



PROJETO DE UMA MÁQUINA DE CORTE DUPLO DE ESPIRAL COM LIMPEZA

ANDRÉ FILIPE GOMES BARBOSA

novembro de 2020

PROJETO DE UMA MÁQUINA DE CORTE DUPLO DE ESPIRAL COM LIMPEZA

André Filipe Gomes Barbosa

1150459

2020

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica



PROJETO DE UMA MÁQUINA DE CORTE DUPLO DE ESPIRAL COM LIMPEZA

André Filipe Gomes Barbosa

1150459

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 Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho e coorientação do Doutor Francisco José Gomes da Silva.

2020

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica



JÚRI

Presidente

Doutor Leonardo José da Silva Ribeiro

Professor Adjunto, ISEP

Orientador

Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho

Professor Adjunto, ISEP

Coorientador

Doutor Francisco José Gomes da Silva

Professor Adjunto, ISEP

Arguente

Doutor José Manuel Ferreira Duarte

Professor Auxiliar, FEUP

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer à FicoCables pela oportunidade, em particular ao Engenheiro Mário Cardoso, que se demonstrou sempre disponível para ajudar no desenvolvimento deste projeto.

Aos orientadores do ISEP, Professor Raul Campilho e Professor Francisco Silva, pelo acompanhamento durante este trajeto e por todo o apoio.

À minha família, à minha namorada, aos amigos e colegas de curso pelo apoio incondicional ao longo de todo o meu percurso académico.

PALAVRAS CHAVE

Indústria de componentes para automóveis, Cabo espiral, Automatização, Sistema de corte, Produtividade.

RESUMO

O fabrico de componentes para a indústria automóvel necessita permanentemente de tecnologias e equipamentos inovadores. Devido ao elevado grau de competitividade no setor, a implementação de equipamentos automáticos e robotizados tem vindo a ser fulcral no seu desenvolvimento.

No setor automóvel a qualidade assume um papel fulcral. A implementação de automatismos no fabrico de componentes para a indústria automóvel conduz a uma redução significativa dos defeitos. Esta permite a produção em série e a uniformização do produto final. A produção do maior número de produtos no menor tempo possível é essencial num setor competitivo como este. Neste sentido, os fabricantes procuram a implementação de sistemas que possibilitem o aumento da produção sem comprometer a qualidade final do produto.

Este trabalho teve por base a necessidade detetada pela empresa FicoCables em aumentar a cadência de corte de cabo espiral. Atualmente este componente, utilizado em sistemas de automóveis, é processado em máquinas de corte simples e em máquinas de limpeza. O trabalho desenvolvido consistiu no desenvolvimento de um equipamento capaz de realizar o corte e limpeza em dois cabos espiral em simultâneo e de forma automática. O desenvolvimento deste equipamento teve por base os equipamentos já existentes sendo o maior desafio proposto a implementação de um sistema duplo.

KEYWORDS

Automotive component industry, Spiral Cable, Automation, Cutting system, Productivity.

ABSTRACT

The manufacture of components for the automotive industry permanently requires innovative technologies and equipment. Due to the high degree of competitiveness in the sector, the implementation of automatic and robotic equipment has been central in its development.

In the automotive sector, quality plays a key role. The implementation of automatism in the manufacture of components for the automotive industry leads to a significant reduction in defects. This allows serial production and standardization of the final product. The production of as many products as possible in the shortest possible time is essential in a competitive sector like this. In this sense, manufacturers seek the implementation of systems that enable increased production without compromising the final quality of the product.

This work was based on the need found by FicoCables to increase the rate of spiral cable cutting. Currently this component, used in automotive systems, is processed in simple cutting machines and cleaning machines. The work was to develop an equipment capable of performing cutting and cleaning in two spiral cables simultaneously and automatically. The development of this equipment was based on existing equipment, and the biggest challenge proposed was the implementation of a double system.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

AGV	<i>Automatic guided vehicle</i>
CEMUP	Centro de Materiais da Universidade do Porto
IATF	<i>International automotive task force</i>
IMVP	<i>International motor vehicle program</i>
IPQ	Instituto Português da Qualidade
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
OEM	<i>Original Equipment Manufacturer</i>
OICA	<i>Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles</i>
PEBD	Polietileno de baixa densidade
PVC	Policloreto de vinilo
UHS	<i>Ultra high speed</i>

Lista de Unidades

bar	bar
km	Quilómetros
mm	Milímetros
rpm	Rotações por minuto
W	watts

GLOSSÁRIO DE TERMOS

Autómato programável	Equipamento eletrónico utilizado no controlo e monitorização de automatismos
<i>Braided</i>	Entrançada
<i>Capot</i>	Parte superior da parte frontal da carroçaria de um automóvel
<i>Commercial Office</i>	Escritório comercial construído para serviços de administração de empresas
<i>Crash Test</i>	Teste de impacto efetuado a veículos automóveis
<i>Dummy</i>	Modelo artificial representativo de ser humano
<i>Encoder</i>	Dispositivo eletrónico capaz de medir a posição e transformá-la num sinal
<i>Outsourcing</i>	Processo utilizado por uma empresa em que contrata outra organização para desenvolver uma certa área ou tarefa da empresa
Sensor Optoelectrónico	Sensor que funciona através da emissão e receção de um sinal luminoso
<i>Setup</i>	Configuração, troca ou instalação de determinado dispositivo ou componente

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Bertha Benz no Motorwagen [3]	10
Figura 2 - Triângulo de Ferro da Qualidade (adaptado de [6])	11
Figura 3 - Matriz de Porter [12]	12
Figura 4 - Exemplo de Cabos de Comando [18].....	15
Figura 5 - Aplicações de cabos metálicos em automóveis (adaptado de [20])	16
Figura 6 - Ensaio de tração feito a um cabo de aço [24]	17
Figura 7 - Constituição de um cabo de comando [25].....	18
Figura 8 - Constituição de um cabo metálico (adaptado de [26])	18
Figura 9 - Cabos de comando com espiral [27]	19
Figura 10 - Sistema de corte com disco abrasivo [29]	20
Figura 11 - Verificação da carroçaria de um BMW Série 3 [37].....	22
Figura 12 - Soldadura de um chassi de um BMW Série 3 [37].....	23
Figura 13 - Tipos de sistemas automáticos (adaptado de [32]).....	24
Figura 14 - Robótica numa fábrica chinesa de Chengdu [44]	26
Figura 15 - Exemplo de um AGV [45].....	26
Figura 16 - Pintura robotizada na indústria automóvel [46]	27
Figura 17 - Alcance global da Ficosa Internacional, S.A. [51]	33
Figura 18 - Diferentes tipos de espiral.....	34
Figura 19 - Exemplo de corte com qualidade realizado em espiral.....	36
Figura 20 - Máquina de corte simples	37
Figura 21 - Sistema de alimentação do equipamento existente	38
Figura 22 - Sistema de avanço do disco do equipamento existente	38
Figura 23 - Representação de equipamento inicial de corte duplo.....	39
Figura 24 - Mecanismo de corte inicial.....	40
Figura 25 - Sistema inicial de preparação de espiral	40
Figura 26 - Manipulador do equipamento inicial	41
Figura 27 - Interação sistema de corte com sistema de preparação de espiral	42
Figura 28 - Espiral laminada sem tubo interior	43
Figura 29 - Espiral armada	43
Figura 30 - Espiral <i>braided</i>	44
Figura 31 - Resultados do ensaio de corte a laser	44
Figura 32 - Gabarito utilizado nos ensaios de corte por jato de água	46
Figura 33 - Ensaio de corte com jato de água	46

Figura 34 - Corte incompleto em espiral laminada sem tubo interior	46
Figura 35 - Deformação do revestimento em espiral <i>braided</i>	47
Figura 36 - Corte com obstrução do tubo interior em espiral <i>braided</i>	47
Figura 37 - Corte com obstrução do tubo interior em espiral armada.....	47
Figura 38 - Oxidação da espiral	48
Figura 39 - <i>Minitom</i> – equipamento utilizado para corte das amostras [54]	48
Figura 40 - Amostras cortadas em disco de diamante	49
Figura 41 - Resultados da análise para a amostra 1 – 40x.....	49
Figura 42 - Resultados da análise para a amostra 1 – 250x.....	50
Figura 43 - Resultados da análise para a amostra 2 – 40x.....	50
Figura 44 - Resultados da análise para a amostra 2 – 250x.....	51
Figura 45 - Resultados da análise para a amostra 3 – 35x.....	51
Figura 46 - Resultados da análise para a amostra 3 – 250x.....	52
Figura 47 - Vista geral do equipamento	54
Figura 48 - Disposição dos mecanismos no equipamento	55
Figura 49 - Disposição dos componentes anexos no equipamento	56
Figura 50 - Perspetiva geral do mecanismo de corte	57
Figura 51 - Perspetiva geral do mecanismo de arrasto	58
Figura 52 - Mecanismo de arrasto visto de frente	61
Figura 53 - Mecanismo de arrasto visto de trás	62
Figura 54 . Perspetiva geral do sistema de puxe	63
Figura 55 - Disposição dos componentes do sistema de puxe	65
Figura 56 - Perspetiva geral da máquina de corte.....	66
Figura 57 - Transmissão do movimento do disco	71
Figura 58 - Avanço da máquina de corte: a) posição de avanço b) posição de recuo	71
Figura 59 - Detalhe da posição de corte e bocal de aspiração	72
Figura 60 - a) proteção fechada b) proteção fechada	72
Figura 61 - Sistema de arrefecimento do disco de corte.....	73
Figura 62 - Abertura da proteção do disco com tubos de cobre.....	75
Figura 63 - Mecanismo de projeção de ar no disco.....	76
Figura 64 - Campânula de proteção da máquina de corte	76
Figura 65 - Descrição do sistema de proteção da máquina de corte	79
Figura 66 - Posição dos bocais de aspiração e perfil de apoio	80
Figura 67 - Calcador de corte	80
Figura 68 - Sistema de afinação e fixação do calcador de corte.....	82
Figura 69 - Funcionamento do calcador de corte.....	83
Figura 70 - Réguas de corte	83

Figura 71 - Entrada das espirais nas réguas de corte	87
Figura 72 - Funcionamento do sistema de gavetas	88
Figura 73 - Sistema antirretorno	88
Figura 74 - Acionamento do sistema antirretorno	89
Figura 75 - Sistema de deteção de espiral	90
Figura 76 - Funcionamento do sistema de deteção de espiral	92
Figura 77 - Acionamento do sistema de deteção de espiral	93
Figura 78 - Sistema de apoio à extração.....	93
Figura 79 - Manipulador	95
Figura 80 - Acionamento horizontal do manipulador	98
Figura 81 - Movimento Vertical do Manipulador	98
Figura 82 - Funcionamento do manipulador	99
Figura 83 - Estrutura do manipulador	100
Figura 84 - Sistema de preparação e limpeza de espiral ALTERAR IMAGEM	101
Figura 85 - Constituição do sistema de avanço de espiral ALTERAR IMAGEM	101
Figura 86 - Ligação do sistema de afinação de comprimento com o mecanismo de corte.....	108
Figura 87 - Acionamento do sistema de avanço de espiral	109
Figura 88 - Pormenor do íman e sensor do sistema de avanço de espiral	109
Figura 89 - Sistema de afinação de comprimento	110
Figura 90 - Funcionamento do sistema de afinação de comprimento	113
Figura 91 - Posicionador de controlo	114
Figura 92 - Acionamento do posicionador de controlo	116
Figura 93 - Alinhamento das espirais antes e depois do posicionador de controlo	117
Figura 94 - Posto de limpeza interior e exterior	117
Figura 95 - Afinação do sistema de limpeza interior e exterior.....	123
Figura 96 - Ferramenta de limpeza interior e exterior	124
Figura 97 - Limpeza interior de espiral	124
Figura 98 - Limpeza exterior de espiral	125
Figura 99 - Calcador do posto de limpeza interior e exterior	125
Figura 100 - Avanço das espirais consoante os postos.....	126
Figura 101 - Posto de sopro de ar.....	126
Figura 102 - Funcionamento do posto de sopro de ar	128
Figura 103 - Estrutura do equipamento	129
Figura 104 - Conexão entre perfil perpendiculares [55].....	129
Figura 105 - Ligações de canto	130
Figura 106 - Pés niveladores [56]	130
Figura 107 - Estrutura do mecanismo de corte	131

Figura 108 - Estrutura do sistema de preparação e limpeza de espiral	131
Figura 109 - Estrutura de apoio do quadro elétrico	132
Figura 110 - Painel de comandos do equipamento	133
Figura 111 - Quadro elétrico	134
Figura 112 - Caixas das electroválvulas	135
Figura 113 - Contentores de espiral	135
Figura 114 - Fixação da calha articulada.....	136
Figura 115 - Contentor de saída de espirais	136
Figura 116 - Barreira de segurança do equipamento	137
Figura 117 - Trinco de segurança das portas de acesso ao equipamento	138
Figura 118 - Trinco de segurança da campânula de proteção da máquina de corte	138
Figura 119 - Procedimento de montagem do mecanismo de arrasto.....	141
Figura 120 - Procedimento de montagem do sistema de puxe.....	141
Figura 121 - Procedimentos de montagem da máquina de corte.....	142
Figura 122 - Procedimento de montagem do calcador de corte.....	143
Figura 123 - Procedimento de montagem do mecanismo de afinação de comprimento	143
Figura 124 - Procedimento de montagem do sistema de avanço de espiral	144
Figura 125 - Procedimento de montagem das régua de corte	145
Figura 126 - Procedimento de montagem do sistema auto-retorno	145
Figura 127 - Procedimento de montagem do sistema de apoio à extração.....	146
Figura 128 - Procedimento de montagem do sistema de deteção de espiral.....	146
Figura 129 - Procedimento de montagem do posto de limpeza interior e exterior.....	147
Figura 130 - Procedimento de montagem do sistema de limpeza por sopro de ar	147
Figura 131 - Procedimento de montagem do manipulador	148
Figura 132 - Procedimento de montagem do painel de comandos	149

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização dos Fornecedores para a Indústria Automóvel [16]	14
Tabela 2 - Desenvolvimentos recentes na automação.....	28
Tabela 3 - Estudo do gabarito a utilizar no ensaio de corte por jato de água	45
Tabela 4 - Lista de materiais do mecanismo de arrasto	58
Tabela 5 - Lista de materiais do sistema de puxe.....	63
Tabela 6 - Lista de materiais da máquina de corte.....	66
Tabela 7 - Lista de materiais do sistema de arrefecimento.....	74
Tabela 8 - Lista de materiais da proteção da máquina de corte	77
Tabela 9 - Lista de materiais do calcador de corte	81
Tabela 10 - Lista de materiais das réguas de corte	84
Tabela 11 - Lista de materiais do sistema antirretorno.....	89
Tabela 12 - Lista de materiais do sistema de deteção de espiral	90
Tabela 13 - Lista de materiais do sistema de apoio à extração	94
Tabela 14 - Lista de materiais do manipulador	95
Tabela 15 - Lista de materiais do sistema de avanço de espiral.....	102
Tabela 16 - Lista de materiais do sistema de afinação de comprimento	110
Tabela 17 - Lista de materiais do posicionador de controlo.....	115
Tabela 18 - Lista de materiais do posto de limpeza interior e exterior	118
Tabela 19 - Lista de materiais do posto de sopro de ar.....	127

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	3
1.1	Contextualização	3
1.2	Objetivos	3
1.3	Metodologia	4
1.4	Organização do relatório.....	5
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
2.1	Indústria automóvel.....	9
2.1.1	História da indústria automóvel.....	9
2.1.2	Requisitos de qualidade	11
2.1.3	Requisitos de competitividade	12
2.1.4	Paradigmas de produção.....	13
2.2	Fabrico de cabos para a indústria automóvel	15
2.2.1	Funções e requisitos dos cabos de comando	15
2.2.2	Requisitos de qualidade	16
2.2.3	Produção e constituição de cabos de comando.....	17
2.2.4	Estado da arte no corte de cabos de espiral	20
2.3	Automatização de sistemas industriais.....	21
2.3.1	Classificação dos sistemas de automação	22
2.3.1.1	Sistemas apoiados na produção manual	22
2.3.1.2	Sistemas semiautomáticos	23
2.3.1.3	Sistemas automáticos	24
2.3.1.4	Sistemas robotizados	25
2.3.2	Soluções baseadas na automação	26
2.3.3	Soluções baseadas na robótica	27
2.3.4	Recentes desenvolvimentos na automatização de processos	28
3	DESENVOLVIMENTO	33
3.1	Introdução ao trabalho prático desenvolvido.....	33

3.1.1	Caracterização da empresa	33
3.1.2	Caraterização do problema	34
3.1.3	Objetivos do trabalho prático	35
3.1.3.1	Requisitos iniciais.....	35
3.2	Equipamento inicial.....	37
3.2.1	Estudo do equipamento existente	37
3.2.2	Estudo do projeto do equipamento inicial de corte duplo	39
3.2.3	Pontos fracos do equipamento existente	41
3.3	Anteprojeto.....	42
3.3.1	Tempestade de ideias.....	43
3.3.1.1	Solução 1 – Corte a laser.....	44
3.3.1.2	Solução 2 – Corte com jato de água	45
3.3.1.3	Solução 3 – Corte com disco de diamante.....	48
3.3.1.4	Solução 4 – Corte com disco abrasivo com arrefecimento.....	53
3.3.1.4.1	Arrefecimento	53
3.4	Projeto final.....	54
3.4.1	Representação geral do sistema	54
3.4.2	Mecanismo de corte.....	57
3.4.2.1	Mecanismo de arrasto	58
3.4.2.2	Sistema de puxe.....	62
3.4.2.3	Máquina de corte.....	66
3.4.2.3.1	Arrefecimento do disco de corte	73
3.4.2.3.2	Campânula de proteção da máquina de corte.....	76
3.4.2.4	Calçador de corte.....	80
3.4.2.5	Réguas de corte	83
3.4.2.6	Sistema antirretorno.....	88
3.4.2.7	Sistema de deteção de espiral	90
3.4.2.8	Sistema de apoio à extração	93
3.4.3	Manipulador	94
3.4.4	Sistema de preparação e limpeza de espiral	100
3.4.4.1	Sistema de avanço de espiral.....	101
3.4.4.2	Sistema de afinação do comprimento	110
3.4.4.3	Posicionador de controlo.....	114
3.4.4.4	Posto de limpeza interior e exterior	117
3.4.4.5	Posto de sopro de ar	126
3.4.5	Estrutura do equipamento	128

3.4.6	Sistema de comando	132
3.4.7	Componentes anexos	135
3.4.8	Segurança	136
3.4.8.1	Componentes de segurança	137
3.4.8.2	Instruções de segurança	139
3.4.9	Instruções para a construção do equipamento.....	139
3.4.9.1	Processos de fabrico	139
3.4.9.2	Sequência de montagem	140
3.4.10	Manutenção do equipamento	149
4	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS	153
5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO.....	157
6	ANEXOS.....	163
6.1	ANEXO1 – Lista de materiais.....	163
6.2	ANEXO2 – Processos de fabrico	181
6.3	ANEXO3 – Desenhos técnicos	191

INTRODUÇÃO

- 1.1 Contextualização
- 1.2 Objetivos
- 1.3 Metodologia
- 1.4 Organização do relatório

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

O setor automóvel assume atualmente um papel de destaque na indústria mundial. O avanço tecnológico que tem vindo a desenvolver é promovido pela constante exigência do consumidor final e pela competitividade do mercado. A procura de meios de transporte cada vez mais cómodos e eficientes leva à criação e adaptação dos sistemas para automóveis. Os fabricantes de componentes para a indústria automóvel viram-se obrigados a acompanhar esta evolução o que tornou necessária a otimização dos seus equipamentos.

Os cabos de aço são um elemento imprescindível em qualquer sistema de conforto para automóveis. A sua construção está associada a produtores especializados que fornecem os construtores de automóveis. A procura por sistemas de conforto cada vez mais sofisticados promove o desenvolvimento das indústrias de cabos de aço. O cabo de espiral compõe os cabos de comando para automóveis, sendo um componente determinante para o cumprimento dos requisitos de qualidade exigidos pelo consumidor final.

A necessidade constante de atualização de sistemas e de melhoria contínua dos processos promove o desenvolvimento de novo equipamentos mais sofisticados. O aumento da produção e cumprimento dos requisitos de qualidade é o foco principal dos fabricantes de componentes para a indústria automóvel. Neste sentido, a presente dissertação assenta sobre a necessidade de otimização de um processo industrial através do desenvolvimento de um equipamento tecnológico capaz.

1.2 Objetivos

O trabalho realizado surge em resposta à necessidade de otimização de processos numa empresa fabricante de componentes para a indústria automóvel. Foi proposto o desenvolvimento de um equipamento de corte duplo de espiral capaz de ser construído e posto em prática em ambiente industrial.

O desenvolvimento deste equipamento teve em consideração o projeto de um equipamento semelhante que apresentava diversas falhas. Neste sentido foi realizada a otimização do projeto. Para isso foi necessário analisar as suas falhas e eliminá-las desenvolvendo soluções viáveis.

Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um projeto de um equipamento que cumpra com os seguintes requisitos:

- Funcionar através de processos automáticos;

- Possibilitar o funcionamento durante várias horas;
- Permitir a sua construção de forma viável e com o menor custo possível;
- Permitir o ajuste automático do comprimento de corte entre os 200 mm e os 600 mm;
- Permitir o fabrico de componentes que respeitem os requisitos de qualidade;
- Apresentar componentes de segurança capazes de reduzir o índice de risco.

1.3 Metodologia

A elaboração do trabalho realizado foi realizada segundo a metodologia a seguir apresentada:

- Primeiro contacto com a FicoCables, no sentido de apresentar o problema e análise dos sistemas de corte utilizados;
- Pesquisa bibliográfica sobre o estado da arte de componentes para automóveis, corte de cabo espiral e processos automatizados;
- Estudo sobre sistemas de corte em aplicações semelhantes;
- “Tempestade de ideias” e discussão sobre possíveis sistemas de corte a utilizar;
- Realização de testes aos sistemas de corte;
- Análise do projeto existente e estudo das falhas;
- Discussão sobre possíveis soluções para as falhas encontradas;
- Realização do anteprojecto;
- Consulta de fornecedores e equipamentos;
- Consulta de componentes de segurança;
- Concretização do projeto final;
- Elaboração de um plano básico de manutenção;
- Elaboração das listas de materiais e desenhos técnicos dos componentes;
- Redação da dissertação.

1.4 Organização do relatório

O trabalho apresentado no presente relatório foi dividido em quatro capítulos de forma a estruturar o trabalho desenvolvido e simplificar a compreensão.

O primeiro capítulo trata-se de um enquadramento geral do trabalho desenvolvido e permite que o leitor conheça os temas abordados, os principais objetivos e qual a metodologia utilizada.

No segundo capítulo é feito um enquadramento geral dos temas abordados. Este capítulo contém a contextualização teórica dos principais temas da dissertação. Numa primeira fase são abordados os principais paradigmas da indústria automóvel. De seguida é feita uma pequena explicação sobre os cabos de comando como componente fundamental no funcionamento de um automóvel e o estado da arte do corte de cabos de aço. Por fim é realizada uma introdução aos sistemas automáticos e robotizados.

O terceiro capítulo apresenta o projeto desenvolvido. Neste capítulo são expostas as ideias e testes realizados para a concretização do equipamento, assim como o anteprojecto realizado. É então apresentado o desenvolvimento do projeto da máquina, dividido em mecanismos, para simplificar a compreensão. Este capítulo engloba ainda os procedimentos necessários para construção do equipamento e para manutenção do mesmo.

Por fim, no quarto capítulo é feita uma apreciação global do resultado do equipamento. É ainda realizada uma reflexão final ao trabalho desenvolvido e as principais conclusões a retirar. Ficam ainda algumas notas para trabalhos futuros.

São ainda apresentadas as referências bibliográficas, onde são apresentadas as fontes de informação, e os anexos que complementam o conteúdo da dissertação.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

- 2.1 Indústria automóvel
- 2.2 Fabrico de cabos para a indústria automóvel
- 2.3 Automatização de sistemas industriais

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Indústria automóvel

Os automóveis são o elemento mais importante na mobilidade global de pessoas e mercadorias. A indústria automóvel é a indústria envolvida na produção em série de veículos automóveis. Trata-se de uma das indústrias mais competitivas da atualidade e uma das mais importantes na economia mundial. Dados fornecidos pela *Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles* (OICA) indicam que esta emprega diretamente 9 milhões de pessoas e mais de 50 milhões indiretamente, em indústrias relacionadas [1].

A indústria automóvel está ligada a diversos ramos da indústria, desde a indústria têxtil até à indústria metalomecânica, que trabalham com uma variedade de tecnologias e processos com o objetivo de desenvolver um produto intermédio que será posteriormente incorporado num produto final: o automóvel. Assim sendo, é necessário garantir que todas as entidades envolvidas neste setor da indústria cumpram determinados requisitos de qualidade.

O setor automóvel é, de facto, um mercado de nível mundial, o que o torna um dos mais competitivos. As exigências do mercado fazem com que exista a necessidade de fazer cada produto melhor do que o anterior, o que leva a que exista grande crescimento tecnológico nos setores adjacentes.

2.1.1 História da indústria automóvel

A criação de um sistema que possibilite o transporte de pessoas e mercadorias tornou-se importante desde o início da história. A invenção da roda possibilitou a construção de carros de transporte para pessoas e mercadorias com tração animal ou humana. A evolução deste tipo de veículos, no entanto, foi bastante escassa até meados do século XVIII [2]. Durante a revolução industrial, entre os finais do século XVIII e início do século XIX, a forma de energia utilizada era o vapor. Surgiu, então, em 1769, o primeiro veículo movido a vapor.

A utilização de um veículo movido a vapor, introduzida pelos franceses, apresentava algumas desvantagens como a sua baixa velocidade, o preço elevado, a sua autonomia e o tempo necessário para atingir a pressão de trabalho [2]. Estas desvantagens fizeram com que este fosse, assim, rapidamente ultrapassado pelos motores de combustão interna.

Os motores de combustão interna, mais concretamente os motores de explosão, tinham vindo a ser estudados durante o início do século XIX. A maioria dos autores, porém, atribui a conceção do primeiro motor de explosão a Étienne Lenoir, em 1858. Este

modelo foi aprimorado posteriormente, em 1876, por Nikolaus Otto, que desenvolveu o motor a gasolina utilizado até aos dias de hoje. Este trabalhava segundo um ciclo denominado ciclo de Otto, a quatro tempos: admissão, compressão, expansão e escape. O conceito criado por Otto, porém, não tinha a finalidade de ser adaptado à indústria automóvel. Foi Gottlieb Daimler, um dos seus técnicos, quem viu interesse no projeto e otimizou-o, de forma a chegar às 750 rotações por minuto (rpm). Nessa mesma altura, um outro engenheiro, de seu nome Karl Benz, estudava uma solução de um motor a dois tempos, mas assim que tomou conhecimento das descobertas de Otto abandonou o projeto e dedicou-se ao estudo de motores a quatro tempos [2]. No ano de 1885, Benz e Daimler adaptaram o motor a gasolina numa bicicleta e em 1886 numa carroça. Surgiu então o Motorwagen: aquele que se considera o primeiro automóvel do mundo. A Figura 1 ilustra a primeira viagem de longa distância deste veículo (100 km), realizada por Bertha Benz, numa ação publicitária [3].



Figura 1 - Bertha Benz no Motorwagen [3]

A comercialização de automóveis era, até ao início do século XX, algo limitado pois o automóvel era considerado um artigo de luxo apenas acessível para as classes mais altas da sociedade. Apenas em 1910 surgiu um novo sistema de produção chamado Fordismo, em homenagem ao seu criador: Henry Ford. Este novo conceito consistia na produção em massa com vista a reduzir o preço final do produto [3].

A indústria automóvel continuou a evoluir tecnologicamente até aos dias de hoje, quanto à velocidade, aos componentes, peças constituintes e até mesmo à aerodinâmica. Atualmente a principal perspetiva de evolução para a indústria automóvel é a otimização do motor elétrico e possivelmente o abandono do motor de combustão.

2.1.2 Requisitos de qualidade

Na indústria atual, a qualidade não representa apenas a ausência de defeitos. A qualidade é definida pela satisfação total do cliente, assim como a adequação ambiental, a qualidade da produção e o desempenho do produto. É, por isso, um fator de elevada importância para o sucesso de uma empresa. Quando são estudados os requisitos de qualidade, existem dois fatores a ter em conta: o valor que o cliente está disposto a pagar por essa qualidade, e o tempo que este está disposto a esperar pelo produto. Desta forma, existe a necessidade de relacionar estes fatores de acordo com as necessidades do cliente. Como pode ser analisado na Figura 2, alguma qualidade pode ser prejudicada de forma a possibilitar o cumprimento do prazo de entrega e redução do preço final do produto. Por outro lado pode ser dada mais relevância à qualidade, em prejuízo de o prazo de entrega e o custo serem afetados [4, 5].

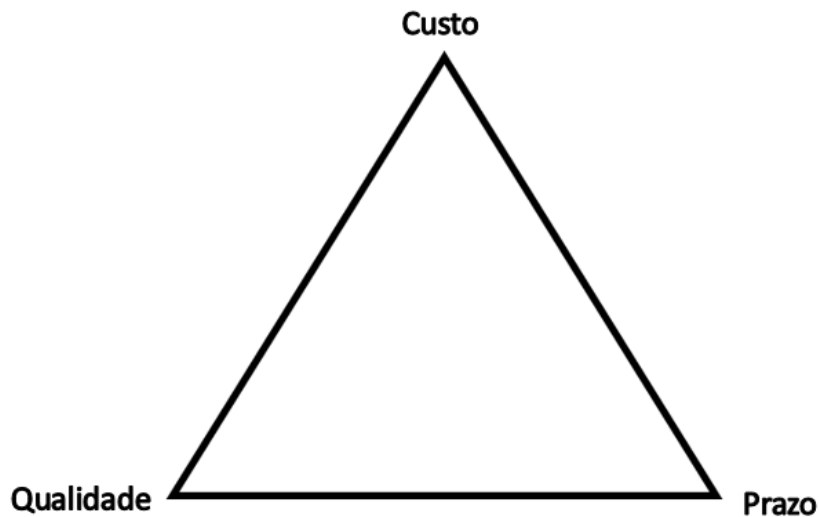


Figura 2 - Triângulo de Ferro da Qualidade (adaptado de [6])

Os requisitos de qualidade são exigidos pelo consumidor final, mas existe normalização que garante o adequado grau de qualidade dos produtos e serviços nas empresas do sector. Segundo o Instituto Português da Qualidade (IPQ), a normalização possibilita a redução de custos para fornecedores e clientes, aumenta a transparência do mercado e credibiliza as transações comerciais [7].

As normas Organização Internacional de Normalização (ISO) foram criadas nesse mesmo sentido e certificam produtos e serviços em mais de 170 países em todo o mundo. A norma ISO 9001:2015 confere certificação às empresas em relação aos sistemas de gestão da qualidade de forma a garantir aos clientes a qualidade de produtos e serviços [8].

Tendo em conta que a norma ISO 9001 é transversal a todas as indústrias e por isso demasiado generalista, a *International Automotive Task Force* (IATF) formulou então a norma IATF 16949:2016 [9]. Esta norma veio substituir a norma ISO/TS 16949:2009 e dá

maior importância à prevenção de defeitos e redução do desperdício sendo, portanto, mais focada nos *Original Equipment Manufacturer's* (OEM) e fornecedores [1].

De forma a serem detetadas discrepâncias e falhas nos requisitos impostos e nos processos, e assim garantir a qualidade dos produtos, os OEM realizam auditorias periódicas aos seus fornecedores. Estas possibilitam a redução de custos de reorganização e reduzem o risco de os produtos perderem as características exigidas pelo consumidor [10].

2.1.3 Requisitos de competitividade

As empresas do setor automóvel são continuamente pressionadas de forma a responder às exigências do mercado. O desenvolvimento tecnológico neste ramo ocorre de forma rápida e contínua e por isso as empresas são forçadas a aperfeiçoar os seus métodos e produtos. Apenas desta forma é possível acompanharem o mercado e desenvolverem um produto final de melhor qualidade e assim mais competitivo. As empresas devem manter uma filosofia de atualização constante e inovação, de forma a permanecerem competitivas, caso contrário serão obrigadas a deslocar as suas unidades para países com mão de obra mais barata [11].

Os fatores que determinam a força competitiva de uma empresa são definidos por Porter [11] segundo a matriz representada na Figura 3.

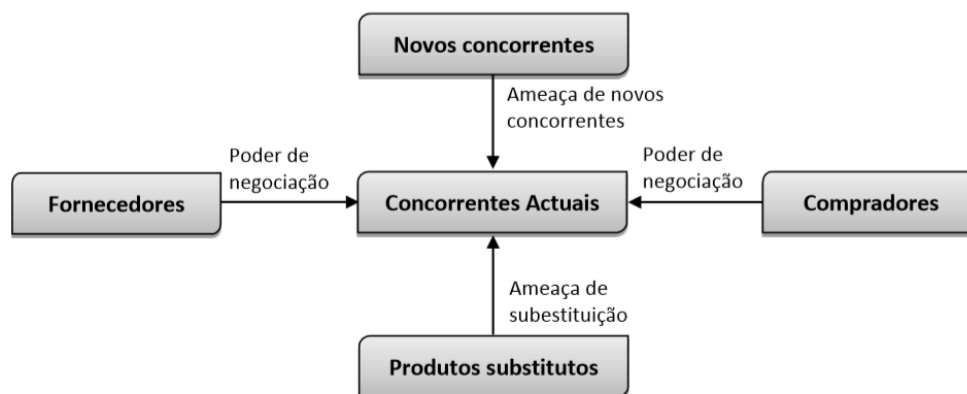


Figura 3 - Matriz de Porter [12]

Segundo o autor [11] as novas empresas que pretendem entrar num determinado setor irão ganhar uma parcela do mercado e diminuir assim a cota de mercado dos seus concorrentes. Já os fornecedores e os compradores, através do seu poder de negociação, podem colocar em causa a qualidade dos produtos e introduzir uma alteração dos preços. Estes fatores aumentam a competitividade do mercado. Os produtores substitutos que criam produtos com a mesma finalidade retiram também uma parcela do mercado. A concorrência direta, por fim, acrescenta e retira valor aos produtos com o objetivo de obter a maior fatia do mercado.

A competitividade na indústria automóvel é um fator dinâmico e, assim, a vantagem competitiva de uma empresa é sempre temporária. Apresenta-se, como exemplo, o caso de Henry Ford, que conseguiu com a produção em série, a sua vantagem

competitiva, embora tenha sido de curta duração. Este foi rapidamente ultrapassado por Alfred Sloan (ex-presidente da General Motors) que ofereceu ao cliente uma gama de produtos mais ampla e adotou uma estrutura mais descentralizada da sua organização [13].

De facto, as bases nas quais as empresas se fundamentam para se manterem competitivas foram-se alterando consideravelmente. Diversas metodologias foram implementadas neste sentido: desde a produção artesanal e da produção em massa de Ford, passando pelo *Lean Manufacturing* (metodologia que visa à redução de desperdícios) até à produção por encomenda que é comum atualmente [10].

2.1.4 Paradigmas de produção

Como evidenciado anteriormente, o crescimento da indústria automóvel foi proporcionado pela sua elevada competitividade. Este fator, aliado à superioridade da produção em relação à procura, levou à saturação do mercado. Desta forma, os construtores adotaram novas estratégias para aumentar a capacidade de comunicação e interação entre os fornecedores e os OEM. É o caso das estratégias de *outsourcing*, em que uma empresa contrata uma outra organização para desenvolver um determinado projeto ou produto específico [14].

A tendência atual na indústria automóvel é a concentração de um pequeno número de grandes marcas pelos OEM que influenciam o comportamento dos seus fornecedores a nível técnico, tecnológico e económico. Os fornecedores de componentes, no entanto, têm vindo a tornar-se cada vez mais importantes. Isto deve-se essencialmente à responsabilidade que lhes foi atribuída resultando na emergência destes e no aparecimento de fornecedores globais. O investimento feito nos fornecedores é prova da sua importância e isso deve-se à sua enorme contribuição para o processo produtivo. Para o estado, os fornecedores de componentes para automóveis são também importantíssimos, já que são um dos setores com maior criação de emprego [15].

A reestruturação ocorrida no setor tornou os fornecedores de componentes para a indústria automóvel mais evoluídos, tornando-se capazes de se autoabastecerem e de desenvolverem projetos mais sofisticados. Isto possibilitou, assim, a sua cooperação com os OEM na conceção de novos produtos [16]. Consequentemente, os OEM deixaram de ser produtores autónomos, necessitando dos fornecedores para materializar os produtos. Assim, os OEM são, atualmente, detentores de uma marca, do conceito, do acabamento e distribuição global do produto final e da montagem, mas o fabrico da totalidade dos componentes é da responsabilidade dos fornecedores.

Os fornecedores de componentes para a indústria automóvel são caracterizados, segundo o *International Motor Vehicle Program* (IMVP) de acordo com as suas funções, como é demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização dos Fornecedores para a Indústria Automóvel [16]

Fabricantes de Componentes	Especialistas num determinado projeto/componente. Fornecedores indiretos dos OEM (fornecem diretamente outros fornecedores mais elevados na hierarquia).
Fabricantes Montadores	Especialistas num determinado projeto/componente, com capacidade de montagem. Responsáveis pelo <i>design</i> , projeto e teste apenas dos produtos que fabricam.
Fabricantes de Sistemas	Capazes de desenvolver o <i>design</i> , projeto, desenvolvimento e produção de sistemas mais complexos. São fornecedores diretos ou indiretos dos OEM's.
Integradores de Sistemas	Capacidade para integrar componentes, conjuntos e módulos que são colocados diretamente nos OEM's.

O setor automóvel, embora apresente elevadas taxas de empregabilidade, caracteriza-se por ter uma indústria bastante automatizada, podendo assim enquadrar-se num modelo de empresas de capital intensivo. Este modelo, comparativamente ao modelo de mão de obra intensiva, tem maior foco na automatização dos processos, o que se adequa mais à produção em série e em grande escala, característica da indústria automóvel [17].

A adoção de um sistema de produção depende da diversidade de produtos e volume de produção de cada empresa. Quanto maior for o volume de produção e menor a diversidade dos produtos, maior será a tendência para a automatização de operações. Por outro lado, para uma quantidade reduzida de produtos e elevada variedade de produtos, é utilizada maior mão de obra, o sistema de produção é mais personalizado e os processos mais flexíveis. Existe ainda o sistema de produção em células, adequado a níveis intermédios de variedade e volume de produtos. Neste caso, os produtos são agrupados de acordo com a sua forma ou utilização de componentes, de forma a serem processados num conjunto de máquinas da linha de produção. Esta sistema caracteriza-se pela diversidade de tarefas e permite maior produtividade em menos tempo, equilibrando a manipulação de operários com a automatização do processo [10].

2.2 Fabrico de cabos para a indústria automóvel

O correto funcionamento de um automóvel depende dos componentes que o constituem. Os mecanismos que constituem o automóvel apresentam na sua totalidade milhares de componentes e a sua importância para o veículo depende do mecanismo que estiver em análise. Alguns dos mecanismos mais importantes para a segurança do utilizador dizem respeito aos mecanismos do cinto de segurança, do sistema de travagem e da própria carroçaria do automóvel. Estes mecanismos, tal como outros, são acionados por cabos de comando que são responsáveis pela interação utilizador/veículo através da transmissão de força.

Os cabos de comando (Figura 4) são definidos como um conjunto dos elementos necessários ao bom funcionamento de um mecanismo acionado por cabos. Os cabos metálicos são o componente mais importante dos cabos de comando. Geralmente de aço, estes são utilizados para acionamento mecânico e transmissão de movimento entre sistemas. A constituição de um cabo de comando passa ainda por outros componentes que variam de acordo com a sua aplicação, como é o caso dos terminais de fixação, do revestimento e dos tubos antirruídos.



Figura 4 - Exemplo de Cabos de Comando [18]

2.2.1 Funções e requisitos dos cabos de comando

Entende-se por cabo um conjunto de fios que compõe um corpo único como elemento de trabalho. A principal vantagem dos cabos metálicos é a possibilidade de transmissão do movimento por um caminho não retilíneo, ao contrário de outros elementos de transmissão, como por exemplo os veios [19]. Num automóvel comum, pode-se, de facto, encontrar diversos tipos de cabo. A Figura 5 permite compreender algumas das aplicações dos cabos de comando nos automóveis.

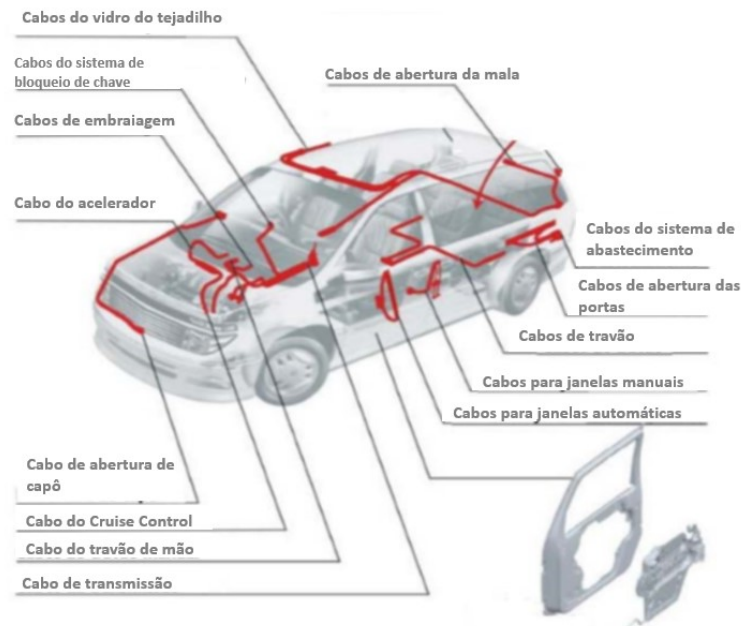


Figura 5 - Aplicações de cabos metálicos em automóveis (adaptado de [20])

As aplicações de cabos num automóvel passam pelos sistemas de abertura e fecho das portas, da mala ou do capô. Estes permitem ao utilizador abrir ou fechar as portas de forma simples: através de uma simples alavanca ou mesmo de um botão que abre ou tranca o sistema. O sistema de aceleração é outra das aplicações mais importantes dos cabos num automóvel. O cabo do acelerador permite a admissão de combustível no motor quando o condutor pressiona o pedal do acelerador pois faz a conexão entre este e a borboleta de admissão no motor [20].

Para garantir o bom funcionamento dos mecanismos em que são incorporados, os cabos metálicos devem cumprir determinados requisitos; por exemplo, a sua resistência mecânica deve ser suficiente para suportar os esforços a que estão sujeitos. De forma a poderem ser aplicados nos automóveis, os cabos devem permitir a sua fixação nas pontas. Por fim, é importante garantir uma boa lubrificação no interior do tubo onde circula o cabo metálico, para o deslizamento ocorrer com o mínimo de atrito possível [21].

2.2.2 Requisitos de qualidade

Efetivamente, os cabos de aço apresentam primordial importância nos mecanismos constituintes de um automóvel, assim como noutro tipo de mecanismos. Desta forma, tornou-se necessário determinar os requisitos mínimos de qualidade exigidos avaliando as suas propriedades.

A principal norma que determina os requisitos na indústria de cabos de aço é a ISO 2408:2017. Esta especifica os requisitos de produção, teste e marcação e emite um certificado de qualidade para cabos de aço.

A norma ISO 2408:2017 permite a denominação do material dos arames dos cabos de aço de acordo com a sua resistência à tração. Determina ainda algumas regras quanto

ao fabrico dos próprios cabos: exige a utilização dos mesmos sentidos de torção para todos os arames e o posterior estrangulamento das pontas dos cabos impedindo a sua desintegração. A norma considera ainda que, para o cabo estar pronto para utilização, este não deve apresentar ondulação quando descarregado e desenrolado [22].

O ensaio de tração (Figura 6) permite determinar a força real de rotura dos cabos de aço segundo o seu diâmetro final. A norma ISO 310: 2017 impõe algumas limitações quanto à realização deste ensaio [23]:

- Não deve ser aplicada mais do que 80% da força de rotura mínima especificada na ISO2408 num curto espaço de tempo;
- A força de rotura real é determinada quando não existir um aumento da força;
- Os ensaios de tração em que a rotura ocorra perto das garras são desprezados;
- O comprimento entre garras varia com o diâmetro do cabo.



Figura 6 - Ensaio de tração feito a um cabo de aço [24]

A qualidade do cabo é definida pela ISO 2408: 2017 comparando com os valores obtidos nos devidos ensaios. Em Portugal existe ainda a norma NP-1843 (1982), que estabelece as regras da designação dos cabos de aço e normalização simbólica da sua composição.

2.2.3 Produção e constituição de cabos de comando

Os cabos de comando utilizados na indústria automóvel são, como referido anteriormente, constituídos por vários componentes essenciais ao seu bom funcionamento. A sua constituição varia consoante a aplicação que lhe será conferida.

Os cabos de comando utilizados na indústria automóvel são constituídos por cabos de espiral. Os elementos mais importantes que podem constituir um cabo de espiral estão referenciados na Figura 7: o cabo de aço (1); o tubo interior (2), a espiral de aço (3), o revestimento (4), os terminais (5).



Figura 7 - Constituição de um cabo de comando [25]

Os cabos de aço, embora pareçam à primeira vista um elemento simples, apresentam um grau relativo de complexidade. Eles apresentam diversos tipos de constituição e propriedades dependendo das suas aplicações.

Geralmente em aço de elevada tensão de cedência, os cabos são produzidos pelo enrolamento helicoidal de vários cordões em volta de um outro cordão, no interior, a que se dá o nome de alma, como demonstra a Figura 8. Cada cordão é constituído por uma série de filamentos de aço, também entrelaçados em volta de um outro filamento que lhes serve de núcleo [20].

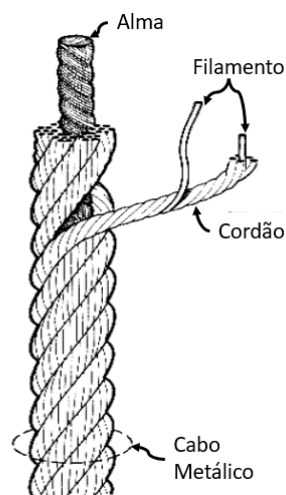


Figura 8 - Constituição de um cabo metálico (adaptado de [26])

O diâmetro final dos cabos é algo que varia bastante em função da sua aplicação e das cargas que necessita de suportar. Um cabo para o sistema de abertura/fecho de portas, por exemplo, tem um diâmetro de aproximadamente 5 mm, mas um cabo de uma grua pode chegar aos 50 mm de diâmetro [20].

A produção dos cabos metálicos é realizada por máquinas adequadas ao efeito. De forma a garantir um correto enrolamento é utilizado um agente lubrificante. Este garante não só que os cabos deslizam na matriz sem ficarem presos, mas também a redução do atrito entre os vários cordões.

O tubo interior (ou bainha) é um elemento polimérico colocado entre o cabo e a espiral e que impede o seu contacto. Este contacto iria originar atrito, o que provocaria perda de rendimento na transmissão de movimento e um desgaste mais elevado e rápido tanto da espiral como do cabo [25].

A espiral, normalmente de aço, representada na Figura 9, é constituída por um tubo em aço enrolado em forma de espiral que confere a resistência, rigidez e robustez ao mecanismo, permitindo ainda assim a sua flexibilidade. Este componente permite ainda a proteção dos constituintes mais interiores do cabo contra contactos externos e deformações excessivas. O desenvolvimento deste trabalho teve por base o processamento deste componente dos cabos de comando.



Figura 9 - Cabos de comando com espiral [27]

O revestimento do tubo de espiral é feito de polietileno de baixa densidade (PEBD) ou policloreto de vinilo (PVC) e confere a proteção da espiral. Este evita a contaminação do interior do cabo com agentes externos e a oxidação dos restantes componentes.

Os terminais são acessórios conectados às extremidades do cabo que permitem a ligação do cabo a outros elementos. Existem diversos tipos de terminais utilizados consoante a sua aplicação. A sua aplicação nos cabos pode ser efetuada por injeção, encravamento mecânico ou soldadura por ultrassons [20].

A aplicação dos cabos de espiral como cabos de comando está dependente de componentes adicionais que são necessários à utilização do cabo. Estes componentes garantem a proteção do cabo, permitem a sua fixação, conferem o seu correto guiamento e a redução de ruídos.

2.2.4 Estado da arte no corte de cabos de espiral

As máquinas de corte de cabos de aço são indispensáveis em qualquer empresa que produza este tipo de elementos. Existem no mercado diversos métodos que permitem o corte de cabos de aço simples. Os mais utilizados são o corte por cisalhamento (em guilhotinas), o corte por disco abrasivo ou sistemas mais elaborados de corte por fusão ou flash. Dependendo da aplicação do cabo, diversos sistemas podem ser selecionados, tendo em conta os devidos parâmetros.

No caso do cabo de espiral, a discussão acerca de qual o sistema de corte a adotar é algo mais complexo. Existem poucos métodos que permitem o corte de um cabo deste tipo de forma adequada. Na sua maioria, os métodos utilizados apresentam problemas acrescidos relacionados com a qualidade do corte efetuado e a sua utilização do cabo após o corte. De uma forma geral, o método mais utilizado para cortar este tipo de cabos é o corte com disco abrasivo.

O corte com disco abrasivo (Figura 10) é um dos processos que apresenta maior eficiência e rapidez que, aliados ao seu custo reduzido, tornam este um dos métodos mais utilizados na indústria de cabos. Os discos de abrasivo utilizados neste tipo de corte são constituídos por um abrasivo em grão, que pode ser de óxido de alumínio, carboneto de silício ou zircónio, dependendo do material a cortar. Para além do material, um dos parâmetros importantes a ter em conta no corte com disco abrasivo é a área de contacto do disco com o elemento a cortar e a pressão de corte. Estes parâmetros estão intimamente ligados com as características do disco e da peça que irá ser cortada [28].

Um dos parâmetros que deve ser tido em conta quando é selecionado este tipo de corte é o número de cortes a efetuar e a temperatura que o disco irá atingir. Devido ao atrito que é gerado entre o disco e a peça, o calor produzido nessa zona cresce de forma exponencial, expandindo-se rapidamente a todo o sistema. Desta forma, é necessário estudar previamente esta situação de forma a evitar a danificação do sistema.

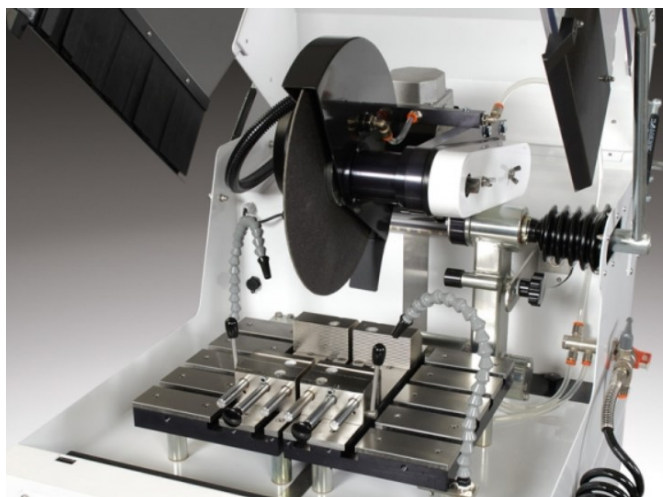


Figura 10 - Sistema de corte com disco abrasivo [29]

2.3 Automação de sistemas industriais

Desde sempre, o Homem procurou ferramentas que substituíssem o seu trabalho por completo. Relativamente às suas funções industriais, a criação de um autómato que realize todas as funções operárias sem apoio humano foi desde sempre um objetivo que se procurou atingir [30].

A automação representa a aplicação de técnicas computadorizadas de controlo de componentes de produção que permitem a diminuição dos custos e da mão de obra e aumento das cadências de produção [12].

Nas últimas décadas, o setor automóvel foi um dos que mais demonstrou a necessidade de qualificar o seu trabalho. Neste setor, devido ao elevado número de componentes constituintes de um veículo e à variedade de modelos produzidos, existe a necessidade de desenvolver sistemas automatizados capazes de aumentar a produtividade e flexibilidade. Durante os anos 70 foi introduzido o conceito de automação flexível que respondia à maior diversificação da procura e segmentação dos mercados, ao contrário do que acontecia na década anterior em que os sistemas automatizados eram bastante dedicados [31].

A aposta no aumento do nível de automação numa empresa é incentivado por diversos fatores que, segundo Groover [32], são definidos por:

- Aumento da produtividade quando comparado com o processo manual;
- Redução de custos: embora o investimento inicial seja elevado, as operações acabam por ser mais económicas em relação às operações manuais;
- Aumento da qualidade nos produtos, pois existe maior repetibilidade e conformidade;
- Redução dos prazos de entrega devido à redução de tempo desperdiçado e rapidez do processo relativamente ao processo manual;
- Execução de tarefas impossíveis de realizar manualmente como tarefas de precisão, de geometria complexa ou tarefas que envolvem riscos pessoais;
- Melhoramento das condições de trabalho devido à eliminação das rotinas manuais repetitivas e monótonas que causam fadiga.

Existe a ideia de que os operadores são ‘dispensáveis’ quando é adotado um sistema automatizado sendo estes ‘substituídos’ por máquinas. No entanto, a automação permite a recolocação dos operários na monitorização e controlo das linhas de produção e resolução dos problemas envolvidos, em vez de se ocuparem de tarefas monótonas, repetitivas e pouco produtivas. A automatização dos processos exige, assim, uma recolocação e requalificação dos colaboradores [33, 34].

2.3.1 Classificação dos sistemas de automação

A substituição dos sistemas manuais pelos sistemas automatizados e independentes tem vindo, de facto, a ser um dos objetivos de grande parte das indústrias atuais. Esta remodelação, no entanto, não é algo simples de concretizar nem algo que possa ser adotado rapidamente [35].

Dependendo do tipo de indústria e do tipo de trabalho, a produção e montagem podem assumir sistemas mais ou menos automatizados. O nível de automatização de um sistema industrial é analisado pelo número de processos automáticos que este contém. Desta forma, os sistemas de automação industrial podem ser classificados em quatro vertentes [36]:

- Sistemas de apoio à produção manual;
- Sistemas semiautomáticos;
- Sistemas automáticos;
- Sistemas robotizados.

2.3.1.1 Sistemas apoiados na produção manual

Mesmo as empresas que utilizam sistemas industriais altamente automatizados necessitam de uma componente de mão de obra humana. Contudo, como referido anteriormente, a automatização dos processos tende a que as tarefas desempenhadas por operários passem a ser desempenhadas por sistemas automáticos, passando esses a desempenhar funções de monitorização e controlo [10].

A capacidade sensorial e de análise do Homem é fulcral na execução de algumas tarefas, o que as torna dificilmente automatizáveis. Exemplo disso é a verificação da estrutura da carroçaria de um automóvel que é, por isso, realizada de forma manual como se pode ver na Figura 11.



Figura 11 - Verificação da carroçaria de um BMW Série 3 [37]

Segundo Groover [32], existem situações em que a produção manual tem vantagens: em tarefas como operações de acabamento final ou a produção produtos que apresentam diversas possibilidades de modelos, as capacidades humanas tornam-se mais importantes do que as capacidades que qualquer sistema automático possa assumir. O mesmo acontece na produção de pequenas séries em que o investimento em sistemas sofisticados não se justifica, e por isso a utilização de sistemas de produção manual é mais favorável [32, 38].

A procura de um produto nem sempre é algo constante. Em alguns casos existem períodos em que a procura é elevada e outros em que é quase inexistente. Nestes casos a produção manual faz mais sentido. Para além do investimento inicial, neste caso devem ter-se em conta os custos fixos associados aos sistemas automatizados que não existem quando se trata de sistemas manuais. Este fator pode levar também à adoção de sistemas de produção manual [32, 38].

2.3.1.2 *Sistemas semiautomáticos*

A automatização, de facto, não garante a eliminação das tarefas de produção manual. Estas podem, no entanto, ser auxiliadas por sistemas automáticos. Aos sistemas que são automatizados, mas que, ainda assim, necessitam do apoio humano dá-se o nome de sistemas semiautomáticos.

Os sistemas semiautomáticos estão situados algures entre os sistemas apoiados na produção manual e os sistemas automáticos. Neste caso, as tarefas não são realizadas completamente por operários, mas necessitam de suporte manual para a sua execução. Por outro lado, não podem também ser considerados sistemas automáticos pois não são completamente automatizados [39]. Como exemplo destes sistemas pode ser considerado o processo de soldadura na indústria automóvel, como o ilustrado na Figura 12. Este processo exige a intervenção de um operário em determinados momentos em que um sistema automático não seria capaz de realizar o processo [10].



Figura 12 - Soldadura de um chassi de um BMW Série 3 [37]

2.3.1.3 Sistemas automáticos

Os sistemas que operam e controlam os processos de forma autónoma e em que a mão de obra é nula ou muito reduzida são chamados de sistemas automáticos. Estes são aqueles que exigem maior investimento inicial, no entanto são os mais apetecíveis para as empresas sempre que possíveis de aplicar, devido ao rápido amortecimento desse investimento [40]. Num sistema automático, todas as tarefas são realizadas de forma autónoma, desde a manipulação, montagem, acabamentos e análises, até às calibrações [32].

Segundo Schleich [41] existem três tipos de sistemas automáticos que podem ser selecionados de acordo com a variedade e quantidade de produtos (Figura 13):

- Automação programável;
- Automação flexível;
- Automação fixa.

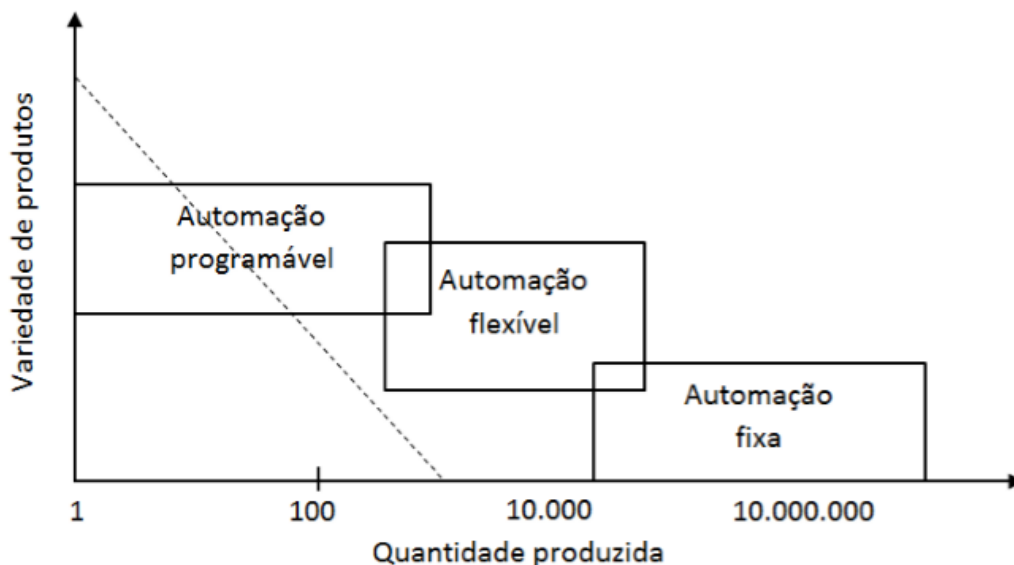


Figura 13 - Tipos de sistemas automáticos (adaptado de [32])

A **automação programável** é caracterizada pela sua capacidade de se acomodar a diferentes tipos de produtos. As operações são controladas por um programa que dá as instruções em forma de código, que por sua vez pode ser editado para cada tipo de produto, o que torna este sistema adaptável e muito versátil. Este sistema adequa-se à produção de pequenas e médias séries e para a produção em lotes. Os tempos de ciclo neste tipo de automação são bastante afetados devido aos tempos de *setup* necessários para introdução de ferramentas ou do próprio código.

A **automação flexível** pode ser considerada uma extensão da anterior. Esta é capaz de eliminar os tempos de *setup* existentes na automação programável pois permite produzir diferentes tipos de produto sem a necessidade de alterar os parâmetros definidos previamente. Desta forma não existe a necessidade de produção por lotes e a produção é realizada de forma mais contínua. As máquinas de corte a laser são um

excelente exemplo deste tipo de automação. Estas permitem a alteração do material, da espessura de corte e da geometria de corte sem necessitar de paragens [42].

A **automação fixa** é aquela em que a realização das tarefas é fixada pela configuração do equipamento. Neste caso, as operações são realizadas rápida e sequencialmente por movimentos lineares e/ou rotativos simples. Este tipo de sistema exige um investimento inicial elevado e pouca flexibilidade do produto final. No entanto garante elevadas taxas de produção. Assim, a automação fixa justifica-se para a produção de grandes séries de produtos e elevadas quantidades de produtos quando se sabe previamente que estes não se irão alterar durante algum tempo. Pode tomar-se como exemplo deste tipo de automação os sistemas industriais de enchimento de bebidas, as linhas de manipulação ou as máquinas de montagem automáticas.

2.3.1.4 Sistemas robotizados

A classificação de um sistema como robotizado é dependente do nível da sua capacidade de agir em função das condições do meio envolvente. Um robot é um dispositivo mecânico e articulado que obtém autonomamente informações do meio envolvente, através dos sensores e dispositivos que contém. Através dessa informação este é capaz de tomar decisões previamente programadas e agir em conformidade com o meio envolvente [43].

A robotização na indústria demonstrou, nos últimos anos, um grande crescimento devido às importantes aplicações que lhe são conferidas, nomeadamente [10]:

- Os ciclos de trabalho repetitivos, em que o robot é mais consistente e por isso a qualidade não é reduzida com a fadiga;
- Os ambientes de trabalho perigosos para o ser humano que surgem por vezes na indústria;
- A manipulação de componentes difíceis de manipular de forma manual;
- As mudanças frequentes de produto, já que se trata de um sistema reprogramável;
- As operações contínuas durante várias horas sem paragem de produção.

Um robot permite a realização de inúmeras tarefas que, até então, só poderiam ser realizadas pelo ser humano. Isto deve-se não só à sua semelhança morfológica com o ser humano, mas também à inteligência artificial que lhe é conferida. Este é capaz de reconhecer o componente que está a trabalhar e agir de forma diferente para cada tipo de produto. Ao contrário de outros sistemas, o robot tem ainda a capacidade de executar tarefas distintas utilizando o mesmo equipamento (Figura 14).



Figura 14 - Robótica numa fábrica chinesa de Chengdu [44]

2.3.2 Soluções baseadas na automação

As empresas são, efetivamente, sujeitas a requisitos de qualidade e prazos de entrega bastante apertados. Uma possível solução para esse problema é, como referido anteriormente, a automatização dos processos. As soluções baseadas em automação proporcionam rapidez, segurança e conforto, o que favorece a competitividade da empresa.

A automação é responsável pelo controlo de grande parte dos equipamentos industriais tais como as linhas de montagem que fazem deslocar os produtos. A necessidade constante de fazer deslocar determinados produtos dentro das unidades industriais levou à criação de soluções baseadas na automação. Os transportadores de tela, correntes ou rolos e os *Automatic Guided Vehicles* (AGV), representados na Figura 15, permitem, sem a interação humana, a interligação das diferentes zonas da fábrica, apoiados em solução automatizadas.



Figura 15 - Exemplo de um AGV [45]

Um outro tipo de problema que vê a sua solução baseada na automação é dificuldade do processamento das peças. Devido à sua geometria ou à sua fragilidade, existem peças que são dificilmente manuseáveis e por isso difíceis de serem processadas. Desta forma, surgem algumas soluções como as mesas vibratórias que permitem a separação e correto alinhamento de peças muito pequenas. Uma outra solução são, por exemplo, os sistemas “*Pick and Place*” que, por intermédio do acionamento de sensores, permitem identificar e organizar determinadas peças que de outra forma seriam difíceis de manusear.

2.3.3 Soluções baseadas na robótica

A adoção de dispositivos baseados na robótica permite também a agilização dos processos, a redução de gastos e o aumento da produtividade e qualidade dos produtos. A robótica assume um papel fundamental na indústria automóvel, por exemplo, na soldadura de carroçarias. A quantidade de processos que é necessário realizar até que a carroçaria fique completa, demoraria bastante tempo caso este processo fosse feito manualmente. Assim, a robótica permite não só a soldadura de todos estes componentes de forma rápida e sequencial como também a sua manipulação e transporte.

Também o processo de pintura de automóveis envolve uma solução baseada na robótica. A dificuldade de encontrar pintores altamente qualificados para realizar uma pintura de qualidade, aliada ao perigo dos gases tóxicos, que prejudicam a saúde dos operadores, levam à necessidade de optar por uma solução deste tipo. A pintura robotizada na indústria automóvel permite conferir melhor aspeto ao veículo, assim como a uniformidade entre todas as partes do mesmo.



Figura 16 - Pintura robotizada na indústria automóvel [46]


A robótica assume ainda um papel de estudo, no respeito a fatores que colocam em risco a vida humana. A utilização de *dummy's* na realização de *crash tests* permite a realização do estudo de impacto do veículo, sem pôr em causa a integridade de seres humanos. A evolução da robótica tende a crescer exponencialmente nos próximos anos e cabe ao ser humano a adoção deste tipo de tecnologia como assessor para as suas tarefas [21].

2.3.4 Recentes desenvolvimentos na automatização de processos

Os últimos anos têm sido, para a automação, cruciais para demonstrar uma grande evolução no desenvolvimento de novas soluções. Estas possibilitam a realização de tarefas habitualmente realizadas pelo ser humano cada vez mais complexas.

De forma a compreender melhor quais os recentes desenvolvimentos na automatização de processos, é apresentada a Tabela 2, que demonstra os mais importantes desenvolvimentos nessa matéria.

Tabela 2 - Desenvolvimentos recentes na automação

Sistema	Aplicação	Imagem
<i>Pick and Place</i> [47]	Seleção, movimentação e aplicação precisa e rápida de componentes através de código numérico	
<i>Vibratory Bowl Feeder</i> [48]	Colocação de peças uma a uma e orientadas de determinada forma numa máquina ou linha de montagem	
<i>Indexing Conveyor Systems</i> [49]	Mover um determinado produto passo a passo, a uma distância definida	

Mobile Manipulator

[50]

Sistemas de um braço robótico associado a uma plataforma móvel que permite várias funcionalidades de apoio ao ser humano.



DESENVOLVIMENTO

- 3.1 Introdução ao trabalho prático desenvolvido
- 3.2 Equipamento inicial
- 3.3 Anteprojeto
- 3.4 Projeto final

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Introdução ao trabalho prático desenvolvido

O trabalho prático desenvolvido surgiu em resposta à necessidade apresentada pela empresa FicoCables em otimizar o seu sistema de corte de espiral. Com vista a aumentar a produção de cabos de comando, surgiu a necessidade de implementar equipamentos de corte mais capazes. Visto que um dos principais componentes dos cabos de comando é a espiral, a necessidade de implementar um equipamento de corte duplo foi amplificada. Desta forma surgiu o presente trabalho que pretende responder a essa necessidade.

3.1.1 Caracterização da empresa

O desenvolvimento do trabalho prático de projeto de uma máquina de corte duplo de espiral com limpeza interior e exterior foi realizado em parceria com a empresa FicoCables. A FicoCables é uma empresa portuguesa, sediada no concelho da Maia, filial da Ficosa Internacional. A Ficosa é uma empresa multinacional espanhola que se dedica à pesquisa, desenvolvimento, produção e comercialização de componentes e sistemas para a indústria automóvel. Foi fundada na cidade de Barcelona em 1949 por Josep Maria Pujol e Josep Maria Tarragó.



Figura 17 - Alcance global da Ficosa Internacional, S.A. [51]

Como é possível observar na Figura 17, a multinacional está atualmente presente em 19 países, nos quais conta com mais de 10000 colaboradores nos seus centros de produção, centros de engenharia e escritórios comerciais. A Ficosa afirma-se como fornecedor oficial e parceiro tecnológico de grande parte dos principais produtores de automóveis [51].

A Ficocables foi a primeira expansão internacional da Ficosa, que procurava alcançar o mercado ibérico como potencial ponto de partida para a internacionalização da empresa. A Teledinâmica (denominação inicial da FicoCables) foi fundada em 1972 pelo Engenheiro Franco Dias. Inicialmente era sediada em Vila nova de Gaia e era constituída por apenas 3 funcionários. Pouco depois de iniciar a sua exportação para uma famosa marca italiana: a Fiat, na década de 80 do século passado, a empresa muda as suas instalações para a Maia, onde se encontram até aos dias de hoje [52].

Com a denominação atual desde 1993, a FicoCables dedica-se à investigação, desenvolvimento, produção e comercialização de componentes para a indústria automóvel. Ela divide a sua atividade em duas áreas de negócio: sistemas de portas e assentos e sistemas de conforto. Os seus produtos são pensados para serem introduzidos em sistemas de portas e assentos, elevadores de janela, travão de mão, acelerador e abertura de *capot* e mala. Atualmente a empresa conta com uma unidade de produção, um centro de Investigação e Desenvolvimento e um *Commercial Office* e é fornecedora de clientes como a Audi, Porsche, Renault e Volkswagen [52].

A FicoCables tem vindo a ser, nos últimos anos, galardoada com diversos prémios de qualidade e competência. Exemplo disso é o prémio de reconhecimento atribuído pela Toyota Motor Europe pela excelência das soluções fornecidas.

3.1.2 Caraterização do problema

O presente trabalho assenta sobre a necessidade demonstrada pela FicoCables em otimizar o seu processo produtivo no que respeita ao corte de espiral, como as da Figura 18, para aplicar em cabos de comando.



Figura 18 - Diferentes tipos de espiral

O corte de espiral na FicoCables é atualmente realizado por máquinas com capacidade para cortar uma espiral de cada vez, de forma automática e através de um disco de carbetto de silício (SiC).

A qualidade final da espiral não fica garantida no processo de corte. Desta forma, torna-se necessário, na maioria das máquinas da empresa, o transporte destes produtos para outros equipamentos onde serão processadas posteriormente. Apenas esses equipamentos estão preparados para realizar a preparação das extremidades cortadas.

Esta situação obriga ao transporte e manipulação das espirais por operadores. É possível, portanto, obter uma produção mais eficiente nos equipamentos com preparação de espiral, que são bastante reduzidos. Este fator, aliado à reduzida quantidade de espirais cortadas em simultâneo pela máquina, levou à necessidade de construir um equipamento capaz de realizar os processos de corte e limpeza de duas espirais em simultâneo.

3.1.3 Objetivos do trabalho prático

O trabalho prático desenvolvido tem como principal objetivo projetar um equipamento capaz de cortar 2 cabos espiral em simultâneo e efetuar a limpeza do seu interior e exterior, permitindo a redução de recursos humanos e o aumento da cadência de produção exigida. O projeto deste equipamento tem como objetivo o cumprimento dos requisitos impostos pela FicoCables e a concretização de um equipamento capaz de garantir a qualidade exigida pelos seus clientes.

Tendo por base um projeto cedido pela empresa para concretização de um equipamento de corte duplo, é objetivo deste trabalho o seu aprimoramento e a sua otimização. O projeto cedido trata-se de uma solução possível, porém é fulcral a resolução de alguns problemas para permitir a instalação do equipamento em ambiente industrial na empresa. Este é um dos objetivos fundamentais da concretização deste trabalho.

Com este trabalho pretende-se também aumentar a produção das máquinas de corte para o dobro e otimizar o processo utilizado. A principal meta a alcançar é a elaboração de um projeto que possa ser fabricado, montado e utilizado em ambiente industrial. Este deverá possibilitar o aumento da produtividade e manter ou melhorar a qualidade do produto final.

3.1.3.1 Requisitos iniciais

A elaboração deste trabalho prático deve ter sempre em conta o cumprimento dos requisitos impostos inicialmente. Apenas o seu cumprimento irá garantir a qualidade dos produtos, a cadência de produção necessária e o bom funcionamento do ambiente industrial em que será inserida.

O primeiro requisito que deve ser tido em conta é o corte de duas espirais em simultâneo. Desta forma a cadência de produção será aumentada para o dobro.

O equipamento deverá capaz de ser alimentado de forma automática, ou seja, deverá fazer chegar o cabo espiral à zona de corte sem a necessidade de recursos humanos. O

cabo espiral deverá entrar na máquina em forma de bobine com vários metros. Esta deverá realizar o corte na medida pretendida, que pode variar entre os 200 mm e os 600 mm.

A função de corte deverá também acontecer de modo automático e sistemático. Este deverá ocorrer sempre com a regulação do comprimento desejado. Após determinação do comprimento, o equipamento deverá ser capaz de cortar automaticamente todos os cabos ao mesmo comprimento, dois a dois, e sequencialmente. No processo de corte deve ser garantida a qualidade suficiente para facilitar o processo de limpeza e garantir a qualidade do produto final. Assim, o equipamento deve ser capaz de realizar um corte limpo tanto da espiral, como dos componentes que lhe são anexos, como o revestimento ou o tubo interior.

Deve ser considerado ainda o fator de tempo de utilização diária do equipamento. O projeto da máquina de corte duplo de espiral deve ter em conta o funcionamento da máquina durante todo o dia.

O equipamento terá de conter uma zona de limpeza e preparação para que o produto final apresente a qualidade exigida, como apresentado na Figura 19. A espiral deverá sair da máquina pronta para utilização. Isto é, esta deverá estar pronta para que seja passado um cabo de aço no seu interior e para que possa receber ponteiras ou terminais se necessário. Para isso, não deve apresentar rebarbas, obstruções no orifício ou danificação do revestimento.



Figura 19 - Exemplo de corte com qualidade realizado em espiral

Um dos requisitos impostos a ter em conta é, evidentemente, evitar custos desnecessários. Tratando-se de um equipamento que visa a ser implementado na indústria de componentes para automóveis e sendo este um setor cada vez mais competitivo este fator é de fulcral importância. A implementação de componentes e sistemas que acarretem gastos exagerados, podem e devem ser substituídos por outro tipo de soluções mais económicas, desde que cumpram com os restantes requisitos.

3.2 Equipamento inicial

A adaptação de um equipamento de corte duplo que viesse substituir as máquinas de corte simples teve, evidentemente, que ter em conta o funcionamento das máquinas existentes na empresa, que se assemelham à da Figura 20.



Figura 20 - Máquina de corte simples

A concretização deste trabalho teve por base o projeto cedido pela empresa para construção de um equipamento de corte duplo, sobre o qual foi necessário efetuar melhorias. O equipamento desenvolvido foi baseado nas máquinas existentes, mas a implementação de um sistema duplo acarreta também o surgimento de problemas. O trabalho proposto consiste na resolução desses problemas e de outros que se verificavam adjacentes à experiência da utilização deste tipo de mecanismos.

3.2.1 Estudo do equipamento existente

O equipamento de corte utilizado é equipado com um sistema de alimentação automático como o da Figura 21. Este permite o avanço da espiral através de dois roletes. Estas realizam movimento ascendente e descendente, pressionando e soltando a espiral, respetivamente. Quando estas apertam a espiral, um motor elétrico permite a rotação dos roletes, empurrando a espiral.



Figura 21 - Sistema de alimentação do equipamento existente

O sistema de avanço do disco de corte nestes equipamentos (Figura 22) é regulado conforme o seu desgaste. Isto é, conforme vai diminuindo o diâmetro do disco, derivado do seu desgaste, o avanço deste vai sendo superior para compensar esta perda. O diâmetro do disco é avaliado por um sensor optoelectrónico de fibra ótica com emissor e recetor. Este é instalado com uma superfície espelhada na sua frente que permite que o sinal emitido seja refletido de novo para o sensor. O objetivo da instalação deste sensor é interagir com o servomotor responsável pelo avanço do disco, de forma a saber quando deixa ou não de interromper o disco e assim controlar o avanço em função do desgaste.



Figura 22 - Sistema de avanço do disco do equipamento existente

Neste equipamento, o corte do cabo espiral é feito com disco abrasivo. Este tipo de corte não possibilita a execução de um corte limpo, ou seja, livre de rebarbas e imperfeições na zona cortada. Assim sendo, é necessário proceder, posteriormente, à limpeza das extremidades de espiral cortadas. Na FicoCables existem máquinas com sistema de limpeza. No entanto são muito poucas e as espirais, na sua maioria, necessitam de recursos humanos para serem transportadas e manipuladas.

3.2.2 Estudo do projeto do equipamento inicial de corte duplo

Como referido anteriormente, foi cedido o projeto de um equipamento de corte duplo de espiral que visa a ser melhorado para implementação em ambiente real. A Figura 23 é uma representação geral desse equipamento.

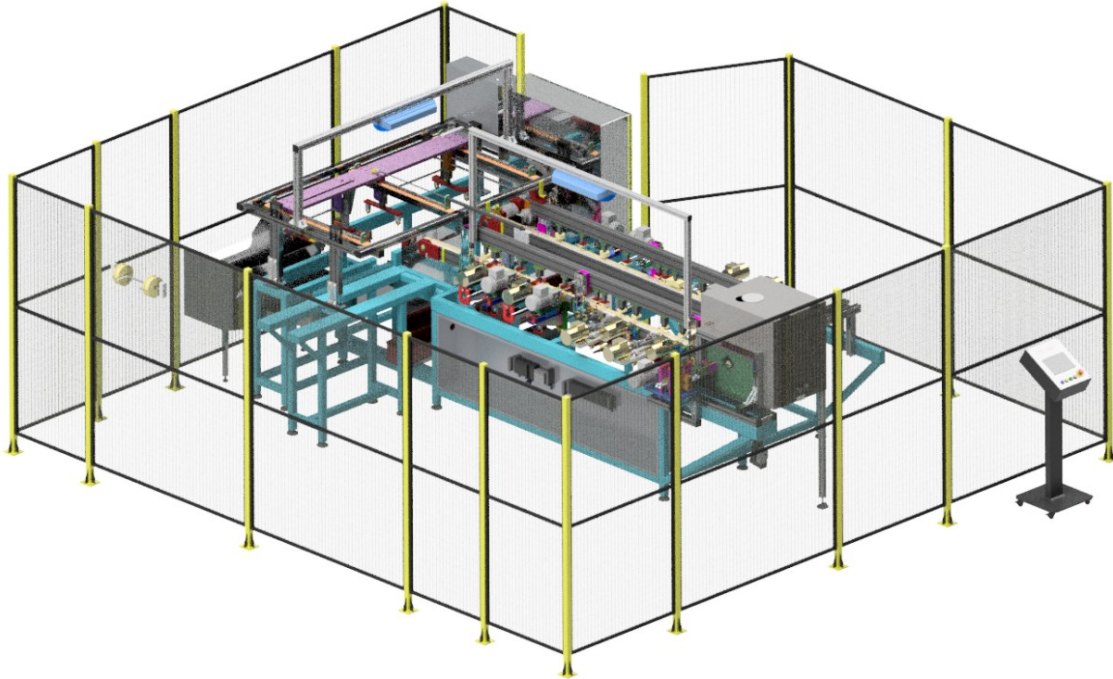


Figura 23 - Representação de equipamento inicial de corte duplo

Numa fase inicial foi necessário compreender o funcionamento de todos mecanismos do projeto existente. De modo a simplificar este estudo separou-se o projeto em três partes: o mecanismo de corte, o mecanismo de preparação de espiral e o manipulador.

O mecanismo de corte, representado na Figura 24, trata-se do sistema responsável por puxar a espiral em bobine e realizar o seu corte na medida pretendida. A alimentação deste sistema é feita por um motor elétrico (1) que faz o arrasto da espiral até à medida pretendida. O disco (2) é acionado por um servomotor (3) que faz o avanço do disco em rotação. Essa rotação é garantida por um motor (4) através de um sistema de correias e polias. Quando cortada, a espiral cai para o sistema de preparação de espiral.

Devido à implementação de um sistema de corte duplo, o calor gerado pela fricção do disco com a espiral será muito superior. Assim sendo, de forma a reduzir a temperatura do disco ao longo do tempo, foi instalado um sistema de injeção de ar comprimido diretamente no disco.

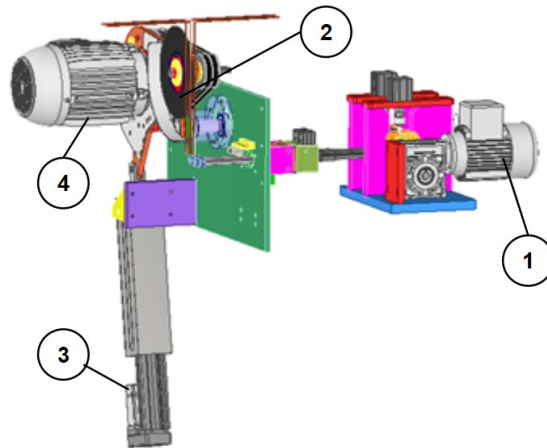


Figura 24 - Mecanismo de corte inicial

O mecanismo de preparação de espiral (Figura 25) é o sistema responsável pela limpeza das extremidades da espiral após ser cortada. As espirais são transportadas, por duas correias sincronizadoras (1), ao longo do sistema onde serão processadas. Numa primeira fase existe um posicionador (2) que permite o seu alinhamento para que todas fiquem à mesma medida. Um servo motor (3) permite o avanço das espirais para que estas possam passar por todos os postos necessários para o seu processamento. O sistema de preparação e limpeza de espiral permite também a afinação de comprimento através de um motor elétrico com sistema de fuso (4). A preparação e limpeza da espiral é feita por uma série de postos ao longo do mecanismo que executam as ações de escarear, esmerilar, abocardar, aquecimento e sopro.

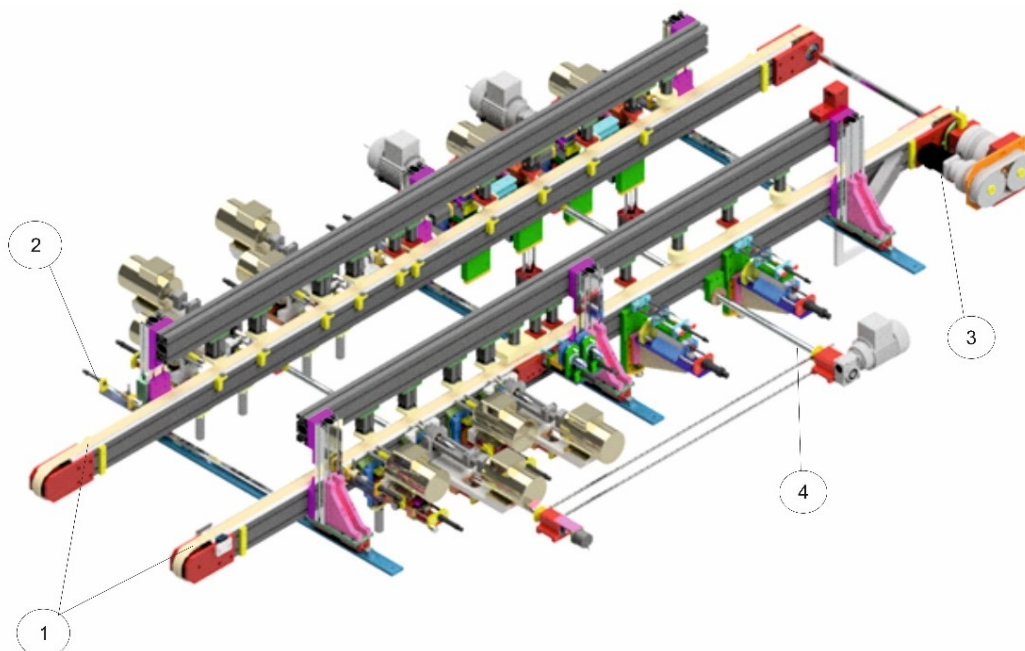


Figura 25 - Sistema inicial de preparação de espiral

O equipamento inicial permitia também o corte de tubo estrela. O tubo estrela é um componente distinto que pode ser assembled à espiral. O manipulador (Figura 26) é o componente responsável pelo transporte da espiral para um posto de montagem com o tubo estrela. Este componente foi descartado logo de início, já que o equipamento não contemplaria o corte de tubo exterior. Este ficava à saída do sistema de preparação de espiral, e acionado por cilindros pneumáticos fazia chegar a espiral ao novo posto, onde seria realizado o seu processamento.

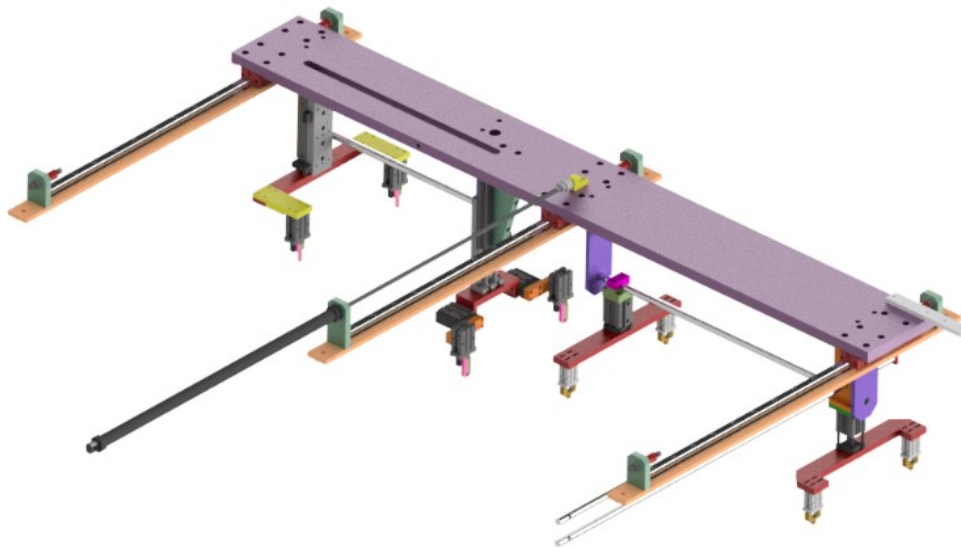


Figura 26 - Manipulador do equipamento inicial

3.2.3 Pontos fracos do equipamento existente

Pode-se considerar a necessidade de diversas melhorias no equipamento inicial. A realização deste trabalho consiste na resolução dos problemas apontados, permitindo assim a concretização de um equipamento possível de aplicar em ambiente industrial sem o surgimento de problemas durante a sua utilização.

Um dos pontos fracos a ter em conta, prende-se com o facto de o disco de corte neste equipamento ser arrefecido por projeção de ar comprimido. Tendo em conta o tempo de trabalho do equipamento, já que a máquina deverá trabalhar várias horas seguidas, o recurso a ar comprimido seria inviável. Este levaria à necessidade de um sistema quase em exclusivo para este componente, devido ao caudal de ar necessário para arrefecimento do disco. Por uma questão de custos, associados à instalação, utilização e manutenção do sistema, descartou-se esta solução.

Outra desvantagem a considerar é que no equipamento apresentado inicialmente, as espirais caíam por gravidade do mecanismo de corte para as correias do sistema de preparação de espiral. Assim sendo, o processo de corte ocorre numa cota acima e bastante próxima dessas correias, como é visível na Figura 27.

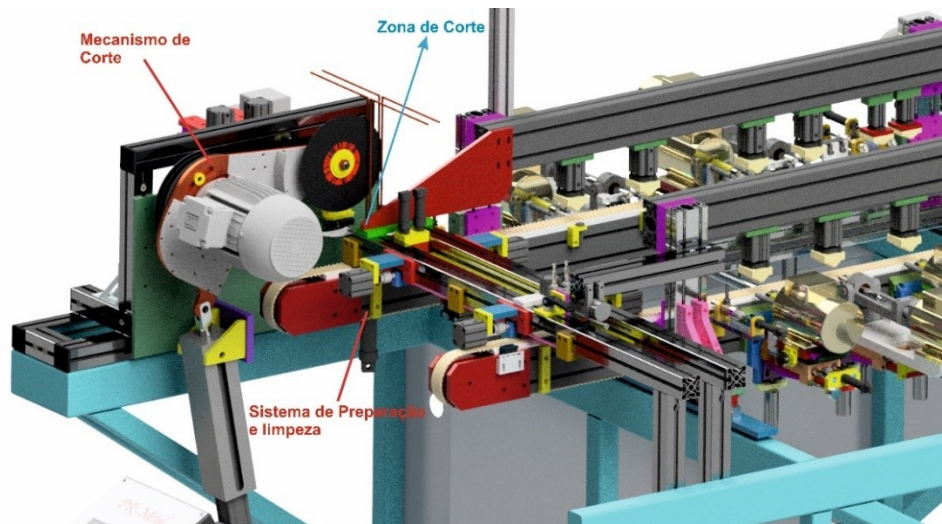


Figura 27 - Interação sistema de corte com sistema de preparação de espiral

O disco de abrasivo em operação projeta resíduos, provenientes do corte, que acabarão por cair, por gravidade, nas correias sincronizadoras do mecanismo de preparação de espiral. Este mecanismo é equipado com ímãs que impedem a queda das espirais para o solo. No entanto, estes ímãs são também responsáveis pela acumulação de lixo nas correias. Desta forma, fica depositada nas telas uma grande quantidade de resíduos que poderá ser prejudicial ao bom funcionamento do equipamento.

Estes fatores fazem com que o projeto inicial não seja concretizável em ambiente industrial e, assim sendo, o melhoramento dos seus pontos fracos poderá tornar possível a sua construção e utilização na empresa.

3.3 Anteprojeto

A primeira fase do desenvolvimento do presente consistiu na realização de um estudo que serviria de base ao projeto. Neste estudo estão envolvidas todas as fases de discussão de ideias, realização de testes e análise dos possíveis problemas e metas a alcançar, assim como as soluções a que teve de se chegar.

Desde o início foram detetadas dificuldades para a concretização deste projeto. A implementação de um sistema de corte duplo iria originar problemas que não existiam no sistema de corte simples. O problema do arrefecimento, referido anteriormente, foi exemplo disso mesmo.

Começou-se por organizar as ideias que surgiram numa fase inicial para substituir o sistema de corte. Após verificação das hipóteses apresentadas, foram selecionadas as soluções que dariam resposta aos problemas impostos. Devido à experiência da utilização destes equipamentos, foram ainda sugeridas algumas alterações com vista a evitar problemas adicionais verificados nas máquinas existentes.

3.3.1 Tempestade de ideias

A análise inicial feita ao trabalho a realizar levou ao aparecimento de propostas para solucionar os problemas existentes. Relativamente ao mecanismo corte pensou-se inicialmente em substituir o sistema utilizado. Para isso foram tidas em conta diversas hipóteses:

- Corte a laser;
- Corte com jato de água;
- Corte com disco de diamante.

Para isso teriam de ser testadas as diversas hipóteses, para que fosse possível optar pela mais viável. Além das três soluções apresentadas, foi ainda equacionada a hipótese de manter o sistema de corte já utilizado. Para isso, e como referido acima, seria necessário implementar um sistema de corte capaz. Assim, foram colocadas em hipótese as possibilidades de projeção de gases como CO₂ ou azoto, arrefecimento com água e arrefecimento com recurso a ventoinhas. A realização dos ensaios para testar as diversas técnicas de corte teve em conta a utilização de três tipos de espiral:

- Espiral laminada sem tubo interior - Figura 28;
- Espiral armada - Figura 29;
- Espiral *braided* – Figura 30.



Figura 28 - Espiral laminada sem tubo interior



Figura 29 - Espiral armada

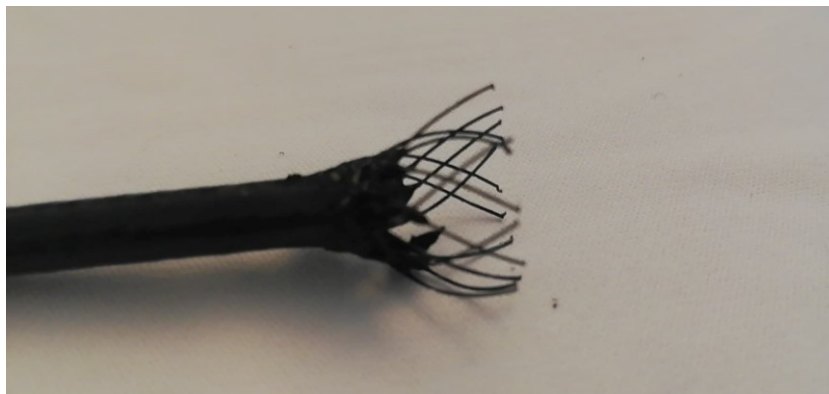


Figura 30 - Espiral *braided*

3.3.1.1 Solução 1 – Corte a laser

A primeira solução analisada para substituição do sistema de corte foi o corte a laser. Para isso foram enviadas algumas amostras de cabo espiral para a empresa MACSA, onde foram realizados alguns testes de corte a laser. Os resultados são apresentados na Figura 31.



Figura 31 - Resultados do ensaio de corte a laser

O ensaio de corte a laser foi realizado com um feixe F9100: fibra de 100W com *ultra high speed* (UHS). Não foram obtidos bons resultados pois o tempo necessário para o corte seria demasiado alto e o corte realizado apresenta muito pouca qualidade. O revestimento de plástico que protege a espiral tende a fundir-se e deixa um acabamento fraco.

Como é possível verifica, logo no primeiro teste, o feixe de laser acabou por danificar o revestimento antes mesmo de entrar em contacto com o cabo espiral. O calor gerado por este feixe faz com que o material de revestimento da espiral comece a atingir temperaturas próximas à temperatura de fusão, ficando por isso danificado. Ficou assim posta de parte a hipótese de corte a laser, devido ao incumprimento dos requisitos de qualidade.

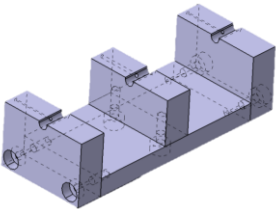
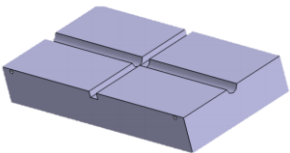
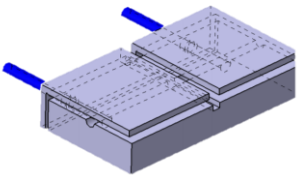
3.3.1.2 Solução 2 – Corte com jato de água

A segunda solução considerada para substituir o sistema de corte foi o corte com jato de água. Para isso foram também realizados ensaios e neste caso foram testados 3 tipos de cabo espiral:

- Espiral laminada sem tubo interior;
- Espira armada;
- Espiral *braided*.

Para que fosse possível a realização destes ensaios foi necessário construir uma estrutura que possibilitasse a fixação da espiral. Para isso foram desenhados 3 tipos de gabaritos.

Tabela 3 - Estudo do gabarito a utilizar no ensaio de corte por jato de água

Desenho do gabarito	Análise realizada
	Originaria grande flexão na zona de corte, levando a um corte inadequado.
	Carece de fixação para a espiral.
	Gabarito semelhante ao anterior com veios para guiar a fixação da espiral.

A opção escolhida teve por base a terceira opção, pois foi aquela que apresentou melhores condições para realização dos ensaios de corte por jato de água. Esta foi, ainda assim, adaptada para uma versão mais simplificada e capaz de cumprir a mesma função. Assim sendo, foi produzido o gabarito da Figura 32 para realização dos ensaios.

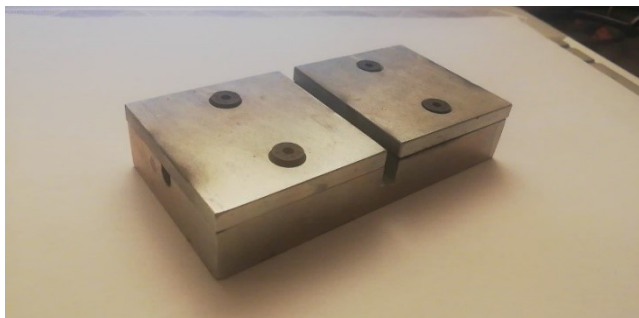


Figura 32 - Gabarito utilizado nos ensaios de corte por jato de água

Os ensaios foram realizados na empresa JACQUET Portugal, com a disposição demonstrada na Figura 33.



Figura 33 - Ensaio de corte com jato de água

O corte com jato de água é realizado a uma pressão de 4000 bar e é possível a adição de abrasivo juntamente com a água, para facilitar o corte. Os ensaios tiveram em conta a realização de testes de jato de água com e sem abrasivo [53].

Numa primeira fase foi possível concluir que o corte de jato de água sem abrasivo corta o revestimento plástico, mas não tem capacidade para cortar a espiral de aço. É ainda possível observar na Figura 34 e na Figura 35 que o revestimento fica bastante degradado.



Figura 34 - Corte incompleto em espiral laminada sem tubo interior



Figura 35 - Deformação do revestimento em espiral *braided*

Por outro lado, o jato de água com abrasivo corta todo o cabo sem problemas, mas tal como observado para o corte a laser, deixa o revestimento muito danificado. No caso da espiral *braided* da Figura 36 e da espiral armada da Figura 37, ambas com tubo interior, foi ainda possível observar que este fica obstruído com resíduos de plástico. A espiral é um componente concebido para que lhe seja passado o cabo de aço no seu interior e qualquer impedimento à passagem desse cabo compromete a sua utilidade.



Figura 36 - Corte com obstrução do tubo interior em espiral *braided*



Figura 37 - Corte com obstrução do tubo interior em espiral armada

Numa fase posterior, foi possível ainda observar que, com o tempo, ocorre a oxidação da espiral de aço. Este fator deve-se à presença de água que se infiltra pelo interior da espiral, onde permanece e acaba por oxidar o material. É possível analisar, na Figura 38, um exemplo de espiral cortada por jato de água e que, passadas algumas semanas, se encontrava bastante oxidada nas suas extremidades. Pode assim concluir-se que este processo obriga à implementação de um sistema que garanta a secagem de toda a espiral.



Figura 38 - Oxidação da espiral

Analisando os resultados obtidos, descartou-se a possibilidade de adotar um sistema de corte por jato de água, visto que este não seria capaz cumprir os requisitos necessários.

3.3.1.3 Solução 3 – Corte com disco de diamante

Tendo em conta o sistema de corte utilizado optou-se por testar a possibilidade de substituir o disco abrasivo por um disco de diamante. Para isso recorreu-se ao equipamento *Minitom*, da marca *STRUERS*, disponível no ISEP e semelhante ao da Figura 39. Foram utilizados discos da marca *IZASA* com diâmetro de 127 mm e com 0,38 mm de espessura.



Figura 39 - *Minitom* – equipamento utilizado para corte das amostras [54]

Foram analisados 2 tipos de espiral: espiral laminada e espiral *braided*. Para a espiral *braided* foram recolhidas amostras com 30 mm cortadas em disco de diamante. Para a espiral laminada foram recolhidas amostras com 30 mm também cortadas em disco de diamante. A análise das amostras de espiral laminada, no entanto, terá em conta as superfícies cortadas com disco de diamante e com disco de abrasivo, de forma a comparar os resultados. As amostras recolhidas são representadas na Figura 40. As amostras foram enviadas posteriormente para o Centro de Materiais de Universidade do Porto (CEMUP), onde foi realizada uma análise microscópica de varrimento. Esta

análise garante a observação de imagens com alta resolução permite retirar bastante informação acerca da superfície das amostras.



Figura 40 - Amostras cortadas em disco de diamante

A análise microscópica de varrimento foi realizada nas superfícies das extremidades cortadas das espirais. Para a espiral *braided* foi retirada a amostra 1 e foi analisada uma das superfícies cortada com disco de diamante. Os resultados obtidos na análise desta amostra são apresentados na Figura 41 e Figura 42.

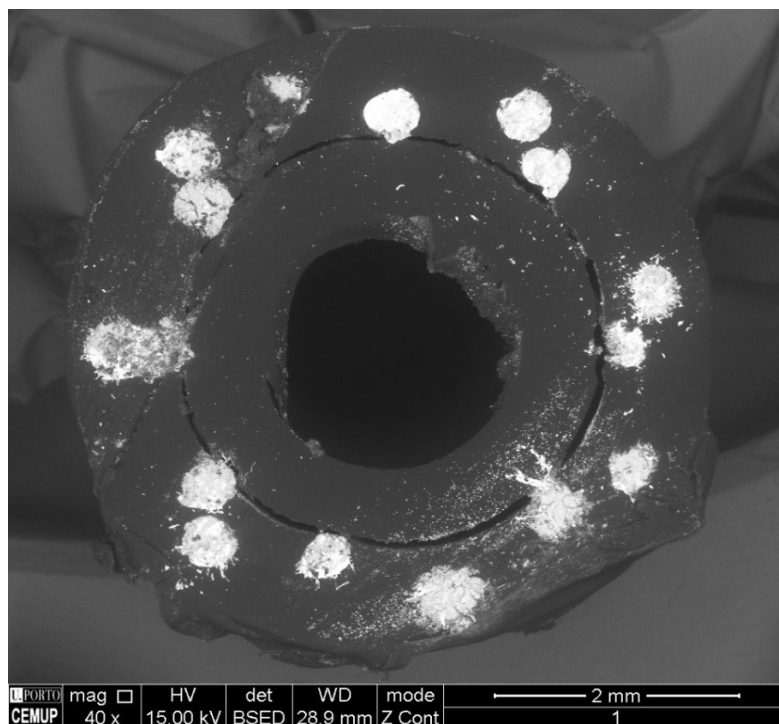


Figura 41 - Resultados da análise para a amostra 1 – 40x

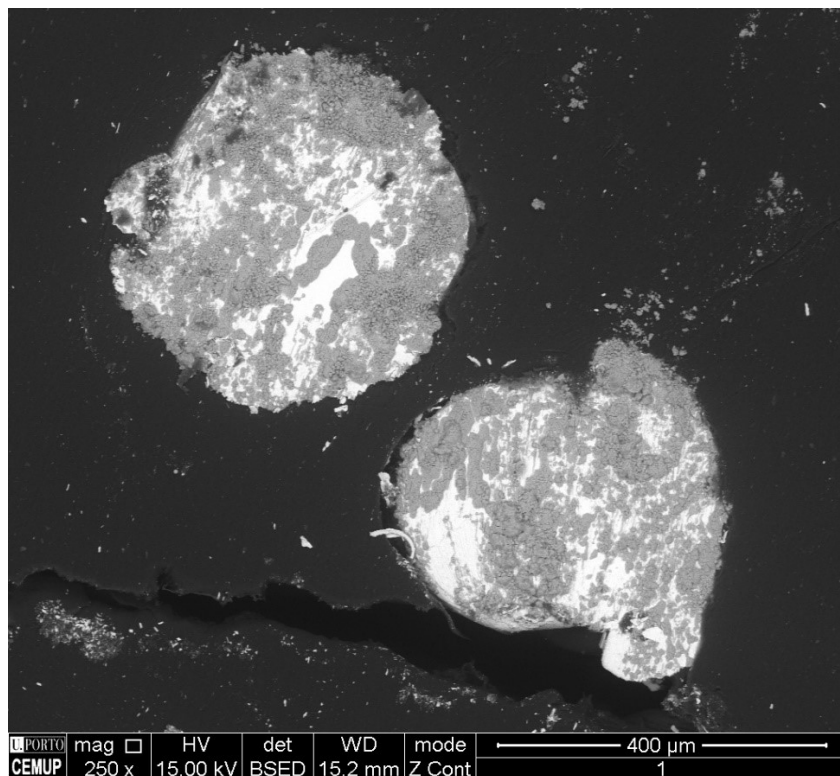


Figura 42 - Resultados da análise para a amostra 1 – 250x

Para as amostras de espiral laminada foram recolhidas as amostras 2 e 3. Na amostra 2 foi analisada a superfície cortada com disco de diamante. Os resultados obtidos na análise desta amostra são apresentados na Figura 43 e Figura 44.

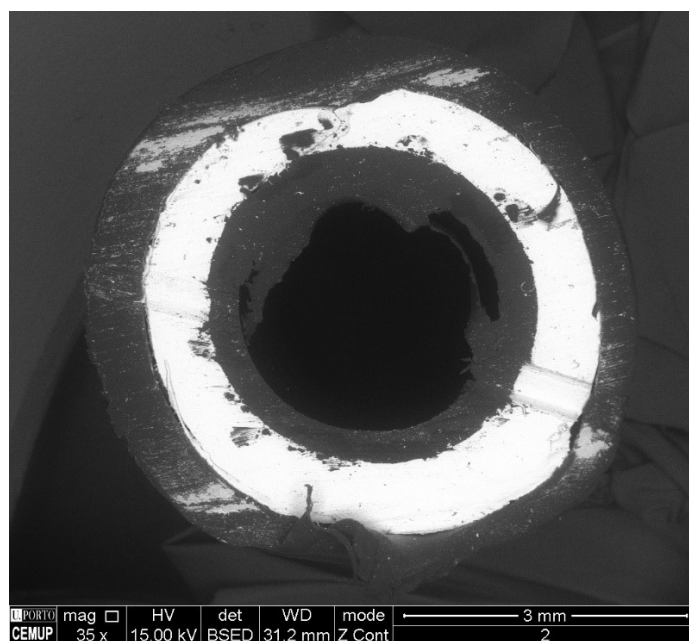


Figura 43 - Resultados da análise para a amostra 2 – 40x

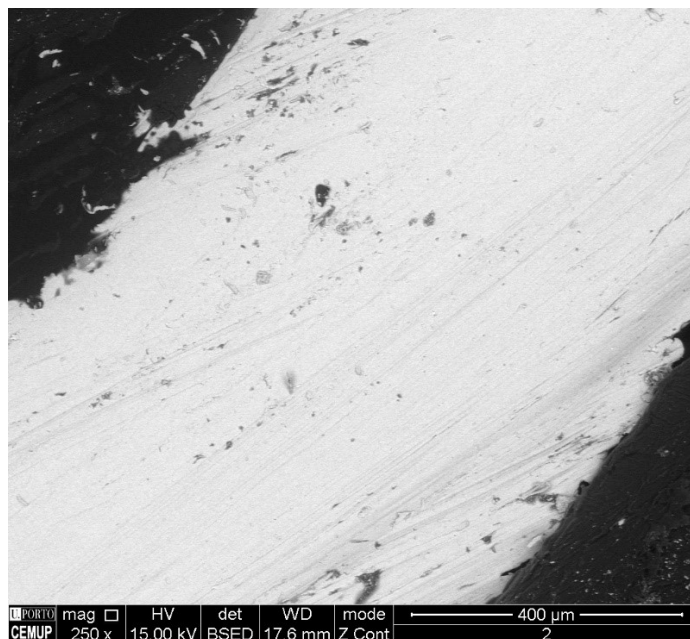


Figura 44 - Resultados da análise para a amostra 2 – 250x

Na amostra 3 foi analisada a superfície cortada com disco de abrasivo da espiral laminada. Os resultados obtidos na análise desta amostra são apresentados na Figura 45 e Figura 46.

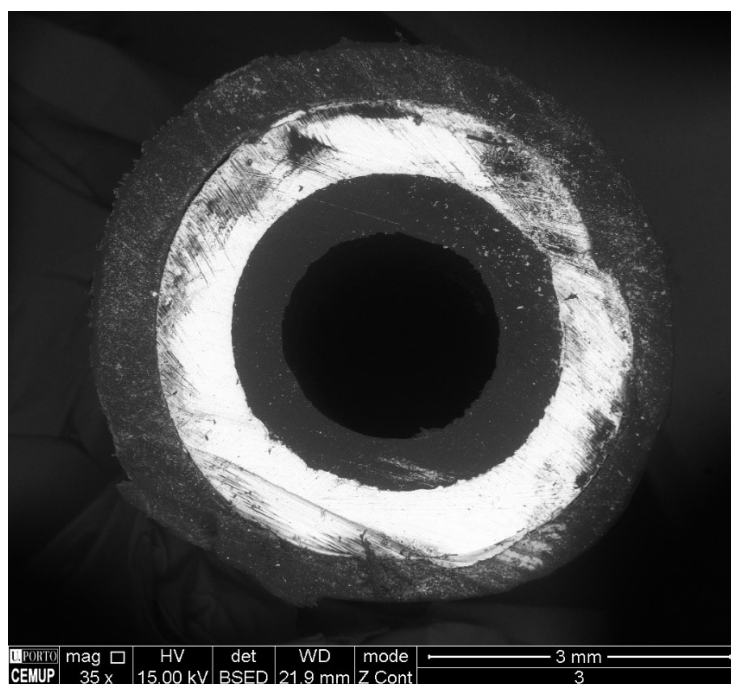


Figura 45 - Resultados da análise para a amostra 3 – 35x

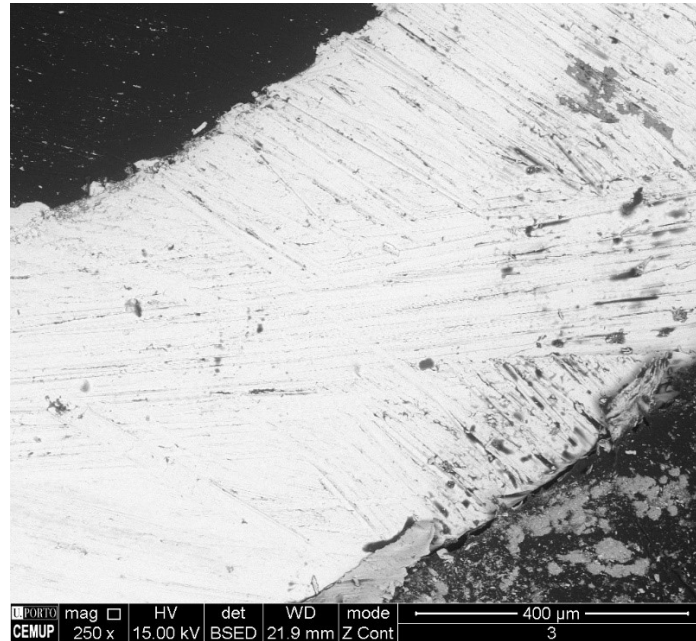


Figura 46 - Resultados da análise para a amostra 3 – 250x

Pela análise dos resultados, pode-se concluir que as superfícies cortadas contêm vários defeitos quando analisadas microscopicamente. A amostra 1 apresenta alguns sinais de oxidação do aço, devido à exposição ao ar, que é um fenómeno natural neste tipo de materiais. Comparando as amostras 2 e 3, é possível observar que existem algumas diferenças. Na amostra 2 existem alguns defeitos no corte do revestimento e do tubo interior. Em ambas as amostras, é possível observar uma superfície bastante riscada devido à ação do disco em rotação. Na amostra 3, porém, é mais notório esse defeito devido à rugosidade elevada no disco de abrasivo comparativamente ao disco de diamante.

Os defeitos apontados, no entanto, não demonstram ser impedimento para a utilização das espirais, ao contrário do que acontecia nos ensaios de corte a laser e por jato de água. Desta forma, a implementação de um disco de diamante poderia ser uma solução possível.

A alteração do disco de corte de abrasivo utilizado na empresa para disco de diamante não demonstra ser, como demonstrado pela análise efetuada, motivo de redução de defeitos. Desta forma, considera-se que não existe a necessidade de trocar o sistema de corte existente, que já está comprovado e posto em prática, para um novo sistema que carece de testes em ambiente industrial.

Deve ainda ser tido em causa o tempo de utilização do disco. Para recolha das amostras, o disco de abrasivo utilizado estava em trabalho e apresentava por isso a temperatura mais elevada. Por outro lado, o disco de diamante foi utilizado apenas para recolha das amostras. A viabilidade da substituição do disco de corte ficaria, mais uma vez, dependente de testes em ambiente industrial e da análise do seu comportamento quando sujeito a trabalho prolongado.

Há que ter em conta ainda o custo do disco de diamante que, comparativamente com o disco de abrasivo, apresenta um custo bastante elevado. O disco de diamante obriga ainda a velocidades de corte muito controladas para não partir, o que levaria à necessidade de alterações no conceito de corte existente.

Assim, analisando bem todos os fatores referidos anteriormente, pode-se admitir que o disco de abrasivo é suficiente para o trabalho que se pretende realizar. No entanto, é importante manter o disco a uma temperatura suficientemente baixa para não ser afetado por fadiga térmica.

3.3.1.4 Solução 4 – Corte com disco abrasivo com arrefecimento

A hipótese de manter o método de corte já utilizado acabou, desta forma, por ser a hipótese mais aceite. Este método não carece de testes adicionais, já que é o método utilizado diariamente na FicoCables para este tipo de serviço. É necessário, porém, ter em conta o problema do aquecimento que, como referido, fica agravado num sistema de corte duplo.

3.3.1.4.1 Arrefecimento

O arrefecimento do disco de corte é, como referido atrás, fundamental, devido ao calor gerado na campânula de corte. Este calor, proveniente da fricção entre o disco e as espirais, é muito superior comparativamente ao sistema de corte simples. Estima-se que o calor gerado seja o dobro comparativamente ao equipamento de corte simples. Este facto deve-se à área de contacto entre disco e espiral que passa para o dobro, aumentando o atrito e conseqüentemente o calor gerado.

A utilização de um disco abrasivo no processo de corte origina, como referido anteriormente, um aumento muito significativo da temperatura tanto da atmosfera envolvente como do próprio disco. Assim sendo, é essencial a inclusão de um sistema de arrefecimento capaz de retirar o ar quente gerado na zona do corte e arrefecer o disco de corte.

Para isso foram tidas em conta diversas hipóteses: arrefecimento com projeção de água, com projeção de ar comprimido, com projeção de gases inertes e inclusão de ventoinhas no sistema.

A utilização de água para arrefecimento do disco foi uma hipótese posta de parte logo de início por duas razões. A primeira está associada ao problema da oxidação da espiral de aço que, devido à presença de água no seu interior, poderia ser acelerada. A segunda razão prende-se com o facto de tornar o sistema mais sujo devido aos detritos provenientes do corte em contacto com a água.

A projeção de ar comprimido, como analisado no projeto inicial, tornar-se-ia economicamente inviável. Pela mesma razão pode também ser posta de parte a projeção de gases inertes como o dióxido de carbono (CO₂) ou o azoto (N). Estes são componentes que, devido ao tempo de trabalho diário do equipamento, se tornariam impossíveis de sustentar economicamente.

Resta assim o arrefecimento com recurso a ventoinhas. Foi então equacionada a hipótese de inserir ventoinhas de exaustão do ar quente presente na campânula de corte. Desta forma poderia ser reduzida a temperatura na atmosfera envolvente à zona de trabalho do disco. Porém, o disco de corte iria atingir temperaturas bastante elevadas, pelo que é imperativo a inclusão de outro sistema responsável pelo seu arrefecimento. Optou-se então por instalar no sistema um ventilador centrífugo capaz de fazer a injeção de ar diretamente no disco sem recurso a ar comprimido.

Assim, a solução encontrada para o arrefecimento do sistema de corte passa pela inclusão de ventoinhas de exaustão de ar quente e de um ventilador com projeção de ar frio diretamente no disco.

3.4 Projeto final

O equipamento final surge da concretização das etapas anteriores. Após ser selecionado o sistema de corte e o sistema de arrefecimento, foi necessária a construção do equipamento e implementação destes sistemas.

3.4.1 Representação geral do sistema

Foi feita uma representação global do equipamento (Figura 47) para permitir a uma análise mais simples da disposição dos seus componentes.

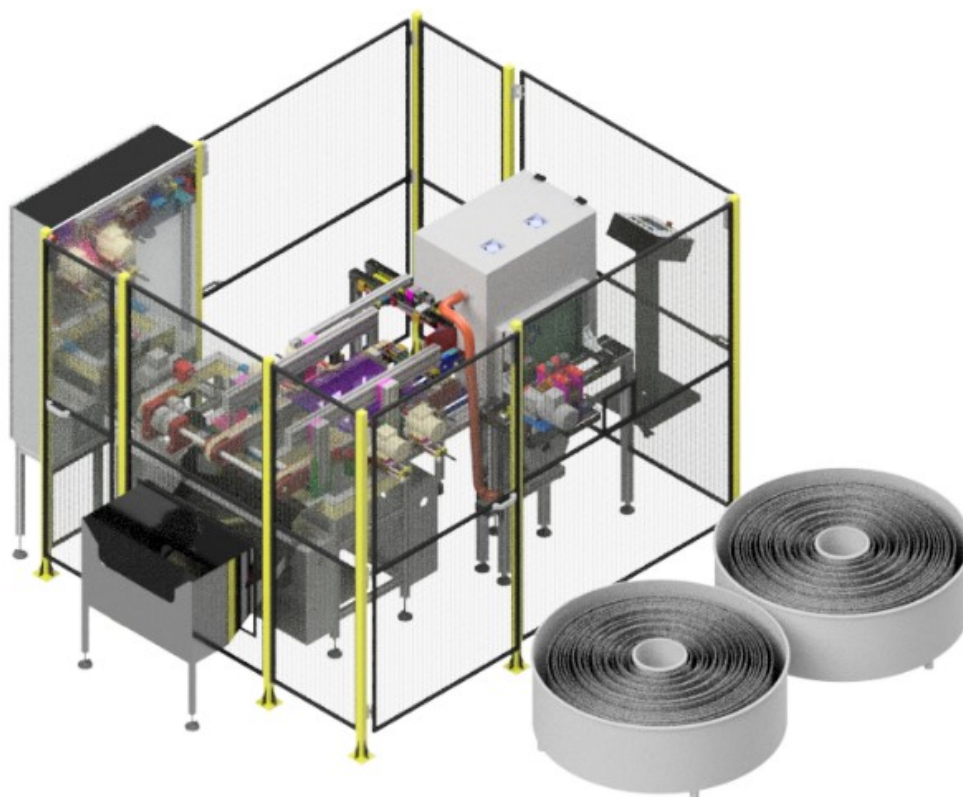


Figura 47 - Vista geral do equipamento

O equipamento pode ser analisado em três sistemas principais, representados na Figura 48:

- A. Mecanismo de corte;
- B. Manipulador;
- C. Sistema de preparação e limpeza de espiral.

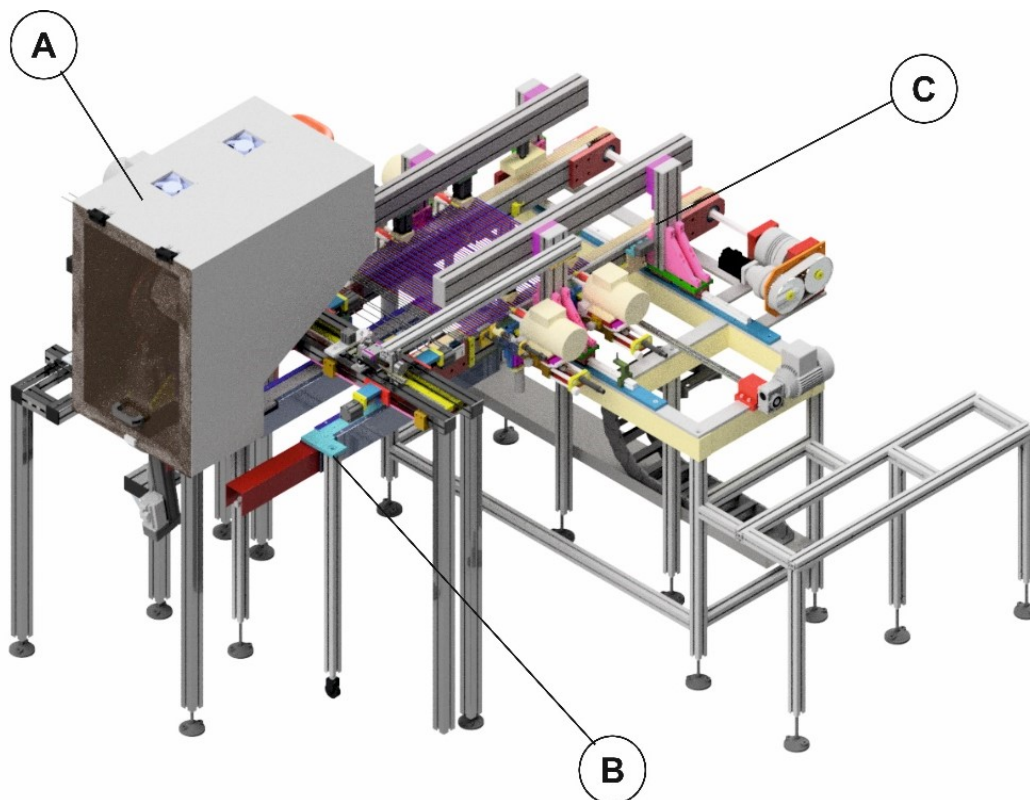


Figura 48 - Disposição dos mecanismos no equipamento

Estes sistemas interagem sistematicamente entre si promovendo o processamento desejado da espiral. Os sistemas são fixos uns aos outros e ao solo por estruturas que garantem o seu posicionamento. Na Figura 47, são ainda representados os componentes que, embora não façam parte do processamento de espiral, são indispensáveis no funcionamento da máquina (Figura 49):

- 1. Contentores de espiral em bobine;
- 2. Painel de comandos;
- 3. Caixas de válvulas;
- 4. Quadro elétrico;
- 5. Sistema de proteção exterior;
- 6. Contentor de saída de espiral cortada.

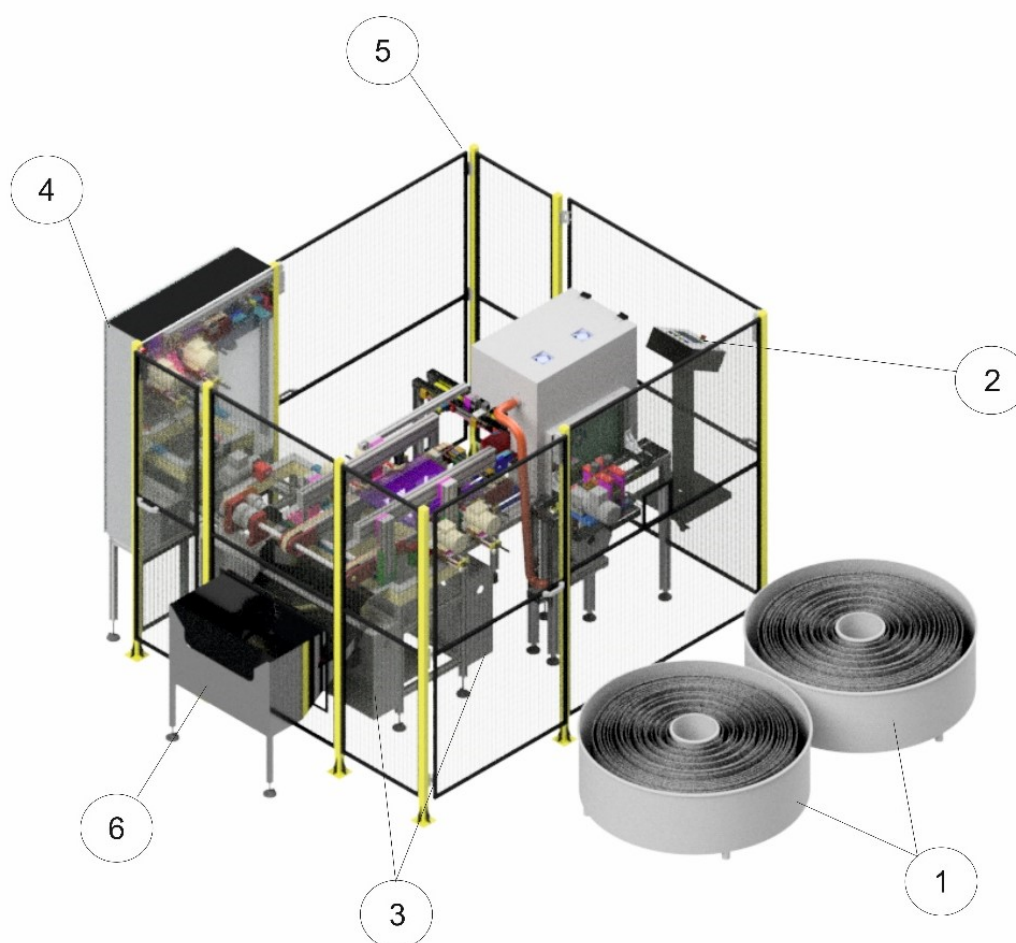


Figura 49 - Disposição dos componentes anexos no equipamento

O equipamento desenvolvido permite movimentar as espirais dos contentores de espiral, onde estas permanecem em bobine. As espirais são retiradas dos contentores e entram no equipamento através do mecanismo de corte, onde serão posicionadas e cortadas com o comprimento desejado. O equipamento permite cortar espirais entre os 200mm e os 600mm. O manipulador realiza o transporte das espirais até ao sistema de preparação e limpeza. O manipulador permite também o transporte de espirais com vários comprimentos. No sistema de preparação e limpeza de espiral é realizado o processamento necessário para dar às espirais o acabamento necessário. O processo de preparação e limpeza é realizado ao longo de vários postos. Quando termina este procedimento, as espirais caem para um contentor de saída, onde o operador poderá retirar as espirais prontas.

O controlo da máquina é feito através do painel de comandos que interage com os componentes das caixas de válvulas e do quadro elétrico, permitindo conduzir os sistemas automáticos do equipamento.

O sistema de proteção exterior é um componente de segurança que envolve todo o equipamento e impede a aproximação de pessoas aos componentes mais perigosos da máquina.

Para facilitar a análise do projeto desenvolvido, foram atribuídas diferentes cores aos componentes utilizados de forma a promover a distinção entre eles. Foi ainda atribuída uma referência às peças desenvolvidas de maneira a possibilitar uma organização mais simples do projeto. Aos componentes a adquirir e de catálogo não foi atribuída nenhuma referência pois estes já contem a referência do fornecedor.

3.4.2 Mecanismo de corte

O mecanismo de corte é o componente responsável pelas operações de movimentação e corte duplo das espirais de aço. Este mecanismo, representado na Figura 50, foi dividido em 8 sistemas que fazem o movimento da espiral desde os contentores de espiral em bobine até ao manipulador, onde será feito o transporte para o posto seguinte. O funcionamento e constituição dos sistemas que compõe este mecanismo são descritos mais pormenorizadamente nos capítulos seguintes.

1. Mecanismo de arrasto;
2. Sistema de puxe;
3. Máquina de corte;
4. Calcador de corte;
5. Sistema antirretorno;
6. Réguas de corte;
7. Sistema de apoio à extração;
8. Sistema de deteção de espiral.

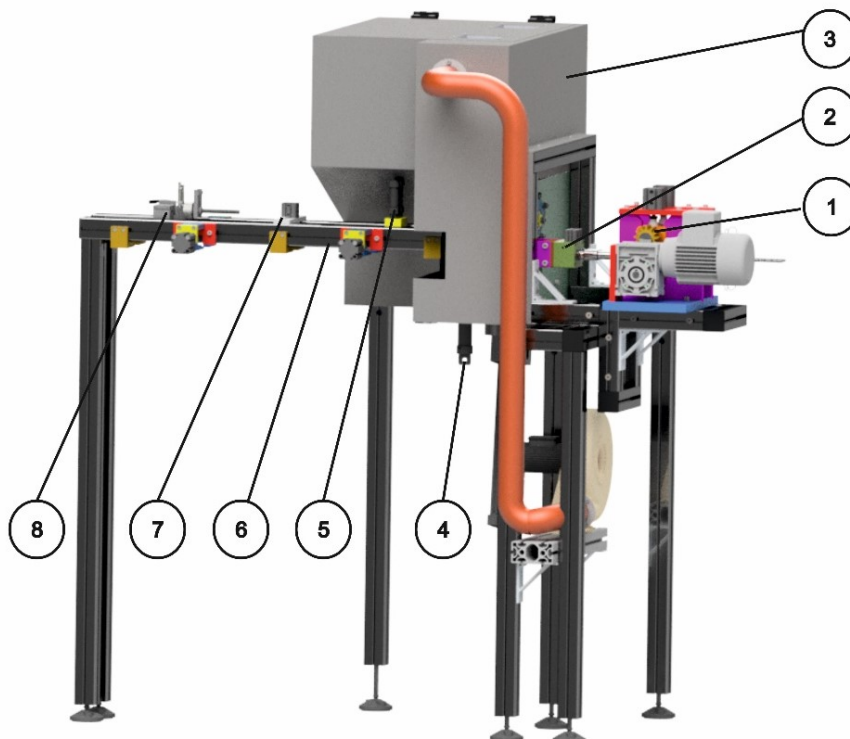


Figura 50 - Perspetiva geral do mecanismo de corte

3.4.2.1 Mecanismo de arrasto

O mecanismo de arrasto (Figura 51) é responsável por fazer com que a espiral entre na máquina. Este possibilita o deslocamento da espiral em bobine desde os contentores até à posição adequada para efetuar o corte com a medida pretendida.

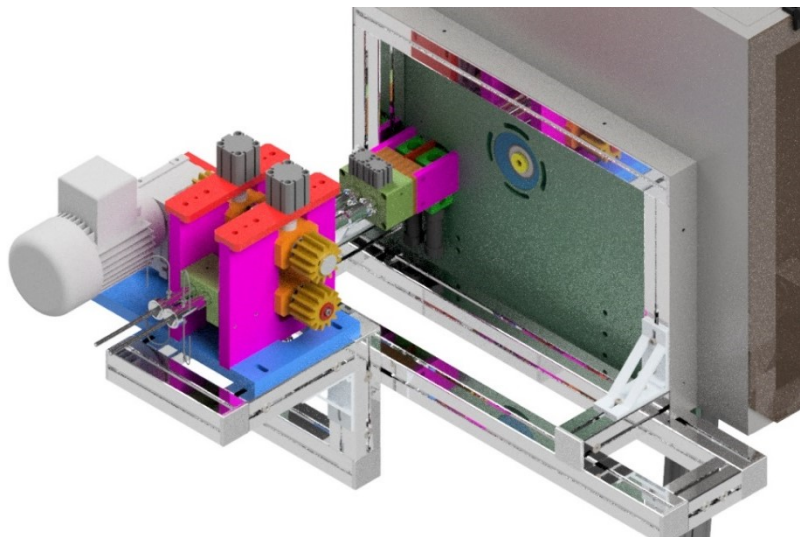


















Figura 51 - Perspetiva geral do mecanismo de arrasto







De forma a organizar todos os componentes que fazem parte deste mecanismo foi organizada a Tabela 4, na qual é descrita a referência de cada componente, a quantidade de componentes necessários e qual o seu material constituinte.

Tabela 4 - Lista de materiais do mecanismo de arrasto

Nº	Componente	Referência	Quant.	Mat.	Figura
1	Chapa vertical	MCDEL_1_1_10	2	C45E	
2	Chapa base do sistema	MCDEL_1_1_05	1	C45E	
3	Chapa de fixação do motor	MCDEL_1_1_21	1	C45E	

4	Moto-reductor	CHM 040 15 6314	1	-	
5	Roda dentada	MCDEL_1_1_15	3	C45E	
6	Cilindro pneumático	CD55B32-5M	2	-	
7	Rótula	JA30-10-125	2	-	
8	Casquilho	MCDEL_1_1_07	1	C45E	
9	Peça de guiamento superior	MCDEL_1_1_03	1	C45E	
10	Rolamento	DIN 625 - SKF 6002-2z	8	C45E	
11	Casquilho	MCDEL_1_1_09	1	C45E	
12	Chaveta	Chaveta tipo C 5 x 5 x 14	2	C45E	

13	Chapa fixação cilindros	MCDEL_1_1_12	2	C45E	
14	Peça de guiamento inferior	MCDEL_1_1_02	1	C45E	
15	Casquilho	MCDEL_1_1_08	3	C45E	
16	Casquilho	MCDEL_1_1_23	2	C45E	
17	Casquilho	MCDEL_1_1_06	3	C45E	
18	Roda Dentada	MCDEL_1_1_16	1	C45E	
19	Fixação dos tubos	MCDEL_1_1_01	2	C45E	
20	Anilha	MCDEL_1_1_04	3	C45E	
21	Veio inferior	MCDEL_1_1_22	1	C45E	
22	Tubo entrada de espiral	MCDEL_1_1_19	2	C265	

23	Sensor entrada de espiral	SOOC-TB-M4-1-R25	4	-	
24	Afinador vertical	MCDEL_1_1_11	2	C45E	
25	Veio superior	MCDEL_1_1_20	2	C45E	
26	Chaveta	Chaveta tipo C 8 x 7 x 28	1	C45E	
27	Rolete	MCDEL_1_1_17	2	C265	
28	Chaveta	Chaveta tipo C 8 x 7 x 28	1	C45E	

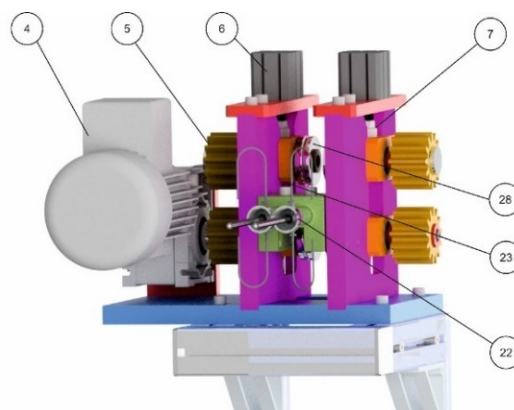


Figura 52 - Mecanismo de arrasto visto de frente

O mecanismo de arrasto funciona com dois sistemas sobrepostos e semelhantes que, quando esmagados um contra o outro, são capazes de transmitir movimento entre si e transmitir esse movimento às espirais. Este é o movimento que permite a sua entrada no equipamento.

Como é possível analisar na Figura 52, as espirais entram no sistema em dois tubos de entrada de espiral (22), equipados com sensores (23) que sinalizam a sua entrada. O arrasto da espiral é feito por roletes (28) que, ao esmagarem a espiral entre si e ao entrarem em rotação, promovem o seu avanço. O sistema é acionado por um motor-reductor (4) através de um veio, e a transmissão do movimento entre os roletes inferiores e superiores é garantida por rodas dentadas (5).

Os cilindros pneumáticos (6) representados na Figura 52 e Figura 53, são de duplo efeito e, quando acionados garantem o esmagamento da espiral entre os pares de roletes e a engrenagem das rodas dentadas. De forma a evitar eventuais desalinhamentos entre os cilindros e as peças de guiamento (9 e 14), foram inseridas rótulas (31). Foi ainda colocado um sistema de afinação (24), com dois veios de fuso que, ligados às peças de fixação dos roletes (8), que permite o ajuste da altura de entrada da espiral no equipamento.

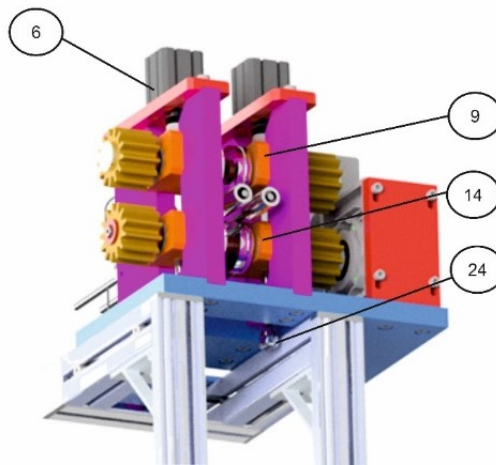


Figura 53 - Mecanismo de arrasto visto de trás

3.4.2.2 Sistema de puxe

A realização de um corte limpo está relacionada com o tempo em que a espiral fica em contacto com o disco. Após várias horas de trabalho, o disco apresenta temperaturas muito elevadas e por isso o contacto entre o disco e a espiral deve acontecer no menor tempo possível. Quanto maior for o contacto com o disco durante o corte, maior será a probabilidade de a espiral apresentar defeitos de corte. Desta forma, deve existir um mecanismo que promova o afastamento dos dois componentes.

O sistema de puxe (Figura 54) é o mecanismo que garante que, no momento do corte, o contacto entre o disco e a espiral seja reduzido. O mecanismo é composto por um sistema de molas que permite criar uma ligeira tensão axial na espiral de modo que se vá criando um ligeiro afastamento entre a espiral e o disco durante o corte.

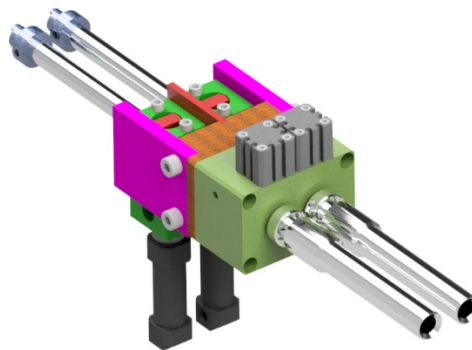
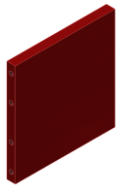

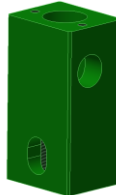

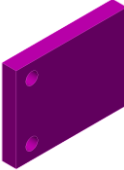
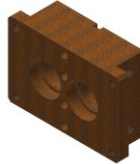
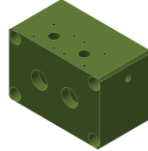


Figura 54 . Perspetiva geral do sistema de puxe

Os componentes que constituem este sistema estão organizados na Tabela 5.

Tabela 5 - Lista de materiais do sistema de puxe

Nº	Componente	Referência	Quant.	Mat.	Figura
1	Peça de aperto do tubo	MCDEL_1_2_08	2	C45E	
2	Mola	Mola de compressão	2	Aço de Mola	
3	Casquilho	Casquilho tipo B 15x20x25	2	Bronze	
4	Cilindro pneumático -acionamento das molas	CDQSB16-5D	2	-	
5	Acionador	MCDEL_1_2_11	2	C45E	

6	Chapa de separação	MCDEL_1_2_10	1	C45E	
7	Cilindro pneumático de travamento	A_CD85N20-15-B	2	-	
8	Fixação do cilindro	MCDEL_1_2_09	2	C265	
9	Peça de travamento de espiral	MCDEL_1_2_03	2	C45E	
10	Chapa de fixação do sistema	MCDEL_1_2_01	2	C45E	
11	Bloco principal	MCDEL_1_2_02	1	C45E	
12	Fixação dos cilindros	MCDEL_1_2_04	1	C45E	

13	Tubo de entrada de espiral	MCDEL_1_2_07	2	C265	
14	Acionador da mola	MCDEL_1_2_12	2	C45E	
15	Tubo de saída de espiral	MCDEL_1_2_05	2	C265	
16	Ponteira de saída de espiral	MCDEL_1_2_14	2	C45E	
17	Ligação ao sistema de arrasto	MCDEL_1_2_06	2	C265	

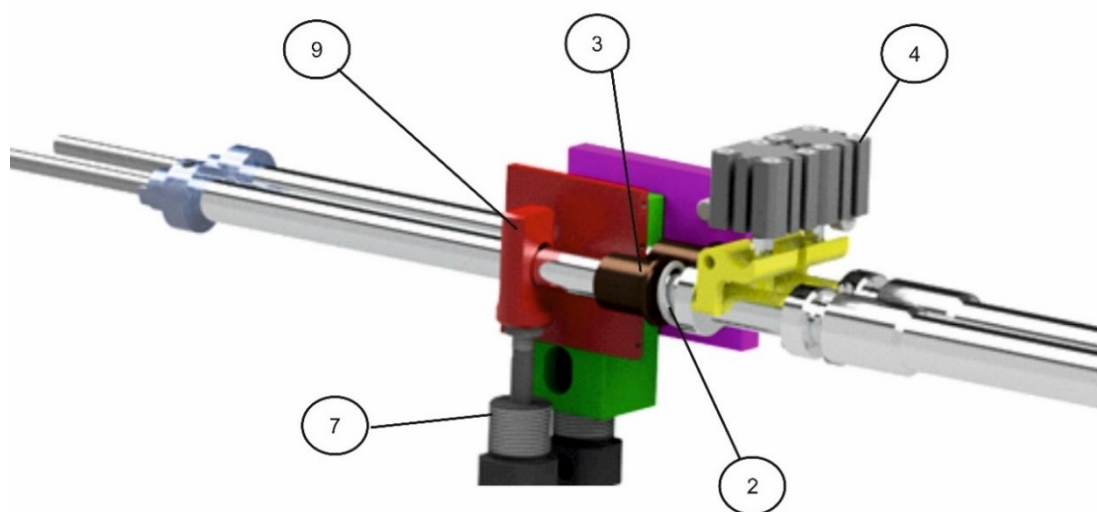


Figura 55 - Disposição dos componentes do sistema de puxe

Este sistema é equipado com dois pares de cilindros pneumáticos (4 e 7). Quando acionados, os cilindros pneumáticos permitem a passagem das espirais. Quando as espirais atingem o comprimento desejado, os cilindros pneumáticos de travamento (7) recuam, travando-as através da peça de travamento (9). Nesta altura os cilindros pneumáticos (4) recuam, colocando as molas (2) em esforço. Durante o processo de corte, os cilindros pneumáticos de travamento (7) voltam a acionar para desprender as espirais. Assim, os casquilhos (3) são obrigados a recuar por força das molas, obrigando também as espirais a recuar. O ciclo repete-se para cada par de espirais que entra no sistema.

3.4.2.3 Máquina de corte

A máquina de corte, representada na Figura 56, é o principal sistema do equipamento, já que é responsável pelo corte das espirais. O sistema é acionado por um servomotor responsável pelo avanço do disco e por um motor elétrico responsável pela rotação do mesmo.

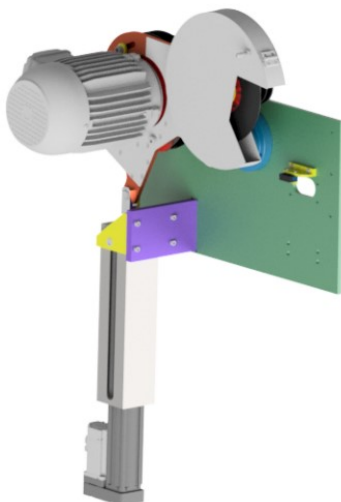







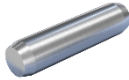
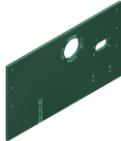
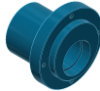


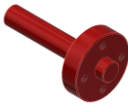






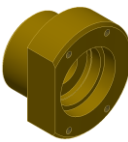
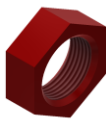
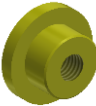
Figura 56 - Perspetiva geral da máquina de corte


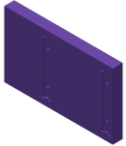



A Tabela 6 apresenta os componentes constituintes da máquina de corte.

Tabela 6 - Lista de materiais da máquina de corte

Nº	Componente	Referência	Quant.	Mat.	Imagem
1	Disco	-	1	-	
2	Anilha	07320-10	1	C45E	

3	Sensor	SOEL-RSP-Q20-PP-S-2L-TI	1	-	
4	Rolamento	DIN 625 - SKF 6304ZZ	2	-	
5	Motor	Motor W21	1	-	
6	Polia	A7-2spa 71-1108	1	-	
7	Polia	A7-2spa224-2517	1	-	
8	Atuador	LEY32LNTA-350M	1	-	
9	Pino	ISO 8734 10x22	1	-	
10	Chapa de fixação	MCDEL_1_3_01	1	C45E	
11	Peça de fixação	MCDEL_1_3_02	1	C45E	

12	Peça de fixação	MCDEL_1_3_03	1	C45E	
13	Casquilho	MCDEL_1_3_04	1	C45E	
14	Chapa de corte	MCDEL_1_3_05	1	AISI 304	
15	Chapa de corte	MCDEL_1_3_06	1	C45E	
16	Fixação do motor	MCDEL_1_3_07	1	C45E	
17	Veio de acionamento do disco	MCDEL_1_3_08	1	FR3	
18	Peça de aperto do disco	MCDEL_1_3_10	1	C45E	
19	Peça de fixação do disco	MCDEL_1_3_11	1	C45E	
20	Porca de aperto do disco	MCDEL_1_3_12	1	C45E	
21	Casquilho	MCDEL_1_3_13	1	C265	

22	Anilha	MCDEL_1_3_14	1	C45E	
23	Casquilho	MCDEL_1_3_15	1	C45E	
24	Anilha	MCDEL_1_3_16	1	C45E	
25	Aperto do sensor	MCDEL_1_3_17	1	Alumínio	
26	Fixação do atuador	MCDEL_1_3_18	1	C45E	
27	Fixação sistema de acionamento	MCDEL_1_3_19	1	C45E	
28	Rotação atuador	MCDEL_1_3_20	2	C45E	
29	Ligação atuador ao sistema	MCDEL_1_3_21	1	C45E	
30	Fixação do sensor	MCDEL_1_3_22	1	Alumínio	
31	Servo motor	R88M G40030H S2	1	-	

32	Correia	Correia V SPA1060	2	-	
33	Anel elástico p/ eixo	DIN 471 16x1	1	Aço de Mola	
34	Proteção do atuador	MCDEL_1_3_23	1	AISI 304	
35	Proteção fixa do disco de corte	MCDEL_1_3_24	1	AISI 304	
36	Proteção móvel do disco de corte	MCDEL_1_3_25	1	AISI 304	
37	Dobradiça	CFM.30 SH-4-2	1	Poliamida	
38	Fecho proteção	PKWS2-HOOK	1	AISI 304	
39	Casquilho	Casquilho tipo B 10x14x10	2	-	

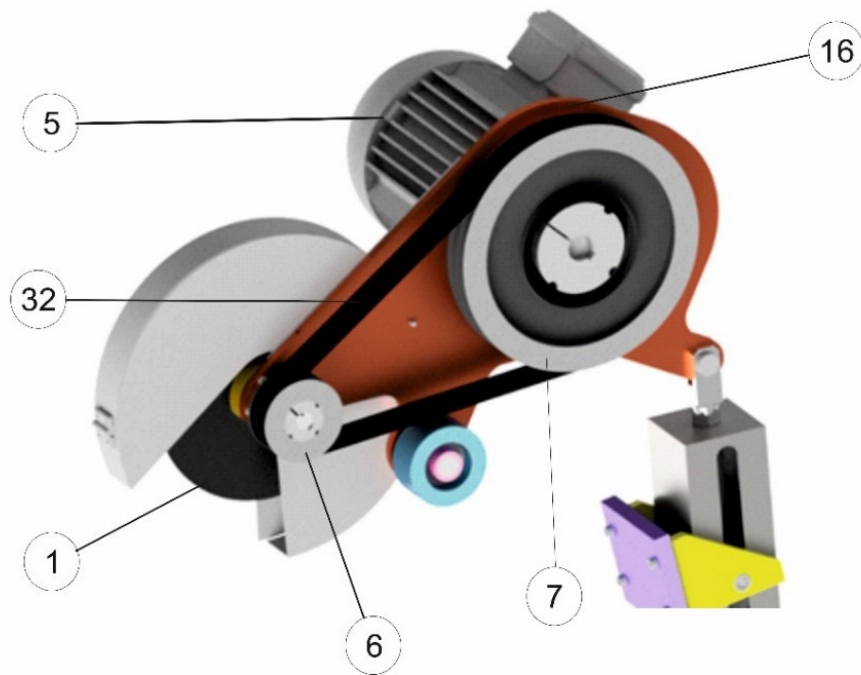


Figura 57 - Transmissão do movimento do disco

O corte das espirais é realizado por um disco de abrasivo (1) em rotação. A rotação do disco é gerada por um motor elétrico (5) montado no sistema. A transmissão do movimento é assegurada por um sistema de correias (32) e polias (6 e 7) como demonstrado na Figura 57. Um rasgo feito na chapa de fixação do motor (16) permite a afinação e esticamento da correia.

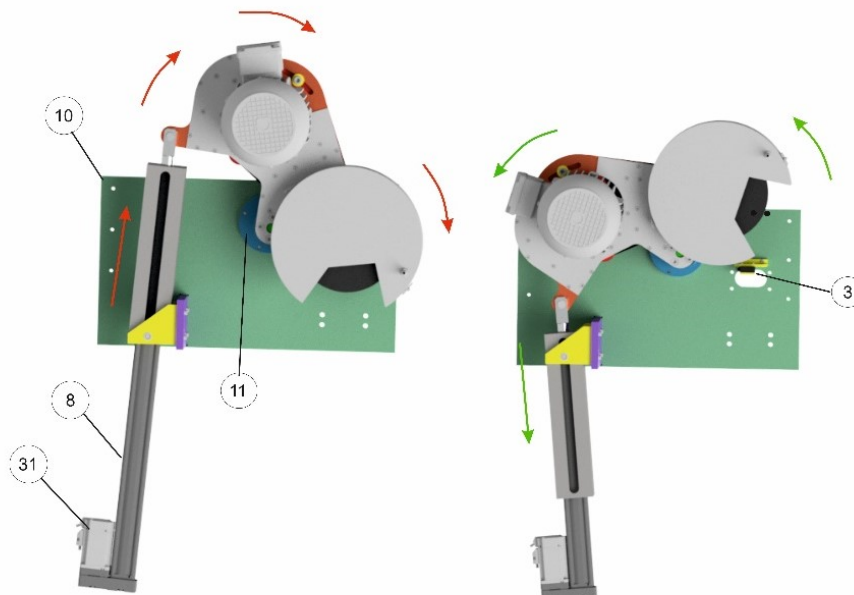


Figura 58 - Avanço da máquina de corte: a) posição de avanço b) posição de recuo

O avanço do sistema de corte é realizado em torno de um ponto fixo à chapa de fixação do mecanismo (10) pela peça de fixação (11). Um servo motor (31) garante o movimento de um atuador (8) que realiza o movimento do sistema da forma representada na Figura 58. No sistema é instalado um sensor de fibra ótica (3), à semelhança do equipamento existente, que permite controlar o avanço do disco em função do seu nível de desgaste.

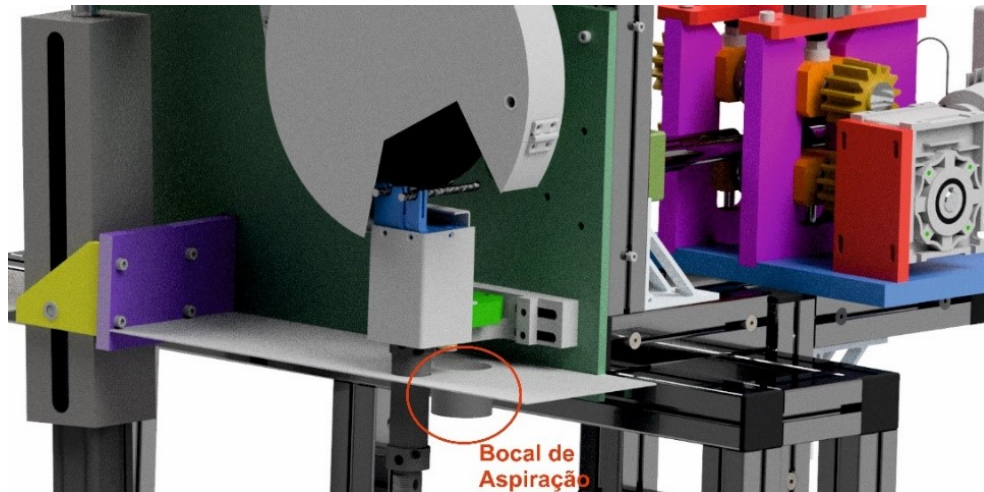


Figura 59 - Detalhe da posição de corte e bocal de aspiração

O corte com disco abrasivo origina, como referido anteriormente, uma quantidade significativa de detritos provenientes do desgaste do disco. A rotação do disco provoca assim a projeção desses detritos, o que provocaria rapidamente a acumulação de lixo na zona envolvente. Neste sentido foi instalada uma proteção do disco de corte que para além de proteger o disco e os componentes envolventes, permite direcionar todos os detritos apenas numa direção. Desta forma é possível a abertura de um bocal, na zona mais próxima ao corte, para montagem de um tubo de aspiração que irá permitir a sucção de todos os detritos. A Figura 59 permite analisar a proteção do disco no momento do corte.

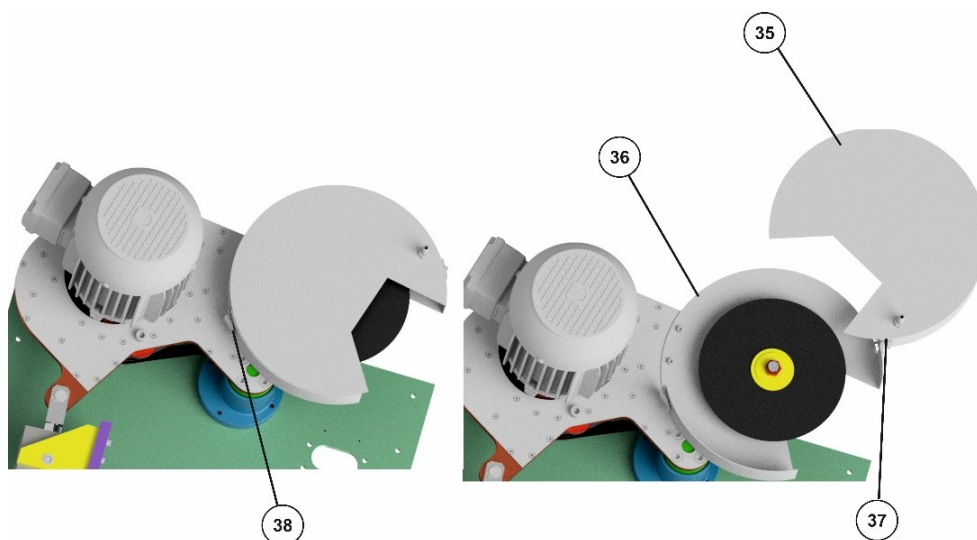


Figura 60 - a) proteção fechada b) proteção fechada

A proteção do disco de corte é constituída por dois componentes que envolvem o disco: a chapa de proteção fixa (36) e a chapa de proteção móvel (35). Estes são unidos por uma dobradiça (37) que permite a sua abertura para possibilitar a mudança do disco e realizar eventuais ações de manutenção. Para que a chapa de proteção móvel não se abra durante o ciclo de trabalho do equipamento foi também instalado um fecho (38).

3.4.2.3.1 *Arrefecimento do disco de corte*

A necessidade de arrefecer o disco de corte é, como referido anteriormente, de primordial importância no conceito de corte duplo a desenvolver. Neste sentido, foi colocado um sistema de injeção de ar atmosférico diretamente no disco. O sistema utilizado para o efeito está representado na Figura 61.

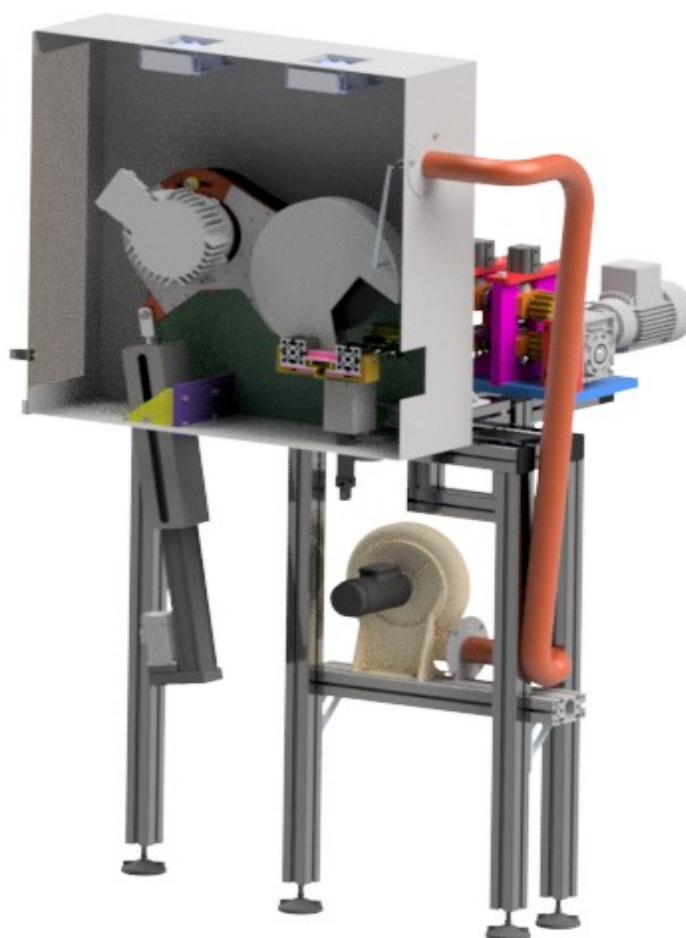







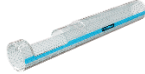



Figura 61 - Sistema de arrefecimento do disco de corte

O mecanismo utilizado para arrefecimento do disco é constituído pelos componentes descritos na Tabela 7.

Tabela 7 - Lista de materiais do sistema de arrefecimento

Nº	Componente	Referência	Quant.	Mat.	Imagem
1	Ventilador centrífugo	Sodeca CMA-324-2T	1	-	
2	Tubo flexível ligação ventilador	helispring 303 027 50	1	PVC	
3	Encaixe de tubo para ventilador	MCDEL_1_7_02	1	C45E	
4	Encaixe de tubo para campânula de corte	MCDEL_1_7_03	2	C45E	
5	Redutor	MCDEL_1_7_01	1	C45E	
6	Abraçadeira	2AASI050	2	AISI 304	
7	Peça de encaixe tubo flexível pequeno	HOSJE82	1	Latão	
8	Tubo flexível para proteção de corte	Helivil ar cristal premium 350 216	1	-	
9	Peça de encaixe na proteção	HOSN629	1	Latão	



10	Tubo de cobre furado	MCDEL_1_7_04	1	Cobre	
11	Vedante	OR.1P3708	3	Borracha	



Figura 62 - Abertura da proteção do disco com tubos de cobre

O arrefecimento do disco de corte é realizado por um ventilador centrífugo que realiza a injeção de ar num tubo flexível. Este está acoplado à campânula de corte, onde é também acoplado outro tubo flexível que é por sua vez acoplado à proteção do disco de corte. A flexibilidade deste tubo permite o movimento do sistema de corte sem comprometer a passagem de ar. Os tubos de cobre (10) são fixos à chapa de proteção móvel do disco através de ligação soldada. Desta forma, e como é possível observar na Figura 62, os tubos de cobre não irão impedir a mudança do disco.

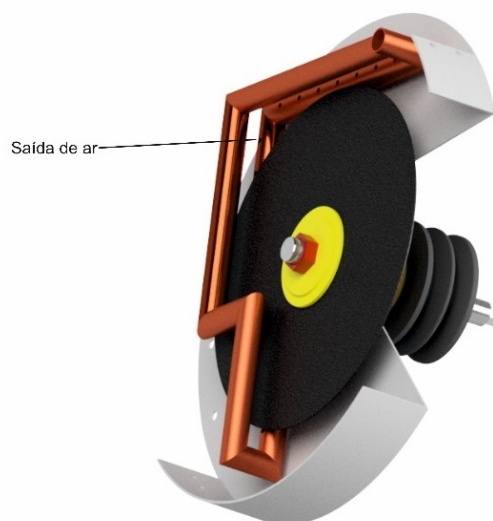


Figura 63 - Mecanismo de projeção de ar no disco

Os tubos de cobre (10) são responsáveis pela projeção de ar atmosférico no disco. Ao longo da secção dos tubos existem pequenos furos que permitem a saída do ar na direção do disco, como mostra a Figura 63. Esse ar é projetado à temperatura ambiente e de forma constante, o que permitirá a redução da temperatura do disco. A rotação do disco garante um arrefecimento uniforme por toda a sua área.

3.4.2.3.2 *Campânula de proteção da máquina de corte*

A máquina de corte é um mecanismo que envolve risco para o operador da máquina, sendo por isso necessário proteger a área envolvente. Assim, foi instalada uma caixa de proteção a que se deu o nome de campânula de proteção da máquina de corte e que se encontra representada na Figura 64.









Figura 64 - Campânula de proteção da máquina de corte

Os componentes que constituem a campânula de proteção da máquina de corte são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Lista de materiais da proteção da máquina de corte

Nº	Componente	Referência	Quant.	Mat.	Imagem
1	Caixa de proteção	MCDEL_1_0_01	1	C45E	
2	Chapa inferior	MCDEL_1_0_04	1	C45E	
3	Porta	MCDEL_1_0_05	1	Policarbonato	
4	Chapa superior	MCDEL_1_0_02	1	C45E	
5	Fixação do acionador	MCDEL_1_0_06	1	C45E	
6	Puxador	MayTec_1_61_24110_Handles_PA	1	Poliamida	
7	Dobradiça	GN 237-ZD-60-60-A-SW	2	Zinco	

8	Acionador do trinco de segurança	D4DS_K2	1	Alumínio	
9	Trinco de Segurança	D4GL_4AFA_A	1	-	
10	Perfil de apoio	Perfil Maytec 50x50x924	1	Alumínio	
11	Pé nivelador	LV_F-80-14-AS-M12x98_P1	1	-	
12	Ventoinha	GTW012FU604	2	-	
13	Fixação da ventoinha	MCDEL_1_0_03	2	C45E	

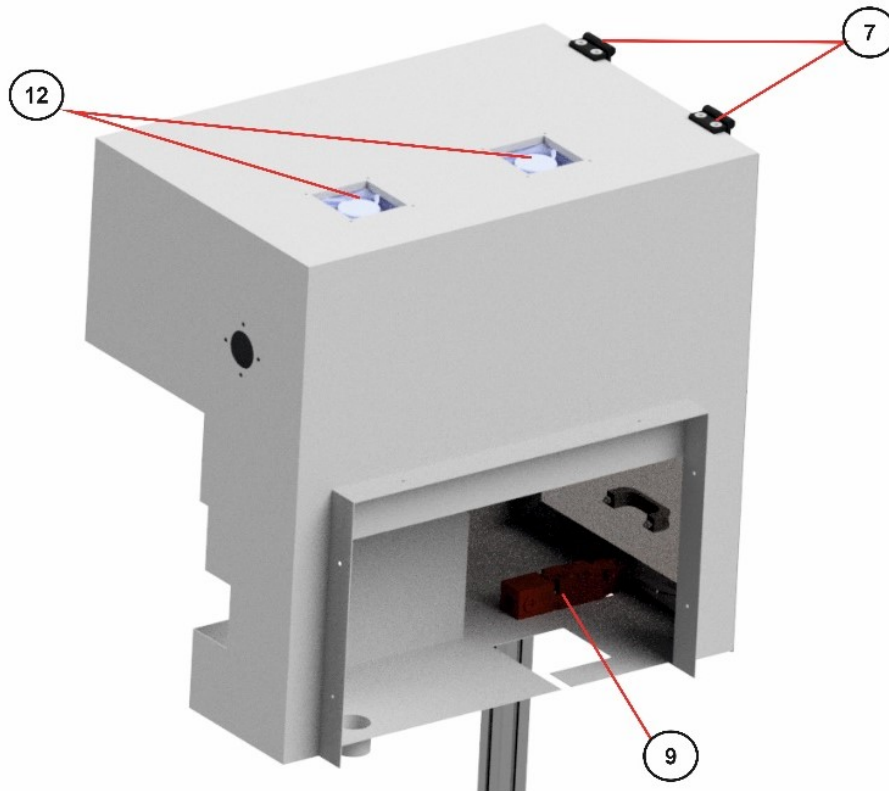


Figura 65 - Descrição do sistema de proteção da máquina de corte

A campânula de proteção da máquina de corte, representada na Figura 65, é constituída por uma caixa de proteção fixa na estrutura do mecanismo de corte e construída em ligação soldada. As chapas inferior e superior permitem que o sistema seja fechado após inclusão dos componentes necessários ao funcionamento do equipamento. O acesso ao seu interior é possibilitado pela abertura de uma porta de acesso, fixa com dobradiças (7), que permite a realização de ações de manutenção ou a mudança do disco de corte. A porta é construída em policarbonato por ser um material transparente, permitindo assim a análise do comportamento do sistema em funcionamento. A proteção da máquina de corte é ainda equipada com um trinco de segurança (9) que garante o funcionamento do equipamento apenas enquanto a porta estiver fechada.

No interior deste sistema serão atingidas temperaturas elevadas, devido à ação do disco de corte. As altas temperaturas são, como referido anteriormente, prejudiciais ao bom funcionamento do mecanismo. Neste sentido, foram instaladas 2 ventoinhas (12) na chapa superior da proteção, que permitem a exaustão do ar quente para o exterior do sistema. Assim é favorecida a ventilação no mecanismo de corte e conseqüentemente promovida a qualidade final do corte.

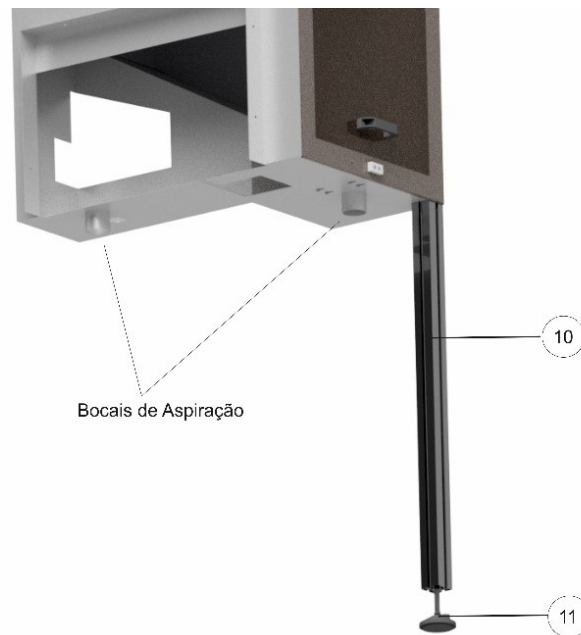


Figura 66 - Posição dos bocais de aspiração e perfil de apoio

A chapa inferior da proteção contém os bocais para aspiração dos detritos provenientes do corte, como representado na Figura 66. O sistema é apoiado sobre um perfil (10) de alumínio com pé nivelador (11) que, juntamente com a estrutura do mecanismo de corte à qual está fixo, lhe serve de suporte.

3.4.2.4 *Calcador de corte*

O calcador de corte (Figura 67) é o sistema que serve de apoio às espirais no instante em que serão sujeitas ao corte.

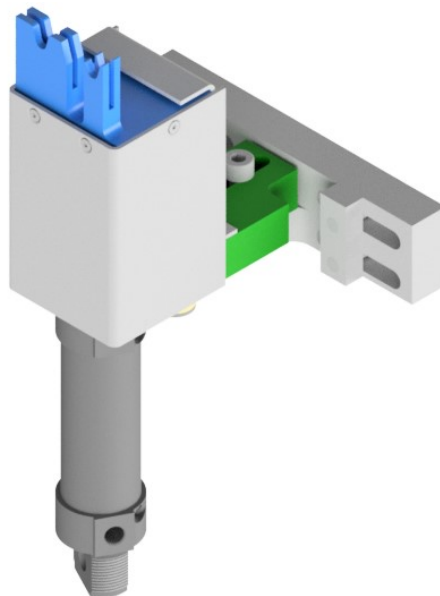


Figura 67 - Calcador de corte

A lista de componentes que fazem parte deste sistema é apresentada na Tabela 9.

Tabela 9 - Lista de materiais do calcador de corte

Nº	Componente	Referência	Quantidade	Material	Imagem
1	Chapa de fixação	MCDEL_1_4_04	1	C45E	
2	Peça roscada para fixação	MCDEL_1_4_05	2	C45E	
3	Chapa de afinação	MCDEL_1_4_03	1	C45E	
4	Chapa de proteção	MCDEL_1_4_09	1	C45E	
5	Calcador	MCDEL_1_4_01	1	C45E	
6	Chapa de proteção	MCDEL_1_4_08	1	C45E	

7	Cilindro pneumático	DSNU-32-50-PPV-A	1	-	
8	Veio	MCDEL_1_4_02	2	C45E	
9	Batente	MCDEL_1_4_07	2	Nylon	
10	Anilha	MCDEL_1_4_06	2	C45E	

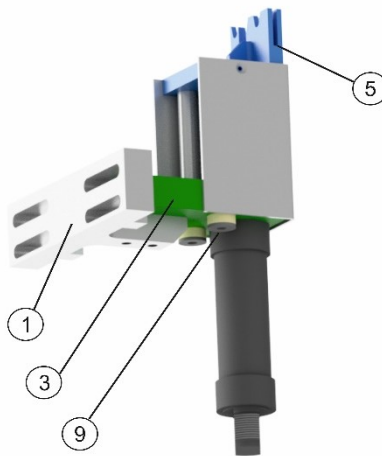


Figura 68 - Sistema de afinação e fixação do calcador de corte

O calcador de corte é fixo à chapa de fixação do mecanismo de corte através da sua chapa de fixação (1). O sistema permite afinação na horizontal para garantir o seu correto posicionamento em relação à zona de corte das espirais. A afinação é garantida por rasgos feitos na chapa de fixação e na chapa de afinação (3). O sistema contém um batente (9) que permitem limitar a subida do calcador (5) até uma posição máxima.

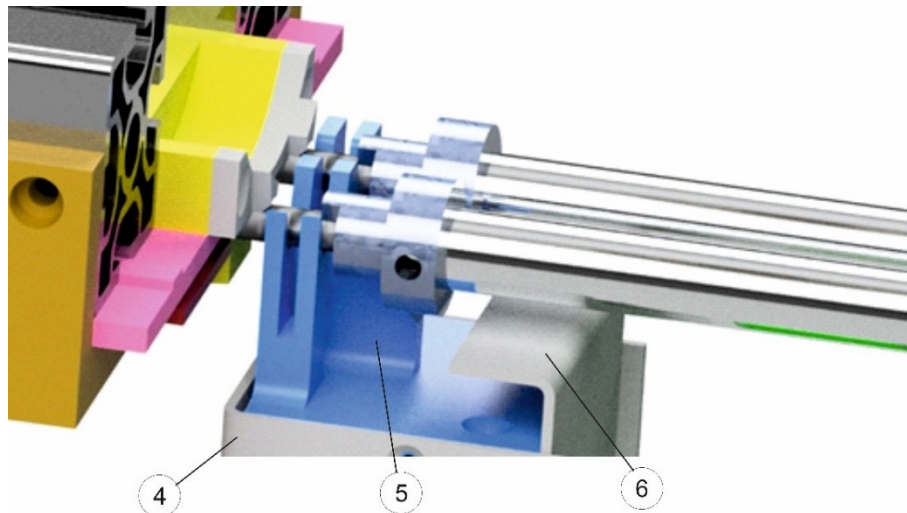


Figura 69 - Funcionamento do calcador de corte

O calcador de corte, acionado por um cilindro pneumático (7), é elevado para o nível da espiral no momento do corte, como demonstrado na Figura 69 e recuado posteriormente. O calcador (5) permite apoiar as espirais, o que impede a sua flexão quando forçadas pelo disco.

O sistema é protegido por chapas de proteção (4 e 6) já que, devido à sua posição abaixo da zona de corte, este está sujeito à deposição de detritos provenientes do corte. Desta forma, o sistema deverá estar bem protegido para que os seus componentes não sejam danificados ao longo do tempo.

3.4.2.5 Réguas de corte

As réguas de corte, representadas na Figura 70 são o sistema que serve de apoio às espirais na altura do corte e que realiza a sua expulsão do mecanismo de corte. Este componente é suportado por dois perfis de alumínio, nos quais são montadas as peças constituintes do sistema, discriminadas na Tabela 10.

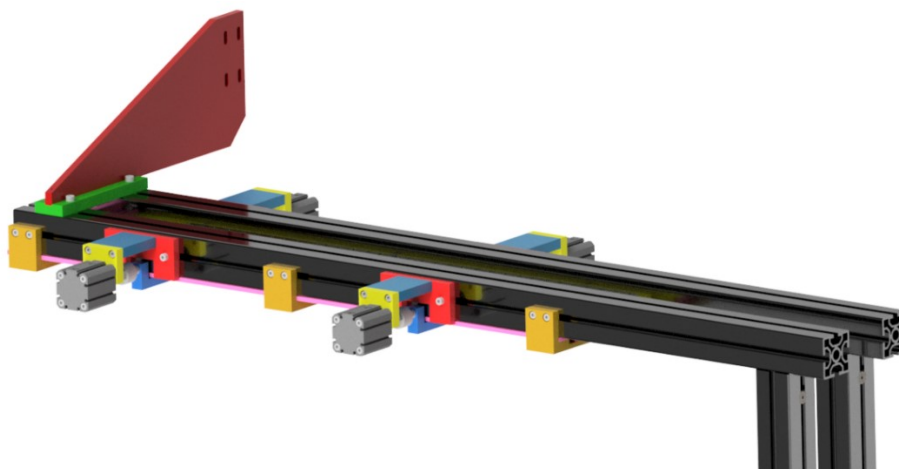







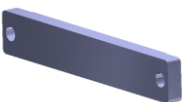
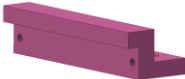


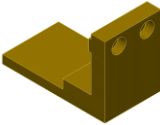

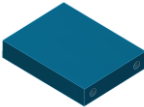


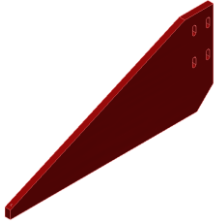






Figura 70 - Réguas de corte

Tabela 10 - Lista de materiais das réguas de corte

Nº	Componente	Referência	Quantidade	Material	Imagem
1	Gaveta	MCDEL_1_5_01	1	C45E	
2	Gaveta	MCDEL_1_5_01_SIM	1	C45E	
3	Perfil	Perfil Maytec 50x50x864	2	-	
4	Chapa de fixação	MCDEL_1_5_02	1	C45E	
5	Chapa de fixação	MCDEL_1_5_02_SIM	1	C45E	
6	Peça de fixação	MCDEL_1_5_03	1	C45E	
7	Peça de orientação de espiral	MCDEL_1_5_12	1	C45E	
8	Refletor	537787 SOEZ-RFL-10	1	-	

9	Fixação do refletor	MCDEL_1_5_09	1	C45E	
10	Guia	MGNR9R650CM	1	C45E	
11	Garra para gavetas	MCDEL_1_5_07	4	C45E	
12	Batente das Gavetas	MCDEL_1_5_08	4	C45E	
13	Chapa de fixação do cilindro	MCDEL_1_5_04	4	C45E	
14	Chapa de afastamento do cilindro	MCDEL_1_5_05	4	C45E	
15	Peça de fixação do cilindro	MCDEL_1_5_06	4	C45E	
16	Cilindro pneumático	CD55B32-10M	4	-	

17	Peça de fixação ao sistema de preparação e limpeza	MCDEL_1_5_10	1	C45E	
18	Chapa de fixação ao sistema de preparação e limpeza	MCDEL_1_5_11	1	C45E	
19	Rótula	JA30-10-125	4	-	
20	Perfil	Perfil MayTec 50x50x864	2	Alumínio	
21	Tampas para perfil	Tampas Perfil MeyYec 50x50	2	PE	
22	Perfil de apoio	Perfil MayTec 50x50x1085	2	Alumínio	
23	Pé Nivelador	LV_F-80-14-AS-M12x98	2	-	

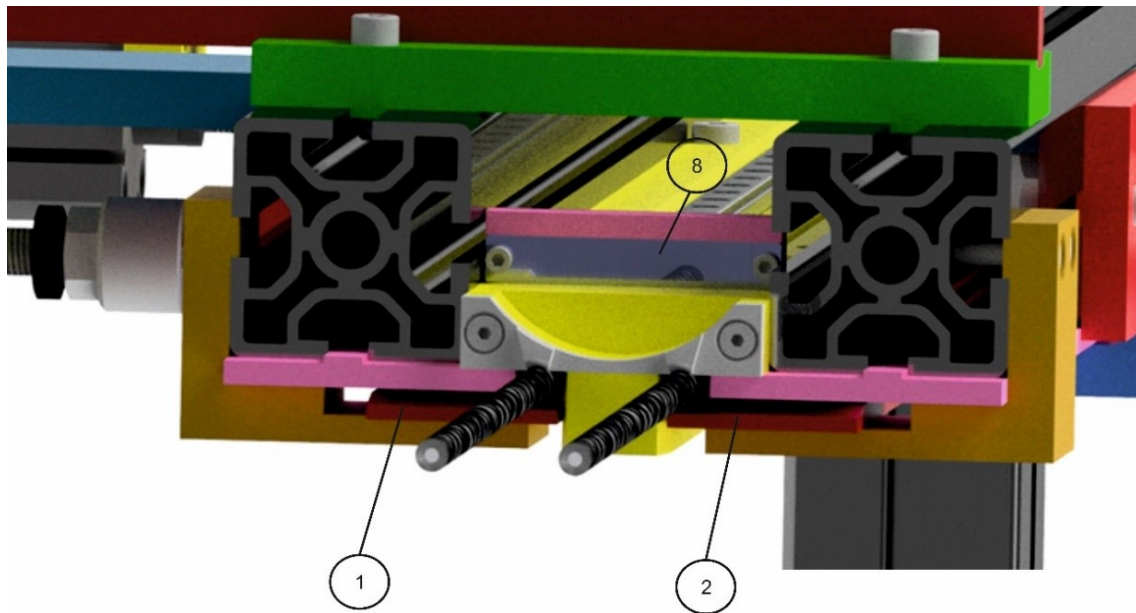


Figura 71 - Entrada das espirais nas réguas de corte

As réguas de corte são o componente onde as espirais ficam apoiadas no momento do corte. As espirais entram no sistema por ação do mecanismo de arrasto antes de serem cortadas. Nas réguas de corte é montado um refletor (8), como pode ser analisado na Figura 71. Este é essencial no acionamento do sensor de desgaste do disco, referido anteriormente.

As réguas de corte são também o componente responsável por fazer passar as espirais do mecanismo de corte para o manipulador. Isso é possível devido a um sistema de gavetas (1 e 2) que, ao abrir, faz cair as espirais por gravidade para o manipulador.

Quando a espiral entra no sistema, fica alojada no interior das gavetas (Figura 72) que estão, até ao momento, fechadas. Quando estas abrem, acionadas por cilindros pneumáticos (16), as espirais são obrigadas a cair para o manipulador que já se encontra posicionado para as receber. Posteriormente, os cilindros voltam a fechar as gavetas, deixando-as preparadas para receber mais um par de espirais. De forma a garantir um correto alinhamento e fixação entre o mecanismo de corte e o sistema de preparação e limpeza de espiral é instalada uma chapa (17) de permite a ligação entre os dois sistemas. Esta é instalada nas réguas de corte, garantindo também o seu apoio. São ainda acoplados às réguas de corte os sistemas antirretorno, o sistema de apoio à extração, o sistema de deteção de espiral e a guia que irá possibilitar o deslocamento desse sistema consoante a afinação do comprimento. O sistema é suportado por dois perfis de alumínio que lhe servem de suporte. Neles são instalados pés niveladores que permitem o ajuste da inclinação do sistema.

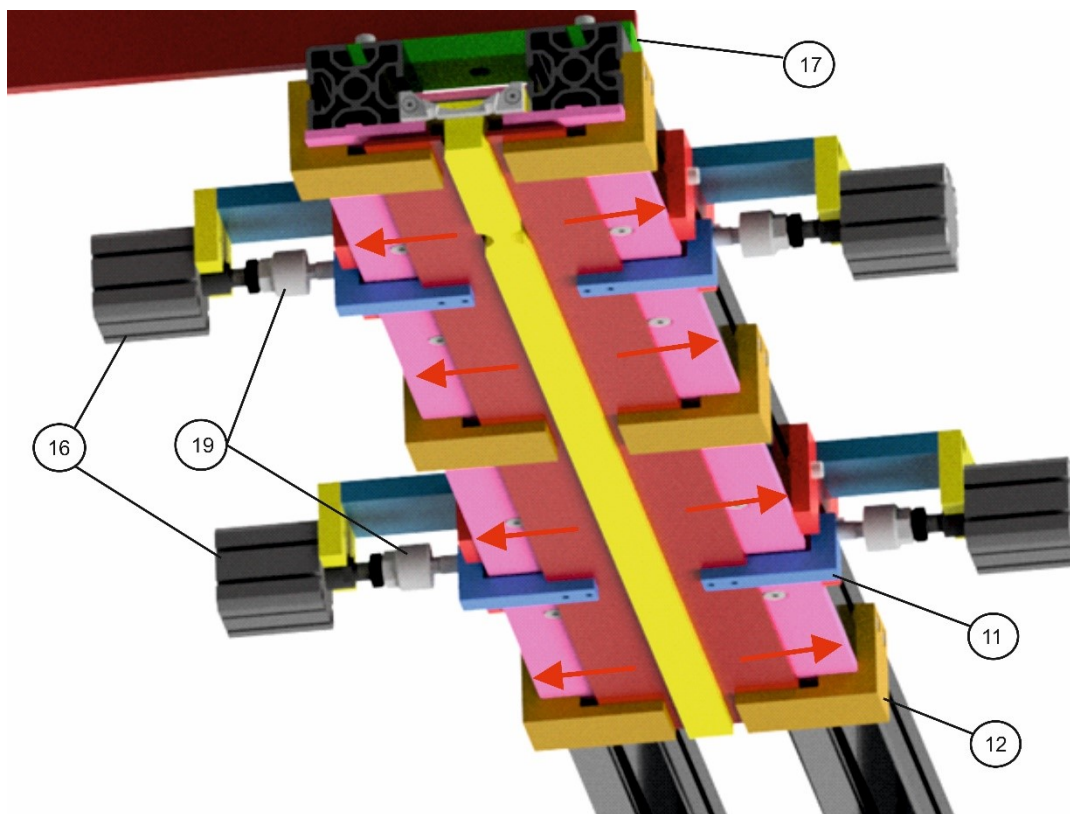


Figura 72 - Funcionamento do sistema de gavetas

3.4.2.6 Sistema antirretorno

O sistema antirretorno (Figura 73) tem como função o travamento da espiral na zona adjacente à zona de corte. Este servirá para impedir que esta volte atrás e que se mova, comprometendo a qualidade do corte. A Tabela 11 apresenta os componentes que constituem este sistema.



Figura 73 - Sistema antirretorno

Tabela 11 - Lista de materiais do sistema antirretorno

Nº	Componente	Referência	Quantidade	Material	Imagem
1	Cilindro pneumático	A_CD85N20-15-B	2	-	
2	Bloco de fixação 1	MCDEL_1_6_03	1	C45E	
3	Bloco de fixação 2	MCDEL_1_6_02	1	C45E	
4	Peça de travamento	MCDEL_1_6_01	2	C45E	

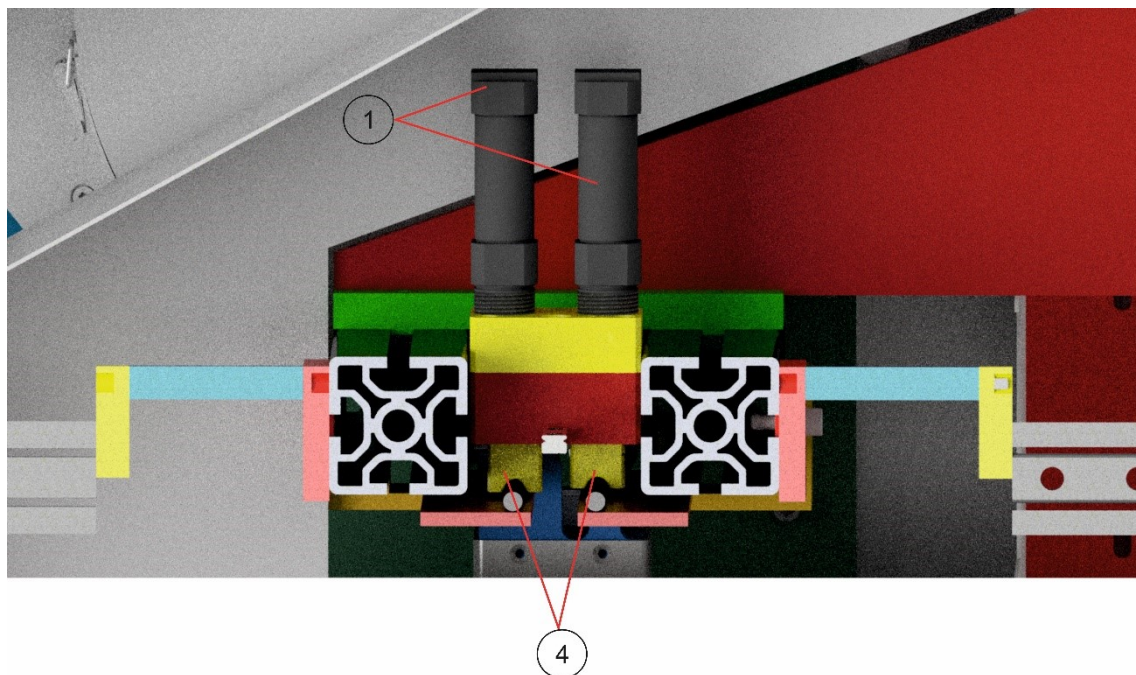


Figura 74 - Acionamento do sistema antirretorno

O encravamento da espiral é realizado pelas peças de travamento (4). O seu avanço é promovido por cilindros pneumáticos (1). A pressão é exercida contra a espiral enquanto ocorre o corte das espirais. O sistema permite impedir a movimentação das espirais enquanto são cortadas.

3.4.2.7 Sistema de detecção de espiral

O sistema de detecção de espiral (Figura 75) é o sistema que sinaliza o fim de curso da espiral. Este é instalado na extremidade das régulas de corte e permite fazer o batimento da espiral e transmitir a informação de que a espiral chegou ao comprimento desejado. Assim que este sinal é transmitido, o mecanismo de arrasto deixa de fazer a alimentação de espiral.

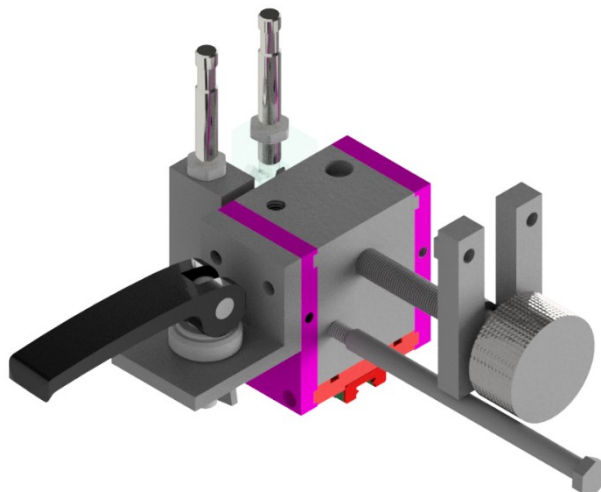


Figura 75 - Sistema de detecção de espiral

A lista de componentes que constitui o sistema é descrita na Tabela 12.

Tabela 12 - Lista de materiais do sistema de detecção de espiral

Nº	Componente	Referência	Quantidade	Material	Imagem
1	Chapa de fixação	MCDEL_1_9_01	1	C45E	
2	Chapa lateral	MCDEL_1_9_02	1	C45E	
3	Chapa lateral	MCDEL_1_9_02_SIM	1	C45E	

4	Bloco principal	MCDEL_1_9_03	1	C45E	
5	Fixação alavanca	MCDEL_1_9_12	1	C45E	
6	Fuso de afinação	MCDEL_1_9_08	1	C45E	
7	Alavanca	gn_31961	1	-	
8	Fixação sensor	MCDEL_1_9_05	1	C 45E	
9	Acionador	MCDEL_1_9_10	2	C45E	
10	Peça fixação perfil	MCDEL_1_9_06	1	C45E	
11	Fixação sensor	MCDEL_1_9_04	1	C 45E	

12	Sensor	SIEA-M8B-PU-S	2	-	
13	Afinador manual	MCDEL_1_9_07	1	C45E	
14	Patim	MGN9HZFC	1	-	

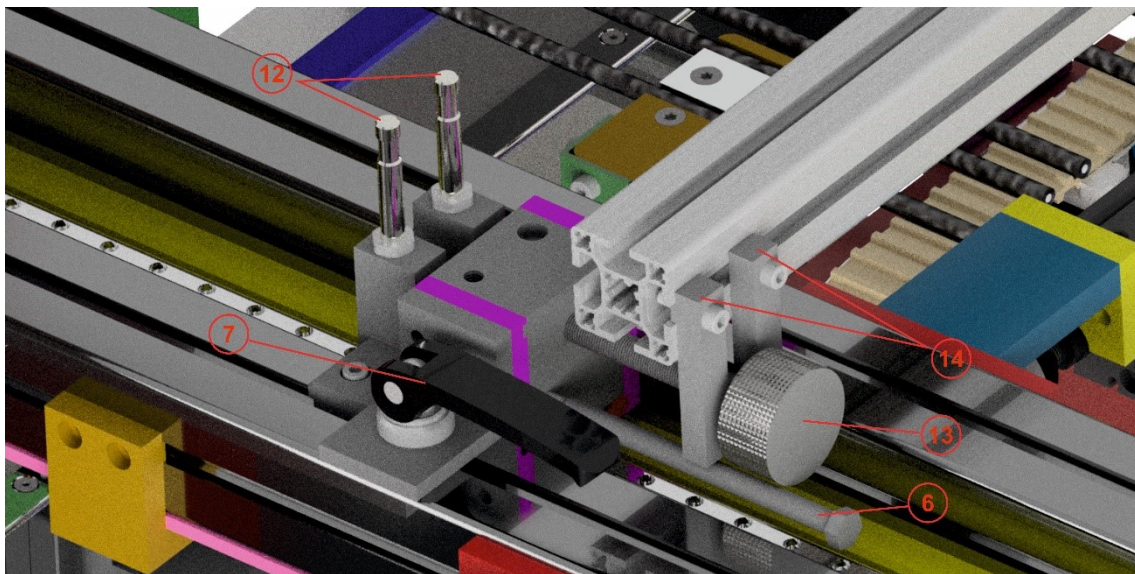


Figura 76 - Funcionamento do sistema de detecção de espiral

O sistema de detecção de espiral permite, através dos sensores (12), transmitir a informação da chegada da espiral ao comprimento pretendido. O sistema é instalado nas réguas de corte, sobre a guia. Para permitir o seu movimento sobre a guia, o sistema é instalado sobre um patim. Desta forma o sistema pode mover-se para que o comprimento de espiral a cortar possa ser ajustado. As peças de fixação ao perfil (10) permitem fixar o sistema ao sistema de preparação e limpeza de espiral, tornando os sistemas solidários um com o outro. O curso do sistema de detecção de espiral permite um comprimento de corte mínimo de 200mm e máximo de 600mm.

Um fuso de afinação (6) permite uma afinação fina do comprimento de espiral a cortar com maior precisão. Uma alavanca (7) permite o desencravamento do sistema para

permitir o movimento de afinação e o encravamento na posição desejada. Para além da afinação do comprimento a cortar, este sistema permita também o ajuste do sistema de preparação e limpeza em relação ao mecanismo de corte. Este ajuste é possível graças ao afinador manual (13) que realiza o movimento horizontal do perfil que liga o mecanismo de corte ao sistema de preparação e limpeza.

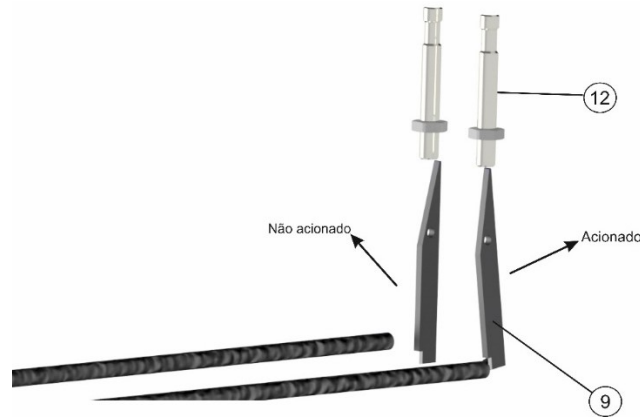


Figura 77 - Acionamento do sistema de detecção de espiral

Os acionadores do sistema de detecção de espiral (9) são montados em alavanca, permitindo o acionamento dos sensores (12) quando a espiral a atinge, da forma demonstrada na Figura 77.

3.4.2.8 Sistema de apoio à extração

O sistema de apoio (Figura 78) à extração é o sistema que garante a extração das espirais do mecanismo de corte. Este permite a extração de espirais que possam ter ficado presas nas régulas de corte depois das gavetas abrirem. Desta forma, mesmo que alguma espiral fique, por qualquer motivo, presa nas régulas de corte, o sistema de apoio à extração irá forçá-la a cair para o manipulador.

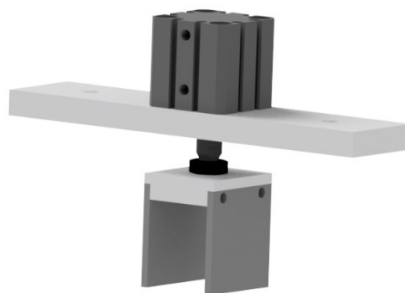


Figura 78 - Sistema de apoio à extração

Este sistema é acionado por um cilindro pneumático sempre que não for detetada uma das espirais no manipulador. O seu funcionamento consiste na penetração de duas chapas de extração (2) nos rasgos destinados às espirais, forçando a sua saída.

A Tabela 13 representa as peças que compõe este sistema.

Tabela 13 - Lista de materiais do sistema de apoio à extração

Nº	Componente	Referência	Quantidade	Material	Imagem
1	Chapa de fixação	MCDEL_1_8_01	1	Alumínio	
2	Cilindro	CQSB20-15DM	1	-	
3	Peça acionamento	MCDEL_1_8_02	1	Alumínio	
4	Chapa de extração	MCDEL_1_8_03	2	C 265	

3.4.3 Manipulador

O manipulador é o sistema responsável pelo transporte da espiral cortada entre o mecanismo de corte o sistema de preparação e limpeza de espiral. O manipulador acolhe a espiral quando esta cai das gavetas das régua de corte e transporta-as até às correias do equipamento de preparação e limpeza.

O sistema de preparação e limpeza de espiral foi inicialmente pensado para ser instalado por baixo das gavetas do mecanismo de corte. Desta forma a espiral cairia das gavetas para as telas por gravidade. No entanto, e visto que o processo de corte origina a deposição de detritos resultantes do desgaste do disco abrasivo, as correias do sistema de preparação e limpeza ficariam rapidamente sujas, assim como as espirais que aí se encontrariam. Os detritos iriam, ao longo do tempo, acabar por comprometer o bom funcionamento do sistema, existindo a necessidade de limpar constantemente esta zona. A limpeza do sistema obrigaria o operador a parar a máquina e originaria paragens de produção. Existiu, assim, a necessidade de afastar o mecanismo de corte do sistema de preparação e limpeza de espiral. Teria, porém, de ser criado um sistema que permitisse o transporte da espiral entre eles.

Desta forma, foi criado o manipulador, representado na Figura 79, acionado pneumáticamente e com movimento em dois eixos: horizontal (eixo X) e vertical (eixo

Y). O manipulador é composto por dois componentes semelhantes que farão o apoio das espirais nas duas extremidades.

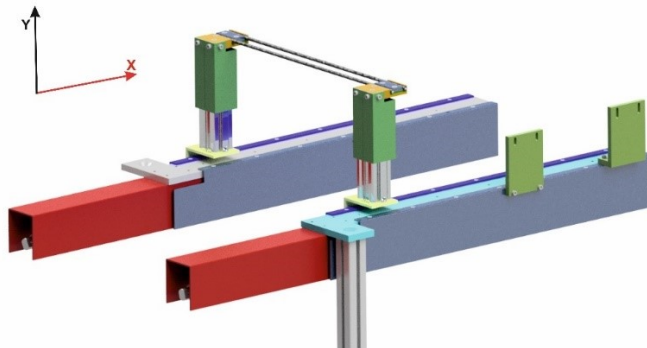


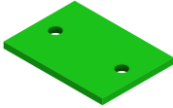

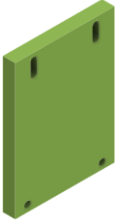


Figura 79 - Manipulador

A Tabela 14 apresenta os elementos que constituem o manipulador.

Tabela 14 - Lista de materiais do manipulador

Nº	Componente	Referência	Quant.	Mat.	Imagem
1	Proteção do cilindro X	MCDEL_2_1_02	2	C45E	
2	Barra de Suporte	MCDEL_2_0_01	1	C45E	
3	Proteção do eixo X	MCDEL_2_1_05	2	C45E	
4	Proteção do eixo X	MCDEL_2_1_04	2	C45E	
5	Cilindro X	CD85N25-250-B	2	-	

6	Fixação do cilindro X	MCDEL_2_1_06	2	C45E	
7	Rótula	JA30-10-125	2	-	
8	Fixação da rótula	MCDEL_2_1_03	2	C45E	
9	Guia do eixo X	MSA 25R - 570-	2		
10	Patim	MSA25 E	2		
11	Fixação do cilindro Y	MCDEL_2_2_01	2	C45E	
12	Cilindro Y	CDQMA32-75	2	C45E	
13	Proteção do cilindro Y	MCDEL_2_2_05	2	C45E	

14	Proteção do cilindro Y	MCDEL_2_2_05_SIM	2	C45E	
15	Fixação da espiral	MCDEL_2_2_02	2	C45E	
16	Íman	Íman 50x36x3	2	-	
17	Fixação do íman	MCDEL_2_2_03	2	Nylon	
18	Fixação do sistema	MCDEL_2_0_02	1	C45E	
19	Fixação do sistema	MCDEL_2_0_03	1	C45E	
20	Perfil	Perfil MayTec 40x40x800	2	Alumínio	
21	Pé nivelador	LV_F-80-14-AS-M12x98	1	-	

22	Roda	1.45.11050	1	-
----	------	------------	---	---

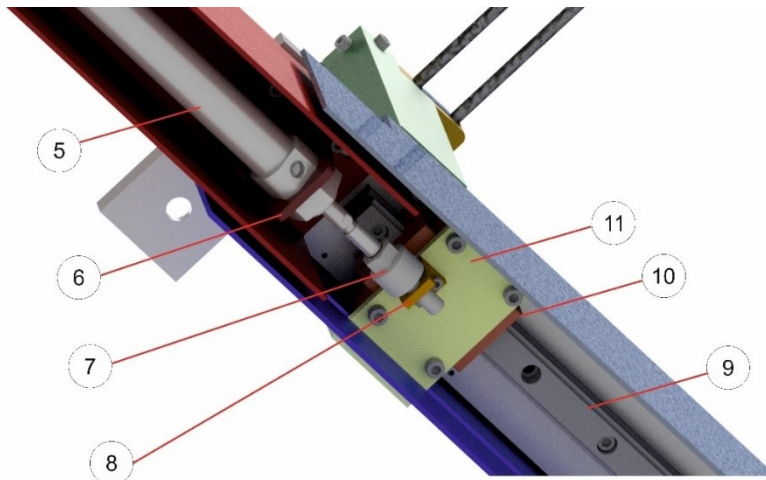


Figura 80 - Acionamento horizontal do manipulador

O movimento horizontal (em X) é feito sobre patins (10) que deslizam sobre guias lineares (9). Este movimento é representado na Figura 80 e é acionado por cilindros pneumáticos (5), fixos pela peça de fixação (6) a uma barra de fixação que serve de estrutura ao mecanismo. Ao cilindro é acoplada uma rótula (7) que permitirá corrigir possíveis desalinhamentos. Esta rótula é fixa à peça de fixação do cilindro Y (11) através da peça de fixação da rótula (8).

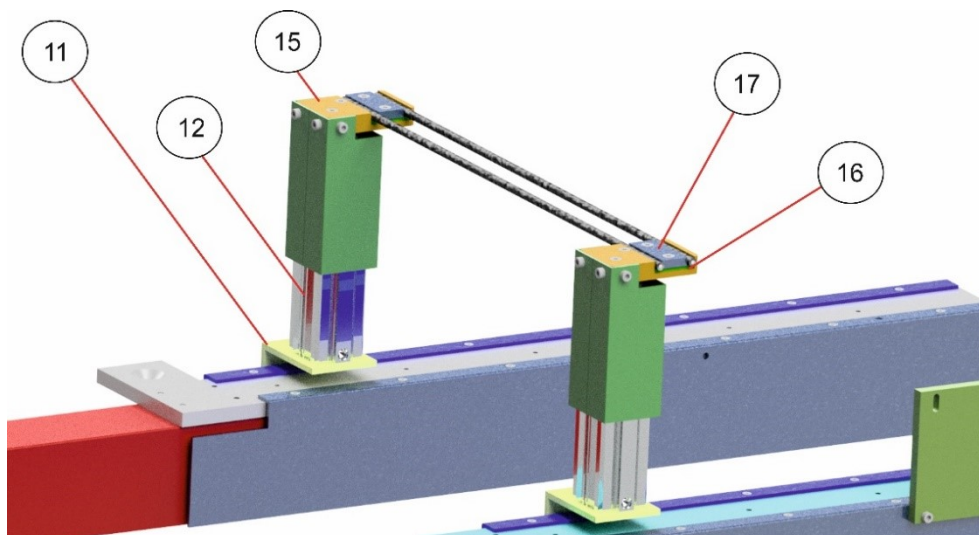


Figura 81 - Movimento Vertical do Manipulador

O movimento vertical (em Y) é também realizado por dois cilindros pneumáticos (12). Estes são fixados aos patins por intermédio de uma chapa (11), como demonstrado na Figura 81. Ao cilindro é aparafusada uma peça de fixação de espiral (15), onde as espirais são apoiadas durante o funcionamento do mecanismo. Um ímã (16) irá garantir a fixação das espirais a esta peça, impedindo que caiam durante o movimento.

O manipulador contém componentes que devem ser protegidos dos detritos provenientes do corte. Assim sendo, houve necessidade de criar estruturas capazes de proteger essencialmente os cilindros e as guias, como é visível na Figura 82. As chapas de proteção do cilindro X e do cilindro Y têm a finalidade de impedir a entrada de lixo para os respetivos cilindros. Já as chapas de proteção do eixo X impedem que os detritos entrem para a zona das guias.

O funcionamento deste mecanismo, como referido atrás, é baseado em movimentos lineares em dois eixos. Quando as espirais caem do sistema de corte, os cilindros Y encontram-se acionados, como representado na Figura 81. O mecanismo é então acionado horizontalmente até ao fim de curso dos cilindros X. Nesta altura os cilindros Y recuam, deixando as espirais nas correias do sistema de preparação e limpeza. Esse procedimento é ilustrado na Figura 82. Uma vez que as espirais já se encontram no sistema de preparação e limpeza, os cilindros X recuam e os cilindros Y voltam a ser acionados, repetindo-se o ciclo sempre que um par de espirais é cortado.

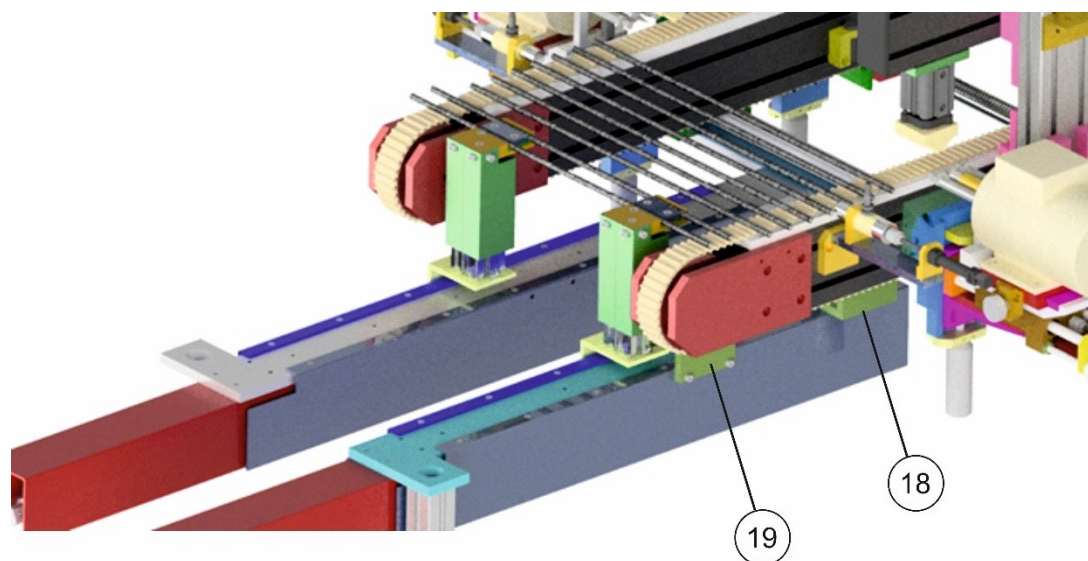


Figura 82 - Funcionamento do manipulador

O manipulador conta ainda com componentes estruturais que garantem o seu correto posicionamento e fixação. As chapas de fixação do sistema (18 e 19) são fixas à régua móvel do sistema de preparação e limpeza de espiral. Desta forma, o manipulador pode ser ajustado em função do comprimento de corte determinado pelo operador. Assim, a abertura do manipulador para espirais de 200 mm é inferior à abertura para espirais de 700 mm.

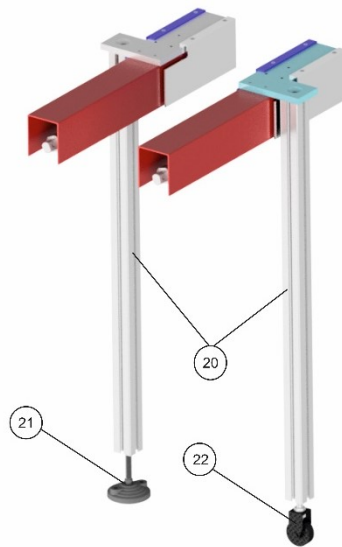


Figura 83 - Estrutura do manipulador

De forma a garantir apoio adequado ao longo das barras do manipulador, foram colocados perfis de alumínio (20), até ao chão, que servirão de suporte ao sistema, como demonstrado na Figura 83. O perfil instalado na parte fixa do manipulador é equipado com um pé nivelador (21) que permite o ajuste da altura e o correto nivelamento do mecanismo. Já o perfil instalado na parte móvel do manipulador é equipado com um sistema de roda (22) para permitir o seu movimento de afinação de comprimento. O sistema de roda é também ajustável em altura, para permitir o nivelamento do sistema.

3.4.4 Sistema de preparação e limpeza de espiral

O equipamento de limpeza e preparação de espiral é responsável por garantir um acabamento de qualidade nas extremidades de espiral cortadas. Este é constituído por componentes que limpam as extremidades das espirais e as deixam prontas para seguirem para montagem nos sistemas e cabos de comando.

O trabalho desenvolvido no contexto do sistema de preparação e limpeza de espiral teve por base o conceito presente no projeto inicial, efetuando-se uma simplificação do mesmo e uma adaptação às necessidades da FicoCables. De forma a facilitar a interpretação do trabalho desenvolvido, o sistema foi dividido em 5 mecanismos:

1. Sistema de avanço de espiral;
2. Sistema de afinação do comprimento;
3. Posicionador de controlo;
4. Posto de limpeza interior e exterior;
5. Posto de limpeza por sopro.

A Figura 84 ilustra o trabalho desenvolvido no âmbito do sistema de preparação e limpeza de espiral, assim como a posição dos seus mecanismos. Os capítulos seguintes descrevem pormenorizadamente o funcionamento e constituição desses mecanismos.

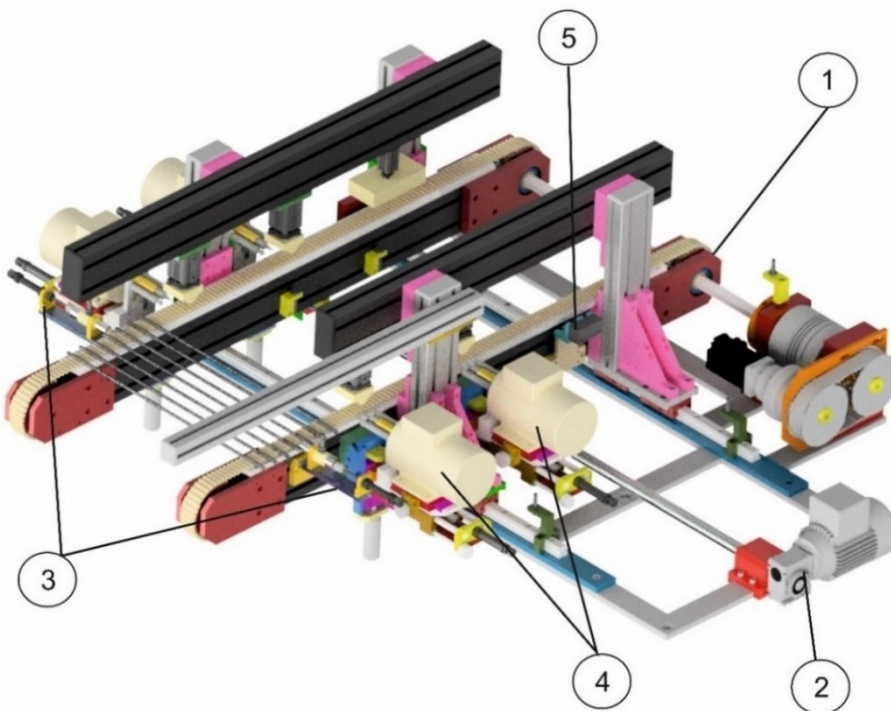


Figura 84 - Sistema de preparação e limpeza de espiral

3.4.4.1 Sistema de avanço de espiral

O sistema de avanço de espiral é o mecanismo que suporta a espiral durante a sua estadia no sistema de preparação e limpeza. Este mecanismo realiza o transporte da espiral ao longo de todo o sistema fazendo-a passar pelos postos de limpeza e preparação, retirando-a no final do seu curso para um contentor de descarga. Os componentes que fazem parte deste mecanismo estão ilustrados na Figura 85 e listados na Tabela 15.

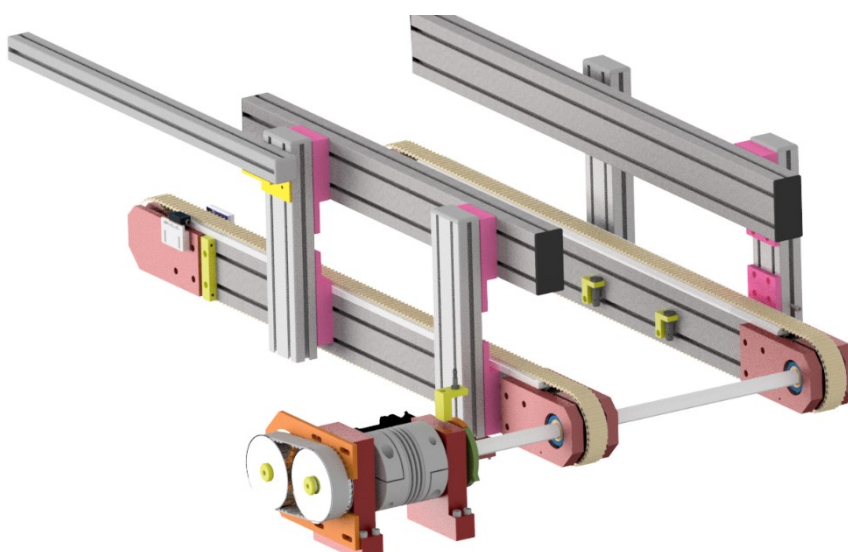

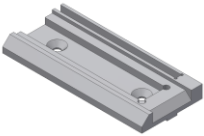


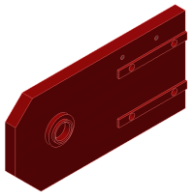
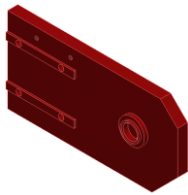
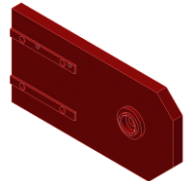
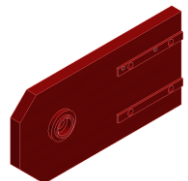


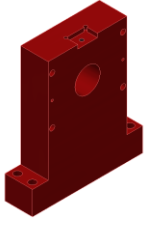
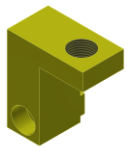


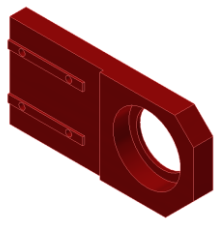
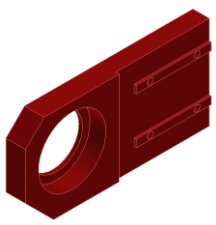

Figura 85 - Constituição do sistema de avanço de espiral

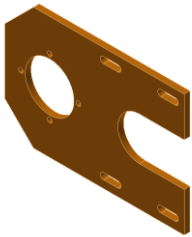


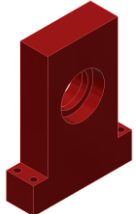

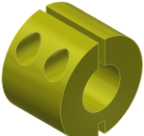

Tabela 15 - Lista de materiais do sistema de avanço de espiral

Nº	Componente	Referência	Quant.	Mat.	Imagem
1	Correia de avanço espiral	DT10 36	2	Poliuretano	
2	Correia de acionamento	32_at10_610_180_36	1	Poliuretano	
3	Polia do servomotor	47_t10_36_servo	1	Alumínio	
4	Polia de avanço de espiral	47_t10_36 avanço	2	Alumínio	
5	Polia do veio de acionamento	47_t10_36 acionamento	1	Alumínio	
6	Polia com rolamento	47_t10_36 com rolamento	2	Alumínio	
7	Redutor	AE0902-P0403200501	1	-	
8	Chaveta	Chaveta tipo A 6x32x6	1	C45E	
9	Chaveta	Chaveta tipo A 8x36x10	1	C45E	

10	Rolamento	DIN 625 - SKF 6203-2z	4	-	
11	Rolamento	DIN 625 - SKF S6207-2RSR	4	-	
12	Íman	Íman 5x20x880	2	-	
13	Acoplamento	KB4-500-112	1	-	
14	Tampa do perfil 40x80	Tampa Perfil Maytec 40x80xA	4	PE	
15	Tampa do perfil 50x100	Tampa Perfil Maytec 50x100xA	4	PE	
16	Perfil vertical	Perfil Maytec 40x80x350	4	Alumínio	
17	Perfil horizontal	Perfil Maytec 50x100	4	Alumínio	
18	Peça de apoio (1)	MCDEL_3_1_01	8	Nylon	
19	Peça de apoio (2)	MCDEL_3_1_02	2	Nylon	

20	Peça de apoio (3)	MCDEL_3_2_02_SIM	2	Nylon	
21	Fixação do perfil horizontal	MCDEL_3_1_03	8	C45E	
22	Veio para polia	MCDEL_3_1_04	2	C45E	
23	Chapa de fixação da polia (1)	MCDEL_3_1_05	1	C45E	
24	Chapa de fixação da polia (2)	MCDEL_3_1_05_SIM	1	C45E	
25	Chapa de fixação da polia (3)	MCDEL_3_1_06	1	C45E	
26	Chapa de fixação da polia (4)	MCDEL_3_1_06_SIM	1	C45E	

27	Fixação do veio de avanço de espiral	MCDEL_3_1_07	1	C45E	
28	Fixação do sensor (2)	MCDEL_3_1_09	2	Alumínio	
29	Varão sextavado	MCDEL_3_1_10	1	C45E	
30	Fixação das polias	MCDEL_3_1_11	4	Bronze	
31	Chapa de fixação da polia (3)	MCDEL_3_1_12	2	C45E	
32	Chapa de fixação da polia (4)	MCDEL_3_1_12_SIM	2	C45E	
33	Anilha	MCDEL_3_1_13	3	C45E	

34	Chapa de fixação do motor	MCDEL_3_1_15	1	C45E	
35	Fixação da calha articulada	MCDEL_3_1_21	1	Alumínio	
36	Veio de acionamento	MCDEL_3_1_22	1	C45E	
37	Fixação do veio de acionamento	MCDEL_3_1_23	1	C45E	
38	Casquilho	MCDEL_3_1_24	1	C45E	
39	Acoplamento p/ veio	MCDEL_3_1_25	1	C45E	
40	Servo motor	R88M_G40030H_S2	1	-	

41	Sensor de presença de espiral	SIEN-M12B-PS-S-L	3	-	
42	Rolamento	SS 6303	1	-	
43	Rolamento	SS 6305	1	-	
44	Chapa de montagem	MCDEL_3_0_02	1	C45E	
45	Tampa do perfil 40x40	Tampa Perfil Maytec 40x40	2	PE	
46	Perfil de ligação ao mecanismo de corte	Perfil MayTec 40x40x800	1	Alumínio	
47	Esticador de correia	MCDEL_3_1_08	1	C45E	
48	Fixação do refletor	MCDEL_3_1_31	1	Alumínio	
49	Refletor	537787 SOEZ-RFL-10	1	-	

50	Fixação sensor	MCDEL_3_1_32	1	Alumínio	
51	Aperto do sensor	MCDEL_3_1_33	1	Alumínio	
52	Sensor	537759 SOEL-RSP-Q20-PP-S-2L-TI	1	-	

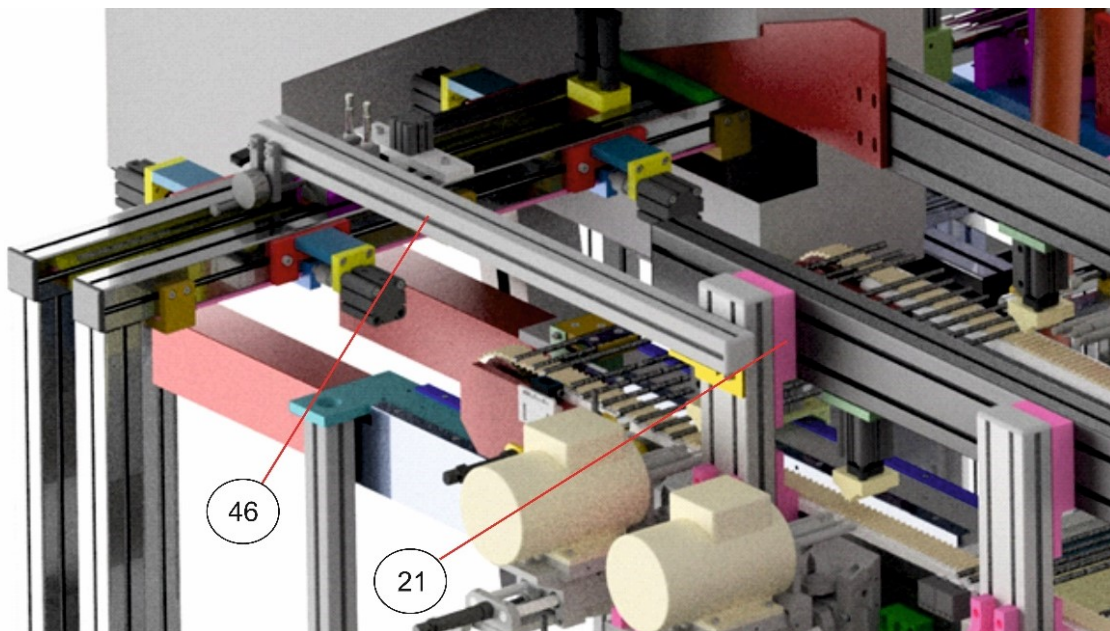


Figura 86 - Ligação do sistema de afinação de comprimento com o mecanismo de corte

Os componentes do sistema de avanço de espiral são instalados sobre perfis de alumínio horizontais e verticais, que são o componente estrutural do sistema. Estes são montados entre si através das peças de fixação (21). É instalado ainda um perfil de alumínio (46) que faz a ligação com o sistema de deteção de espiral do mecanismo de corte. Este permite o movimento solidário entre os dois sistemas quando é realizada a afinação do comprimento de espiral a cortar, como mostra a Figura 86.

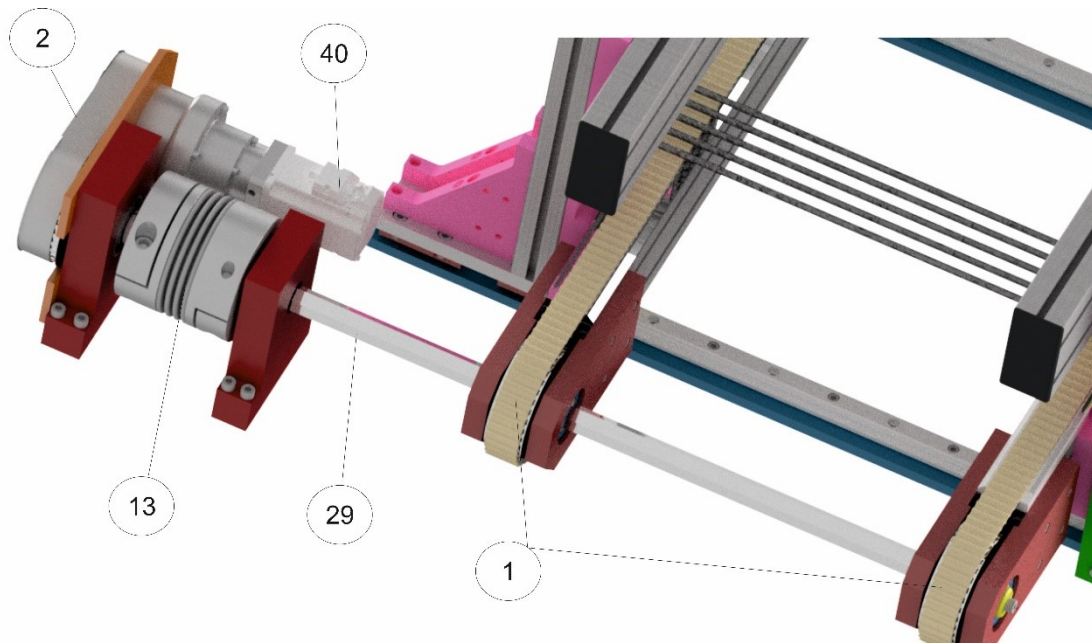


Figura 87 - Acionamento do sistema de avanço de espiral

O sistema de avanço de espiral (Figura 87) é acionado por um servo motor (40). Através de um sistema de correias (2) e polias, o movimento é transmitido a um veio de acionamento que transmite então o movimento a um varão sextavado (29), por intermédio de um acoplamento (13). As polias de avanço de espiral são presas a peças de fixação e transmitem-lhe o movimento imposto pelo varão, fazendo avançar as espirais nas correias (1).

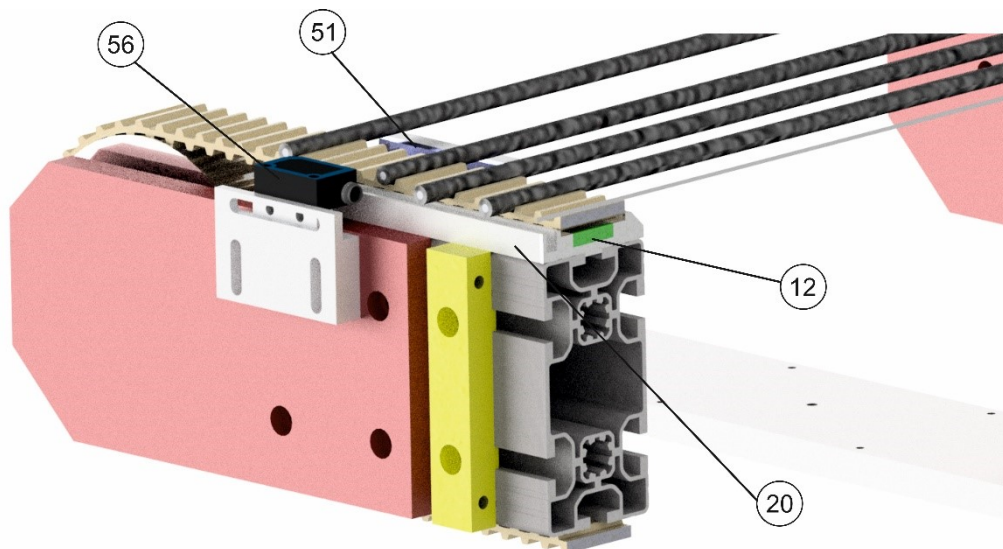


Figura 88 - Pormenor do íman e sensor do sistema de avanço de espiral

Para evitar que as espirais caiam do sistema durante o seu movimento, foi instalado um íman (12) por baixo das correias de avanço de espiral, como representado na Figura 88. O íman fica encaixado nas peças de apoio (19 e 20) e a força magnética impede que

qualquer movimento mais brusco possa derrubar a espiral e comprometer o funcionamento do mecanismo.

É instalado um sensor (56) juntamente com um refletor (51) no início do curso das espirais como representado na Figura 88. A sua função é determinar o zero de posicionamento da espiral em relação aos postos de processamento. Assim, este permite atrasar ou adiantar o avanço das correias e assim o posicionamento da espiral em relação aos postos, que estão fixos.

O sistema contém ainda um sensor por cada posto de processamento de espiral. Este permite transmitir a informação de que aquele posto tem espiral ou não, para ser ativado o seu processamento.

3.4.4.2 Sistema de afinação do comprimento

O sistema de afinação de comprimento é o sistema responsável por regular o comprimento de corte. Este sistema, ilustrado na Figura 89, é o mecanismo responsável pelo movimento de abertura ou fecho do sistema de preparação e limpeza de espiral. O seu movimento irá, como referido anteriormente, influenciar a posição do sistema de deteção de espiral. Os componentes que fazem parte do sistema de afinação do comprimento estão enumerados na Tabela 16.

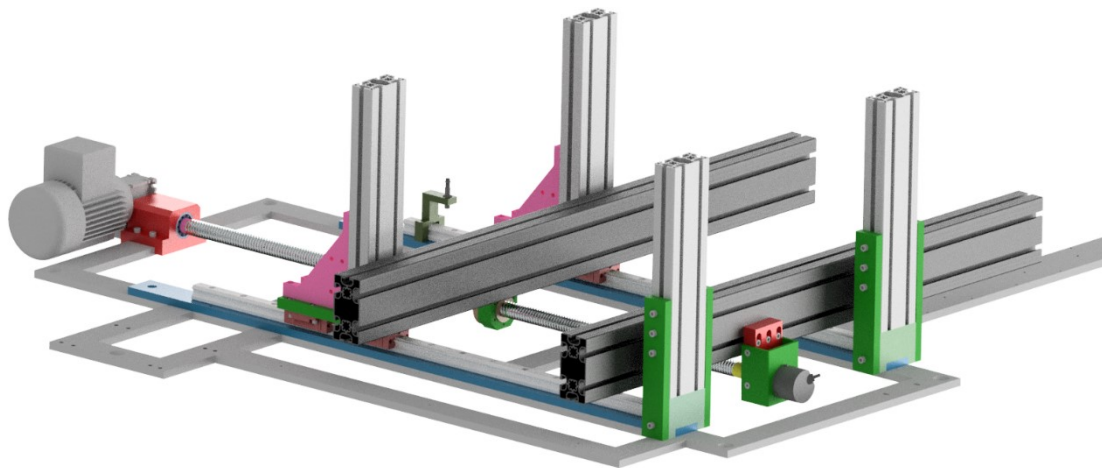
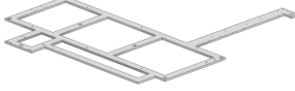
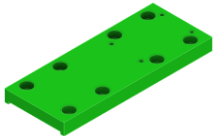
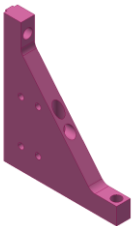



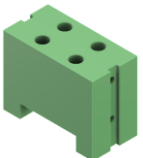
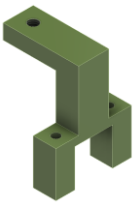

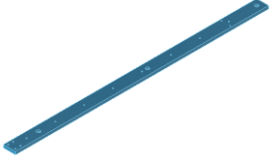
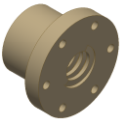

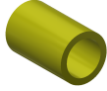









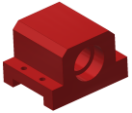


Figura 89 - Sistema de afinação de comprimento

Tabela 16 - Lista de materiais do sistema de afinação de comprimento

Nº	Componente	Referência	Quant.	Mat.	Imagem
1	Estrutura de barras soldadas	MCDEL_3_0_01	1	C45E	

2	Chapa de fixação dos patins	MCDEL_3_2_02	2	C45E	
3	Fixação do perfil vertical	MCDEL_3_2_04	4	C45E	
4	Guia Linear	MSA 25 R	2	C45E	
5	Patim	MAS 25 E	4	-	
6	Fixação lateral do perfil	MCDEL_3_2_05	4	C45E	
7	Fixação de base do perfil	MCDEL_3_2_03	2	C45E	
8	Fixação do sensor fim de curso	MCDEL_3_2_06	1	C45E	

9	Sensor fim de curso	SIEN-M8B-PS-S-L	1	-	
10	Réguas de guiamento	MCDEL_3_2_01	2	C45E	
11	Cursor	MCDEL_3_3_03	1	C45E	
12	Rolamento	DIN 625 - SKF 2203	1		
13	Casquilho	MCDEL_3_3_04	1	C45E	
14	Fuso	MCDEL_3_3_02	1	C45E	
15	Acoplamento	CPRSC16-6-6	1	C45E	
16	Chapa de fixação do encoder	MCDEL_3_3_14	1	C45E	
17	Encoder	E6C2_CWZ5B	1	-	

18	Fixação do fuso	MCDEL_3_3_06	1	C45E	
19	Casquilho	MCDEL_3_3_08	1	C45E	
20	Rolamento	DIN 625 - SKF 2203	1	-	
21	Fixação moto-reductor	MCDEL_3_3_01	1	C45E	
22	Moto-reductor	CHM_25_56_B14_B3_CHT	1	-	
23	Fixação do cursor	MCDEL_3_3_05	1	C45E	

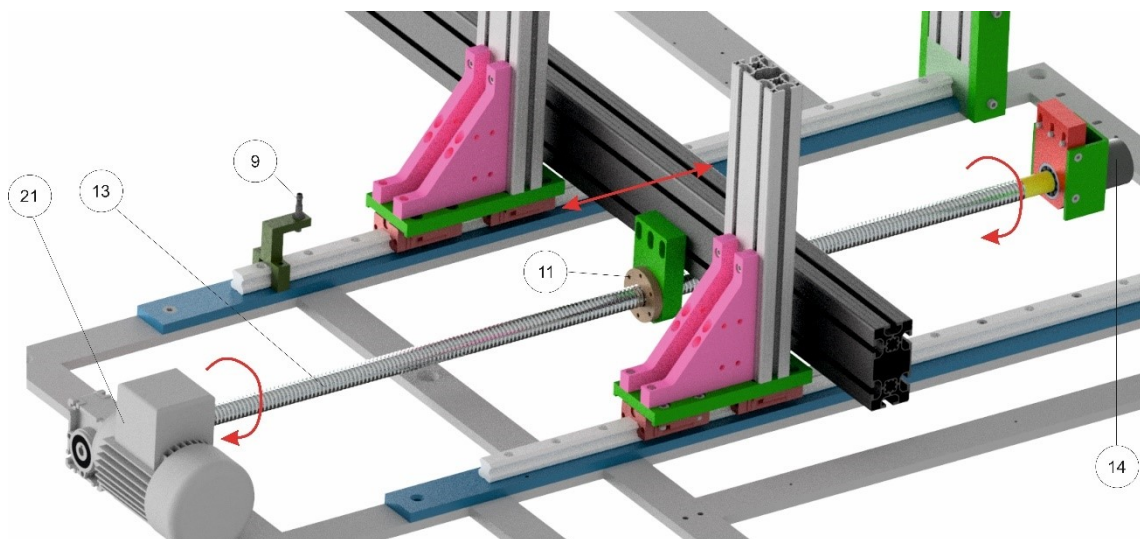


Figura 90 - Funcionamento do sistema de afinação de comprimento

O sistema de afinação de comprimento (Figura 90) serve de base ao sistema de preparação e limpeza de espiral, ou seja, sobre ele são montados os perfis estruturais onde serão acoplados todos os outros mecanismos. A fixação aos perfis de alumínio é feita por ligações aparafusadas com as chapas de fixação. A afinação do comprimento é realizada através de um fuso (13) que é acionado por um moto-reductor (21). Um cursor (11), que está fixo à parte móvel do sistema, movimenta-se ao longo do fuso quando este entra em rotação. Na extremidade do fuso é colocado um *encoder* (14). Este permite a quantificação da posição do moto-reductor e, desta forma, permite saber qual a abertura do sistema em cada momento.

O sistema movimenta-se sobre dois pares de patim que deslizam sobre guias lineares. Para limitar o curso do sistema é instalado um sensor (9) que faz o zero da abertura do sistema. Ou seja, quando o sensor é acionado pode-se considerar que está na abertura máxima, partindo desse ponto para a abertura desejada.

3.4.4.3 Posicionador de controlo

A posição das espirais nas correias de avanço depende da forma como são pousadas pelo manipulador. As espirais são pousadas no sistema de forma desalinhada e aleatória. Para serem processadas no posto de limpeza interior e exterior e no posto de limpeza por sopro, as espirais necessitam de um correto alinhamento, ou seja, devem estar todas à mesma distância. Caso contrário, o processamento será executado de forma desigual. Para corrigir o desalinhamento existente, foi criado o posicionador de controlo da Figura 91, cuja lista de materiais é apresentada na Tabela 17.

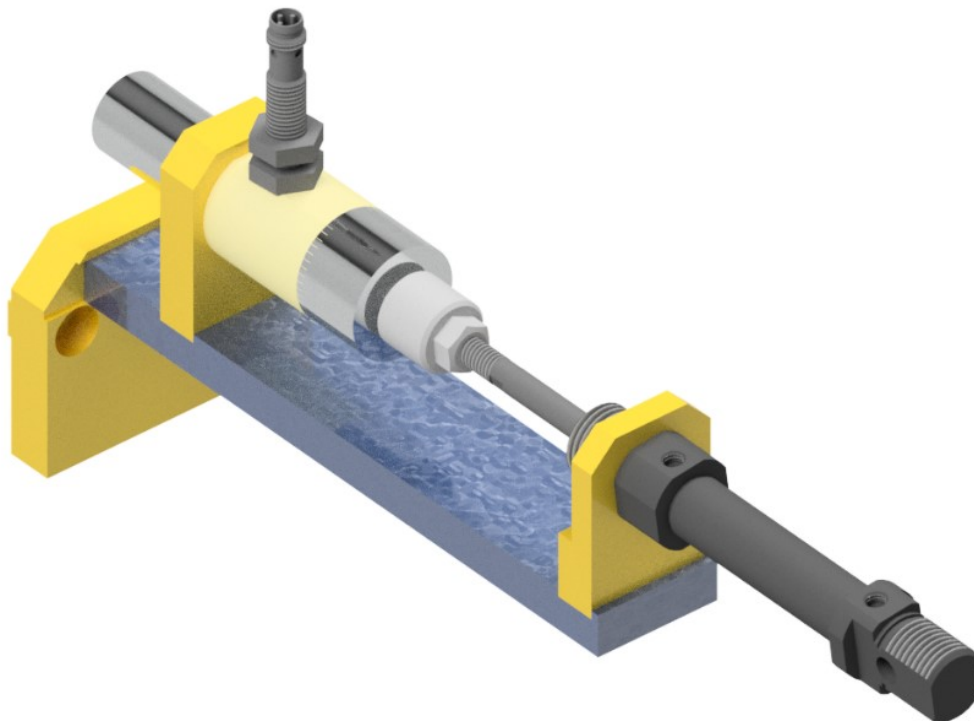
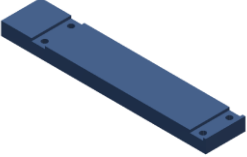



Figura 91 - Posicionador de controlo

Tabela 17 - Lista de materiais do posicionador de controlo

Nº	Componente	Referência	Quant.	Mat.	Imagem
1	Fixação do posicionador	MCDEL_3_5_11	2	C45E	
2	Fixação do sensor	MCDEL_3_5_12	2	C45E	
3	Chapa de fixação do sistema	MCDEL_3_5_13	2	C45E	
4	Peça de suporte ao perfil	MCDEL_3_5_14	2	C45E	
5	Fixação do cilindro	MCDEL_3_5_16	2	C45E	
6	Posicionador	MCDEL_3_5_17	2	C45E	
7	Rótula	JA-15-6-100	2	-	

8	Cilindro pneumático	CDN5N12-25-B	2	-
---	---------------------	--------------	---	---



9	Sensor	SIEN-M8B-PS-S-L	2	-
---	--------	-----------------	---	---

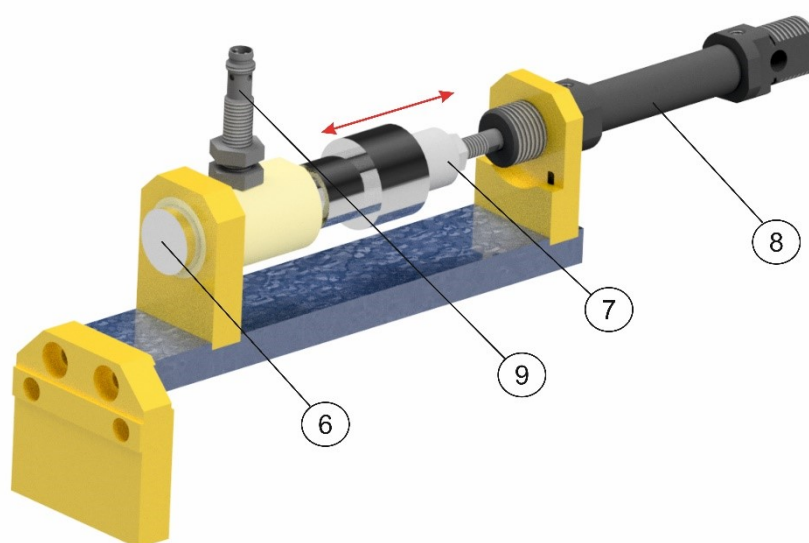


Figura 92 - Acionamento do posicionador de controlo

O posicionador de controlo é o mecanismo responsável pelo alinhamento das espirais no sistema de preparação e limpeza. O posicionador garante que o processamento é realizado de forma igual para todas as espirais. O sistema é acionado pneumáticamente por um cilindro pneumático de duplo efeito (8), instalado com rótula (7), como representado na Figura 92. O sistema é posicionado de forma a que, quando o cilindro é acionado, o posicionador (6) empurra a espiral até à posição desejada. O sensor (9) permite saber qual a posição do mecanismo. O mesmo acontece na extremidade oposta da espiral, por outro posicionador, quando o desalinhamento é inverso. Um sensor instalado no sistema permite saber se este se encontra acionado ou recuado.

A Figura 93 representa, visto de cima, o alinhamento feito pelos posicionadores de controlo nas espirais.

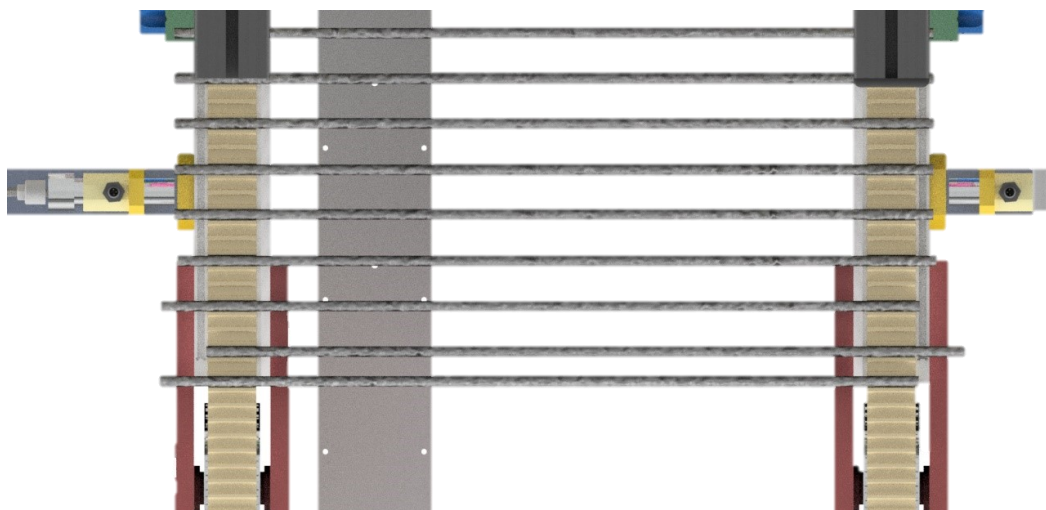


Figura 93 - Alinhamento das espirais antes e depois do posicionador de controlo

3.4.4.4 *Posto de limpeza interior e exterior*

O posto de limpeza interior e exterior é o primeiro posto de processamento de espiral no sistema de preparação e limpeza. No sistema existem 4 postos deste tipo: 2 de cada lado da espiral. Desta forma é possível tornar a limpeza mais eficaz e reduzir o tempo de ciclo.

Cada posto é constituído pelo sistema de limpeza e por um calcador, como representado na Figura 94. O primeiro é responsável pelo processamento da extremidade de espiral. Já o calcador tem como função impedir o movimento da espiral. A Tabela 18 apresenta os componentes que constituem este sistema.

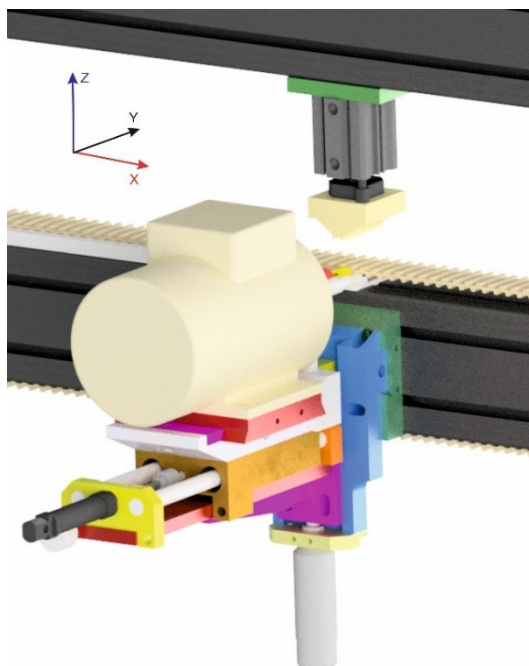


Figura 94 - Posto de limpeza interior e exterior

Tabela 18 - Lista de materiais do posto de limpeza interior e exterior

Nº	Componente	Referência	Quant.	Mat.	Imagem
1	Afinação simples X	MCDEL_3_4_01	4	C45E	
2	Afinação simples Y	MCDEL_3_4_02	4	C45E	
3	Fixação das guias	MCDEL_3_4_03	4	C45E	
4	Base de movimento horizontal	MCDEL_3_4_04	4	C45E	
5	Base de fixação motor	MCDEL_3_4_05	4	C45E	
6	Base com afinação horizontal	MCDEL_3_4_06	4	C45E	
7	Fixação do cilindro	MCDEL_3_4_07	8	C45E	

8	Veio de guiamento	MCDEL_3_4_08	4	C45E	
9	Rolamento linear	KH12	4	-	
10	Apoio do sistema	MCDEL_3_4_09	4	C45E	
11	Chapa de posicionamento	MCDEL_3_4_10	4	C45E	
12	Apoio de suporte	MCDEL_3_4_11	4	C45E	
13	Fixação ao perfil	MCDEL_3_4_12	4	C45E	
14	Manípulo de afinação X	MCDEL_3_4_13	4	C45E	

15	Fixação do manípulo	MCDEL_3_4_15	4	C45E	
16	Casquilho para ponteira	MCDEL_3_4_16	1	C45E	
17	Motor	MS 631 - 2	4	-	
18	Rótula	JA15-6-100	4	-	
19	Cilindro pneumático	A_CD85N16-25-B	4	-	
20	Fixação do manípulo	MCDEL_3_4_18	4	C45E	
21	Manípulo de afinação Z	MCDEL_3_4_19	4	C45E	

22	Limitadora afinação Z	MCDEL_3_4_20	4	C45E	
23	Batente limitador do motor	MCDEL_3_4_21	4	C45E	
24	Porca	MCDEL_3_4_22	4	C45E	
25	Ponteira de limpeza exterior	MCDEL_3_4_24	4	C45E	
26	Fresa de limpeza interior	Fresa multilâminas 2.1mm	4	HSS	
27	Fixação da ponteira e dos batentes	MCDEL_3_4_40	4	C45E	
28	Fixação do batente de espiral	MCDEL_3_4_41	8	C45E	
29	Veio batente espiral	MCDEL_3_4_42	8	C45E	

30	Batente espiral	MCDEL_3_4_43	8	C45E	
31	Porca	MCDEL_3_4_44	8	C45E	
32	Fixação do calcador	MCDEL_3_6_01	1	C45E	
33	Cilindro pneumático	CDQMA32-25	1	-	
34	Atuador	MCDEL_3_6_04	1	Nylon	
35	Perno M4	ISO 4026 – M4 x 6	4	C45E	

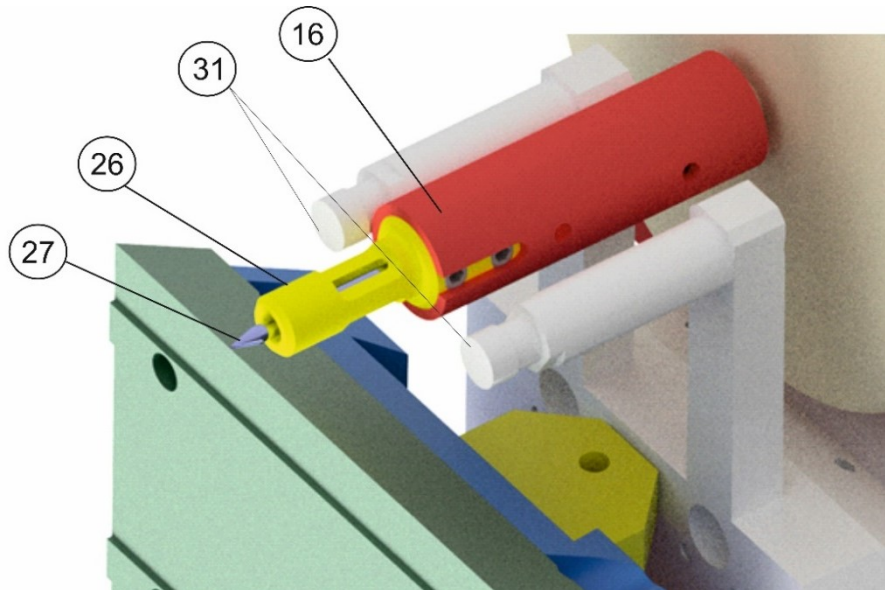


Figura 96 - Ferramenta de limpeza interior e exterior

A limpeza da espiral é executada por uma ferramenta que permite a limpeza do interior e do exterior da espiral (Figura 96). A ferramenta é composta por dois elementos distintos: a ponteira de limpeza exterior (26) e a fresa de limpeza interior (27) que rodam solidárias, permitindo a limpeza interior e exterior em simultâneo. Os dois componentes são fixos ao casquilho (16) com parafusos de fixação. O sistema é equipado com dois batentes (31) que permitem o ajuste da posição das espirais que ladeiam a espiral a ser processada. Desta forma, é possível garantir o correto posicionamento das espirais quando estas avançarem para a próxima posição de limpeza

A ferramenta que permite a limpeza interior da espiral é uma fresa comum, de metal duro e com 2,1 mm de diâmetro, o que permite a sua entrada na espiral. A limpeza interior ocorre quando a fresa de limpeza interior, em rotação, penetra da espiral, como representado na Figura 97. No final deste processo, a espiral não deverá apresentar rebarbas ou sinais de deformação do revestimento no seu interior, permitindo a sua aplicação.

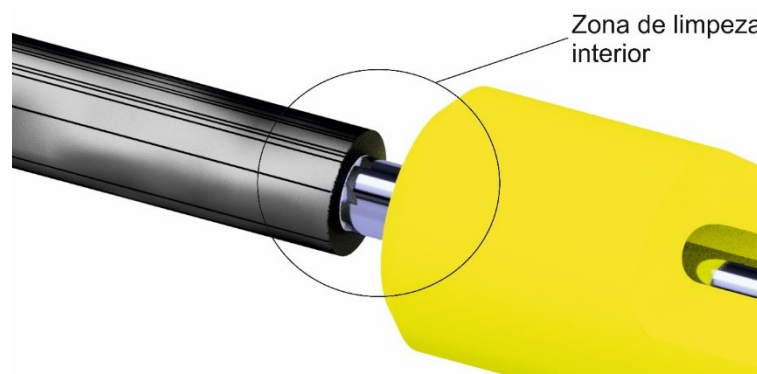


Figura 97 - Limpeza interior de espiral

A ponteira de limpeza exterior é uma ferramenta cilíndrica que permite a entrada da espiral até à zona de limpeza exterior representada na Figura 98. Nesta zona, foram realizados cortes na ferramenta em que foram deixadas arestas vivas que funcionam como lâmina. A ferramenta em rotação permite a limpeza do exterior da espiral, deixando-a livre de defeitos também na parte exterior da superfície cortada.



Figura 98 - Limpeza exterior de espiral

O calcador (Figura 99) é o elemento do posto que permite a fixação da espiral e impede qualquer movimento que comprometa o seu processamento. O sistema é composto por uma chapa de fixação ao perfil (40), um cilindro pneumático (41) e um atuador (42). O atuador, que apresenta o formato arredondado visível na Figura 99, encosta à espiral forçado pelo cilindro pneumático, que exerce força suficiente para esta ficar imóvel durante o processamento no posto. Terminado o processamento, o cilindro recua até que chegue nova espiral e se repita o ciclo.

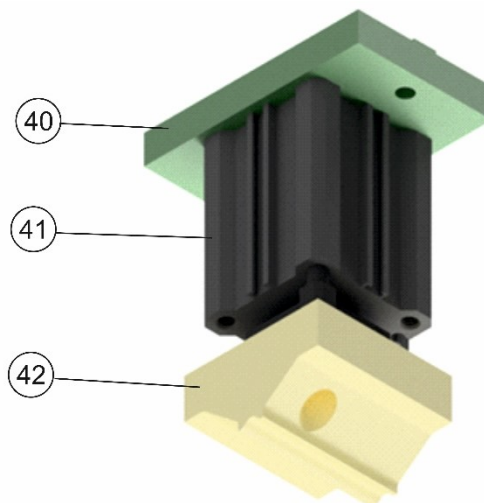


Figura 99 - Calcador do posto de limpeza interior e exterior

O avanço da espiral ao longo do sistema depende do passo da correia utilizada no transporte. O avanço da espiral deverá ser o dobro da distância entre espirais. Ou seja, para a correia selecionada, cujo passo é de 10 mm e transporta uma espiral em cada vale entre dentes, o avanço da espiral deverá ocorrer de 20 mm em 20 mm. Desta forma, os dois postos de limpeza interior e exterior atuaram sobre espirais alternadas. Assim,

cada posto apenas efetua limpeza em metade das espirais, sendo a outra metade processada pelo outro posto. Desta forma, é possível aumentar o ciclo de produção e a cadência da máquina. Na Figura 100 é possível analisar as espirais que serão processadas no primeiro posto (espirais a azul) e no segundo posto (espirais a vermelho).

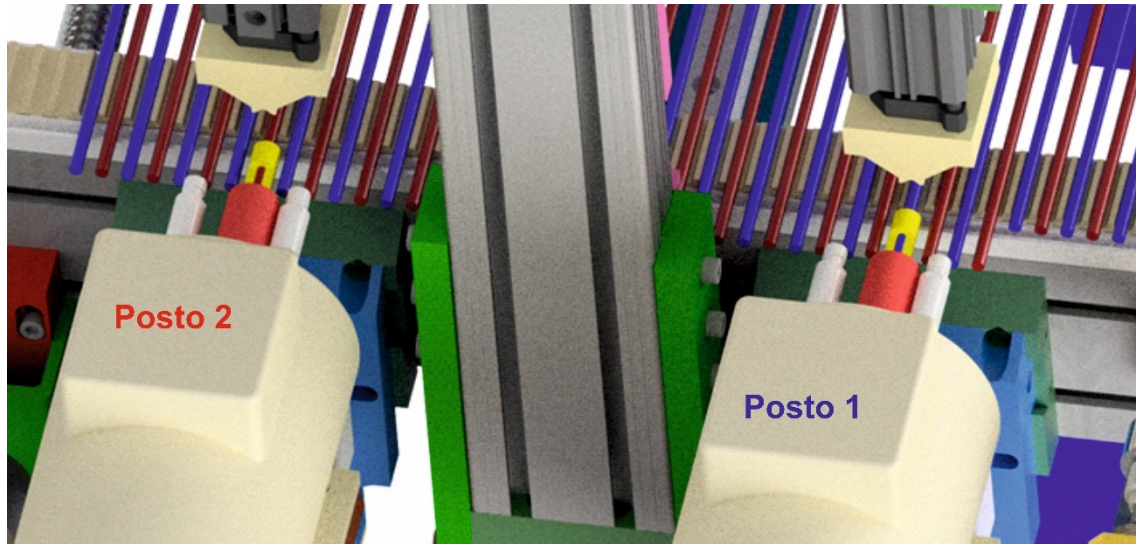


Figura 100 - Avanço das espirais consoante os postos

3.4.4.5 *Posto de sopro de ar*

O posto de sopro de ar, representado na Figura 101, é o último posto do sistema de preparação e limpeza de espiral. Este consiste na injeção de um determinado caudal de ar para o interior da espiral, que é chamado de sopro. A lista de materiais que compõem o posto de sopro de ar é apresentada na Tabela 19.

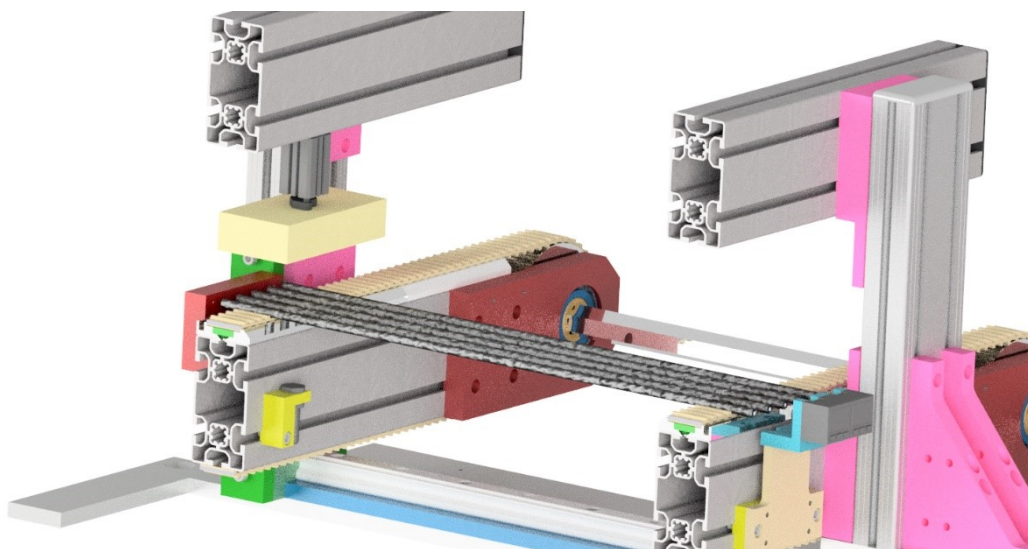


Figura 101 - Posto de sopro de ar

Tabela 19 - Lista de materiais do posto de sopro de ar

Nº	Componente	Referência	Quant.	Mat.	Imagem
1	Peça de entrada de ar	MCDEL_3_7_03	1	C45E	
2	Peça de entrada de ar	MCDEL_3_7_03_SIM	1	C45E	
3	Chapa de fixação ao perfil	MCDEL_3_7_04	1	C45E	
4	Fixação do pressostato	MCDEL_3_7_10	1	C45E	
5	Fixação do sistema	MCDEL_3_7_12	1	C45E	
6	Pressostato	ISE30A-01_B	2	-	
7	Atuador	MCDEL_3_6_13	1	Nylon	

8	Cilindro pneumático	CDQMB16-25	2	-
---	---------------------	------------	---	---

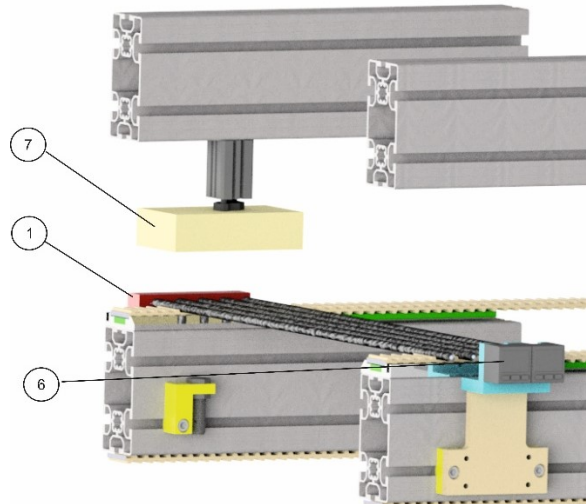


Figura 102 - Funcionamento do posto de sopro de ar

O sistema de limpeza por sopro de ar tem como função verificar se a espiral está entupida pelos detritos deixados pelo disco de corte ou pelos postos anteriores, como representado na Figura 102. O sistema contém, de um lado, um sistema que permite efetuar o sopro (1), com recurso a ar comprimido. Caso exista alguma obstrução provavelmente será retirada pelo sopro de ar. No entanto, do outro lado, o sistema é equipado com dois pressostatos (6) que verificam a chegada de ar à outra extremidade da espiral. Assim, é possível verificar se a espiral está desobstruída por completo.

Este sistema é também equipado com um calcador que impede a movimentação da espiral no momento do sopro e assim permite a verificação do pressostato. O calcador é acionado por um cilindro pneumático, ao qual é fixado o atuador (7).

3.4.5 Estrutura do equipamento

A fixação e posicionamento dos diferentes constituintes do equipamento está dependente de uma estrutura de suporte. A estrutura concebida para suporte desta máquina de corte duplo de espiral com limpeza tem por base perfis de alumínio.

A Figura 103 ilustra a disposição geral da estrutura do equipamento.

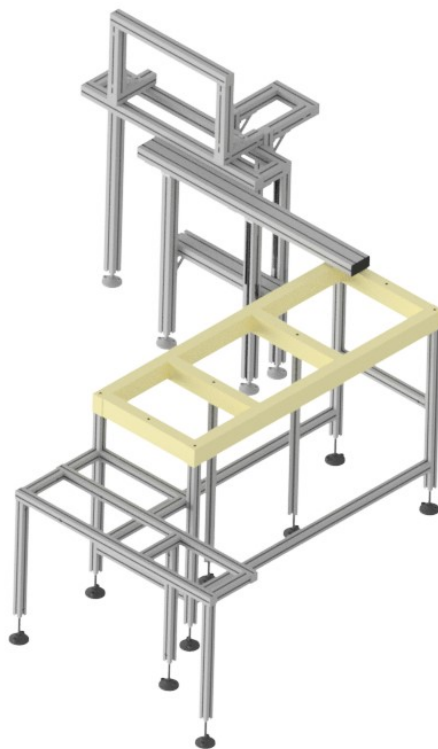


Figura 103 - Estrutura do equipamento

A utilização de perfis de alumínio na concepção da componente estrutural deste equipamento está associada à longa vida útil dos perfis de alumínio, à sua elevada resistência à corrosão e à elevada resistência mecânica que apresentam. Os perfis de alumínio permitem ainda a ligação entre eles de forma simplificada e ajustável, o que torna este tipo de estrutura o mais adequado para o mecanismo desenvolvido. Para realizar a ligação entre perfis de alumínio foram utilizados conectores universais, como representado na Figura 104. Estes permitem a ligação de perfis perpendiculares de forma rápida e simplificada.



Figura 104 - Conexão entre perfil perpendiculares [55]

Com o objetivo de criar maior rigidez na estrutura e melhor posicionamento entre os perfis foram implementadas as ligações de canto em alumínio, representadas na Figura

105. Estas garantem a fixação de dois parafusos a cada perfil e devido à sua maior área de contacto entre os perfis, o que cria maior estabilidade na estrutura.

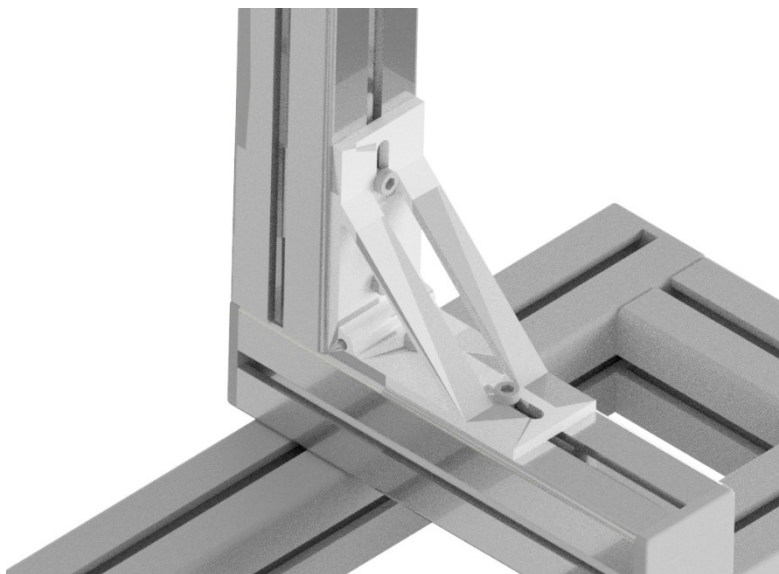


Figura 105 - Ligações de canto

O nivelamento da máquina é de especial importância para o bom funcionamento de todos os mecanismos. Neste sentido, foram utilizados pés niveladores que permitem ajustar a altura dos mecanismos em relação ao chão da fábrica e assim corrigir possíveis desnivelamentos. Os pés niveladores, representados na Figura 106, são roscados permitindo o ajuste da sua altura por aperto, na altura da montagem do equipamento. Uma porca garante a fixação da posição definida.



Figura 106 - Pés niveladores [56]

Nos perfis de alumínio utilizados foram por fim utilizadas tampas de acabamento que permitem, para além dar melhor aspeto final ao equipamento, impedir a acumulação de lixo no interior dos perfis.

Foram desenvolvidas subestruturas distintas adequadas a cada mecanismo do equipamento. Estas, no entanto, estão interligadas entre si permitindo o posicionamento entre os vários mecanismos. A estrutura do mecanismo de corte (Figura

107) garante a sua fixação ao solo e ao sistema de preparação de espiral através de perfis de alumínio.

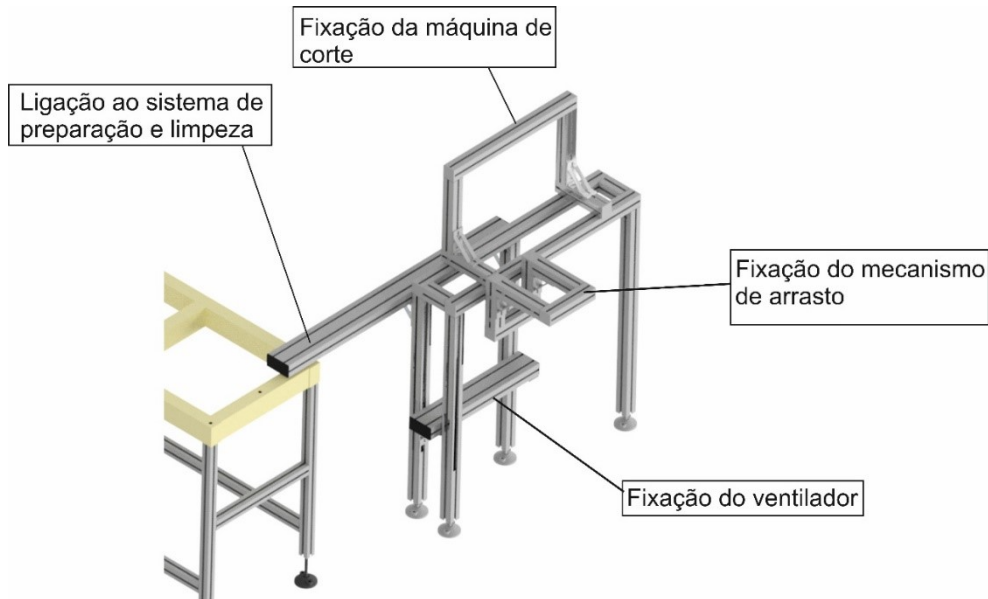


Figura 107 - Estrutura do mecanismo de corte

A estrutura do mecanismo de corte contém dois perfis de 50×100 mm, que permitem a fixação do ventilador e a fixação ao sistema de preparação e limpeza de espiral. Estes perfis são suportados pelas ligações de canto referidas anteriormente.

A estrutura desenvolvida para o sistema de preparação e limpeza de espiral (Figura 108) foi também desenvolvida sobre perfis de alumínio, mas foi associada uma estrutura adicional de tubo retangular em aço C45E, através de ligação aparafusada. O tubo retangular é construído em ligação soldada e garante o apoio do sistema de preparação e limpeza num só plano e de forma uniforme. Os perfis de alumínio instalados verticalmente servem de suporte ao tubo retangular e os perfis instalados horizontalmente garantem maior rigidez da estrutura.

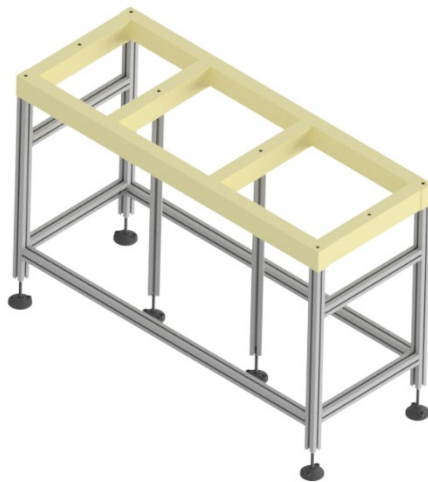


Figura 108 - Estrutura do sistema de preparação e limpeza de espiral

Para além das estruturas referidas, foi também implementada uma estrutura que servirá de suporte ao quadro elétrico, representada na Figura 109. Esta estrutura é também contruída em perfis de alumínio e é ligada à estrutura do sistema de preparação e limpeza de espiral.

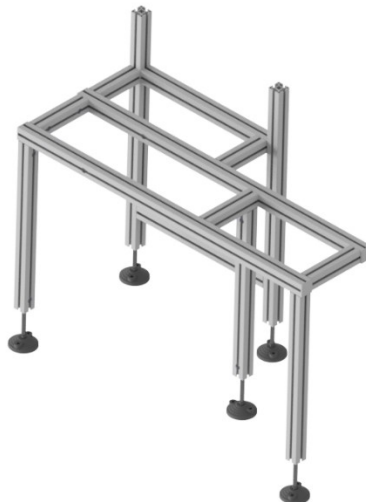


Figura 109 - Estrutura de apoio do quadro elétrico

3.4.6 Sistema de comando

O equipamento desenvolvido é controlado por um autómato programável, ou *Programmable Logic Controller* (PLC). Este componente trata-se de um computador especializado que permite o controlo e monitorização do funcionamento de toda a máquina. O funcionamento do autómato acontece de forma cíclica. Assim, qualquer alteração ao seu comportamento deve ser imposta pelo operador; o que leva à necessidade de introduzir um componente que permita a interação homem-máquina: a consola *Human-machine interaction* (HMI).

O acionamento dos componentes pneumáticos do equipamento está dependente da ação de electroválvulas. Estas são componentes que operam electromecanicamente, ou seja, transformam um sinal elétrico numa resposta mecânica. Quando recebem um sinal elétrico, as electroválvulas executam uma ação. Essa ação depende do sinal emitido e pode ser abertura ou fecho da válvula, permitindo ou não a passagem do ar ou ainda controlar o caudal de ar que passa.

O equipamento necessita destes componentes para o seu acionamento e controlo. Assim, tiveram de ser introduzidos no projeto os sistemas de comando, dos quais fazem parte o painel de controlo do equipamento, o quadro elétrico e as caixas de electroválvulas.

O painel de comandos do equipamento é o componente que permite ao operador interagir com a máquina. Este componente faz a interação entre o operador e o controlo do equipamento. Através do painel, é possível realizar as ações necessárias para o funcionamento do equipamento como o arranque e paragem da máquina ou a definição

do comprimento de corte. Este componente é apoiado sobre rodas, o que possibilita a sua mobilidade de acordo com as necessidades do operador e do espaço na fábrica.



Figura 110 - Painel de comandos do equipamento

O painel de comandos, representado na Figura 110, contém uma consola onde serão visíveis diversas informações. A consola reporta ao operador as informações relevantes acerca do funcionamento da máquina. Este sistema permite dar a conhecer ao operador o estado da máquina ou os erros detetados pelo equipamento para que possa corrigi-los. A consola permite também a inserção de dados que o operador necessita de passar para a máquina. O comprimento de espiral a cortar é um dos dados importantes que deve ser inserido na consola.

O acionamento do equipamento é realizado através dos botões de acionamento. Este componente contém quatro botões de acionamento:

- Botão *START*: permite o arranque do equipamento;
- Botão *STOP*: permite a paragem do ciclo da máquina;
- Botão *RESET*: permite o reinício dos contadores;
- Botão *AIR*: permite a entrada de ar comprimido na máquina.

O painel de comandos é também equipado com um botão de emergência. Este garante a paragem instantânea do equipamento em caso de emergência.



Figura 111 - Quadro elétrico

O equipamento desenvolvido é controlado por um autómato programável que aciona e monitoriza todos os processos efetuados de forma automática. O autómato, as cartas de entradas e saídas de sinal, os transformadores, os componentes elétricos e os componentes auxiliares são fundamentais ao funcionamento do equipamento. Estes componentes ficam armazenados dentro do quadro elétrico Figura 111. O quadro elétrico é suportado por uma estrutura concebida para o efeito e é fixado à proteção do equipamento. A sua função é o armazenamento, proteção e organização dos componentes de controlo.

As caixas de electroválvulas (Figura 112) foram desenvolvidas para armazenar e organizar as electroválvulas necessárias ao acionamento dos sistemas do equipamento. Foram inseridas duas caixas no equipamento para permitir maior distribuição das electroválvulas e maior organização das mesmas. As caixas são fixas à estrutura do sistema de preparação e limpeza e contêm furos que permitem a entrada de fios e a distribuição de ar comprimido por todos os cilindros pneumáticos do sistema.

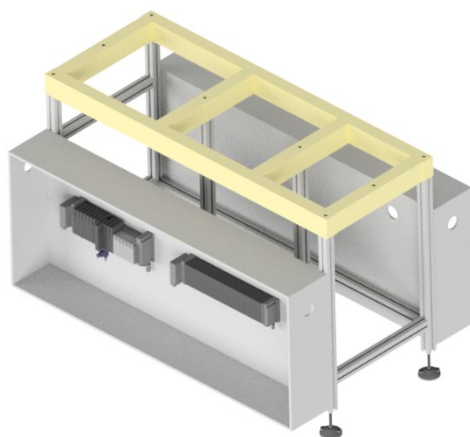


Figura 112 - Caixas das electroválvulas

3.4.7 Componentes anexos

O desenvolvimento deste projeto teve em consideração alguns componentes que, embora não façam parte dos mecanismos principais do equipamento, são indispensáveis ao seu funcionamento.

O primeiro componente a ter em conta são os contentores de entrada de espiral. A espiral chega à máquina em bobines de vários metros, dentro de contentores como os da Figura 113. Cada contentor de entrada de espiral contém uma espiral em bobine e, tendo em conta a capacidade de corte duplo do equipamento, serão necessários dois contentores. Estes serão colocados junto à entrada de espiral no equipamento e fora da proteção de segurança. Uma abertura na proteção permitirá a sua entrada para o mecanismo de arrasto.

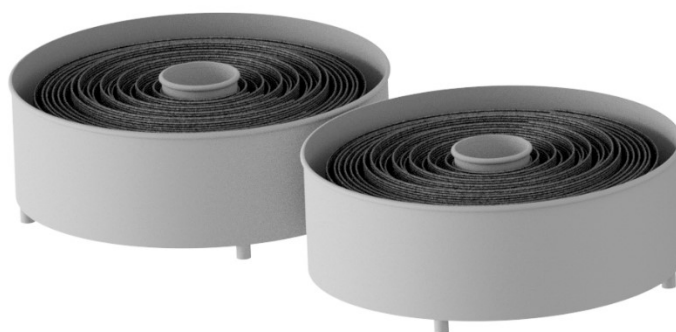


Figura 113 - Contentores de espiral

A afinação de comprimento do sistema de preparação e limpeza de espiral é um mecanismo com um curso considerável. Existem, porém, componentes neste mecanismo que necessitam de tubos e cabos condutores para funcionarem. Neste sentido e, para os cabos ficarem devidamente guiados e acompanharem o movimento, foi instalada uma calha articulada como representado na Figura 114. Esta é fixa em chapas concebidas para o efeito, fixas aos perfis estruturais do mecanismo e aos perfis de avanço de espiral.

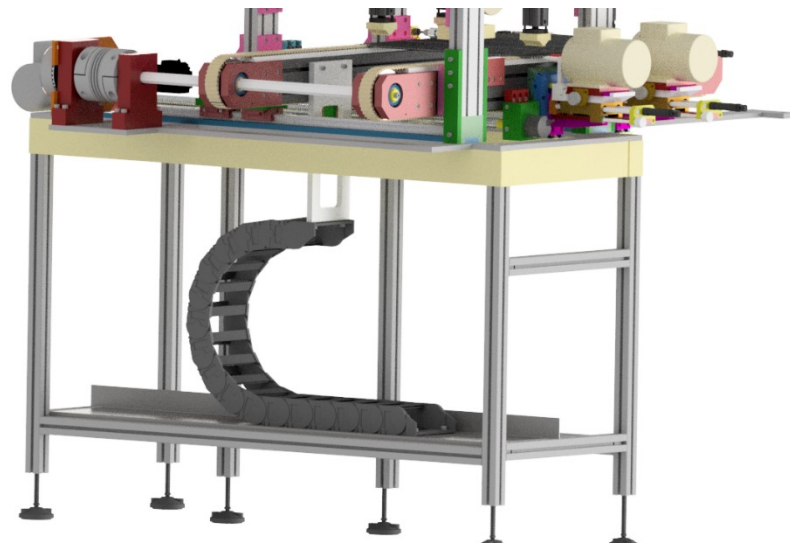


Figura 114 - Fixação da calha articulada

A deposição de espirais cortadas e processadas pela máquina é feita num contentor instalado à saída do equipamento (Figura 115). Este é fixo à estrutura de barra soldada do sistema de preparação e limpeza de espiral. Este componente é fixo no equipamento, mas estende-se até ao exterior da proteção de segurança, de forma a que seja possível a recolha das espirais pelos operadores.

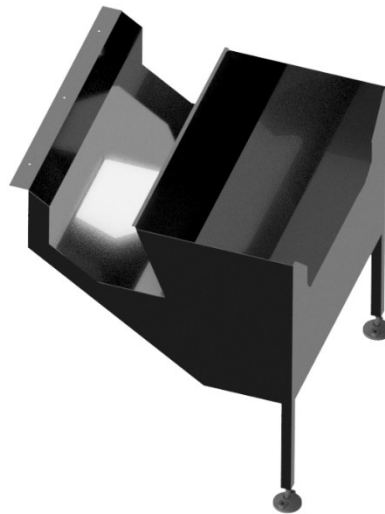


Figura 115 - Contentor de saída de espirais

3.4.8 Segurança

O equipamento de corte duplo de espiral com limpeza desenvolvido contém mecanismos que podem ser perigosos para os operadores. Neste sentido, existiu a necessidade de criar sistemas capazes de garantir a segurança das pessoas que circulam nas proximidades do equipamento. A operação do equipamento deve também ter em conta o cumprimento de determinadas instruções de segurança.

3.4.8.1 Componentes de segurança

Com o objetivo de impedir a aproximação de pessoas e objetos aos mecanismos do equipamento e de proteção do próprio equipamento, foi instalada uma barreira de segurança. Este sistema impede também que a projeção de qualquer componente que possa soltar-se do equipamento atinja alguém que esteja junto do equipamento.

A barreira é construída por pilares que garantem a sua fixação ao chão da fábrica e por rede que permite a vedação do sistema. Este deve, no entanto, permitir a entrada e saída de espirais para o equipamento e por isso foram abertas as entradas e saídas representadas na Figura 116. De forma a permitir o acesso ao interior do equipamento, para ações de manutenção, reparações ou mudança do disco de corte, foram introduzidas portas na barreira de segurança. Para possibilitar o acesso a todos os componentes da máquina foram instaladas 4 portas. Desta forma a barreira de segurança pode ficar mais próxima da máquina e assim permitir que o equipamento ocupe o menor espaço possível na fábrica, sem impedir o acesso ao equipamento quando necessário.

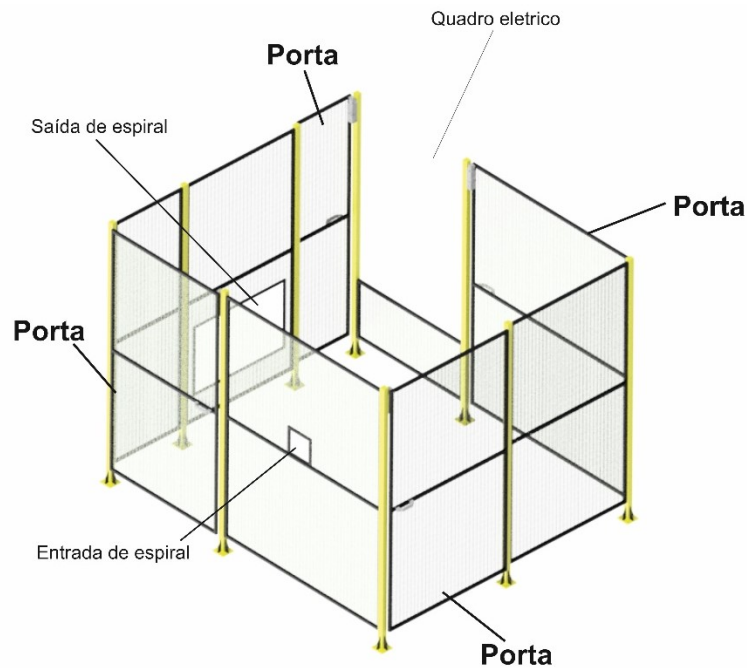


Figura 116 - Barreira de segurança do equipamento

As portas de acesso instaladas na barreira são equipadas com trincos de segurança que impedem a abertura da porta quando a máquina está em funcionamento. Desta forma, o acesso ao interior da proteção apenas é possível quando não existe perigo para o utilizador. O trinco de segurança fica aparafusado ao pilar estrutural da proteção e na porta é aplicado um acionador, como representado na Figura 117. Quando a porta é fechada, o trinco de segurança do sensor trava o acionador e o funcionamento da máquina é permitido. Uma vez em funcionamento, o trinco de segurança não permite a abertura da porta até receber informação da paragem do equipamento.

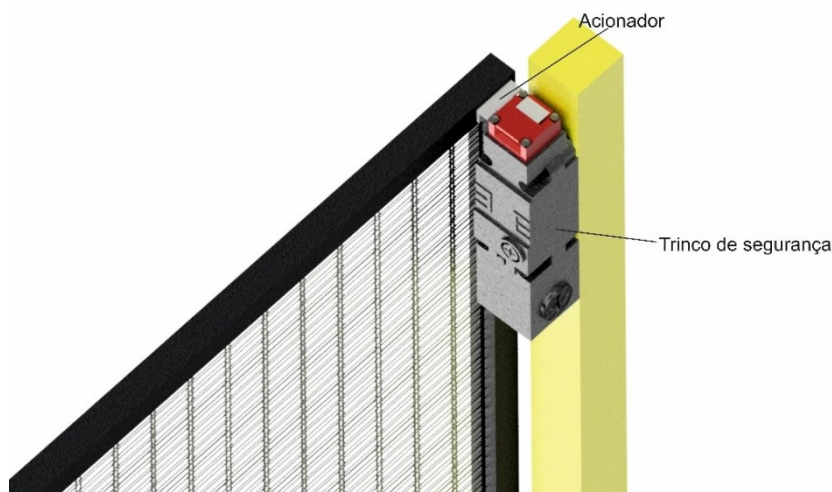


Figura 117 - Trinco de segurança das portas de acesso ao equipamento

A campânula de proteção da máquina de corte tem como função a proteção do utilizador do equipamento face ao disco de corte. Este elemento é certamente o componente mais perigoso do equipamento e por isso o sistema de segurança deve ser estudado com maior cautela. Tendo em conta o desleixo que possa existir por parte de qualquer utilizador do equipamento, não existe nenhum sistema de segurança que impeça o acionamento da máquina na presença de alguém no seu interior. Neste sentido torna-se importante a implementação de um sistema de segurança acrescido para a máquina de corte. Assim, a campânula de proteção da máquina de corte foi também equipada com um trinco de segurança semelhante ao anterior. Este impede a abertura da porta da campânula de corte quando a máquina de corte está em funcionamento e o acionamento da máquina enquanto a porta estiver aberta. A sua instalação é representada na Figura 118: o trinco de segurança é fixo na estrutura da campânula e é equipado com um acionador, fixo na porta.

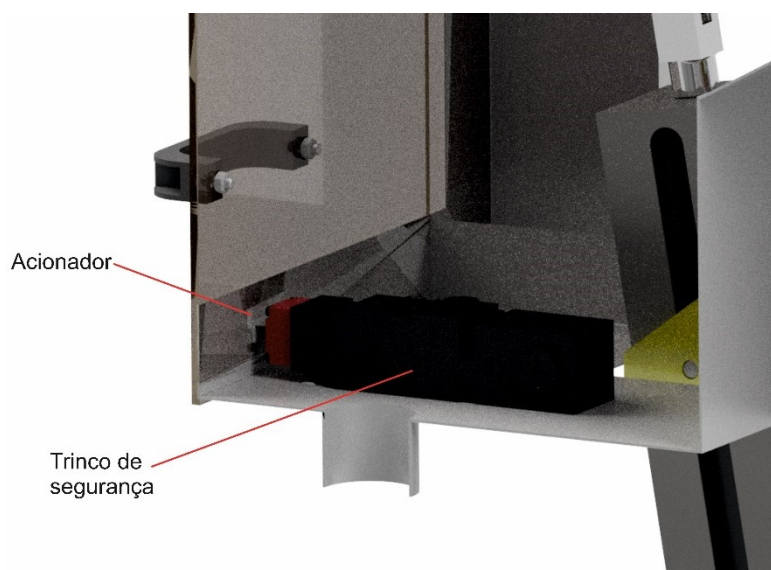


Figura 118 - Trinco de segurança da campânula de proteção da máquina de corte

Deve ser considerada ainda a hipótese de ocorrer algum acidente que por qualquer motivo os sistemas de segurança não tenham permitido impedir. Nesse caso, existe o botão de emergência que força a paragem imediata do equipamento de forma controlada e o mais rapidamente possível. Assim, todos os mecanismos param o seu movimento de imediato. O botão de emergência pode ser desativado, mas o equipamento apenas é reiniciado quando é acionado o botão 'START'.

O botão de emergência deve ser utilizado apenas em caso de perigo iminente para as pessoas ou para o equipamento. Este nunca deverá ser acionado para desligar o equipamento.

3.4.8.2 Instruções de segurança

De forma a impedir a ocorrência de acidentes devem ser seguidas determinadas instruções:

- O quadro elétrico deve permanecer fechado e impedir o acesso ao seu interior enquanto o equipamento estiver ligado;
- Os componentes que apresentam movimento não devem ser mexidos enquanto o equipamento estiver ligado;
- O equipamento deve ser operado apenas por utilizadores conhecedores do seu funcionamento;
- Os componentes de segurança não devem ser removidos;
- O funcionamento dos componentes de segurança deve ser verificado regularmente;
- As ações de manutenção devem ser realizadas com o equipamento desligado.

3.4.9 Instruções para a construção do equipamento

A construção do equipamento deverá ser realizada tendo em conta os desenhos técnicos das peças constituintes do equipamento, apresentados no Anexo 3. Deve ser tida em conta ainda a tecnologia de fabrico utilizada para a sua produção, de forma a permitir ao construtor determinar se poderá fabricar as peças ou encomendar a um fornecedor. Existem, porém, constituintes que deverão ser adquiridos externamente, pois seria impossível a sua produção.

Após a aquisição de todos os componentes que constituem o equipamento, deve ser tida em conta a sequência de montagem indicada nos subcapítulos seguintes. Esta permite facilitar o trabalho do construtor do equipamento.

3.4.9.1 Processos de fabrico

O processo de fabrico de cada componente é o primeiro fator importante a ter em conta na construção do equipamento. Para melhor compreender a tecnologia utilizada para obtenção dos componentes do equipamento, foi organizada a tabela apresentada no Anexo 2, que determina o material de cada peça e o processo de fabrico utilizado.

O processo de fabrico utilizado para o corte de chapas foi o corte com jato de água. Este processo permite o corte de chapas de espessura elevada e garante a qualidade da peça

final já que não existe zona termicamente afetada e origina poucas rebarbas e defeitos no acabamento.

A maquinagem e o torneamento adequam-se melhor à execução de peças com geometria mais complexa e com tolerâncias mais apertadas. Este processo é executado em máquinas especializadas e com bastante precisão e, por isso, é possível a obtenção de peças com elevada qualidade, mesmo em peças com geometrias complexas.

Quanto à ligação entre componentes, foi preferida a ligação aparafusada para a maioria dos componentes. Existem sistemas, porém, em que é preferível a utilização de ligação soldada.

O material utilizado para fabrico da maioria dos componentes foi o aço C45E. Este material é um aço de construção com excelentes propriedades mecânicas e bastante utilizado na construção de elementos de máquinas. Para componentes sujeitos à oxidação rápida e que devem ser protegidos desse fator, foi utilizado o aço inoxidável AISI 304.

Em componentes que não necessitam de propriedades mecânicas tão elevadas torna-se importante o fator da redução de peso. Tendo em conta a densidade elevada do aço, teria de optar-se por outro tipo de materiais. Adotou-se assim a utilização de alumínio, da liga AW5083, para componentes de fixação de sensores ou de sistemas mais simples, já que é um material que garante uma boa relação densidade-resistência mecânica, ou seja, apresenta uma densidade baixa e uma resistência mecânica razoável.

Foi ainda utilizado em alguns componentes o *Nylon*. Este material apresenta propriedades mecânicas inferiores aos anteriores, mas suficientes para as aplicações em questão. Considerando a sua reduzida densidade, foi aplicado em diversos componentes do equipamento.

3.4.9.2 Sequência de montagem

Para a montagem dos componentes do equipamento devem ser descritos os procedimentos que devem ser executados para simplificar o trabalho da pessoa que o irá fazer. Neste sentido, foram elaboradas as etapas apresentadas de seguida que pretendem demonstrar de forma sucinta a sequência de montagem do equipamento.

O primeiro componente a montar deverá ser a estrutura do equipamento, uma vez que todos os componentes são montados sobre esta. A montagem da estrutura deverá, porém, ser feita separadamente para cada mecanismo e a unida apenas no final. Devem ser montados os pés niveladores e regulada a altura da estrutura através dos pés niveladores. Para confirmar o alinhamento deve ser utilizado um nível, de preferência digital. Após retificação da inclinação devem ser apertadas as porcas para que os pés fixem a posição.

Para o mecanismo de corte, o primeiro sistema a montar será o mecanismo de arrasto. O procedimento de montagem deste mecanismo está representado na Figura 119. Após a montagem da sua estrutura podem ser montadas as chapas de fixação. Os rolamentos deverão ser montados à parte e entram no sistema juntamente com as peças que os fixam. Os veios de acionamento são montados com chavetas, e os casquilhos permitem

dar o afastamento necessário e travar as pistas interiores dos rolamentos. Os sensores e cilindros pneumáticos deverão ser montados no final, juntamente com as rótulas. O sistema deve ser posteriormente afinado para permitir a correta engrenagem das rodas dentadas quando os cilindros são acionados. A fixação de todos os componentes deve ser feita por ligação aparafusada.

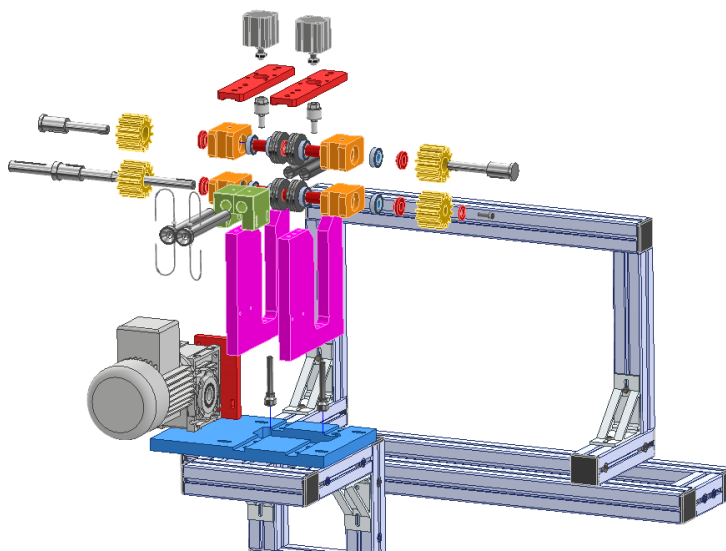


Figura 119 - Procedimento de montagem do mecanismo de arrasto

O sistema de puxe deverá ser montado à parte e posteriormente incorporado no equipamento como representado na Figura 120. Este deve ser montado sobre os blocos principais e posteriormente fixado às chapas de fixação. Os tubos de entrada e saída de espiral devem ser montados no final. A fixação de todos os componentes deve ser feita por ligação aparafusada.

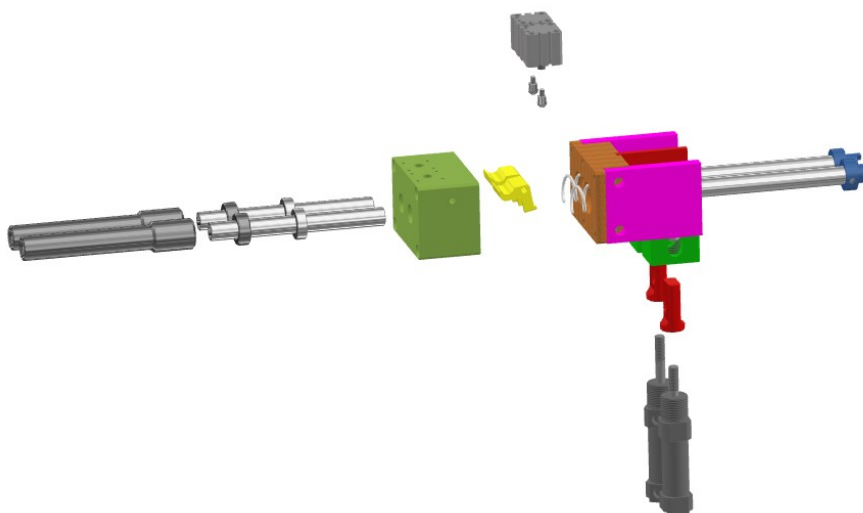


Figura 120 - Procedimento de montagem do sistema de puxe

A máquina de corte deverá ser montada sobre os elementos de fixação ao perfil e posteriormente aplicadas as chapas de fixação do motor e disco de corte, como

representado na Figura 121. Os veios devem ser montados nesta fase, assim como o acionador e o servomotor. O motor elétrico pode também ser instalado nesta altura e posteriormente as polias e correias, procedendo-se ao seu esticamento. Finalmente é instalada a proteção do disco de corte e de seguida o disco de corte, assim como os seus elementos de fixação. A proteção do disco de corte deverá ser montada já com as peças para instalação do sistema de arrefecimento. O sensor de desgaste do disco deverá ser instalado nesta altura. Numa fase final devem ser posicionados os componentes de forma a que o acionador coloque o disco na posição de corte.

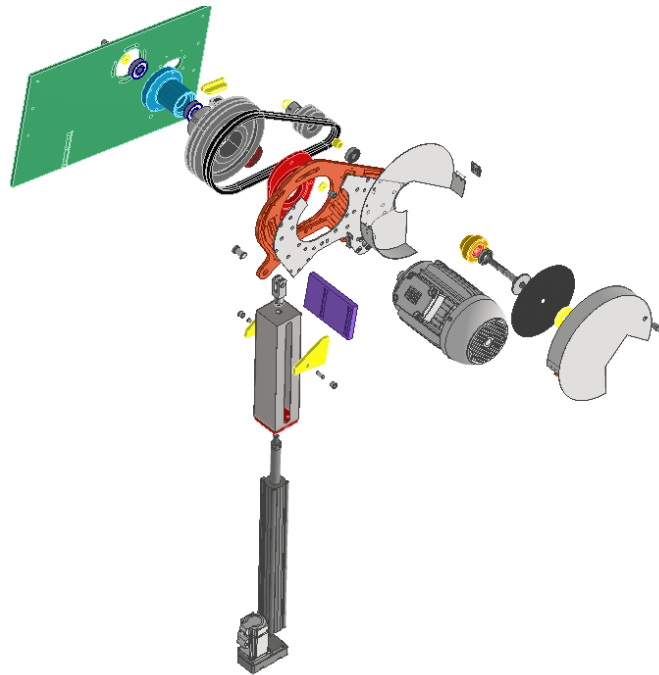


Figura 121 - Procedimentos de montagem da máquina de corte

Após a montagem da máquina de corte a estrutura deve ser acoplada à estrutura do sistema de preparação e limpeza de espiral. Caso contrário, a estrutura do mecanismo de corte não deverá ser capaz suportar o mecanismo. Nesta altura deverá também ser instalado o sistema de arrefecimento. A montagem deste sistema consiste na fixação do ventilador por ligação aparafusada e na ligação dos tubos de ventilação.

A instalação da campânula de proteção da máquina de corte deve ser instalada depois da máquina de corte. O primeiro componente a ser fixado é a campânula, construída previamente em ligação soldada. A chapa inferior é montada apenas depois do calcador de corte para permitir a sua montagem. Já a chapa superior pode ser soldada à campânula nesta altura. De seguida devem ser fixadas as ventoinhas de exaustão do ar quente. O trinco de segurança deve ser montado ainda com a porta aberta e, uma vez instalado, a porta deve ser fixada com as dobradiças, assim como o puxador e o acionador do trinco de segurança.

O calcador de corte deve também ser instalado à parte e fixado à posteriori da forma demonstrada na Figura 122. Os veios deverão ser montados no calcador, assim como o cilindro pneumático. Posteriormente devem ser instaladas as chapas de proteção e

finalmente o sistema deve ser instalado na chapa de fixação da máquina de corte. O sistema é fixado por ligações aparafusadas. Por fim, o sistema deve ser afinado de acordo com a posição do disco de corte.

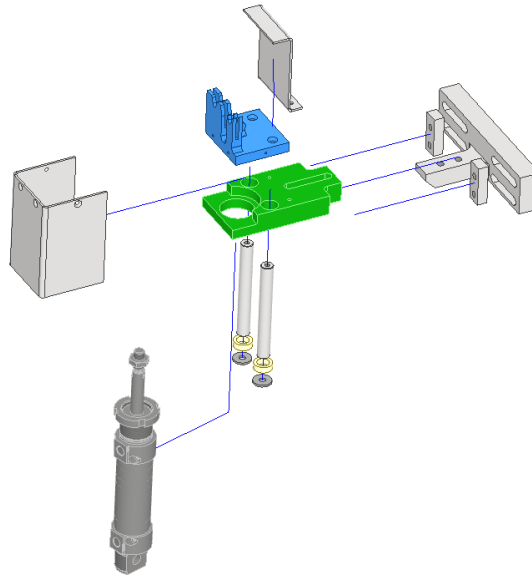


Figura 122 - Procedimento de montagem do calcador de corte

Após a instalação do calcador deve ser montada a chapa inferior da campânula de corte. Restam então os componentes que serão fixos às réguas de corte. A instalação das réguas de corte, porém, está dependente da montagem do sistema de preparação e limpeza, já que as réguas ficam presas a este sistema.

O sistema de preparação e limpeza deve ser instalado a partir do sistema de afinação de comprimento. A sua instalação (Figura 123) deve começar por fixar a estrutura de barra em ligação soldada à estrutura, através de ligação aparafusada. Posteriormente devem ser montadas as réguas e as guias lineares. As guias lineares devem ser instaladas já com os patins. As peças de fixação aos perfis deverão ser instaladas nesta altura, assim como a peça de fixação do sensor. Por fim, devem ser montados no fuso os componentes associados a este, mas a sua fixação à restante estrutura depende da instalação dos perfis de alumínio.

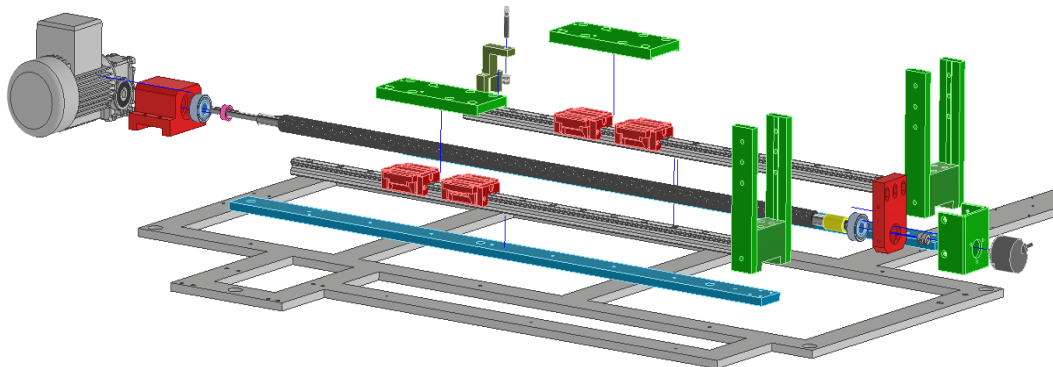


Figura 123 - Procedimento de montagem do mecanismo de afinação de comprimento

A montagem do sistema de avanço de espiral, representada na Figura 124, deve começar pela instalação dos perfis horizontais e verticais. De seguida, devem ser montadas as polias nas chapas de fixação, juntamente com os componentes adequados. As polias devem ser montadas à parte e posteriormente devem ser instaladas nos perfis horizontais. Deve proceder-se, nesta altura, ao esticamento das correias. A montagem do varão sextavado pode ser realizada após a montagem das polias, seguida da instalação do servomotor e dos componentes que fazem a transmissão do movimento até o veio. O esticamento da correia de acionamento deve também ser feito após a sua instalação. Finalmente o fuso pode ser fixado aos perfis horizontais.

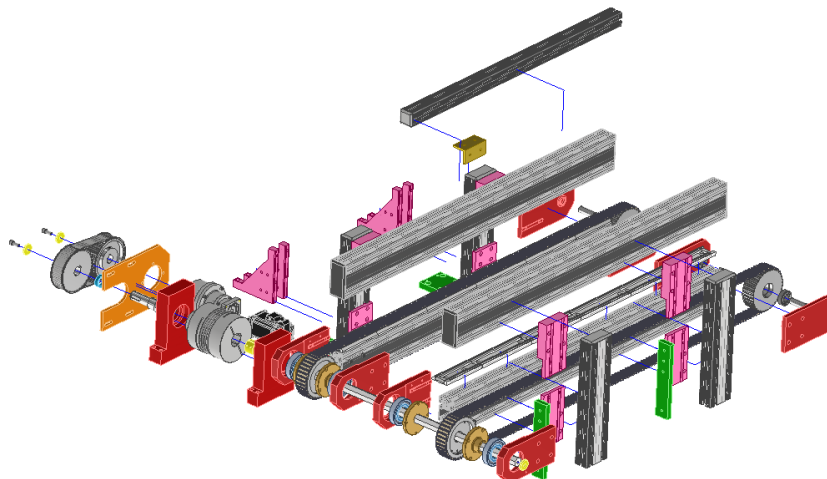


Figura 124 - Procedimento de montagem do sistema de avanço de espiral

A instalação das réguas de corte, demonstrada na Figura 125, agora é possível e deve começar pela montagem dos perfis de alumínio. De seguida devem ser montadas as chapas de fixação ao sistema de preparação e limpeza de espiral. Depois de o sistema estar fixo, são instaladas as peças de base do sistema onde será instalada a guia. De seguida são instalados os cilindros pneumáticos, as garras de fixação e os batentes das gavetas, através das peças de fixação dos cilindros. Após instalação das gavetas o sistema fica operacional, mas deve ser testado antes da utilização.

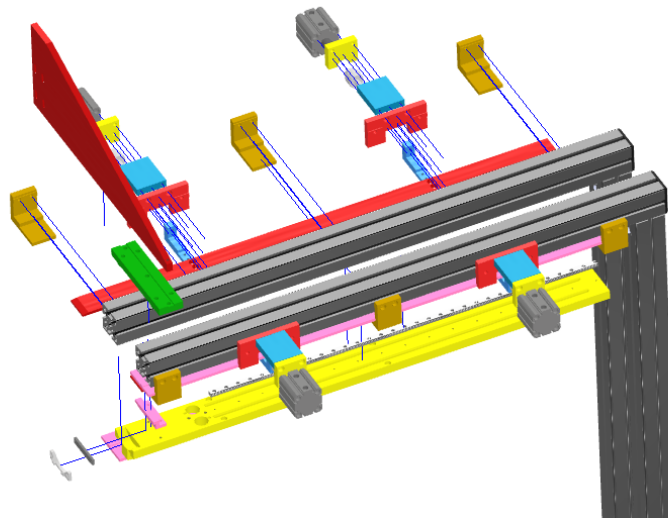


Figura 125 - Procedimento de montagem das réguas de corte

O sistema antirretorno é montado sobre as réguas de corte, como representado na Figura 126. As peças de fixação do sistema deverão começar por ser montadas nas réguas. As peças de travamento da espiral devem ser roscadas nos cilindros e posteriormente os cilindros podem ser instalados no sistema.

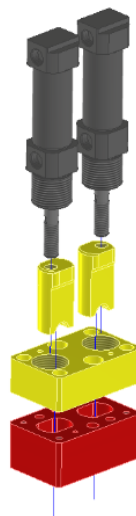


Figura 126 - Procedimento de montagem do sistema anto-retorno

O sistema de apoio à extração deve ser montado à parte, como representado na Figura 127 do restante equipamento e posteriormente aparafusado às réguas de corte.

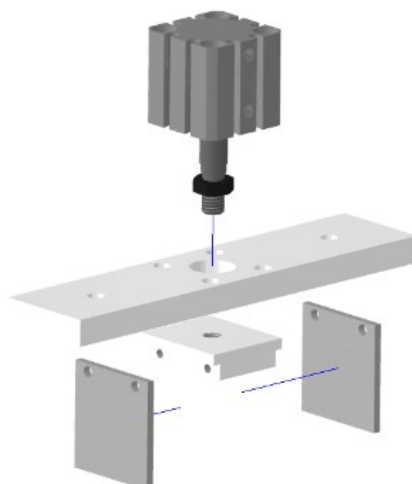


Figura 127 - Procedimento de montagem do sistema de apoio à extração

O sistema de deteção de espiral deve também ser instalado à parte do restante equipamento. O patim deve permanecer com as capas de proteção tal como é fornecido. O sistema deve ser montado como representado na Figura 128 e de seguida instalado na guia, enquanto a capa de proteção do patim é retirada. Este procedimento deve ser realizado com bastante cuidado para que as esferas no interior do patim não caiam. Ao sistema deve ser associado o perfil do sistema de afinação de comprimento e por fim o sistema deve ser afinado corretamente. Após afinação deve ser realizado um teste para confirmar se o comprimento das espirais é o desejado.

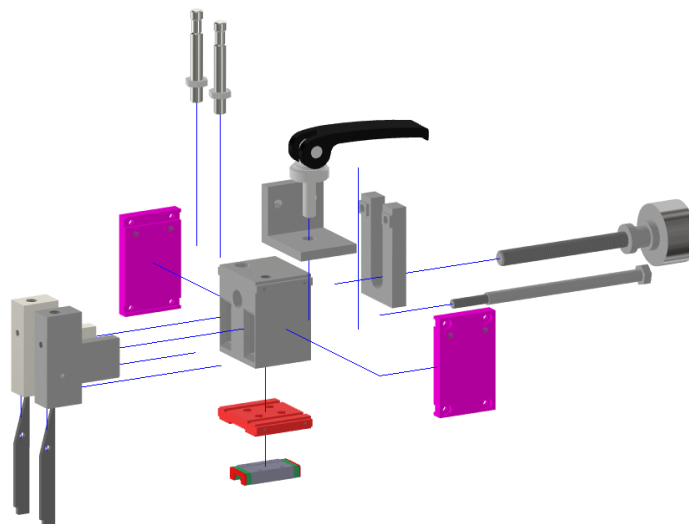


Figura 128 - Procedimento de montagem do sistema de deteção de espiral

Os postos de limpeza interior e exterior devem ser montados à parte de todo o equipamento e instalados posteriormente. A sua montagem deve ser feita de acordo com o procedimento da Figura 129. De seguida, os postos devem ser instalados nos perfis horizontais através de ligação aparafusada. Após a sua instalação, o sistema deve ser afinado corretamente com as espirais.

horizontais móveis do sistema de preparação e limpeza. De seguida devem ser montados o perfil e a roda de apoio do sistema. As guias lineares e os respetivos patins deverão ser então fixados às chapas de suporte. A fixação dos 4 cilindros pneumáticos e da sua proteção ao sistema deve ser feita em simultâneo nesta altura. Para isso, devem ser também instaladas as chapas de proteção do eixo X. Por último, deve ser montada a peça de fixação da espiral, à qual deve ser montado previamente o íman.

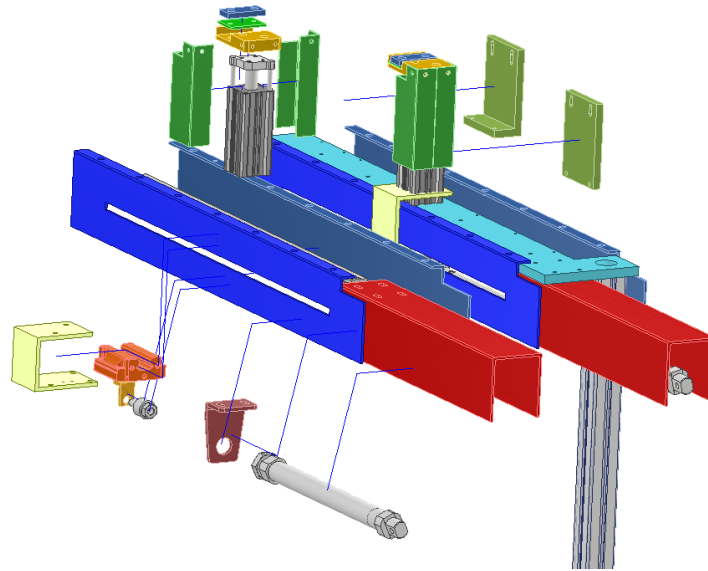


Figura 131 - Procedimento de montagem do manipulador

Após a montagem dos mecanismos do equipamento, devem ser instalados os componentes anexos. As caixas de electroválvulas são, nesta altura, fixadas à estrutura e as electroválvulas instaladas. Após a sua instalação pode proceder-se à instalação da tubagem pneumática de todo o equipamento.

A calha articulada deve ser instalada assim que o sistema de avanço do sistema preparação e limpeza for instalado. Nesta altura esta poderá ser fixa e deixada aberta para que posteriormente sejam passados os cabos. Quando estes forem ligados, a calha deve ser fechada.

A instalação das barreiras de proteção pode ser realizada após a montagem do equipamento. Em primeiro lugar devem ser instalados os pilares e depois a rede. Após a instalação das portas devem ser instalados os trincos de segurança e os respetivos acionadores. Neste momento o acesso ao interior do equipamento é já condicionado e por isso os componentes de grande porte devem ser montados nos passos anteriores.

Uma vez instalada a barreira de segurança e a estrutura do equipamento, deve ser montado o quadro elétrico. Após a sua instalação devem ser colocados os componentes elétricos e de controlo do equipamento e ligados os cabos condutores aos elementos de toda a máquina.

O painel de comandos da máquina deve ser montado como representado na Figura 132. Devem então ser ligados os cabos condutores aos botões de acionamento adequados e à consola.

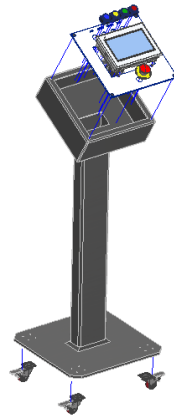


Figura 132 - Procedimento de montagem do painel de comandos

O contentor de saída de espiral deve ser instalado após a montagem das barreiras de segurança. Este deve ser fixo na estrutura de barra soldada do sistema de preparação e limpeza através de ligação aparafusada.

Após a montagem e instalação de todos os componentes do equipamento deve ser novamente regulada a altura dos pés niveladores, assim como retificada a afinação de todos os componentes que a permitem. Deve, nesta altura, ser ligado o tubo de aspiração aos bocais da campânula de proteção da máquina de corte.

Finalmente, deve ser testado o funcionamento dos componentes de segurança e caso estejam a funcionar corretamente o equipamento deve ser ligado. Após analisar o funcionamento de todos os sensores e movimentos da máquina, esta estará pronta para entrar em operação.

3.4.10 Manutenção do equipamento

Durante o tempo de vida do equipamento deverão ser levadas a cabo determinadas medidas de manutenção preventiva. Entende-se por manutenção preventiva o conjunto de todas as ações necessárias para garantir a conservação do equipamento. Este tipo de medidas permite estender o seu tempo de vida o mais possível e evitar a ocorrência de avarias.

As ações de manutenção preventiva devem ser realizadas regularmente e a sua frequência ajustada de acordo com o seu tempo de utilização. A manutenção preventiva deverá ter em consideração os seguintes fatores:

- Verificação do circuito pneumático no equipamento e do circuito que o alimenta;
- Lubrificação dos rolamentos e guias lineares;
- Ajuste do esticamento das correias;
- Retificação da afinação dos componentes que o permitem;
- Verificação do funcionamento e limpeza dos sensores;

- Verificação das saídas de ar (tanto da proteção do disco de corte como no posto de limpeza por sopro de ar);
- Verificação do sistema elétrico;
- Verificação dos servomotores e motores elétricos;
- Aspiração da campânula de proteção da máquina de corte;
- Limpeza das correias de avanço das espirais;
- Verificação do estado de degradação dos componentes;
- Ensaio e testes ao funcionamento de todo o equipamento;
- Verificação dos componentes de segurança.

Após realização da manutenção preventiva, deve ser realizada a limpeza geral do equipamento, e os componentes que foram desmontados para manutenção deverão ser colocados no seu devido lugar. Por fim, deve ser analisada a inexistência de componentes ou ferramentas estranhas ao funcionamento da máquina e verificadas todas as condições necessárias ao arranque do equipamento.

**CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE
TRABALHOS FUTUROS**

4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

A procura de soluções automáticas para equipamentos industriais está associada a aumentos de produtividade e redução de custos de produção, favorecendo ainda o aumento de qualidade dos produtos. O trabalho desenvolvido nesta dissertação está associado ao aumento da capacidade de corte de cabos de espiral.

No equipamento desenvolvido inserem-se diversas especialidades de engenharia que foram adaptadas num sistema único e complexo que permite o bom funcionamento do mecanismo.

O trabalho desenvolvido teve em consideração o cumprimento de determinados objetivos. Pode agora confirmar-se que o equipamento cumpre com os requisitos impostos inicialmente:

- Permite o corte de duas espirais em simultâneo;
- Funciona de forma automática;
- Permite o ajuste do comprimento de corte entre os 200 mm e os 600 mm;
- Permite a saída de produto final com o acabamento desejado;
- Possibilita o aumento das cadências de produção para o dobro;
- Permite a sua utilização por várias horas sem surgirem problemas;
- Possibilita a sua construção de forma simples e viável em contexto industrial;
- Apresenta os componentes de segurança impostos pela legislação.

Um dos principais objetivos da realização deste trabalho seria a otimização e resolução dos problemas existentes no projeto inicial. Quando comparados os equipamentos inicial e final, pode ser observada uma simplificação significativa, essencialmente no sistema de preparação e limpeza, onde foram retirados todos os componentes desnecessários. A nível estrutural foram também feitas simplificações, devido à utilização de perfis de alumínio, o que facilita a montagem do equipamento. A simplificação efetuada ao projeto inicial permite a implementação de um equipamento de menores dimensões, promovendo o aproveitamento do espaço.

É ainda de ter em conta a otimização feita em termos de custos de operação do equipamento. A nível de arrefecimento, os custos associados à utilização de ar comprimido foram excluídos, uma vez que o arrefecimento é feito por um ventilador.

Os tempos de paragem de qualquer equipamento industrial representam perdas de produção e por isso os tempos de paragem para pequenas ações de manutenção são de evitar. As paragens efetuadas para limpeza dos detritos provenientes do corte foram eliminadas devido à implementação do manipulador.

É possível verificar que todos os requisitos impostos foram cumpridos. Pode então afirmar-se que, tendo em conta o conteúdo da presente dissertação, o equipamento se encontra em condições de ser construído. Há que considerar, porém, que será feita uma avaliação, por parte da empresa, relativamente aos custos associados à construção e colocação em operação do equipamento.

Neste projeto, como em qualquer trabalho, está implícita a necessidade de melhoria contínua. Por efeito da evolução da tecnologia, a desatualização dos sistemas utilizados é inevitável. Há que ter em conta, porém, que poderiam ser feitas melhorias ao equipamento desenvolvido. A realização do projeto pneumático e do projeto de automação são aspetos a ter em conta em trabalhos futuros.

De modo geral, o desenvolvimento desta dissertação cumpriu com aquilo que foi proposto. A sua concretização tornou-se bastante gratificante, uma vez que foi possível o desenvolvimento de uma máquina que pode ser construída realmente e que poderá ter um papel fulcral na produção de componentes para automóveis.

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES
DE INFORMAÇÃO**

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

1. Fonseca, L.M. e J.P. Domingues, *Reliable and Flexible Quality Management Systems in the Automotive Industry: Monitor the Context and Change Effectively*. Procedia Manufacturing, 2017. **11**: p. 1200-1206.
2. Rodrigues, J.C.B., *A implantação do automóvel em Portugal (1895-1910)*. 2012, Tese de Doutoramento. Faculdade de ciências e tecnologia. Universidade Nova de Lisboa.
3. Costa, L., *A história e genialidade do automóvel*, in *Painel*. 2016, Associação de engenharia, Arquitetura e Agronomia de Ribeirão Preto: Ribeirão Preto, Brasil.
4. Anupindi, R., et al., *Managing business process flows*. Vol. 400. 1999: Prentice Hall New Jersey.
5. Jocou, P., *No coração da Mudança: A qualidade total como projecto de gestão*. Pensar a Gestão, ed. 2. 1992: Edições Cetop. Sintra. Portugal.
6. Atkinson, R., *Project management: cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, its time to accept other success criteria*. International journal of project management, 1999. **17**(6): p. 337-342.
7. *A IMPORTÂNCIA DA NORMALIZAÇÃO*. 2013 Novembro/2019]; Available from: http://www1.ipq.pt/pt/normalizacao/a_importancia_da_normalizacao/Pages/A-Importancia-da-Normalizacao.aspx.
8. *ISO 9000 FAMILY – QUALITY MANAGEMENT*. 2015 Outubro de 2019]; Available from: <https://www.iso.org/iso-9001-quality-management.html>.
9. Santos, M.e H. Neto, *A norma IATF 16949:2016: mudanças, transição, caminhos e oportunidades*. Cadernos de Engenharia de Segurança, Qualidade e Ambiente, 2018.
10. Araújo, W.F.d.S., *Optimização de Processo Semiautomático de Fabrico de Componentes para Automóveis*. 2014, Tese de Mestrado. Instituto Superior de engenharia do Porto. Porto.
11. Porter, M.E., *The competitive advantage of nations*. 1993, Cambridge. EUA: Harvard Business School Management Programs Cambridge.
12. Costa, M.J.R.M.J., *Optimização do processo de fabrico de componentes para a indústria automóvel*. 2014, Tese de Mestrado. Instituto Superior de Engenharia do Porto. Porto.
13. Holweg, M., *The evolution of competition in the automotive industry*, in *Build to order*. 2008, Springer: Londres. Inglaterra. p. 13-34.
14. Costa, R.J.S.d., *Projeto de Equipamento Flexível para Montagem de Conjuntos para Limpa Para-Brisas de Automóvel*. 2016, Tese de Mestrado. Instituto Superior de Engenharia do Porto. Porto.
15. Veloso, F., C. Henry, e R. Roth. *Can Small Firms Leverage Global Competition? Evidence from the Portuguese and Brazilian Automotive Supplier Industries*. in

- Fourth International Conference on Technology Policy and Innovation*. 2000. Citeseer.
16. Reis, L.C.P.B., *Fatores estratégicos de desenvolvimento da indústria de componentes para automóvel em Portugal: os determinantes da qualidade das empresas*. 2001, Tese de Mestrado. Instituto Superior Técnico. Lisboa.
 17. Bloom, J., I. Lambrechts, e N. Le Roux, *Distinguishing between capital intensive and labour intensive enterprises listed in the industrial sector of the JSE*. *Manag Dyn*, 1998. 7(4): p. 39-68.
 18. GEMO. *Starke Argumente für ein starkes Produkt*. 2019 12/2019]; Available from: <https://gemo.de/seilzuege/>.
 19. Viana, F.d.B., *Estudo de problemas de corrosão em cabos de aço zincado*. 2015, Tese e Mestrado. Instituto Superior de engenharia do Porto. Porto.
 20. Santos, P.R.O.d., *Desenvolvimento do projeto de uma máquina de preparação de tubo espiral*. 2018, Tese de Mestrado. Instituto Superior de engenharia do Porto. Porto.
 21. Vilas, J.P.M.J., *Projeto de melhoria de equipamento para a produção de cabos de comando para veículos*. 2018, Tese de Mestrado. Instituto Superior de Engenharia do Porto: Porto, Portugal.
 22. *ISO 2408:2017 Steel wire ropes — Requirements*, I.O.f. Standardization, Editor. 2017, Technical Committee : ISO/TC 105 Steel wire ropes. p. 50.
 23. ISO. *ISO 3108: 2017 Steel wire ropes - Test method - Determination of measured breaking force*. 2017 11/2019]; Available from: <https://www.iso.org/standard/66725.html>.
 24. Roell, Z. *Testing of Wires and Cables*. 2019 01/2020]; Available from: <https://www.zwickroell.com/en/metals/long-products/wire>.
 25. Oliveira, H.W.N.d.S., *SimCable: atrito entre corda e bainha em cabos para a indústria automóvel*. 2009, Tese de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto.
 26. Arizona Wire Rope & Rigging, I. *Basic Components*. 2015 11/2019]; Available from: <http://wirerope.net/azwr/basic-comp/>.
 27. *FLAT WIRE SPIRALS, in Spirals*, V.S.G.C. KG, Editor. 2019: Dortmund. Alemanha.
 28. Dias, V.W., *Influência dos procedimentos de corte sobre as distribuições de tensões residuais em barras redondas trefiladas de aço ABNT 1045*. 2013, Tese de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do sul. Brasil.
 29. Extec. *EXTEC Labcut® 300AF - Advanced Floor Model Abrasive Cutting Machine*. 2019 12/2019]; Available from: <https://www.extec.com/maxima/equipment/labcut-300af-advanced-bench-top-abrasive-cutting-machine/>.
 30. Rosario, J.M., *Automação industrial*. 2009, São Paulo. Brasil: Editora Baraúna.
 31. Moniz, A., *Competitividade no sector automóvel e formas inovadoras de gestão do emprego em Portugal*. *WorTiS - Work systems, Time and Space in the automobile industry, 2006*(Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa. Portugal).
 32. Groover, M.P., *Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing*. 2007, Upper Saddle River, EUA: Prentice-Hall.

33. Antonioli, I., *Standardization and optimization of an automotive components production line*. Procedia Manufacturing, 2017. **13**: p. 1120-1127.
34. Guariente, P., *Implementing autonomous maintenance in an automotive components manufacturer*. Procedia Manufacturing, 2017. **13**: p. 1128-1134.
35. Hunter, S.L., *Ergonomic evaluation of manufacturing system designs*. Journal of manufacturing systems, 2001. **20**(6): p. 429-444.
36. Ollero, A., *Mechatronics, robotics and components for automation and control: IFAC milestone report*. Annual Reviews in Control, 2006. **30**(1): p. 41-54.
37. Bloomberg. *ALEMANHA BMW AUTO*. 2015 12/2019]; 466582828:[Available from: <https://www.gettyimages.co.nz/photos/production-of-the-bmw-3-series-in-munich?mediatype=photography&page=2&phrase=production%20of%20the%20bmw%203%20series%20in%20munich&sort=mostpopular>.
38. Moreira, B., *A Novel Concept Of Production And Assembly Processes Integration*. Procedia Manufacturing, 2017. **11**: p. 1385-1395.
39. Demoly, F., *An assembly oriented design framework for product structure engineering and assembly sequence planning*. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2011. **27**(1): p. 33-46.
40. Feldmann, K., B. Müller, e T. Haselmann, *Automated assembly of lightweight automotive components*. CIRP Annals-Manufacturing Technology, 1999. **48**(1): p. 9-12.
41. Schleich, H., J. Schaffer, e L.F. Scavarda. *Managing complexity in automotive production*. in *19th international conference on production research*. 2007. Valparaiso. Chile: Citeseer.
42. Chryssolouris, G., N. Papakostas, e D. Mavrikios, *A perspective on manufacturing strategy: Produce more with less*. CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, 2008. **1**(1): p. 45-52.
43. Cecil, J., D. Powell, e D. Vasquez, *Assembly and manipulation of micro devices— A state of the art survey*. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2007. **23**(5): p. 580-588.
44. Vittorio De Filippis, S.Z., *Une usine du monde en pleine reconversion*. Libération, 2017.
45. Group, S. *AUTOMATED GUIDED VEHICLES*. 2019 [cited 2019 12/019]; Available from: <https://www.skilledgroup.com/products-category/automated-guided-vehicles/>.
46. Farias, R. *Audi prueba un nuevo proceso de pintura más eficiente*. 2018.
47. Festo. *Pick & place unit*. 2019 01/2020]; Available from: https://www.festo.com/cms/pt_pt/9877.htm.
48. Automation, R. *What is a bowl feeder? How does it work?* 2014 01/2020]; Available from: <https://www.rnaautomation.com/blog/bowl-feeder-work/>.
49. mk North America, I. *Indexing Conveyor Systems*. 2019 01/2020]; Available from: <https://www.mknorthamerica.com/engineered-solutions/indexing/>.
50. Robotnik. *MOBILE MANIPULATOR RB-1*. 2019 01/2020].
51. *Our History - A past linked to the future*. Company 2020 12/06/2020]; Available from: <https://www.ficosa.com/company/our-history/>.

52. Ficosa. *Ficosa reinforces its presence in Portugal with new facilities*. 2018 05/2020]; Available from: <https://www.ficosa.com/news/ficosa-reinforces-its-presence-in-portugal-with-new-facilities/>.
53. Portugal, J. *Jacto de água*. 2019 [cited 2020 09/2020]; Available from: <https://portugal.myjacquet.com/servicos-de-corte/jacto-de-agua>.
54. Struers. *MINITOM*. 2020 04/2020]; Available from: <https://www.struers.com/en/Products/Cutting/Cutting-equipment/Minitom>.
55. MayTec, *The Profile System*, in *Produktübersicht - 2020*, M.S. Technology, Editor. 2013: Olching. Alemanha.
56. Eles+Ganter, *Levelling elements for ground mounting*, Eles+Ganter, Editor. 2018, LV.F: Milão. Itália.

ANEXOS

- 6.1 ANEXO1 – Lista de materiais
- 6.2 ANEXO2 – Processos de fabrico
- 6.3 ANEXO3 – Desenhos técnicos

6 ANEXOS

6.1 ANEXO1 – Lista de materiais

Nº	Componente	Referência	Quant.	Material
1	Abraçadeira	2AASI050	2	AISI 304
2	Acionador	MCDEL_1_2_11	2	C45E
3	Acionador	MCDEL_1_9_10	2	C45E
4	Acionador da mola	MCDEL_1_2_12	2	C45E
5	Acionador do trinco de segurança	D4DS_K2	1	Alumínio
6	Acoplamento	KB4-500-112	1	-
7	Acoplamento	CPRSC16-6-6	1	C45E
8	Acoplamento p/ veio	MCDEL_3_1_25	1	C45E
9	Afinação simples X	MCDEL_3_4_01	4	C45E
10	Afinação simples Y	MCDEL_3_4_02	4	C45E
11	Afinador manual	MCDEL_1_9_07	1	C45E
12	Afinador vertical	MCDEL_1_1_11	2	C45E
13	Alavanca	gn_31961	1	-
14	Anel elástico p/ eixo	DIN 471 16x1	1	Aço de Mola
15	Anilha	MCDEL_1_1_04	3	C45E
16	Anilha	07320-10	1	C45E

17	Anilha	MCDEL_1_3_14	1	C45E
18	Anilha	MCDEL_1_3_16	1	C45E
19	Anilha	MCDEL_1_4_06	2	C45E
20	Anilha	MCDEL_3_1_13	3	C45E
21	Aperto do sensor	MCDEL_1_3_17	1	Alumínio
22	Aperto do sensor	MCDEL_3_1_33	1	Alumínio
23	Apoio de suporte	MCDEL_3_4_11	4	C45E
24	Apoio do sistema	MCDEL_3_4_09	4	C45E
25	Atuador	MCDEL_3_6_04	1	Nylon
26	Atuador	MCDEL_3_6_13	1	Nylon
27	Atuador	LEY32LNNTA-350M	1	-
28	Barra de Suporte	MCDEL_2_0_01	1	C45E
29	Barreira de Proteção	Barreira de Proteção	1	-
30	Base com afinação horizontal	MCDEL_3_4_06	4	C45E
31	Base de fixação motor	MCDEL_3_4_05	4	C45E
32	Base de movimento horizontal	MCDEL_3_4_04	4	C45E
33	Batente	MCDEL_1_4_07	2	Nylon
34	Batente das Gavetas	MCDEL_1_5_08	4	C45E
35	Batente espiral	MCDEL_3_4_43	8	C45E
36	Batente limitador do motor	MCDEL_3_4_21	4	C45E
37	Bloco de fixação 1	MCDEL_1_6_03	1	C45E
38	Bloco de fixação 2	MCDEL_1_6_02	1	C45E

39	Bloco principal	MCDEL_1_2_02	1	C45E
40	Bloco principal	MCDEL_1_9_03	1	C45E
41	Botão de acionamento	23042	4	-
42	Botão de emergência	23113	1	-
43	Caixa de Electroválvulas	MCDEL_0_5_01	2	C45E
44	Caixa de proteção	MCDEL_1_0_01	1	C45E
45	Calçador	MCDEL_1_4_01	1	C45E
46	Calha articulada	1_072m_3500_125_200_0___3125_34PZ_2	1	
47	Casquilho	MCDEL_1_1_07	1	C45E
48	Casquilho	MCDEL_1_1_09	1	C45E
49	Casquilho	MCDEL_1_1_08	3	C45E
50	Casquilho	MCDEL_1_1_23	2	C45E
51	Casquilho	MCDEL_1_1_06	3	C45E
52	Casquilho	Casquilho tipo B 15x20x25	2	Bronze
53	Casquilho	MCDEL_1_3_04	1	C45E
54	Casquilho	MCDEL_1_3_13	1	C265
55	Casquilho	MCDEL_1_3_15	1	C45E
56	Casquilho	Casquilho tipo B 10x14x10	2	-
57	Casquilho	MCDEL_3_1_24	1	C45E
58	Casquilho	MCDEL_3_3_04	1	C45E
59	Casquilho	MCDEL_3_3_08	1	C45E
60	Casquilho para ponteira	MCDEL_3_4_16	1	C45E

61	Chapa base do sistema	MCDEL_1_1_05	1	C45E
62	Chapa de afastamento do cilindro	MCDEL_1_5_05	4	C45E
63	Chapa de afinação	MCDEL_1_4_03	1	C45E
64	Chapa de corte	MCDEL_1_3_05	1	AISI 304
65	Chapa de corte	MCDEL_1_3_06	1	C45E
66	Chapa de extração	MCDEL_1_8_03	2	C 265
67	Chapa de fixação	MCDEL_1_3_01	1	C45E
68	Chapa de fixação	MCDEL_1_4_04	1	C45E
69	Chapa de fixação	MCDEL_1_5_02	1	C45E
70	Chapa de fixação	MCDEL_1_5_02_SIM	1	C45E
71	Chapa de fixação	MCDEL_1_9_01	1	C45E
72	Chapa de fixação	MCDEL_1_8_01	1	Alumínio
73	Chapa de fixação ao perfil	MCDEL_3_7_04	1	C45E
74	Chapa de fixação ao sistema de preparação e limpeza	MCDEL_1_5_11	1	C45E
75	Chapa de fixação da polia (1)	MCDEL_3_1_05	1	C45E
76	Chapa de fixação da polia (2)	MCDEL_3_1_05_SIM	1	C45E
77	Chapa de fixação da polia (3)	MCDEL_3_1_06	1	C45E
78	Chapa de fixação da polia (3)	MCDEL_3_1_12	2	C45E
79	Chapa de fixação da polia (4)	MCDEL_3_1_06_SIM	1	C45E

80	Chapa de fixação da polia (4)	MCDEL_3_1_12_SIM	2	C45E
81	Chapa de fixação do cilindro	MCDEL_1_5_04	4	C45E
82	Chapa de fixação do <i>encoder</i>	MCDEL_3_3_14	1	C45E
83	Chapa de fixação do motor	MCDEL_1_1_21	1	C45E
84	Chapa de fixação do motor	MCDEL_3_1_15	1	C45E
85	Chapa de fixação do sistema	MCDEL_1_2_01	2	C45E
86	Chapa de fixação do sistema	MCDEL_3_5_13	2	C45E
87	Chapa de fixação dos botões	MCDEL_0_4_01	1	C45E
88	Chapa de fixação dos patins	MCDEL_3_2_02	2	C45E
89	Chapa de montagem	MCDEL_3_0_02	1	C45E
90	Chapa de posicionamento	MCDEL_3_4_10	4	C45E
91	Chapa de proteção	MCDEL_1_4_09	1	C45E
92	Chapa de proteção	MCDEL_1_4_08	1	C45E
93	Chapa de separação	MCDEL_1_2_10	1	C45E
94	Chapa fixação cilindros	MCDEL_1_1_12	2	C45E
95	Chapa inferior	MCDEL_1_0_04	1	C45E
96	Chapa lateral	MCDEL_1_9_02	1	C45E
97	Chapa lateral	MCDEL_1_9_02_SIM	1	C45E
98	Chapa superior	MCDEL_1_0_02	1	C45E

99	Chapa vertical	MCDEL_1_1_10	2	C45E
100	Chaveta	Chaveta tipo C 5 x 5 x 14	2	C45E
101	Chaveta	Chaveta tipo C 8 x 7 x 28	1	C45E
102	Chaveta	Chaveta tipo C 8 x 7 x 28	1	C45E
103	Chaveta	Chaveta tipo A 6x32x6	1	C45E
104	Chaveta	Chaveta tipo A 8x36x10	1	C45E
105	Cilindro	CQSB20-15DM	1	-
106	Cilindro pneumático	CD55B32-5M	2	-
107	Cilindro pneumático	DSNU-32-50-PPV-A	1	-
108	Cilindro pneumático	A_CD85N20-15-B	2	-
109	Cilindro pneumático	CDN5N12-25-B	2	-
110	Cilindro pneumático	A_CD85N16-25-B	4	-
111	Cilindro pneumático	CDQMA32-25	1	-
112	Cilindro pneumático	CDQMB16-25	2	-
113	Cilindro pneumático	CD55B32-10M	4	-
114	Cilindro pneumático - acionamento das molas	CDQSB16-5D	2	-
115	Cilindro pneumático de travamento	A_CD85N20-15-B	2	-
116	Cilindro X	CD85N25-250-B	2	-
117	Cilindro Y	CDQMA32-75	2	C45E
118	Consola HMI	NB7W_TW00B	1	-
119	Contentor de entrada de espiral	MCDEL_0_2_02	2	C45E

120	Contentor de saída de espiral	MCDEL_0_2_01	1	C45E
121	Correia	Correia V SPA1060	2	-
122	Correia de acionamento	32_at10_610_180_36	1	Poliuretano
123	Correia de avanço espiral	DT10 36	2	Poliuretano
124	Cursor	MCDEL_3_3_03	1	C45E
125	Disco	-	1	-
126	Dobradiça	CFM.30 SH-4-2	1	Poliamida
127	Dobradiça	GN 237-ZD-60-60-A-SW	2	Zinco
128	Encaixe de tubo para campânula de corte	MCDEL_1_7_03	2	C45E
129	Encaixe de tubo para ventilador	MCDEL_1_7_02	1	C45E
130	<i>Encoder</i>	E6C2_CWZ5B	1	-
131	Esticador de correia	MCDEL_3_1_08	1	C45E
132	Estrutura de barras soldadas	MCDEL_3_0_01	1	C45E
133	Estrutura de tubo retangular em ligação Soldada	MCDEL_3_0_04	1	C45E
134	Estrutura do painel de comandos	MCDEL_0_4_02	1	C45E
135	Fecho proteção	PKWS2-HOOK	1	AISI 304
136	Fixação alavanca	MCDEL_1_9_12	1	C45E
137	Fixação ao perfil	MCDEL_3_4_12	4	C45E
138	Fixação da calha articulada	MCDEL_3_1_21	1	Alumínio

139	Fixação da calha articulada	MCDEL_0_1_01	1	C45E
140	Fixação da espiral	MCDEL_2_2_02	2	C45E
141	Fixação da ponteira e dos batentes	MCDEL_3_4_40	4	C45E
142	Fixação da rótula	MCDEL_2_1_03	2	C45E
143	Fixação da ventoinha	MCDEL_1_0_03	2	C45E
144	Fixação das guias	MCDEL_3_4_03	4	C45E
145	Fixação das polias	MCDEL_3_1_11	4	Bronze
146	Fixação de base do perfil	MCDEL_3_2_03	2	C45E
147	Fixação do acionador	MCDEL_1_0_06	1	C45E
148	Fixação do atuador	MCDEL_1_3_18	1	C45E
149	Fixação do batente de espiral	MCDEL_3_4_41	8	C45E
150	Fixação do calcador	MCDEL_3_6_01	1	C45E
151	Fixação do cilindro	MCDEL_1_2_09	2	C265
152	Fixação do cilindro	MCDEL_3_5_16	2	C45E
153	Fixação do cilindro	MCDEL_3_4_07	8	C45E
154	Fixação do cilindro X	MCDEL_2_1_06	2	C45E
155	Fixação do cilindro Y	MCDEL_2_2_01	2	C45E
156	Fixação do cursor	MCDEL_3_3_05	1	C45E
157	Fixação do fuso	MCDEL_3_3_06	1	C45E
158	Fixação do íman	MCDEL_2_2_03	2	Nylon
159	Fixação do manípulo	MCDEL_3_4_15	4	C45E

160	Fixação do manípulo	MCDEL_3_4_18	4	C45E
161	Fixação do motor	MCDEL_1_3_07	1	C45E
162	Fixação do perfil horizontal	MCDEL_3_1_03	8	C45E
163	Fixação do perfil vertical	MCDEL_3_2_04	4	C45E
164	Fixação do posicionador	MCDEL_3_5_11	2	C45E
165	Fixação do pressostato	MCDEL_3_7_10	1	C45E
166	Fixação do refletor	MCDEL_1_5_09	1	C45E
167	Fixação do refletor	MCDEL_3_1_31	1	Alumínio
168	Fixação do sensor	MCDEL_1_3_22	1	Alumínio
169	Fixação do sensor	MCDEL_3_5_12	2	C45E
170	Fixação do sensor (2)	MCDEL_3_1_09	2	Alumínio
171	Fixação do sensor fim de curso	MCDEL_3_2_06	1	C45E
172	Fixação do sistema	MCDEL_2_0_02	1	C45E
173	Fixação do sistema	MCDEL_2_0_03	1	C45E
174	Fixação do sistema	MCDEL_3_7_12	1	C45E
175	Fixação do veio de acionamento	MCDEL_3_1_23	1	C45E
176	Fixação do veio de avanço de espiral	MCDEL_3_1_07	1	C45E
177	Fixação dos cilindros	MCDEL_1_2_04	1	C45E
178	Fixação dos tubos	MCDEL_1_1_01	2	C45E
179	Fixação lateral do perfil	MCDEL_3_2_05	4	C45E
180	Fixação moto-redutor	MCDEL_3_3_01	1	C45E

181	Fixação sensor	MCDEL_1_9_05	1	C 45E
182	Fixação sensor	MCDEL_1_9_04	1	C 45E
183	Fixação sensor	MCDEL_3_1_32	1	Alumínio
184	Fixação sistema de acionamento	MCDEL_1_3_19	1	C45E
185	Fresa de limpeza interior	Fresa multilâminas 2.1mm	4	HSS
186	Fuso	MCDEL_3_3_02	1	C45E
187	Fuso de afinação	MCDEL_1_9_08	1	C45E
188	Garra para gavetas	MCDEL_1_5_07	4	C45E
189	Gaveta	MCDEL_1_5_01	1	C45E
190	Gaveta	MCDEL_1_5_01_SIM	1	C45E
191	Guia	MGNR9R650CM	1	C45E
192	Guia do eixo X	MSA 25R - 570-	2	
193	Guia Linear	MSA 25 R	2	C45E
194	Íman	Íman 50x36x3	2	-
195	Íman	Íman 5x20x880	2	-
196	Ligação ao sistema de arrasto	MCDEL_1_2_06	2	C265
197	Ligação atuador ao sistema	MCDEL_1_3_21	1	C45E
198	Limitadora afinação Z	MCDEL_3_4_20	4	C45E
199	Manípulo de afinação X	MCDEL_3_4_13	4	C45E
200	Manípulo de afinação Z	MCDEL_3_4_19	4	C45E
201	Mola	Mola de compressão	2	Aço de Mola
202	Motor	Motor W21	1	-

203	Motor	MS 631 - 2	4	-
204	Moto-reductor	CHM 040 15 6314	1	-
205	Moto-reductor	CHM_25_56_B14_B3_CHT	1	-
206	Patim	MGN9HZFC	1	-
207	Patim	MSA25 E	2	
208	Patim	MAS 25 E	4	-
209	Pé nivelador	LV_F-80-14-AS-M12x98_P1	1	-
210	Pé Nivelador	LV_F-80-14-AS-M12x98	2	-
211	Pé nivelador	LV_F-80-14-AS-M12x98	1	-
212	Peça acionamento	MCDEL_1_8_02	1	Alumínio
213	Peça de aperto do disco	MCDEL_1_3_10	1	C45E
214	Peça de aperto do tubo	MCDEL_1_2_08	2	C45E
215	Peça de apoio (1)	MCDEL_3_1_01	8	Nylon
216	Peça de apoio (2)	MCDEL_3_1_02	2	Nylon
217	Peça de apoio (3)	MCDEL_3_2_02_SIM	2	Nylon
218	Peça de encaixe na proteção	HOSN629	1	Latão
219	Peça de encaixe tubo flexível pequeno	HOSJE82	1	Latão
220	Peça de entrada de ar	MCDEL_3_7_03	1	C45E
221	Peça de entrada de ar	MCDEL_3_7_03_SIM	1	C45E
222	Peça de fixação	MCDEL_1_3_02	1	C45E
223	Peça de fixação	MCDEL_1_3_03	1	C45E
224	Peça de fixação	MCDEL_1_5_03	1	C45E

225	Peça de fixação ao sistema de preparação e limpeza	MCDEL_1_5_10	1	C45E
226	Peça de fixação do cilindro	MCDEL_1_5_06	4	C45E
227	Peça de fixação do disco	MCDEL_1_3_11	1	C45E
228	Peça de guiamento inferior	MCDEL_1_1_02	1	C45E
229	Peça de guiamento superior	MCDEL_1_1_03	1	C45E
230	Peça de orientação de espiral	MCDEL_1_5_12	1	C45E
231	Peça de suporte ao perfil	MCDEL_3_5_14	2	C45E
232	Peça de travamento	MCDEL_1_6_01	2	C45E
233	Peça de travamento de espiral	MCDEL_1_2_03	2	C45E
234	Peça fixação perfil	MCDEL_1_9_06	1	C45E
235	Peça roscada para fixação	MCDEL_1_4_05	2	C45E
236	Perfil	Perfil Maytec 50x50x864	2	-
237	Perfil	Perfil MayTec 50x50x864	2	Alumínio
238	Perfil	Perfil MayTec 40x40x800	2	Alumínio
239	Perfil de apoio	Perfil Maytec 50x50x924	1	Alumínio
240	Perfil de apoio	Perfil MayTec 50x50x1085	2	Alumínio
241	Perfil de ligação ao mecanismo de corte	Perfil MayTec 40x40x800	1	Alumínio
242	Perfil fix. Manipulador	Perfil Maytec 40x40x800	2	Alumínio
243	Perfil fix. máq. corte	Perfil 50x100x1100	1	Alumínio

244	Perfil fix. Mecanismo de corte	Perfil Maytec 50x50x855	5	Alumínio
245	Perfil fix. Mecanismo de corte	Perfil Maytec 50x50x300	2	Alumínio
246	Perfil fix. Mecanismo de corte	Perfil Maytec 50x50x588	1	Alumínio
247	Perfil fix. Mecanismo de corte	Perfil Maytec 50x50x888	2	Alumínio
248	Perfil fix. Mecanismo de corte	Perfil Maytec 50x50x206	2	Alumínio
249	Perfil fix. Mecanismo de corte	Perfil Maytec 50x50x100	2	Alumínio
250	Perfil fix. Mecanismo de corte	Perfil Maytec 50x50x200	6	Alumínio
251	Perfil fix. Preparação e limpeza	Perfil Maytec 40x40x720	6	Alumínio
252	Perfil fix. quadro elétrico	Perfil Maytec 40x40x516	3	Alumínio
253	Perfil fix. Ventilador	Perfil 50x100x520	1	Alumínio
254	Perfil horizontal	Perfil Maytec 50x100	4	Alumínio
255	Perfil horizontal	Perfil Maytec 40x40x446	2	Alumínio
256	Perfil horizontal	Perfil Maytec 40x40x1250	2	Alumínio
257	Perfil horizontal	Perfil Maytec 40x40x446	1	Alumínio
258	Perfil horizontal	Perfil Maytec 40x40x1000	2	Alumínio
259	Perfil horizontal	Perfil Maytec 40x40x150	2	Alumínio
260	Perfil horizontal	Perfil Maytec 40x40x180	2	Alumínio
261	Perfil vertical	Perfil Maytec 40x80x350	4	Alumínio

262	Perno M4	ISO 4026 – M4 x 6	4	C45E
263	Pés niveladores	Pés LS-A-40-14-AS-M10x98	2	-
264	Pés niveladores	Pés LV-F-80-14-AS-M12x98	17	-
265	Pino	ISO 8734 10x22	1	-
266	Polia	A7-2spa 71-1108	1	-
267	Polia	A7-2spa224-2517	1	-
268	Polia com rolamento	47_t10_36 com rolamento	2	Alumínio
269	Polia de avanço de espiral	47_t10_36 avanço	2	Alumínio
270	Polia do servomotor	47_t10_36_servo	1	Alumínio
271	Polia do veio de acionamento	47_t10_36 acionamento	1	Alumínio
272	Ponteira de limpeza exterior	MCDEL_3_4_24	4	C45E
273	Ponteira de saída de espiral	MCDEL_1_2_14	2	C45E
274	Porca	MCDEL_3_4_22	4	C45E
275	Porca	MCDEL_3_4_44	8	C45E
276	Porca de aperto do disco	MCDEL_1_3_12	1	C45E
277	Porta	MCDEL_1_0_05	1	Policarbonato
278	Posicionador	MCDEL_3_5_17	2	C45E
279	Pressostato	ISE30A-01_B	2	-
280	Proteção do atuador	MCDEL_1_3_23	1	AISI 304
281	Proteção do cilindro X	MCDEL_2_1_02	2	C45E
282	Proteção do cilindro Y	MCDEL_2_2_05	2	C45E
283	Proteção do cilindro Y	MCDEL_2_2_05_SIM	2	C45E

284	Proteção do eixo X	MCDEL_2_1_05	2	C45E
285	Proteção do eixo X	MCDEL_2_1_04	2	C45E
286	Proteção fixa do disco de corte	MCDEL_1_3_24	1	AISI 304
287	Proteção móvel do disco de corte	MCDEL_1_3_25	1	AISI 304
288	Puxador	MayTec_1_61_24110_Handles_PA	1	Poliamida
289	Quadro elétrico	MAD1401030R5	1	C45E
290	Redutor	MCDEL_1_7_01	1	C45E
291	Redutor	AE0902-P0403200501	1	-
292	Refletor	537787 SOEZ-RFL-10	1	-
293	Refletor	537787 SOEZ-RFL-10	1	-
294	Réguas de guiamento	MCDEL_3_2_01	2	C45E
295	Roda	1.45.11050	1	-
296	Roda dentada	MCDEL_1_1_15	3	C45E
297	Roda Dentada	MCDEL_1_1_16	1	C45E
298	Roda para perfil	1.45.11050	1	-
299	Rodas do painel de comandos	RE_C6-40	4	-
300	Rolamento	DIN 625 - SKF 6002-2z	8	C45E
301	Rolamento	DIN 625 - SKF 6304ZZ	2	-
302	Rolamento	DIN 625 - SKF 6203-2z	4	-
303	Rolamento	DIN 625 - SKF S6207-2RSR	4	-
304	Rolamento	SS 6303	1	-

305	Rolamento	SS 6305	1	-
306	Rolamento	DIN 625 - SKF 2203	1	
307	Rolamento	DIN 625 - SKF 2203	1	-
308	Rolamento linear	KH12	4	-
309	Rolete	MCDEL_1_1_17	2	C265
310	Rotação atuador	MCDEL_1_3_20	2	C45E
311	Rótula	JA30-10-125	2	-
312	Rótula	JA30-10-125	4	-
313	Rótula	JA30-10-125	2	-
314	Rótula	JA-15-6-100	2	-
315	Rótula	JA15-6-100	4	-
316	Sensor	SOEL-RSP-Q20-PP-S-2L-TI	1	-
317	Sensor	SIEA-M8B-PU-S	2	-
318	Sensor	SIEN-M8B-PS-S-L	2	-
319	Sensor	RSP-Q20-PP-S-2L-TI	1	-
320	Sensor de presença de espiral	SIEN-M12B-PS-S-L	3	-
321	Sensor de segurança	D4GL_4AFA_A	4	-
322	Sensor entrada de espiral	SOOC-TB-M4-1-R25	4	-
323	Sensor fim de curso	SIEN-M8B-PS-S-L	1	-
324	Servo motor	R88M G40030H S2	1	-
325	Servo motor	R88M_G40030H_S2	1	-

326	Tampa do perfil 40x40	Tampa Perfil Maytec 40x40	2	PE
327	Tampa do perfil 40x80	Tampa Perfil Maytec 40x80xA	4	PE
328	Tampa do perfil 50x100	Tampa Perfil Maytec 50x100xA	4	PE
329	Tampas para perfil	Tampas Perfil MeyYec 50x50	2	PE
330	Trinco de Segurança	D4GL_4AFA_A	1	-
331	Tubo de cobre furado	MCDEL_1_7_04	1	Cobre
332	Tubo de entrada de espiral	MCDEL_1_2_07	2	C265
333	Tubo de saída de espiral	MCDEL_1_2_05	2	C265
334	Tubo entrada de espiral	MCDEL_1_1_19	2	C265
335	Tubo flexível ligação ventilador	<i>helispring 303 027 50</i>	1	PVC
336	Tubo flexível para proteção de corte	<i>Helivil ar cristal premium 350 216</i>	1	-
337	Varão sextavado	MCDEL_3_1_10	1	C45E
338	Vedante	OR.1P3708	3	Borracha
339	Veio	MCDEL_1_4_02	2	C45E
340	Veio batente espiral	MCDEL_3_4_42	8	C45E
341	Veio de acionamento	MCDEL_3_1_22	1	C45E
342	Veio de acionamento do disco	MCDEL_1_3_08	1	FR3
343	Veio de guiamento	MCDEL_3_4_08	4	C45E
344	Veio inferior	MCDEL_1_1_22	1	C45E
345	Veio para polia	MCDEL_3_1_04	2	C45E
346	Veio superior	MCDEL_1_1_20	2	C45E

347	Ventilador centrífugo	<i>Sodeca</i> CMA-324-2T	1	-
348	Ventoinha	GTW012FU604	2	-

6.2 ANEXO2 – Processos de fabrico

Mecanismo / sistema	Referência do componente	Material	Processo de Fabrico
Mecanismo de arrasto	MCDEL_1_1_10	C45E	Jato de água
Mecanismo de arrasto	MCDEL_1_1_05	C45E	Maquinagem
Mecanismo de arrasto	MCDEL_1_1_21	C45E	Jato de água
Mecanismo de arrasto	MCDEL_1_1_15	C45E	Maquinagem
Mecanismo de arrasto	MCDEL_1_1_07	C45E	Torneamento
Mecanismo de arrasto	MCDEL_1_1_03	C45E	Maquinagem
Mecanismo de arrasto	MCDEL_1_1_09	C45E	Torneamento
Mecanismo de arrasto	MCDEL_1_1_12	C45E	Jato de água
Mecanismo de arrasto	MCDEL_1_1_02	C45E	Maquinagem
Mecanismo de arrasto	MCDEL_1_1_08	C45E	Torneamento
Mecanismo de arrasto	MCDEL_1_1_23	C45E	Torneamento
Mecanismo de arrasto	MCDEL_1_1_06	C45E	Torneamento
Mecanismo de arrasto	MCDEL_1_1_16	C45E	Maquinagem
Mecanismo de arrasto	MCDEL_1_1_01	C45E	Maquinagem
Mecanismo de arrasto	MCDEL_1_1_04	C45E	Jato de água
Mecanismo de arrasto	MCDEL_1_1_22	C45E	Torneamento
Mecanismo de arrasto	MCDEL_1_1_19	C265	Torneamento
Mecanismo de arrasto	MCDEL_1_1_11	C45E	Torneamento
Mecanismo de arrasto	MCDEL_1_1_20	C45E	Torneamento
Mecanismo de arrasto	MCDEL_1_1_17	C265	Torneamento

Sistema de puxe	MCDEL_1_2_08	C45E	Torneamento
Sistema de puxe	MCDEL_1_2_11	C45E	Torneamento
Sistema de puxe	MCDEL_1_2_10	C45E	Jato de água
Sistema de puxe	MCDEL_1_2_09	C265	Maquinagem
Sistema de puxe	MCDEL_1_2_03	C45E	Maquinagem
Sistema de puxe	MCDEL_1_2_01	C45E	Jato de água
Sistema de puxe	MCDEL_1_2_02	C45E	Maquinagem
Sistema de puxe	MCDEL_1_2_04	C45E	Maquinagem
Sistema de puxe	MCDEL_1_2_07	C265	Torneamento
Sistema de puxe	MCDEL_1_2_12	C45E	Maquinagem
Sistema de puxe	MCDEL_1_2_05	C265	Torneamento
Sistema de puxe	MCDEL_1_2_14	C45E	Maquinagem
Sistema de puxe	MCDEL_1_2_06	C265	Torneamento
Máquina de corte	MCDEL_1_3_01	C45E	Jato de água
Máquina de corte	MCDEL_1_3_02	C45E	Torneamento
Máquina de corte	MCDEL_1_3_03	C45E	Torneamento
Máquina de corte	MCDEL_1_3_04	C45E	Torneamento
Máquina de corte	MCDEL_1_3_05	AISI 304	Jato de água
Máquina de corte	MCDEL_1_3_06	C45E	Maquinagem
Máquina de corte	MCDEL_1_3_07	C45E	Maquinagem
Máquina de corte	MCDEL_1_3_08	FR3	Torneamento
Máquina de corte	MCDEL_1_3_10	C45E	Torneamento
Máquina de corte	MCDEL_1_3_11	C45E	Torneamento

Máquina de corte	MCDEL_1_3_12	C45E	Torneamento
Máquina de corte	MCDEL_1_3_13	C265	Torneamento
Máquina de corte	MCDEL_1_3_14	C45E	Jato de água
Máquina de corte	MCDEL_1_3_15	C45E	Torneamento
Máquina de corte	MCDEL_1_3_16	C45E	Jato de água
Máquina de corte	MCDEL_1_3_17	Alumínio	Jato de água
Máquina de corte	MCDEL_1_3_18	C45E	Jato de água
Máquina de corte	MCDEL_1_3_19	C45E	Jato de água
Máquina de corte	MCDEL_1_3_20	C45E	Jato de água
Máquina de corte	MCDEL_1_3_21	C45E	Torneamento
Máquina de corte	MCDEL_1_3_22	Alumínio	Maquinagem
Máquina de corte	MCDEL_1_3_23	AISI 304	Jato de água + Quinagem
Máquina de corte	MCDEL_1_3_24	AISI 304	Jato de água + Quinagem
Máquina de corte	MCDEL_1_3_25	AISI 304	Jato de água + Quinagem
Máquina de corte	MCDEL_1_7_02	C45E	Torneamento
Máquina de corte	MCDEL_1_7_03	C45E	Torneamento
Máquina de corte	MCDEL_1_7_01	C45E	Torneamento
Máquina de corte	MCDEL_1_7_04	Cobre	Corte + dobragem de tubo + Ligação soldada
Máquina de corte	MCDEL_1_0_01	C45E	Jato de água + Quinagem + Ligação soldada
Máquina de corte	MCDEL_1_0_04	C45E	Jato de água
Máquina de corte	MCDEL_1_0_05	Policarbonato	Corte laser
Máquina de corte	MCDEL_1_0_02	C45E	Corte laser

Máquina de corte	MCDEL_1_0_06	C45E	Jato de água
Máquina de corte	MCDEL_1_0_03	C45E	Jato de água
Calcador de corte	MCDEL_1_4_04	C45E	Maquinagem
Calcador de corte	MCDEL_1_4_05	C45E	Jato de água
Calcador de corte	MCDEL_1_4_03	C45E	Maquinagem
Calcador de corte	MCDEL_1_4_09	C45E	Corte laser + Quinagem de chapa
Calcador de corte	MCDEL_1_4_01	C45E	Maquinagem
Calcador de corte	MCDEL_1_4_08	C45E	Corte laser + Quinagem de chapa
Calcador de corte	MCDEL_1_4_02	C45E	Torneamento
Calcador de corte	MCDEL_1_4_07	Nylon	Corte a laser
Calcador de corte	MCDEL_1_4_06	C45E	Corte a laser
Réguas de corte	MCDEL_1_5_01	C45E	Jato de água
Réguas de corte	MCDEL_1_5_02	C45E	Maquinagem
Réguas de corte	MCDEL_1_5_03	C45E	Maquinagem
Réguas de corte	MCDEL_1_5_12	C45E	Maquinagem
Réguas de corte	MCDEL_1_5_09	C45E	Maquinagem
Réguas de corte	MCDEL_1_5_07	C45E	Maquinagem
Réguas de corte	MCDEL_1_5_08	C45E	Maquinagem
Réguas de corte	MCDEL_1_5_04	C45E	Maquinagem
Réguas de corte	MCDEL_1_5_05	C45E	Jato de água
Réguas de corte	MCDEL_1_5_06	C45E	Jato de água
Réguas de corte	MCDEL_1_5_10	C45E	Maquinagem

Réguas de corte	MCDEL_1_5_11	C45E	Jato de água
Sistema antirretorno	MCDEL_1_6_03	C45E	Maquinagem
Sistema antirretorno	MCDEL_1_6_02	C45E	Maquinagem
Sistema antirretorno	MCDEL_1_6_01	C45E	Maquinagem
Deteção de espiral	MCDEL_1_7_01	C45E	Maquinagem
Deteção de espiral	MCDEL_1_7_02	C45E	Maquinagem
Deteção de espiral	MCDEL_1_7_03	C45E	Maquinagem
Deteção de espiral	MCDEL_1_7_12	C45E	Maquinagem
Deteção de espiral	MCDEL_1_7_08	C45E	Torneamento
Deteção de espiral	MCDEL_1_7_05	C 265	Maquinagem
Deteção de espiral	MCDEL_1_7_10	C45E	Jato de água
Deteção de espiral	MCDEL_1_7_06	C45E	Maquinagem
Deteção de espiral	MCDEL_1_7_04	C265	Maquinagem
Deteção de espiral	MCDEL_1_7_07	C45E	Torneamento
Deteção de espiral	MCDEL_1_8_01	Alumínio	Maquinagem
Deteção de espiral	MCDEL_1_8_02	Alumínio	Maquinagem
Deteção de espiral	MCDEL_1_8_03	C265	Jato de água
Manipulador	MCDEL_2_1_02	C45E	Corte laser + Quinagem de chapa
Manipulador	MCDEL_2_0_01	C45E	Jato de água
Manipulador	MCDEL_2_1_05	C45E	Corte laser + Quinagem de chapa
Manipulador	MCDEL_2_1_04	C45E	Corte laser + Quinagem de chapa
Manipulador	MCDEL_2_1_06	C45E	Jato de água + Quinagem de chapa

Manipulador	MCDEL_2_1_03	C45E	Jato de água + Quinagem de chapa
Manipulador	MCDEL_2_2_01	C45E	Jato de água + Quinagem de chapa
Manipulador	MCDEL_2_2_05	C45E	Corte laser + Quinagem de chapa
Manipulador	MCDEL_2_2_02	C45E	Maquinagem
Manipulador	MCDEL_2_2_03	Nylon	Maquinagem
Manipulador	MCDEL_2_0_03	C45E	Jato de água + Quinagem de chapa
Manipulador	MCDEL_2_0_02	C45E	Jato de água
Avanço Espiral	MCDEL_3_1_01	Nylon	Maquinagem
Avanço Espiral	MCDEL_3_1_02	Nylon	Maquinagem
Avanço Espiral	MCDEL_3_1_03	C45E	Maquinagem
Avanço Espiral	MCDEL_3_1_04	C45E	Torneamento
Avanço Espiral	MCDEL_3_1_05	C45E	Maquinagem
Avanço Espiral	MCDEL_3_1_06	C45E	Maquinagem
Avanço Espiral	MCDEL_3_1_07	C45E	Maquinagem
Avanço Espiral	MCDEL_3_1_09	Alumínio	Maquinagem
Avanço Espiral	MCDEL_3_1_10	C45E	Torneamento
Avanço Espiral	MCDEL_3_1_11	Bronze	Torneamento
Avanço Espiral	MCDEL_3_1_12	C45E	Maquinagem
Avanço Espiral	MCDEL_3_1_13	C45E	Corte a laser
Avanço Espiral	MCDEL_3_1_15	C45E	Corte a laser
Avanço Espiral	MCDEL_3_1_21	Alumínio	Maquinagem
Avanço Espiral	MCDEL_3_1_22	C45E	Torneamento

Avanço Espiral	MCDEL_3_1_23	C45E	Maquinagem
Avanço Espiral	MCDEL_3_1_24	C45E	Torneamento
Avanço Espiral	MCDEL_3_1_25	C45E	Torneamento
Avanço Espiral	MCDEL_3_0_02	C45E	Jato de água + Quinagem de chapa
Avanço Espiral	MCDEL_3_1_08	C45E	Maquinagem
Avanço Espiral	MCDEL_3_1_31	Alumínio	Maquinagem
Avanço Espiral	MCDEL_3_1_32	Alumínio	Maquinagem
Avanço Espiral	MCDEL_3_1_33	Alumínio	Maquinagem
Afinação de comprimento	MCDEL_3_0_01	C45E	Jato de água + Ligação soldada
Afinação de comprimento	MCDEL_3_2_02	C45E	Maquinagem
Afinação de comprimento	MCDEL_3_2_04	C45E	Maquinagem
Afinação de comprimento	MCDEL_3_2_05	C45E	Maquinagem
Afinação de comprimento	MCDEL_3_2_03	C45E	Maquinagem
Afinação de comprimento	MCDEL_3_2_06	C45E	Maquinagem
Afinação de comprimento	MCDEL_3_2_01	C45E	Jato de água
Afinação de comprimento	MCDEL_3_3_03	C45E	Torneamento
Afinação de comprimento	MCDEL_3_3_04	C45E	Torneamento
Afinação de comprimento	MCDEL_3_3_02	C45E	Torneamento
Afinação de comprimento	MCDEL_3_3_14	C45E	Jato de água + Quinagem de chapa
Afinação de comprimento	MCDEL_3_3_06	C45E	Jato de água
Afinação de comprimento	MCDEL_3_3_08	C45E	Torneamento
Afinação de comprimento	MCDEL_3_3_01	C45E	Maquinagem

Posicionador de controlo	MCDEL_3_5_11	C45E	Maquinagem
Posicionador de controlo	MCDEL_3_5_12	Bronze	Torneamento
Posicionador de controlo	MCDEL_3_5_13	C45E	Maquinagem
Posicionador de controlo	MCDEL_3_5_14	C45E	Maquinagem
Posicionador de controlo	MCDEL_3_5_16	C45E	Maquinagem
Posicionador de controlo	MCDEL_3_5_17	C45E	Torneamento
Posto de limpeza	MCDEL_3_4_01	C45E	Maquinagem
Posto de limpeza	MCDEL_3_4_02	C45E	Maquinagem
Posto de limpeza	MCDEL_3_4_03	C45E	Maquinagem
Posto de limpeza	MCDEL_3_4_04	C45E	Maquinagem
Posto de limpeza	MCDEL_3_4_05	C45E	Maquinagem
Posto de limpeza	MCDEL_3_4_06	C45E	Maquinagem
Posto de limpeza	MCDEL_3_4_07	C45E	Maquinagem
Posto de limpeza	MCDEL_3_4_08	C45E	Torneamento
Posto de limpeza	MCDEL_3_4_09	C45E	Maquinagem
Posto de limpeza	MCDEL_3_4_10	C45E	Maquinagem
Posto de limpeza	MCDEL_3_4_11	C45E	Maquinagem
Posto de limpeza	MCDEL_3_4_12	C45E	Maquinagem
Posto de limpeza	MCDEL_3_4_13	C45E	Torneamento
Posto de limpeza	MCDEL_3_4_15	C45E	Maquinagem
Posto de limpeza	MCDEL_3_4_16	C45E	Torneamento
Posto de limpeza	MCDEL_3_4_18	C45E	Maquinagem
Posto de limpeza	MCDEL_3_4_19	C45E	Torneamento

Posto de limpeza	MCDEL_3_4_20	C45E	Maquinagem
Posto de limpeza	MCDEL_3_4_21	C45E	Torneamento
Posto de limpeza	MCDEL_3_4_22	C45E	Torneamento
Posto de limpeza	MCDEL_3_4_39	C45E	Torneamento
Posto de limpeza	MCDEL_3_4_24	C45E	Torneamento
Posto de limpeza	MCDEL_3_4_40	C45E	Maquinagem
Posto de limpeza	MCDEL_3_4_41	C45E	Maquinagem
Posto de limpeza	MCDEL_3_4_42	C45E	Torneamento
Posto de limpeza	MCDEL_3_4_43	C45E	Torneamento
Posto de limpeza	MCDEL_3_4_44	C45E	Torneamento
Posto de limpeza	MCDEL_3_6_01	C45E	Maquinagem
Posto de limpeza	MCDEL_3_6_04	Nylon	Maquinagem
Posto de limpeza por sopro	MCDEL_3_7_03	C45E	Maquinagem
Posto de limpeza por sopro	MCDEL_3_7_04	C45E	Maquinagem
Posto de limpeza por sopro	MCDEL_3_7_10	C45E	Maquinagem
Posto de limpeza por sopro	MCDEL_3_7_12	C45E	Jato de água
Posto de limpeza por sopro	MCDEL_3_6_13	Nylon	Jato de água
Contentor de saída de espiral	MCDEL_0_2_01	C45E	Corte laser + Ligação soldada
Painel de comandos	MCDEL_0_4_01		Corte laser
Painel de comandos	MCDEL_0_4_02	C45E	Corte laser + quinagem de chapa + Ligação soldada
Caixa de electroválvulas	MCDEL_0_5_01	C45E	Jato de água + Ligação soldada

6.3 ANEXO3 – Desenhos técnicos