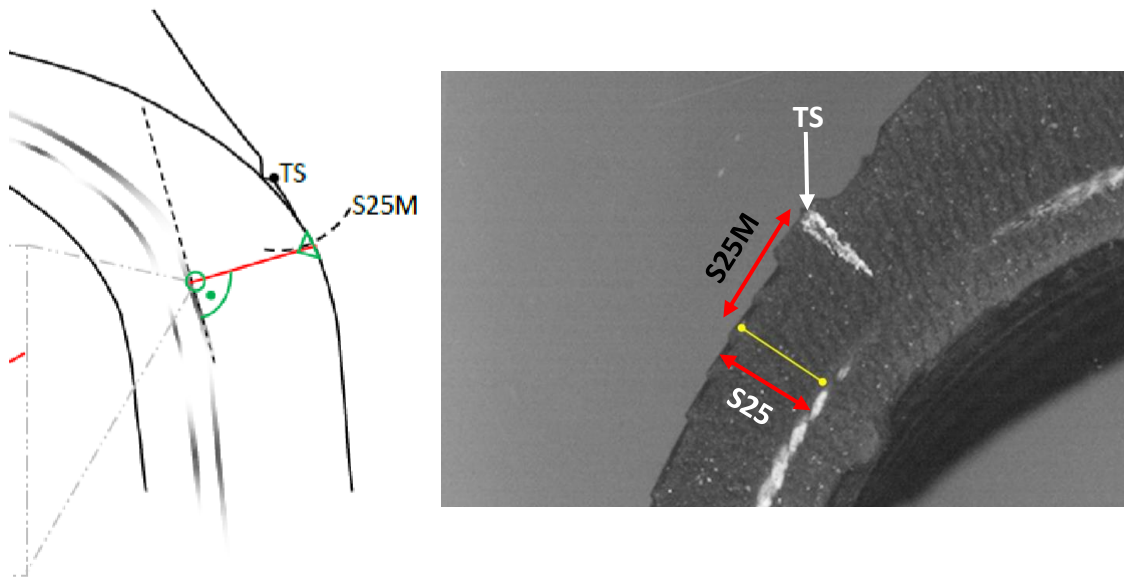


Figura 3.4. Medição do parâmetro S25.

Este parâmetro tem sido adicionado em todas as análises que são realizadas ao longo do tempo, uma vez que é um parâmetro novo que ainda está a ser implementado. Assim, sempre que existir uma revisão da especificação, caso não exista o parâmetro S25, este é adicionado à especificação para permitir a sua avaliação ao longo do tempo de vida do artigo.

Desta forma, é muito importante encontrar a causa ou as causas da não conformidade deste parâmetro, pois só assim será possível tomar medidas preventivas para evitar que o problema ocorra, e assim aumentar a conformidade do produto.

3.2. Segunda Etapa – Medir

Neste subcapítulo é apresentado o estudo das causas da não conformidade do parâmetro, S25, relativas ao ano de 2019. Para isso, nesta etapa, realizou-se uma análise quantitativa e uma análise qualitativa.

3.2.1. Análise Quantitativa

Uma análise quantitativa, tal como o nome indica, serve para estudarmos o comportamento de um determinado indicador ao longo do tempo, usando ferramentas que facilitem a análise do mesmo.

Assim, compilando quais os artigos cujo parâmetro, S25, deu não conforme no ano de 2019, foi possível representar de modo gráfico o valor percentual da não conformidade deste parâmetro mensalmente. Na tabela 3.1 encontra-se o número de artigos medidos em cada mês, bem como os artigos cujo S25 deu não conforme, com a respectiva % de não conformidade calculada pela equação 3.1:

$$\% \text{ Não conformidade S25} = \frac{N^{\circ} \text{ artigos com S25 não conforme}}{N^{\circ} \text{ artigos que mediram o S25}} \quad \text{Equação 3.1}$$

Tabela 3.1. Número de artigos medidos em cada mês, bem como os artigos cujo S25 deu não conforme, com a respectiva % de não conformidade.

Resultados de 2019			
Meses	Medições totais	Medições S25	%
Janeiro	82	6	7,3
Fevereiro	117	12	10,3
Março	79	6	7,6
Abril	123	19	15,4
Maiο	117	6	5,1
Junho	78	9	11,5
Julho	202	22	10,9
Agosto	61	10	16,4
Setembro	129	20	15,5
Outubro	96	9	9,4
Novembro	151	9	6,0
Dezembro	61	2	3,3
SOMA	1296	130	
% Não Conformidade			10,0
% Conformidade			90,0

Na figura 3.5 estão representados os resultados retirados da tabela 3.1 para o ano de 2019.

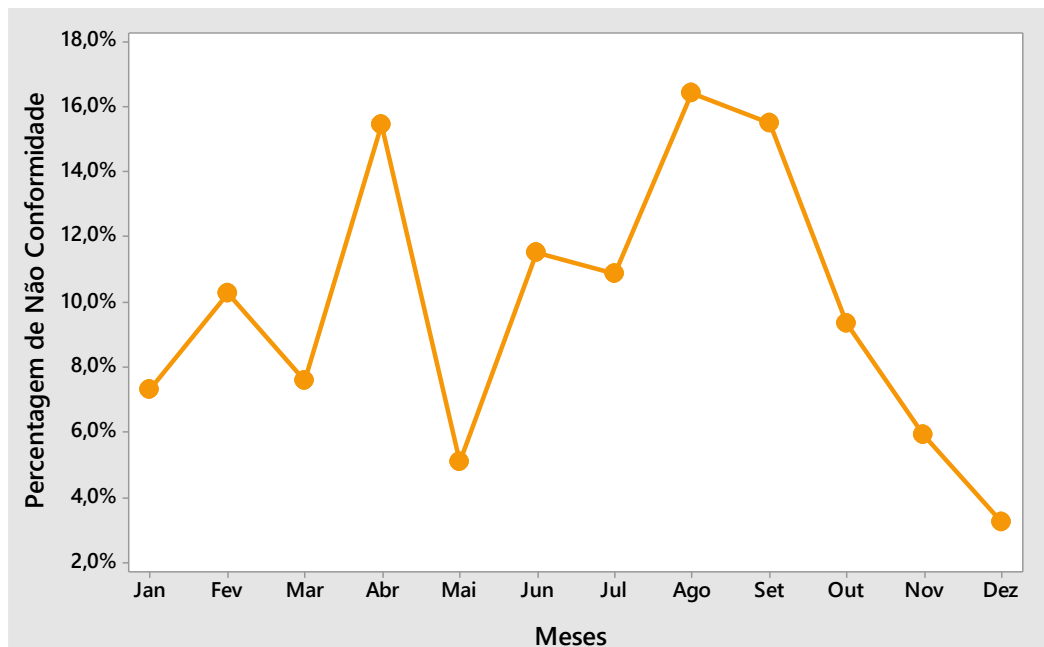


Figura 3.5. Percentagem de Não Conformidade do S25 no ano de 2019.

Pela análise da figura 3.5, pode-se verificar que os meses com maior percentagem de não conformidade do S25 foram agosto com 16,4 % e abril com 15,4 %. Não existe nenhuma justificação para estes picos, uma vez que a medição dos pneus e a escolha dos mesmos seguem um critério de aleatoriedade.

Sendo assim, através destes dados recolhidos, é necessário estudar quais as razões que levam à ocorrência deste problema no produto final. Para isso foi realizada uma análise qualitativa ao longo de todo o processo produtivo.

3.2.2. Análise Qualitativa

No sentido de avaliar a origem da não conformidade do parâmetro S25, foi feito um estudo mais aprofundado do processo de fabrico do pneu.

Deste modo, uma equipa multidisciplinar da empresa, constituída por cinco elementos, reuniu várias causas de maneira a construir um diagrama espinha de peixe. Com base no impacto da não conformidade do S25 foi feita uma votação no sentido de avaliar as principais causas. Na figura 3.6 encontra-se representado o diagrama.

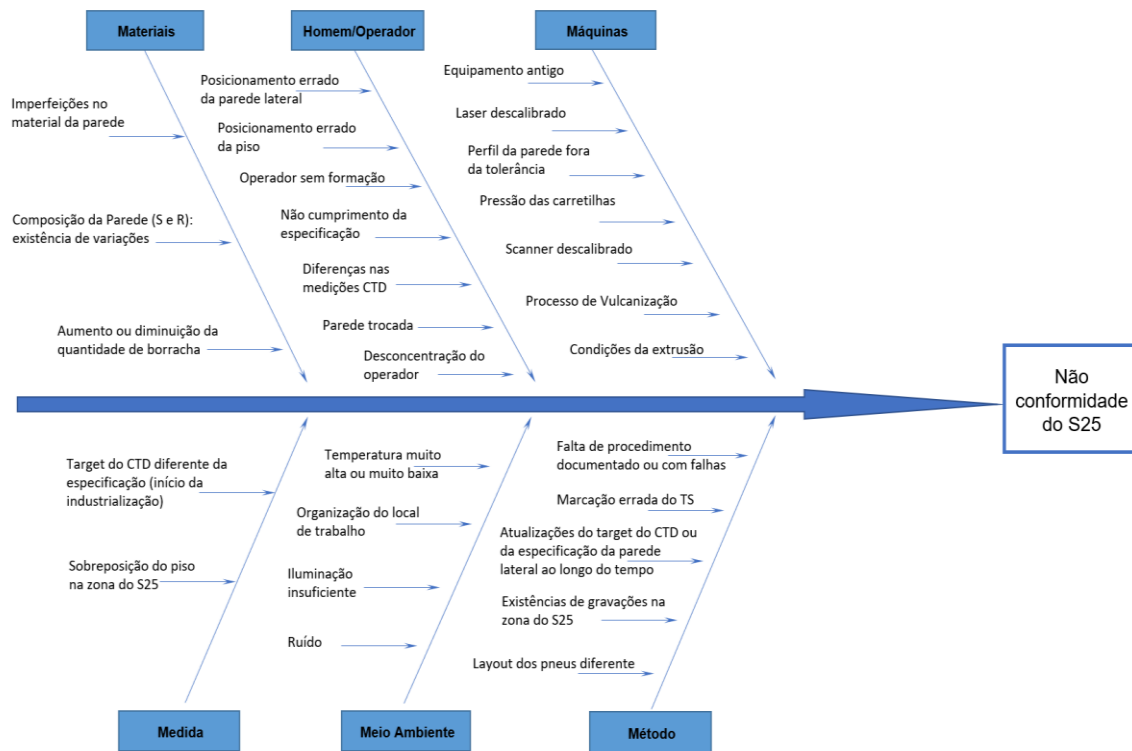


Figura 3.6. Diagrama espinha de peixe com as potenciais causas para a não conformidade do S25.

De maneira a compreender onde todas estas causas se enquadram no processo produtivo, foi montado um esquema de maneira a explicar em que fase é que cada problema pode ocorrer. Na figura 3.7 encontra-se o esquema com as respetivas causas.

Receção de Matérias Primas	Preparação	Construção	Vulcanização
<ul style="list-style-type: none"> - Imperfeições no material da parede; - Composição da parede (S e R): existência de variações. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento ou diminuição da quantidade de borracha; - Perfil da parede fora da tolerância; - Condições de extrusão. 	<ul style="list-style-type: none"> - Posicionamento errado da parede lateral e/ou do piso; - Não cumprimento da especificação; - Parede trocada; - Laser descalibrado; - Pressão das carretilhas; - Sobreposição do piso na zona do S25. 	<ul style="list-style-type: none"> - O próprio processo em si.
Departamento de Industrialização do Produto (DIP)	Análise em CTD	Geral	
<ul style="list-style-type: none"> - Target do CTD diferente da especificação (início da industrialização); - Atualizações do target do CTD ou da especificação da parede lateral ao longo do tempo. - Layout dos pneus diferente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Diferenças na medições CTD; - Scanner descalibrado; - Marcação errada do TS; - Existências de gravações na zona do S25. 	<ul style="list-style-type: none"> - Operador sem formação; - Desconcentração do operador; - Equipamento antigo; - Temperatura muito alta ou baixa; - Organização do local de trabalho; - Iluminação insuficiente; - Ruído; - Falta de procedimento documentado ou com falhas. 	

Figura 3.7. Esquema com as respetivas causas de não conformidade do S25, inseridas no processo produtivo.

Na fase de Receção de Matérias Primas duas das causas estão relacionadas com os materiais, nomeadamente:

- o material da parede lateral conter imperfeições;
- a própria composição da parede lateral poder conter variações.

Isto porque na parede lateral normalmente são usados dois tipos de materiais (S e R) e os próprios materiais podem não ter adquirido as propriedades físicas ideais para serem processados.

Na fase da Preparação poderão existir três causas.

- a quantidade de borracha, isto é, a espessura existente na zona do S25 pode ser maior ou menor dependendo de como a parede lateral foi extrudida na extrusora;
- a configuração da fieira pode estar errada, ou seja, a configuração da parede lateral (espessura e largura) pode estar incorreta uma vez que as fieiras possam estar com imperfeições;
- as próprias extrusoras podem não estar a trabalhar nas condições ideais, não produzindo as paredes laterais de forma adequada.

Na fase da Construção podem existir seis causas distintas:

- a posição das paredes laterais e do piso, quando estes são aplicados no pneu, pode estar a ser feita incorretamente;
- a especificação relativamente à centragem e posicionamento dos constituintes do pneu no tambor estar a ser efetuada incorretamente;
- existem sempre duas paredes laterais no tambor e estas podem estar a ser colocadas incorretamente, ou seja, a direita do lado esquerdo e a esquerda do lado direito;
- quando são aplicados os constituintes do pneu, nesta fase, existem uns lasers apontados para o tambor que ajudam na colocação dos mesmos, contudo se estiverem desajustados vai influenciar no posicionamento dos componentes;
- existem umas carretilhas, cuja função é envolver os componentes no tambor de maneira a dar uma forma homogénea ao pneu, contudo se a pressão das mesmas for incorreta, esta envolvência não será eficaz;
- por fim podemos, também, ter situações em que o piso ao ser colocado possa sobrepor a zona de medição do S25, sendo medida uma espessura maior que a real (medição da parede lateral + piso).

Na fase da vulcanização não é fácil a identificação das causas, uma vez que nesta etapa ocorrem várias reações químicas e transformações de grande complexidade.

No Departamento de Industrialização do Produto são realizadas as receitas dos compostos do pneu e onde os compostos são aprovados para seguir para produção. Para além disso, são definidos *targets* dos parâmetros a ser medidos nos pneus, sendo

realizados vários testes até obterem o *target* ideal. Sendo assim existem três causas que são inerentes a este departamento:

- *Target* do CTD diferente da especificação (início da industrialização), ou seja, antes da industrialização é definido um *target* para um determinado artigo e quando medido em CTD o valor não se enquadra no especificado;
- Atualizações do *target* do CTD ou da especificação da parede lateral ao longo do tempo, isto é, após várias medições o *target* não está bem definido consoante as medições feitas e este é alterado, mas as medições continuam a dar fora do especificado.
- Layout dos pneus diferente, isto é, a própria forma e os desenhos dos pneus são diferentes entre eles, dependendo das receitas que são seguidas para construir cada um dos pneus na fábrica.

Na fase de análises em CTD podem existir quatro causas:

- se as secções forem medidas por dois ou três analistas, estas vão sempre apresentar diferenças, uma vez que aqui temos presente o erro humano;
- o scanner onde são digitalizadas as imagens das secções, para posterior medição, pode estar a funcionar incorretamente não fornecendo uma imagem com qualidade e clareza;
- antes de realizar a digitalização das secções são marcados alguns pontos de referência nas mesmas de forma a auxiliar as medições dos outros parâmetros. Um desses pontos de referência é o TS, que é definido como a linha de separação do molde e é a partir desse ponto que é definida a medição do S25. Caso o TS seja marcado de forma incorreta, irá influenciar a medição do S25.
- Por fim, outra causa pode estar relacionada com a existência de gravações na zona do S25. Caso isto aconteça, a espessura que será medida será superior, uma vez que é possível acrescentar a espessura de gravações no pneu, como o caso de letras ou desenhos.

Por fim foi definida uma etapa como “Geral”, pois envolve causas que possam estar diretamente ligadas com todas as fases mencionadas anteriormente:

- Operador sem formação;
- Desconcentração do operador;

- Equipamento antigo;
- Temperatura muito alta ou muito baixa;
- Organização do local de trabalho;
- Iluminação insuficiente;
- Ruído;
- Falta de procedimento documentado ou com falhas.

Na figura 3.8 estão representadas as votações realizadas pelos cinco elementos da equipa e na tabela 3.2 a compilação de todos os votos.

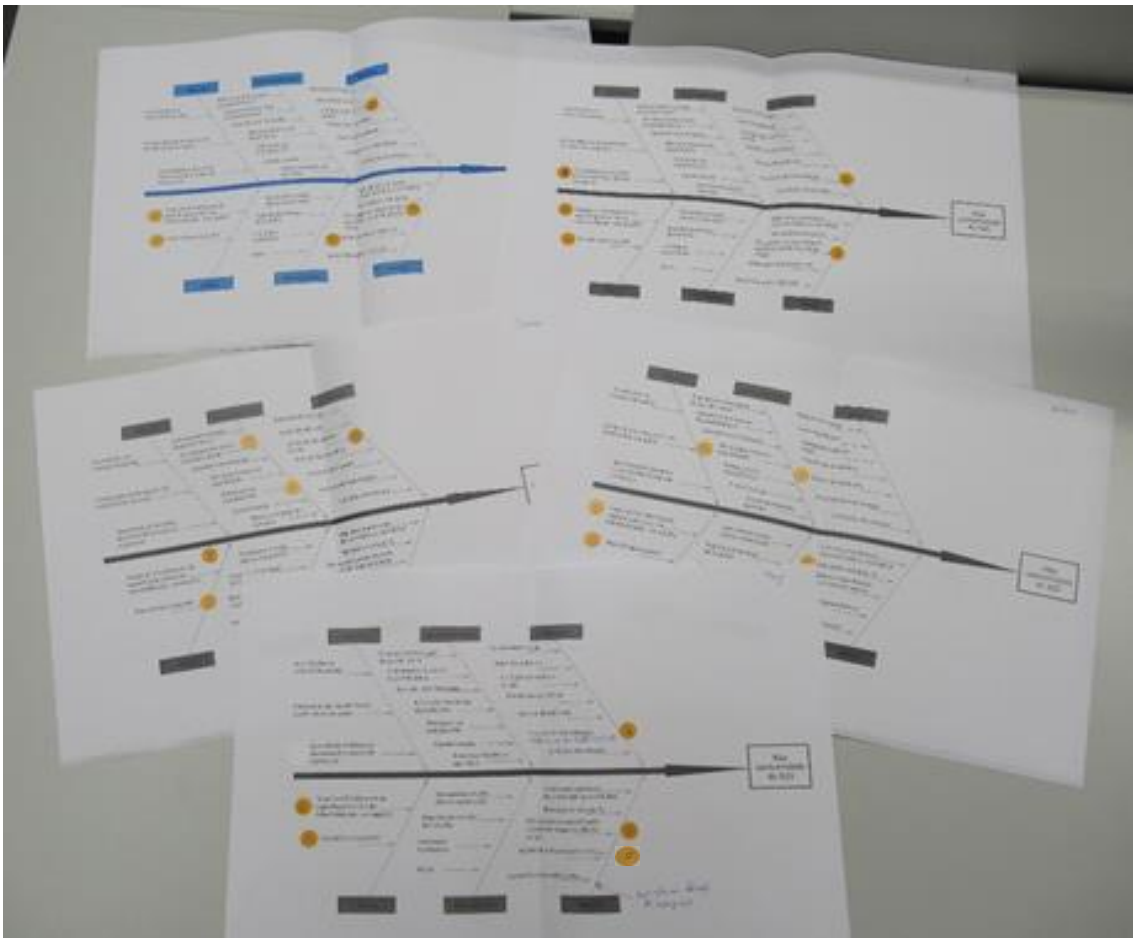


Figura 3.8. Compilação de todos os votos da equipa multidisciplinar.

Tabela 3.2. Tabela com resumo dos votos das causas com mais impacto na não conformidade do S25.

Causas	Votos
Target do CTD diferente da especificação (início da industrialização)	5
Sobreposição do piso na zona do S25	5
Atualizações do <i>target</i> do CTD ou da especificação da parede lateral ao longo do tempo	3
Existência de gravações na zona do S25	2
Perfil da parede fora da tolerância	2
Posicionamento errado da parede lateral	1
Não cumprimento da especificação	1
Marcação errada do TS	1
Diferenças nas medições CTD	1
Scanner descalibrado	1
Processo de Vulcanização	1
Aumento ou diminuição da quantidade de borracha	1

Após esta avaliação das causas mais importantes, foi elaborado um diagrama de pareto, de maneira a compilar todos estes votos e simplificar a análise da tabela 3.2. Na figura 3.9 estão representadas as causas com mais impacto na conformidade S25.

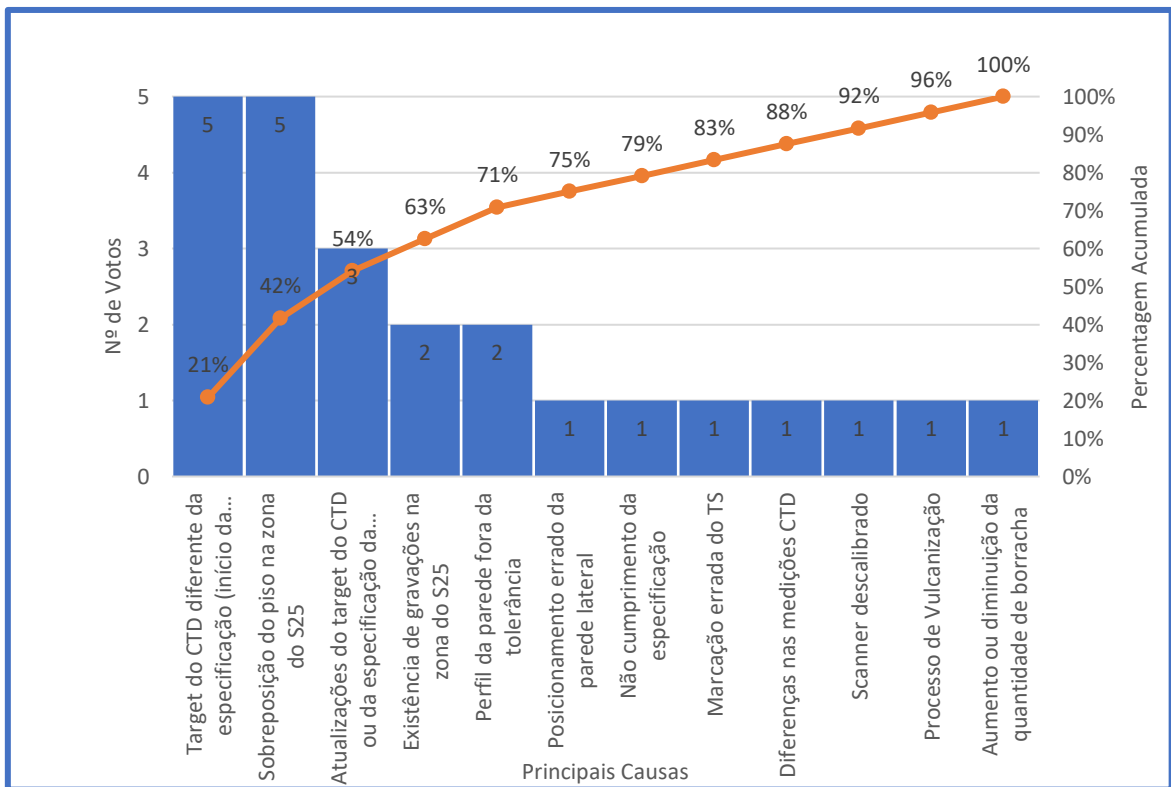


Figura 3.9. Representação gráfica das causas com mais impacto de não conformidade do S25.

Com base na figura 3.9 pode-se concluir que as cinco causas mais votadas foram:

- “Target do CTD diferente da especificação (início da industrialização)”;
- “Sobreposição do piso na zona do S25”;
- “Atualizações do target do CTD ou da especificação da parede lateral ao longo do tempo”;
- “Existência de gravações na zona do S25”;
- “Perfil da parede fora da tolerância”.

Após esta fase foi fundamental avaliar as causas que vão fazer parte da etapa seguinte: Análise.

3.3. Terceira Etapa – Analisar

Através da análise qualitativa, realizada na fase de Medição, foram destacadas algumas causas que serão alvo de análise ao longo do estudo.

3.3.1. Target do CTD diferente da especificação (início da industrialização)

Inicialmente, o Departamento de Industrialização do Produto define um *target* para cada parâmetro que irá ser medido nos pneus. Posto isto, o pneu é industrializado e

no fim é cortado para ser medido em CTD, de maneira a avaliar se os parâmetros estão em concordância com os *targets* e, conseqüentemente, se o pneu é conforme.

Contudo, há casos cujo *target* que foi definido inicialmente não se enquadra nos valores das medições de CTD, ou seja, os valores estão fora dos limites estipulados ou então muito próximos dos limites, não sendo um processo centrado. Na tabela 3.3 temos um resumo de 3 exemplos de artigos em que esta situação se reflete.

Tabela 3.3. Artigos cujo *target* no início da industrialização não se enquadra nas medições em CTD.

Artigo	Média Resultados Secção A	Média Resultados Secção B	Target	Tolerância	Target + Tolerância	Target - Tolerância
A.1	2,8	2,7	3,5	0,7	4,2	2,8
A.2	3,1	3,1	2,3	0,7	3,0	1,6
A.3	2,9	2,8	3,7	0,7	4,4	3,0

A tabela 3.3 representa apenas a média dos resultados das secções A e B para cada artigo, sendo que todas as medições dos três artigos se encontram no anexo B. Contudo nas cartas de controlo é facilmente perceptível a variação das medições e se estas estão centradas com o *target*. Assim, nas figuras 3.10, 3.11 e 3.12 encontram-se as cartas de controlo referentes às medições dos artigos A.1, A.2 e A.3.

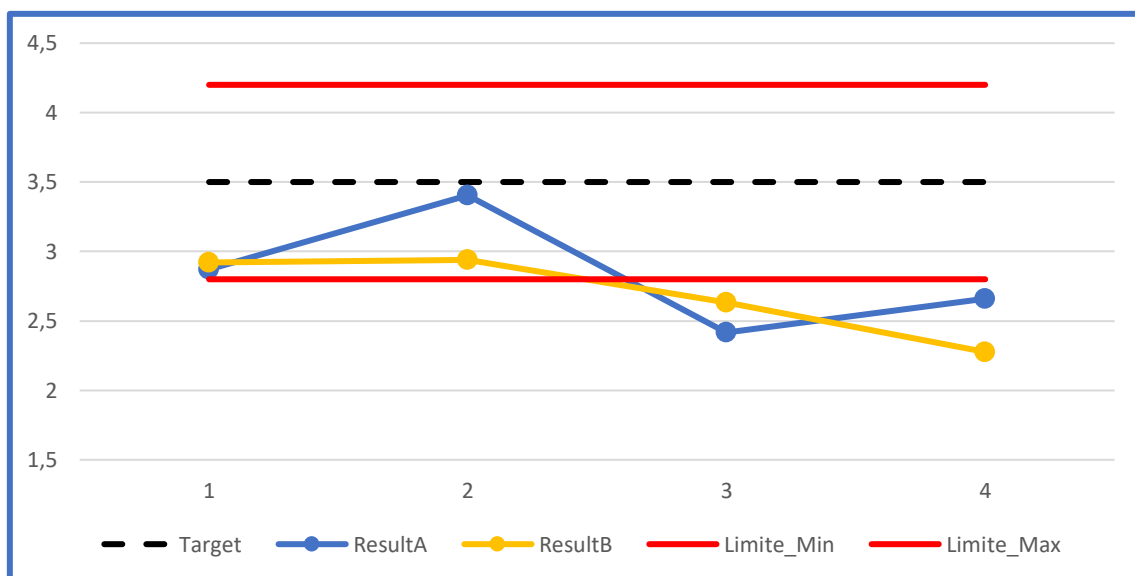


Figura 3.10. Representação gráfica das medições do artigo A.1.

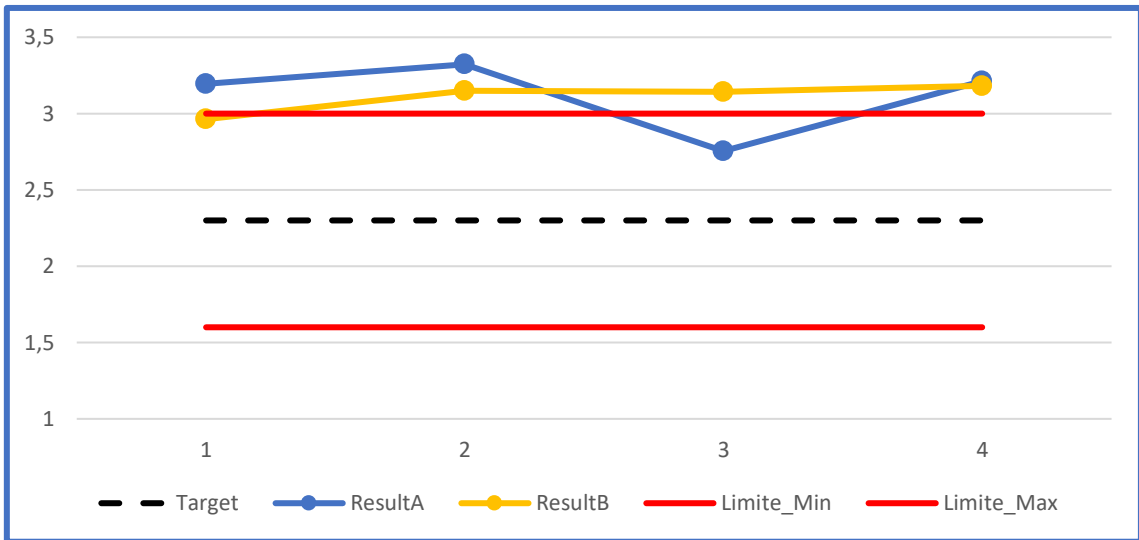


Figura 3.11. Representação gráfica das medições do artigo A.2.

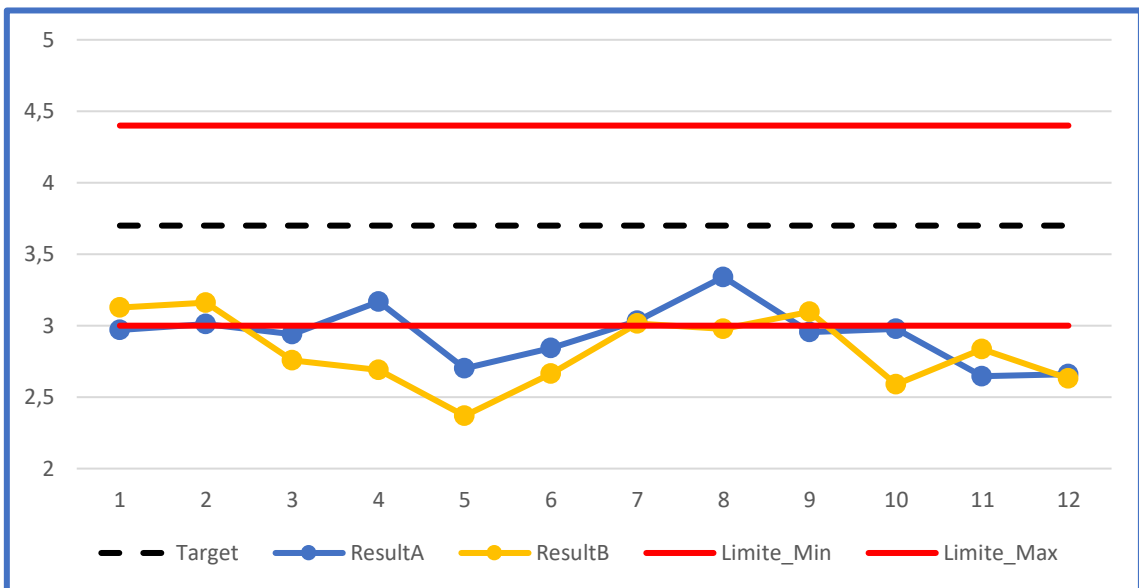


Figura 3.12. Representação gráfica das medições do artigo A.3.

Pela análise das figuras é claro que, apesar de se obter medições dentro do especificado, estas não estão centradas com o *target* estipulado e, conseqüentemente as secções e o pneu correspondente não são conformes.

Em suma, esta é uma causa que afeta negativamente a conformidade dos artigos, uma vez que o *target* definido não é o ideal, sendo necessária a atualização da especificação em CTD.

3.3.2. Sobreposição do piso na zona do S25

Uma outra causa é o facto de o piso do pneu sobrepor a parede lateral na zona do S25. Neste caso, estamos perante um cenário em que a espessura do S25 engloba a parede lateral e o piso. Pela figura 3.13 é possível perceber que a medição do S25 (a vermelho) pode incorporar o piso.

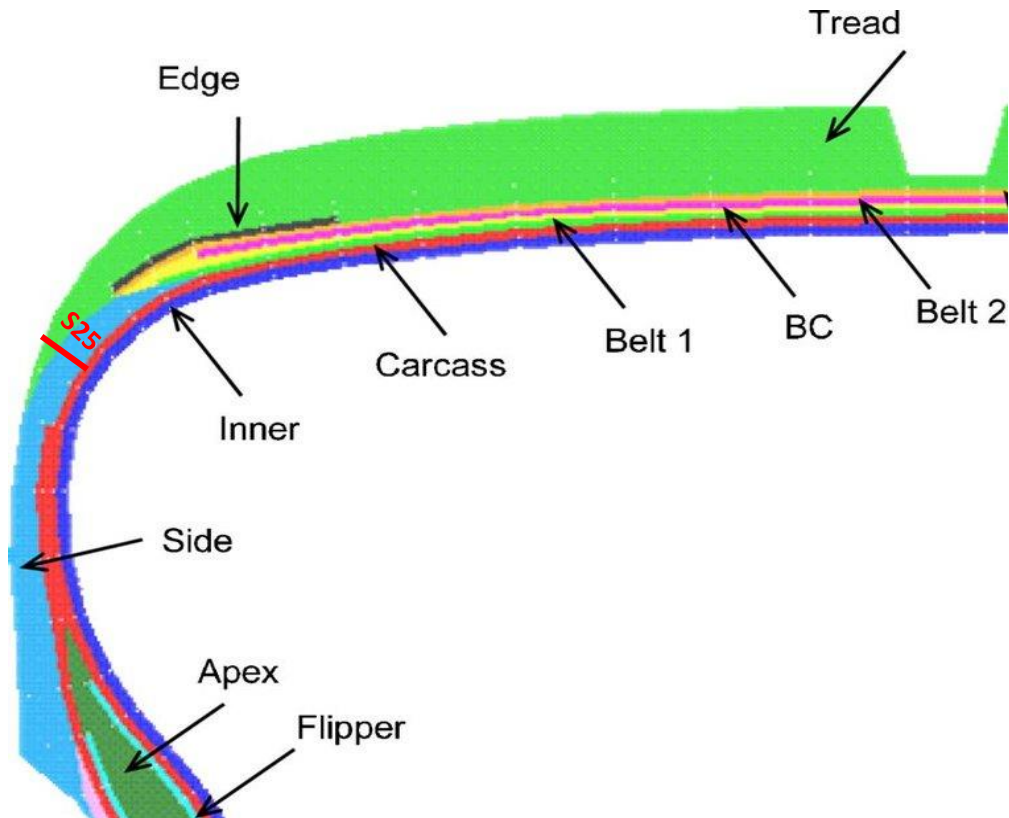


Figura 3.13. Representação de uma secção em que o piso sobrepõe a zona do S25.

Na empresa existem diferentes tipos de paredes laterais, as SUB, SUB+Wrap, STB, *Maxiwing* e *Thin Sidewall*.

As SUB, são caracterizadas por entrar 15 a 17 mm por baixo do *breaker*, não possuindo tira de envolver.

As SUB+Wrap também entram 15 a 17 mm por baixo do *breaker* mas, possuem tira de envolver entre o primeiro e o segundo *breaker*.

As paredes laterais STB são caracterizadas por entrar 1 a 3 mm por baixo do *breaker* e possuem tira de envolver entre o primeiro e o segundo *breaker*.

As *Maxiwing* são paredes laterais cuja espessura é maior comparativamente com as outras paredes laterais, podendo variar 1 a 3 mm por baixo do *breaker*, existindo algumas exceções de não entrar por baixo do *breaker*. Para além disso, são paredes laterais cujo piso sobrepõe sempre a zona do S25 e, por isso, o *target* deste parâmetro, neste tipo de pneus, está definido de acordo com esta sobreposição.

Por fim temos as *Thin Sidewall* que não são muito recorrentes na empresa, ou seja, são usadas em poucos pneus e são caracterizadas por apresentar uma menor espessura.

Posteriormente, foi realizado um estudo sobre quais as paredes laterais que obtiveram percentagem de não conformidade no ano de 2019, com o objetivo de compreender quais as paredes laterais com maior variação em termos de conformidade. As paredes *Thin Sidewall* não serão consideradas neste estudo, tendo em conta que a sua utilização é diminuta. Na figura 3.14 encontra-se um diagrama de Pareto com essas informações.

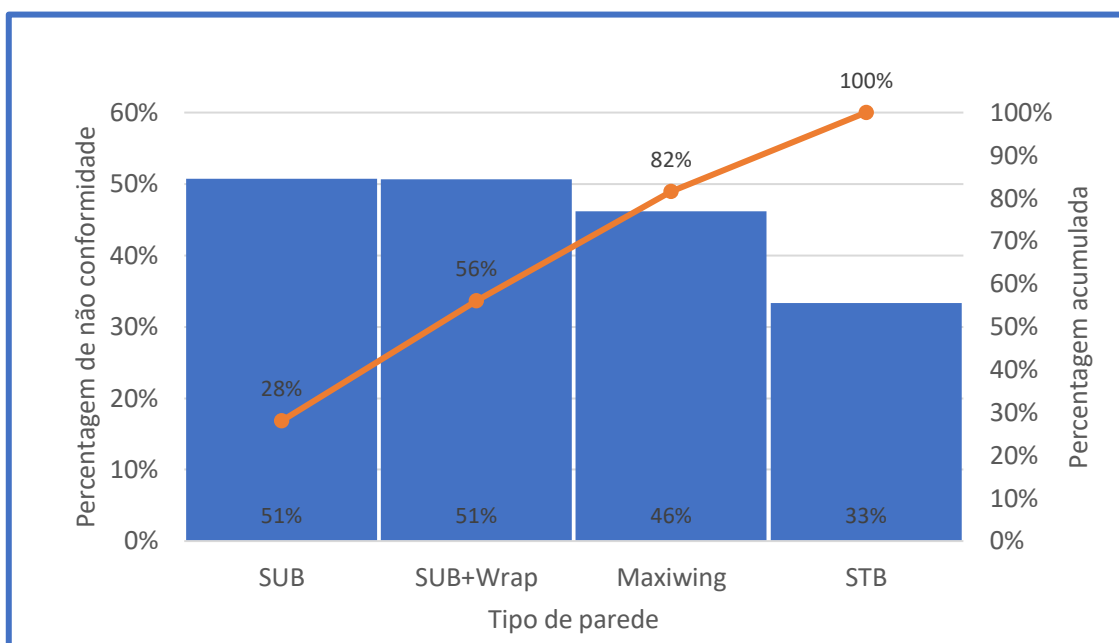


Figura 3.14. Diagrama de Pareto com a percentagem de não conformidade das paredes no ano de 2019.

Pela análise da figura 3.14 pode-se concluir que as paredes laterais do tipo SUB e SUB+Wrap são as que apresentam uma maior percentagem em termos de não conformidade ao longo do ano de 2019.

Contudo após esta análise foi definida a importância de avaliar a fundo tanto as paredes laterais SUB, SUB + Wrap e STB, no que diz respeito à sobreposição do piso. Neste caso, as paredes laterais do tipo *Maxiwing* não são relevantes uma vez que, todas

elas possuem sobreposição do piso na zona do S25 devido à sua forma natural e disposição no pneu.

Desta forma, foi decidido realizar um acompanhamento de um artigo na produção, com o tipo de parede lateral SUB, de maneira a compreender se o piso iria sobrepor a zona do S25. Antes de ir para a produção foi necessário realizar uma lista de tarefas que se encontra na tabela 3.4, com o objetivo de facilitar o acompanhamento.

Tabela 3.4. Lista de tarefas a realizar no acompanhamento de um pneu.

O que medir/levar para a produção?	Levar lápis branco, xizato, fita métrica, caneta prateada e etiquetas autocolantes para identificar os pneus
	Anotar a feira do piso e da parede
	Verificar a hora de produção, o módulo e as prensas
O que medir na produção?	Marcar o fim do piso c/ caneta ou lápis branco
	Realizar a perfilometria do piso e da parede
	Verificar largura do piso e da parede, colocações da parede, centragem do piso e do <i>breaker</i>
	Anotar código de barras do pneu, caso seja marcado

Após a realização da lista de tarefas, o pneu foi acompanhado na produção, no processo da construção, seguindo todos os passos referidos na lista. Na tabela 3.5 encontra-se o registo das medições feitas na produção à largura do piso, colocação e largura da parede lateral.

Tabela 3.5. Registo das medições realizadas no pneu antes de vulcanizado.

Medições na produção					
Largura do Piso		Colocação da Parede		Largura da Parede	
Secção A	Secção B	SS	OSS	SS	OSS
200	202	61	60	138	137

Na figura 3.15 encontra-se o pneu já construído com as respectivas marcações, pronto para ingressar na fase da Vulcanização.



Figura 3.15. Pneu acompanhado na produção com as respectivas marcações, antes de ingressar na Vulcanização.

Depois de vulcanizado, o pneu chega à inspeção final e de seguida segue para a sala de corte, onde são cortadas as secções para posterior análise em CTD. Assim, foi construído um *Excel* onde se registou as medições necessárias do pneu, relativamente ao piso e parede lateral. Na tabela 3.6 encontra-se a largura do piso medida no contorno da secção e a direita e na figura 3.16 encontram-se as respectivas medições. O piso foi medido destas duas formas, de maneira a entender qual a medida que, efetivamente, corresponde à medida na produção, concluindo que a medida a azul é a correspondente ao verdadeiro.

Tabela 3.6. Medições em CTD do piso na secção.

Medições em CTD			
Largura Piso			
Secção A (linha vermelha)	Secção A (linha azul)	Secção B (linha vermelha)	Secção B (linha azul)
184,9	200,1	184,7	199,7

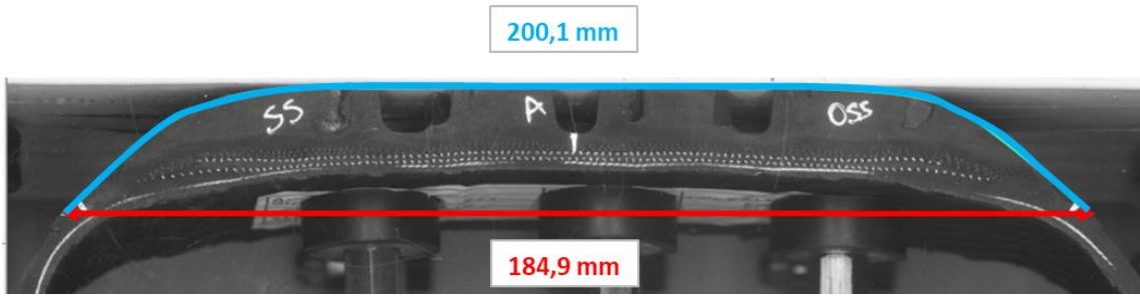


Figura 3.16. Medições em CTD do piso na secção.

De maneira a saber se o piso sobrepõe ou não a zona do S25 foi aplicada uma condição:

- Se a Largura (MT até ao fim do piso) < Largura (MT até ao S25) → **Piso não sobrepõe a parede lateral na zona de medição do S25** (Figura 3.17);

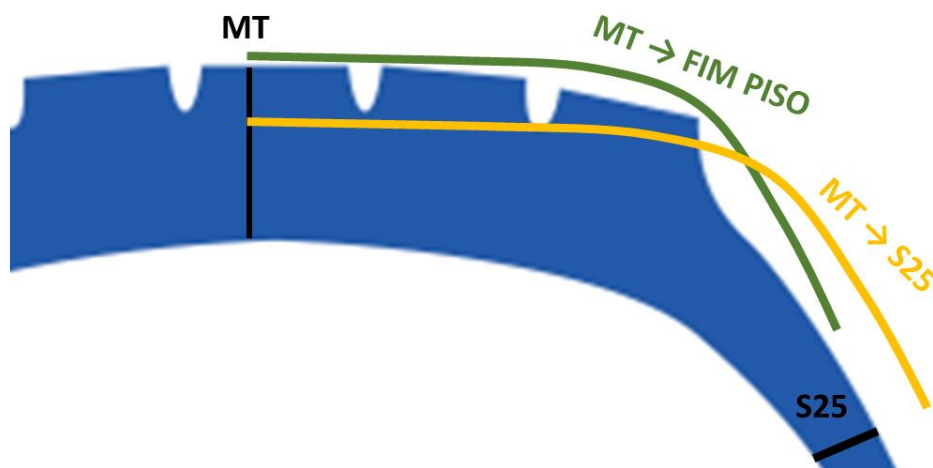


Figura 3.17. Não sobreposição do piso na zona de medição do S25.

- Se a Largura (MT até ao fim do piso) \geq Largura (MT até ao S25) → **Piso sobrepõe a parede lateral na zona de medição do S25** (Figura 3.18).

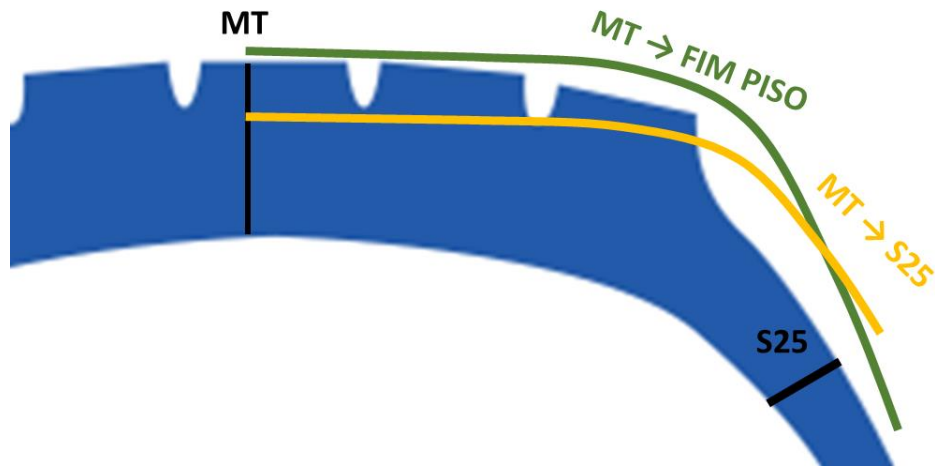


Figura 3.18. Sobreposição do piso na zona de medição do S25.

Na tabela 3.7 encontram-se os valores das medições desde o meio da secção até ao fim do piso e do meio da secção até ao S25, de maneira a comprovar se existe sobreposição do piso ou não.

Tabela 3.7. Resultados das Larguras desde o MT até ao fim do piso e desde o MT até ao S25.

Largura (Meio até fim piso)					Largura (Meio até ao S25)					Piso sobrepõe zona do S25
Secção A		Secção B		Média	Secção A		Secção B		Média	
SS	OSS	SS	OSS		SS	OSS	SS	OSS		
91,9	92,4	91,7	92	92	92,1	93,5	92,1	92,7	92,6	NÃO

Concluiu-se então que o piso não sobrepõe a zona do S25 e que de facto as medições do S25 em CTD deram dentro das tolerâncias estipuladas como é visível pela tabela 3.8.

Tabela 3.8. Registo das medições do S25 no pneu acompanhado, bem como das respetivas tolerâncias.

Medição S25									
Secção A		Secção B		Target	Tolerância	Target - Tolerância	Target + Tolerância	Média	
SS	OSS	SS	OSS						
3,1	3,2	3,1	3,6	3,0	0,7	2,3	3,7	3,3	

Contudo, de maneira a analisar estes valores, foi construída uma carta de controlo (figura 3.19) com os dados da tabela 3.8. Pela análise da mesma, pode-se concluir que os valores de medição do S25 encontram-se dentro dos limites estipulados.

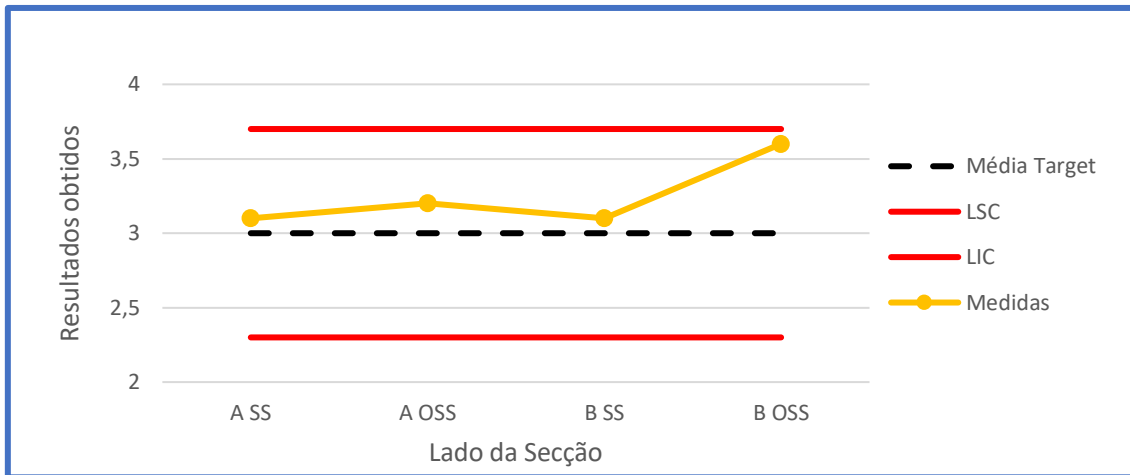


Figura 3.19. Carta de Controle com os resultados das medições do S25, no acompanhamento realizado.

Com o acompanhamento deste pneu foi possível desenvolver um cálculo que permite demonstrar, previamente, se o piso, num determinado artigo, irá sobrepor a parede lateral na zona do S25. As informações necessárias são a largura total do piso, largura da secção e o NSH, para calcular o S25M de cada artigo. O NSH é um valor calculado previamente para definir o *target* do S25 e do S25M pela fórmula:

$$\text{NSH} = \text{Largura da Secção} \times \frac{\text{Altura da Secção}}{100} \quad \text{Equação 3.2}$$

Assim, se:

- NSH \leq 105 \rightarrow S25M = - 8,0
- NSH $>$ 105 \rightarrow S25M = - 4,0

No sentido de avaliar se o piso sobrepõe a parede lateral, procedeu-se ao cálculo seguinte:

$$\text{Diferença entre TS e Fim do piso} = \frac{\text{Largura Total do Piso}}{2} - \frac{\text{Largura da Secção}}{2}$$

A largura total do piso, bem como a largura da secção é dividida por dois, de maneira a considerar só o lado SS ou OSS da secção.

Na figura 3.20 está representado um desenho com a largura total do piso, a largura da secção, bem como a marcação do TS, do S25M e do fim do piso, podendo este último ser antes ou depois da medição do S25.

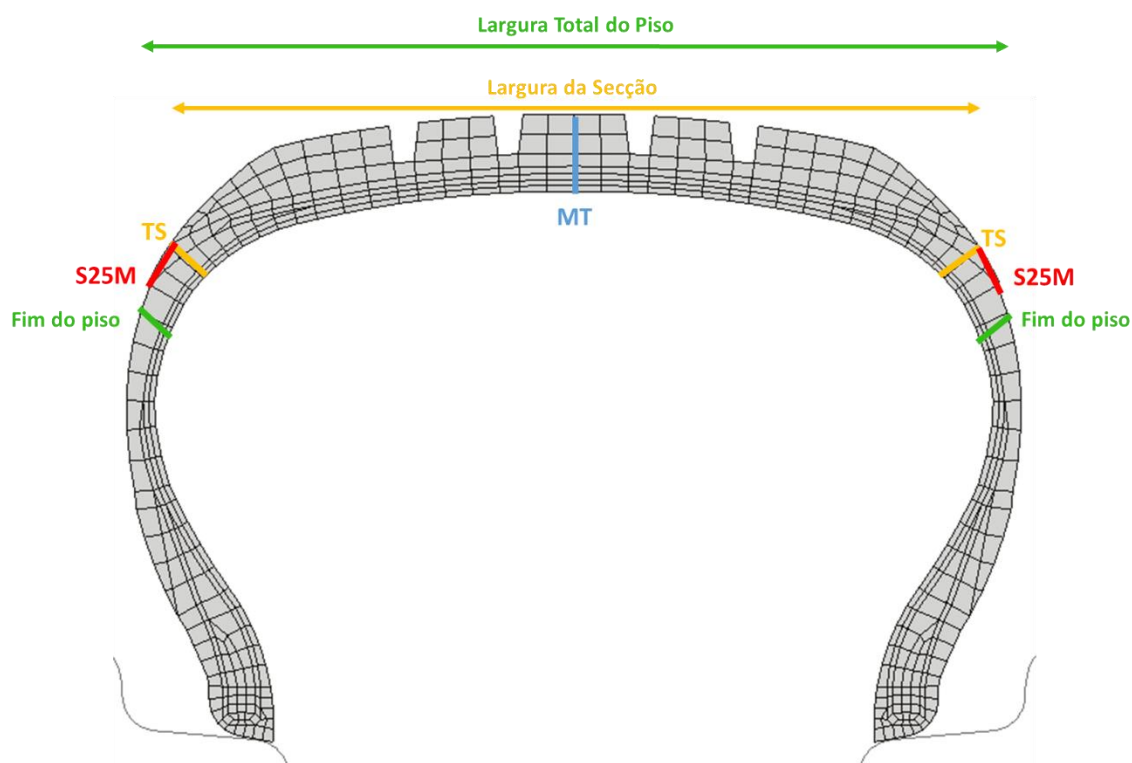


Figura 3.20. Explicação do cálculo da sobreposição do piso através da medição da largura do piso, da largura da secção, do limite do fim do piso e do S25M.

Assim, será esta diferença que vai ajudar a conhecer se o piso sobrepõe ou não a parede lateral. Isto, porque se esta diferença for inferior ao S25M o piso não sobrepõe a zona do S25, caso a diferença seja superior ao S25M o piso irá sobrepôr a zona do S25.

Desta forma foi também importante avaliar, durante o ano de 2019, quais os artigos que obtiveram o S25 não conforme por sobreposição do piso nesta zona. Para isso foram recolhidas informações sobre os artigos medidos em 2019 que obtiveram não conformidade do S25. Com base no cálculo, formulado anteriormente, e nos tipos de paredes laterais de cada artigo, restringiu-se quais dessas medições foram afetadas por esta causa. Como foi mencionado anteriormente, as paredes *Maxiwing*, tendo em conta a sua estrutura, sobrepõe sempre a zona de medição do S25 e, por isso, não são incorporadas neste estudo. Na tabela 3.9 encontram-se registados os artigos com S25 não conforme devido à sobreposição do piso, por tipo de parede lateral.

Tabela 3.9. Artigos com S25 não conforme devido a sobreposição do piso, por tipo de parede lateral.

Nº de Artigos por tipo de parede			Total de Artigos
SUB + Wrap	SUB	STB	
2	2	9	13

O diagrama de pareto da figura 3.21 permite uma melhor visualização sobre o número de artigos afetados, e conseqüentemente qual a parede lateral mais afetada por esta causa.

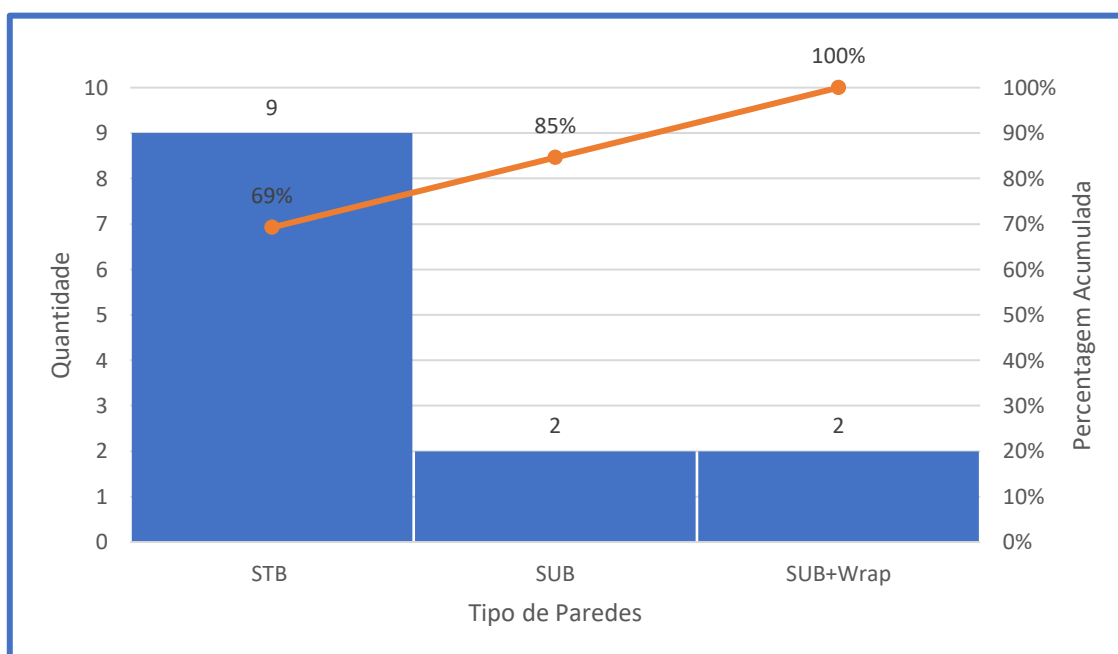


Figura 3.21. Diagrama de Pareto com o número de artigos afetados pelo S25 e, conseqüentemente, qual a parede lateral mais afetada por esta causa.

Analisando a figura 3.21 pode-se concluir que nestas 13 medições poderia ter sido revisto o *target* utilizado, de maneira a colocar as medições em concordância com os limites estipulados, e aí aumentar a conformidade do produto.

3.3.3. Atualizações do target CTD ou da especificação da parede lateral ao longo do tempo

Esta é uma causa que vai de encontro à primeira causa, isto porque o *target* definido necessita de uma atualização de maneira a os valores fiquem centrados com o processo. Contudo, nesta causa, remete-se para casos em que o *target* foi atualizado devido a medições não conformes ou atualização da sua especificação, mas apesar dessa atualização, o padrão mantém-se, ou seja, os valores continuam fora de controle.

Ao longo do estudo, uma vez que a empresa está sempre em produção e surgem artigos com S25 não conforme, foi possível estudar alguns desses artigos, nomeadamente dois artigos que se encaixam nesta causa. Estes dois artigos, apesar de uma atualização da especificação e consequentemente do *target* do S25, continuavam a ter resultados não conformes. Para além disso são artigos com a mesma medida e que usam a mesma parede lateral na sua constituição, assim foram estudadas as medições destes artigos ao longo do seu tempo de vida útil. Na figura 3.22 e 3.23 estão representados os gráficos de controlo com as medições do S25 para o artigo B.1 e B.2, respetivamente. As secções estão representadas por números, sendo que 1.1 e 1.2 correspondem a um pneu, a 2.1 e a 2.2 a outro pneu e assim sucessivamente.

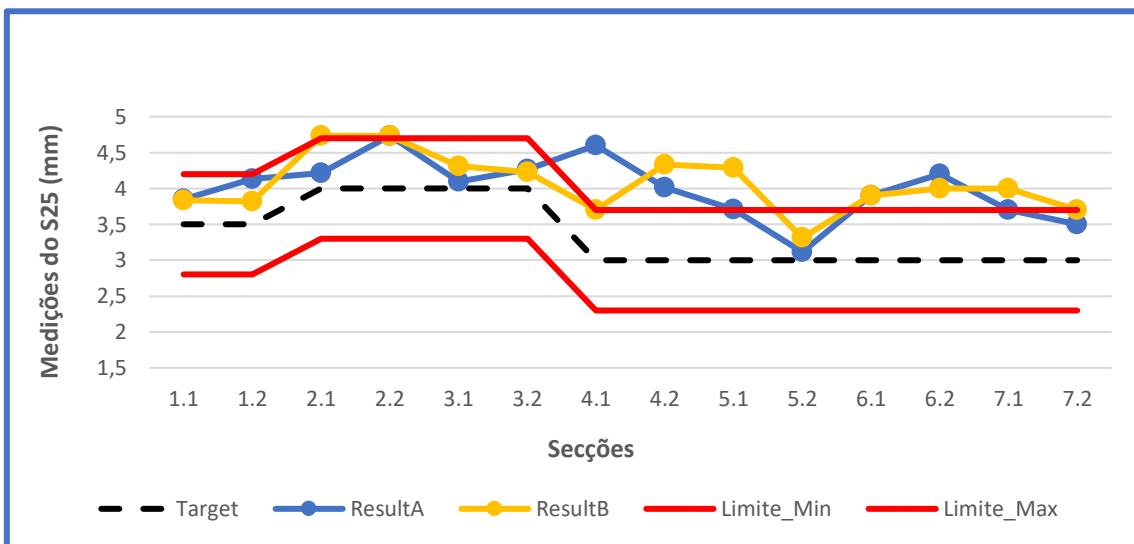


Figura 3.22. Representação gráfica das medições do S25 para o artigo B.1.

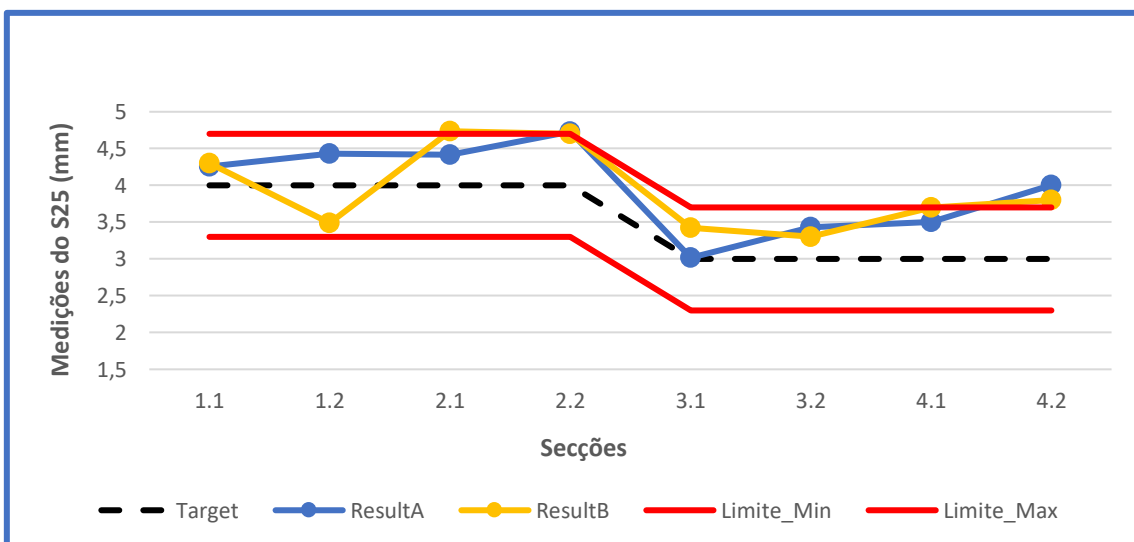


Figura 3.23. Representação gráfica das medições do S25 para o artigo B.2.

Como é perceptível pelas figuras, após a atualização do *target* em ambos os artigos, obteve-se resultados dentro dos limites, apesar de próximo do limite superior, mas também resultados não conformes. No artigo B.1 maioria dos resultados, após atualização, deram fora de controle, já no artigo B.2 observa-se uma tendência ascendente de aumento do S25, sempre do lado superior ao *target*, o que nos indica resultados fora de controle.

Tanto no artigo B.1 como no artigo B.2 as medições 7.1, 7.2 e 4.1, 4.2, respetivamente, foram pneus acompanhados na produção, em que se verificou as larguras de piso, parede e colocações dos componentes, como também se verificou a perfilometria das paredes, estando tudo dentro do estipulado.

Sendo assim, o objetivo passa por estudar qual o *target* que deveria ser proposto para atualização dos artigos para se obterem resultados conformes.

3.3.4. Existência de gravações na zona do S25

Outra causa que foi abordada no diagrama *Ishikawa* foi a existências de gravações na zona do S25. Apesar de não ser uma das causas mais votadas no decorrer do estudo, revelou-se fundamental estudar esta causa devido ao seu impacto nos resultados da avaliação do produto.

Aquilo que acontece é que quando o pneu é vulcanizado, as gravações do molde são transferidas para o pneu, com desenhos ou letras e que podem abranger a zona do S25, não fazendo parte da medição da espessura deste parâmetro. Na figura 3.24 encontra-se um exemplo de uma secção com gravações do lado esquerdo e sem gravações do lado direito.



Figura 3.24. Exemplo de uma secção que contém gravações na zona do S25.

Tendo em conta que esta é uma das causas recorrentes na análise das secções, decidiu-se realizar uma experiência. O objetivo desta experiência era perceber qual o erro de medição entre os vários analistas e consequentemente determinar se numa medição, estes consideram a existência das gravações na zona de medição do S25.

Inicialmente foram selecionadas 10 secções sendo que, as secções 2, 3, 4, 8 e 10 tinham gravações e as secções 1, 5, 6, 7 e 9 não tinham gravações. Assim sendo, uma equipa multidisciplinar constituída por membros da direção da qualidade, mediu o S25 nas 10 secções selecionadas. Posto isto, os resultados obtidos por cada indivíduo foram registados e dividiu-se com base na secção (A ou B) e no lado da mesma (SS ou OSS). Nas tabelas 3.10, 3.11, 3.12 e 3.13 encontram-se os resultados.

Tabela 3.10. Medições do S25 na secção A, lado SS.

Parâmetro S25									
1 ASS	2 ASS	3 ASS	4 ASS	5 ASS	6 ASS	7 ASS	8 ASS	9 ASS	10 ASS
2,7	2,0	4,0	3,7	2,7	3,0	4,0	2,2	3,0	5,5
2,9	2,4	3,9	3,9	2,8	3,0	4,2	2,8	3,1	5,4
2,8	3,8	4,3	4,1	2,9	3,2	4,3	3,4	3,1	5,8
2,6	2,4	4,1	3,9	2,7	2,7	4,1	2,6	3	5,5
2,8	2	3,9	3,9	2,8	3,2	4,1	1,8	3	5,6

Tabela 3.11. Medições do S25 na secção A, lado OSS.

Parâmetro S25									
1 AOSS	2 AOSS	3 AOSS	4 AOSS	5 AOSS	6 AOSS	7 AOSS	8 AOSS	9 AOSS	10 AOSS
3,0	1,7	4,1	3,6	3,0	3,1	4,6	3,1	3,1	5,0
3,0	2,7	3,5	3,7	2,9	3,1	4,6	3,0	3,0	5,0
3,2	3,9	5,4	3,9	3,1	3,1	4,9	3,2	3,0	5,3
3	2,8	3,5	3,7	2,9	2,9	4,5	2,9	3	5
3,1	1,8	3,8	3,9	3	3,1	4,6	3,1	3	5,2

Tabela 3.12. Medições do S25 na secção B, lado SS.

Parâmetro S25									
1 BSS	2 BSS	3 BSS	4 BSS	5 BSS	6 BSS	7 BSS	8 BSS	9 BSS	10 BSS
2,9	1,8	3,7	3,5	2,6	2,9	4,0	2,3	3,0	5,4
3,1	2,1	3,5	3,6	2,7	3,1	4,1	2,9	3,1	5,6
3,4	4,0	4,0	3,8	2,8	2,6	4,3	3,6	2,8	5,8
3,2	2,1	3,6	3,5	2,4	2,8	4,1	2,8	3,2	5,6
2,8	1,7	3,5	3,7	2,6	2,5	4,1	2,1	3,2	5,8

Tabela 3.13. Medições do S25 na secção B, lado OSS.

Parâmetro S25									
1 BOSS	2 BOSS	3 BOSS	4 BOSS	5 BOSS	6 BOSS	7 BOSS	8 BOSS	9 BOSS	10 BOSS
3,0	1,4	4,0	3,5	2,9	3,4	4,5	3,1	3,3	5,0
3,4	3,1	3,6	3,4	2,9	3,3	4,1	3,1	3,1	5,5
3,6	3,5	5,7	3,6	3,0	3,7	4,2	3,3	3,2	5,6
3,5	3,1	3,4	3,3	2,8	3,4	4,1	3	3,1	5,4
3,2	2	4,1	3,5	2,9	3	4,4	3,1	3,3	5,5

Assim, de maneira a avaliar os resultados observados recorreu-se a um boxplot para avaliar a discrepância dos resultados. Nas figuras 3.25, 3.26, 3.27 e 3.28 encontra-se a representação gráfica dos resultados obtidos.

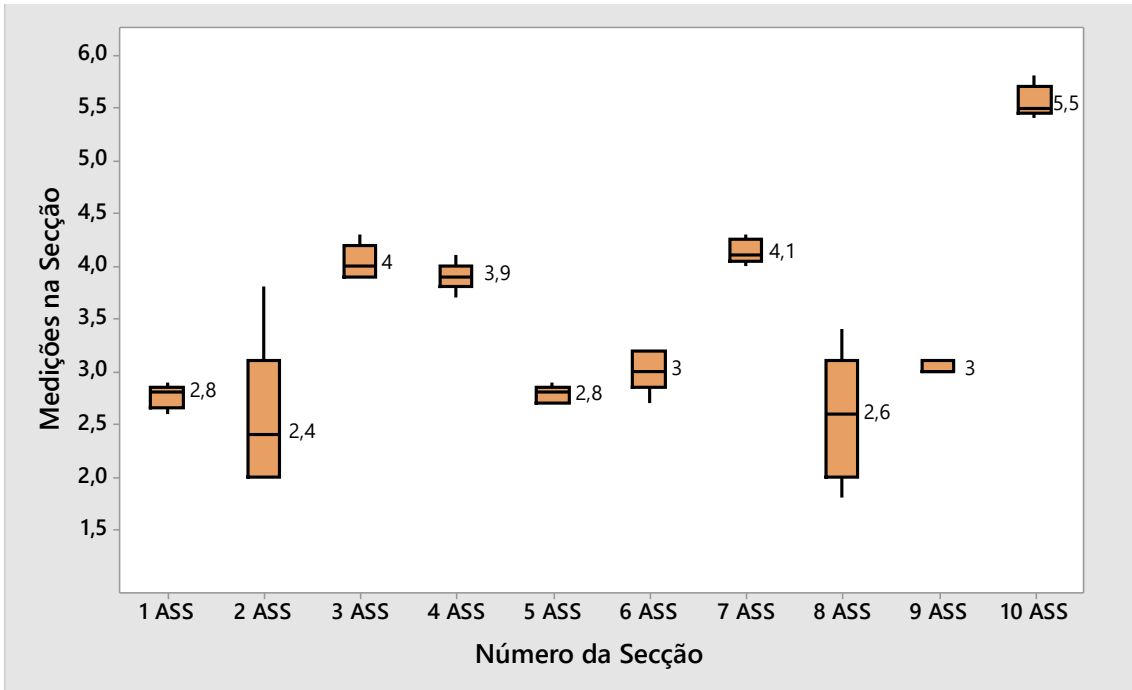


Figura 3.25. Representação gráfica dos resultados obtidos do S25 na secção A, lado SS.

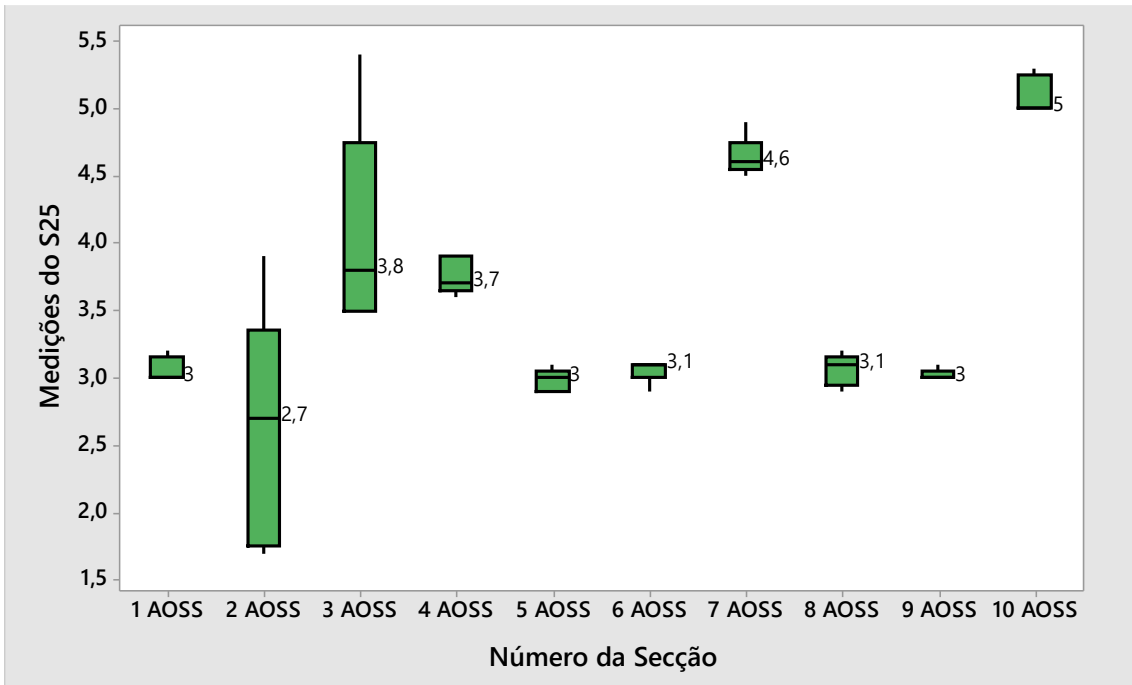


Figura 3.26. Representação gráfica dos resultados obtidos do S25 na secção A, lado OSS.

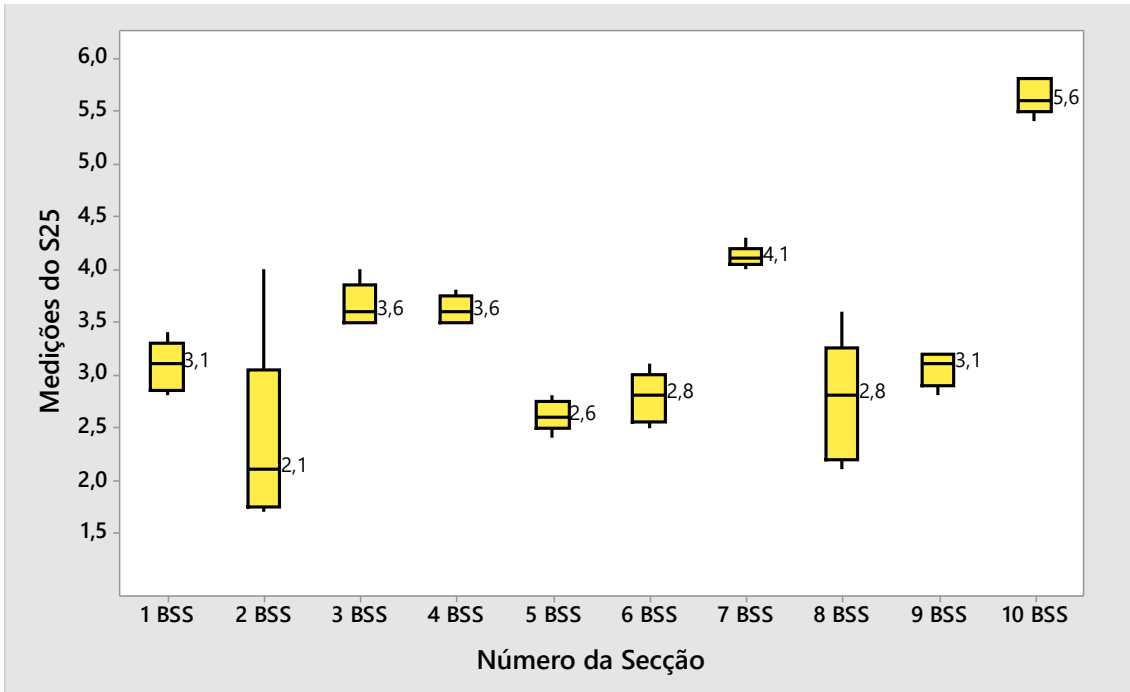


Figura 3.27. Representação gráfica dos resultados obtidos do S25 na secção B, lado SS.

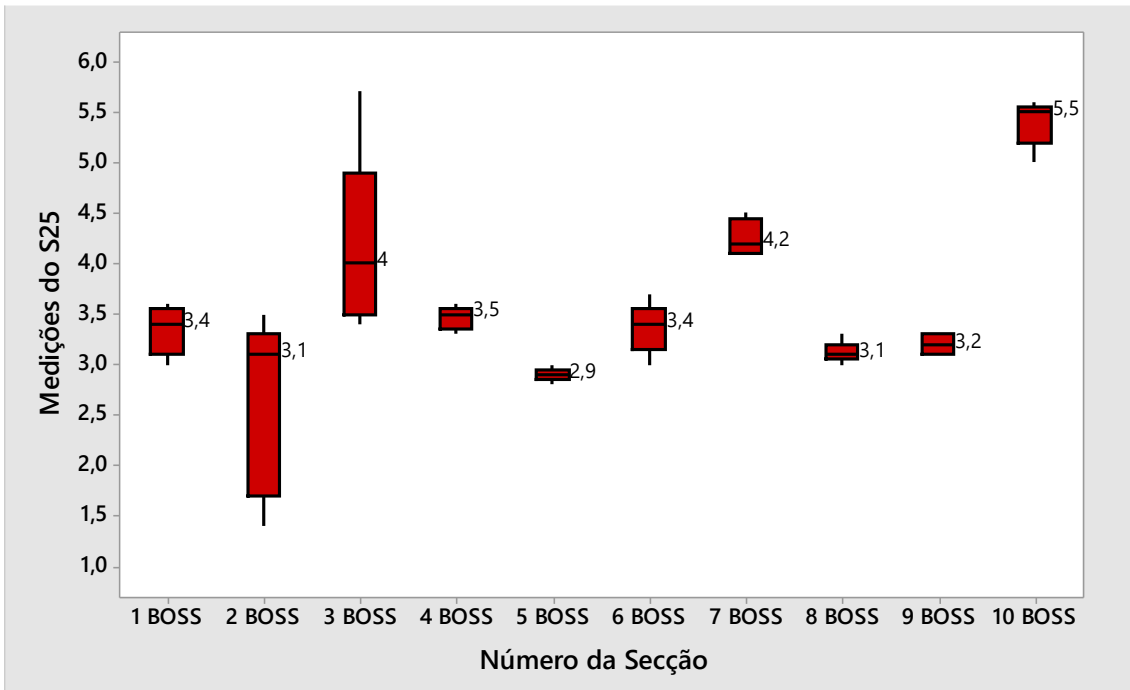


Figura 3.28. Representação gráfica dos resultados obtidos do S25 na secção B, lado OSS.

De um modo geral, pela observação das quatro figuras é perceptível a existência de uma maior discrepância de resultados nas secções 2, 3 e 8, uma vez que, as caixas que representam cada uma delas, abrangem um conjunto maior de valores. Como foi

mencionado anteriormente, estas foram as secções seleccionadas com gravações existentes na zona do S25. Logo, conclui-se que esta é uma causa com influência nos resultados do parâmetro que foi estudado, diminuindo a conformidade do mesmo.

3.3.5. Perfil da parede fora da tolerância

Como já mencionado anteriormente, esta é uma causa que está implícita na fase de preparação do pneu. Todas as paredes de um pneu são extrudidas nas extrusoras da fábrica, usando para tal um perfil específico para cada uma delas, denominada fieira.

Contudo aquilo que pode acontecer é a configuração da fieira estar errada, ou seja, o perfil da parede lateral (espessura e largura) pode estar fora dos limites estipulados.

Tendo em conta a análise anterior, foram seleccionados dois artigos, onde o parâmetro S25 estava não conforme, devido às variações no perfil da parede na zona de medição do S25.

Inicialmente estes artigos foram acompanhados na fase de Preparação, mais propriamente, na extrusora de paredes, verificando a correta extrusão das mesmas. De seguida realizou-se a perfilometria das paredes laterais, com o intuito de verificar a conformidade.

Posteriormente, na fase da Construção verificou-se a largura do piso e da parede, colocação da parede e a centragem do piso e do *breaker*. Por fim registou-se o código de barras do pneu e este foi marcado para no fim ser cortado e medido em CTD.

Na figura 3.29 encontra-se a perfilometria das paredes do primeiro artigo (Artigo D.1).

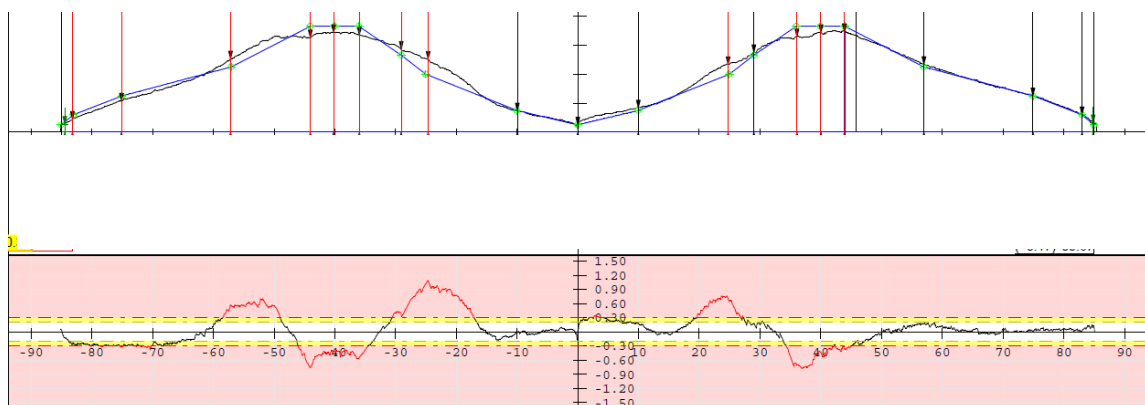


Figura 3.29. Representação da perfilometria não conforme da parede do artigo D.1.

Pela observação da figura 3.29, as zonas representadas a vermelho tanto na curva de cima como na curva de baixo significam que o perfil se encontra fora da tolerância, ou seja, a espessura na zona entre os 20 e 40 mm e -60 e -20 mm de largura (eixo abcissas), é superior, considerando-se que tem borracha a mais naquela zona.

O pneu foi acompanhado na fase de Construção e devidamente identificado antes de ingressar na etapa da Vulcanização. Por fim foi mandado para corte de secções e posteriormente medido em CTD. Na figura 3.30 encontram-se as medições do S25 no artigo D.1.

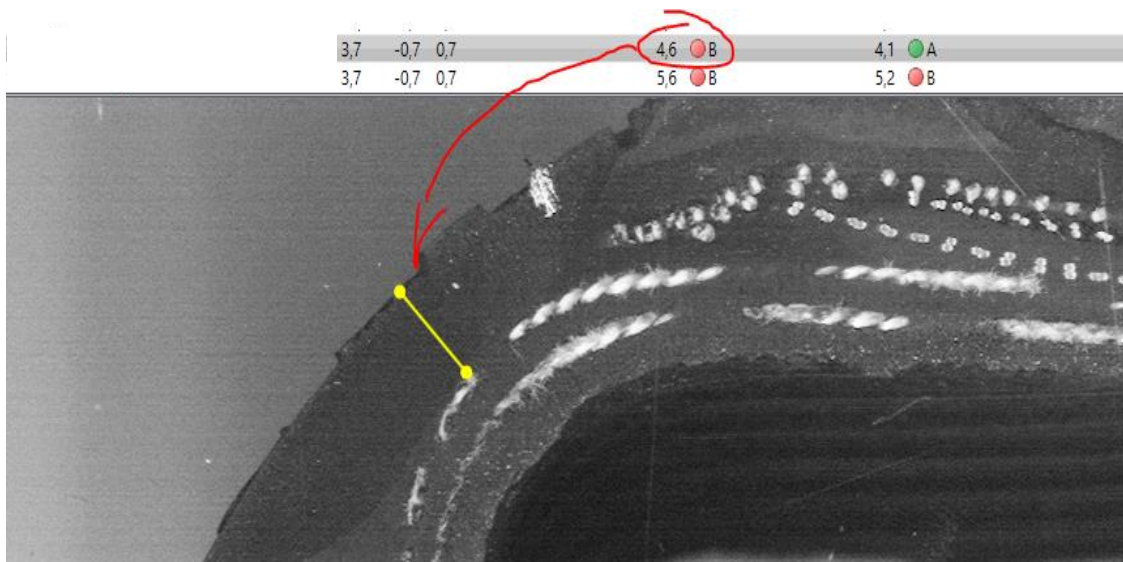


Figura 3.30. Medições em CTD do parâmetro, S25, no artigo D.1.

Tal como era esperado, pela perfilometria da parede, a espessura do S25 em CTD deu superior ao limite superior estipulado e, portanto, não conforme. Posto isto, o objetivo passa por corrigir o perfil da fieira usada e acompanhar novamente o artigo na produção após correção.

Também para o segundo artigo, foram realizadas perfilometrias às paredes do pneu. Na figura 3.31 encontra-se a perfilometria das paredes do artigo D.2.

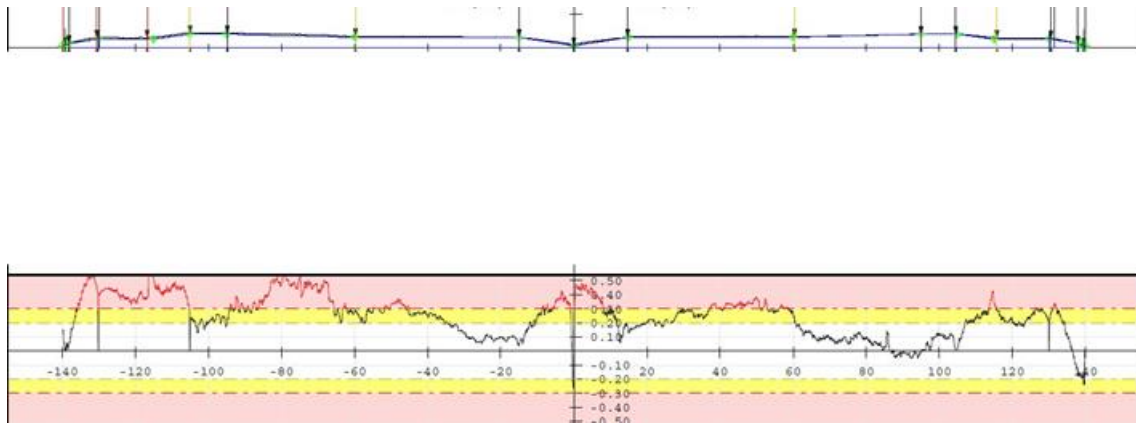


Figura 3.31. Representação da perfilometria não conforme da parede do artigo D.2.

Pela observação da figura 3.31, as zonas representadas a vermelho significam que o perfil se encontra fora da tolerância, ou seja, a espessura na zona entre os 40 e 60 mm, e -80 e -40 mm de largura (eixo abcissas), é superior, ou seja, existe maior quantidade de borracha nessas zonas.

O pneu foi, também, acompanhado na fase de Construção e identificado antes de ingressar na etapa da Vulcanização. Por fim foi mandado para corte de secções e posteriormente medido em CTD. Na figura 3.32 encontram-se as medições do S25 no artigo D.2.



Figura 3.32. Medições em CTD do parâmetro, S25, no artigo D.2.

Também no artigo D.2, a espessura do S25 em CTD deu superior ao limite superior estipulado e, portanto, não conforme. Esta situação era prevista tendo em conta a inconformidade das paredes usadas no pneu. Posto isto, o objetivo passa por corrigir o perfil da fieira usada e acompanhar novamente o artigo na produção após correção.

3.4. Quarta Etapa – Melhorar

Nesta etapa da metodologia o objetivo passa por implementar uma solução para cada uma das causas mencionadas anteriormente na etapa de análise. Com isto, pretendeu-se aperfeiçoar o processo, tornando-o mais económico.

3.4.1. *Target* do CTD diferente da especificação (início da industrialização)

Nesta causa, como já mencionado antes, o problema passava pelo facto do parâmetro S25 não estar conforme tendo em conta o *target* definido.

Assim, com o objetivo de melhoria contínua a mesma equipa multidisciplinar, já mencionada, reuniu com o DIP e expôs os 3 artigos com as respetivas medições com o intuito do departamento estudar os casos e atualizar o *target* do S25.

Após a atualização, foram feitos novos acompanhamentos aos artigos, de maneira a comprovar que na produção estava tudo a ser realizado corretamente, para depois serem marcados os pneus, cortadas as secções e medidas em CTD.

Nas figuras 3.33, 3.34 e 3.35 encontram-se as cartas de controlo com os valores medidos do S25, para cada artigo, antes e depois da atualização do *target*.

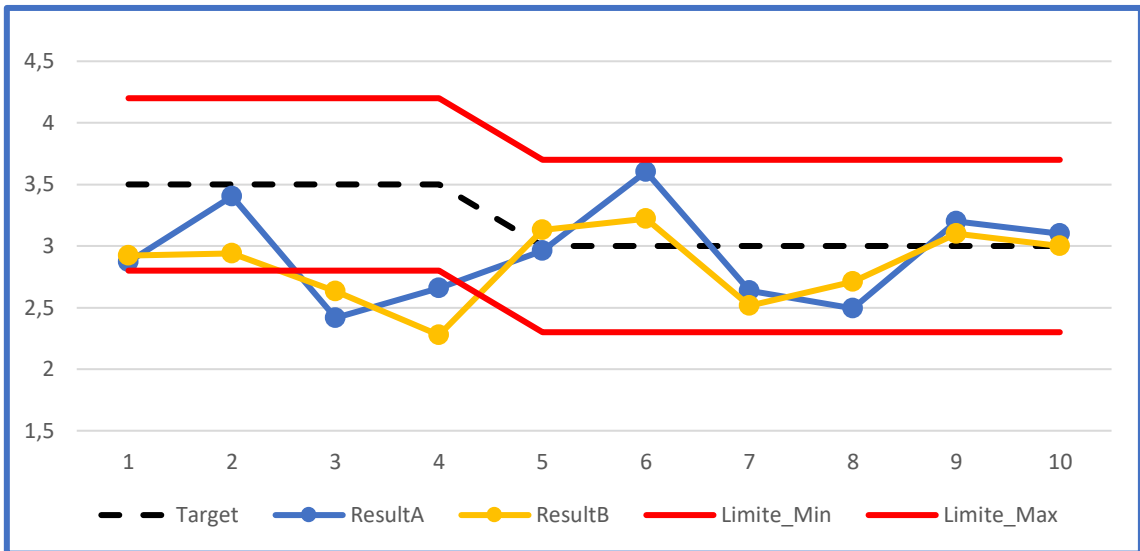


Figura 3.33. Representação gráfica dos valores medidos de S25 no artigo A.1, antes e depois da atualização do target.

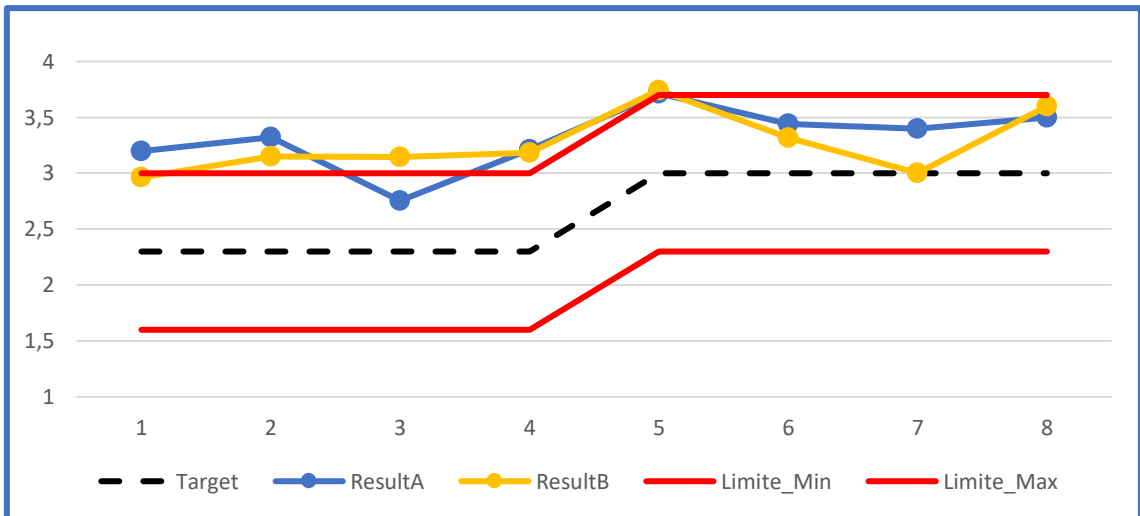


Figura 3.34. Representação gráfica dos valores medidos de S25 no artigo A.2, antes e depois da atualização do target.

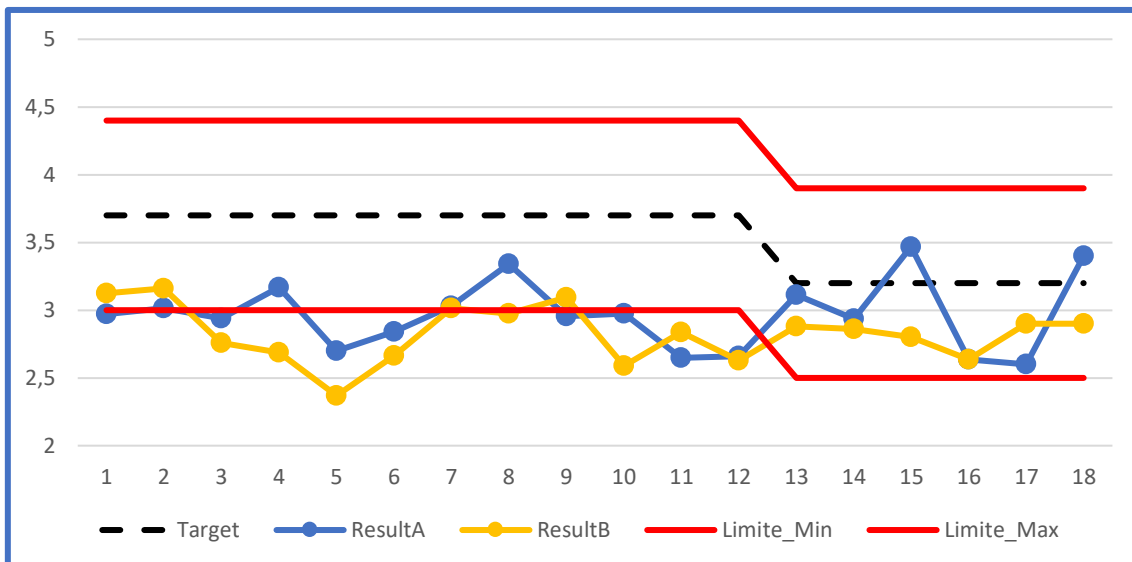


Figura 3.35. Representação gráfica dos valores medidos de S25 no artigo A.3, antes e depois da atualização do target.

Como é possível observar pelas figuras, após a atualização do *target* para cada artigo, as medições efetuadas ao S25 estão dentro dos limites especificados, o que mostra que os artigos estão conformes e apenas precisavam de uma atualização do target CTD.

3.4.2. Sobreposição do piso na zona do S25

Após a análise desta causa foi importante estudar alguns dos 13 artigos de maneira a rever o *target* e, perceber se necessita de mudanças deste valor. Para isso recorreu-se ao programa Minitab, que é um programa de computador direcionado para fins estatísticos, com o objetivo de estudar a capacidade do processo, mais concretamente definir o valor ideal do *target* de cada um dos artigos.

Inicialmente, dos 13 artigos foram selecionados 7 cujo histórico de valores era superior ao *target* definido e, com isso, simular o *target* ideal para ser considerada a sobreposição do piso que, inicialmente, não seria considerada.

Com o histórico de valores referente a cada artigo, no minitab construiu-se um conjunto de gráficos compostos por: Carta de Controlo de Observações Individuais (*I Chart*), Carta de Controlo de Amplitudes Móveis (*Moving Range Chart*), gráfico com os os dados usados, um histograma composto pelo *target* e pelos limites de especificação (*Capability Histogram*), gráfico com a distribuição normal dos dados (*Normal Prob Plot*) e por fim uma caixa com os indicadores de capacidade do processo (*Capability Plot*).

Após a construção dos gráficos avaliou-se a necessidade de ser definido um novo *target* para esses artigos de maneira a centrar os dados do histograma no valor alvo

(target). Na figura 3.36 encontra-se um exemplo de um artigo A, com o *target* que foi inicialmente definido e o *target* que foi definido como ideal, de maneira a centrar os valores.

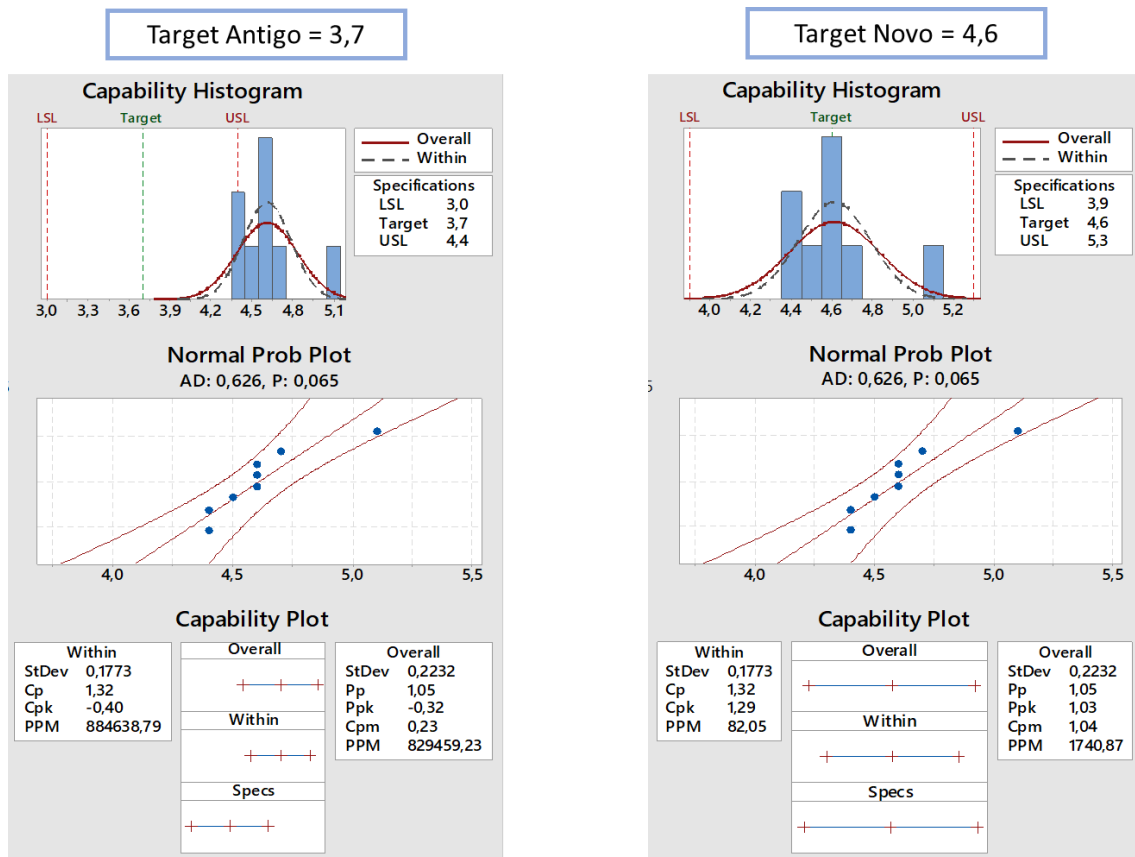


Figura 3.36. Exemplo de um artigo (Artigo A) com o *target* que foi inicialmente definido (antigo) e o *target* que foi definido como ideal (novo).

Como é possível observar pela figura 3.36, após a alteração de *target* os dados enquadraram-se dentro dos limites de especificação estabelecidos.

No *Capability Histogram* também são visíveis duas curvas, uma a traço interrompido e outra a contínuo. A curva a traço interrompido usa o desvio padrão entre os subgrupos e a curva global contínua utiliza o desvio padrão global [25]. Neste caso, a curva a traço interrompido não é considerada uma vez que os dados usados são valores individuais de medição do S25 que não estão divididos por subgrupos.

No *Normal Prob Plot* avalia-se se os dados seguem uma distribuição normal. Para tal o valor de p terá de ser maior que 0,05. Um nível de significância de 0,05 indica um risco de 5% de concluir que os dados não seguem a distribuição normal quando eles realmente a seguem [26]. Neste caso, $p = 0,065$, ou seja, os dados seguem uma distribuição normal.

Para além disso, são avaliados os valores de StDev, Pp, Ppk e Cpm que estão relacionados com o global, enquanto que os valores de Cp e Cpk, que estudam a relação entre subgrupos, não são considerados pela razão já mencionada anteriormente.

O StDev representa o desvio padrão global de todas as medições, ou seja, é uma estimativa da variação global do processo [27]. Este representa a variação real do processo. Neste caso temos um desvio padrão de 0,2232, o que significa que temos uma dispersão de 0,2232 relativamente à média dos nossos resultados.

Relativamente ao Pp, após a melhoria do *target*, obteve-se o mesmo valor de 1,05, uma vez que este indicador avalia a performance do processo com base na sua variação e não na sua localização relativamente aos limites. Para além disso, o Ppk aumentou de 0,32 para 1,03, ou seja, os dados melhoraram a sua localização, estando enquadrados com os novos limites estipulados.

No que diz respeito ao valor do Cpm, houve uma melhoria de 0,23 para 1,04, o que leva a concluir que existiu um melhor ajuste dos dados no valor alvo (*target*).

Assim, tendo em conta os valores obtidos, pode-se dizer que o processo é aceitável ou relativamente capaz.

Por fim o PPM é o número esperado de partes por milhão que estão fora dos limites de especificação [28].

Exemplo:

PPM = 233, significa que a % de partes não conformes corresponde a 0,0233%.

Neste caso obteve-se uma melhoria do PPM de 829459,23 para 1740,87 ou seja, 0,17% de partes não conformes, o que representa um baixo valor de dados fora dos limites.

Os restantes artigos, cuja alteração do *target* foi efetuada, encontram-se no Anexo C.

Outra forma de entender melhor esta causa e confirmar que os *targets* dos artigos estão a ser bem definidos, seria desenvolver uma ferramenta que, através do cálculo proposto anteriormente para garantir que o piso sobrepõe ou não a zona do S25, evidenciasse se no artigo em questão deve ser considerada esta causa ou não.

Assim, através do Visual Basic, incorporado no Excel, foi desenvolvido um programa ideal para este problema. O Visual Basic utiliza uma linguagem de programação, os chamados códigos, capaz de desenvolver uma ferramenta fácil e prática para diversas aplicabilidades. Neste caso o objetivo seria, colocar o artigo que fosse pretendido estudar, e a ferramenta devolver os valores de largura total do piso e largura da secção e, assim, calcular se há sobreposição do piso na zona de medição do S25.

Na figura 3.37 encontra-se o código desenvolvido no Visual Basic, para desenvolver esta ferramenta.

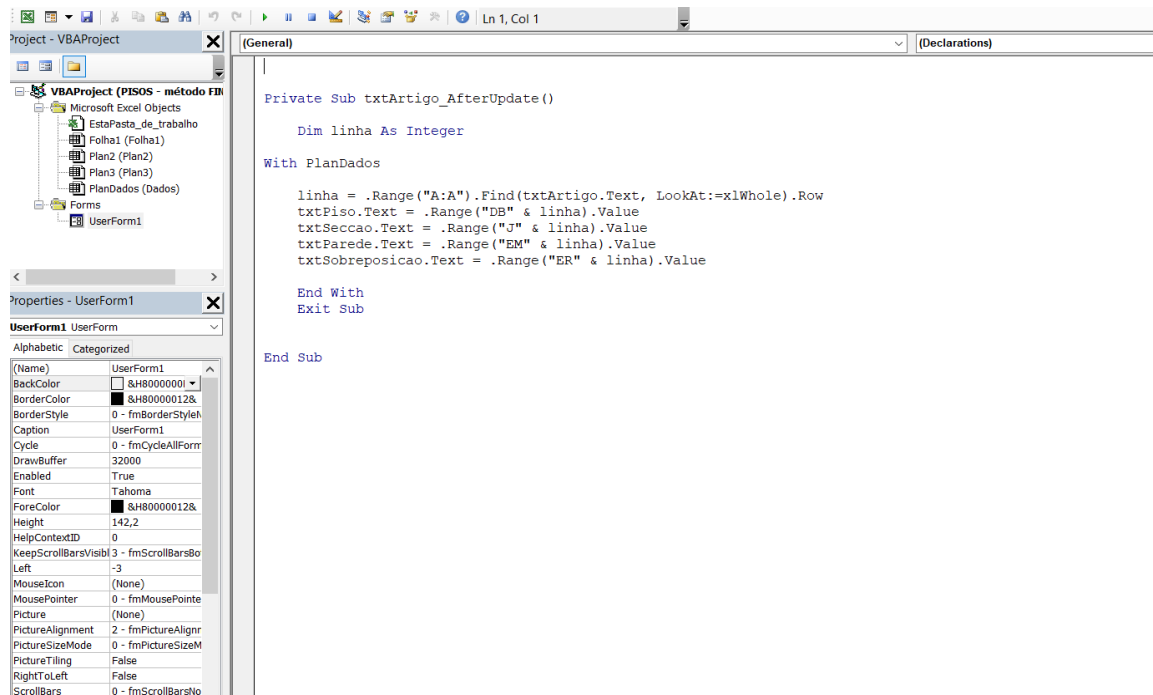


Figura 3.37. Código desenvolvido em Visual Basic, para ferramenta de sobreposição do piso.

Através deste código é possível fazer correr o programa, sendo que inicialmente aparece uma caixa que pede o artigo que queremos analisar e após inserir o artigo, temos as informações relativas à largura total do piso, largura da secção, tipo de parede e se este sobrepõe o S25 ou não. Na figura 3.38 temos um exemplo de um artigo.

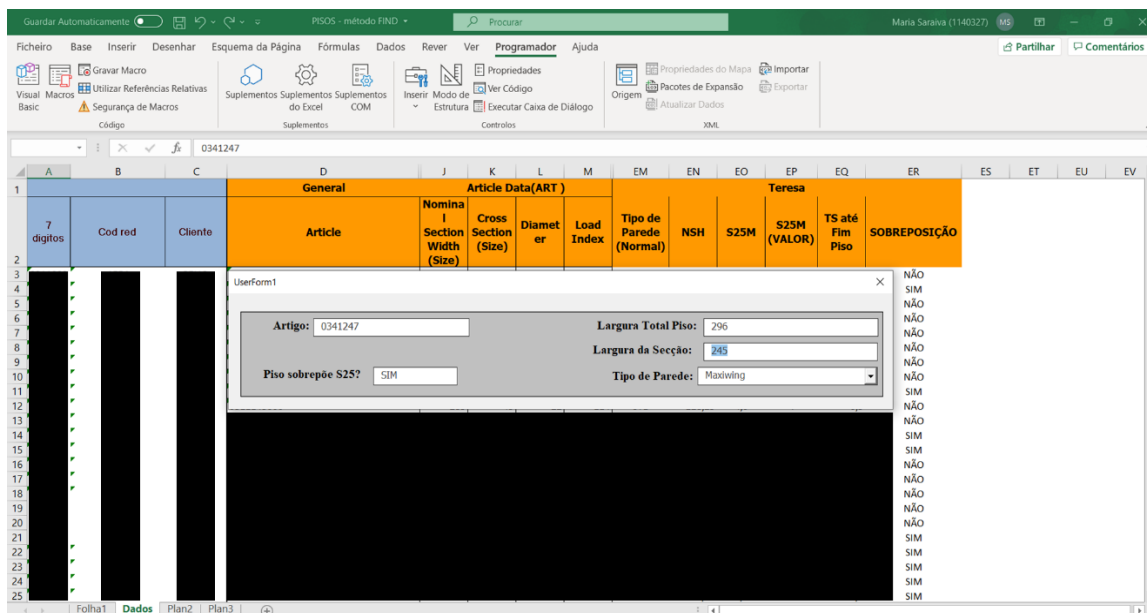


Figura 3.38. Representação do excel e da ferramenta desenvolvida para a sobreposição do piso.

Assim, através desta ferramenta sempre que for necessário definir um *target* para um determinado artigo, facilmente esta calcula se existe sobreposição do piso na zona do S25. Caso não sobreponha, o *target* é definido segundo as regras habituais, mas se existir sobreposição, deve ser considerada mais espessura, logo um valor de *target* maior.

3.4.3. Atualizações do target CTD ou da especificação da parede lateral ao longo do tempo

No sentido de melhorar os resultados do parâmetro a ser estudado, os artigos B.1 e B.2 foram estudados no que diz respeito às suas medições e das suas atualizações de especificação ao longo tempo.

Assim, no sentido de avaliar qual o *target* que melhor se adequa aos artigos a serem estudados, realizou-se uma análise estatística com o objetivo de estudar a capacidade do processo e, com isto, definir o valor ideal do *target* de cada um dos artigos. Na figura 3.39 encontra-se o artigo B.1, com o *target* que foi inicialmente definido e o *target* que foi definido como ideal, de maneira a centrar os valores.

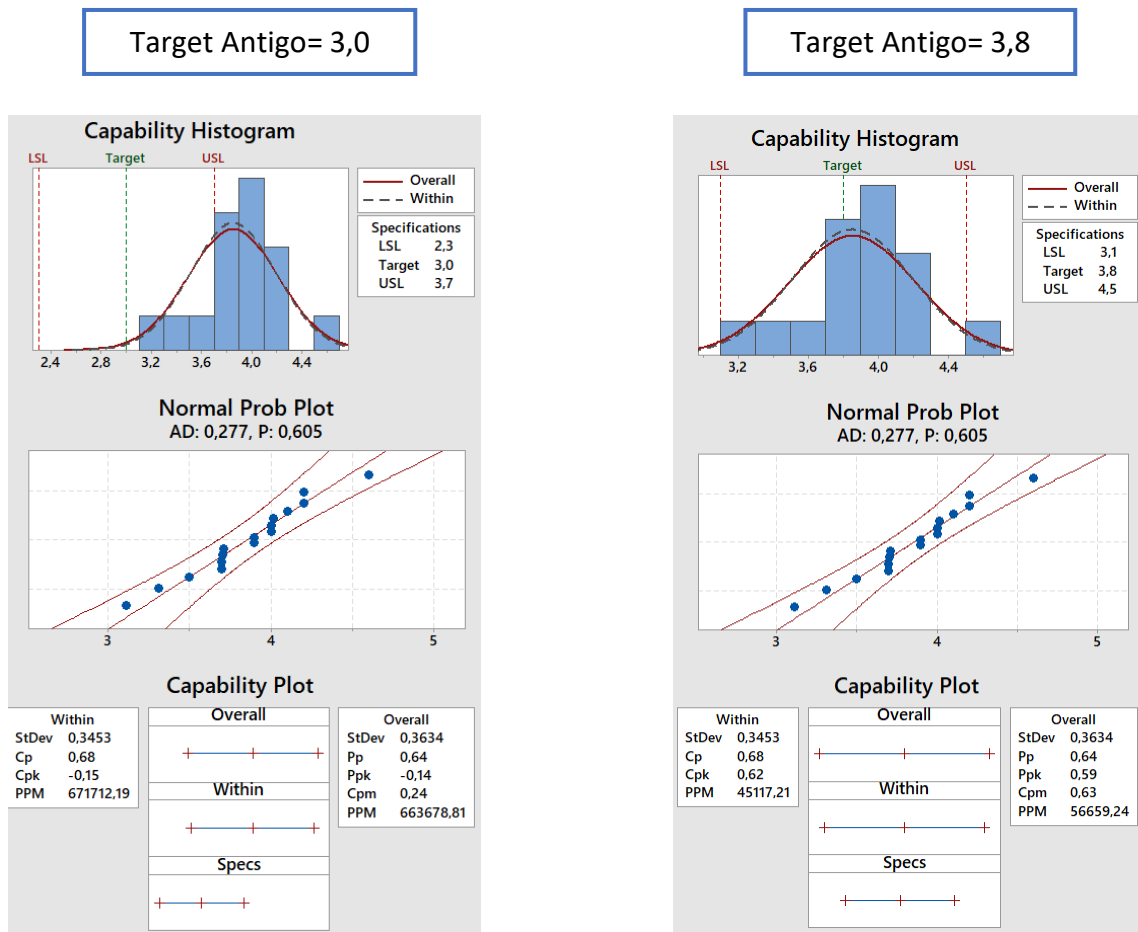


Figura 3.39. Artigo B.1 com o target que foi inicialmente definido (antigo) e o target que foi definido como ideal (novo).

Analisando a figura 3.39 temos um desvio padrão de 0,3634, o que significa que temos uma dispersão de 0,3634 relativamente à média dos resultados.

Relativamente ao Pp, após a melhoria do *target*, obteve-se o mesmo valor de 0,64, uma vez que este indicador avalia a performance do processo com base na sua variação e não na sua localização relativamente aos limites. Para além disso, o Ppk aumentou de -0,14 para 0,59, ou seja, os dados melhoraram a sua localização, estando mais enquadrados com os novos limites estipulados.

No que diz respeito ao valor do Cpm, houve uma melhoria de 0,24 para 0,63, o que leva a concluir que existiu um melhor ajuste dos dados no valor alvo (*target*).

Na figura 3.40 encontra-se o artigo B.2, com o *target* que foi inicialmente definido e o *target* que foi definido como ideal, de maneira a centrar os valores.



Figura 3.40. Artigo B.2 com o target que foi inicialmente definido (antigo) e o target que foi definido como ideal (novo).

Analisando a figura 3.40 temos um desvio padrão de 0,3069, o que significa que temos uma dispersão de 0,3069 relativamente à média dos resultados.

Relativamente ao Pp, após a melhoria do *target*, obteve-se o mesmo valor de 0,76, uma vez que este indicador avalia a performance do processo com base na sua variação e não na sua localização relativamente aos limites. Para além disso, o Ppk aumentou de 0,19 para 0,74, ou seja, os dados melhoraram a sua localização, estando mais enquadrados com os novos limites estipulados.

No que diz respeito ao valor do Cpm, houve uma melhoria de 0,37 para 0,76, o que leva a concluir que existiu um melhor ajuste dos dados no valor alvo (*target*).

Em ambos os casos os valores de Ppk e Cpm são inferiores a 1, ou seja, este processo não é considerado capaz. Contudo o objetivo principal desta análise passou por melhorar os valores de Ppk e Cpm, para centrar os valores no target, o que, de facto aconteceu.

Concluindo, os artigos B.1 e B.2 têm valores de *targets* propostos de 3,8 e 3,5, respectivamente. Contudo, uma vez que são artigos que correspondem à mesma família de pneus, apenas é possível propor um *target* para ambos, sendo esse de 3,5. Por isso, após isso, construiu-se a tabela 3.14 com o *target* atual e o *target* proposto.

Tabela 3.14. Target atual e target proposto para os artigos analisados (B.1 e B.2)

Artigo	Medida	Target Atual	S25M	Target Proposto
B.1	195/50 R 15	3,0	-8,0	3,5
B.2	195/50 R 15	3,0	-8,0	3,5

De maneira a dar seguimento a esta melhoria, reuniu-se com o Departamento de Industrialização do Produto, expondo os artigos e o estudo realizado, como intuito de comunicarem com a sede da empresa na Alemanha e proporem esta alteração para se obter resultados de qualidade.

3.4.4. Existência de gravações na zona do S25

Como mencionado anteriormente, esta é uma causa que tem algumas implicações na não conformidade do pneu. Contudo é uma causa que dificilmente é eliminada, uma vez que muitos pneus no seu layout possuem desenhos e gravuras próprias.

De maneira a prevenir que as gravações, existentes nos pneus, não sejam consideradas na hora de medição em CTD, foi importante instruir os analistas no sentido de entenderem quais as situações em que isso pode acontecer e como devem proceder.

Assim, foi desenvolvida uma apresentação que explicasse da melhor forma esta causa estudada. Na figura 3.41 encontra-se um exemplo apresentado de uma secção cujo valor do S25 deu não conforme devido à consideração de uma gravação.

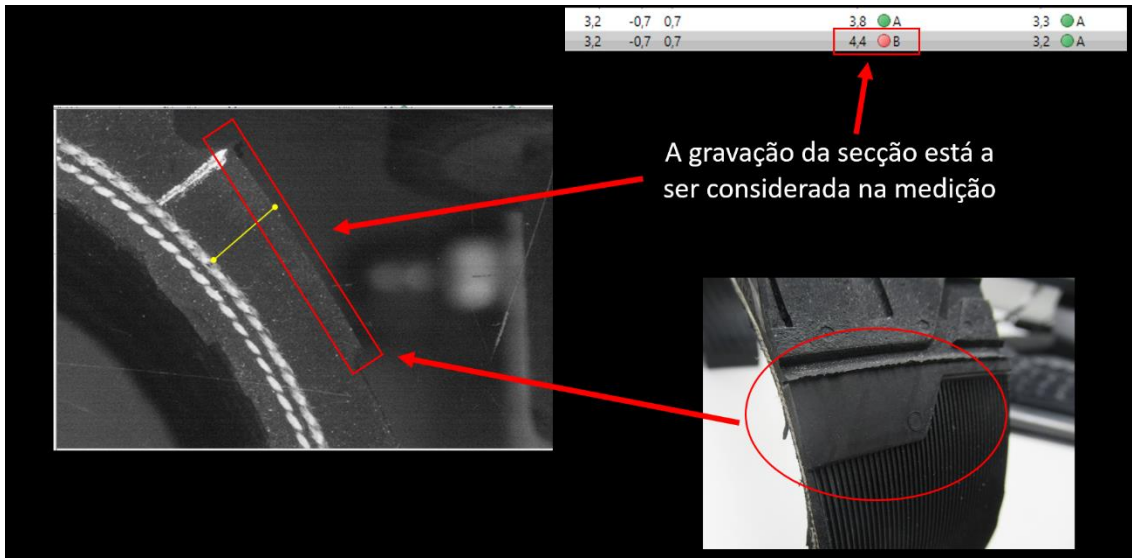


Figura 3.41. Exemplo de uma secção cujo S25 deu não conforme devido à consideração de uma gravação.

De maneira a contornar estas situações existem duas hipóteses que podem solucionar este problema. Primeiramente a espessura pode ser medida no lado oposto da secção, caso a gravação não se prolongue até esse mesmo lado. Na figura 3.42 está a explicação de como essa medição é feita.

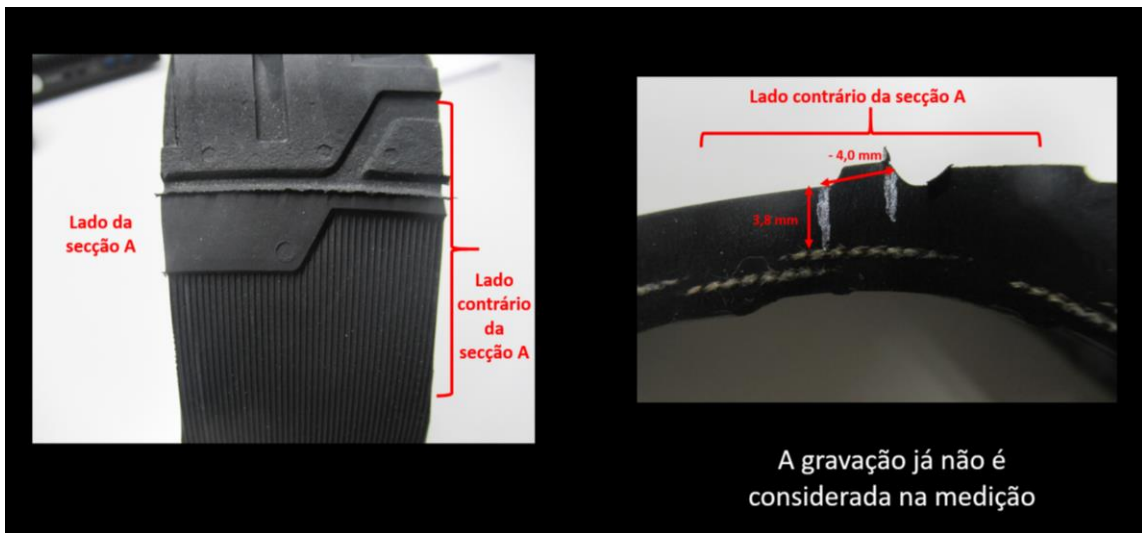


Figura 3.42. Medição do S25 no lado oposto da secção de maneira a não considerar a gravação nessa zona.

No caso de a gravação prolongar a secção, a outra hipótese passa por desconsiderar a espessura da gravação em CTD, medindo então o S25 sem esse incremento. Na figura 3.43 encontra-se como essa medição é feita neste caso.

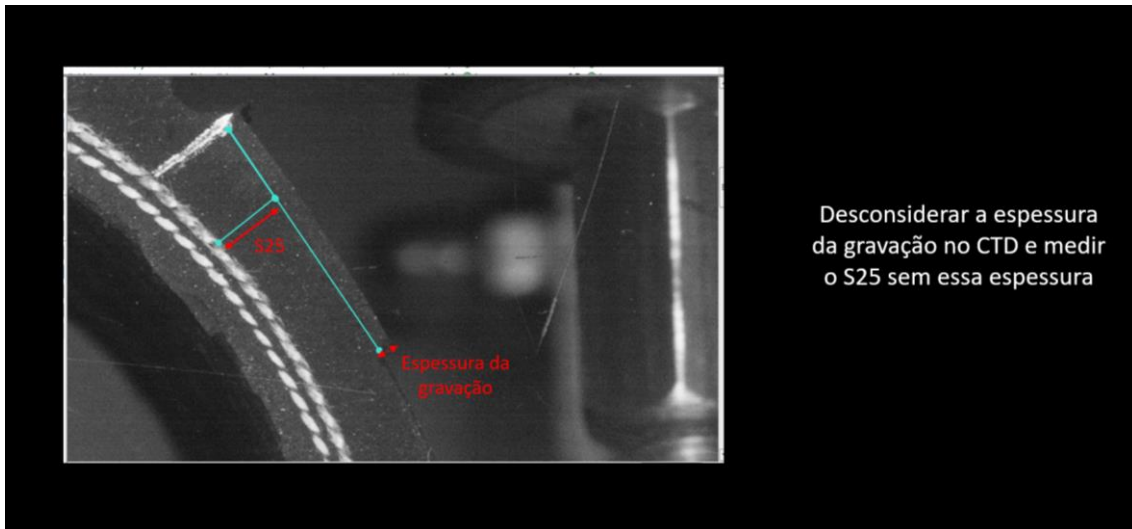


Figura 3.43. Medição do S25 não considerando a espessura da gravação nessa zona.

Concluindo, estas são medidas que devem ser adotadas sempre que são medidas as secções em CTD, ou seja, os analistas para além de medirem os parâmetros, têm de entender o que estão a medir e ser críticos na sua análise, com o objetivo de se obter os mesmos resultados com diferentes analistas.

3.4.5. Perfil da parede fora da tolerância

Com o objetivo de se obter uma medição de S25 conforme, foi necessário atuar nesta causa. Como mencionado anteriormente, na fase de Análise, a configuração correta de uma feira é muito importante, na medida que permite obter uma correta extrusão das paredes do pneu.

Assim, em seguimento dos artigos selecionados para avaliar esta causa, foi importante pedir a correção das feiras de modo a obter uma correta perfilometria das paredes e, conseqüentemente, uma medição em CTD conforme.

Após a correção das feiras foi realizado um novo acompanhamento ao pneu, de forma a comprovar que tudo é realizado corretamente antes da vulcanização. Na figura 3.44 encontra-se a perfilometria das paredes usadas no artigo D.1.

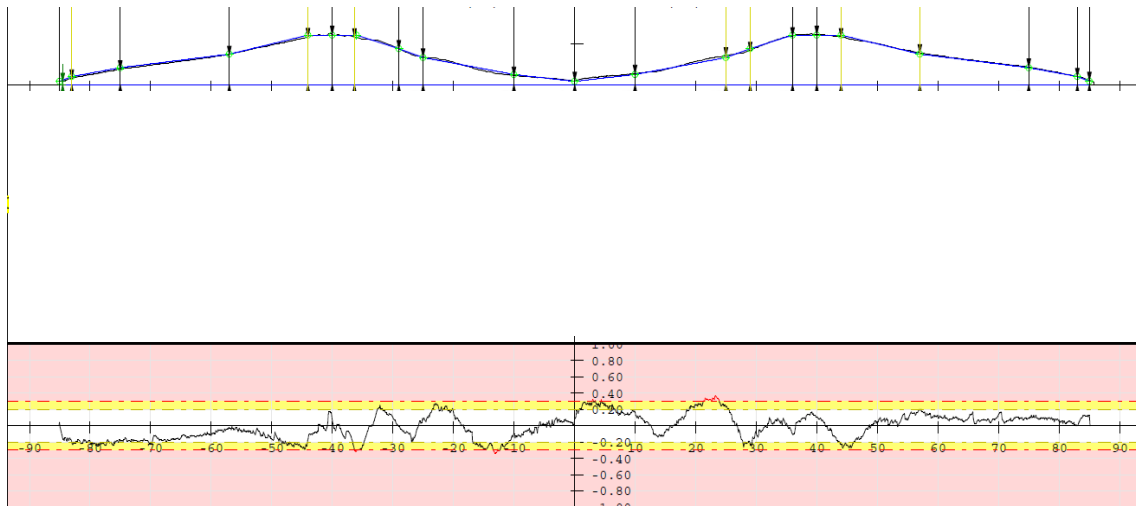


Figura 3.44. Representação da perfilometria conforme da parede do artigo D.1.

Pela observação da figura 3.44, a perfilometria da parede do artigo D.1 encontra-se dentro das tolerâncias esperadas, o que nos leva a crer que o artigo em CTD irá ter a medição do S25 de acordo com o definido.

Assim, após o pneu ser marcado e vulcanizado, foram cortadas secções e analisadas em CTD. Na figura 3.45 está representada a medição do parâmetro a ser estudado.

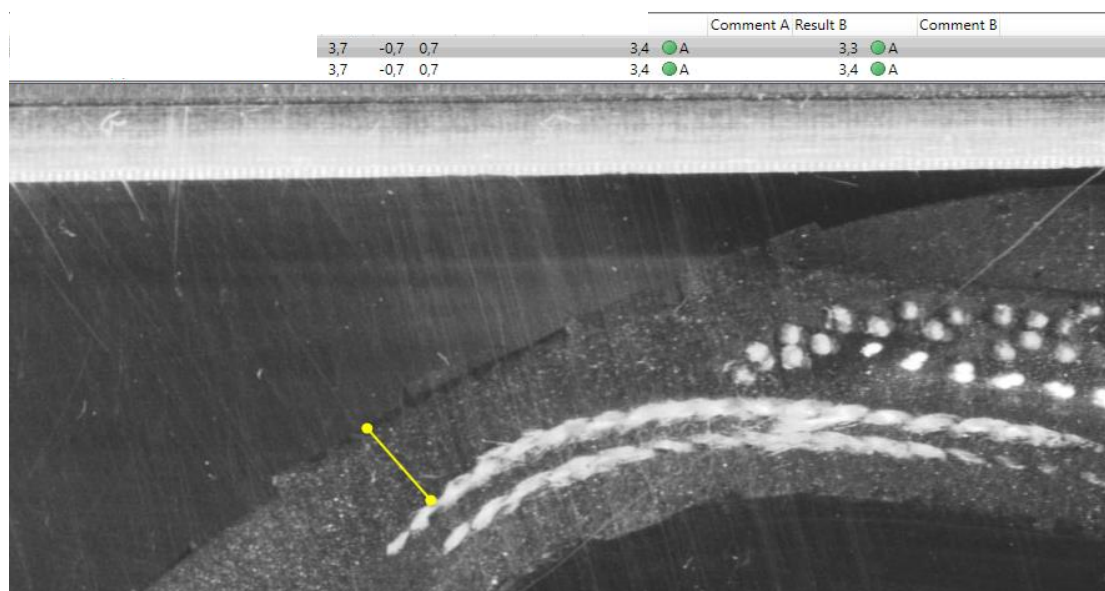


Figura 3.45. Medição do S25 no artigo D.1, após correção de feiras.

Tal como no artigo D.1, o artigo D.2 também sofreu alterações importantes para obter conformidade do produto final. Na figura 3.46 encontra-se a perfilometria das paredes corrigidas.

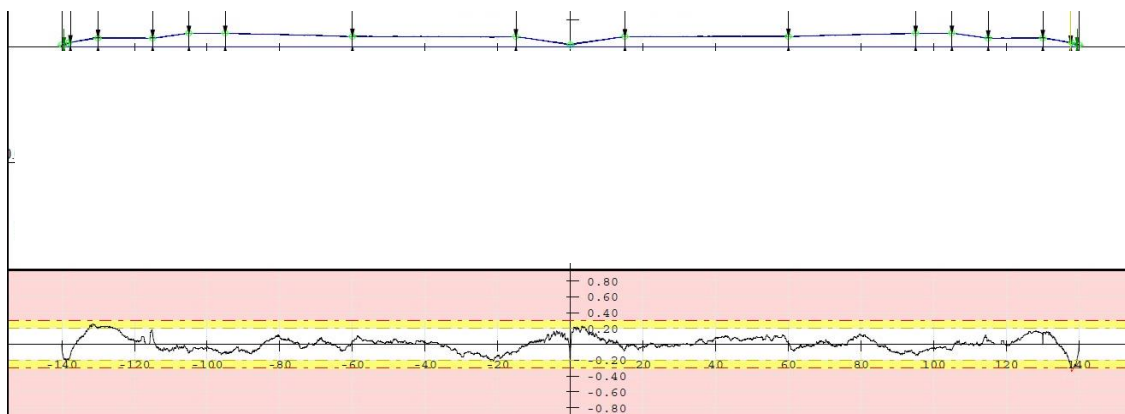


Figura 3.46. Representação da perfilometria conforme da parede do artigo D.2.

Posto isto, tal como aconteceu para o artigo D.1, as secções correspondentes ao artigo D.2 foram medidas em CTD. Na figura 3.47 está representada a medição do S25.



Figura 3.47. Medição do S25 no artigo D.2, após correção de feiras.

Para além da correção de perfil das paredes do artigo D.2, também houve mudança do target em CTD. Este é um caso que evidencia que é necessário corrigir mais que um problema comum ao mesmo pneu, ou seja, reuniram-se esforços para que tanto o perfil como o target em CTD convergissem no sentido da conformidade do produto.

Pode-se, então, concluir que após a correção do perfil das paredes, ambos os artigos obtiveram valores de S25 conformes, isto é, dentro dos valores estipulados, sendo cumprido o objetivo de melhoria.

3.5. Quinta Etapa – Controlar

A metodologia DMAIC passa por 5 etapas que apesar de serem poucas envolvem um processo bastante árduo, pois é necessário ser estudado ao pormenor, com rigor e sentido crítico, pois cada etapa é dependente uma da outra.

Nesta fase é confirmada a implementação da melhoria para a resolução do problema, são validados os benefícios alcançados e as alterações a que o processo pode estar sujeito, bem como a constante implementação de ferramentas de controlo para a melhoria contínua.

3.5.1. Implementação da melhoria

No início do processo de estudo do S25 foram definidas várias causas que poderiam justificar a não conformidade do S25, contudo devido ao elevado número de causas, foi necessário eleger as cinco que poderiam influenciar negativamente este parâmetro. Assim, ao longo do estudo, para essas 5 causas foram implementadas propostas de melhoria com o intuito de melhorar a conformidade dos pneus.

Relativamente às causas “*Target* do CTD diferente da especificação (início da industrialização)” e “Atualizações do *target* do CTD ou da especificação da parede lateral ao longo do tempo” a melhoria passou por reavaliar quais os *targets* que se ajustavam melhor a cada um dos artigos permitindo um melhor controlo dos resultados e consequentemente artigos conformes.

No que diz respeito à causa “Sobreposição do piso” uma das melhorias propostas passaria pela ferramenta desenvolvida em *Visual Basic* que facilitaria a definição do *target* para artigos que possam estar não conformes, mas também para aqueles que irão receber o S25. Assim, caso o piso não sobreponha a zona de medição do S25, o *target* é definido segundo as regras habituais, mas se existir sobreposição, deve ser considerada mais espessura, logo um valor de *target* maior.

Relativamente à “existência de gravações na zona do S25” esta é uma causa que apesar de ser facilmente visível, acaba por escapar se o sentido crítico e a constante

melhoria não forem usadas. Assim, a implementação da melhoria passa por instruir os analistas para a correta medição do S25 nessa zona, quer seja considerado a zona oposta da secção onde não existe gravação, ou então no próprio programa de CTD, retirar essa espessura com linhas auxiliares e medindo a espessura real.

Por último em relação ao “perfil da parede fora da tolerância”, a proposta de melhoria passa por confirmar sempre que as extrusoras estão, de facto, a produzir paredes laterais dentro das tolerâncias previstas, sendo necessário reforçar esta preocupação e o adquirir material, por assim dizer, conforme para, conseqüentemente, pneus dentro do estipulado.

3.5.2. Controlo da Melhoria Contínua

Como mencionado anteriormente, o S25 é um parâmetro que tem vindo a ser adicionado aos artigos existentes na empresa sendo, por isso, um parâmetro de especial atenção.

No caso das causas relacionadas com os *targets*, este é um parâmetro que para além de se tratar de um *blue item* e estar bastante relacionado com a performance do pneu, também por ser novo deve ser avaliado, colocando sempre os prós e contras, e revisto garantindo a sua correta implementação em cada artigo produzido. Por norma este é um trabalho que está muito dependente do DIP, uma vez que são eles os responsáveis por definir o *target* inicial, bem como gerir todas as alterações nos artigos. Contudo o DQ (Departamento de Qualidade), em concreto, quem lida com a avaliação do produto, deve incentivar a constante revisão deste parâmetro nos artigos que são analisados ao longo do ano, realizando *brainstormings* que obriguem a compilação de ideias para um melhor desempenho do S25.

No caso das gravações existentes na parede, o controlo passa muito pela reforçada atenção dos analistas na altura de medição das secções. E para isso é importante reforçar a formação e a disciplina nestes casos especiais que apesar de parecerem irrelevantes, têm repercussões negativas na conformidade do produto.

No caso do perfil da parede fora da tolerância, é fulcral definir períodos fixos de inspeção das perfilometrias, bem como períodos fixos para a correção das mesmas, isto porque os pneus estão sempre em produção e em grande massa. Para além disso, as extrusoras podem estar diretamente relacionadas com a imprecisão das paredes, ou seja,

não estarem a funcionar nas devidas condições e assim prejudicar o bom desempenho da parede no pneu, sendo então importante avaliar o comportamento das mesmas.

3.6. Resultados da Implementação DMAIC

Inicialmente, na fase de definição foi definido o objetivo de aumento de conformidade do produto, especificamente do parâmetro S25, que foi o focado ao longo do estudo, de 90% para 95%. Na fase da Análise foi observada a variação das percentagens de não conformidade do S25 ao longo dos meses do ano de 2019, sendo que após as melhorias impostas para as causas estudadas é fulcral avaliar a conformidade deste parâmetro ao longo dos meses de 2020 e comparar com o ano de 2019.

Na figura 3.48 encontra-se a percentagem de não conformidade do S25 ao longo dos meses do ano de 2020 e na figura 3.49 a comparação entre o ano de 2019 e o ano de 2020.

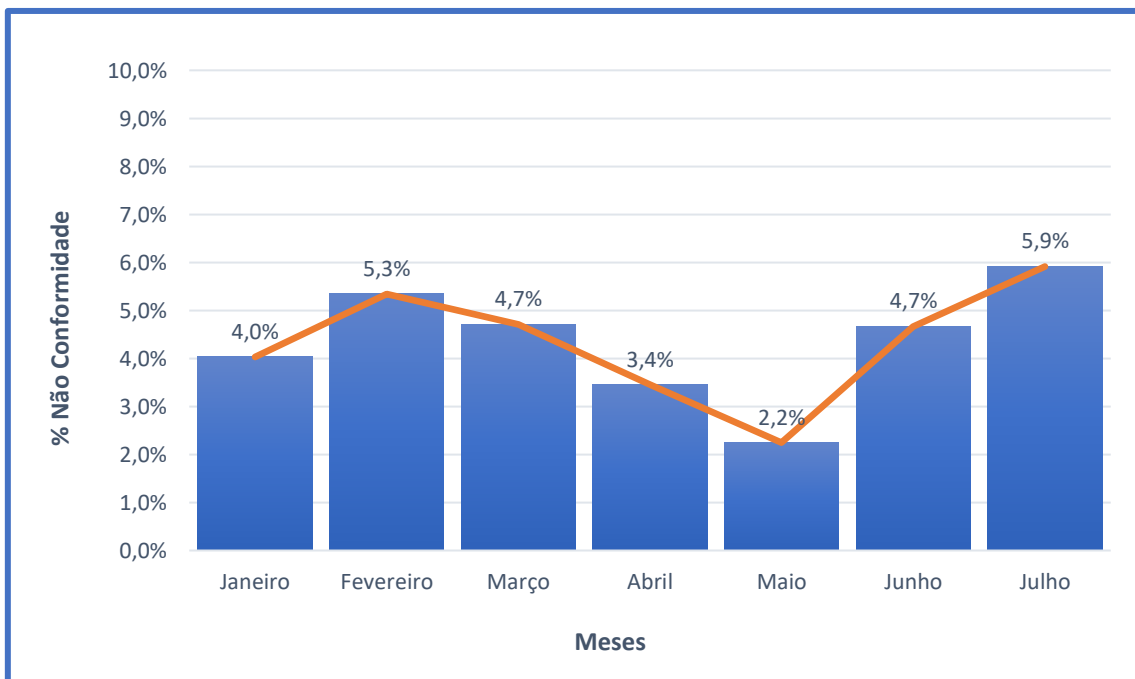


Figura 3.48. Representação gráfica da percentagem de não conformidade do S25 ao longo do ano de 2020.

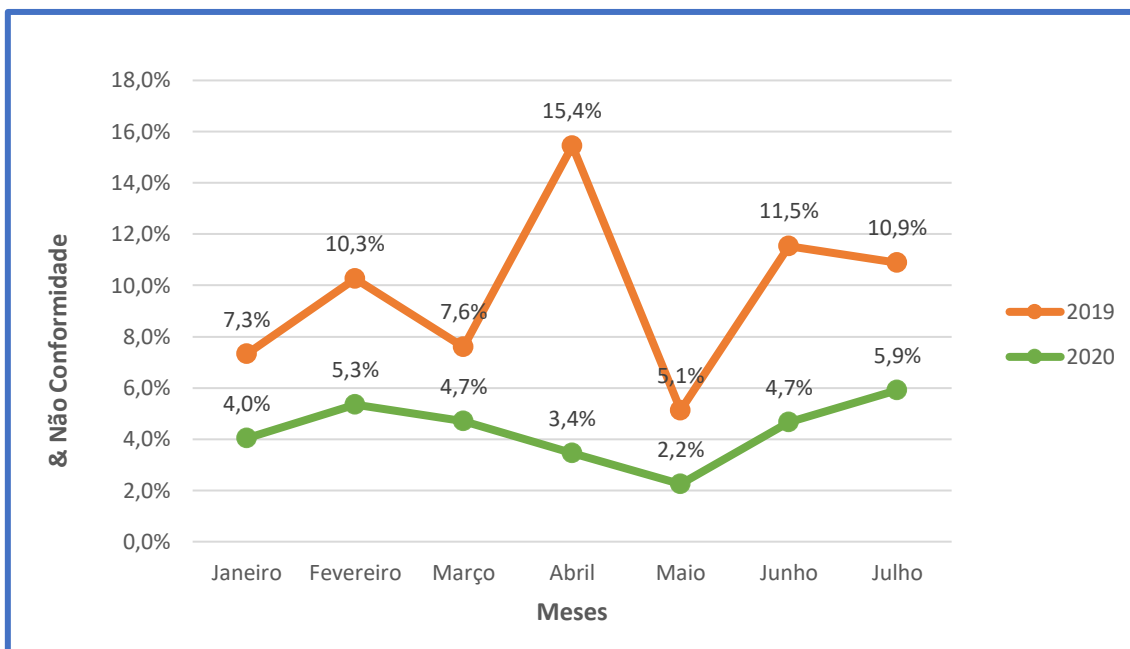


Figura 3.49. Comparação dos resultados de não conformidade do S25 ao longo dos meses dos anos de 2019 e 2020.

Como é claro pela análise da figura 3.49, os resultados de 2020 ao longo dos meses tiveram uma diminuição comparativamente ao ano de 2019. Claramente que entre os meses de março e maio houve um decréscimo de produção, devido à pandemia instalada mundialmente, e conseqüentemente um decréscimo de artigos para analisar. Contudo é possível concluir que as medidas que foram sendo implementadas trouxeram resultados importantes na conformidade do pneu. Na tabela 3.15 temos a comparação dos resultados entre os anos de 2019 e 2020 e, também, a percentagem de conformidade que foi possível obter até à data.

Tabela 3.15. Dados relativos às medições não conformes nos anos de 2019 e 2020 e as percentagens de conformidade e não conformidade em cada mês.

Resultados de 2019				Resultados de 2020			
Meses	Medições totais	Medições S25	%	Meses	Medições totais	Medições S25	%
Janeiro	82	6	7,3	Janeiro	124	5	4,0
Fevereiro	117	12	10,3	Fevereiro	131	7	5,3
Março	79	6	7,6	Março	85	4	4,7
Abril	123	19	15,4	Abril	87	3	3,4
Mai	117	6	5,1	Mai	89	2	2,2
Junho	78	9	11,5	Junho	150	7	4,7
Julho	202	22	10,9	Julho	186	11	5,9
Agosto	61	10	16,4				
Setembro	129	20	15,5				
Outubro	96	9	9,4				
Novembro	151	9	6,0				
Dezembro	61	2	3,3				
SOMA	1296	130		SOMA	851	36	
% Não Conformidade			10,0	% Não Conformidade			4,6
% Conformidade			90,0	% Conformidade			95,4

Em suma, pela análise das figuras e tabelas, a percentagem de conformidade definida como objetivo inicial de 95%, foi atingida até ao mês de julho. Contudo é fulcral, apostar na melhoria contínua tanto no S25 como em outros parâmetros que sejam importantes nos pneus.

4. Conclusões e propostas de trabalhos futuros

A constante procura de implementação dos sistemas de melhoria contínua no meio industrial torna-se fácil quando o nível de experiência e histórico na organização é elevado. Este é o caso da Continental Mabor, cuja organização direciona a proatividade e excelência que sustentam a sua missão e valores na obtenção de um produto que esteja sempre em progresso com o mercado atual.

Assim, o objetivo deste estágio curricular passou pelo aumento da conformidade do produto final. Para isso foram definidos objetivos pontuais e etapas a seguir que seriam fulcrais para culminar no ponto principal deste estudo.

Para tal e numa primeira fase, foi importante adquirir conhecimentos básicos sobre o pneu, o produto final, e como todo o processo acontece, desde as matérias primas chegarem à produção até o pneu seguir até ao cliente. Para além disso, uma vez que o estudo se debruçou no aumento da conformidade do produto, foi crucial adquirir conhecimentos relativos ao processo de avaliação do pneu e de todas as etapas a que este está sujeito desde que é produzido, até chegar ao cliente.

Numa segunda fase foi necessário recolher dados sobre o estado atual do pneu e debater qual o parâmetro, que é avaliado no pneu, e que estaria a compilar maiores resultados para a não conformidade do mesmo. Após o parâmetro S25 ser selecionado, o estudo passou para uma fase em que foram escolhidas as causas que mais estariam a influenciar negativamente o S25, de maneira a serem analisadas a fundo.

Seguidamente as cinco causas mais importantes foram analisadas individualmente. Concluiu-se que existiam artigos cujo S25 não conforme devia-se ao facto de o *target* definido não estar de acordo com a especificação do mesmo e, portanto, ser necessária a sua alteração. Para além disso, a sobreposição do piso na zona de medição do S25, estaria a prejudicar esta medição, uma vez que em artigos que recorrem a paredes do tipo STB, SUB e SUB+Wrap, e que à partida o piso não iria sobrepor o S25, na verdade acontecia, e por isso, existiam artigos com *target* abaixo do real, sendo necessária a sua revisão. A existência de gravações, na zona do S25, influenciava os valores de espessura, uma vez que estaria a ser admitida maior espessura, quando na realidade apenas se tratava de letras ou desenhos na parede lateral e, portanto, foi importante incutir que as mesmas não devem ser consideradas nas medições. Por fim, existiam casos cujo perfil da parede lateral não se enquadrava com as tolerâncias admitidas, uma vez que a configuração das

feiras não era a estipulada e, portanto, as paredes adquiriam maior espessura, tendo sido importante a definição de períodos para a contante correção das mesmas e estudar a eventualidade de as extrusoras terem alguma influência na incorreta configuração das paredes.

Como propostas futuras para a continuação deste trabalho estas passariam por um estudo mais incidente no processo de vulcanização, como também, num estudo das extrusoras que produzem as paredes com o objetivo de entender se influenciam negativamente a espessura da parede lateral.

Como considerações finais, poder-se-á afirmar que, para além do elevado conhecimento adquirido ao longo do tempo de estágio, o objetivo geral do tema da dissertação foi concretizado uma vez que a conformidade do produto aumentou de 90% para 95%.

Referências Bibliográficas

- [1] Continental. “Our History”. <https://www.continental.com/en/company/history> (acedido a 18 outubro 2019).
- [2] Correia Fernandes Ferreira, Gustavo José, 2013. Análise e melhoria de um processo produtivo de uma empresa do ramo automóvel. Tese de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial. Escola de Engenharia, Universidade do Minho. 115 pp.
- [3] Continental. “Continental AG – Os produtos de elevado desempenho derivam de uma cultura de elevado desempenho”. <https://www.continental-pneus.pt/ligeiros/empresa/profiss%C3%B5es-carreira> (acedido a 25 novembro 2019).
- [4] Costa Carvalho, João Pedro, 2015. Análise de tempos e métodos e implementação de ferramentas lean num sistema produtivo. Tese de Mestrado em Engenharia Industrial. Escola de Engenharia, Universidade do Minho. 169 pp.
- [5] Amorim Barbosa, Bruno Miguel, 2017. Implementação de melhoria o processo de produção de talões para pneu. Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica. Instituto Superior de Engenharia do Porto. 142 pp.
- [6] ”Sobre o investimento de 150 M€ da Continental Mabor (Portugal) para expansão da produção de pneus para ligeiros e entrada no mercado de pneus agrícolas”. <https://engenharia-quimica.blogspot.com/2017/09/sobre-o-investimento-de-150-m-da.html> (acedido a 20 de outubro 2019).
- [7] Manual da Qualidade da Continental Mabor. Fevereiro, 2020.
- [8] Manual do Estagiário da Continental Mabor. Fevereiro, 2020.
- [9] Continental. “A nossa visão: onde nos vemos a longo prazo?”. <https://www.continental.com/pt-pt/empresa/corporate-strategy/vision-mission-88892>. (acedido em 27 de março de 2020).
- [10] Manual de Recomendações da Continental Mabor. Novembro, 2019.
- [11] Dias, Bruno, Gomes, Filipe, Branco, João. 6 Sigma. Escola Superior de Tecnologia, Setúbal. (descarregado a 3 de novembro 2019).
- [12] Shende, Nitin. “Everything You Need to Know About Six Sigma Certification”. Julho 26, 2019. <https://www.vinsys.com/blog/everything-you-need-to-know-about-six-sigma/> (acedido a 15 de novembro)
- [13] Apontamentos da Unidade Curricular de Gestão e Ferramentas da Qualidade do Mestrado de Engenharia Química, Instituto Superior de Engenharia do Porto – Seis Sigma. Disponibilizado pela docente Maria Manuela Martins Da Silva
- [14] Apontamentos da Unidade Curricular de Gestão e Ferramentas da Qualidade do Mestrado de Engenharia Química, Instituto Superior de Engenharia do Porto – As ferramentas base para resolução de problemas. Disponibilizado pela docente Maria Manuela Martins Da Silva

- [15] Longo, A. T. MÓDULO: Ferramentas e Técnicas da Qualidade. Manual do Participante (descarregado a 20 de outubro de 2019).
- [16] Magalhães, P. J. AS 7 FERRAMENTAS DA QUALIDADE. (descarregado a 20 de outubro de 2019).
- [17] “Fluxograma: O que é?” <https://fluxograma.net/fluxograma-o-que-e> (acedido a 23 de outubro 2019).
- [18] “BOXPLOT” <http://www.portalaction.com.br/estatistica-basica/31-boxplot> (acedido a 5 de junho de 2020)
- [19] Rodrigues, Miguel, 2012. APLICABILIDADE DAS CARTAS DE CONTROLO AO PROCESSO PRODUTIVO DOS FAROLINS. Projeto Final Mestrado em Engenharia de Produção. Escola Superior de Tecnologia de Setúbal. 98 pp.
- [20] de Oliveira Reis, Mariana. 2017. Aplicação do Controlo Estatístico de Processos na Indústria Vidreira. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. 180 pp.
- [21] “GRÁFICOS PARA VALORES INDIVIDUAIS E AMPLITUDES MÓVEIS” <http://www.portalaction.com.br/controle-estatistico-do-processo/43-graficos-para-valores-individuais-e-amplitudes-moveis> (acedido a 29 de junho)
- [22] “Que valores meta de Cp e Cpk eu devo usar?” <https://www.harbor.com.br/harbor-blog/2017/12/21/valores-de-cp-e-cpk/> (acedido a 29 de junho)
- [23] Atlas Copcp. Guia de bolso de técnicas de análise estatística. 36 pp. (versão PDF do documento descarregada em 30 de junho de 2020)
- [24] “Objetivos SMART: Entenda Como Criar Os Seus (Com 20 Exemplos)” <https://neilpatel.com/br/blog/objetivos-smart/> (acedido a 20 de maio 2020)
- [25] “ Gráficos para Análise de capacidade normal para múltiplas variáveis” <https://support.minitab.com/pt-br/minitab/18/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/capability-analysis/how-to/capability-analysis/normal-capability-analysis-for-multiple-variables/interpret-the-results/all-statistics-and-graphs/graphs/> (acedido a 22 de junho)
- [26] “ Gráficos para Análise de capacidade normal para múltiplas variáveis” <https://support.minitab.com/pt-br/minitab/18/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/capability-analysis/how-to/capability-analysis/normal-capability-analysis-for-multiple-variables/interpret-the-results/all-statistics-and-graphs/graphs/> (acedido a 22 de junho)
- [27] “ Dados de processo para Análise de Capacidade Entre/Dentro” <https://support.minitab.com/pt-br/minitab/19/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/capability-analysis/how-to/capability-analysis/between-within-capability-analysis/interpret-the-results/all-statistics-and-graphs/process-data/#stdev-overall> (acedido a 22 de junho)
- [28] “ Estatística de capacidade para Sixpack de capacidade entre/dentro” <https://support.minitab.com/pt-br/minitab/18/help-and-how-to/quality-and-process->

improvement/capability-analysis/how-to/capability-sixpack/between-within-capability-sixpack/interpret-the-results/all-statistics-and-graphs/capability-statistics/#expected-b-w-performance---ppm-total (acedido a 22 de junho)

[29] Apontamentos da Unidade Curricular de Gestão e Ferramentas da Qualidade do Mestrado de Engenharia Química, Instituto Superior de Engenharia do Porto – Resumo das Fórmulas de Cálculo para as Cartas de Controlo. Disponibilizado pela docente Maria Manuela Martins Da Silva.

Anexo A – Constantes das Cartas de Controle

aplicações estatísticas

CONSTANTES PARA CARTAS DE CONTROLO

Dimensão da amostra	Carta para as médias			Carta para desvio padrão				Carta para amplitudes				Carta para valores individuais				
	Limites			Limites				Limites				Limites				
	A	A ₂	A ₃	Linha média	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	d ₂	d ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	E ₂	E ₃
2	2,121	1,88	2,659	0,7979	0	3,267	0	2,606	1,128	0,853	0	3,686	0	3,267	2,660	3,760
3	1,732	1,023	1,954	0,8862	0	2,568	0	2,776	1,693	0,888	0	4,358	0	2,575	1,772	3,385
4	1,500	0,729	1,628	0,9213	0	2,266	0	2,088	2,059	0,880	0	4,698	0	2,282	1,457	3,256
5	1,342	0,577	1,427	0,9400	0	2,089	0	1,964	2,326	0,864	0	4,918	0	2,115	1,290	3,191
6	1,225	0,483	1,287	0,9515	0,03	1,970	0,029	1,874	2,534	0,848	0	5,078	0	2,004	1,184	3,153
7	1,134	0,419	1,182	0,9594	0,118	1,882	0,113	1,806	2,704	0,833	0,205	5,203	0,076	1,924	1,109	3,129
8	1,061	0,373	1,099	0,9650	0,185	1,815	0,179	1,751	2,847	0,820	0,387	5,307	0,136	1,864	1,054	3,109
9	1,000	0,337	1,032	0,9693	0,239	1,761	0,232	1,707	2,970	0,808	0,546	5,394	0,184	1,816	1,010	3,095
10	0,949	0,308	0,975	0,9727	0,284	1,716	0,276	1,669	3,078	0,797	0,687	5,469	0,223	1,777	0,975	3,084
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
15	0,775	0,223	0,789	0,9823	0,428	1,572	0,421	1,544	3,472	0,755	1,207	5,737	0,348	1,652	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
20	0,671	0,180	0,680	0,9869	0,510	1,490	0,504	1,470	3,735	0,729	1,548	5,922	0,414	1,586	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
25	0,600	0,153	0,606	0,9896	0,565	1,435	0,559	1,420	3,931	0,709	1,804	6,058	0,459	1,541	:	:

Figura A.1. Carta com constantes usadas nas Cartas de Controle [29].

Anexo B – Medições do S25 nos artigos da causa “Target do CTD diferente da especificação (início da industrialização)”

Nas tabelas B.1, B.2 e B.3 encontram-se as medições dos artigos A.1, A.2 e A.3 para o *target* definido inicialmente.

Tabela B.1. Medições do S25 no artigo A.1 para o target definido inicialmente.

Medição	Artigo	Target	ResultA	ResultB	Tolerância	Limite_Min	Limite_Max
1 - SS	A.1	3,5	2,9	2,9	0,7	2,8	4,2
1 - OSS	A.1	3,5	3,4	2,9	0,7	2,8	4,2
2 - SS	A.1	3,5	2,4	2,6	0,7	2,8	4,2
2 - OSS	A.1	3,5	2,7	2,3	0,7	2,8	4,2

Tabela B.2. Tabela B.1. Medições do S25 no artigo A.2 para o target definido inicialmente.

Medição	Artigo	Target	ResultA	ResultB	Tolerância	Limite_Min	Limite_Max
1 - SS	A.2	2,3	3,2	3,0	0,7	1,6	3,0
1 - OSS	A.2	2,3	3,3	3,1	0,7	1,6	3,0
2 - SS	A.2	2,3	2,8	3,1	0,7	1,6	3,0
2 - OSS	A.2	2,3	3,2	3,2	0,7	1,6	3,0

Tabela B.3. Tabela B.1. Medições do S25 no artigo A.3 para o target definido inicialmente.

Medição	Artigo	Target	ResultA	ResultB	Tolerância	Limite_Min	Limite_Max
1 - SS	A.3	3,7	3,0	3,1	0,7	3,0	4,4
1 - OSS	A.3	3,7	3,0	3,2	0,7	3,0	4,4
2 - SS	A.3	3,7	2,9	2,8	0,7	3,0	4,4
2 - OSS	A.3	3,7	3,2	2,7	0,7	3,0	4,4
3 - SS	A.3	3,7	2,7	2,4	0,7	3,0	4,4
3 - OSS	A.3	3,7	2,8	2,7	0,7	3,0	4,4
4 - SS	A.3	3,7	3,0	3,0	0,7	3,0	4,4
4 - OSS	A.3	3,7	3,3	3,0	0,7	3,0	4,4
5 - SS	A.3	3,7	3,0	3,1	0,7	3,0	4,4
5 - OSS	A.3	3,7	3,0	2,6	0,7	3,0	4,4
6 - SS	A.3	3,7	2,6	2,8	0,7	3,0	4,4
6 - OSS	A.3	3,7	2,7	2,6	0,7	3,0	4,4

Anexo C – Definição do *target* do S25 nos artigos da causa “Sobreposição do piso na zona do S25”

Neste anexo estão compilados os artigos cujo *target* definido, inicialmente, não se enquadrava com os valores de medição do S25. O *target* definido era baixo para medições mais elevadas da espessura do S25, uma vez que não estava a ser considerada a sobreposição do piso na zona de medição do parâmetro a ser estudado. Assim, nas figuras xxx encontram-se os gráficos com o *target* definido inicialmente (antigo) e o *target* definido como ideal (novo).

Artigo B - Antigo

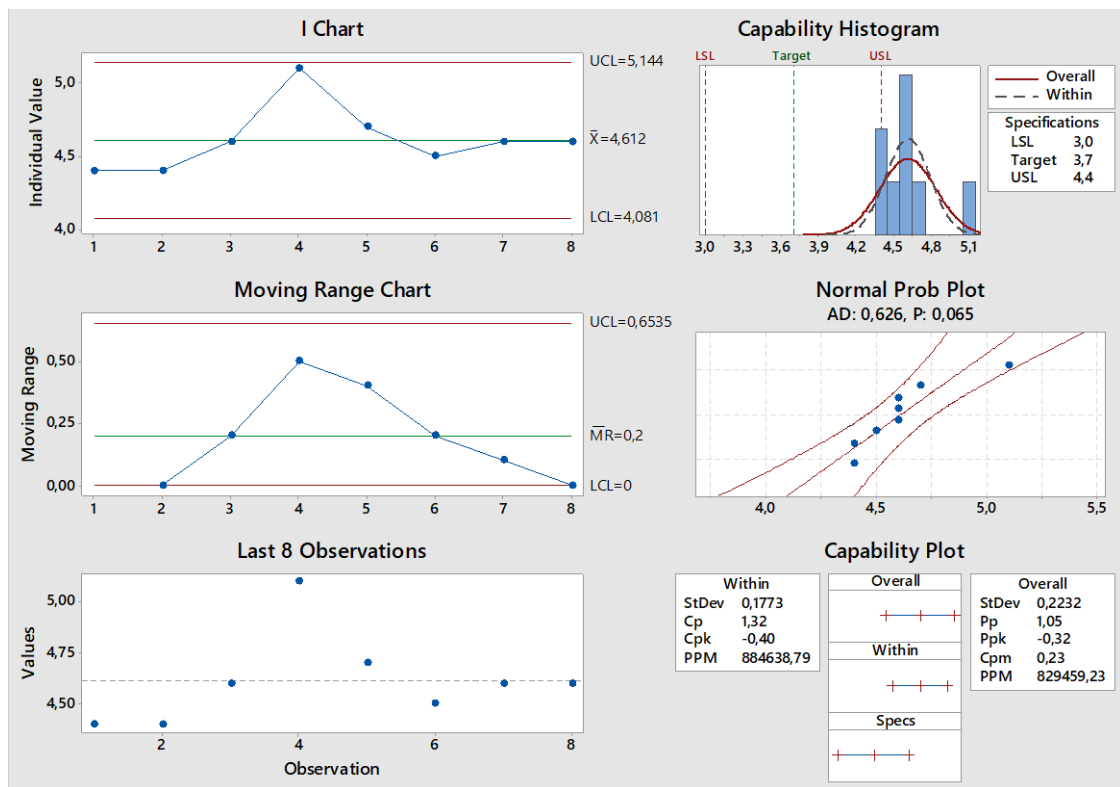


Figura C.1. Representação gráfica das medições do S25 do Artigo B, para o *target* definido inicialmente.

Artigo B – Novo

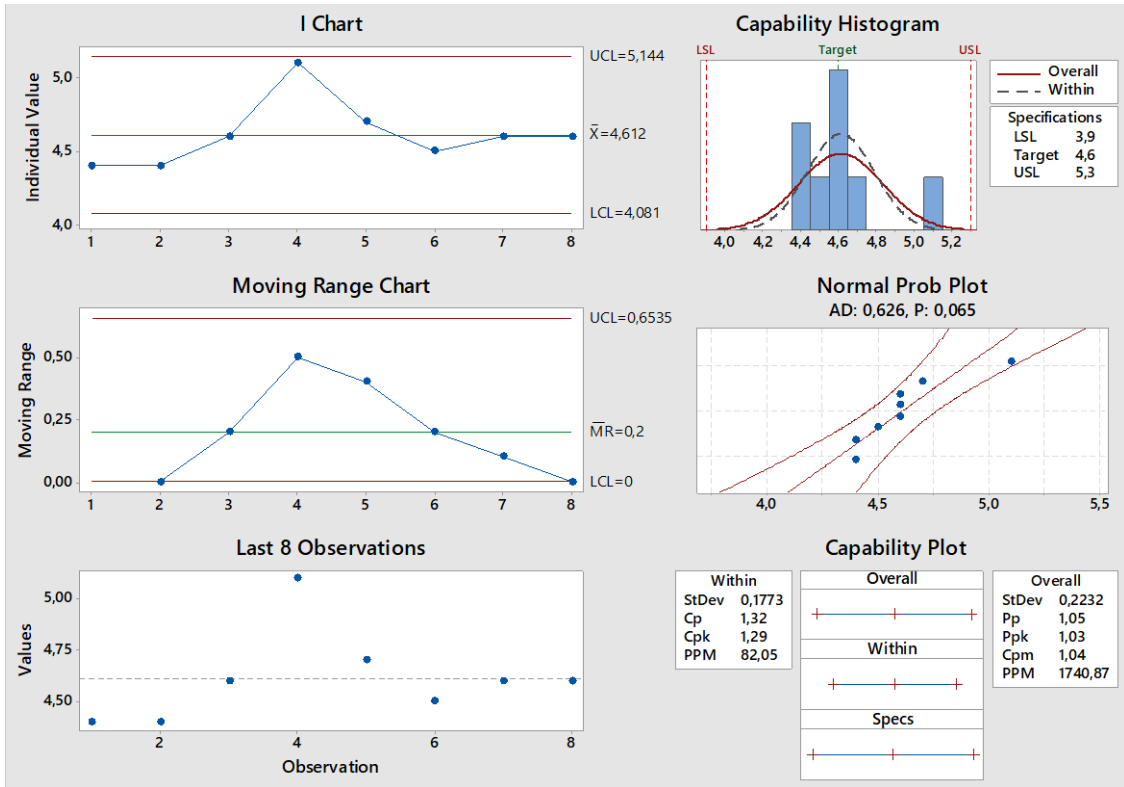


Figura C.2. Representação gráfica das medições do S25 do Artigo B, para o target definido como ideal.

Artigo C - Antigo

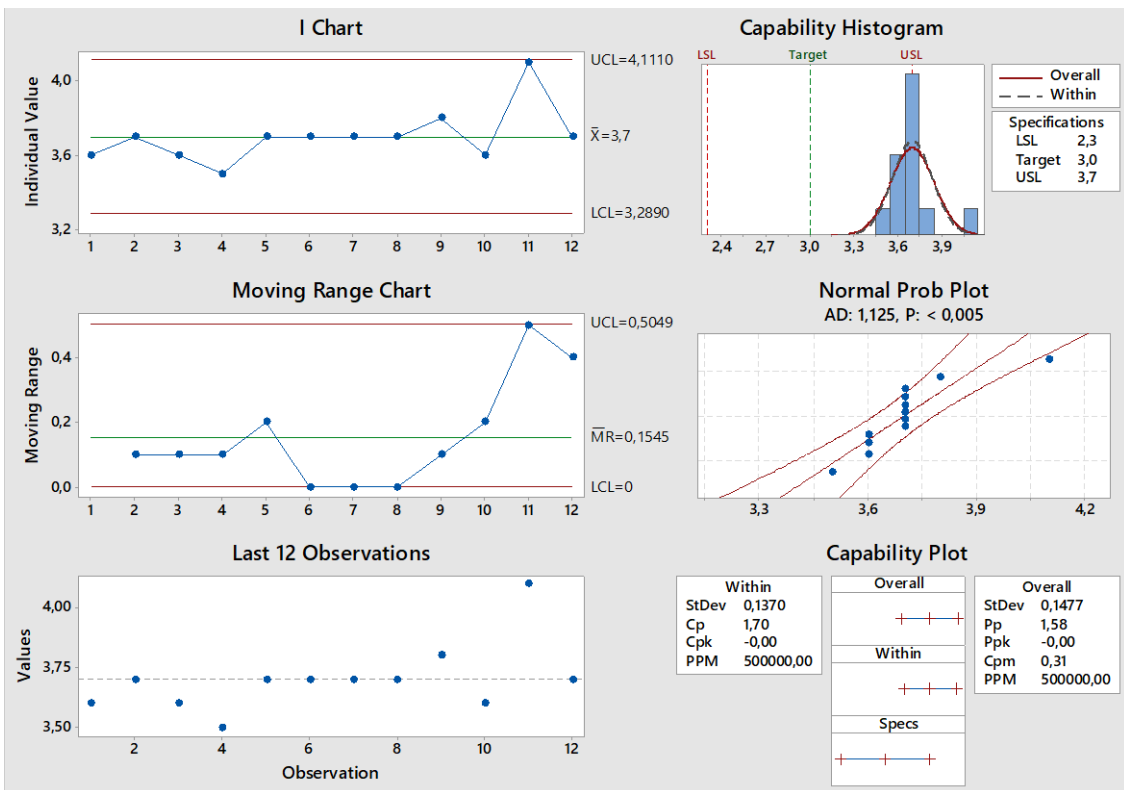


Figura C.3. Representação gráfica das medições do S25 do Artigo C, para o target definido inicialmente.

Artigo C - Novo

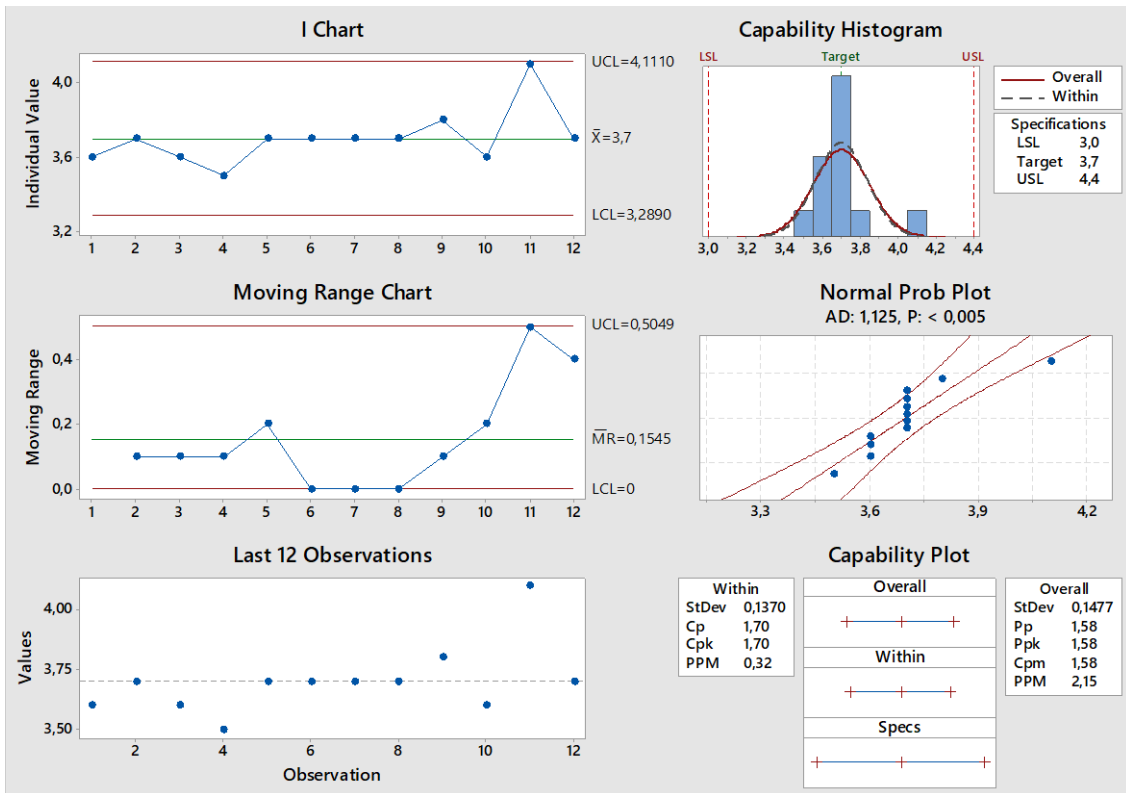


Figura C.4. Representação gráfica das medições do S25 do Artigo C, para o target definido como ideal.

Artigo D - Antigo

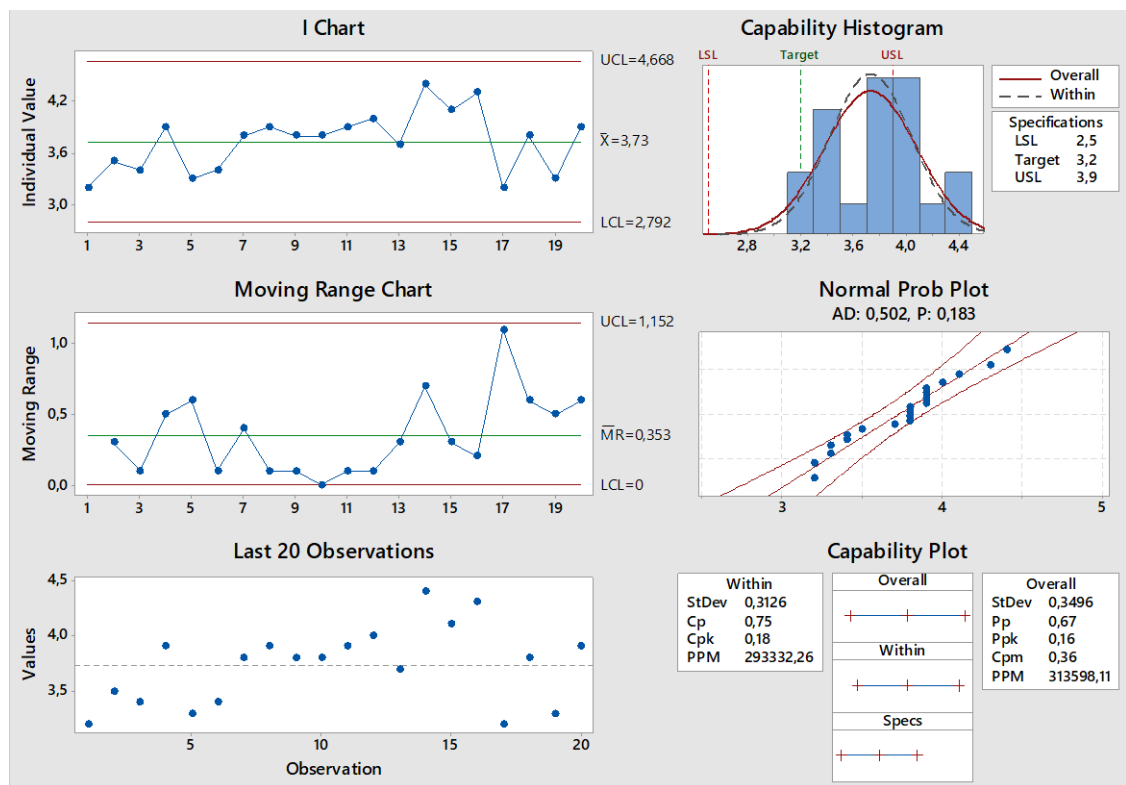


Figura C.5. Representação gráfica das medições do S25 do Artigo D, para o target definido inicialmente.

Artigo D – Novo

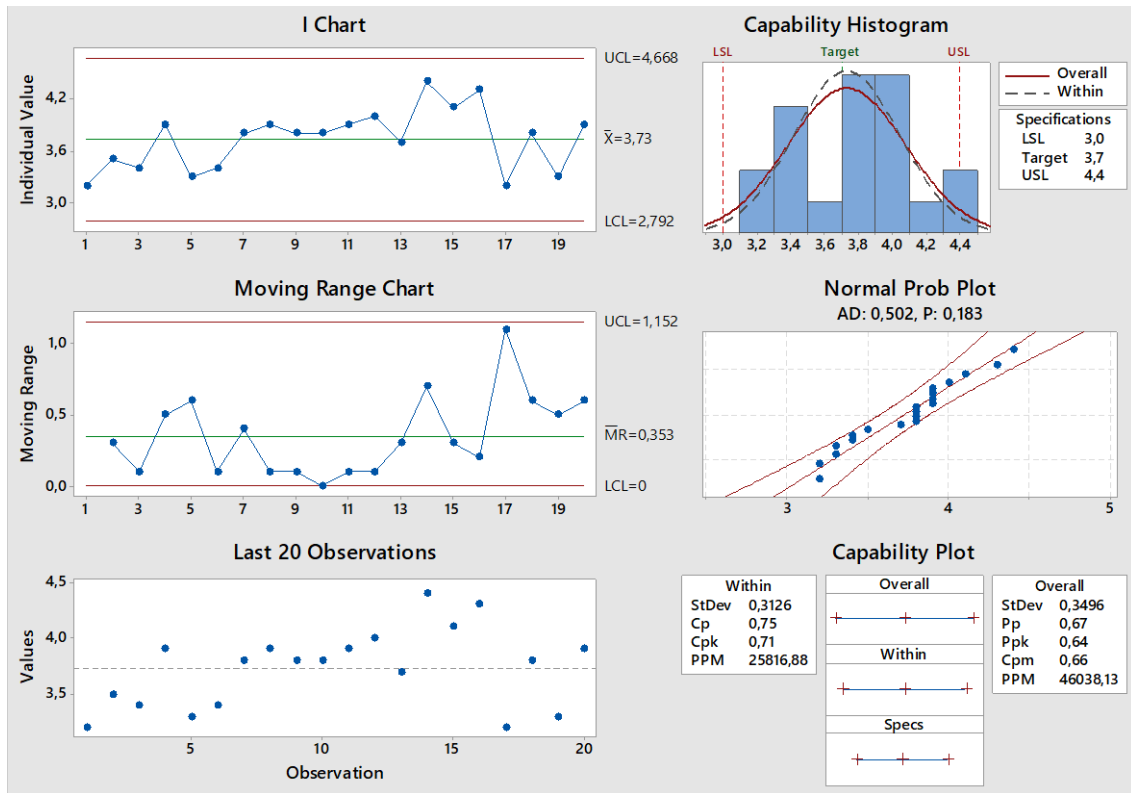


Figura C.6. Representação gráfica das medições do S25 do Artigo D, para o target definido como ideal.

Artigo E - Antigo

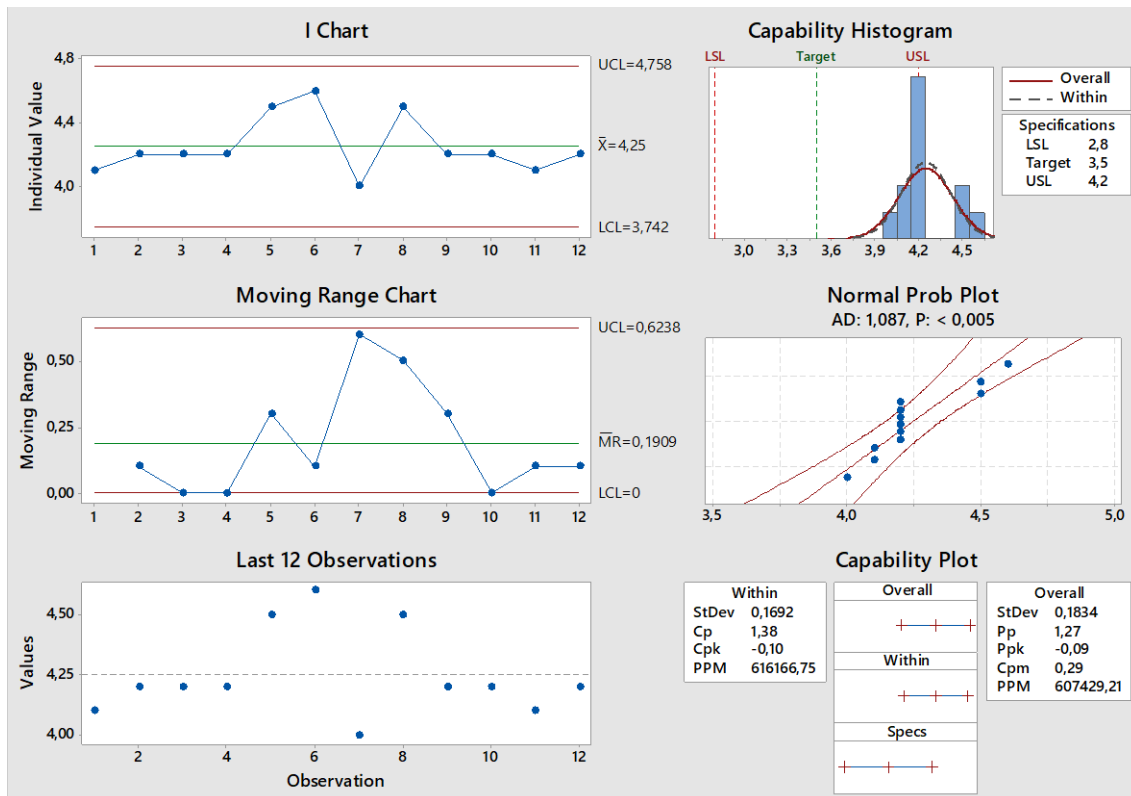


Figura C.7. Representação gráfica das medições do S25 do Artigo E, para o target definido inicialmente.

Artigo E – Novo

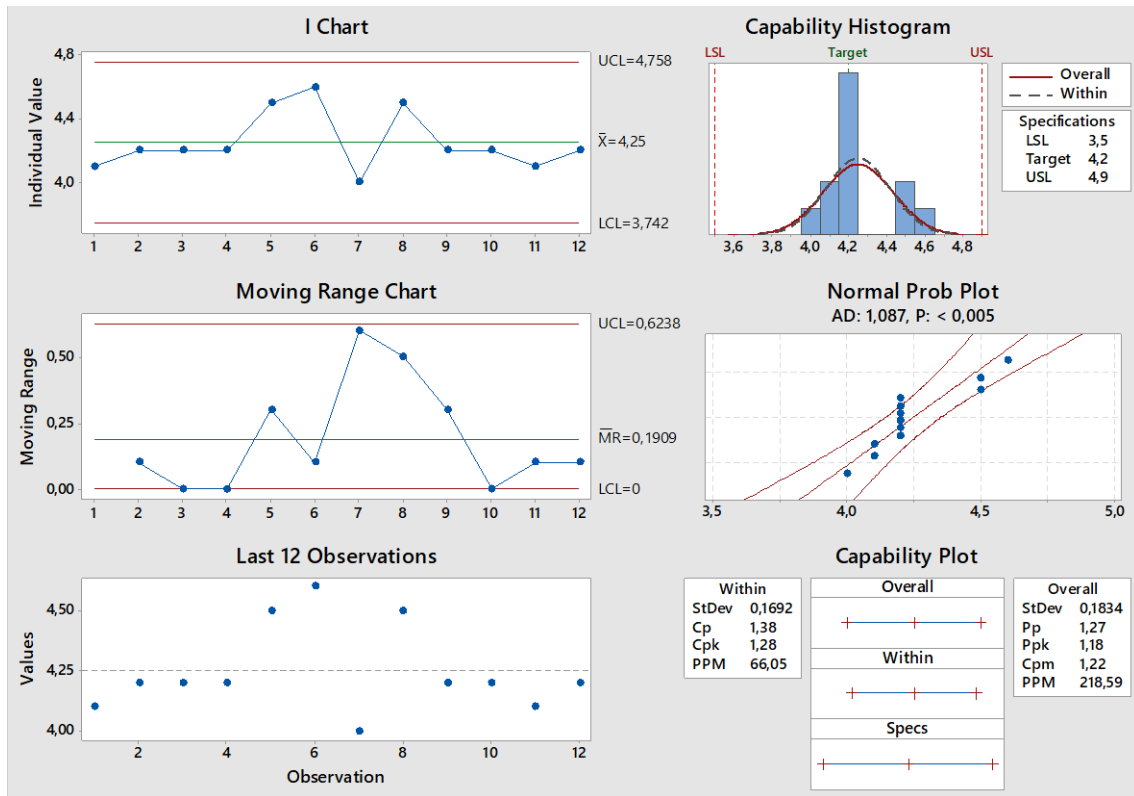


Figura C.8. Representação gráfica das medições do S25 do Artigo E, para o target definido como ideal.

Artigo F – Antigo

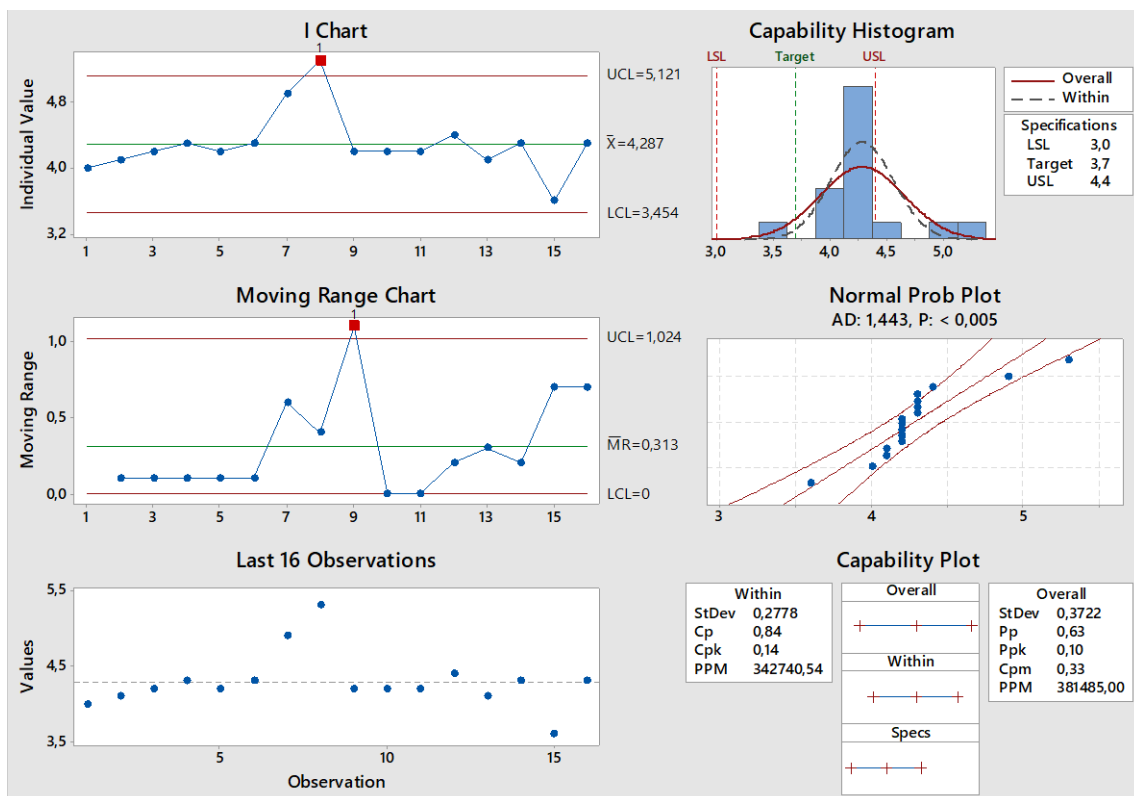


Figura C.9. Representação gráfica das medições do S25 do Artigo F, para o target definido inicialmente.

Artigo F – Novo

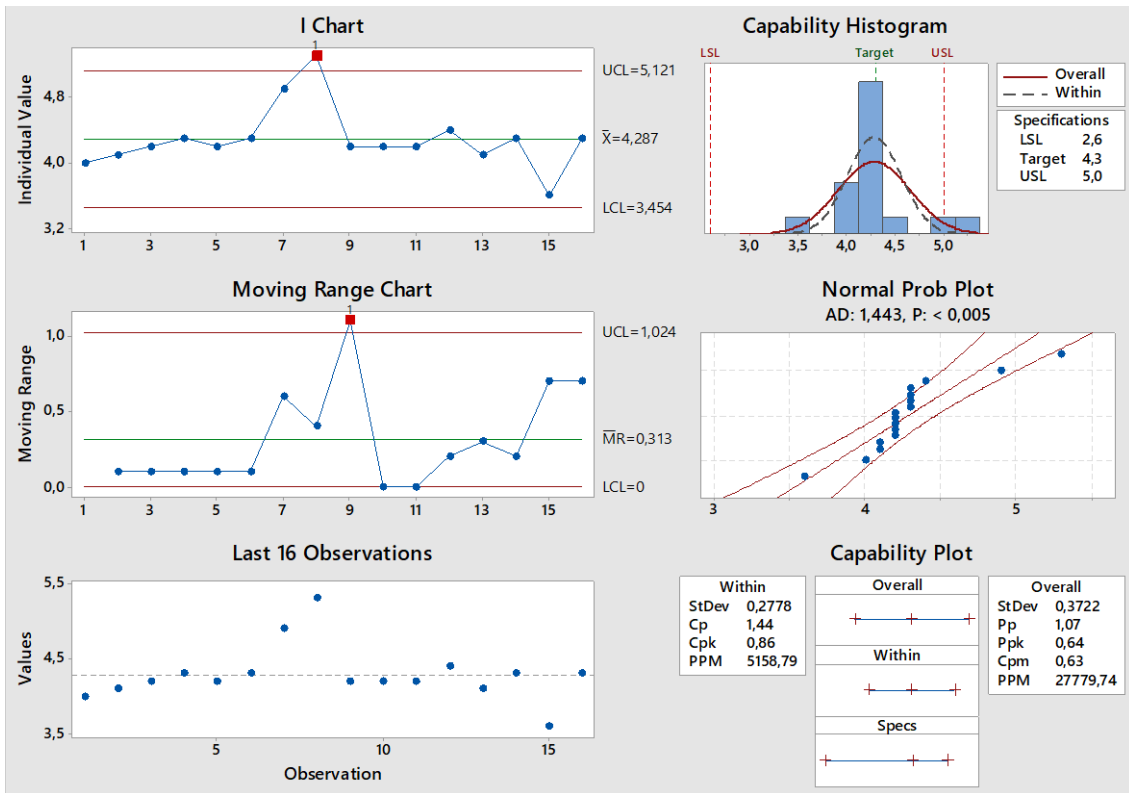


Figura C.10. Representação gráfica das medições do S25 do Artigo F, para o target definido como ideal.

Artigo G – Antigo

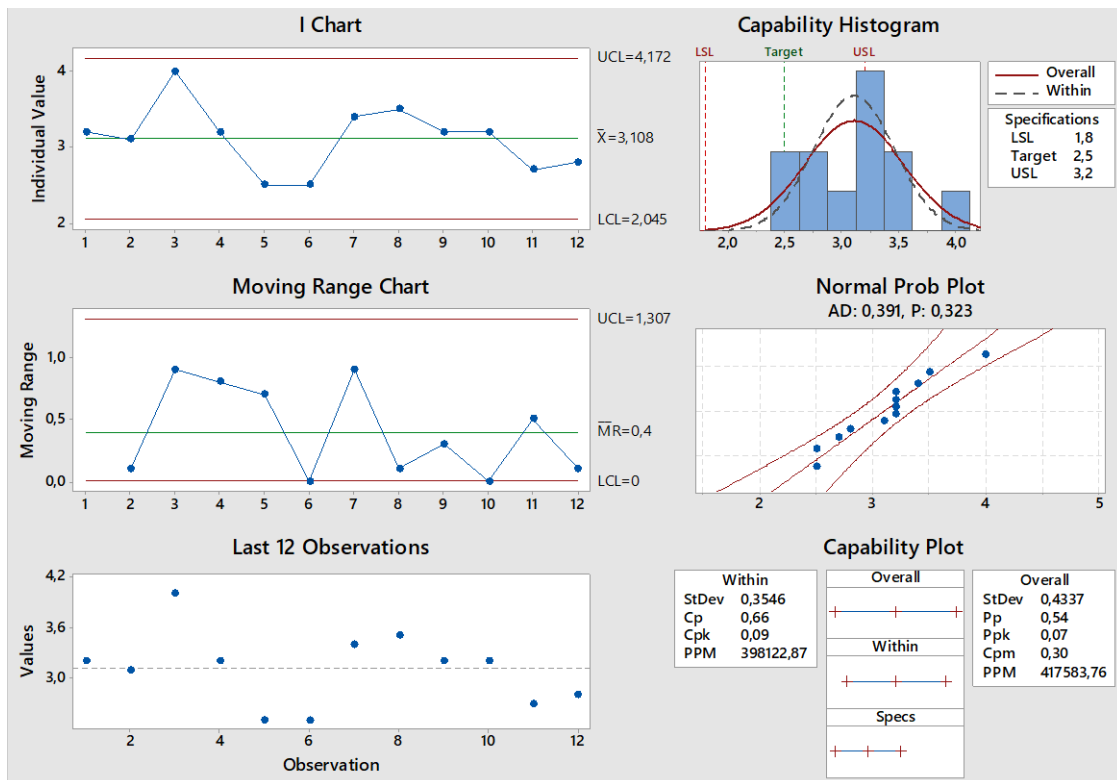


Figura C.11. Representação gráfica das medições do S25 do Artigo G, para o target definido inicialmente.

Artigo G – Novo

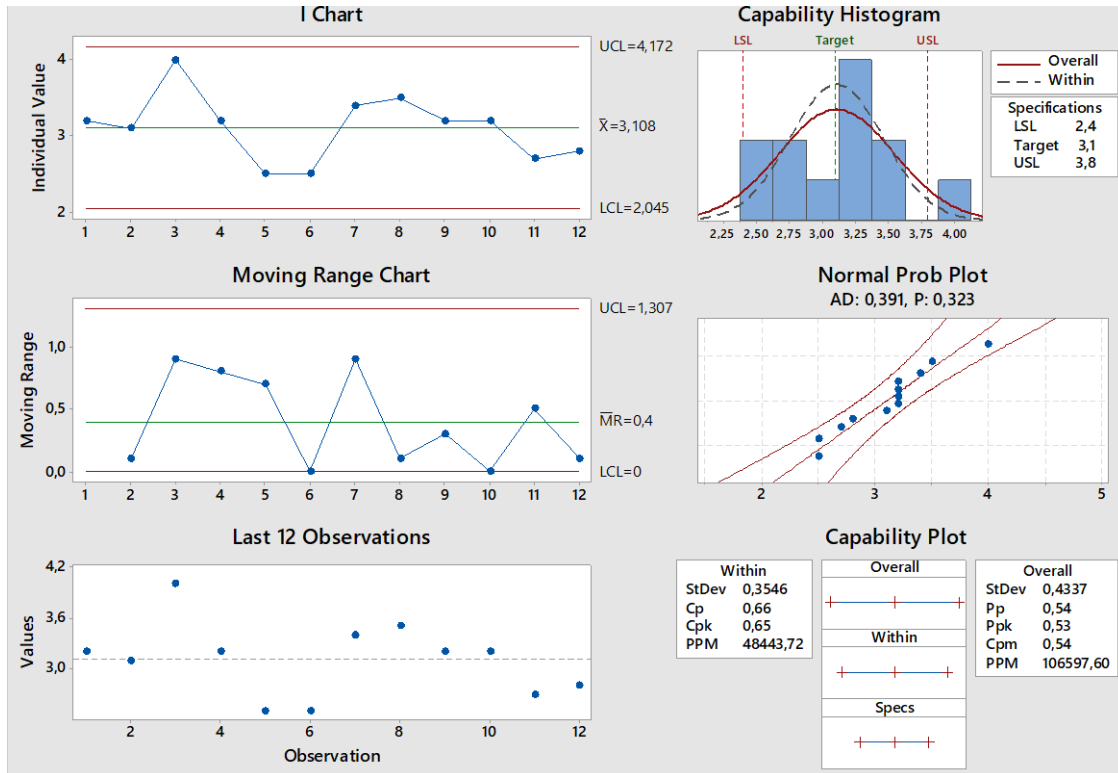


Figura C.12. Representação gráfica das medições do S25 do Artigo G, para o target definido como ideal.

Resumidamente, pela observação das figuras, conclui-se que há uma melhoria tanto do Ppk como do Cpm. Isto significa que os valores para além de estarem mais enquadrados com os limites estipulados, também se ajustam melhor com o novo *target* definido e, conseqüentemente, há uma diminuição do PPM, ou seja, há uma menor percentagem de dados fora dos limites.