



ESTUDO DA OTIMIZAÇÃO DO CABO METÁLICO NA PRODUÇÃO DE BOWDEN CABLES

LUÍS PEDRO MOREIRA KOCH

novembro de 2022

ESTRATÉGIAS DE MITIGAÇÃO DA REDUÇÃO DE DESPERDÍCIO NO FABRICO DE BOWDEN CABLES

Luís Pedro Moreira Koch

1161159

2021/2022

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Mestrado em Engenharia Mecânica – Gestão Industrial

POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

ESTRATÉGIAS DE MITIGAÇÃO DA REDUÇÃO DE DESPERDÍCIO NO FABRICO DE BOWDEN CABLES

Luís Pedro Moreira Koch

1161159

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Professor Francisco José Gomes da Silva e coorientação do Professor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho e do Engenheiro Mário Silva Cardoso.

2022

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Mestrado em Engenharia Mecânica – Gestão Industrial

POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

JÚRI

Presidente

Doutor Arnaldo Manuel Guedes Pinto

Professor Adjunto, ISEP

Orientador

Doutor Francisco José Gomes da Silva

Professor Coordenador com Agregação, ISEP

Coorientador

Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho

Professor Adjunto, ISEP

Arguente

Doutor João Carlos O. Matias

Professor Catedrático, Universidade de Aveiro

AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação não teria sido possível sem a colaboração e ajuda de diversas pessoas. Gostaria, assim, de agradecer a todas as pessoas que contribuíram de forma direta e indireta para a elaboração deste projeto.

À minha família e namorada, por todo o apoio demonstrado não só neste projeto, mas também ao longo do meu percurso académico.

Ao meu orientador, Professor Doutor Francisco Silva, e ao meu Coorientador, Professor Doutor Raul Campilho, pela constante disponibilidade e atenção que demonstraram durante toda a realização deste projeto.

Ao orientador na empresa, Eng. Mário Cardoso, pelo acompanhamento, apoio, dedicação do seu valioso tempo e valiosos contributos durante o desenvolvimento deste projeto.

Ao Eng. Carlos Duarte, pela constante disponibilidade demonstrada e gosto de ajudar nas mais diversas tarefas e dúvidas que surgiram durante a realização deste trabalho.

Aos meus colegas na empresa, nomeadamente, o Pedro, o Manuel, o Bruno e a Carina pela cooperação e o bom convívio, assim como aos técnicos de manutenção, operadoras das linhas de montagem e toda a equipa da Fico Cables, por se apresentarem sempre disponíveis a ajudar.

Ao Instituto Superior de Engenharia do Porto, por me fornecer o conhecimento, ferramentas e instalações para o meu desenvolvimento académico.

Aos meus colegas de turma e amigos, que fizeram parte do meu percurso académico, por de uma forma ou de outra me ajudaram à conclusão desta etapa.

PALAVRAS-CHAVE

DMAIC, Seis Sigma, *Lean*, Setor automóvel, Cabo de Comando

RESUMO

Hoje em dia, mais do que nunca, num mercado cada vez mais global e competitivo, as organizações necessitam de estar constantemente à procura da inovação, do aumento da qualidade dos seus produtos, assim como da produtividade global dos seus processos. A pandemia de COVID-19 veio aumentar esta obrigatoriedade pela melhoria contínua. O setor automóvel é caracterizado como sendo uma das áreas de negócio mais competitivas e que se encontra em constante evolução. Assim sendo, procurar o desenvolvimento de produtos da mais alta qualidade e maximizar os lucros é essencial para uma organização sobreviver e prosperar no mercado, o que pode ser alcançado através da eliminação dos desperdícios existente ao longo do fluxo produtivo.

Para se obter as melhorias pretendidas, a metodologia usada foi o *Six Sigma*, onde se utilizou o ciclo DMAIC, assim como certas ferramentas *Lean*.

Na revisão bibliográfica, fez-se inicialmente uma introdução ao setor automóvel, destacando a sua importância a nível global, bem como as principais dificuldades que este setor está a enfrentar; fez-se uma revisão da metodologia *Six Sigma*, destacando o ciclo DMAIC e, por fim, foi abordada a filosofia *Lean Manufacturing*.

O presente trabalho foi desenvolvido na empresa Fico Cables, especializada na produção de componentes para automóveis e teve como principal objetivo a redução ou eliminação da ponta de cabo na operação de aparar nas linhas de produção, uma vez que a empresa apresentava anualmente milhares de metros de cabo desperdiçado.

Após chegar à conclusão sobre quais os fatores que permitiriam a eliminação e diminuição do aparado de cabo das linhas de montagem, foram definidas e implementadas ações de melhoria. Com as ações implementadas, obteve-se um ganho anual de cerca de 89 289 € e, até aproximadamente 2026, será obtido um ganho de 288 343 €, tendo sido eliminado o aparado em cinco linhas de montagem, diminuindo-se igualmente o aparado em oito linhas de montagem.

KEYWORDS

DMAIC, Six Sigma, Lean, Automotive Sector, Bowden Cable

ABSTRACT

Nowadays, more than ever, in an increasingly global and competitive market, organisations need to be constantly seeking innovation, increasing the quality of their products, as well as the global productivity of their processes. The COVID-19 pandemic has increased this obligation for continuous improvement. The automotive sector is characterised as one of the most competitive business areas and is in constant evolution. Therefore, seeking to develop the highest quality products and maximise profits is essential for an organisation to survive and prosper into the market, which can be achieved by eliminating the waste that exists along the production flow.

To obtain the desired improvements, the methodology used was Six Sigma, where the DMAIC cycle was used, as well as certain Lean tools.

In the literature review, the automotive sector was initially introduced, highlighting its importance at a global level, as well as the main difficulties that this sector is facing; the Six Sigma methodology was reviewed, highlighting the DMAIC cycle and, finally, the Lean Manufacturing philosophy was addressed.

The present work was developed in the company Fico Cables, specialized in the production of components for automobiles and had as main objective the reduction or elimination of the cable end in the trimming operation into the production lines, since the company presented annually thousands of meters of wasted cable.

After reaching the conclusion of the factors that would allow the elimination and/or reduction of cable trimming on the assembly lines, improvement actions were defined and implemented. With the actions implemented, an annual gain of around 89 289 euros was obtained and until approximately 2026 a gain of 288 343 euros will be obtained, having eliminated the trimming on five assembly lines and reduced the trimming on eight assembly lines.

LISTA DE ABREVIATURAS, UNIDADES E SÍMBOLOS

Lista de Abreviaturas

5W2H	<i>5 Whys + 2 Hows</i>
AFIA	Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel
ANOVA	<i>Analysis of variance</i>
Árvore CTQ	<i>Critical-to-quality tree</i>
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
BPCS	<i>Business Planning and Control System</i>
CASE	<i>Connectivity, Autonomy, Sharing, Electrification</i>
CSF	<i>Critical Success Factors</i>
CS	<i>Customer Satisfaction</i>
DMADV	<i>Define, Measure, Analyze, Design, Verify</i>
DMAIC	<i>Define, Measure, Analyze, Improve, Control</i>
DPMO	Defeitos por milhão de oportunidades
DSR	<i>Design Science Research</i>
EBM	<i>Electron Beam Machine</i> (Máquina de Feixe de Eletrões)
ECR	<i>Engineering Change Request</i>
EU	União Europeia
GE	<i>General Electric</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
JIT	<i>Just-in-Time</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
LIE	Limite Inferior de Especificação
LSE	Limite Superior de Especificação
MSA	<i>Measurement System Analysis</i>
MTBT	<i>Mean Time Between Failures</i>
MTRR	<i>Mean Time to Recovery</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
OEM	<i>Original Equipment Manufacture</i>
OMS	Organização Mundial de Saúde

PA	Poliamida
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i>
PIB	Produto Interno Bruto
PP	Polipropileno
PVC	Policloreto de Vinilo
R&D	<i>Research and Development</i>
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
SPC	<i>Statistical Process Control</i>
T.F.E.	Teoria de Filas de Espera
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
TPS	<i>Toyota Production Systems</i>
UAP	Unidade Autônoma de Produção
VOC	<i>Voice of Customer</i>
VSM	<i>Value Stream Map</i>
WIP	<i>Work In Process</i>
Zn	Zinco
ZnO	Oxido de zinco

Lista de Unidades

€	Euro
g	Gramma
m	Metro

Lista de Símbolos

%	Porcentagem
---	-------------

GLOSSÁRIO DE TERMOS

<i>Bottleneck</i>	Termo inglês que significa “gargalo” ou “ponto de estrangulamento”. Refere-se aos fatores que atrasam ou param um processo.
<i>Action-Research</i>	Metodologia de investigação. Procura uma mudança transformadora através do processo simultâneo de ação e de investigação, que estão ligados entre si pela reflexão crítica.
Árvore CTQ	Ferramenta baseada em diagramas que ajudam a desenvolver e fornecer produtos e serviços de qualidade.
<i>Bowden Cable</i>	É um tipo de cabo flexível usado para transmitir força mecânica ou energia através do movimento de um cabo interior em relação a uma espiral exterior oca.
<i>Cabos Pull</i>	Cabos sujeitos a forças de tração.
<i>Cabos Pull-Push</i>	Cabos sujeitos a forças de tração e de compressão.
Capacidade do Processo	Capacidade de um processo em gerar produtos dentro de um limite de especificação imposto por uma organização.
Cota de Saída	Cota funcional de um cabo de comando.
Diagrama SIPOC	Ferramenta que sumariza os <i>inputs</i> e <i>outputs</i> de um ou mais processos em formato de tabela.
<i>Display</i>	Mostrador.
Flor	Deformação controlada da ponta do cabo de forma a aumentar a área de contacto entre o cabo e o metal injetado, com vista à obtenção de uma maior resistência mecânica.
<i>Grommet</i>	Peça que impede a passagem de humidade e resíduos da zona húmida para a zona seca num cabo de comando.
<i>Heijunka</i>	Termo japonês que significa “nivelamento”.
<i>Jidoka</i>	Ferramenta Lean, Automação “inteligente”.
<i>Kaizen</i>	Termo japonês que significa “melhoria contínua”.
<i>Key Performance Indicator</i>	São indicadores-chave de desempenho e permitem realizar a medição e o consequente nível de desempenho e sucesso de uma organização ou processo.
<i>Layout</i>	Modo de distribuição e arranjo dos elementos num determinado espaço ou superfície.
<i>Lead Time</i>	O tempo entre o pedido de um produto e a sua entrega.
<i>Mizusumashi</i>	Termo japonês que significa a aranha d’água. É utilizado para identificar os elementos responsáveis pelo abastecimento interno.

<i>Output</i>	Quantidade de algo a produzir por uma pessoa, máquina ou indústria.
<i>Payback Time</i>	Tempo necessário para recuperar os fundos gastos num investimento, ou para atingir o ponto de equilíbrio.
<i>Poka Yoke</i>	Dispositivo à prova de erros destinado a evitar a ocorrência de defeitos num processo de fabricação e/ou utilização de produtos.
<i>Project Charter</i>	Documento formal que define/identifica o projeto, os seus objetivos e os seus participantes.
<i>Robocop</i>	Máquina de corte de cabo e injeção automática.
<i>Setup</i>	Termo inglês para referir a preparação necessária das máquinas entre mudanças de ordem de produção.
<i>Stakeholders</i>	Todas as partes interessadas numa organização.
Termogravação	Sistema de impressão por transferência térmica com calor.
<i>Transfer</i>	Um ato de mover algo para outro lugar.
<i>Zamak</i>	Liga metálica composta por Zinco, Alumínio, Magnésio e Cobre (ou do alemão <i>Zink-Aluminium-Magnesium-Kupfer</i>).

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - TOP 7 DE PRODUTORES DE VEÍCULOS MOTORIZADOS EM 2020 (ADAPTADO DE [2])	7
FIGURA 2 - EVOLUÇÃO DO SETOR AUTOMÓVEL EM PORTUGAL (ADAPTADO DE [7]).....	9
FIGURA 3 – LOCALIZAÇÃO E NÚMERO DE EMPRESAS FORNECEDORAS DA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL EM PORTUGAL [11]	10
FIGURA 4 - PRODUÇÃO AUTOMÓVEL NO MUNDO DE 2000 ATÉ 2020 (ADAPTADO DE [13])	11
FIGURA 5 - NOVOS CASOS DIÁRIOS COVID-19 NO MUNDO (ADAPTADO DE [19])	11
FIGURA 6 - PERCENTAGEM UTILIZAÇÃO DA INDÚSTRIA GLOBAL DE CHIPES (ADAPTADO DE [24])	12
FIGURA 7 - INTENÇÃO DE COMPRA DE NOVO CARRO (ADAPTADO DE [29]).....	13
FIGURA 8 - RECEITA PROJETADA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL GLOBAL ENTRE 2017 E 2030 (ADAPTADO DE [30]).....	14
FIGURA 9 – DISTRIBUIÇÃO NORMAL COM A MÉDIA DESLOCADA EM $\pm 1,5\sigma$ EM RELAÇÃO AO ALVO (ADAPTADO DE [39]).....	15
FIGURA 10 - CICLO CORRESPONDENTE À METODOLOGIA DMAIC (ADAPTADO DE [48]).....	17
FIGURA 11 - FERRAMENTAS E MÉTODOS DA FASE DEFINIR (ADAPTADO DE [51])	18
FIGURA 12 - FERRAMENTAS E MÉTODOS DA FASE MEDIR (ADAPTADO DE [51])	18
FIGURA 13 - FERRAMENTAS E MÉTODOS DA FASE ANALISAR (ADAPTADO DE [51])	19
FIGURA 14 - FERRAMENTAS E MÉTODOS DA FASE MELHORAR (ADAPTADO DE [51])	20
FIGURA 15 - FERRAMENTAS E MÉTODOS DA FASE CONTROLAR (ADAPTADO DE [51])	20
FIGURA 16 - DIAGRAMA "CASA" TPS (ADAPTADO DE [70]).....	24
FIGURA 17 - FERRAMENTAS E PRÁTICAS DO <i>LEAN MANUFACTURING</i> (ADAPTADO DE [75]).....	27
FIGURA 18 - INSTALAÇÕES FICO CABLES [100].....	35
FIGURA 19 - NOVA UNIDADE COM 7.800 m ² [102]	36
FIGURA 20 - EXEMPLOS DE SISTEMAS DE CONFORTO E SISTEMAS DE CABOS PRODUZIDOS PELA FICO CABLES [101].....	37
FIGURA 21 - ORGANOGRAMA FICO CABLES.....	39
FIGURA 22 - SISTEMAS PRODUZIDOS PELO GRUPO FICOSA INTERNACIONAL S.A. [105]	40
FIGURA 23 - PRESENÇA GLOBAL DO GRUPO FICOSA INTERNACIONAL S.A. [107]	40
FIGURA 24 - DIFERENTES EXEMPLOS DE CABOS DE COMANDO	41
FIGURA 25 - ESQUEMA SISTEMAS ATUANTES, FUNCIONAMENTO MECÂNICO [108].....	41
FIGURA 26 - SISTEMAS COM ACIONAMENTO POR CABO METÁLICO [109]	42
FIGURA 27 - LIGAÇÃO DO CABO AO MECANISMO PARA TRANSMISSÃO DE MOVIMENTO[110]	42
FIGURA 28 - DESENHO DEFINIÇÃO CABO PRODUZIDO NA FICO CABLES	43
FIGURA 29 - PROCESSO DE ENROLAMENTO DE UM CABO DE METÁLICO [112].....	44
FIGURA 30 - CONFIGURAÇÃO DE UM CABO METÁLICO [113]	44
FIGURA 31 - ENSAIO DE TRAÇÃO REALIZADO A UM CABO DE AÇO [118].....	46
FIGURA 32 - TUBO ESPIRAL [114]	46
FIGURA 33 - TIPOS DE ESPIRAL FABRICADAS NA FICO CABLES [109]	47
FIGURA 34 - A) TERMINAIS DE ESPIRAL PUNÇIONADOS; B) TERMINAL DE ESPIRAL SOBREINJETAD[115].	47
FIGURA 35 – <i>GROMMET</i> [114]	48

FIGURA 36 – A) TUBO ESTRELA, UTILIZADO QUANDO O RUÍDO É PROVOCADO POR IMPACTO (COMPONENTE EXTRUDIDO NA FICO CABLES); B) TUBO ESPONJA, UTILIZADO QUANDO O RUÍDO É PROVOCADO POR FRICÇÃO (COMPONENTE ADQUIRIDO A FORNECEDORES EXTERNOS) [109].....	48
FIGURA 37 - TUBO INTERIOR [122].....	48
FIGURA 38 - GUARDA PÓ [114]	49
FIGURA 39 - TERMINAIS DE CABO METÁLICO DE ZAMAK	49
FIGURA 40 - <i>LAYOUT</i> LINHA DE MONTAGEM VOLVO; (1) – POSTO DE MONTAR TUBO EXTERIOR E <i>GROMMET</i> , (2) – POSTO DE MONTAR E PUNCIÓNAR TERMINAIS DE ESPIRAL, (3) – POSTO DE INTRODUZIR E APARAR O CABO METÁLICO, (4) – POSTO DE FAZER FLOR E INJETAR 2º TERMINAL DE CABO, (5) - POSTO DE ENSAIO À TRAÇÃO, MEDIÇÃO DE COTA E TERMOGRAVAÇÃO	50
FIGURA 41 – POSTO PARA MONTAR TUBO EXTERIOR E BORRACHA DE FIXAÇÃO; (1) – TUBO ESPONJA, (2) – <i>GROMMET</i> , (3) – ESPIRAL, (4) – <i>GABARIT</i> AUXILIAR DE MONTAGEM, (5) – DISPOSITIVO PARA LIMPEZA DE REBARBAS	51
FIGURA 42 - POSTO PARA MONTAR E PUNCIÓNAR TERMINAIS DE ESPIRAL; (1) – TERMINAL DE ESPIRAL; (2) – TERMINAL DE ESPIRAL CAIXA; (3) – <i>GABARIT</i> DE PUNCIÓNAMENTO	52
FIGURA 43 - POSTO DE INTRODUIZIR E APARAR CABO METÁLICO; (1) – CABO METÁLICO; (2) – SUBCONJUNTO DE ESPIRAL; (3) – DISPOSITIVO DE CORTE ELÉTRICO	53
FIGURA 44 - FLOR EFETUADA NA EXTREMIDADE DE UM CABO METÁLICO [122].....	53
FIGURA 45 - POSTO DE FAZER FLOR E INJETAR 2º TERMINAL DE CABO; (1) – DISPOSITIVO DE FAZER FLOR; (2) –MOLDE DE INJEÇÃO DO 2º TERMINAL DE CABO	54
FIGURA 46 – POSTO DE ENSAIO À TRAÇÃO, MEDIÇÃO DE COTA E TERMOGRAVAÇÃO; (1) – 3º TERMINAL DE ESPIRAL (COLHER); (2) – CAIXA; (3) – <i>GABARIT</i> DE ENSAIO; (4) - TERMOGRAVAÇÃO	55
FIGURA 47 - "ESTENDAL", LOCAL DESIGNADO PARA COLOCAÇÃO DE PEÇAS COM DEFEITOS; TABELA LIMITE DE DEFEITOS.....	56
FIGURA 48 – APARAS COM DIFERENTES TAMANHOS	62
FIGURA 49 - DESENHO DIMENSIONAL DE UM CABO DE COMANDO; (A, B) COTAS FUNCIONAIS; (E) COTA DO SUBCONJUNTO DA ESPIRAL	63
FIGURA 50 – MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA DE 1ª INJEÇÃO DO TERMINAL DE ZAMAK; (1) DISPOSITIVO DE APARAR CABO (CORTE MECÂNICO); (2) DISPOSITIVO DE DECAPAR CABO; (3) DISPOSITIVO DE FAZER FLOR; (4) MOLDE 1ª INJEÇÃO DE ZAMAK	63
FIGURA 51 - MÁQUINA DE CORTE DE CABO	64
FIGURA 52 - MÁQUINA DE INJEÇÃO DE ZAMAK AUTOMÁTICA (<i>ROBOCOP</i>)	64
FIGURA 53 - MÁQUINA AUTOMÁTICA <i>ROBOCOP</i> DUPLO	65
FIGURA 54 - EXEMPLO DE TERMINAL DE UM CABO DE COMANDO; (1) – TERMINAL EM ZAMAK; (2) - TERMINAL EM ZAMAK COM CAPA DE PLÁSTICO	66
FIGURA 55 - (A) CABOS INJETADOS; (B) CABOS PENSADOS [131].....	66
FIGURA 56 - ZONA FUNCIONAL DE UM TERMINAL DE CABO	67
FIGURA 57 - DIVERSAS CONFIGURAÇÕES DE TERMINAIS DE ZAMAK; (1) ESFÉRICOS; (2) CILÍNDRICOS; (3) CILINDROS MODIFICADOS; (4) CONFIGURAÇÕES ESPECIAIS; (5) MANIVELAS; (6) FORMAS EM L [132].....	67
FIGURA 58 - FLOR NA PONTA DO CABO METÁLICO Ø1,5 19F INOX; (A) ÂNGULO - 90° ± 10°; (D) DIÂMETRO – 3,3 ± 0,3; (H) ALTURA – 2,0 ± 0.3.....	68
FIGURA 59 - POSICIONAMENTO DA FLOR NO INTERIOR DO MOLDE DE INJEÇÃO [109]	68

FIGURA 60 – A) MANIVELA PEQUENA; B) MANIVELA GRANDE; C) CILINDRO Ø7 MM (6,5 MM); ESFERA Ø7 MM.	69
FIGURA 61 -A) MANIVELA PEQUENA; B) MANIVELA GRANDE; C) CILINDRO COM 7MM DE DIÂMETRO (6,5 MM); D) ESFERA COM 7MM DE DIÂMETRO	69
FIGURA 62 – MOLDE INFERIOR DE INJEÇÃO DE ZAMAK A) MANIVELA PEQUENA; B) MANIVELA GRANDE; C) CILINDRO Ø7 MM (6,5 MM); ESFERA Ø7 MM.	70
FIGURA 63 - <i>PROJECT CHARTER</i>	71
FIGURA 64 – ÁRVORE CTQ.....	72
FIGURA 65 - SIPOC.....	72
FIGURA 66 - PLANO DE RECOLHA DE DADOS RELATIVOS AO TAMANHO MÉDIO DO APARADO.....	73
FIGURA 67 - RÉGUA DIGITAL DA UAP2.....	74
FIGURA 68 - ESTUDO R&R	74
FIGURA 69 - SOBREINJEÇÃO DE ESPIRAL.....	82
FIGURA 70 - FATORES DA VARIAÇÃO DOS SUBCONJUNTOS DE ESPIRAL SOBREINJETADOS	82
FIGURA 71 - MÁQUINA ENSAIO DE TRAÇÃO	88
FIGURA 72 – ENSAIO DE TRAÇÃO (A) ENTRE TERMINAIS; (B) PELA ZONA FUNCIONAL	88
FIGURA 73 - (1) LINHA DE MONTAGEM VOLVO; (2) LINHA DE MONTAGEM B526 INTERIORES; (A) – POSTO DE MONTAR TUBO EXTERIOR E BORRACHA DE FIXAÇÃO; (B) – POSTO DE PUNÇONAR; (C) – POSTO INTRODUÇÃO CABO; (D) – POSTO DE INJEÇÃO ZAMAK; (E) – POSTO TERMOGRAVAÇÃO ...	90
FIGURA 74 - FICHA DE POSTO INTRODUÇÃO DE SUBCONJUNTO DE CABO DA LINHA DE MONTAGEM VOLVO	90
FIGURA 75 - SOBREINJEÇÃO DOS TERMINAIS NA ESPIRAL; (A) - GARGANTA DE ENCAIXE TERMINAL ESPIRAL; (B) - <i>GABARIT</i> DE POSICIONAMENTO DA ESPIRAL	91
FIGURA 76 - LINHA DE MONTAGEM TRANSIT EXTERIORES; (A) – POSTO DE APARAR; (B) – POSTO DE INJEÇÃO DE ZAMAK; (C) – POSTO ENSAIO DE TRAÇÃO; (D) – POSTO DE ETIQUETAGEM	92
FIGURA 77 - (A) DESENHO REFERÊNCIA TERMINAL 12235504; (B) DESENHO REFERÊNCIA TERMINAL 12235503	93
FIGURA 78 – GRÁFICOS DE CONTROLO DE PROCESSO; (A) COTA DE SAÍDA; (B) DIMENSÃO TERMINAL DE CABO; (C) ESFORÇO À TRAÇÃO TERMINAIS DE CABO; (D) ESFORÇO À TRAÇÃO TERMINAIS DE ESPIRAL	95
FIGURA 79 - CORTE MECÂNICO DE CABO METÁLICO.....	97
FIGURA 80 – A) SISTEMA CORTE MECÂNICO; (1) – LÂMINA CORTE MECÂNICO; B) – CABO DESTRANÇADO	98
FIGURA 81 – (A) CORTE ELÉTRICO ITALIANO; (B) CORTE ELÉTRICO 90°	98
FIGURA 82 - PLANO DE RECOLHA DE DADOS	99
FIGURA 83 – (1) CORTE ELÉTRICO ITALIANO; (2) CORTE MECÂNICO; (A) PASTILHA; (B) CENTRADORES; (C,1) ELÉTRODO DE CORTE; (C,2) LÂMINA DE CORTE	103
FIGURA 84 - (1) LÂMINA DE CORTE À ESQUERDA; (2) LÂMINA DE CORTE À DIREITA.....	103
FIGURA 85 – (1) ZONA DE CORTE LÂMINA DE CORTE À ESQUERDA; (2) ZONA DE CORTE LÂMINA DE CORTE À DIREITA.....	104
FIGURA 86 -PARETO DO CUSTO DE CABO SUCATADO AO ANO DAS LINHAS DE MONTAGEM.....	105
FIGURA 87 - SISTEMA DE CORTE JLR; (A) – MECANISMO FAZER FLOR; (B) – CONJUNTO PINÇAS; (C) – CONJUNTO CORTE MECÂNICO	106

FIGURA 88 – PROTÓTIPO DE PINÇAS COM CENTRADORES ATRÁS DAS PASTILHAS.....	107
FIGURA 89 – PROTÓTIPO CENTRADOR CÔNICO E PASTILHAS TRIANGULARES.....	108
FIGURA 90 – (A) ATUADORES RADIAIS MHY2_20D; (B) GARRAS PARALELAS MHZ2_20D	108
FIGURA 91 - PONTOS FORTES/FRACOS A TER EM CONSIDERAÇÃO ESCOLHA ATUADOR	109
FIGURA 92 - (A) PESO; (B) ATUADOR + PINÇAS; (C) ZONA DE CORTE ELÉTRICO; (D) SUPORTE <i>GABARIT</i> SUBCONJUNTO ESPIRAL.....	110
FIGURA 93 – (A) NOVO CORTE ELÉTRICO ITALIANO; (B) ANTIGO CORTE ELÉTRICO ITALIANO	112
FIGURA 94 - NOVO CENTRADOR DO CABO	112
FIGURA 95 – (A) TAMANHO DA APARA NO CORTE ELÉTRICO ANTIGO; (B) TAMANHO DA APARA NO NOVO SISTEMA DE CORTE ELÉTRICO	113
FIGURA 96 - NOVO SISTEMA DE CORTE ELÉTRICO APLICADO NA LINHA DE MONTAGEM	113
FIGURA 97 - SISTEMA DE CORTE B479 EXTERIORES; (A) ATUADOR E RESPECTIVAS PINÇAS; (B) CORTE MECÂNICO	114
FIGURA 98 – (A) POSIÇÃO INICIAL GUIA; (B) POSIÇÃO DA GUIA QUANDO DO CORTE DO CABO	115
FIGURA 99 - (A) TAMANHO DA APARA DE CORTE MECÂNICO ANTIGO B479 EXT.; (B) TAMANHO DA APARA NO NOVO CORTE MECÂNICO B479 EXT.....	116
FIGURA 100 – NOVO CORTE MECÂNICO LINHA DE MONTAGEM B479 EXTERIORES.....	116
FIGURA 101 – SISTEMA DE CORTE B562 EXTERIORES; (A) – MECANISMO DE FAZER FLOR; (B) – CONJUNTO DE CORTE MECÂNICO; (C) – MECANISMO QUE EMPURRA O CABO.....	117
FIGURA 102 - SISTEMA DE CORTE MECÂNICO CAPÔS GRANDES	118
FIGURA 103 - (A) TAMANHO DA APARA NO CORTE MECÂNICO ANTIGO CAPÔS GRANDES.; (B) TAMANHO DA APARA NO NOVO CORTE MECÂNICO CAPÔS GRANDES	119
FIGURA 104 – NOVO SISTEMA DE CORTE MECÂNICO CAPÔS GRANDES	119
FIGURA 105 – ATUADOR COM ÍMAN PARA RETIRAR APARAS	120
FIGURA 106 - (A) CORTE MECÂNICO ORIGINAL BX726; (B) NOVO CORTE MECÂNICO BX726.....	120
FIGURA 107 - (A) POSIÇÃO INICIAL GUIA VERTICAL; (B) – POSIÇÃO GUIA VERTICAL A QUANDO O CORTE DO CABO	121
FIGURA 108 - (A) TAMANHO DA APARA DE CORTE MECÂNICO ANTIGO BX726.; (B) TAMANHO DA APARA NO NOVO SISTEMA DE CORTE MECÂNICO BX726	121
FIGURA 109 - SISTEMA DE INTRODUÇÃO DE CABO PORTAS POLO/GOLF.....	122
FIGURA 110 - SISTEMA DE FIXAÇÃO	122
FIGURA 111 – (A) POSIÇÃO DE FIXAÇÃO DO TERMINAL ZAMAK; POSIÇÃO DO CABO AQUANDO APARADO DO MESMO	123
FIGURA 112 – COLOCAÇÃO DO CABO NA POSIÇÃO DE APARAR PELO EXTRATOR	123
FIGURA 113 - SISTEMA DE CORTE ELÉTRICO NA MÁQUINA DE CORTE DE CABO MCCG00003F	124
FIGURA 114 - NOVO <i>SETUP</i> DE CORTE DE CABO PEQUENO (MÍNIMO DE 30 MM).....	124
FIGURA 115 – NOVO <i>SETUP</i> DE CORTE DE CABO GRANDE	125

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA I - EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA <i>SIX SIGMA</i>	21
TABELA II - PRINCIPAIS TIPOS DE DESPERDÍCIOS (MUDA) [79], [81]–[83].....	25
TABELA III - EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA <i>LEAN</i>	29
TABELA IV - CARACTERIZAÇÃO DE TODAS AS UAP'S	38
TABELA V – EXEMPLOS DE PROJETOS REALIZADOS NA INDÚSTRIA DOS CABOS DE COMANDO	56
TABELA VI – DEFINIÇÃO DO PROBLEMA ATRAVÉS DA FERRAMENTA 5W2H	72
TABELA VII - RESULTADOS OBTIDOS NA FASE DE MEDIÇÃO SUBCONJUNTO ESPIRAL VOLVO	75
TABELA VIII - RESULTADOS OBTIDOS NA FASE DE MEDIÇÃO DO CABO SÉRIE VOLVO	75
TABELA IX -RESULTADOS OBTIDOS NA FASE DE MEDIÇÃO DO CABO APARADO VOLVO.....	76
TABELA X - RESULTADOS OBTIDOS NA FASE DE MEDIÇÃO DO SUBCONJUNTO ESPIRAL V526 INTERIORES	76
TABELA XI - RESULTADOS OBTIDOS NA FASE DE MEDIÇÃO DO CABO SÉRIE V562 INTERIORES	77
TABELA XII - RESULTADOS OBTIDOS NA FASE DE MEDIÇÃO DO CABO APARADO V562 INTERIORES.....	77
TABELA XIII - RESULTADOS OBTIDOS NA FASE DE MEDIÇÃO DO SUBCONJUNTO ESPIRAL TRANSIT EXTERIORES.....	77
TABELA XIV - RESULTADOS OBTIDOS NA FASE DE MEDIÇÃO DO CABO SÉRIE TRANSIT EXTERIORES	78
TABELA XV - RESULTADOS OBTIDOS NA FASE DE MEDIÇÃO DO CABO APARADO TRANSIT EXTERIORES..	78
TABELA XVI - RESULTADOS OBTIDOS NA FASE DE MEDIÇÃO DO SUBCONJUNTO ESPIRAL CAPÔS DUPLOS	78
TABELA XVII - RESULTADOS OBTIDOS NA FASE DE MEDIÇÃO DO CABO SÉRIE CAPÔS DUPLOS	79
TABELA XVIII - RESULTADOS OBTIDOS NA FASE DE MEDIÇÃO DO CABO APARADO CAPÔS DUPLOS	79
TABELA XIX - RESULTADOS OBTIDOS NA FASE DE MEDIÇÃO DO SUBCONJUNTO ESPIRAL CAPÔS PEQUENOS	79
TABELA XX - RESULTADOS OBTIDOS NA FASE DE MEDIÇÃO DO CABO SÉRIE CAPÔS PEQUENOS.....	80
TABELA XXI - RESULTADOS OBTIDOS NA FASE DE MEDIÇÃO DO CABO APARADO CAPÔS PEQUENOS	80
TABELA XXII - RESULTADOS OBTIDOS NA FASE DE MEDIÇÃO DO SUBCONJUNTO ESPIRAL CAPÔS GRANDES 1 E 2.....	80
TABELA XXIII - TABELA RESUMO REFERENTE ÀS LINHAS DE MONTAGEM VOLVO E V526 INTERIORES.....	81
TABELA XXIV - TABELA RESUMO REFERENTE À LINHA DE MONTAGEM TRANSIT EXTERIORES	83
TABELA XXV - TABELA RESUMO DAS LINHAS DE MONTAGEM CAPÔS DUPLOS E CAPÔS PEQUENOS.....	83
TABELA XXVI – TABELA RESUMO DAS LINHAS DE MONTAGEM CAPÔS GRANDES 1 E 2.....	84
TABELA XXVII - GANHOS POSSÍVEIS DE OBTER NO CORTE DE CABO REVESTIDO.....	86
TABELA XXVIII - GANHOS EM MÃO DE OBRA NO CORTE DE CABO REVESTIDO	86
TABELA XXIX – VALORES MÉDIOS CORRESPONDENTES AO ENSAIO DE TRAÇÃO E TAXA DE APROVAÇÃO NAS AMOSTRAS DA LINHA VOLVO	88
TABELA XXX - VALORES MÉDIOS CORRESPONDENTES AO ENSAIO DE TRAÇÃO E TAXA DE APROVAÇÃO DAS AMOSTRAS NA LINHA V526 INTERIORES.....	89
TABELA XXXI – TEMPOS DE CICLO NA LINHA DE MONTAGEM VOLVO	89
TABELA XXXII - TEMPOS DE CICLO LINHA DE MONTAGEM V526 INTERIORES	89
TABELA XXXIII – VARIAÇÃO DA ESPIRAL ANTES E DEPOIS DAS ALTERAÇÕES NA INJEÇÃO	91

TABELA XXXIV - VALORES MÉDIOS CORRESPONDENTES AO ENSAIO DE TRAÇÃO E TAXA DE APROVAÇÃO DAS AMOSTRAS NA LINHA TRANSIT EXTERIORES.....	92
TABELA XXXV - TEMPOS DE CICLO NA LINHA DE MONTAGEM TRANSIT EXTERIORES	92
TABELA XXXVI – INVESTIMENTO NECESSÁRIO EM MÁQUINAS DE CORTE DE CABO 76F E 77F.....	93
TABELA XXXVII – GANHO DE CABO AO ELIMINAR O APARADO NAS LINHAS DE MONTAGEM	95
TABELA XXXVIII – GANHO EM MÃO DE OBRA	96
TABELA XXXIX – CARACTERÍSTICAS DAS REFERÊNCIAS DE CABO DE COMANDO DAS LINHAS DE MONTAGEM.....	99
TABELA XL – ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS NA FASE MEDIÇÃO	104
TABELA XLI – NOVAS PEÇAS PARA ALTERAÇÃO DO SISTEMA CORTE ELÉTRICO ITALIANO	110
TABELA XLII – NOVAS PEÇAS PARA ALTERAÇÃO DO SISTEMA DE CORTE MECÂNICO DA LINHA DE MONTAGEM B479 EXTERIORES	114
TABELA XLIII – NOVAS PEÇAS PARA ALTERAÇÃO DO SISTEMA DE CORTE MECÂNICO DA LINHA DE MONTAGEM CAPÔS GRANDES	118
TABELA XLIV – NOVAS PEÇAS PARA ALTERAÇÃO DO SISTEMA CORTE MECÂNICO DA LINHA DE MONTAGEM BX726	120
TABELA XLV – NOVAS PEÇAS PARA ALTERAÇÃO DO SISTEMA DE INTRODUÇÃO DE CABO DAS LINHAS DE MONTAGEM PORTAS POLO E PORTAS GOLF.....	123
TABELA XLVI – NOVAS PEÇAS PARA O <i>SETUP</i> DE CORTE DE CABO PEQUENO DA MÁQUINA DE CORTE DE CABO MCGG0003F	125
TABELA XLVII -NOVAS PEÇAS PARA O <i>SETUP</i> DE CORTE DE CABO GRANDE DA MÁQUINA DE CORTE DE CABO MCGG0003F	126
TABELA XLVIII – GANHO DE CABO AO DIMINUIR O APARADO NAS LINHAS DE MONTAGEM	127

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	3
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	3
1.2	LOCAL E PERÍODO DE ESTÁGIO	3
1.3	OBJETIVOS	3
1.4	METODOLOGIA CIENTÍFICA	4
1.5	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	4
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1	INTRODUÇÃO À INDÚSTRIA AUTOMÓVEL E DE COMPONENTES PARA AUTOMÓVEIS	7
2.1.1	<i>Indústria automóvel no mundo</i>	7
2.1.2	<i>Impacto financeiro do setor automóvel no mundo</i>	8
2.1.3	<i>Indústria automóvel em Portugal</i>	8
2.1.4	<i>Impacto financeiro do setor automóvel em Portugal</i>	9
2.1.5	<i>Impacto COVID-19 na indústria automóvel</i>	10
2.1.6	<i>Escassez global de chips</i>	12
2.1.7	<i>Perspetivas de futuro para a indústria automóvel</i>	13
2.2	SIX SIGMA	14
2.2.1	<i>Origem do Six Sigma</i>	14
2.2.2	<i>Fatores críticos de sucesso (CSF) na implementação de Six Sigma</i>	16
2.2.3	<i>Ciclo DMAIC</i>	17
2.2.3.1	Fase Definir	17
2.2.3.2	Fase Medir	18
2.2.3.3	Fase Analisar	19
2.2.3.4	Fase Melhorar	19
2.2.3.5	Fase Controlar	20
2.2.4	<i>Ciclo DMADV</i>	21
2.2.5	<i>Exemplos de Aplicação Six Sigma</i>	21
2.3	LEAN MANUFACTURING	23
2.3.1	<i>Origem e Princípios do Lean Manufacturing</i>	24
2.3.2	<i>Desperdícios (Muda)</i>	25
2.3.3	<i>Principais ferramentas do Lean Manufacturing</i>	27
2.3.3.1	5S	28
2.3.4	<i>Exemplos de Aplicação Lean</i>	28
3	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA E DO PROCESSO	35
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	35
3.1.1	<i>Fico Cables, Lda.</i>	35
3.1.1.1	Áreas de negócio	36
3.1.2	<i>Ficosa, Lda.</i>	39
3.2	CARACTERIZAÇÃO DO PRODUTO E DO PROCESSO	41

3.2.1	<i>Cabos de Comando para automóveis</i>	41
3.2.1.1	Constituição de um cabo de comando	43
3.2.1.1.1	Cabo metálico	43
3.2.1.1.2	Restantes componentes de um cabo de comando	46
3.2.1.2	Processos de fabrico relacionados com a produção de cabos de comando	49
3.2.1.2.1	Posto de montar tubo exterior e <i>grommet</i>	50
3.2.1.2.2	Posto para montar e puncionar terminais de espiral.....	51
3.2.1.2.3	Posto de introduzir e aparar o cabo metálico	52
3.2.1.2.4	Posto de fazer flor e injetar 2º terminal de cabo	53
3.2.1.2.5	Posto de ensaio à tração, medição de cota e termogração	54
3.2.2	<i>Exemplos de projetos realizados na área dos cabos de comando</i>	56
4	ANÁLISE E RESOLUÇÃO DO PROBLEMA	61
4.1	CICLO DMAIC APLICADO NOS CASOS ONDE SE ELIMINOU A APARA.....	61
4.1.1	<i>Fase Definir (Define)</i>	61
4.1.1.1	Condições iniciais do problema.....	61
4.1.1.2	Definição do projeto	71
4.1.1.3	Diagrama SIPOC.....	72
4.1.2	<i>Fase Medir (Measure)</i>	73
4.1.2.1	Plano de recolha de dados	73
4.1.2.2	Análise do sistema de medição	74
4.1.2.3	Medição do estado atual.....	75
4.1.3	<i>Fase Analisar (Analyze)</i>	81
4.1.3.1	Análise dos dados e do processo.....	81
4.1.3.2	Estudo de capacidade das linhas de montagem	84
4.1.3.3	Análise do subconjunto de cabo revestido	85
4.1.4	<i>Fase Melhorar (Improve)</i>	87
4.1.4.1	Definição e implementação das ações de melhoria	87
4.1.5	<i>Fase Controlar (Control)</i>	94
4.1.5.1	Plano de ações	94
4.1.5.2	Ganhos obtidos	95
4.2	CICLO DMAIC APLICADO NOS CASOS ONDE SE DIMINUI O APARADO.....	97
4.2.1	<i>Fase Definir (Define)</i>	97
4.2.1.1	Condições iniciais do problema.....	97
4.2.2	<i>Fase Medir (Measure)</i>	99
4.2.2.1	Plano de recolha de dados	99
4.2.2.2	Medição do estado atual.....	99
4.2.3	<i>Fase Analisar (Analyze)</i>	102
4.2.3.1	Análise do processo.....	102
4.2.3.2	Análise dos dados obtidos na fase medição.....	104
4.2.4	<i>Fase Melhorar (Improve)</i>	105
4.2.4.1	Definição e implementação das ações de melhoria	106
4.2.5	<i>Fase Controlar (Control)</i>	126
4.2.5.1	Ganhos obtidos	126

5	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHO FUTUROS	131
5.1	CONCLUSÕES.....	131
5.2	PROPOSTAS DE TRABALHO FUTURAS.....	131
6	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO.....	136
7	ANEXOS	152
7.1	ANEXO 1 – RESULTADOS OBTIDOS POR REFERÊNCIA NA FASE DE MEDIR	152
7.2	ANEXO 2 – TABELAS APROVAÇÃO MOVA MEDIDA DE CORTE DE CABO (ELIMINAÇÃO APARADO).....	194
7.3	ANEXO 3 – TABELAS PLANEAMENTO DE PRODUÇÃO/GANHO DE CABO DAS LINHAS DE MONTAGEM.....	196
7.4	ANEXO 4 – SAVING EM MÃO DE OBRA VOLVO (MAIO 2022 ATÉ DEZEMBRO 2022)	203
7.5	ANEXO 5 – DESENHOS TÉCNICOS	204
7.5.1	<i>Anexo 5.1 – Alteração da linha de montagem BX726 e Multirreferências 1 (Corte Elétrico Italiano)</i>	<i>204</i>
7.5.2	<i>Anexo 5.2 – Alteração da linha de montagem B479 Exteriores (Corte mecânico)</i>	<i>205</i>
7.5.3	<i>Anexo 5.3 - Alteração da linha de montagem BX726 (Corte mecânico)</i>	<i>206</i>
7.5.4	<i>Anexo 5.4 – Alteração da linha de montagem Capôs Grandes 1 e 2 (Corte mecânico)</i>	<i>207</i>
7.5.5	<i>Anexo 5.5 – Alteração da linha de montagem Portas Polo e Portas Golf (Introdução de Cabo)</i>	<i>208</i>
7.5.6	<i>Anexo 5.6 – Alteração da máquina de corte MCCG00003F</i>	<i>209</i>
7.6	ANEXO 6 – FICHA TÉCNICA SMC MHY2	210

INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

1.2 LOCAL E PERÍODO DE ESTÁGIO

1.3 OBJETIVOS

1.4 METODOLOGIA CIENTÍFICA

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

1 INTRODUÇÃO

No primeiro capítulo deste trabalho, apresenta-se a contextualização do mesmo, o local da empresa de acolhimento, bem como o período do estágio que permitiu a realização deste trabalho, os objetivos a alcançar, assim como a metodologia científica utilizada e a estrutura do trabalho.

1.1 Contextualização

Vivemos numa época em que as organizações, para sobreviverem, têm de estar constantemente a inovar, à procura do incremento da qualidade dos seus produtos, assim como o aumento da produtividade. A pandemia de COVID-19 veio reforçar esta necessidade da procura constante pela perfeição. A indústria automóvel é caracterizada por ser das áreas de negócio mais competitivas e que se encontra numa constante evolução a nível mundial. Por estas razões, a satisfação dos clientes é algo essencial para a sobrevivência e crescimento de uma organização, satisfação esta que advém de produtos de elevada qualidade, permitindo à empresa maximizar os seus lucros, através da eliminação dos desperdícios existentes ao longo do fluxo produtivo.

1.2 Local e período de estágio

A presente dissertação foi desenvolvida na empresa FicoCables - Fábrica de Acessórios e Equipamentos Industriais, sediada na Maia, que está inserida no grupo Ficosa, tendo uma duração de nove meses (19 de outubro de 2021 a 30 de julho de 2022), no âmbito do estágio curricular para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica.

1.3 Objetivos

O objetivo pretendido com este trabalho foi a redução ou eliminação da ponta de cabo na operação de aparar nas linhas de produção, uma vez que a empresa apresentava, anualmente, milhares de metros de cabo desperdiçado. De modo a se atingir os objetivos pretendidos, o projeto foi dividido, inicialmente, em sete etapas:

- Seleção das linhas com operação de aparar cabo;
- Recolha/análise das referências que cada linha produz;
- Análise nas linhas das referências a serem estudadas;
- Estudo da capacidade/análise das referências selecionadas;
- Estudo das ações a executar por forma a eliminar/diminuir a ponta de cabo;
- Aplicar as ações;

- Retirar as respectivas conclusões.

1.4 Metodologia científica

Numa primeira fase foi feita uma pesquisa bibliográfica aprofundada em artigos científicos e livros sobre os temas essenciais para o correto e bom desenvolvimento deste trabalho. Foi nesta fase que se obtiveram e aprofundaram os conhecimentos sobre o setor automóvel; a metodologia *Six Sigma* e o ciclo DMAIC, ferramenta esta que será utilizada para atingir os objetivos pretendidos do trabalho; e a filosofia *Lean*, dando principal importância à ferramenta 5S.

Neste projeto, abordou-se o ciclo DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*), de modo a atingir os objetivos propostos. Na primeira fase (*Define*), definiu-se o problema com o recurso ao *Project Charter* e à árvore CTQ e desenvolveu-se o mapeamento do processo através do diagrama SIPOC. Na segunda fase (*Measure*), recolheram-se os dados e analisou-se o desempenho atual do processo. Na terceira fase (*Analyze*), utilizaram-se as ferramentas necessárias de modo a determinar as causas raízes do problema. Na quarta fase (*Improve*), implementou-se as ações de melhoria. Na última fase (*Control*), realizou-se a monitorização do processo e constatou-se o impacto das ações implementadas.

1.5 Estrutura da dissertação

O trabalho seguinte está dividido em cinco capítulos principais: Introdução; Revisão bibliográfica; Caracterização da empresa e do processo; Análise e resolução do problema e, por fim, a Conclusão.

O primeiro capítulo deste trabalho está dividido em: contextualização, apresentação do local da empresa de acolhimento e período do estágio, os objetivos a alcançar, a metodologia científica utilizada e a estrutura do trabalho.

No segundo capítulo, Revisão bibliográfica, é feito o enquadramento teórico dos temas necessários aprofundar e das metodologias usadas para a resolução do problema proposto neste trabalho.

No terceiro capítulo, Caracterização da empresa e do processo, é feita a caracterização da empresa de acolhimento, assim como, a caracterização do processo e do produto a estudar.

No quarto capítulo, Análise e resolução do problema, é apresentado o projeto e o desenvolvimento das várias fases do ciclo DMAIC.

No quinto capítulo, Conclusão, apresentam-se as conclusões do trabalho realizado.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 INTRODUÇÃO À INDÚSTRIA AUTOMÓVEL E DE
COMPONENTES PARA AUTOMÓVEIS

2.2 SIX SIGMA

2.3 LEAN MANUFACTURING

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, em primeira instância, faz-se uma introdução à indústria automóvel e de componentes para automóveis. Seguidamente, aborda-se a metodologia *Six Sigma* e a sua ferramenta DMAIC e, por fim, aborda-se a filosofia *Lean Manufacturing*.

2.1 Introdução à indústria automóvel e de componentes para automóveis

Neste subcapítulo irá ser feita uma introdução à indústria automóvel e de componentes para automóveis, realçando as ameaças a que este setor está sujeito, assim como previsões para o seu futuro.

2.1.1 Indústria automóvel no mundo

A origem do automóvel começou no fim do século XIX na Europa, no entanto, os Estados Unidos passaram a dominar a indústria automóvel durante a primeira metade do século XX, devido ao desenvolvimento das técnicas de produção em massa. Na segunda metade do século XX, houve uma mudança de paradigma, onde os países da Europa ocidental e o Japão passaram a ser grandes produtores e exportadores [1] Na época presente, os maiores produtores a nível mundial de veículos motorizados são (por ordem decrescente) a China (em 2019 responsável pela produção de 28% de todos os carros e camiões produzidos a nível mundial), Estados Unidos da América, Japão, Alemanha, Coreia do Sul, Índia e México, conforme se pode ver na Figura 1 [2].

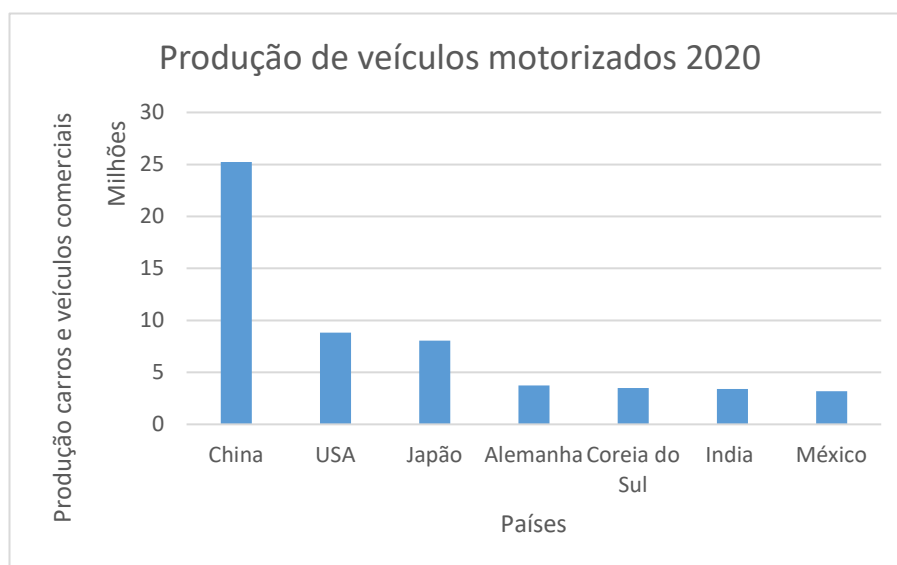


Figura 1 - Top 7 de produtores de veículos motorizados em 2020 (adaptado de [2])

2.1.2 Impacto financeiro do setor automóvel no mundo

A nível mundial, o setor automóvel é um dos setores mais importantes para a economia da maior parte dos países de todo o mundo. O setor automóvel emprega diretamente cerca de 9 milhões de pessoas e, se tivermos em conta todos os empregos que estão relacionados indiretamente com este setor, serão cerca de 50 milhões de pessoas. As indústrias que estão envolvidas no setor automóvel são muito variadas, indo desde a indústria do alumínio, têxteis, vidros, até à indústria dos *chips* de processamento [3]. A indústria automóvel é responsável pelo consumo de cerca de metade do óleo, borracha, de 1/4 do vidro e 1/6 do aço produzido em todo o mundo. O setor automóvel é o segundo setor, depois da indústria aeronáutica, com um maior volume de consumo de produtos provenientes de outras indústrias [4].

De acordo com estimativas internacionais, o volume de negócios médio anual da indústria automóvel mundial é superior a 2,75 triliões de euros, valor este que corresponde a 3,65% do PIB (Produto Interno Bruto) mundial. Nas economias em crescimento, o aumento de 1% da indústria automóvel causa o aumento do PIB em 1,5% [4]. Na Europa, o setor automóvel gera cerca de 13,8 milhões de empregos direta e indiretamente, valor este que representa 6,1% do total de empregos da UE (União Europeia). Já o volume de negócios gerado pela indústria automóvel representa mais de 7% do PIB da UE [5]. Nos Estados Unidos da América, este mesmo setor é responsável por 3% do PIB Americano. É o setor de produção que mais empregos gera, que mais exporta, e está entre os setores que mais investe em R&D (*Research and Development*), num total de 20 biliões de dólares investidos em 2018 [6].

2.1.3 Indústria automóvel em Portugal

A indústria automóvel portuguesa conta com algumas décadas de história. Ao longo dos anos, esta indústria tem tido uma clara evolução. O setor automóvel português pode ser dividido em três grandes fases, que contribuíram de distintas formas para a sua relevância nos dias de hoje, fases estas que podem ser vistas mais ao pormenor na figura 2 [7]. Durante o Estado Novo, assistiu-se a uma redução das importações, algo que foi contrariado no fim da década de 70 e na década de 80, caracterizada pela abertura ao investimento estrangeiro (Projeto Renault). Nos anos 90, o setor automóvel registou novamente um crescimento significativo com a implantação da Autoeuropa em Portugal. A indústria automóvel é hoje a 3ª maior no âmbito da indústria transformadora em Portugal [8]. A capacidade técnica de Portugal na área automóvel, os custos de instalação e funcionamento altamente competitivos e as grandes infraestruturas logísticas, têm sido responsáveis por um contínuo desenvolvimento nesta área [9].

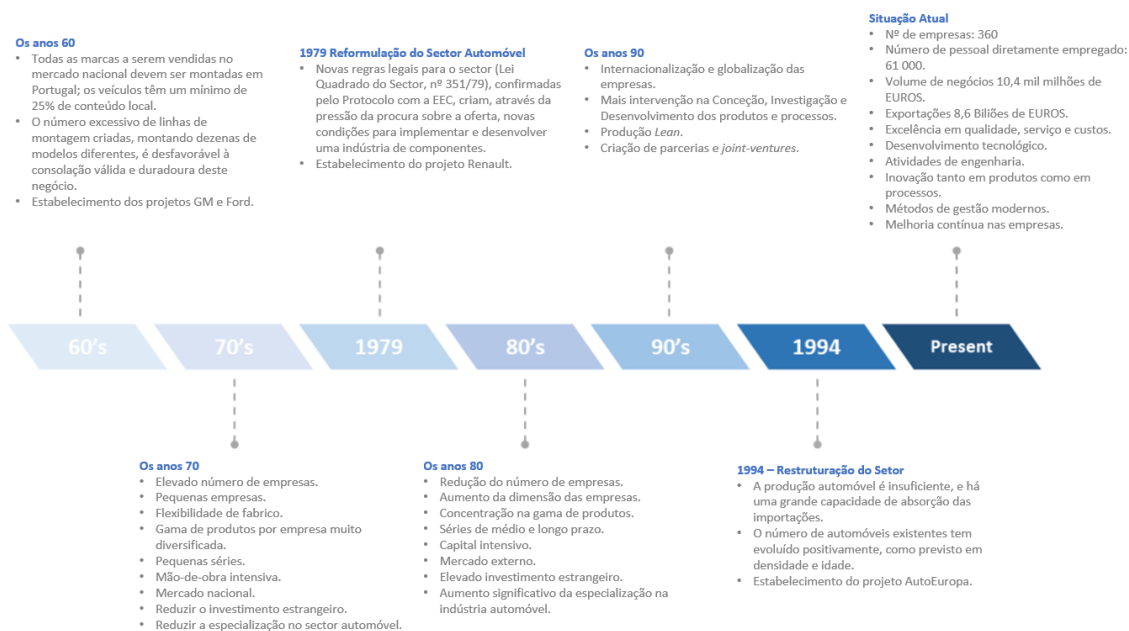


Figura 2 - Evolução do setor automóvel em Portugal (adaptado de [7])

2.1.4 Impacto financeiro do setor automóvel em Portugal

O setor automóvel, incluindo a produção de automóveis assim como a produção de componentes para esta mesma indústria, é um dos setores mais importantes para a economia de Portugal. Este setor destaca a sua importância para o futuro da economia Portuguesa pela sua diversidade, capacidade de criação de empregos qualificados, dinamização de múltiplos setores, contribuição do aumento das exportações e também por ser um importante incentivo à inovação, desenvolvimento e conhecimento em Portugal [9]. A indústria de componentes para automóveis em Portugal cresceu 200% nos últimos 15 anos [10] registando em 2021 um volume de negócios anual de cerca de 10,4 mil milhões de euros, o que representa 5,2% do PIB do país. Emprega diretamente cerca de 62.000 pessoas, em cerca de 350 empresas, sendo que estas se localizam principalmente no Norte do país, como é possível ver pela figura 3 [11]. Este setor representa 9,1% do emprego na indústria transformadora, 16,1% das exportações de bens transacionáveis (8,6 mil milhões de euros) e 16,8% do investimento da indústria transformadora (4,3 mil milhões de euros). Cerca de 90,9% do total de componentes produzidos no país tem como destino a Europa (30% Espanha, 21,2% Alemanha, 11,8% França). Atualmente, as atividades principais por volume de negócio são a metalurgia e metalomecânica (33%), eléctrico/electrónica (32%) e plásticos, borrachas e compósitos (18%) [11]. Portugal conta também com quatro grandes fabricantes de automóveis, são estes: Toyota/Salvador Caetano, PSA Peugeot Citroen, Mitsubishi Trucks e Volkswagen AutoEuropa. A maior parte dos carros fabricados em Portugal são para exportação (97,9%). A Europa é o maior destino destas exportações, sendo que dentro da Europa os países principais são a Alemanha (20,4%), França (16,2%), Itália (11,7%), Espanha (11,0%) e Reino Unido (7,6%) [10].

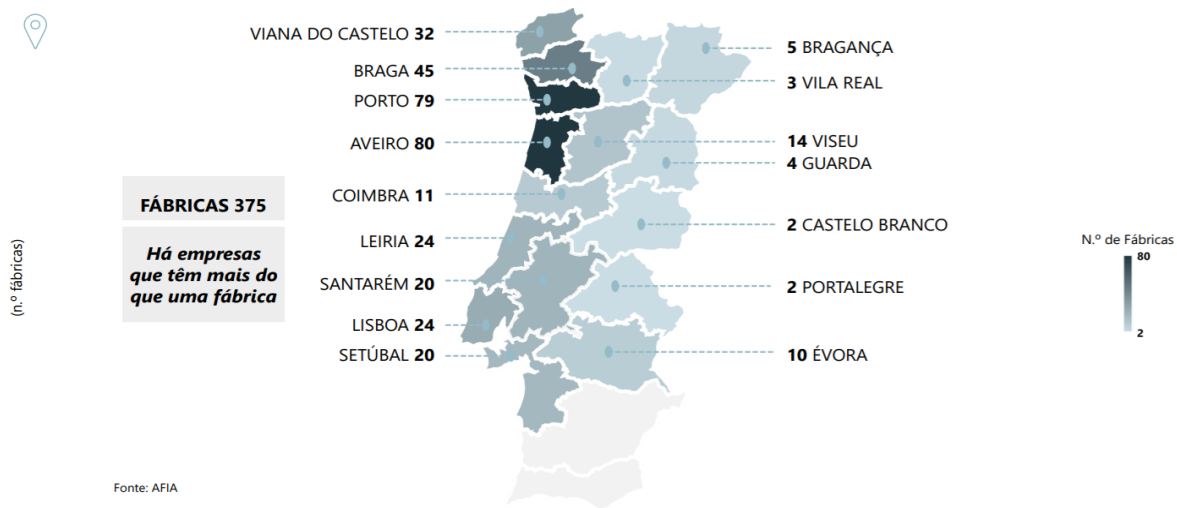


Figura 3 – Localização e número de empresas fornecedoras da indústria automóvel em Portugal [11]

2.1.5 Impacto COVID-19 na indústria automóvel

Depois de 10 anos de crescimento contínuo, a produção de automóveis a nível global, teve um declínio significativo (mais de 5% ano) em 2019 [12], sendo que este declínio piorou no ano de 2020, como é possível ver pela figura 4 [13]. Além dos desafios que a indústria automóvel sofria devido às mudanças climáticas, a mudança na procura por parte dos consumidores [14] e as perturbações no CASE (*Connectivity, Autonomy, Sharing, Electrification*) [15], o aparecimento do surto de um novo coronavírus, denominado pela OMS (Organização Mundial de Saúde) de COVID-19 e declarado como uma pandemia no dia 20 de março de 2020 [16], marca o início de uma mudança na indústria automóvel. Antes do aparecimento da pandemia de COVID-19, a indústria automóvel tinha previsões de um crescimento sólido durante esta década [17]. COVID-19 é o nome oficial de uma doença infecciosa respiratória causada por um novo coronavírus, sendo esta a quinta pandemia documentada, desde a pandemia de gripe de 1918 [18], que apareceu inicialmente em Whuan, China, e que se espalhou por todo o mundo a uma velocidade inesperadamente rápida, como é possível ver na figura 5 [19]. Devido à gravidade da doença e à velocidade e facilidade com que esta se espalhava pela população, os governos de todos os países foram obrigados a cancelar voos, fechar fronteiras e restringir a livre circulação dos cidadãos. Como consequência, a atividade económica diminuiu abruptamente e os mercados das ações sofreram quedas significativas. O confinamento geral, gerado devido ao COVID-19, apesar de ajudar na limitação da velocidade com que o vírus se espalha, teve e tem diversos efeitos negativos, tanto economicamente como socialmente [20]. A epidemia de COVID-19 teve um impacto muito negativo em praticamente todos os tipos de indústria, sendo que o setor automóvel não foi exceção, pelo contrário, foi uma das indústrias mais afetadas, a venda de veículos teve quebras bruscas especialmente em fevereiro de 2020, onde se registou uma queda de 92% na China e, na Europa, uma queda de 7,4%, em comparação com o ano de 2019 [16].

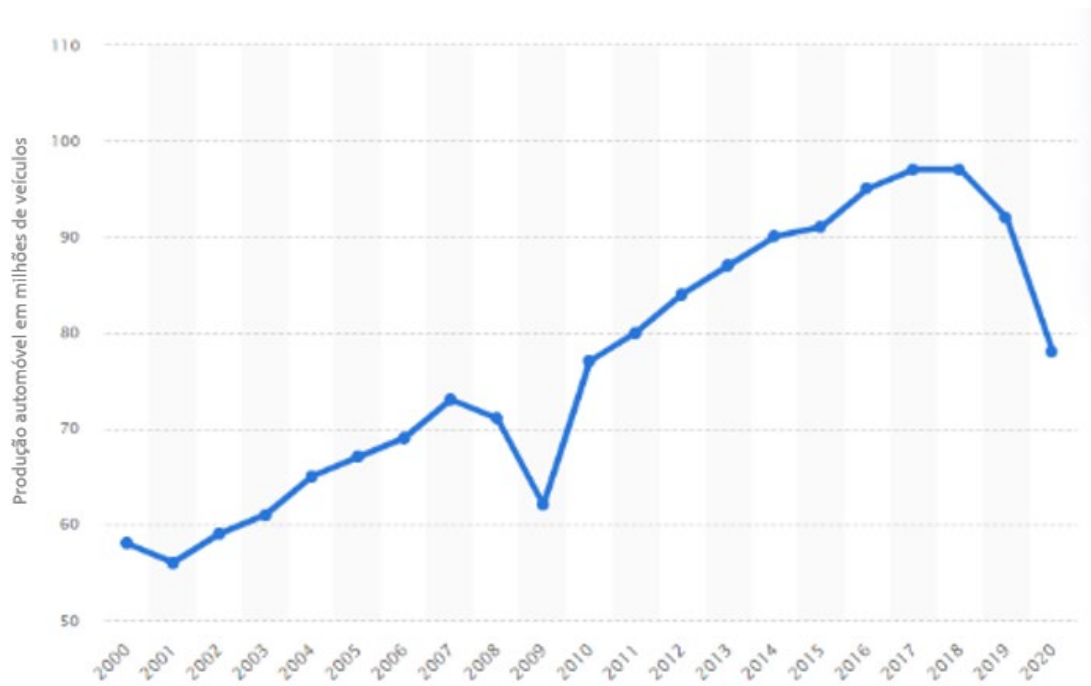


Figura 4 - Produção automóvel no mundo de 2000 até 2020 (adaptado de [13])

Novos casos diários COVID-19 no mundo

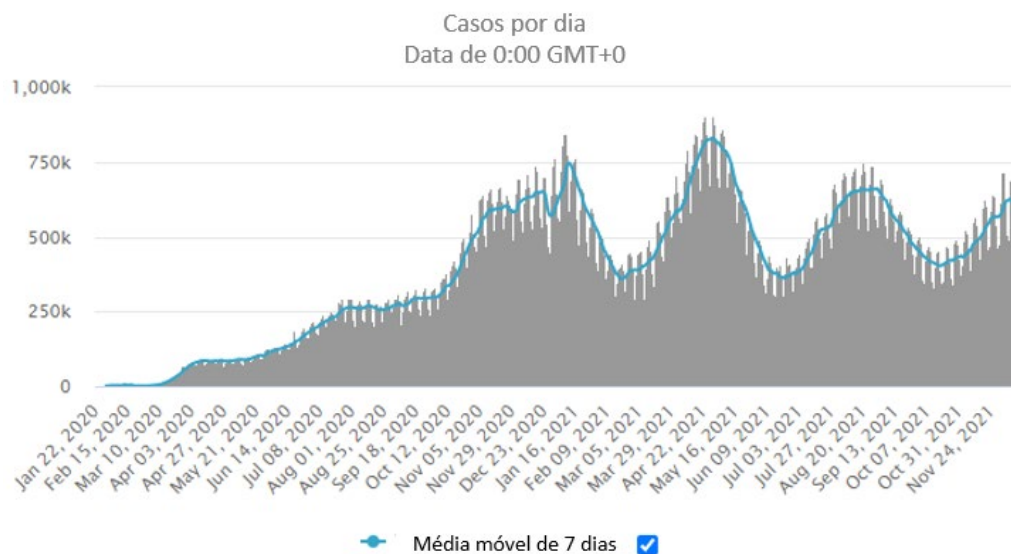


Figura 5 - Novos casos diários COVID-19 no mundo (adaptado de [19])

A rápida e extensa propagação de COVID-19 criou muitas incertezas e quebras nas cadeias de abastecimento globais. Os esforços realizados para parar a disseminação do vírus levaram à interrupção dos fluxos de matérias-primas e componentes das fábricas chinesas para muitas partes do mundo, assim como de vários países para a China e outros destinos. Isto teve um impacto desastroso na economia internacional e nas cadeias de abastecimento globais [21]. As indústrias mais afetadas pela pandemia são

aquelas que dependem de matérias-primas ou componentes produzidos em fábricas chinesas, logo a indústria automóvel é dos setores mais afetados, isto porque este setor importa da China, anualmente, mais de 34 bilhões de dólares em componentes para automóveis [22].

2.1.6 Escassez global de *chips*

Durante meses, e até ao momento em que esta dissertação foi escrita, a falta de *chips*, gerada devido à pandemia de COVID-19, está a comprometer as cadeias de abastecimento do setor automóvel assim como os processos de produção dos construtores automóveis em todo o mundo [23].

Apesar de o setor automóvel não ser o setor a nível global que mais utiliza *microchips*, como é possível ver pela figura 6 [24], os automóveis de hoje em dia não podem ser construídos sem acesso a centenas de semicondutores e *chips*, que são usados para os sistemas de entretenimento dos veículos, para os sistemas de assistência e segurança à condução, assim como muitas outras aplicações [25].

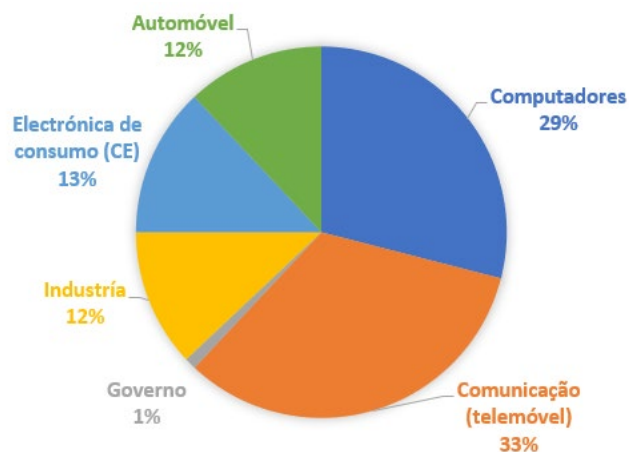


Figura 6 - Percentagem utilização da indústria global de chipes (adaptado de [24])

A falta de *microchips* a nível global na indústria automóvel aconteceu, principalmente, devido a dois fatores. Em primeiro lugar, o encerramento temporário das fábricas que produziam *chips*, principalmente na China, criando uma redução significativa da produção destes mesmos produtos. Em segundo lugar, devido ao confinamento da população em todo o mundo, o teletrabalho e as aulas *online* para os estudantes, passaram a fazer parte do dia a dia da maioria das pessoas. Logo, a procura por produtos como computadores, *smartphones*, consolas de videojogos tiveram um grande aumento. A indústria de *chips* aproveitou a oportunidade e mudou os seus recursos para os tão requisitados produtos eletrónicos fazendo, assim, frente à crise de pedidos vindos do setor automóvel [24], [26].

De acordo com a AFIA (Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel), as exportações de componentes automóveis referente ao acumulado até novembro de

2021, atingiram os 8,427 milhões de euros, o que representa uma diminuição de 7,9% relativamente ao mesmo período do ano de 2019, sendo que a falta de *chips* e componentes eletrónicos são apontados como a principal causa dos problemas que o setor está a sentir [27].

2.1.7 Perspetivas de futuro para a indústria automóvel

A recessão económica criada devido ao COVID-19 poderá vir a ser mais severa que a grande recessão de 2007, uma vez que está a afetar todos os países do mundo. O ano de 2023 é apontado como o ano em que poderá existir a recuperação da economia global [28].

Apesar de a Indústria Automóvel ser das indústrias que mais sofreu e sofre devido à pandemia de COVID-19, existem fatores animadores para este setor, nomeadamente, a intenção de compra de veículos estar a aumentar, como é possível ver pela figura 7 [29]. Existe também um aumento de intenção de compra de veículos elétricos, principalmente na China e na Europa, isto devido a incentivos dos governos e crescente consciencialização sobre a sustentabilidade [29].

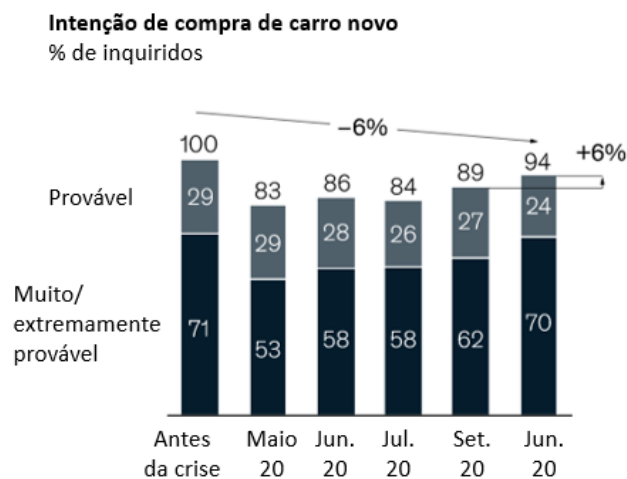


Figura 7 - Intenção de compra de novo carro (adaptado de [29])

É projetado que o setor automóvel a nível global cresça até aos 8,9 trilhões de dólares por volta de 2030, como é possível ver na figura 8 [30], sendo que 38% deste mesmo crescimento irá ser gerado devido à venda de novos veículos [30].

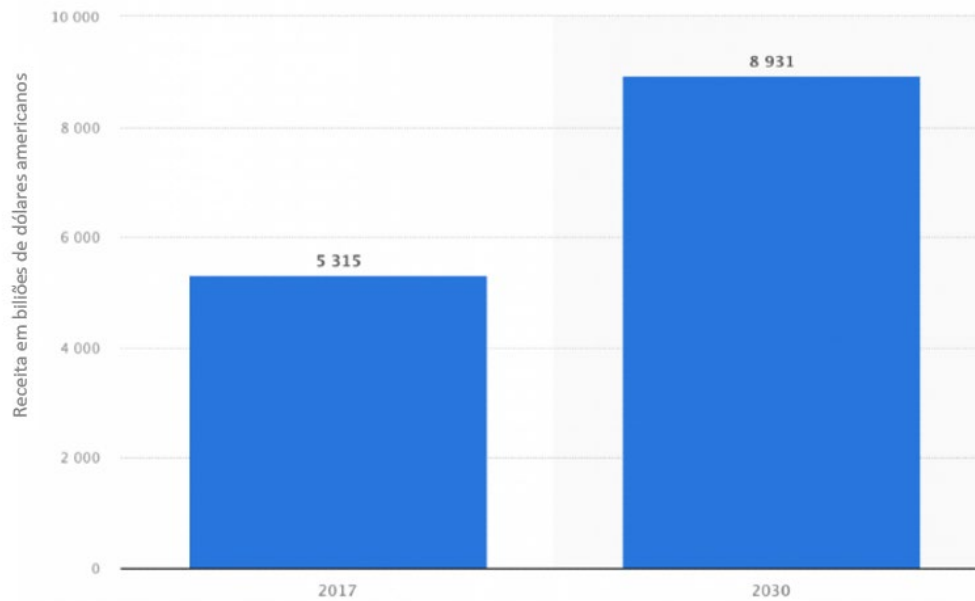


Figura 8 - Receita projetada indústria automotiva global entre 2017 e 2030 (adaptado de [30])

2.2 Metodologia *Six Sigma*

Ao longo deste subcapítulo, irá ser abordado a origem do *Six Sigma*, a metodologia DMAIC e DMADV, serão identificados os fatores críticos de sucesso (CSF) na implementação de *Six Sigma*, irá ser apresentada uma tabela com o resumo de vários trabalhos onde as metodologias *Six Sigmas*/DMAIC/DMADV foram utilizadas com sucesso e, por fim, uma análise crítica.

2.2.1 Origem do *Six Sigma*

Na década de 1980, a Motorola estava a enfrentar uma grande pressão devido à concorrência internacional, particularmente vinda do Japão. Devido à ameaça externa que a Motorola sentia, em 1986, o Engenheiro Bill Smith, que na altura trabalhava para a Motorola, com a ajuda de Mikel Harry e outros, desenvolveu uma abordagem de melhoria de negócio, a que foi chamada *Six Sigma*, com o objetivo de procurar e eliminar causas de defeitos ou falhas nos processos de uma organização. Foi escolhido este nome pois o objetivo seria reduzir a variação, de modo a que os limites de especificações (LSE – Limite Superior de Especificação, LIE – Limite Inferior de Especificação) das principais características do processo estivessem a seis desvios-padrão do objetivo [31]. Devido à implementação do *Six Sigma* na Motorola, com o objetivo de melhorar a qualidade, a empresa conseguiu poupar 2,2 bilhões de dólares em quatro anos [32].

A partir do momento em que a Motorola começou a ter resultados positivos devido à utilização do *Six Sigma*, outras organizações começaram a prestar atenção a esta metodologia. As empresas *Honeywell* e *AlliedSignal*, começaram a usar *Six Sigma* por volta de 1990, sendo que também obtiveram resultados positivos. No entanto, o

reconhecimento global do *Six Sigma* só apareceu quando o CEO Jack Welch anunciou que a *GE (General Electric)* iria começar a adotar o *Six Sigma* na organização. Mesmo antes de os resultados devido ao *Six Sigma* chegarem, as ações da *GE* começaram a subir rapidamente. A principal diferença da aplicação do *Six Sigma* da *GE* comparada com a utilizada na Motorola foi que o Jack Welch conseguiu enraizar o conceito na cultura da sua organização. Hoje em dia, o *Six Sigma* é utilizado em diversas áreas como finanças, assistência médica, produção, vendas, entre outras, assim como em diversas organizações como a Ford, American Express, Samsung, etc. [31], [33].

Six Sigma é considerada uma metodologia de negócio usada para aprimorar o desempenho, melhorar a qualidade e eliminar a variabilidade do processo, produto ou serviço. Isto é conseguido através da descoberta e eliminação de defeitos e minimização de variações. O *Six Sigma* foca-se na exatidão e precisão [34], [35] A metodologia *Six Sigma* é considerada um dos melhores métodos para melhorar a qualidade e reduzir desperdício, ajudando as organizações a produzir melhores produtos e serviços, de forma mais rápida e mais económica [36].

Sigma (σ), é a letra do alfabeto Grego usada para identificar a variabilidade de um conjunto de dados de um processo, produto ou serviço. De um ponto de vista estatístico, *Six Sigma* significa que para qualquer produto ou processo haverá menos de 3,4 defeitos por milhão de oportunidades (DPMO) ou, por outras palavras, uma taxa de sucesso de 99,9997% [37], [38] tal como é possível ver na figura 9 [39].

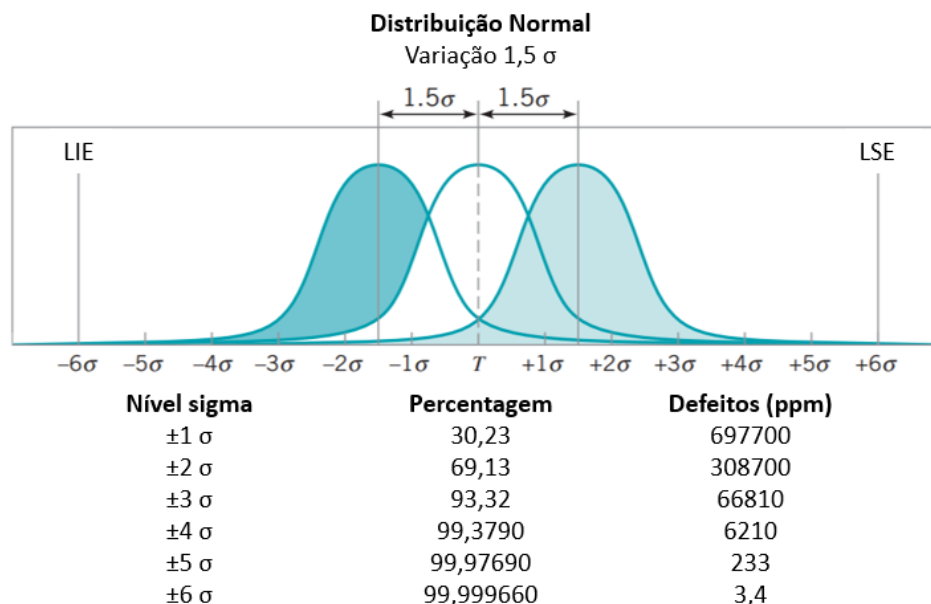


Figura 9 – Distribuição normal com a média deslocada em $\pm 1,5\sigma$ em relação ao alvo (adaptado de [39])

2.2.2 Fatores críticos de sucesso (CSF) na implementação de *Six Sigma*

Apesar de várias organizações terem implementado com sucesso o *Six Sigma*, existe também um número significativo de organizações que não conseguiu obter o sucesso pretendido quando implementada esta metodologia [37]. Estudos relacionados com empresas aeroespaciais realizados em 2005 mostraram que menos de 50% dos inquiridos estavam satisfeitos com os resultados provenientes do *Six Sigma*. Uma revisão feita em 2010 a 47 estudos na área dos serviços de saúde, concluiu que 62% das iniciativas de *Six Sigma* falharam devido à falta de aceitação pelos *stakeholders* internos. Estas falhas e insatisfações com os resultados da implementação do *Six Sigma* são, em geral, causadas devido a falta de atenção dada pelas organizações aos fatores críticos de sucesso (CSF), durante a sua implementação [40]. Para as organizações, saber optar pelo projeto certo, projeto este que pode ser concluído num intervalo de tempo razoável, fornecer benefícios comerciais tangíveis em termos financeiros, ou que aumentem a satisfação do cliente, fará a diferença quanto ao sucesso ou fracasso na implementação do *Six Sigma* [41].

Os CSF são uma série de fatores essenciais para uma organização, sem os quais qualquer iniciativa de melhoria tem uma probabilidade reduzida de sucesso. Uma vez identificados os CSFs, uma organização pode determinar com sucesso as dificuldades que afetam criticamente o processo, eliminando ou evitando assim quaisquer problemas que possam contribuir para o seu fracasso [42], [43]. Perceber os CSFs de qualquer iniciativa de uma organização ajuda a perceber as informações críticas necessárias e a pensar nas prioridades para o sistema de informação como auxílio na implementação da iniciativa [44].

A revisão da literatura revela que existem vários fatores críticos de sucesso para a implementação do *Six Sigma*:

- Compromisso e suporte da administração de topo;
- Educação e treino;
- Comunicação;
- Envolvimento dos funcionários;
- Mudança da cultura organizacional;
- Foco e requisitos dos clientes;
- Recursos e infraestrutura organizacional;
- Compreender as ferramentas e técnicas dentro da metodologia *Six Sigma*;
- Qualificações e conhecimentos;
- Ligar o método *Six Sigma* aos clientes;
- Ligar o método *Six Sigma* a estratégia de negócio;
- Ligar o método *Six Sigma* aos fornecedores;
- Ligar o método *Six Sigma* aos recursos humanos;
- Sistema de recompensas;
- Capacidade de gestão de projetos;

- Seleção e priorização de projetos.

Estes CSFs são considerados pontos-chave para que a taxa de sucesso na implementação de um programa/projeto de *Six Sigma* numa organização seja elevada [45], [46].

2.2.3 Ciclo DMAIC

DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) é considerada uma das abordagens essenciais na execução de um projeto *Six Sigma* aplicado na melhoria e qualidade de um processo [47]. É constituído por cinco fases interligadas (Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar) como é possível ver pela figura 10 [48]. DMAIC é inspirado nas práticas de Deming, ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) [49].



Figura 10 - Ciclo correspondente à metodologia DMAIC (adaptado de [48])

A utilização da metodologia DMAIC num projeto torna o processo sistemático, científico, baseado em factos e orientado por dados. O ciclo DMAIC fornece uma sequência organizada de ações que são usadas na implementação de melhorias do processo e solução de problemas. As organizações, ao optarem pela utilização deste método estruturado, evitam conclusões precipitadas e asseguram o desenvolvimento de várias soluções alternativas para um determinado problema. A partir de uma revisão frequente e contínua em cada fase do ciclo DMAIC, os líderes organizacionais conseguem monitorizar e garantir a execução adequada de cada fase de implementação do projeto [48].

2.2.3.1 Fase Definir

Definir é a primeira fase do ciclo DMAIC e consiste na identificação ou definição do problema, no delinear de possíveis questões problemáticas e dos objetivos a serem alcançados [50]. Esta fase também envolve a definição da equipa do projeto e dos requerimentos e expectativas dos clientes [47].

Na figura 11, encontram-se as principais ferramentas e métodos que podem ser usados nesta primeira fase [51].

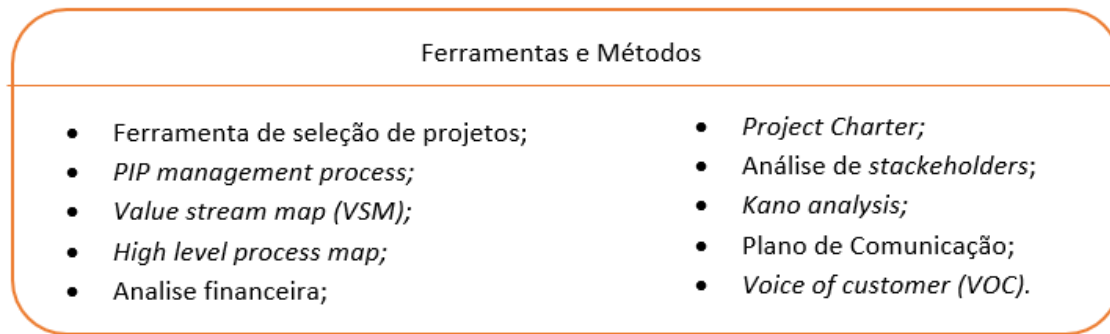


Figura 11 - Ferramentas e métodos da fase Definir (adaptado de [51])

O objetivo do projeto deve estar bem definido num *Project Charter*, onde estejam também bem delineados os objetivos quantitativos específicos. É importante identificar os *stakeholders*, pessoas estas que estarão envolvidas no processo ou que irão ser influenciadas pelas mudanças feitas, e obter a sua opinião [52].

2.2.3.2 Fase Medir

Medir é a segunda fase do ciclo DMAIC. É nesta fase que se devem recolher todos os dados críticos sobre as variáveis que possam influenciar o processo e que foram definidas na primeira fase do ciclo [50]. Esta fase fornece uma estrutura para avaliar o desempenho atual, assim como determinar, comparar e monitorizar as melhorias decorrentes e a sua capacidade [47]. O desempenho das medições obtidas na fase Medir são comparadas com o desempenho das medições feitas na conclusão do projeto, de modo a determinar objetivamente se houve uma melhoria significativa do mesmo [53].

Na figura 12, encontram-se as principais ferramentas e métodos que podem ser usados na segunda fase do ciclo DMAIC [51].

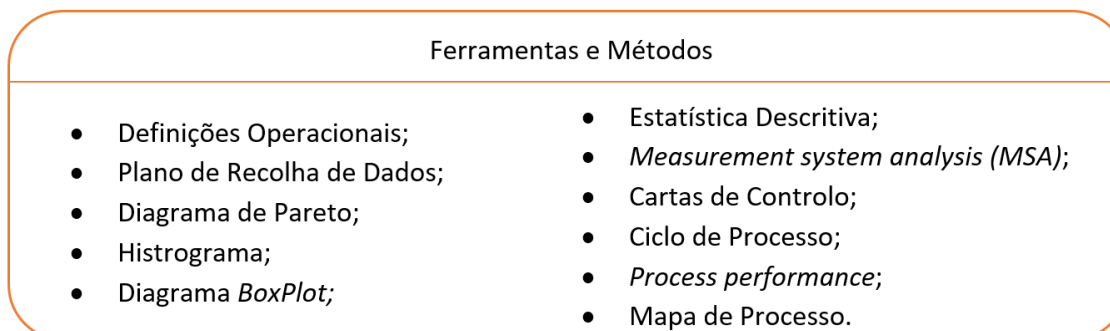


Figura 12 - Ferramentas e métodos da fase Medir (adaptado de [51])

De modo a evitar negligenciar medidas importantes, é útil criar um Mapa de Processo, mapa este que é uma representação gráfica das etapas do procedimento. O Mapa de Processo ajuda a identificar os pontos onde as medições têm de ser feitas. Existem três tipos principais de medidas: *Outcome measures* são as medidas que descrevem o desempenho geral do processo; *Input measures* são itens colocados no processo (recursos, finanças, tecnologia) e *Process measures* são medidas similares às *Input measures*, sendo que a principal diferença reside no facto de estas serem tomadas em

pontos críticos do processo, fornecendo dados sobre o desempenho de etapas individuais [52].

2.2.3.3 Fase Analisar

Analisar é a terceira fase do ciclo DMAIC, nesta fase o objetivo é identificar, validar e selecionar as causas principais dos problemas (defeitos) com o intuito de as eliminar, entender porque estes mesmos defeitos aconteceram, assim como comparar e priorizar as oportunidades para futuras melhorias [47], [53]. As análises podem ser qualitativas ou quantitativas, dependendo do tipo de dados recolhidos [52].

Na figura 13, encontram-se as principais ferramentas e métodos que podem ser usados na terceira fase do ciclo DMAIC [51].

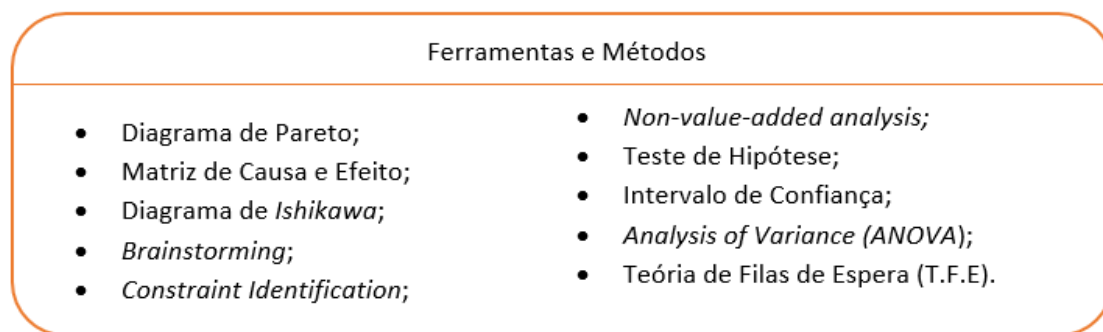


Figura 13 - Ferramentas e métodos da fase Analisar (adaptado de [51])

O Diagrama de Ishikawa exhibe as fontes do erro, de maneira a ajudar a identificar a causa raiz de cada problema. O Diagrama de Pareto é um método eficiente para analisar e exhibir dados, combinando gráficos de barras e linhas de modo a destacar as causas mais importantes que estão na raiz do problema. A causa do erro é representada no eixo dos “XX” e o número de ocorrências no eixo dos “YY”. As barras verticais mostram a frequência de cada causa, enquanto a linha do gráfico representa a soma cumulativa da frequência de erros [52].

2.2.3.4 Fase Melhorar

Melhorar é a quarta fase do ciclo DMAIC. O objetivo desta fase é identificar, testar e implementar a solução para o problema, em parte ou no todo, dependendo da situação. É nesta fase que é essencial identificar soluções para eliminar as principais falhas, identificadas na fase anterior, de modo a corrigir e prevenir problemas de processo. [47], [53] Esta fase dá a oportunidade de ser criativo e realizar um *brainstorm* de ideias direcionadas para eliminar as principais causas dos problemas. Depois de produzidas várias ideias, cada uma deve ser avaliada pela simplicidade de implementação e potencial impacto. As melhores intervenções são aquelas que produzem uma melhoria mais acentuada, com o menor esforço ou custo [52].

Na figura 14, encontram-se as principais ferramentas e métodos que podem ser usados na quarta fase do ciclo DMAIC [51].

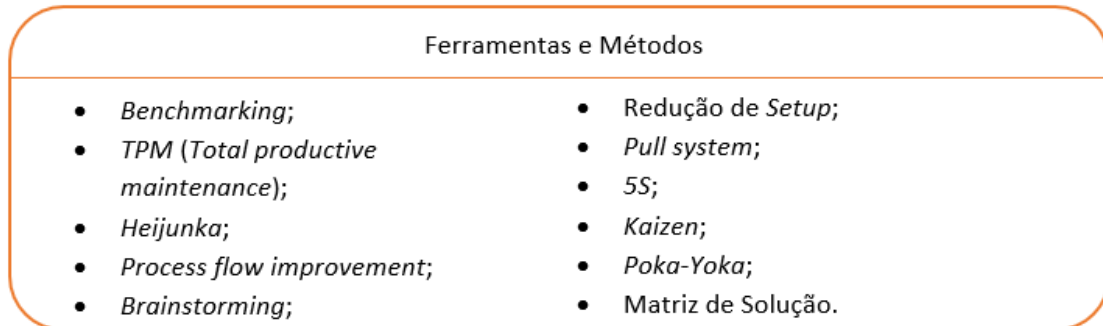


Figura 14 - Ferramentas e métodos da fase Melhorar (adaptado de [51])

2.2.3.5 Fase Controlar

Controlar é a última fase do ciclo DMAIC. O objetivo desta fase é sustentar os ganhos obtidos nas outras fases, monitorizar as melhorias de forma a assegurar o sucesso contínuo e sustentável ao longo do tempo e normalizar as soluções. As melhorias no processo são também documentadas e institucionalizadas [47], [50], [53].

Inicialmente, deve-se confirmar se os objetivos principais do projeto, contidos no *Project Charter*, foram todos abordados, e, de seguida, confirmar que os ganhos serão sustentados, comunicando os resultados aos *stakeholders* e delinear um plano de forma a implementar as mudanças como parte da rotina diária [52]. Na figura 15, encontram-se as principais ferramentas e métodos que podem ser usados na quinta e última fase do ciclo DMAIC [51].

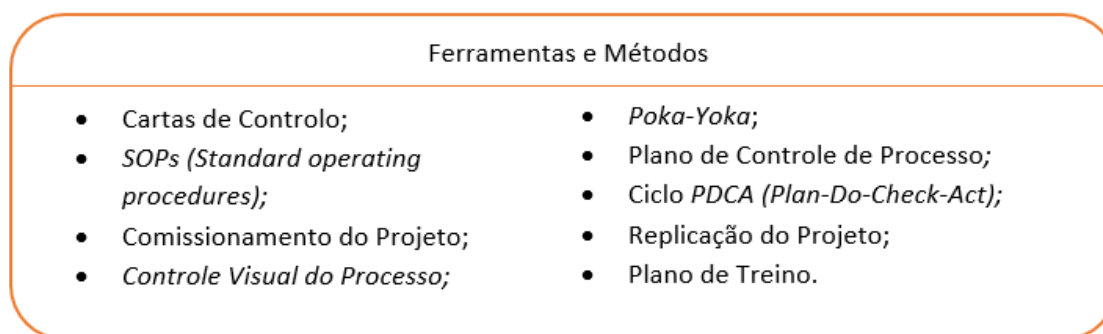


Figura 15 - Ferramentas e métodos da fase Controlar (adaptado de [51])

A utilização de Cartas de Controlo durante a fase Controlar podem ser muito úteis, pois permitem avaliar a estabilidade das melhorias a longo prazo, servindo de guia para monitorizar o processo, providenciando um plano de resposta para cada medida que esteja a ser monitorizada, caso o processo se torne instável [53].

2.2.4 Ciclo DMADV

O ciclo DMADV (*Define, Measure, Analyze; Design; Verify*) é uma metodologia usada no *Six Sigma* semelhante ao ciclo DMAIC. Enquanto o método DMAIC é utilizado para processos já existentes, o método DMADV é usado em novos produtos e/ou novos processos [54].

Na primeira fase, Definir, são determinados os objetivos a alcançar no projeto, assim como os recursos necessários para tal; na segunda fase, Medir, são realizados estudos de forma a entender as fases críticas do processo em termos de qualidade; a terceira fase, Analisar, foca-se em como se criará valor para o cliente; na quarta fase, *Design*, o objetivo é a execução dos novos processos, produtos ou serviços, garantindo a satisfação do cliente e, por último, na fase Verificar, assegura-se a eficiência e controlo do processo implementado [55], [56].

2.2.5 Exemplos de Aplicação *Six Sigma*

A seguinte tabela irá mostrar alguns exemplos da literatura que abordam o tema *Six Sigma* e DMAIC, onde é possível constatar que vários trabalhos conseguiram obter melhorias nos processos ou serviços (Tabela I).

Tabela I - Exemplos de aplicação da metodologia *Six Sigma*

Referência Bibliográfica	Descrição do trabalho
[57]	Este trabalho foi realizado na Continental, em Portugal, empresa esta que fabrica pneus, com o objetivo de melhorar o desempenho e o índice de qualidade dos produtos, mais especificamente melhorar o processo de produção da máquina de talão APEX. Aplicando o <i>Six Sigma</i> , as variáveis que influenciavam a qualidade da produção foram identificadas. A partir da utilização do ciclo DMAIC e SPC (<i>Statistical Process Control</i>), foi possível diminuir o número de não conformidades e, conseqüentemente, a taxa de qualidade subiu 41%, assim como o controlo do processo e a capacidade.
[58]	Este estudo foi desenvolvido numa empresa de produção de pneus, com o objetivo de melhorar o processo de extrusão de borracha de dois semiprodutos de pneus: piso e parede lateral, de modo a reduzir o material não conforme gerado. Utilizando a metodologia <i>Six Sigma</i> e o ciclo DMAIC, foi possível implementar procedimentos que resultaram numa diminuição de 0,89% do material não conforme gerado no sistema de produção, valor este que se traduziu num impacto financeiro anual muito positivo para a organização (poupança de mais de 165 000 € por ano).

-
- [59] Neste trabalho, a metodologia combinada em iLeanDMAIC, baseada nas ferramentas Lean e no ciclo DMAIC, foi desenvolvida com o intuito de ajudar organizações a resolver os seus problemas de forma simples e efetiva. Esta ferramenta foi implementada numa empresa do setor da produção de madeira. Obtiveram-se resultados muito positivos devido à utilização de iLeanDMAIC, pois esta ferramenta permitiu uma redução do tempo de transição na máquina de montagem, passando de 39 minutos para 17 minutos. Esta redução representa um ganho de 44% no tempo de *setup* no processo identificado como *bottleneck*.
-
- [60] Este estudo foi realizado numa organização multinacional que produz componentes para automóveis, com o intuito de analisar os KPI (*Key Performance Indicator*) e CS (*Customer Satisfaction*) nas áreas do design e desenvolvimento do produto, de modo a obter constantemente o resultado ótimo de 100%. De acordo com este estudo, a necessidade de os produtos serem fabricados à primeira de acordo com as especificações está-se a tornar uma realidade devido ao mercado atual, sendo que isto é possível pela aplicação de ferramentas do *Six Sigma*. A metodologia DMADV foi usada a partir dos dados KPI CS, para calcular o sigma. Com este estudo, a organização foi capaz de identificar onde os problemas eram mais recorrentes e sabendo a causa dos problemas, permitiu efetuar mudanças ou melhorias no processo.
-
- [61] O presente caso de estudo teve como objetivo a melhoria da produtividade de uma linha de montagem dedicada à produção de cabos de travão para a indústria automóvel. A partir da utilização de várias ferramentas como a metodologia A3, ciclo DMAIC, etc., foi possível aumentar a produtividade em 49% e, como consequência, reduzir o tempo de ciclo em 33%. A eficiência da linha de montagem também teve um aumento de 11%, devido ao rearranjo e melhoria das operações.
-
- [55] O desenvolvimento deste projeto teve como principal objetivo a industrialização de um componente de um sistema de ar condicionado para veículos motorizados, desde a fase embrionária até ao processo final de produção. Este projeto utilizou a metodologia *Six Sigma*, a partir do ciclo DMADV. Durante a industrialização do projeto, protótipos finalizados foram enviados para os clientes, seguindo as duas exigências, sem nenhuma não conformidade no produto final. No fim do projeto, a transição da industrialização para a produção em série foi concluída com sucesso.
-
- [62] Este artigo trata da aplicação de *Six Sigma* usando a metodologia DMAIC no processo de controlo de qualidade de produtos, orientada
-

	<p>para o setor da metalurgia. O objetivo da utilização do <i>Six Sigma</i> no projeto foi garantir a qualidade requerida nos produtos metalúrgicos e evitar um aumento nos custos internos associados com a baixa qualidade do produto. Com este estudo foi possível melhorar o nível do Sigma em 13%. As melhorias obtidas ajudaram a reduzir a quantidade de produtos defeituosos e o custo dos processos.</p>
[63]	<p>O objetivo deste artigo foi explorar a otimização de processos internos, sendo este parâmetro assumido como um fator crítico para ser capaz de responder à indústria dos moldes. A metodologia usada para chegar aos objetivos pretendidos foi baseada no ciclo DMAIC e PDCA. Com a análise do diagrama de Pareto foi possível constatar as situações que mais contribuíam para paragens; indisponibilidade do operador (16,4%), programação da máquina (14,4%), e troca de ferramenta (12,4%). Este estudo focado nas máquinas CNC com a implementação de ferramentas de <i>Lean Six Sigma</i>, obteve uma melhoria de 20% no OEE global.</p>
[64]	<p>Este trabalho faz parte de um projeto sobre a aplicabilidade do <i>Lean Six Sigma</i> na melhoria dos processos de cuidados de saúde. Foi utilizado o ciclo DMAIC com o intuito de melhorar a qualidade e reduzir os custos da cirurgia de colocação da prótese do joelho, diminuindo o tempo de internamento do paciente. Este estudo permitiu identificar as variáveis que prolongavam o tempo de internamento e implementar ações corretivas de modo a melhorar os cuidados de saúde. As medidas adotadas reduziram o tempo de internamento dos pacientes em 42%, passando de uma média de 14,2 para 8,3 dias, permitindo assim uma poupança anual de 260 000€.</p>
[65]	<p>Neste estudo o <i>Six Sigma</i> utilizando o ciclo DMAIC, foi implementado para otimizar um processo de soldadura. Foi possível determinar os parâmetros ideais para o processo e os valores máximos de resistência à tração no processo FWTPET.</p>

Analisando as aplicações anteriormente referidas, podemos confirmar que o *Six Sigma* e o ciclo DMAIC e DMADV são ferramentas muito úteis para as organizações de todos os setores, pois permitem melhorar a qualidade de um produto, aumentar a produtividade, reduzir custos, diminuir a variação do processo, entre outros.

2.3 *Lean Manufacturing*

Ao longo deste subcapítulo, irão ser abordadas as seguintes temáticas: a origem e os princípios do *Lean Manufacturing*, identificados os sete tipos de desperdício, as principais ferramentas do *Lean*, irá também ser apresentada uma tabela com o resumo

de vários trabalhos onde a metodologia *Lean* foi utilizada com sucesso e, por fim, é realizada uma análise crítica.

2.3.1 Origem e Princípios do *Lean Manufacturing*

A criação do *Lean Manufacturing* é frequentemente associada aos fabricantes Japoneses, tais como Toyota Kiichiro, Shigeo Shingo e Taiichi Ohno, sendo que os mesmos foram uma parte fundamental no desenvolvimento do *Toyota Production Systems* (TPS) [66]. A origem do TPS remonta ao ano de 1950, quando engenheiros da Toyota visitaram uma fábrica da Ford em Detroit, nos Estados Unidos da América, e chegando ao Japão, verificaram que a produção em massa não se aplicava à realidade do seu país, tendo chegado ao sistema de produção conhecido como TPS [67]. O *Lean Manufacturing* é baseado nos princípios e processos do TPS [68]. No TPS, existem diversos desperdícios que absorvem pessoal, recursos e tempo, os quais não criam valor no processo ou ao utilizador final do serviço ou produto, sendo então eliminados [69].

O TPS pode ser esquematizado sob a forma de uma casa, como é possível ver na figura 16 [70]. Esta simbologia deve-se ao facto de uma casa, para ser forte e resistente, ter de possuir também um telhado, pilares e fundações fortes, tal como o sistema *Lean*. O telhado representa os principais objetivos do TPS. Os dois pilares são a produção *Just-in-Time* (JIT) e *Jidoka*, que representa a prática de nunca deixar um defeito passar para o próximo posto. No centro da casa estão as pessoas e a cultura da organização. Os elementos das fundações incluem a necessidade de se ter processos normalizados, estáveis e confiáveis. O *heijunka* mantém a fundação do TPS estável e permite reduzir o inventário [70].

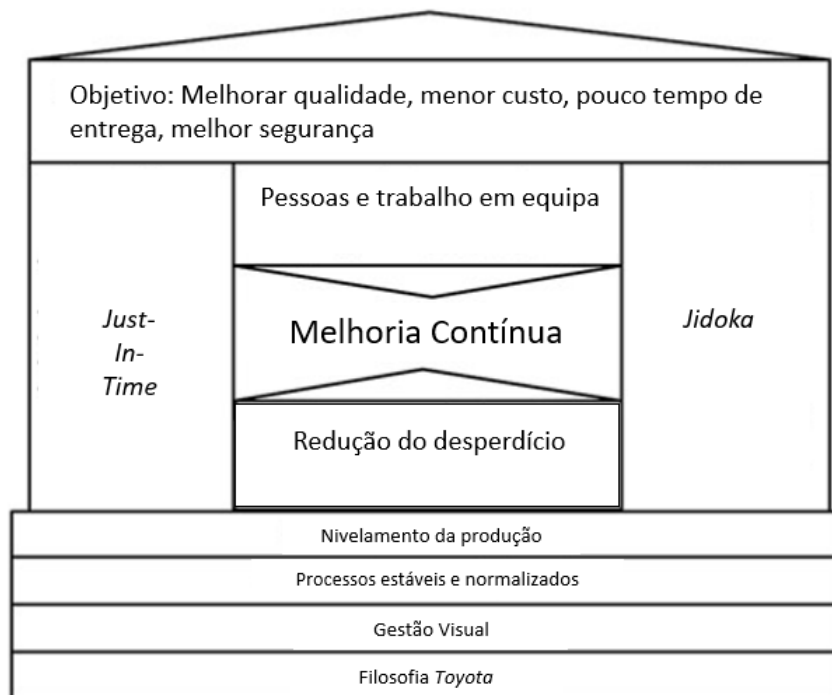


Figura 16 - Diagrama "casa" TPS (adaptado de [70])

Lean é um processo de melhoria contínua, baseado num conjunto de filosofias e princípios, que está continuamente à procura de reduzir e eliminar os desperdícios e a melhorar o fluxo de trabalho, de modo a produzir eficientemente um produto ou serviço, considerado de elevado valor para aqueles que o usufruem [71] [69]. O objetivo final, ao implementar a metodologia *Lean* numa organização, é aumentar a produtividade, eliminar o desperdício, reduzir o *lead time*, reduzir *setup times*, reduzir o custo, reduzir o *stock*, e aumentar a qualidade e envolvimento dos trabalhadores no processo de melhoria da qualidade [72], [73].

A metodologia *Lean* é baseada em cinco princípios: identificar o valor, identificando primeiro o produto; definir a cadeia de valor de cada produto; criação de um fluxo contínuo, o qual não seja interrompido; sistema de produção *Pull*, produzir somente quando o cliente requisitar, e constante procura pela perfeição [66].

Apesar da filosofia *Lean* ter sido inicialmente implementada no setor automóvel [74], esta filosofia tem vindo a desenvolver-se de modo a ser utilizada hoje em dia em quase todos os setores [75] setor elétrico, setor dos cerâmicos, setor da madeira, setor da saúde, setor das ferramentas e maquinaria industriais, etc. [72].

2.3.2 Desperdícios (*Muda*)

Muda é um termo Japonês que significa futilidade, inutilidade, ociosidade, superficialidade, desperdício, algo que no processo produtivo não acrescenta valor ao cliente. O termo foi inicialmente introduzido nos anos 50, pelo engenheiro da Toyota, Taiichi Ohno [76]–[78]

A eliminação do *Muda* por parte das organizações é um grande desafio enfrentado pelos especialistas, no dia a dia, no sistema de produção. Em geral, existem sete tipos de *Mudas* industriais no sistema *Lean* [79] sendo que cada um destes tipos de *Muda* deve ser eliminado [80] de acordo com Liker (2004) existe um oitavo desperdício, orientado para o fator humano. [81]

Na tabela II, é possível ver identificados os oito tipos de desperdício, assim como a sua definição, causas desses mesmos desperdícios e ações *lean* que podem diminuir estes mesmos [79], [81]–[83]

Tabela II - Principais tipos de desperdícios (*muda*) [79], [81]–[83]

Tipos de desperdícios	Definição	Causas	Ações que podem reduzir o desperdício
Excesso de Produção	Existe produção sem saber a procura do cliente. Isto leva a um excesso de produção e aumento	Lotes de grande dimensão, <i>schedule</i> instável, excesso de capacidade, informações	Utilização de VSM, produzir apenas quando o cliente requisita, produção <i>Pull system</i> .

	desnecessário de <i>stocks</i> .	de imprecisas sobre a procura.	
Defeitos	Produção com especificações incorretas, defeitos, sucata, peças danificadas levam ao aumento do custo.	Alteração do <i>setup</i> das máquinas, desgaste dos equipamentos, manutenção insuficiente ou incorreta, erro do operador, formação inadequada dos operadores.	Prestar formação aos operadores, controlo de qualidade, processo bem definido.
Inventário	Armazenamento de produtos sem ordem, em excesso e em lugares indevidos.	Excesso de inventário, lotes de grande dimensão, má planificação, má comunicação com os fornecedores e clientes, elevado tempo de preparação das máquinas.	Reduzir <i>lead time</i> , eliminar WIP (<i>Work in process</i>), melhor planeamento, utilização do <i>Pull system</i> na planificação.
Transporte	Movimento de materiais que não introduzem nenhum valor ao produto.	Mau <i>layout</i> , múltiplos lugares de armazenamento.	Desenvolvimento 5S.
Tempo de espera	Tempos de espera de máquinas ou trabalhadores devido a <i>bottlenecks</i> ou mau planeamento do fluxo do processo.	Elevado tempo de <i>setup</i> , processo não confiável.	Desenvolvimento de um plano de comunicação, aumentar a fiabilidade dos equipamentos.
Movimentação	Movimentações desnecessárias dos trabalhadores, que desviam os mesmos da produção.	Mau <i>layout</i> , má organização no trabalho.	Desenvolvimento de um processo ágil de modo a antecipar as necessidades dos clientes (clientes podem ser internos, externos diretos ou indiretos).

Excesso de processamento	Excesso de atividades, que são desnecessárias. Atividades realizadas superiores às requisitadas pelo cliente.	de Inexistência de standardização de técnicas a usar, especificações não claras ou requisitos de qualidade incertos.	Centralização e standardização da informação.
Não utilização das capacidades humanas	Não aproveitar as competências, talento, experiências, ideais e a criatividade dos trabalhadores.	Ocupação de colaboradores com tarefas que ficam aquém das suas capacidades; falta de consideração pelo <i>feedback</i> dos colaboradores.	Fornecer as ferramentas corretas aos operadores e capacitar as pessoas, de modo a contribuir com ideias e identificar as suas competências.

2.3.3 Principais ferramentas do *Lean Manufacturing*

A filosofia *Lean* serve-se de um conjunto de ferramentas e práticas que ajudam na identificação e eliminação de desperdícios que possam melhorar a qualidade, assim como reduzir o custo e o tempo de produção [68]. Na figura 17 é possível ver algumas destas ferramentas e práticas [75].

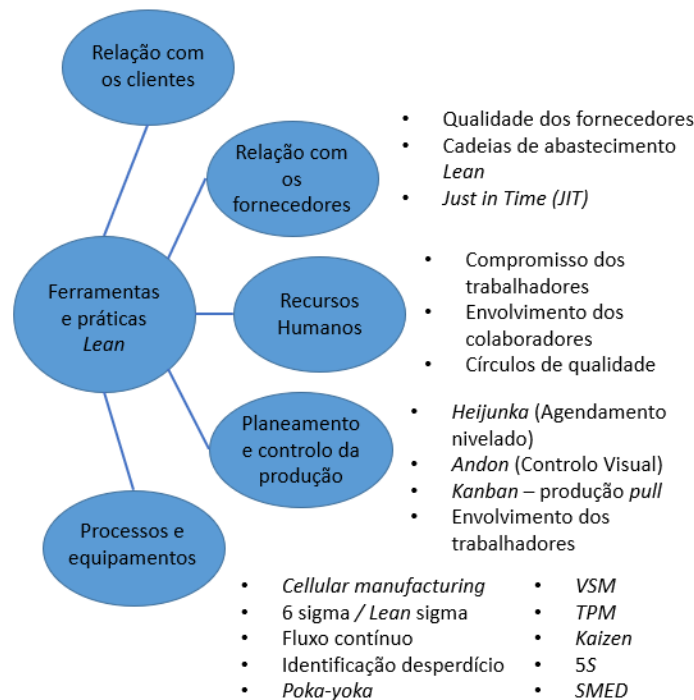


Figura 17 - Ferramentas e práticas do *Lean Manufacturing* (adaptado de [75])

Alguns investigadores sugerem a implementação de todas, ou a maior parte das ferramentas *lean* para se conseguir uma transição bem-sucedida da implementação do *lean* numa organização [84]. No entanto, as ferramentas mais utilizadas são: *Standardised Work*, *Visual Management*, *VSM*, *PDCA*, *Kaizen*, *Kanban*, *SMED (Single Minute Exchange of Die)*, *5S* [85].

2.3.3.1 5S

O objetivo principal do 5S é atingir um nível de limpeza e organização que promova a eficiência e eficácia no ambiente de produção de uma organização. A aplicação da metodologia 5S tem benefícios a diversos níveis, tais como: na qualidade, na higiene, na segurança, etc. Um dos grandes benefícios de aplicar esta metodologia, é a disciplina obtida no espaço produtivo [86].

A metodologia 5S combina cinco passos que permitem, se implementados, assegurar a ser mantido um ambiente limpo, seguro e eficiente. Os 5S vêm de cinco práticas a adotar no local de trabalho, sendo estas: *Seiri* (Separação) – separar o necessário do desnecessário no local de trabalho, os bens, produtos ou materiais devem ser segregados estritamente de acordo com a relevância e frequência de utilização no local de trabalho, de modo a criar um local de trabalho eficiente; *Seiton* (Organização) – atribuir locais específicos e bem identificados a cada ferramenta/componente, a localização de cada item deve ser muito clara, para que qualquer pessoa possa encontrar os itens pretendidos a qualquer altura; *Seisou* (Limpeza) – as principais atividades deste passo são: ter o local de trabalho limpo, manter a sua aparência e usar medidas preventivas de modo a mantê-lo limpo. Um local de trabalho limpo encoraja a vontade de o manter dessa mesma forma, reduz a taxa de falha de um equipamento, melhora a qualidade do produto e melhora a segurança no trabalho; *Seiketsu* (Normalização) – definir procedimentos, normas e operações *standard*, de modo a cumprir e estabelecer com as tarefas definidas e realizadas nos passos anteriores; *Shitsuke* (Disciplina) – *Shitsuke* significa enraizar a capacidade de fazer as coisas da forma como devem ser feitas. Esta fase tem como objetivo ajudar e encorajar todos os membros de uma organização a criar bons hábitos e a mantê-los nas suas rotinas diárias. Deste modo é possível aumentar a produtividade dos trabalhadores, a qualidade dos produtos e diminuir os acidentes de trabalho [87], [88].

2.3.4 Exemplos de Aplicação *Lean*

A tabela III irá mostrar alguns exemplos da literatura que abordam o tema *Lean*, onde é possível constatar vários trabalhos em que se obteve melhorias dos processos ou serviços (Tabela III).

Tabela III - Exemplos de aplicação da metodologia *Lean*

Referência Bibliográfica	Descrição do trabalho
[89]	Este estudo foi desenvolvido tendo como base um equipamento da indústria corticeira, sendo o objetivo principal a redução do <i>setup time</i> , algo que foi atingido devido à aplicação de métodos <i>Lean</i> . As ferramentas usadas foram o VSM, de modo a entender os processos que realmente adicionam valor ao produto. A metodologia SMED foi aplicada de forma a reduzir o tempo de inatividade causado devido a troca de ferramentas, sendo que foi possível diminuir em 43% o <i>changeover time</i> . Foi criado um modelo A3 de modo a monitorizar o desenvolvimento da implementação do SMED. O cálculo do OEE foi implementado como um indicador da eficiência global dos equipamentos, de modo a melhorar e monitorizar possíveis desvios durante a produção.
[90]	Este artigo analisou a aplicação da metodologia SMED, numa máquina de feixe de elétrons (EBM), numa organização do setor de componentes para automóveis. A utilização de SMED permitiu a redução do <i>setup time</i> em mais de 50%, assim como a eliminação da sucata gerada por ações pré-determinadas.
[91]	O objetivo deste trabalho foi otimizar o processo, aplicando metodologias <i>Lean</i> , numa organização da indústria têxtil. A combinação das ferramentas, ciclo PDCA, 5s e 5W2H (<i>5 Whys + 2 Hows</i>), permitiu economizar quatro horas semanais por operador, o que corresponde a um ganho de 10% do tempo disponível do operador por semana, o que representa uma melhoria considerável na produtividade.
[92]	Este trabalho foi desenvolvido numa empresa metalomecânica, tendo como objetivo a eliminação de desperdícios e o aumento da produtividade no setor da maquinaria. Os principais processos foram identificados e mapeados usando um fluxograma e VSM. Utilizando a ferramenta <i>lean</i> SMED, foi possível reduzir os tempos de <i>setup</i> em 40% na fresadora vertical e 57% na fresadora horizontal.
[93]	O estudo realizado neste trabalho visou melhorar a disponibilidade de uma linha de produção crítica através da metodologia TPM e suportada por ferramentas de <i>Lean Maintenance</i> . A partir do uso das ferramentas 5S, <i>visual management</i> , <i>maintenance progress</i> , assim como o desenvolvimento de um programa de treino para aumentar os conhecimentos dos operadores, a linha tornou-se mais organizada, o valor do MTBF (<i>Mean Time Between Failures</i>) aumentou, o MTTR (<i>Mean Time to Recovery</i>) diminuiu, e consequentemente a disponibilidade global aumentou.

-
- [94] Este trabalho foi realizado numa empresa que pertence à indústria dos componentes para automóveis, estando dedicada à produção de sistemas de ar condicionado para automóveis. O objetivo deste trabalho foi a implementação de melhorias na linha de produção, de modo a aumentar a sua capacidade produtiva. As metodologias usadas foram baseadas nas ferramentas de melhoria contínua e *lean*, *line balancing*, *standard work*, *visual management* e 5S. Este trabalho permitiu um aumento de 37% na capacidade da linha de produção e um aumento de 22% no OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) da linha de produção.
-
- [95] Este trabalho foi desenvolvido numa fábrica de cerveja Portuguesa. O desenvolvimento deste trabalho permitiu uma melhoria na organização do armário de materiais consumíveis, através da implementação da metodologia 5S, assim como do tempo necessário para localizar os materiais consumíveis a partir da utilização de *visual management* (na ordem dos 70%). A melhoria nos controlos de *stock* foi alcançada devido à reformulação do *kanban* (cerca de 30%). A redução do tempo necessário para reabastecer os materiais no armário dos consumíveis foi alcançado por meio do *mizusumashi* (com uma melhoria esperada de 50%).
-
- [96] Este trabalho foi desenvolvido numa empresa industrial de cartão canelado. O ciclo PDCA foi a principal metodologia usada neste trabalho. Com esta metodologia reduziu-se a percentagem de resíduos de 9% a 12% para 4%, o consumo de cola passou de 11 g/m^2 para 8 g/m^2 e o consumo de energia reduziu 9%.
-
- [97] Este estudo foi desenvolvido numa empresa que concebe, desenvolve e fabrica moldes de aço para a injeção de termoplásticos, com o objetivo de implementar o pensamento *lean* no setor da produção, alcançando assim os seguintes objetivos: organização da produção, preparação de documentos de apoio à produção e padronização do *stock* de grafite. A partir da aplicação da ferramenta 5S foi possível constatar um aumento na segurança dos trabalhadores e na limpeza, o que levou a uma redução no tempo gasto na localização de ferramentas. A classificação da auditoria 5S passou de 35% para 85%. O *stock* de grafite foi padronizado por meio de *Kanban*.
-
- [67] Neste estudo, desenvolvido numa empresa de mobiliário, aplicaram-se algumas ferramentas *Lean*, tais como, 5S e *Visual Management*, com o objetivo de reduzir o desperdício, melhorando o processo de produção. A implementação destas ferramentas permitiu uma redução de 40% em termos de desperdícios relacionados com atividades que não acrescentavam valor ao produto como, movimentações desnecessárias, tempos de espera, etc. Atingiu-se
-

valores de produtividade de 74% e 87% nas secções de acabamento e carpintaria.

[98]

Este estudo foi desenvolvido numa empresa Portuguesa da indústria química, tendo como objetivo melhorar os processos de embalagem e rotulagem, que foram identificados como os principais *bottlenecks* na fábrica. Foi utilizada a metodologia *Lean* para melhorar estes processos, antes de serem automatizados. Foi possível poupar anualmente 12.432 €, recolocando os operadores noutros departamentos em que os mesmos seriam mais úteis. Os tempos de ciclo foram reduzidos em 42,9%, atividades sem valor acrescentado foram minimizadas e as operações de elevado risco foram eliminadas. Foi também alcançada uma redução no custo de 84,3% nas embalagens litografadas, o que representa uma poupança de 36000 €/ano.

[99]

Este trabalho teve como principal objetivo a melhoria de uma área de preparação para uma linha de produção de uma unidade da indústria automóvel. A partir da utilização de diversas ferramentas *Lean*, foi possível reduzir a sucata em 12% e aumentar a produtividade em 29%, 55% e 22,5%, em três referências diferentes produzidas pela mesma máquina.

Analisando as aplicações anteriormente referidas, podemos confirmar que a filosofia *Lean* e as suas ferramentas contribuem de forma substancial nas organizações dos mais diversos setores, pois permitem aumentar a produtividade, melhorar a qualidade dos produtos/serviços, reduzir custos, entre outros.

CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA E DO PROCESSO

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO

3 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA E DO PROCESSO

Neste capítulo será feita a caracterização da empresa de acolhimento, descrevendo onde se situa a sede, como é constituído o grupo, o número de colaboradores, entre outras características da mesma. Também irá ser caracterizado o processo, com destaque os componentes que irão ser tratados no desenvolvimento, assim como as linhas de montagem.

3.1 Caracterização da Empresa

Neste subcapítulo será feita a caracterização da empresa de acolhimento.

3.1.1 Fico Cables, Lda.

A empresa de acolhimento é a Fico Cables – Fábrica de Acessórios e Equipamentos Industriais, Lda. Esta organização situa-se na Rua Cavaco, 115, Vermoim, 4470-263 Maia, (Figura 18) [100] e dedica-se ao fabrico de componentes automóveis para veículos de passageiros e de mercadorias. A Fico Cables fornece clientes que são OEM's (*Original Equipment Manufacture*), como também fabricantes diretos para as OEM's. Os principais clientes são: VW, PSA, Renault, Brose, Faurecia, Kiekert, etc. A empresa referida foi fundada em 1971, inicialmente com o nome de "Teledinâmica", pelo Eng.º Francisco Dias, juntamente com três colaboradores, numa garagem arrendada, em Vila Nova de Gaia.



Figura 18 - Instalações Fico Cables [100]

Em 1972, a “Teledinâmica” foi adquirida pela firma espanhola *Pujol y Terragó*, então detentora maioritária do grupo Ficosa Internacional S.A. Em 1981, devido ao seu crescimento, a empresa mudou as suas instalações para a Maia. No ano de 1993, a denominação social “Teledinâmica” passou a Fico Cables, Lda. [101].

Em 2018, houve um investimento de 5 milhões de euros numa nova unidade de 7.800 m^2 (Figura 19) [102].



Figura 19 - Nova unidade com 7.800 m^2 [102]

Atualmente, a Fico Cables conta com mais de 800 colaboradores, instalações de área superior a 24.800 m^2 e um volume de vendas na ordem dos 40 milhões de euros, número que tem vindo a diminuir devido ao impacto negativo que a pandemia teve sobre o setor automóvel. No entanto, a Fico Cables distingue-se no mercado pela alta qualidade dos seus produtos e competência, justificando os vários prémios que foram atribuídos, como é o caso do prémio que a *Toyota Motor Europe* entregou em 2015, pela excelência das soluções fornecidas. A Fico Cables está também certificada pelas normas IATF 16949 (Automóvel), ISO 14001 (Gestão Ambiental) e ISO 45001 (Saúde e segurança ocupacional), ISO 9001 (Qualidade) [103].

3.1.1.1 Áreas de negócio

A Fico Cables começou a sua atividade produzindo apenas cabos de comando para automóveis, mas de modo a aumentar os seus lucros e utilizando a sua experiência na injeção de plástico, acrescentou ao seu leque de produtos a produção de sistemas de conforto, mais precisamente coxins e suportes laterais (Figura 20). Mais tarde, iniciou também a produção de *suspension mat*, começando a utilizar linhas automáticas para a sua produção.



Figura 20 - Exemplos de sistemas de conforto e sistemas de cabos produzidos pela Fico Cables [101]

Sendo assim, podemos dividir em duas as grandes áreas de negócio:

- Sistemas de portas e assentos – produção de cabos de transmissão de movimento, utilizados nos elevadores de janela, regulação lombar do assento, sistemas para a inclinação do banco, travão, abertura de porta, *capot*, mala, etc.
- Sistemas de conforto – produção de sistemas lombares de conforto, que, quando incorporados nos assentos dos veículos, permitem a regulação da zona das costas (*suspension mat*) e assento (*cushion*).

Para garantir a produção de todos os seus produtos, a Fico Cables apresenta nas suas instalações uma grande variedade de máquinas, como, por exemplo, máquinas de injeção de ZAMAK, de injeção de plástico, de fabrico de espiral, de corte abrasivo, de corte elétrico de cabo, de conformação de arame, de extrusão e planetárias. Estas máquinas podem estar inseridas nas linhas de montagem ou podem ser utilizadas de forma individual. A empresa está dividida em cinco unidades autónomas de produção (UAP), onde se encontram os equipamentos e linhas de montagem. Na tabela IV está presente a caracterização de cada UAP.

Tabela IV - Caracterização de todas as UAP's

UAP	Descrição	Equipamentos
UAP1	Fabrico de espiral	Máquinas de fabrico de espiral armada e laminada; laminadores; extrusoras; máquinas de corte de espiral.
UAP2	Fabrico de grandes séries	Máquinas de injeção de ZAMAK; máquinas de corte de cabo e espiral; máquinas de injeção de plástico; linhas de montagem.
UAP3	Fabrico de grandes séries	Máquinas de injeção de ZAMAK; máquinas de corte de cabo e espiral; linhas de montagem.
UAP4	Fabrico de sistemas de conforto	Máquinas de corte e conformação de arame, fornos para tratamento térmico do arame; linhas de montagem.
UAP5	Fabrico de pequenas séries	Máquinas de injeção de ZAMAK; máquinas de corte de cabo; linhas de montagem.

A empresa apresenta uma estrutura organizacional bem definida, por departamentos, sendo que cada um é composto pela respetiva direção e equipa, como é possível ver na figura 21. Este trabalho foi desenvolvido no departamento de manutenção.

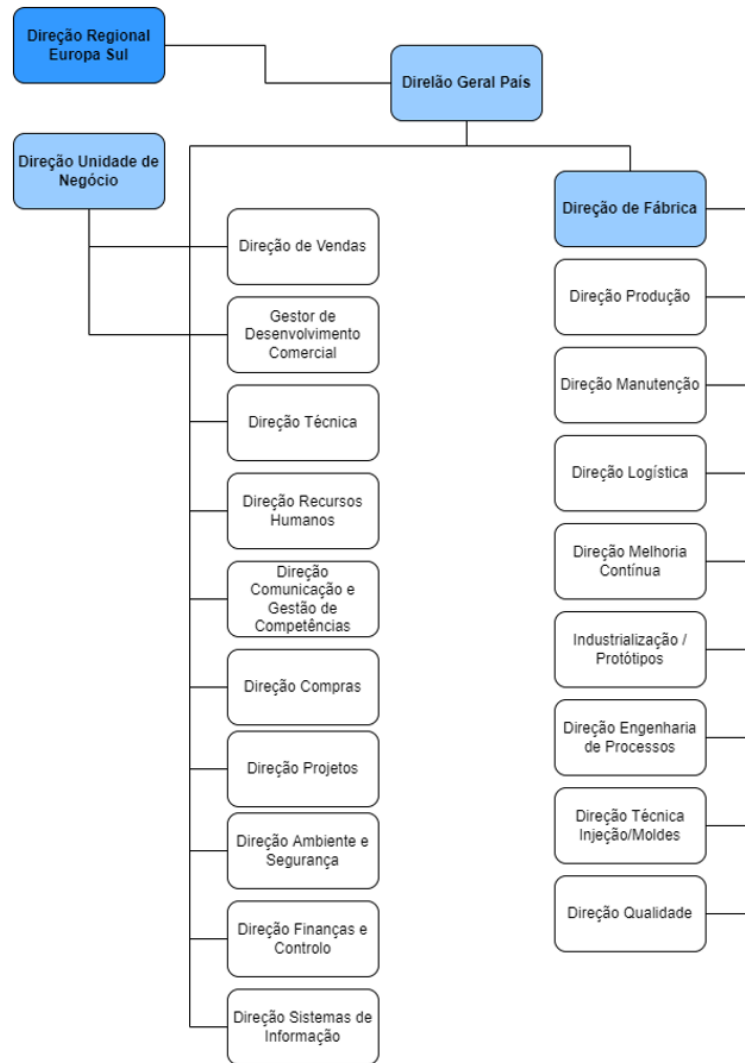


Figura 21 - Organograma Fico Cables

3.1.2 Ficosa, Lda.

Em 1949, Jopen Maria Pujol e Josep Maria Tarragó criaram uma oficina, em Barcelona, que se dedicava ao fabrico de cabos mecânicos, com o nome de “Pujol i Tarragó”. Em 1987, a empresa passou a ser designada por Ficosa Internacional.

Em 2015, o grupo Ficosa formou uma aliança com a Panasonic, com vista a garantir um lugar nos novos mercados tecnológicos emergentes. Inicialmente, a Panasonic adquiriu 49% da empresa, no entanto, em 2017, tornou-se o principal acionista, possuindo 69% das ações emitidas pelo grupo. Desta maneira, o grupo Ficosa tornou-se então uma subsidiária consolidada da Panasonic [104].

Hoje em dia, esta organização dedica-se à investigação, desenvolvimento, produção e comercialização de sistemas tecnologicamente avançados de visão, de segurança, de conectividade, de eficiência e de controlo para os setores de motores e mobilidade, como é possível ver na figura 22 [105].

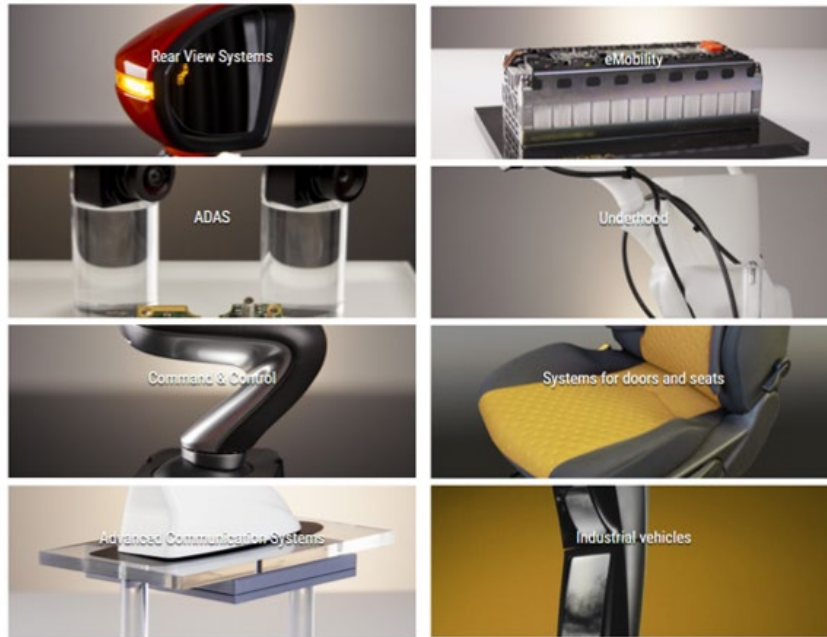


Figura 22 - Sistemas produzidos pelo grupo Ficosa Internacional S.A. [105]

O grupo Ficosa está presente em 16 países situados entre a Europa, Ásia, América do Norte e América do Sul, como é possível ver pela figura 23; emprega mais de nove mil colaboradores de 19 nacionalidades diferentes. Existe um investimento de 7,8% dos ganhos anuais em R&D, tendo catorze centros de R&D espalhados pelo mundo [106], [107].

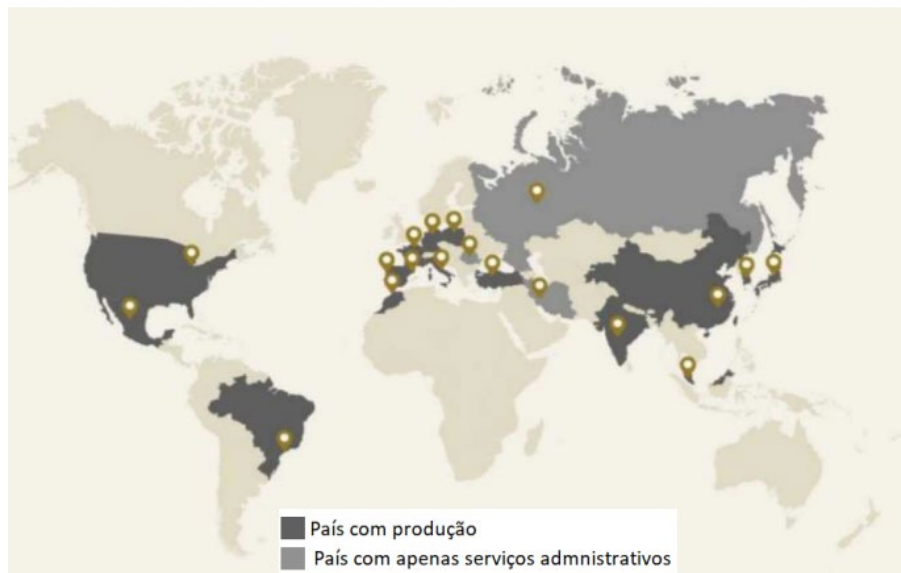


Figura 23 - Presença global do grupo Ficosa Internacional S.A. [107]

3.2 Caracterização do Produto e do Processo

Pode-se constatar que a Fico Cables tem um leque de produtos bastante diversificado, no entanto, esta dissertação vai estar focada nos sistemas de cabo, uma vez que é nestes produtos que existe a apara de cabo que se pretende reduzir ou eliminar.

3.2.1 Cabos de Comando para automóveis

Num automóvel, a transição de movimento entre sistemas é normalmente efetuada pela utilização de cabos de transmissão. Os cabos de comando (Figura 24), são definidos como um conjunto de elementos necessários ao bom funcionamento de um mecanismo acionado por cabos (normalmente de aço). Um cabo de comando é um componente mecânico flexível, usado para transmitir forças ou movimentos entre dois ou mais sistemas.

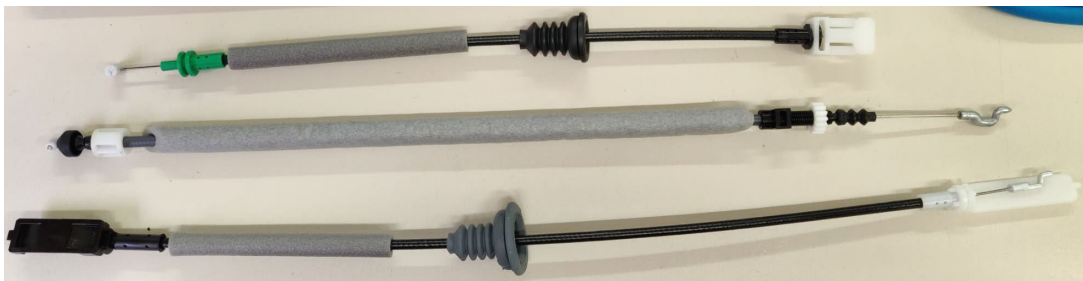


Figura 24 - Diferentes exemplos de cabos de comando

Estes sistemas podem ser divididos em atuadores e sistemas recetores (Figura 25) [108]. As forças de acionamento são aplicadas nos sistemas atuadores, sendo que, por intermédio de um ou mais cabos, vão ser transmitidas aos sistemas recetores, gerando assim movimento no corpo que se pretende controlar. Cada cabo de comando integra diversos elementos, dependendo da sua função, localização, esforço, número de solicitações, etc., a que estão destinados.

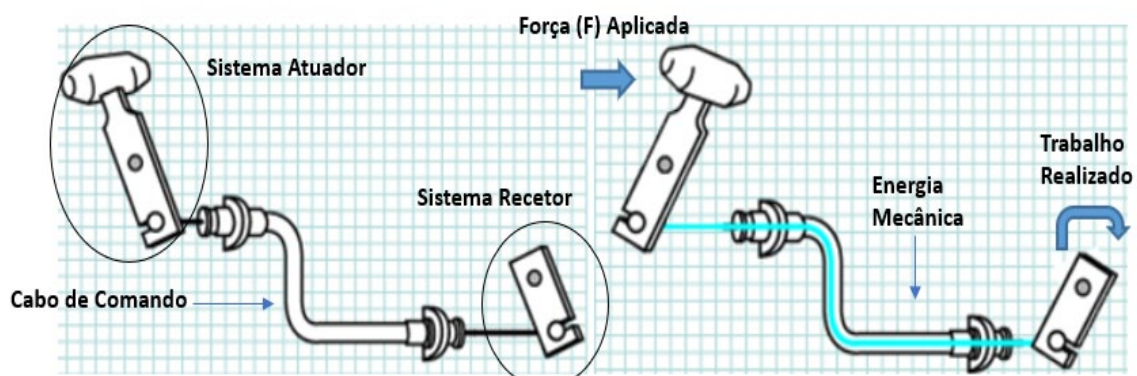


Figura 25 - Esquema sistemas atuantes, funcionamento mecânico [108]

O conceito de movimento, de um modo geral, está intimamente relacionado com o conceito de energia. Entende-se por energia mecânica, energia que pode ser transferida por meio de forças e se manifesta pela transmissão de movimento de um certo corpo.

Uma das principais vantagens da utilização de um cabo de comando é a sua flexibilidade, existindo a possibilidade de se realizar diversos *layouts*, sendo assim possível que o trajeto descrito pelo cabo seja muito complexo sem que a força aplicada no atuador seja transmitida ao recetor, permitindo o contorno de uma série de mecanismos/componentes/obstáculos. Estes equipamentos podem ser aplicados nas mais diversas indústrias, tais como: automóvel; climatização (AVAC); aviação; construção civil; entre outras. No entanto, de todos os setores, o que mais utiliza cabos de comando é o automóvel. Na figura 26 [109] é possível ver os sistemas com acionamento por cabo metálico presentes num automóvel. Na figura 27, pode-se ver a ligação de um cabo metálico no conjunto a atuar [110].

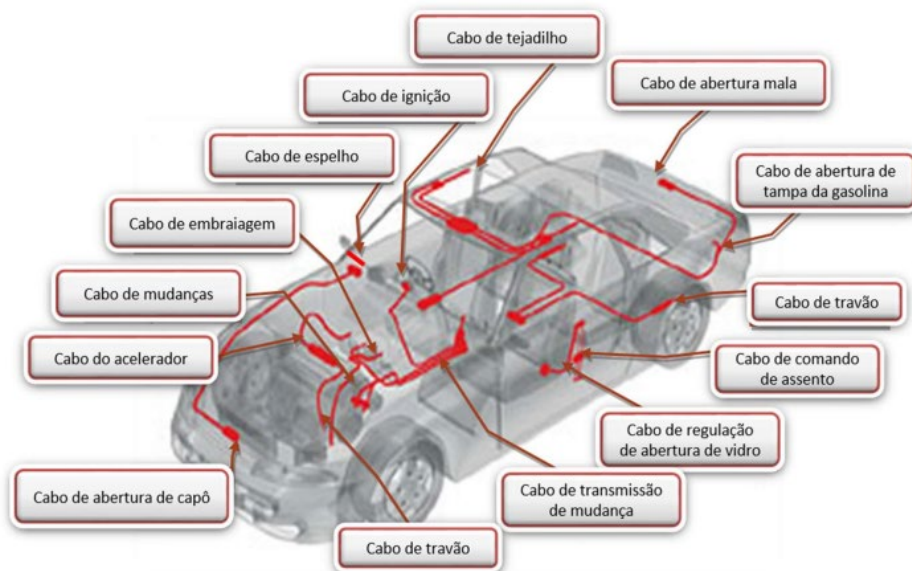


Figura 26 - Sistemas com acionamento por cabo metálico [109]

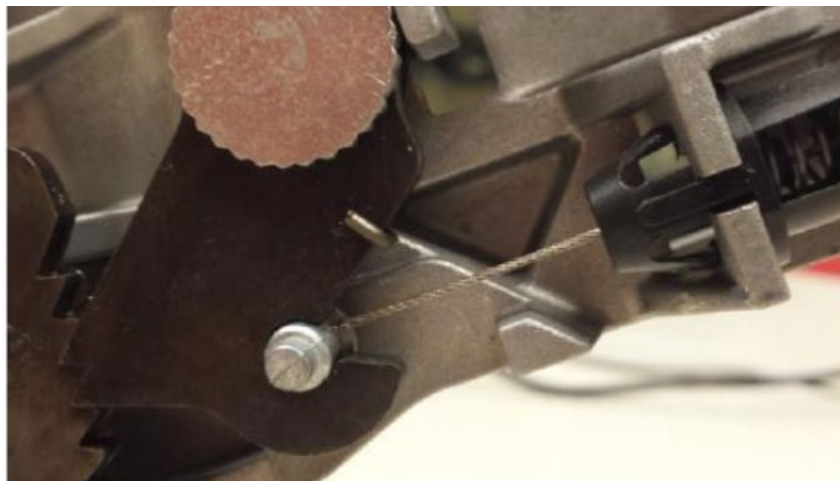


Figura 27 - Ligação do cabo ao mecanismo para transmissão de movimento[110]

3.2.1.1 Constituição de um cabo de comando

A constituição e *design* de um cabo de comando, assim como o formato, materiais utilizados e o processo de fabrico, varia dependendo da função que este irá desempenhar e das especificações do cliente. Ao longo da construção de um carro, existe uma separação entre o interior (habitáculo) e o exterior. Os cabos de comando, visto que se podem encontrar em zonas internas ou externas do automóvel, operando assim em zonas “secas” e zonas “húmidas”, têm de ser resistentes à humidade, às altas e baixas temperaturas, ruídos, desgaste, etc. Na figura 28, está presente um desenho de definição de um cabo conjunto produzido na Fico Cables. Este tipo de cabo de comando apresenta, na sua composição mais básica, um cabo metálico (07), o tubo esponja (04), os terminais do cabo metálico em *zamak* (01 e 06), os terminais de espiral (02), o tubo espiral (03) e o *grommet* (05).

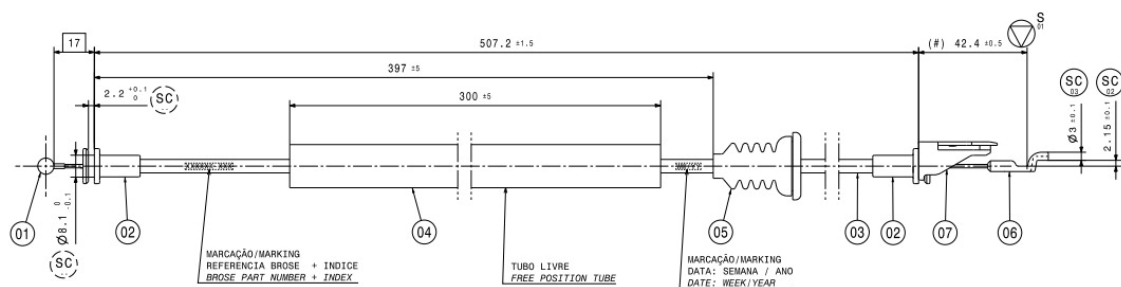


Figura 28 - Desenho definição cabo produzido na Fico Cables

3.2.1.1.1 Cabo metálico

O cabo metálico desempenha um papel essencial nos cabos de controlo, sendo este o componente responsável por suportar as solicitações a que é sujeito e transmitir a força mecânica pretendida. Os cabos metálicos apresentam diversos tipos de construção, com propriedades e aplicações específicas. Os cabos metálicos utilizados nos cabos de controlo, têm como diâmetros mais usuais valores entre os 1,25 mm e 1,5 mm. Na figura 29 está presente a configuração de um cabo de aço, com alma central envolvida por seis cordões, cada um composto por sete fios, podendo ser fabricado em aço galvanizado ou inoxidável, à volta de um núcleo metálico. Sob a denominação de cabo entende-se um conjunto de fios que compõem um corpo único como elemento de trabalho. Os fios enrolados de modo helicoidal numa ou mais camadas, geralmente em redor de um cabo central (alma), formam cordões. Os cordões, enrolados de forma helicoidal em redor de um núcleo ou alma, formam os cabos de cordões múltiplos. Os cabos podem possuir um revestimento para evitar a sua oxidação e posterior degradação das propriedades do mesmo, normalmente em policloreto de vinilo (PVC), poliamida (PA) ou polipropileno (PP) [111], [112].

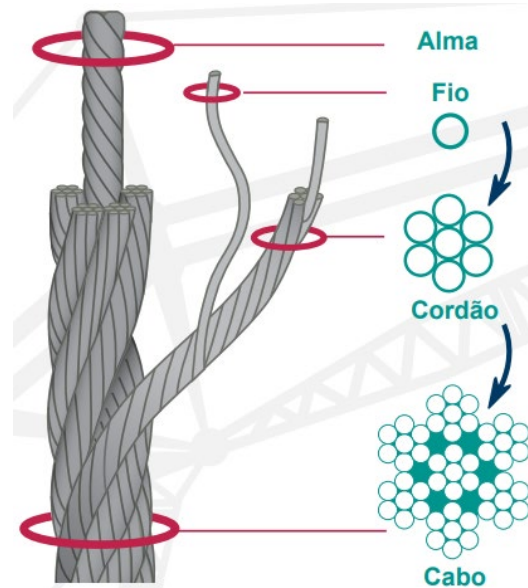


Figura 29 - Processo de enrolamento de um cabo de metálico [112]

Na figura 30 é possível ver diferentes tipos de construção de cabos. O nome de cada cabo indica o seu tipo de construção. O cabo (a) 1x7 consiste num cordão, cada um feito com sete fios de arame. O tipo de construção de um cabo determina, principalmente, a rigidez do mesmo. O cabo 1x7 é o que apresenta uma maior rigidez, já o 7x19 é o que apresenta uma menor rigidez, estando o cabo 7x3 no meio de ambos em termos de rigidez [113]. Na Fico Cables, a escolha do tipo de cabo depende da referência do cabo de comando, sendo utilizado um diversificado leque de cabos de inox ou galvanizados (Cabo 1,25 (19 fios) Inox; Cabo 1,5 (7*7) Inox; Cabo 1,20 (7*7) Galvanizado; etc).

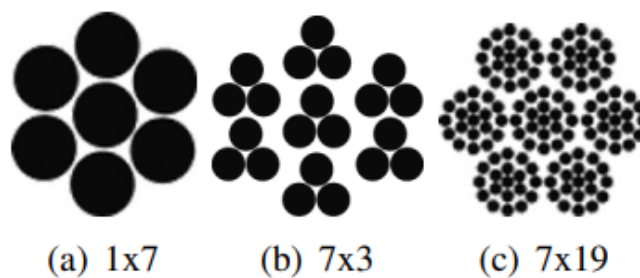


Figura 30 - Configuração de um cabo metálico [113]

Os cabos podem sofrer dois tipos diferentes de alongamento quando estão submetidos a esforços, o alongamento estrutural e o alongamento elástico. O alongamento estrutural está relacionado com a possível existência de folgas entre o filamento e o núcleo do cabo ou da corda, que têm origem na construção do cabo, uma vez que durante a construção do mesmo é aplicada uma carga muito baixa na extremidade. Subsequentemente, quando o cabo está em serviço, e lhe são aplicadas cargas mais fortes, ocorre uma acomodação dos filamentos ao núcleo e um ligeiro alongamento do cabo.

Já o alongamento elástico é causado pela aplicação de uma carga de valor inferior à tensão limite elástica do metal, sendo este alongamento proporcional à carga aplicada. Posteriormente, quando essa carga pára, o comprimento do cabo retoma o seu valor inicial, visto que a tensão limite elástica não é atingida.

Nas linhas de montagem, quando os cabos de comando se encontram na sua versão final e já têm todos os componentes, são submetidos a um ensaio de tração, sendo que deste modo uma parte do alongamento estrutural é removido [114], [115].

Dependendo do tipo de solicitação a que os cabos estejam sujeitos, é possível classificá-los em dois tipos distintos:

- Cabos *Pull* – Os cabos utilizados no sistema *pull* estão sujeitos a forças de tração de modo a acionar o mecanismo. Este tipo de cabos é utilizado em aceleradores, travão de mão, tampas de combustível, embraiagem, *cruise control*, etc.
- Cabos *Push-Pull* – Os cabos utilizados no sistema *push/pull* estão sujeitos tanto a forças de tração como de compressão, de modo a acionar o mecanismo. Uma vez que nestas situações o cabo está sujeito a maiores esforços, o diâmetro do seu núcleo necessita de ser maior e mais entrelaçado por vários filamentos, sendo, em alguns casos, necessário levar um revestimento para aumentar a sua resistência mecânica. Este tipo de cabos é utilizado em sistemas onde são necessários esforços em ambos os sentidos, tal como nos sistemas de abertura e fecho do ar condicionado [116], [117]

3.2.1.1.1.1 Requisito de qualidade

Devido à elevada importância dos cabos metálicos na generalidade dos mecanismos em que são utilizados, e onde os cabos de comando se inserem, é necessário determinar e garantir os requisitos mínimos de qualidade, avaliando assim as suas propriedades.

A principal norma que determina os requisitos na indústria dos cabos de aço é a ISO 2408:2017, norma esta que especifica os requisitos de produção, teste e marcação, assim como a emissão do certificado de qualidade para cabos de aço.

A norma ISO 3108:2017 é também uma norma de elevada importância, uma vez que impõe algumas limitações quanto à realização do ensaio de tração (Figura 31) [118], ensaio este que permite determinar a força real de rotura dos cabos de aço segundo o seu diâmetro. Algumas das limitações mais importantes são: não deve ser aplicada uma força maior do que 80% da força de rotura mínima especificada na ISO 2408 num curto espaço de tempo; durante o teste, deve-se garantir que não exista rotação do cabo; os ensaios de tração em que a rotura ocorra perto das garras são desprezados; e o comprimento entre as garras varia com o diâmetro do cabo.

A qualidade do cabo é definida pela norma ISO 2408:2017 comparando os valores obtidos nos devidos ensaios [119]–[121].



Figura 31 - Ensaio de tração realizado a um cabo de aço [118]

3.2.1.1.2 Restantes componentes de um cabo de comando

O cabo de comando, para além do cabo metálico, incorpora diversos componentes com o objetivo de melhorar o seu desempenho. De seguida são apresentados alguns dos componentes mais usados na generalidade dos cabos de comando produzidos na Fico Cables, assim como a função que desempenham.

- **Tubo espiral**

A espiral (Figura 32) é constituída por um tubo, normalmente em aço, enrolado em forma de espiral, que confere a resistência, rigidez e robustez ao mecanismo no seu todo, mantendo, no entanto, a flexibilidade necessário do mecanismo. A espiral permite também a proteção dos constituintes no seu interior de contactos com o exterior e deformações excessivas. O revestimento do tubo de espiral é feito de polietileno de baixa densidade (PEBD) ou policloreto de vinilo (PVS).



Figura 32 - Tubo Espiral [114]

Na figura 33 [109], estão representados os três tipos de espiral fabricados na Fico Cables: espiral laminada, espiral armada e espiral tipo *braided*. As espirais laminadas são compostas por um ou mais arames laminados enrolados em forma helicoidal; as espirais armadas são constituídas por vários fios metálicos em torno de um tubo interior e as espirais do tipo *braided* são compostas por vários fios metálicos entrelaçados entre si e em torno de um tubo interior.

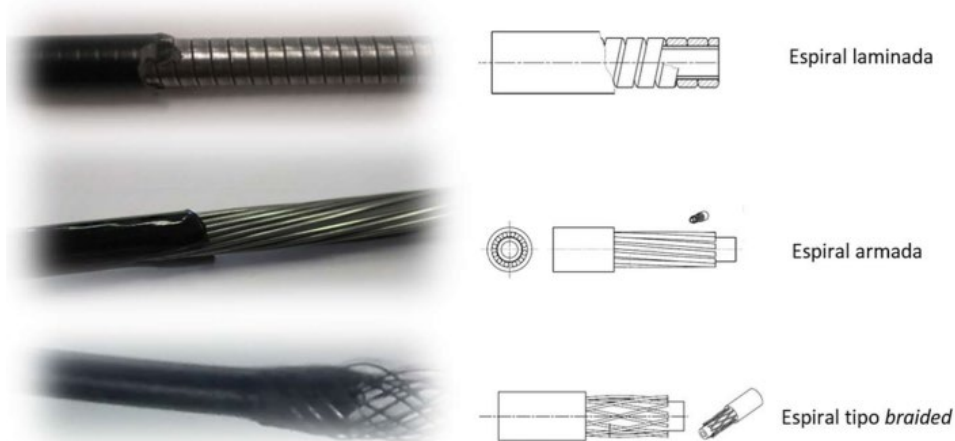


Figura 33 - Tipos de espiral fabricadas na Fico Cables [109]

- **Terminais de espiral**

Os terminais de espiral (Figura 34) são responsáveis pela fixação do cabo de comando a um certo mecanismo. Estes terminais tanto podem ser fixos à espiral por punção como podem ser sobreinjetados na espiral, sendo que as diferenças entre ambos serão aprofundadas noutro capítulo mais à frente. Os terminais de espiral punçoados na Fico Cables, são adquiridos a fornecedores externos, enquanto os terminais de espiral sobreinjetados são sobreinjetados na Fico Cables.



Figura 34 - a) Terminais de espiral punçoados; b) Terminal de espiral sobreinjetad[115]

- **Grommet**

A função do *grommet* (Figura 35) é formar uma barreira, impedindo assim a passagem de humidade e resíduos da zona húmida para a zona seca. Este item é adquirido a fornecedores externos.



Figura 35 – Grommet [114]

- **Tubo exterior**

O tubo exterior (Figura 36) é responsável por reduzir o ruído oriundo do contacto entre a espiral e elementos exteriores, provocado pela oscilação do cabo. Existem dois tipos diferentes de tubo exterior nos cabos de comando produzidos na Fico Cables, cada um com funções diferentes, dependendo de onde se encontra o cabo de comando e a origem do ruído.

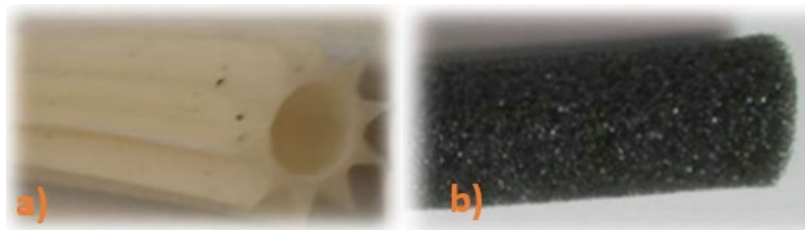


Figura 36 – a) Tubo estrela, utilizado quando o ruído é provocado por impacto (componente extrudido na Fico Cables); b) Tubo esponja, utilizado quando o ruído é provocado por fricção (componente adquirido a fornecedores externos) [109]

- **Tubo interior**

O tubo interior (Figura 37) [122] é um elemento polimérico, que evita a fricção entre a espiral e o cabo metálico durante a sua movimentação. Esta fricção indesejada originaria atrito, o que provocaria uma perda de rendimento na transmissão de movimentos e um maior e mais rápido desgaste, tanto da espiral como do cabo. Este componente é extrudido na Fico Cables.



Figura 37 - Tubo Interior [122]

- **Guarda pó**

O guarda pó (Figura 38), tal como o nome indica, tem a função de evitar a entrada de resíduos para o interior da espiral, com consequências futuras negativas em relação ao deslizamento do cabo. Este componente é adquirido a fornecedores externos.



Figura 38 - Guarda pó [114]

- **Terminais de Cabo Metálico**

Os terminais de cabo metálico (Figura 39) permitem ligar o cabo de comando aos sistemas atuadores e recetores, permitindo a sua atuação. Estes componentes dos cabos de comando são de extrema importância para a correta realização deste trabalho, pelo que este assunto será aprofundado num capítulo adiante.

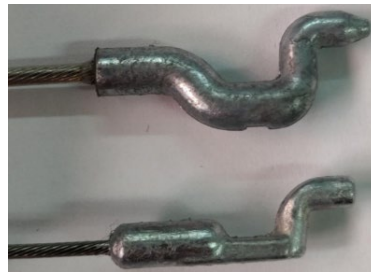


Figura 39 - Terminais de cabo metálico de zamak

Para além dos componentes mencionados anteriormente, existem muitos outros, conforme a aplicação e requisitos necessários a cumprir pelo respetivo cabo de comando.

3.2.1.2 Processos de fabrico relacionados com a produção de cabos de comando

Na Fico Cables, os processos produtivos relacionados com a conceção dos cabos de comando podem ser agrupados em dois grupos distintos: processos associados ao fabrico e processos de montagem.

O processo associado ao fabrico é responsável pela produção da espiral, do revestimento do cabo metálico, corte de cabo e espiral, primeira injeção de *zamak* nos terminais do cabo e pela sobreinjeção de plástico nos terminais da espiral e terminais de cabo.

O processo de montagem tem como função conferir ao cabo de comando a sua forma final. As linhas de montagem são constituídas por uma série de equipamentos organizados em postos de trabalho dispostos sequencialmente, normalmente ligados entre si por um tapete de transporte automático. Em cada posto de trabalho é permitido

apenas um único operador. Geralmente, numa linha de montagem existem cinco postos de trabalho, no entanto, este número pode variar entre três e oito postos de trabalho, dependendo da complexidade do cabo de comando que se tem de fabricar. Os tempos de ciclo são relativamente baixos, variando entre os 6 a 9 segundos, o que permite um *output* entre 600 a 400 peças por hora, respetivamente. Dependendo do local onde o cabo será aplicado e a função que irá desempenhar, a sua constituição é diferente, logo os componentes e o processo de montagem dos mesmos serão diferentes também. Alguns dos processos mais comuns são: esmerilar e escarear a espiral, montagem de tubo exterior da espiral, introduzir e aparar o cabo metálico, segunda injeção de zamak nos terminais do cabo, realização da validação e controlo de qualidade, entre outras. De seguida, irão ser apresentados e descritos os postos de trabalho de uma das linhas de montagem mais usual e comum na Fico Cables. Na figura 40 está representado o *layout* da linha de montagem VOLVO.

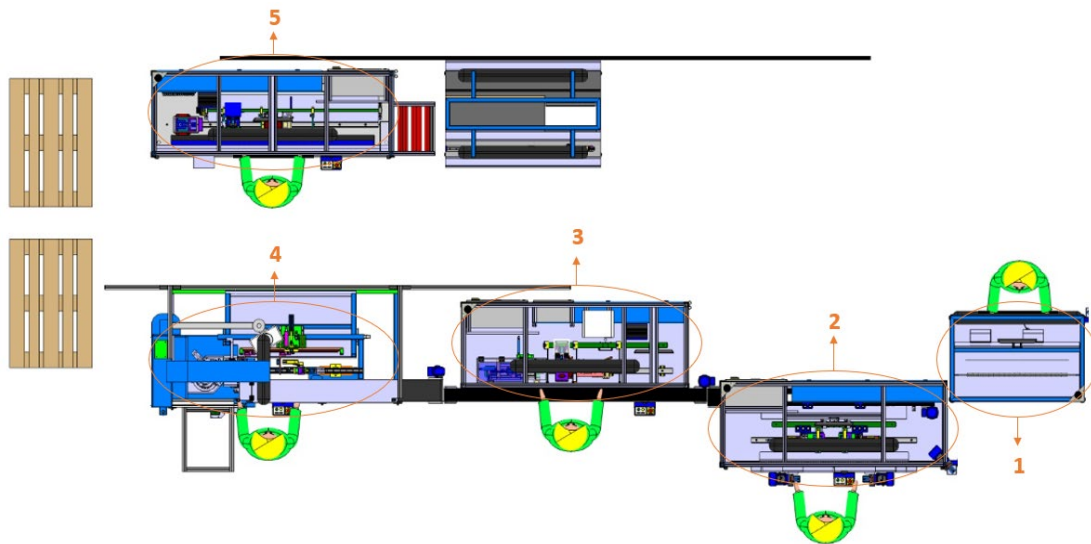


Figura 40 - *Layout* linha de montagem VOLVO; (1) – Posto de montar tubo exterior e *grommet*, (2) – Posto de montar e puncionar terminais de espiral, (3) – Posto de introduzir e aparar o cabo metálico, (4) – Posto de fazer flor e injetar 2º terminal de cabo, (5) - Posto de ensaio à tração, medição de cota e termogração

3.2.1.2.1 Posto de montar tubo exterior e *grommet*

O objetivo do primeiro posto (Figura 41) é montar o tubo exterior e *grommet*, assim como esmerilar/escarear a espiral de modo a eliminar rebarbas e impedir a existência de espirais tapadas. Os passos, neste posto de trabalho, são: pegar num *grommet*, efetuar pré-montagem na extremidade da espiral; posicionar subconjunto no *gabarit* que auxilia a montagem do *grommet* e empurrar a espiral até atingir o batente; pegar num tubo esponja e montar na espiral; posicionar subconjunto no dispositivo de limpeza de rebarbas.



Figura 41 – Posto para montar tubo exterior e borracha de fixação; (1) – tubo esponja, (2) – *grommet*, (3) – espiral, (4) – *gabarit* auxiliar de montagem, (5) – dispositivo para limpeza de rebarbas

3.2.1.2.2 Posto para montar e puncionar terminais de espiral

O objetivo deste posto de trabalho (Figura 42) é fixar os terminais à espiral. Os passos, neste posto de trabalho, são: pegar num subconjunto de espiral e nos terminais de espiral, efetuar pré-montagem dos mesmos; posicionar corretamente o subconjunto no *gabarit* de puncionamento; premir o botão para acionar a operação.

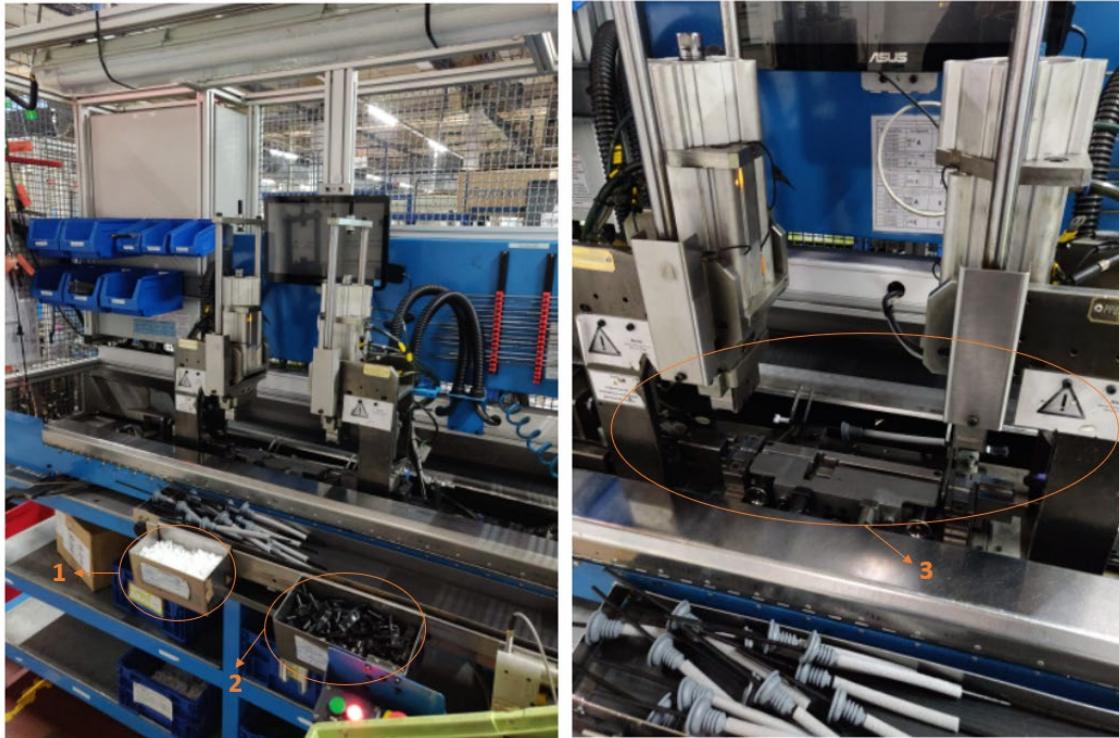


Figura 42 - Posto para montar e punccionar terminais de espiral; (1) – terminal de espiral; (2) – terminal de espiral caixa; (3) – *gabarit* de punccionamento

O correto posicionamento dos diversos componentes que constituem um cabo de comando é garantido pelos *Poka Yokes* e sistema *Jidoka* incorporados nos equipamentos, como neste posto de trabalho, em que um sensor e a cavidade existentes no *gabarit* garantem a presença e o correto posicionamento do *grommet*. Também neste posto de trabalho, de forma a garantir o correto alinhamento entre os terminais de espiral, apenas é possível o seu encaixe, estando os mesmos na posição correta.

3.2.1.2.3 Posto de introduzir e aparar o cabo metálico

O objetivo deste posto de trabalho (Figura 43) é introduzir o cabo na espiral e acertar o seu comprimento de forma a garantir que, depois de injetar o 2º terminal de zamak, a cota de saída fica dentro do especificado. Os passos neste posto de trabalho são: pegar num subconjunto de espiral e num subconjunto de cabo e introduzir o cabo na espiral; posicionar o subconjunto no *gabarit* de aparar; premir botão para acionar a operação. Os postos de introduzir e aparar o cabo metálico são aqueles onde este trabalho se irá focar maioritariamente, uma vez que são as aparas originadas pelo corte de cabo realizado neste posto que se quer eliminar ou, se não for possível, diminuir o seu tamanho.



Figura 43 - Posto de introduzir e aparar cabo metálico; (1) – Cabo metálico; (2) – Subconjunto de espiral; (3) – Dispositivo de corte elétrico

3.2.1.2.4 Posto de fazer flor e injetar 2º terminal de cabo

O objetivo deste posto é fazer uma flor (Figura 44) na extremidade do cabo (deformação controlada da ponta de cabo de forma a aumentar a área de contacto entre o cabo e o metal injetado, com vista à obtenção de uma maior resistência mecânica) e, posteriormente, a injeção de *zamak* do 2º terminal de cabo.



Figura 44 - Flor efetuada na extremidade de um cabo metálico [122]

Os passos neste posto de trabalho (Figura 45) são: pegar num subconjunto e posicionar a extremidade do cabo no dispositivo de fazer flor, empurrar para acionar operação de fazer flor; posicionar subconjunto no respetivo *gabarit* de injeção, garantir o correto posicionamento da ponta de cabo no molde de injeção; premir botão para fixar e acionar operação de injeção de *zamak* do 2º terminal de cabo.

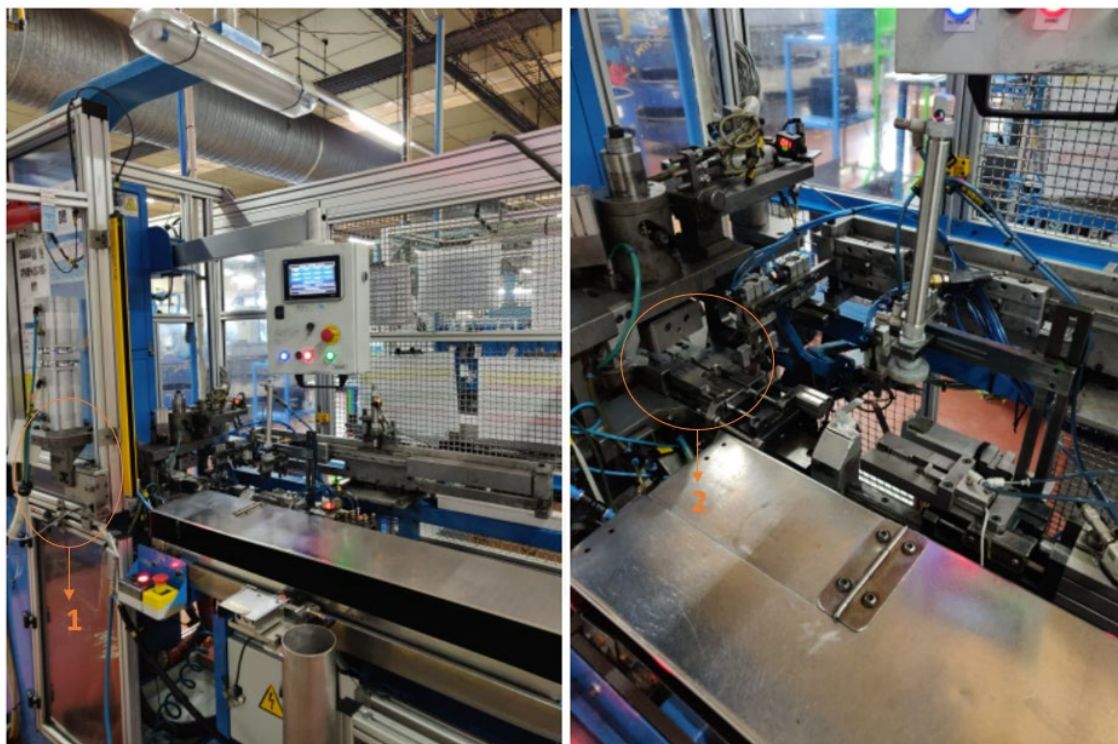


Figura 45 - Posto de fazer flor e injetar 2º terminal de cabo; (1) – Dispositivo de fazer flor; (2) – Molde de injeção do 2º terminal de cabo

O correto alinhamento entre os terminais da espiral e os terminais do cabo tem que ser garantido, uma vez que o desalinhamento obrigaria o cabo a ser torcido quando efetuada a sua montagem no automóvel, aumentando a dificuldade de montagem do mesmo, gerando perdas de eficiência e desgaste prematuro dos componentes. Este alinhamento é garantido neste posto de trabalho, encaixando corretamente o terminal de espiral e de cabo, obrigando que estes fiquem alinhados antes da injeção do segundo terminal de cabo.

3.2.1.2.5 Posto de ensaio à tração, medição de cota e termogravação

O objetivo deste posto de trabalho (Figura 46) é a verificação das características específicas do cabo (cota de saída e esforço à tração), de forma a assegurar o cumprimento dos requisitos do cliente e a realização da termogravação no cabo de comando, de forma a registar a sua identificação e rastreabilidade (referência, data de fabrico, etc.). Os passos, neste posto de trabalho, são: pegar num 3º terminal de espiral (colher) e montá-lo no terminal de espiral redondo; posicionar subconjunto no *gabarit* de ensaio; orientar a espiral de forma a encaixar no *gabarit* de termogravação; posicionar a outra extremidade do subconjunto, encaixando terminal de espiral (caixa);

por fim, premir botão para acionar operação de ensaio à tração, medição de cota de saída e termogravação. Os cabos de comando caem diretamente numa embalagem, sendo que, quando a embalagem chega ao número pretendido, a operadora retira a caixa e fecha-a.

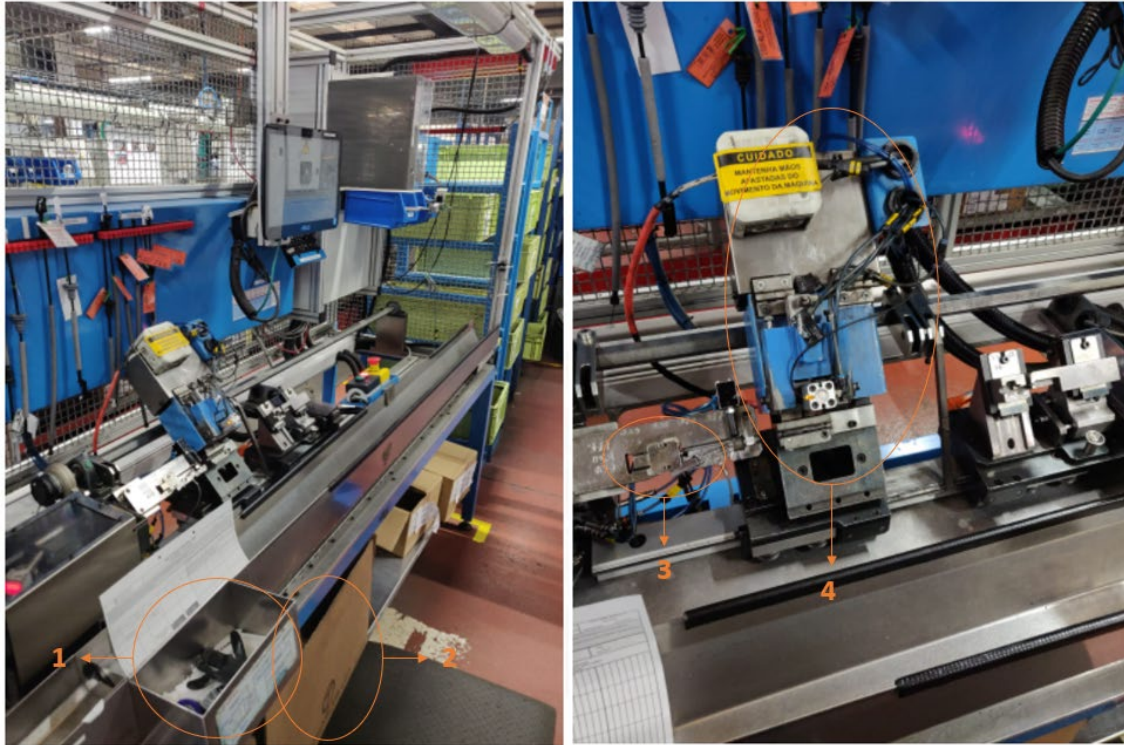


Figura 46 – Posto de ensaio à tração, medição de cota e termogravação; (1) – 3º terminal de espiral (colher); (2) – caixa; (3) – *gabarit* de ensaio; (4) - termogravação

O ensaio à tração e a medição da cota de saída são efetuadas em 100% dos produtos processados, sendo que estes valores são exibidos num *display* onde, no caso de algum destes processos não se apresentar dentro dos valores estabelecidos, é gerado um alerta para que o operador recuse a peça. A aprovação no esforço à tração garante que os terminais não se vão soltar perante os esforços a que o cabo vai estar sujeito durante o seu funcionamento. A cota de saída, que corresponde ao comprimento de cabo que excede os terminais de espiral, tem de ser confirmada para que a montagem do cabo de comando pelo cliente se efetue sem alguma não conformidade. Os cabos com características fora do especificado têm de ser colocados no “*estendal*” (Figura 47). Cada defeito tem um número máximo de peças admissível que, uma vez atingido, o operador é obrigado a parar, de modo a permitir que a causa do problema seja descoberta e resolvida. As indicações quanto ao tipo de defeito, possibilidade de recuperação e frequência, também fazem parte dessa informação.



Figura 47 - "Estendal", local designado para colocação de peças com defeitos; Tabela limite de defeitos

3.2.2 Exemplos de projetos realizados na área dos cabos de comando

A seguinte tabela irá mostrar alguns exemplos da literatura que abordam o tema da indústria dos cabos de comando, onde é possível constatar que vários trabalhos conseguiram obter melhorias nos processos ou serviços (Tabela V).

Tabela V – Exemplos de projetos realizados na indústria dos cabos de comando

Referencias bibliográficas	Descrição do Trabalho
[123]	A maioria dos terminais do cabo metálico presente nos cabos de comando são de <i>zamak</i> , sendo a fundição sob alta pressão o processo para obtê-los. Muitos dos componentes e dispositivos ligados às partes quentes são sujeitos a um desgaste severo. Este projeto propôs mostrar como se pode obter uma manutenção sustentável, concentrando os recursos na análise do problema crítico e na sua consequente atenuação. A metodologia utilizada foi o <i>DSR (Design Science Research)</i> . A implementação de um novo subconjunto de injeção trouxe resultados extremamente benéficos, tais como, redução do consumo de peças sobresselentes; redução do custo de aquisição de peças em 58%; redução do tempo de manutenção corretiva para a respetiva peça de 55%; otimização do processo de fabrico; aumento da disponibilidade de tempo do equipamento; etc.
[124]	Vários produtos com uma elevada relação comprimento/secção e com uma rigidez relativamente baixa são utilizados na indústria automóvel, causando vários problemas devido à falta de rigidez. Um

dos exemplos em que tal acontece é na produção dos cabos de comando. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um novo sistema *transfer* para a máquina de produção de espirais, de modo a aumentar o número de referências a produzir na máquina sem afetar a qualidade ou a produtividade do equipamento. Assim sendo, foi desenvolvido com sucesso um novo conceito de transporte de espirais, capaz de lidar com espirais de grandes dimensões sem originar falta de qualidade ou falhas no equipamento. O conceito utilizado pode ser alargado a outro tipo de equipamentos com problemas semelhantes, mesmo no fabrico de outro tipo de produtos.

[125]

Neste trabalho é apresentado um novo conceito para o processo de produção de cabos de comando, utilizando a metodologia *DSR*. O projeto iniciou-se com a análise do conceito do processo utilizado anteriormente, determinando possíveis problemas e melhorias, assim como estabelecendo objetivos/requisitos para um possível novo conceito/equipamento. Este estudo permitiu o desenvolvimento de um novo equipamento de produção de cabos de comando, implementando diversas alterações ao conceito antigo. Registou-se uma redução no tempo de ciclo de 25%, o que resultou num aumento de 30% na produtividade do processo.

[126]

Este trabalho foi desenvolvido numa empresa que produz cabos de comando. Cada automóvel contém diversos tipos de cabos de comando, logo cada linha de montagem é utilizada para fabricar várias referências de modo a otimizar os recursos, sendo imperativo a redução dos tempos de *setup*. Este projeto focou-se numa linha de montagem, utilizando a metodologia *SMED*, complementada por outras ferramentas *Lean*, com o objetivo de reduzir o desperdício inerente às mudanças de ferramentas. As soluções desenvolvidas permitiram alcançar uma redução semanal de aproximadamente 58,3% no tempo de *setup*, contribuindo desta forma para um aumento da disponibilidade da linha de montagem, bem como para um aumento da capacidade produtiva.

[127]

Este projeto focou-se na produção dos cabos de comando para a indústria automóvel, mais precisamente na tarefa de introdução de massa lubrificante nas espirais dos cabos de comando, onde se constatou que existia um volume significativo de massa que era desperdiçado no decorrer desta tarefa. A nova solução desenvolvida, bem como a redefinição do processo logístico de fornecimento da massa lubrificante às linhas de produção, permitiu tornar o processo mais flexível para a admissão de diferentes pacotes de massa lubrificante, bem como uma melhor utilização da

	<p>mesma nos reservatórios, resultando num corte de mais de 70% na massa desperdiçada.</p>
[128]	<p>Neste trabalho foi proposto o desenvolvimento de um novo dispositivo de decapar ponta de cabo, para anexar numa máquina de corte e injeção de <i>zamak</i> (<i>robocop</i> duplo). Sendo que o <i>robocop</i> duplo estava preparado apenas para injetar cabo não revestido e devido a exigências dos clientes por cabos revestidos teve de ser feita tal alteração, visto que a máquina não pode injetar o <i>zamak</i> em cabo que contenha revestimento. Foi necessário adicionar esta operação (decarpar de ponta de cabo) ao processo, mas sem afetar o tempo de ciclo. O novo dispositivo, quando ligado à máquina <i>standard</i>, permitiu a produção de cabos metálicos até 2,5 metros de comprimento, decapando o cabo em ambos os lados, e injetando o <i>zamak</i> numa das extremidades, com um tempo de ciclo de 7 segundos.</p>
[129]	<p>Um dos componentes mais importantes de um cabo de comando é o cabo metálico. Em cabos formados por fios galvanizados com aço Zn, expostos às condições ambientais habituais, surge a formação de ZnO, um fenómeno conhecido como “corrosão branca”. Este trabalho consiste em atenuar as causas da formação do ZnO. Com este projeto foi possível concluir que, sob o revestimento, existiam produtos nocivos capazes de desencadear a reação de nucleação do ZnO. Assim, o armazenamento e limpeza do fio de aço antes da galvanização é essencial para evitar a formação de ZnO.</p>
[130]	<p>Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de resolver problemas relacionados com o desgaste excessivo dos bicos de injeção utilizados no processo de fundição sob pressão, e correspondentes resistências elétricas, com vista a aumentar a sua vida útil e melhorar a competitividade do processo de injeção de peças de baixo custo em <i>zamak</i> para a indústria automóvel. Para atingir o objetivo pretendido foi utilizada a metodologia <i>action-research</i>, sendo que se conseguiu a criação de um novo bico, bem como da resistência elétrica correspondente, aumentando assim a vida útil destes componentes, melhorando também a segurança em torno do processo.</p>

ANÁLISE E RESOLUÇÃO DO PROBLEMA

4.1 CICLO DMAIC APLICADO NOS CASOS ONDE SE ELIMINOU A APARA

4.2 CICLO DMAIC APLICADO NOS CASOS ONDE SE DIMINUIU A APARA

4 Análise e Resolução do Problema

Ao longo deste capítulo, aborda-se o foco deste trabalho, a eliminação ou redução do aparado de cabo nas linhas de montagem. Neste trabalho, recorreu-se à metodologia DMAIC, sendo que se dividiu o projeto em duas vertentes, sendo primeiro aplicado o ciclo DMAIC aos casos onde se poderia eliminar a apara de cabo e, numa segunda fase, aplicou-se o ciclo DMAIC aos casos onde não era possível eliminar a apara de cabo, mas sim reduzi-la, sendo que nos subcapítulos seguintes se descrevem as fases deste ciclo.

4.1 *Ciclo DMAIC aplicado nos casos onde se eliminou a apara*

O primeiro ciclo DMAIC será aplicado nas linhas de montagem e respetivas referências onde o aparado de cabo pode ser eliminado. Dar-se-á prioridade aos casos em que conseguimos eliminar o aparado, pois são os casos que resultarão numa maior poupança de cabo.

4.1.1 *Fase Definir (Define)*

Numa primeira fase do ciclo DMAIC, identificaram-se as condições iniciais do problema e definiu-se o projeto. Deste modo, foi necessário identificar o problema, os objetivos e metas a atingir, os benefícios e os membros da equipa. Nesta mesma fase, foi realizado um mapeamento do processo de modo a compreender de forma mais detalhada o funcionamento das atividades, processos em análise e identificar os fornecedores e clientes relacionados com o processo em estudo.

4.1.1.1 *Condições iniciais do problema*

Eliminar ou reduzir o aparado de cabo gerado nas linhas de montagem no posto de aparar cabo era algo fulcral para a Fico Cables, pois, apesar da empresa não saber a quantidade exata de cabo metálico que era desperdiçado, tinham a noção que seria um valor bastante elevado. O cabo metálico adquirido pela empresa tem um valor de compra baixo (dependendo do tipo de cabo, o valor pode ir dos 0,024 €/m até aos 0,168 €/m, sendo o valor médio 0,058 €/m). No entanto, visto que a produção por ano de cabos de comando é na ordem dos milhões, o dinheiro gasto em material que irá ser sucitado é muito elevado.

Uma vez que se pretende eliminar o aparado na linha de montagem, primeiro terá que se perceber o que é o aparado e por que motivo esta operação existe.

O aparado (Figura 48) que o posto de aparar nas linhas de montagem gera, é uma ponta de cabo que, por cada cabo de comando, é sucitado. Normalmente, esta ponta de cabo ronda os quarenta/cinquenta milímetros, porém existem referências onde a apara pode chegar a valores tão altos como os noventa milímetros. Dois motivos para existirem aparas excessivamente grandes são: a medida do subconjunto de cabo de uma dada referência estar mal definida, estando demasiado grande, e utilizar subconjunto de cabo de uma referência na referência de cabo de comando errada. Isto acontece de forma a poupar tempo de ajuste do *gabarit* da máquina de corte para cada referência. Não utilizar a referência de subconjunto de cabo certa com a referência final do cabo de comando, gera um desperdício de cabo ainda maior que o habitual. Além do desperdício de material que o aparar do cabo nas linhas de montagem gera, temos também o desperdício de trabalho, energia e manutenção aliados às máquinas de aparar.



Figura 48 – Aparas com diferentes tamanhos

É a operação de aparar o cabo que garante que a cota funcional do cabo de comando seja cumprida. A tolerância da espiral, definida pela engenharia do produto, ronda normalmente os $\pm 1,5$ mm. O valor desta tolerância é justificado pelas características do produto e pela complexidade dos processos e materiais associados. A tolerância da cota funcional dos cabos de comando ronda ± 1 mm. Como a tolerância da espiral é superior à tolerância da cota funcional, torna o processo complexo, uma vez que ambas as cotas estão relacionadas, e a cota funcional é dependente da cota da espiral. Através da figura 49, podemos constatar que a soma da tolerância das cotas A e B (cotas funcionais) é menor que a tolerância da cota da espiral E. Uma vez que a dimensão da espiral pode ter um maior desvio que o pretendido no produto final, é muito difícil cortar o cabo à cota final, sendo assim necessário, teoricamente, aparar o cabo depois de o introduzir na espiral, de forma a garantir que as cotas funcionais estejam dentro da tolerância exigida.

Sabendo agora o que é a apara de cabo e o porquê da existência do aparar do cabo nas linhas de montagem, é necessário focar a atenção nos dois componentes que podem permitir que a apara seja eliminada, a saber os terminais de cabo metálico e o corte de cabo (variação).

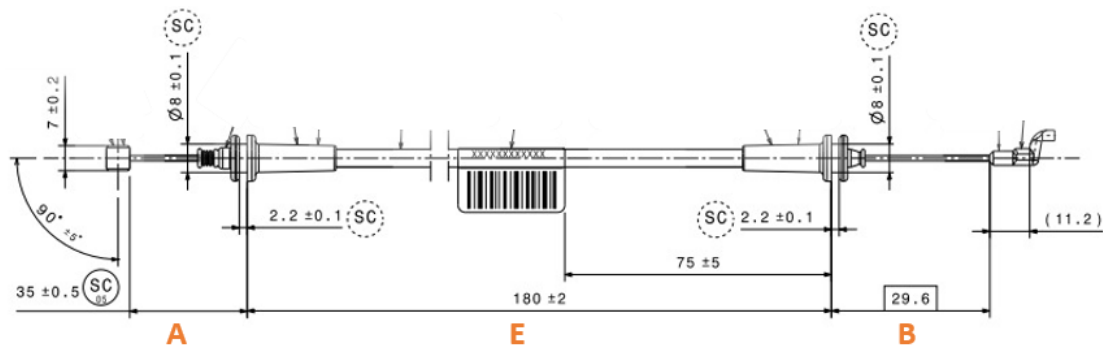


Figura 49 - Desenho dimensional de um cabo de comando; (A, B) Cotas funcionais; (E) Cota do subconjunto da espiral

• Corte de cabo

Os subconjuntos de cabo, quando vêm para as linhas de montagem, já têm a primeira injeção de terminal de cabo com *zamak*. Para o corte do cabo e injeção do primeiro terminal do cabo, são utilizadas máquinas de injeção semiautomáticas ou automáticas, designadas de *robocop's*. Nas máquinas semiautomáticas (Figura 50), o operador alimenta manualmente a zona de trabalho com o cabo previamente cortado na medida correspondente à referência a produzir. Neste tipo de máquinas, o operador, antes de efetuar a injeção de *zamak* no cabo, necessita de fazer uma série de passos, passos estes que consistem em: decapar o cabo (nas referências em que o cabo é revestido por uma película de PA6), processo que consiste em remover a película de PA6; aparar a ponta do cabo por corte mecânico (apenas em referências que tem o cabo específico 7*7 galvanizado) e fazer a flor (deformação do cabo) na extremidade, que irá ser submetida à injeção, permitindo assim uma melhor fixação da liga de *zamak* no cabo.



Figura 50 – Máquina semiautomática de 1ª injeção do terminal de *zamak*; (1) Dispositivo de aparar cabo (corte mecânico); (2) Dispositivo de decapar cabo; (3) Dispositivo de fazer flor; (4) Molde 1ª injeção de *zamak*

O cabo, antes de vir para as máquinas semiautomáticas de injeção de zamak, é cortado à medida dependendo da referência necessária à produção, em máquinas de corte específicas que apenas cortam o cabo. É possível ver essa máquina na figura 51.



Figura 51 - Máquina de corte de cabo

Este tipo de máquina tem uma variação de corte de cerca de ± 3 mm. Quando se referir os terminais dos cabos metálicos, irá ser explicado porque é que esta variação de corte é tão importante quando queremos eliminar o aparado.

Nas máquinas automáticas designadas de *robocop's* (Figura 52), a alimentação é efetuada a partir do rolo de cabo, cortando o cabo à medida pretendida e injetando o terminal de cabo, tudo feito sem a necessidade de *input* de um operador.

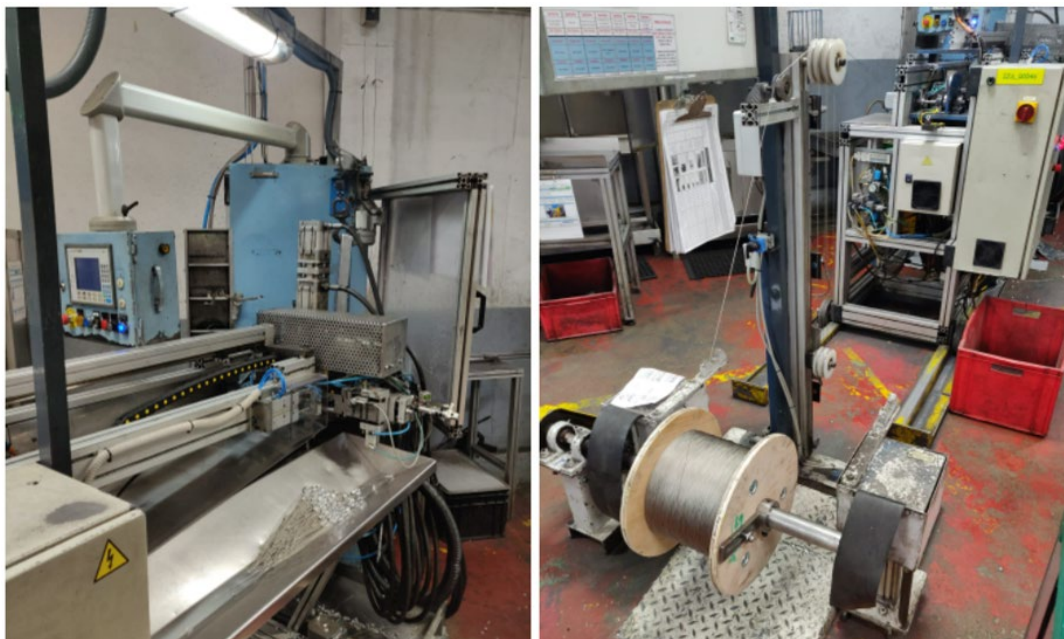


Figura 52 - Máquina de injeção de zamak automática (*robocop*)

Os *robocop's* estão munidos de um desenrolador de cabo, um sistema de tração e sistema de corte. As mesmas pinças, que seguram a ponta de cabo de modo a efetuar o corte, deslocam-se e posicionam o cabo cortado na máquina de injeção, sendo o processo, a partir deste ponto, muito semelhante ao das máquinas semiautomáticas. Os *robocop's* têm uma série de vantagens em relação às máquinas semiautomáticas: não necessitam de um operador; variação de corte de cabo mais baixa (aproximadamente de ± 2 mm) e uma cadência de produção por hora superior (cerca de 700 subconjuntos por hora).

A empresa conta ainda com duas máquinas automáticas designadas de *robocop's* duplos (Figura 53), sendo estas superiores às *robocop's* tradicionais, uma vez que apresentam uma variação de corte mais pequena (± 1 mm) e uma cadência por hora ainda superior (cerca de 1000 subconjuntos por hora), uma vez que cortam e injetam dois cabos ao mesmo tempo.



Figura 53 - Máquina automática *robocop* duplo

- **Terminais de cabo metálico**

Os terminais de cabo metálico (Figura 54) são componentes que, sendo acoplados às extremidades dos cabos de comando, permitem ligar o cabo de comando aos sistemas atuadores e recetores, permitindo a sua atuação. Aqueles são responsáveis por receber e transmitir a força que é feita de uma extremidade para a outra.



Figura 54 - Exemplo de terminal de um cabo de comando; (1) – Terminal em zamak; (2) - Terminal em zamak com capa de plástico

Estes terminais podem ter diversas formas, podendo ser fabricados por diferentes processos (torneamento, estampagem, forjamento, injeção) e podem ser produzidos em diversos materiais, tais como metal, alumínio, zinco, aço, etc. Na Fico Cables, a maioria dos terminais dos cabos de comando são obtidos por injeção de uma liga de zinco e alumínio (Zn-Al), com o nome de zamak, ou prensados (Figura 55) [131]. Entre os processos produtivos, o que se destaca claramente, sendo o processo utilizado em quase todos os cabos de comando, é a injeção de zamak, isto porque permite uma grande cadência de fabrico, elevada diversidade geométrica, excelente acabamento superficial, boa resistência à corrosão (para além da proteção conferida pelo zinco, o alumínio tem a propriedade de formar uma camada de óxidos na sua superfície, que impede a progressão da corrosão no restante material), um baixo custo da matéria-prima e suporta elevados esforços de tração. Apesar das diversas vantagens que o processo de injeção apresenta, também existem desvantagens: o maior custo das máquinas de injetar, custos de energia dos equipamentos elevados, deficiências em movimentos de tração angular, ou seja, perante forças aplicadas que não são coincidentes com a direção do eixo do cabo (anisotropia causada pelo processo) e necessidade de flor.



Figura 55 - (A) Cabos injetados; (B) Cabos prensados [131]

As dimensões dos terminais do cabo metálico variam de acordo com algumas características como o diâmetro do cabo metálico, as tensões a que o cabo metálico estará sujeito, a existência de uma espessura mínima entre o ponto mais periférico do cabo e a parede do terminal (de modo a evitar a possível rotura quando este é solicitado), etc. Uma outra característica essencial dos terminais de cabo metálico é a

zona funcional (Figura 56), uma vez que é essa zona da peça que vai ser solicitada quando as forças lhe forem impostas.

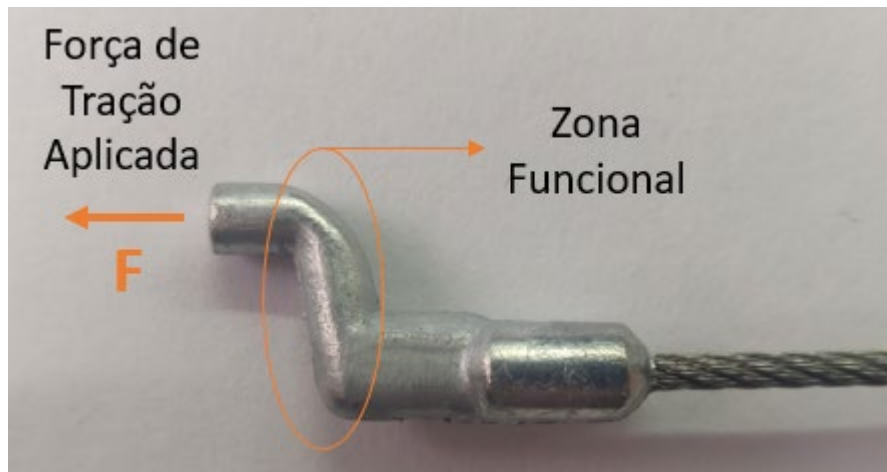


Figura 56 - Zona funcional de um terminal de cabo

Os terminais irão, portanto, obter a sua configuração pelos fatores já mencionados, assim como em função do desenho de encaixe dos atuadores, originando um vasto leque de formas e tamanhos, que se dividem em terminais esféricos, cilíndricos, formas em L, formas em S, manivelas ou formas especiais. Na figura 57 [132] é possível ver diversas configurações de terminais de zamak.



Figura 57 - Diversas configurações de terminais de zamak; (1) Esféricos; (2) Cilíndricos; (3) Cilindros modificados; (4) Configurações especiais; (5) Manivelas; (6) Formas em L [132]

A realização de flor no terminal do cabo tem como objetivo, como já mencionado anteriormente, aumentar a área de contacto entre o cabo e o terminal de zamak injetado. O facto da área coberta com o metal injetado ser maior, origina a obtenção de um maior valor de resistência à tração. É um processo vital para a fiabilidade do cabo de comando, logo deve ser controlado e afinado em função do tipo de cabo e do terminal a injetar. Quando a flor não fica com as proporções corretas, os cabos não devem ser

injetados, uma vez que a resistência do terminal à tração será substancialmente reduzida, assim como a probabilidade de aparecerem defeitos na injeção aumenta.

A geometria da flor, a sua dimensão e o posicionamento no molde, são características essenciais para a obtenção de um terminal de zamak com as características desejadas. Uma flor corretamente conformada não apresenta variação no diâmetro do cabo e arames levantados e/ou traçados na zona "z". Na figura 58 estão demonstradas as dimensões ideais de uma flor.

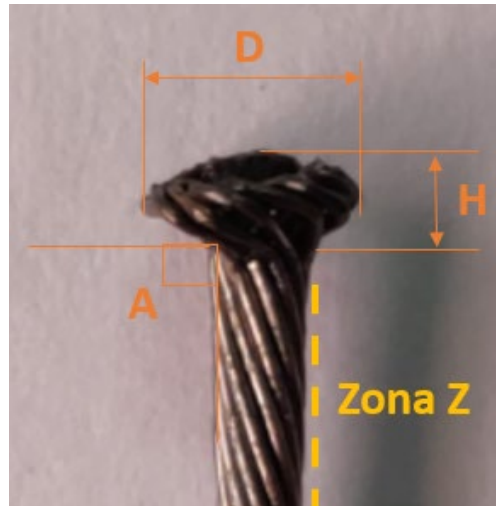


Figura 58 - Flor na ponta do cabo metálico $\phi 1,5$ 19F Inox; (A) Ângulo - $90^\circ \pm 10^\circ$; (D) Diâmetro - $3,3 \pm 0,3$; (H) Altura - $2,0 \pm 0,3$

O posicionamento da flor na cavidade do molde para proceder à injeção de zamak deve ser o mais centrada possível, em todas as direções, como é possível ver pela figura 59.

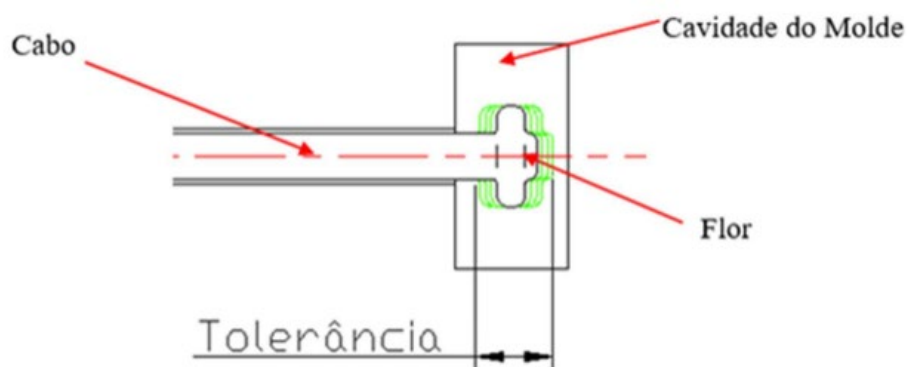


Figura 59 - Posicionamento da flor no interior do molde de injeção [109]

Embora o posicionamento da flor do cabo tenha sempre associada uma determinada tolerância, que será tanto maior quanto maior for a dimensão do terminal, deve-se tentar respeitar o centramento da flor no molde de injeção do terminal, de modo a obter terminais com maior resistência à tração.

Sabendo que as duas variáveis para a possível eliminação da operação de aparar nas linhas de montagem são a variação de corte de cabo e os terminais do cabo metálico, definiu-se, visto que a máquina de corte de cabo com menor variação tem ± 1 mm, que existiriam quatro terminais de cabo metálico que, teoricamente, permitiam a eliminação do aparado devido ao seu maior tamanho, estando estes presentes na figura 60.



Figura 60 – a) Manivela pequena; b) Manivela grande; c) Cilindro $\varnothing 7$ mm (6,5 mm); Esfera $\varnothing 7$ mm.

Na figura 61 está presente o desenho dos terminais de cabo já mencionados.

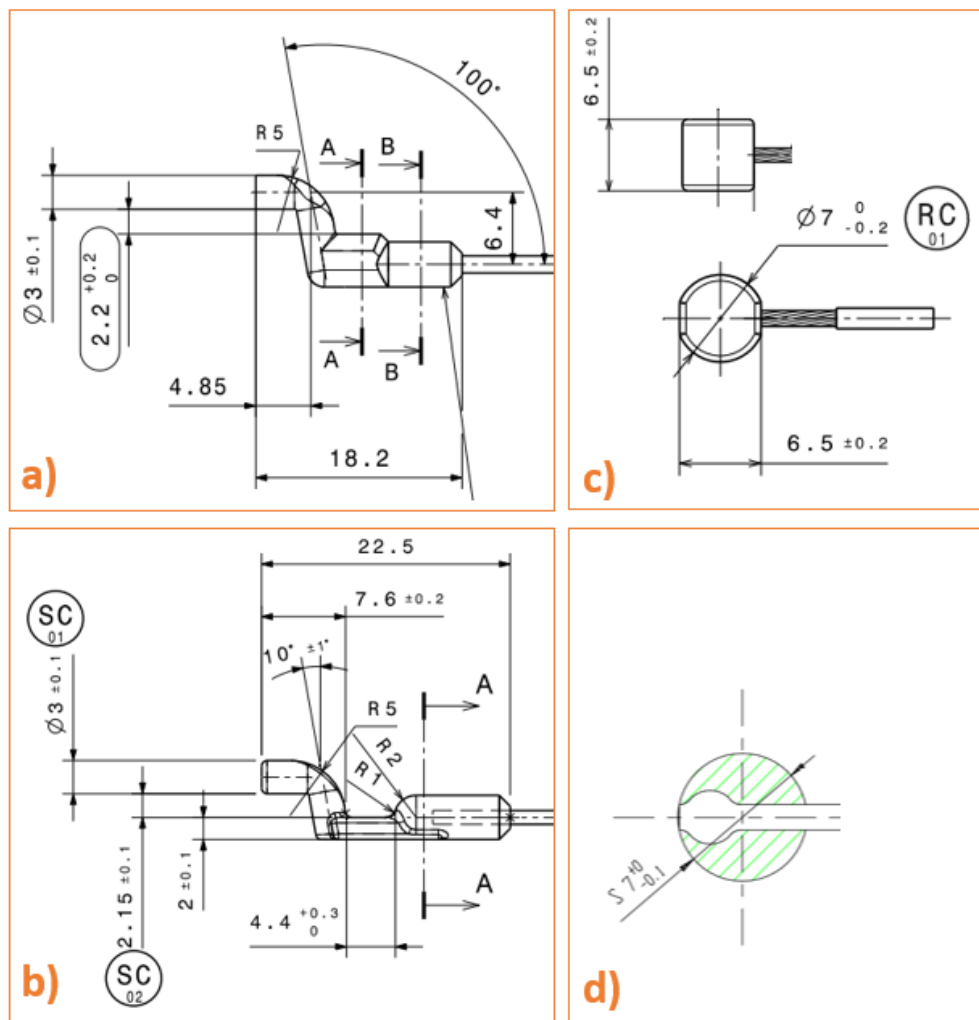


Figura 61 -a) Manivela pequena; b) Manivela grande; c) Cilindro com 7mm de diâmetro (6,5 mm); d) Esfera com 7mm de diâmetro

Na figura 62 está presente o molde de injeção de zamak dos quatro terminais mencionados.



Figura 62 – Molde inferior de injeção de zamak a) Manivela pequena; b) Manivela grande; c) Cilindro $\varnothing 7$ mm (6,5 mm); Esfera $\varnothing 7$ mm.

- **Linhas que irão ser estudadas**

Foram identificadas nove linhas de montagem, onde as referências produzidas continham como segundo terminal de injeção um entre os quatro terminais descritos acima. Estas linhas de montagem foram: Volvo e V526 Interiores (terminal manivela grande); Transit Exteriores (terminal manivela pequena); Capôs Grandes, Capôs Pequenos e Capôs Duplos (terminal esfera $\varnothing 7$ mm); B479 Exteriores, BX726 (corte mecânico), C519 Exterior e WL (terminal cilindro $\varnothing 7$ mm (6,5 mm)).

As referências das linhas Volvo, V526 Interiores, Transit Exteriores, Capôs Grandes, Capôs Duplos e Capôs Pequenos, utilizam cabo não revestido, enquanto as linhas B479 Exteriores, BX726 (corte mecânico), C519 Exteriores e WL utilizam cabo revestido. Uma vez que a empresa não contém nenhuma máquina de corte de cabo revestido com variação de corte de ± 1 mm, irá ser feita uma análise dos possíveis ganhos se a organização adquirisse uma máquina de corte de cabo revestido com variação de ± 1 mm. Visto que a empresa não pretende adquirir a referida máquina durante o tempo útil da dissertação, sendo um possível investimento para o futuro próximo, irá ser dada maior importância às linhas onde se poderia eliminar o aparado de cabo imediatamente, sendo estas as linhas de montagem mencionadas anteriormente e que utilizam o cabo

não revestido: Volvo, V526 Interiores, Transit Exteriores, Capôs Duplos, Capôs Pequenos e Capôs Grandes.

4.1.1.2 Definição do projeto

Uma vez identificado o projeto, realizou-se um documento que define de forma resumida o mesmo e os seus elementos, onde se explica o caso de estudo, o seu âmbito, os seus objetivos e a descrição do planeamento das várias fases do projeto. O documento concebido designa-se por *Project Charter*. O *Project Charter*, apresentado na figura 63, é aplicado nos dois ciclos DMAIC desenvolvidos (eliminação do aparado e diminuição do aparado).

Esta primeira fase do projeto teve como objetivo eliminar o aparado de cabo nas linhas de montagem, sendo que a variável de análise é o comprimento nominal dos subconjuntos de cabo, em função da variação permitida, relacionando as dimensões do terminal da segunda injeção de zamak e, quando não for possível eliminar o aparado, diminuí-lo, sendo a principal variável de análise a alteração do corte elétrico/mecânico.

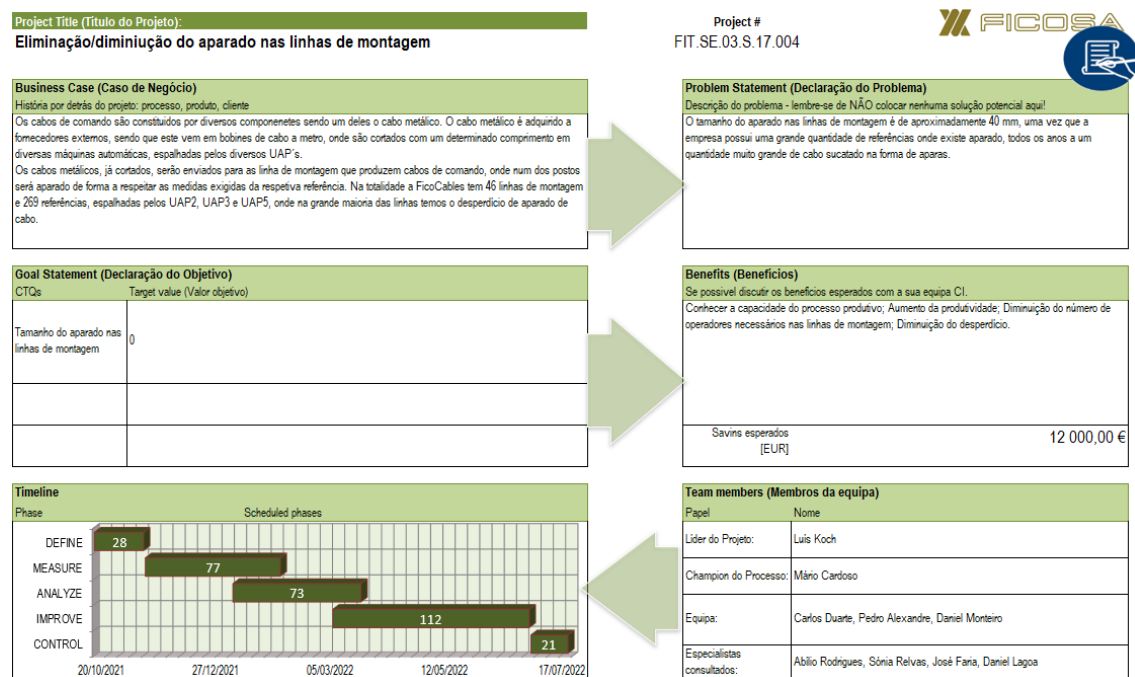


Figura 63 - Project Charter

Estando o *Project Charter* concluído, desenvolveu-se a árvore CTQ, que se apresenta na figura 64, com a função de clarificar os objetivos da primeira fase do projeto.

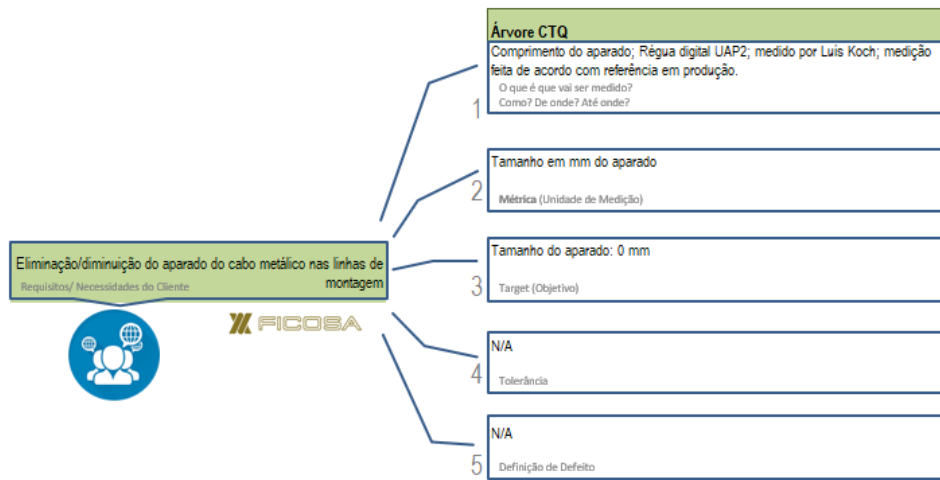


Figura 64 – Árvore CTQ

4.1.1.3 Diagrama SIPOC

O diagrama de SIPOC (Figura 65) foi elaborado com o objetivo de clarificar de uma forma simplificada o âmbito do projeto e identificar as etapas principais do processo. O processo é constituído por um conjunto de atividades sequenciais que acrescentam valor ao produto final. A descrição do processo e produto está apresentada mais detalhadamente no subcapítulo “3.2 Caracterização do produto e do processo”.



Figura 65 - SIPOC

De forma a concluir a fase “Definir”, optou-se pela utilização da ferramenta 5W2H para definir o problema (Tabela VI).

Tabela VI – Definição do problema através da ferramenta 5W2H

5W2H	
O quê?	Eliminação/diminuição da aparado de cabo metálico.
Onde?	Nas linhas de montagem.
Quem?	Operador.
Quando?	Durante o fabrico dos cabos de comando.
Porquê?	Quantidade excessiva de cabo sucataado.

Como?	<p>Eliminação - Garantir a variação de ± 1 mm no corte de cabo. Terminais do cabo metálico que permitam absorver a variação que existir do cabo metálico cortado.</p> <p>Diminuição - Modificar o posto de aparar cabo.</p>
Quanto?	Devido à operação de aparar cabo metálico nas linhas de montagem, se nada for feito para melhorar a situação atual, serão sucitados milhares de metros de cabo metálico por ano.

4.1.2 Fase Medir (*Measure*)

Nesta fase do ciclo DMAIC, foram recolhidos dados com o objetivo de avaliar o desempenho do processo.

4.1.2.1 Plano de recolha de dados

A etapa inicial, na fase medição, foi a realização de um plano de recolha de dados (Figura 66). Definiu-se que os indicadores a analisar seriam o comprimento do subconjunto espiral (25 amostras), onde o objetivo seria descobrir o desvio-padrão do subconjunto espiral, assim como verificar se o processo tinha capacidade, realizando-se um estudo de capacidade do processo; o comprimento do cabo depois de aparado na linha (15 amostras); e o comprimento do cabo que vem para a linha (25 amostras), de modo a saber qual o tamanho médio do aparado, assim como se o processo tem capacidade, em todas as referências de cabos de comando produzidas nas seis linhas a estudar.


Plano de Recolha de Dados									
Data Revisão: Eliminação aparado nas linhas de montagem									
									
O que?	Como?	Quem?	Tempo		Frequência	Definição da amostra			
Indicador / Parâmetro de Medida	Definição operacional da medição	Uma pessoa / sistema para recolher dados	(A partir de) quando é que se mede?	(Até) quando é que se mede?	Com que frequência mede-se no tempo especificado?	Tipo de Dados	Tamanho da amostra	Origem dos dados	Resultado do MSA
Comprimento do subconjunto espiral (mm)	Régua Digital UAP2	Luis Koch	18/11/2021	03/02/2022	"De acordo com a referência em produção"	Dados Contínuos	25	Linha de montagem	OK
Comprimento subconjunto de cabo (mm)	Régua Digital UAP2	Luis Koch	18/11/2021	03/02/2022	"De acordo com a referência em produção"	Dados Contínuos	25	Linha de montagem	OK
Comprimento subconjunto de cabo aparado (mm)	Régua Digital UAP2	Luis Koch	18/11/2021	03/02/2022	"De acordo com a referência em produção"	Dados Contínuos	15	Linha de montagem	OK

Figura 66 - Plano de recolha de dados relativos ao tamanho médio do aparado

4.1.2.2 Análise do sistema de medição

De modo a avaliar o sistema de medição da régua digital (Figura 67) utilizada, realizou-se um estudo R&R (Figura 68).



Figura 67 - Régua Digital da UAP2

Este estudo foi realizado com uma referência de uma espiral em que o valor do comprimento nominal era de 215 mm. Recolheram-se 10 amostras e mediu-se três vezes. Este estudo foi realizado pelo líder do projeto, por um colaborador do departamento da manutenção e por um colaborador do departamento da melhoria contínua.

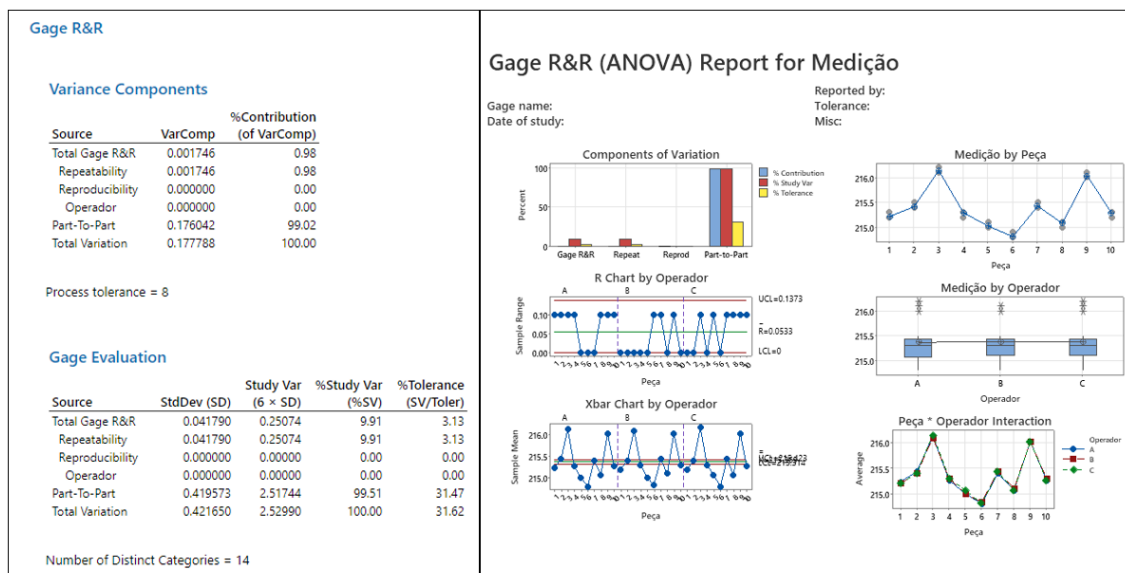


Figura 68 - Estudo R&R

A tabela “*Variance Components*”, presente na figura 68, permite comparar a variação de cada fonte de erro. Nesta tabela podemos constatar que a variação peça a peça é de 99,02%, sendo este valor muito superior ao valor total da medição R&R (0,98%). Pode-se assim afirmar que a variação se deve à diferença entre peças. A tabela “*Gage Evaluation*” permite comparar a variação do sistema de medição. Relativamente à

variação total do estudo, 9,91% depende do valor total da medição R&R. Uma vez que este valor é inferior a 10%, pode-se afirmar que o sistema de medição é aceitável. Os gráficos presentes na mesma figura, permitem chegar às mesmas conclusões que foram retiradas anteriormente.

4.1.2.3 Medição do estado atual

Neste capítulo estão presentes as tabelas das medições realizadas nas referências recolhidas em cada linha de montagem a estudar. No anexo 1, pode-se visualizar, por referência, os resultados obtidos graficamente.

- Linha de montagem: Volvo

Tabela VII - Resultados obtidos na fase de medição Subconjunto Espiral Volvo

Linha de Montagem	Referência Cabo de comando	Medida				Teste de Normalidade	Pp	Ppk	Cp	Cpk
		nominal específica (mm)	Média (mm)	Desvio Padrão	3*σ					
Volvo	121912971C01E04	412,2	412,34	0,214	0,642	0,052	4,67	4,22	7,32	6,61
	121913025C01D04	429,5	429,66	0,214	0,642	0,298	4,72	4,20	4,83	4,31
	121913027C01B02	498,4	498,51	0,348	1,044	0,056	2,87	2,66	3,04	2,82
	121913028C01C02	424	423,4	0,177	0,531	0,278	5,66	3,38	5,89	3,52
	121912969C01E04	332,4	332,68	0,298	0,894	0,117	4,28	3,44	3,81	3,06
	121912976C01B01	404,1	403,43	0,434	1,302	0,193	2,30	1,27	2,82	1,56
	121913024C01C04	507,2	506,98	0,298	0,894	0,191	3,26	2,86	3,18	2,71
	121913056C01C02	307,7	307,09	0,247	0,741	0,020	-	2,14	-	-
	121913058C01C02	317,5	317,13	0,131	0,393	0,020	-	2,59	-	-
	121913055C01C02	316,6	315,93	0,208	0,624	0,005	-	2,60	-	-
	121913023C01C02	332,1	332,11	0,183	0,549	0,046	-	2,60	-	-
	121912977C01B01	416	415,19	0,307	0,921	0,005	1,68	1,59	-	-

Tabela VIII - Resultados obtidos na fase de medição do Cabo Série Volvo

Linha de Montagem	Referência Cabo de comando	Medida				Teste de Normalidade	Pp	Ppk	Cp	Cpk
		nominal específica (mm)	Média (mm)	Desvio Padrão	3*σ					
Volvo	121912971C01E04	510	509,89	0,324	0,972	0,271	3,60	3,37	3,43	3,21
	121913025C01D04	517	516,96	0,564	1,691	0,174	2,01	1,91	2,32	2,20
	121913027C01B02	588	587,99	0,569	1,707	0,215	2,05	2,04	1,87	1,86
	121913028C01C02	509	508,60	0,341	1,023	0,308	3,40	2,63	4,10	3,16
	121912969C01E04	447	447,10	0,415	1,25	0,067	2,81	2,71	3,47	3,35
	121912976C01B01	480	480,48	0,286	0,857	0,494	4,06	3,04	4,93	3,69

121913024C01C04	592	591,67	0,259	0,778	0,303	4,50	3,64	4,10	3,32
121913056C01C02	396	396,43	0,234	0,702	0,403	4,99	3,75	4,71	3,55
121913058C01C02	433	432,56	0,345	1,035	0,006	3,88	2,75	-	-
121913055C01C02	412	411,74	0,4	1,2	<0,005	-	1,76	-	-
121913023C01C02	448	448,08	0,573	1,719	0,188	2,04	1,90	2,05	1,91
121912977C01B01	537	536,60	0,582	1,746	0,016	2,07	2,04	-	-

Tabela IX - Resultados obtidos na fase de medição do Cabo Aparado Volvo

Linha de Montagem	Referência Cabo de Comando	N (número de amostras)	Média (mm)	Desvio Padrão
Volvo	121912971C01E04	15	472,6	0,444
	121913025C01D04	15	481,0	0,396
	121913027C01B02	15	555,0	0,500
	121913028C01C02	15	480,8	0,238
	121912969C01E04	15	389,4	0,243
	121912976C01B01	15	452,9	0,164
	121913024C01C04	15	559,7	0,192
	121913056C01C02	15	364,2	0,276
	121913058C01C02	15	377,4	0,354
	121913055C01C02	15	373,0	0,278
	121913023C01C02	15	380,7	0,194
121912977C01B01	51	464,9	0,578	

- Linha de Montagem: V526 Interiores

Tabela X - Resultados obtidos na fase de medição do Subconjunto Espiral V526 Interiores

Linha de Montagem	Referência Cabo de comando	Medida				Teste de Normalidade	Pp	Ppk	Cp	Cpk
		nominal específica (mm)	Média (mm)	Desvio Padrão	$3*\sigma$					
V526 Interiores	121912767C01D03	333,4	333,71	0,491	1,472	0,029	2,21	1,76	-	-
	121912588C01E04	419	418,48	0,385	1,115	0,349	2,60	1,70	2,57	1,68
	121912768C01D03	351,4	351,42	0,304	0,912	0,522	3,29	3,26	4,23	4,18
	121912968C01E04	416,7	416,34	0,263	0,789	0,038	2,30	1,70	-	-
	121912587C01E04	400	400,24	0,277	0,831	0,247	3,09	2,60	3,04	2,56

Tabela XI - Resultados obtidos na fase de medição do Cabo Série V562 Interiores

Linha de Montagem	Referência Cabo de comando	Medida				3* σ	Teste de Normalidade	Pp	Ppk	Cp	Cpk
		nominal específica (mm)	Média (mm)	Desvio Padrão							
V562 Interiores	121912767C01D03	437	436,54	0,307	0,921	0,306	3,80	2,80	4,21	3,09	
	121912588C01E04	537	526,73	0,388	1,164	0,071	3,01	2,55	3,10	2,62	
	121912768C01D03	455	454,76	0,610	1,83	0,013	1,96	1,81	-	-	
	121912968C01E04	536	535,90	0,310	0,93	0,195	3,94	3,72	3,40	3,20	
	121912587C01E04	506	50,9	0,487	1,461	<0,005	1,48	1,23	-	-	

Tabela XII - Resultados obtidos na fase de medição do Cabo Aparado V562 Interiores

Linha de Montagem	Referência Cabo de Comando	N (número de amostras)	Média (mm)	Desvio Padrão
V562 Interiores	121912767C01D03	15	380,7	0,226
	121912588C01E04	15	465,8	0,283
	121912768C01D03	15	397,7	0,270
	121912968C01E04	15	471,5	0,151
	121912587C01E04	15	445,5	0,304

- Linha de Montagem: Transit Exteriores

Tabela XIII - Resultados obtidos na fase de medição do Subconjunto Espiral Transit Exteriores

Linha de Montagem	Referência Cabo de comando	Medida				3* σ	Teste de Normalidade	Pp	Ppk	Cp	Cpk
		nominal específica (mm)	Média (mm)	Desvio Padrão							
Transit Exteriores	121912216C01H07	295	295,14	0,374	1,122	0,342	3,56	3,31	4,40	4,09	
	121912215C01E04	303	302,53	0,293	0,880	0,065	4,55	3,47	4,78	3,65	
	121912225C01C02	322	321,76	0,415	1,246	0,281	3,21	2,83	3,72	3,27	
	121912218C01D03	442	442,41	0,387	1,162	0,012	3,51	3,26	-	-	
	121912217C01D03	180	179,66	0,340	1,021	0,162	3,92	3,25	4,25	3,52	
	121912226C01E04	196	195,43	0,441	1,322	0,882	3,03	2,16	3,18	2,27	

Tabela XIV - Resultados obtidos na fase de medição do Cabo Série Transit Exteriores

Linha de Montagem	Referência Cabo de comando	Medida				Teste de Normalidade	Pp	Ppk	Cp	Cpk
		nominal específica (mm)	Média (mm)	Desvio Padrão	3*σ					
Transit Exteriores	121912216C01H07	399	399,02	0,336	1,009	0,079	3,73	2,51	2,92	2,69
	121912215C01E04	405	405,14	0,329	0,987	0,406	2,53	2,25	3,53	3,13
	121912225C01C02	425	424,97	0,329	0,986	0,316	2,53	2,47	3,32	3,23
	121912218C01D03	545	544,52	0,299	0,896	0,016	2,93	1,55	-	-
	121912217C01D03	283	283,45	0,166	0,498	0,033	-	3,15	-	-
	121912226C01E04	297	297,33	0,385	1,154	0,164	2,17	1,60	2,75	2,03

Tabela XV - Resultados obtidos na fase de medição do Cabo Aparado Transit Exteriores

Linha de Montagem	Referência Cabo de Comando	N (número de amostras)	Média (mm)	Desvio Padrão
Transit Exteriores	121912216C01H07	15	366,0	0,576
	121912215C01E04	15	374	0,237
	121912225C01C02	15	392	0,118
	121912218C01D03	15	512	0,334
	121912217C01D03	15	250	0,215
	121912226C01E04	15	267	0,235

- Linha de Montagem: Capôs Duplos

Tabela XVI - Resultados obtidos na fase de medição do Subconjunto Espiral Capôs Duplos

Linha de Montagem	Referência Cabo de comando	Medida				Teste de Normalidade	Pp	Ppk	Cp	Cpk
		nominal específica (mm)	Média (mm)	Desvio Padrão	3*σ					
Capôs Duplos	121912984C03A00	243.5	244,33	0,16	0,48	<0,005	-	4,07	-	-
		330.5	330,35	0,319	0,957	0,085	4,18	3,86	7,68	7,10
	121912989R01B04	277	277,33	0,210	0,629	0,150	6,36	5,31	8,80	7,34
		325	324,95	0,235	0,704	0,236	5,68	5,54	7,22	7,05
	121913329P01B01	259	259,85	0,190	0,569	0,029	-	4,13	-	-
		308	307,86	0,264	0,739	0,400	5,41	5,04	5,73	5,34
	121912999R01B05	357	356,71	0,226	0,678	0,126	5,90	5,05	10,94	9,36
		408	408,20	0,310	0,931	0,151	4,30	3,86	4,57	4,10

Tabela XVII - Resultados obtidos na fase de medição do Cabo Série Capôs Duplos

Linha de Montagem	Referência Cabo de comando	Medida				3*σ	Teste de Normalidade	Pp	Ppk	Cp	Cpk
		nominal específica (mm)	Média (mm)	Desvio Padrão							
Capôs Duplos	121912984C03A00	448	448,35	1,246	3,768	0,113	0,54	0,35	0,53	0,34	
		479	478,61	0,930	2,790	0,049	0,82	0,48	-	-	
	121912989R01B04	478	478,06	0,721	2,163	0,281	0,92	0,87	0,90	0,85	
	121913329P01B01	467	467	0,627	1,880	0,547	1,06	1,06	0,95	0,95	
	121912999R01B05	568	568,21	0,711	2,134	0,451	0,94	0,74	0,73	0,58	

Tabela XVIII - Resultados obtidos na fase de medição do Cabo Aparado Capôs Duplos

Linha de Montagem	Referência Cabo de Comando	N (número de amostras)	Média (mm)	Desvio Padrão
Capôs Duplos	121912984C03A00	15	401,1	0,334
		15	441	0,192
	121912989R01B04	15	453,9	0,268
	121913329P01B01	15	416	0,267
	121912999R01B05	15	517,6	0,416
		15	520,3	0,579

- Linha de Montagem: Capôs Pequenos

Tabela XIX - Resultados obtidos na fase de medição do Subconjunto Espiral Capôs Pequenos

Linha de Montagem	Referência Cabo de comando	Medida				3*σ	Teste de Normalidade	Pp	Ppk	Cp	Cpk
		nominal específica (mm)	Média (mm)	Desvio Padrão							
Capôs Pequenos	121912997R01A00	399	399,47	0,285	0,855	0,058	4,68	3,57	5,47	4,18	
	121912991C01B02	377	376,79	0,156	0,469	0,031	-	1,68	-	-	
	121912981C01B01	383	383,24	0,189	0,567	0,118	7,05	6,22	6,12	5,40	
	121912992C01B01	314	314,89	0,219	0,657	<0,005	-	1,63	-	-	
	121912986R03A00	314	313,9	0,203	0,609	<0,005	-	1,88	-	-	
	121912987R01A00	374	374,6	0,184	0,551	<0,005	-	1,60	-	-	
	121912982C01A00	270,5	270,46	0,240	0,719	0,101	5,56	5,45	5,47	5,36	
	121913326P01A00	344	344,44	0,189	0,567	0,086	7,05	5,52	8,59	6,72	
	121913328P01A00	324	324,16	0,333	0,998	0,138	4,01	3,68	8,02	7,36	

Tabela XX - Resultados obtidos na fase de medição do Cabo Série Capôs Pequenos

Linha de Montagem	Referência Cabo de comando	Medida				3*σ	Teste de Normalidade	Pp	Ppk	Cp	Cpk
		nominal específica (mm)	Média (mm)	Desvio Padrão							
Capôs Pequenos	121912997R01A00	512	512,4	0,666	1,998	0,177	1,00	0,45	0,89	0,40	
	121912991C01B02	503	502,79	0,605	1,814	0,508	1,10	0,87	1,39	1,10	
	121912981C01B01	492	492,4	0,946	2,839	0,178	0,70	0,01	0,69	0,01	
	121912992C01B01	422	421,9	0,769	2,308	0,409	0,87	0,78	0,76	0,68	
	121912986R03A00	431	431	0,796	2,389	0,290	0,84	0,84	0,68	0,68	
	121912987R01A00	492	492,4	0,766	2,298	<0,005	0,87	0,10	1,00	0,12	
	121912982C01A00	376	375,68	0,475	1,425	0,020	1,40	0,84	-	-	
	121913326P01A00	463	462,86	0,508	1,525	0,574	1,31	1,12	1,69	1,44	
	121913328P01A00	442	441,88	0,615	1,845	0,352	1,08	0,95	1,17	1,03	

Tabela XXI - Resultados obtidos na fase de medição do Cabo Aparado Capôs Pequenos

Linha de Montagem	Referência Cabo de Comando	N (número de amostras)	Média (mm)	Desvio Padrão
Capôs Pequenos	121912997R01A00	15	475,8	0,290
	121912991C01B02	15	464,7	0,470
	121912981C01B01	15	453,3	0,309
	121912992C01B01	15	389,5	0,366
	121912986R03A00	15	384,3	0,341
	121912987R01A00	15	447,9	0,407
	121912982C01A00	15	344,4	0,272
	121913326P01A00	15	416,8	0,209
	121913328P01A00	15	394,2	0,311

- Linha de Montagem: Capôs Grandes 1 e 2

Tabela XXII - Resultados obtidos na fase de medição do Subconjunto Espiral Capôs Grandes 1 e 2

Linha de Montagem	Referência Cabo de comando	Medida				3*σ	Teste de Normalidade	Pp	Ppk	Cp	Cpk
		nominal específica (mm)	Média (mm)	Desvio Padrão							
Capôs Grandes 1	121912983P05D03	1713,5	1713,75	0,643	1,929	0,266	1,04	0,99	1,74	1,65	
	121912993P05C02	1721	1712,60	0,657	1,929	0,023	1,00	0,98	-	-	
	121912998P05A00	1661,5	1661,71	0,584	1,752	0,055	1,14	0,90	1,60	1,26	
Capôs Grande2	121912988M01D03	1759	1758,33	0,507	1,521	<0,005	1,00	0,61	-	-	
	121913330P01C02	1743	1661,71	0,584	1,752	<0,005	0,98	0,42	-	-	

(Não foi realizado o estudo de capacidade para os subconjuntos de cabo série, uma vez que se constatou que o subconjunto espiral não tem capacidade devido à elevada variação e às suas características).

4.1.3 Fase Analisar (*Analyze*)

Nesta fase do ciclo DMAIC, analisaram-se os dados e o processo, com o objetivo de determinar se as linhas de montagem e respetivas referências de cabo de comando têm variação e capacidade que permitam eliminar o aparado e, se tal não acontecer, determinar as causas raiz do porquê.

4.1.3.1 Análise dos dados e do processo

- Linha de Montagem: Volvo e V526 Interiores (IZS_00546)

Analisando os dados obtidos, pode-se constatar que os subconjuntos espirais das referências da linha de montagem Volvo e V526 Interiores apresentam uma variação dentro do esperado e que tem uma elevada capacidade. Em relação aos subconjuntos cabo série, estes apresentam uma variação média de $\pm 1,2$ mm (os cabos das referências da linha Volvo são cortadas no *robocop* duplo 77F, já os cabos das referências da linha V526 Int. são cortados no *robocop* IZS_00546), sendo este valor satisfatório, uma vez que em ambas as linhas de montagem o terminal de zamak injetado apresenta 5,5 mm de espaço para variações existentes e assumindo a variação do subconjunto espiral de ± 1 mm, ter-se-ia de ter uma variação do subconjunto de cabo, no máximo $\pm 1,75$ mm, para se poder eliminar o aparado, o que se confirma. Todos as referências do subconjunto de cabo apresentam capacidade. Na tabela XXIII, está apresentado um resumo dos dados obtidos na fase medir referentes à linha Volvo e V526 Interiores.

Tabela XXIII - Tabela resumo referente às linhas de montagem Volvo e V526 Interiores

Linha de Montagem	Subconjunto Espiral/Cabo Série	Variação média (mm)	Variação Especificada (mm)	Variação máxima permitida (mm)	Pp	Ppk	Cp	Cpk
Volvo	Subconjunto Espiral	$\pm 0,77$	$\pm 1,5$	-	3,68	2,80	4,41	3,51
	Cabo Série	$\pm 1,22$	-	$\pm 1,75$	3,22	2,63	3,44	2,92
V526 Interiores	Subconjunto Espiral	$\pm 1,02$	$\pm 1,5$	-	2,70	2,20	3,28	2,81
	Cabo Série	$\pm 1,26$	-	$\pm 1,75$	2,84	2,42	3,57	2,97

- Linha de Montagem: Transit Exteriores

Enquanto os subconjuntos espirais nas linhas de montagem da Volvo e V526 Interiores são espirais com os seus terminais puncionados, os da Transit Exteriores são sobreinjetados. Os moldes utilizados no processo de sobreinjeção das espirais são de oito mais oito cavidades, contêm uma parte fixa (cavidade) e duas partes móveis (duas buchas). De modo a proceder à sobreinjeção da espiral, esta é previamente introduzida nas agulhas para posteriormente proceder à sobreinjeção dos terminais (Figura 69). Injetar os terminais diretamente sobre a própria espiral confere melhores prestações aos subconjuntos a nível de impermeabilidade. No entanto, não permite que os terminais tenham uma fisionomia tão complexa como nos terminais puncionados.

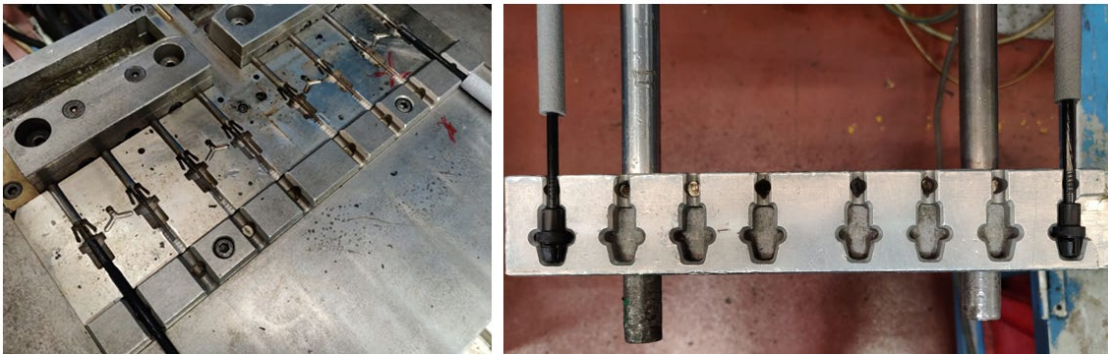


Figura 69 - Sobreinjeção de espiral

A partir dos dados recolhidos, constatou-se que a variação dos subconjuntos espiral apresenta uma variação média de $\pm 1,126$ mm, valor este que não é aceitável tendo em conta o seu processo (injeção). Teoricamente, a sobreinjeção absorveria a variação existente no corte das espirais. Sendo necessário encontrar o(s) motivo(s) para a existência de tal variação nos subconjuntos de espiral sobreinjetados, reuniu-se a equipa de manutenção, assim como os fornecedores dos moldes de injeção, e chegou-se à conclusão que tal variação poderia vir de dois fatores (Figura 70):

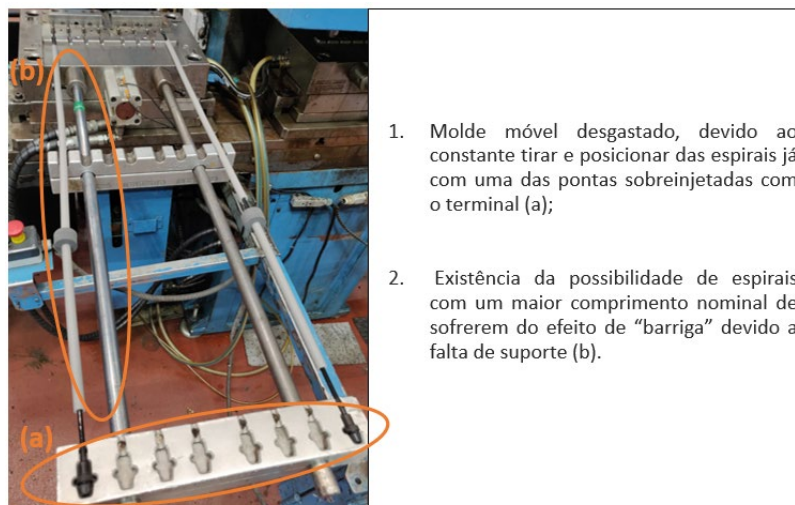


Figura 70 - Fatores da variação dos subconjuntos de espiral sobreinjetados

Na tabela XXIV, está presente a informação resumida mais importante sobre o subconjunto espiral e subconjunto cabo série da linha de montagem Transit Exteriores. Assumindo que se irá conseguir diminuir a variação das espirais sobreinjetadas e, tendo em conta que o terminal de cabo de todas as referências da Transit Exteriores apresenta 4,5 mm de espaço para variação, pode-se afirmar que o subconjunto cabo (cortado na máquina 76F) tem capacidade para eliminar o aparado.

Tabela XXIV - Tabela resumo referente à linha de montagem Transit Exteriores

Linha de Montagem	Subconjunto Espiral/Cabo Série	Variação média (mm)	Variação Especificada (mm)	Variação máxima permitida (mm)	Pp	Ppk	Cp	Cpk
Transit Exteriores	Subconjunto Espiral	±1,126	±2	-	3,63	3,05	4,07	3,36
	Cabo Série	±0,922	-	±1,25	2,78	2,26	3,13	2,77

- Linhas de Montagem: Capôs Duplos e Capôs Pequenos

Como é possível ver pela tabela XXV, os subconjuntos espirais das referências das linhas de montagem Capôs Duplos e Capôs Pequenos têm uma baixa variação, apresentando uma alta capacidade. Já em relação aos subconjuntos de cabo série não se pode dizer o mesmo. Estes apresentam uma variação de comprimento elevada (uma vez que os subconjuntos de cabo das referências destas linhas de montagem são cortados nos robocóp's manuais, que apresentam uma variação de corte de aproximadamente ±2 mm). Em ambas as linhas, todas as referências têm como segundo terminal de cabo uma esfera de zamak com 4 mm de espaço para variações. Admitindo que a variação do subconjunto é de aproximadamente ±1 mm, teríamos de ter o subconjunto de cabo com uma variação máxima de ±1 mm, de modo a eliminar o aparado.

Tabela XXV - Tabela resumo das linhas de montagem Capôs Duplos e Capôs Pequenos

Linha de Montagem	Subconjunto Espiral/Cabo Série	Variação média (mm)	Variação Especificada (mm)	Variação máxima permitida (mm)	Pp	Ppk	Cp	Cpk
Capôs Duplos	Subconjunto Espiral	±0,711	±2	-	5,305	4,608	7,490	6,175
	Cabo Série	±2,547	-	±1	0,856	0,700	0,778	0,680
Capôs Pequenos	Subconjunto Espiral	±0,624	±2	-	6,085	3,444	6,413	5,415
	Cabo Série	±2,075	-	±1	1,011	0,626	1,014	0,633

- Linhas de Montagem: Capôs Grandes 1 e 2

Os dados obtidos sobre os Capôs Grandes 1 e Capôs Grandes 2 serão analisados em conjunto, uma vez que ambas as linhas são exatamente iguais, chegando até a partilharem referências de cabos de comando quando necessário.

Todas as referências produzidas nos Capôs Grandes apresentam como segundo terminal de cabo uma esfera de zamak com 4 mm de espaço para variações e, assumindo que temos uma variação mínima de ± 1 mm no comprimento nominal dos subconjuntos de cabo (valor que não pode ser inferior, visto que a máquina de corte de cabo com menor variação existente na fábrica tem ± 1 mm), teríamos de ter, como foi analisado tanto na linha Capôs Duplos como na Capôs Pequenos, uma variação máxima do subconjunto de espiral de ± 1 mm. Analisando os valores, podemos constatar que a variação média dos subconjuntos espiral é de aproximadamente $\pm 1,77$ mm (tabela XXVI) e que estes não apresentam capacidade para eliminar o aparado. Devido ao grande comprimento das espirais de ambas as linhas de montagem (quanto maior for a espiral, maior será a variação do seu comprimento) e as suas características, é muito difícil diminuir a variação para ± 1 mm, como é pretendido. Por este motivo, não se conseguirá eliminar o aparado na linha de montagem Capôs Grandes 1 e 2.

Tabela XXVI – Tabela resumo das linhas de montagem Capôs Grandes 1 e 2

Linha de Montagem	Subconjunto Espiral/Cabo Série	Variação média (mm)	Variação Especificada (mm)	Variação máxima permitida (mm)	Pp	Ppk	Cp	Cpk
Capôs Grandes 1 e 2	Subconjunto Espiral	$\pm 1,777$	± 2	± 1	1,032	0,780	1,670	1,445

4.1.3.2 Estudo de capacidade das linhas de montagem

De modo a eliminar o aparado nas linhas de montagem Capôs Pequenos e Capôs Duplos, os subconjuntos de cabo fornecidos a estas mesmas linhas teriam de ter uma variação máxima, aproximadamente, de ± 1 mm. Para tal acontecer, a máquina de corte de cabo destes subconjuntos teria de ser um *robocop* duplo (máquina 77F ou 76F). Apesar de ter sido comprovado que não seria possível eliminar o aparado nas linhas Capôs Grandes 1 e 2, fez-se uma análise de modo a descobrir o ganho em mão-de-obra se o cabo metálico das referências destas linhas passasse a ser cortado nos *robocop* duplos. Chegou-se à conclusão que seria possível eliminar 0,9 turnos na operação de corte de cabo e injeção, se tal mudança fosse realizada. Foi necessário, deste modo, fazer um estudo de capacidade nas máquinas 77F e 76F para avaliar se existiria a possibilidade de passar a produção destas quatro linhas de montagem para algum dos *robocops* mencionados.

Com a ajuda do departamento de logística interna, chegou-se à conclusão que esse departamento ficaria responsável por distribuir a produção das referências das linhas mencionadas pelas máquinas 77F e 76F, visto que em conjunto estas apresentavam capacidade para as previsões de produção de todas as referências.

4.1.3.3 Análise do subconjunto de cabo revestido

Uma vez que a organização não possuía uma máquina de cortar cabo revestido (*robocop*) com uma variação de ± 1 mm, fez-se o estudo do que teoricamente se podia ganhar se tal máquina fosse adquirida.

Existem quatro linhas de montagem (B479 Exteriores, BX726 (corte mecânico), WL e C519 Exteriores) que utilizam cabo revestido onde, controlando a variação do subconjunto da espiral, a apara poderia ser eliminada se a variação do subconjunto de cabo apresentasse no máximo ± 1 mm, uma vez que apresentam como segundo terminal de cabo um cilindro de zamak com $\varnothing 7$ mm (6,5 mm) e um espaço para variações de 4 mm (admitindo uma margem de apenas 1,25 mm entre a flor do cabo metálico e o término do terminal de zamak).

Existem dois tipos de ganhos quando se elimina o aparado de uma linha:

- Ganho 1: cabo que deixa de ser sucitado;
- Ganho 2: redução de operadores (sendo que este nem sempre é possível, mesmo eliminando o aparado).

Os subconjuntos de cabo revestido, antes de chegarem às linhas de montagem, passam por dois processos. Inicialmente, o cabo, fornecido em bobinas, é cortado numa máquina específica que só corta cabo revestido, sendo que seguidamente é feita a primeira injeção de zamak numa máquina de injeção manual, onde uma operadora tem de introduzir o cabo manualmente na máquina. O *robocop* duplo, uma vez que se trata de uma máquina automática que, além de cortar o cabo, faz a segunda injeção, sendo necessário apenas um operador para iniciar o processo. As linhas de montagem GL3 e Jeep Exteriores não apresentam apara, no entanto, já que utilizam cabo revestido, também nestas linhas se poderia conseguir o ganho 2.

A organização possuía uma verba para obter um *robocop* de corte de cabo revestido (40 000 €), sendo que se comprometeu, até 2023, a ter a máquina em questão a funcionar nas suas instalações.

Na tabela XXVII estão presentes os ganhos de cabo se fosse eliminado o aparado das linhas mencionadas atrás.

Tabela XXVII - Ganhos possíveis de obter no corte de cabo revestido

Linha de Montagem	Previsão de venda de cabos de comando até ao fim de vida do projeto	Tamanho médio do aparado (mm)	Ganho de cabo até ao fim de vida do projeto (m)	Ganho de cabo anual (m)	Ganho de cabo até ao fim de vida do projeto (€)	Ganho de cabo anual (€)
Bx726 (corte mecânico)	1 646 044	44	34 567	7 184	6 627,0 €	1 377,3 €
WL	8 082 511	30	202 063	46 198	13 538,2 €	3 095,3 €
B479 Ext.	3 476 734	47	161 136	40 877	14 744,0 €	3 740,2 €
C519 Ext.	1 068 734	37	39 543	12 885	3 618,2 €	1 179 €
			Σ437 309	Σ107 144	Σ38 527,4 €	Σ9 391,8 €

Na tabela XXVIII estão presentes os ganhos de mão de obra, assim como o aumento da produtividade que se pode obter adquirindo o *robocop* duplo de cabo revestido.

Tabela XXVIII - Ganhos em mão de obra no corte de cabo revestido

Linha de montagem	Ganho na linha de montagem (operador/turno)	Ganho na máquina de corte (operador/dia)	Ganho na máquina de injeção (operador/dia)	Produtividade atual (cabos/hora)	Produtividade futura (cabos/hora)	Nº máquina 1ª injeção de zamak	Turnos Novo Robocop
BX726 (corte mecânico)	1?	0,278	1,0	≅550	≅1000	Manual (32F)	0,668
WL	1?	0,173	0,6	≅550	≅1000	Manual (32F)	0,416
B479 Ext.	1?	0,232	0,8	≅550	≅1000	Manual (32F)	0,557
C519 Ext.	1?	0,0588	0,2	≅600	≅1000	Manual (544)	0,141
GL3	0	0,447	0,7	≅960	≅1000	Manual (71F)	0,977
Jeep Ext.	0	0,321	0,8	≅650	≅1000	Manual (38F)	1,038
		Σ1,5	Σ4,1				3,4 > 3

Ao eliminar o aparado, dependendo das linhas, pode-se dispensar o operador que estava responsável pela operação de aparar. No entanto, para tal se confirmar, tem de se fazer um estudo mais intensivo em cada linha de montagem. O ganho em termos de operadores na máquina de corte e injeção transforma-se num ganho monetário de:

- BX726 (corte mecânico) (até 2026) – 24 213,4 €
- WL (até 2030) – 147 006,4 €
- B479 Ext. (até 2026) – 43 318,8 €
- C519 Ext. (até 2025) – 12 827,7 €
- GL3 (até 2026) – 47 368,5 €
- Jeep Ext. (até 2025) - 25 705,2 €

De salientar que, devido à elevada produção das referências das seis linhas, um *robocop* duplo não seria suficiente para responder às necessidades de produção, no entanto, como de momento só existe interesse/possibilidade por parte da organização de obter um *robocop* duplo, fez-se um estudo de modo a saber que linhas de montagem teriam o maior ganho e não ocupariam mais que a capacidade de um *robocop*. As linhas escolhidas foram: WL, B479 Ext. e GL3.

- Ganhos totais = (Material + Mão de obra) – (Investimento) = (6 835,5 + 72 424,41) – (40 000) = **39 259,9 €/ano**
- Ganho até ao fim de vida dos projetos (\cong 2026): **196 722 €**

Se a empresa, no futuro, optar pela aquisição de outro *robocop*, num primeiro ano teria um prejuízo de 7 071,6 €, no entanto, até ao fim de vida dos projetos (\cong 2026) obteria um ganho de 22 746,3 €, sendo que no futuro todos os projetos ganhos pela organização com cabo revestido poderiam vir a ser realizados nesta máquina, aumentando, desta forma, os ganhos.

4.1.4 Fase Melhorar (*Improve*)

Nesta fase da metodologia, desenvolveram-se e implementaram-se as soluções para os problemas identificados na fase anterior. Com isto, pretendeu-se eliminar o aparado existente nas linhas de montagem mencionadas.

4.1.4.1 Definição e implementação das ações de melhoria

Sabendo quais as linhas de montagem que permitem a eliminação do aparado direto, definiram-se as ações necessárias para implementar tal mudança. Após o estudo das variáveis que contribuem para a variação do comprimento de cabo e da espiral, definiram-se também as ações de melhoria a implementar.

- Linha de montagem: Volvo e V526 Interiores

Sabendo, a partir da fase analisar, que a linha Volvo e V526 Interiores permitiam a eliminação do aparado diretamente, definiram-se as ações necessárias à implementação e avaliação do novo comprimento de cabo. Pediu-se à produção 125 subconjuntos de cabo com a nova medida, de modo a não existir aparado, de todas as referências que as linhas produzem. Avaliou-se quantos destes 125 subconjuntos eram

aceites na linha de montagem, retirando-se, no fim do processo, 10 cabos de comando de modo a proceder a um ensaio de tração (Figura 71).



Figura 71 - Máquina ensaio de tração

Das 10 amostras, cinco foram sujeitas ao ensaio de tração (figura 72) entre os terminais e as outras cinco amostras foram sujeitas ao ensaio de tração pela zona funcional. Este ensaio permitiu confirmar se a segunda injeção de zamak estava “ok”.

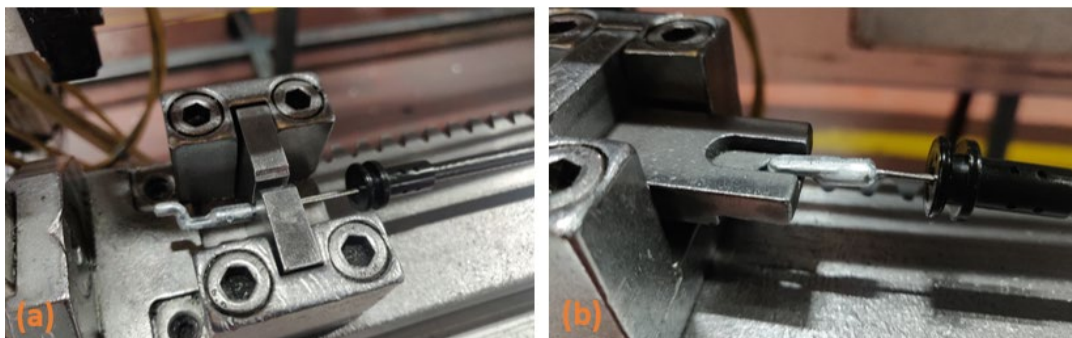


Figura 72 – Ensaio de tração (a) entre terminais; (b) pela zona funcional

Na tabela XXIX estão presentes os valores médios dos ensaios de tração e taxa de aprovação das amostras na linha Volvo.

Tabela XXIX – Valores médios correspondentes ao ensaio de tração e taxa de aprovação nas amostras da linha Volvo

Linha de Montagem	Ensaio de tração entre terminais (N)	Ensaio de tração pela zona funcional (N)	Resistência à tração dos terminais de cabo (N)	Nº de amostras do teste em linha	Taxa de aprovação de amostras em linha
Volvo	1 486,2	1 379,6	>900	1 500	98,9%

Na tabela XXX estão presentes os valores médios dos ensaios de tração e taxa de aprovação das amostras na linha V526 Interiores.

Tabela XXX - Valores médios correspondentes ao ensaio de tração e taxa de aprovação das amostras na linha V526 Interiores

Linha de Montagem	Ensaio de tração entre terminais (N)	Ensaio de tração pela zona funcional (N)	Resistência à tração dos terminais de cabo (N)	Nº de amostras do teste em linha	Taxa de aprovação das amostras em linha
V526 Interiores	1 470,3	1 378,8	>900	625	99,7%

Uma vez que se obtiveram valores excelentes, tanto no ensaio de tração como na taxa de aprovação nas linhas de montagem (dos 125 subconjuntos de cabo com a nova medida de todas as referências), procedeu-se à apresentação de ECR (*Engineering Change Request*) e alterou-se o comprimento de cabo no BPCS (*Business Planing and Control System*) de ambas as linhas. Ao eliminar o aparado numa linha de montagem, deixa de ser necessário realizar esta operação, no entanto, no posto de trabalho onde se realiza a operação de aparar também é realizada a operação de introdução de cabo no subconjunto espiral. É necessário, portanto, fazer um estudo de modo a avaliar a possibilidade de eliminar o posto de aparar da linha e, se sim, que posto(s) de trabalho iriam realizar a operação de introdução de cabo.

Na tabela XXXI são apresentados os tempos de ciclo médios dos postos de trabalho da linha Volvo.

Tabela XXXI – Tempos de ciclo na linha de montagem Volvo

Linha de montagem	Posto montar tubo exterior e borracha de fixação (s)	Posto puncionar (s)	Posto aparar (s)	Posto injeção zamak (s)	Posto termogravação (s)
Volvo	7,32	7,98	5,45	6,77	5,89

Na tabela XXXII são mostrados os tempos de ciclo médios dos postos de trabalho da linha V526 Interiores.

Tabela XXXII - Tempos de ciclo linha de montagem V526 Interiores

Linha de montagem	Posto montar tubo exterior e borracha de fixação (s)	Posto puncionar (s)	Posto aparar (s)	Posto injeção zamak (s)	Posto termogravação (s)
V526 Interiores	7,5	8,37	5,68	7,57	3,94

A operação de introdução de cabo na espiral (realizada no posto aparar), apresenta um tempo de ciclo de aproximadamente dois segundos. Ao tentar dividir a operação de introdução de cabo entre os outros postos de trabalho, chegou-se à conclusão, com a colaboração das operadoras das linhas de montagem, que os postos preferenciais para realizar esta operação eram o posto de injeção de zamak (posto 101) e de puncionar (posto 103), devido à proximidade com o posto de introdução de cabo (Figura 73), sendo que, sempre que necessário, o posto de termogravação deveria ajudar na introdução de cabo, uma vez que este é o posto que apresenta um menor tempo de ciclo (de salientar que este posto também realiza o encaixotamento dos cabos de comando, operação que não está incluída no tempo de ciclo).

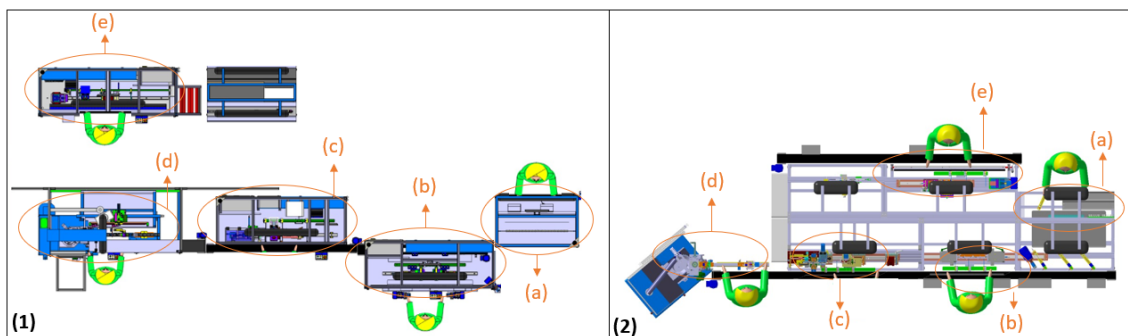


Figura 73 - (1) Linha de montagem Volvo; (2) Linha de montagem B526 Interiores; (a) – Posto de montar tubo exterior e borracha de fixação; (b) – Posto de puncionar; (c) – Posto Introdução cabo; (d) – Posto de injeção zamak; (e) – Posto termogravação

Assim sendo, em ambas as linhas conseguiu-se eliminar uma operadora. Na figura 74 está presente a ficha de posto de introdução de cabo da linha de montagem Volvo.

		Linha Volvo 121912971_976_977 121913023_027_028_058_059 Instrução do Posto de Trabalho: 102 Montar subcj de cabo		Revisão: 006/2022 Data: 2022-04-20 Criador: F32LP01 Alterado por: F32LP01
Tempo op. Ind.: 7"	Aprovado digitalmente por: Liliana Pinheiro	Regras de Reação: Se algum componente/subconjunto apresentar características NOK, colocá-lo em caixa para recusados. Quando ultrapassar o nível máximo de defeitos indicado para actividade, parar a operação e chamar a team leader, que deve verificar se o defeito encontrado está a ser produzido na linha/máquina de origem. O material não conforme colocado nas caixas de sucata, só pode ser recuperado no local definido para o mesmo e de acordo com as recuperação de peças definidas que se encontram nos postos de recuperação		
Ind. Poliv.: L	Data: 2022-04-20			
Stock: 20				
Lim. defeitos: Ver etiqueta				
1		2		
1º terminal de espiral sem base de marcação de pinos, partido entre pinos, identificado ou com deformações.	Pegar num subconjunto de espiral e cabo, e efectuar montagem de subconjunto de cabo.	NOTA: A realização desta operação é partilhada pelo(s) operador(es) das operações 101 e 103		

Figura 74 - Ficha de posto introdução de subconjunto de cabo da linha de montagem VOLVO

- Linha de Montagem: Transit Exteriores

Após o estudo e identificação dos possíveis motivos pelos quais as espirais sobreinjetadas apresentavam uma variação tão elevada, procedeu-se à implementação das melhorias. Aplicou-se um novo molde com uma garganta de encaixe terminal espiral, de modo a garantir uma maior igualdade de medida entre espirais sobreinjetadas, assim como um *gabarit* de posicionamento da espiral, de forma a

eliminar a possível encurvadura da espiral durante o processo de injeção (Figura 75). O conjunto de novas peças teve um custo de 700 €.

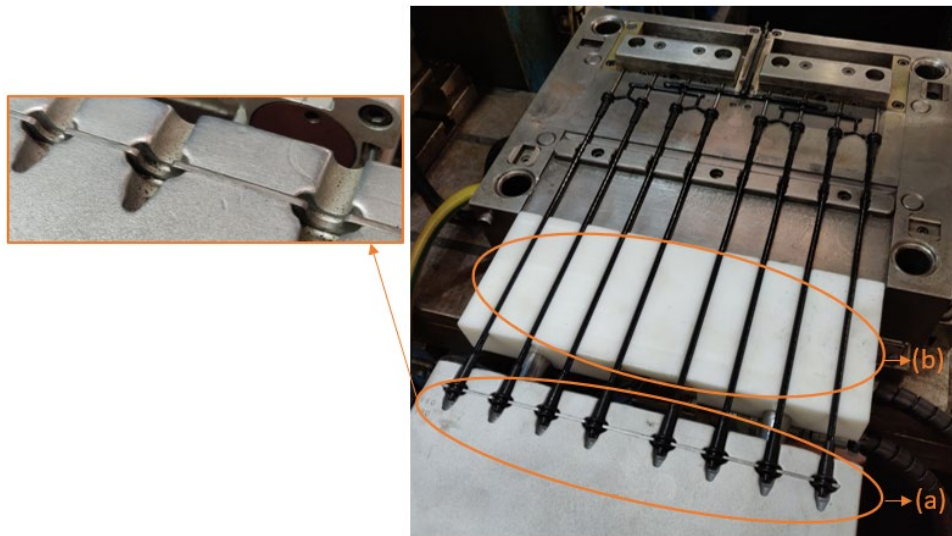


Figura 75 - Sobreinjeção dos terminais na espiral; (a) - garganta de encaixe terminal espiral; (b) - gabarit de posicionamento da espiral

Na tabela XXXIII, está presente a variação do comprimento das espirais sobreinjetadas, antes e depois da implementação das melhorias mencionadas acima.

Tabela XXXIII – Variação da espiral antes e depois das alterações na injeção

Linha de Montagem	Referência do cabo de comando	3* σ (Antigo)	3* σ (Novo)
Transit Exteriores	121912216C01H07	1,122	0,682
	121912215C01E04	0,880	0,498
	121912225C01C02	1,246	0,573
	121912218C01D03	1,162	0,840
	121912217C01D03	1,021	0,518
	121912226C01E04	1,322	0,436
			1,156

Pela análise da Tabela XXXII, podemos afirmar que as melhorias implementadas obtiveram o objetivo pretendido, uma vez que a variação média do subconjunto espiral passou de $\pm 1,156$ mm para $\pm 0,591$ mm, uma diminuição de 51,1%. Tendo o valor da variação da espiral sobreinjetada diminuído, procedeu-se à implementação dos passos necessários para validar e eliminar o aparado na linha, tal como se fez na linha Volvo e V526 Interiores.

Na tabela XXXIV, estão presentes os valores médios dos ensaios de tração e taxa de aprovação das amostras na linha Transit Exteriores.

Tabela XXXIV - Valores médios correspondentes ao ensaio de tração e taxa de aprovação das amostras na linha Transit Exteriores

Linha de Montagem	Ensaio de tração entre terminais (N)	Ensaio de tração pela zona funcional (N)	Resistência à tração dos terminais de cabo (N)	Nº de amostras do teste em linha	Taxa de aprovação das amostras em linha
Transit Exteriores	1 778,3	1 239, 52	>800	1 000	99,3%

Uma vez que se obtiveram excelentes valores, tanto no ensaio de tração como na taxa de aprovação na linha de montagem (dos 125 subconjuntos de cabo com a nova medida de cada referência), procedeu-se à apresentação do ECR e alterou-se o comprimento de cabo no BPCS (*Business Planing and Control System*). Foi ainda realizado o estudo na linha, para analisar a possibilidade de dispensar a operadora que estava responsável pela operação de aparar.

Na tabela XXXV estão presentes os tempos de ciclo médios dos postos de trabalho da linha Transit Exteriores.

Tabela XXXV - Tempos de ciclo na linha de montagem Transit Exteriores

Linha de Montagem	Posto aparar (s)	Posto injeção zamak (s)	Posto ensaio de tração (s)	Posto etiquetagem (s)
Transit Exteriores	6,15	5,33	5,09	5,01

Nesta linha (Figura 76), não foi possível dispensar nenhuma operadora, uma vez que, no posto de aparar, a operadora, além da introdução do cabo, também realiza a operação de montagem de uma borracha de proteção na ponta do terminal da espiral.

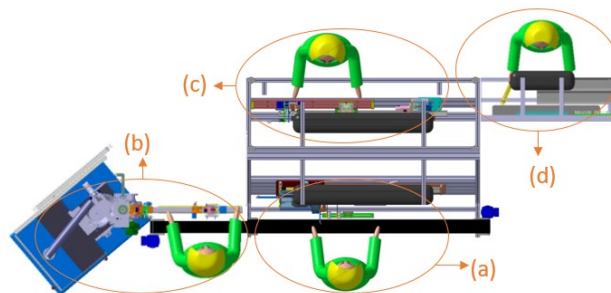


Figura 76 - Linha de montagem Transit Exteriores; (a) – Posto de aparar; (b) – Posto de injeção de zamak; (c) – Posto ensaio de tração; (d) – Posto de etiquetagem

- Linha de Montagem: Capôs Pequenos, Capôs Duplos e Capôs Grandes

Chegando à conclusão que os *robocops* duplos (76F e 77F) têm capacidade para realizar o corte de todas as referências de cabo metálico das linhas de montagem mencionadas, foi necessário proceder ao estudo das alterações obrigatórias realizar nos *robocops* duplos, de modo a que estes suportem o corte de cabo das referências das linhas Capôs. Em primeiro lugar, foi essencial saber se algum dos moldes duplos de 1ª injeção de zamak usados nas máquinas de corte de cabo 76F e 77F eram compatíveis com a 1ª injeção de zamak das referências de cabo metálico usado nas linhas de montagem Capôs Pequenos, Capôs Duplos e Capôs Grandes. A referência da 1ª injeção de zamak das linhas Capôs Duplos e Capôs Grandes é a 12235504, já a referência da linha Capôs Pequenos é a 12235503 (Figura 77).

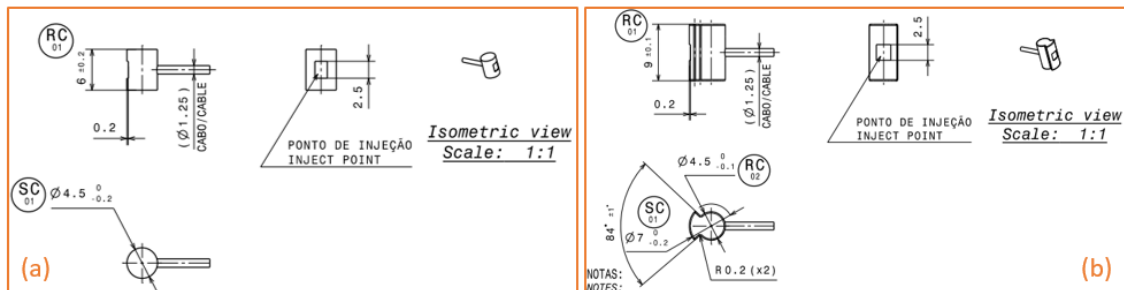


Figura 77 - (a) Desenho referência terminal 12235504; (b) Desenho referência terminal 12235503

As máquinas 76F e 77F não possuem moldes duplos das referências 12235504 e 12235503, logo será necessário adquirir os mesmos. Visto que por cada referência de molde duplo de 1ª injeção de zamak é necessário haver dois moldes de modo a existir sempre um em *stock*, são necessários adquirir quatro moldes duplos.

Uma vez que a máquina 76F só corta cabo das referências da linha de montagem Transit Exteriores e que o cabo utilizado nas referências desta linha é de $\varnothing 1,5$ mm, torna-se necessário adquirir mordentes de corte elétrico e mordentes para o mecanismo de flor para cabo de $\varnothing 1,25$ mm, pois todas as referências de cabo utilizado nas linhas Capôs Pequenos, Duplos e Grandes são de $\varnothing 1,25$ mm.

Tabela XXXVI – Investimento necessário em máquinas de corte de cabo 76F e 77F

Peça a adquirir	Custo Unitário	Quantidade	Custo Total
Molde duplo placas 38x36, ref. 12235504, entre-centros: 16mm, 1ª injeção	890 €	2	1 780 €
Molde duplo placas 38x36, ref. 12235503, entre-centros: 16mm, 1ª injeção	890 €	2	1 780 €
Mordente corte elétrico Cabo 1,25	34 €	8	272 €
Mordente Mecanismo de Flor cabo 1,25	100 €	2	200 €
			Σ 4 032 €

Devido ao elevado tempo de espera pelas peças, até ao momento, não foi possível validar e testar as novas medidas de corte de cabo das referências correspondentes às linhas de montagem Capôs Pequenos e Capôs Duplos. No entanto, todos os indicadores apontam para que, mal sejam implementadas as novas peças nas máquinas 76F e 77F, deixe de ser preciso aparar cabo em ambas as linhas.

- Casos Especiais (Alteração da 1ª injeção de zamak pela 2ª injeção de zamak)

Durante o estudo de todas as referências dos cabos de comando das linhas de montagem, constatou-se que havia referências que tinham o primeiro terminal de zamak (1ª injeção) maior que o segundo terminal de zamak (2ª injeção; injeção realizada na linha de montagem). Inicialmente, pensou-se em alterar a ordem dos terminais de modo a conseguir-se eliminar o aparado, no entanto, depois da realização de um estudo mais profundo sobre o assunto, chegou-se à conclusão que realizar esta troca não seria possível, uma vez que o último posto das linhas de montagem, onde tal troca estava a ser estudada, era o posto de injeção de zamak. Todos os cabos de comando têm de ser submetidos ao ensaio de tração em linha, sendo que o mesmo ensaio é realizado, normalmente, num último posto de trabalho específico para esta função. Assim, uma vez que as linhas de montagem onde o primeiro terminal injetado era maior que o segundo terminal injetado não possuía um posto de trabalho específico para a realização do ensaio à tração, o mesmo teria de ser realizado no posto de injeção de zamak. Ora, o molde onde vai ser feito o ensaio de tração é o molde de injeção de zamak, o que não permite realizar o ensaio de tração pela zona funcional dos maiores terminais (devido à sua complexa geometria). Já os terminais de pequenas dimensões possuem uma geometria simples (esferas e cilindros com menos de $\varnothing 6,5$ mm), o que permite fazer o ensaio de tração pela zona funcional.

4.1.5 Fase Controlar (*Control*)

4.1.5.1 Plano de ações

Na última fase do ciclo DMAIC, controlam-se as ações de melhoria implementadas na fase anterior. Não foi necessário desenvolver nenhum plano específico de monitorização, visto que é política da empresa a realização do “ok” à 1ª peça, sempre que haja mudança de turno (início de trabalho e de 8/8 horas); paragem prolongada (superior a um turno); mudança de referência; afinação de máquina ou equipamento e intervenção da manutenção. As características deste processo passam pelo controlo da cota de saída, dimensão do terminal de cabo, esforço à tração dos terminais de cabo e esforço à tração dos terminais de espiral (Figura 78). Este controlo de processo aplica-se à implementação das melhorias desenvolvidas de forma a eliminar e diminuir o aparado.

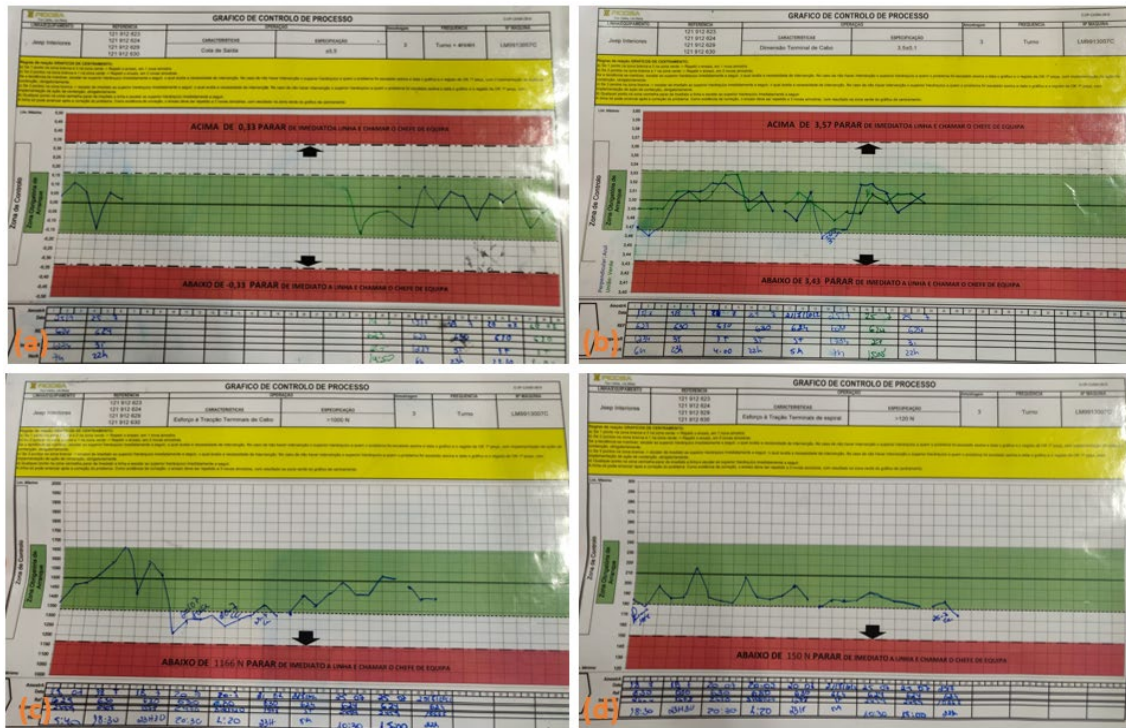


Figura 78 – Gráficos de Controle de Processo; (a) Cota de Saída; (b) Dimensão Terminal de Cabo; (c) Esforço à Tração Terminais de Cabo; (d) Esforço à Tração Terminais de Espiral

4.1.5.2 Ganhos obtidos

Visto que não foi possível acompanhar a total conclusão das ações de melhoria, determinaram-se os ganhos até ao momento e os futuros ganhos, aquando da implementação da totalidade das melhorias, assim como os ganhos teóricos, ou seja, os ganhos que poderiam existir se/quando a linha de montagem produzir na sua capacidade máxima (Tabela XXXVII).

Tabela XXXVII – Ganho de cabo ao eliminar o aparado nas linhas de montagem

Linha de Montagem	Produção anual (atual)	Produção Objetivo- Hora Cabos de Comando	Produção capacidade máxima anual (teórico)	Tamanho do aparado (mm)	Ganho anual (atual)	Ganho anual (futuro)	Ganho anual (teórico)	Ganho até ao fim de vida do projeto (atual)	Ganho até ao fim de vida do projeto (futuro)
								€	€
Volvo	1 324 322	450	2 073 600	43	2 940 €	-	5 172 €	10 615 €	-
V526 Int.	292 966	320	1 474 560	60	1 031 €	-	5 098 €	2 491 €	-
Transit Ext.	1 272 763	500	2 304 000	33	4 948 €	-	8 307 €	13 122 €	-
Capôs Duplos	799 275	240	1 105 920	93	-	4 210 €	5 965 €	-	15 667 €

Capôs Pequenos	1 667 843	420	1 935 360	40	-	3 989 €	4 490 €	-	15 231 €
					Σ8 919€	Σ8 199€	Σ29 032€	Σ26 228€	Σ30 898€

Na tabela XXXVIII estão presentes os ganhos em mão de obra e aumento da produtividade que serão obtidos quando se passar o corte de cabo das referências das linhas Capôs Duplos, Capôs Pequenos e Capôs Grandes para os *robocop* duplos, assim como o ganho em mão de obra em certas linhas de montagem onde foi possível eliminar o aparado (no cálculo do ganho em mão de obra considerou-se um OEE de 80%).

Tabela XXXVIII – Ganho em mão de obra

Linha de Montagem	Ganho nas linhas de montagem (operadores/turno)	Ganho de turnos na máquina de corte	Ganho de turnos na máquina de injeção	Produtividade e atual (cabos/hora)	Produtividade e futura (cabos/hora)	Ganho anual	Ganho até ao fim de vida do projeto
Volvo	1	-	-	-	-	28 740 €	106 915 €
V526 Int.	1	-	-	-	-	8 941 €	21 608 €
Capôs Duplos	-	-	0,1	≈800	≈1150	1 250 €	3 659 €
Capôs Pequenos	-	-	0,1	≈800	≈1150	1 250 €	7 787 €
Capôs Grandes	-	0,2	0,7	≈500	≈800	13 500 €	40 979 €
		0,2	0,9			Σ53 681 €	Σ180 948 €

Além do ganho em mão de obra e material, conseguiu-se reaproveitar o posto de introduzir e aparar cabo metálico, uma vez que o mesmo deixou de ser necessário na linha de montagem Volvo, sendo que o mesmo está avaliado em 15 000€.

Os investimentos necessários realizar nesta primeira fase, em que o objetivo era eliminar o aparado, foram: no conjunto de peças implementadas na máquina de sobreinjeção dos terminais na espiral, alterações estas que permitiram eliminar o aparado da linha de montagem Transit Exteriores, sendo que o investimento do conjunto de peças foi 700 €, o *payback time* deste investimento são cerca de dois meses; e no conjunto de peças implementadas nos *robocop's* duplos 76F e 77F, alterações que permitem eliminar o aparado nas linhas de montagem Capôs Pequenos e Capôs Duplos, bem como reduzir a mão-de-obra necessária para produzir os cabos de comando da linha Capôs Grandes, sendo que o investimento neste conjunto de peças foi 4 032 €, o *payback time* deste investimento são cerca de dois meses.

O ganho total das melhorias já implementadas, assim como as que ocorrerão num futuro próximo de modo a eliminar o aparado do cabo nas linhas de montagem, é de **81 067 €/ano**, e de **248 342 €** até ao fim de vida dos projetos (≈ 2026).

4.2 Ciclo DMAIC aplicado nos casos onde se diminui o aparado

O segundo ciclo DMAIC será aplicado nas linhas de montagem e respectivas referências onde é apenas possível diminuir o aparado.

4.2.1 Fase Definir (*Define*)

No segundo ciclo DMAIC, identificaram-se as condições iniciais do problema e definiu-se o projeto. Deste modo, foram seguidos os mesmos passos que no primeiro ciclo DMAIC.

4.2.1.1 Condições iniciais do problema

Existem dois tipos de corte nas linhas de montagem, o corte elétrico e o corte mecânico, sendo que dentro do corte elétrico temos o corte elétrico normal (90°) e o corte elétrico italiano.

O corte mecânico é um sistema com uma fiabilidade muito elevada, sendo apenas necessário mudar as lâminas de corte de longe a longe. No entanto, a utilização do corte mecânico faz com que o topo do cabo cortado tenha tendência a desentrançar, o que muitas vezes impede a correta injeção do terminal de zamak no cabo metálico. O cabo revestido é cortado recorrendo apenas ao sistema mecânico, uma vez que o revestimento dificulta a utilização do sistema de corte elétrico, devido ao mesmo limitar a passagem de corrente. Na figura 79 é possível ver o corte mecânico do posto de aparar de uma linha de montagem.

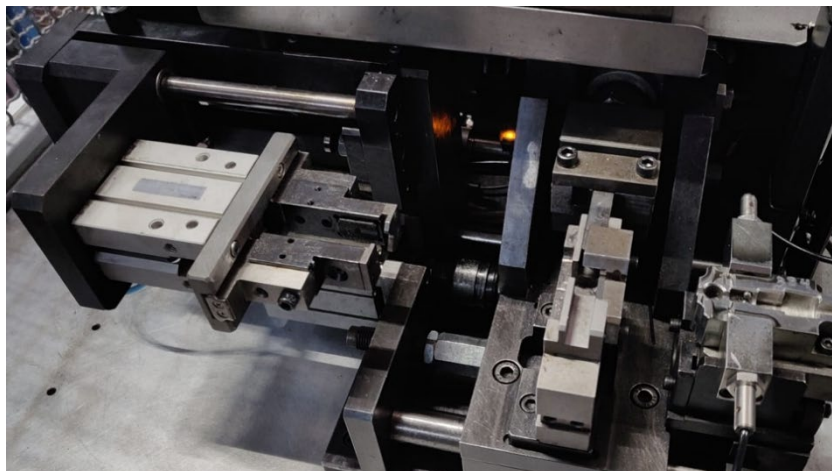


Figura 79 - Corte mecânico de cabo metálico

Na figura 80 é possível ver a lâmina de corte do sistema de corte mecânico, assim como um cabo destrançado.

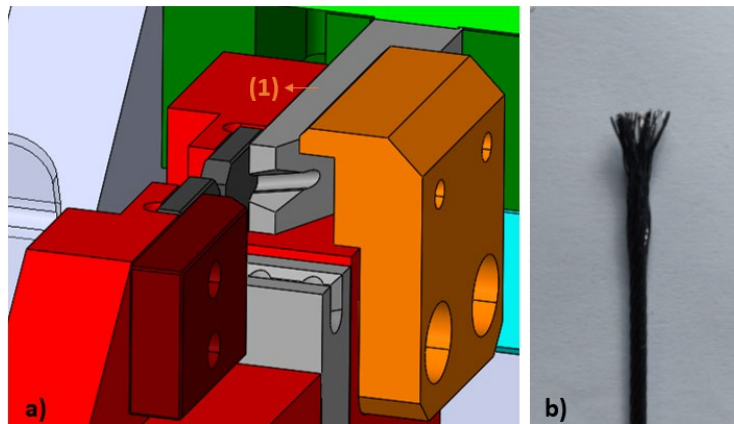


Figura 80 – a) Sistema corte mecânico; (1) – Lâmina corte mecânico; b) – Cabo destrançado

O corte elétrico não promove o desentrançar dos fios do cabo, uma vez que o topo de cabo, após o corte elétrico, fica soldado devido à deformação provocada pelo calor (os vários filamentos do cabo são fundidos). No entanto, o corte elétrico é um sistema delicado que necessita de bastante manutenção para o seu correto funcionamento. Existem referências de cabos de comando em que os cabos contêm muito óleo, sendo que o conjunto elétrico irá estar permanentemente exposto a este tipo de resíduos. Ao fim de algumas horas de trabalho, este óleo costuma acumular-se numa “goma” nos eléctrodos de corte, sendo que, se esta acumulação de resíduos não for limpa, o corte deixará de trabalhar corretamente. Na figura 81 estão presentes o corte elétrico italiano, assim como o corte elétrico 90°.

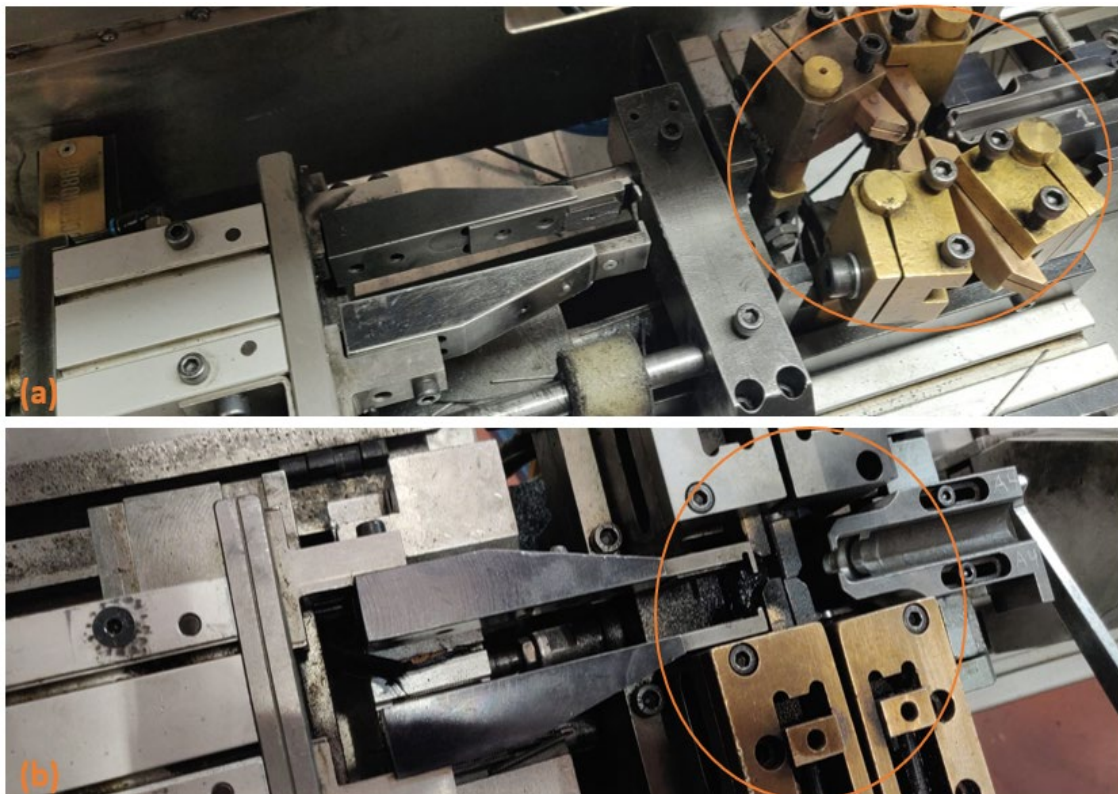


Figura 81 – (a) Corte elétrico italiano; (b) Corte elétrico 90°

4.2.2 Fase Medir (*Measure*)

Nesta fase do ciclo DMAIC, foram recolhidos dados com o objetivo de avaliar o desempenho do processo.

4.2.2.1 Plano de recolha de dados

A etapa inicial, na fase medição, foi a realização de um plano de recolha de dados (figura 82). Definiu-se que o indicador a medir seria o aparado (10 amostras) de todas as referências das linhas de montagem onde não foi possível eliminar o mesmo. Existiu também o cuidado de garantir que a referência de cabo metálico era a especificada para a referência de cabo de comando em causa.

Plano de Recolha de Dados						Definição da amostra			
Data Revisão: Eliminação aparado nas linhas de montagem						Tipo de Dados	Tamanho da amostra	Origem dos dados	Resultado do MSA
O que?	Como?	Quem?	Tempo		Frequência				
Indicador / Parâmetro de Medida	Definição operacional da medição	Uma pessoa / sistema para recolher dados	(A partir de) quando é que se mede?	(Até) quando é que se mede?	Com que frequência mede-se no tempo especificado?				
Comprimento aparado (mm)	Régua Digital UAP2	Luís Koch	18/11/2021	03/02/2022	"De acordo com a referência em produção"	Dados Contínuos	10	Linha de montagem	OK

Figura 82 - Plano de recolha de dados

4.2.2.2 Medição do estado atual

Neste capítulo, está presente a tabela das medições realizadas nas referências recolhidas em cada linha de montagem a estudar. É ainda apresentado o planeamento de vendas para 2023, assim como o tipo e o preço do cabo gasto em cada referência.

Tabela XXXIX – Características das referências de cabo de comando das linhas de montagem

Linha de Montagem	Referência do cabo de comando	Tipo de corte	Tamanho do aparado (mm)	Planeamento de vendas 2023	Tipo de cabo	Preço por cabo (€/m)
Capôs Grandes 1	121912983P05D03	Mecânico	83	94 868	1,25 (19 fios) Inox	0,058
	121912993P05C02		88	103 496		
	121912998P05A00		52	172 113		
Capôs Grandes 2	121912988M01D03	Mecânico	84	227 146	1,25 (19 fios) Inox	0,058
	121913330P01C02		53	113 850		
BX726	121913159C01A01	Elétrico italiano	44	340 136	1,5 (7*7) Inox	0,1088
	121913160C01C03		37	340 136		
B479 Exteriores	121913161C01B01	Mecânico	44	342 110	1,25 (7*7+0) Inox	0,0915
	121912873C01E05	Mecânico	45	261 087	1,25 (7*7+0) Inox	0,0915
	121912874C01E05		43	261 087		

	121912875C01E05		52	21 757			
	121913162C01B01		47	340 136			
B479 Interiores	121912870C01D04	Elétrico 90°	30	261 087	1,25 (19 fios) Inox	0,058	
	121912874C01D04		30	261 087			
	121912872C01D04		27	21 757			
	121912974C03A00		40	324 168			
Multirreferências 1	121913026C01A00	Elétrico italiano	40	90 435	1,25 (7*7+0) Inox	0,0915	
	121912848C01C04		35	25 984			
	121912849C01C04	35	25 984	1,5 (7*7) Galvanizado	0,0458		
	121913200C01A01	30	35 707				
	121913344C01A00	38	20 969				
	121913345C01A00	39	20 969				
	121913175C01F05	37	17 335				
	121913182C01A01	33	10 625				
	121913052C01B02	33	10 625				
	121912885C01A02	35	51 968				
	Multirreferências 2	121913173C01E04	Elétrico italiano	46	20 975	1,2 (7*7) Galvanizado	0,043
		121913174C01E04		40			
121913047C01F07		46		20 975			
121913048C01F07		40					
121913047C01F07		44		66 128			
121913048C01F07		45					
121913051C01D04		44		66 128			
121913053C01D04		45					
121913050C01G09		33		9 613			
121912935C01D03		35		9 613			
121912936C01D03		44		19 809			
121912530C01D03		43					
121912531C01D03		50		15 541			
121912535C01C02		45					
121912535C01C02	50	15 541					
121913176C01C02	45						
MVS2	121912530C01D03	Mecânico	56	14 230	1mm (1*19) Galvanizado	0,024	
	121912531C01D03		35				
	121912535C01C02		55				
	121912535C01C02		36				
	121913176C01C02		48				
			53	64 034			
			42	53 854			

	121912536C01C02		48	64034		
			53			
	121912537C03C02		42	33 262		
	121912533C01D03	Mecânico	75	35 298	1mm (1*19) Galvanizado	0,024
		Elétrico 90°	40		1,56 (7*7) Galvanizado	0,05
	121912534C01D03	Mecânico	75	35 298	1mm (1*19) Galvanizado	0,024
		Elétrico 90°	40		1,56 (7*7) Galvanizado	0,05
C519 Exteriores	121913074C01G06	Mecânico	32	174 128	1,25 (7*7+0)	0,0915
	121913075C01G06		32	174 128	Inox	
C519 Interiores	121913076C01F05	Elétrico 90°	45	174 128	1,25 (19 fios)	0,058
	121913077C01F05		44	174 128	Inox	
Ficotriad	121912083C01H01	Mecânico	115	32 634	1,25 (19 fios)	0,058
	121912656C01G07		110	32 624	Inox	
	121913268P01D03		63,3	68 200		
	121913269P01E04		54,4	68 200		
JLR	121913267P01D03	Mecânico	56,8	298 716	1,5 (8*7+1*19) Inox	0,1682
	121913274C01B02		70	11 000		
	121913273P01B03		65	11 000		
	121912766C01F08		32,5	527 976		
	121912765C01E07		18,2	237 085		
B562 Exteriores	121913054C01B01	Mecânico	32	41 001	1,25 (19 fios)	0,058
	121913057C01A00		26,3	50 326	Inox	
	121912586C01H08		31,3	194 908		
	121912975C01A00		26,8	32 485		
	121912937C01B01		32	288 186		
Portas Polo	121912939P03B01	Elétrico 90°	45	302 814	1,25 (19 fios)	0,058
	121912938P03B01		30	355 086	Inox	
Portas Golf	121912940P03C02	Elétrico 90°	40	338 740	1,25 (19 fios)	0,058
					Inox	
	121912219C01C03		55	114 222		
	121912220C01C02		29	152 506		
	121912221C03E04		50	33 890		
	121912222C01D03		53	46 756		
Transit Auxiliares	121912223C01E04	Elétrico 90°	55	47 697	1,25 (1*19) Inox	0,0872
	121912224C01C02		34	45 501		
	121912228C01B01		32	36 087		
	121912229C01B01		30	29 183		
	121912230C03B01		50	69 663		

	121612231C03B01		30	85 039		
	121912232C03D03		50	47 070		
	121912233C03D03		45	39 225		
	121912234C03B01		27	181 375		
	121912442C01B01		35	30 438		
	121912440C01D03		33	35 773		
	121912441C01B01		34	29 497		
PSA Capôs	121912008P01E06	Mecânico	40	19 793	1,20 (1*12) Inox	0,0575
	121913183P01G07		40	380 567		
	129216751P01D03		38	380 567		
	12237923P01C02		40	81 495		
	121913114P01A00	Elétrico 90°	100	19 793	1,25 (7*7+0) Inox	0,0915

4.2.3 Fase Analisar (*Analyze*)

Nesta fase do ciclo DMAIC, analisaram-se os dados e o processo, de modo a compreender quais eram os motivos pelos quais em certas referências existia um aparado grande. Era conhecido o tamanho do aparado de cada referência, assim como a produção planeada da mesma, o preço do cabo utilizado e uma estimativa do investimento necessário para fazer diminuir o aparado, sendo assim possível analisar quais as linhas em que o ganho seria mais elevado.

4.2.3.1 Análise do processo

A maior parte das linhas de montagem, tanto com corte elétrico como com corte mecânico, não apresentavam medidas de aparado mais pequenas devido a questões estruturais criadas quando se projetaram os sistemas de corte.

De modo a existir uma aparado mais pequena em todos os sistemas de corte, tanto elétrico como mecânico, as pastilhas das pinças do atuador têm de estar o mais perto possível da zona de corte do cabo (elétrodos de corte no caso do sistema elétrico e lâmina de corte no caso do sistema mecânico).

Tanto no corte elétrico como mecânico existem dois fatores que impedem que as pastilhas que agarram o cabo estejam perto da zona de corte, sendo estes os centradores, que têm como função centrar o cabo de forma a garantir que o mesmo é agarrado corretamente pelas pastilhas, e o ângulo de atuação do atuador, em que as pinças estão acopladas.

Na figura 83 estão presentes ambos os sistemas de corte e identificados os componentes mencionados anteriormente.

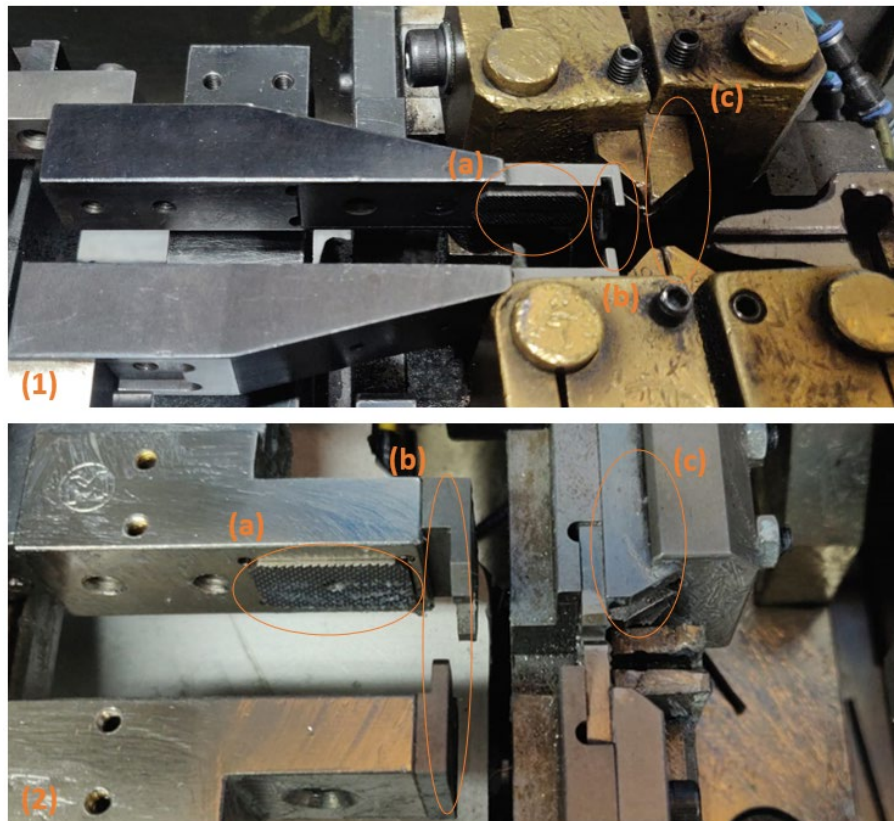


Figura 83 – (1) Corte elétrico italiano; (2) Corte mecânico; (a) Pastilha; (b) Centradores; (c,1) Eléctrodo de corte; (c,2) Lâmina de corte

No sistema de corte mecânico existe outro fator que influencia o tamanho de corte, a posição da lâmina de corte. Na figura 84, estão presentes os dois posicionamentos possíveis da lâmina de corte.

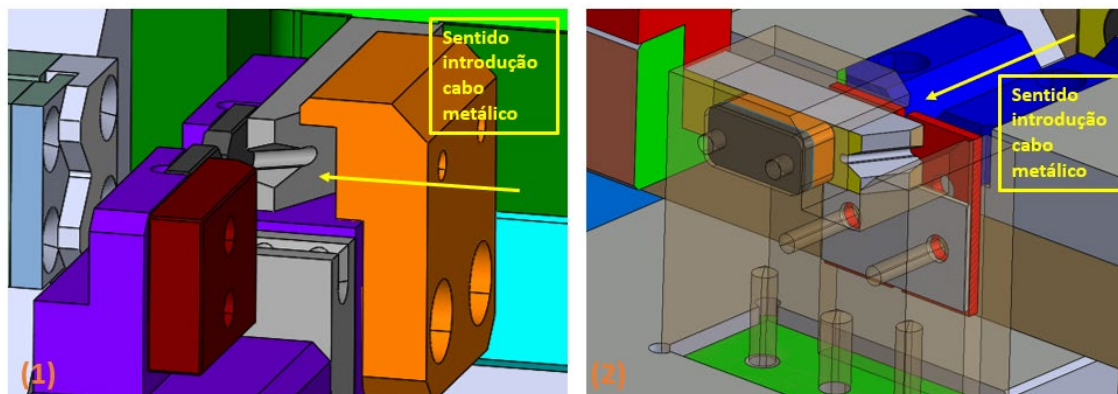


Figura 84 - (1) Lâmina de corte à esquerda; (2) Lâmina de corte à direita

A lâmina de corte à esquerda gera uma aparada de cabo mais pequena, uma vez que as pastilhas que agarram o cabo se apresentam mais perto da zona de corte. Ao trocar o posicionamento da lâmina de corte da direita para a esquerda, poderão ser ganhos 10 mm em termos de aparado (largura da lâmina de corte igual a 10 mm). Na figura 85 é possível ver a zona de corte mais pormenorizadamente do sistema de corte mecânico com lâmina de corte esquerda versus direita.

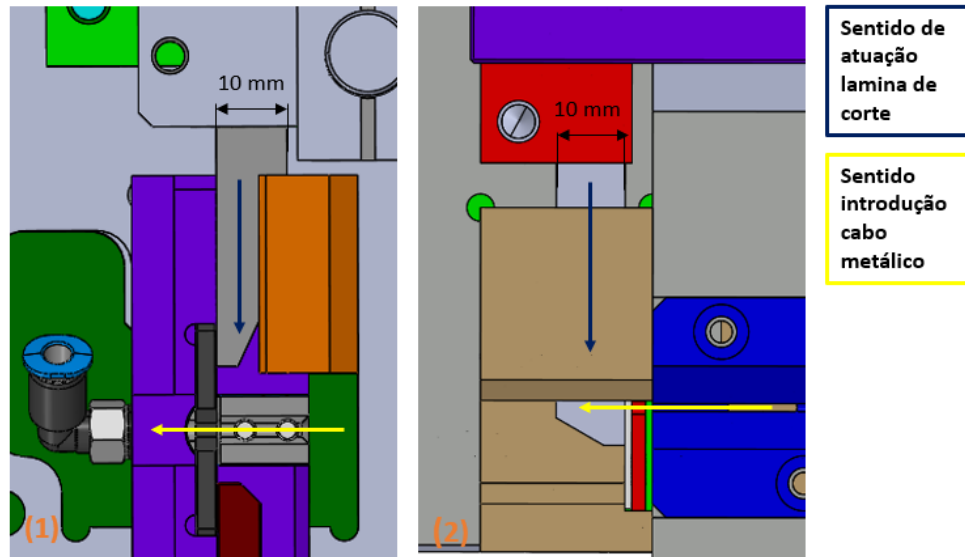


Figura 85 – (1) Zona de corte lâmina de corte à esquerda; (2) Zona de corte lâmina de corte à direita

4.2.3.2 Análise dos dados obtidos na fase medição

Na tabela XL, é apresentada a análise dos dados obtidos na fase medição, ou seja, as perdas relacionadas com o desperdício de cabo. Uma das colunas da tabela corresponde à possibilidade de diminuição do aparado em cada linha de montagem, estando esta classificação dividida em: Elevado; Moderado ou Reduzido. Esta classificação foi dada a cada linha a partir de uma análise visual superficial das mesmas, assim como o respetivo tamanho médio do aparado e o custo do cabo sucitado anual.

Tabela XL – Análise dos dados obtidos na fase medição

Linha de Montagem	Tipo de corte	Tamanho médio aparado (mm)	Quantidade de cabo sucitado anual (mm)	Quantidade de cabo sucitado até ao fim de vida do projeto (mm)	Custo do cabo sucitado anual	Custo do cabo sucitado até ao fim de vida do projeto	Possibilidade de diminuição aparado (Elevado – Moderado – Reduzido)
Capôs Grandes 1	Mecânico	74	8 224	29 796	1 431 €	5 184,4 €	Elevado
Capôs Grandes 2	Mecânico	69	12 591	104 515	1 460,6 €	6 061,9 €	Elevado
BX726	Elétrico Italiano	40,5	27 111	133 330	3 0149,9 €	14 506,3 €	Moderado
	Mecânico	44	7 184	34 567	1 377,3 €	6 627 €	Moderado
B479 Exteriores	Mecânico	46,8	38 820	158 500	3 552,1 €	14 502,8 €	Moderado
B479 Interiores	Elétrico 90°	29,3	10 022	49 391	1 090,4 €	5 373,8 €	Reduzido
Multirreferências 1	Elétrico Italiano	40	16 313	74 263	924,9 €	4 434,4 €	Moderado
	Mecânico	35	7 666	42 350	351,1 €	1 939,6 €	Reduzido
Multirreferências 2	Elétrico Italiano	43,4	11 705	76 570	569,4 €	3 292,5 €	Reduzido
MVS2	Elétrico Italiano	40	969	4 351	23,3 €	143,8 €	Reduzido
	Mecânico	50	8 222	6 001	225,1 €	866,3 €	Reduzido
C519 Exteriores	Mecânico	32	8 018	39 543	1 019,7 €	3 129,3 €	Reduzido

C519 Interiores	Elétrico Italiano	47	10 185	50 231	590,7 €	2 913,4 €	Reduzido
Ficotriad	Mecânico	112,5	6 356	13 535	368,6 €	785 €	Reduzido
JLR	Mecânico	61,9	26 548	132 319	4 465,4 €	22 256 €	Elevado
B562 Exteriores	Mecânico	27,8	31 081	82 913	1 802,7 €	4 809 €	Elevado
Portas Polo	Elétrico 90°	34	17 396	70 661	1 009 €	4 098,3 €	Reduzido
Portas Golf	Elétrico 90°	40	7 511	24 940	435,7 €	1 446,5 €	Reduzido
Transit Auxiliares	Elétrico 90°	40	30 760	111 687	2 682,2 €	9 739,1 €	Reduzido
PSA Capôs	Elétrico 90°	100	1 211	3 733	110,8 €	341,6 €	Elevado
	Mecânico	40	19 036	190 497	3 086,6 €	16 653,9 €	Reduzido

Antes de partir para a fase melhorar, desenvolveu-se um diagrama de Pareto (Figura 86), que teve em consideração a quantidade de cabo sucitado por ano e o seu custo, de modo a priorizar as linhas de montagem com maior desperdício de cabo.

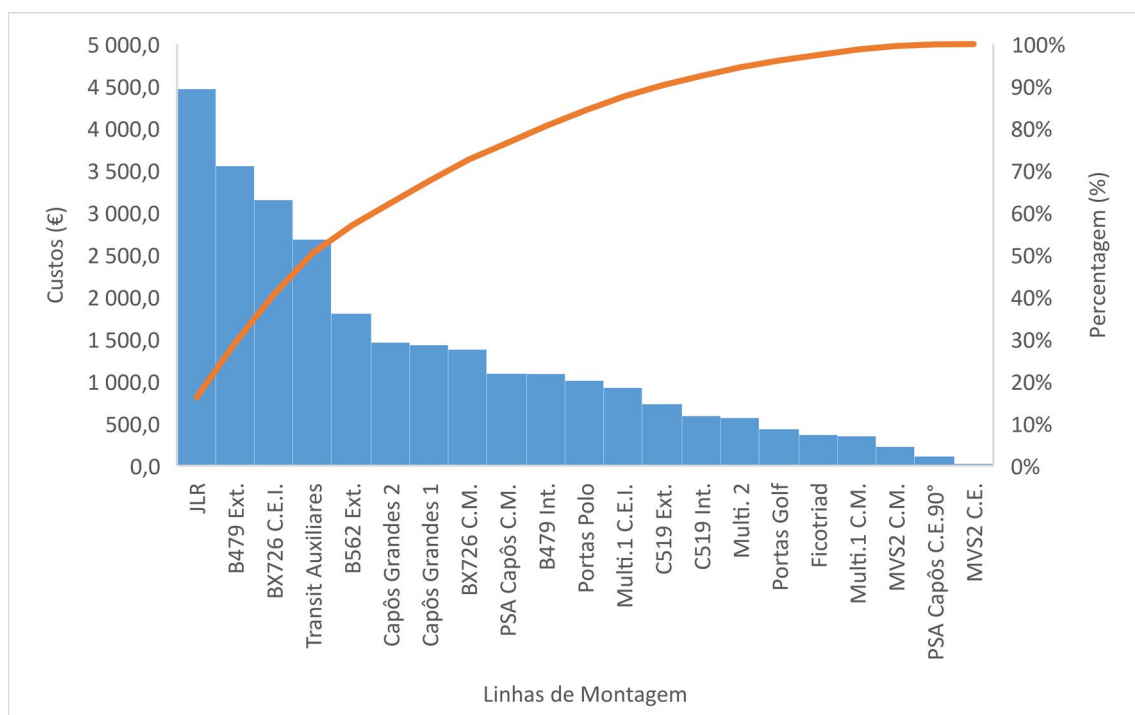


Figura 86 -Pareto do custo de cabo sucitado ao ano das linhas de montagem

4.2.4 Fase Melhorar (*Improve*)

Nesta fase da metodologia, desenvolveram-se e implementaram-se as soluções para as causas identificadas na fase anterior. Com isto, pretendeu-se diminuir o aparado no maior número de linhas de montagem possível.

4.2.4.1 Definição e implementação das ações de melhoria

Sabendo quais as linhas de montagem que apresentam um maior custo devido ao cabo sucitado, definiram-se as ações de melhoria a implementar.

- Linha de montagem: **JLR**

A linha JLR apresenta sistema de corte mecânico (Figura 87), tendo a característica de as pastilhas que puxam o cabo metálico se aproximarem o máximo possível da lâmina de corte, havendo assim o potencial do aparado ser pequeno. Foi estudada a possibilidade de alterar a lâmina de corte da direita para a esquerda, no entanto, rapidamente se constatou que, devido ao elevado número de componentes que teriam de ser alterados/modificados, não seria rentável o investimento.

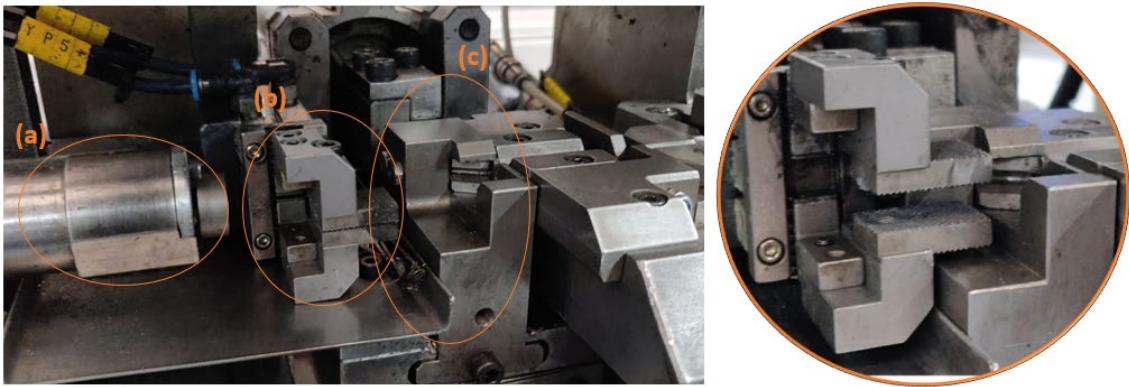


Figura 87 - Sistema de corte JLR; (a) – mecanismo fazer flor; (b) – conjunto pinças; (c) – conjunto corte mecânico

Analisando os valores do tamanho do aparado, podemos constatar que o tamanho mínimo existente é de 54 mm. No entanto, foi feito um estudo com cabos de diversos tamanhos e chegou-se à conclusão que o tamanho mínimo do aparado poderia ser de 26 mm (sendo que este valor já contempla possíveis variações do comprimento do cabo, deste modo o cabo chegará sempre às pinças de forma a estas puxarem o cabo). Foi necessário, portanto, atualizar o BPCS com as novas medidas de corte de todas as referências.

- Linhas de Montagem: **BX726 e Multirreferências 1 (Corte Elétrico Italiano);**

As linhas BX726 e Multirreferências 1 apresentam sistema de corte elétrico italiano. Apesar do desperdício de cabo da Multi 1 não ser dos mais elevados, foi pedido pela organização que se tivesse em conta esta linha, devido à possibilidade da mesma, no futuro, passar a produzir mais referências.

Devido à fase analisar, já se sabe que para obter o menor aparado possível é necessário que as pastilhas que agarram o cabo consigam aproximar-se o máximo da zona de corte. De modo a chegar a uma possível solução para o problema, realizaram-se várias sessões de *brainstorming* e testes com a maioria dos colaboradores do departamento da manutenção e da melhoria contínua.

As principais ideias que surgiram durante a realização do *brainstorming* foram as seguintes:

1. Colocar os centradores à direita do eléctrodo de corte;
2. Posicionar centradores das pinças atrás das pastilhas;
3. Posicionar as pastilhas embutidas o mais para a frente possível das pinças;
4. Pinças com forma triangular;
5. Pastilhas com forma triangular;
6. Substituir centradores por ímanes que consigam centrar o cabo metálico;
7. “Caixa” com tampa, a fazer a função de centrador, do lado direito o mais perto possível dos eléctrodos;
8. Centrador cónico do lado direito o mais perto possível dos eléctrodos;
9. Centrador cónico do lado esquerdo o mais perto possível dos eléctrodos;
10. Alterar espessura dos eléctrodos (-5 mm);
11. Alterar espessura das pinças;
12. Substituir o atuador que exerce força na horizontal para um atuador que exerce a força verticalmente.

Depois da realização das sessões de *brainstorming*, as ideias que resultaram desse momento foram estudadas e desenvolvidas de uma forma mais pormenorizada. Inicialmente, começou-se por tentar resolver a questão dos centradores. Desenvolveu-se um protótipo de pinças com os centradores antes das pastilhas (Figura 88). Deste modo, é possível colocar as pastilhas mais perto da extremidade das pinças, no entanto, devido à elevada distância que o cabo teria de percorrer livremente até chegar aos centradores, seria muito provável que este tivesse tendência a “fugir”, principalmente na vertical. Portanto, descartou-se esta ideia.

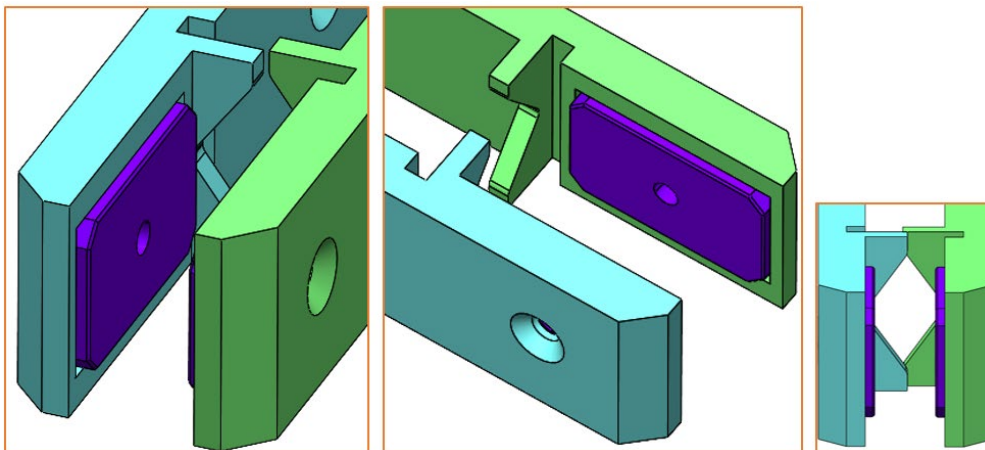


Figura 88 – Protótipo de pinças com centradores atrás das pastilhas

Ainda com o foco numa alternativa para os centradores, estudou-se a possibilidade de mudar o formato das pinças/pastilhas. Na figura 89 está presente um segundo protótipo, onde se desenvolveu um centrador cónico do lado direito dos eléctrodos, o mais perto possível dos mesmos, assim como pastilhas com ponta triangular.

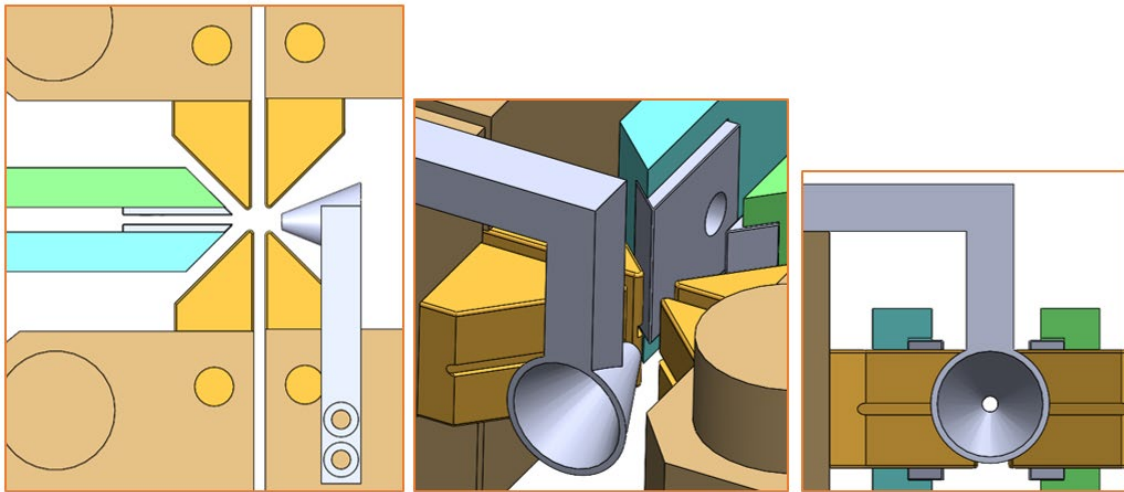


Figura 89 – Protótipo centrador cônico e pastilhas triangulares

Aplicando uma geometria triangular na ponta das pastilhas/pinças, permite-se que estas consigam chegar mais perto da zona de corte. No entanto, devido ao movimento horizontal de atuação do atuador, não é possível ter as pastilhas tão perto da zona de corte, sendo assim necessário alterar o atuador ou/e alterar a sua posição de modo à atuação da força passar a ser vertical. Quanto ao centrador cônico, apesar de apresentar a possibilidade de resolver o problema dos centradores, levanta dois problemas: dificuldade acrescida ao retirar o cabo de comando desta operação, depois de ser aparado, uma vez que o cabo metálico poderia ficar preso no centrador cônico, e a considerável complexidade de fabrico do mesmo.

Existem dois tipos principais de atuadores que permitem acoplar as pinças de modo a estas exercerem força verticalmente no cabo metálico (Figura 90).

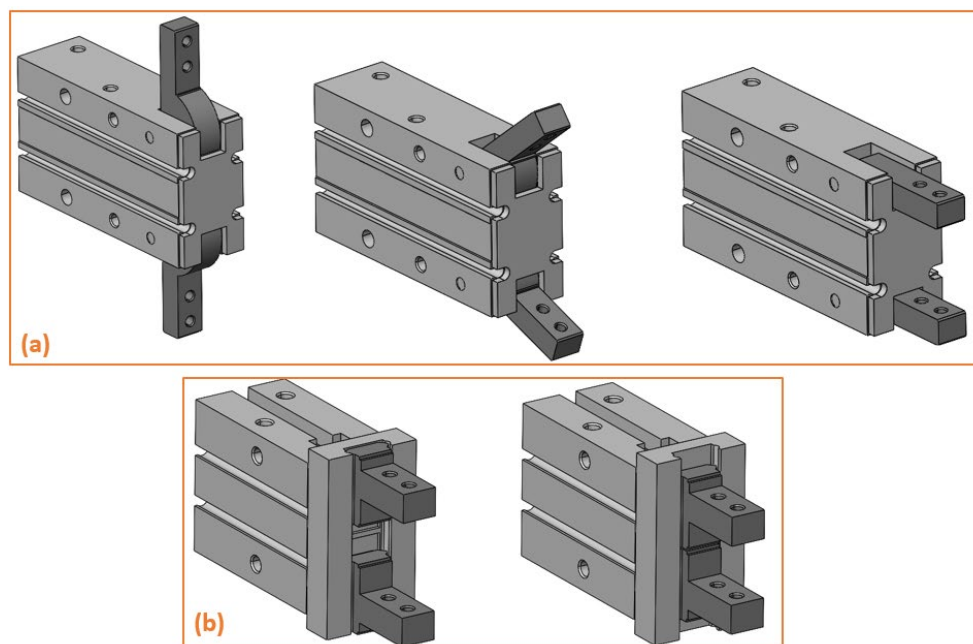


Figura 90 – (a) Atuadores radiais MHY2_20D; (b) garras paralelas MHZ2_20D

Tanto os atuadores radiais (a) como de garras paralelas (b) têm vantagens e desvantagens. A principal vantagem dos atuadores de garras paralelas em relação aos radiais é a menor área vertical de funcionamento que estes necessitam. No entanto, os atuadores de garras paralelas apresentam um problema que pode comprometer o correto funcionamento da operação de aparar: ao aparar, o cabo aparado pode ficar preso nas pastilhas, ou seja, o aparado, principalmente se o cabo metálico tiver massa, tem tendência a acumular nas pastilhas com o decorrer do tempo de funcionamento (Figura 91).

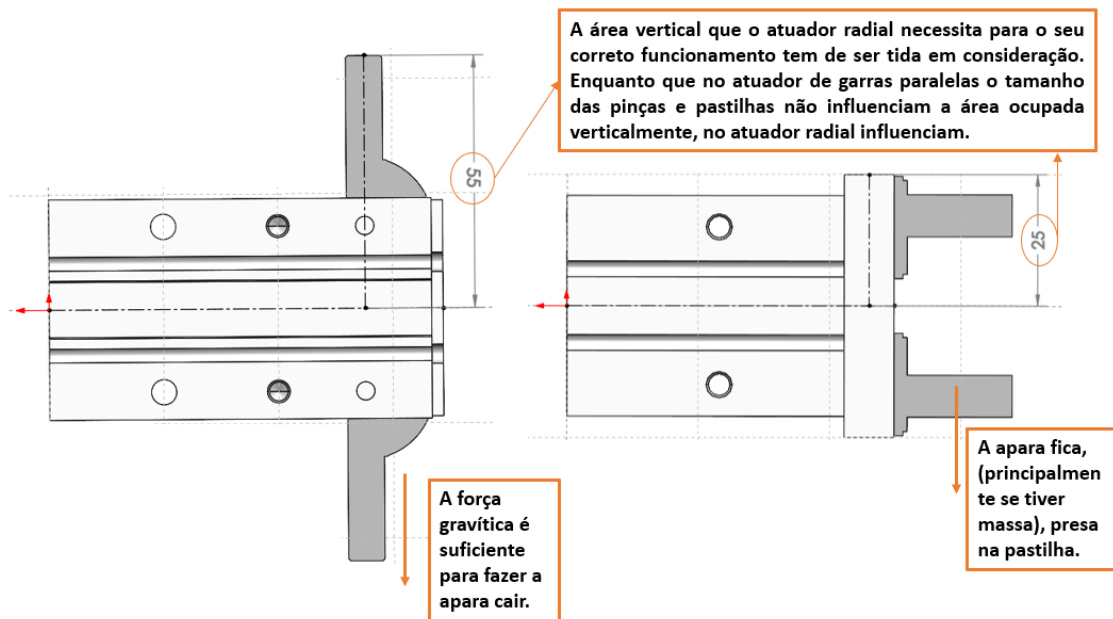


Figura 91 - Pontos fortes/fracos a ter em consideração escolha atuador

Sabendo que o tipo de atuador a utilizar teria de ser o radial, foi necessário escolher o modelo que iria substituir o atuador de série utilizado no sistema de corte elétrico, MHZ2-32D (atuador de garras paralelas). O atuador, no sistema de corte elétrico serve para criar tensão no cabo metálico, de modo a garantir que este é corretamente aparado. Para tal ser garantido, o *gabarit* do subconjunto da espiral contém duas pequenas molas, sendo que se tem de assegurar que o atuador tem força suficiente para quando agarrar o cabo, e este for puxado pela força gravitacional de um peso ligado ao atuador, o cabo não escorregar entre as pastilhas das pinças e tenha força suficiente para vencer a força elástica das molas (Figura 92).

A empresa possuía em *stock* um atuador radial MHY2_10D, sendo que foram feitos vários estudos nas linhas de montagem com este atuador para confirmar se o mesmo teria força suficiente para acionar o sistema de corte, tendo-se constatado que em cabos sem massa ou lubrificante, o sistema de corte era acionado. No entanto, com cabos com bastante massa ou lubrificante, havia a tendência para o cabo escorregar, sendo que isto levaria ao desgaste precoce das pastilhas e ao mau funcionamento do dispositivo de corte. Por este motivo, optou-se pelo atuador MHY2_16D, tendo o mesmo passado em todos os testes a que foi submetido.

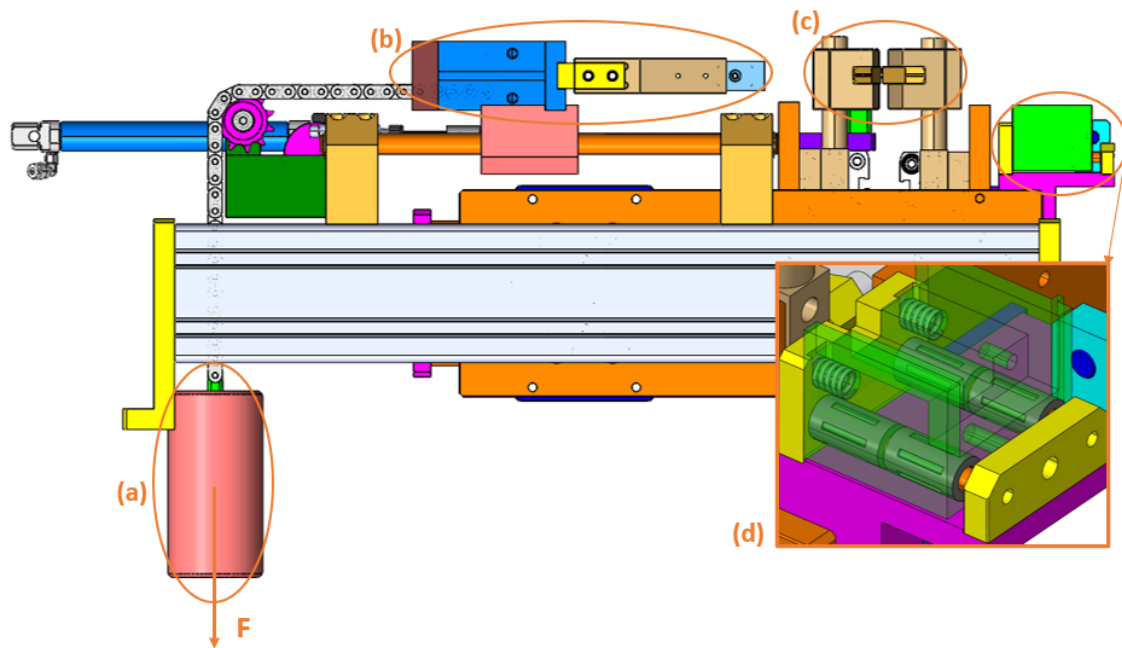
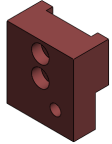
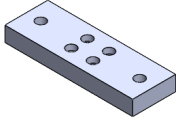
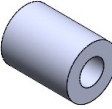
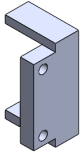
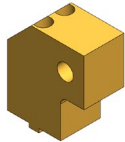
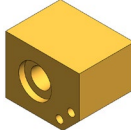
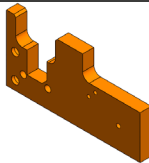

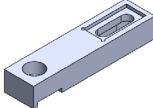
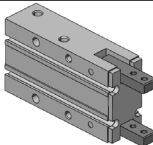


Figura 92 - (a) Peso; (b) Atuador + Pinças; (c) Zona de corte elétrico; (d) Suporte *gabarit* subconjunto espiral

Decidido o atuador que iria ser usado, passou a existir a necessidade de desenvolver as pinças e respetivas pastilhas. Devido à área vertical que este tipo de atuador necessita para o seu funcionamento, existia a exigência das pinças e pastilhas serem o mais curtas possível. Para tal, o atuador teria de ser posicionado o mais perto possível dos eléctrodos de corte. Como discutido no *brainstorming*, as pastilhas terão de ser embutidas nas pinças o mais para a frente possível e terão de ter uma forma triangular na sua ponta. São estas as características que garantem a maior proximidade possível aos eléctrodos de corte. Depois de realizada a modelação das pastilhas e respetivas pinças, procedeu-se ao desenvolvimento de todas as outras peças necessárias para o correto funcionamento do novo sistema de corte elétrico. Criou-se um batente de posicionamento no atuador, de forma a limitar o ângulo de abertura das pinças. Na tabela XLI, estão presentes todas as peças modeladas para o novo sistema de corte elétrico.

Tabela XLI – Novas peças para alteração do sistema corte elétrico italiano

Nome peça	Imagem	Referência peça	Material
Pastilha com ponta triangular C.E.		PMDPAS0070	Folha Serra
Pinça da pastilha triangular C.E.		PMPPIN0193	Aço C45E
Braço do atuador C.E.		PMPBRA0112	Alumínio

Suporte braço peso C.E.		PMPSUP10135	Aço C45E
Base braço C.E.		PMPBAS7710	Aço C45E
Batente cilíndrico C.E.		PMDBAT0190	Poliamida (PA6.6)
Batente atuador C.E.		PMPBAT0191	Aço C45E
Suporte veio 1 C.E.		PMPSUP10136	Aço C45E
Suporte veio 2 C.E.		PMPSUP10137	Aço C45E
Suporte atuador elétrodo C.E.		PMPSUP10138	Aço C45E
Guia cabo metálico C.E.		PMPGUI2276	K100
Suporte centrador C.E.		PMPSUP10140	Poliamida (PA6.6)
Atuador radial SMC 16D		MHY2_16D	-

Na figura 93 é possível ver tanto o novo como o antigo sistema de corte elétrico italiano.

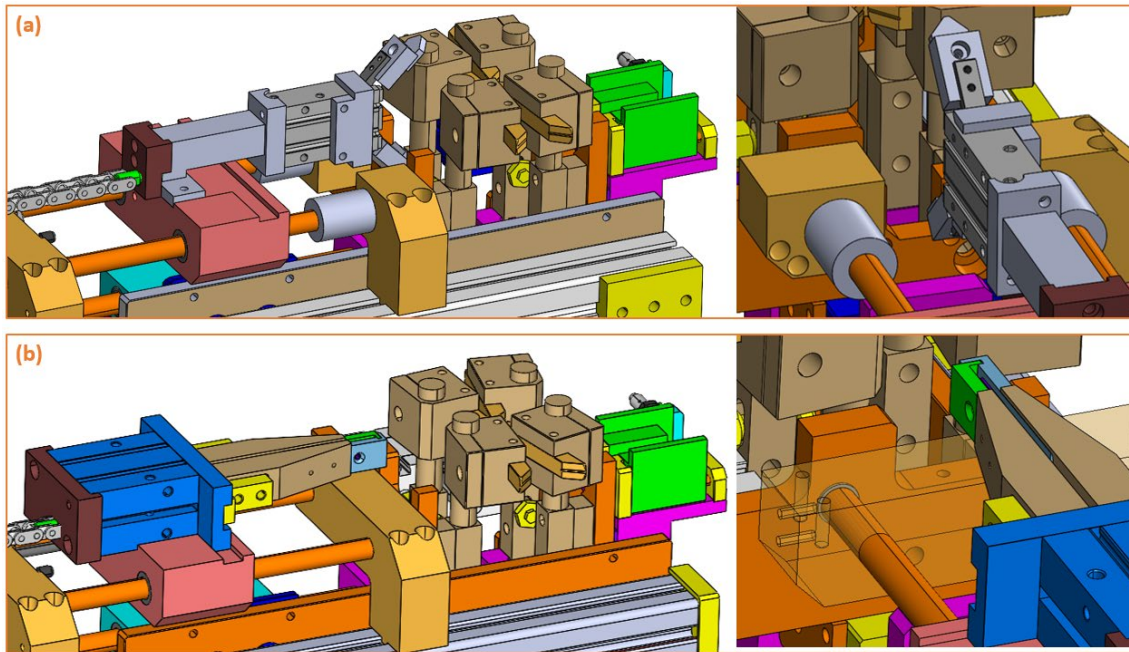


Figura 93 – (a) Novo corte elétrico italiano; (b) Antigo corte elétrico italiano

Em relação aos centradores, inspirado no segundo protótipo (Figura 89), optou-se por posicionar o mesmo à direita dos eletrodos de corte, contendo dois ímãs na base, de modo a não deixar o cabo deslizar verticalmente. A peça centradora contém um rasgo de modo a facilitar a remoção do cabo de comando pela operadora, quando a operação de aparar estiver concluída (Figura 94).

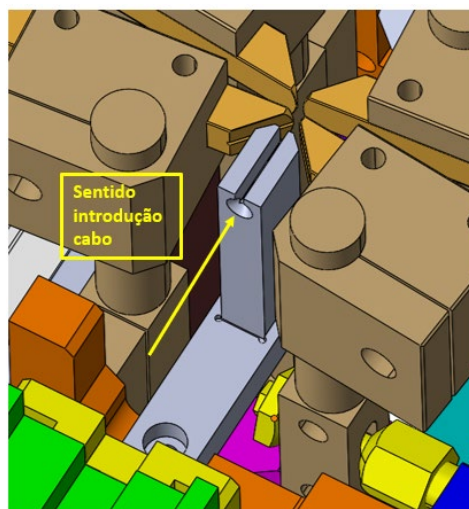


Figura 94 - Novo centrador do cabo

Com o novo *kit* de corte elétrico, foi possível diminuir o aparado de aproximadamente 40 mm para 25 mm, uma redução de 37,5% (Figura 95).

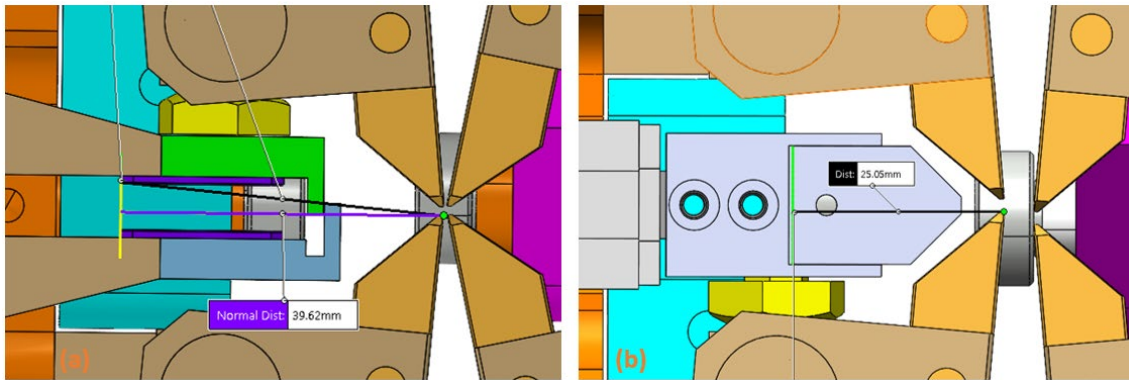


Figura 95 – (a) Tamanho da avara no corte elétrico antigo; (b) Tamanho da avara no novo sistema de corte elétrico

O novo *kit* de corte elétrico foi aplicado nas linhas de montagem (Figura 96), sendo que nas primeiras semanas de trabalho foram acompanhados diariamente de modo a garantir o seu bom funcionamento.



Figura 96 - Novo sistema de corte elétrico aplicado na linha de montagem

O novo *kit* de corte elétrico teve um custo de aproximadamente 550 €.

- Linha de montagem: **B479 Exteriores**

A linha B479 Exteriores apresenta um sistema de corte mecânico, com lâmina de corte à direita (Figura 97).

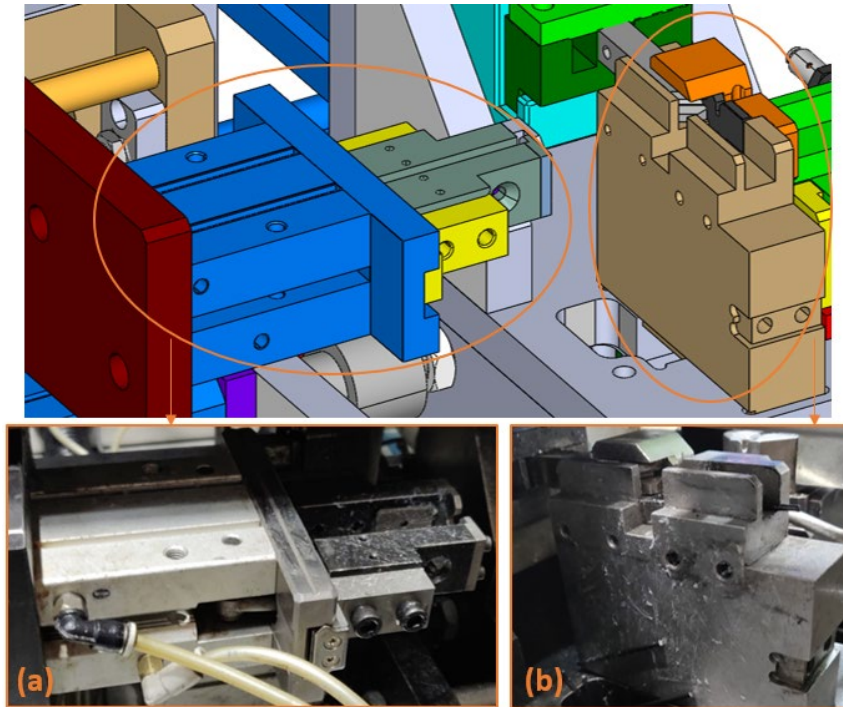
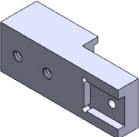
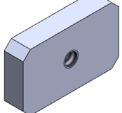
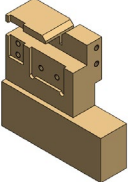



Figura 97 - Sistema de corte B479 Exteriores; (a) Atuador e respectivas pinças; (b) Corte mecânico

Sabendo que, ao mudar-se a configuração da lâmina da direita para a esquerda, o aparado pode diminuir cerca de 10 mm, foram feitas as alterações necessárias ao corte mecânico de modo a aplicar a lâmina à esquerda.

Na tabela XLII, estão presentes todas as peças modeladas para o novo sistema de corte mecânico.

Tabela XLII – Novas peças para alteração do sistema de corte mecânico da linha de montagem B479 Exteriores

Nome peça	Imagem	Referência peça	Material
Pinça C.M. B479 Ext.		PMPPIN0194	Aço C45E
Pastilha <i>Standard</i>		PMDPAS0022	Folha Serra
Bloco corte lâmina C.M. B479 Ext.		PMPBLC0980	Aço RL200
Lâmina (Desgaste) C.M. B479 Ext.		PMDLAM0091	Aço Rápido

Apoio lâmina C.M. B479 Ext.		PMPAPO5795	Aço RL200
Pastilha de encosto		PMDPAS0068	Bronze e C45E
Postiço aperto guia cabo C.M. B479 Ext.		PMPPOA1133	Aço RL200
Guia p/ cabo contra lâmina C.M. B479 Ext.		PMPGUI2275	Aço RL200
Atuador Linear SMC		CQ2B12-J2948-10	-

De modo a diminuir o tamanho do aparato, eliminaram-se os centradores do cabo metálico, visto que estavam posicionados na ponta das pinças. Uma vez que se eliminaram os centradores, teve de se garantir o correto posicionamento do cabo metálico no momento do corte de cabo. Para tal acontecer, desenvolveu-se uma guia com um rasgo para colocação de um ímã, estando esta peça acoplada a um atuador linear. Na figura 98 é possível ver este sistema: a guia encontra-se inicialmente na posição (a) quando a operadora posiciona o cabo de comando no *gabarit*, de seguida o atuador de garras paralelas agarra o cabo metálico garantindo a tensão do mesmo. O atuador linear faz com que a guia passe à posição (b), de modo à lâmina de corte aparar o cabo.

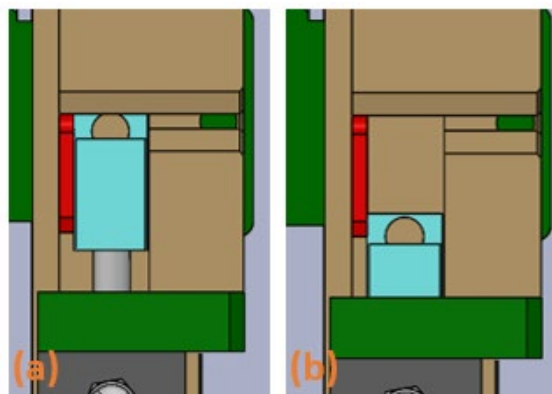


Figura 98 – (a) Posição inicial guia; (b) Posição da guia quando do corte do cabo

Com a implementação do novo *kit* de corte mecânico na linha de montagem, foi possível diminuir o aparado de aproximadamente 48 mm para 23 mm, uma redução de 52% (Figura 99).

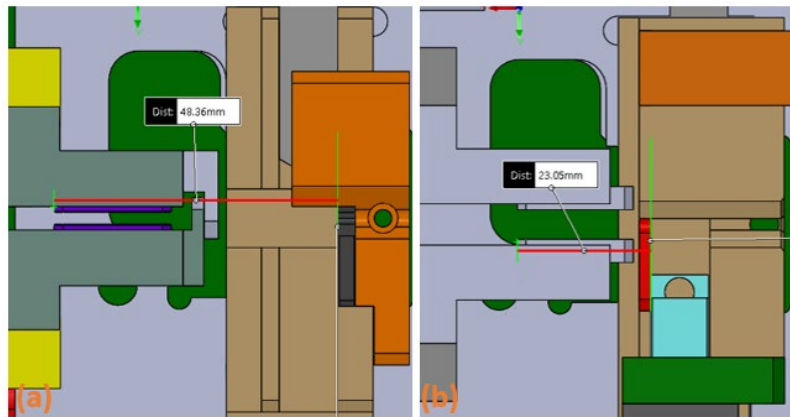


Figura 99 - (a) Tamanho da apara de corte mecânico antigo B479 Ext.; (b) Tamanho da apara no novo corte mecânico B479 Ext.

O novo *kit* de corte mecânico foi aplicado na linha de montagem (Figura 100), sendo que nas primeiras semanas de trabalho foi acompanhado diariamente, de modo a garantir o seu bom funcionamento.

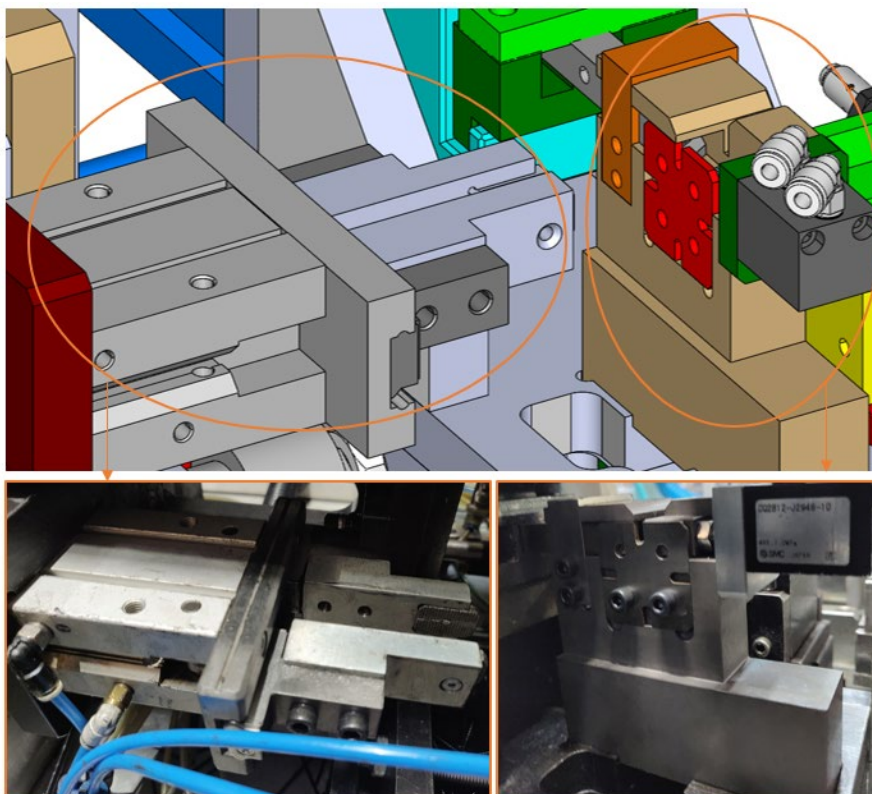


Figura 100 – Novo corte mecânico linha de montagem B479 Exteriores

O novo *kit* de corte mecânico teve um custo de aproximadamente 370 €.

- Linha de montagem: **B562 Exteriores**

A linha de montagem B562 Exteriores apresenta sistema de corte mecânico (Figura 101), sendo que, devido às características específicas desta linha, o cabo metálico não é “puxado” pelas pinças, mas sim “empurrado” por um mecanismo presente no primeiro terminal da espiral.

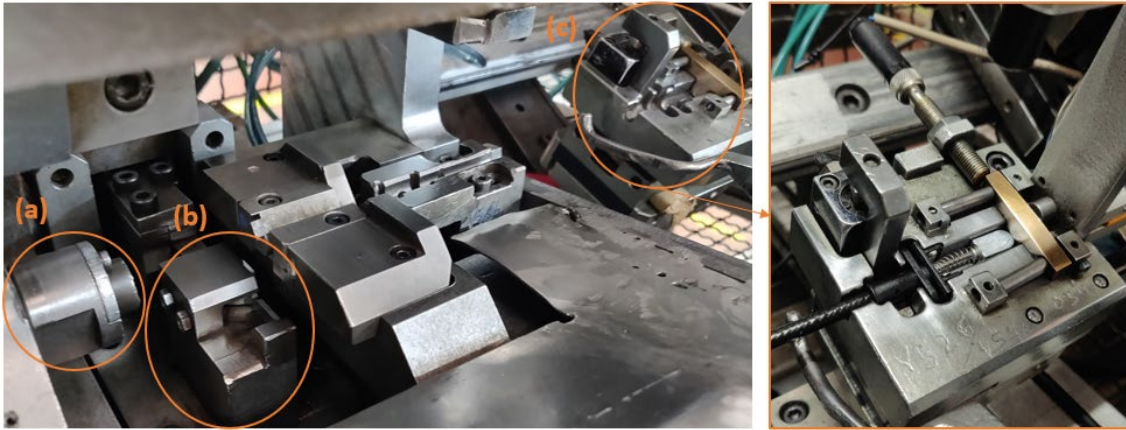


Figura 101 – Sistema de corte B562 Exteriores; (a) – mecanismo de fazer flor; (b) – conjunto de corte mecânico; (c) – mecanismo que empurra o cabo

O conjunto de corte mecânico sobe quando é realizada a operação de aparar cabo e desce para que seja feita a flor na ponta do cabo pelo mecanismo de fazer flor. Analisando os valores do tamanho do aparado, podemos constatar que existe uma referência com uma apara de 18 mm. Foi realizado um estudo e confirmou-se que esta medida era a medida mínima da apara necessária para o bom funcionamento do corte, sendo, por isso, possível concluir que todas as outras referências não necessitam de ter um aparado maior que este valor. Foi necessário, portanto, atualizar o *BPCS* de todas as referências acima dos 18 mm de comprimento de aparado com as novas medidas de corte.

- Linhas de Montagem: **Capôs Grandes 1 e 2**

As linhas de montagem Capôs Grandes 1 e Capôs Grandes 2 são exatamente iguais sendo que as alterações seguintes foram realizadas nas duas linhas. A linha de montagem Capôs Grandes apresenta o sistema de corte de cabo mecânico (Figura 102). Tal como nas outras linhas de montagem já estudadas, seguiu-se o mesmo raciocínio de implementação das melhorias. Existiu a necessidade de aproximar as pastilhas das pinças que agarram o cabo o mais perto possível da zona de corte. Estudou-se também a possibilidade de passar a lâmina de corte à esquerda, no entanto, devido às características desta linha (falta de espaço), fazer tal mudança acarretava custos muito elevados, que não compensariam o ganho de cabo.

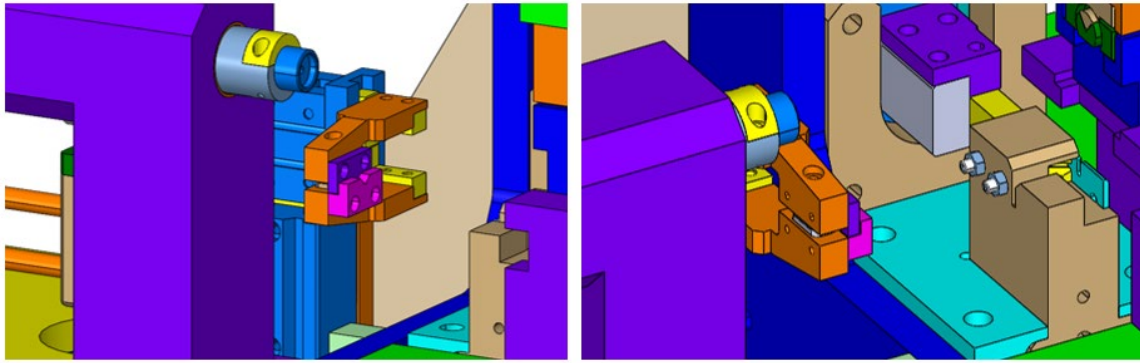
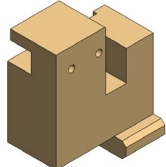
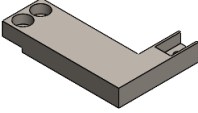
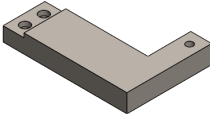
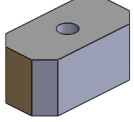


Figura 102 - Sistema de corte mecânico Capôs Grandes

Na tabela XLIII, estão presentes as peças que foram necessárias criar para diminuir o aparado na linha.

Tabela XLIII – Novas peças para alteração do sistema de corte mecânico da linha de montagem Capôs Grandes

Nome peça	Imagem	Referência peça	Material
Bloco corte lâmina C.M. Capôs Grandes		PMPBLC0981	Aço C265
Pinça baixo C.M. Capôs Grandes		PMPPIN0194	Aço C45E
Pinça cima C.M. Capôs Grandes		PMPPIN0195	Aço C45E
Pastilha C.M. Capôs Grandes		PMDPAS0070	Folha Serra

Com a implementação do novo *kit* de corte mecânico na linha de montagem, foi possível diminuir o aparado de aproximadamente 41 mm para 26 mm, uma redução de 36,6% (Figura 103).

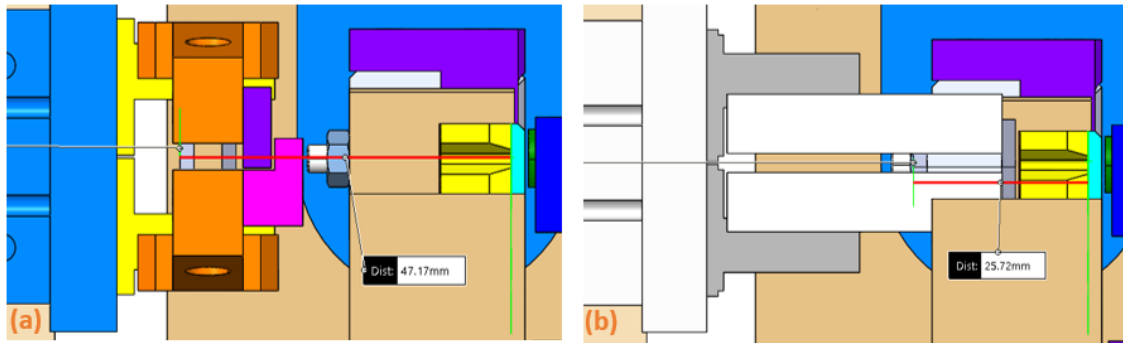


Figura 103 - (a) Tamanho da apara no corte mecânico antigo Capôs Grandes.; (b) Tamanho da apara no novo corte mecânico Capôs Grandes

O novo *kit* de corte mecânico foi aplicado na linha de montagem (Figura 104), sendo que nas primeiras semanas de trabalho foi acompanhado diariamente, de modo a garantir o seu bom funcionamento.

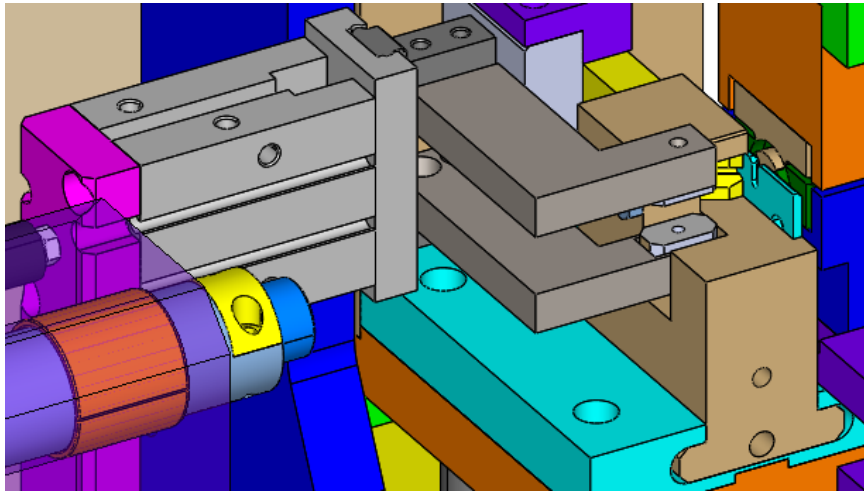


Figura 104 – Novo sistema de corte mecânico Capôs Grandes

Nesta linha de montagem, ao retirar-se os centradores das pinças, confirmou-se que os mesmos não eram necessários, visto que as pastilhas que agarram o cabo estão perto da zona de corte, devido: (a) às características do cabo usado nas referências desta linha; e (b) ao bom guiamento do mesmo. As aparas desta linha são extraídas das pastilhas recorrendo a um íman acoplado a um atuador (Figura 105).

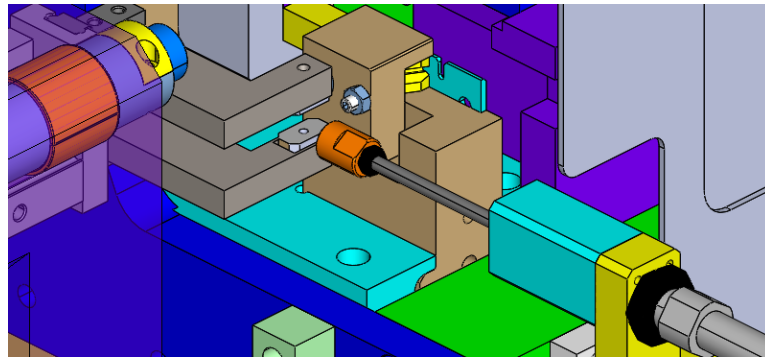


Figura 105 – Atuador com ímã para retirar aparas

O novo *kit* de corte mecânico teve um custo de aproximadamente 300 €.

- Linha de montagem: **BX726 (Corte mecânico)**

A linha de montagem BX726 apresenta, em algumas referências de cabo de comando, o sistema de corte mecânico, com lâmina de corte à esquerda. Seguindo a mesma linha de pensamento aplicada na redução do comprimento do aparado nos outros sistemas de corte mecânicos existentes, conseguiu-se também nesta linha, com um baixo investimento, diminuir substancialmente o comprimento do aparado (Figura 106).

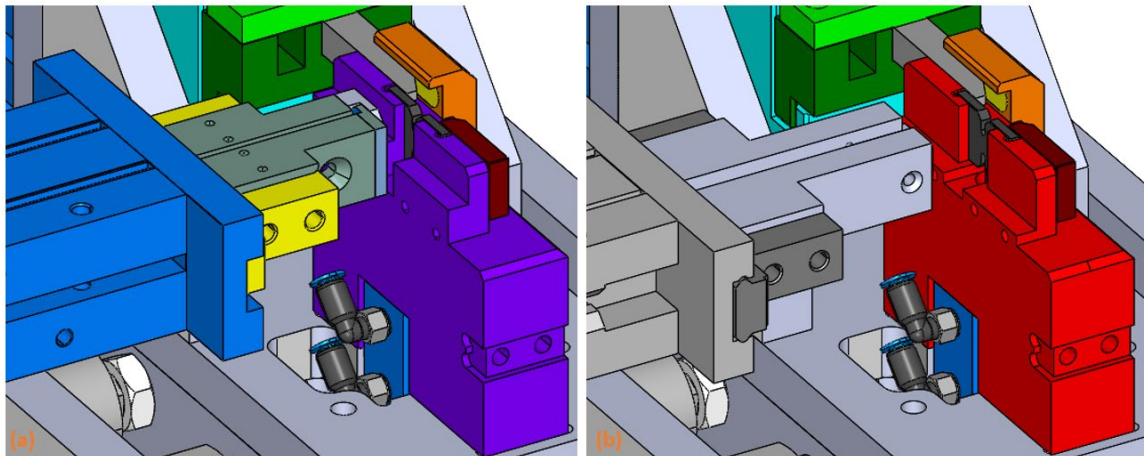
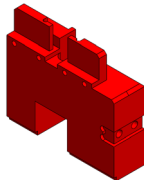
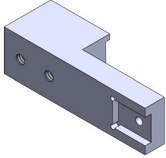
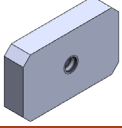


Figura 106 - (a) Corte mecânico original BX726; (b) Novo corte mecânico BX726

Na tabela XLIV, estão presentes as peças que foram necessárias criar para diminuir o aparado nesta linha.

Tabela XLIV – Novas peças para alteração do sistema corte mecânico da linha de montagem BX726

Nome peça	Imagem	Referência peça	Material
Bloco corte lâmina C.M. BX726		PMPBLC0982	Aço C265

Pinça C.M. BX726		PMPPIN0195	Aço C45E
Pastilha <i>Standard</i>		PMDPAS0022	Folha Serra

Nesta linha de montagem, ao retirar-se os centradores das pinças, confirmou-se que os mesmos não eram necessários, visto que o *kit* de corte mecânico original já continha um sistema de uma guia vertical com rasgo para colocação de dois pequenos *imans*, estando esta peça acoplada a um atuador linear (Figura 107).

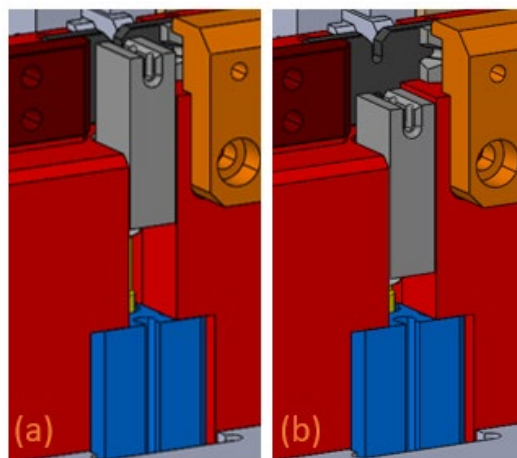


Figura 107 - (a) Posição inicial guia vertical; (b) – Posição guia vertical a quando o corte do cabo

Com a implementação do novo *kit* de corte mecânico na linha de montagem, foi possível diminuir o aparado de aproximadamente 41 mm para 24 mm, uma redução de 41,5% (Figura 108).

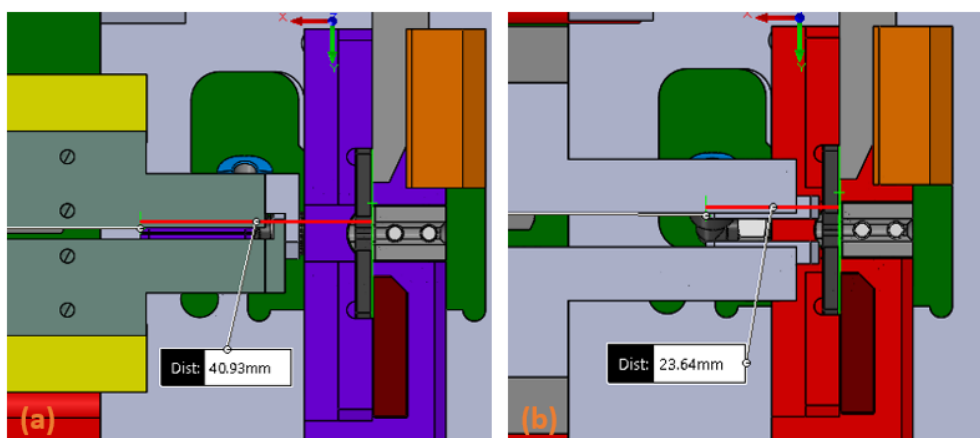


Figura 108 - (a) Tamanho da avara de corte mecânico antigo BX726.; (b) Tamanho da avara no novo sistema de corte mecânico BX726

O novo *kit* de corte mecânico teve um custo de aproximadamente 350 €.

- Linhas de Montagem: **Portas POLO e Portas GOLF**

As linhas de montagem Portas Polo e Portas Golf são exatamente iguais, tendo as seguintes alterações sido feitas nas duas linhas. Conseguiu-se diminuir o aparado em ambas as linhas Portas Polo e Golf, no entanto, nestas linhas, ao contrário do que aconteceu nas outras, a diminuição do aparado não veio da alteração do sistema de corte, mas sim da alteração de certos componentes no sistema de introdução de cabo no posto de aparar (Figura 109).

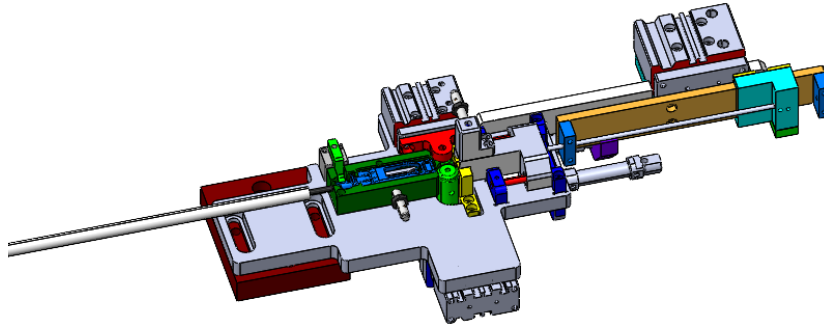


Figura 109 - Sistema de introdução de cabo Portas Polo/Golf

A operadora coloca o terminal do subconjunto da espiral no seu respetivo *gabarit*, de seguida introduz o cabo por um orifício definido e um conjunto de roldanas garantem a correta introdução do cabo metálico na espiral. Todas as referências de cabo de comando da linha de montagem apresentam a necessidade de montagem de um *clip* no primeiro terminal de zamak do cabo. Tal operação é garantida através de uma série de atuadores e um extrator cilíndrico que garante a fixação do mesmo. A peça PMPGUI0549 (Guia e centramento do cabo) funciona como batente do *clip*. Depois de garantida a fixação do terminal, a guia do cabo baixa, deixando o atuador de garras paralelas, com as respetivas pinças e pastilhas, puxar o cabo para este ser aparado.

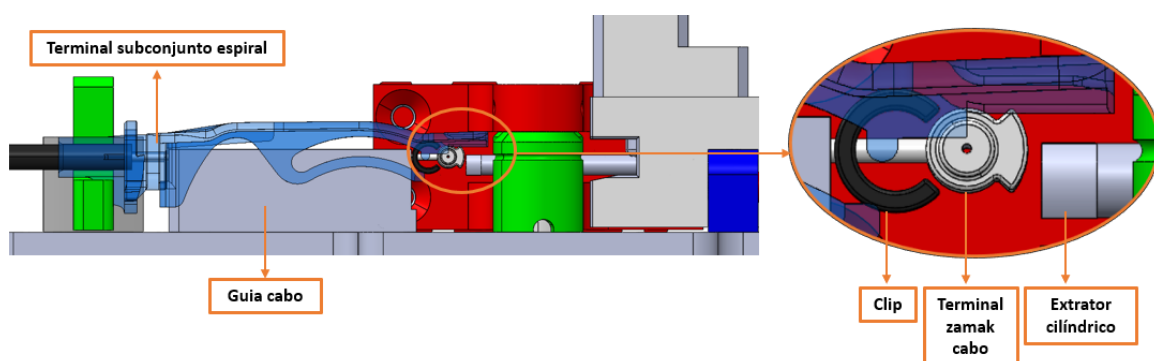


Figura 110 - Sistema de fixação

Originalmente, devido à configuração do sistema de introdução de cabo, grande parte do tamanho do aparado ($\cong 24$ mm) era gerado pelo excedente de cabo necessário para as pastilhas do atuador de garras paralelas conseguirem agarrar o mesmo e puxá-lo para a sua correta posição (Figura 111), sendo depois aparado.

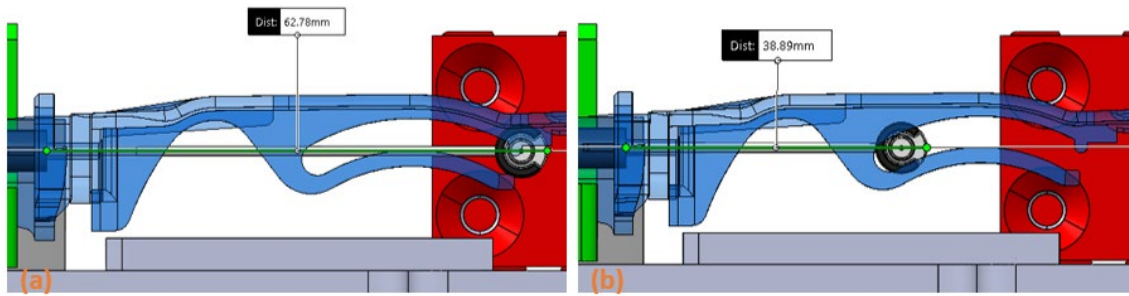


Figura 111 – (a) Posição de fixação do terminal zamak; Posição do cabo aquando aparado do mesmo

Ao substituir o extrator por outro com mais 30 mm de comprimento, assim como o atuador linear que controla a posição do extrator, foi possível fazer com que seja o extrator a empurrar o cabo até à posição de corte de cabo, diminuindo assim o aparado em aproximadamente 24 mm (Figuras 111 e 112).

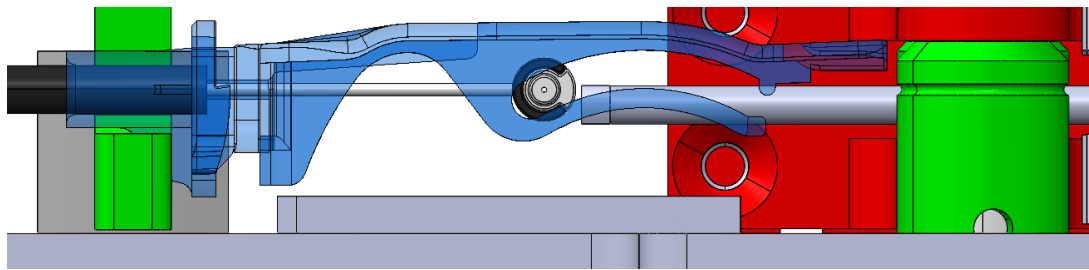


Figura 112 – Colocação do cabo na posição de aparar pelo extrator

Na tabela XLV, estão presentes as peças que foram necessárias criar para diminuir o aparado na linha.

Tabela XLV – Novas peças para alteração do sistema de introdução de cabo das linhas de montagem Portas Polo e Portas Golf

Nome peça	Imagem	Referência peça	Material
Veio (extrator) I.C. Portas Polo/Golf		PMPVEI2349	(Extrator)
Cilindro de corpo redondo SMC		CD85N16-120-B	-
Barra veio I.C. Portas Polo/Golf		PMPBAR1412	Aço RL200

O novo *kit* de corte mecânico tem um custo de aproximadamente 200 €.

- **Máquina de corte de cabo MCG00003F**

Além do estudo e alterações realizadas de modo a diminuir o aparado nas linhas de montagem, alterou-se o sistema de corte elétrico presente numa máquina de corte de cabo (Figura 113), de modo a permitir que esta mesma máquina corte cabo com um tamanho mais reduzido. Esta máquina corta cabo para referências onde o mesmo é muito pequeno (121912439; 121911678), sendo que mesmo no seu *setup* de menor comprimento de corte, este mesmo comprimento é superior ao necessário, levando a um elevado desperdício. Originalmente, o tamanho mínimo do corte era de 130 mm, sendo que, com as alterações realizadas à máquina, conseguiu-se passar para os 30 mm de comprimento mínimo de corte de cabo.

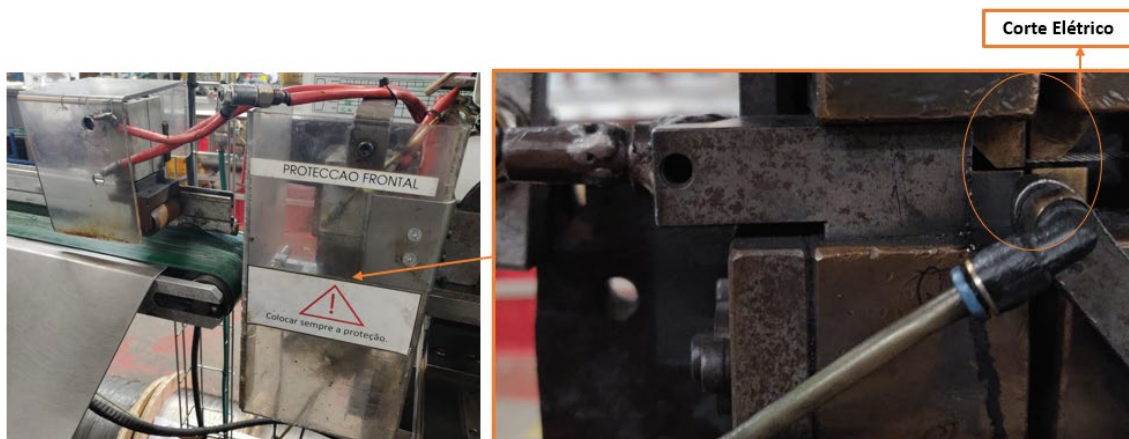


Figura 113 - Sistema de corte elétrico na máquina de corte de cabo MCG00003F

De modo a conseguir-se um tamanho mínimo de corte de cabo de 30 mm, desenvolveu-se um sistema com atuador de garras paralelas, de modo ao mesmo conseguir agarrar a ponta do cabo o mais perto possível da zona de corte (Figura 114).



Figura 114 - Novo *setup* de corte de cabo pequeno (mínimo de 30 mm)

Uma vez que o tamanho de corte de cabo com a nova configuração/*setup* está dependente do curso do cilindro guiado SMC MGPL12-100Z, permitindo apenas cortes de cabo com tamanho relativamente pequeno, e esta máquina, além de ser responsável pelo corte de cabo de referências com um tamanho pequeno, é também responsável por referências de grandes dimensões, foi necessário desenvolver um *setup* de corte o mais parecido com o existente originalmente na máquina, e que permita uma alteração entre *setups* rápida. Na figura 115 é possível ver o novo *setup* de corte de cabo grande.

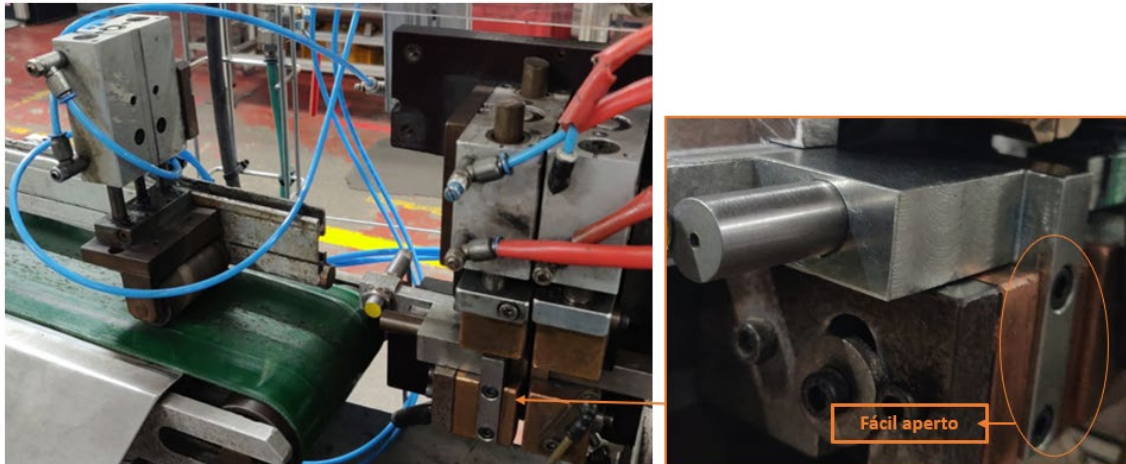
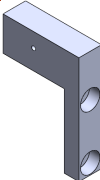
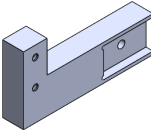
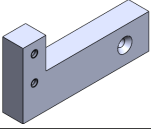
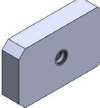

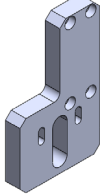
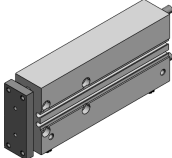


Figura 115 – Novo *setup* de corte de cabo grande

Na tabela XLVI, são apresentadas as peças que foram necessárias criar para o novo *setup* de corte de cabo pequeno (a barra que suporta o cilindro guiado SMC que já existia na empresa, sendo que aquando da montagem do novo *setup* de corte pequeno, esta mesma peça foi retificada pelo técnico de manutenção, de modo a suportar o cilindro).

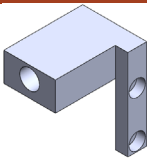
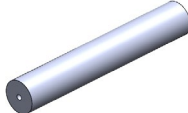
Tabela XLVI – Novas peças para o *setup* de corte de cabo pequeno da máquina de corte de cabo MCCG0003F

Nome peça	Imagem	Referência peça	Material
Guia Cabo Pequeno MCCG00003F		PMPGUI2276	Aço RL200
Pinça Esquerda MCCG00003F		PMPPIN0196	Aço C45E
Pinça Direita MCCG00003F		PMPPIN0197	Aço C45E
Pastilha <i>Standard</i>		PMDPAS0022	Folha Serra

FESTO Atuador garras paralelas		DHPS-16-A	-
Suporte Atuador Garras Paralelas MCCG00003F		PMPSUP10141	Aço C45E
Cilindro guiado SMC		SMC MGPL12-100Z	-

Na tabela XLVII, são mostradas as peças que foram necessárias criar para o novo *setup* de corte de cabo grande.

Tabela XLVII -Novas peças para o *setup* de corte de cabo grande da máquina de corte de cabo MCCG00003F

Nome peça	Imagem	Referência peça	Material
Postiço Aperto Guia Cabo Grande MCCG00003F		PMPPOA1133	Aço C45E
Guia Cabo Grande MCCG00003F		PMPGUI2277	Aço RL200

As novas peças, necessárias para os novos *setups*, tiveram um custo de aproximadamente 190 € (a empresa possuía ambos os atuadores, sendo que estes pertenciam a uma máquina que já não se encontrava em funcionamento, permitindo assim dar um novo uso aos mesmos).

4.2.5 Fase Controlar (*Control*)

4.2.5.1 Ganhos obtidos

Na tabela XLVIII estão presentes os ganhos obtidos devido à implementação de melhorias nas linhas de montagem, de modo a diminuir o aparado de cabo nas mesmas.

Tabela XLVIII – Ganho de cabo ao diminuir o aparado nas linhas de montagem

Linha de Montagem	Produção anual (atual)	Produção Objetivo- Hora Cabos de Comando	Produção capacidade máxima anual (teórico)	Ganho aparado médio (mm)	Investimento	Ganho anual (atual)	Ganho anual aproximado (teórico)	Ganho até ao fim de vida do projeto (atual)
JLR	457 116	340	1 566 720	36	0 €	2 452 €	9 487 €	12 287 €
BX726 (corte elétrico)	680 272	375	1 728 000	15,5	550 €	1 147 €	2 914 €	5 552 €
Multi. 1	656 950	186	857 088	15	550 €	902 €	1 176 €	2 602 €
B479 Ext.	884 067	350	1 612 800	22	370 €	1 646 €	3 210 €	6 550 €
B526 Ext.	1 003 282	475	2 188 800	9,8	0 €	617 €	1 244 €	1 772 €
Capôs Grandes 1	370 476	158	728 064	48	300 €	942 €	2 027 €	3 376 €
Capôs Grandes 2	333 705	158	728 064	43	300 €	922 €	1 816 €	3 746 €
BX726 (corte mecânico)	336 404	375	1 728 000	20	350 €	616 €	3 162 €	3 012 €
Portas Polo	946 086	400	3 225 600	24	200 €	1 317 €	4 490 €	2 956 €
Portas Golf	338 741	400	3 225 600	24	200 €	472 €	4 490 €	868 €
					Σ2 820€	Σ11 033€		Σ42 721€

Sendo que houve um investimento no total de 2 820 €, o *payback time* são cerca de três meses. O ganho total das melhorias implementadas, de modo a diminuir o aparado de cabo nas linhas de montagem, é de **8 213 €/ano**, e de **40 001 €** até ao fim de vida dos projetos (≈ 2026).

CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHO FUTUROS

5.1 CONCLUSÕES

5.2 PROPOSTAS DE TRABALHO FUTUROS

5 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHO FUTUROS

5.1 Conclusões

O presente trabalho teve como principal objetivo a redução ou eliminação da ponta de cabo na operação de aparar nas linhas de produção, uma vez que a empresa de acolhimento apresentava, anualmente, um desperdício de milhares de metros de cabo metálico entrançado.

Para se obter as melhorias pretendidas, a ferramenta utilizada foi o ciclo DMAIC, que se mostrou eficaz para melhorar a estabilidade do processo e a qualidade do produto final.

Com este projeto, foi possível identificar quais as causas-raíz que impediam a eliminação do aparado nas linhas de montagem, verificando que as variáveis que contribuem com maior impacto são as dimensões do 2º terminal de injeção de zamak, assim como a variação existente no corte de cabo metálico. Também foi possível estudar e melhorar os mecanismos de corte de cabo nas linhas de montagem, tanto no corte elétrico como no corte mecânico, de modo à aparar por estes criada ser menor.

Sendo que se conseguiu concluir praticamente todas as ações de melhoria, obteve-se, entre ganho de material e mão de obra, um valor anual de cerca de 89 289 € e até aproximadamente 2026 um ganho de 288 343 €. Eliminou-se o aparado em cinco linhas de montagem, diminuiu-se o aparado em oito linhas de montagem e implementaram-se melhorias numa máquina de corte de cabo, permitindo medidas de corte mais pequenas.

5.2 Propostas de Trabalho Futuras

A realização do estágio na empresa Fico Cables teve a duração total de 9 meses, o que impossibilitou o acompanhamento de todas as melhorias realizadas aos equipamentos. Torna-se, assim, fundamental a realização do acompanhamento contínuo das alterações de modo a analisar os resultados que as implementações irão trazer.

Não foi feito um estudo profundo sobre o motivo pelo qual as máquinas de corte de cabo, assim como os *robocops* simples apresentavam uma variação de corte elevada. Sugere-se assim que tais estudos sejam feitos de modo a tornar a variação de corte mais reduzida.

BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

6 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- [1] J. Bell Rae, “automotive industry | History, Overview, Definition, Developments, & Facts | Britannica,” *Encyclopedia Britannica*, Nov. 12, 2020. <https://www.britannica.com/technology/automotive-industry> (accessed Dec. 09, 2021).
- [2] “2020 Statistics | www.oica.net.” <https://www.oica.net/category/production-statistics/2020-statistics/> (accessed Dec. 09, 2021).
- [3] “Economic Contributions | www.oica.net.” <https://www.oica.net/category/economic-contributions/> (accessed Dec. 10, 2021).
- [4] B. Saberi, “The role of the automobile industry in the economy of developed countries,” *International Robotics & Automation Journal*, vol. 4, no. 3, May 2018, doi: 10.15406/iratj.2018.04.00119.
- [5] “Automotive industry.” https://ec.europa.eu/growth/sectors/automotive-industry_en (accessed Dec. 11, 2021).
- [6] “2020 State of The U.S. Automotive Industry,” 2020.
- [7] “HISTORICAL EVOLUTION - AFIA.” <https://afia.pt/en/about-afia/historical-evolution/> (accessed Dec. 15, 2021).
- [8] P. Ascensão, “Indústria Automóvel | forte dinâmica empresarial alavancada pelo COMPETE 2020,” Nov. 16, 2017. https://www.compete2020.gov.pt/pesquisa/detalhe/NL_Inovacao_automovel (accessed Dec. 12, 2021).
- [9] “Automotive Industry | Portugal IN.” <http://www.portugalin.gov.pt/automotive-industry/> (accessed Dec. 12, 2021).
- [10] “Portugal - Automotive and Automotive Parts,” *International Trade Administration*, Oct. 02, 2021. <https://www.trade.gov/country-commercial-guides/portugal-automotive-and-automotive-parts> (accessed Dec. 15, 2021).
- [11] “PORTUGAL Indústria de Componentes para Automóveis.” AFIA, Nov. 2021.
- [12] “OICA-press-release-2020-04-06”.
- [13] “• Car production: Number of cars produced worldwide 2018 | Statista.” <https://www.statista.com/statistics/262747/worldwide-automobile-production-since-2000/> (accessed Dec. 18, 2021).
- [14] J. de Maarten VET, D. Nigohosyan, J. Núñez Ferrer, A.-K. Gross, S. Kuehl, and M. Flickenschild, “Impacts of the COVID-19 pandemic on EU industries.”

- [15] F. Hoeft, "The case of sales in the automotive industry during the COVID-19 pandemic," *Strategic Change*, vol. 30, no. 2, pp. 117–125, Mar. 2021, doi: 10.1002/jsc.2395.
- [16] J. Nayak, M. Mishra, B. Naik, H. Swapnarekha, K. Cengiz, and V. Shanmuganathan, "An impact study of COVID-19 on six different industries: Automobile, energy and power, agriculture, education, travel and tourism and consumer electronics," *Expert Syst*, 2021, doi: 10.1111/exsy.12677.
- [17] N. Kaitwade, "COVID-19 shatters global automotive industry; sales of metal powder take a nosedive amid wavering demand," *Metal Powder Report*, vol. 76, no. 3, pp. 137–139, May 2021, doi: 10.1016/j.mprp.2020.06.059.
- [18] Y. C. Liu, R. L. Kuo, and S. R. Shih, "COVID-19: The first documented coronavirus pandemic in history," *Biomedical Journal*, vol. 43, no. 4. Elsevier B.V., pp. 328–333, Aug. 01, 2020. doi: 10.1016/j.bj.2020.04.007.
- [19] "COVID-19 Coronavirus Pandemic- Worldometer," *Worldometer*. <https://www.worldometers.info/coronavirus/> (accessed Dec. 15, 2021).
- [20] P. F. Rupani, M. Nilashi, R. A. Abumalloh, S. Asadi, S. Samad, and S. Wang, "Coronavirus pandemic (COVID-19) and its natural environmental impacts," *International Journal of Environmental Science and Technology*, vol. 17, no. 11. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, pp. 4655–4666, Nov. 01, 2020. doi: 10.1007/s13762-020-02910-x.
- [21] A. Belhadi, S. Kamble, C. J. C. Jabbour, A. Gunasekaran, N. O. Ndubisi, and M. Venkatesh, "Manufacturing and service supply chain resilience to the COVID-19 outbreak: Lessons learned from the automobile and airline industries," *Technol Forecast Soc Change*, vol. 163, Feb. 2021, doi: 10.1016/j.techfore.2020.120447.
- [22] D. Ivanov and A. Dolgui, "Viability of intertwined supply networks: extending the supply chain resilience angles towards survivability. A position paper motivated by COVID-19 outbreak," *Int J Prod Res*, vol. 58, no. 10, pp. 2904–2915, May 2020, doi: 10.1080/00207543.2020.1750727.
- [23] "Chip shortage: auto industry calls for more EU-made semiconductors - ACEA - European Automobile Manufacturers' Association," Oct. 27, 2021. <https://www.acea.auto/message-dg/chip-shortage-auto-industry-calls-for-more-eu-made-semiconductors/> (accessed Dec. 18, 2021).
- [24] X. Wu, C. Zhang, and W. Du, "An Analysis on the Crisis of 'chips shortage' in Automobile Industry - - Based on the Double Influence of COVID-19 and Trade Friction," in *Journal of Physics: Conference Series*, Jul. 2021, vol. 1971, no. 1. doi: 10.1088/1742-6596/1971/1/012100.
- [25] P. M. Krolkowski and K. N. Naggert, "Semiconductor Shortages and Vehicle Production and Prices," *Economic Commentary (Federal Reserve Bank of Cleveland)*, pp. 1–6, Jul. 2021, doi: 10.26509/frbc-ec-202117.
- [26] G. I. Marinova and A. K. Bitri, "Challenges and opportunities for semiconductor and electronic design automation industry in post-Covid-19 years," *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 1208, no. 1, p. 012036, Nov. 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1208/1/012036.

- [27] “Arquivo de Press-Release - AFIA,” Dec. 10, 2021. <https://afia.pt/category/press-release/> (accessed Jan. 13, 2022).
- [28] N. K. K. G. and K. M. Kiran Raj, “Impact of Covid-19 Pandemic in the Automobile Industry: A Case Study,” *International Journal of Case Studies in Business, IT, and Education (IJCSBE)*, vol. 5, no. 1, pp. 2581–6942, 2021, doi: 10.5281/zenodo.4505772.
- [29] T. Furcher, D. Holland-Letz, F. Rupalla, and A. Tschiesner, “How car buying and mobility is changing amid COVID-19 | McKinsey,” *McKinsey & Company*, Aug. 27, 2021. <https://www.mckinsey.com/business-functions/marketing-and-sales/our%20insights/how-consumers-behavior-in-car-buying-and-mobility-changes-amid-covid-19> (accessed Dec. 23, 2021).
- [30] “• Global automotive market size 2030 | Statista.” <https://www.statista.com/statistics/574151/global-automotive-industry-revenue/> (accessed Dec. 23, 2021).
- [31] J. Antony, R. Snee, and R. Hoerl, “Lean Six Sigma: yesterday, today and tomorrow,” *International Journal of Quality and Reliability Management*, vol. 34, no. 7, pp. 1073–1093, 2017, doi: 10.1108/IJQRM-03-2016-0035.
- [32] P. W. Witt and T. Baker, “Personality characteristics and Six Sigma: a review,” *International Journal of Quality and Reliability Management*, vol. 35, no. 3. Emerald Group Publishing Ltd., pp. 729–761, 2018. doi: 10.1108/IJQRM-09-2016-0152.
- [33] J. Muraliraj, S. Zailani, S. Kuppusamy, and C. Santha, “Annotated methodological review of Lean Six Sigma,” *International Journal of Lean Six Sigma*, vol. 9, no. 1. Emerald Group Publishing Ltd., pp. 2–49, 2018. doi: 10.1108/IJLSS-04-2017-0028.
- [34] S. J. Raval and R. Kant, “Study on Lean Six Sigma frameworks: a critical literature review,” *International Journal of Lean Six Sigma*, vol. 8, no. 3. Emerald Group Publishing Ltd., pp. 275–334, 2017. doi: 10.1108/IJLSS-02-2016-0003.
- [35] S. Qayyum, F. Ullah, F. Al-Turjman, and M. Mojtahedi, “Managing smart cities through six sigma DMADICV method: A review-based conceptual framework,” *Sustain Cities Soc*, vol. 72, Sep. 2021, doi: 10.1016/j.scs.2021.103022.
- [36] A. Pugna, R. Negrea, and S. Miclea, “Using Six Sigma Methodology to Improve the Assembly Process in an Automotive Company,” *Procedia Soc Behav Sci*, vol. 221, pp. 308–316, Jun. 2016, doi: 10.1016/j.sbspro.2016.05.120.
- [37] M. Sony, J. Antony, S. Park, and M. Mutingi, “Key Criticisms of Six Sigma: A Systematic Literature Review,” *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 67, no. 3. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., pp. 950–962, Aug. 01, 2020. doi: 10.1109/TEM.2018.2889517.
- [38] Y. Z. Mehrjerdi, “Six-Sigma: Methodology, tools and its future,” *Assembly Automation*, vol. 31, no. 1, pp. 79–88, 2011, doi: 10.1108/01445151111104209.
- [39] D. C. Montgomery, *Introduction to Statistical Quality Control*, Sixth Edition. 2009.

- [40] S. Albliwi, J. Antony, S. A. H. Lim, and T. van der Wiele, "Critical failure factors of lean Six Sigma: A systematic literature review," *International Journal of Quality and Reliability Management*, vol. 31, no. 9, pp. 1012–1030, Sep. 2014, doi: 10.1108/IJQRM-09-2013-0147.
- [41] R. Padhy, "Six Sigma project selections: a critical review," *International Journal of Lean Six Sigma*, vol. 8, no. 2, pp. 244–258, Jun. 2017, doi: 10.1108/ijlss-06-2016-0025.
- [42] M. Maclel-Monteon, J. Limon-Romero, C. Gastelum-Acosta, Di. Tlapa, Y. Baez-Lopez, and H. A. Solano-Lamphar, "Measuring Critical Success Factors for Six Sigma in Higher Education Institutions: Development and Validation of a Surveying Instrument," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 1813–1823, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2962521.
- [43] V. Swarnakar, A. R. Singh, J. Antony, A. Kr Tiwari, E. Cudney, and S. Furterer, "A multiple integrated approach for modelling critical success factors in sustainable LSS implementation," *Comput Ind Eng*, vol. 150, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.cie.2020.106865.
- [44] R. v. Sreedharan, V. M. Sunder, and R. Raju, "Critical success factors of TQM, Six Sigma, Lean and Lean Six Sigma: A literature review and key findings," *Benchmarking*, vol. 25, no. 9. Emerald Group Publishing Ltd., pp. 3479–3504, Nov. 29, 2018. doi: 10.1108/BIJ-08-2017-0223.
- [45] G. Singh and D. Singh, "CSFs for Six Sigma implementation: a systematic literature review," *Journal of Asia Business Studies*, vol. 14, no. 5. Emerald Group Holdings Ltd., pp. 795–818, Dec. 07, 2020. doi: 10.1108/JABS-03-2020-0119.
- [46] I. Alhuraish, C. Robledo, and A. Kobi, "A comparative exploration of lean manufacturing and six sigma in terms of their critical success factors," *J Clean Prod*, vol. 164, pp. 325–337, 2017, doi: 10.1016/j.jclepro.2017.06.146.
- [47] A. Rahman, S. Shaju, S. Sarkar, M. Hashem, S. Hasan, R. Mandal and U. Islam, "A Case Study of Six Sigma Define-Measure-Analyze-Improve-Control (DMAIC) Methodology in Garment Sector," *Independent Journal of Management & Production*, vol. 8, no. 4, p. 1309, Dec. 2017, doi: 10.14807/ijmp.v8i4.650.
- [48] M. do Rosário Cabrita, J. P. Domingues, and J. Requeijo, "Application of lean six-sigma methodology to reducing production costs: Case study of a Portuguese bolts manufacturer," *International Journal of Management Science and Engineering Management*, vol. 11, no. 4, pp. 221–230, Nov. 2015, doi: 10.1080/17509653.2015.1094755.
- [49] H. Rifqi, A. Zamma, S. B. Souda, and M. Hansali, "Lean manufacturing implementation through DMAIC approach: A case study in the automotive industry," *Quality Innovation Prosperity*, vol. 25, no. 2, pp. 54–77, 2021, doi: 10.12776/qip.v25i2.1576.
- [50] A. Trimarjoko, H. H. Purba, and A. Nindiani, "Consistency of dmaic phases implementation on six sigma method in manufacturing and service industry: A literature review," *Management and Production Engineering Review*, vol. 11, no. 4, pp. 34–45, Dec. 2020, doi: 10.24425/mper.2020.136118.

- [51] S. Ahmed, "Integrating DMAIC approach of Lean Six Sigma and theory of constraints toward quality improvement in healthcare," *Rev Environ Health*, 2019, doi: 10.1515/reveh-2019-0003.
- [52] M. S. v Elkind, C. D. Kassardjian, M. L. Williamson, D. J. van Buskirk, F. C. Ernste, and A. N. L. Hunderfund, "Residency Training: Quality improvement projects in neurology residency and fellowship Applying DMAIC methodology," 2015.
- [53] P. Gejdoš, "Continuous Quality Improvement by Statistical Process Control," *Procedia Economics and Finance*, vol. 34, pp. 565–572, 2015, doi: 10.1016/s2212-5671(15)01669-x.
- [54] A. Yagmur Akbulut-Bailey, J. Motwani, and E. M. Smedley, "When Lean and Six Sigma converge: a case study of a successful implementation of Lean Six Sigma at an aerospace company," 2012.
- [55] A. Baptista, F. J. G. Silva, R. D. S. G. Campilho, S. Ferreira, and G. Pinto, "Applying DMADV on the industrialization of updated components in the automotive sector: A case study," in *Procedia Manufacturing*, 2020, vol. 51, pp. 1332–1339. doi: 10.1016/j.promfg.2020.10.186.
- [56] F. K. Wang, C. T. Yeh, and T. P. Chu, "Using the design for Six Sigma approach with TRIZ for new product development," *Comput Ind Eng*, vol. 98, pp. 522–530, Aug. 2016, doi: 10.1016/j.cie.2016.06.014.
- [57] B. Barbosa, M. T. Pereira, F. J. G. Silva, and R. D. S. G. Campilho, "Solving Quality Problems in Tyre Production Preparation Process: A Practical Approach," *Procedia Manuf*, vol. 11, pp. 1239–1246, 2017, doi: 10.1016/j.promfg.2017.07.250.
- [58] T. Costa, F. J. G. Silva, and L. Pinto Ferreira, "Improve the extrusion process in tire production using Six Sigma methodology," *Procedia Manuf*, vol. 13, pp. 1104–1111, 2017, doi: 10.1016/j.promfg.2017.09.171.
- [59] C. Ferreira, J. C. Sá, L. P. Ferreira, M. P. Lopes, T. Pereira, L. P. Ferreira, F. J. G. Silva, "ILeanDMAIC - A methodology for implementing the lean tools," 2019. [Online]. Available: www.sciencedirect.com
- [60] M. T. Pereira, M. Inês Bento, L. P. Ferreira, J. C. Sá, and F. J. G. Silva, "Using Six Sigma to analyse Customer Satisfaction at the product design and development stage," in *Procedia Manufacturing*, 2019, vol. 38, pp. 1608–1614. doi: 10.1016/j.promfg.2020.01.124.
- [61] J. Pereira, F. J. G. Silva, J. A. Bastos, L. P. Ferreira, and J. C. O. Matias, "Application of the A3 methodology for the improvement of an assembly line," in *Procedia Manufacturing*, 2019, vol. 38, pp. 745–754. doi: 10.1016/j.promfg.2020.01.101.
- [62] L. Girmanová, M. Šolc, J. Kliment, A. Divoková, and V. Mikloš, "Application of Six Sigma Using DMAIC Methodology in the Process of Product Quality Control in Metallurgical Operation," *Acta Technologica Agriculturae*, vol. 20, no. 4, pp. 104–109, Dec. 2017, doi: 10.1515/ata-2017-0020.
- [63] A. M. H. Pereira, M. R. Silva, M. A. G. Domingues, and J. C. Sá, "Lean six sigma approach to improve the production process in the mould industry: A case

- study,” *Quality Innovation Prosperity*, vol. 23, no. 3, pp. 103–121, 2019, doi: 10.12776/QIP.V23I3.1334.
- [64] G. Improta, G. Balato, M. Romano, A. Ponsiglione, E. Raiola, M. Russo, P. Cuccaro, L. Santillo and M. Cesarelli, “Improving performances of the knee replacement surgery process by applying DMAIC principles,” *J Eval Clin Pract*, vol. 23, no. 6, pp. 1401–1407, Dec. 2017, doi: 10.1111/jep.12810.
- [65] N. Padmarajan and S. K. Selvaraj, “Sig sigma implementation (DMAIC) of friction welding of tube to tube plate by external tool optimization,” in *Materials Today: Proceedings*, 2021, vol. 46, pp. 7344–7350. doi: 10.1016/j.matpr.2020.12.1013.
- [66] M. G. McKie, R. Jones, J. Miles, and I. R. Jones, “Improving Lean Manufacturing Systems and Tools Engagement Through the Utilisation of Industry 4.0, Improved Communication and a People Recognition Methodology in a UK Engine Manufacturing Centre,” *Procedia Manuf*, vol. 55, pp. 371–382, 2021, doi: 10.1016/j.promfg.2021.10.052.
- [67] J. C. Sá, V. Manuel, F. J. G. Silva, G. Santos, L. P. Ferreira, T. Pereira and M. Carvalho, “Lean Safety - assessment of the impact of 5S and Visual Management on safety,” *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 1193, no. 1, p. 012049, Oct. 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1193/1/012049.
- [68] J. Singh, H. Singh, and G. Singh, “Productivity improvement using lean manufacturing in manufacturing industry of Northern India: A case study,” *International Journal of Productivity and Performance Management*, vol. 67, no. 8, pp. 1394–1415, Nov. 2018, doi: 10.1108/IJPPM-02-2017-0037.
- [69] L. Bertolaccini, A. Viti, and A. Terzi, “The Statistical point of view of Quality: The Lean Six Sigma methodology,” *J Thorac Dis*, vol. 7, no. 4, pp. E66–E68, 2015, doi: 10.3978/j.issn.2072-1439.2015.04.11.
- [70] T. W. Kehr and M. D. Proctor, “People Pillars: Re-structuring the Toyota Production System (TPS) House Based on Inadequacies Revealed During the Automotive Recall Crisis,” *Qual Reliab Eng Int*, vol. 33, no. 4, pp. 921–930, Jun. 2017, doi: 10.1002/qre.2059.
- [71] M. Feinman, A. T. W. Hsu, S. Taylor, and L. Torbeck, “Cutting the fat: Utilizing LEAN methodology to improve rounding efficiency of surgical residents,” *The American Journal of Surgery*, Dec. 2021, doi: 10.1016/j.amjsurg.2021.12.005.
- [72] A. N. A. Wahab, M. Mukhtar, and R. Sulaiman, “A Conceptual Model of Lean Manufacturing Dimensions,” *Procedia Technology*, vol. 11, pp. 1292–1298, 2013, doi: 10.1016/j.protcy.2013.12.327.
- [73] J. C. M. de Sousa, R. D. S. G. Campilho, F. J. G. Silva, and P. M. M. dos Santos, “Process improvement in the metallic mesh cutting operation associated to tire manufacturing,” in *Procedia Manufacturing*, 2019, vol. 38, pp. 924–931. doi: 10.1016/j.promfg.2020.01.175.
- [74] G. Tortorella, J. Cómbita-Niño, J. Monsalvo-Buelvas, L. Vidal-Pacheco, and Z. Herrera-Fontalvo, “Design of a methodology to incorporate lean manufacturing tools in risk management, to reduce work accidents at service companies,” in

- Procedia Computer Science*, 2020, vol. 177, pp. 276–283. doi: 10.1016/j.procs.2020.10.038.
- [75] K. Salonitis and C. Tsinopoulos, “Drivers and Barriers of Lean Implementation in the Greek Manufacturing Sector,” in *Procedia CIRP*, 2016, vol. 57, pp. 189–194. doi: 10.1016/j.procir.2016.11.033.
- [76] M. F. Suárez-Barraza, S. M. Dahlggaard-Park, F. G. Rodríguez-González, and C. Durán-Arechiga, “In search of ‘Muda’ through the TKJ diagram,” *International Journal of Quality and Service Sciences*, vol. 8, no. 3, pp. 377–394, 2016, doi: 10.1108/IJQSS-04-2016-0028.
- [77] R. S. Bharsakade, P. Acharya, L. Ganapathy, and M. K. Tiwari, “A lean approach to healthcare management using multi criteria decision making,” *OPSEARCH*, vol. 58, no. 3, pp. 610–635, Sep. 2021, doi: 10.1007/s12597-020-00490-5.
- [78] J. Alieva and R. von Haartman, “Digital Muda-The New Form of Waste by Industry 4.0,” *OPERATIONS AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT*, vol. 13, no. 3, pp. 269–278, 2020.
- [79] P. Arunagiri and A. Gnanavelbabu, “Identification of major lean production waste in automobile industries using weighted average method,” in *Procedia Engineering*, 2014, vol. 97, pp. 2167–2175. doi: 10.1016/j.proeng.2014.12.460.
- [80] A. Gnanavelbabu and P. Arunagiri, “Ranking of MUDA using AHP and Fuzzy AHP algorithm,” 2018. [Online]. Available: www.sciencedirect.comwww.materialstoday.com/proceedings
- [81] J. K. Liker, *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World’s Gratest Manufacturer*, 2º Edição. 2004.
- [82] P. Arunagiri and A. Gnanavelbabu, “Identification of major Lean waste and its contributing factors using the fuzzy analytical hierarchy process,” 2016. [Online]. Available: www.nrcresearchpress.com
- [83] M. G. Mandujano, L. F. Alarcón, J. Kunz, and C. Mourgues, “Identifying waste in virtual design and construction practice from a Lean Thinking perspective: A meta-analysis of the literature,” 2015.
- [84] I. Leksic, N. Stefanic, and I. Veza, “The impact of using different lean manufacturing tools on waste reduction,” *Advances in Production Engineering And Management*, vol. 15, no. 1, pp. 81–92, Mar. 2020, doi: 10.14743/APEM2020.1.351.
- [85] C. Rosa, F. J. G. Silva, and L. P. Ferreira, “Improving the Quality and Productivity of Steel Wire-rope Assembly Lines for the Automotive Industry,” *Procedia Manuf*, vol. 11, pp. 1035–1042, 2017, doi: 10.1016/j.promfg.2017.07.214.
- [86] J. Azevedo, J. C. Sá, L. P. Ferreira, G. Santos, F. M. Cruz, G. Jimenez and F. J. G. Silva, “Improvement of Production Line in the Automotive Industry Throught Lean Philosophy,” 2019. [Online]. Available: www.sciencedirect.com
- [87] P. Ribeiro, J. C. Sá, L. P. Ferreira, F. J. G. Silva, M. T. Pereira, and G. Santos, “The impact of the application of lean tools for improvement of process in a plastic company: A case study,” in *Procedia Manufacturing*, 2019, vol. 38, pp. 765–775. doi: 10.1016/j.promfg.2020.01.104.

- [88] J. S. Randhawa and I. S. Ahuja, "5S – a quality improvement tool for sustainable performance: literature review and directions," *International Journal of Quality and Reliability Management*, vol. 34, no. 3. Emerald Group Publishing Ltd., pp. 334–361, 2017. doi: 10.1108/IJQRM-03-2015-0045.
- [89] E. Sousa, F. J. G. Silva, L. P. Ferreira, M. T. Pereira, R. Gouveia, and R. P. Silva, "Applying SMED methodology in cork stoppers production," in *Procedia Manufacturing*, 2018, vol. 17, pp. 611–622. doi: 10.1016/j.promfg.2018.10.103.
- [90] M. Martins, R. Godina, C. Pimentel, F. J. G. Silva, and J. C. O. Matias, "A Practical Study of the Application of SMED to Electron-beam Machining in Automotive Industry," in *Procedia Manufacturing*, 2018, vol. 17, pp. 647–654. doi: 10.1016/j.promfg.2018.10.113.
- [91] P. Neves, F. J. G. Silva, L. P. Ferreira, T. Pereira, A. Gouveia, and C. Pimentel, "Implementing Lean Tools in the Manufacturing Process of Trimmings Products," in *Procedia Manufacturing*, 2018, vol. 17, pp. 696–704. doi: 10.1016/j.promfg.2018.10.119.
- [92] C. Monteiro, L. P. Ferreira, N. O. Fernandes, J. C. Sá, M. T. Ribeiro, and F. J. G. Silva, "Improving the machining process of the metalworking industry using the lean tool SMED," in *Procedia Manufacturing*, 2019, vol. 41, pp. 555–562. doi: 10.1016/j.promfg.2019.09.043.
- [93] I. M. Ribeiro, R. Godina, C. Pimentel, F. J. G. Silva, and J. C. O. Matias, "Implementing TPM supported by 5S to improve the availability of an automotive production line," in *Procedia Manufacturing*, 2019, vol. 38, pp. 1574–1581. doi: 10.1016/j.promfg.2020.01.128.
- [94] P. Dias, F. J. G. Silva, R. D. S. G. Campilho, L. P. Ferreira, and T. Santos, "Analysis and improvement of an assembly line in the automotive industry," in *Procedia Manufacturing*, 2019, vol. 38, pp. 1444–1452. doi: 10.1016/j.promfg.2020.01.143.
- [95] T. Pombal, L. P. Ferreira, J. C. Sá, M. T. Pereira, and F. J. G. Silva, "Implementation of lean methodologies in the management of consumable materials in the maintenance workshops of an industrial company," in *Procedia Manufacturing*, 2019, vol. 38, pp. 975–982. doi: 10.1016/j.promfg.2020.01.181.
- [96] T. Pereira, A. S. L. Neves, F. J. G. Silva, R. Godina, L. Morgado, and G. F. L. Pinto, "Production process analysis and improvement of corrugated cardboard industry," in *Procedia Manufacturing*, 2020, vol. 51, pp. 1395–1402. doi: 10.1016/j.promfg.2020.10.194.
- [97] A. Costa, L. P. Ferreira, F. J. G. Silva, J. C. Sá, M. T. Pereira, and P. Ávila, "Analysis and improvement in the Electrical Discharge Machining process used on the manufacturing of moulds for plastics injection moulding," *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 1193, no. 1, p. 012021, Oct. 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1193/1/012021.
- [98] D. Alves, L. P. Ferreira, T. Pereira, J. C. Sá, F. J. G. Silva, and N. O. Fernandes, "Analysis and improvement of the packaging sector of an industrial company,"

- in *Procedia Manufacturing*, 2020, vol. 51, pp. 1327–1331. doi: 10.1016/j.promfg.2020.10.185.
- [99] R. Lopes, F. J. G. Silva, R. Godina, R. Campilho, T. Dieguez, L. P. Ferreria and A. Baptista, “Reducing scrap and improving an air conditioning pipe production line,” in *Procedia Manufacturing*, 2020, vol. 51, pp. 1410–1415. doi: 10.1016/j.promfg.2020.10.196.
- [100] “Ficosa investe 5 milhões em novas instalações na Cidade da Maia.” <https://www.noticiasmaia.com/ficosa-investe-5-milhoes-em-novas-instalacoes-na-cidade-da-maia/> (accessed Mar. 29, 2022).
- [101] “Arquivo de FICO CABLES - AFIA.” <https://afia.pt/tag/fico-cables/> (accessed Mar. 25, 2022).
- [102] “Ficosa reinforces its presence in Portugal with new facilities - Ficosa.” <https://www.ficosa.com/news/ficosa-reinforces-its-presence-in-portugal-with-new-facilities/> (accessed Mar. 25, 2022).
- [103] “Fico Cables – Fábrica de acessórios e equipamentos industriais, LDA Company Profile | MAIA, Portugal | Competitors, Financials & Contacts - Dun & Bradstreet.” https://www.dnb.com/business-directory/company-profiles.FICO_CABLES_-_F%C3%81BRICA_DE_ACESS%C3%93RIOS_E_EQUIPAMENTOS_INDUSTRIAIS_LD_A.48fd5b98f2d0b7e494f4b917f35b30f0.html (accessed Mar. 25, 2022).
- [104] “Ficosa Corporation - Ficosa.” <https://www.ficosa.com/company/ficosa-corporation/> (accessed Mar. 29, 2022).
- [105] “Products - Ficosa.” <https://www.ficosa.com/products/> (accessed Mar. 29, 2022).
- [106] “Ficosa People - Ficosa.” <https://www.ficosa.com/ficosa-people/> (accessed Mar. 29, 2022).
- [107] “Global Presence - Ficosa.” <https://www.ficosa.com/company/global-presence/> (accessed Mar. 29, 2022).
- [108] “HI-LEX Push-Pull Cables | Automobiles | HI-LEX CORPORATION.” <http://www.hi-lex.co.jp/e/cable/automobile/automobile02.html> (accessed Apr. 04, 2022).
- [109] M. D. M. Rosa, “Mapeamento de processos industriais na FicoCables,” M.S. thesis, Departamento de Engenharia Mecânica, ISEP, Porto, 2017
- [110] T. S. Lopes, “Implementação de sequenciador Eletrónico na FicoCables,” M.S. thesis, Departamento de Engenharia Mecânica, ISEP, Porto, 2018
- [111] “Choosing the best control cables for your application.” Cables Manufacturing & Assembly CO. INC.
- [112] “CABLES & ESLINGAS - Catálogo Cabos de Aço.” 2017.
- [113] Institute of Electrical and Electronics Engineers., *Robotics and Automation (ICRA), 2014 IEEE International Conference on : May 31 2014-June 7 2014 : [Hong Kong, China]*.

- [114] L. M. B. Coelho, “Automatização do processo produtivo de cabos de comando para automóveis,” M.S. thesis, Departamento de Engenharia Mecânica, ISEP, Porto, 2021.
- [115] J. M. M. Quadrado, “Análise e otimização de máquinas para o fabrico de espiral metálica para abos,” M.S. thesis, Departamento de Engenharia Mecânica, ISEP, Porto, 2016.
- [116] F. B. Viana, “Estudo de problemas de corrosão em cabos de aço zincado,” M.S. thesis, Departamento de Engenharia Mecânica, ISEP, Porto, 2015.
- [117] E. M. G. F. Braga, “Otimização do processo de injeção de zamak,” M.S. thesis, Departamento de Engenharia Mecânica, ISEP, Porto, 2015.
- [118] “Tensile testing machine for multi-wire strand | ZwickRoell.” <https://www.zwickroell.com/news-events/news/tensile-testing-machine-for-steel-strands/> (accessed Apr. 28, 2022).
- [119] “ISO - 77.140.65 - Steel wire, wire ropes and link chains.” <https://www.iso.org/ics/77.140.65/x/> (accessed Apr. 28, 2022).
- [120] “ISO 3108:2017 Steel wire ropes - Test method - Determination of measured breaking force.” INTERNATIONAL STANDARD. [Online]. Available: www.iso.org
- [121] “ISO 2408:2017 Steel Wire Ropes - Requirements.” INTERNATIONAL STANDARD. [Online]. Available: www.sis.se/Buytheentirestandardviahttps://www.sis.se/std-921981
- [122] L. M. N. Afonso, “Desenvolvimento de um novo conceito de equipamento flecível para a indústria automóvel,” M.S. thesis, Departamento de Engenharia Mecânica, ISEP, Porto, 2019.
- [123] M. C. Tojal, F. J. G. Silva, R. D. S. G. Campilho, A. G. Pinto, and L. P. Ferreira, “Case-Based Product Development of a High-Pressure Die Casting Injection Subset Using Design Science Research,” *FME Transactions*, vol. 50, no. 1, pp. 32–44, 2022, doi: 10.5937/fme2201032T.
- [124] D. Vieira, F. J. G. Silva, R. D. S. G. Campilho, V. F. C. Sousa, L. P. Ferreira, J. C. Sá and M. Brito, “Automating equipment towards industry 4.0: A new concept for a transfer system of lengthy and low-stiffness products for automobiles,” *Journal of Testing and Evaluation*, vol. 50, no. 5, pp. 1–17, Sep. 2022, doi: 10.1520/JTE20210721.
- [125] N. Martins, F. J. G. Silva, R. D. S. G. Campilho, and L. P. Ferreira, “A novel concept of Bowden cables flexible and full-automated manufacturing process improving quality and productivity,” in *Procedia Manufacturing*, 2020, vol. 51, pp. 438–445. doi: 10.1016/j.promfg.2020.10.062.
- [126] C. Rosa, F. J. G. Silva, L. P. Ferreira, and R. Campilho, “SMED methodology: The reduction of setup times for Steel Wire-Rope assembly lines in the automotive industry,” *Procedia Manuf*, vol. 13, pp. 1034–1042, 2017, doi: 10.1016/j.promfg.2017.09.110.
- [127] R. Ribeiro, F. J. G. Silva, A. G. Pinto, R. D. S. G. Campilho, and H. A. Pinto, “Designing a novel system for the introduction of lubricant in control cables for

- the automotive industry,” in *Procedia Manufacturing*, 2019, vol. 38, pp. 715–725. doi: 10.1016/j.promfg.2020.01.096.
- [128] D. Figueiredo, F. J. G. Silva, R. D. S. G. Campilho, A. Silva, C. Pimentel, and J. C. O. Matias, “A new concept of automated manufacturing process for wire rope terminals,” in *Procedia Manufacturing*, 2020, vol. 51, pp. 431–437. doi: 10.1016/j.promfg.2020.10.061.
- [129] G. Pinto, F. J. G. Silva, A. Baptista, R. D. S. G. Campilho, and F. Viana, “Investigations on the Oxidation of Zn-coated Steel Cables,” *FME Transactions*, vol. 49, no. 3, pp. 587–597, 2021, doi: 10.5937/fme2103587P.
- [130] V. F. C. Sousa, F. J. G. Silva, L. P. Ferreira, R. D. S. G. Campilho, T. Pereira, and E. Braga, “Improving the Design of Nozzles Used in Zamak High-Pressure Die-Casting Process,” *FME Transactions*, vol. 49, no. 4, pp. 1005–1013, 2021, doi: 10.5937/FME2104005S.
- [131] J. P. S. Gonçalves, “Definição do fluxo de material de uma nova unidade de produção do setor automóvel,” M.S. thesis, Departamento de Engenharia Mecânica, ISEP, Porto, 2020.
- [132] H. A. G. Pinto, “Estudo e desenvolvimento de moldes de terminais de cabo em ligas de zamak,” M.S. thesis, Departamento de Engenharia Mecânica, ISEP, Porto, 2018.

ANEXOS

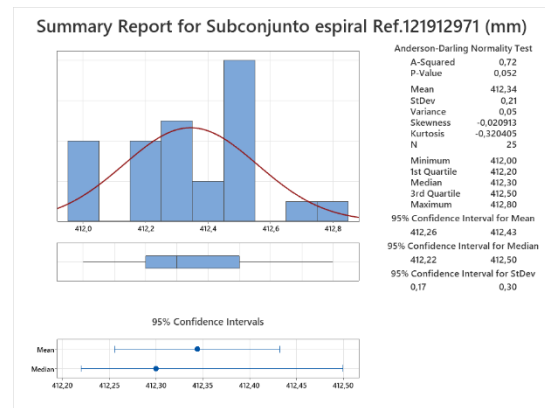
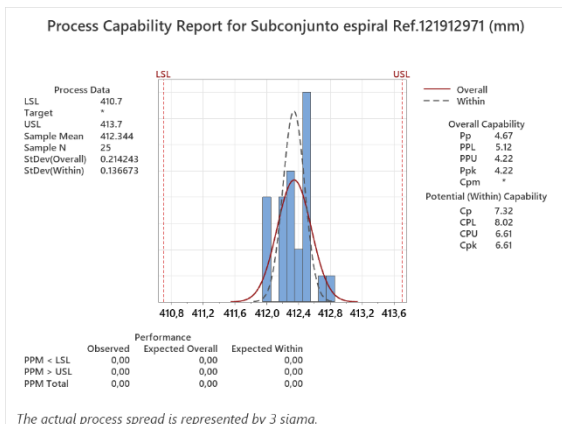
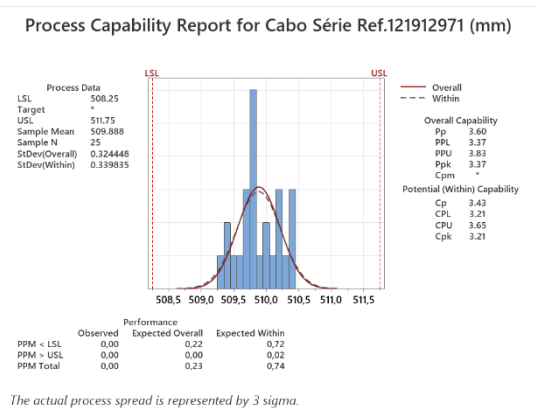
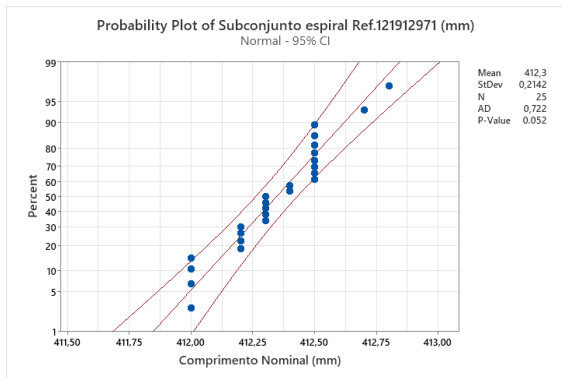
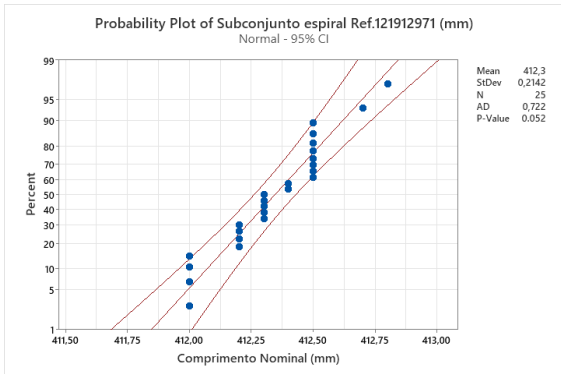
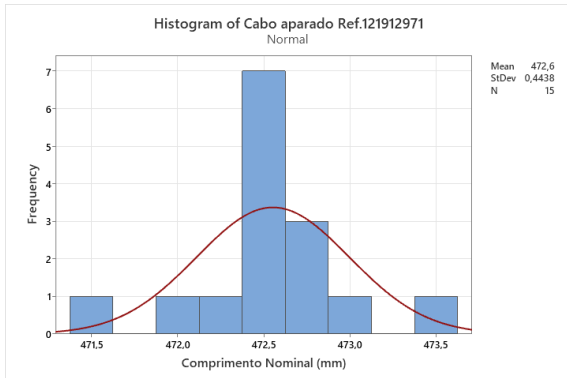
7.1 ANEXO 1 – RESULTADOS OBTIDOS POR REFERÊNCIA NA FASE DE MEDIR

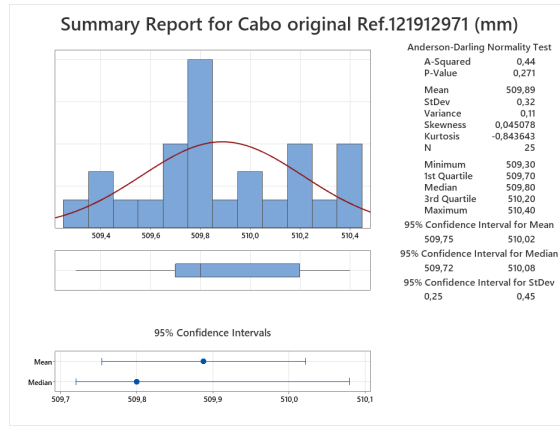
7 ANEXOS

7.1 Anexo 1 – Resultados Obtidos por referência na fase de Medir

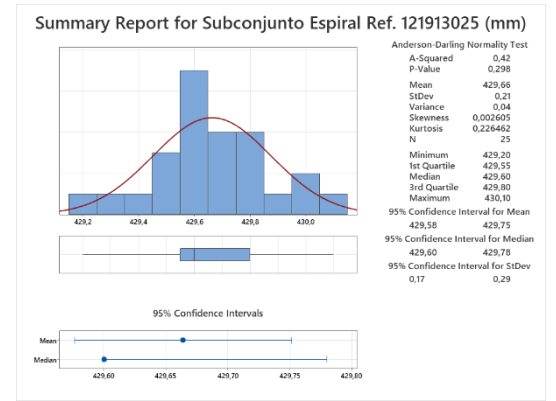
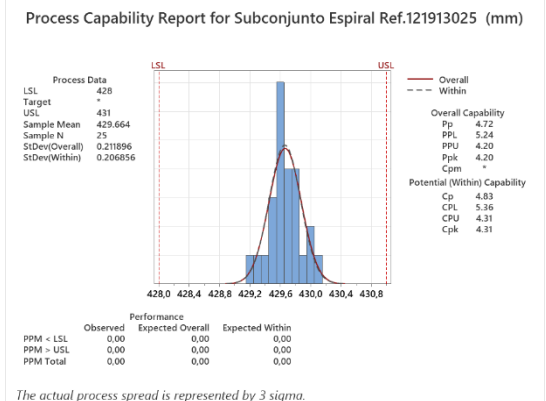
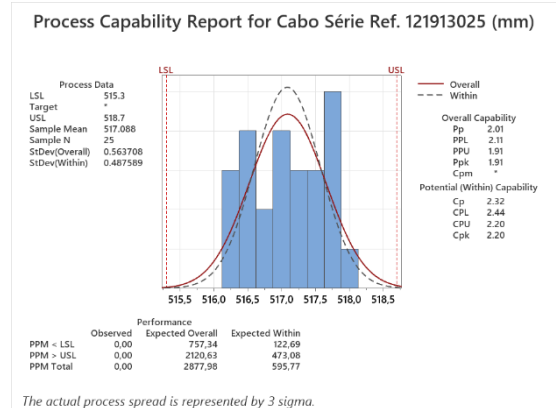
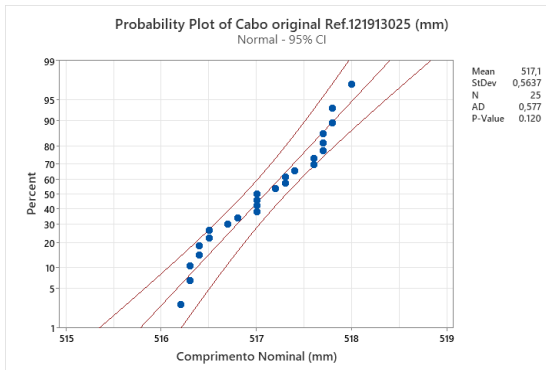
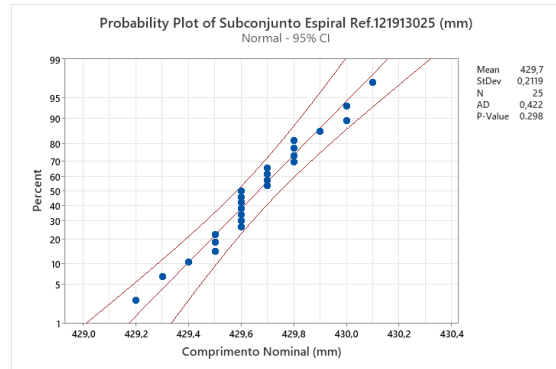
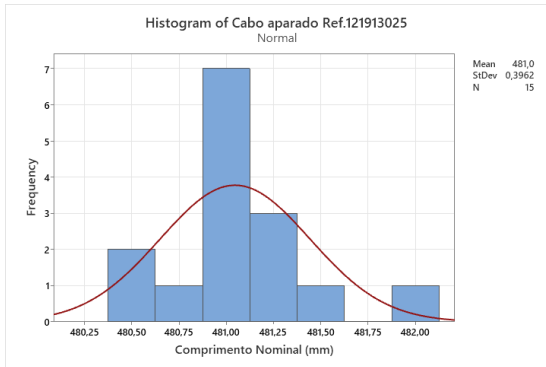
Linha de Montagem: Volvo

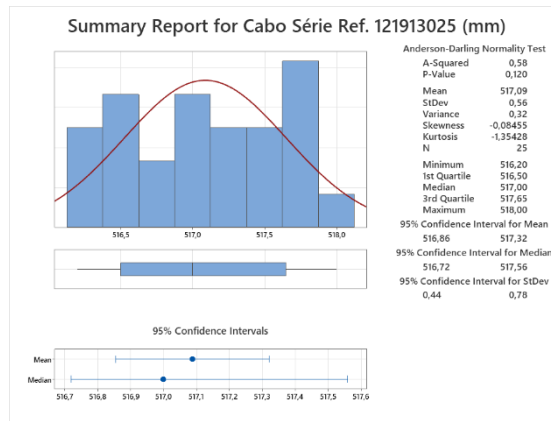
Referência cabo de comando: 121912971C01E04



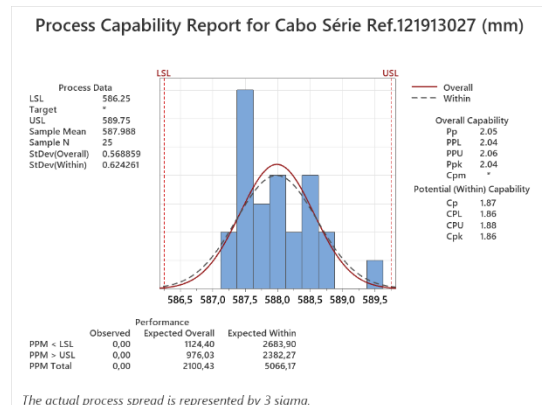
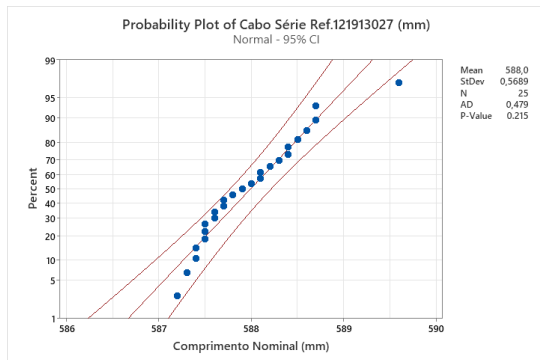
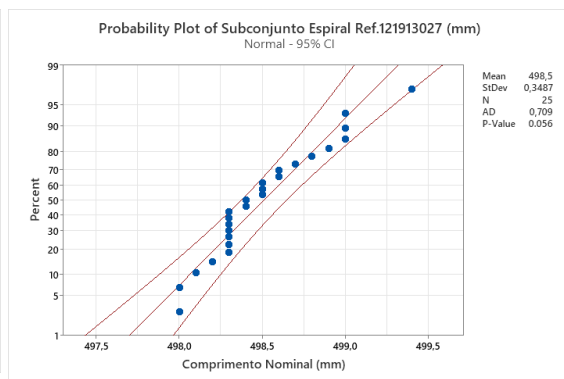
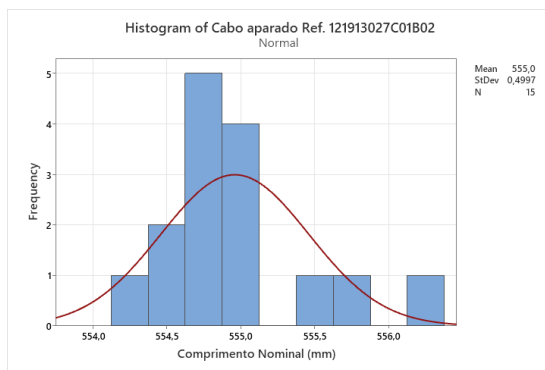


Referência cabo de comando: 121913025C01D04

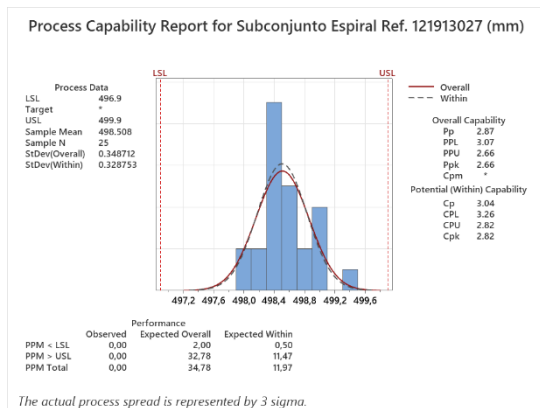




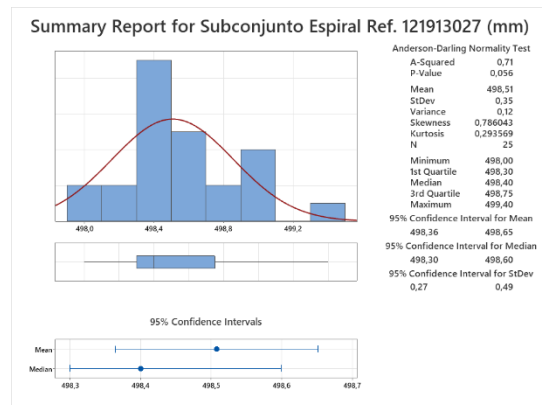
Referência cabo de comando: 121913027C01B02

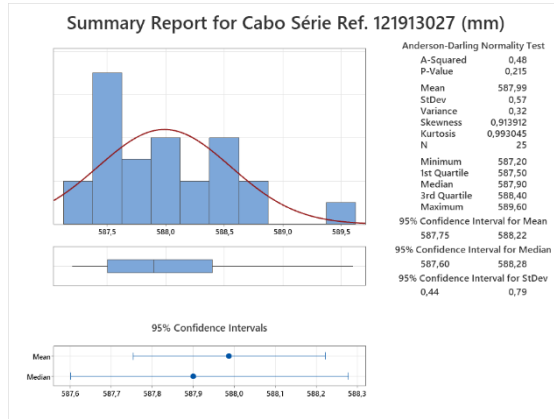


The actual process spread is represented by 3 sigma.

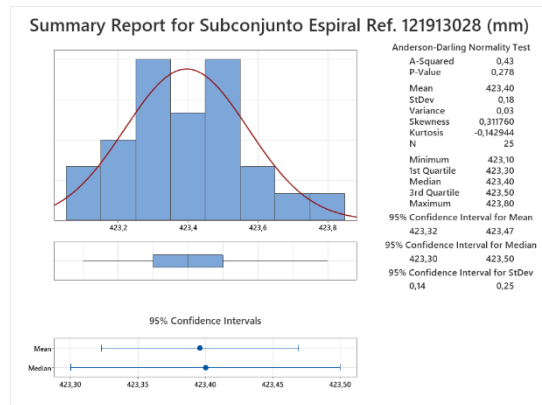
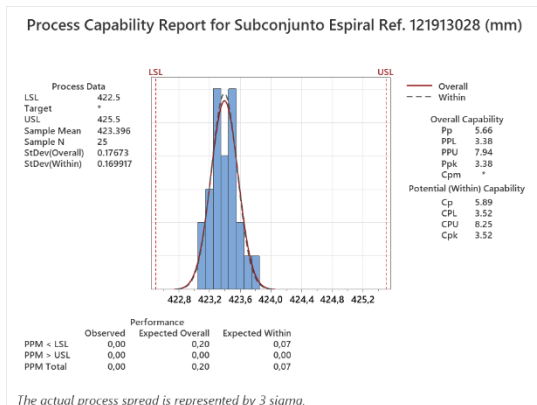
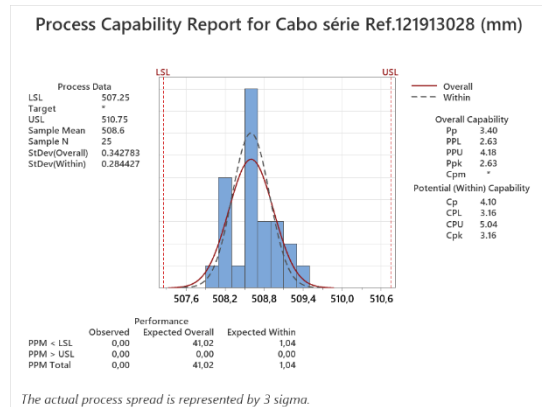
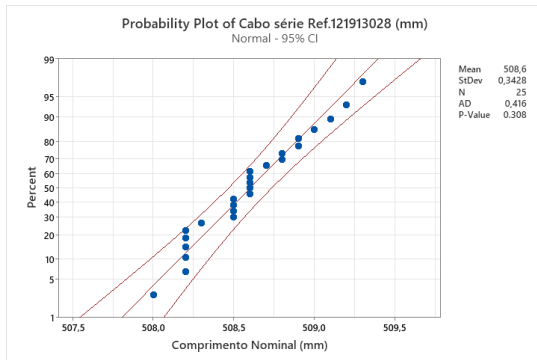
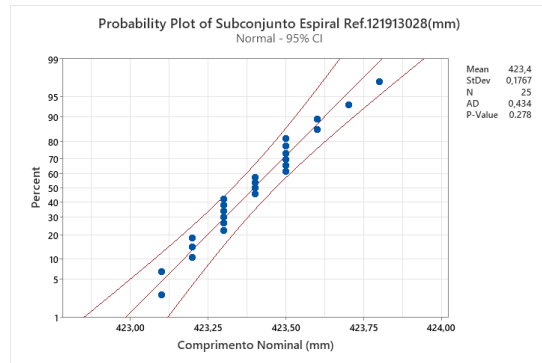
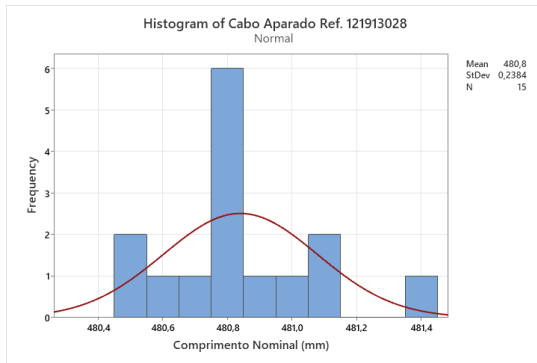


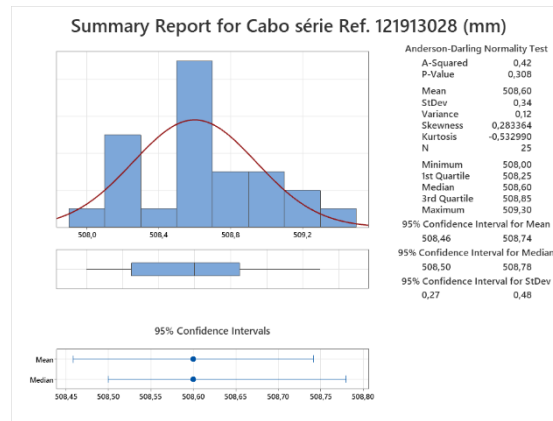
The actual process spread is represented by 3 sigma.



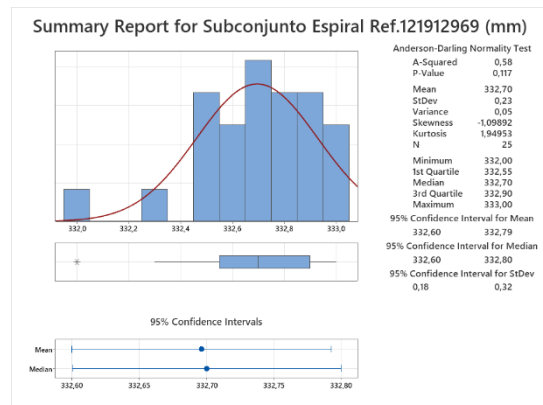
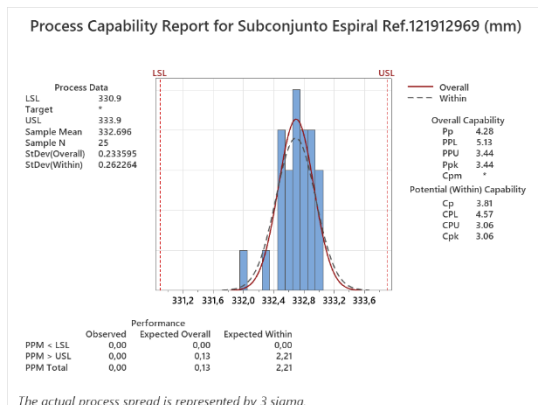
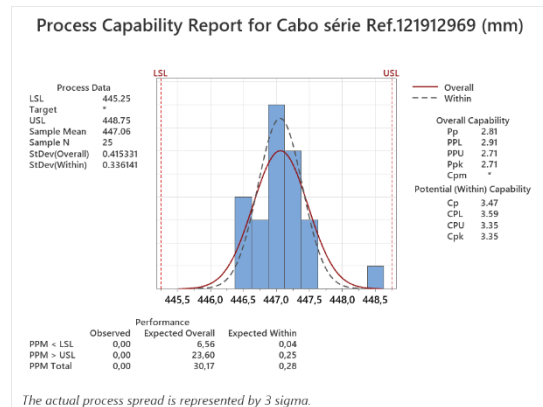
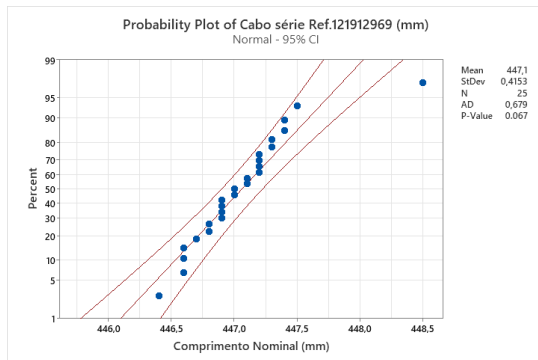
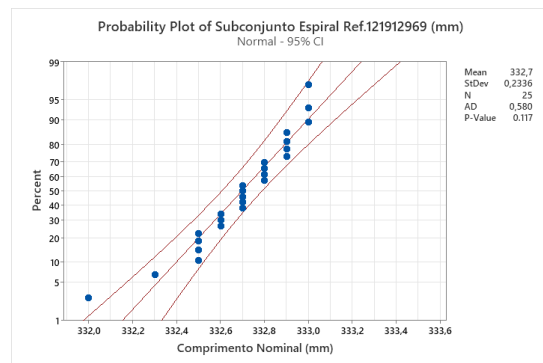
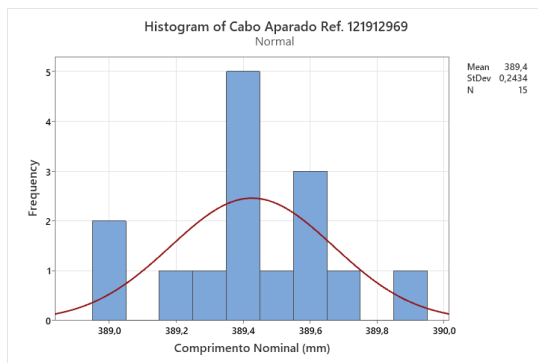


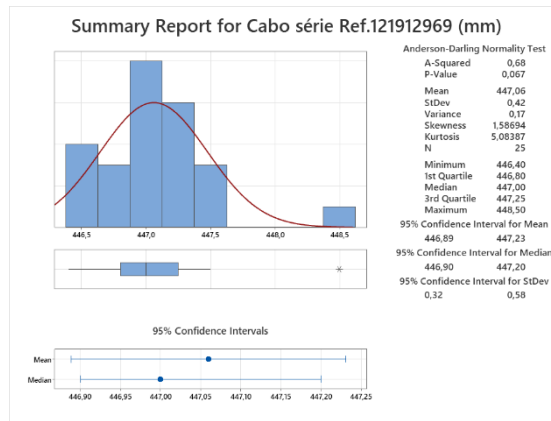
Referência cabo de comando: 121913028C01B02



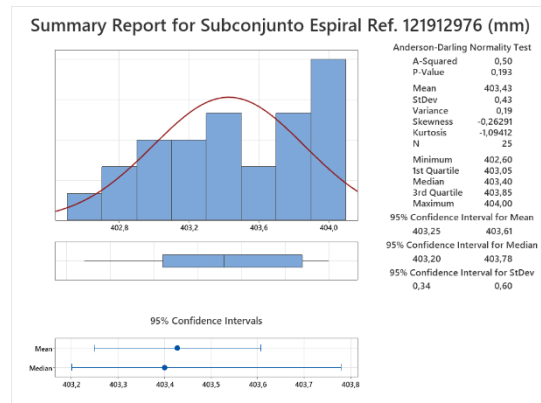
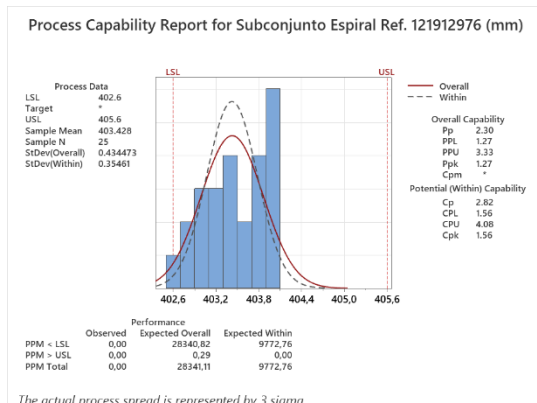
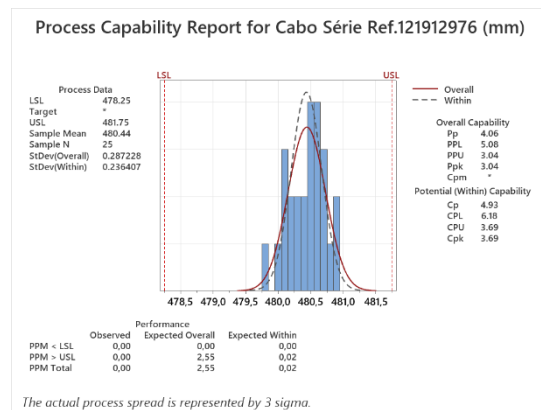
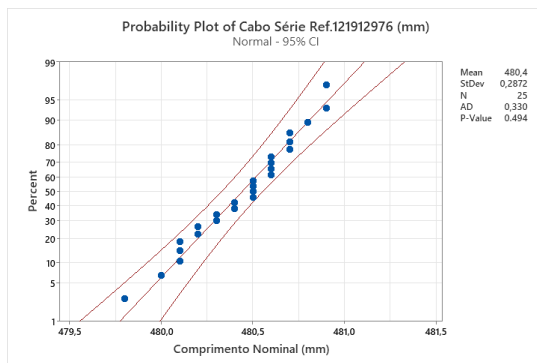
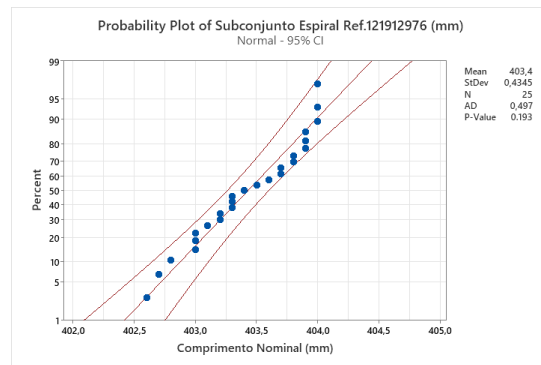
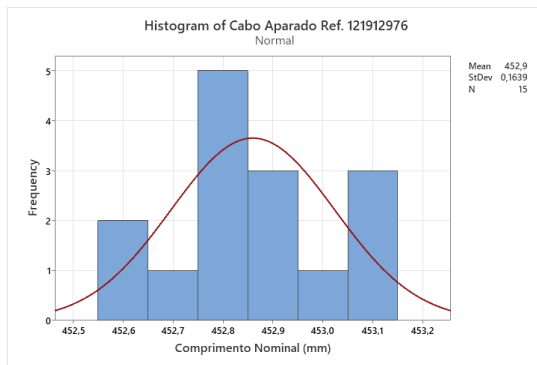


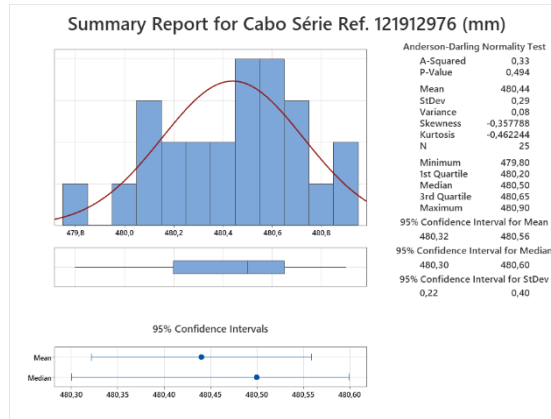
Referência cabo de comando: 121912969C01B02



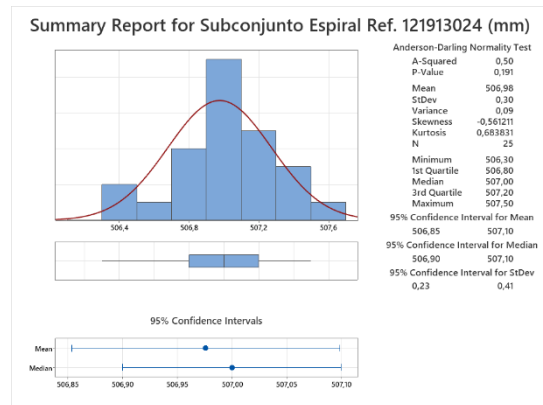
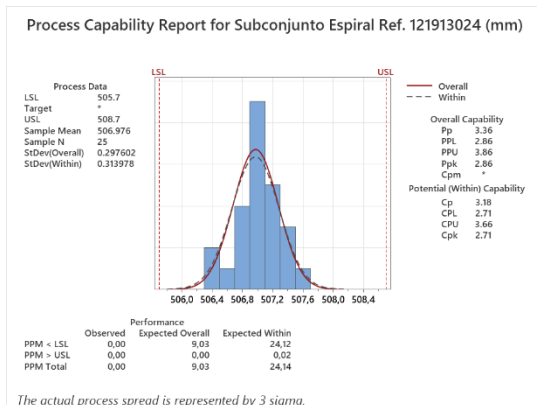
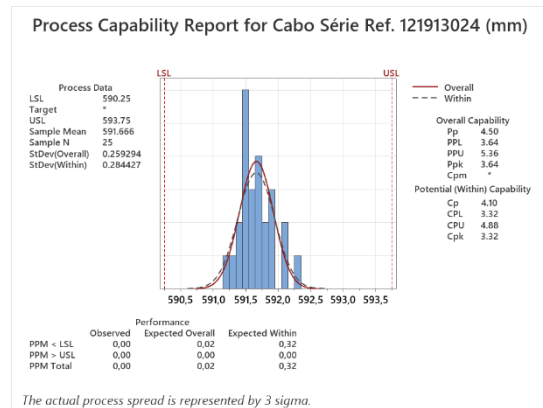
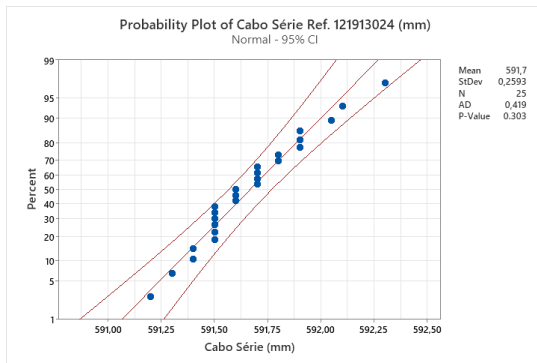
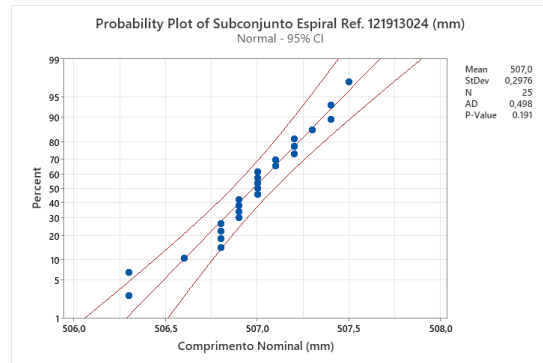
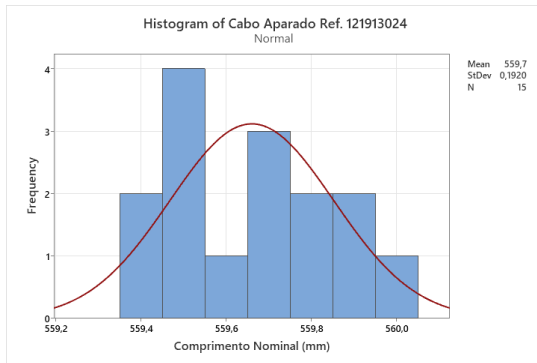


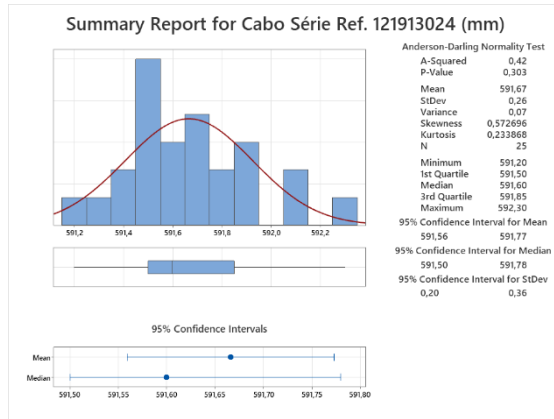
Referência cabo de comando: 121912976C01B02



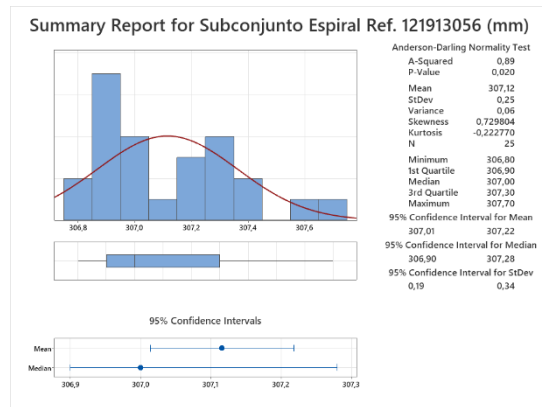
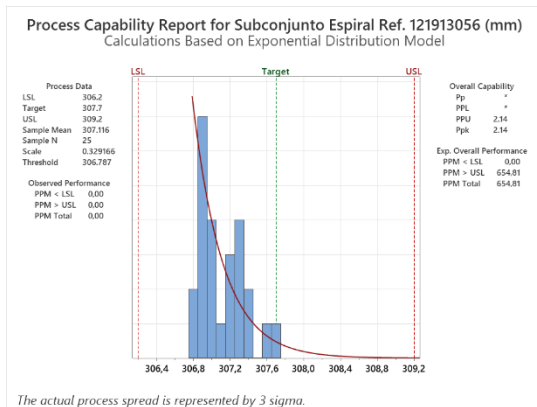
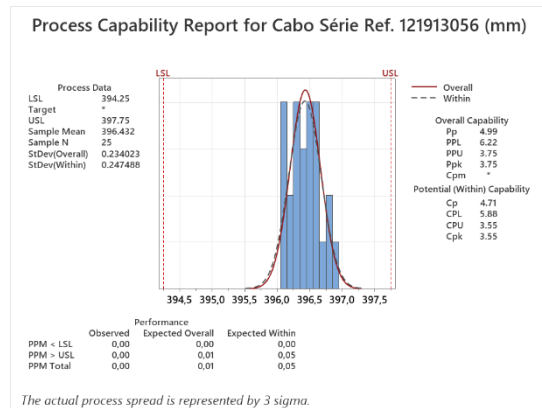
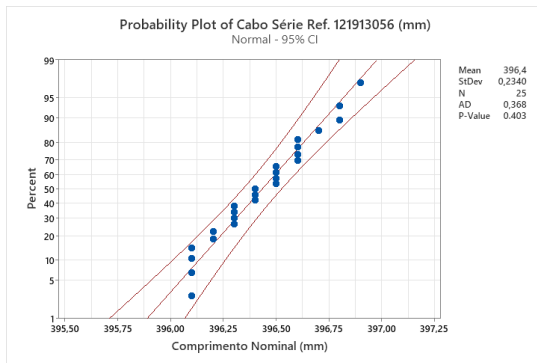
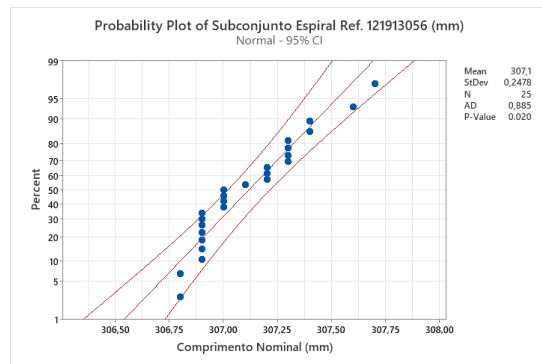
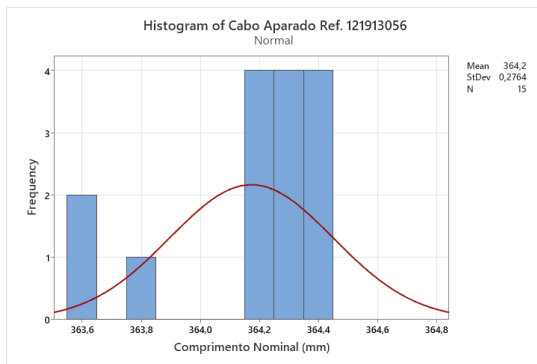


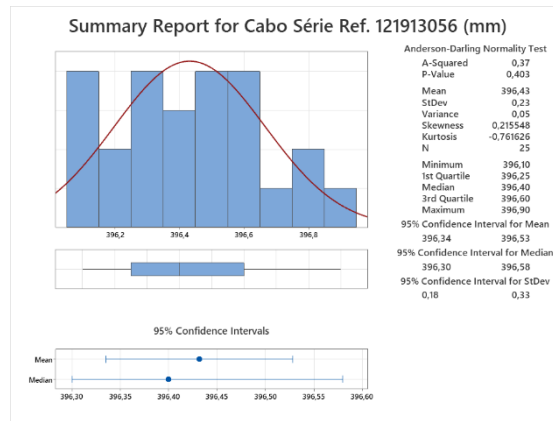
Referência cabo de comando: 121913024C01C04



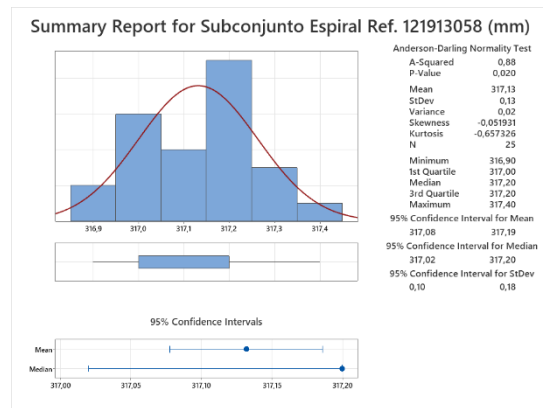
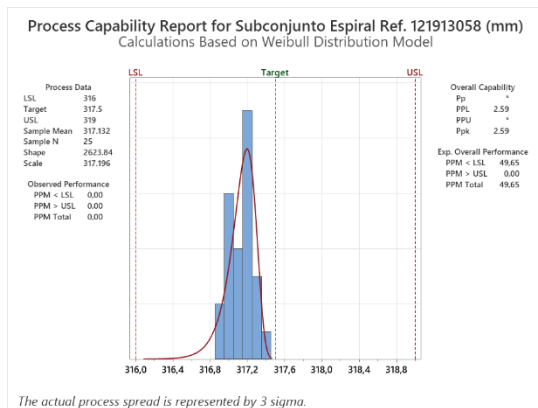
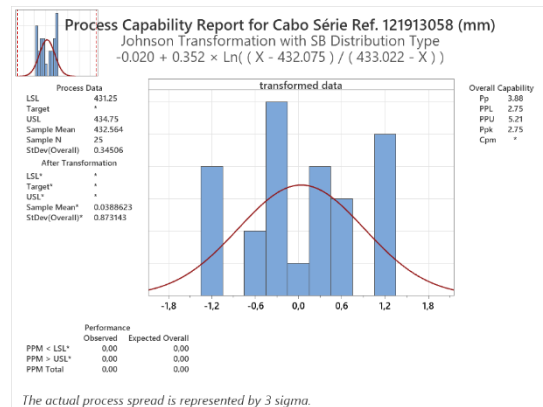
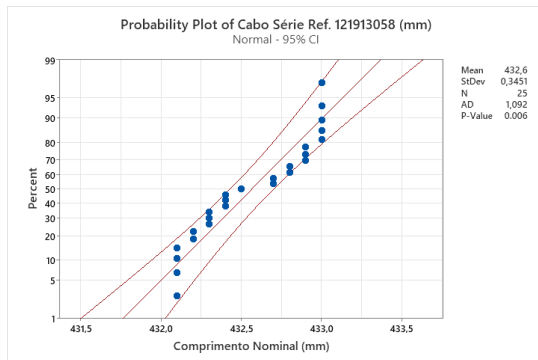
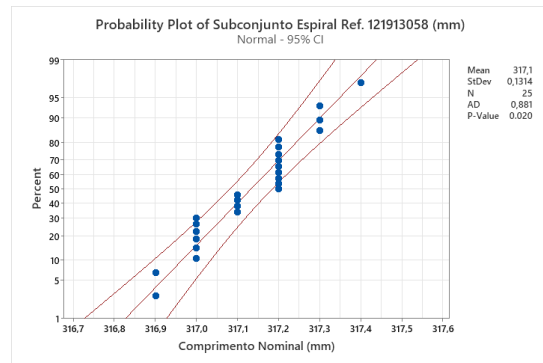
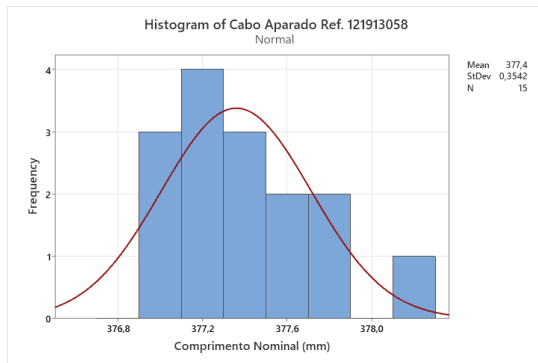


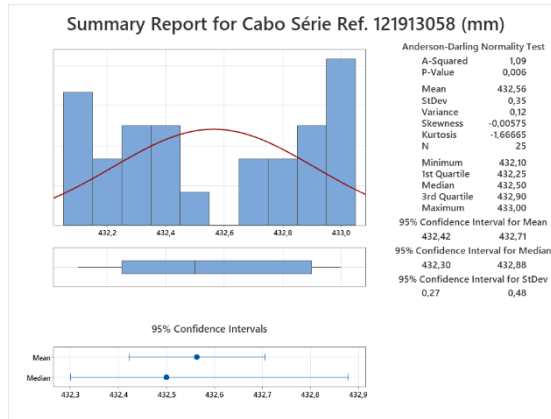
Referência cabo de comando: 121913056C01C02



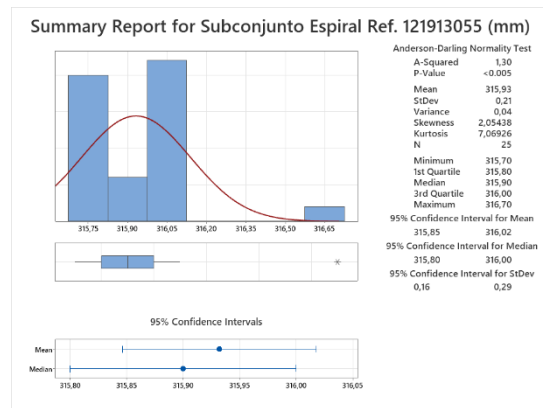
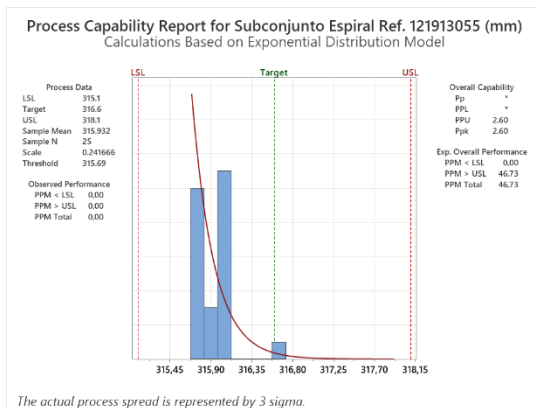
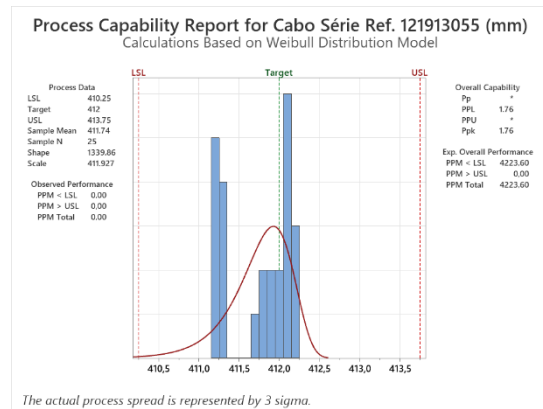
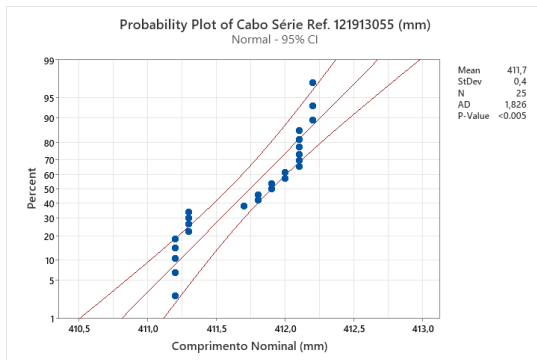
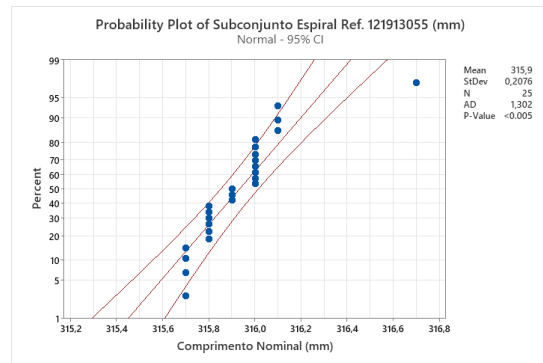
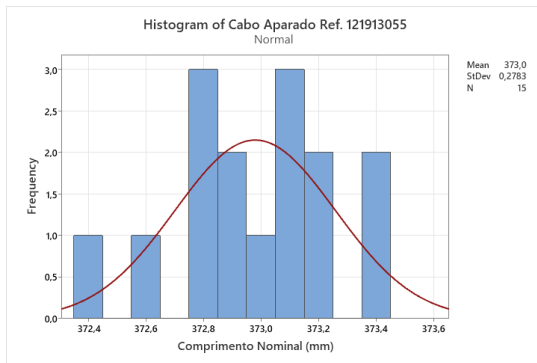


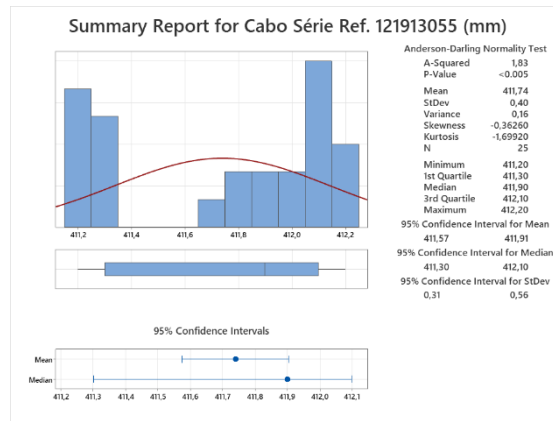
Referência cabo de comando: 121913058C01C02



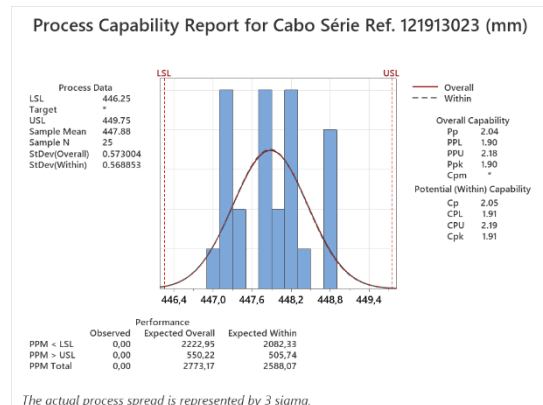
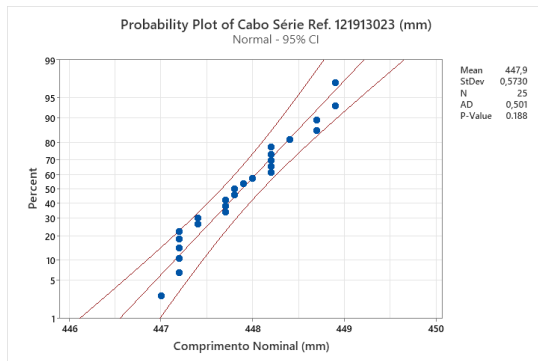
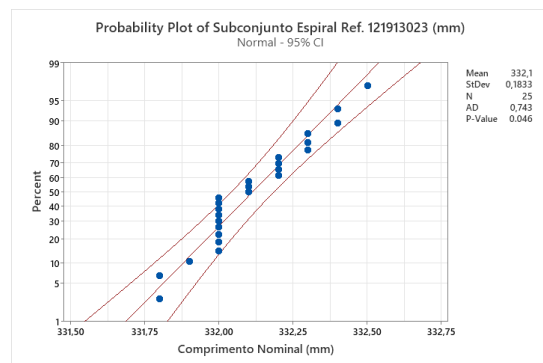
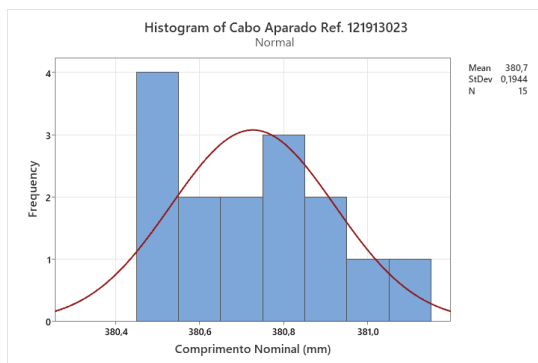


Referência cabo de comando: 121913055C01C02

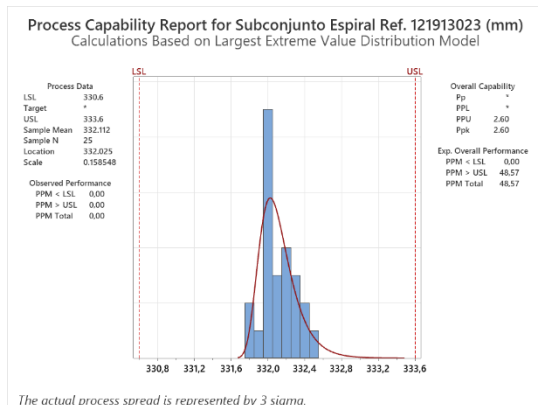




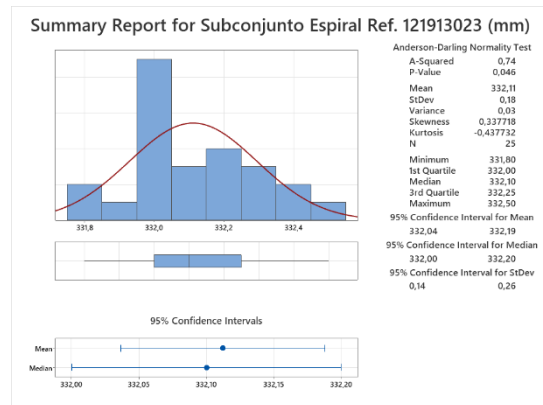
Referência cabo de comando: 121913023C01C02

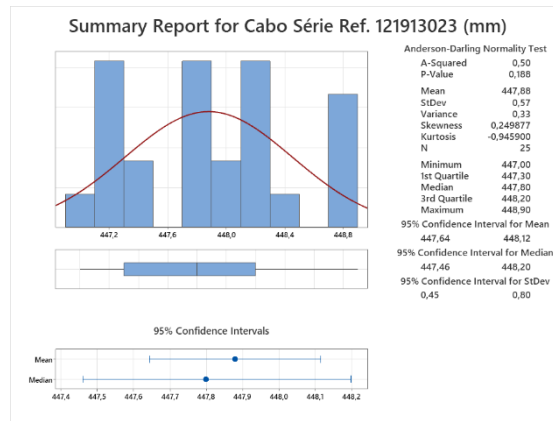


The actual process spread is represented by 3 sigma.

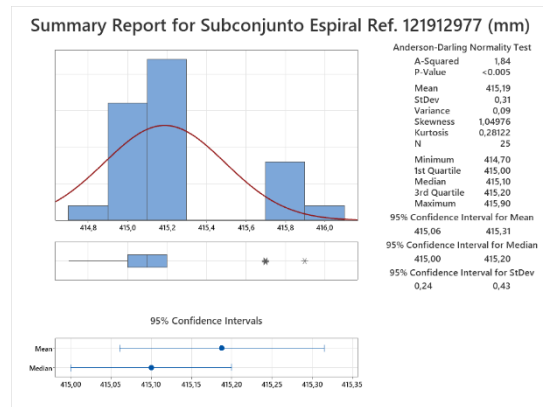
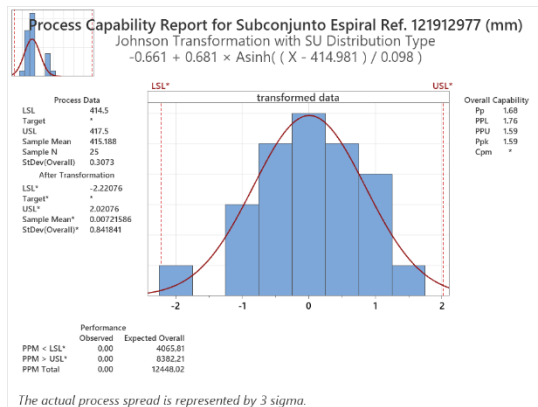
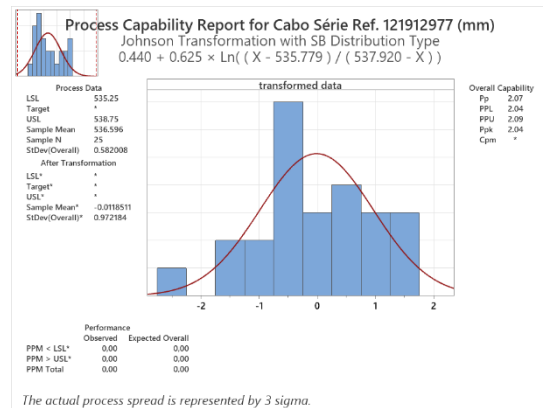
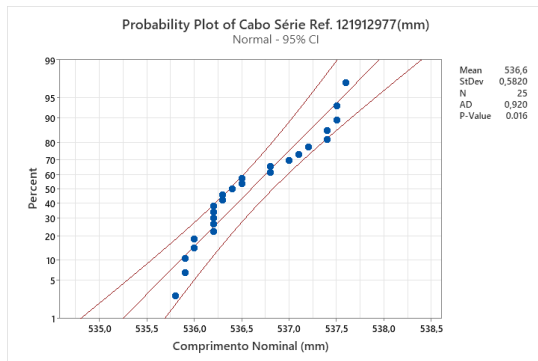
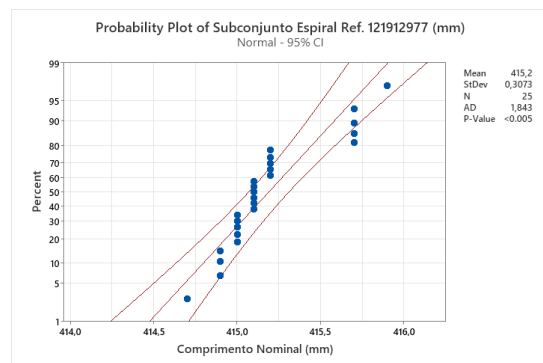
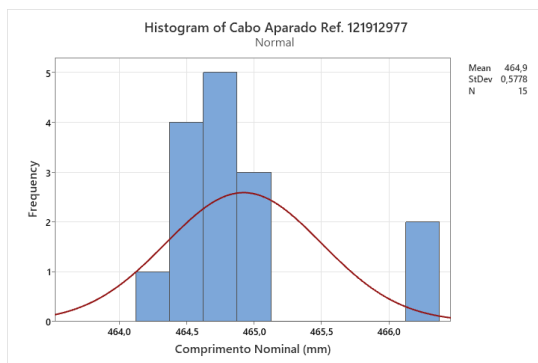


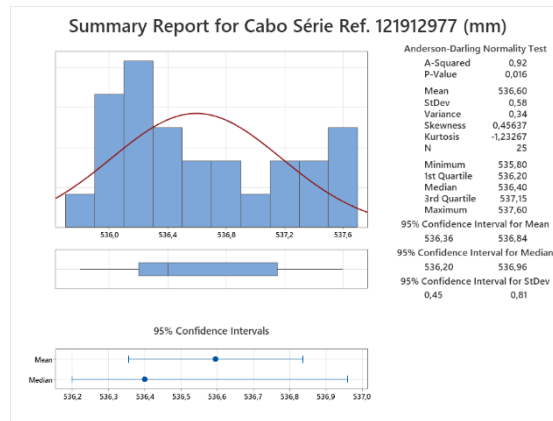
The actual process spread is represented by 3 sigma.





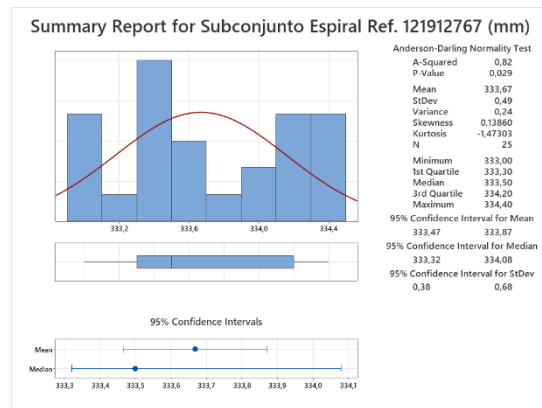
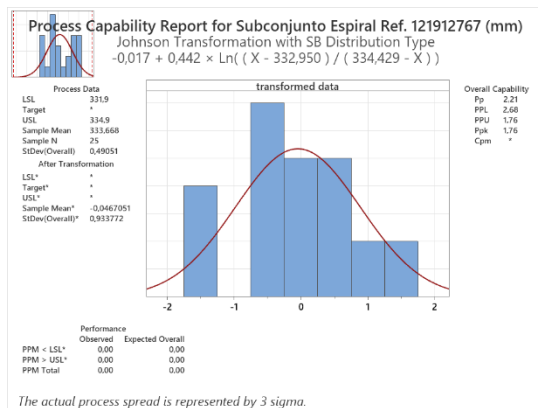
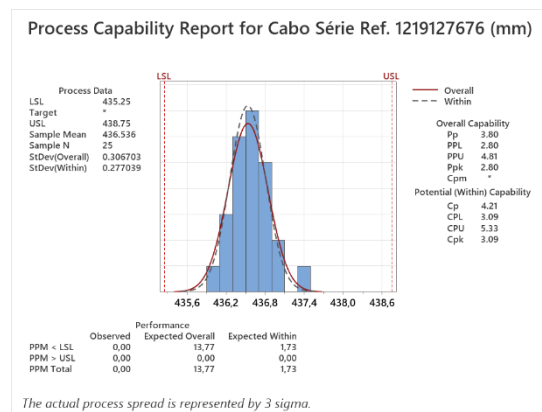
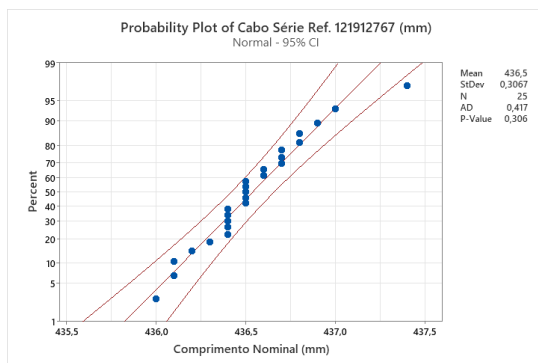
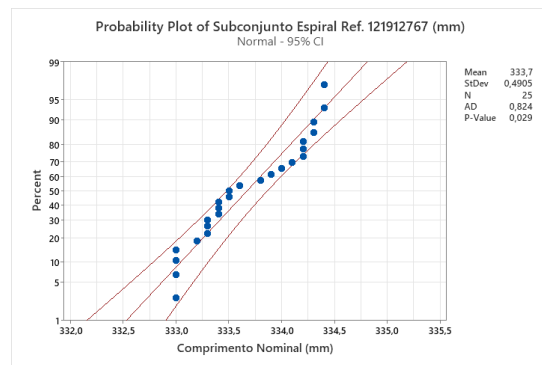
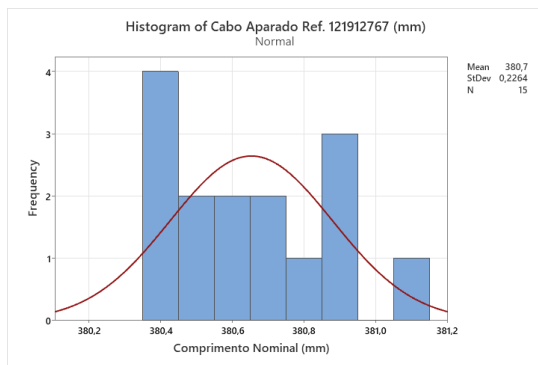
Referência cabo de comando: 121912977C01B01

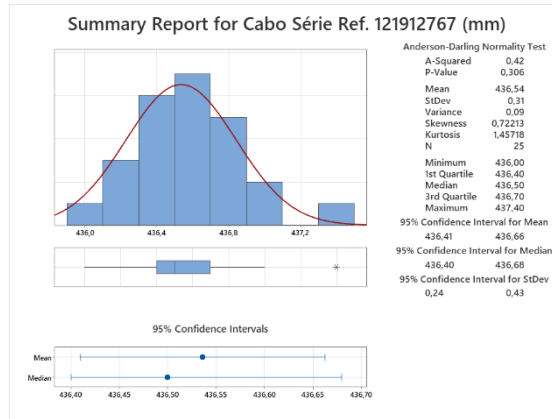




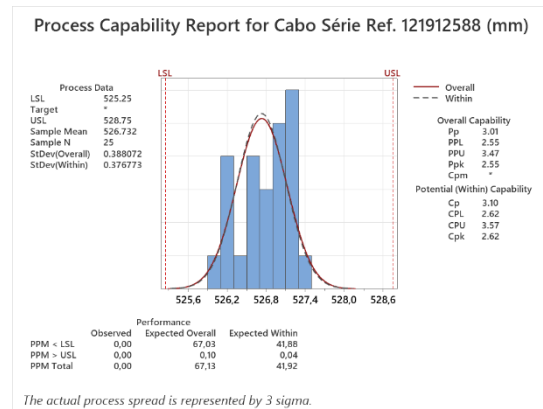
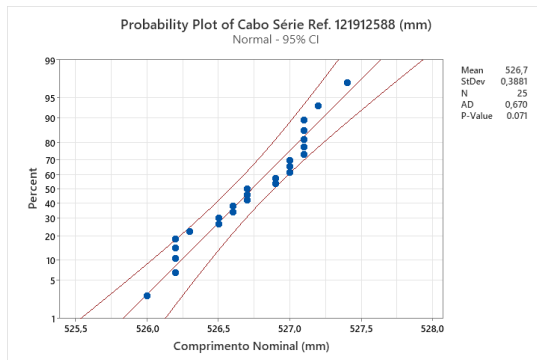
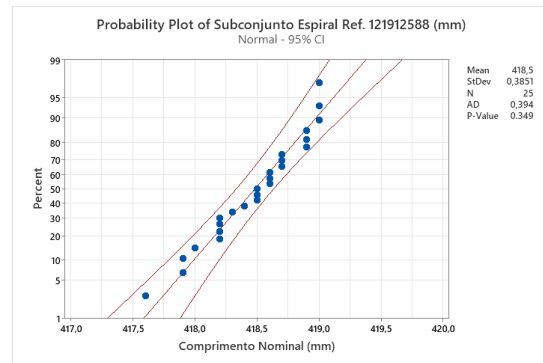
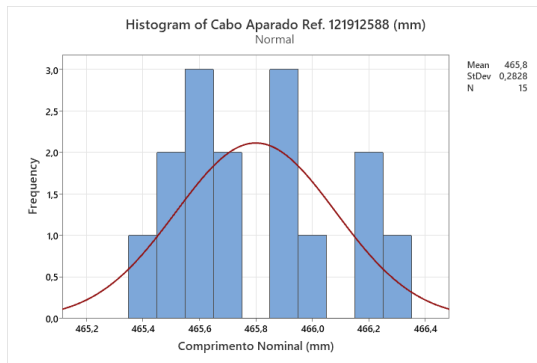
Linha de Montagem: V526 Interiores

Referência cabo de comando: 121912767C01D03

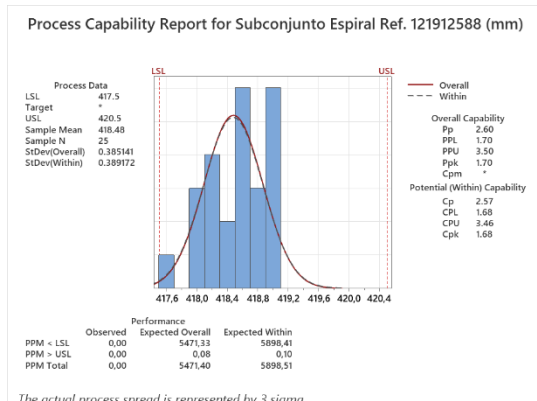




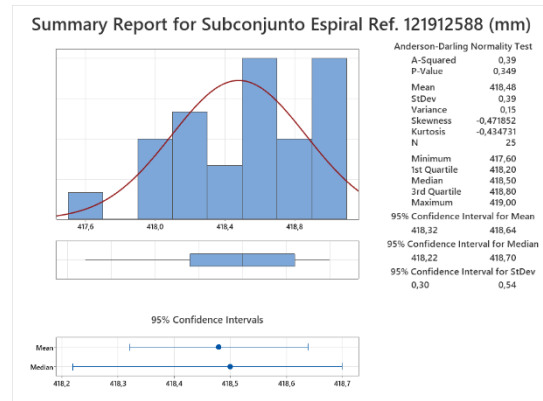
Referência cabo de comando: 121912588C01E04

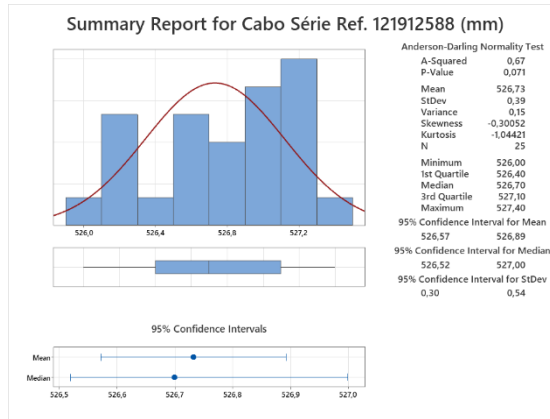


The actual process spread is represented by 3 sigma.

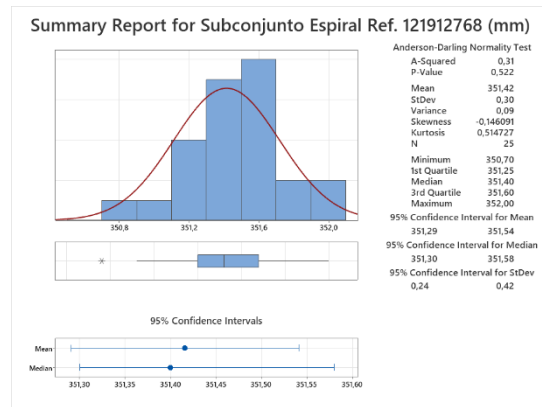
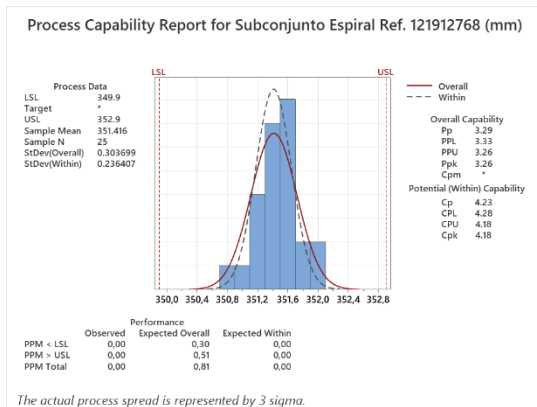
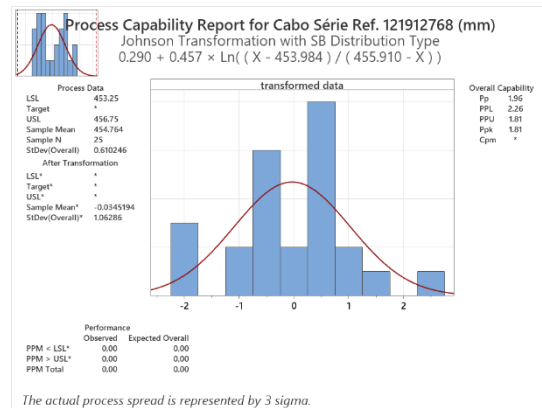
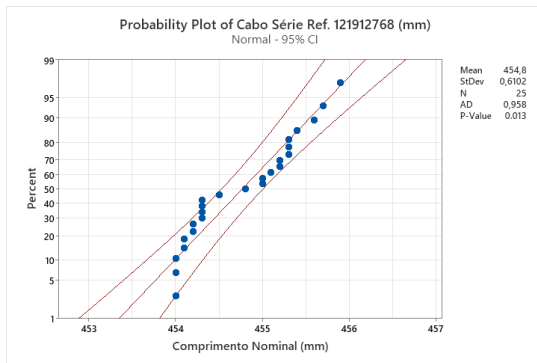
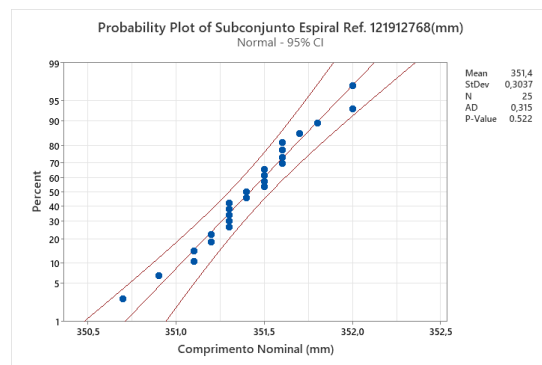
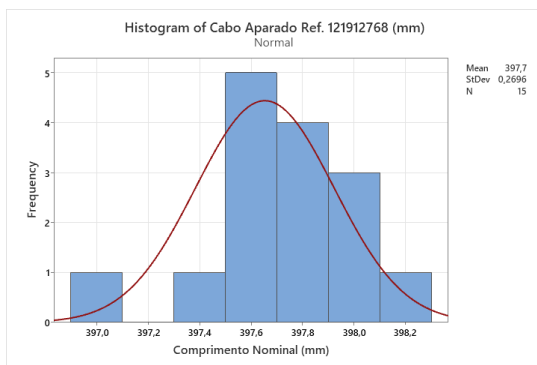


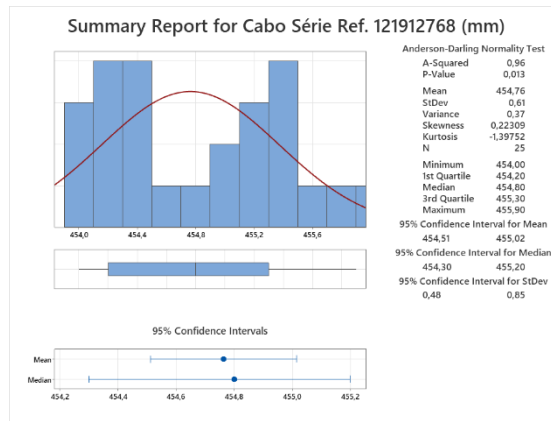
The actual process spread is represented by 3 sigma.



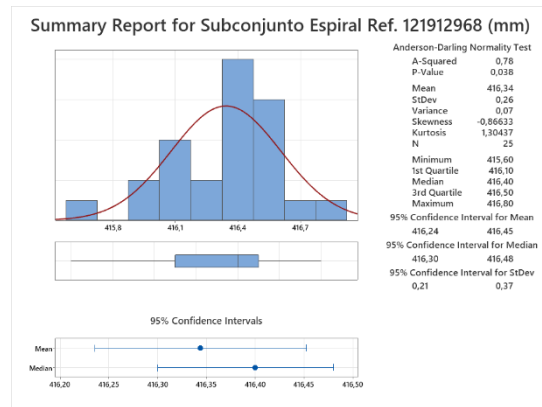
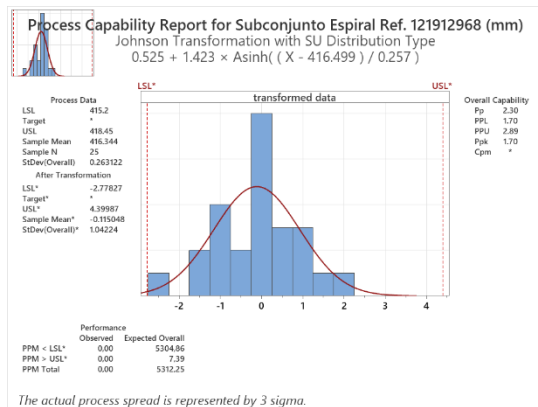
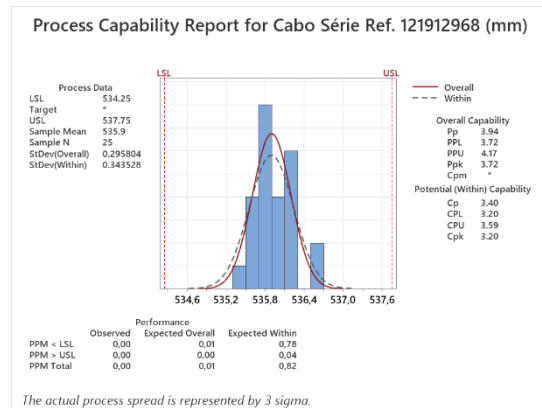
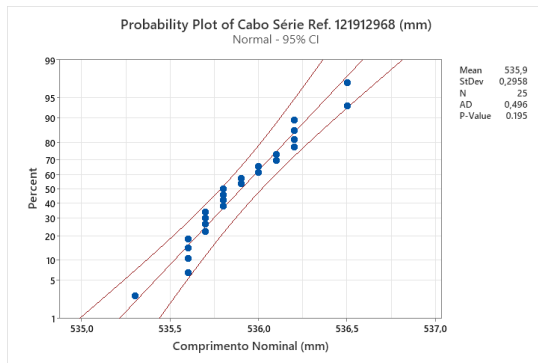
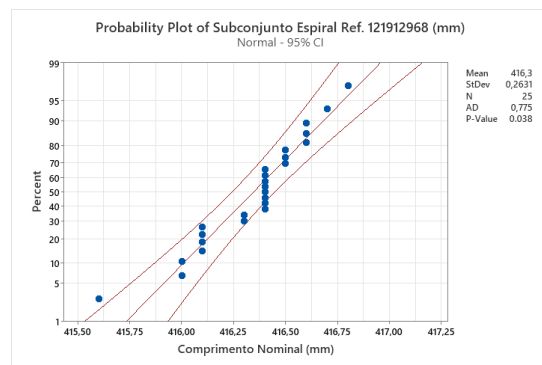
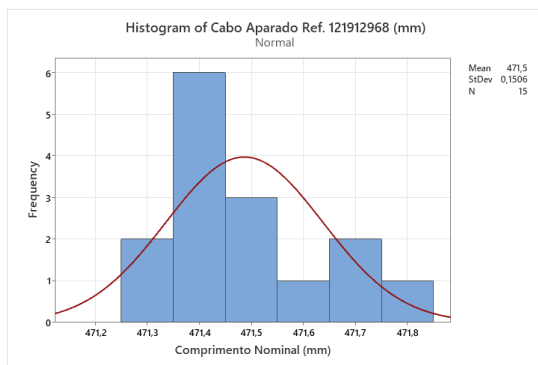


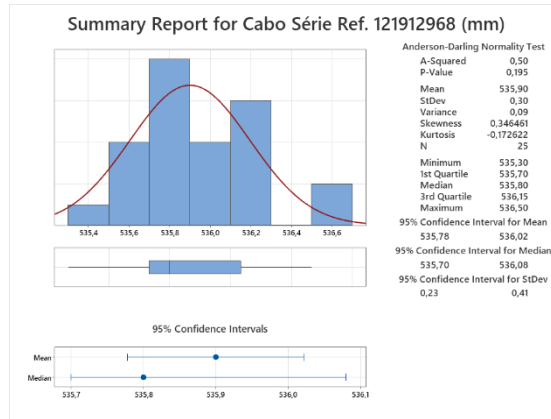
Referência cabo de comando: 121912768C01D03



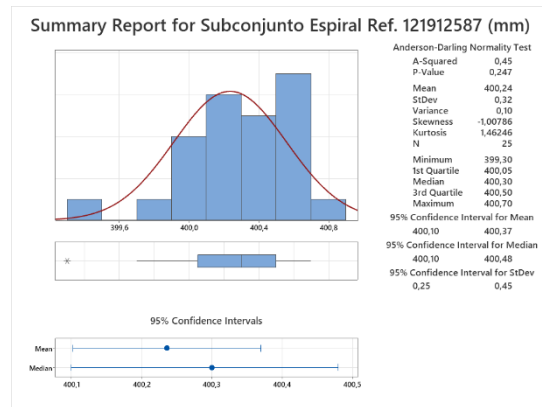
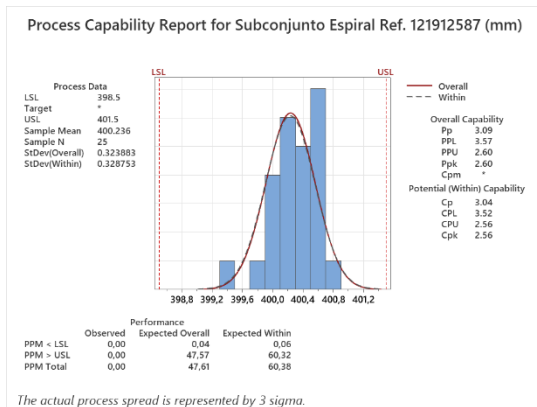
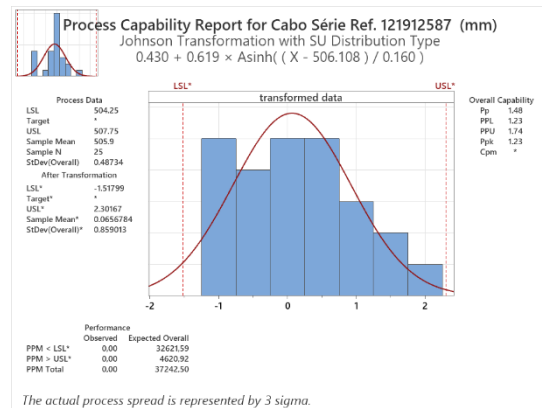
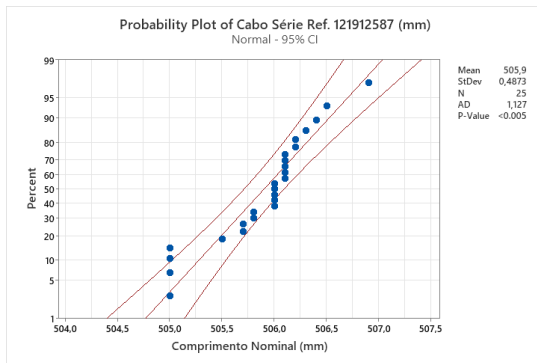
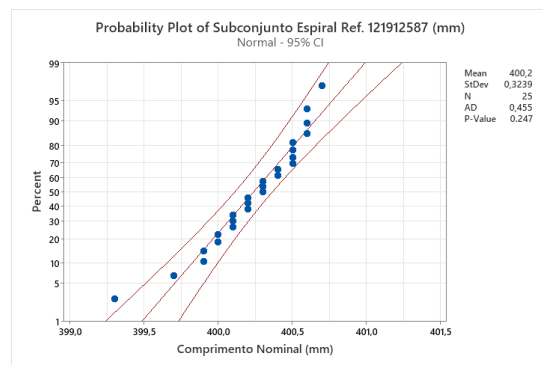
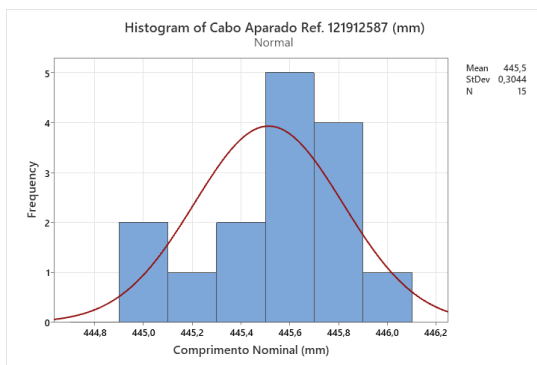


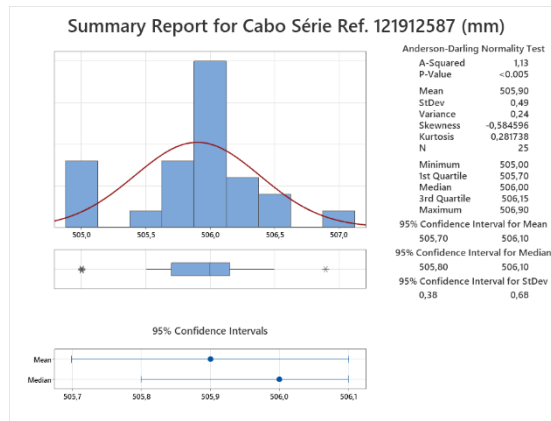
Referência cabo de comando: 121912968C01E04





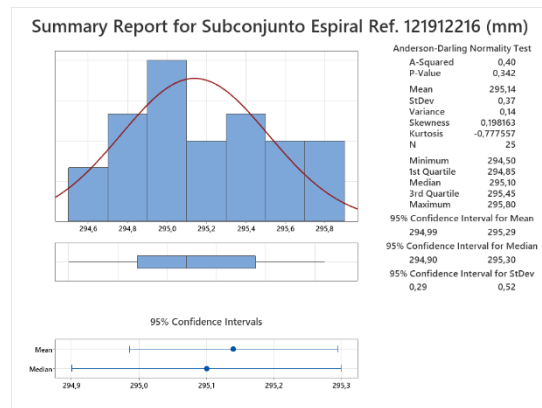
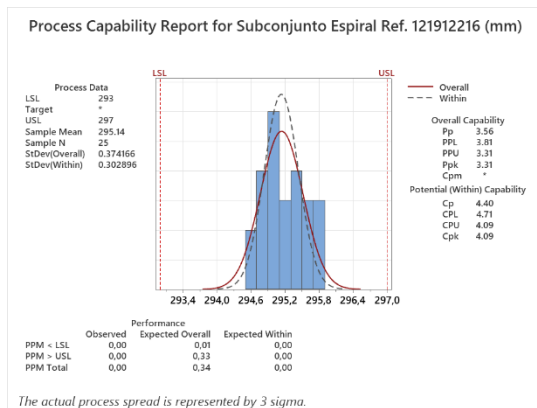
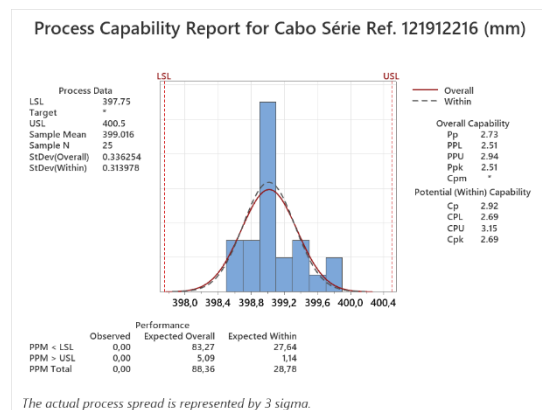
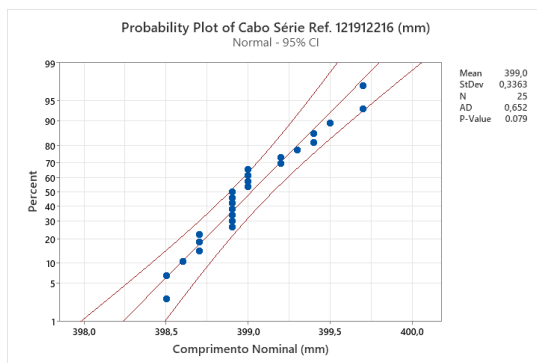
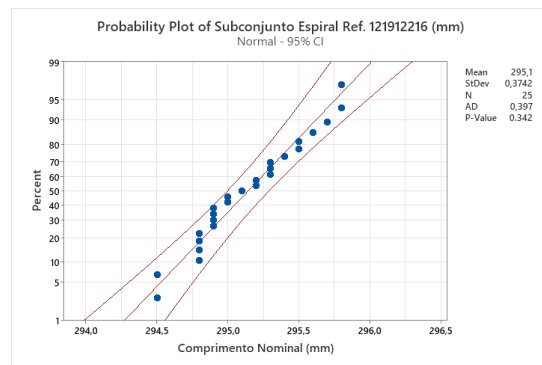
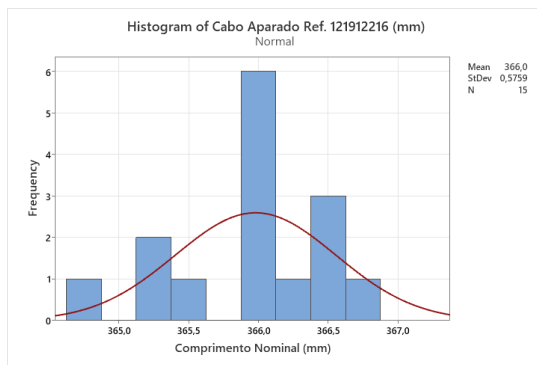
Referência cabo de comando: 121912587C01E04

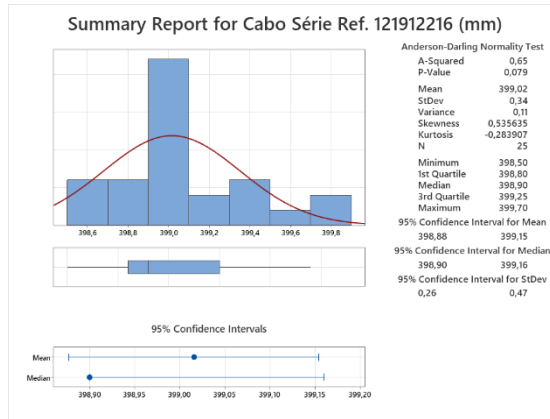




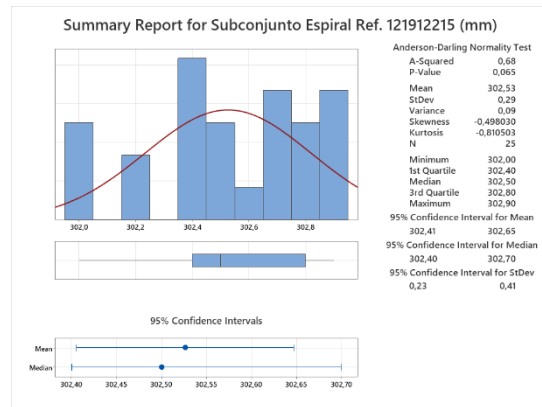
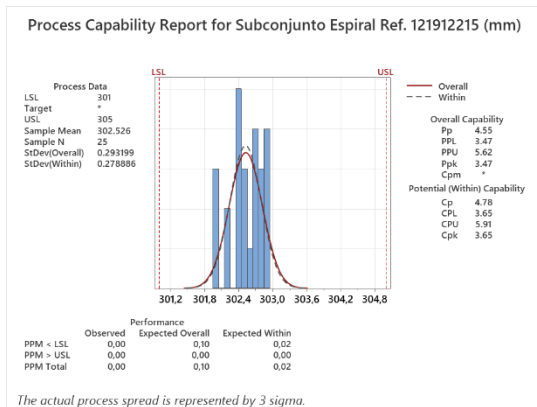
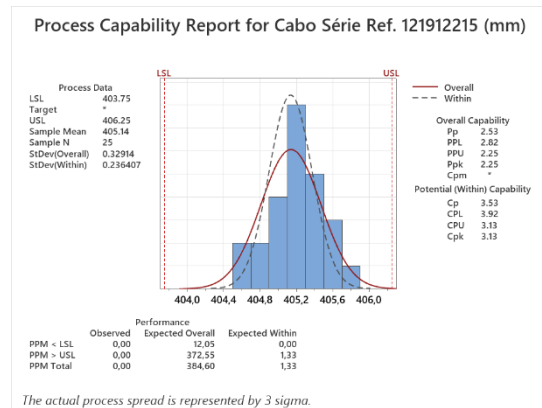
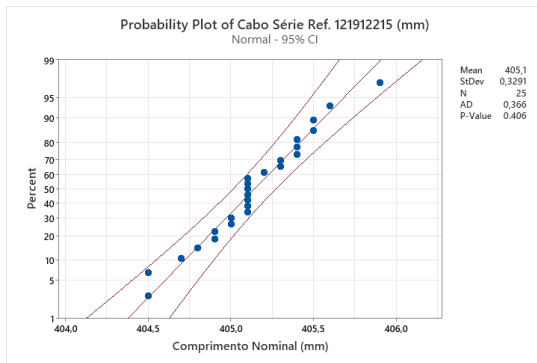
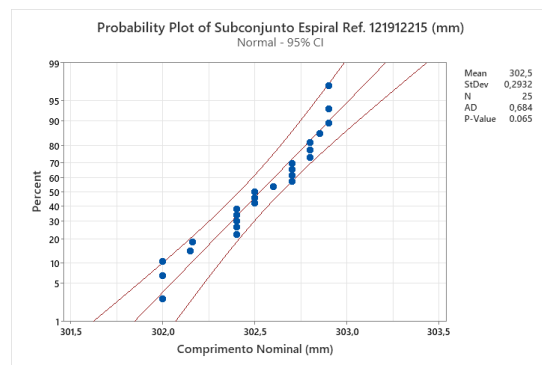
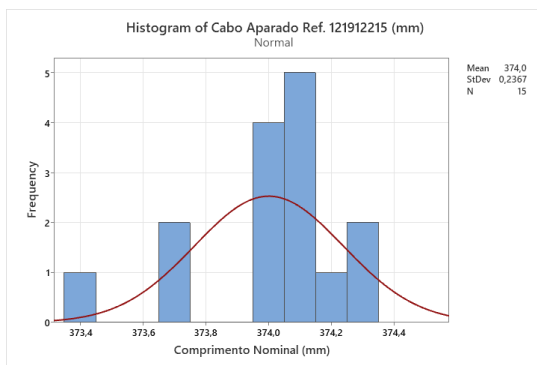
Linha de Montagem: Transit Exteriores

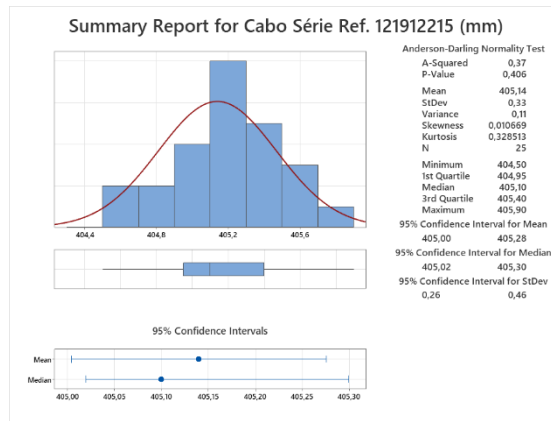
Referência cabo de comando: 121912216C01H07



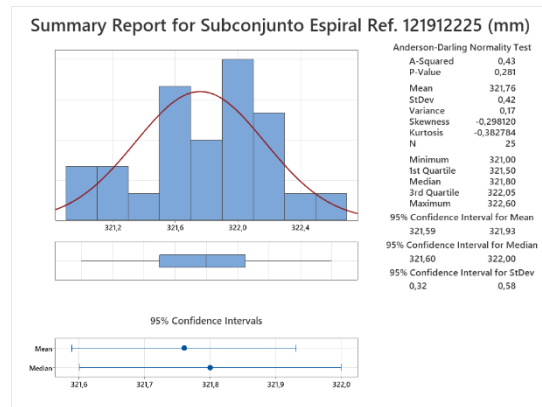
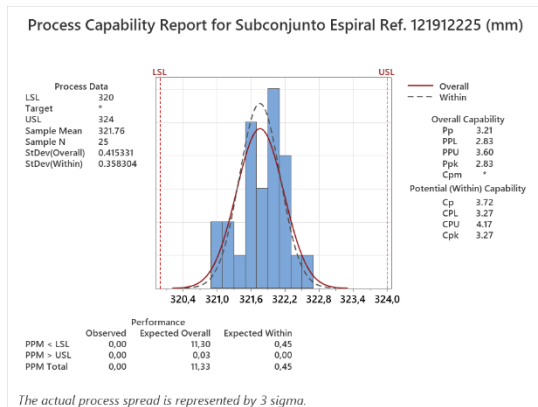
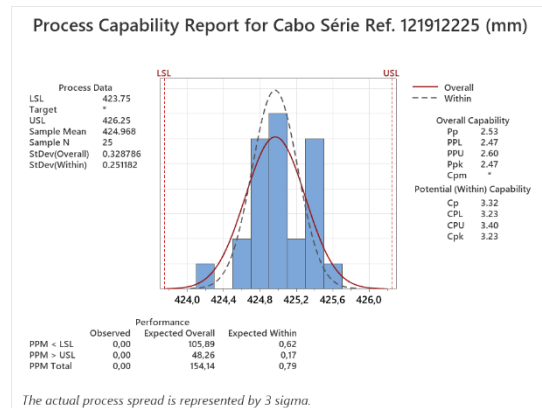
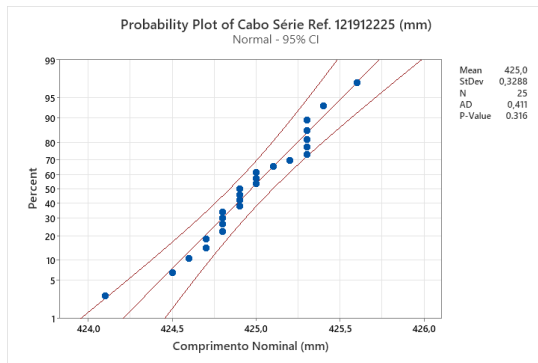
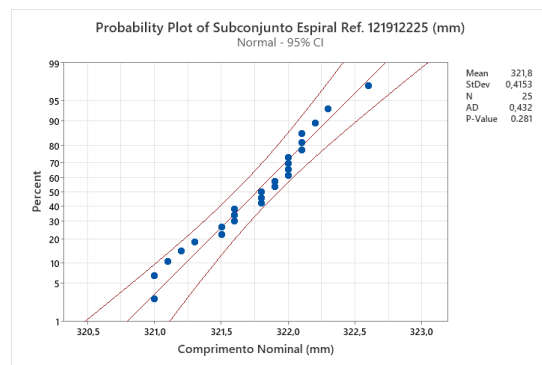
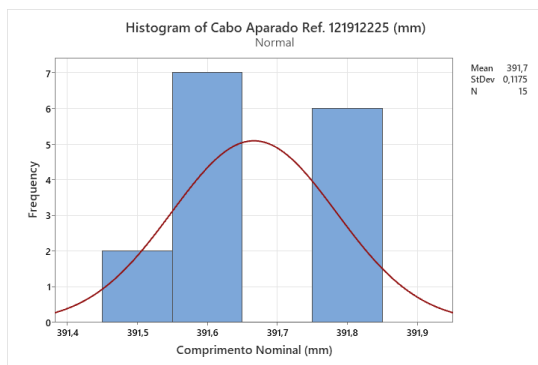


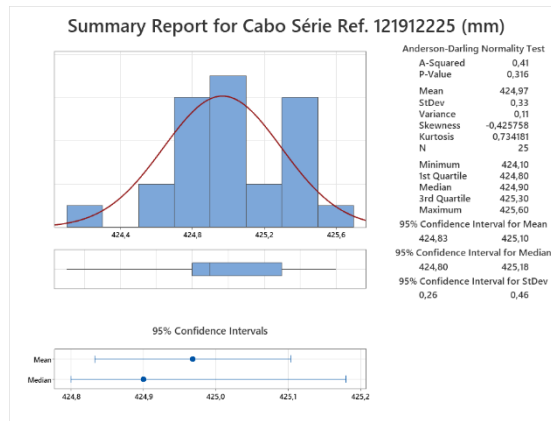
Referência cabo de comando: 121912215C01E04



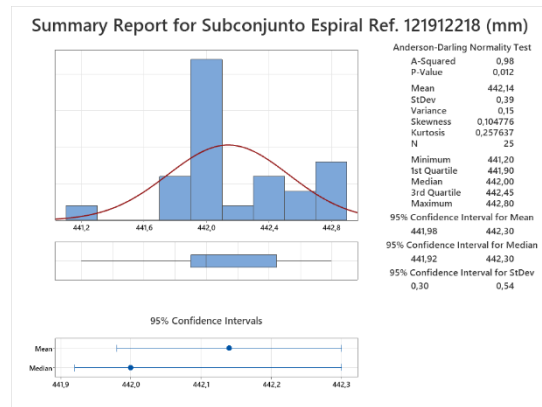
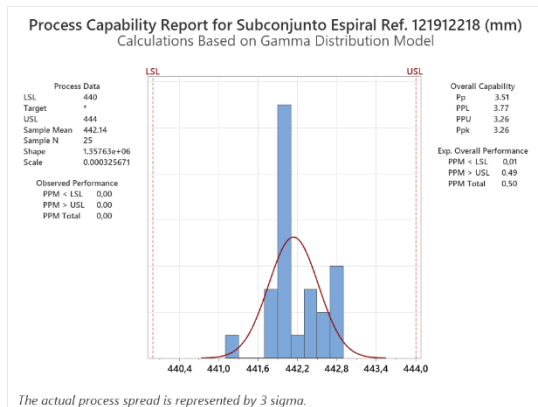
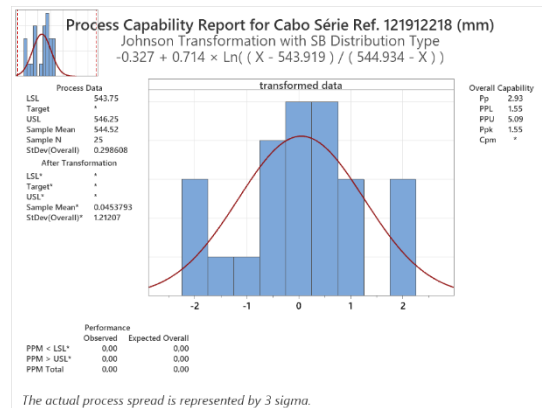
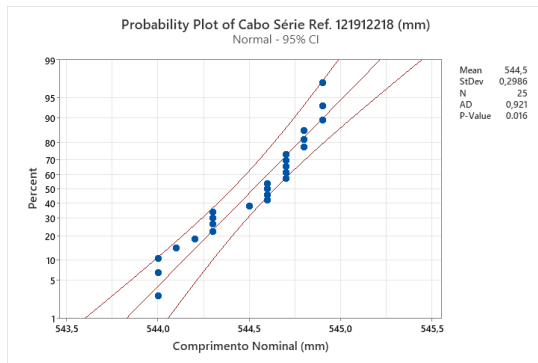
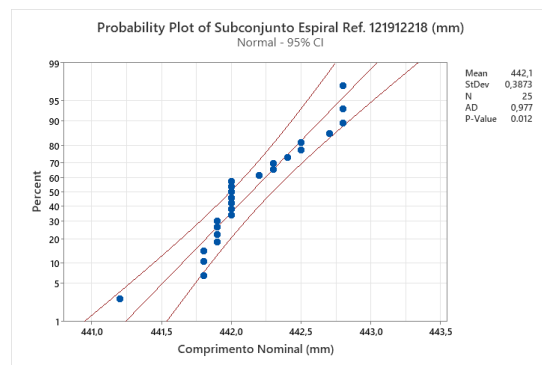
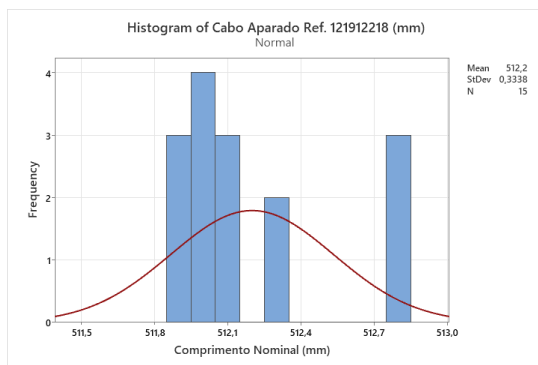


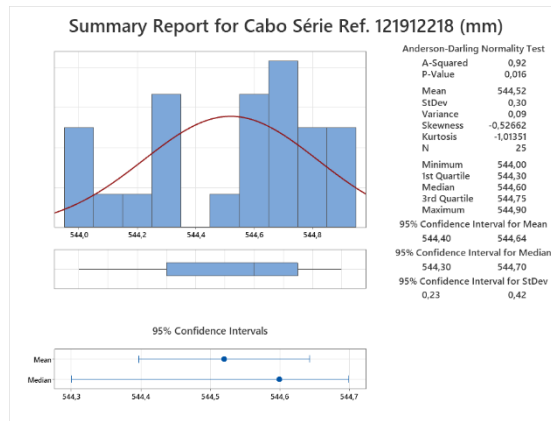
Referência cabo de comando: 121912225C01C02



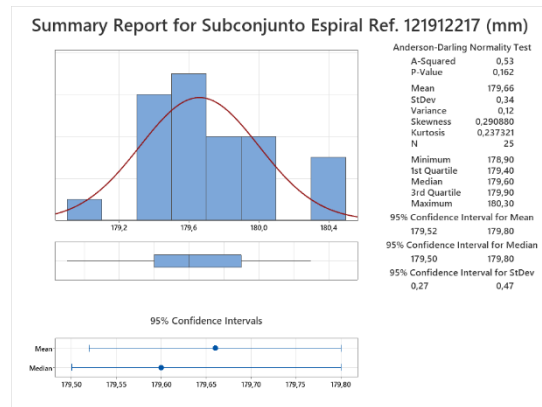
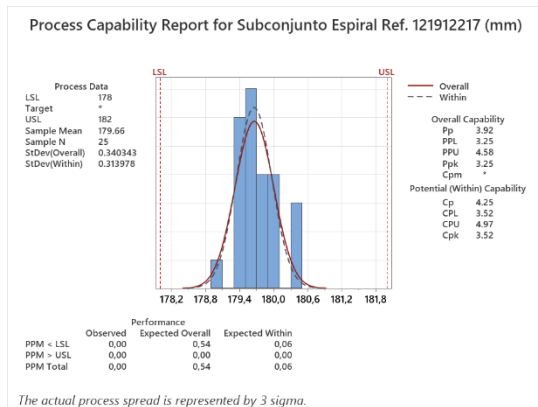
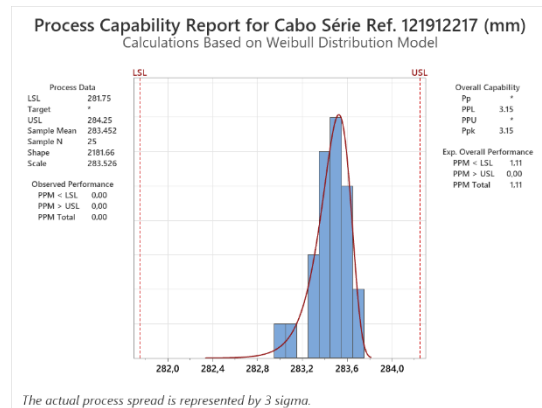
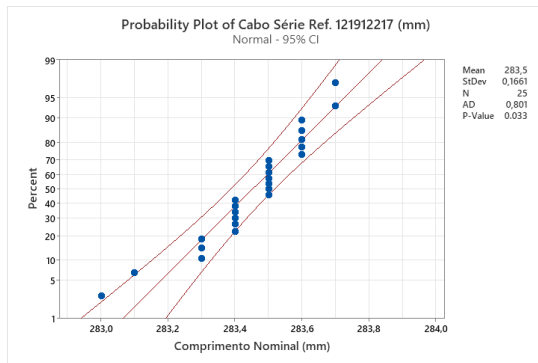
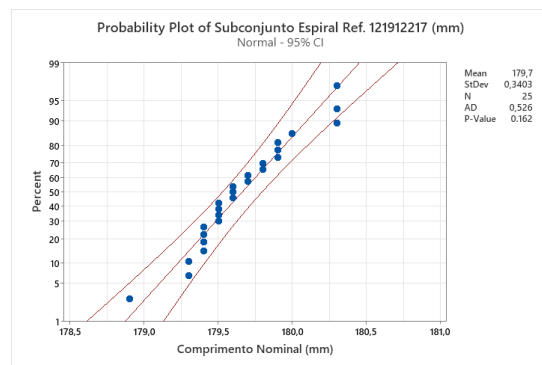
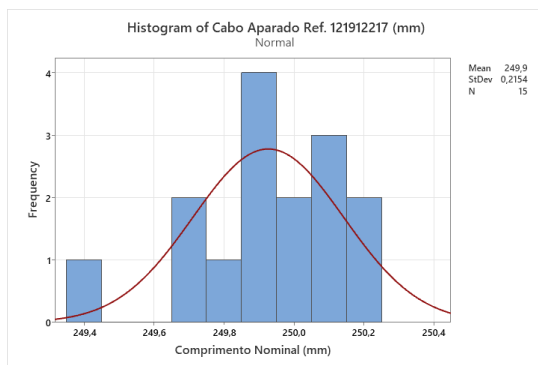


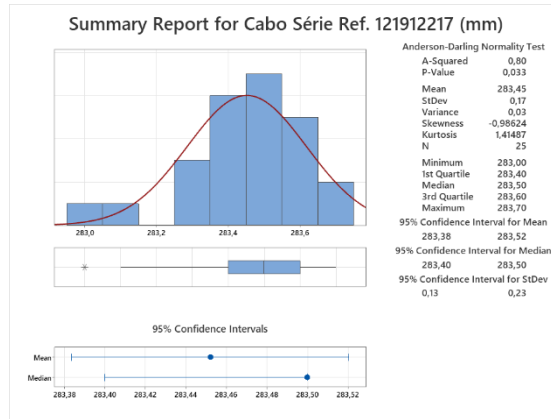
Referência cabo de comando: 121912218C01D03



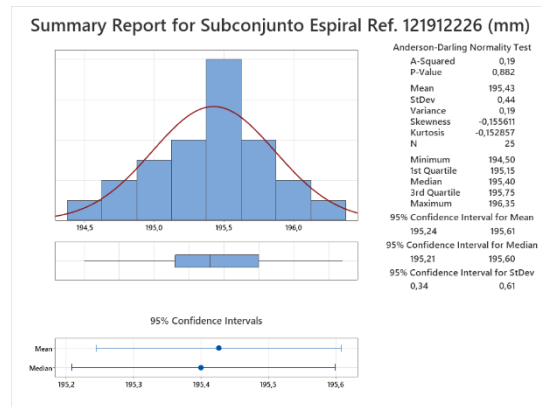
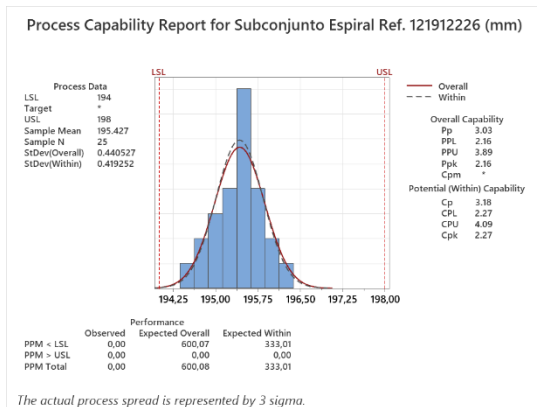
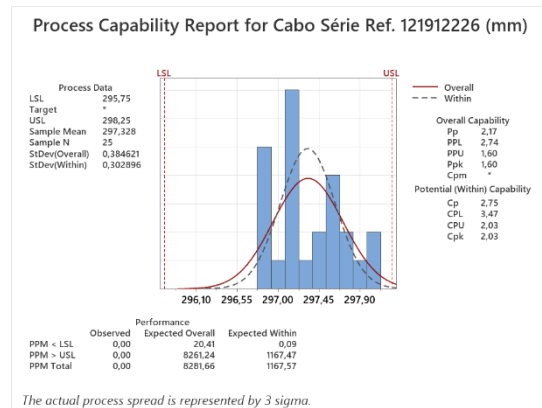
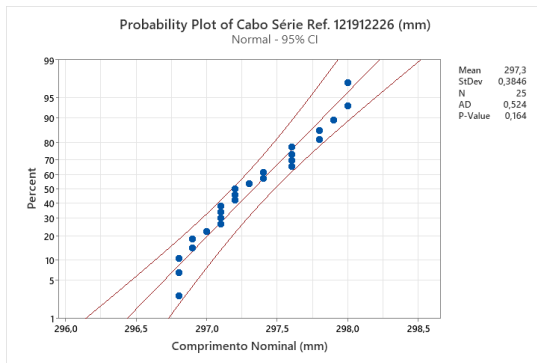
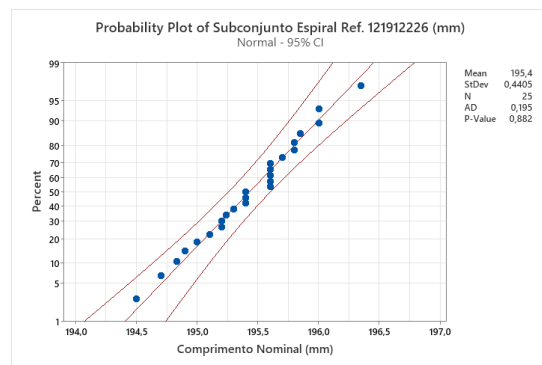
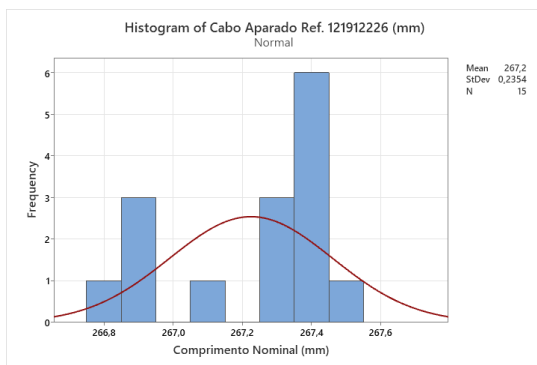


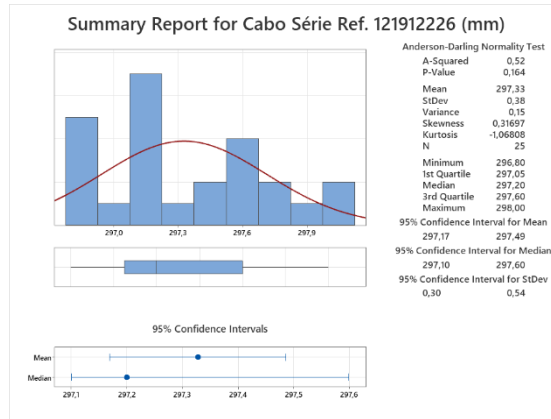
Referência cabo de comando: 121912217C01D03





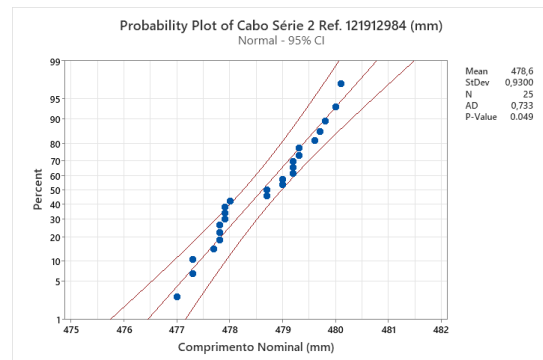
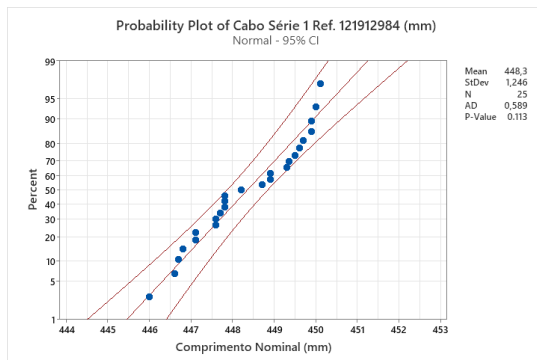
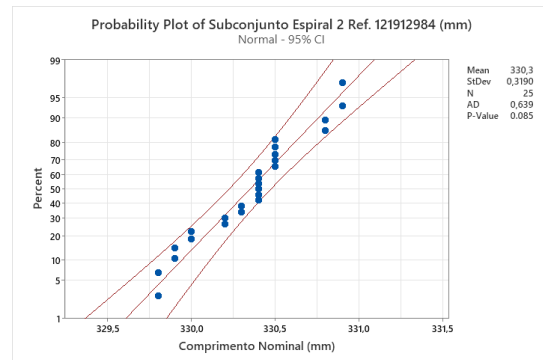
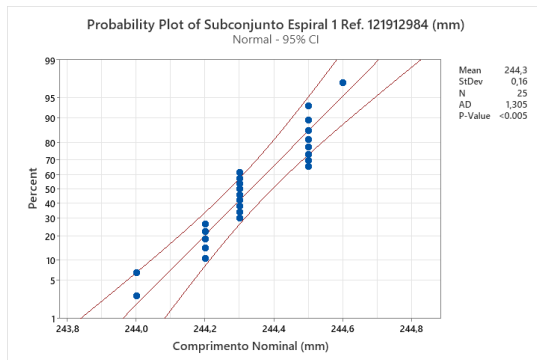
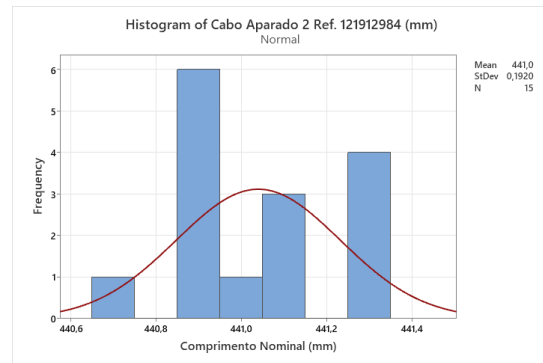
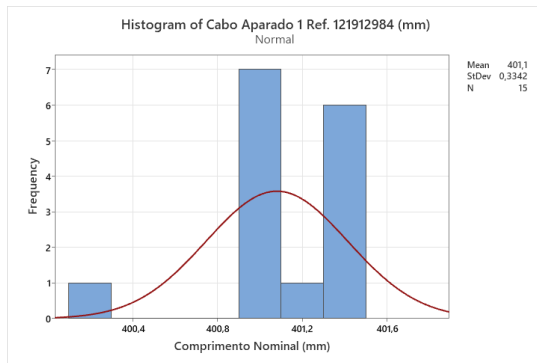
Referência cabo de comando: 121912226C01E04

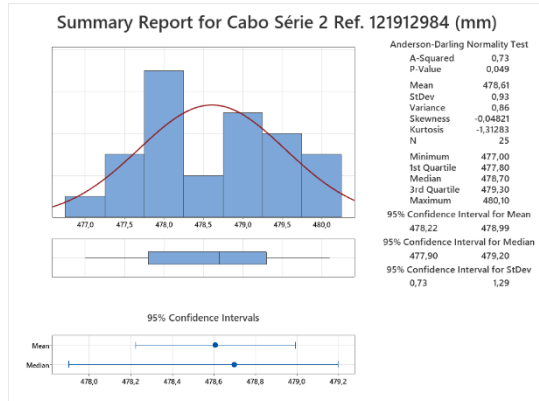
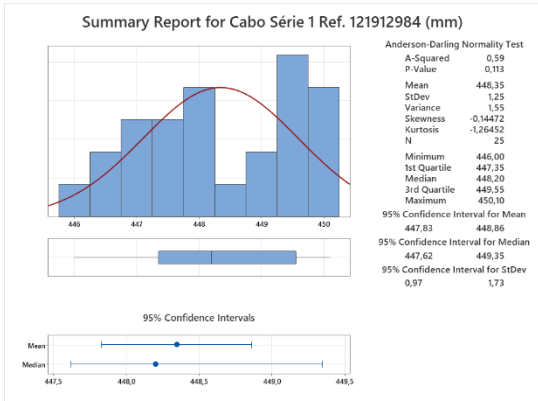
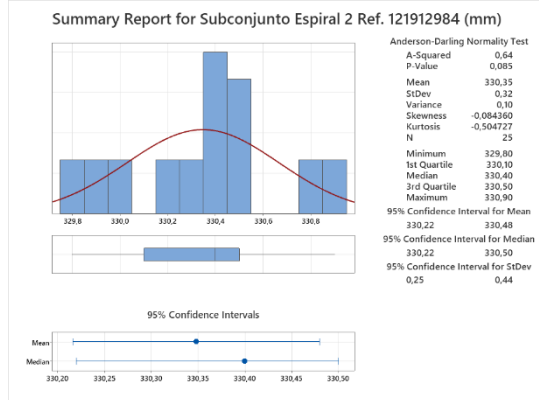
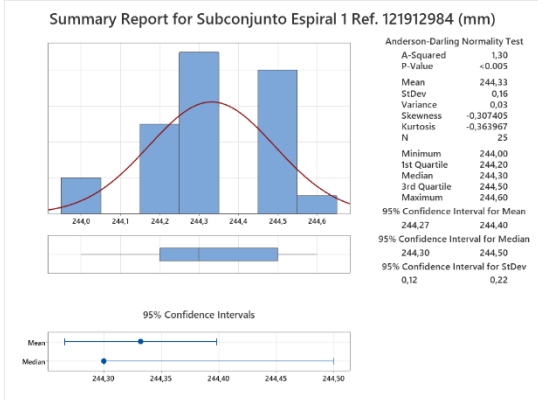
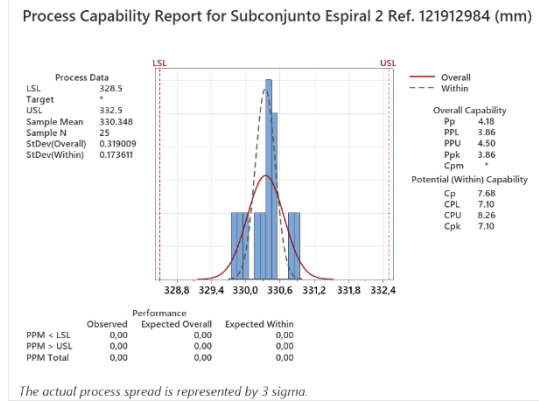
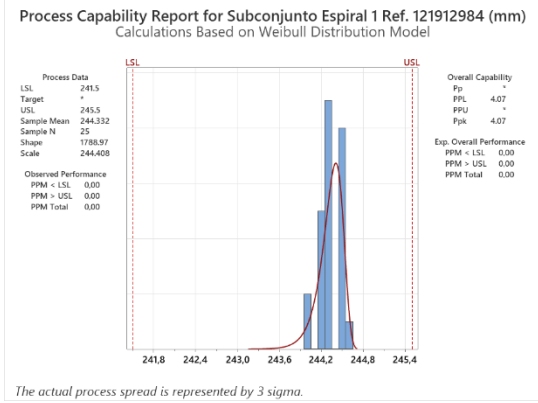
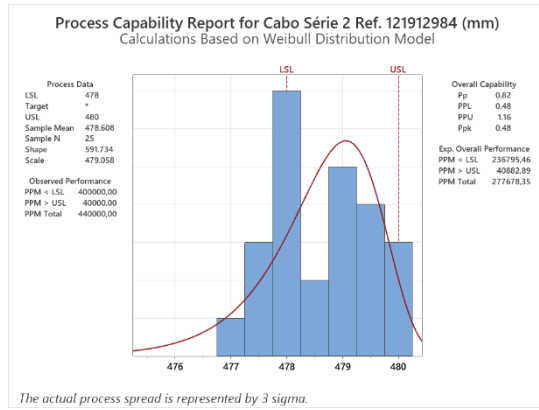
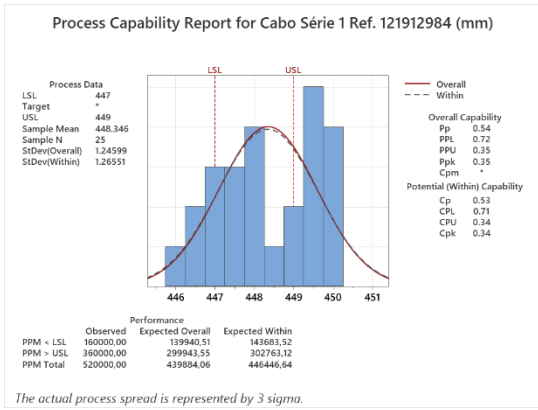




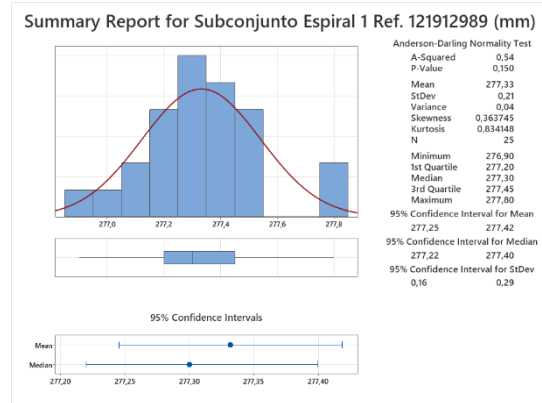
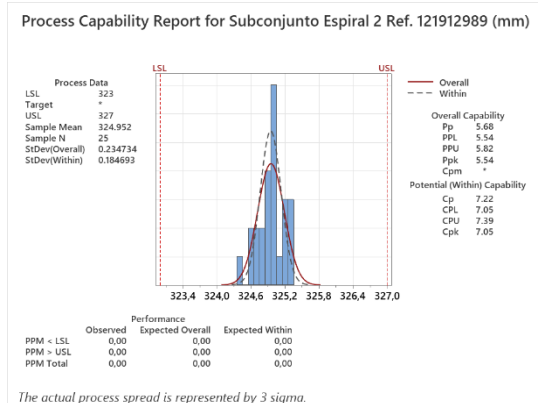
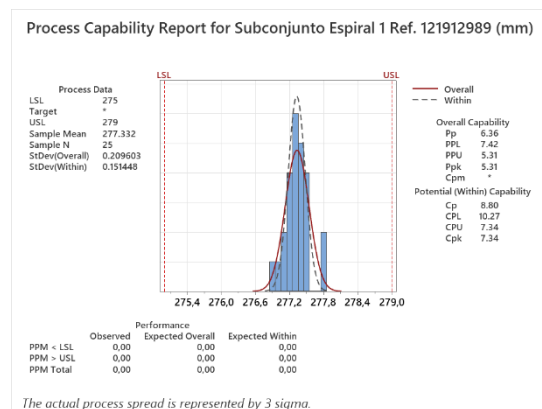
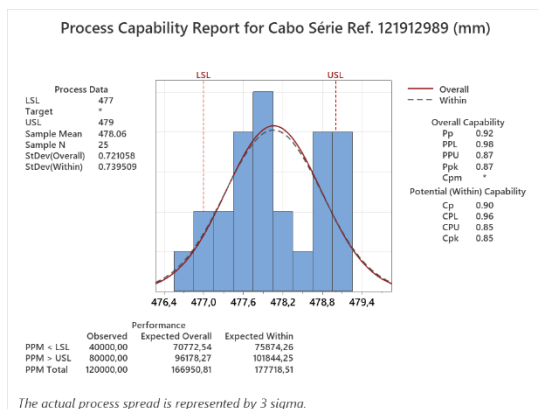
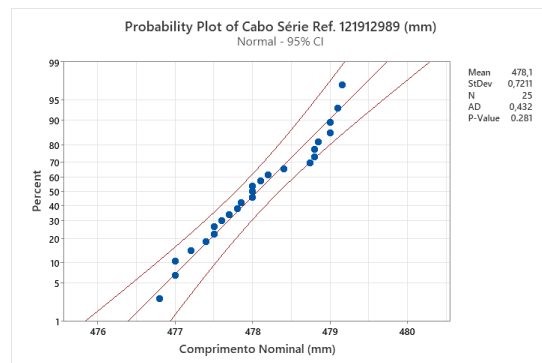
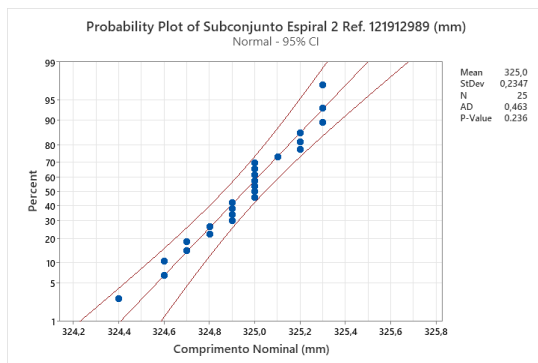
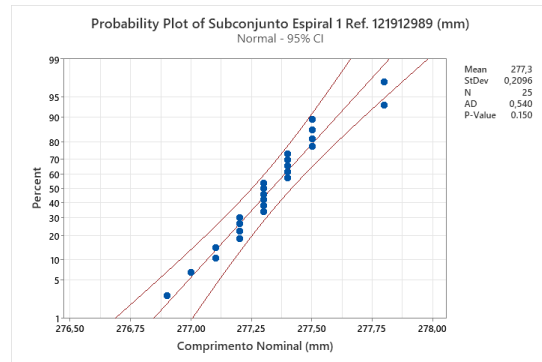
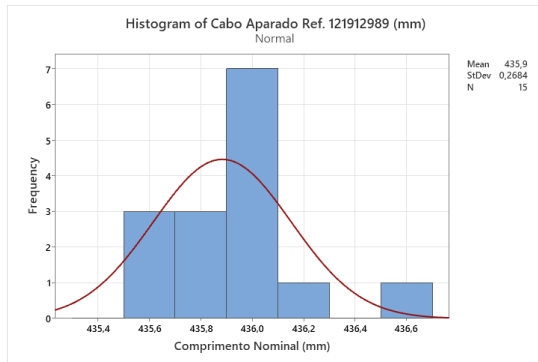
Linha de Montagem: Capôs Duplos

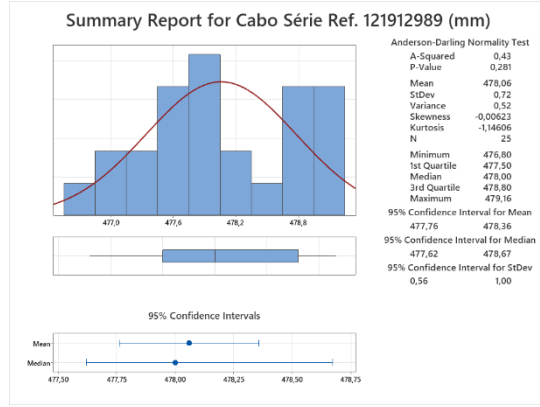
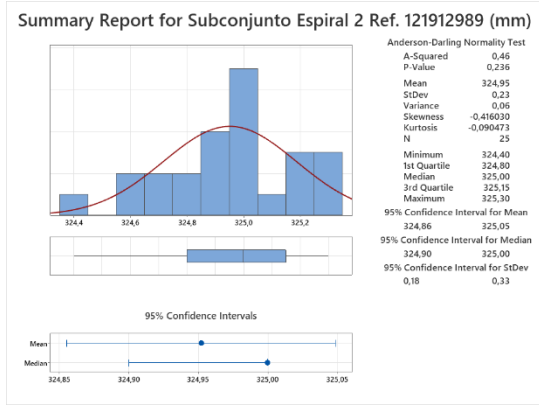
Referência cabo de comando: 121912984C03A00



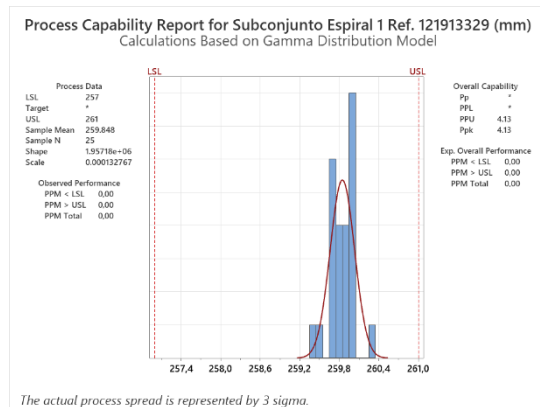
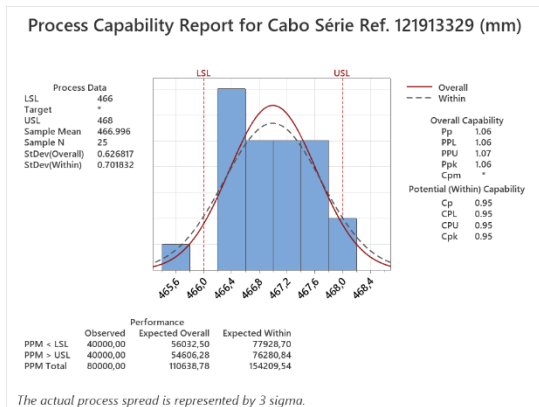
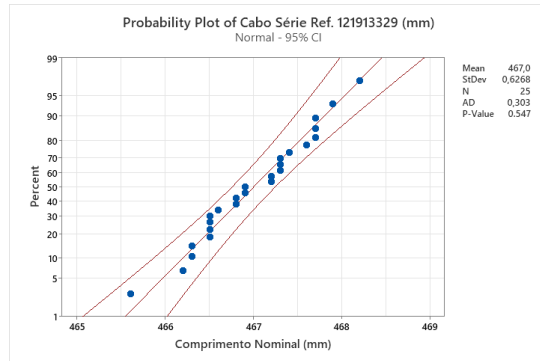
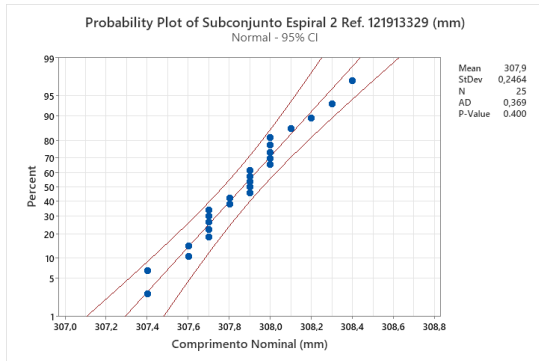
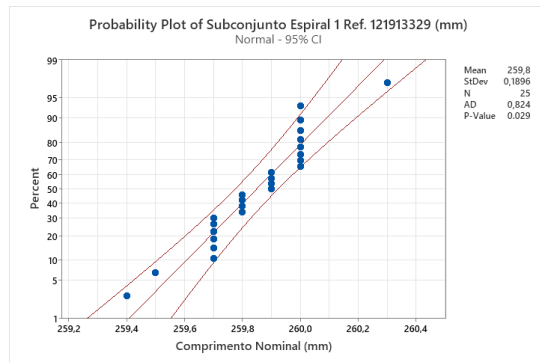
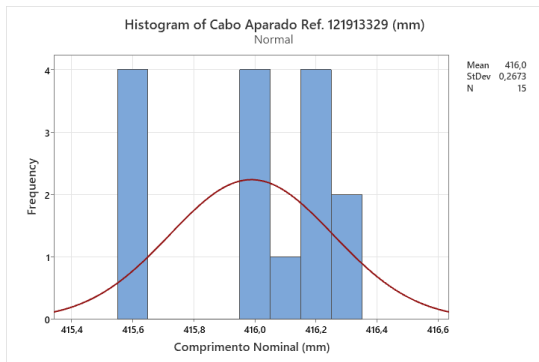


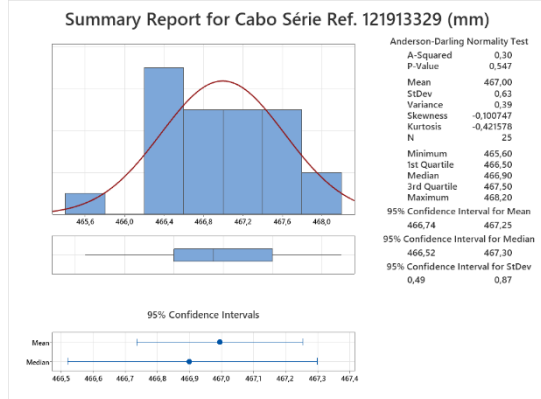
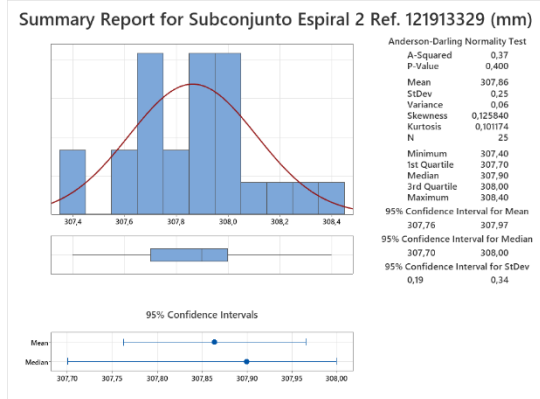
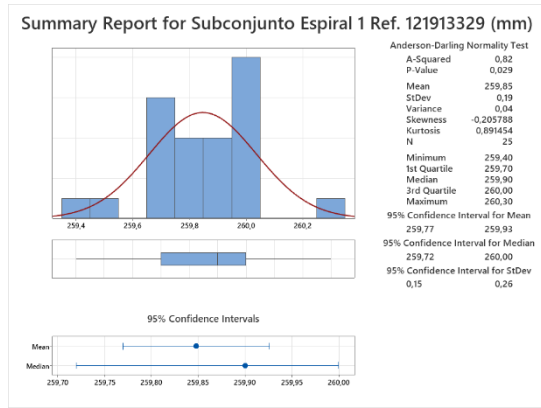
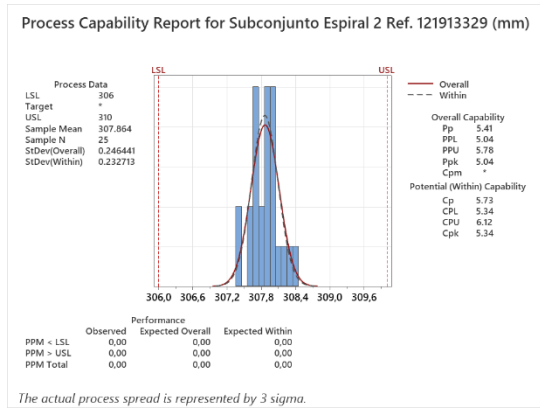
Referência cabo de comando: 121912989R01B04



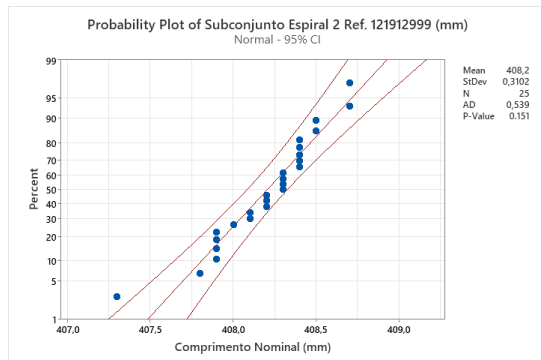
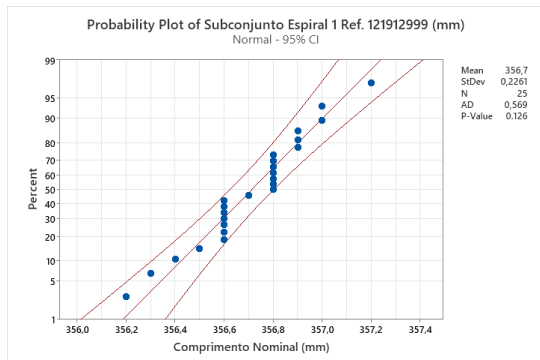
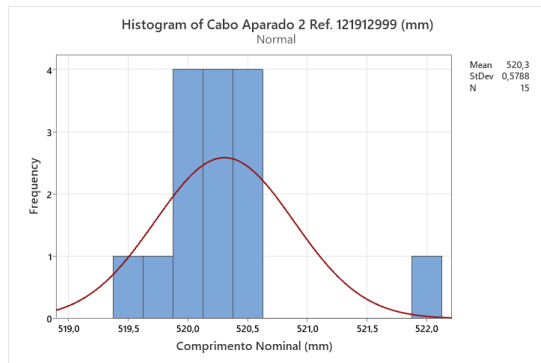
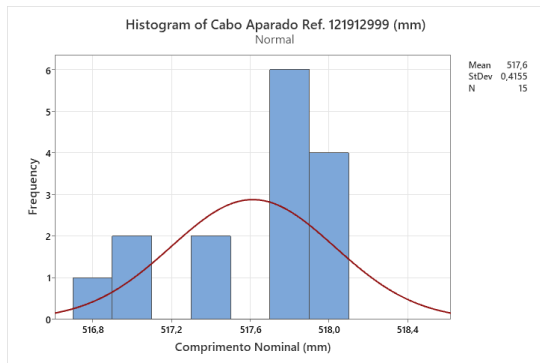


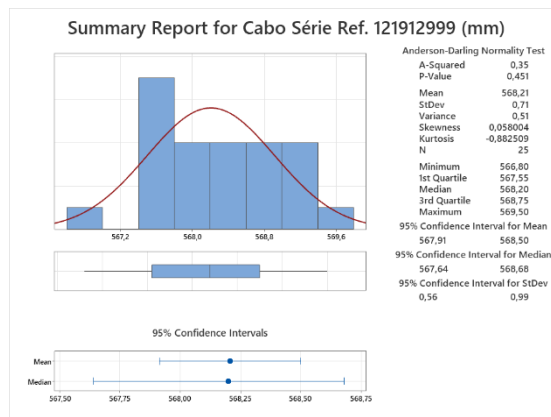
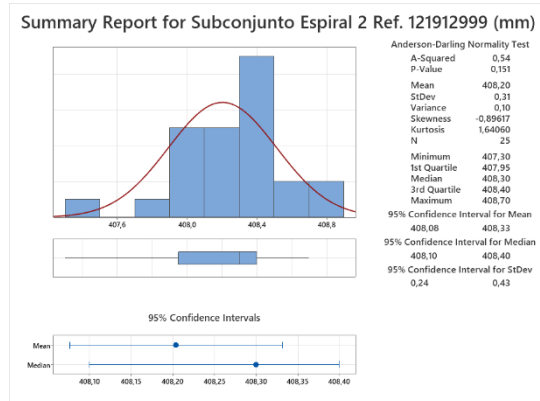
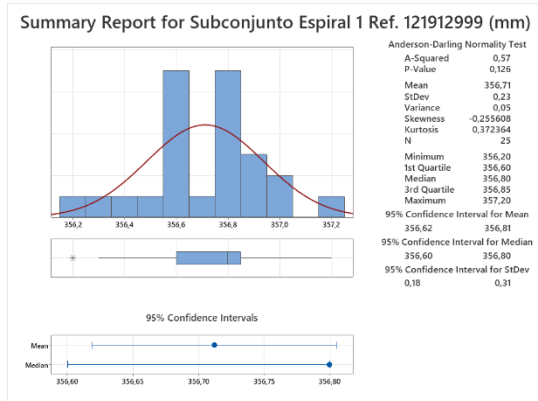
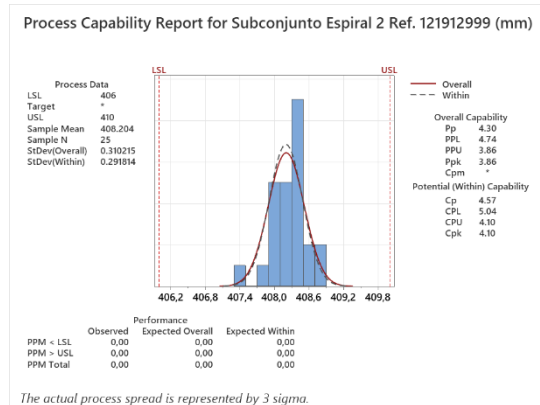
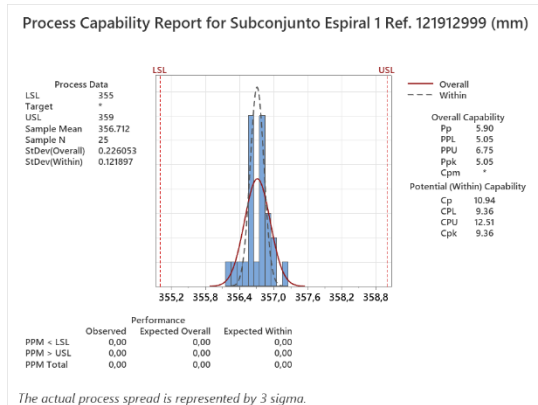
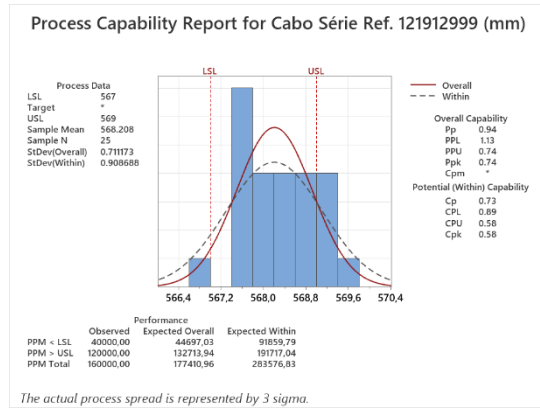
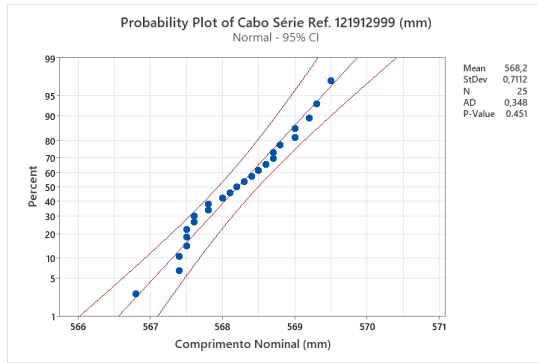
Referência cabo de comando: 121913329P01B01





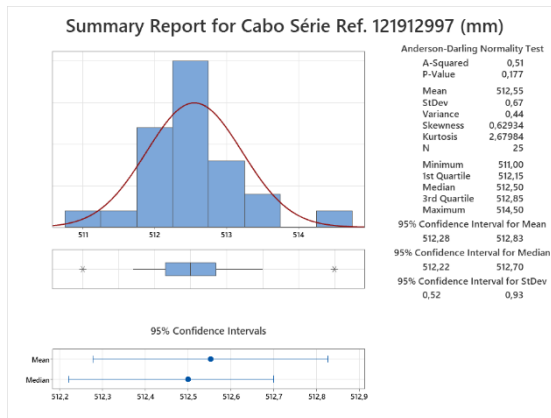
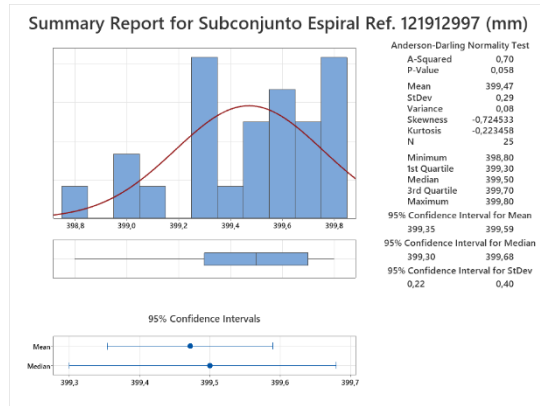
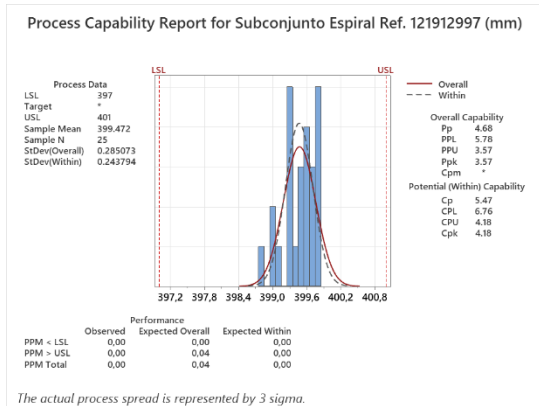
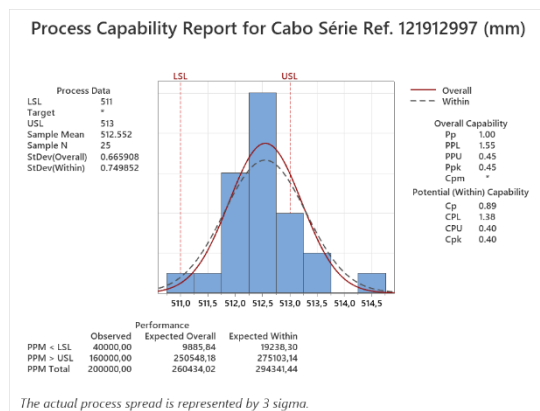
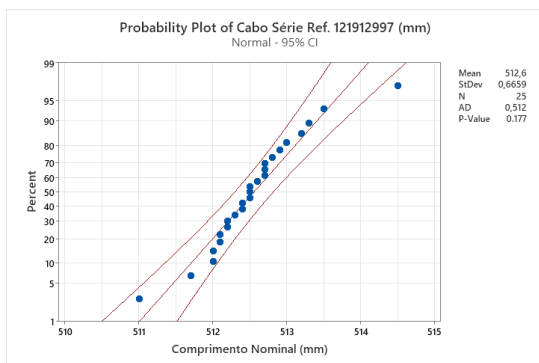
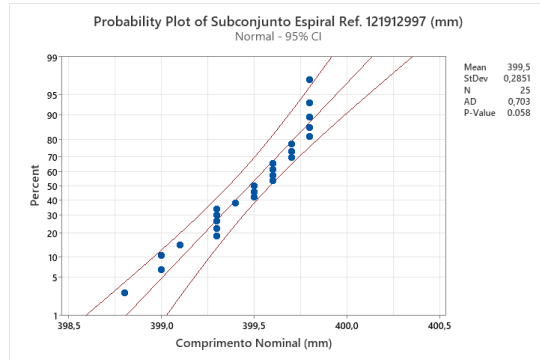
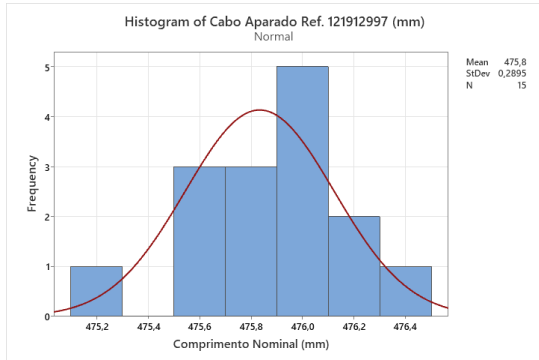
Referência cabo de comando: 121912999R01B05



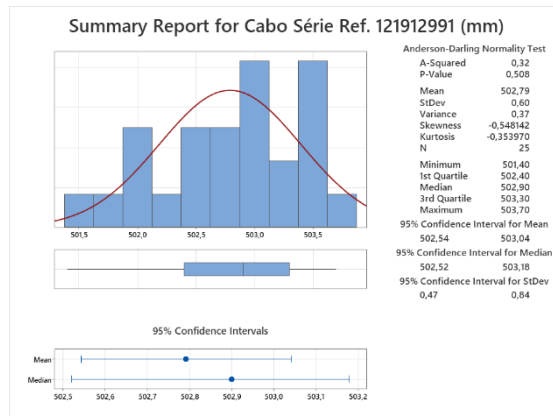
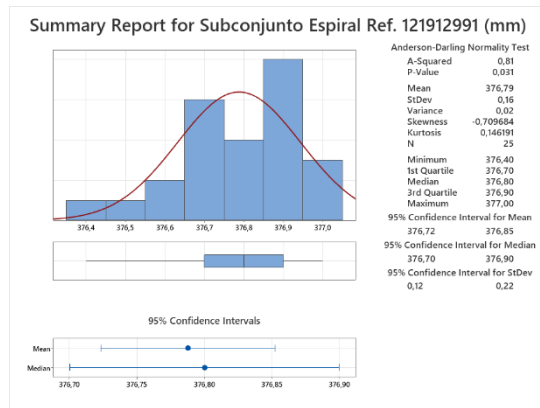
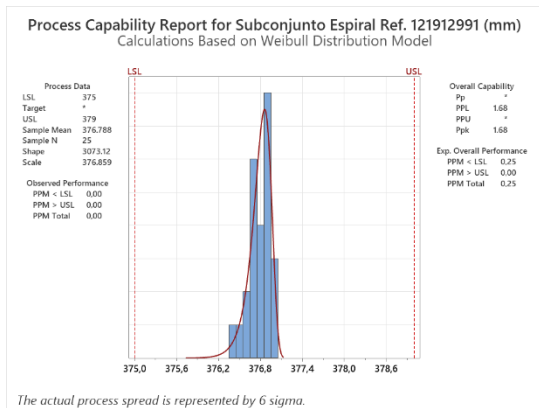
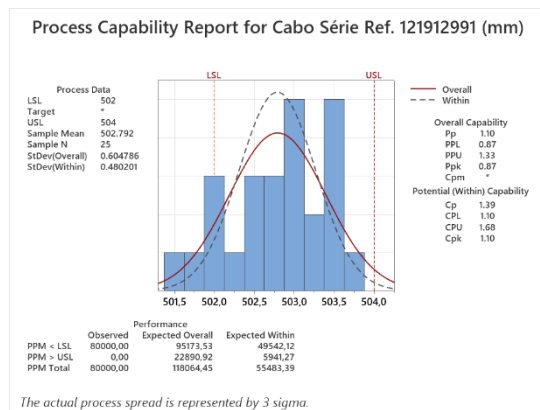
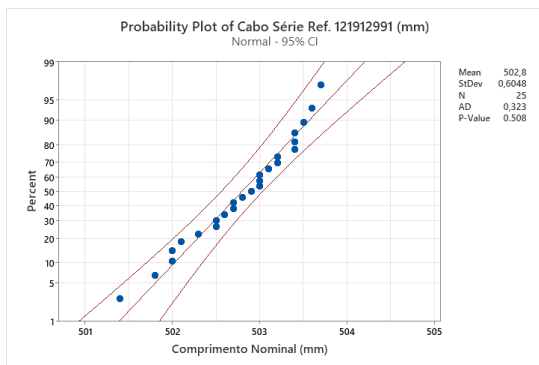
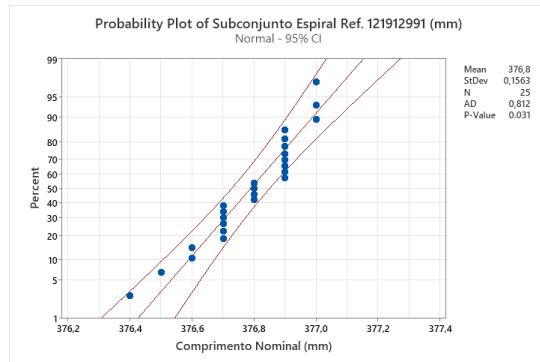
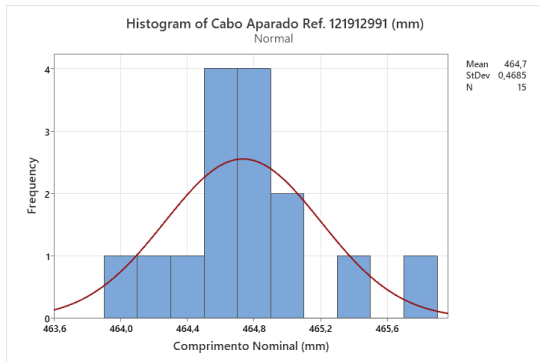


Linha de Montagem: Capôs Pequenos

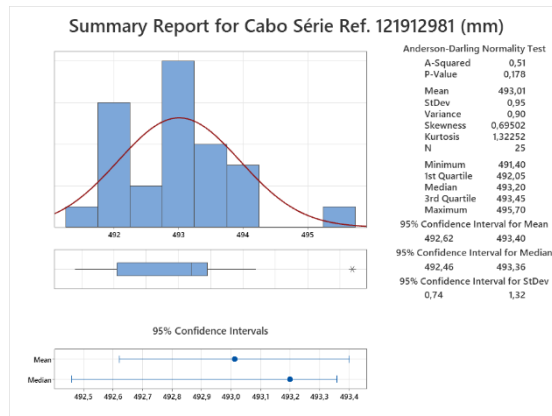
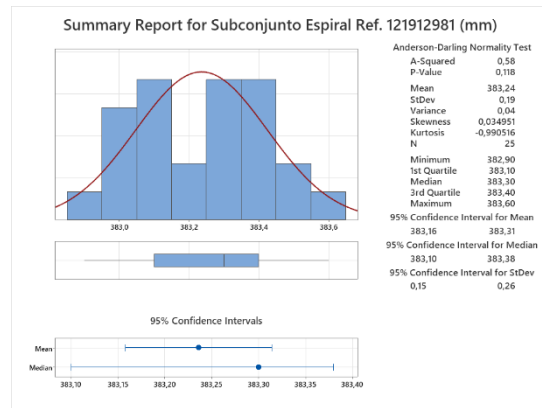
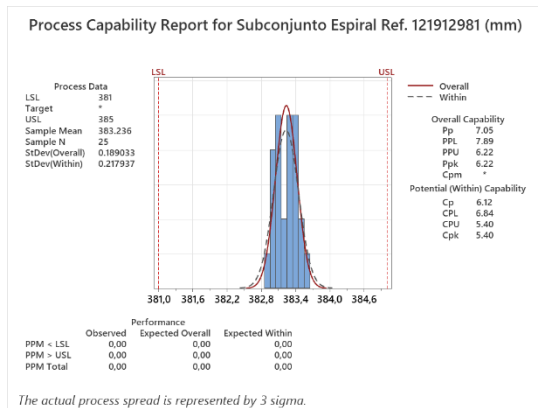
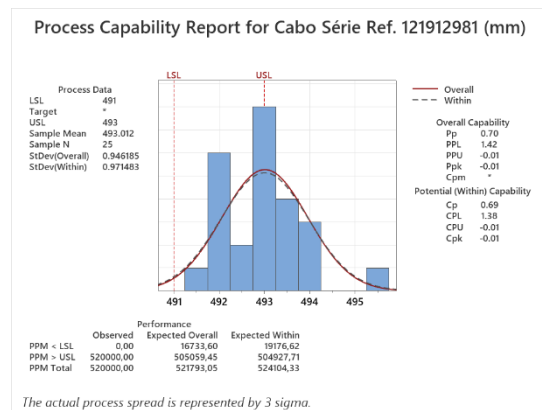
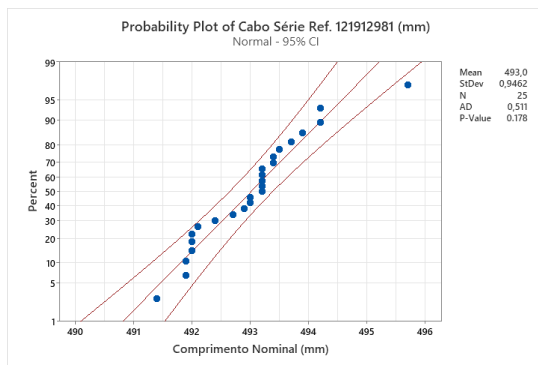
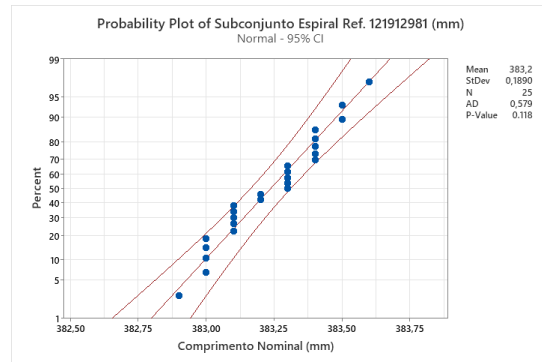
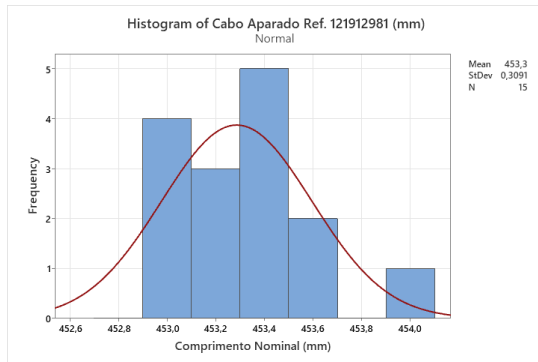
Referência cabo de comando: 121912997R01A00



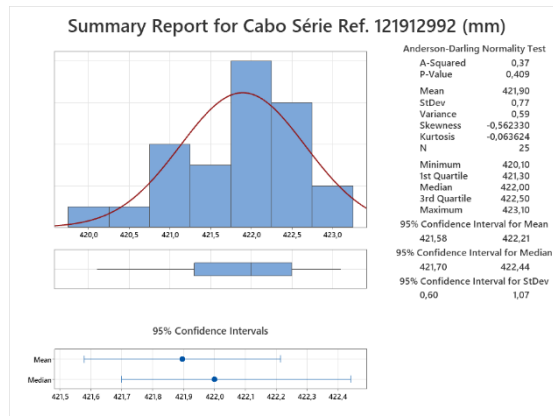
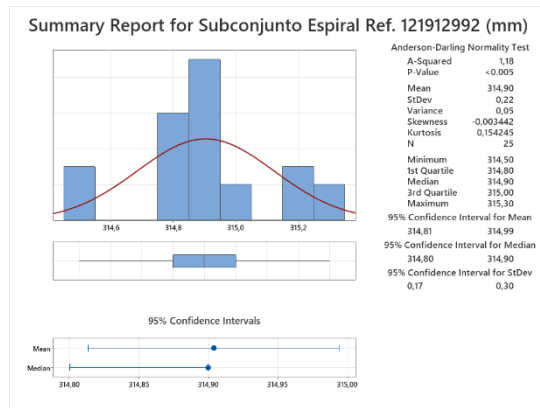
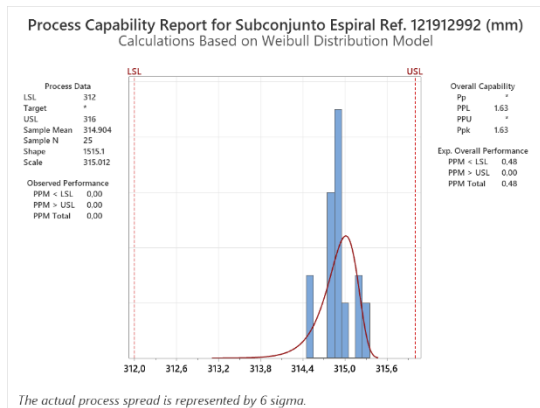
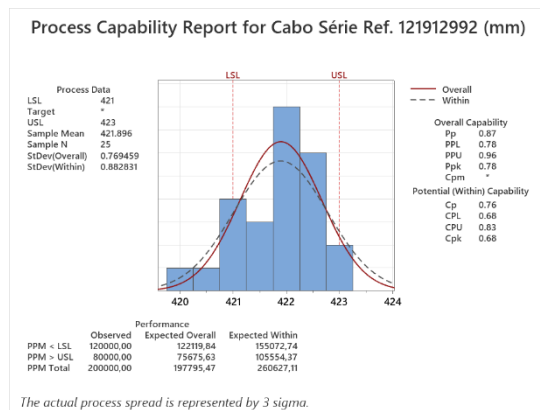
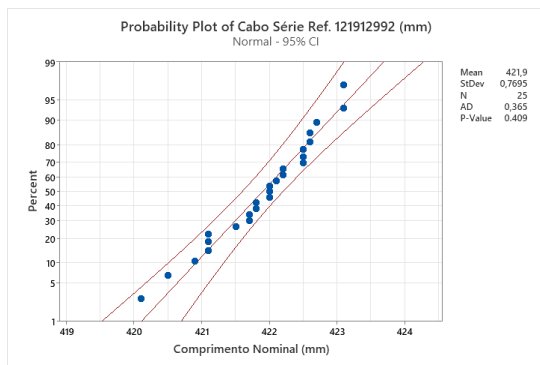
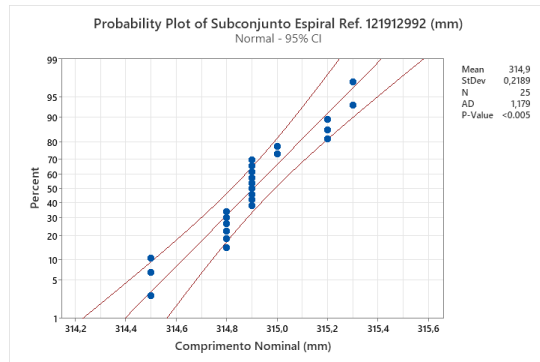
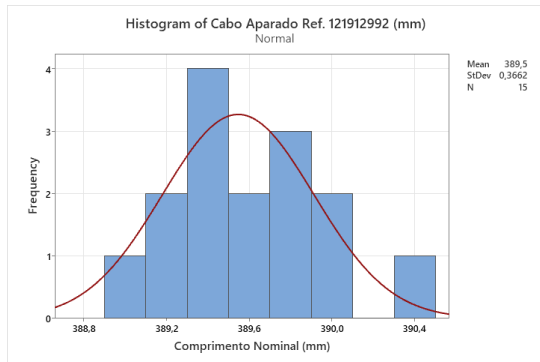
Referência cabo de comando: 121912991C01B02



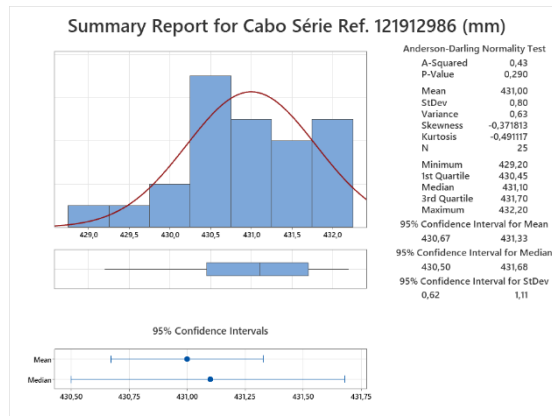
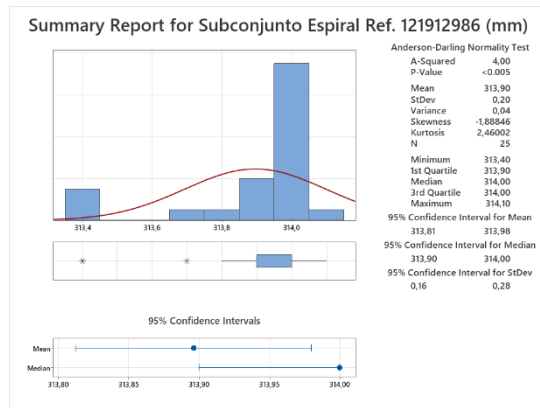
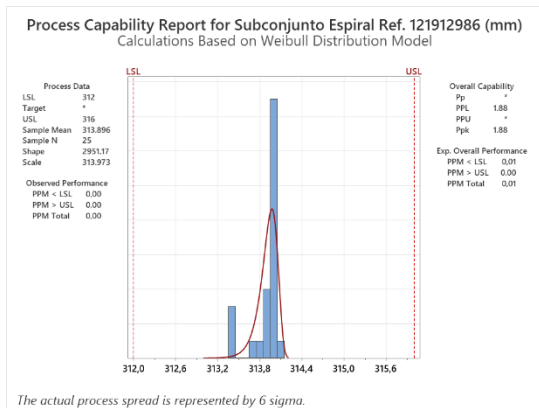
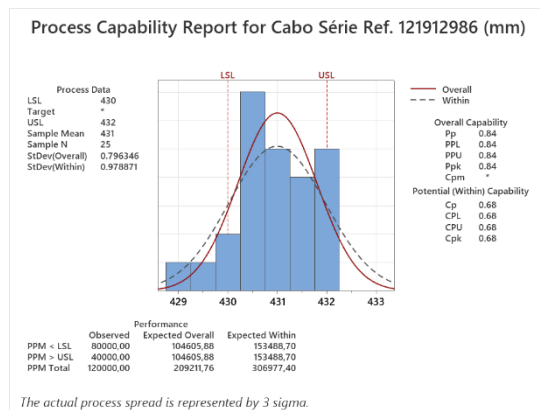
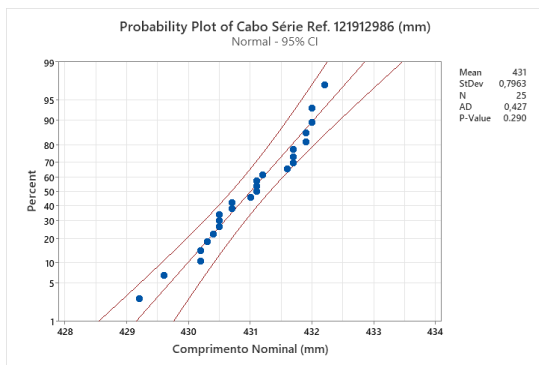
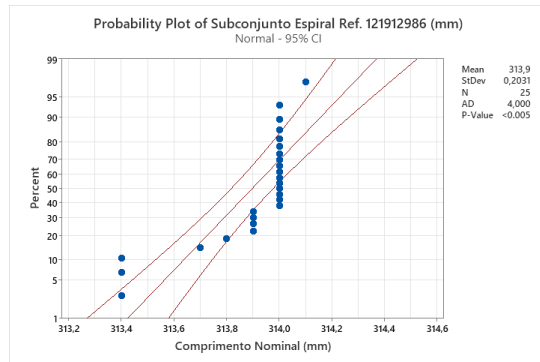
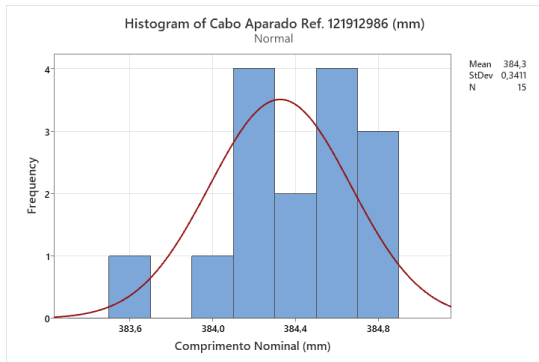
Referência cabo de comando: 121912981C01B01



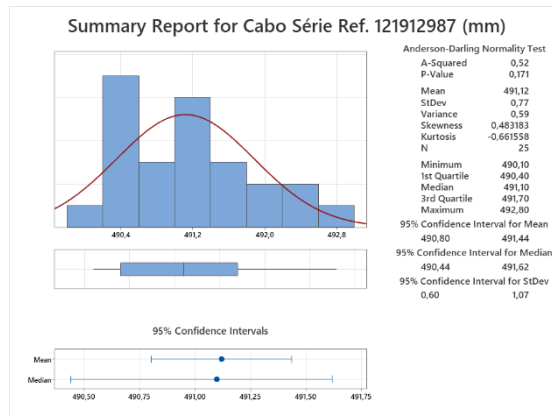
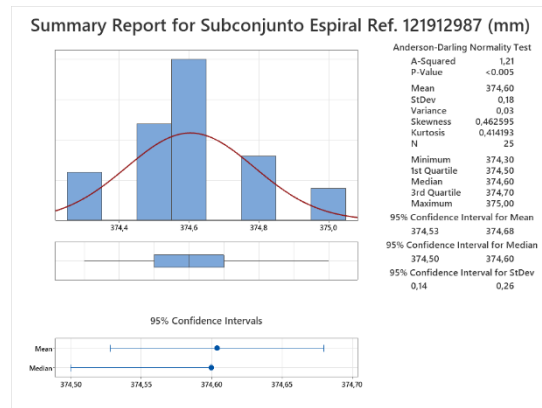
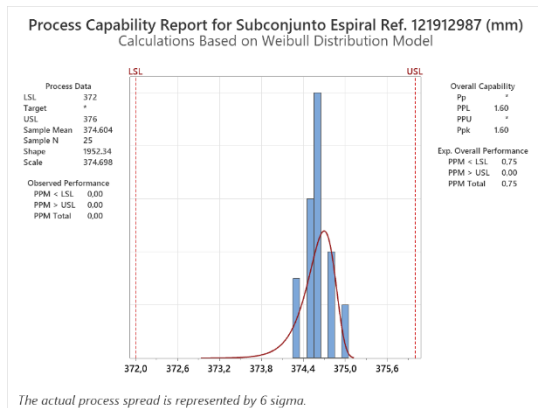
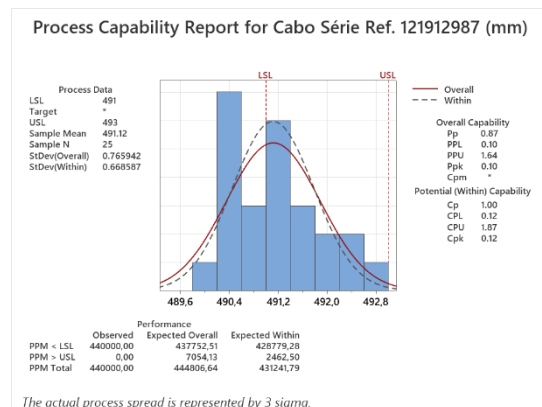
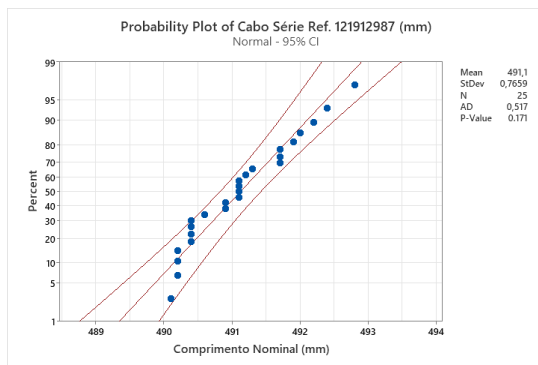
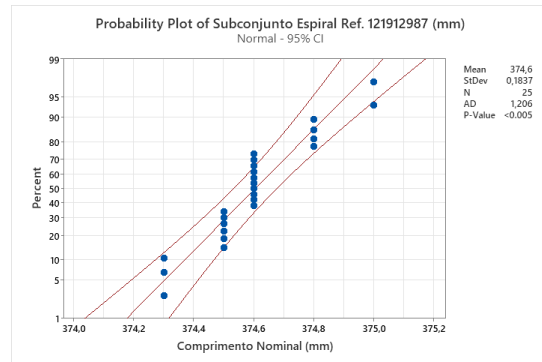
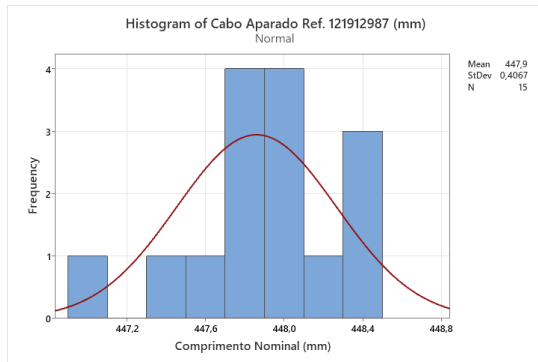
Referência cabo de comando: 121912992C01B01



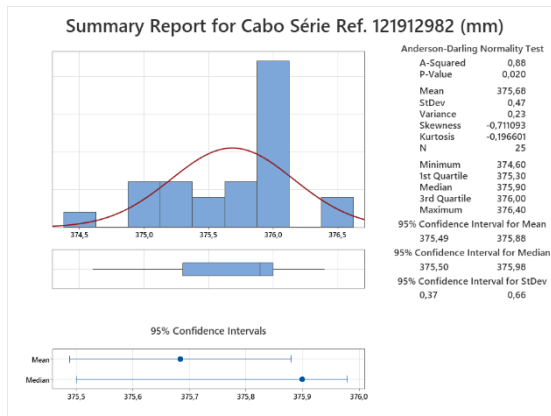
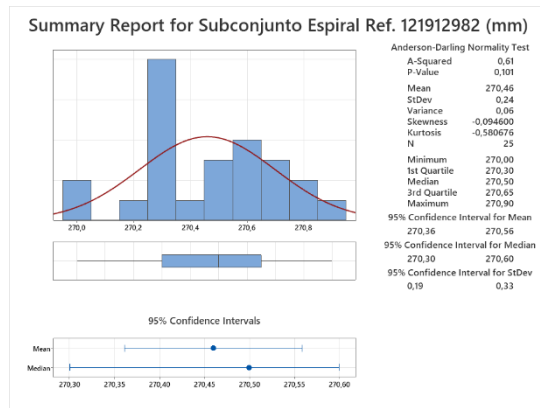
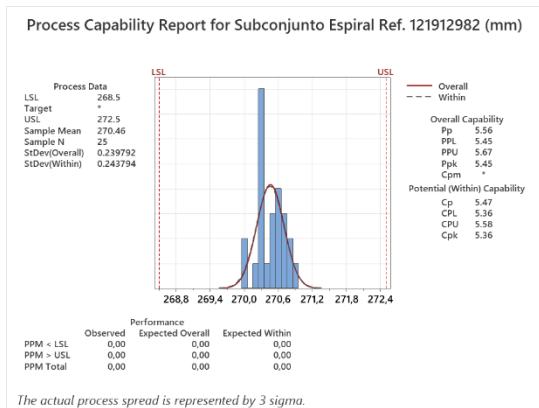
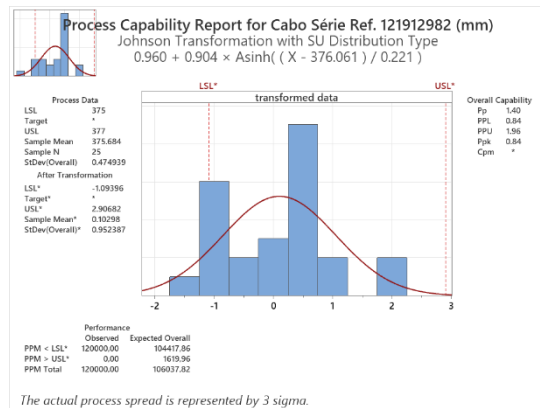
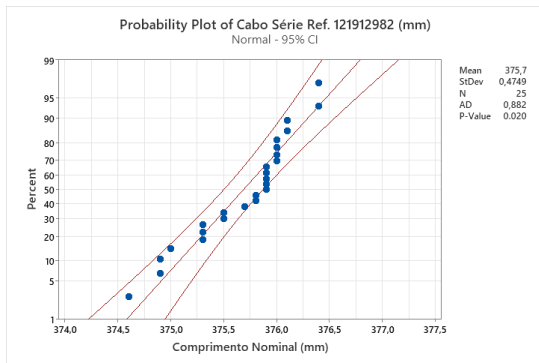
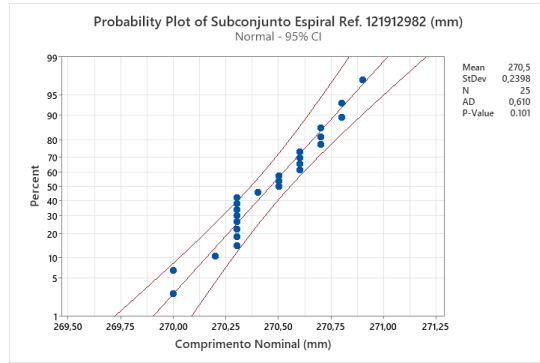
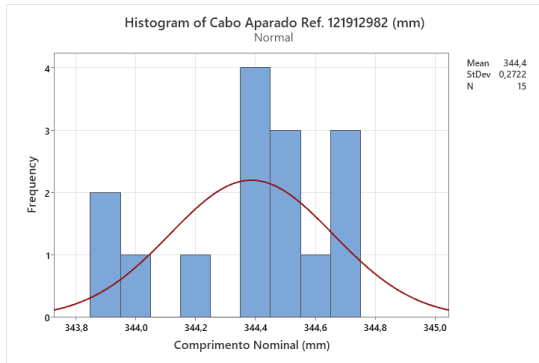
Referência cabo de comando: 121912986R03A00



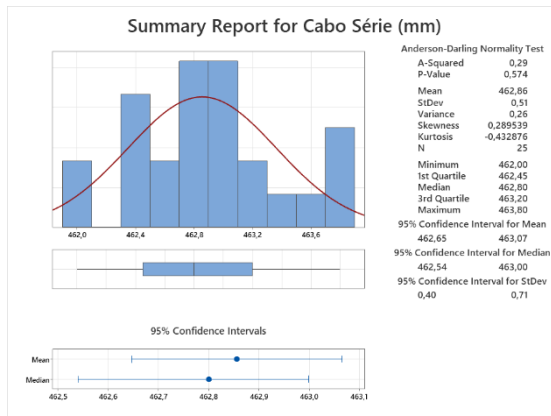
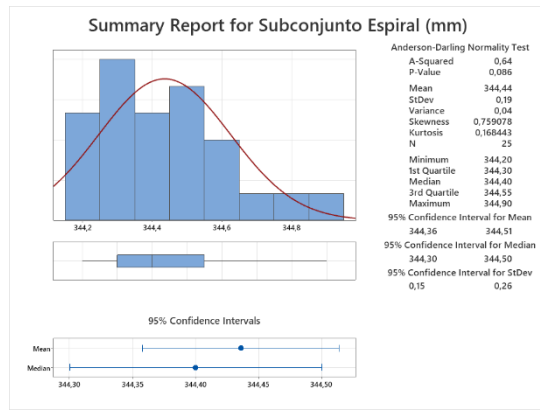
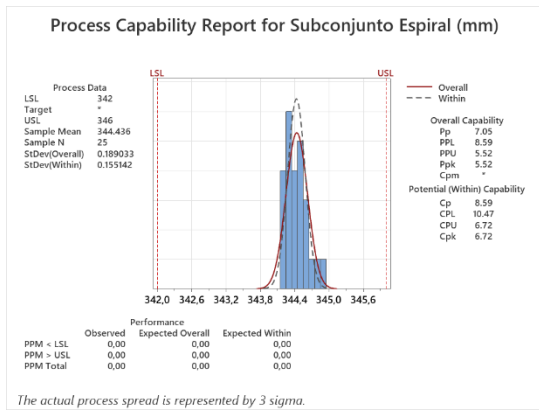
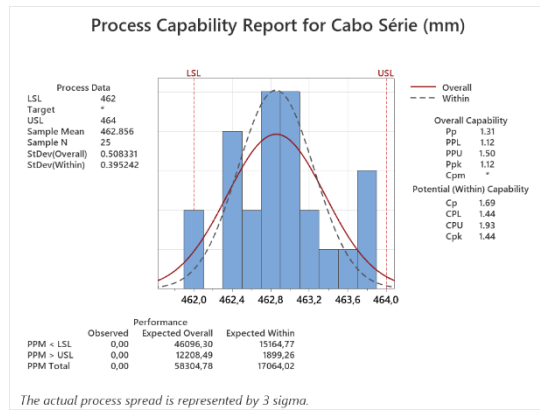
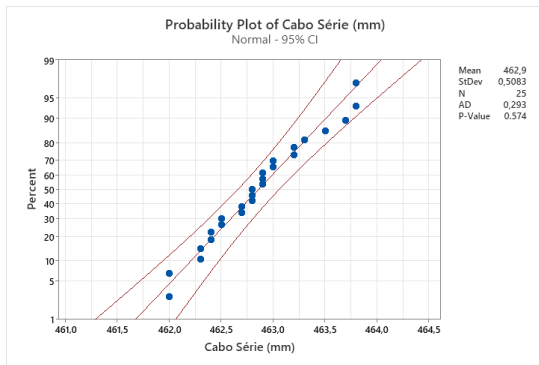
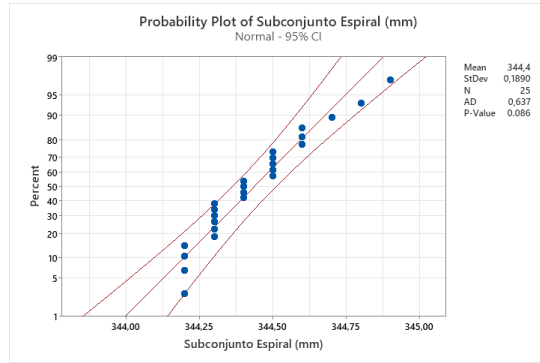
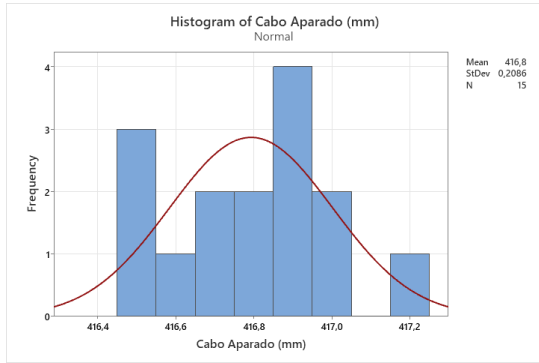
Referência cabo de comando: 121912987R01A00



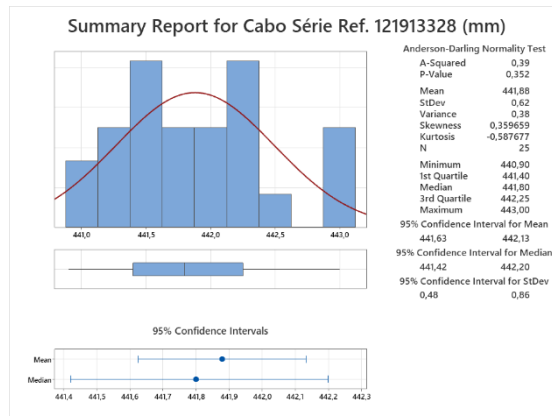
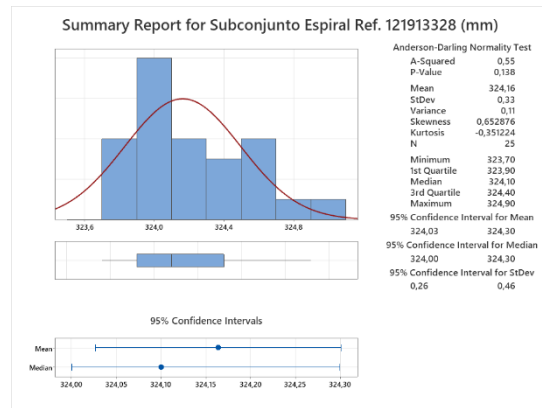
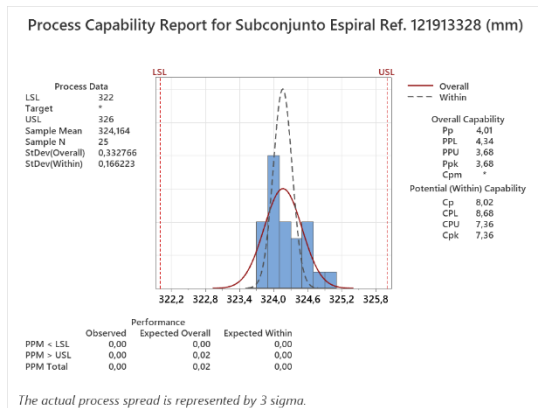
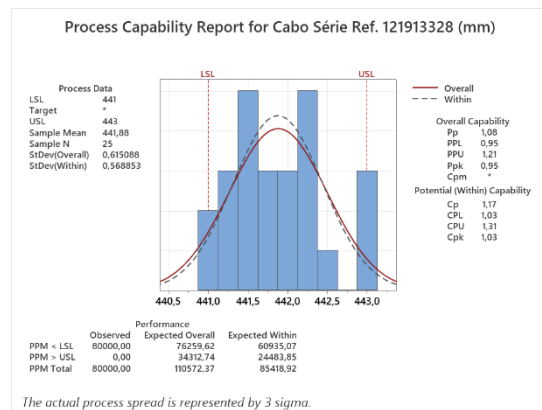
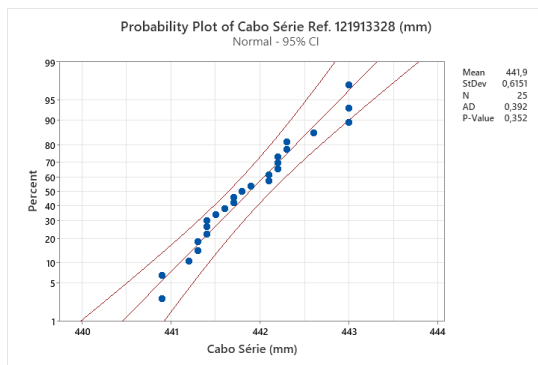
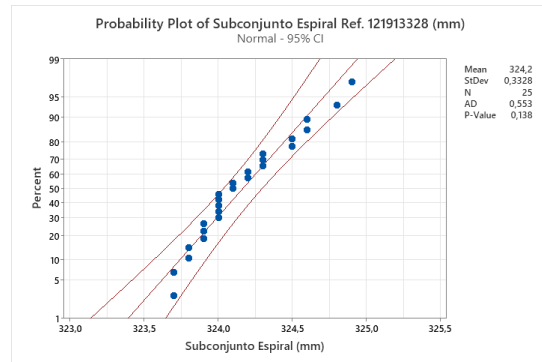
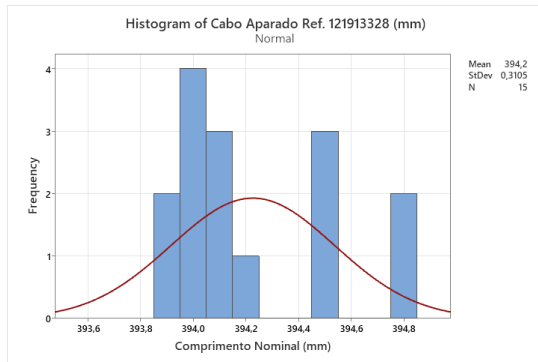
Referência cabo de comando: 121912982C01A00



Referência cabo de comando: 121913326P01A00

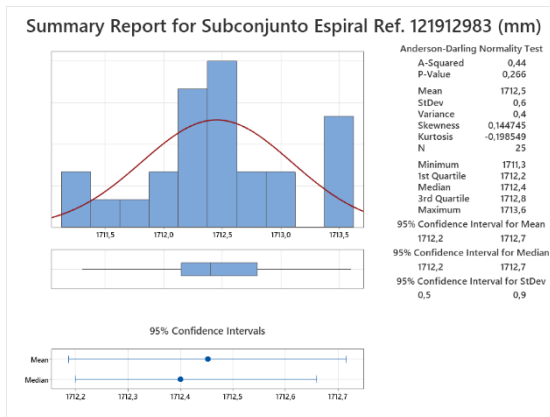
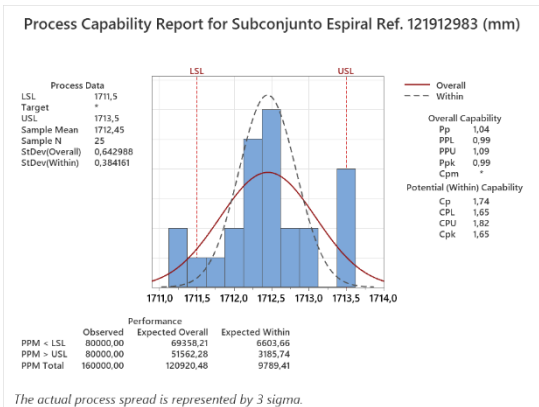
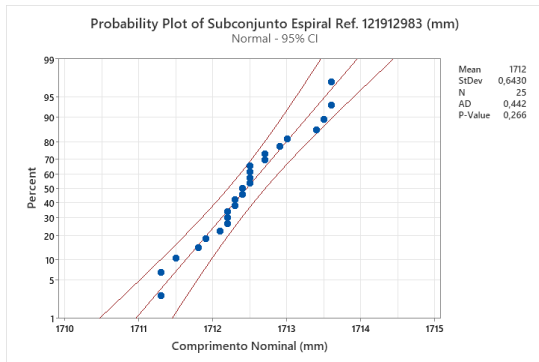


Referência cabo de comando: 121913328P01A00

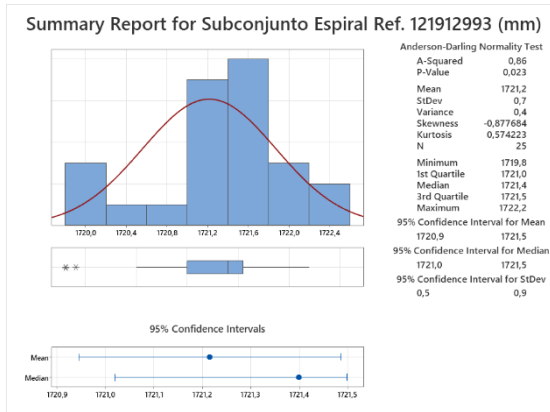
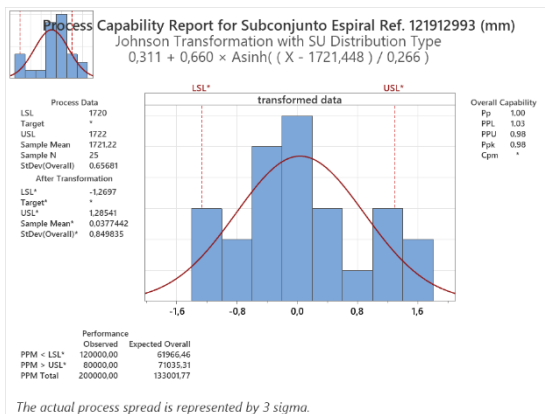
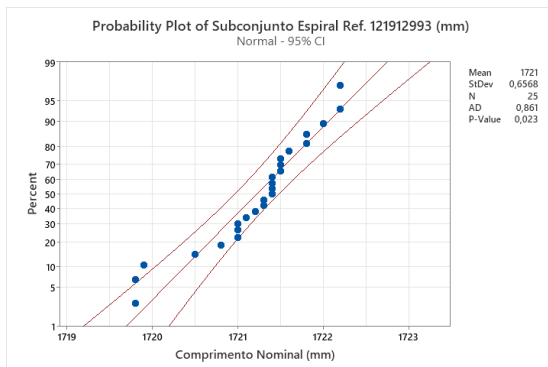


Linha de Montagem: Capôs Grandes

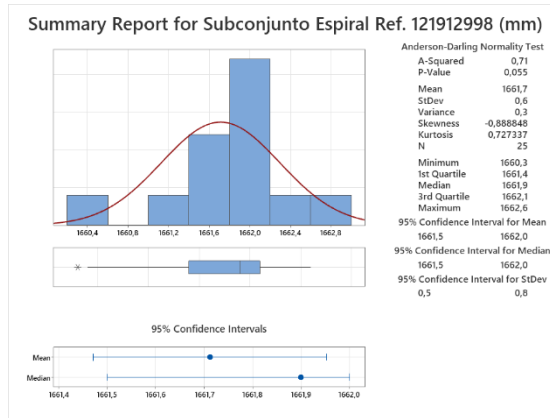
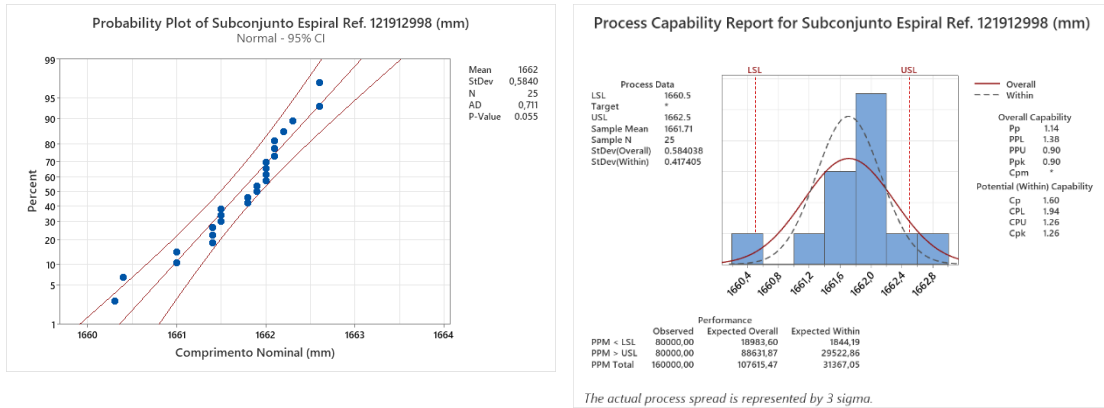
Referência cabo de comando: 121912983P05D03



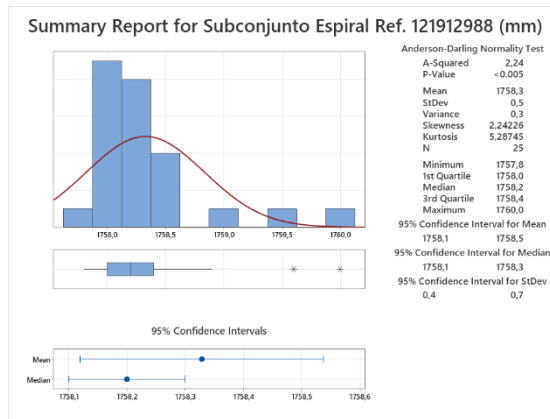
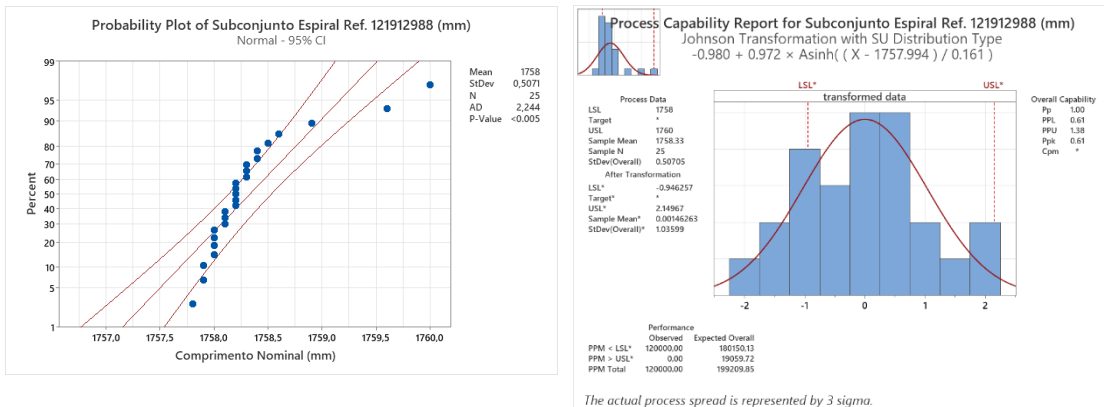
Referência cabo de comando: 121912993P05C02



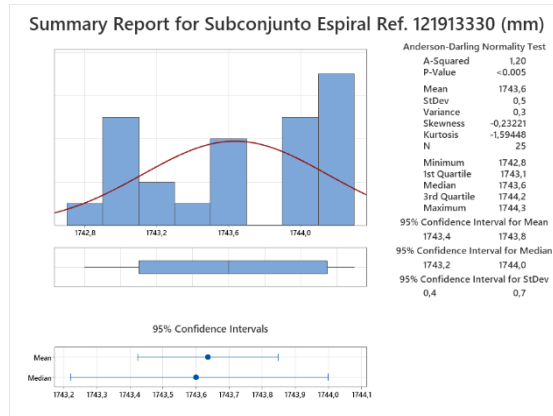
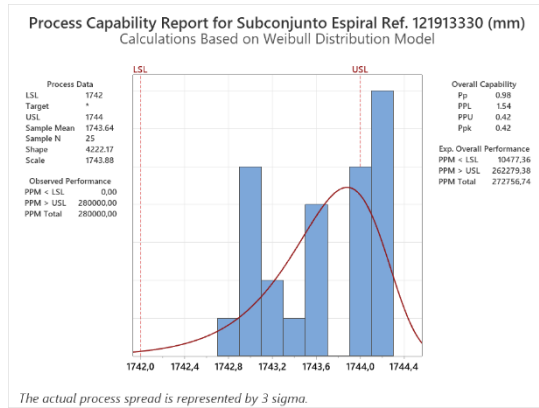
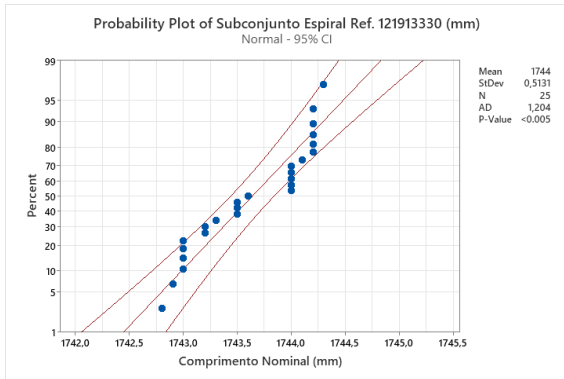
Referência cabo de comando: 121912998P05A00



Referência cabo de comando: 121912988M01D03



Referência cabo de comando: 121913330P01C02



7.2 *Anexo 2 – Tabelas aprovação mova medida de corte de cabo (eliminação aparado)*

Linha de Montagem: Volvo

Referência final	Ref. Subconjunto Term. Cabo Sobreinj. estado	Nova Dimensão Sub-Conj. Sobreinj. estado (mm)	Ref. Sub-conjunto terminal zamak	Nova dimensão sub-conjunto terminal zamak (mm)	Ref. Dimensão de corte	Nova dimensão de corte (mm)	Dimensão sub-conjunto série (mm)	Ganho (mm)	±3σ (mm)	Valor máximo (mm)	Valor mínimo (mm)	Ensaio de tração entre terminais (N)	Ensaio de tração pela zona funcional (N)	Resistência à tração dos terminais de cabo (N)	Nº de amostras aprovadas na linha	Observações
121912971 C01E04	129216309 D03	472	129216310 C02	473	12635656 C02	477	509	37	0,972	472,9	471,4	1512,9	1322,59	>900	124	A única amostra que não foi aprovada foi devido a falha no corte elétrico na prototipagem e não devido a medida do cabo.
121913025 C01D04	129216437 B01	481	129216438 A00	482	12636713 A00	486	517	36	1,08	481,3	480,1	1571,49	1391,06	>900	125	As 125 amostras vieram da máquina 77
121913027 C01B02	129216431 B01	555	129216432 A00	556	12636710 A00	560	586	31	1,707	556	554	1540,17	1241,94	>900	125	Foi feito estudo com 2 amostras de cabo no limite máximo de cumprimento e 2 no limite mínimo sendo que todas passaram na linha.
121913028 C01C02	129216433 B01	481	129216434 A00	482	12636711 A00	486	508	27	1,023	482	480	1363,98	1355,99	>900	125	Foi feito estudo com 3 amostras de cabo no limite máximo de cumprimento e 3 no limite mínimo sendo que todas passaram na linha.
121912969 C01E04	129216305 C02	389	129216307 B01	390	12635654 B01	394	455	66	1,245	390	388	1348,68	1365,61	>900	125	Foi feito estudo com 2 amostras de cabo no limite máximo de cumprimento e 2 no limite mínimo sendo que todas passaram na linha.
121912976 C01B01	129216477 A00	453	129216478 A00	454	12636752 A00	458	480	27	0,858	454	452	1348,68	1362,81	>900	125	Foi feito estudo com 2 amostras de cabo no limite máximo de cumprimento e 2 no limite mínimo sendo que todas passaram na linha.
121913024 C01C04	129216435 B01	560	129216436 A00	561	12636712 A00	565	590	30	0,777	561	559	1526,04	1342,8	>900	120	4 cabos não passaram na linha por serem grandes de mais, 1 cabo não passou na linha devido a má criação da flor. Foi feito um estudo com 2 amostras com medidas de 561mm, 560mm, 559mm e 558 mm e constatou-se que a medida ideal seria 560mm.
121913056 C01C02	129216529 C02	364	129216533 B01	365	12636584 B01	369	395	31	0,702	396	394	1565,28	1524,28	>900	125	Foi feito estudo com 2 amostras de cabo no limite máximo de cumprimento e 2 no limite mínimo sendo que todas passaram na linha.
121913058 C01C02	129216530 B01	377	129216534 A00	378	12636585 A00	382	432	55	1,035	378	376	1552,92	1406,17	>900	125	Foi feito estudo com 3 amostras de cabo no limite máximo de cumprimento e 3 no limite mínimo sendo que todas passaram na linha.
121913055 C01C02	129216528 B01	373	129216532 A00	374	12636583 A00	378	411	38	1,2	374	372	1484,06	1362,8	>900	114	Os 11 cabos não aceites na linha foram mal aparados na prototipagem tendo uma média de cumprimento de 376mm. Foi feito estudo com 2 amostras de cabo no limite máximo de cumprimento e 2 no limite mínimo sendo que todas passaram na linha.
121912977 C01B01	129216479 A00	465	129216480 A00	466	12636753 A00	470	537	72	1,746	466	464	1499,95	1407,15	>900	125	Foi feito estudo com 2 amostras de cabo no limite máximo de cumprimento e 2 no limite mínimo sendo que uma das amostras no limite máximo que não foi aceite tinha 467,5 mm
121913023 C01B01	129216474 A00	381	129216475 A00	382	12636749 A00	386	448	67	2,79	383	381	1520,35	1472,29	>900	125	Foi feito estudo com 3 amostras de cabo no limite máximo de cumprimento e 3 no limite mínimo sendo que todas passaram na linha.

Linha de Montagem: V526 Interiores

Referência final	Ref. Subconjunto Term. Cabo	Nova Dimensão Sub-Conj. Sobreinj. estado (mm)	Ref. Sub-conjunto terminal zamak	Nova dimensão sub-conjunto terminal zamak (mm)	Ref. Dimensão de corte	Nova dimensão de corte (mm)	Dimensão de corte série (mm)	Ganho (mm)	±3σ (mm)	Valor máximo obtido (mm)	Valor mínimo obtido (mm)	Ensaio de tração entre terminais (N)	Ensaio de tração pela zona funcional (N)	Resistência à tração dos terminais de cabo (N)	Nº de amostras aprovadas na linha	Observações
121912587 C01E04	129215738 B01	445	129215739 B01	446	12633703 B01	450	505	60	3,072	448,1	443,6	1432,06	1430,3	>900	123	Duas amostras não foram aceites na linha de injeção de zamak porque o cumprimento do cabo estava grande.
121912588 C01E04	129215740 B01	466	129215741 B01	467	12633704 B01	471	527	61	2,673	467	464	1475,03	1178,57	>900	125	No ensaio a tração pela zona funcional houve dois cabos que cederam com um valor inferior a 900N, pelo primeiro terminal injetado (isto mostra que podemos ter um problema na máquina de injeção do primeiro terminal/o motivo da variação é devido a isto?)
121912767 C01D03	129215996 A00	381	129215997 A00	382	12634507 A00	386	437	56	2,325	382	379	1497,4	1453,07	>900	125	As 125 amostras foram aceites.
121912768 C01D03	129215998 C02	398	129215999 C02	399	12634508 C02	403	455	57	2,229	399,7	396,8	1452,86	1385,56	>900	125	As 125 amostras foram aceites.
121912968 C01E04	129216304 D03	471	129216306 C02	472	12635653 C02	476	535	64	2,235	473	470	1494,06	1446,58	>900	125	As 125 amostras foram aceites.

Linha de Montagem: Transit Exteriores

Referência final	Ref. Subconjunto Term. Cabo	Nova Dimensão Sub-Conj. Sobreinj. estado	Ref. Sub-conjunto terminal zamak	Nova dimensão sub-conjunto terminal zamak (mm)	Ref. Dimensão de corte	Nova dimensão de corte (mm)	Dimensão de corte série BPCS (mm)	Ganho (mm)	±3σ (mm)	Valor máximo obtido (mm)	Valor mínimo obtido (mm)	Ensaio de tração entre terminais (N)	Ensaio de tração pela zona funcional (N)	Resistência à tração dos terminais de cabo (N)	Nº de amostras aprovadas na linha	Observações	
121912215 C01E04	129215260 B01	374	129215260 B01	375	12631610 B01	379	-	411	#####	0,866	374,25	373,38	1900,4	1094	>800	125	Todas as amostras aprovadas em linha. / Foi feito estudo com 2 amostras de cabo no limite máximo de cumprimento e 2 no limite mínimo sendo que passaram na linha.
121912216 C01H07	-	-	129215169 F05	366	"12631611 E04"	370	398	404	32,00	0,605	366,5	365,9	1944,2	1219	>800	123	Duas amostras não foram aceites na linha por terem uma medida pequena, no entanto estes dois cabos tinham medos 10mm do que o suposto logo assumiu-se que ou foram mal selecionados ou foram cabos de setup/afinação da máquina de
121912217 C01D03	-	-	129215170 C02	250	12631612 C02	254	282	288	32,12	0,749	251	249	1775,4	966,5	>800	125	Todas as amostras aprovadas em linha. / Foi feito estudo com 2 amostras de cabo no limite máximo de cumprimento e 2 no limite mínimo sendo que passaram na linha.
121912218 C01D03	-	-	129215171 B01	512	12631613 B01	516	545	551	33,00	0,650	512,5	511,9	2019,3	943,6	>800	125	Todas as amostras aprovadas em linha. / Foi feito estudo com 2 amostras de cabo no limite máximo de cumprimento e 2 no limite mínimo sendo que passaram na linha.
121912225 C01C02	-	-	129215392 A00	392	12632653 A00	396	425	431	33,00	0,607	392,8	392	1977,9	1241	>800	125	Todas as amostras aprovadas em linha. / Foi feito estudo com 2 amostras de cabo no limite máximo de cumprimento e 2 no limite mínimo sendo que passaram na linha.
121912226 C01E04	-	-	129215395 D03	267	12632655 D03	271	301	307	33,80	0,752	267,45	266,8	1112,7	1973	>800	125	Todas as amostras aprovadas em linha. / Foi feito estudo com 2 amostras de cabo no limite máximo de cumprimento e 2 no limite mínimo sendo que passaram na linha.

7.3 Anexo 3 – Tabelas planeamento de produção/ganho de cabo das linhas de montagem

Linhas de montagem onde se eliminou o aparado

Linha de Montagem: Volvo

Volvo	2022	2023	2024	2025	2026	Produção cabos de comando	Ganho de cabo apara (mm)	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto (m)	Ganho cabo anual (m)	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto	Ganho cabo Anual
121912971C01E04	135 665	137 493	140 666	121 501	26 980	562 305	37	20 805	5 020	1 206,7 €	295,1 €
121913025C01D04	186 189	188 698	193 053	166 751	37 027	771 718	36	27 782	6 703	1 611,3 €	394,0 €
121913027C01B02	201 084	203 794	208 497	180 091	39 990	833 455	31	25 837	6 234	1 498,6 €	366,4 €
121913028C01C02	119 161	120 767	123 554	106 721	23 698	493 899	27	13 335	3 217	773,4 €	189,1 €
121912969C01E04	193 659	200 724	190 822	10 061	0	595 267	66	39 288	12 782	2 278,7 €	768,4 €
121912976C01B01	175 417	152 035	458	0	0	327 910	27	8 854	4 736	513,5 €	238,1 €
121913024C01C04	111 713	113 219	115 832	100 051	22 216	463 031	30	13 891	3 351	805,7 €	197,0 €
121913056C01C02	35 346	38 091	35 903	34 554	34 027	259 764	31	8 053	1 600	467,1 €	100,0 €
121913056C01C02	16 259	17 522	16 515	15 895	15 652						
121913058C01C02	23 564	25 394	23 935	23 036	22 685	192 662	55	10 596	2 105	614,6 €	131,6 €
121913058C01C02	14 711	15 853	14 942	14 381	14 162						
121913055C01C02	26 930	29 021	27 355	26 327	25 925	197 915	38	7 521	1 494	436,2 €	93,4 €
121913055C01C02	12 388	13 350	12 583	12 110	11 926						
121913059C01D03	15 148	16 325	15 387	14 809	14 583	126 917		0	0	0,0 €	0,0 €
121913059C01D03	10 065	10 847	10 224	9 840	9 690						
121912977C01B01	25 988	22 524	68	0	0	48 579	72	3 498	1 871	202,9 €	94,1 €
121913023C01B01	20 177	18 667	4 936	4 791	4 631	53 203	67	3 565	1 352	206,7 €	72,5 €
	1 323 464	1 324 322	1 134 729	840 919	303 191	4 926 625	43	183 024	50 464	10 615,4 €	2 939,6 €

Preço cabo:			0,058	\$/mt
02070068C	CABO 1,25 (19 fios) INOX		0,000058	\$/mm

Investimento aproximado sistema pinças novas:	0,0 €
---	--------------

Linha de Montagem: V526 Interiores

V526 Interiores	2022	2023	2024	2025	2026	Produção cabos de comando	Ganho de cabo apara (mm)	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto (m)	Ganho cabo anual (m)	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto	Ganho cabo Anual
121912587C01E04	32 485	28 155	85	0	0	60 724	60	3 643	1 949	211,3 €	98,0 €
121912588C01E04	188 411	163 297	492	0	0	352 199	61	21 484	11 493	1 246,1 €	577,7 €
121912767C01D03	15 133	14 000	3 702	3 593	3 473	39 902	56	2 235	847	129,6 €	45,5 €
121912768C01D03	40 355	37 334	9 872	9 582	9 263	106 405	57	6 065	2 300	351,8 €	123,4 €
121912968C01E04	48 415	50 181	47 706	2 515	0	148 817	64	9 524	3 099	552,4 €	186,3 €
	324 798	292 966	61 856	15 691	12 736	708 047	60	42 951	19 688	2 491,2 €	1 030,9 €

Preço cabo:			0,058	\$/mt
02070068C	CABO 1,25 (19 fios) INOX		0,000058	\$/mm

Investimento aproximado sistema pinças novas:	0,0 €
---	--------------

Linha de Montagem: Transit Exteriores

Transit EXT.	2022	2023	2024	2025	Produção cabos de comando	Ganho de cabo apara (mm)	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto (m)	Ganho cabo anual (m)	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto	Ganho cabo Anual
121912215C01E04	303 364	388 795	239 376	170 880	1 102 416	33	36 380	12 830	3 958,1 €	1 395,9 €
121912216C01H07	225 748	289 321	178 131	127 160	820 361	35	28 713	10 126	3 123,9 €	1 101,7 €
121912217C01D03	126 585	162 233	99 885	71 304	460 007	34	15 640	5 516	1 701,7 €	600,1 €
121912218C01D03	70 026	89 746	55 255	39 445	254 472	32	8 143	2 872	886,0 €	312,5 €
121912225C01C02	91 817	117 674	72 450	51 719	333 661	32	10 677	3 766	1 161,7 €	409,7 €
121912226C01E04	40 400	51 777	31 878	22 756	146 811	33	4 845	1 709	527,1 €	185,9 €
121912439C01A00	135 155	173 216	106 647	76 131	491 149	33	16 208	5 716	1 763,4 €	621,9 €
	993 096	1 272 763	783 623	559 395	3 608 877	33	120 606	42 535	13 121,9 €	4 627,8 €

Preço cabo:			0,1088	\$/mt
02070056B	CABO 1,5 (7*7) INOX		0,0001	\$/mm

Investimento aproximado sistema pinças novas:	0,0 €
---	--------------

Linha de Montagem: Capôs Duplos

CAPÔS DUPLOS	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	Produção cabos de comando	Ganho de cabo apara (mm)	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto (m)	Ganho cabo anual (m)	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto	Ganho cabo Anual
121912984C01B04	184 062	198 358	31 853	65 573	97 082			576 927	87	50 135	17 237	2 907,8 €	999,8 €
121912984C01B04	0	0	0	0	0			0					
121912989C01B04	216 208	218 734	106 131	93 749	86 467	67 252	38 430	826 972	87	114 718	30 207	6 653,7 €	1 752,0 €
121912989C01B04	123 005	130 081	56 955	54 953	59 727	46 455	26 545	497 721					
121912989R01B04	0	0	0	0	0			0					
121912999C01B05	156 593	158 785	45 453	40 151	37 032	28 802	16 459	483 274	99	55 782	16 914	3 235,3 €	981,0 €
121912999P01B05	14 115	11 724	12 386	11 951	12 989	10 102	5 773	79 039					
121912999R01B05	0	0	0	0	0			0					
121913329P01B01	71 908	81 593	80 698	77 630	78 745	66 933	33 467	490 974	101	49 490	8 225	2 870,4 €	477,0 €
								2 954 909	93	270 125	72 584	15 667 €	4 210 €
Preço cabo:			0,058	\$/mt									
02070068C	CABO 1,25 (19 fios) INOX		0,000058	\$/mm									
												Investimento aproximado sistema pinças novas:	0,0 €

Linha de Montagem: Capôs Pequenos

CAPOS PEQUENOS	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	Produção cabos de comando	Ganho de cabo apara (mm)	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto (m)	Ganho cabo anual (m)	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto	Ganho cabo Anual
121912981C01B01	86 680	94 856	15 187	31 435	47 122			275 281	39	10 770	3 391	624,7 €	215,2 €
121912982C01A00	86 680	94 856	15 187	31 435	47 122			275 281	32	8 809	2 774	510,9 €	176,1 €
121912986R03A00	339 213	348 815	163 086	148 702	146 195			1 146 012	46	53 198	15 746	3 085,5 €	939,1 €
121912987R01A00	339 213	348 815	163 086	148 702	146 195			1 146 012	44	50 923	15 073	2 953,5 €	899,0 €
121912991C01B02	97 371	103 485	106 340	107 595	106 275			521 067	38	19 828	3 705	1 150,0 €	228,4 €
121912992C01B01	97 371	103 485	106 340	107 595	106 275			521 067	32	16 888	3 156	979,5 €	194,5 €
121913326P01A00	113 850	113 850	113 850	113 850	113 850	113 850	113850	796 950	45	35 863	5 123	2 080,0 €	297,1 €
121913328P01A00	113 850	113 850	113 850	113 850	113 850	113 850	113850	796 950	46	36 660	5 237	2 126,3 €	303,8 €
121912997R01A00	346 161	345 829	117 056	0	0			809 046	37	29 673	12 696	1 721,0 €	735,7 €
	1 620 390	1 667 843	913 983	803 166	826 884	227 700	227 700	6 287 665	40	262 611	66 901	15 231,4 €	3 988,9 €
Preço cabo:			0,058	\$/mt									
02070068C			0,000058	\$/mm									
												Investimento aproximado sistema pinças novas:	0,0 €

Linhas de montagem onde se diminuiu o aparado

Linha de Montagem: JLR

JLR-BMW	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	Produção cabos de comando	Tamanho apara série (mm)	Ganho de cabo apara (mm)	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto (m)	Ganho cabo anual (m)	Cabo sucitado anual (m)	Cabo sucitado até ao fim de vida do projeto (m)	Custo cabo sucitado até ao fim de vida do projeto	Custo cabo sucitado anual	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto	Ganho cabo Anual
121913268P01D03	71500	68200	66000	22000	20167	7333			255 200	63,32	37,32	9 525	2 669	4 528	16 160	2 718,1 €	726,4 €	1 602,1 €	428,1 €
121913269P01E04	71500	68200	66000	22000	20167	7333			255 200	54,34	28,34	7 232	2 026	3 885	13 867	2 332,5 €	623,3 €	1 216,4 €	325,1 €
121913267P01D03	293392	298716	294316	234916	217177	165348	78232	11000	1 593 097	56,75	30,75	48 991	9 022	16 651	90 411	15 207,2 €	2 851,4 €	8 240,3 €	1 545,1 €
121913274C01B02	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000	88 000	70,00	44,00	3 872	484	770	6 160	1 036,1 €	129,5 €	651,3 €	81,4 €
121913273P01B03	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000	11000	88 000	65,00	39,00	3 432	429	715	5 720	962,1 €	120,3 €	577,3 €	72,2 €
	458392	457116	448316	300916	279511	202014	100232	33000	2 279 497	61,88	35,88	73 052	14 630	26 548	132 319	22 256,0 €	4 451,0 €	12 287,3 €	2 451,9 €
Preço cabo:			0,1682	\$/mt															
02070090A00	CABO 1,5(8x7+1*19) INOX		0,0002	\$/mm															
												Investimento aproximado sistema pinças novas:	0,0 €						

Linha de Montagem: BX726

BX726 (corte Elétrico)	2022	2023	2024	2025	2026	Produção cabos de comando	Tamanho apara série (mm)	Ganho de cabo apara (mm)	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto (m)	Ganho cabo anual (m)	Cabo sucutado anual (m)	Cabo sucutado até ao fim de vida do projeto (m)	Custo cabo sucutado até ao fim de vida do projeto	Custo cabo sucutado anual	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto	Ganho cabo Anual
121913159C01A01	342110	340136	336404	331314	296080	1 646 044	44	19	31 275	6 463	14 966	14 966	7 879,9 €	1 628,3 €	3 402,7 €	703,1 €
121913160C01C03	342110	340136	336404	331314	296080	1 646 044	37	12	19 753	4 082	12 585	12 585	6 626,3 €	1 369,3 €	2 149,1 €	444,1 €
	684220	680272	672808	662628	592160	3 292 088	41	16	51 027	10 544	27 551	27 551,0 €	14 506,3 €	2 997,6 €	5 551,8 €	1 147,2 €
BX726 (Corte Mecânico)	2022	2023	2024	2025	2026	Produção cabos de comando	Tamanho apara série (mm)	Ganho de cabo apara (mm)	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto (m)	Ganho cabo anual (m)	Cabo sucutado anual (m)	Cabo sucutado até ao fim de vida do projeto (m)	Custo cabo sucutado até ao fim de vida do projeto	Custo cabo sucutado anual	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto	Ganho cabo Anual
121913161C01B01	342110	340136	336404	331314	296080	1 646 044	44	20	32 921	6 803	14 966	14 966	6 627,0 €	1 369,4 €	3 012,3 €	615,6 €

Preço cabo:		0,1088	S/mt	Investimento aproximado sistema pinças novas (corte elétrico):	550,0 €
		0,0915	S/mt		
Corte elétrico	020700568	CABO 1,5 (7*7) INOX	0,0001088	Investimento aproximado sistema pinças novas (corte mecânico):	350,0 €
Corte mecânico	020700478	CABO 1,25 (7*7+0) INOX	0,0000915		

Linha de Montagem: Multirreferências 1

Multirreferências	2022	2023	2024	2025	2026	Produção cabos de comando	Tamanho apara série (mm)	Ganho de cabo apara (mm)	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto (m)	Ganho cabo anual (m)	Cabo sucutado anual (m)	Cabo sucutado até ao fim de vida do projeto (m)	Custo cabo sucutado até ao fim de vida do projeto	Custo cabo sucutado anual	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto	Ganho cabo Anual
121912974C03A00	324 168	516 679	503 558	25 898	0	1 370 304	40	15	20 555	4 863	20 667	54 812	5 015,3 €	1 891,0 €	1 880,7 €	709,1 €
121913026C01A00	90 435	140 271	143 508	123 956	27 525	525 694	40	15	7 885	1 357	5 611	21 028	1 924,0 €	513,4 €	721,5 €	192,5 €
	414 603	656 950	647 066	149 854	27 525	1 895 998		15	28 440	6 219	26 278	75 840	6 939,4 €	2 404,4 €	2 602,3 €	901,7 €

Preço cabo:		0,0458	0,0915	S/mt	Investimento aproximado sistema pinças novas:	550,0 €
020700478		CABO 1,25 (7*7+0) INOX	0,0000915	S/mm		

Linha de Montagem: B479 Exteriores

B479 EXT	2022	2023	2024	2025	2026	Produção cabos de comando	Tamanho apara série (mm)	Ganho de cabo apara (mm)	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto (m)	Ganho cabo anual (m)	Cabo sucutado anual (m)	Cabo sucutado até ao fim de vida do projeto (m)	Custo cabo sucutado até ao fim de vida do projeto	Custo cabo sucutado anual	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto	Ganho cabo Anual
121912873C01E05	246 295	261 087	256 543	114 807	0	878 731	45	20	17 575	5 222	11 749	39 543	3 618,2 €	1 075,0 €	1 608,1 €	477,8 €
121912874C01E05	246 295	261 087	256 543	114 807	0	878 731	43	18	15 817	4 700	11 227	37 785	3 457,4 €	1 027,2 €	1 447,3 €	430,0 €
121912875C01E05	20 525	21 757	21 379	9 567	0	73 228	52	27	1 977	587	1 131	3 808	348,4 €	103,5 €	180,9 €	53,8 €
121913162C01B01	342 110	340 136	336 404	331 314	296 080	1 646 044	47	22	36 213	7 483	15 986	77 364	7 078,8 €	1 462,8 €	3 313,5 €	684,7 €
	695 226	884 067	870 868	570 494	296 080	3 476 734	47	22	71 582	17 992	40 093	158 500	14 502,8 €	3 668,5 €	6 549,7 €	1 646,2 €

Preço cabo:		0,0915	S/mt	Investimento aproximado sistema pinças novas:	370 €
020700478		CABO 1,25 (7*7+0) INOX	0,0000915	S/mm	

Linha de Montagem: B526 Exteriores

B562-V562 Ext.	2022	2023	2024	2025	2026	Produção cabos de comando	Tamanho apara série (mm)	Ganho de cabo apara (mm)	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto (m)	Ganho cabo anual (m)	Cabo sucutado anual (m)	Cabo sucutado até ao fim de vida do projeto (m)	Custo cabo sucutado até ao fim de vida do projeto	Custo cabo sucutado anual	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto	Ganho cabo Anual
121912766C01F08	527 976	488 447	129 154	125 370	121 185	1 392 132	32,5	14,5	20186	7656	15875	45244	2 624,2 €	920,7 €	1 170,8 €	410,8 €
121912765C01E07	237 085	219 334	57 996	56 297	54 418	625 130	18,2	0	0	0	3992	11377	659,9 €	231,5 €	0,0 €	0,0 €
121913054C01B01	41 001	44 185	41 647	40 083	39 471	206 388	32	14	2889	574	1414	6604	383,1 €	82,6 €	167,6 €	35,9 €
121913057C01A00	50 326	54 234	51 119	49 198	48 448	253 325	26,26	8,26	2092	416	1424	6652	385,8 €	82,6 €	121,4 €	26,0 €
121912586C01H08	194 908	168 928	509	0	0	364 344	31,308	13,308	4849	2594	5289	11407	661,6 €	306,7 €	281,2 €	130,4 €
121912975C01A00	32 485	28 155	85	0	0	60 724	26,81	8,81	535	286	755	1628	94,4 €	43,8 €	31,0 €	14,4 €
	1 083 780	1 003 282	280 510	270 949	263 522	2 902 043		9,813	30551	11525	28748	82913	4 809,0 €	1 667,4 €	1 772,0 €	617,4 €

Preço cabo:		0,058	S/mt	Investimento aproximado sistema pinças novas:	0,0 €
02070068C		CABO 1,25 (19 fios) INOX	0,000058	S/mm	

Linha de Montagem: Capôs Grandes

CAPÔS GRANDES 1	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	Produção cabos de comando	Tamanho apara série (mm)	Ganho de cabo apara (mm)	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto (m)	Ganho cabo anual (m)	Cabo sucutado anual (m)	Cabo sucutado até ao fim de vida do projeto (m)	Custo cabo sucutado até ao fim de vida do projeto	Custo cabo sucutado anual	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto	Ganho cabo Anual
121912983P05D03	86 671	94 868	15 184	31 441	47 128			275 292	83	57	15 692	4 940	7 874	22 849	1 325,3 €	456,7 €	910,1 €	313,6 €
121912993P05D02	97 371	103 496	106 351	107 606	106 286			521 109	88	62	32 048	5 988	9 056	45 597	2 644,6 €	525,2 €	1 858,8 €	369,2 €
121912998P05A00	172 290	172 113	58 298	0	0			402 701	52	26	10 470	4 480	8 950	20 940	1 214,5 €	519,1 €	607,3 €	259,5 €
	356 332	370 476	179 833	139 047	153 414			1 199 102	74	48	58 210	15 408	25 880	89 387	5 184,4 €	1 501,0 €	3 376,2 €	942,3 €
CAPÔS GRANDES 2																		
121912988M01D03	227 146	219 855	97 552	92 544	101 651			738 748	84	58	43 069	13 243	18 534	62 276	3 612,0 €	1 075,0 €	2 498,0 €	743,4 €
121913330P01C02	113 850	113 850	113 850	113 850	113 850	113 850	113 850	796 950	53	27	21 518	3 074	6 034	42 238	2 449,8 €	350,0 €	1 248,0 €	178,3 €
	340 996	333 705	211 402	206 394	215 501	113 850	113 850	1 535 698	69	43	64 587	16 317	24 568	104 515	6 061,9 €	1 424,9 €	3 746,0 €	921,7 €

Preço cabo: 02070068C CABO 1,25 (19 fios) INOX 0,058 \$/mt 0,000058 \$/mm Investimento aproximado sistema pinças novas: 300,0 €

Linha de Montagem: Portas Polo

Portas POLO	2022	2023	2024	2025	2026	Produção cabos de comando	Tamanho apara série (mm)	Ganho de cabo apara (mm)	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto (m)	Ganho cabo anual (m)	Cabo sucutado anual (m)	Cabo sucutado até ao fim de vida do projeto (m)	Custo cabo sucutado até ao fim de vida do projeto	Custo cabo sucutado anual	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto	Ganho cabo Anual
121912937C01B01	155918	288186	60976	77388	119888	702 356	32	24	16 857	3 742	9 222	22 475	1 303,6 €	534,9 €	977,7 €	401,2 €
121912939P03B01	166083	302814	86683	0	0	555 579	40	24	13 334	3 986	12 113	22 223	1 288,9 €	702,5 €	773,4 €	421,5 €
121912938P03B01	192113	355086	75132	95353	147719	865 402	30	24	20 770	4 611	10 653	25 962	1 505,8 €	617,8 €	1 204,6 €	494,3 €
	514114	946086	222790	172741	267606	2 123 337	34	24	50 960	12 339	31 987	70 661	4 098,3 €	1 855,3 €	2 955,7 €	1 317,0 €

Preço cabo: 02070068C CABO 1,25 (19 fios) INOX 0,058 \$/mt 0,000058 \$/mm Investimento aproximado sistema pinças novas: 200,0 €

Linha de Montagem: Portas Golf

Portas GOLF	2022	2023	2024	Produção cabos de comando	Tamanho apara série (mm)	Ganho de cabo apara (mm)	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto (m)	Ganho cabo anual (m)	Cabo sucutado anual (m)	Cabo sucutado até ao fim de vida do projeto (m)	Custo cabo sucutado até ao fim de vida do projeto	Custo cabo sucutado anual	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto	Ganho cabo Anual
121912940P03C02	187783	338741	96967	623 491	40	24	14 964	4 507	13 550	24 940	1 446,5 €	785,9 €	867,9 €	471,5 €

Preço cabo: 02070068C CABO 1,25 (19 fios) INOX 0,058 \$/mt 0,000058 \$/mm Investimento aproximado sistema pinças novas: 200,0 €

Linha de Montagem: MVS2

MVS2	2022	2023	2024	2025	Produção cabos de comando	Tamanho apara série (mm)	Ganho de cabo apara (mm)	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto (m)	Ganho cabo anual (m)	Cabo sucutado anual (m)	Cabo sucutado até ao fim de vida do projeto (m)	Custo cabo sucutado até ao fim de vida do projeto	Custo cabo sucutado anual	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto	Ganho cabo Anual
121912530C01D03	4997	7115	2708	453	15 273	56	0	0	0	398	855	20,5 €	9,6 €	0,0 €	0,0 €
	4997	7115	2708	453	15 273	35	0	0	0	249	535	12,8 €	6,0 €	0,0 €	0,0 €
121912531C01D03	4997	7115	2708	453	15 273	55	0	0	0	391	840	20,2 €	9,4 €	0,0 €	0,0 €
	4997	7115	2708	453	15 273	35	0	0	0	249	535	12,8 €	6,0 €	0,0 €	0,0 €
121912533C01D03	12346	17649	6718	1122	37 836	75	20	757	247	1 324	2 838	68,1 €	31,8 €	18,2 €	5,9 €
	12346	17649	6718	1122	37 836	40	5	189	62	706	1 513	36,3 €	16,9 €	9,5 €	1,5 €
121912534C01D03	11871	16970	6460	1079	36 380	75	20	728	237	1 273	2 729	65,5 €	30,5 €	17,5 €	5,7 €
	11871	16970	6460	1079	36 380	40	5	182	59	679	1 455	34,9 €	16,3 €	9,1 €	1,4 €
121912535C01C02	22397	32017	12188	2036	68 638	48	0	0	0	1 537	3 295	79,1 €	36,9 €	0,0 €	0,0 €
	22397	32017	12188	2036	68 638	53	0	0	0	1 697	3 638	87,3 €	40,7 €	0,0 €	0,0 €
121912536C01C02	22397	32017	12188	2036	68 638	48	0	0	0	1 537	3 295	79,1 €	36,9 €	0,0 €	0,0 €
	22397	32017	12188	2036	68 638	53	0	0	0	1 697	3 638	87,3 €	40,7 €	0,0 €	0,0 €
121912537C03A01	23267	33262	12661	2115	71 305	42	0	0	0	1 397	2 995	71,9 €	33,5 €	0,0 €	0,0 €
					555 381	50	4	1 855	605	13 133	28 159	675,8 €	315,2 €	54,2 €	14,5 €

Preço cabo: 02060021A00 CABO 1mm (1*19) Galvanizado 0,024 \$/mt 0,000024 \$/mm Investimento aproximado sistema pinças novas: 0,0 €

CA156731 CABO 1,56 (7*7) Galvanizado 0,05 \$/mt 0,00005 \$/mm

Linha de Montagem: PAS (M3/M4)

PSA (M3M4)	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	Produção cabos de comando	Tamanho apara série (mm)	Ganho de cabo apara (mm)	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto (m)	Ganho cabo anual (m)	Cabo sucutado anual (m)	Cabo sucutado até ao fim de vida do projeto (m)	Custo cabo sucutado até ao fim de vida do projeto	Custo cabo sucutado anual	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto	Ganho cabo Anual
121912008P01E06	12107	19793	5430	0	0	0	0	0	37 330	40	0	0	0	792	1 493	136,6 €	72,4 €	0,0 €	0,0 €
121913183P01G07	200633	380567	395291	391750	386908	182248	104464	22034	2 063 896	40	0	0	0	15 223	82 556	7 553,9 €	1 392,9 €	0,0 €	0,0 €
129216751P01D03	200633	380567	395291	391750	386908	182248	104464	22034	2 063 896	38	0	0	0	14 462	78 428	7 176,2 €	1 323,2 €	0,0 €	0,0 €
12237923P01C02	46706	81495	80601	77537	78651	62920	37752	22651	488 314	40	0	0	0	3 260	19 533	1 787,2 €	298,3 €	0,0 €	0,0 €
									4 653 436	40	0	0	0	33 736	182 010	16 653,9 €	3 086,8 €	0,0 €	0,0 €
121913114P01A00	12107	19793	5430	0	0	0	0	0	37 330	100	50	1 867	605	1 211		341,6 €	181,1 €	170,8 €	55,4 €

Preço cabo:																						
02070020C	CABO 1,20 (1*12) INOX																				Investimento aproximado sistema pinças	0,0 €
02070047B	CABO 1,25 (7*7+0) INOX																					

Linhas de montagem onde o investimento não compensava o ganho

Linha de Montagem: B479 Interiores

B479 INT	2022	2023	2024	2025	Produção cabos de comando	Tamanho apara série (mm)	Ganho de cabo apara (mm)	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto (m)	Ganho cabo anual (m)	Cabo sucutado anual (m)	Cabo sucutado até ao fim de vida do projeto (m)	Custo cabo sucutado até ao fim de vida do projeto	Custo cabo sucutado anual	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto	Ganho cabo Anual
121912870C01D04	161 000	261 087	256 543	114 807	793 436	30	6	4761	966	7833	23803	2 589,8 €	852,2 €	518,0 €	170,4 €
121912871C01D04	161 002	261 087	256 543	114 807	793 438	30	6	4761	966	7833	23803	2 589,8 €	852,2 €	518,0 €	170,4 €
121912872C01D04	13 417	21 757	21 379	9 567	66 120	27	4	264	54	587	1785	194,2 €	63,9 €	28,8 €	9,5 €
					1 652 994			9786	1986	16253	49391	5 373,8 €	1 768,3 €	1 064,7 €	350,3 €

Preço cabo:																						
02070056B	CABO 1,5 (7*7) INOX																					Investimento aproximado sistema pinças novas: = 450 €

Linha de Montagem: Mutirreferências 2

Mutirreferências 2	2022	2023	2024	2025	2026	Produção cabos de comando	Tamanho apara série (mm)	Ganho de cabo apara (mm)	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto (m)	Ganho cabo anual (m)	Cabo sucutado anual (m)	Cabo sucutado até ao fim de vida do projeto (m)	Custo cabo sucutado até ao fim de vida do projeto	Custo cabo sucutado anual	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto	Ganho cabo Anual
121913173C01E04	13 621	20 975	20 446	15 350	9 716	80 107	80	30	2 363	402	1 083	6 369	273,8 €	71,7 €	101,6 €	26,6 €
121913174C01E04	13 621	20 975	20 446	15 350	9 716	80 107	80	30	2 363	402	1 083	6 369	273,8 €	71,7 €	101,6 €	26,6 €
121913047C01F07	42 476	66 128	64 549	48 051	30 382	251 587	88	38	9 636	1 627	3 751	22 215	955,3 €	251,1 €	414,3 €	108,9 €
121913048C01F07	42 476	66 128	64 549	48 051	30 382	251 587	88	38	9 636	1 627	3 751	22 215	955,3 €	251,1 €	414,3 €	108,9 €
121913051C01D04	6 273	9 613	10 223	7 341	3 701	37 152	27	2	74	13	169	1 003	43,1 €	11,2 €	3,2 €	0,8 €
121913053C01D04	6 273	9 613	10 223	7 341	3 701	37 152	27	2	74	13	169	1 003	43,1 €	11,2 €	3,2 €	0,8 €
121913050C01G09	12 546	19 809	19 277	14 237	8 945	74 815	80	30	2 244	376	1 004	5 985	257,4 €	68,1 €	96,5 €	25,6 €
121912935C01D03	9 583	15 541	15 270	6 834	0	47 228	110	60	2 834	575	1 054	5 195	223,4 €	73,5 €	121,8 €	40,1 €
121912936C01D03	9 583	15 541	15 270	6 834	0	47 228	85	34	1 606	326	815	4 014	172,6 €	56,8 €	69,0 €	22,7 €
	156 452	244 323	240 253	169 390	96 545	906 963	74	29	30 830	5 360	12 878	74 368	3 197,8 €	866,3 €	1 325,7 €	361,0 €

Preço cabo:																						
02060145B01	CABO 1,20 (7*7) GALVANIZADO																					Investimento aproximado sistema pinças novas: 550,0 €

Linha de Montagem: C519 Exteriores

C519 Ext.	2022	2023	2024	2025	Produção cabos de comando	Tamanho apara série (mm)	Ganho de cabo apara (mm)	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto (m)	Ganho cabo anual (m)	Cabo sucutado anual (m)	Cabo sucutado até ao fim de vida do projeto (m)	Custo cabo sucutado até ao fim de vida do projeto	Custo cabo sucutado anual	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto	Ganho cabo Anual
121913074C01G06	108 349	174 128	171 695	80 196	534 367	32	9	4 809	1 567	5 572	17 100	1 564,6 €	509,8 €	440,1 €	143,4 €
121913075C01G06	108 349	174 128	171 695	80 196	534 367	32	9	4 809	1 567	5 572	17 100	1 564,6 €	509,8 €	440,1 €	143,4 €
	216 697	348 256	343 390	160 392	1 068 734	32	9	9 619	3 134	11 144	34 200	3 129,3 €	1 019,7 €	880,1 €	286,8 €

Preço cabo:																						
02070047B	CABO 1,25 (7*7+0) INOX																					Investimento aproximado sistema pinças novas: =300 €

Linha de Montagem: C519 Interior

C519 INT	2022	2023	2024	2025	Produção cabos de comando	Tamanho apara série (mm)	Ganho de cabo apara (mm)	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto (m)	Ganho cabo anual (m)	Cabo sucitado anual (m)	Cabo sucitado até ao fim de vida do projeto (m)	Custo cabo sucitado até ao fim de vida do projeto	Custo cabo sucitado anual	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto	Ganho cabo Anual
121913076C01F05	108 349	174 128	171 695	80 196	534 368	50	25	13 359	2 709	5 417	26 718	1 549,7 €	505,0 €	774,8 €	157,1 €
121913077C01F05	108 349	174 128	171 695	80 196	534 368	44	19	10 153	2 059	4 767	23 512	1 363,7 €	444,4 €	588,9 €	119,4 €
	216 698	348 256	343 390	160 392	1 068 735			23 512	4 767	10 185	50 231	2 913,4 €	949,3 €	1 363,7 €	276,5 €

Preço cabo:			0,058	\$/mt
02070068C	CABO 1,25 (19 fios) INOX	0,000058		\$/mm

Investimento aproximado sistema pinças novas: **550,0 €**

Linha de Montagem: Fico Triad

FicoTriad	2022	2023	Produção cabos de comando	Tamanho apara série (mm)	Ganho de cabo apara (mm)	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto (m)	Ganho cabo anual (m)	Cabo sucitado anual (m)	Cabo sucitado até ao fim de vida do projeto (m)	Custo cabo sucitado até ao fim de vida do projeto	Custo cabo sucitado anual	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto	Ganho cabo Anual
121912656C01G07	28 890	32 634	61 524	110	20	1 230	578	3 590	6 768	392,5 €	208,2 €	71,4 €	37,9 €

Preço cabo:			0,058	\$/mt
02070068C	CABO 1,25 (19 fios) INOX	0,000058		\$/mm

Investimento aproximado sistema pinças novas: **80,0 €**

Linha de Montagem: Transit Auxiliares

Transit Aux.	2022	2023	2024	2025	Produção cabos de comando	Tamanho apara série (mm)	Ganho de cabo apara (mm)	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto (m)	Ganho cabo anual (m)	Cabo sucitado anual (m)	Cabo sucitado até ao fim de vida do projeto (m)	Custo cabo sucitado até ao fim de vida do projeto	Custo cabo sucitado anual	Ganho cabo até ao fim de vida do projeto	Ganho cabo Anual
121912219C01C03	89 124	114 222	70 325	50 202	323 874	55	10	3 239	891	4 902	17 813	1 553,3 €	547,8 €	282,4 €	77,7 €
121912220C01C02	118 995	152 506	93 896	67 028	432 424	29	4	1 730	476	3 451	12 540	1 093,5 €	385,7 €	150,8 €	41,5 €
121912221C03E04	26 443	33 890	20 866	14 895	96 094	50	5	480	132	1 322	4 805	419,0 €	147,8 €	41,9 €	11,5 €
121912222C01D03	36 482	46 756	28 787	20 550	132 575	53	8	1 061	292	1 934	7 026	612,7 €	216,1 €	92,5 €	25,4 €
121912223C01E04	37 217	47 697	29 367	20 964	135 244	55	10	1 352	372	2 047	7 438	648,6 €	228,8 €	117,9 €	32,5 €
121912224C01C02	35 503	45 501	28 014	19 998	129 016	34	10	1 290	355	1 207	4 387	382,5 €	134,9 €	112,5 €	31,0 €
121912228C01B01	28 157	36 087	22 218	15 861	102 322	32	7	716	197	901	3 274	285,5 €	100,7 €	62,5 €	17,2 €
121912229C01B01	22 771	29 183	17 968	12 826	82 748	30	5	414	114	683	2 482	216,5 €	76,3 €	36,1 €	9,9 €
121912230C03B01	54 356	69 663	42 891	30 618	197 527	50	5	988	272	2 718	9 876	861,2 €	303,7 €	86,1 €	23,7 €
121912231C03B01	66 353	85 039	52 357	37 376	241 125	30	5	1 206	332	1 991	7 234	630,8 €	222,5 €	105,1 €	28,9 €
121912232C03D03	36 727	47 070	28 980	20 688	133 464	50	5	667	184	1 836	6 673	581,9 €	205,2 €	58,2 €	16,0 €
121912233C03D03	30 606	39 225	24 150	17 240	111 221	50	7	779	214	1 530	5 561	484,9 €	171,0 €	67,9 €	18,7 €
121912234C03B01	141 521	181 375	111 670	79 717	514 283	35	10	5 143	1 415	4 953	18 000	1 569,6 €	553,6 €	448,5 €	123,4 €
121912442C01B01	24 750	30 438	18 740	13 378	87 307	35	10	873	248	866	3 056	266,5 €	92,9 €	76,1 €	21,6 €
121912440C01D03	27 912	35 773	22 025	15 723	101 432	37	12	1 217	335	1 033	3 753	327,3 €	115,4 €	106,1 €	29,2 €
121912441C01B01	23 016	29 497	18 161	12 964	83 638	35	10	836	230	806	2 927	255,3 €	90,0 €	72,9 €	20,1 €
					2 904 296	41	8	21 991	6 059	32 179	116 847	10 189,0 €	3 592,3 €	1 917,6 €	528,3 €

Preço cabo:			0,0872	\$/mt
02070018B00			0,0000872	\$/mm

Investimento aproximado sistema pinças novas: **=550 €**

7.4 Anexo 4 – Saving em mão de obra Volvo (Maio 2022 até Dezembro 2022)

7.5 Anexo 5 – Desenhos técnicos

7.5.1 Anexo 5.1 – Alteração da linha de montagem BX726 e Multirreferências 1 (Corte Elétrico Italiano)

7.5.2 Anexo 5.2 – Alteração da linha de montagem B479 Exteriores (Corte mecânico)

7.5.3 Anexo 5.3 - Alteração da linha de montagem BX726 (Corte mecânico)

7.5.4 Anexo 5.4 – Alteração da linha de montagem Capôs Grandes 1 e 2 (Corte mecânico)

7.5.5 Anexo 5.5 – Alteração da linha de montagem Portas Polo e Portas Golf (Introdução de Cabo)

7.5.6 Anexo 5.6 – Alteração da máquina de corte MCCG00003F

7.6 Anexo 6 – Ficha técnica SMC MHY2