



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Diogo Paulo Almeida Batista

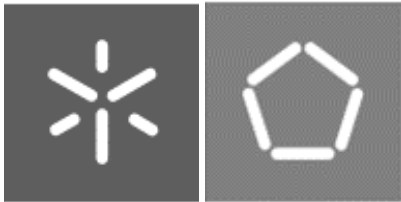
Estudo, conceção e desenvolvimento de um
processo automático de etiquetagem em embalagens
flexíveis.

Estudo, conceção e desenvolvimento de um processo
automático de etiquetagem em embalagens flexíveis

Diogo Batista

UMinho | 2023

Março de 2023



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Diogo Paulo Almeida Batista

Estudo, conceção e desenvolvimento de um
processo automático de etiquetagem em
embalagens flexíveis.

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Sistemas Mecatrónicos

Trabalho efetuado sob a orientação do

Professor Doutor Eurico Augusto Rodrigues Seabra

Março de 2023

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.



Atribuição-NãoComercial-CompartilhaGual
CC BY-NC-SA

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Agradecimentos

No decorrer do meu percurso acadêmico tive a oportunidade de privar com várias pessoas e entidades que me fizeram desenvolver tanto a nível pessoal como profissional. Por isto, em primeiro lugar gostaria de agradecer à minha família, especialmente mãe, pai, irmã e avós, por acreditarem no meu potencial, pela paciência e apoio incondicional. À minha namorada, que me acompanhou durante todo o percurso universitário, e me deu o suporte necessário para seguir os meus projetos, a perseverança com que abordei a tua vida profissional sempre foi uma enorme motivação.

Para além disto, gostaria de agradecer ao professor doutor Eurico Augusto Rodrigues de Seabra, orientador da dissertação, pelas suas críticas construtivas, interesse genuíno e sugestões sempre que solicitadas.

Por fim, gostaria de deixar uma palavra de agradecimento à empresa Maia & Borges, pela possibilidade de desenvolver este tema de dissertação na minha área preferida da engenharia mecânica e, em especial, ao senhor Fernando Silvano, gestor de qualidade da empresa, pelo esclarecimento de dúvidas que iam surgindo no decorrer do projeto.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Resumo

A etiquetagem de produtos tem vindo a provar-se como um dos fatores que pode fazer a diferença no mercado altamente competitivo da atualidade. Esta, muitas vezes confundida com o logótipo da marca, apresenta-se de formas distintas, desde a atratividade das combinações de cores de uma embalagem à harmonia visual da exatidão com que estas conseguem ser colocadas na mesma secção de um produto. A automatização desta parte do processo de produção, para além da influência na cadência de produção e qualidade de vida de operários, faz-se notar na repetibilidade com que se consegue desempenhar a função para a qual foi projetada.

O objetivo da presente dissertação é desenvolver um sistema de etiquetagem capaz de aplicar etiquetas em ambas as faces de um rolo de sacos de plástico. Numa das faces deverá ser aplicada a etiqueta individual em cada saco e, na face oposta, é aplicada a etiqueta de conjunto que identifica um total de cinco sacos. Este processo é feito exclusivamente de forma manual e, devido ao aumento das necessidades produtivas, a empresa Maia & Borges pretende automatizá-lo.

Para a elaboração do sistema recorreu-se, inicialmente, à elaboração da revisão de literatura, de modo a perceber como se desenvolveram as embalagens e as etiquetas até ao contexto atual. Seguidamente, elaborou-se um estudo do mercado para reunir informações como os métodos de aplicação presentes na indústria e os elementos constituintes de uma máquina de etiquetagem. Estudaram-se, ainda, mecanismos de controlo de tensão, já que estes impactam a qualidade da aplicação da etiqueta. Posteriormente, fez-se um estudo referente à atual produção da empresa, definindo-se métodos organizacionais que contribuem para o aumento da mesma. Foi possível, ainda, calcular o aumento necessário da produção para alcançar os objetivos da empresa.

Para o desenvolvimento de soluções do projeto, começou-se pela árvore de objetivos, diagrama de funções, estabelecimento das especificações do produto e mapa morfológico, chegando-se a uma solução conceptual final que foi complementada com a escolha e dimensionamento dos motores e sensores que constituem o sistema. Posto isto, foi feita a modelação da máquina, os desenhos técnicos dos componentes e a explicação de cada um dos sistemas que a constitui. Por fim, a partir do Grafcet do funcionamento do equipamento, elaborou-se um programa para PLC em linguagem Ladder para o controlo do funcionamento de todo o sistema de etiquetagem. A principal especificação do projeto foi a etiquetagem individual dos sacos que, para além de conseguida com uma cadência de produção acima do esperado, foi complementada com a etiquetagem do conjunto dos sacos de plástico.

PALAVRAS-CHAVE: Etiquetagem, Projeto, Modelação, Grafcet, Ladder.

Abstract

Product labelling has been proving to be one of the factors that can make a difference in today's highly competitive market. Despite being often mistaken for the brand logo, it reveals itself in diverse aspects, namely in the attractiveness of the colour combination of a package and in the visual harmony of the product arrangement within each section. The automation of this part of the production process not only addresses the repeatability with which it can be performed but also has a favourable effect on the production pace and quality of life of the workers.

The aim of the present dissertation is to develop a labelling system capable of applying labels to both sides of a plastic bag roll. The individual label should be applied to each bag on one side and the set label, which identifies a total of five bags, on the other side. The company Maia & Borges intends to optimise this process as it is completely manual and also because there has been an increase in production needs.

It was initially decided to create a literature review for the system in order to understand how packaging and labels have evolved up to the present day. Next, a market study was conducted to gather information such as the application methods present in the industry and the constituent elements of a labeling machine. Tension control mechanisms were also studied, as they impact the quality of the label application. Afterwards, a study was made concerning the company's current production, defining the organizational methods that contribute to its increase. It was also possible to calculate the production increase needed to achieve the company's goals.

The project's development started with the objectives tree, the function diagram, the establishment of the product specifications, and the morphological map, arriving at a final conceptual solution that was complemented with the choice and sizing of the motors and sensors that constitute the system. After this, the machine was modeled, with technical drawings of the components and an explanation of each of the systems that comprise it. Finally, from the standpoint of the equipment's operation, a PLC program was developed in ladder language to control the operation of the entire labeling system. The main specification of the project was the individual labeling of the plastic bags, which, besides being achieved at a production rate above expectations, was complemented by the group labeling of all the plastic bags.

KEY WORDS: Labeling, Design, Modeling, Grafcet, Ladder.

Índice

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice.....	vii
Índice de figuras.....	x
Índice de tabelas	xv
Índice de abreviaturas, siglas e acrónimos	xvi
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento do trabalho	1
1.2. Definição de objetivos.....	2
1.3. Estrutura da dissertação.....	2
1.4. A empresa	4
1.4.1. Contextualização histórica da empresa.....	4
1.4.2. Processo de produção da empresa	6
1.4.3. Áreas suscetíveis a melhorias	10
2. Fundamentação teórica.....	11
2.1. Revisão de literatura da etiquetagem	11
2.2. Estudo do mercado	14
2.2.1. Tipos de máquinas de etiquetagem.....	16
2.2.2. Métodos de aplicação	20
2.2.3. Elementos constituintes de uma máquina de etiquetagem.....	21
2.3. Motores elétricos incorporados no projeto.....	22
2.4. Sensores de distância	23

2.4.1.	Sensor de distância ultrassónico	25
3.	Particularidades da produção	26
3.1.	Produção atual da empresa.....	27
4.	Desenvolvimento de soluções.....	32
4.1.	Clarificação e estabelecimento dos objetivos do projeto.....	32
4.2.	Árvore de objetivos	32
4.3.	Diagrama de funções	36
4.4.	Estabelecimento das especificações do produto.....	39
4.5.	Mapa morfológico.....	42
5.	Dimensionamentos, modelações e explicação de cada um dos sistemas que compõem o projeto	54
5.1.	Especificação de cada tipo de motor.....	55
5.1.1.	Dimensionamento dos motores presentes no projeto	56
5.2.	Sensores da máquina que movimenta os sacos.....	68
5.3.	Máquina de etiquetagem individual.....	69
5.3.1.	Parte estrutural das máquinas de etiquetagem.....	70
5.3.2.	Cabeça da máquina de etiquetagem individual.....	75
5.4.	Máquina de etiquetagem de conjunto	97
5.4.1.	Estrutura da cabeça da máquina de etiquetagem de conjunto	98
5.4.2.	Outras alterações	100
5.5.	Máquina responsável pelo movimento dos sacos	102
5.5.1.	Parte estrutural da máquina responsável pelo movimento de sacos.....	104
5.5.2.	Sistema de desenrolamento do rolo de sacos de plástico	105
5.5.3.	Sensor fotoelétrico e respetivo suporte	107
5.5.4.	Sistema de enrolamento do rolo de sacos de plástico etiquetados	107
6.	Grafcet do funcionamento das máquinas.....	109

6.1. Programação em linguagem LADDER	115
6.1.1. Diagramas LADDER.....	115
6.1.2. Programação LADDER no software CX-Programmer	121
7. Conclusões e trabalhos futuros	129
Referências Bibliográficas	132
Anexo I – Programação relativa à etiquetagem em conjuntos de 3 sacos	136
Anexo II – Complementos da fundamentação teórica	143
Anexo III – Desenhos Técnicos dos componentes Modelados	193

Índice de figuras

Figura 1 - Vitrine com algumas figuras produzidas pela empresa ao longo dos 35 anos de laboração [1].	6
Figura 2 - Lavagem e preparação das figuras para pintura.....	7
Figura 3 - Pintura geral do brinquedo com o auxílio de uma pistola convencional [1].....	7
Figura 4 - Secção da empresa destinada à pintura dos pormenores de cada figura.	8
Figura 5 - Máquina na empresa responsável por fechar os sacos de plástico depois do embalamento [1]	9
Figura 6 - Exemplo de etiquetas de 1880 que podiam ser coladas com vários tipos de cola [6].....	12
Figura 7 - Exemplo de rótulo por volta de 1900 [7].....	13
Figura 8 - Etiketadora manual portátil [12].	16
Figura 9 - Máquina de etiquetagem semiautomática de garrafas. Adaptado de [13].	17
Figura 10 - Máquina automática de etiquetagem [14].....	18
Figura 11 – Máquina de etiquetagem horizontal. Adaptado de [13].	18
Figura 12 – Máquina de etiquetagem vertical. Adaptado de [15].	19
Figura 13 - Ilustração do método <i>Wipe-On</i> . Adaptado de [10].	20
Figura 14 - Ilustração do método <i>Blow-On</i> . Adaptado de [10].....	21
Figura 15 - Posicionamento do sensor de distância no projeto.	24
Figura 16 - Funcionamento de um sensor ultrassónico. Adaptado de [18].	25
Figura 17 - Ângulo do feixe.	25
Figura 18 - Representação da fita das etiquetas produzidas para a empresa.....	29
Figura 19 - Árvore de objetivos.....	35
Figura 20 - Função global em termos de conversão de entradas em saídas.	36
Figura 21 - Diagrama de funções da etiquetagem e corte dos sacos de plástico.....	37
Figura 22 - Modelação de uma possível máquina que coloca o rolo na estação de desenrolamento. ..	46
Figura 23 - Placa de separação.....	48
Figura 24 - Disposição da máquina de etiquetagem individual, etiquetagem de conjunto e máquina responsável pelo movimento dos sacos.....	50
Figura 25 - Máquina de etiquetagem de conjunto – opção com método <i>blow-on</i> invertido.	51
Figura 26 - Máquina de etiquetagem de conjunto – opção com método <i>wipe-on</i>	51
Figura 27 - Sacos utilizados no atual processo de etiquetagem da empresa.....	53

Figura 28 – Sistema de etiquetagem projetado.	54
Figura 29 - Curva de funcionamento do motor de passo selecionado [21].....	63
Figura 30 - Curva de funcionamento do motor de passo da máquina de etiquetagem de conjunto [21].	64
Figura 31 - Curva de funcionamento dos servo motores das máquinas de etiquetagem [22].	65
Figura 32 - Curva de funcionamento dos servo motores da máquina de movimentação dos sacos.	67
Figura 33 - Máquina de etiquetagem individual projetada.	69
Figura 34 - Vista explodida da parte estrutural da máquina de etiquetagem.	70
Figura 35 - Modelação do pé nivelador incorporado na máquina.....	71
Figura 36 – Dimensões relativas da base da máquina de etiquetagem.	72
Figura 37 - Assembly da estrutura central e estrutura de calibração vertical.....	73
Figura 38 - Representação do deslize da estrutura de calibração vertical sobre a estrutura central.	73
Figura 39 - Peça de junção do sistema horizontal com o vertical.....	74
Figura 40 - Sistemas de ajuste vertical e horizontal.	75
Figura 41 - Esquema da distribuição da fita pela máquina.....	76
Figura 42 - Estrutura da cabeça da máquina de etiquetagem individual e identificação de cada zona na mesma.....	76
Figura 43 - Desenho técnico do rolo guia modelado.	77
Figura 44 - Sistema de desenrolamento da fita das etiquetas – vista da frente (à esquerda) e vista de trás (à direita).	80
Figura 45 - Vista explodida do sistema de desenrolamento e identificação dos componentes que o constituem.	80
Figura 46 - Vista explodida do conjunto rolo guia central e pratos de apoio do rolo de etiquetas.	82
Figura 47 - Influência da força do motor que puxa a fita no posicionamento do braço pivot.	83
Figura 48 - Amplitude do movimento do braço pivot. Sem a fita ser puxada pelo motor (à esquerda) e na sua amplitude máxima (à direita).	83
Figura 49 – Desenho técnico da mola helicoidal de tração que será usada.....	84
Figura 50 - Conjunto escova de tensão e rolo guia.....	86
Figura 51 - Modelação do sensor fotoelétrico.	87
Figura 52 - Sistema de inclinação da máquina de etiquetagem individual.	88
Figura 53 - Posicionamento das etiquetas pré aplicação.	88
Figura 54 - Sentido de rotação e fixação do rolo aplicador de etiquetas.....	89

Figura 55 - Conjunto da placa de separação e peça que a fixa.....	90
Figura 56 - Vista de trás do fuso do sistema de inclinação.....	90
Figura 57 - Conjunto rolos de inclinação e peça que os fixa.....	91
Figura 58 - Componentes do sistema de acionamento.....	91
Figura 59 - Amplitude de manuseamento da peça pivot. Posição de funcionamento (à esquerda) e posição para troca do rolo de etiquetas (à direita).....	92
Figura 60 - Peça copulativa na posição de fixação do rolo de pressão (à esquerda) e na posição em que este pode ser libertado para mudar rolo de etiquetas (à direita).....	92
Figura 61 - Seleção da correia e polias.....	93
Figura 62 – Modelação da correia e fixação desta na parte estrutural da cabeça da máquina de etiquetagem individual.....	93
Figura 63 - Componentes do sistema de enrolamento da fita das etiquetas.....	94
Figura 64 - Amplitude do braço pivot depois de ativo o motor (à esquerda) e a premir o botão (à direita).	95
Figura 65 - Forma como a fita se enrola em redor da peça de enrolamento e chave.....	96
Figura 66 - Seleção de correia e polias.....	96
Figura 67 – Máquina de etiquetagem individual projetada.....	97
Figura 68 - Estações envolvidas na cabeça da máquina de etiquetagem de conjunto.....	98
Figura 69 - Volume de trabalho da máquina de etiquetagem de conjunto.....	99
Figura 70 - Alteração do suporte da máquina de movimentação dos sacos para conferir maior liberdade à máquina de etiquetagem de conjunto.....	100
Figura 71 - Modelação final da máquina de etiquetagem de conjunto.....	102
Figura 72 – Projeto da máquina que movimenta os sacos.....	103
Figura 73 - Estações da máquina responsável pelo movimento dos sacos.....	104
Figura 74 - Vista explodida da parte estrutural da máquina de movimentação dos sacos.....	104
Figura 75 - Componentes do sistema de desenrolamento dos sacos de plástico.....	105
Figura 76 - Sensor ultrassónico modelado.....	106
Figura 77 - Dimensionamento da correia utilizada para o sistema de desenrolamento dos sacos de plástico.....	106
Figura 78 - Conjunto sensor fotoelétrico e suporte deste.....	107
Figura 79 - Sistema de enrolamento dos sacos de plástico depois da etiquetagem destes.....	108
Figura 80 - Indicação da localização de cada sensor e motor envolvidos no projeto.....	109

Figura 81 - Grafcet do funcionamento do sistema projetado.	114
Figura 82 - Representação das variáveis mencionadas na equação 6.1 [25].	116
Figura 83- Diagrama Ladder das condições de transposição das transições.	117
Figura 84 - Representação das variáveis mencionadas na equação 6.2 [25].	118
Figura 85 - Diagrama Ladder da ativação das etapas.	119
Figura 86 - Diagrama Ladder das ações de cada etapa.	120
Figura 87 - Programação das condições de transposição das transições.	121
Figura 88 - Programação da ativação e desativação de cada uma das etapas.	123
Figura 89 - Programação das ações por etapa.	125
Figura 90 - Grafcet do funcionamento do sistema para a etiquetagem em grupos de três.	137
Figura 91 - Programação das condições de transposição das transições para a etiquetagem em conjuntos de três.	138
Figura 92 - Programação da ativação das etapas para a etiquetagem em conjuntos de três.	139
Figura 93 - Programação das ações por etapa para a etiquetagem em conjuntos de três.	140
Figura 94 - Ilustração da evolução do embalamento de 1852 para 1879 e, por fim, para 1906. Adaptado de [28].	145
Figura 95 - Processo de criação do bubble-wrap [29].	148
Figura 96 - Ilustração do método <i>tamp-on</i> . Adaptado de [10].	152
Figura 97 - Ilustração do método Tamp-Blow. Adaptado de [10].	153
Figura 98 - Ilustração do método Tamp-Swing. À esquerda encontra-se a etiquetagem da parte frontal e à direita a etiquetagem da parte superior. Adaptado de [10].	153
Figura 99 - Ilustração do método Twin-Tamp. À esquerda encontra-se a etiquetagem da parte frontal e à direita a etiquetagem da parte superior. Adaptado de [10].	154
Figura 100 - Ilustração do método Corner-Wrap. À esquerda encontra-se a etiquetagem da parte frontal e à direita a exemplificação de um dos métodos possíveis de serem realizados para que a etiqueta seja aplicada na aresta da embalagem. Adaptado de [10].	154
Figura 101 - Ilustração do método <i>Wrap-Around</i> . Adaptado de [10].	155
Figura 102 - Elementos que constituem um rolo de etiquetas [33].	156
Figura 103 - Capacidade dos motores de passo e servomotores com aumento da velocidade de rotação. Adaptado de [37].	158
Figura 104 - Funcionamento de um sensor de distância infravermelho [41].	161
Figura 105 - Direção da força aplicada na fita ao longo do seu percurso.	164

Figura 106 - Defeito de produto possível originado pelo cálculo errado da tensão a ser aplicada.	165
Figura 107 - Zonas onde a tensão deve ser controlada.	167
Figura 108 - Mecanismo de desenrolamento na primeira zona de controlo do material.	168
Figura 109 - Representação de um esquema de um sistema de malha aberta.	169
Figura 110 - Representação de um esquema de um sistema de malha fechada.	169
Figura 111 - Controlador de tensão - braço pivot (malha aberta).	171
Figura 112 - Controlador de tensão – ultrassom (malha aberta).	172
Figura 113 - Controlador de tensão - calculador do raio (malha aberta).	173
Figura 114 - Controlador com um rolo pivot (malha fechada).	175
Figura 115 - Controlador com célula de carga (malha fechada).	176
Figura 116 - Combinação dos controladores de malha aberta e fechada.	177
Figura 117 - Modelação de um possível conjunto de desenrolamento.	178
Figura 118 - Modelação de um conjunto de enrolamento, composto pela sua base e uma chave que mantém a fita ao centro.	179
Figura 119 - Modelação de um conjunto do rolo de acionamento e rolo de pressão.	180
Figura 120 - Motor de passo [47].	181
Figura 121 – Servomotores [48].	181
Figura 122 – Relação entre impulsos e velocidade do motor. Adaptado de [13].	182
Figura 123 - Representação da função da placa de separação.	183
Figura 124 - Primeira parte do processo de etiquetagem auxiliado pelo tubo assistente de ar.	184
Figura 125 - Segunda parte do processo de etiquetagem auxiliado pelo tubo assistente de ar.	184
Figura 126 - Composição da fita de um rolo de etiquetas.	186
Figura 127 - Sensores fotoelétricos [50].	187
Figura 128 - Tira que se pretende que seja detetada pelo sensor.	187
Figura 129 - Exemplo de sistema de desenrolamento com braço pivot incorporado. Adaptado de [52].	189
Figura 130 - Ajustes presentes num sistema de posicionamento. Adaptado de [53].	190
Figura 131 - Influência de um ajuste vertical na etiquetagem de um produto.	190
Figura 132 - Influência de um ajuste horizontal na etiquetagem de um produto.	191
Figura 133 – Desenho técnico onde se representa a amplitude do eixo do sistema de inclinação [54].	191
Figura 134 - Influência de um ajuste de inclinação na etiquetagem de um produto.	192

Índice de tabelas

Tabela 1 - Exemplos de aplicações utilizadas atualmente na indústria para aplicação de etiquetas [10].	15
Tabela 2 - Exemplo proposto de produção face aos números apresentados.	26
Tabela 3 - Estudo da produção da empresa no ano de 2022.	27
Tabela 4 - Dados da produção de cada tipo de saco.	28
Tabela 5 - Metros etiquetados por minuto para cada tipo de saco.	30
Tabela 6 – Lista de subobjetivos	33
Tabela 7 - Organização da lista de subobjetivos por ordem de prioridade.	34
Tabela 8 - Descrição das subfunções do diagrama de funções.	38
Tabela 9 - Lista de especificações de um produto.	41
Tabela 10 - Mapa morfológico.	44
Tabela 11 - Panorama geral dos motores.	62
Tabela 12 - Especificações do motor de passo da máquina de etiquetagem individual [21].	63
Tabela 13 - Especificações do motor de passo da máquina de etiquetagem de conjunto [21].	65
Tabela 14 - Especificação dos motores servo das máquinas de etiquetagem [22].	66
Tabela 15 - Especificação dos motores servo da máquina que movimenta os sacos.	67
Tabela 16 - Capacidade dos diferentes tipos de rolamentos suportarem as cargas (Gomes & Dourado, 2019).	78
Tabela 17 - Resultados obtidos para o dimensionamento da mola helicoidal de tração.	85
Tabela 18 - Comparação entre sistemas da máquina de etiquetagem de conjunto e máquina de etiquetagem individual.	101
Tabela 19 - Diferenças entre motor de passo e servo motor [38].	160

Índice de abreviaturas, siglas e acrónimos

Abreviatura	Significado
A.C.	Antes de Cristo
D.C.	Depois de Cristo
SI	Sistema internacional
PSD	<i>Position sensitive detector</i>
IREL	<i>Infrared</i>
LiDAR	<i>Light detection emitting diode</i>
3D	Tridimensional
PLC	<i>Programmable logic controller</i>

1. Introdução

A presente dissertação de mestrado foi elaborada em parceria com a empresa Maia & Borges, Lda. dada a necessidade manifestada pela mesma de se automatizarem determinadas partes do processo de produção. Depois de uma análise em conjunto com os profissionais da empresa, chegou-se à conclusão de que o projeto que faria mais sentido para ambas as partes seria na parte do embalamento, nomeadamente, na etiquetagem dos sacos de plástico em que são armazenadas as figuras, dada a singularidade do problema, isto é, não era possível encontrar soluções pré-concebidas para o mesmo e a elaboração de um projeto específico por parte de outra entidade empresarial revelar-se-ia um custo acrescido. Para além disto, o facto de se estar perante um tema desafiante influenciou a escolha do mesmo.

Assim sendo, pretende-se, neste documento, demonstrar todo o trabalho desenvolvido até que se alcançasse uma solução fiável para o tema proposto, o “ Estudo, conceção e desenvolvimento de um processo automático de etiquetagem em embalagens flexíveis”.

1.1. Enquadramento do trabalho

Num contexto empresarial cada vez mais competitivo mundialmente, há uma constante necessidade das próprias empresas conseguirem, cada vez mais, mais e melhor. Em termos produtivos, especialmente com a chegada da Indústria 4.0, a automatização dos processos industriais pode fazer a diferença entre a expansão e o fim de determinados negócios, mas não só, para além da necessidade constante na evolução da produção, é necessário que o produto final obtido seja uma representação da marca em si, melhorando-se detalhes e garantindo que este é tão fiel ao projeto quanto possível.

Para além das melhorias óbvias em termos produtivos, a implementação de processos automatizados dentro de uma empresa manifestam-se na melhoria da qualidade de vida de alguns operários que têm de se sujeitar a elevadas temperaturas, ruído e, por vezes, podem resultar lesões derivadas das condições de trabalho a que estes estão sujeitos. Problemas de fabrico e danos em determinadas peças também são frequentes graças ao elemento “falha” inerente ao ser humano, que são impossíveis de ser zerados, algo que não se manifesta num equipamento industrial projetado para uma função específica.

A empresa Maia & Borges, que se encontra em expansão, percebe a tamanha importância e vantagem competitiva associada à automatização dos processos de produção e é por isto que será desenvolvido um equipamento de etiquetagem capaz de satisfazer as necessidades futuras da empresa.

1.2. Definição de objetivos

A presente dissertação tem como objetivo desenvolver um sistema automatizado de etiquetagem fiável, simples e com uma boa relação em termos de custo-benefício do projeto.

Atualmente, o processo de etiquetagem é feito manualmente pelos operários da empresa, o que tanto em termos monetários como a níveis produtivos não satisfaz as necessidades da empresa. No processo atual, os operários têm de cortar os sacos de plástico em conjuntos de cinco, uma vez que é desta forma que os produtos são encaminhados para o cliente, depois disto, tem de se dar dois tipos de etiquetagem: a etiquetagem individual (em cada saco do conjunto de cinco deve ser aplicada uma etiqueta) e a etiquetagem de conjunto (uma etiqueta geral colocada no terceiro saco do conjunto de cinco, desta vez na face oposta do saco).

O objetivo passa, então, por automatizar o processo descrito no período transato. A implementação deste projeto revelar-se-á uma mais-valia, não só por eliminar os erros e danos inevitáveis da falha humana, como também por permitir que a empresa se posicione melhor no mercado dada a tamanha competitividade do setor em questão, uma vez que se perspetiva um aumento de produção muito significativo.

1.3. Estrutura da dissertação

A presente dissertação foi dividida em sete capítulos, divididos de forma a formarem um fio condutor que permita simplificar de que forma se chegou à solução final.

A dissertação inicia-se com uma introdução do trabalho realizado. Esta é composta pelo enquadramento, onde se faz uma análise geral da importância dos processos automatizados e, para além disto, enumeram-se algumas vantagens da passagem de um processo manual para um processo automático. Para além deste, está presente nesta introdução o objetivo da dissertação e a estrutura da mesma. No primeiro capítulo encontra-se, também, a contextualização histórica da empresa. Neste, estão presentes os diversos passos que fizeram com que a empresa tivesse crescido no mercado no decorrer dos anos e elabora-se um pouco sobre os ideais da mesma e as suas perspetivas futuras. Seguidamente, é descrito

pormenorizadamente o processo de produção atual da empresa, elaborando-se em cada uma das seis fases de produção. No final do capítulo encontra-se um subcapítulo referente às áreas em que a empresa pretendia implementar melhorias.

No segundo capítulo é realizada a fundamentação teórica de toda a dissertação. Inicialmente, aborda-se a revisão de literatura. Primeiramente é abordado o estado de arte da etiquetagem, de forma a se perceber como foram evoluindo as etiquetas e rótulos ao longo dos anos. Para além disto, no segundo capítulo é elaborado um estudo pormenorizado do mercado da etiquetagem. Neste, começa-se, inicialmente, por se falar dos tipos de máquinas de etiquetagem existentes no mercado, desde sistemas semiautomáticos à distinção entre máquina automática de etiquetagem horizontal e vertical. Para além disto, neste capítulo é feita uma abordagem às principais características das máquinas que se encontram atualmente no mercado e os tipos de aplicações utilizadas atualmente na indústria. Estudam-se, inclusive, os métodos de aplicação de etiquetas que se consideram mais importantes tendo em conta as necessidades do projeto. Para terminar o capítulo da fundamentação teórica, faz-se a distinção entre servo motores e motores de passo, para que se averigue quando cada um destes deve ser utilizado.

No terceiro capítulo foi realizada uma análise relativa à produção atual da empresa. Esta, foi baseada num estudo que se fez ao longo do ano de 2022 e permitiu calcular os números de sacos etiquetados por semana e compará-los com a produção prevista e produção futura ideal.

No quarto capítulo é apresentado o desenvolvimento de soluções, que tem o propósito de definir os objetivos concretamente e, posteriormente, chegar-se a uma solução conceptual final. Para tal, é inicialmente elaborada a clarificação e estabelecimento dos objetivos do projeto, a árvore de objetivos, o diagrama de funções, o estabelecimento das funções do produto e, por fim, apresenta-se o mapa morfológico do sistema de etiquetagem e a escolha de cada solução para a sua subfunção correspondente.

No quinto capítulo é realizado o dimensionamento para cada um dos seis motores elétricos que constituem o sistema e faz-se, também, a escolha do tipo de sensor de distância escolhido. Posto isto, são apresentadas as diversas modelações que constituem o sistema de etiquetagem e faz-se também a explicação de cada um dos sistemas do sistema projetado. Optou-se por fazer uma divisão entre máquinas, por isto, inicialmente é realizada a explicação da parte estrutural das máquinas de etiquetagem e dos sistemas que constituem a máquina de etiquetagem individual, fazendo-se o mesmo

para a máquina de etiquetagem de conjunto. Por fim, é apresentada a máquina responsável pelo movimento dos sacos.

O sexto capítulo conta com o Grafcet do funcionamento da máquina e posterior programação em linguagem LADDER, por forma a que seja possível programar um PLC que controle o sistema de etiquetagem num todo e da forma pretendida.

No sétimo capítulo são elaboradas as conclusões finais referentes à dissertação de mestrado realizada nos capítulos prévios e os trabalhos futuros que devem ser realizados.

A dissertação é complementada com três anexos. No primeiro encontra-se a programação necessária para a etiquetagem dos sacos em conjuntos de três. No segundo anexo apresentam-se diversos pontos que complementam a fundamentação teórica do segundo capítulo, como partes constituintes de uma máquina de etiquetagem, mecanismos do controlo de tensão da fita, estudo relativo aos motores elétricos e sensores de distância. Por fim, no terceiro anexo, estão presentes os desenhos técnicos de cada um dos componentes que compõem o sistema final de etiquetagem, bem como respetivo toleranciamentos.

1.4. A empresa

O presente capítulo destina-se à apresentação da empresa onde vai ser desenvolvido o projeto. Inicialmente irá ser feita uma contextualização histórica e, posteriormente, realizar-se-á a enumeração dos passos que compõem o processo de produção. No final do capítulo, são mencionadas as áreas em que a empresa pretende aumentar a sua cadência de produção, podendo todas ser sujeitas à automatização do projeto correspondente.

1.4.1. Contextualização histórica da empresa

A empresa escolhida para o desenvolvimento da presente dissertação foi a MAIA & BORGES. Esta, fundada 18 de junho de 1976, é a única empresa portuguesa que se devota à criação de brinquedos em PVC com uma pintura de elevada qualidade. Para garantir que a característica primordial é a qualidade, utilizam-se na empresa diversas técnicas de pintura, nomeadamente tampografia e pintura à pistola [1].

A produção é, historicamente, focada no mercado externo sendo 99% desta encaminhada para algumas das maiores potências do mundo, como é o caso da Alemanha, Estados Unidos da América, Dubai, França, entre outros. Por isto, a empresa tem vindo a ter um crescimento a nível de reconhecimento no

estrangeiro, não sendo tão perceptível a nível nacional, mesmo que parte da produção seja revendida para Portugal [1].

A empresa possui como lema “qualidade e seriedade”, a isto alia-se a constante vontade de crescer, aperfeiçoar e renovar. Todo o projeto está ao cuidado da empresa, contando, de modo geral, com os seguintes passos [1]:

- Elaboração do protótipo;
- Molde;
- Injeção em plástico;
- Pintura;
- Embalamento;
- Etiquetagem;
- Expedição.

No subcapítulo 1.4.2, tal é abordado com maior detalhe.

Em 2009, foi fundada a NIMAIA (empresa de injeção, que contém uma oficina de moldes), para que a produção não dependesse de nenhum produtor externo, garantindo assim a autonomia da MAIA & BORGES. Para além disto, a MAIA & BORGES, pretendendo crescer continuamente no mercado, optou por fundar uma segunda base na Guarda (em 2020), procurando dar resposta à tamanha demanda dos compradores [1].

Na sua totalidade, a empresa emprega 265 funcionários, sendo 125 destes empregados na base principal da Maia, 120 na segunda base da Guarda e 20 na NIMAIA. Os pontos de especialização fulcrais da empresa apresentam-se seguidamente [1]:

- Impressão 3D;
- Injeção PVC;
- Fundição de moldes (Casting e CNC);
- Pintura à pistola e à mão;
- Tampografia;
- Montagem (assembling);
- Embalagem.

Relativamente à segurança e qualidade, a MAIA & BORGES, sendo um fabricante de brinquedos, garante que estes são desenvolvidos em materiais não tóxicos, bem como tem de ter atenção redobrada à forma do brinquedo [1].



Figura 1 - Vitrine com algumas figuras produzidas pela empresa ao longo dos 35 anos de laboração [1].

Sendo esta uma empresa que pretende aumentar a sua produção e com perspectivas futuras, é dado o devido destaque à sustentabilidade. Neste sentido, prevê-se que a empresa consiga obter o certificado ISO 9001 e, posteriormente, ISO 14001. É possível verificar esta “caminhada” para a sustentabilidade na mudança de rotina do processo de produção, onde se verificou um investimento em tintas novas à base de água e manipulação de novos materiais e compostos para posteriormente se conceberem as figuras [1].

1.4.2. Processo de produção da empresa

A MAIA & BORGES conta atualmente com uma série de passos até que se chegue à expedição do produto. Tendo isto em consideração, é essencial para o desenvolvimento da dissertação que estes sejam compreendidos para que o resultado obtido seja eficiente e passível de gerar interações entre os diversos passos da produção, caso seja visto como benéfico. Assim sendo, o presente capítulo destina-se à elaboração e explicação dos diversos passos que compõem o processo produtivo dos brinquedos.

O primeiro passo passa pela elaboração do protótipo. O produto em questão, sendo um brinquedo, tem a obrigação de ser atrativo e causar intriga ao consumidor. Assim, esta fase revela-se essencial quando um novo produto é adicionado à produção da empresa. A criatividade do projetista deve ser bem aproveitada e é fulcral para que a empresa se destaque num mercado tão competitivo quanto o dos brinquedos.

O segundo passo é composto por duas componentes. A primeira é o fabrico dos moldes para cada referência, isto é, cada figura produzida, e a segunda é a posterior injeção do PVC nos moldes em questão. Se a peça preencher os requisitos no que à qualidade diz respeito seguirá para o próximo passo depois de se fazer a sua limpeza/lavar a peça, tal como se demonstra na figura 2.



Figura 2 - Lavagem e preparação das figuras para pintura.

O terceiro passo é um dos mais complexos deste processo e também um dos mais importantes, este refere-se à pintura das peças. Este é dividido também em duas partes:

- Pintura geral do brinquedo (presente na figura 3) com o auxílio de uma pistola convencional de pintura, realizada em cabines destinadas para este fim, em que está incorporado um software que tem o objetivo de contar as peças que são pintadas e ao mesmo tempo monitorizar se o objetivo para este passo da produção está a ser cumprido em cada cabine;



Figura 3 - Pintura geral do brinquedo com o auxílio de uma pistola convencional [1].

- Pintura dos detalhes da figura feita à mão (figura 4) com o auxílio de um pincel em mesas que são monitorizadas com o mesmo software explicado no ponto anterior. A particularidade desta fase é o facto de na maioria dos casos serem necessários vários detalhes e não é benéfico do ponto de vista da empresa que seja um trabalhador a fazer cada detalhe. Assim, foi definido que estas peças teriam um ciclo, passando de trabalhador para trabalhador, no qual cada um destes tem destinado um pormenor diferente da figura. Por exemplo, para pintar um cavalo um operário ficaria encarregue de pintar os dentes, outro de pintar os olhos, outro a cauda e assim sucessivamente até a peça estar pintada na sua totalidade como pretendido.



Figura 4 - Secção da empresa destinada à pintura dos pormenores de cada figura.

O quarto passo passa pela secagem da pintura e este, por vezes, revela-se difícil para a empresa pela ausência de um sistema que o faça corretamente, sendo preciso, por vezes, retocar as peças a nível de pinturas pela secagem não ter sido bem-sucedida. A empresa possui neste momento um sistema básico e ineficaz destinado a esta parte da produção, em que se utilizam ventoinhas parecidas às que se veem nos computadores para realizar a secagem. Por este processo não ser eficaz acaba por ser necessário que as peças fiquem entre 10 e 20 minutos a secar à temperatura ambiente.

O quinto passo é destinado ao controlo de qualidade das peças. Neste, é averiguado por diversos operários se a figura que está a ser produzida no momento tem os detalhes e qualidade requeridos para se passar à próxima fase da produção. Neste passo, cada um dos trabalhadores tem à sua frente um exemplo da peça a ser produzida para que consiga averiguar se todos os detalhes da figura foram cumpridos. Se a peça tiver algum defeito que possa ser remediado é reencaminhada para o passo

correspondente em que ocorreu a falha, tipicamente os erros costumam vir da fase correspondente à pintura dos detalhes da figura.

O sexto passo é composto pelo embalamento e etiquetagem das figuras. Devido às cerca de 190 referências que se produzem na empresa de momento, esta fase do processo produtivo irá mudar consoante a peça que está a ser embalada ou etiquetada. Por exemplo, ao se proceder ao embalamento e etiquetagem de uma figura de um cavalo, este tem de possuir uma etiqueta especial numa das suas patas e isto terá de ser feito manualmente. Para além disto, nesta fase, é necessário embalar os produtos em conjuntos de 5 ou em conjuntos de 3 conforme o produto, o que torna a automatização do processo mais complicada. Mesmo assim, a empresa consegue produzir quatro milhões de figuras anualmente. Relativamente à parte da etiquetagem é usado neste momento um rolo de sacos separados por picotado para que se possam separar entre si. No entanto, existe a necessidade de etiquetar cada saco individual de um lado e, posteriormente, etiquetar o conjunto de 5 do outro lado. As figuras são, depois disto, colocadas no seu devido saco para que se prossiga para o último passo. Na figura 5, apresenta-se a máquina que sela os sacos de plástico.



Figura 5 - Máquina na empresa responsável por fechar os sacos de plástico depois do embalamento [1]

O sexto e último passo deste processo diz respeito à expedição do produto. Como neste momento a empresa não tem processos automáticos na grande parte dos passos, a versatilidade é a chave para se manter competitiva no mercado. Assim, é crucial que as encomendas cheguem rápido aos clientes, uma vez que se estes encomendassem de potências mundiais como a China ficar-lhes-ia possivelmente mais económico, no entanto, o processo seria mais demorado.

1.4.3. Áreas suscetíveis a melhorias

Depois de um diálogo com a empresa, percebeu-se que esta tinha em vista melhorar três dos seus passos do processo de produção, com vista a passar de quatro milhões de peças produzidas anualmente a oito milhões, satisfazendo, assim a procura dos seus clientes.

A empresa tem intenção de automatizar os seguintes processos:

- Automatizar uma linha de pintura de peças. Esta refere-se à pintura geral feita, no momento, através das pistolas convencionais de pintura. O objetivo seria ter uma linha de produção em que a pintura de todas as peças em PVC fosse automática, não havendo a necessidade de sujeitar os funcionários da empresa a este processo;
- Automatizar a secagem das peças. Este passo, como referido anteriormente, é um dos que dá mais problemas à empresa devido ao tempo que se tem de esperar para que a peça avance para a próxima etapa de produção e, também, devido à ineficácia que atualmente o caracteriza, uma vez que é necessário retocar as peças várias vezes por estas não terem secado devidamente;
- Automatizar o embalamento e etiquetagem. Este processo, sendo na atualidade manual, torna-se moroso e suscetível a falha humana, algo que pode fazer com que ocorram danos ao se embalarem os produtos ou que não se coloquem as devidas etiquetas no produto correto e este seja enviado para outro local, por exemplo.

Foi decidido fazer-se a automatização de uma linha de etiquetagem uma vez que, com este ponto, as competências de um mestrado de Sistemas Mecatrónicos serão evidenciadas e aplicadas de melhor forma. Assim, ao automatizar estas três partes da produção a empresa poderá diminuir os seus custos de produção e resíduos, assegurando uma qualidade do produto mais satisfatória. Para além disto, sairá a ganhar em termos competitivos, uma vez que a cadência de produção será muito maior.

2. Fundamentação teórica

O presente capítulo reúne toda a fundamentação teórica reunida para que se obtenha a melhor solução final possível. Este, é composto por revisões de literatura, estudo do mercado atual de etiquetagem, componentes de uma máquina de etiquetagem e métodos de aplicação da etiqueta. O presente capítulo é complementado, ainda, pelo anexo 2, onde se apresenta a fundamentação teórica com um grau superior de detalhe.

2.1. Revisão de literatura da etiquetagem

O presente subcapítulo destina-se a abordar toda a revisão de literatura da etiquetagem para que se perceba como foi possível chegar ao ponto de situação atual.

Atualmente, o processo de etiquetar os produtos é algo comum. A identificação de informações sobre um dado produto, ingredientes, marca, entre outros, é algo obrigatório, no entanto, tal nem sempre se verificou. Este subcapítulo destina-se, então, a explicar toda a história da etiquetagem e a maneira como esta evoluiu ao longo dos anos.

As primeiras etiquetas surgiram para identificação de bebidas, como vinho e cerveja, para produtos destinados ao consumo, como frutas e vegetais, e também para se identificarem medicamentos. Por exemplo, o vinho foi produzido pela primeira vez na Grécia há 6000 anos, a sua popularidade cresceu e quando o rei Tutankhamen do Egito morreu em 1352 A.C., foi enterrado juntamente com a sua bebida preferida. Esta terá sido a história das primeiras etiquetas utilizadas pelo Homem, pois o rei foi enterrado com recipientes de vidro que continham informações como o tipo de vinho, o ano em que foi produzido e por quem [2].

O tempo foi passando e só a partir do início do século XVIII se começaram a utilizar rótulos, especialmente em medicamentos. Algo que provocou o desenvolvimento dos rótulos/etiquetas foi o tamanho desfasamento entre o produto real e o que era dito que este seria, isto gerou descontentamento entre a população e a frase "*let the buyer beware*" tornou-se popular em Inglaterra. Comerciantes honestos começaram a marcar os seus produtos de forma que estes apenas chegassem aos consumidores para os quais foram concebidos [3].

Tal como mencionado anteriormente, só a partir de 1700 se começaram a sentir mudanças significativas no que aos rótulos/etiquetas diz respeito. Estas eram coladas com cola aos produtos em questão e impressas em papel feito à mão através de uma prensa de madeira. Os primeiros produtos com rótulos

adesivos foram introduzidos no início de 1800. Nesta altura, era necessário ainda que se lambesse o adesivo para que este atuasse sobre o produto [4].

A invenção da litografia, por volta de 1798, revelou-se como uma descoberta importante que permitiu produzir rótulos em massa, em especial para o vinho. Este processo baseava-se na existência de uma pedra gravada onde se passava um rolo de tinta para passar a imagem para um substrato. Com o passar do tempo, o processo ia sendo aprimorado até que as adegas começaram a preferir formas mais retangulares e capazes de passar mais informação ao consumidor, bem como ilustrações [2].

As marcas registadas foram introduzidas no mercado através dos "*Smith Brothers*" por volta de 1866, para os seus rebuçados para a tosse envolvidos por um frasco de vidro, com estas era possível conferir ao produto uma propriedade intelectual capaz de ser reconhecida através de um determinado *design* [5]. Atualmente, existem mais de 750000 marcas registadas só nos Estados Unidos e os seus rótulos contêm mais informação capaz de instruir o público [3].

Por volta de 1880, outra revolução chegou ao mercado. Neste caso a possibilidade de colar as etiquetas os produtos com vários tipos de cola. Inicialmente colocados em caixas para mostrar frutas e vegetais ou latas e embalagens de charutos, estes rótulos são atualmente vendidos e trocados por serem artigos colecionáveis [6]. Um exemplo destes pode ser observado na Figura 6.

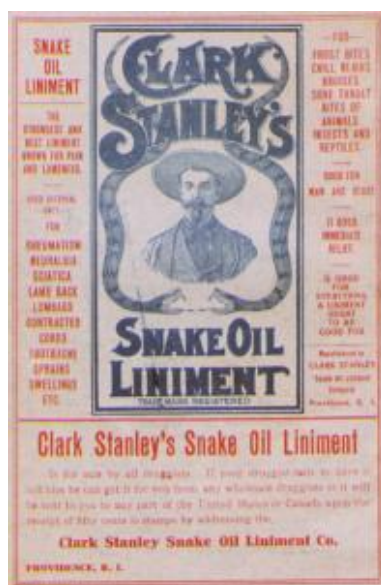


Figura 6 - Exemplo de etiquetas de 1880 que podiam ser coladas com vários tipos de cola [6].

Ao longo do século XX, várias mudanças ocorreram, começando pela apresentação dos rótulos. Por volta de 1900, começou-se a entender o verdadeiro potencial do *marketing* na etiquetagem de produtos, por

isto apostava-se em rótulos mais coloridos, com retratos e até slogans que chamavam muito a atenção na época, tal como se apresenta na Figura 7 [7].



Figura 7 - Exemplo de rótulo por volta de 1900 [7].

A junho de 1906, nos Estados Unidos, o congresso aprovou a lei da comida e medicamentos que proibia o comércio entre estados com rótulos que enganassem os consumidores [6]. Mais tarde, entre 1920 e 1930, comerciantes começaram a tirar um maior partido das cores que poderiam ser dispostas nos rótulos e o uso de ilustrações mais ousadas começava a ser frequente. As fotografias nesse tempo ainda não eram utilizadas pois a sua produção em massa era dificultada pelo preço e tecnologia simultaneamente [7].

Um avanço significativo na tecnologia das etiquetas fez-se notar em 1930, quando R. Stanton Avery inventou as primeiras etiquetas autocolantes. Como era de se esperar, esta nova invenção, que continha apenas uma superfície de papel, uma camada adesiva e um revestimento a silicone, espalhou-se rapidamente e começou a ser produzida em grande escala. Posto isto, o desenvolvimento na indústria das etiquetas fazia-se sentir cada vez mais e, devido ao seu crescimento, muitas pessoas tentaram aderir a esta indústria cada vez mais valiosa. Outro grande passo que vem a reforçar o período precedente foi a invenção do código de barras por Norman Woodland, em 1951, que permitia que as etiquetas contivessem uma enorme quantidade de dados que podiam ser legidos por uma máquina destinada a esse fim. É importante referir que a invenção de Norman Woodland seria um código de barras circular, mas ao aprimorar esta invenção George Laurer deu origem ao código de barras retangular, utilizado ainda nos dias de hoje [4].

O início do desenvolvimento do computador, por volta de 1980, abriu a porta a melhores impressoras. A partir da década de 80 já era usual que pequenos negócios e até casas tivessem a sua própria impressora e a conveniência de tal facto era uma mais valia. A juntar-se a esta, a acessibilidade em termos monetários também veio a compensar as empresas. Em 1981, a impressora a jacto de tinta foi

inventada e em 1984 foi criada a impressora a laser. Em 1990, introduziram-se novas impressoras no mercado, denominadas impressoras digitais [4].

Com a evolução da tecnologia de impressão, as etiquetas foram sujeitas a uma série de mudanças nos últimos três séculos. Atualmente, já começam a existir etiquetas mais minimalistas que se focam em passar uma mensagem mais direta ao consumidor ao invés de tentar vender o produto apenas com a sua embalagem. As marcas começaram a utilizar mais o espaço branco e designs mais limpos, por forma a que o produto se destaque ao invés do rótulo [7].

Atualmente, a complexidade e constante mudança da regulamentação dos rótulos exige trabalhadores especializados e atualizados [6]. Hoje em dia, a maior parte das impressões são realizadas através de uma derivação de impressoras digitais, e, por isto, a maioria das novas tecnologias tratarão de alargar as aplicações para digital. Como exemplo, as novas impressoras de tinta a jato utilizam cabeças de impressão de longa duração que são tão boas ou melhores em termos de velocidade de impressão, qualidade e relação qualidade-preço que uma impressora a laser. Para além disto, inovações como novos materiais para serem rotulados permitem que os rótulos possam ser explorados em termos de criatividade e aplicados nos mais diversos locais como diretamente em embalagens do produto ou até gravados em metal [8].

A investigação constante e as inovações que surgem todos os anos nesta indústria da etiquetagem não se manifestam apenas em eficiência, mas também em precisão, flexibilidade e amplificação do que pode ser comunicado na etiqueta [8].

2.2. Estudo do mercado

Para a elaboração de possíveis soluções para o problema é necessário realizar um estudo do mercado, para que se consiga ver em que ponto este se encontra e maneiras de se adaptarem máquinas de etiquetagem existentes ao problema em questão.

Os sistemas de aplicação de etiquetas atuais contam com uma variedade de aplicações significativa e possibilidade de aplicação em embalagens flexíveis, semi flexíveis e rígidas. Estes sistemas devem ser robustos e, na maioria dos casos, contêm etiquetas autoadesivas previamente impressas para se colarem diretamente no produto. As máquinas etiquetadoras que se destacam no mercado contam com uma série de características que se encontram seguidamente apresentadas [9]:

- Máquinas bastante precisas, capazes de colar rótulos com desvios inferiores a 1mm;
- Possuem uma gama de velocidades ajustável e destacam-se pelas velocidades altas a que conseguem rotular os produtos eficazmente. Dada a tamanha velocidade, não é necessária mão de obra quase nenhuma, reduzindo assim os custos;
- Possuem vários métodos de aplicação que serão explicados no subcapítulo 2.2.2 e anexo II;
- Facilmente integráveis na maioria dos sistemas produtivos;
- Silenciosas e eficientes em termos energéticos;
- Podem aplicar etiquetas em formas irregulares e também podem ser ajustáveis para aplicações simples, aplicações duplas, aplicações triplas e aplicações em arestas [9] Os principais tipos de aplicação estão presentes na tabela 1.

Tabela 1 - Exemplos de aplicações utilizadas atualmente na indústria para aplicação de etiquetas [10].

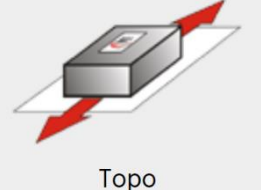
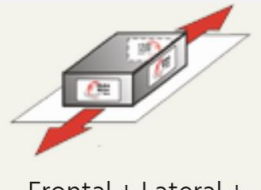
Tipo de aplicação	Exemplo ilustrativo
Aplicação simples	 Topo
Aplicação dupla	 Frontal + Topo
Aplicação tripla	 Frontal + Lateral + Traseira
Aplicações em arestas	 Aresta Lateral + Topo

Tabela 1 - Exemplos de aplicações utilizadas atualmente na indústria para aplicação de etiquetas (continuação) [10].

Tipo de aplicação	Exemplo ilustrativo
Aplicações envoltentes	 Envoltivo (Cónico)

Os sistemas de etiquetagem foram desenvolvidos, tal como o próprio nome indica, para aplicar etiquetas já previamente impressas em qualquer produto que seja necessário ser identificado. Existem duas maneiras de se apresentarem etiquetas no mercado. A primeira é através do uso de um código de barras a preto e branco que permite identificar o produto de forma simples e prática com códigos em uma ou duas dimensões. A segunda, consiste em etiquetas com diversas cores, já mais complexas, que chamam mais a atenção do cliente e, assim, são mais atrativas para o utilizador do produto. Estas soluções de etiquetagem encontram-se presentes no mercado de diversos modos, uma vez que cada produto tem a sua particularidade [11].

Por sua vez, possuir um sistema de etiquetagem funcional e o mais otimizado possível permite diminuir as diversas falhas relativas a esta parte do processo produtivo como, por exemplo, a demora das entregas que pode ser diminuída se o sistema de etiquetagem não possuir falhas que façam com que produtos sejam encaminhados para trás por não serem os pretendidos.

2.2.1. Tipos de máquinas de etiquetagem

Os sistemas de etiquetagem podem ser divididos em três tipos:

- Sistemas de etiquetagem manuais, presente na Figura 8, baseiam-se na impressão das etiquetas para serem colocadas manualmente em produtos individuais;



Figura 8 - Etiqueta manual portátil [12].

Estes possuem fraca exatidão na aplicação de etiquetas, uma vez que o posicionamento é feito por um operário na totalidade, mas, em contrapartida, são muito económicos.

- Sistemas de etiquetagem semiautomáticos, como o presente na Figura 9 funcionam com a ajuda de um operador, daí serem semiautomáticos. No caso da figura seguinte, para que se aplique cada etiqueta, este deve colocar a garrafa que pretende etiquetar no sítio correto (no caso em questão, entre os dois rolos mais escuros da máquina) e, depois disto, ativar o motor para que se proceda à etiquetagem desta mesma garrafa. Vale lembrar que apenas uma etiqueta é dispensada de cada vez que o motor é ativado;



Figura 9 - Máquina de etiquetagem semiautomática de garrafas. Adaptado de [13].

Algumas vantagens do uso de uma máquina semiautomática de etiquetagem são:

- Mais rápidas e precisas que as etiquetadoras manuais;
- Alternativas económicas de um sistema de etiquetagem;
- Máquinas facilmente portáteis;
- Boa exatidão aquando da colocação da etiqueta.

A principal desvantagem é que são mais lentas do que as automáticas e necessitam de auxílio por parte de um operário.

- Sistemas de etiquetagem totalmente automáticos, como o presente na Figura 10, em que uma máquina possui as etiquetas e aplica-as nos produtos que estão a passar na linha de produção através de, por exemplo, tapetes rolantes.



Figura 10 - Máquina automática de etiquetagem [14].

Por norma, estes sistemas de etiquetagem encontram-se no fim de uma linha de produção, ocorrendo então a possibilidade de se integrarem no processo produtivo, na maior parte das vezes isto ocorrerá depois do embalamento [11].

Faz-se, também, uma distinção feita entre máquinas automáticas de etiquetagem vertical e horizontal. Estas diferenciam-se pelo sentido em que a etiqueta é aplicada, ou seja, o sentido do eixo dos rolos. Se o rolo for colocado de lado a máquina é horizontal, se for colocado com a base apoiada no sentido da gravidade diz-se máquina vertical.

A máquina representada na Figura 11 é do tipo horizontal. E tem como vantagens a versatilidade, facilidade de instalação, o volume menor e uma relação melhor qualidade/preço. Como desvantagens apresenta o facto de ter uma calibração um pouco mais demorada e ser menos robusta.



Figura 11 – Máquina de etiquetagem horizontal. Adaptado de [13].

Na Figura 12, apresenta-se uma máquina de etiquetagem do tipo vertical, estas diferenciam-se das máquinas de etiquetagem horizontais apenas pela direção de aplicação da etiqueta. As máquinas de etiquetagem do tipo vertical têm rolos, tal como o próprio nome indica, verticais, para além disto são bastante mais robustas, permitindo assim menos vibrações e, em consequência disto, uma exatidão melhor na colocação da etiqueta. Ainda assim, têm tendência a serem mais caras e a não serem tão eficientes relativamente à otimização do espaço.



Figura 12 – Máquina de etiquetagem vertical. Adaptado de [15].

Uma vez que se abordaram os sistemas automáticos de etiquetagem é essencial abordar os sistemas que transportam os produtos que são etiquetados, uma vez que é a junção destes dois que forma um sistema de etiquetagem automático.

Estes sistemas podem ou não ter movimento contínuo, dependendo do tipo de máquina que aplica a etiqueta. Algumas precisam que o produto pare para que sejam aplicadas as etiquetas, no caso de precisarem de ter contacto com o próprio produto para colar a etiqueta. Outras, não requerem a paragem do sistema.

Faz-se, também, uma distinção relativa à forma como os produtos, antes de serem etiquetados, alimentam este sistema. Se o modo de operação for em linha os produtos são alimentados automaticamente à máquina e se for um modo de operação fora de linha estes têm que se colocados no sistema que os transporta.

O sistema que transporta os produtos é, normalmente, um tapete rolante. No entanto, para o caso de se precisarem de etiquetar sacos de plástico, é necessário criar um sistema que contenha rolos (parecido ao de uma máquina de etiquetagem) para que estes se possam mover com maior eficácia e promover uma melhor aplicação da etiqueta (sem rugas), algo que poderia acontecer se fossem transportados por tapetes rolantes. Sistemas como estes aumentam ainda mais a exatidão da aplicação da etiqueta e facilitam a calibração da mesma no produto.

2.2.2. Métodos de aplicação

Relativamente a métodos de aplicação, serão apresentados seguidamente alguns dos métodos que hoje estão presentes no mercado dos sistemas de etiquetagens. Existem, atualmente, vários tipos de sistemas com diversas opções de aplicação das etiquetas/rótulos, os métodos que se apresentam como possíveis soluções para a aplicação das etiquetas encontram-se presentes no presente capítulo. Para além destes, foram estudados outros métodos que se encontram no anexo II.

Método Wipe-On

Este método, apresentado na Figura 13, não necessita de ar comprimido e pode ser aplicado em qualquer face de uma embalagem desde que a sua superfície seja plana. Para além disto, não é necessário que o produto pare para que ocorra a aplicação da etiqueta, uma vez que esta avança com a mesma velocidade do tapete rolante que transporta a embalagem. Neste método, como não existem partes móveis, o desgaste e manutenção são reduzidos substancialmente [10].

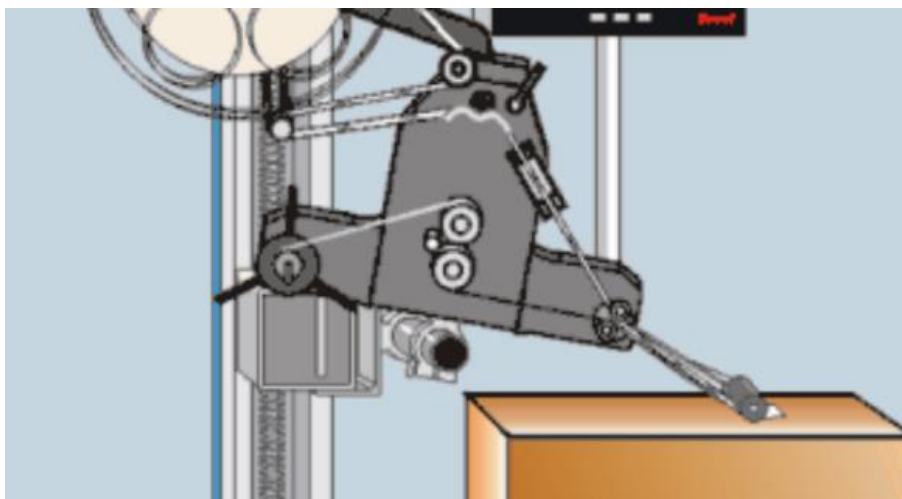


Figura 13 - Ilustração do método *Wipe-On*. Adaptado de [10].

Método *blow-on*

Este método representa-se na Figura 14 e não requer contacto direto com os produtos já que a aplicação da etiqueta é feita por sopro do ar. É diferente do método *tamp-blow* porque, neste caso, não há movimento do braço, ou seja, o tampo mantém-se numa posição fixa. Este método não requer a paragem dos produtos e para reduzir os custos pode-se ter só uma caixa de ar designada por *blow-box* [10].

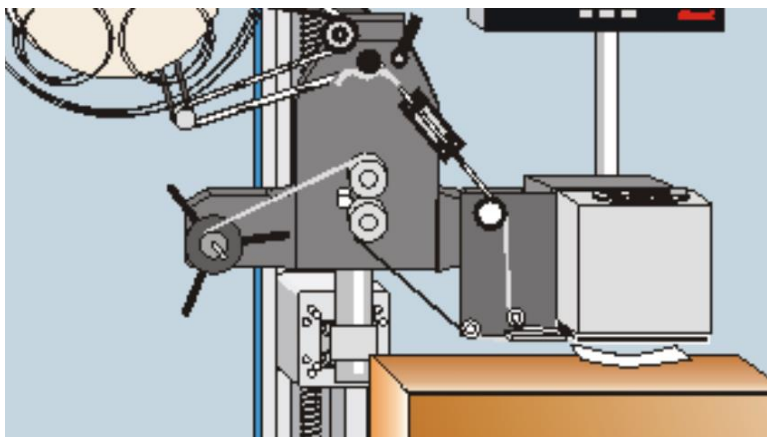


Figura 14 - Ilustração do método *Blow-On*. Adaptado de [10]

2.2.3. Elementos constituintes de uma máquina de etiquetagem

Para que uma máquina de etiquetagem consiga desempenhar a sua função sem falhas, como por exemplo rugas/vincos nas etiquetas ou sobrealimentação do rolo de etiquetas, é necessária a presença de determinados elementos essenciais. Este subcapítulo destina-se a fazer uma apresentação mais profunda dos elementos que compõem uma máquina de etiquetagem e de que maneira estes são úteis.

Uma máquina de etiquetagem é, independentemente da complexidade, composta por quatros grupos:

- Parte central, também conhecida como cabeça da máquina de etiquetagem, composta pela maioria dos elementos que formam a máquina. Esta é responsável pelo desenrolamento e posterior enrolamento do rolo de etiquetagem. Para além disto, é ao longo desta que o rolo de etiquetas está disposto, sendo a plataforma onde este está pousado. Os componentes que se destinam a realizar a tensão das etiquetas pertencem a este grupo;
- Aplicador de etiquetas, este é o componente responsável apenas por aplicar a etiqueta. Ou seja, depois da parte central fornecer a etiqueta existe um vasto número de opções que possibilitam a aplicação destas, dependendo do cada caso, tal como demonstrado no subcapítulo 2.2.2 e anexo II (método *wipe-on*, método *blow.on*, método *tamp-blow*,...). Assim, o aplicador de

etiquetas é, no fundo, um possível conjunto de componentes necessários para, depois de fornecida a etiqueta pela placa de separação, a etiqueta ser aplicada no produto pretendido;

- Sensores da máquina, são o conjunto de sensores necessários para desempenhar a função da forma mais fiável possível;
- Sistemas de posicionamento, estes são os sistemas que permitem colocar a placa de separação alinhada com o produto a ser etiquetado. Pode englobar movimentos verticais, horizontais e de inclinação.

Depois de descritos todos os grupos de uma máquina de etiquetagem de forma geral, é importante proceder à enumeração de cada um dos componentes que os pode compor, bem como realizar uma análise minuciosa destes. A análise mencionada foi realizada e encontra-se presente no anexo II do presente documento.

2.3. Motores elétricos incorporados no projeto

Foi realizada, para a escolha dos motores que poderiam incorporar o projeto, a fundamentação teórica dos diversos motores elétricos existentes no anexo II. Depois de enumerados os tipos gerais de motores, importa fazer uma análise de alguns motores em particular que vão mais ao encontro das necessidades do projeto. São estes os motores de passo e os servo motores. Uma máquina de etiquetagem tem sempre no seu projeto um destes tipos de motores graças à repetibilidade que estes podem oferecer nas suas operações. No caso específico do projeto em questão, é imperativo que o motor de acionamento (responsável pelo transporte das etiquetas até à sua aplicação) tenha um controlo preciso, possa ter um movimento de rotação exato e faseado, isto é, capaz de ter um movimento angular fixo.

- Motor de passo

Um motor de passo é um motor de corrente contínua sem escovas cuja rotação completa é dividida em vários passos equivalentes. Este motor completa uma rotação num determinado número de passos de graus fixos ao invés de ter um movimento de rotação contínuo, oferecendo deste modo grande precisão que é aproveitada em algumas áreas, nomeadamente robótica [16].

O motor funciona através de impulsos, cada impulso corresponde a um passo e a precisão do motor irá depender do número de passos executados por revolução. A velocidade do motor pode ser controlada através da aplicação de um comando de impulsos de frequência variável [16].

São usados em máquinas industriais para o fabrico automático de produtos e máquinas CNC devido ao seu posicionamento preciso [16].

- Servo motor

O servo motor é um tipo especial de motor responsável por puxar/empurrar ou elevar ou rodar um objeto num determinado ângulo específico. Pode funcionar tanto com uma fonte que o alimenta com corrente contínua ou alternada, sendo um motor simples com um controlador e múltiplas engrenagens por forma a aumentar o seu toque [16].

Normalmente, encontram-se na unidade de kg/cm, especificando desta forma o peso que o servo motor pode levantar a uma altura específica, naturalmente, a capacidade de levantamento de peso diminui com um aumento de distância [16].

O servo motor é constituído por engrenagens, um controlador, sensores e um sistema de *feedback*. O conjunto de engrenagens utiliza-se para diminuir a velocidade e aumentar significativamente o binário, o controlador é utilizado para comparar o sinal de entrada (por exemplo, posição desejada) com o sinal do sensor (posição real do objeto) que é comunicado através do sistema de *feedback*. O controlador, depois, compara estes dois sinais e elimina o erro que existe entre eles, se este for o caso, rodando o eixo do motor. Os servo motores possuem três fios, dois são utilizados para fornecer alimentação elétrica e um para controlar a posição dos servos, fornecendo um sinal pulsante através de um microcontrolador que usa *PWM (pulse width modulation)* [16].

2.4. Sensores de distância

O presente subcapítulo pretende estudar os diversos tipos de sensores de distância existentes no mercado. Um sensor de distância normalmente emite um determinado sinal (o tipo de sinal emitido irá definir o tipo de sensor de distância) e recebe este mesmo sinal, analisando de que forma este foi alterado. A mudança verificada pode dever-se ao tempo que demora o sinal a retornar ou à mudança de intensidade deste [17]. A Figura 15 demonstra de que modo o sensor escolhido irá ser colocado para que seja possível avaliar o comportamento do diâmetro do rolo de sacos de plástico. Os sensores de distância emitem um sinal e recebem-no para, a partir da mudança entre emissão e recessão, calcularem a distância do sensor ao objeto. Estes sinais podem ser de diferentes tipos (ultrassónicos, infravermelhos, LED, etc.).

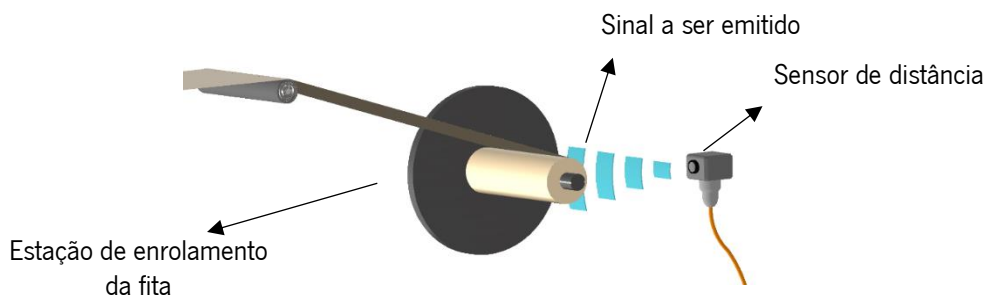


Figura 15 - Posicionamento do sensor de distância no projeto.

No que diz respeito à instalação do sensor, é importante que se implementem corretamente os seguintes pontos:

- O sensor deve ser colocado no suporte de forma que tenha uma visão imperturbável do centro do rolo de sacos de plástico;
- O suporte do rolo de sacos de plástico deve ser de tal forma robusto que assegure a 100% a estabilidade do mesmo e não numa parte da fita, uma vez que a distância é medida até ao centro do rolo e não até uma parte específica deste. (deve ser mantido sempre um ângulo de 90 graus da direção do eixo axial do rolo).

Importa, nesta fase, distinguir sensores de distância de sensores de proximidade. Enquanto um sensor de proximidade analisa a presença de um objeto numa área para a qual o sensor foi projetado, não indicando distância, mas sim a presença do mesmo, um sensor de distância mede, tal como o próprio nome indica, a distância entre um objeto e um ponto de referência [18].

Existe, atualmente, uma vasta gama de sensores de distância na indústria, nomeadamente:

- Sensores de distância ultrassónicos;
- Sensores de distância infravermelhos;
- Sensores de distância a laser (LiDAR).

Uma vez enumerados os principais tipos de sensores de distância, importa agora estudar cada um destes. O sensor ultrassónico encontra-se presente no subcapítulo 2.4.1, enquanto os restantes foram incluídos no anexo II. A justificação da escolha do sensor será posteriormente apresentada no capítulo 5.

2.4.1. Sensor de distância ultrassónico

Os sensores ultrassónicos estão presentes no mercado há décadas e, ainda assim, continuam a deter uma parte significativa do mercado de sensores devido às suas capacidades, flexibilidade e custo acessível. Estes, são dispositivos que medem a distância a que se encontram de um objeto alvo através da emissão de ondas sonoras ultrassónicas e, posteriormente, convertem o som refletido num sinal elétrico. Por isto, este tipo de sensor de distância é composto obrigatoriamente por um emissor e por um recetor. Para além de silenciosas ao ouvido humano, as ondas ultrassónicas viajam a uma velocidade superior, algo que contribui para uma melhor eficiência deste dispositivo [19].

Na figura 16, encontra-se uma imagem ilustrativa da explicação anterior, relativa ao modo de funcionamento deste tipo de sensores.

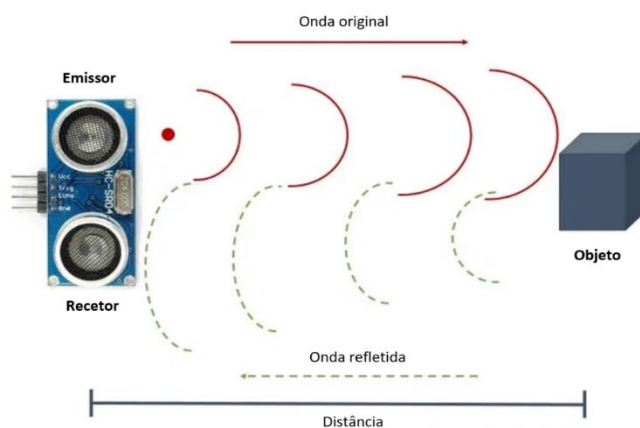


Figura 16 - Funcionamento de um sensor ultrassónico. Adaptado de [18].

As ondas sonoras que deixam o emissor são mais semelhantes à forma da luz a ser propagada por uma lanterna do que à forma de um laser, por isto, deve-se considerar a propagação e o ângulo do feixe. À medida que as ondas sonoras se vão propagando pelo espaço de trabalho, a área destas vai aumentando, quer horizontal, quer verticalmente. A alteração desta área conforme a distância é a razão pela qual os produtores de sensores ultrassónicos fornecem a especificação de cobertura sob a forma do ângulo do feixe, ao invés de fornecer uma área de deteção padrão [20]. O ângulo de feixe previamente falado é apresentado na figura 17 de forma simplificada.

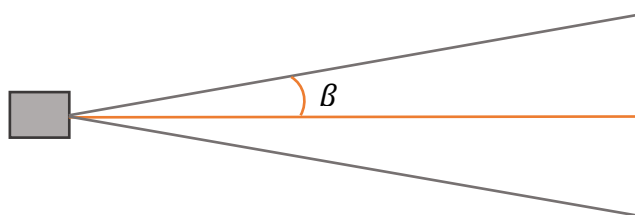


Figura 17 - Ângulo do feixe.

3. Particularidades da produção

Este capítulo tem como objetivo esclarecer possíveis dúvidas referentes à produção da empresa Maia & Borges. Um conhecimento pleno da produção de uma empresa é um fator imprescindível quando melhorias estão a ser desenvolvidas para a mesma. Para além de se desenvolver, neste projeto, uma máquina de etiquetagem competente, esta deve conseguir etiquetar um valor maior de sacos do que é atualmente feito na empresa, em vista a responder a necessidades futuras. Outro fator que deve ser tido em consideração é que, sabendo o número de sacos de cada tipo que precisa de ser etiquetado por semana, um engenheiro é capaz de desenvolver um plano para que a produção seja o mais otimizada possível.

Por exemplo, imagine-se que a empresa pretende, no final de uma semana de trabalho, ter 15000 sacos etiquetados do tipo S e M, 12500 do tipo L e 7500 do tipo XL, a melhor maneira de se fazer a etiquetagem destes era contínua. A Tabela 2 mostra como esta distribuição poderia ser feita.

Tabela 2 - Exemplo proposto de produção face aos números apresentados.

Dia \ Sacos	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
S	10000	5000	_____	_____	_____
M	_____	5000	10000	_____	_____
L	_____	_____	_____	10000	2500
XL	_____	_____	_____	_____	7500

A produção contínua tem uma só razão: evitar a calibração que a máquina precisa que se faça quando um novo tamanho de sacos está prestes a ser etiquetado. Assim, a produção irá ser máxima se a empresa se focar em produzir todas as peças de um certo tamanho. Por exemplo, produzindo todas as figuras que são embaladas em sacos S para que estes sejam etiquetados segunda todo o dia e terça de manhã e assim sucessivamente como demonstrado na Tabela 2.

3.1. Produção atual da empresa

Depois de analisada a empresa durante as primeiras 34 semanas do ano de 2022, pôde-se chegar a um número de valores relativos à produção suficiente para que, a partir destes, se calculasse a média de sacos etiquetados por semana e, com este número, foi possível projetar a máquina de etiquetagem para corresponder a esta produção ou até aumentá-la. Isto porque se perspetiva que a empresa produza 7 milhões de figuras durante o ano de 2022 e, no ano 2023, a empresa perspetivava chegar às 13 milhões de figuras produzidas. Ora, este número, ainda que seja distante e puramente uma idealização, corresponde a um aumento da produção bastante significativo, cerca de 185%, no decorrer de um curto período. Esta subida de produção só pode ser colmatada com a automatização que a empresa pretende implementar em diversas áreas de produção previamente enumeradas (automatização da pintura geral da peça, automatização da secagem de figuras, automatização da etiquetagem).

Atualmente, a empresa possui apenas um turno diurno, onde os operários trabalham oito horas por dia, quarenta por semana. Para além disto, possui um turno ao sábado de manhã (das 8:00 às 13:00) que é difícil quantificar em termos de produção, uma vez que funciona por horas extra e os funcionários podem escolher se vão ou não e isto depende de semana para semana. Ainda assim, as contas relativas à produção serão feitas assumindo que os operários trabalham 45 horas por semana, de forma a simplificar.

Depois de se elaborar um estudo para se estudar a produção ao máximo detalhe, foi possível elaborar a Tabela 3, que contém os valores arredondados mais importantes da produção do ano de 2022, não revelando a produção em cada semana nem o seu número exato por motivos de confidencialidade a pedido da empresa.

Tabela 3 - Estudo da produção da empresa no ano de 2022.

Tipo de saco	Totalidade de sacos etiquetados (34 primeiras semanas de 2022)	Média de sacos etiquetados por semana
S	1400000	41176
M	730000	21471
L	1750000	51471
XL	150000	4412
	Produção total semanal em média:	118533

De notar que, com as duas semanas em que a produção foi interrompida para férias de verão, a produção anual será de $118533 \times (52,18 - 2) = 5947986$, o que é consideravelmente inferior às 7 milhões de figuras esperadas para o presente ano. Assim, justifica-se a necessidade de recorrer à automatização de alguns passos.

Uma vez que a produção total semanal é, em média, 118533 peças e este valor corresponde a 45 horas, pode-se concluir que são etiquetadas, por hora, 2634 figuras, ou seja, aproximadamente 44 por minuto, valor este já significativo tendo em conta que todo o processo é feito por um conjunto de 4 operários manualmente. Os mesmos cálculos podem ser feitos para cada saco, mas, antes disto, é necessário calcular que percentagem de tempo se passa a produzir cada tipo de saco para que depois seja possível saber as horas totais por semana despendidas em cada um destes. A Tabela 4 foi elaborada de forma a sintetizar melhor esta informação.

Tabela 4 - Dados da produção de cada tipo de saco.

Tipo de saco	Média de sacos etiquetados por semana	Valor relativo (em percentagem) da produção semanal do tipo de saco	Número de horas semanais despendidas a produzir	Número de minutos semanais despendidos a produzir
S	41176	34,7%	15,615	936,9
M	21471	18,1%	8,145	488,7
L	51471	43,4%	19,530	1171,8
XL	4412	3,7%	1,665	99,9

Tipicamente, na indústria da etiquetagem, ao invés de se referir quantas etiquetas podem ser aplicadas por minuto, vem com a máquina o número de metros que esta é capaz de etiquetar por minuto. Obviamente, este número irá mudar consoante o motor a ser usado, se este for servo motor ou motor de passo. Uma conceção geral é que um motor de passo consegue desempenhar funções até 55 metros de fita standard por minuto e o motor servo deverá trabalhar a partir deste valor, ou seja, 55 ou mais.

Como as dimensões das etiquetas individuais são conhecidas, bem como os minutos despendidos em cada saco, é possível calcular o número de metros de fita gasta por minuto. A fita contém as etiquetas e o material em que estas estão coladas.

Assim, seguidamente, serão apresentadas algumas contas que nos permitem chegar ao valor pretendido. Antes disso, encontra-se uma imagem meramente ilustrativa para que se tenha noção da dimensão das etiquetas individuais aplicadas, na Figura 18.

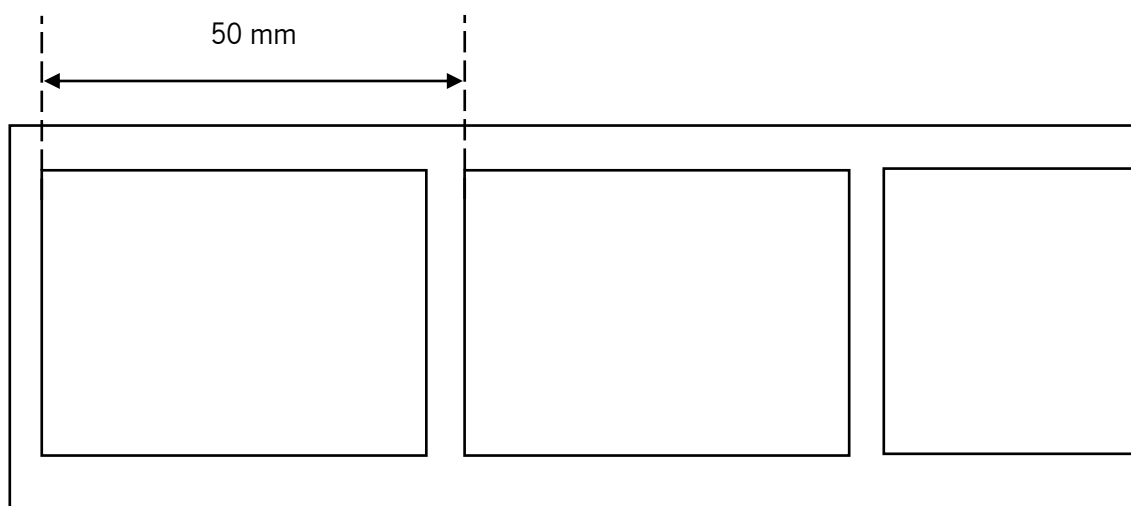
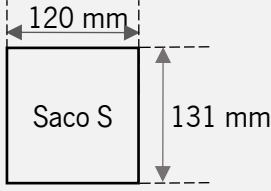
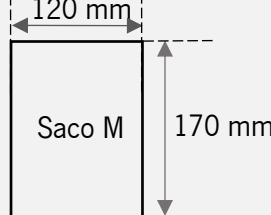
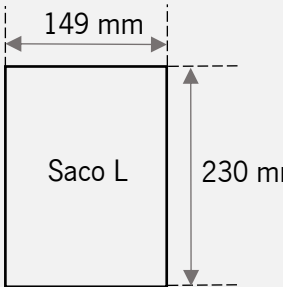
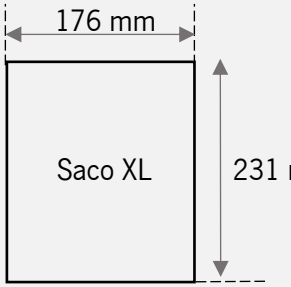


Figura 18 - Representação da fita das etiquetas produzidas para a empresa.

Sabendo que são etiquetados 118533 sacos por semana e que a dimensão de cada etiqueta em conjunto com um espaçamento são 50 mm, multiplicam-se estes valores para se saber os metros de fita etiquetados por semana, dando 5926,65 metros por semana. Ou seja, 131,70 m/hora e 2,195 m/minuto de fita etiquetada.

Uma vez que se conhecem as dimensões e os minutos despendidos em cada saco, é possível calcular o número de metros de sacos etiquetados por minuto para cada um destes. A Tabela 5 foi feita com este mesmo propósito. Esta contém as dimensões de cada saco e uma estimativa muito próxima da realidade de quantos metros foram etiquetados por minuto de produção para o ano de 2022. De notar que a medida que interessa para etiquetar o saco é sempre a largura do mesmo.

Tabela 5 - Metros etiquetados por minuto para cada tipo de saco.

Tipo de saco	Metros etiquetados por minuto $\left(\frac{\text{Largura do saco} \times \text{produção semanal do saco}}{\text{minutos produzidos por semana}} \right)$
 Saco S	$\frac{0,12 \times 41176}{936,9} = 5,245 \text{ (m/min)}$
 Saco M	$\frac{0,12 \times 21471}{488,7} = 5,272 \text{ (m/min)}$
 Saco L	$\frac{0,149 \times 51471}{1171,8} = 6,545 \text{ (m/min)}$
 Saco XL	$\frac{0,176 \times 4412}{99,9} = 7,773 \text{ (m/min)}$

Os valores calculados neste capítulo irão provar a sua utilidade quando se chegar à solução final. Quando se chegar a esse ponto, é possível comparar o número de etiquetas aplicadas atual com o número de etiquetas que a máquina poderá aplicar e, aí, pode-se fazer uma análise relativa à máquina que revela se esta está pronta para etiquetar as 13 milhões de peças que a empresa pretende vender no ano de 2023 para corresponder à procura dos seus clientes.

Importante mencionar que a análise para a aplicação das etiquetas de conjunto não foi efetuada, uma vez que dados suficientes não foram fornecidos para este fim. A empresa não tinha dados sobre como esta etiquetagem de conjunto funcionava ao longo deste ano, não sendo possível obter o rácio definitivo entre sacos etiquetados em conjuntos de cinco ou em conjuntos de três.

4. Desenvolvimento de soluções

O presente capítulo tem como finalidade apresentar todo o trabalho efetuado até se chegar à solução conceptual final. Para que se chegue a este ponto, será necessário, primeiramente, proceder-se a uma clarificação dos objetivos do produto, depois elaborar-se a árvore de objetivos e, mais tarde, o diagrama de funções. Posto isto, elaborar-se-ão as especificações do produto e, por fim, o mapa morfológico, onde devem ser apresentadas várias soluções para cada subfunção que o projeto final terá de ter.

4.1. Clarificação e estabelecimento dos objetivos do projeto

A elaboração de um projeto tende, por norma, a possuir um início repleto de requerimentos por parte do cliente, no entanto, estes podem ser expressos de forma pouco clara. Neste caso em particular, a empresa Maia & Borges sabia o que pretendia obter como produto final e, para ter a certeza que o projeto final seria o mais perto dos requisitos da firma possível, é essencial que sejam passados para os seus responsáveis cada um dos detalhes ou variantes associados às máquinas automáticas de etiquetagem para que, assim, consigamos definir corretamente o nível de generalidade do problema apresentado e, inclusive, propostas à empresa de como adaptar o seu processo de produção com vista a obter melhores resultados. Para tal, considera-se benéfico recorrer a alguns métodos apresentados seguidamente que adotam uma abordagem sistemática facilitando a definição e metodologia do projeto.

4.2. Árvore de objetivos

O método da árvore de objetivos permite organizar os objetivos listados de maior para menor importância. Para além disto, é uma forma eficaz de apresentar cada um destes simplificada e, proporcionando um entendimento mais fácil dos mesmos. Algo de peculiar no método da árvore de objetivos é a capacidade de este relacionar os diferentes objetivos, tornando perceptível a maneira como estes interagem entre si.

Seguidamente, na Tabela 6, encontra-se representada a lista de objetivos elaborada para a tarefa em causa, a automatização da linha de etiquetagem presente na empresa.

Tabela 6 – Lista de subobjetivos

Lista de objetivos do projeto
Simplicidade
Segurança
Boa relação custo-benefício
Versatilidade
Capaz de etiquetar sacos de tamanhos diversos
Tempo de inatividade reduzido
Preço acessível
Seguro para o operador
Facilidade em trocar rolos de etiquetas
Capacidade de detetar se a etiqueta é corretamente aplicada
Facilidade em trocar rolos de plástico
Boa cadência de produção
Operação fiável
Fácil manutenção
Máquina robusta sujeita a poucas vibrações
Etiquetadora de conjunto adaptável (etiquetar de 5 em 5 ou 3 em 3)
Interface homem-máquina simples
Capaz de se integrar no processo produtivo
Capacidade de cortar sacos de plástico
Tempo de implementação reduzido
Capaz de satisfazer necessidades futuras
Boas características operativas

Após a elaboração da lista de objetivos do projeto é necessário reorganizá-la em conjuntos de objetivos de alto e baixo nível, ou seja, alguns objetivos têm um nível de importância mais significativo do que outros, o que faz com que haja a necessidade de dividi-los entre objetivos principais e secundários.

Seguidamente, na Tabela 7, procede-se à organização referida, atribuindo a cada objetivo principal os respetivos subobjetivos que o tornam possível e, para além disto, fez-se a organização de cada um destes do mais para o menos relevante, dentro de cada conjunto.

Tabela 7 - Organização da lista de subobjetivos por ordem de prioridade.

Boa relação custo-benefício	Simplicidade	Segurança
Boa Cadência de produção	Boas características operativas	Seguro para o operador
Preço acessível	Capaz de se integrar no processo produtivo	Operação fiável
Versatilidade	Facilidade em trocar rolos de plástico	Máquina robusta sujeita a poucas vibrações
Detetar se a etiqueta é corretamente aplicada	Facilidade em trocar rolos de etiquetas	
Tempo de inatividade reduzido	Fácil manutenção	
Etiquetar sacos de tamanhos diversos	Interface homem-máquina simples	
Satisfazer necessidades futuras	Tempo de implementação reduzido	
Etiquetadora de conjunto adaptável (etiquetar de 5 em 5 ou 3 em 3)		
Cortar sacos de plástico		

Posto isto, será apresentada na Figura 19 a árvore de objetivos. Algumas notas importantes desta:

- Da esquerda para a direita a ligação entre um objetivo e subobjetivo deve ser lida como um “como?” uma vez que indica como um objetivo de nível superior pode ser alcançado;
- Da direita para a esquerda a ligação entre dois objetivos deve ser lida como um “porquê?” uma vez que indica o porquê de se optar por se acrescentar um objetivo de nível inferior.

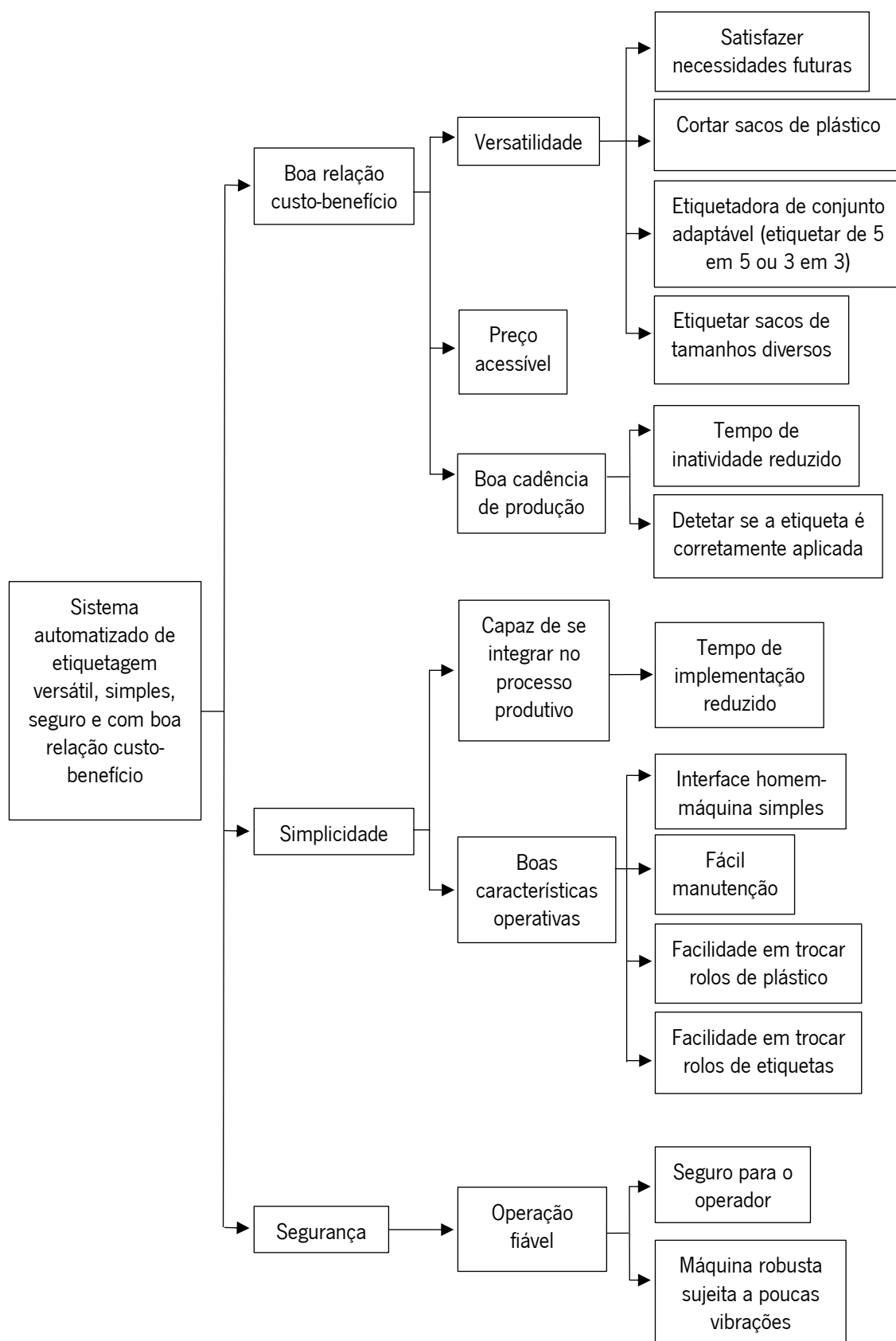


Figura 19 - Árvore de objetivos.

A elaboração da árvore de objetivos é essencial na medida em que obriga o projetista a explicitar e questionar cada objetivo, marcando assim o início do processo de planeamento de potenciais soluções.

4.3. Diagrama de funções

Tal como se viu no método da árvore de objetivos diferentes problemas podem ter níveis distintos de generalidade e, em muitas ocasiões, a generalidade de um objetivo deve ser questionada junto do cliente para que estes objetivos se tornem mais restritos e a solução final obtida seja tão próxima da desejada quanto possível. Para tal, é essencial elaborar uma série de funções essenciais que uma determinada solução deve satisfazer.

Importa, numa fase inicial da elaboração do diagrama de funções, que se represente a função global em termos de conversão de entradas em saídas. Esta etapa é importante na medida em que permite definir o que é pretendido com maior exatidão ao invés do modo como será atingido. Para isto, elaborou-se o diagrama da Figura 20 que contém uma caixa negra que converte as entradas em saídas, representando esta a função global.

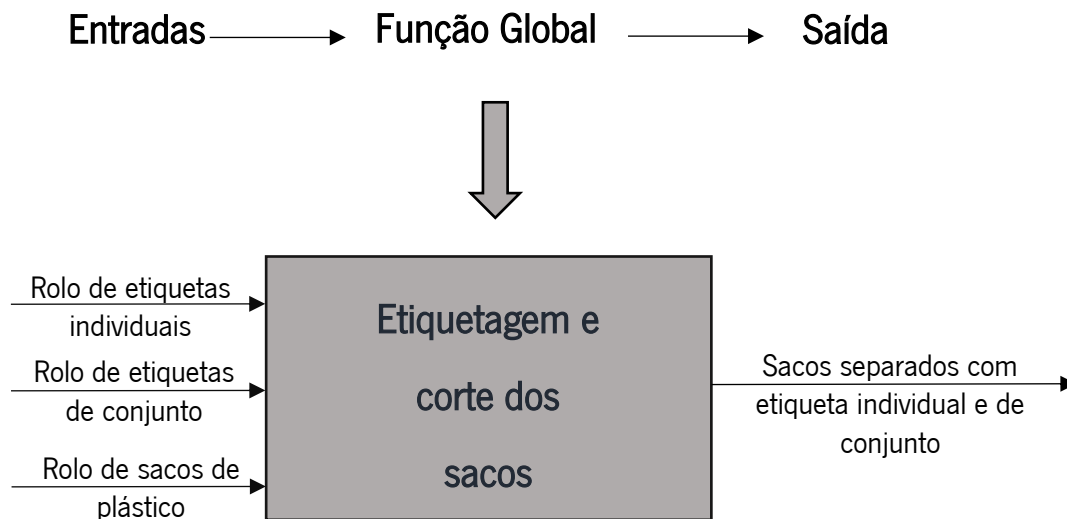


Figura 20 - Função global em termos de conversão de entradas em saídas.

Depois disto, poderá ser dividida a função global em várias subfunções que, aliadas umas às outras, possibilitam a realização do pretendido. Assim, na Figura 21, é apresentado o diagrama de funções respetivo à etiquetagem e corte dos sacos de plástico.

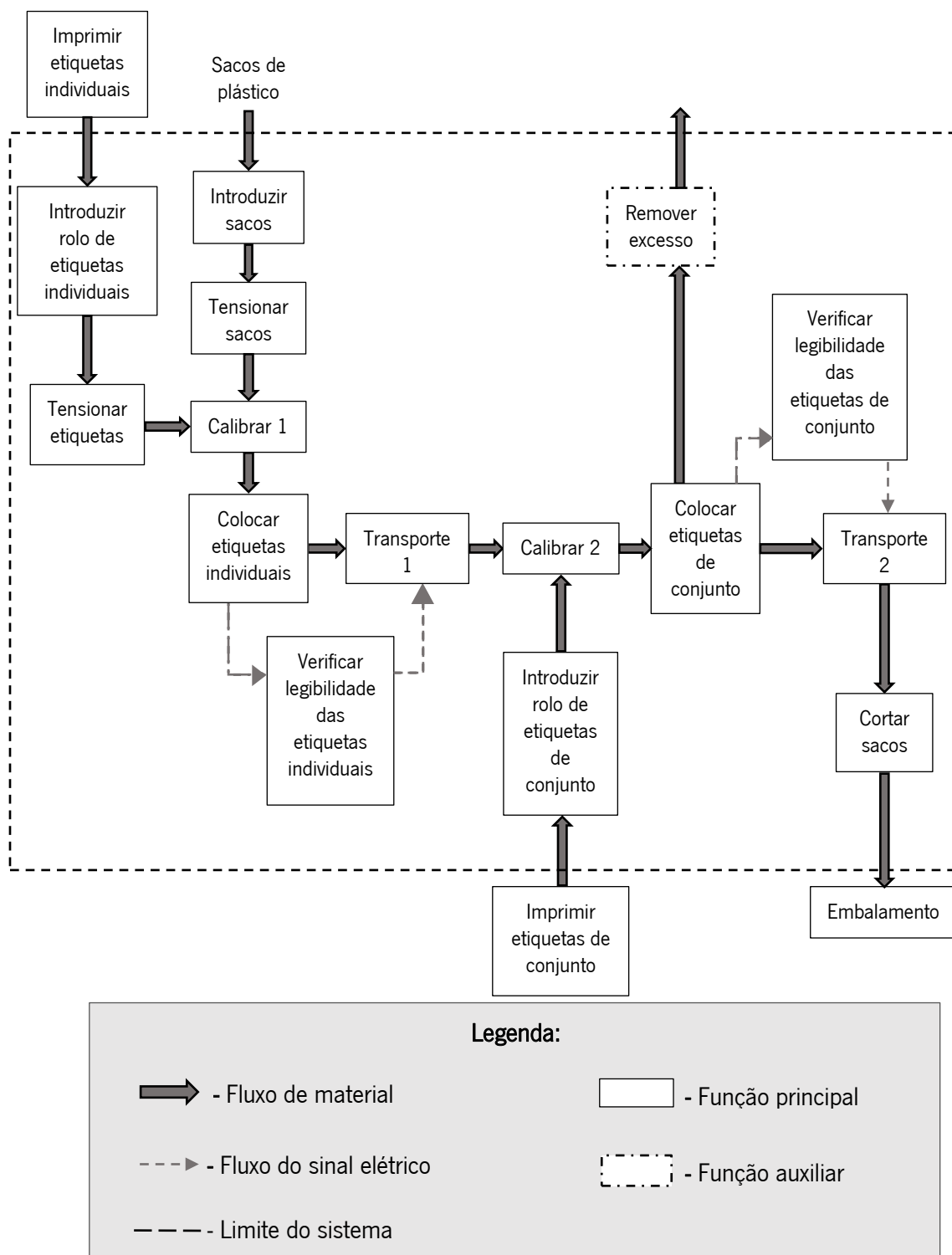


Figura 21 - Diagrama de funções da etiquetagem e corte dos sacos de plástico.

Depois de feito o diagrama de funções, importa explicar cada uma das subfunções que o compõe por forma a descrever tanto quanto possível a função principal e permitir, com isto, manter um fio condutor detalhado no decorrer desta. Para tal, optou-se pela elaboração da Tabela 8.

Tabela 8 - Descrição das subfunções do diagrama de funções.

Subfunção		Descrição
1	Introduzir rolo de etiquetas individuais	Função responsável por colocar o rolo de etiquetas individuais no seu local destinado da máquina de etiquetagem.
2	Tensionar etiquetas	Função que tem como propósito provocar tensão no rolo que contém as etiquetas para que estas possam ser aplicadas uma vez introduzido o rolo de etiquetas individuais no local pretendido.
3	Introduzir sacos	Função responsável por colocar o rolo de sacos de plástico no devido local da máquina após a aplicação de etiquetas no rolo prévio se dar por concluída.
4	Tensionar sacos	Função que tem como objetivo provocar a tensão no rolo de sacos de plástico para que assim as etiquetas sejam aplicadas com maior exatidão, evitando rugas nas etiquetas.
5	Calibrar 1	Função responsável por determinar o exato momento em que a etiqueta deve ser descolada do rolo de etiquetas individuais e aplicada nos sacos individuais.
6	Colocar etiquetas individuais	Função responsável por aplicar as etiquetas individuais em cada um dos sacos de plástico.
7	Verificar legibilidade das etiquetas individuais	Função encarregue de verificar se as etiquetas individuais foram corretamente aplicadas, isto refere-se a fatores como posição e a garantia que esta não se encontra enrugada.
8	Transporte 1	Função que tem como objetivo transportar o rolo de sacos de plásticos desde o local onde são primeiramente armazenados na máquina até o local onde será aplicada a etiqueta de conjunto, passando pela etiquetagem individual entre estes pontos.
9	Introduzir rolo de etiquetas de conjunto	Função responsável por colocar o rolo de etiquetas de conjunto no devido local para que estas sejam aplicadas posteriormente.
10	Calibrar 2	Função responsável por determinar o exato momento em que a etiqueta deve ser descolada do rolo de etiquetas de conjunto e aplicada no conjunto de cinco sacos.

Tabela 8 - Descrição das subfunções do diagrama de funções (continuação).

Subfunção		Descrição
11	Colocar etiquetas de conjunto	Função responsável por aplicar as etiquetas de conjunto em cada conjunto de sacos de plástico. Tipicamente serão de cinco, mas, em alguns casos, é necessário etiquetar de três em três sacos.
12	Verificar legibilidade das etiquetas de conjunto	Função encarregue de verificar se as etiquetas de conjunto foram corretamente aplicadas, isto refere-se a fatores como posição e a garantia que esta não se encontra enrugada.
13	Transporte 2	Função que tem como objetivo transportar o rolo de sacos de plásticos com a etiqueta individual e de conjunto aplicadas para o local onde se irá proceder ao corte dos sacos.
14	Cortar sacos	Função responsável por cortar os sacos, quer em conjuntos de cinco, quer em conjuntos de três.

Dá-se por concluída a elaboração do diagrama de funções, pode-se verificar a divisão da função global em quinze subfunções. A relevância da elaboração deste diagrama é inegável uma vez que, agora, se consegue ter uma ideia mais precisa do que irá ser realizado, dos passos para os quais irão ser precisas elaborar soluções e a ordem cronológica em que tal deve acontecer, permitindo assim a concepção de um projeto com menos falhas e mais organizado.

4.4. Estabelecimento das especificações do produto

O presente método revela-se importante na elaboração de um projeto na medida em que permite definir o problema concretamente e, ainda, facultar uma margem de manobra ao projetista, diferenciando de entre vários objetivos os que devem ser cumpridos e os que seriam um extra para o projeto. Assim, a especificação de um produto define o que este deve desempenhar e não o produto desejado. Com isto, é possível manter uma ideia concreta do que se deve realizar e, simultaneamente, não deixar de pensar em outras adições que podem ser importantes e beneficiem a produtividade da empresa num todo.

Inicialmente, é necessário averiguar em que nível de generalidade se está a trabalhar. Existem três possibilidades:

- Um nível de generalidade alto é caracterizado, de certa forma, como uma zona de pouca exatidão para um projetista, já que este possui uma ideia pouco clara do que deve ser desenvolvido e isto pode dar origem a soluções inadequadas. Trabalhando neste nível de generalidade o projetista pode propor formas alternativas de um produto ou, inclusive, substituí-lo por outro já existente no mercado;
- Um nível de generalidade médio caracteriza-se por ser uma zona de equilíbrio entre a liberdade do projetista em propor ou criar as soluções e, simultaneamente, terem sido impostos limites relativamente às características do produto ou tipos de produto que a empresa considera aceitável. Trabalhando-se neste nível é expectável que a função seja de projetar um novo produto;
- Um nível de generalidade baixo é caracterizado pela pouca liberdade que se dá a um projetista para este conceber a solução por si e um elevado detalhe face às características do produto que devem ser mudadas. Trabalhando-se neste nível de generalidade, é de esperar que um projetista apenas possa mudar determinadas subfunções do elemento que está a estudar, por exemplo, ao introduzir determinadas alterações em produtos já existentes.

Posto isto, pode-se concluir que o nível em que se está a trabalhar é o nível intermédio, pelas razões já explicadas. Assim, de seguida, é necessário elaborar uma lista que enumere os diferentes atributos de desempenho necessários e definir cada um destes com E (exigido) ou D (desejado), dando origem assim à lista de especificações de um produto. Esta lista está presente na Tabela 9.

Depois de finalizada a tabela 9, é possível verificar a presença de 12 especificações, sendo 5 destas exigidas pela empresa e outras 7 especificações que não são obrigatórias, mas, ainda assim, seriam do interesse da empresa que o seu sistema de etiquetagem possuísse.

Tabela 9 - Lista de especificações de um produto.

E (exigido) ou D (desejado)	Especificações
E	1. <u>Operação fiável</u> Deve ser garantida total segurança para o operador que estiver no posto da máquina, incluindo-se, para tal efeito, botões de emergência ou stop caso alguma intervenção protagonizada por este seja precisa. Assegurar também que a máquina é robusta e com ausência de vibrações significativas para diminuir o ruído sonoro.
E	2. <u>Preço acessível</u> Quando finalizada a máquina de etiquetagem deve ser tão acessível quanto possível, pesquisando, no decorrer da sua projeção, por alternativas das funções que possam ser economicamente mais apetecíveis para a empresa.
D	3. <u>Manutenção fácil</u> A manutenção deverá ser simplificada, equipando a máquina com aparelhos menos tendenciosos à falha ou que tornem possível um controlo com maior eficiência.
E	4. <u>Boa cadência de produção</u> Atualmente a empresa possui cerca de 10 operadores na divisão destinada à etiquetagem dos sacos. Era do interesse da empresa que, sem trabalho de qualquer operador, a máquina conseguisse por si só aumentar a produção cerca de 20%.
D	5. <u>Facilidade na troca de material</u> A troca dos rolos das etiquetas e do rolo de saco plástico deve ser fácil e rápida, permitindo assim menos paragens e, conseqüentemente, uma produção mais significativa.
E	6. <u>Etiquetar diferentes tamanhos de sacos</u> Atualmente, a empresa possui uma variedade enorme de figuras e isto faz com que os sacos que são usados variem de figura para figura. A máquina de etiquetagem deve ser capaz de etiquetar cada tipo de saco existente. 120 mm 131 mm Saco S 120 mm 170 mm Saco M 149 mm 230 mm Saco L 176 mm 231 mm Saco XL

Tabela 9 - Lista de especificações de um produto (continuação).

E (exigido) ou D (desejado)	Especificações
E	7. <u>Usar etiquetas previamente impressas pela empresa</u> Uma das exigências da empresa é a utilização da impressora de etiquetas comprada previamente. Terá que ser usado o mesmo método de impressão para que não haja custos acrescidos.
D	8. <u>Tempo de implementação reduzido</u> Tempo de implementação refere-se ao tempo que será necessário entre a planificação total feita e o início da produção da máquina.
D	9. <u>Detetar se a etiqueta é aplicada corretamente</u> Será necessário recorrer a sensores de boa qualidade para que se tenha a certeza de que a etiqueta é colocada corretamente, ficando legível e sem enrugamentos.
D	10. <u>Possibilidade de definir o corte de sacos de plástico em conjuntos de 5 ou de 3</u> Uma das formas de tornar a máquina de etiquetagem mais interessante é com a adição de funcionalidades, neste caso, através de alguma programação, seria interessante dar a oportunidade à empresa de escolher entre cortar de 5 em 5 sacos de plástico ou de 3 em 3, visto que ambos são usados.
D	11. <u>Possibilidade de definir a etiquetagem de conjunto de 5 em 5 ou de 3 em 3</u> Tal como a especificação anterior refere, uma máquina versátil seria mais interessante para a empresa, e a possibilidade de se conseguir permutar entre a etiquetagem de 5 sacos ou de 3 sacos interessa à empresa. Assim, através de algumas definições numa interface homem-máquina simples, seria interessante para o projeto esta possibilidade
D	12. <u>Satisfazer futuras necessidades de produção</u> A empresa tem vindo a aumentar a sua produção com regularidade e isto significa que, se tudo se mantiver igual, terá de etiquetar futuramente mais produtos do que os projetados agora. Assim, seria interessante preparar o sistema de etiquetagem para esta condição, possibilitando a aplicação de etiquetas numa quantidade de produtos entre 10 e 15% da perspetivada para o presente

4.5. Mapa morfológico

A elaboração de um produto é um processo complexo que requer *brainstormings* constantes e a capacidade de avaliar o mercado atual, identificar falhas, corrigi-las num novo produto e garantir que este se mostra no mercado como distinto e eficiente. No entanto, por vezes, é necessária uma pesquisa

mais detalhada, não chegando apenas remodelar alguma peça ou aperfeiçoar um ou outro ponto de uma máquina. É nestas ocasiões que um método tão minucioso como o dos mapas morfológicos se revela como uma mais-valia.

Ao conceber um produto, a elaboração do método dos mapas morfológicos revela-se de extrema importância. Isto porque, aquando desta, é possível pensar-se em diversas soluções para uma mesma função e, ao listá-las, o projetista pode averiguar se uma solução aliada a outra se manifesta num produto melhor. Com as diversas soluções criadas a partir deste modelo é possível criar imensas combinações para um produto que esteja na sua fase inicial. Escolhendo a melhor destas, é garantido que o produto seja tão próximo do que o cliente deseja quanto possível, uma vez que todas as hipóteses viáveis foram tidas em consideração.

Seguidamente, será apresentado o mapa morfológico para a tarefa em questão, a etiquetagem individual e de conjunto de sacos de plástico, na tabela 10. De notar que algumas subsoluções só fazem sentido ser apresentadas como um subconjunto de subsoluções, uma vez que para as concretizar é necessário o conjunto de duas ou mais etapas.

Depois de concluída a tabela 10, procede-se à escolha de cada solução para a função respetiva. Através do mapa morfológico é possível ter acesso a um número grande de possíveis soluções, uma vez combinando cada solução com outra de outra função, no entanto, é essencial nesta fase uma análise ainda mais pormenorizada de cada subsolução para que se consiga proceder à escolha da melhor possível. Em contrapartida, é necessário perceber que, por vezes, escolher apenas a melhor solução para cada função não é possível, uma vez que nem sempre esta se vai poder conjugar com outra melhor solução de outra função.

A função correspondente à calibração apresenta apenas uma solução uma vez que se usam sensores fotoelétricos precisamente para estas aplicações, não existindo na indústria melhores opções. Estes, são os sensores incorporados em todas as máquinas de etiquetagem.

Tabela 10 - Mapa morfológico.

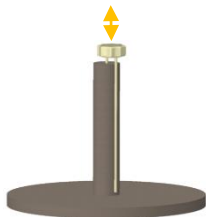
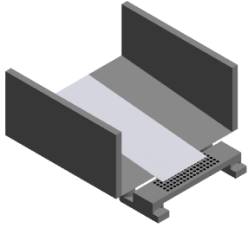
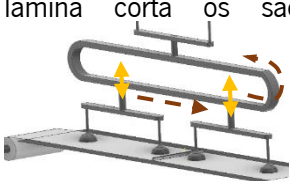
Solução Subfunção		Solução 1	Solução 2	Solução 3
1	Introduzir rolo de etiquetas individuais	Desempenhada por um operário.	Através de uma máquina cuja única função é esta.	_____
2	Tensionar etiquetas	Três fases: <u>desenrolar</u> utilizando o método braço pivot. <u>Zona intermédia</u> rolo acionador, rolo de pressão, placa de separação. <u>Enrolamento</u> : Utiliza-se uma chave que desliza numa peça de enrolamento, sendo necessário que os sacos fiquem entre estas, garantindo assim que se seguram. 	Em três fases: <u>desenrolar</u> usando o braço pivot. <u>Zona intermédia</u> : um rolo acionador e rolo de pressão a puxar a fita. <u>Enrolamento</u> : Peça que enrola etiquetas usando um componente eletrónico que abre e fecha, sendo necessário passar a fita no interior do mesmo para que estes fixem 	Em três fases: <u>desenrolar</u> usando uma célula de carga. <u>Zona intermédia</u> : conjunto de rolo acionador, de pressão e rolos guia. Enrolamento com a chave e peça de enrolamento.
3	Introduzir sacos	Desempenhado por operário	Robot que introduz sacos	_____
4	Tensionar sacos	Em três fases: <u>desenrolar</u> utilizando um sensor de distância e controlador para dar o output da velocidade do motor. <u>Zona intermédia</u> : rolos guia, para direcionar sacos. <u>Zona enrolar</u> : igual ao desenrolamento com sensor de distância a controlar motor.	Em três fases: <u>desenrolar</u> utilizar rolo livre para que se use apenas um só motor que puxa os sacos no enrolamento desde a estação de desenrolamento. <u>Zona intermédia</u> : rolos guia, para direcionar sacos.	Em três fases: <u>desenrolar</u> com rolo guia e motor, controlando tensão e o mesmo para enrolamento. Estação <u>intermédia</u> com rolo acionador de pressão
5	Calibrar 1	Sensor fotoelétrico	_____	_____
6	Colocar etiquetas individuais	Vertente do método <i>wipe-on</i> , com escova em vez de rolo 	Método <i>wipe-on</i> tradicional, auxiliado por um rolo	Método <i>blow-o</i> tradicional

Tabela 10 - Mapa morfológico (continuação).

Solução Subfunção		Solução 1	Solução 2	Solução 3
7	Verificar legibilidade et. Individ.	Operário verifica se existem rugas ou irregularidades	Sensor capaz de detetar o posicionamento da etiqueta	_____
8	Transporte 1	Manualmente, passando da estação da etiquetagem individual para a estação da etiquetagem em conjunto	Sistema de etiquetagem no qual a máquina que movimenta os sacos permite as duas etiquetagens	Através de um tapete rolante
9	Introduzir etiq. Conj.	Desempenhado por um operário.	Robot cuja única função é esta.	_____
10	Calibrar 2	Sensor fotoelétrico	_____	_____
11	Colocar etiquetas de conjunto	Método <i>blow-on</i> invertido: isto porque as etiquetas são colocadas contra a gravidade visto que precisam de ser aplicadas no lado oposto das etiquetas individuais. 	Semelhante ao método da esquerda, mas com um braço que permite o movimento do aparelho, fazendo com que este recebesse as etiquetas com a cola no sentido normal, rodasse o aparelho e aplicasse nos sacos de plástico.	Método <i>wipe-on</i> invertido
12	Verificar legibilidade et. conj.	Sensor capaz de detetar o posicionamento da etiqueta	Operário que verifica se existem rugas nas etiquetas	_____
13	Transporte 2	Desempenhado por um operário.	Tapete rolante	_____
14	Cortar sacos	Estrutura que utiliza ventosas para puxar os sacos, auxiliadas por cilindros que movimentam os sacos para a frente pressionando as ventosas contra os sacos. Quando na posição pretendida, uma lâmina corta os sacos. 	Manualmente, função desempenhada por um operário.	Começar a etiquetar sacos selados nas laterais, mas com o interior aberta sendo mais fácil para este caso realizar o corte (menos exatidão necessária) e selar também os sacos simultaneamente. lugar exato do picotado.

Intuitivamente, é possível perceber que, aquando da elaboração da tabela 10, algumas das soluções identificadas não iriam de encontro a cem por cento com a dinâmica do projeto, por motivos diversos. Assim, seguidamente estas serão apresentadas.

Para a subfunção 1: introduzir rolo de etiquetas individuais, existe a possibilidade desta tarefa ser desempenhada por um operador ou se fazer uma máquina simples capaz de agarrar um rolo e colocá-lo no respetivo lugar, como apresentado na Figura 22.

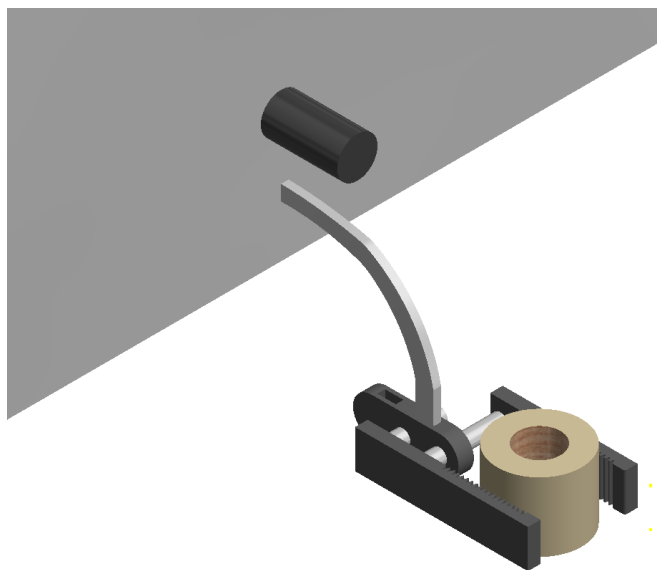


Figura 22 - Modelação de uma possível máquina que coloca o rolo na estação de desenrolamento.

Esta estrutura, embora simples, implica gastos extra para a empresa. Para além disto, não resolve o problema principal que é o de se conseguir, depois de pousado o rolo de etiquetas no local destinado para este efeito, distribuí-lo por toda a máquina. Isto é, para que as etiquetas sejam corretamente aplicadas estas precisam de estar sob constante tensão, como previamente estabelecido. Para isto ser possível, a etiqueta tem que descrever um percurso onde passa por rolos guia, conjuntos de rolos acionadores e de pressão, entre outros. Esta tarefa, onde se tem de colocar o rolo de etiquetas na devida estação e prendê-lo na última estação da máquina, é mais facilmente executada por um operador do que por uma máquina, dada a complexidade de movimentos. Por isto, conclui-se que a melhor opção é que esta função seja desempenhada por um operário, já que a presença de um operador é sempre necessária no decorrer do processo.

A subfunção 1: introduzir rolo de etiquetas individuais, é muito similar à subfunção 3 (introduzir sacos) e à subfunção 9 (introduzir rolo de etiquetas de conjunto). Por isto, a linha de raciocínio é semelhante e a mesma opção será escolhida para os três casos.

A subfunção 2: tensionar etiquetas divide-se em três pontos.

- Em primeiro lugar, a zona de desenrolamento, cujo controlo pode ser feito através de um braço pivot ou de uma célula de carga. O que se procura num mecanismo que controla o desenrolamento de um rolo é um arranque suave deste aliado a um controlo de tensão da fita do rolo. Para além disto, o mecanismo funciona como um travão que impede que o rolo desenrole mais do que o necessário e, conseqüentemente, ocorra uma sobrealimentação da fita. Nestes casos, em que se lida com motores que não estão a fornecer um movimento contínuo, ou seja, que iniciam e param o seu movimento repetitivamente, o braço pivot permite que o rolo de desenrolamento possa mover-se continuamente, não tendo de se lidar com a inércia de se estar constantemente a parar e a recomeçar o seu movimento. Portanto, o braço pivot movimenta-se para absorver essas diferenças de velocidade e o sistema da célula de carga mede apenas a tensão diretamente, mas não tem compensação disponível para alterações de velocidade da fita do rolo;
- Seguidamente, a zona intermédia da máquina terá de contar com um conjunto de peças que tornam a eficácia do trabalho pretendido muito maior. Neste ponto, a questão prende-se entre simplificar ao máximo fazendo com que apenas haja um conjunto de rolo acionador e rolo de pressão ou produzir um sistema mais complexo que acrescenta a estes vários rolos guia e uma placa de separação. Explicando cada um destes e a sua utilidade:

Conjunto de rolo acionador e rolo de pressão: esta parte do sistema “puxa” a fita. O rolo acionador tem movimento de rotação e trava para cada sequência de etiquetagem. O rolo de pressão apenas pressiona a fita contra o rolo acionador e tem movimento livre, ou seja, gira com o atrito que o rolo acionador provoca nele. Não deve ser possível mover a fita uma vez estando os dois rolos corretamente pressionados um contra o outro, criando-se uma espécie de controlo de tensão da fita do rolo das etiquetas;

Rolos guia: tal como o próprio nome indica, estes rolos apenas têm a função de guiar a fita do rolo de etiquetas, estando lá para fornecer alguma tensão e movendo-se livremente apenas quando estas se movimentam;

Placa de separação: este é um ponto crucial para que as etiquetas sejam corretamente aplicadas. Esta placa deve ser fina e isto é o que permite que a etiqueta se descole da fita tal como exemplificado na Figura 23. Na ausência desta placa, não se dá a separação da etiqueta e da fita o que dificulta muito o desempenho da aplicação das etiquetas de forma automática. Depois disto, as etiquetas são aplicadas e a fita, já sem elas, segue o seu percurso até à última estação da máquina de etiquetagem.

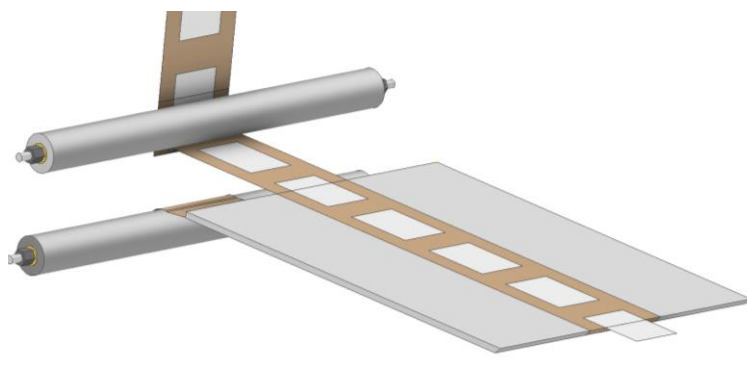


Figura 23 - Placa de separação.

- Por último, tem-se a zona onde se rebobina a fita das etiquetas, já pós aplicação destas. Ainda que quer a primeira, quer a segunda opções apresentadas sejam boas ideias, pensa-se que na terceira há um grau de complexidade superior não justificável, ainda que pequeno. No primeiro caso, basta tirar-se a chave manualmente e voltar a colocar para um futuro uso, no outro há um mecanismo que fecha e abre, controlado por um controlador e é necessária a presença de um operador para que se retire o excesso do rolo. Por isto, a opção escolhida será a primeira.

Relativamente à subfunção 4: tensionar sacos, pretende-se que o desenrolamento seja feito por rolos guia e, também, pelo movimento da estação de desenrolamento transmitido do motor a partir do input do sensor de distância. Para a zona intermédia, pensa-se que a melhor opção é optar pelos rolos guia, uma vez que estes permitem guiar os sacos pela direção pretendida, não sendo necessário rolos estacionários auxiliares. Por último, na zona onde se rebobina o material, pensa-se que, tal como no caso das etiquetas, a melhor opção seja a primeira apresentada na tabela 10, uma vez que permite um enrolamento suave e controlado dos sacos de plástico já estudado para a opção do desenrolamento. A segunda opção apresentada não se revela tão fiável uma vez que à medida que o diâmetro do rolo de sacos de plástico varia a velocidade do desenrolamento ou enrolamento irá, também, variar.

No que diz respeito à subfunção 5, que corresponde à calibração das etiquetas com os sacos para que não se corra o risco de que estas sejam coladas a meio de um picotado ou que não fiquem no rácio de um para um com os sacos (aplicar mais que uma por saco ou menos), pensa-se que a única opção será recorrer ao uso de um sensor fotoelétrico que comunica o posicionamento da etiqueta a um controlador que controla o motor e consegue-se, a partir daí, aplicar a etiqueta no *timing* correto. Dado que esta subfunção desempenha a mesma tarefa que a subfunção 10, só que em estações diferentes da máquina, o raciocínio é igual e, por isso, a escolha será a mesma.

Relativamente à subfunção 6: colocar as etiquetas individuais, a escolha prende-se entre o método *wipe-on* ou o método *blow-on*. Ambos conseguiriam desempenhar a função, no entanto, o método *wipe-on* não precisa de ar comprimido. Para além disto, ambos não necessitam que o produto pare para aplicar a etiqueta, como é o caso de vários métodos de aplicação que se encontram no mercado e, por isto, conseguem uma produção mais significativa. Ainda assim, para além de mais simples, se a aplicação for feita pelo método *wipe-on*, o único componente que se movimenta é o rolo de fitas e, no caso do método *blow-on*, é preciso recorrer-se a uma estrutura que possibilite a presença de ar comprimido que consiga “sugar” a etiqueta sem a danificar e depois expeli-la contra os sacos de plástico, manifestando-se numa diminuição ligeira da produção. Por isto, para este ponto será escolhida a aplicação pelo método *wipe-on*.

Para a subfunção 7 e 12, verificar legibilidade das etiquetas individuais e de conjunto, respetivamente, a possibilidade de se recorrer a um sensor capaz de detetar o posicionamento da etiqueta não se revela como uma mais-valia. Isto porque a máquina terá sistemas que possibilitam que esta se mova para cima e para baixo ou para a direita e esquerda. Desta forma, será assegurado que a etiqueta é colocada sempre no local indicado do saco. Para além disto, no mercado atual, este tipo de sensores não estão a ser usados na maioria das máquinas de etiquetagem. A etiqueta é aplicada e, se não estiver na posição idealizada, a máquina é parada e são feitos os ajustes necessários em termos dos eixos da mesma para que a etiqueta seja colocada no sítio pretendido do produto. Por isto, e porque a fiabilidade das máquinas de etiquetagem tende a ser confiável, é muito raro haver algo como uma simples ruga na etiqueta neste processo. Assim, a tarefa será desempenhada por um operário da empresa. Este apenas irá assegurar que a máquina está a etiquetar o sítio correto do saco de plástico, no início da produção.

A função do transporte 1 (subfunção 8), revela-se como uma oportunidade muito boa de melhorar a produtividade da empresa e, simultaneamente, diminuir os custos. Inicialmente, era pensado fazer-se uma estação para a etiquetagem individual e outra para a etiquetagem em conjunto. Em termos de

custos, isto não é muito atrativo, já que o tempo duplicaria para cada produto e seriam necessários mais materiais, motores, entre outros, para fazer duas estações para os sacos de plástico (controlo da zona de desenrolamento, intermédia, zona onde se rebobina e todas as peças e mecanismos associados a cada uma destas). A ideia de se desenvolver o sistema de etiquetagem desta forma devia-se ao facto de as etiquetas individuais terem de ser aplicadas em faces opostas do saco de plástico das etiquetas de conjunto. No entanto, percebeu-se que, ao se desenvolver uma máquina de etiquetagem para a aplicação individual, pode-se invertê-la em torno de determinados eixos para que esta aplicasse a etiqueta de cima para baixo ou de baixo para cima. A Figura 24 possui um esquema simplificado de como seria a disposição de cada elemento que compõe a máquina.

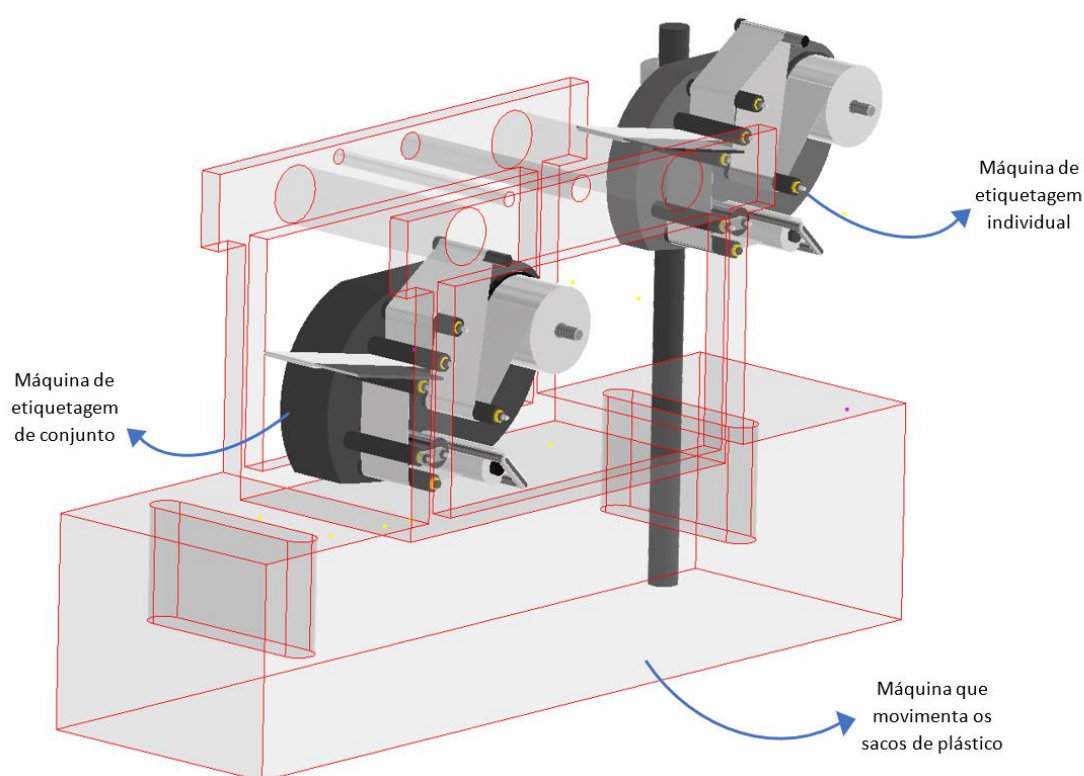


Figura 24 - Disposição da máquina de etiquetagem individual, etiquetagem de conjunto e máquina responsável pelo movimento dos sacos.

A subfunção 11, colocar etiquetas de conjunto, é onde se insere a maior dúvida desta etapa do processo. A aplicação destas usando o método *wipe-on* revela-se simples, e um fator importante é o facto de esta já ter sido estudada detalhadamente para o processo de aplicação das etiquetas individuais. No entanto, há um entrave que seria o aproveitamento espacial, ou seja, se se conseguiria colocar uma máquina de etiquetagem entre a estrutura que move os sacos e os rolos destinados a manter a tensão dos sacos de plástico. Por outro lado, ao ser aplicado o método *blow-on* invertido, a dificuldade prender-se-ia no facto de este não se encontrar no mercado, sendo que é feito para a aplicação específica do problema em

questão. Em contrapartida, o sentido em que se aplicam as etiquetas não teria de ser o mesmo do sentido percorrido pelos sacos. De seguida, apresentam-se dois esquemas simplificados destas duas opções. Primeiramente, na Figura 25 o sistema de etiquetagem com o método *blow-on* invertido.

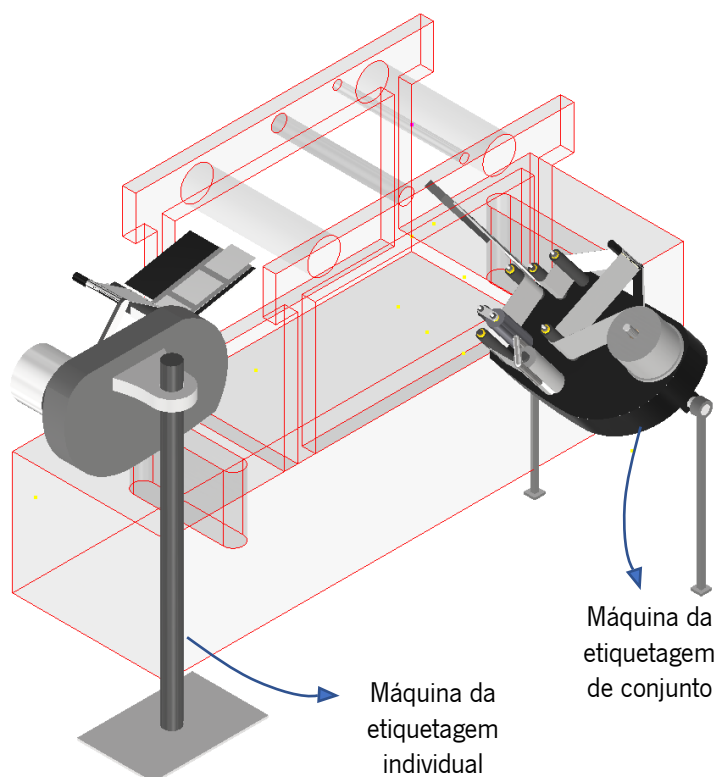


Figura 25 - Máquina de etiquetagem de conjunto – opção com método *blow-on* invertido.

Depois deste, na Figura 26 o sistema de etiquetagem com a aplicação da etiqueta de conjunto pelo método *wipe-on* invertido.

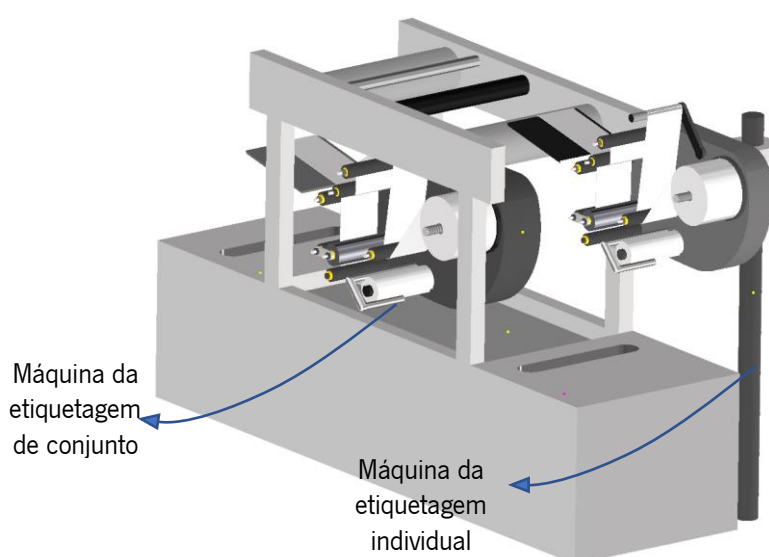


Figura 26 - Máquina de etiquetagem de conjunto – opção com método *wipe-on*.

Embora o método seja mais intrigante do ponto de vista da engenharia, uma vez que é algo novo que ainda não existe no mercado, a opção mais viável é a do método *wipe-on*. Isto, porque é muito mais económico, não precisando de se recorrer a ar comprimido para a função ser desempenhada. Para além disto, a velocidade de aplicação não tem grande influência nesta escolha, uma vez que esta máquina de etiquetagem não precisa de ter uma aplicação de etiquetas em frequência elevada. Em termos de aproveitamento de espaço, percebe-se também que uma máquina de etiquetagem que utiliza o método *wipe-on consegue* desempenhar a função, pois a máquina que movimenta os sacos será dimensionada para este fim.

Relativamente à tarefa que tem como finalidade a remoção do excesso (subfunção 12), esta terá de ser realizada manualmente. Caso se chegue ao fim da produção do dia de trabalho e ainda sobre fita com etiquetas, esta mesma deverá ser cortada antes da zona onde se rebobina de novo, deve ser retirado o excesso e depois envolver-se a fita de novo ao redor da estação em que esta se enrola, para que se siga a produção no dia seguinte. Tal como esta, subfunção 14 (transporte 2), responsável por transportar o rolo com os sacos etiquetados até ao local onde se dará o corte dos mesmo terá de ser, também, realizada por um operário, visto que não é possível aproveitar a estação onde se rebobina o material e adaptá-la para realizar o desenrolamento deste.

No que diz respeito à subfunção 14, cortar os sacos, tem-se três boas opções. Esta função é, no fundo, um acréscimo ao que a empresa pretendia que fosse feito, que era a etiquetagem dos sacos individuais. Das três opções apresentadas, a primeira que sugere o desenvolvimento de uma máquina é a menos atraente aos olhos da empresa. Isto porque, embora consiga desempenhar a função, seria relativamente cara aos olhos da empresa (graças ao facto de ter de se conseguir adaptar a mesma máquina para todos os tipos de sacos e conseguir que esta, depois disto, cortasse os sacos em conjuntos de 5 ou conjuntos de 3). Para além disto, o picotado que separa os sacos necessitaria de uma máquina com uma boa exatidão e precisão no corte que iria fazer para ser cortado, aumentando significativamente o valor desta. Uma vez que o corte de sacos não é uma prioridade para a empresa, de momento, não faria sentido gastar uma quantia elevada nesta função e, para além disto, em termos de produtividade não se iria fazer sentir uma diferença significativa.

Outra ideia dada à empresa foi a terceira apresentada, ainda para a subfunção 14. De momento o fornecedor fornece um rolo de 1000 sacos, separados por picotados como se apresenta na Figura 27.

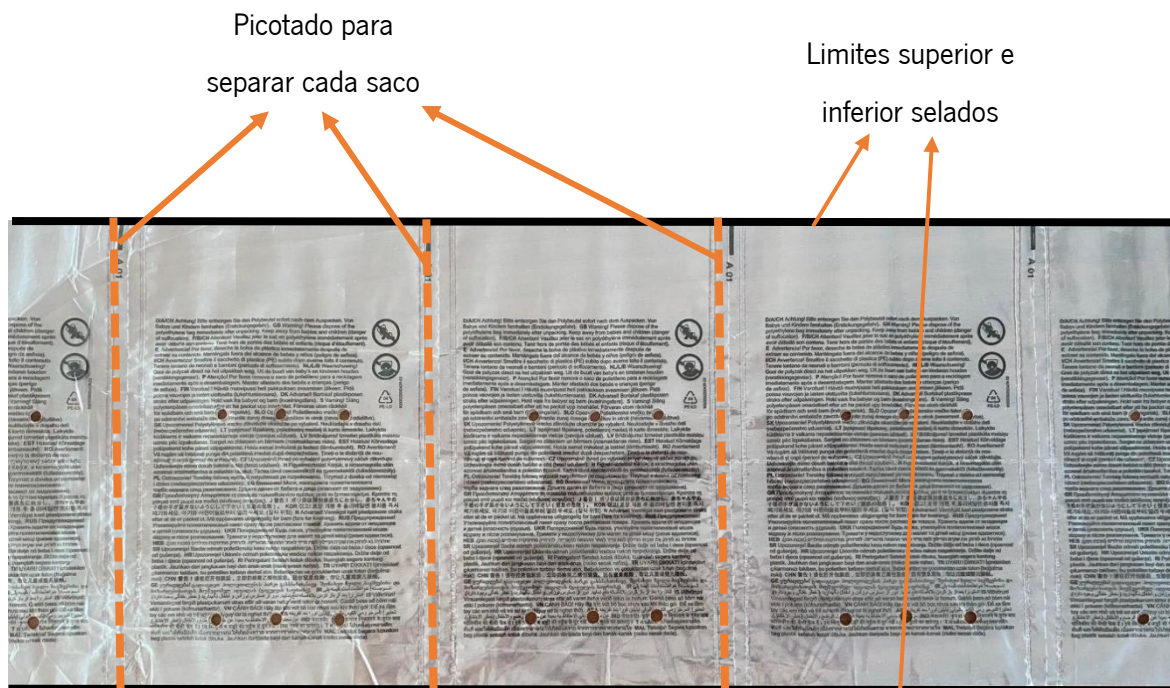


Figura 27 - Sacos utilizados no atual processo de etiquetagem da empresa.

O facto de ser um picotado a separar os sacos entre si dificulta muito a tarefa de os cortar em conjuntos de 5, uma vez que a máquina deve ter uma precisão e exatidão de corte elevada, como mencionado anteriormente. Para isto, são necessários melhores motores que, para além de terem que desempenhar a sua tarefa numa velocidade razoável para melhorar o processo em termos de produtividade, têm que ser extremamente precisos para parar sempre no local pretendido. Para combater isto, tomou-se a iniciativa de questionar aos responsáveis da empresa quão abertos estes estariam em alterar ligeiramente o tipo de sacos que encomendam atualmente. A ideia passaria por retirar os picotados dos sacos e desenvolver-se uma máquina que faria os picotados e, simultaneamente, cortaria os sacos em conjuntos de 5. Depois desta reunião, a empresa optou por não mudar, para já, o tipo de sacos encomendados, frisando que o foco principal neste momento seria a etiquetagem dos sacos individuais e, só depois disto, se focaria no corte dos sacos.

Assim sendo, o corte dos sacos manter-se-á a ser realizado por operários. Embora haja a possibilidade de outras alternativas, esta tarefa ser feita manualmente não irá atrasar a produção da empresa, uma vez que se um dos operários que faz de momento a etiquetagem dos sacos passar para o corte dos mesmos a produção deverá aumentar.

5. Dimensionamentos, modelações e explicação de cada um dos sistemas que compõem o projeto

No presente capítulo, são apresentadas as diversas modelações que constituem o projeto, bem como cada sistema em que estas estão incorporadas. Tudo isto, tendo por base tanto a pesquisa teórica reunida e referida ao longo da presente dissertação, como o projeto conceptual elaborado anteriormente no capítulo do desenvolvimento de soluções.

Para facilitar a compreensão de cada uma das partes, considera-se essencial a presença de uma imagem de referência. Por isto, é apresentada, seguidamente na Figura 28, a modelação final de todo o projeto que compreende a máquina de etiquetagem individual (1400x900x920 mm) (na direita da figura), máquina de etiquetagem de conjunto (1400x900x920 mm) (à esquerda) e a máquina responsável pelo movimento dos sacos (1700x3020x770 mm) (no centro da imagem).

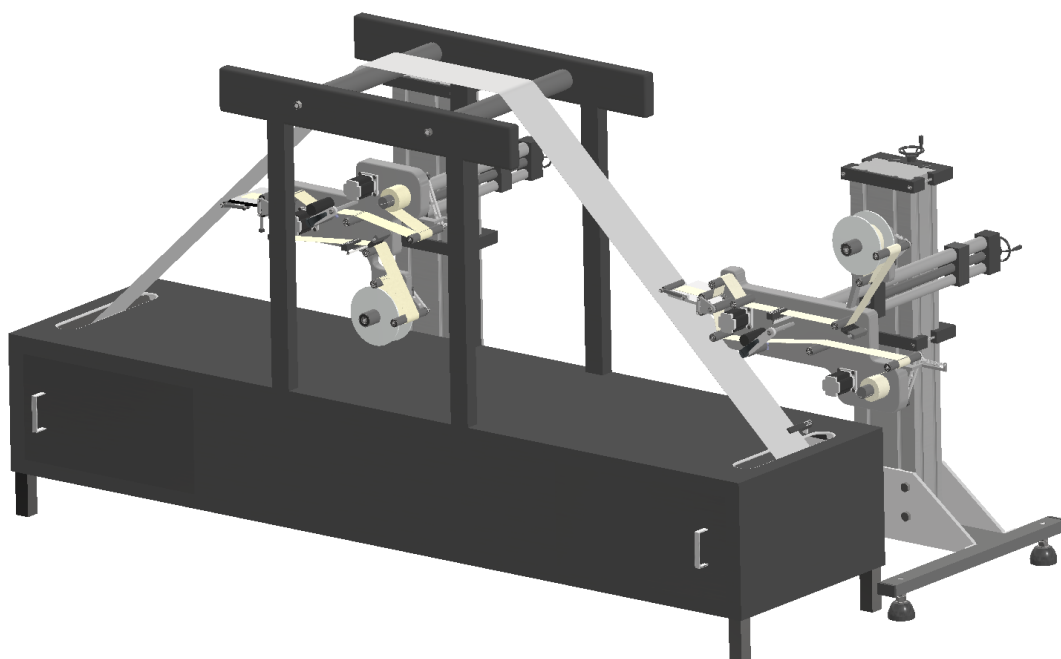


Figura 28 – Sistema de etiquetagem projetado.

Primeiramente, será apresentado o um subcapítulo que aborda os motores e sensores usados no sistema, bem como o dimensionamento de cada um dos motores. Depois disto, apresenta-se a máquina de etiquetagem individual e uma explicação dos sistemas que a constituem. Seguidamente, o mesmo

será feito para a máquina de etiquetagem de conjunto, e, por fim, para a máquina responsável pelo movimento dos sacos.

5.1. Especificação de cada tipo de motor

Depois de efetuado todo o estudo relativo à fundamentação teórica dos motores elétricos, é importante especificar que tipo de motor irá desempenhar cada funcionalidade do sistema de etiquetagem.

Começando pelos motores de acionamento, sabe-se que estes devem ser motores precisos, com boa resposta entre paragens e arranque do próprio motor. Para além disto, sabe-se que as velocidades destes não serão muito elevadas. Características estas, como estabelecido anteriormente, de um motor de passo. Na maioria das máquinas de etiquetagem da indústria os motores de passo são os escolhidos para a aplicação das etiquetas, o que se comprova como a melhor opção depois do estudo realizado. Para além disto, os motores de passo são excelentes para controlo do binário, ou seja, o rolo de acionamento não irá ter movimento de rotação quando o motor estiver parado, algo que irá contribuir para uma aplicação mais eficaz e centrada das etiquetas.

Relativamente aos motores das estações de enrolamento, estes devem ser servo motores. Isto porque deverão funcionar como um sistema de malha fechada, funcionamento típico de um servo motor, em que um sensor irá comunicar quando o motor deve iniciar o seu movimento de rotação e um controlador irá determinar por quanto tempo o motor deve estar acionado. O *feedback* deve ser, por isto, rápido.

Por último, os motores da máquina responsável pelo movimento dos sacos de plástico devem garantir que os sacos se mantêm tensionados ao longo do processo, tensão esta que é essencial para que a etiqueta seja corretamente aplicada. Estes motores devem ter *feedback* relativo à distância a que o sensor se encontra da extremidade do rolo, uma vez que a velocidade de desenrolamento ou enrolamento irá depender do tamanho do diâmetro do rolo dos sacos de plástico. Assim, uma vez que é necessário um sistema em malha fechada para que o sensor comunique a distância a que se encontra da superfície do rolo de sacos de plástico, e um controlador que coloque o motor a funcionar consoante o output do sensor, opta-se por um servo motor.

5.1.1. Dimensionamento dos motores presentes no projeto

Um dos fatores mais importantes de uma máquina de etiquetagem é o motor responsável por impingir o movimento à fita, uma vez que este é responsável pelo desempenho da máquina no que diz respeito à quantidade de etiquetas que esta é capaz de aplicar.

Segundo o estudo feito no capítulo 3, referente às particularidades da produção, foi possível concluir que, atualmente, a empresa aplica em 2022:

- 44 etiquetas por minuto;
- 2640 etiquetas por hora;
- 118800 etiquetas por semana.

Isto, dá um total de, sensivelmente, 5.95 milhões de etiquetas aplicadas por ano, valor este que se pretende que passe para 13 milhões no ano de 2023.

Aquando do início da elaboração do projeto, foi comunicado pela empresa que a tendência era sempre aumentar a produção, pelo que dimensionar os motores da máquina para etiquetarem 13 milhões de figuras por ano não seria o ideal, uma vez que este número apenas iria garantir as unidades mínimas da empresa no espaço de um ano. Prevê-se que, já nos próximos anos, a produção chegue às 20 milhões de figuras anuais. Valor este que pode ser dividido nas seguintes categorias:

- Produção semanal (50 semanas por ano): 400000;
- Produção por hora (45 horas por semana): ≈ 9000 ;
- Produção por minuto: 150.

Tendo em conta estes valores, é necessário calcular as rotações por minuto mínimas que o motor terá de desempenhar. Seguidamente, serão apresentados os cálculos da velocidade mínima requerida para os diferentes tipos de motores que constituem o projeto.

Dimensionamentos relativos aos motores da máquina de etiquetagem individual

Na presente secção do documento, serão feitos os dimensionamentos dos motores que constituem a máquina de etiquetagem individual. Assim, primeiramente apresenta-se o dimensionamento do motor de passo da máquina de etiquetagem individual e, depois deste, o dimensionamento do servo motor da estação de enrolamento da fita.

- **Motor de passo da máquina de etiquetagem individual**

Para se dimensionar um motor de passo é necessário proceder-se ao cálculo de três variáveis. São estas:

- Binário de retenção, que é o binário necessário para rotacionar o veio do motor um passo quando este não se encontra em movimento, mas os enrolamentos do motor estão energizados;
- Inércia da polia movida;
- Velocidade de rotação.

Estas variáveis, encontram-se presentes em todos os catálogos e é a partir destas que se confirma se o motor irá desempenhar com sucesso a função para a qual está a ser projetado.

Relativamente à velocidade de rotação, sabe-se que se precisam de etiquetar 150 etiquetas por minuto e a medida de uma etiqueta mais o espaço que a separa da seguinte são 50 mm, o que dá 7,5 m/min e, consequentemente, 0,125 m/s.

Para passar este valor a rotações por minuto, é necessário conhecer as dimensões do rolo de acionamento, responsável pelo movimento da fita. Como o rolo de acionamento tem um diâmetro de 40 mm, o perímetro é 0,126 m e, como já se conhecem os metros por minuto que a fita percorre, é possível calcular as rotações por minuto mínimas para que sejam etiquetados 150 sacos por minuto. Divide-se, então, os metros de fita por minuto (7,5) pelo perímetro do rolo de acionamento, obtendo-se uma velocidade de rotação média do motor de 60 rpm.

Este valor é, no entanto, o valor de rotação por minuto média do motor de passo e não a máxima que ele irá atingir. Uma vez que os motores de passo têm um arranques e paragens constantes, tem de se ter em conta a aceleração e desaceleração de cada pulso enviado para que se aplique a etiqueta. Por isto, e depois de definir um tempo de aceleração de 10 milissegundos, obtém-se a velocidade de 70 rpm, através de softwares online que calculam esta diferença.

Relativamente ao binário de retenção, sabe-se que este é superior ao binário dinâmico (o binário necessário para desempenhar a função) nos motores de passo. Por isto, calcula-se primeiro a força necessária de ser movimentada e, posteriormente, deve ser dado um fator de segurança (para este caso 25%) para verificar esta condição.

Assim, sabe-se que o rolo de etiquetas pesa cerca de 15 N, o braço pivot 5 N, o rolo guia pivot 5 N, e dá-se, também, uma margem de 15 N para o atrito e para o caso de a empresa decidir aumentar o tamanho dos rolos de etiquetas futuramente. Fica-se assim com uma força dinâmica de 40 N.

Com a segurança de 25%, a força utilizada para calcular o binário de retenção é 50 N. Para o cálculo do binário de retenção utiliza-se a equação 5.1. onde T (em N.m) representa o binário de retenção que se vai calcular, F (em N) a força de retenção igual a 50, r o raio (0,02 m) e θ o ângulo entre r e F que é 90° sendo por isso o seno deste ângulo igual a 1.

$$T_{retenção} = F \times r \times \text{sen}(\theta) \quad (5.1)$$

Pela fórmula apresentada, sabe-se que o binário de retenção do motor de passo da máquina de etiquetagem individual é igual a 1 Nm.

Relativamente à inércia da polia movida, esta pode ser obtida através da equação 5.2, onde, J é a inércia da polia movida (em $g.cm^2$), m é a massa total que precisa de ser movimentada (4 kg), e r o raio da polia (2cm). Multiplicando-se estes dois valores, obtém-se o valor para a inércia da polia movida do motor de passo da máquina de etiquetagem individual de $12 \times 10^3 g.cm^2$.

$$J = m \times r^2 \quad (5.2)$$

Este valor não é, no entanto, o valor que aparece nos catálogos dos motores de passo. O valor que aparece é o da inércia do veio do motor. Para que a escolha do motor seja a correta, deve-se garantir que a condição presente na equação 5.3.

$$\frac{\text{Inércia da polia movida}}{\text{Inércia do motor}} \leq 10 \quad (5.3)$$

- **Servo motor da máquina de etiquetagem individual**

Para o dimensionamento de servo motores são necessários os mesmos parâmetros que se usam para os motores de passo, no entanto, em vez de se calcular o binário de retenção, deve ser calculado o binário de aplicação e depois compará-lo com o binário nominal que pode ser observado na curva de funcionamento dos catálogos de servo motores. Deve-se garantir, no entanto, que o binário de aplicação calculado não se encontra perto desse mesmo binário nominal, para que o motor funcione sem falhas.

Assim, para o cálculo do binário de aplicação, primeiramente é necessário calcular a totalidade da massa a ser movida. Tem-se um rolo de etiquetas de 15 N, uma peça de enrolamento de 5 N, uma chave de

enrolamento de 1 N, um rolo guia do braço pivot de 5 N e o braço pivot também com 5 N, perfazendo um total de 31 N.

Utilizando a fórmula da equação 5.1, sendo F igual a 31 N e r 0,02m, obtém-se 0,62 Nm, valor este que corresponde ao binário de aplicação mínimo do servo motor da máquina de etiquetagem individual.

Com o fator de segurança de 2, deve-se garantir que para a velocidade de aplicação (a mesma velocidade para o motor de passo individual – 70 rpm) o binário nominal na curva de funcionamento do motor não é superior a 1,24 Nm.

Relativamente à inércia movida, esta pode ser calculada através da equação 5.2, resultando na inércia movida do servo motor de $12,4 \text{ g} \cdot \text{cm}^2$.

Tal como para os motores de passo, esta deve respeitar a condição presente na equação 5.3.

Dimensionamentos relativos aos motores da máquina de etiquetagem de conjunto

Na presente secção da dissertação, será feito o dimensionamento dos motores que constituem a máquina de etiquetagem de conjunto. Assim, primeiramente apresenta-se o dimensionamento do motor de passo da máquina de etiquetagem de conjunto e, depois deste, o dimensionamento do servo motor da estação de enrolamento da fita.

- **Motor de passo da máquina de etiquetagem de conjunto**

Para o dimensionamento do motor de passo da máquina de etiquetagem de conjunto, deve-se adotar o método anteriormente usado.

Assim, primeiramente, no que diz respeito à velocidade, pretende-se etiquetar 150 sacos por minuto. No entanto, a máquina de etiquetagem de conjunto tem de etiquetar em conjuntos de 5 em 5 sacos. Caso a precisão do posicionamento das etiquetas de conjunto não fosse muito relevante podia-se dimensionar o motor de acionamento para aplicar 30 etiquetas por minuto, mas, como o posicionamento das etiquetas de conjunto deve ser sempre situado na mesma posição (centro do terceiro saco) precisa-se de um motor que tenha o movimento de rotação rápido o suficiente para aplicar a etiqueta com a mesma velocidade que se aplica na máquina de etiquetagem de individual. Assim, este cálculo será feito como se se aplicassem 150 etiquetas por minuto.

As dimensões das etiquetas de conjunto não são as mesmas das etiquetas individuais, por isso, um novo dimensionamento deverá ser feito para estas. O espaço de separação somado com o comprimento da

etiqueta no sentido de aplicação tem na totalidade 85 mm. Assim, multiplicando-se este valor pelas 150 etiquetas que devem ser etiquetadas por minuto fica-se com 1275 mm etiquetados por minuto, ou seja, 0,213 m/s.

Recorrendo à equação 5.4 para calcular as rotações médias por minuto do motor de acionamento, sabe-se que a velocidade é 0,213 m/s e o raio 0,02 m, obtendo-se a velocidade média de 101,5 rpm.

$$v \text{ (m/s)} = \omega \text{ (rad/s)} \times r = \frac{2\pi}{60} \times N \times r \quad (5.4)$$

Valor este que, tal como o para o primeiro motor de acionamento da máquina de etiquetagem individual, terá de ser ajustado para a aceleração/desaceleração associada ao funcionamento previsto. Ficando-se assim com $N \approx 120 \text{ rpm}$.

Relativamente ao binário de retenção, este calcula-se usando a equação 5.1 novamente.

Para o cálculo da força, sabe-se que o braço e rolo pivot pesam 10 N, o rolo de etiquetas de conjunto pesa cerca de 20 N, dando-se, novamente, a margem de 15 N para o atrito e futuras mudanças do rolo de etiquetas, perfazendo 45N. Aplicando a segurança de 25% fica-se com 60 N, aproximadamente. Ficando-se com um valor para o binário de retenção igual a 1,2 Nm.

Por sua vez, a inércia da polia movida pode ser calculada usando a equação 5.2, com os valores até agora descritos ficando-se com $18 \times 10^3 \text{ g.cm}^2$

Tal como para o caso anterior, é necessário que este valor não seja maior que 10 vezes o valor apresentado nos catálogos de motores passo, referente à inércia do veio motor.

- **Servo motor da máquina de etiquetagem de conjunto**

Adotando-se o mesmo processo para o servo motor da máquina de etiquetagem individual, a força movimentada será: 36 N (mais 5 N pelo peso extra do rolo das etiquetas). Fica-se, assim, com um binário de aplicação, segundo a equação 5.1, de 0,72 Nm.

Com o fator de segurança de 2, deve-se garantir que para a velocidade de aplicação (a mesma velocidade para o motor de passo individual – 120 rpm) o binário nominal na curva de funcionamento do motor não é superior a 1,44 Nm.

Relativamente à inércia movida, esta pode ser calculada através da equação 5.2 utilizada, ficando-se com $14,4 \text{ g.cm}^2$.

Tal como anteriormente, esta não deverá ser 10 vezes superior à inércia apresentada no catálogo de servo motores para que se garanta o funcionamento esperado do motor.

Dimensionamentos relativos aos servo motores da máquina que movimenta os sacos

O peso movido por estes servomotores é igual a 50 N (40 N do rolo dos sacos XL, 5 N da peça de desenrolamento e 5 N da peça de enrolamento). Obtendo-se um valor para o binário de aplicação de 1,5 Nm, segundo a equação 5.1.

Por sua vez, a inércia movida calcula-se pela equação 5.2, obtendo-se o valor 45 g.cm^2 .

Podendo ser superior à apresentada nos catálogos até um rácio máximo de 10 unidades.

Relativamente à velocidade do motor, sabe-se que os motores que asseguram o movimento dos sacos devem fazer a sua parte para garantir que são etiquetados 150 sacos por minuto. Como a mesma máquina deverá ser capaz de administrar o movimento dos sacos o dimensionamento para a velocidade do motor tem de ser feito para o maior saco a ser etiquetado, neste caso, o saco XL que tem um comprimento de 231 mm.

Assim, a distância que deverá ser percorrida pelos sacos em um minuto é o produto destes valores, resultando em 0,578 m/s.

Para obter este valor em rpm, faz-se tal como anteriormente. Sendo o raio igual a 0,03 m, utilizando-se a equação 5.4, obtém-se 184 rpm.

Panorama geral dos motores e seleção de cada um destes

Posto isto, para facilitar a compreensão, apresenta-se seguidamente a tabela 11 que resume os pontos anteriores. Importante referir que, a estas características acrescenta-se o facto de todos os motores presentes necessitarem de:

- Uma resposta boa a paragem e arranque;
- Capacidade de conseguirem trabalhar durante toda a carga horária exigida pela empresa sem paragens.

Tabela 11 - Panorama geral dos motores.

		Velocidade (rpm)	Binário (N.m)	Inércia movida($g \cdot cm^2$)
Máquina de etiquetagem individual	Motor de acionamento	70	1	12×10^3
	Motor estação enrolamento	70	1,24	$12,4 \times 10^3$
Máquina de etiquetagem de conjunto	Motor de acionamento	120	1,2	18×10^3
	Motor estação enrolamento	120	1,44	$14,4 \times 10^3$
Máquina responsável pelo movimento dos sacos de plástico	Motor estação desenrolamento	184	1,5	45×10^3
	Motor estação desenrolamento	184	1,5	45×10^3

Depois de realizar o dimensionamento de cada um dos motores, resta analisar o mercado e escolher um motor que corresponda às necessidades.

- **Motor de passo de etiquetagem individual**

Depois de analisados todos os motores passo da empresa *Kalatec Automação*, percebeu-se que a melhor escolha seria um dos motores NEMA 34, sendo o modelo: KTC-5034-349. Este é um motor passo com um binário estático de 3,15 Nm (maior do que o binário mínimo necessário de 1 Nm, respeitando, assim, a primeira condição) e inércia de $1230 \text{ g} \cdot \text{cm}^2$ [21]. Utilizando-se a equação 5.3, verifica-se que o motor selecionado respeita outra condição, uma vez que o rácio entre as inércias é de 9,76.

Por fim, importa verificar se para a velocidade definida o binário de aplicação se encontra abaixo da curva de funcionamento.

Relativamente à velocidade de funcionamento, esta é 70 rpm, que corresponde a 233 pulsos por segundo, utilizando-se a equação 5.5 para realizar este cálculo.

$$\text{pulsos por segundo} = \frac{\text{pulsos por revolução} \times \text{rpm}}{60} \quad (5.5)$$

Em que os pulsos por revolução é dado por $360/1,8$, sendo este o ângulo de cada passo deste motor de passo.

O binário de aplicação, pela equação 5.1 é 0,8 Nm (produto entre 40 e 0,02) Este binário de aplicação deve ser multiplicado por 2, por ser este o fator de segurança, logo, para 233 pulsos por segundo o binário nominal tem de ser obrigatoriamente superior a 1,6 Nm.

Na Figura 29, é representado o ponto P, onde se representa a interseção entre binário de aplicação e velocidade de rotação em pulsos por segundo que irão ser usados pelo motor [21].

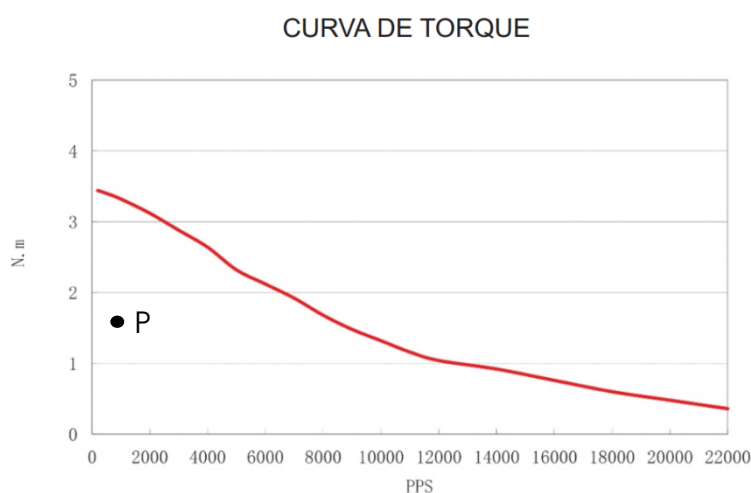


Figura 29 - Curva de funcionamento do motor de passo selecionado [21].

Comprovando-se, assim, que o motor deverá desempenhar as funções com o desempenho esperado.

Na tabela 12, apresentam-se as restantes características do motor selecionado.

Tabela 12 - Especificações do motor de passo da máquina de etiquetagem individual [21].

Flange:	82,8 mm	Inércia:	1230 $g \cdot cm^2$
Passo em ângulo:	1,8°	Temperatura de operação	-20 a 50°C
Binário Estático bipolar:	3,15 Nm	Classe de isolamento:	Classe B (130°)
Quantidade de fios:	08	Diâmetro do eixo:	9,525 mm
Ligações possíveis:	Unipolar, Bipolar série, Bipolar paralelo	Peso:	5,6 kg

- **Motor de passo de etiquetagem de conjunto**

O motor de passo escolhido para a aplicação em causa é outro Nema 34, modelo KTC-5034-350. Este tem um binário de retenção de 4,68 Nm, maior que o mínimo necessário de 1,2 Nm.

Relativamente à inércia, o motor especificado tem uma inércia motora de 1870 $g \cdot cm^2$. A equação 5.3, uma das condições para a seleção do motor, também comprova o facto do motor desempenhar bem a função para a qual está a ser dimensionado, obtendo-se um rácio entre inércias de 9,62.

Relativamente à velocidade de funcionamento, esta é 120 rpm. Na unidade do gráfico de funcionamento fornecido pela *Kalatec*, dá-se a velocidade em rps, obtendo-se 2 rps.

O binário de aplicação é calculado usando-se a equação 5.1, obtendo-se 0,9 Nm para o produto entre F (N) e r (m).

Este binário de aplicação deve ser multiplicado por 2, por ser este o fator de segurança, logo, para 2 rps o binário nominal tem de ser obrigatoriamente superior a 1,6 Nm.

Na Figura 30, é representado o ponto F, onde se representa a interseção entre binário de aplicação e velocidade de rotação em rotações por segundo que irão ser usados pelo motor.

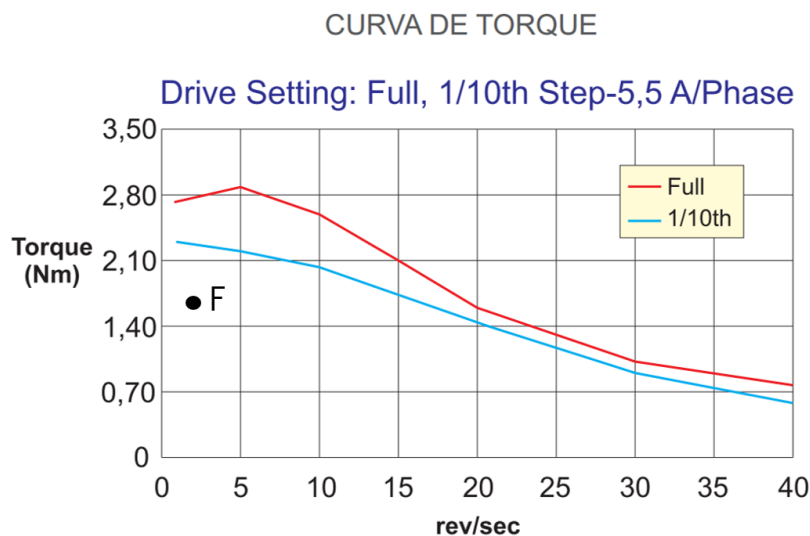


Figura 30 - Curva de funcionamento do motor de passo da máquina de etiquetagem de conjunto [21].

Comprovando-se, assim, que o motor estará pronto para desempenhar as funções com o desempenho esperado. Na tabela 13, apresentam-se as restantes características do motor selecionado.

Tabela 13 - Especificações do motor de passo da máquina de etiquetagem de conjunto [21].

Flange:	82,8 mm	Inércia:	1870 $g \cdot cm^2$
Passo em ângulo:	1,8°	Temperatura de operação	-20 a 50°C
Binário Estático bipolar:	4,68 Nm	Classe de isolamento:	Classe B (130°)
Quantidade de fios:	08	Diâmetro do eixo:	9,525 mm
Ligações possíveis:	Unipolar, Bipolar série, Bipolar paralelo	Peso:	3,5 kg

- **Servo motor da máquina de etiquetagem individual**

O motor servo escolhido para a aplicação é da OMRON, da série R88M-G, em concreto, o R88M-G1K030T com potência igual a 1 kW. Para comprovar que este consegue desempenhar a função primeiramente analisa-se o rácio entre inércia movida e inércia do motor.

A inércia estabelecida no catálogo é igual a 1690 $g \cdot cm^2$, dando, portanto, o rácio 7,37, verificando-se a condição da equação 5.3. [22]

Relativamente a velocidade, este motor consegue atingir velocidades superiores a 1000 rpm sem perda de binário, garantindo-se, assim, mais uma condição.

Relativamente ao binário, tinha sido estabelecido que para uma velocidade de 70 rpm este teria de ser superior a 1,24 Nm. Na Figura 31, apresenta-se a curva de funcionamento do motor.

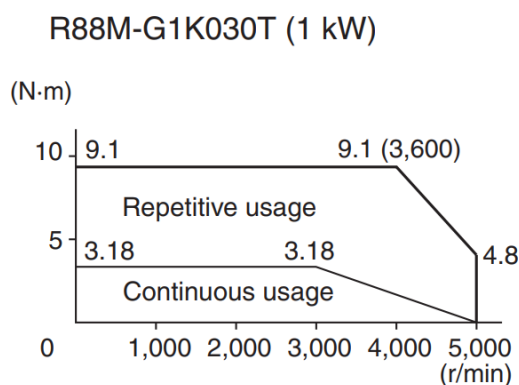


Figura 31 - Curva de funcionamento dos servo motores das máquinas de etiquetagem [22].

Através da análise da figura 31, consegue-se perceber que para a velocidade estabelecida o binário nominal (3,18 Nm – o binário de pico 9,1 não deve ser um valor referência para um funcionamento contínuo, é representado para situações em que o motor está a acelerar onde o binário pode entrar nesta zona) é significativamente superior a 1,24 sendo, por isto, a última condição também validada.

- **Servo motor da máquina de etiquetagem de conjunto**

O motor servo escolhido para a máquina de etiquetagem de conjunto foi o mesmo que o anterior. Este, é o motor mais económico da gama que respeita as normas anteriores. Relativamente à Inércia, a do catálogo seria igual a 1690 $g \cdot cm^2$, verificando-se a condição apresentada na equação 5.3, com um rácio de 8,52. [22]

O binário dinâmico para a velocidade de 2 rps deve ser inferior a 1,4 Nm, pela análise da Figura 31, esta condição verifica-se

Na tabela 14, apresenta-se a especificação do motor escolhido para a operação em questão.

Tabela 14 - Especificação dos motores servo das máquinas de etiquetagem [22].

Potência (W)	1000	Inércia do motor ($g \cdot cm^2$)	1690
Binário nominal (N.m)	3,18	Temperatura de operação (°C)	-20 a 80°C
Binário de pico (N.m)	9,1	Peso máximo radial admitido (N)	392
Corrente nominal (A)	7,2	Massa do motor (kg)	4,5
Corrente de pico (A)	21,4	Codificador aplicável	Codificador absoluto (17 bits)
Voltagem (V)	230	Velocidade Nominal máxima (rpm)	3000

- **Servo motor da máquina que movimenta os sacos**

Para a máquina de movimento dos sacos, o motor servo escolhido foi o R88M-G1K020T (1 kW).

Este apresenta uma inércia do rotor de 6170 $g \cdot cm^2$, dando o rácio 7,3, confirmando a condição apresentada na equação 5.3. [22]

Relativamente ao binário, este deve ser superior a 1,85 Nm. Pela análise da Figura 32, correspondente à curva de funcionamento do motor, tem-se um valor de binário nominal de 4,8 Nm, confirmando-se, assim, a condição do binário. Pela análise da mesma figura, consegue-se perceber que a gama de velocidades apresentada compreende a máxima velocidade de funcionamento, provando-se assim a legitimidade da escolha do motor [22].

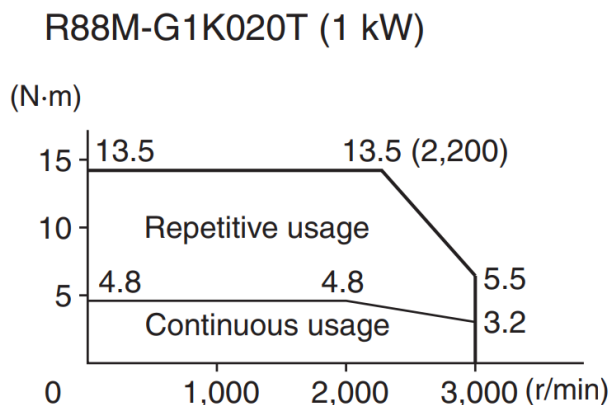


Figura 32 - Curva de funcionamento dos servo motores da máquina de movimentação dos sacos.

Na tabela 15, apresenta-se a especificação do motor escolhido para a operação em questão.

Tabela 15 - Especificação dos motores servo da máquina que movimenta os sacos.

Potência (W)	1000	Inércia do motor ($g \cdot cm^2$)	6170
Binário nominal (Nm)	4,8	Temperatura de operação (°C)	-20 a 80°C
Binário de pico (Nm)	13,5	Peso máximo radial admitido (N)	490
Corrente nominal (A)	5,6	Massa do motor (kg)	6,8
Corrente de pico (A)	17,1	Codificador aplicável	Codificador absoluto (17 bits)
Voltagem (V)	230	Velocidade Nominal máxima (rpm)	2000

5.2. Sensores da máquina que movimentam os sacos

Depois de serem apresentados os principais tipos de sensores capazes de desempenhar a função pretendida no segundo capítulo e anexo II correspondente à fundamentação teórica e respetivos complementos, resta escolher qual destes será o escolhido para desempenhá-la.

Dos três tipos apresentados, um consegue-se excluir facilmente: o sensor de distância a laser (LiDAR), uma vez que este é significativamente mais dispendioso, o que a empresa Maia & Borges tornou claro que era o ponto que deveria ser considerado mais importante. Para além disto, a tecnologia incorporada neste tipo de sensores supera as necessidades básicas que o mecanismo de controlo de tensão dos sacos de plástico da empresa exige, o que fazia com que, mesmo que se pagasse o preço requerido pelas empresas que o vende, não se aproveitasse todo o potencial do sensor, contribuindo para um orçamento mais caro sem justificação. Acrescentando, este tipo de sensores destaca-se pela sua utilização em distâncias consideráveis, na gama dos metros ou até dezenas de metros, o que não vai de encontro com o projeto que pretende ler distâncias entre os 100 e os 300 mm.

Tanto o sensor ultrassónico como o sensor infravermelho são sensores de distância com capacidades para desempenhar a função pretendida do projeto. No entanto, há alguns fatores que os diferenciam. Aquando da idealização do estudo dos mecanismos de controlo de tensão presentes atualmente no mercado (presente no anexo II), , foi possível verificar a existência de um sensor ultrassónico para desempenhar a tarefa de medição do raio que é o que se pretende fazer neste ponto.

Quando se pretende escolher um tipo de sensor de distância é necessário abordar quatro pontos chave [23]:

- Exatidão: quão perto a leitura está da verdadeira distância;
- Resolução: a leitura mais pequena ou mudança de leituras que um sensor é capaz de fazer;
- Precisão: o sensor realizar leituras repetitivamente de forma fiável;
- Fatores externos: Como luz solar que afeta os sensores infravermelhos ou materiais que absorvem quantidades significativas de som que influenciam o desempenho dos sensores ultrassónicos.

A maior diferença entre os sensores de distância ultrassónicos e os sensores de distância infravermelhos é o modo de funcionamento, que já foi estudado e descrito. Para a aplicação que se pretende, os fatores externos não devem ser tidos em consideração visto que o ambiente em que a tarefa é desempenhada

é em contexto fabril (sem muitas luzes que danifiquem as leituras de um sensor infravermelho e, também, num ambiente em que não estão presentes materiais capazes de absorver quantidades de som significativas).

Os pontos que diferenciam estes dois sensores, e que também explicam o porquê de na indústria se usar o sensor ultrassónico, são a exatidão e precisão. Na maioria das vezes, os sensores ultrassónicos fornecem dados mais exatos e precisos do que os sensores infravermelhos. Se a aplicação para a qual estes estiverem a ser escolhidos necessitar de uma representação numérica e precisa da distância escolhe-se, por norma, um sensor de distância ultrassónico. Sensores infravermelhos são, tendencialmente, mais usados em aplicações em que se pretende saber se um objeto está ou não presente numa determinada área [23].

Por isto, conclui-se que o melhor sensor de distância para a aplicação pretendida (na máquina que movimenta os sacos) é o sensor de distância ultrassónico.

5.3. Máquina de etiquetagem individual

A máquina de etiquetagem individual é composta por diversas partes, como se pode observar na Figura 33, onde a modelação desta se apresenta.



Figura 33 - Máquina de etiquetagem individual projetada.

Inicialmente, irá ser abordada a parte estrutural da modelação da máquina de etiquetagem individual e, posteriormente, serão enumerados e explicados os sistemas que a constituem.

5.3.1. Parte estrutural das máquinas de etiquetagem

Uma máquina de etiquetagem horizontal tem, frequentemente, uma parte estrutural associada. Esta tem diversas funções, no entanto, as principais são:

- Proporcionar à máquina uma estrutura estável, que limite vibrações;
- Permitir o posicionamento correto da etiqueta a ser aplicada, através dos sistemas de ajuste em cada eixo;
- Conferir à máquina alguma versatilidade, quer em termos de transporte de um ponto para outro do estabelecimento, quer na capacidade de etiquetar os produtos em diferentes pontos de um mesmo processo produtivo.

Tendo isto em consideração, seguidamente na Figura 34, apresenta-se uma vista explodida da parte estrutural da máquina de etiquetagem individual, separando cada uma das partes principais que as constituem.

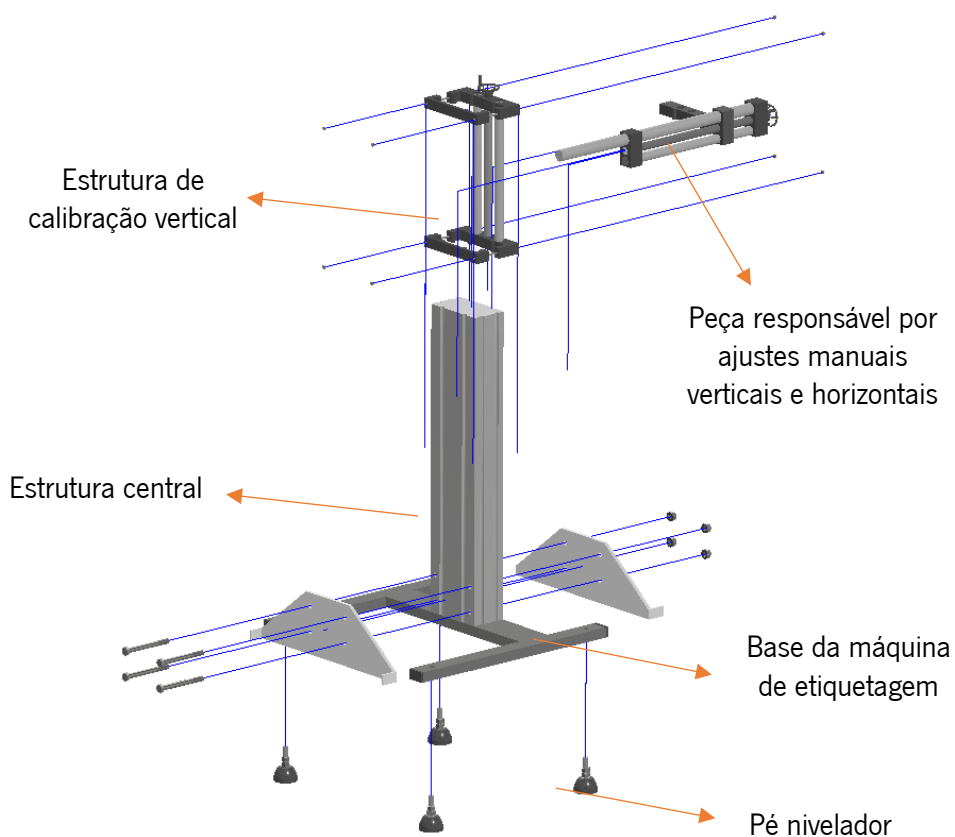


Figura 34 - Vista explodida da parte estrutural da máquina de etiquetagem.

Seguidamente, serão apresentadas as diferentes partes que constituem a parte estrutural da máquina de etiquetagem.

Pé nivelador

O pé nivelador numa máquina de etiquetagem é um componente que se pode revelar muito interessante, dada a quantidade de características que pode fornecer à mesma. Não é muito comum no mercado a presença de pés niveladores em máquinas de etiquetagem, uma vez que estes são tipicamente usados em máquinas mais pesadas, mas considera-se uma mais-valia a inclusão dos mesmos no projeto.

Estes são essencialmente constituídos por um fuso segurado por porcas, anilhas, o próprio pé e uma superfície antiderrapante no fim deste. Na Figura 35, encontra-se o pé nivelador modelado para as máquinas de etiquetagem do projeto.

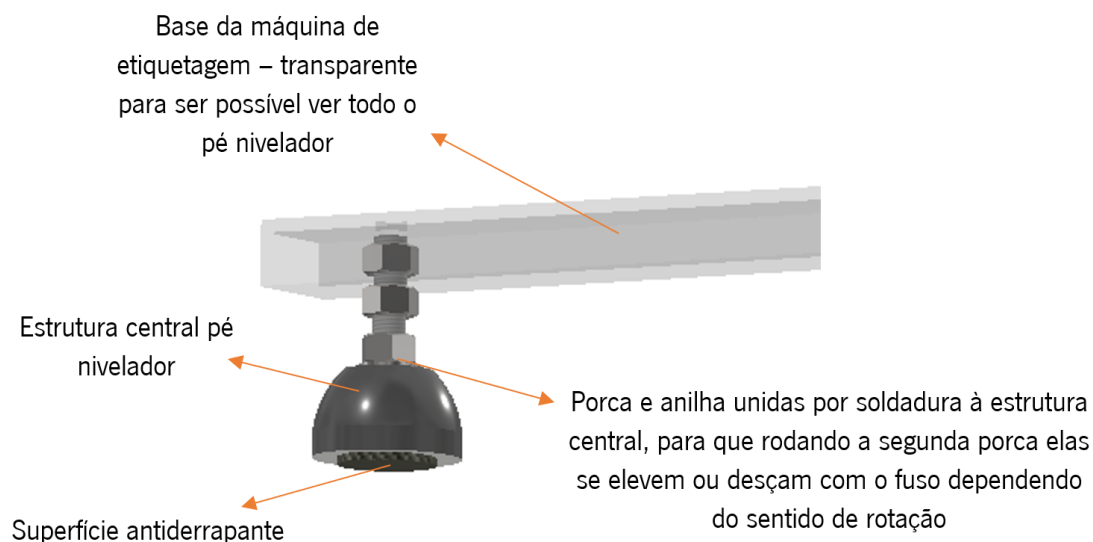


Figura 35 - Modelação do pé nivelador incorporado na máquina.

Para além da capacidade de elevar a máquina num todo alguns centímetros, o pé nivelador tem como principal função, tal como o nome indica, nivelar a máquina de etiquetagem num todo. Qualquer inclinação, por mais pequena que possa parecer, terá consequências diretas na aplicação de uma etiqueta. Os pés niveladores incorporados pretendem assegurar que a parte estrutural da máquina se encontra perpendicular ao chão e, caso este não seja o caso, podem ser ajustados para que as condições perfeitas da colocação da etiqueta se verifiquem. Aliando à característica previamente mencionada, estes contêm também superfícies antiderrapantes que asseguram um posicionamento mais preciso da máquina.

Base da máquina de etiquetagem

A base da máquina de etiquetagem foi desenvolvida para que o centro da parte estrutural não se situasse no centro da base. Isto porque um peso significativo da máquina se encontrará no ponto A, representado na Figura 36. Assim, concluiu-se que a melhor abordagem para a peça em questão seria situar o centro da parte estrutural a $2/3$ da extremidade mais próxima deste ponto, evitando desta forma grandes discrepâncias em termos de distribuição de peso na peça em questão.

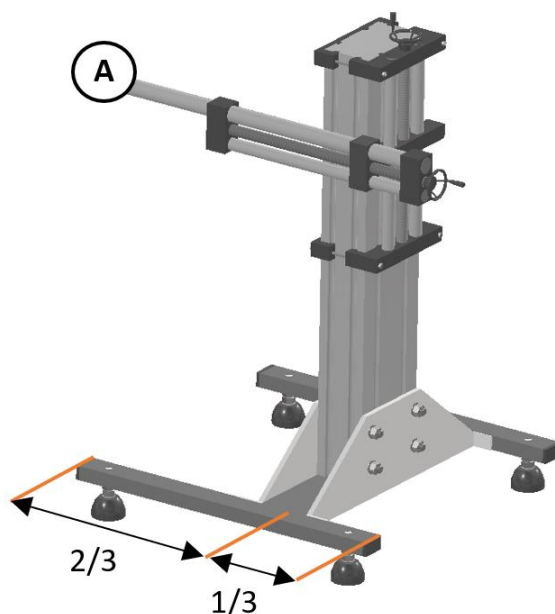


Figura 36 – Dimensões relativas da base da máquina de etiquetagem.

Estrutura central e estrutura de calibração vertical

A estrutura central da parte estrutural da máquina de etiquetagem encontra-se presa à base da mesma através das peças em forma de trapézio possíveis de serem analisadas na vista explodida da Figura 34. Os parafusos (M20) que atravessam ambas as peças em forma de trapézio e a estrutura central, garantem que esta se mantém tão estável quanto necessário.

A estrutura de calibração vertical serve, no fundo, como suporte dos sistemas dos ajustes verticais e horizontais. A Figura 37 contém o *assembly* das duas estruturas apresentadas nesta secção da dissertação.

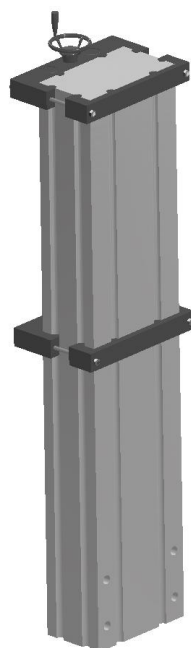


Figura 37 - Assembly da estrutura central e estrutura de calibração vertical.

É possível notar, na Figura 37, a presença de ranhuras na estrutura central. Estas, foram adicionadas para permitir um deslize mais controlado da estrutura de calibração vertical sobre esta. Encontram-se, durante o funcionamento da máquina, presas por 4 porcas enroscadas num fuso, que podem ser desprendidas ligeiramente para permitir o deslize, como apresentado na Figura 38.

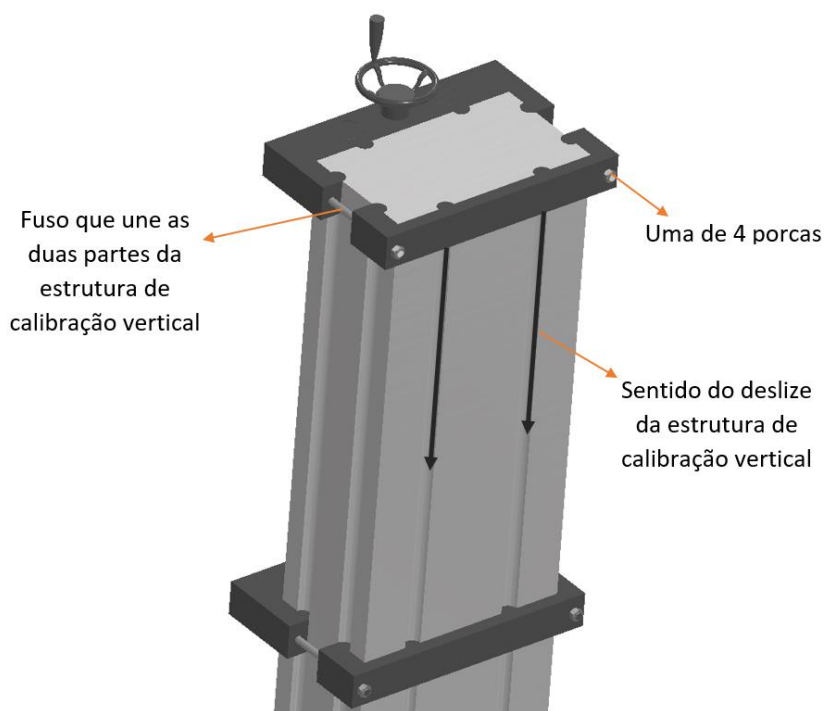


Figura 38 - Representação do deslize da estrutura de calibração vertical sobre a estrutura central.

Sistemas de ajustes verticais e horizontais

Este sistema é muito importante para a obtenção de uma máquina versátil, isto porque é este que vai permitir, através dos seus ajustes, que a empresa faça a etiquetagem de diferentes tamanhos de sacos, assegurando a centralização desta em cada saco de plástico, como pretendido pela empresa.

Este sistema é, essencialmente, constituído por 3 peças principais:

- Peça de junção do sistema horizontal com o vertical: Esta é a peça que permite a união entre o sistema de ajuste vertical e horizontal, ou seja, é primeiramente definida a altura a que a máquina irá etiquetar e, a partir desta medida, coloca-se a etiqueta no centro do rolo de sacos de plástico que se encontra já posicionado na máquina que os movimenta. A peça em questão é apresentada na Figura 39;

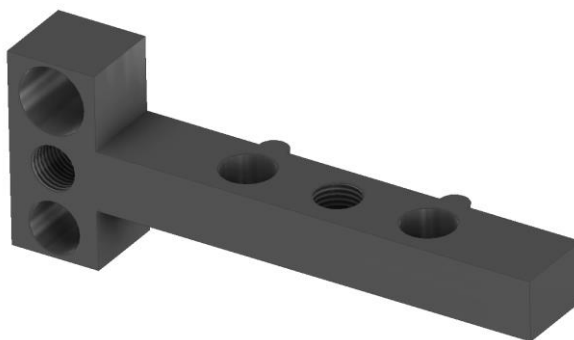


Figura 39 - Peça de junção do sistema horizontal com o vertical.

- Estrutura de calibração vertical: apresentada previamente, constitui parte do sistema pois funciona como suporte para os cilindros estacionários (sobre os quais a peça de junção do sistema horizontal com o vertical desliza) que asseguram a estabilidade e suporta também do fuso. O fuso é rodado, através da manivela, até à posição desejada.
No que diz respeito a medidas, optou-se por permitir um ajuste vertical de 500 mm, valor este que foi definido, também, nos limites do *software Inventor*;
- Ajuste horizontal da máquina: Tal como o próprio nome indica, esta é a peça que permite o ajuste horizontal da máquina, ou seja, a que irá centralizar as etiquetas nos sacos do plástico. Com um princípio de funcionamento muito similar ao do ajuste vertical, contém dois cilindros estacionários que deslizam sob a peça de junção do sistema horizontal com o vertical e um fuso rodado por uma manivela responsável por este movimento.

Tal como para o ajuste vertical, o ajuste horizontal também terá a capacidade de se ajustar cerca de 500 mm, permitindo, assim, a etiquetagem de uma enorme variedade de sacos de plástico.

A Figura 40, demonstra todos estes elementos quando agrupados.

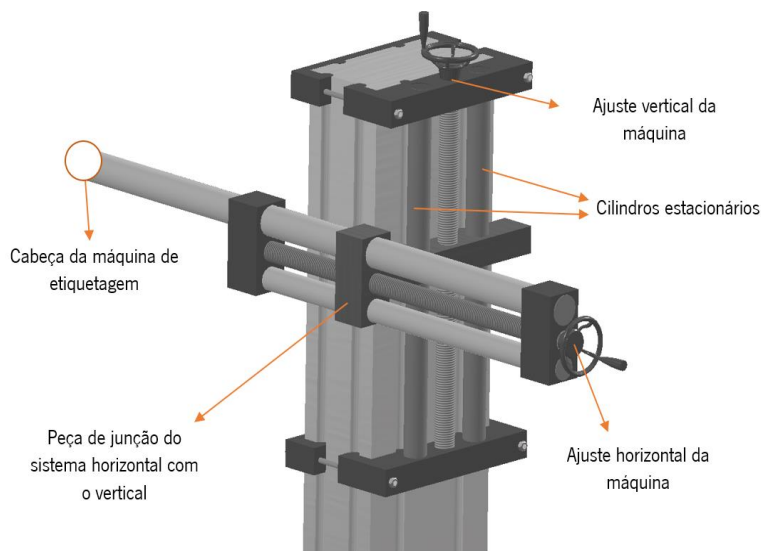


Figura 40 - Sistemas de ajuste vertical e horizontal.

5.3.2. Cabeça da máquina de etiquetagem individual

Este subcapítulo destina-se a explicar cada um dos sistemas que compõem a cabeça da máquina de etiquetagem individual, ou seja, abordar-se-á a estrutura desta, o sistema de desenrolamento da fita, enrolamento da fita, o sensor fotoelétrico, o sistema de inclinação e o sistema de acionamento.

Estrutura da cabeça da máquina de etiquetagem individual

A estrutura da cabeça da máquina de etiquetagem é extremamente importante pois tem diversas funcionalidades.

Em primeiro lugar, é esta que faz a ligação com a parte estrutural, permitindo assim que a máquina se mantenha estável e possibilitando, desta forma, os ajustes verticais e horizontais.

Em segundo lugar, funciona de suporte para vários sistemas incorporados na máquina. Várias extrusões foram efetuadas nesta peça por forma a facilitar a execução determinados sistemas e, assim, simplificá-los.

Por último, é nesta estrutura que todos os rolos guia se encontram distribuídos, permitindo um espaçamento da fita adequado que possibilita a otimização da sua tensão. Por norma, todas as máquinas

de etiquetagem possuem um “guia” que demonstra a ordem por onde a fita deve passar, numerando os pontos por ordem cronológica, com o objetivo de simplificar a tarefa aos operadores responsáveis por esta. Estas estações por onde a fita passa são, maioritariamente, rolos guia, mas estão incluídas nestas a placa de separação (onde a etiqueta se aplica), o sensor fotoelétrico, o conjunto de rolo de acionamento e rolo de pressão, a zona de desenrolamento e a zona de enrolamento. Na Figura 41, é possível analisar este esquema que contém apenas o assembly das modelações necessárias para a função em questão.

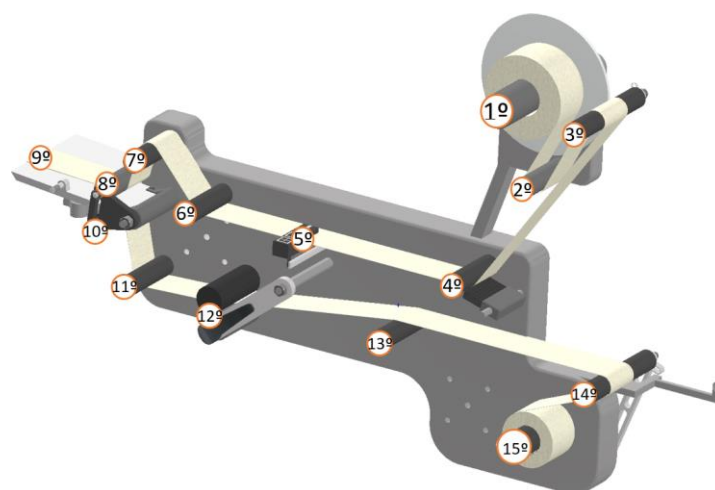


Figura 41 - Esquema da distribuição da fita pela máquina.

Seguidamente, encontra-se a Figura 42 onde se pode observar a estrutura da cabeça da máquina de etiquetagem individual com a localização dos sistemas devidamente identificada. De notar que a explicação de cada extrusão será abordada aquando da explicação do sistema em si.

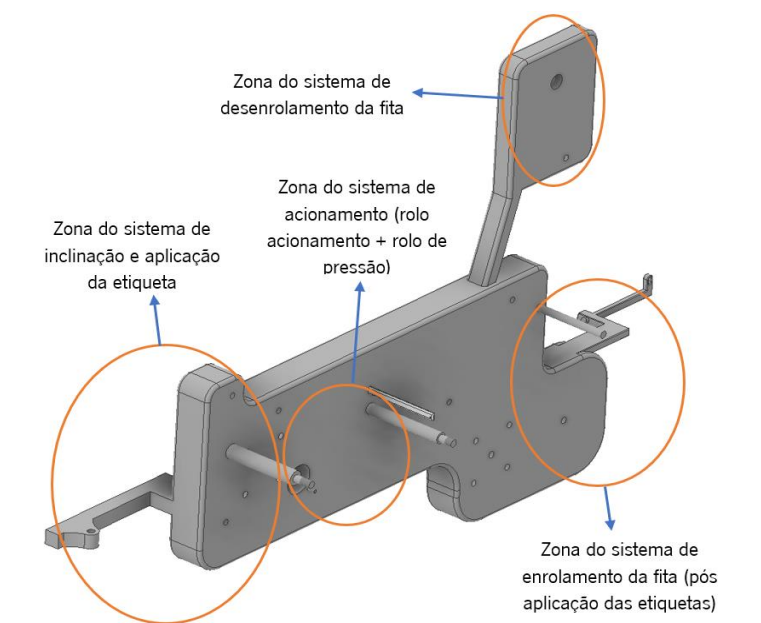


Figura 42 - Estrutura da cabeça da máquina de etiquetagem individual e identificação de cada zona na mesma.

Um dos componentes que mais predomina na máquina é o rolo guia. Este, tem a função de direcionar a fita e permitir que esta rode sobre ele. Os rolos guia têm na sua composição dois rolamentos incorporados nas suas extremidades para que ao se puxar a fita este rode com ela, ao invés de ser um rolo estático. Um rolo estático, neste caso, poderia representar alongamentos da fita e, em consequência, a danificação da etiqueta.

Os rolos guia modelados para o projeto contêm um eixo, duas peças intermédias que têm a função de segurar os dois rolamentos, dois anéis de retenção que mantêm todo o rolo compacto e um componente exterior, componente este que terá contacto direto com a fita das etiquetas. Pode-se analisar o desenho técnico de um rolo guia na Figura 43.

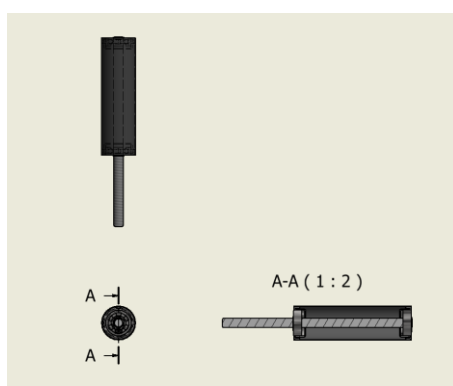


Figura 43 - Desenho técnico do rolo guia modelado.

Algo importante de ser explicado, relativamente à modelação do rolo guia, é o facto dos anéis de retenção ficarem em contacto com a parede onde o rolo guia é preso (estrutura da cabeça da máquina de etiquetagem individual), mas não a extremidade deste rolo. Isto, porque, para que o rolo consiga ter o movimento de rotação imposto pela fita, a sua extremidade tem que ter liberdade de rotação completa, não podendo estar em contacto com a parede. Ao analisar a vista de cima da figura do desenho técnico do rolo utilizado, consegue-se visualizar a presença do anel de retenção entre o eixo e o rolo propriamente dito. O eixo deste rolo compreende também um fuso para que seja possível prender o rolo propriamente dito à parte estrutural da cabeça de etiquetagem por intermédio de porcas.

Dimensionamento dos rolos guia

É importante, quando se pretende modelar um rolo guia, dimensionar o rolamento que será utilizado no seu interior. É o conjunto dos dois rolamentos em cada rolo guia que permite que a parte exterior do rolo rode à medida que a fita se transporta ao longo desta. Analisando o perfil de forças do movimento em questão, percebe-se que estes rolamentos estão sujeitos a uma carga combinada, ou seja, a junção de

carga axial e radial. A carga radial pode-se classificar como intermédia, enquanto que a carga axial é muito leve.

A tabela 16 tem por objetivo indicar que tipo de rolamento deve ser escolhido tendo por base o valor de carga que este suporta tanto radial como axialmente.

Tabela 16 - Capacidade dos diferentes tipos de rolamentos suportarem as cargas (Gomes & Dourado, 2019).

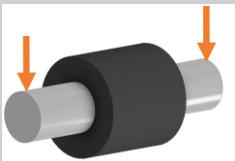
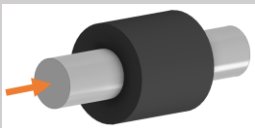
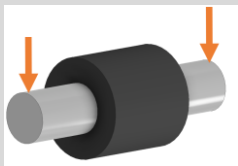
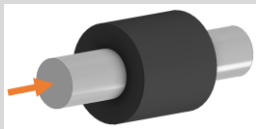
Tipo de rolamento	Tipo de carga					
	Radial			Axial		
						
	Leve	Média	Forte	Leve	Média	Forte
Rolamento rígido de esferas, uma carreira		✓		✓		
Rolamento rígido de esferas, duas carreiras		✓			✓	
Rolamento de uma carreira de esferas de contacto angular	✓					✓
Rolamento de esferas de quatro pontos de contacto	✓					✓
Rolamentos de esferas de contacto angular, duas carreiras		✓			✓	
Rolamento autocompensador de esferas	✓			✓		
Rolamento de uma carreira de rolos cilíndricos			✓	✓		

Tabela 16 - Capacidade dos diferentes tipos de rolamentos suportarem as cargas (continuação) (Gomes & Dourado, 2019).

Tipo de rolamento	Tipo de carga					
	Radial			Axial		
						
	Leve	Média	Forte	Leve	Média	Forte
Rolamento de uma carreira de rolos cônicos			✓			✓
Rolamentos de rolos cônicos			✓		✓	
Rolamento autocompensador de rolos			✓		✓	
Rolamento axial de esferas de escora simples	Nula				✓	
Rolamento axial autocompensador de rolos	✓					✓

Através da análise da tabela 16, pode-se concluir que um rolamento rígido de esferas consegue desempenhar a função do rolo guia do projeto, sendo, por isto, o tipo de rolamento escolhido.

Sistema de desenrolamento da fita das etiquetas

O sistema que será estudado nesta secção é o sistema responsável por desenrolar a fita das etiquetas, ou seja, a primeira estação da máquina de etiquetagem individual. Este, é composto por diversas peças que, quando juntas, permitem um desenrolar suave da fita e, para além disto, são uma alternativa viável aos sistemas presentes no mercado, garantindo um desempenho de eficiência similar e custo reduzido. Este sistema foi modelado no *software Inventor* e encontra-se na Figura 44.

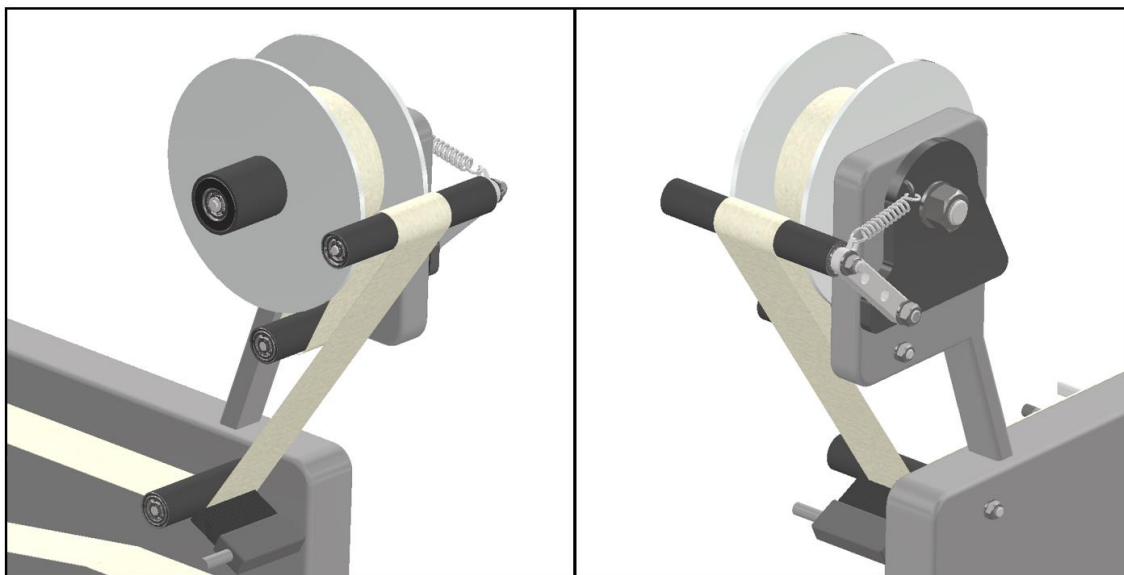


Figura 44 - Sistema de desenrolamento da fita das etiquetas – vista da frente (à esquerda) e vista de trás (à direita).

Para facilitar a compreensão do sistema optou-se por realizar a vista explodida do mesmo e, nesta mesma Figura 45, identificar os componentes do sistema que serão explicados no decorrer da presente secção da dissertação, por forma a simplificar a compreensão do mesmo.

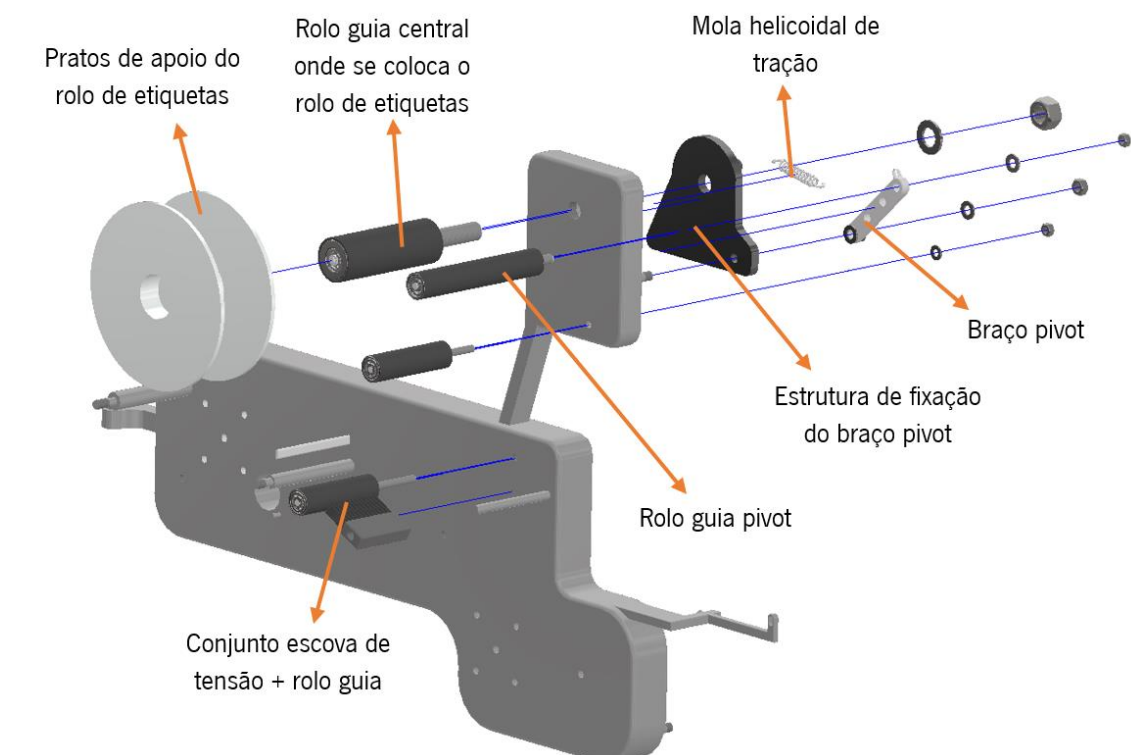


Figura 45 - Vista explodida do sistema de desenrolamento e identificação dos componentes que o constituem.

Posto isto, de seguida serão enumeradas algumas particularidades de cada componente identificado na Figura 45, e explicada de que maneira cada um destes contribui para o sistema.

- **Rolo guia central e pratos de apoio do rolo de etiquetas**

A primeira estação da máquina de etiquetagem individual é o rolo guia central, ou seja, é nesta posição que o rolo de etiquetas é posicionado primeiramente pelo operador e, depois disto, pode ser desenrolado ao longo das várias estações. Os pratos de apoio do rolo de etiquetas, por si só, têm a função de manter o rolo de etiquetas preso dentro das suas extremidades, de forma a não proporcionar um deslize deste ou que a fita fique desalinhada, o que iria contribuir para um processo menos fiável da aplicação desta.

Atualmente, as máquinas de etiquetagem presentes no mercado possuem uma primeira estação fixa e utilizam algo como um extensómetro para determinar a tensão presente no rolo guia pivot e, a partir do resultado desta, um controlador comunica a um pequeno motor a rotação a que este deve sujeitar o braço pivot para que este se dirija à posição desejada (em que a tensão é otimizada). Possuem também uma mola helicoidal de tração que tem como função permitir ou não a rotação do rolo de etiquetas, através de, por exemplo, um travão automático que impossibilita a alimentação da fita caso o braço pivot esteja na posição de paragem (posição esta em que a mola está em repouso). Este sistema de desenrolamento das etiquetas, embora viável, não foi o adoptado para a máquina, meramente pelo que os diversos componentes eletrónicos que o constituem representam – um custo maior, algo que não vai de encontro ao pretendido pela empresa, que explicitou que o objetivo seria manter a máquina o menos dispendiosa possível. Assim, optou-se pela elaboração de um sistema diferente, ainda que seguindo alguns destes princípios, de forma a atender às necessidades da empresa.

O sistema elaborado foca-se essencialmente na elaboração de um sistema puramente mecânico, procurando substituir a componente eletrónica e manter a fiabilidade do processo. Isto, para além de diminuir o custo associado a este mecanismo, irá também reduzir as manutenções que precisam de ser feitas em qualquer sistema. Para além disto, a troca de sensores e componentes será reduzida e não há o risco de se ter que fazer várias calibrações de sensores, por exemplo, manifestando-se numa diminuição da produção.

O conjunto do rolo guia central e pratos de apoio do rolo de etiquetas funcionam como uma peça. Para além das características particulares que cada um destes tem, mencionadas anteriormente, concluiu-se que, arranjando uma forma de fixar um no outro, a tarefa de parar a alimentação do rolo não necessitará de nenhum travão automático extra, podendo ser feita pelo rolo pivot com o contacto deste nos pratos. Ou seja, a fita ao ser puxada pelo motor irá fazer com que o braço se desloque, e em consequência, pare de contactar com os pratos que podem, assim, rodar juntamente com o rolo guia para fornecer a

fita necessária ao processo. Isto, será explicado de forma mais explícita com recurso a figuras e esquemas do braço pivot, ainda neste capítulo.

Na Figura 46, encontra-se a vista explodida do conjunto rolo guia central e pratos de apoio do rolo de etiquetas bem como identificação da função de cada componente.

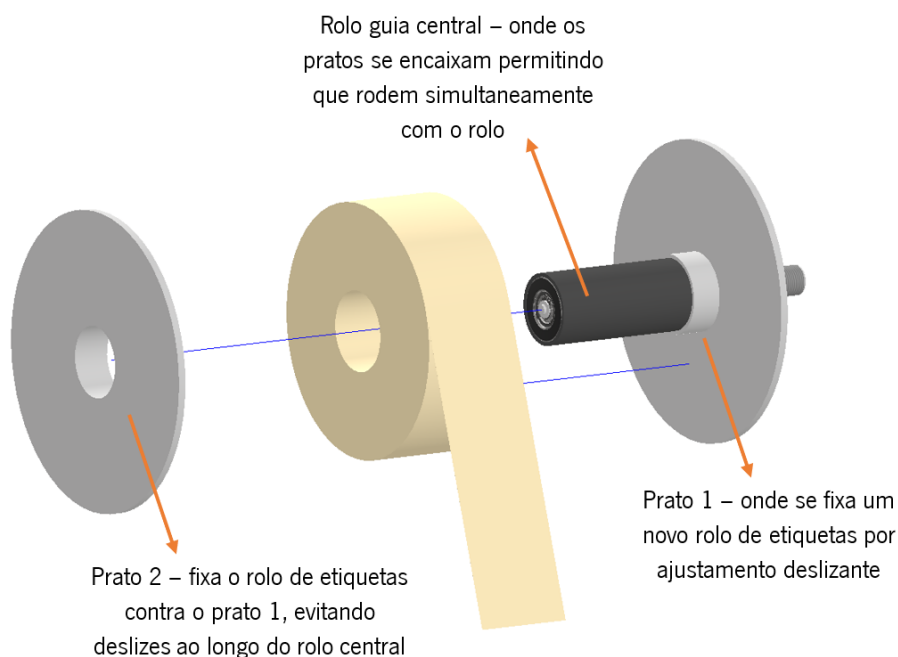


Figura 46 - Vista explodida do conjunto rolo guia central e pratos de apoio do rolo de etiquetas.

- **Braço pivot, mola de tração helicoidal e rolo pivot**

O conjunto apresentado na presente secção (braço pivot, mola de tração helicoidal e rolo pivot), tem o objetivo de facultar um arranque suave e controlado das etiquetas, mantendo a tensão quer no rolo, quer na fita que percorre as etapas imediatamente seguintes, e atuar como um travão do desenrolamento do rolo de etiquetas para evitar a sua sobrealimentação.

Depois de algum estudo e tentativas constantes de melhorar o sistema, chegou-se à que se considera ser a melhor solução possível para travar o desenrolamento da fita. Isto, será feito com um rolo pivot (rolo guia preso num braço que se encontra em constante pivoteamento). O que define o movimento do braço é, no fundo, o motor de passo da máquina de etiquetagem, motor este que irá puxar a fita e, em consequência, o braço pivot, permitindo a rotação do rolo guia central e pratos de apoio para que se consiga desenrolar a quantidade de fita necessária. Uma vez puxada a dimensão necessária da fita o motor irá parar fazendo com que o braço pivot retorne à posição inicial (por intermédio de uma mola helicoidal de tração), o que fará com que o rolo guia em que o rolo de etiquetas está pousado pare de

rodar devido ao contacto entre o rolo pivot e os pratos de apoio ao rolo de etiquetas, terminando a alimentação da fita com etiquetas.

A Figura 47, demonstra o sentido da força do motor e de que forma esta irá influenciar o posicionamento do braço pivot.

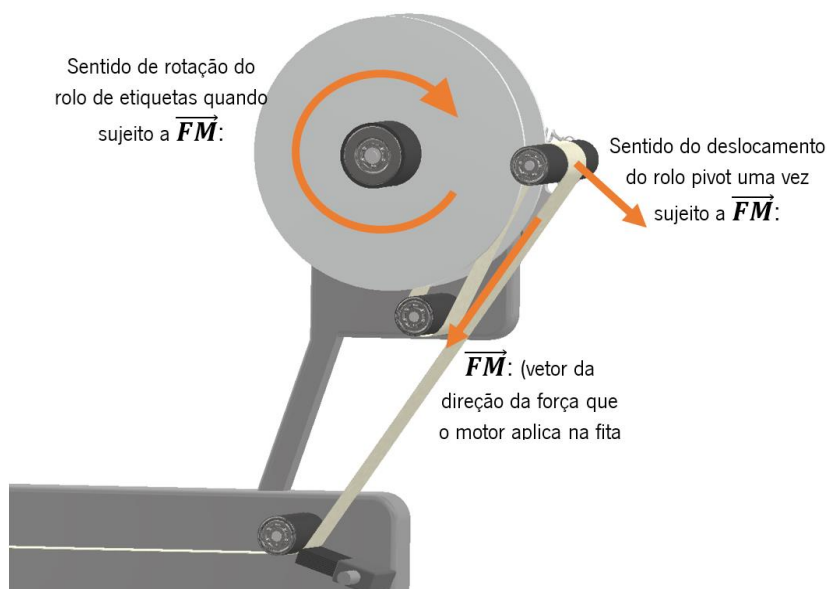


Figura 47 - Influência da força do motor que puxa a fita no posicionamento do braço pivot.

Posto isto, na Figura 48, é possível perceber-se toda a amplitude associada a este movimento. Desta vez, analisando-o da vista de trás, onde a maior parte dos componentes que o constituem conseguem ser vistos com maior clareza. De notar que a amplitude máxima foi definida no *software Inventor*, editando o comando "Joint" para que o braço pivot pivotasse 30 graus.

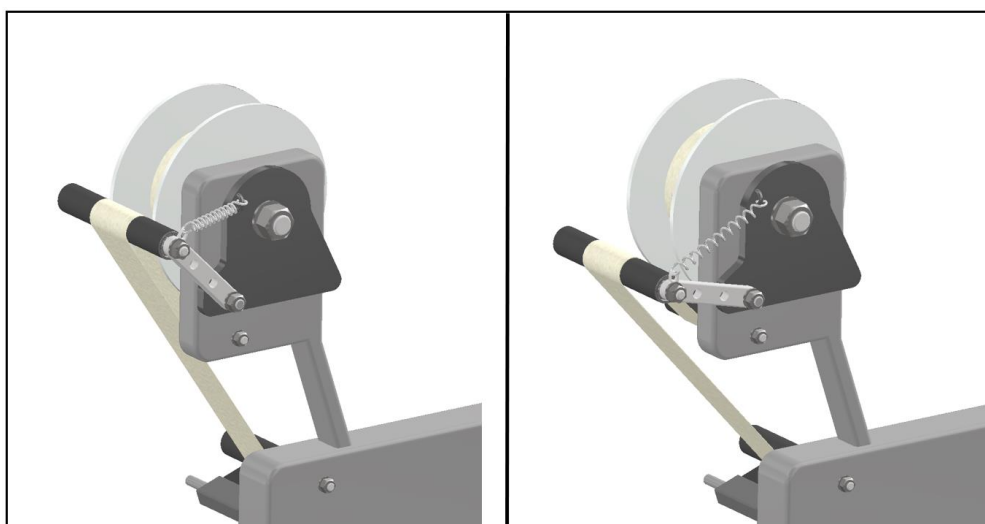


Figura 48 - Amplitude do movimento do braço pivot. Sem a fita ser puxada pelo motor (à esquerda) e na sua amplitude máxima (à direita).

Neste sistema, há também o envolvimento do componente “estrutura de fixação do braço pivot”, previamente identificada na Figura 45. Esta peça encontra-se fixa na estrutura na cabeça da máquina de etiquetagem por intermédio de uma porca, e é responsável por conter uma das extremidades da mola helicoidal de tração. A outra extremidade da mola é colocada numa extrusão feita no braço pivot, braço este que também se encontra fixo nesta estrutura. A ideia para fixação do braço seria entre a estrutura e o braço colocar uma anilha e o mesmo ser feito entre o braço e a porca, garantindo que esta não é muito apertada para permitir que este consiga pivotar como pretendido.

Como se pode perceber pela Figura 48, a mola helicoidal de tração é muito importante para um bom funcionamento do sistema. Esta tem a função de retornar o braço pivot à sua posição de origem e, uma vez nesta, manter ainda alguma tensão para que seja possível travar os pratos no seu movimento giratório. Caso tal não acontecesse e a mola estivesse na sua posição de origem, não seria exercida força suficiente contra os pratos por intermédio do rolo pivot, o que faria com que a fita continuasse a ser alimentada indesejadamente.

Dada a importância da mola utilizada, é necessário fazer o dimensionamento desta. Assim, apresenta-se seguidamente o mesmo.

- **Dimensionamento da mola helicoidal de tração**

A mola helicoidal utilizada para o movimento do braço pivot é de tração. Esta necessita de ter um comprimento linear de 52,5 mm e de um diâmetro de arame de 1,40 mm, tal como demonstrado na Figura 49.

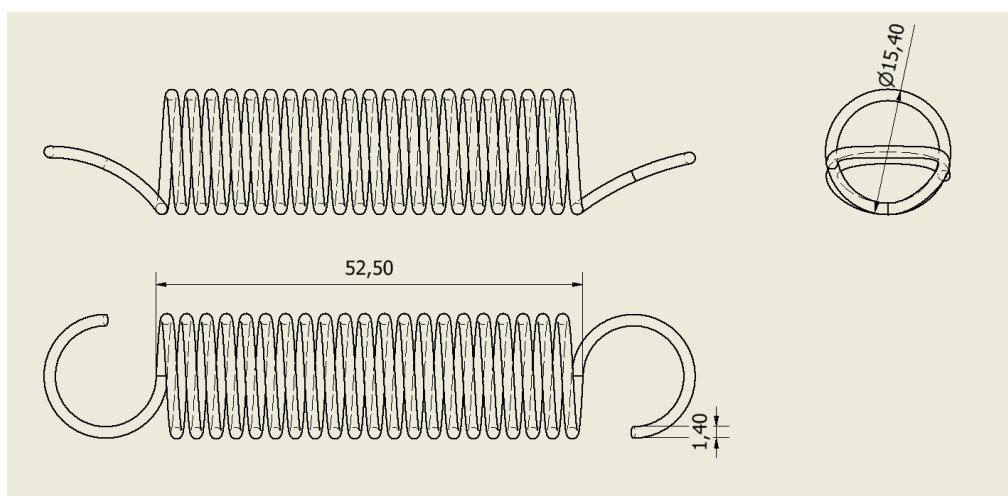


Figura 49 – Desenho técnico da mola helicoidal de tração que será usada.

Estas medidas foram obtidas depois de se utilizar um software que conseguia, a partir de *inputs* como comprimento da mola, diâmetro do arame e diâmetro exterior da mesma, calcular a força mínima e máxima que a mola em questão conseguiria suportar. Inicialmente, o objetivo seria que a mola possuísse, para o comprimento de 52,5 mm, alguma força pois é neste comprimento que esta deve ser capaz de parar a alimentação da fita, ou seja, a mola deve estar sob tensão até para o comprimento mínimo do seu funcionamento. Uma vez que não foi possível ter acesso a nenhuma máquina de etiquetagem com molas que desempenhassem funções similares às que são usadas no projeto, a única forma de se prever a força mínima necessária desta é através de profissionais entendidos na área da automação, que estimaram que seria necessária uma mola que tivesse como força mínima cerca de 5 N a 7 N. Para as medidas apresentadas no desenho técnico anterior e usando como material o aço inoxidável (*Stainless 17-7 A313*), obtiveram-se os seguintes resultados [24].

Tabela 17 - Resultados obtidos para o dimensionamento da mola helicoidal de tração.

Força Inicial	6,15 N
Máxima força admitida	48,5 N
Distância máxima que a mola pode percorrer	91,5 mm
Número de espiras ativas	23

Estes *outputs* revelam o esperado. A mola projetada terá, então, uma força inicial de funcionamento de 6,15 N, tensão esta que terá de ser ultrapassada para que se faça o desenrolamento da fita. A distância máxima de 90 mm é mais que suficiente, pelo estudo que se fez do mercado, uma vez que o braço pivot apenas precisa de se separar ligeiramente dos pratos que mantêm contacto com este para que a fita se consiga mover.

- **Conjunto escova de tensão e rolo guia**

Os dois últimos componentes do sistema de desenrolamento da fita das etiquetas são o rolo guia (estação 4) e a escova de tensão.

A escova de tensão é algo comum de se ver numa máquina de etiquetagem pois tem a função de manter a fita tensionada e guiá-la de acordo com o pretendido. Se estivermos perante o caso em que na estação imediatamente anterior a fita possa ter alguma folga, a aplicação de uma escova de tensão permite que esta seja anulada da sua posição para a frente, colmatando, se necessário, as folgas que de um sistema de desenrolamento da fita podem surgir e, assim, aumentando a fiabilidade do processo.

A fita passa, neste conjunto, entre a escova de tensão e o rolo guia tal como se pode verificar na Figura 50. Para a elaboração deste conjunto foi necessário proceder-se a uma extrusão onde a escova de tensão pode ser colocada através de um ajuste deslizante.

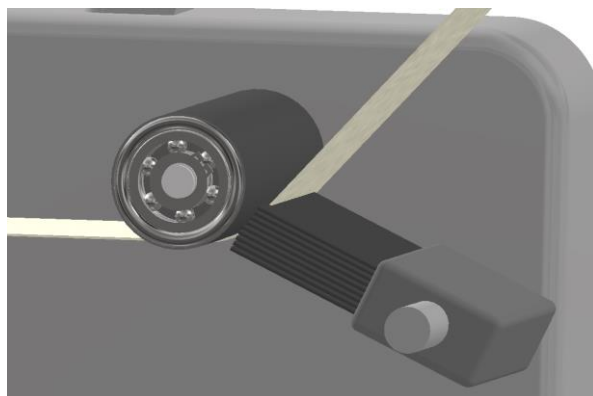


Figura 50 - Conjunto escova de tensão e rolo guia.

Sensor fotoelétrico das etiquetas

O sensor fotoelétrico presente numa máquina de etiquetagem é um componente essencial, presente em todas as máquinas do mercado. Este, consegue comunicar ao controlador quando está perante uma nova etiqueta, para que o motor pare e se fique na posição ideal para a próxima etiqueta ser aplicada quando um outro sensor determinar a presença de outro saco de plástico. Isto, consegue-se através da capacidade deste sensor analisar a luz que passa de uma das suas extremidades para a outra, tendo a fita que passar por dentro deste sensor em forma de U. O sensor determina a quantidade de luz quando uma etiqueta se encontra na sua área de análise e a quantidade de luz no intervalo entre etiquetas, onde apenas se encontra a fita.

O sensor pode ser comprado e tem que ser configurado. Para se configurar, primeiramente retira-se a etiqueta que se encontra no interior deste, para que só a fita esteja a ser analisada e pressionam-se os dois botões do sensor (tipicamente um “+” e um “-”), isto vai fazer com que o sensor “aprenda” a quantidade de luz necessária para passar a fita. Depois disto, coloca-se na área de análise a etiqueta e fita e pressiona-se no botão “-”, para ensinar ao sensor, desta vez, a quantidade de luz necessária para atravessar a fita e etiqueta. Posto isto, o sensor consegue identificar, por intermédio de um led, quando se encontra na presença apenas da fita.

O sensor em questão é fixo numa extrusão da parte estrutural da cabeça da máquina de etiquetagem, através de um parafuso e é uma estação intermédia entre o sistema de desenrolamento e o sistema de inclinação. A modelação do sensor encontra-se seguidamente na Figura 51.

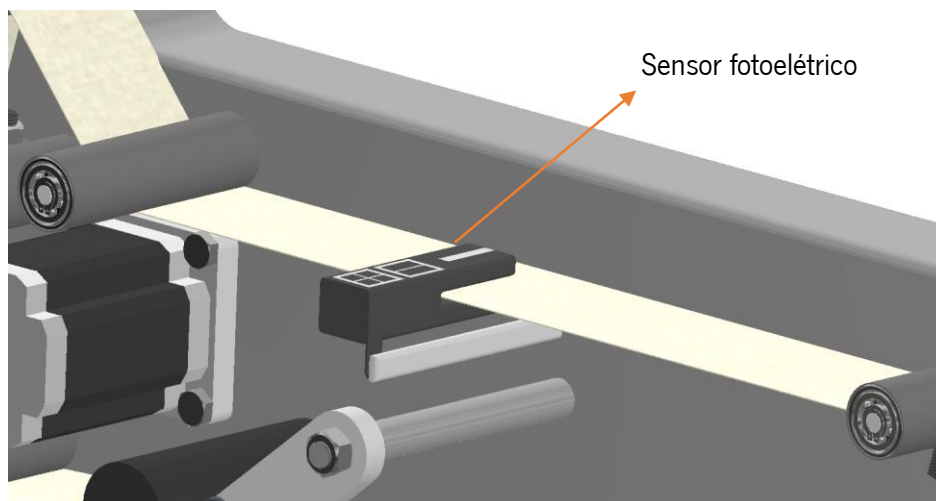


Figura 51 - Modelação do sensor fotoelétrico.

Sistema de inclinação da máquina de etiquetagem individual

O sistema de inclinação de uma máquina de etiquetagem é mais um, a par dos sistemas de ajustes verticais e horizontais, que contribui para uma máquina mais versátil, com a capacidade de etiquetar diversos sacos de plástico e, por isto, permitir uma aplicação da etiqueta mais fiável e dinâmica.

Este sistema não se encontra, atualmente, presente em muitas máquinas de etiquetagem do mercado e, quando está presente, é na parte estrutural da máquina, com os sistemas de ajuste vertical e horizontal. Isto significaria que o veio que suporta a cabeça da máquina de etiquetagem teria que rodar sobre si, algo que não seria prático e que iria aumentar o custo de máquina. O ideal é, então, arranjar forma de implementar na máquina de etiquetagem um sistema de inclinação simples e que não tivesse que sujeitar este veio a um movimento de rotação sobre o seu próprio eixo.

Concluiu-se, depois de algum projeto, que a melhor maneira para elaborar o sistema de inclinação para ir de encontro às necessidades da empresa (máquina fácil de operar e tão pouco dispendiosa quanto possível) era integrá-lo na própria estrutura da cabeça da máquina de etiquetagem e utilizar um fuso que subisse ou descesse a placa de separação tanto quanto necessário.

Assim, na Figura 52, está presente o sistema de inclinação obtido. De notar que, nesta, apenas estão representados os componentes que o constituem a fim de facilitar a compreensão geral do sistema.

Note-se a existência de 3 rolos guia que não participam de forma direta no sistema de inclinação, são estes as estações 6, 7 e 11 da Figura 41. Estes foram incluídos na Figura 52 por contribuírem para uma melhor tensão da fita e, em consequência, promoverem uma aplicação mais eficaz. Inclusive, o rolo guia 7 tem a função de levar a fita ao rolo guia 8 perpendicularmente e o mesmo acontece do rolo guia 10

para o 11, para que a fita consiga ficar paralela à placa de separação e, assim, promover uma aplicação mais fiável com o ângulo que a se pretende etiquetar. Isto, será explicado mais detalhadamente num subcapítulo posterior.

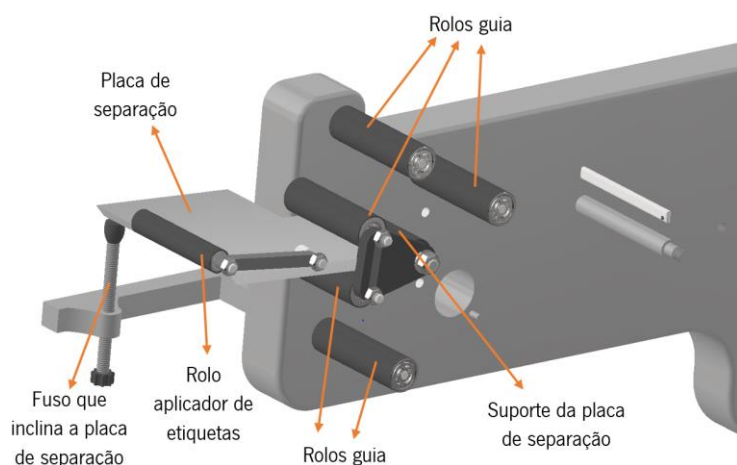


Figura 52 - Sistema de inclinação da máquina de etiquetagem individual.

Posto isto, será explicado, tal como para o sistema de desenrolamento, os vários conjuntos de peças que compõem o sistema de inclinação da máquina de etiquetagem individual.

- **Placa de separação, fuso que a inclina e suporte da placa**

A placa de separação é um componente presente em todas as máquinas de etiquetagem dado que é esta que permite separar a etiqueta da fita que a transporta. Para tal, é necessário que a placa seja fina e que o seu fim contenha uma aresta bem definida. Na extremidade desta placa a etiqueta levanta-se e, se estiver algum objeto à frente desta, a etiqueta é aplicada com o auxílio do rolo aplicador de etiquetas. Na Figura 53, pode-se ver em que posição se encontra a etiqueta antes de ser aplicada.

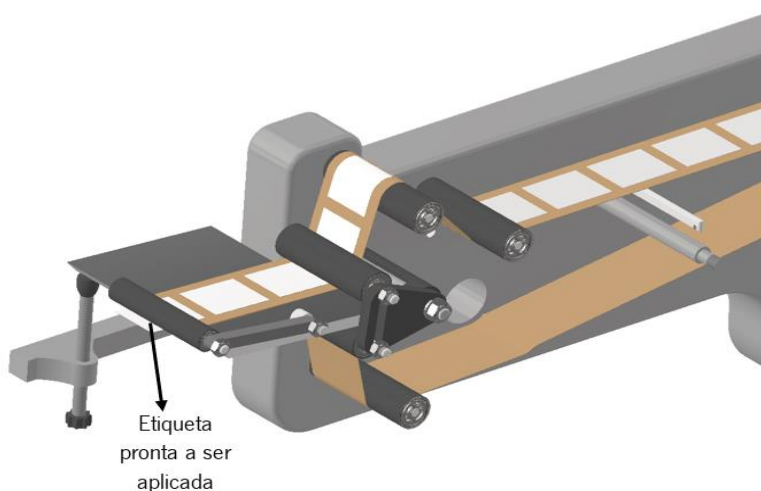


Figura 53 - Posicionamento das etiquetas pré aplicação.

Por sua vez, o rolo aplicador de etiquetas é um rolo guia, mas que possui à sua volta algum tipo de material esponjoso que permita a aplicação das etiquetas nos sacos sem danificar nenhum destes. Para a aplicação em questão, o rolo encontra-se em constante contacto com os sacos de plástico, fazendo com que role sobre estes à medida que estes passam por ele. Este movimento de rotação constante permite que este rolo cole a etiqueta de forma eficaz, visto que parte desta é levada pelos sacos e o resto da etiqueta é pressionada contra eles pelo próprio rolo.

O rolo aplicador de etiquetas é fixo num braço preso à própria placa de separação por forma a que, quando a inclinação desta for alterada, o rolo se mantenha na posição ideal para a aplicação da etiqueta. Se não estiver em contacto com os sacos de plástico, é possível colocá-lo novamente na posição ideal desapertando a porca e ajustando-o conforme necessário. O movimento de rotação no rolo impingido pela trajetória dos sacos de plástico e a forma como este é fixo à placa de separação podem ser observados na Figura 54.

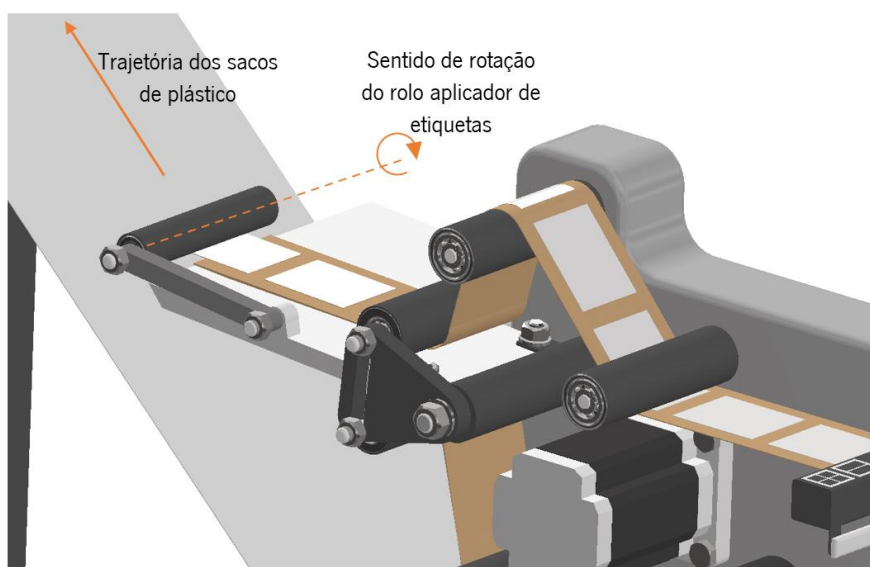


Figura 54 - Sentido de rotação e fixação do rolo aplicador de etiquetas.

Para permitir a inclinação da placa de separação por intermédio de um fuso, foi necessário projetar uma peça nova, onde se fixasse a placa, que tivesse movimento de rotação livre. O assembly da montagem desta peça com a placa encontra-se seguidamente na Figura 55. A peça em questão é colocada numa extrusão feita na própria estrutura da cabeça da máquina de etiquetagem individual.

Na Figura 55 é possível observar um aumento lateral da placa de separação. Este, foi feito para que o fuso pudesse inclinar a placa sem tocar na fita de etiquetas que ocupa a zona central da placa de separação.

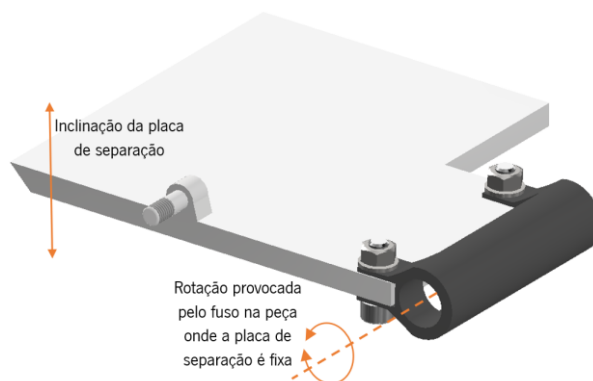


Figura 55 - Conjunto da placa de separação e peça que a fixa.

O fuso, parte crucial deste sistema de inclinação, é o que determina a inclinação da placa. Para a sua fixação foi feita uma extrusão na parte estrutural da cabeça da máquina de etiquetagem onde foi feito um furo roscado. O movimento de inclinação ocorre uma vez rodando o fuso sobre este furo, o que o faz subir e, assim, inclinar a placa conforme pretendido. A amplitude permitida pelo sistema modelado é de 30 graus, no entanto, aumentando o tamanho do fuso, esta pode ser facilmente aumentada.

Tanto a extrusão mencionada como o fuso podem ser observados no esquema da Figura 56.

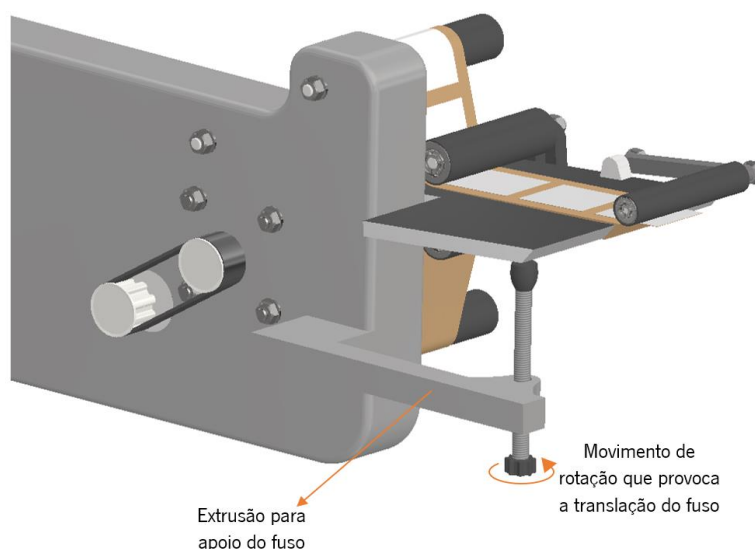


Figura 56 - Vista de trás do fuso do sistema de inclinação.

- **Conjunto rolos de inclinação e peça que os fixa**

Para que a etiqueta se consiga separar da fita há a necessidade da fita se encontrar tangente à placa de separação, algo que não ocorreria se a estação imediatamente antes da aplicação da etiqueta fosse a número 7 da Figura 41. Por isto, houve a necessidade de criar uma estrutura capaz de ser, também, inclinada que se certificasse que a fita permanecesse tangente à placa de separação mesmo que a

inclinação desta se alterasse de aplicação em aplicação. A estrutura abordada encontra-se em formato de vista explodida na Figura 57, e é o conjunto de dois rolos guia e de uma peça que os fixa.

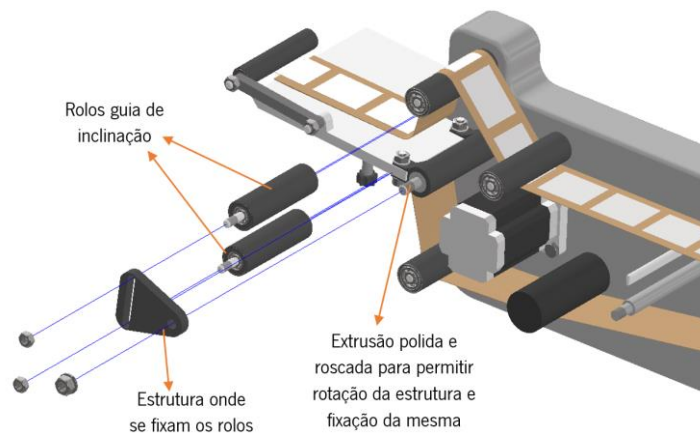


Figura 57 - Conjunto rolos de inclinação e peça que os fixa.

Sistema de acionamento da fita

O sistema de acionamento é o responsável pelo movimento da fita desde o desenrolamento até à estação em que o conjunto do rolo de acionamento e rolo de pressão se encontram. Este sistema é composto por um rolo de acionamento, um rolo de pressão, uma peça pivot responsável por colocar o rolo de pressão na posição correta, uma peça que mantém o rolo de pressão pressionado e um motor que transmite o movimento ao rolo de acionamento através de uma correia e duas polias fixas. Estes componentes estão devidamente identificados na Figura 58, que compreende apenas os componentes da máquina envolvidos no sistema de acionamento da fita.

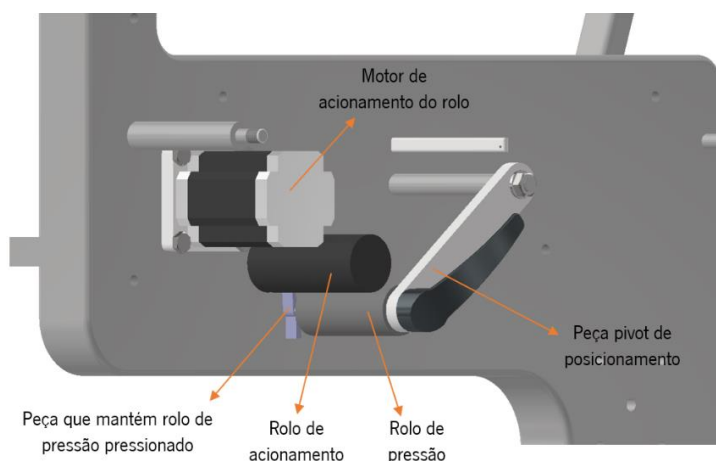


Figura 58 - Componentes do sistema de acionamento.

O conjunto rolo de acionamento e rolo de pressão necessitam de estar em constante contacto, pois só assim será viável a função para que ambos são projetados, puxar a fita de etiquetas. O rolo de

acionamento é o único que tem rotação própria, transmitida pelo motor de passo, enquanto o rolo de pressão tem apenas a função de rodar à medida que este vai rodando, funcionando como um rolo guia. Para tal, utiliza-se uma peça que mantém o rolo de pressão na posição desejada e uma peça pivot que tem a finalidade de poder separar o rolo de pressão do de acionamento para quando for necessário trocar o rolo de etiquetas e fazer a fita passar entre estes.

A peça pivot encontra-se na Figura 59, onde se representam as duas extremidades do movimento associado à mesma. Esta peça encontra-se fixa por intermédio de uma porca numa extrusão feita na parte estrutural da cabeça da máquina de etiquetagem. Fixa a esta peça tem-se uma espécie de puxador para facilitar a tarefa de manuseamento da peça pivot.

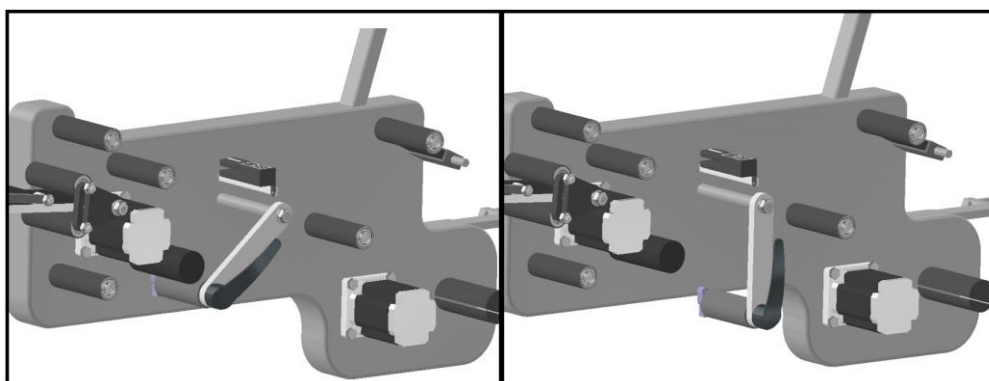


Figura 59 - Amplitude de manuseamento da peça pivot. Posição de funcionamento (à esquerda) e posição para troca do rolo de etiquetas (à direita).

A peça copulativa tem a função de manter o rolo de pressão pressionado contra o rolo de acionamento. O eixo do rolo de pressão foi aumentado 10 milímetros para permitir o deslize desta e consequente encaixe numa extrusão na parte estrutural da cabeça da máquina de etiquetagem, fixando desta forma o rolo de pressão na posição desejada. Na Figura 60 é possível perceber melhor o funcionamento desta peça.

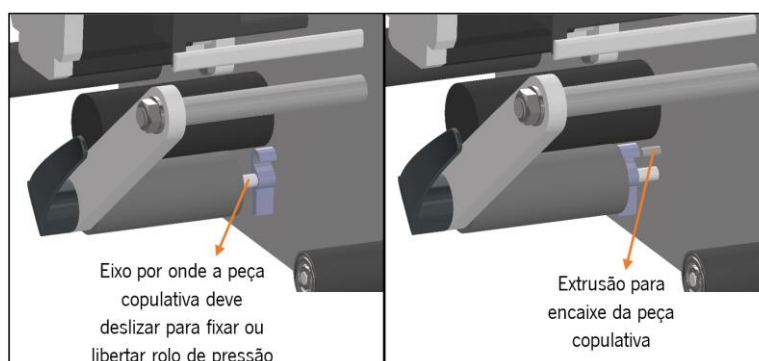


Figura 60 - Peça copulativa na posição de fixação do rolo de pressão (à esquerda) e na posição em que este pode ser libertado para mudar rolo de etiquetas (à direita).

No que diz respeito à transmissão do movimento de rotação do motor de passo para o rolo de acionamento, este é realizado por intermédio de duas polias fixas e uma correia. O dimensionamento destas foi realizado no *software inventor* de forma automática com o comando '*Synchronous belts*'. Para isto foi necessário escolher o tipo de correia a ser utilizada e fixar as polias na posição desejada.

O tipo de correia escolhido foi a correia trapezoidal de perfil T5, com um total de 56 dentes e de 10 mm de largura.

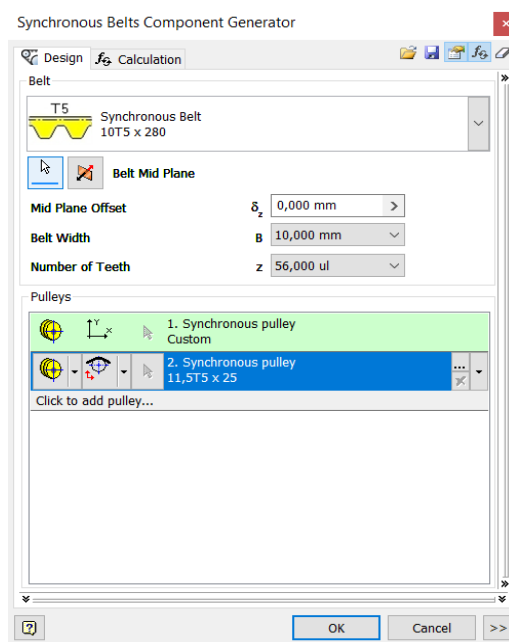


Figura 61 - Seleção da correia e polias.

As polias da correia estão conectadas ao eixo do motor e ao eixo do rolo de acionamento. O motor encontra-se fixo à parte estrutural da cabeça da máquina de etiquetagem por intermédio de parafusos e porcas. Isto é demonstrado na Figura 62.

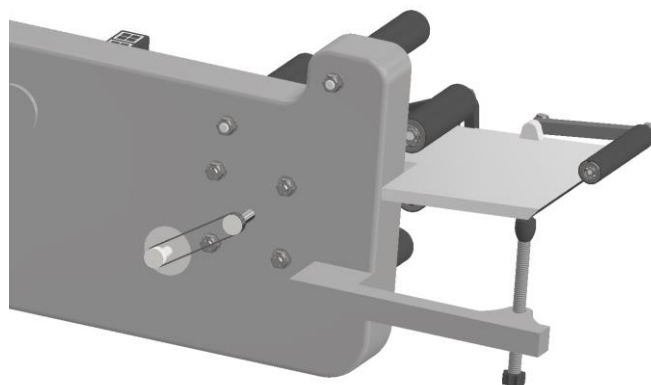


Figura 62 – Modelação da correia e fixação desta na parte estrutural da cabeça da máquina de etiquetagem individual.

Sistema de enrolamento da fita das etiquetas

O último sistema da máquina de etiquetagem individual é o sistema de enrolamento da fita das etiquetas que, tal como o próprio nome indica, é o responsável por enrolar a fita do rolo de etiquetas depois da aplicação destas, para facilitar a remoção do desperdício.

Por forma a diminuir tanto quanto possível o custo, para ir de encontro com as necessidades da empresa, optou-se por não se utilizar um sensor ultrassónico ou infravermelho para que o motor responsável pelo enrolamento fosse rodando com o *feedback* fornecido por um destes sensores (procedimento padrão).

O sistema selecionado é simples e conta com um conjunto braço pivot, botão e mola helicoidal de tração, o conjunto da peça de enrolamento e chave e o motor de enrolamento, devidamente identificados na Figura 63.

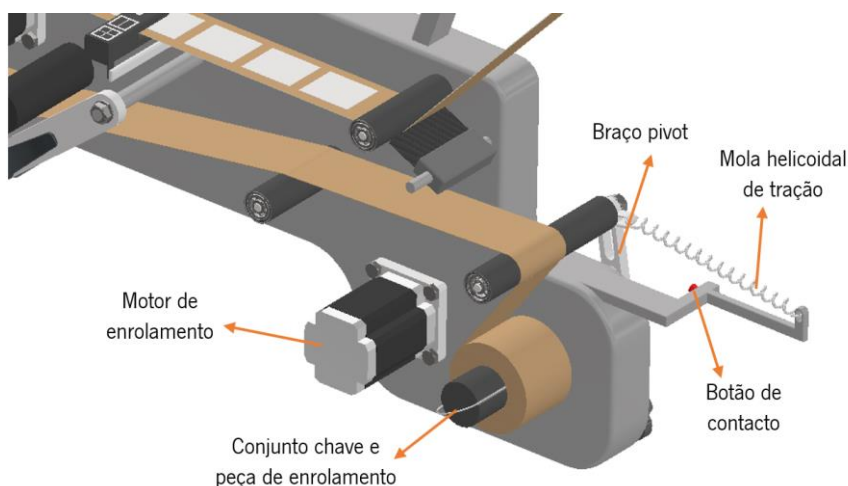


Figura 63 - Componentes do sistema de enrolamento da fita das etiquetas.

Para facilitar a compreensão do sistema estes serão explicados individualmente nos subcapítulos seguintes.

- **Conjunto braço pivot, botão e mola helicoidal de tração**

Este conjunto é o principal responsável pelo enrolamento da fita neste sistema. O braço pivot encontra-se fixo numa estrutura de fixação, tal como acontece para o sistema de desenrolamento da fita. Desta vez, esta estrutura de fixação possui uma extrusão que funciona como batente para impedir que este choque com as polias e correia que transmitem o movimento do motor.

A fita, depois de puxada pelo sistema de acionamento tem que ser enrolada e o único ponto que garante a tensão da mesma desde os rolos de acionamento é o motor de enrolamento. Por isto, se o motor não

estiver ativo, a fita ficará bamba (sem tensão) entre as estações 12 e 15 da Figura 41. Este sistema pretende isso mesmo. Com a fita bamba e o motor parado, a mola puxará o braço pivot até que este toque no botão, como se pode observar na Figura 64, onde se tem toda a amplitude do movimento do braço pivot.

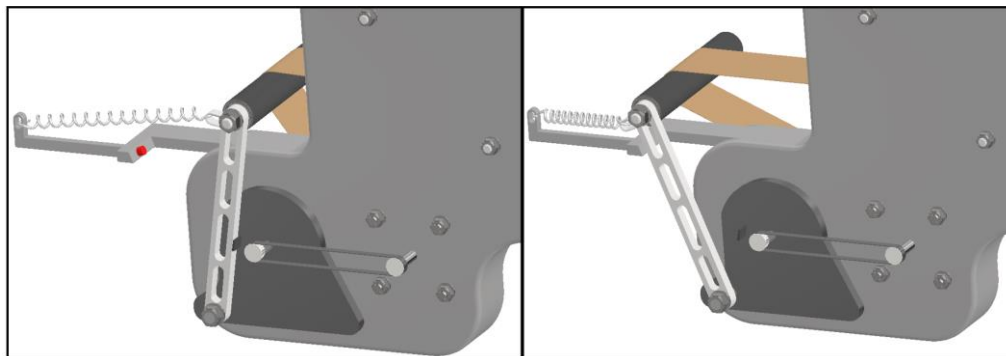


Figura 64 - Amplitude do braço pivot depois de ativo o motor (à esquerda) e a premir o botão (à direita).

Com o toque do braço pivot no botão, o motor será ativado durante um curto período de tempo, fazendo com que a fita enrole e, assim, adquira a tensão necessária. Este processo é repetido ao longo de todo o rolo da fita das etiquetas. A mola, fixa numa extrusão da parte estrutural da cabeça da máquina de etiquetagem e noutra extrusão do braço pivot, é igual à usada no sistema de desenrolamento. Neste, encontra-se em frequente extensão e compressão, visto ser esta a responsável pelo toque do braço pivot no botão e consequente enrolamento da fita.

O rolo fixo no braço pivot pivota com este, sendo, tal como no sistema de desenrolamento da fita, um rolo guia pivot.

- **Conjunto chave e peça de enrolamento**

Num sistema de enrolamento do material é necessário garantir que este se encontra preso ao rolo que está a envolvê-lo. Por isto, foi criado um conjunto de uma chave e peça de enrolamento, onde a única função da chave é prender a extremidade da fita ao redor da peça de enrolamento e garantir que esta não pode ser descolada ou desprendida.

Por sua vez, a peça de enrolamento deve suportar o peso do rolo da fita de etiquetas e conter um eixo onde se pode fixar uma polia para que o movimento do servo motor seja transmitido a este componente.

Para prender a fita, inicialmente deve ser tirada a chave deste conjunto, fazer com que a fita dê uma volta em torno da peça de enrolamento e, por fim, encaixar a chave nas ranhuras da peça de

enrolamento, que vão garantir que esta fica fixa e não ocorra a oportunidade da fita se desprender. Pretende-se que fique como se demonstra na Figura 65.

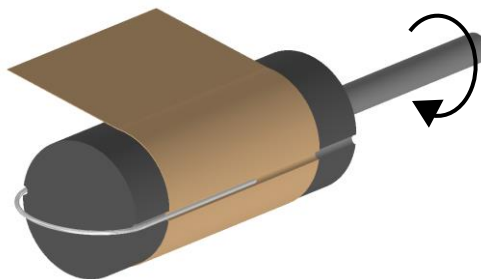


Figura 65 - Forma como a fita se enrola em redor da peça de enrolamento e chave.

Isto irá garantir uma tensão adequada da fita e evitar deslizes na zona de enrolamento ou quebras.

- **Motor servo de enrolamento, polias e correia**

Tal como dito anteriormente, o motor servo de enrolamento é acionado durante um curto periodo de tempo quando o botão é pressionado pelo braço pivot, este encontra-se fixo à parte estrutural da cabeça da máquina de etiquetagem por intermédio de parafusos e porcas.

A transmissão do movimento do motor à peça de enrolamento é feito por intermédio de duas polias fixas nos eixos do motor e da peça de enrolamento e uma correia do tipo trapezoidal T5, com um total de 71 dentes e 10 milímetros de largura como demonstrado na Figura 66. Estas, foram dimensionadas no *software inventor* de forma automática com o comando '*Synchronous belts*'.

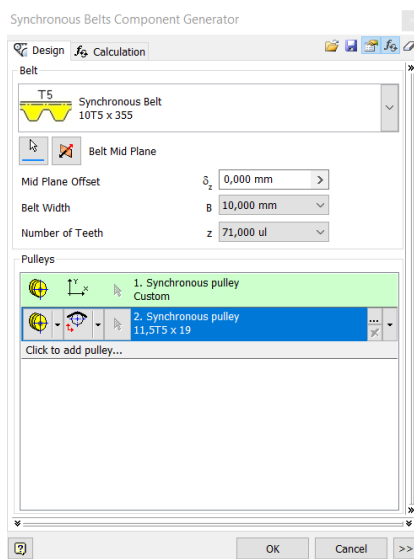


Figura 66 - Seleção de correia e polias.

Assim, conclui-se a explicação de todos os sistemas envolvidos na máquina de etiquetagem individual.

Para concluir este subcapítulo, resta apresentar a modelação final da máquina de etiquetagem individual. Esta encontra-se na Figura 67.

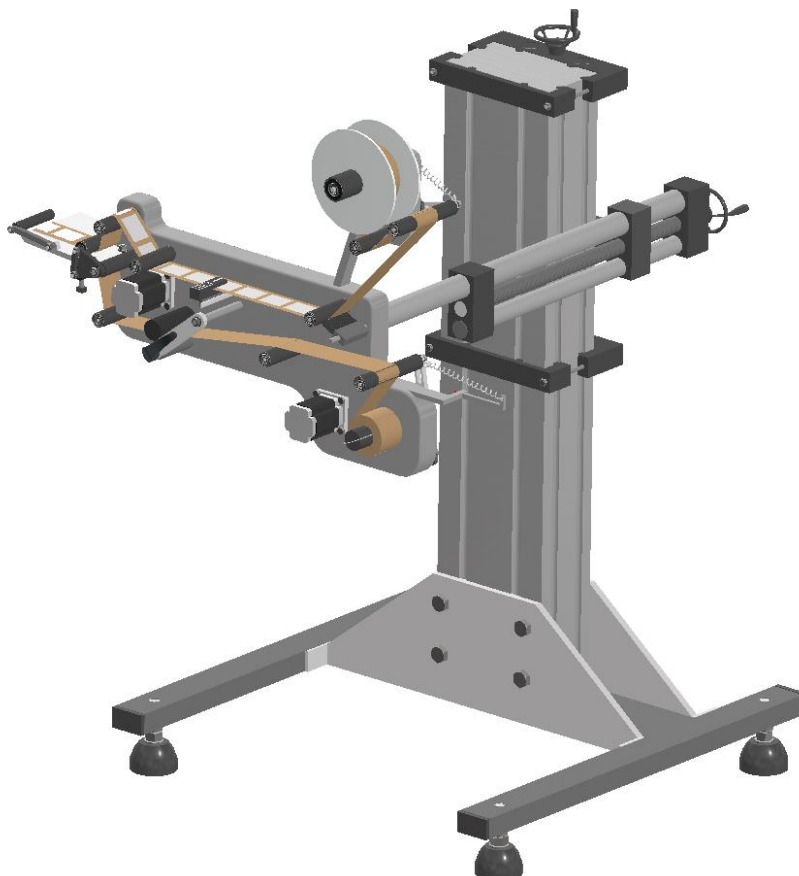


Figura 67 – Máquina de etiquetagem individual projetada.

5.4. Máquina de etiquetagem de conjunto

A máquina de etiquetagem de conjunto é muito similar à máquina de etiquetagem individual. No entanto, devido à necessidade de esta etiquetar os sacos do lado oposto da máquina de etiquetagem individual, tiveram de se adaptar alguns componentes. Assim, o presente subcapítulo focar-se-á na apresentação da máquina de etiquetagem de conjunto do projeto, porém, focando-se especialmente nas alterações que se deram de uma máquina para a outra.

Neste subcapítulo não irá ser mencionada a parte estrutural da máquina de etiquetagem de conjunto, uma vez que esta é, em tudo, igual à parte estrutural da máquina de etiquetagem individual.

5.4.1. Estrutura da cabeça da máquina de etiquetagem de conjunto

A estrutura da cabeça da máquina de etiquetagem foi um dos componentes que sofreu alterações, devido ao facto da trajetória das etiquetas ter de ser invertida. Em comparação com a estrutura da cabeça da máquina de etiquetagem individual, esta alterou o posicionamento entre as zonas de desenrolamento e enrolamento da fita entre si, sendo a fita desenrolada em baixo e enrolada em cima, contrariamente à máquina de etiquetagem individual. Para além disto, esta máquina conta com uma estação a menos, tendo sido possível tirar um dos rolos guia.

As estações que compõem a cabeça da máquina de etiquetagem de conjunto são numeradas na Figura 68.

- Da primeira à quarta estação estão os diferentes pontos por onde a fita deve passar para percorrer todo o sistema de desenrolamento.
- A quinta estação é o sensor fotoelétrico da máquina de etiquetagem individual.
- Da sexta à décima estação estão englobadas todas as etapas responsáveis pelo sistema de inclinação
- A décima primeira etapa compreende o sistema de acionamento, responsável por puxar a fita.
- Da décima segunda até à décima quarta tem-se as estações envolvidas no sistema de enrolamento da fita, depois das etiquetas terem sido aplicadas.

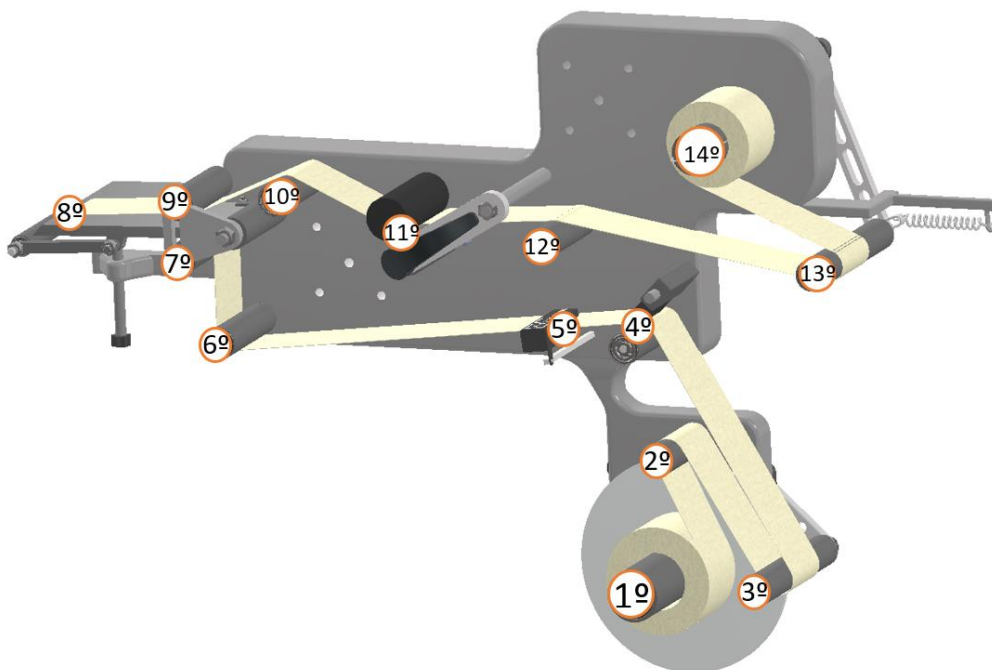


Figura 68 - Estações envolvidas na cabeça da máquina de etiquetagem de conjunto.

Tal como para a máquina de etiquetagem individual, muitas das estações são rolos guia, em tudo semelhantes aos usados e explicados anteriormente.

Volume de trabalho da máquina de etiquetagem de conjunto

Uma das diferenças entre a máquina de etiquetagem de conjunto e a máquina de etiquetagem individual é o volume de trabalho que cada uma destas tem. Enquanto a máquina de etiquetagem de conjunto possui uma área ilimitada, desde que o rolo de aplicação esteja em contacto com os sacos de plástico, a máquina de etiquetagem tem o seu volume de trabalho limitado entre a trajetória dos sacos de plástico e os limites da máquina de movimentação dos sacos de plástico.

Como se pode observar na Figura 69, a máquina de etiquetagem de conjunto (à esquerda) não terá tanta liberdade de movimento como a máquina de etiquetagem individual (à direita). Em termos de limitações verticais, a máquina de etiquetagem de conjunto não tem uma área de ajuste vertical tão grande como a máquina de etiquetagem individual porque caso se pretenda descer significativamente a máquina os pratos de apoio entrarão em contacto com a máquina de movimentação dos sacos, afetando o processo de desenrolamento. Por outro lado, se se pretender subir a máquina de etiquetagem a parte estrutural da mesma irá tocar nos rolos guia que direcionam os sacos de plástico depois de aplicada a etiqueta individual, afetando este processo.

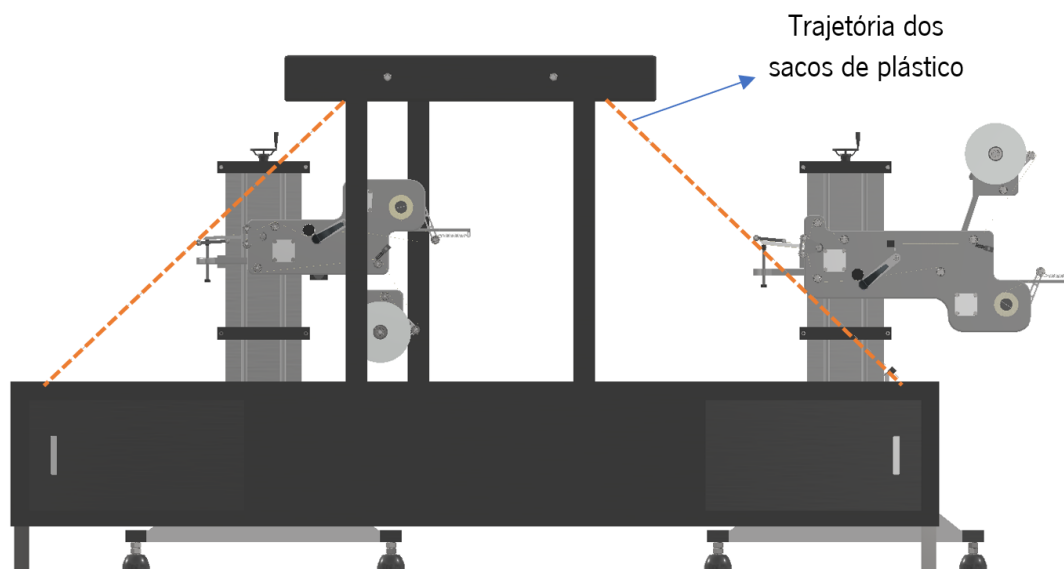


Figura 69 - Volume de trabalho da máquina de etiquetagem de conjunto.

Para além disto, os ajustes horizontais também serão afetados, uma vez que a máquina se encontra limitada entre a trajetória dos sacos de plástico e estrutura da máquina responsável pela movimentação dos sacos de plástico. Para tentar contornar isto e fornecer uma maior amplitude de movimento à

máquina de etiquetagem de conjunto, reduziu-se a altura da estrutura da cabeça da máquina de etiquetagem cerca de 100 milímetros, podendo estes serem convertidos em ajustes verticais, se necessário. Além disto, a estrutura da máquina responsável pela movimentação dos sacos foi alterada para permitir a colocação da máquina de etiquetagem de conjunto de forma simplificada, alterando-se um dos suportes dos rolos guia para fornecer maior liberdade ao veio que transmite o movimento dos ajustes da parte estrutural da máquina.

Esta última alteração pode ser entendida mais facilmente com a visualização da Figura 70.

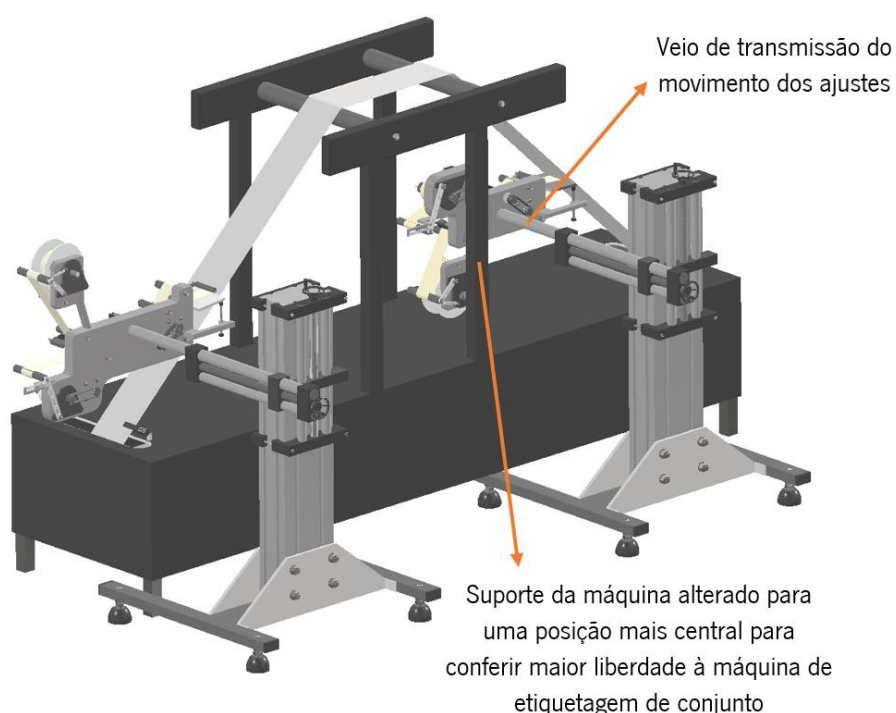


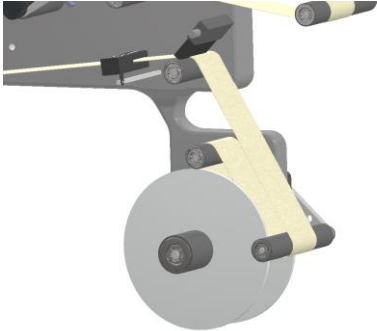
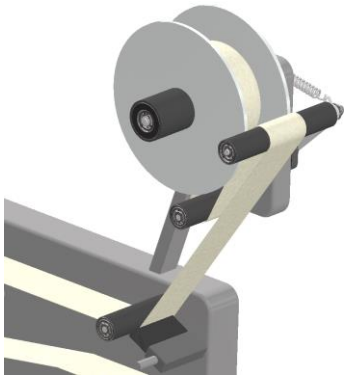
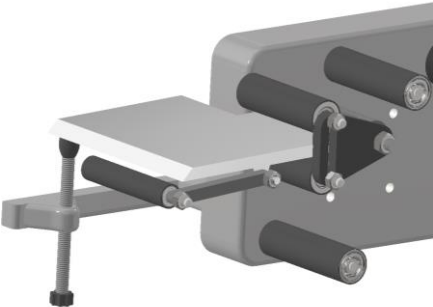
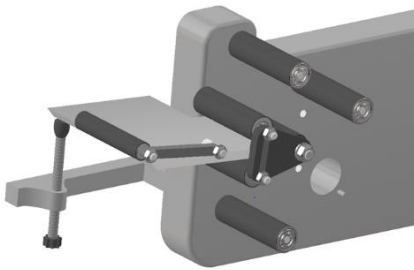
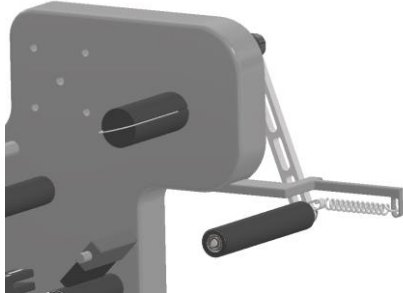
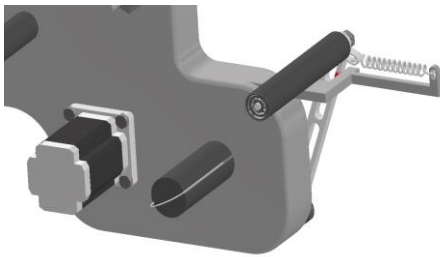
Figura 70 - Alteração do suporte da máquina de movimentação dos sacos para conferir maior liberdade à máquina de etiquetagem de conjunto.

5.4.2. Outras alterações

Para além das alterações já mencionadas, houve a necessidade de inverter, tal como dito anteriormente, alguns componentes dos sistemas. As dimensões destes componentes mantiveram-se as mesmas, no entanto, como o sentido de aplicação da etiqueta foi alterado estes tiveram de sofrer algumas alterações.

Seguidamente, na tabela 18, encontra-se a forma como cada sistema foi invertido.

Tabela 18 - Comparação entre sistemas da máquina de etiquetagem de conjunto e máquina de etiquetagem individual.

Sistema	Máquina de etiquetagem de conjunto	Máquina de etiquetagem individual
Sistema de desenrolamento da fita		
Sistema de inclinação da placa de separação		
Sistema de enrolamento da fita das etiquetas		

A principal diferença nestes sistemas ocorre no sistema de inclinação da placa de separação. A placa de separação da máquina de etiquetagem de conjunto tem de ter a aresta definida onde a etiqueta se separa da fita, no lado oposto da máquina de etiquetagem individual, e o rolo de aplicação de etiquetas tem que estar em contacto com os sacos de plástico abaixo da placa de separação, caso contrário não conseguiria desempenhar a sua função.

As molas helicoidais de tração estão sujeitas a forças semelhantes e por isso o dimensionamento destas é igual ao dimensionamento realizado para as da máquina de etiquetagem individual.

O sistema de acionamento da fita é exatamente igual, a única diferença é o posicionamento que este ocupa na máquina de etiquetagem de conjunto, situando-se numa zona superior da cabeça da máquina de etiquetagem.

Seguidamente, na Figura 71, tem-se a modelação final obtida para a máquina de etiquetagem de conjunto.



Figura 71 - Modelação final da máquina de etiquetagem de conjunto.

5.5. Máquina responsável pelo movimento dos sacos

Embora uma máquina para movimentar os sacos não estivesse, inicialmente, no projeto, considerou-se uma mais-valia a projeção e consequente modelação da mesma. Isto porque só faria sentido ter máquinas de etiquetagem automáticas se o material a ser etiquetado pudesse passar no local correto de forma corrente.

A modelação da máquina que movimenta os sacos encontra-se na Figura 72.

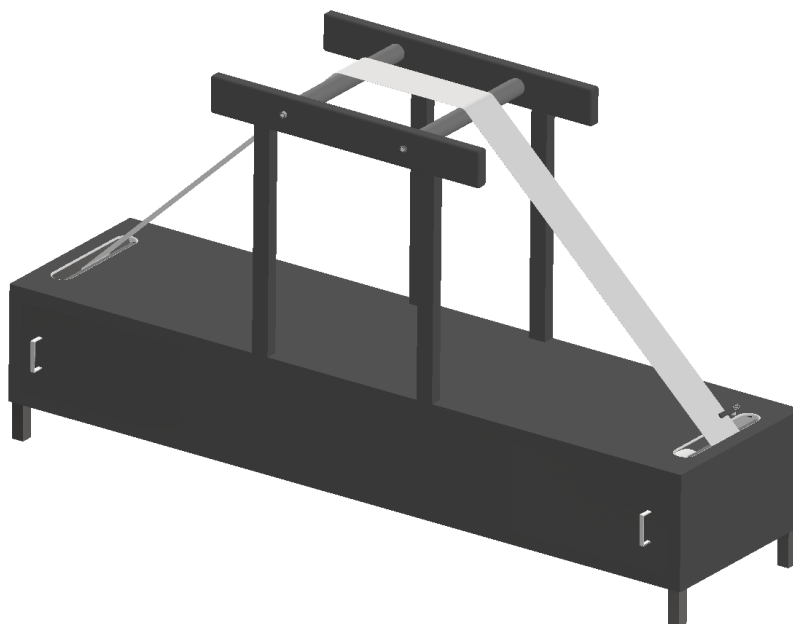


Figura 72 – Projeto da máquina que movimentava os sacos.

Uma vez abertas as portas da máquina, é possível verificar a presença de sete estações distintas por onde os sacos de plástico devem passar:

- Primeira estação: sistema de desenrolamento, conta com um motor que vai desenrolando a fita, um sensor ultrassónico que comunica com o motor a velocidade a que este deve rodar para garantir que os sacos são entregues a velocidade constante (isto porque, como visto anteriormente, a quantidade de sacos para a mesma velocidade de rotação no início do desenrolamento do rolo e no fim difere, graças à alteração do diâmetro) ;
- Segunda estação: Sensor fotoelétrico;
- Terceira estação: Rolo aplicador de etiquetas da máquina de etiquetagem individual;
- Quarta estação: Rolo guia 1;
- Quinta estação: Rolo guia 2;
- Sexta estação: Rolo aplicador de etiquetas da máquina de etiquetagem de conjunto;
- Sétima estação: Sistema de enrolamento dos sacos de plástico, depois da etiquetagem individual e de conjunto destes. Este sistema conta com os mesmos componentes da primeira estação.

As diferentes estações estão indicadas na Figura 73.

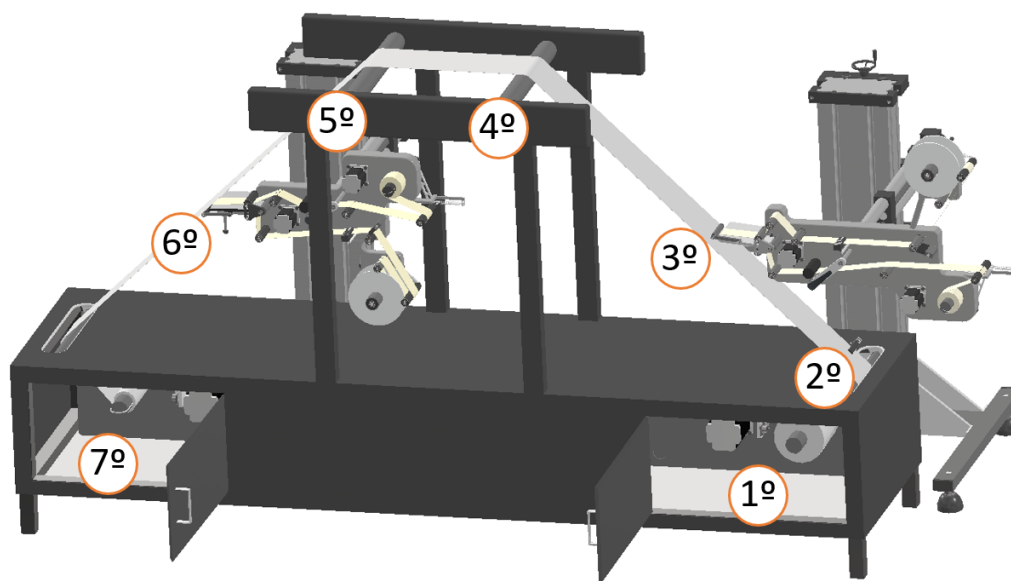


Figura 73 - Estações da máquina responsável pelo movimento dos sacos.

5.5.1. Parte estrutural da máquina responsável pelo movimento de sacos

A parte estrutural desta máquina compreende todas as paredes que protegem o motor e sensores, uma estrutura de apoio aos rolos guia, e algumas extrusões feitas nas paredes. A vista explodida presente na Figura 74, pretende demonstrar de que forma a parte estrutural desta máquina é constituída.

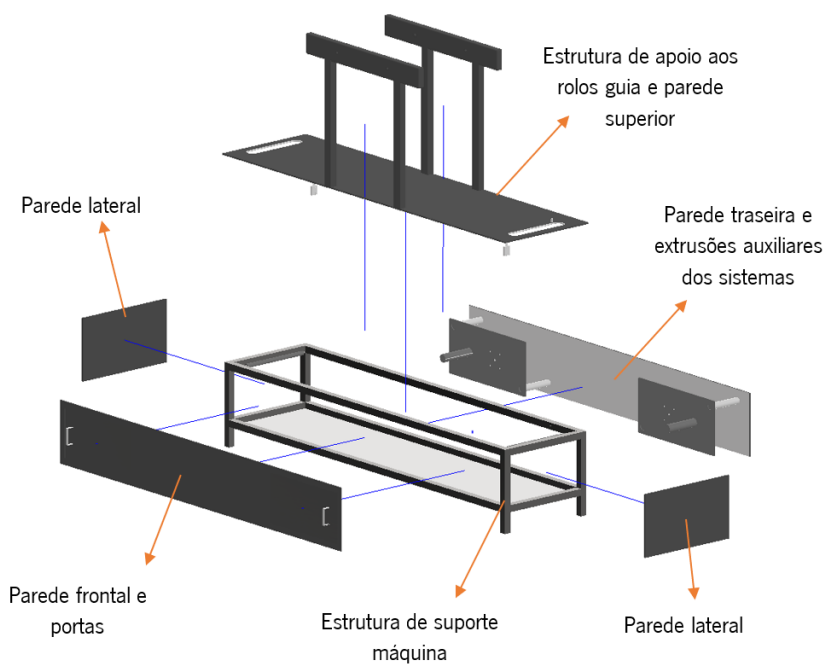


Figura 74 - Vista explodida da parte estrutural da máquina de movimentação dos sacos.

Pode-se verificar a existência de algumas estrusões nas paredes. Estas, serão devidamente explicadas quando se abordar o sistema que estas constituem.

5.5.2. Sistema de desenrolamento do rolo de sacos de plástico

O sistema de desenrolamento é o responsável por entregar os sacos de forma regular, ou seja, o mesmo número de sacos por minuto ao longo de toda a operação.

Para isto, o sistema contém um motor, um sensor ultrassónico que comunica ao motor servo a velocidade a que este deve rodar, as correias e polias que transmitem o movimento do motor, uma extrusão na parede traseira onde o motor e o rolo são fixos e outra extrusão na parede superior onde se fixa um rolo guia que direciona os sacos de plástico.

Estes componentes podem ser observados na Figura 75, onde se encontram devidamente identificados.

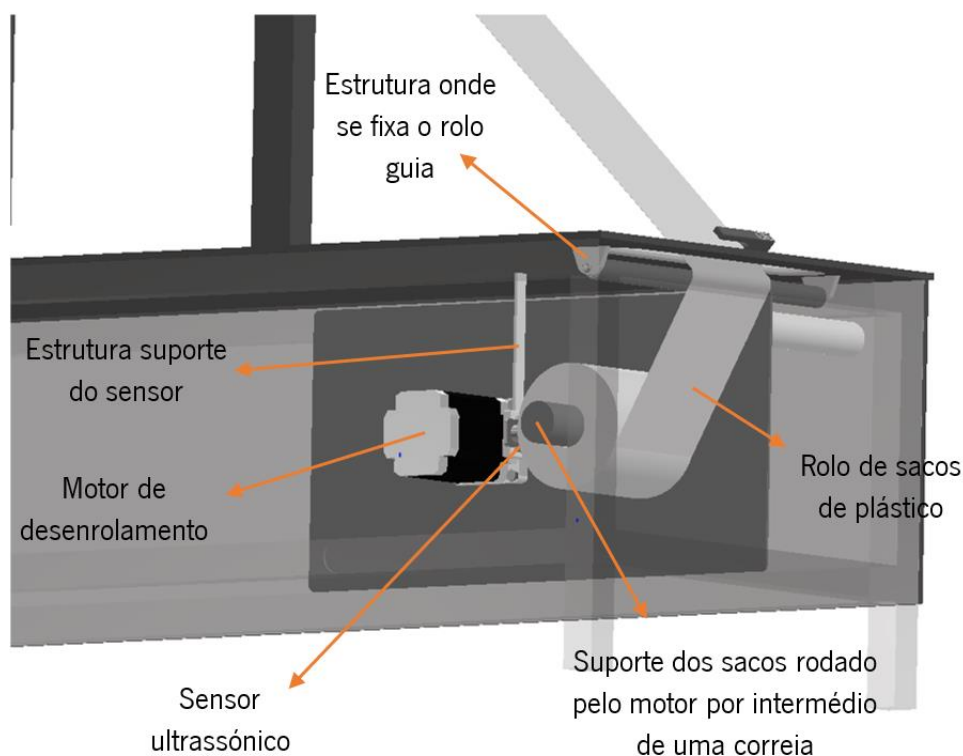


Figura 75 - Componentes do sistema de desenrolamento dos sacos de plástico.

A placa onde o motor de desenrolamento e o suporte dos sacos estão fixos tem o intuito de centrar o rolo de sacos de plástico.

O sensor ultrassónico modelado está fixo ao suporte por intermédio de parafusos e foi colocado numa posição que permitisse que apontasse para o centro dos sacos de plástico a etiquetar com menor altura, para que assim não fosse necessário a mudança de localização deste quando se muda de tipo de saco.

Como o único dado que este avalia é o diâmetro do rolo de sacos de plástico, sabe-se que apenas é importante garantir que se encontre perpendicular ao eixo do rolo, e não numa posição central do rolo de sacos de plástico.

A modelação deste sensor encontra-se na Figura 76. A sua função é permitir um desenrolamento constante do rolo de sacos de etiquetas, proporcionando uma etiquetagem mais viável dada a regularidade que este acrescenta ao processo.

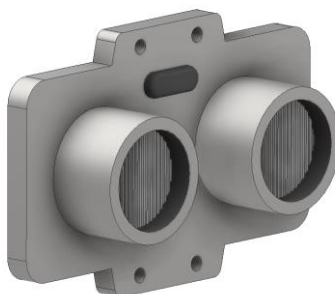


Figura 76 - Sensor ultrassónico modelado.

O sensor ultrassónico comunica com o servo motor, para que este aumente a sua velocidade ao longo do tempo para permitir que o número de sacos de plástico fornecidos seja constante. Este movimento do motor é transmitido ao suporte onde se colocam os sacos, fazendo este desenrolar os mesmos por intermédio de uma correia trapezoidal de perfil H, com um total de 60 dentes e de largura 19,050 mm. Estes valores foram obtidos automaticamente através do *software inventor*.

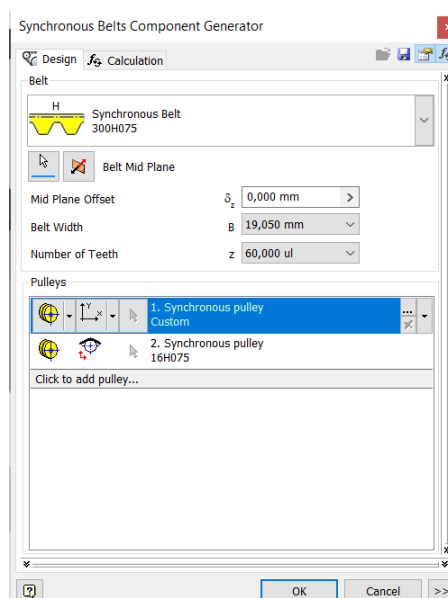


Figura 77 - Dimensionamento da correia utilizada para o sistema de desenrolamento dos sacos de plástico.

5.5.3. Sensor fotoelétrico e respetivo suporte

Os sacos de plástico que a empresa pretende etiquetar contêm uma tira preta (20 x 5 mm) capaz de ser detetada por um sensor fotoelétrico. Este sensor permite detetar quando se está perante um novo saco de plástico e, a partir daqui, comunicar ao motor de passo da máquina de etiquetagem individual e de conjunto quando estes devem fornecer a etiqueta, para que seja aplicada com a exatidão que um processo como este exige.

O suporte do sensor fotoelétrico encontra-se na parede superior da parte estrutural da máquina de movimentação dos sacos de plástico. A modelação deste conjunto, fixo por intermédio de um parafuso, pode ser observada na Figura 78.

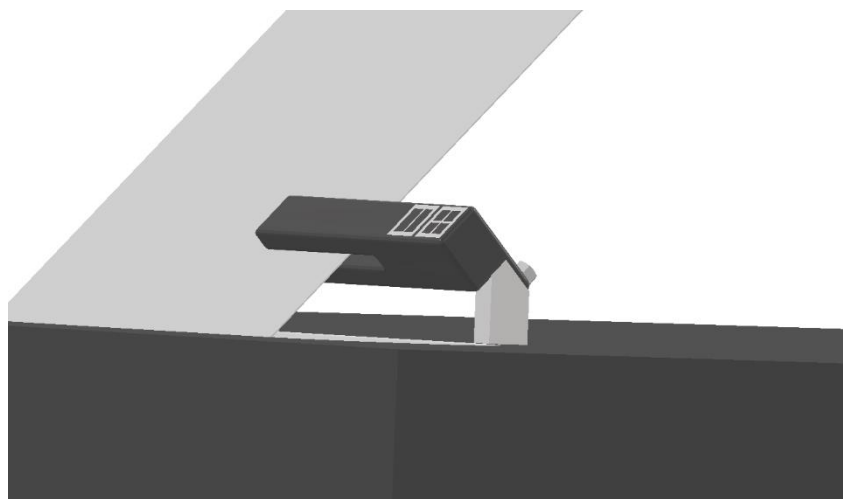


Figura 78 - Conjunto sensor fotoelétrico e suporte deste.

5.5.4. Sistema de enrolamento do rolo de sacos de plástico etiquetados

Este sistema é composto pelos mesmos componentes do sistema de desenrolamento, funcionando da mesma forma com um suporte do sensor, respetivo sensor ultrassónico, um rolo guia e estrutura onde este é fixo, o suporte dos sacos e um motor que fornece o movimento de rotação.

O princípio é o mesmo, o sensor ultrassónico mede a distância a que se encontra do rolo de sacos de plástico e à medida que o diâmetro do rolo aumenta a velocidade do motor irá diminuir para permitir que os sacos se enrolem de forma linear.

A única diferença é que a estação onde os sacos etiquetados se enrolam tem que ter uma chave (tal como no sistema de enrolamento da fita das etiquetas) para permitir que os rolos sejam enrolados eficazmente, mantendo tensão bem distribuída ao longo destes e não permitindo que a extremidade do

saco de plástico se solte. O dimensionamento da correia e polias que fornecem o movimento de rotação a partir do motor foi efetuado da mesma forma, obtendo-se os mesmos resultados.

A Figura 79, contém os componentes deste sistema de enrolamento dos sacos de plástico.

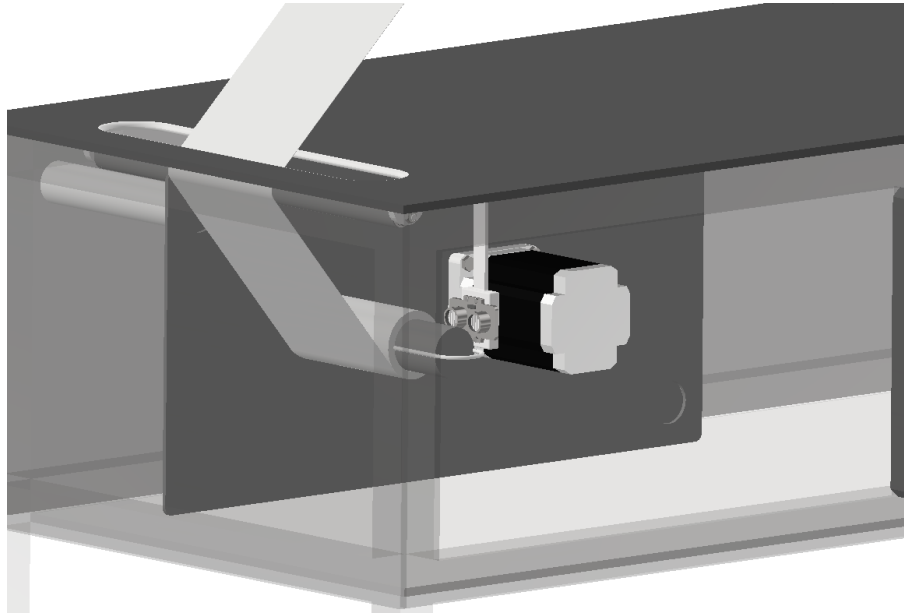


Figura 79 - Sistema de enrolamento dos sacos de plástico depois da etiquetagem destes.

6. Grafcet do funcionamento das máquinas

O presente capítulo tem como objetivo descrever o processo envolvido nas máquinas de etiquetagem e movimento dos sacos de plástico de forma lógica, isto é, descrevendo cada uma das etapas e as transições e ações associadas às mesmas. Para tal, é necessário, inicialmente, numerar os sensores e motores presentes no processo, indicar a sua localização dentro do próprio processo e descrever a forma como cada um destes atua e o porquê.

Na Figura 80 encontram-se todas as máquinas envolvidas no projeto e a indicação da localização de cada um dos sensores e motores envolvidos no processo. Como se pode perceber pela análise da Figura 80, optou-se por tornar a parede frontal e suporte dos rolos guia da máquina de movimentação dos sacos transparentes, para que fosse possível observar todos os sensores e motores simultaneamente.

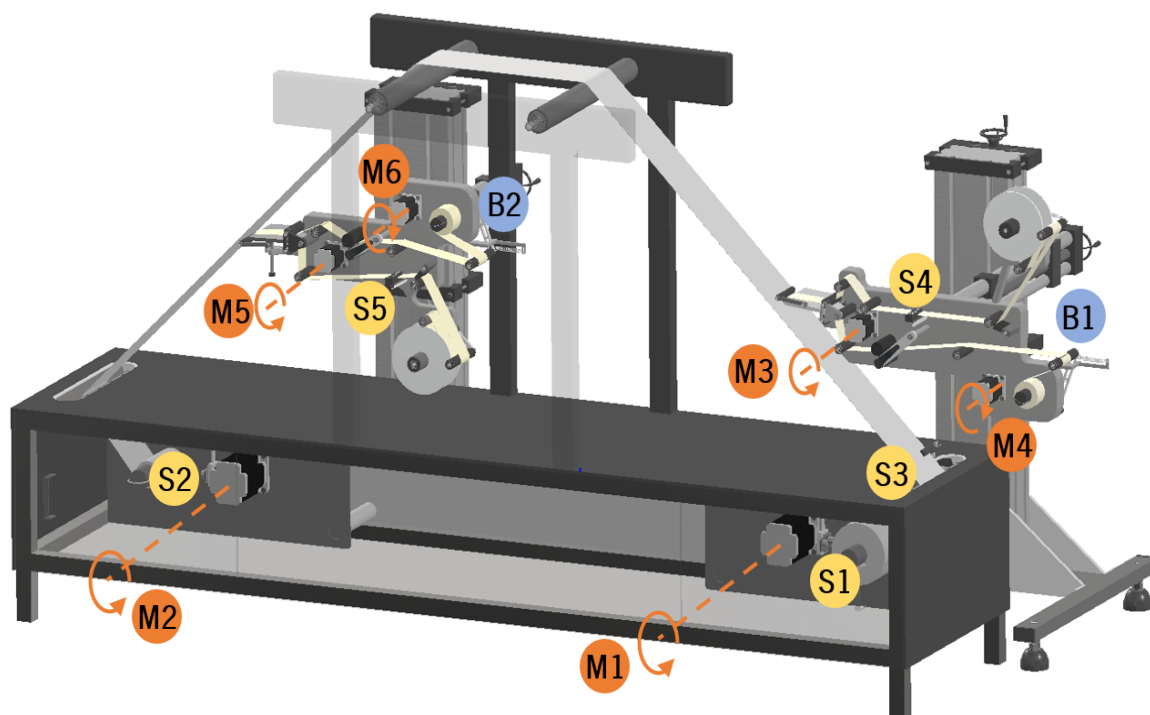


Figura 80 - Indicação da localização de cada sensor e motor envolvidos no projeto.

Como se pode perceber pela análise da Figura 80, existem 13 componentes que têm de ser incluídos no grafcet para que este descreva o processo de forma correta. Seguidamente, irá fazer-se a descrição de cada um destes componentes:

- M1: Servomotor responsável pelo desenrolamento dos sacos de plástico;
- M2: Servomotor responsável pelo enrolamento dos sacos de plástico, já etiquetados;

- M3: Motor de passo da máquina de etiquetagem individual que puxa a fita desde a estação de desenrolamento desta até ao conjunto rolo de acionamento e rolo de pressão;
- M4: Servomotor da máquina de etiquetagem individual responsável pelo enrolamento da fita de etiquetas depois de estas serem aplicadas. É ativado pelo botão 1;
- M5: Motor de passo da máquina de etiquetagem de conjunto que puxa a fita desde a estação de desenrolamento desta até ao conjunto rolo de acionamento e rolo de pressão;
- M6: Servomotor da máquina de etiquetagem de conjunto responsável pelo enrolamento da fita de etiquetas depois de estas serem aplicadas. É ativado pelo botão 2;
- S1: Sensor ultrassónico que controla a velocidade a que o motor 1 irá desenrolar os sacos de plástico por forma a alimentar o mesmo número de sacos por minuto ao longo de todo o processo;
- S2: Sensor ultrassónico que controla a velocidade a que o motor 2 irá enrolar os sacos de plástico por forma a recolher o mesmo número de sacos por minuto ao longo de todo o processo;
- S3: Sensor fotoelétrico que deteta a presença de um novo saco (através de uma tira presente nestes) e aciona M3 para que seja aplicada a etiqueta individual em cada saco. É responsável, também, por comunicar com M5 para que este faça a etiquetagem de 5 em 5 sacos;
- S4: Sensor fotoelétrico que deteta se o posicionamento das etiquetas na máquina de etiquetagem individual é o correto para que se dê a aplicação;
- S5: Sensor fotoelétrico que deteta se o posicionamento das etiquetas na máquina de etiquetagem de conjunto é o correto para que se dê a aplicação;
- B1: Botão pressionado pelo braço pivot do sistema de enrolamento da máquina de etiquetagem individual sempre que existe folga na fita das etiquetas que comunica com M4 para que se recolha a fita em excesso;
- B2: Botão pressionado pelo braço pivot do sistema de enrolamento da máquina de etiquetagem de conjunto sempre que existe folga na fita das etiquetas que comunica com M6 para que se recolha a fita em excesso.

Para além dos componentes mencionados existe também um botão *start*, um botão *stop* e um botão de emergência.

Relativamente ao funcionamento conjugado das máquinas, este inicia-se quando se pressiona o botão *start* ativando de imediato S1 e S2 que controlam M1 e M2, respetivamente. Estes sensores têm a capacidade de serem “ensinados”, pelo que a velocidade de enrolamento e desenrolamento é

coordenada entre si e conseguem guardar diferentes processos para, por exemplo, etiquetar diferentes tipos de sacos mexendo apenas nas configurações do sensor. Os motores M1 e M2 e os sensores S1 e S2 estão ativos ao longo de todo o processo, dado que os sacos têm de estar em constante movimento para que a aplicação das etiquetas seja efetuada.

Como se sabe, a máquina de etiquetagem individual tem de etiquetar todos os sacos, mas a máquina de etiquetagem de conjunto faz a etiquetagem de 5 em 5 sacos, no terceiro saco de cada conjunto. Por isto é necessário implementar um contador no processo que esteja zerado no início do mesmo para que seja possível aplicar a etiqueta de conjunto na zona esperada.

Posto isto, é necessário que o sensor S4 tenha um valor lógico de 1 (ou seja, etiqueta encontra-se pronta a etiquetar) e, quando S3 detetar a presença de um saco, é ativado M3, aplicando-se assim uma etiqueta individual e somando-se uma unidade à numeração que o contador tinha previamente. Isto, irá fazer com que o rolo de acionamento seja rodado e, em consequência, haja alguma folga entre o rolo de acionamento ativado por M3 e o sistema de enrolamento da máquina de etiquetagem individual, o que leva à movimentação do braço pivot.

Neste ponto, o sistema pode-se desenvolver de duas formas:

- Se o braço pivot pressionar B1, M4 é ativado durante um segundo oferecendo novamente tensão à fita nesta parte do processo;
- Se o braço pivot se movimentar na direção de B1, mas não chegar a pressionar, M4 não é ativo e será necessário que M3 seja acionado (à medida que se vão aplicado etiquetas individuais) até que se dê este contacto.

Este cenário, permite a exclusão de um conjunto de sensor e controlador que iriam controlar a tensão na fita depois da estação onde M3 se encontra e, para além disto, teriam de rotacionar M4 a diferentes velocidades ao longo do processo, uma vez que com a variação do diâmetro do rolo enrolado irá, também, variar o número de metros de fita por rotação.

O processo de aplicação das etiquetas individuais até este ponto será repetido até que se apliquem 3 etiquetas individuais (enquanto contador<3).

Quando o contador tiver valor igual a 3 e S5 tiver valor lógico igual a 1 (etiqueta da máquina de etiquetagem de conjunto estiver posicionada no local correto) e é ativado M5, aplicando-se assim a etiqueta do conjunto de 5 sacos de plástico. Tal como para a máquina de etiquetagem individual, uma

vez aplicada a etiqueta de conjunto o braço pivot da máquina de etiquetagem de conjunto irá ser movimentado. Neste caso, o botão que pode ser pressionado é B2 e, caso isso aconteça, M6 é ativado durante 1 segundo, enrolando-se assim a fita das etiquetas de conjunto. Caso B2 não seja pressionado, M6 não é ativo e será necessário que mais etiquetas sejam aplicadas para que o braço retorne à sua posição inicial.

Depois disto, e se S3 e S4 estiverem ativos, é ativado M3 e acrescentado uma unidade ao contador. Neste ponto, mais uma vez, B1 pode ou não ser pressionado, fazendo com que M4 possa ter movimento de rotação durante 1 segundo. O processo explicado neste parágrafo é realizado enquanto o contador não possuir um valor de 5 unidades.

Uma vez chegando a este ponto, as máquinas podem continuar o mesmo processo de etiquetagem caso não se carregue no botão *stop* ou, se este for pressionado para parar a produção, regressa-se à etapa inicial, onde se deve pressionar o botão *start* para reiniciar o processo.

Na seguinte Figura 81, encontra-se o grafcet que descreve o processo mencionado anteriormente. A modelação apresentada foi feita no *software Fluidsim*.

Pela análise do grafcet da Figura 81, consegue-se perceber que este é composto por 12 etapas e 18 transições. As transições definem o avanço de cada etapa, ou seja, só se irá passar para a etapa seguinte se a condição de transição se verificar. Seguidamente, serão enunciadas as etapas e descrita cada uma destas:

- Etapa 0 – Etapa de iniciação;
- Etapa 1 – Início da rotação dos motores da máquina que movimenta os sacos de plástico. Para além disto, o contador é zerado. Evolui-se para esta etapa uma vez sendo pressionado o botão *start*;
- Etapa 2 – A etapa dois corresponde à aplicação da primeira etiqueta individual do grupo de 5 sacos. O sistema evolui para esta uma vez detetado um novo saco e que a etiqueta se encontra na posição correta para a sua aplicação. Para além disto, o contador soma uma unidade ao valor que este já tinha. Nesta etapa, os motores da máquina que movimenta os sacos têm a sua velocidade de rotação ajustada dada a mudança no diâmetro de cada lado;
- Etapa 3 – Etapa correspondente ao recolhimento da fita por parte do motor de enrolamento, acionada pelo botão 1. Nesta etapa os motores da máquina que movimenta os sacos têm a sua velocidade de rotação ajustada dada a mudança no diâmetro de cada lado;

- Etapa 4 – Etapa ativada caso o botão 1 não seja pressionado, ou seja, nesta apenas o motor 1 e o motor 2 se encontram ativos, controlados pelo sensor 1 e sensor 2;
- Etapa 5 – Etapa para calibrar velocidade dos motores da máquina responsável pelo movimento dos sacos. É ativa depois da etapa 3 ou da etapa 4 (mecanismo “ou” incorporado no grafcet);
- Etapa 6 – Ativada quando o sensor fotoelétrico das etiquetas de conjunto comunicar que esta se encontra no local esperado e o contador possuir três unidades, ou seja, depois de se aplicarem as três primeiras etiquetas de individuais. É nesta que se dá a aplicação da primeira etiqueta de conjunto. Nesta etapa, os motores da máquina que movimenta os sacos têm a sua velocidade de rotação ajustada dada a mudança no diâmetro de cada lado;
- Etapa 7 – Etapa onde se dá o recolhimento da fita por parte do motor de enrolamento, acionada pelo botão 2. Tal como nas outras etapas, os motores da máquina que movimenta os sacos têm a sua velocidade de rotação ajustada dada a mudança no diâmetro de cada lado;
- Etapa 8 – Similar à etapa 4, esta etapa só será ativada caso o botão 2 não seja pressionado. Nesta apenas o motor 1 e o motor 2 se encontram ativos, controlados pelo sensor 1 e sensor 2.

As etapas 9, 10, 11 e 12 têm funcionamento igual às etapas 2, 3, 4 e 5, respetivamente. Isto porque nas etapas 2, 3, 4 e 5 se aplicam as primeiras três etiquetas individuais e nas etapas 9, 10, 11 e 12 se aplicam a quarta e quinta etiquetas individuais. A diferença entre estas é a numeração que o contador irá possuir, sendo que será repetido enquanto o contador não for igual a 5.

Posto isto, o sistema pode parar, se for pressionado o botão stop, ou pode retomar o seu funcionamento, quando o contador contar 5 unidades, a partir da etapa 1, para que seja aplicada a primeira etiqueta de um novo conjunto de 5 sacos de plástico.

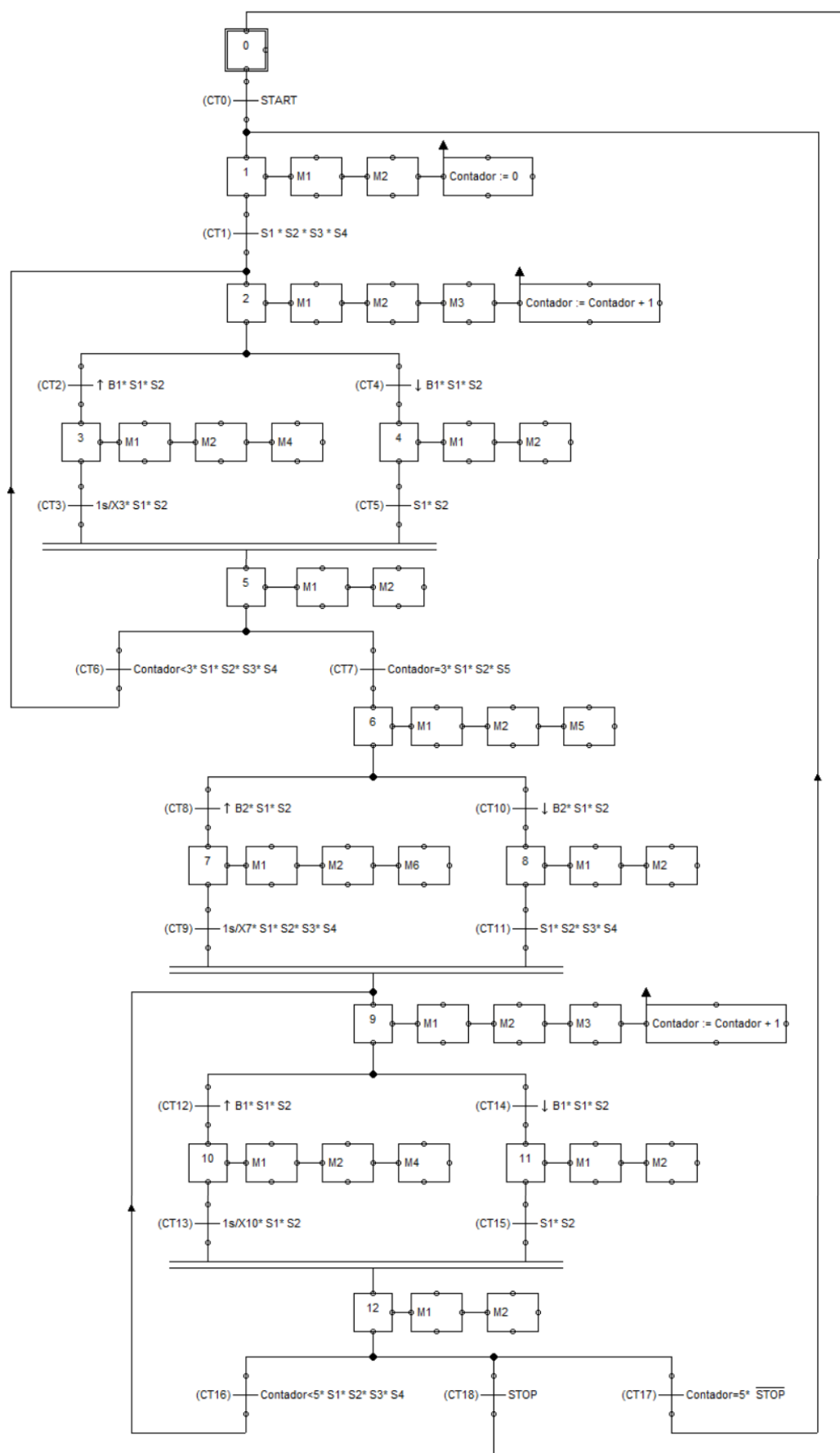


Figura 81 - Grafset do funcionamento do sistema projetado.

6.1. Programação em linguagem LADDER

Este subcapítulo tem como propósito a elaboração do diagrama LADDER correspondente ao processo da etiquetagem previamente explicado. Este, será feito convertendo-se o grafcet da Figura 81. Depois de desenvolvido o diagrama, este pode ser escrito num software como o *CX-programmer*, capaz de controlar um PLC e, assim, implementar o grafcet desenvolvido pela ordem pretendida de uma forma lógica.

Este subcapítulo conta com a elaboração das condições de transposição das transições e respetivo diagrama Ladder, elaboração das equações de atividade da etapa e respetivo diagrama LADDER e, por fim, o diagrama Ladder da ativação de componentes.

6.1.1. Diagramas LADDER

A linguagem LADDER é uma linguagem normalizada que tem a capacidade de efetuar a programação de um PLC. Neste subcapítulo irá ser desenvolvida toda a conversão do grafcet da Figura 81, para linguagem Ladder, para que se crie um programa para controlo do PLC capaz de proceder ao controlo de todos os sistemas envolvidos nas três máquinas presentes no sistema.

Para que se chegue a este ponto, inicialmente é necessário que se elaborem as equações para as condições de transposição das transições. Estas, têm uma fórmula geral presente na equação 6.1 [25].

$$CT(q) = \left(\prod_{j=1}^m XM_j \right) \cdot R(q) \quad (6.1)$$

onde,

- XM_j : Variável booleana associada à etapa M_j .

- $R(q)$: Receptividade associada à transição (q)

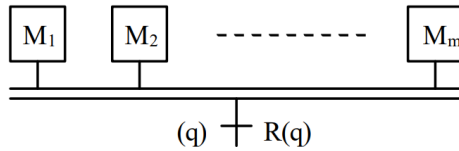


Figura 82 - Representação das variáveis mencionadas na equação 6.1 [25].

Posto isto, seguidamente apresentam-se as condições de transposição das transições envolvidas no sistema dos equipamentos:

- $CT0 = X0.START;$
- $CT1 = X1. S1. S2. S3. S4;$
- $CT2 = X2. \uparrow B1. S1. S2;$
- $CT3 = X3. 1s/X3. S1. S2;$
- $CT4 = X2. \downarrow B1. S1. S2;$
- $CT5 = X4. S1. S2;$
- $CT6 = X5. Contador < 3. S1. S2. S3. S4;$
- $CT7 = X5. Contador = 3. S1. S2. S5;$
- $CT8 = X6. \uparrow B2. S1. S2;$
- $CT9 = X7. 1s/X7. S1. S2. S3. S4;$
- $CT10 = X6. \downarrow B2. S1. S2;$
- $CT11 = X8. S1. S2. S3. S4;$
- $CT12 = X9. \uparrow B1. S1. S2;$
- $CT13 = X10. 1s/X10. S1. S2;$
- $CT14 = X9. \downarrow B1. S1. S2;$
- $CT15 = X11. S1. S2;$
- $CT16 = X12. Contador < 5. S1. S2. S3. S4;$
- $CT17 = X12. Contador = 5. NOT(STOP);$
- $CT18 = X12. STOP.$

Depois de estas serem elaboradas pode-se desenvolver o diagrama correspondente às condições de transposição das transições. Diagrama esse que se encontra na Figura 83.

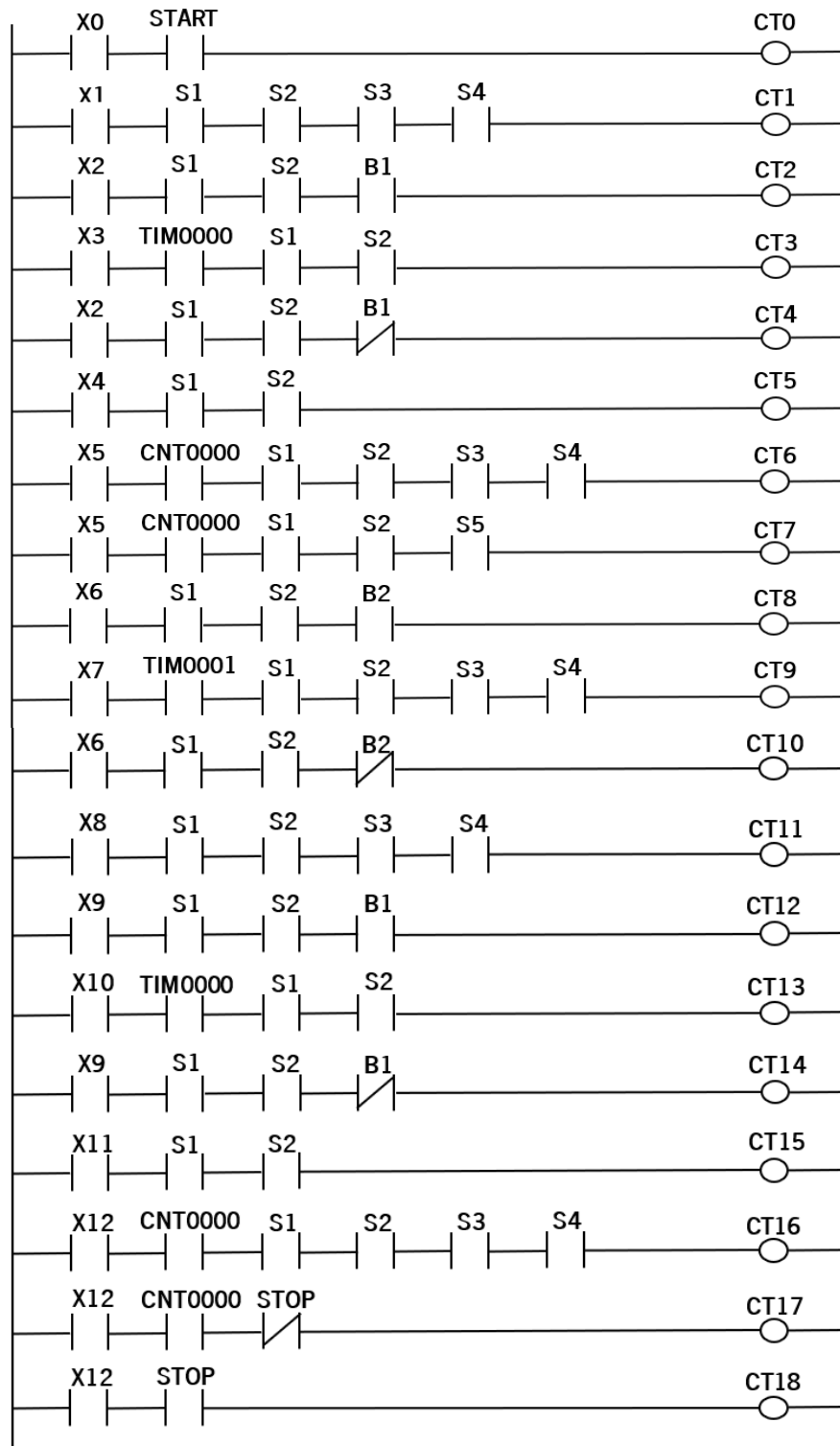


Figura 83- Diagrama Ladder das condições de transposição das transições.

O próximo passo é a elaboração das equações de atividade da etapa. Tal como para as transições, também estas possuem uma fórmula geral que se apresenta na equação 6.2 [25].

$$X_i(t+1) = \sum_{j=1}^p CT(p_j) + X(t) \cdot \prod_{k=1}^n \overline{CT(n_k)} \quad (6.2)$$

onde,

- $CT(p_j)$: Condição de transposição da transição (P_j);
- p : transição anterior à etapa i ;
- n : transição posterior à etapa i .

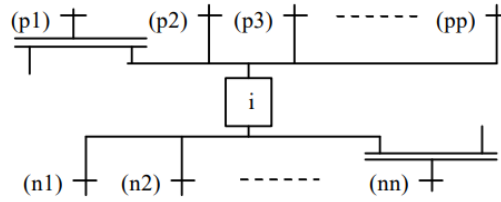


Figura 84 - Representação das variáveis mencionadas na equação 6.2 [25].

Posto isto, seguidamente apresentam-se as equações para a atividade de cada etapa:

- $X_0(t+1) = CT_{18} + (X_0(t) ./ CT_0)$;
- $X_1(t+1) = CT_0 + CT_{17} + (X_1(t) ./ CT_1)$;
- $X_2(t+1) = CT_1 + CT_6 + (X_2(t) ./ CT_2 ./ CT_4)$;
- $X_3(t+1) = CT_2 + (X_3(t) ./ CT_3)$;
- $X_4(t+1) = CT_4 + (X_4(t) ./ CT_5)$;
- $X_5(t+1) = CT_3 + CT_5 + (X_5(t) ./ CT_6 ./ CT_7)$;
- $X_6(t+1) = CT_7 + (X_6(t) ./ CT_8 ./ CT_{10})$;
- $X_7(t+1) = CT_8 + (X_7(t) ./ CT_9)$;
- $X_8(t+1) = CT_{10} + (X_8(t) ./ CT_{11})$;
- $X_9(t+1) = CT_9 + CT_{11} + (X_9(t) ./ CT_{12} ./ CT_{14})$;
- $X_{10}(t+1) = CT_{12} + (X_{10}(t) ./ CT_{13})$;
- $X_{11}(t+1) = CT_{14} + (X_{11}(t) ./ CT_{15})$;
- $X_{12}(t+1) = CT_{13} + CT_{15} + (X_{12}(t) ./ CT_{16} ./ CT_{17})$.

Depois da elaboração destas, pode-se desenvolver o diagrama Ladder de ativação das etapas. Diagrama esse que se encontra na Figura 85.

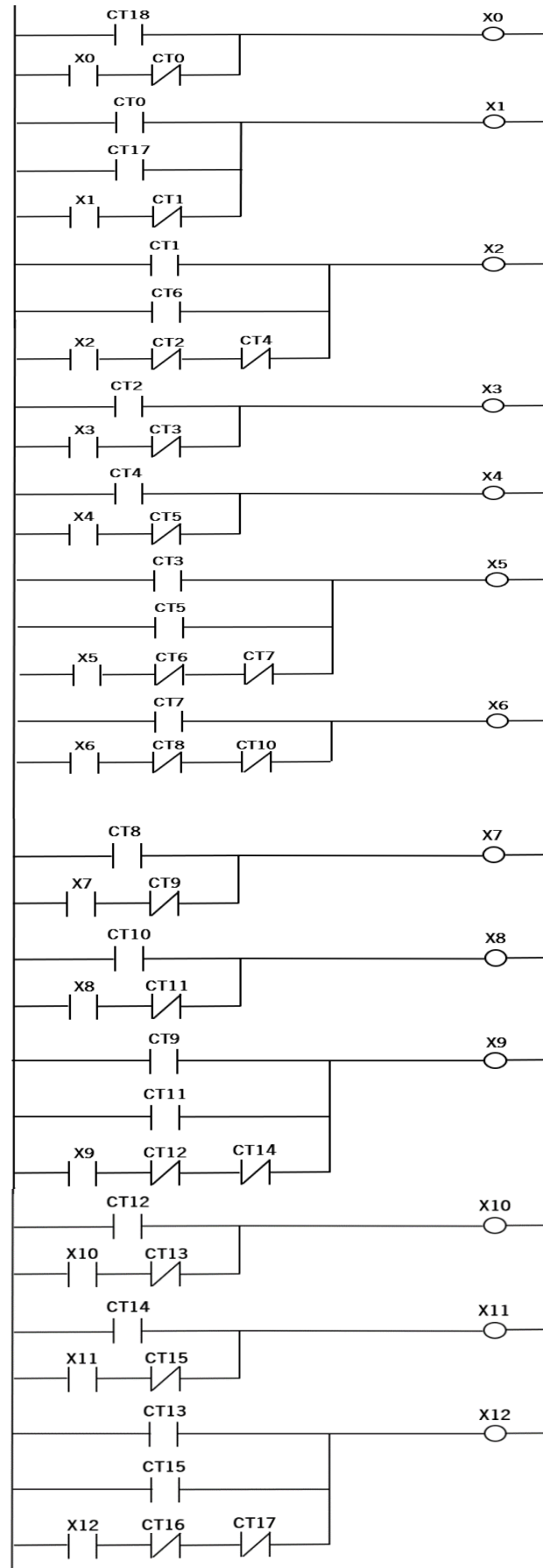


Figura 85 - Diagrama Ladder da ativação das etapas.

Por fim, apresenta-se na Figura 86 o diagrama Ladder das ações de cada etapa, onde se reúnem as etapas em que cada componente físico envolvido no projeto é ativo.

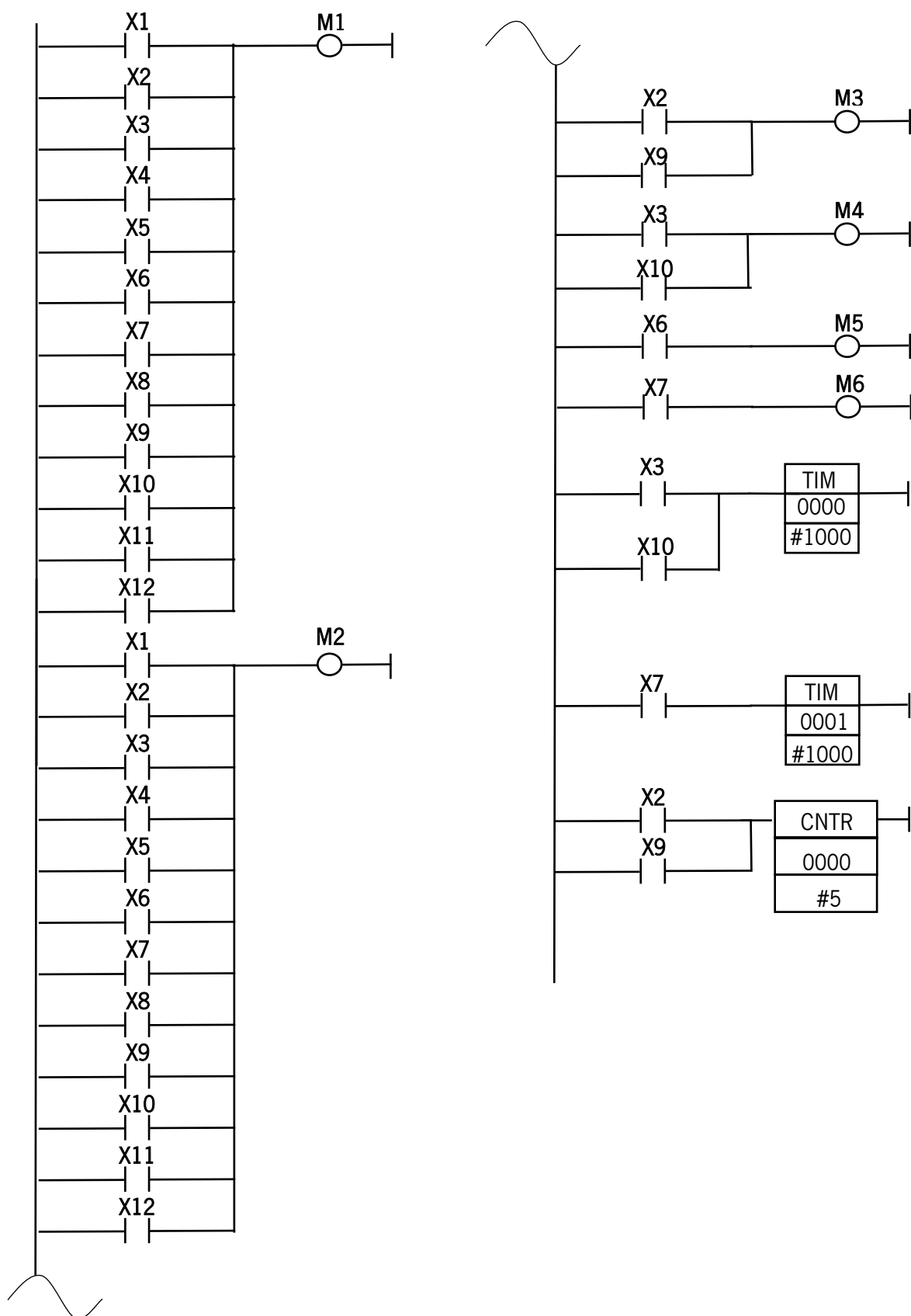


Figura 86 - Diagrama Ladder das ações de cada etapa.

6.1.2. Programação LADDER no software CX-Programmer

O software CX-Programmer tem a capacidade de permitir a programação de um PLC, uma vez introduzidos os diagramas Ladder das condições de transposição das transições, ativação e desativação das etapas e ativação das ações.

Seguidamente, encontram-se os três diferentes tipos de diagramas anteriormente mencionados no software CX-Programmer.

- Programação das condições de transposição das transições, apresentadas na Figura 87.

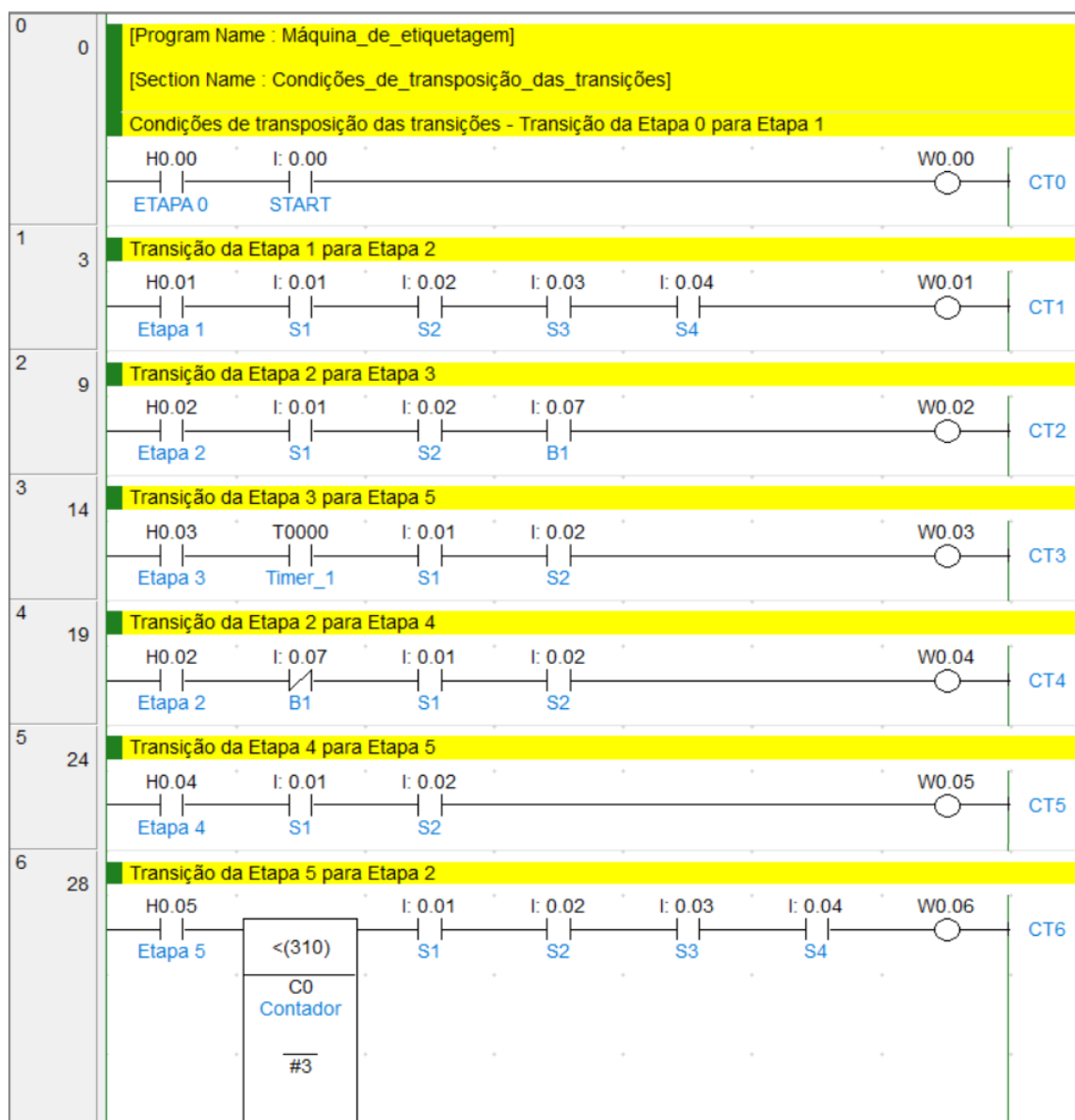


Figura 87 - Programação das condições de transposição das transições.

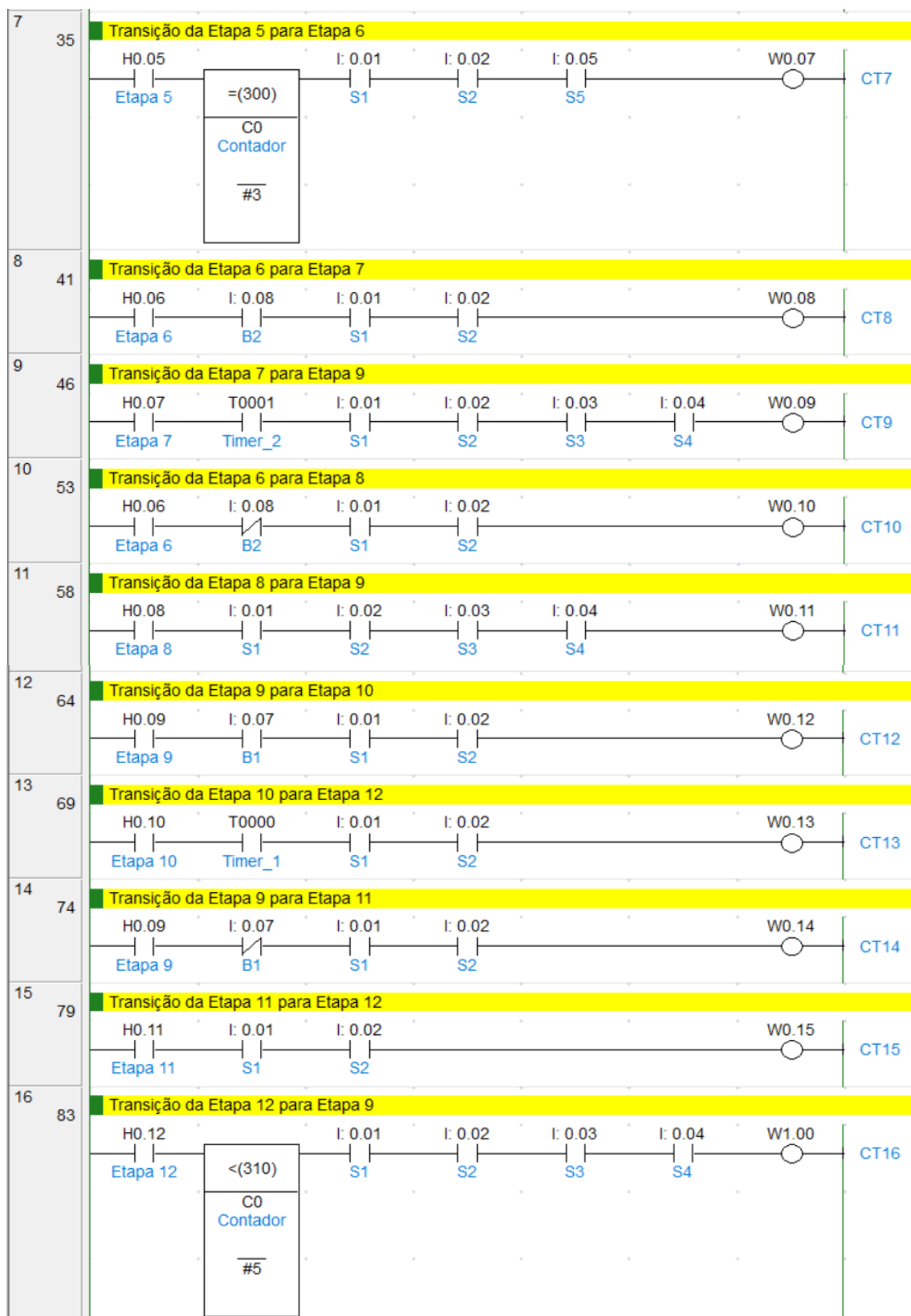


Figura 87 - Programação das condições de transposição das transições (continuação).

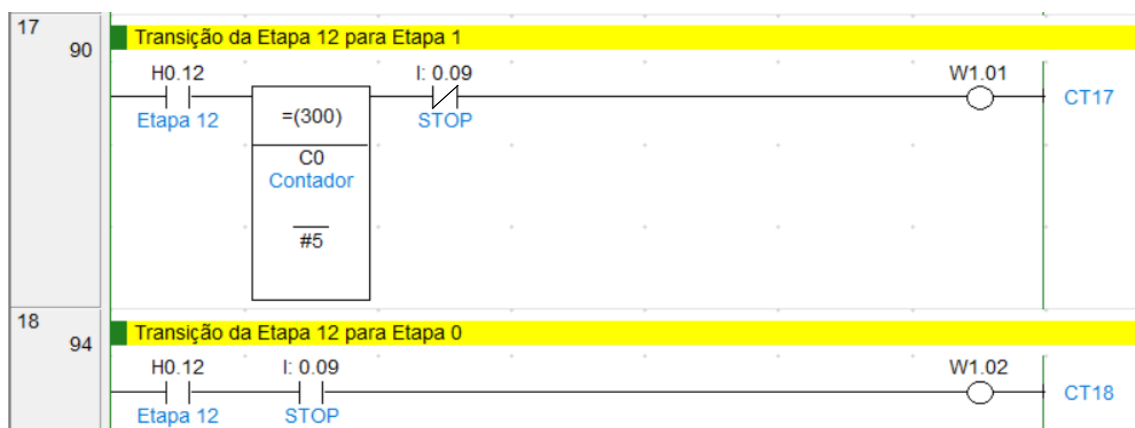


Figura 87 - Programação das condições de transposição das transições (final).

- Programação da ativação e desativação de cada uma das etapas que constitui o sistema, apresentada na Figura 88.

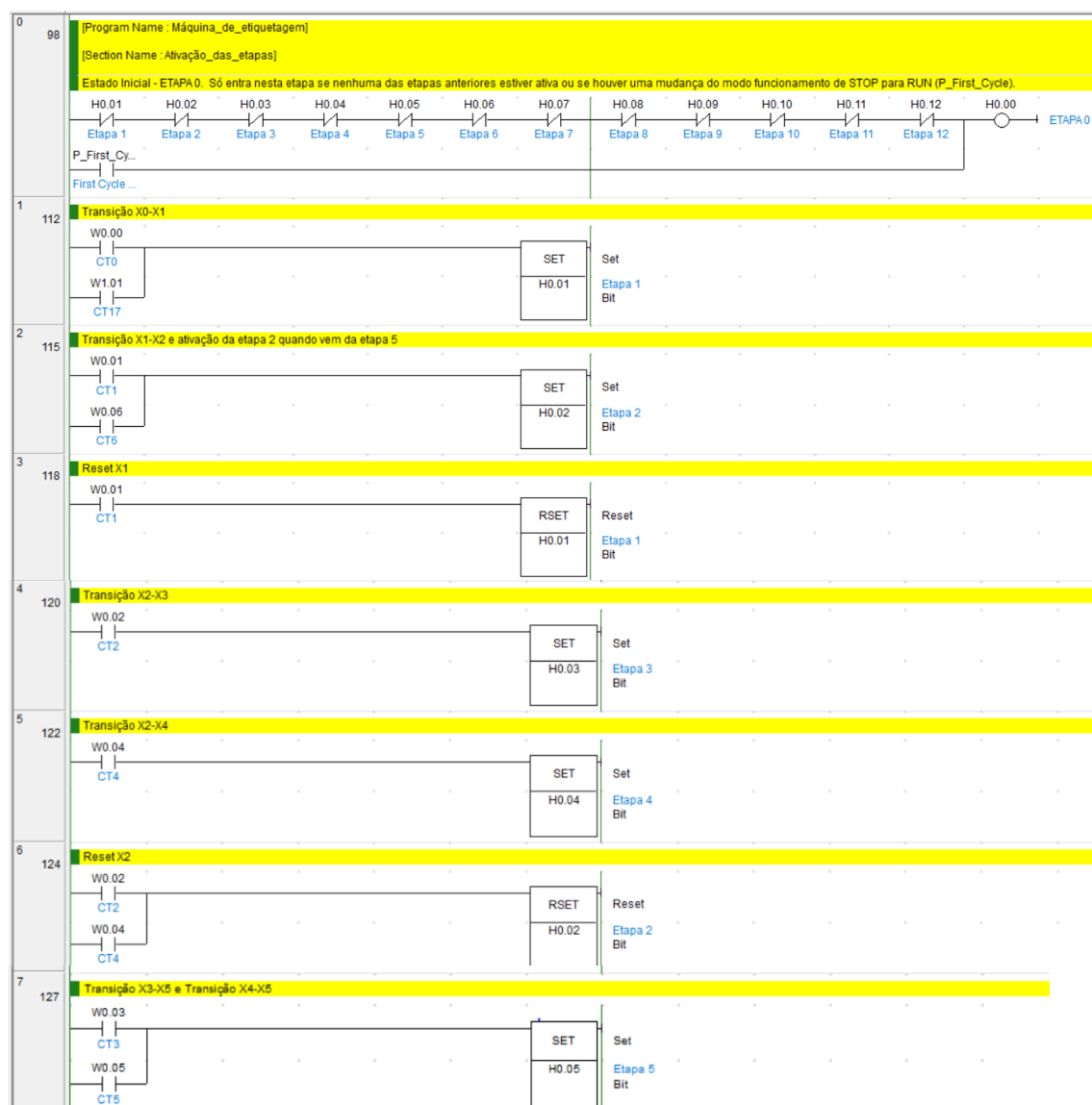


Figura 88 - Programação da ativação e desativação de cada uma das etapas.



Figura 88 - Programação da ativação e desativação de cada uma das etapas (continuação).

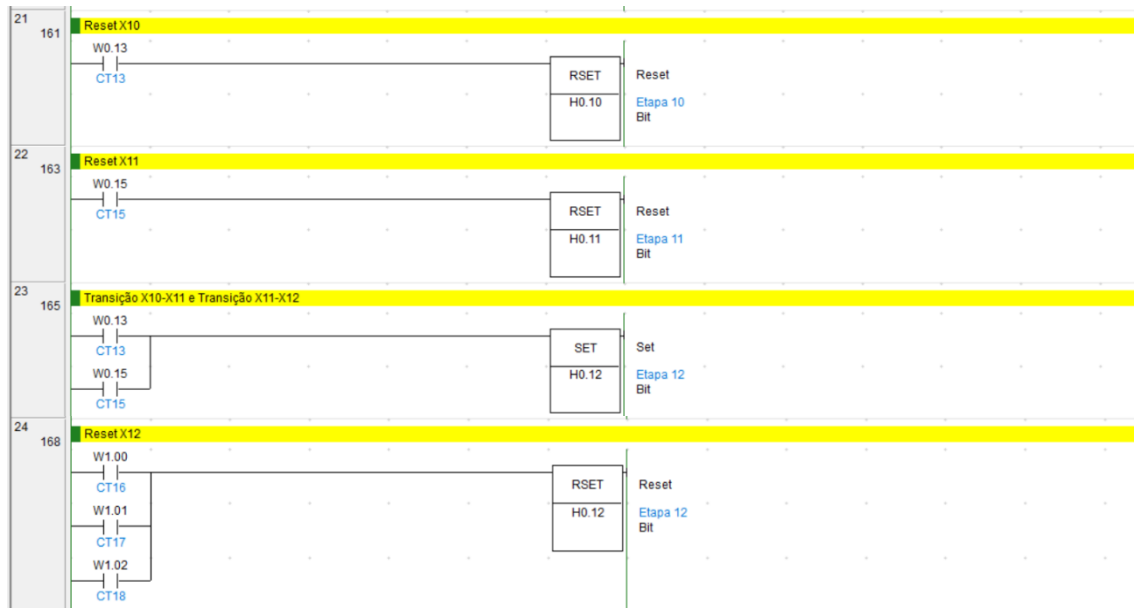


Figura 88 - Programação da ativação e desativação de cada uma das etapas (final).

- Programação das ações por etapa, isto é, a representação de quais componentes estão ativos em cada etapa, apresentada na Figura 89.

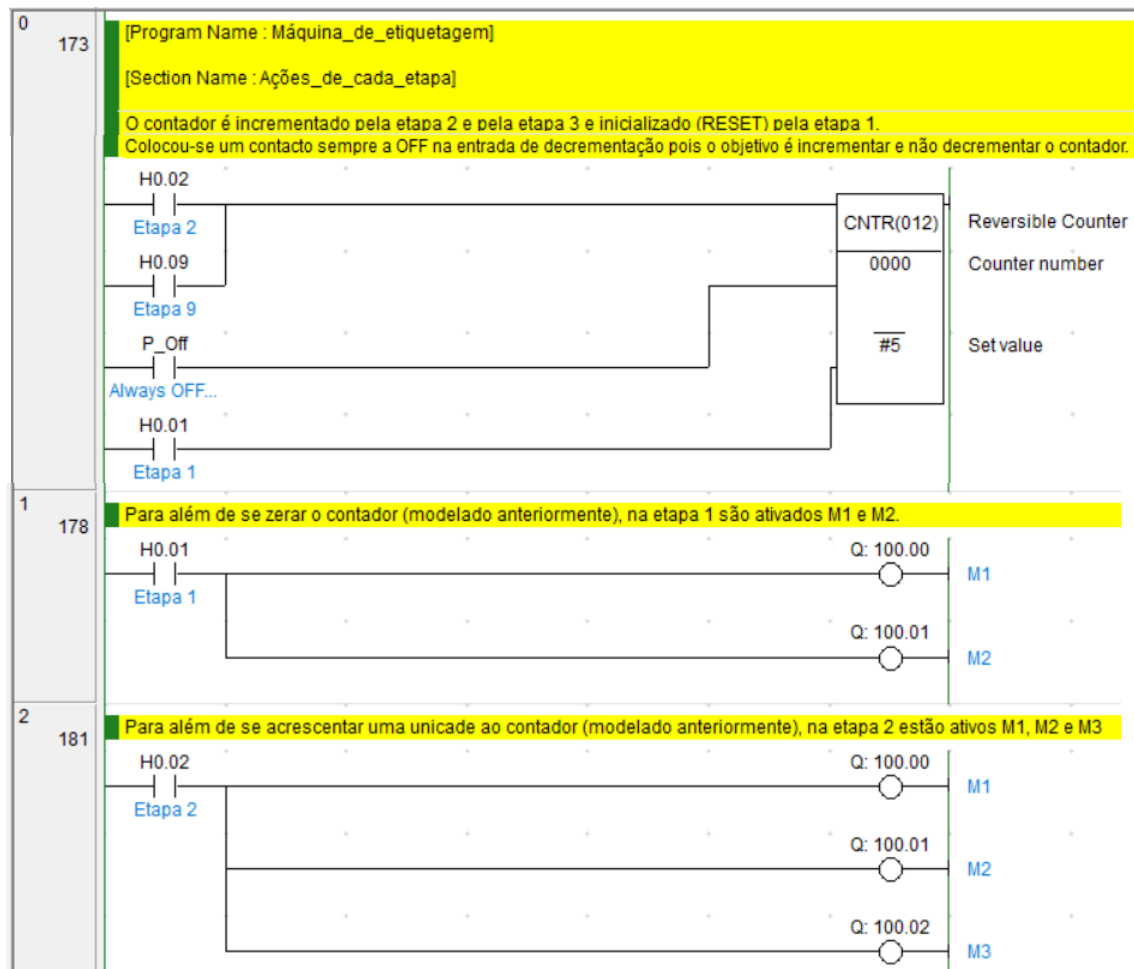


Figura 89 - Programação das ações por etapa.

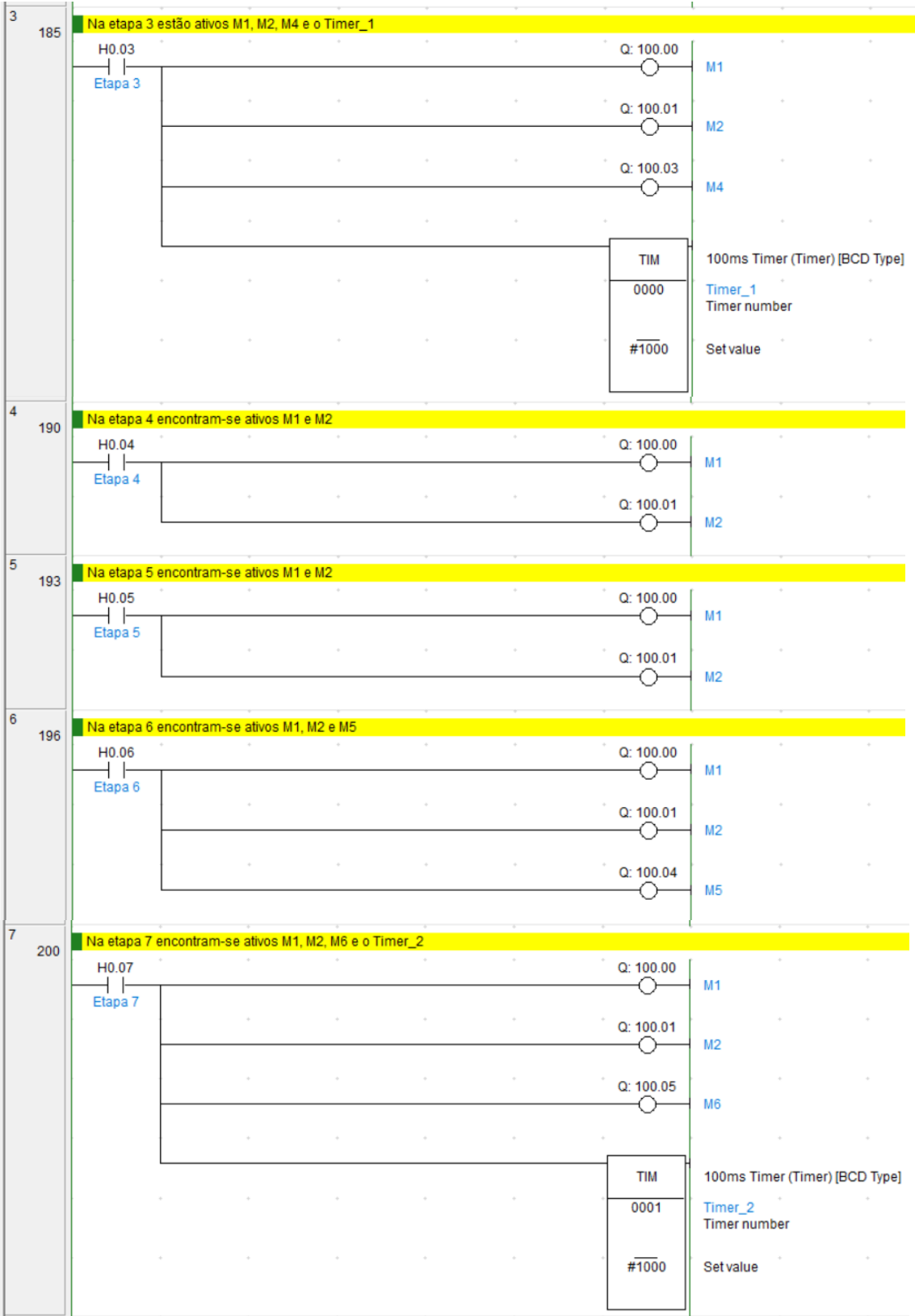


Figura 89 - Programação das ações por etapa (continuação).

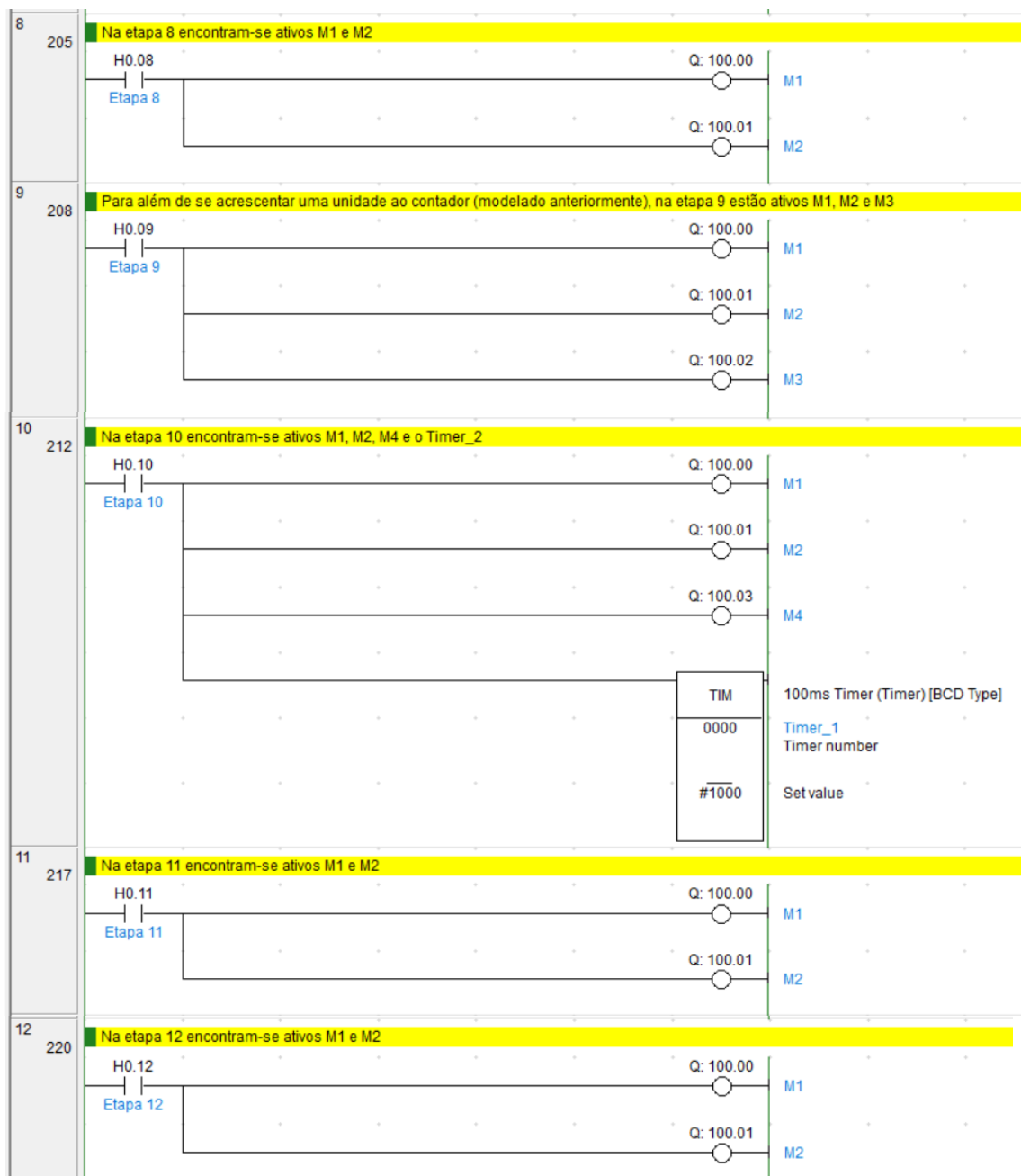


Figura 89 - Programação das ações por etapa (final).

A programação feita anteriormente nas figuras 87, 88 e 89 é o que permite implementar toda a programação Ladder elaborada e controlar M1, M2, M3, M4, M5, M6 e o contador através dos inputs fornecidos por S1, S2, S3, S4, B1 e B2. Existem, também, dois temporizadores (um em cada máquina de etiquetagem) que detetam quando cada um dos botões são pressionados e comunicam tal feito para que a fita seja enrolada.

Uma vez pressionado o botão *start* dar-se-á início ao funcionamento das máquinas e o PLC terá capacidade de controlar os atuadores mencionados anteriormente.

Como anteriormente mencionado, a empresa produz tanto sacos em que a etiquetagem se faz em conjuntos de 5 como sacos em que esta se dá em conjuntos de 3, ainda que a produção associada a este caso seja substancialmente reduzida. Quando se realizou o estabelecimento e especificações do produto, uma das especificações desejadas (ou seja, algo que não seria imperativo adicionar, mas que seria uma mais-valia) seria a possibilidade de o sistema de etiquetagem ser capaz de etiquetar tanto em conjuntos de 5 como de 3. Por isto, tomou-se a iniciativa de se fazer um grafcet e programação em PLC para a etiquetagem em conjuntos de 3. O raciocínio foi muito parecido ao que se usou no presente capítulo e, por isto, o grafcet e respetiva programação em *CX-programmer* deste funcionamento do sistema podem ser observados no Anexo II.

7. Conclusões e trabalhos futuros

Para que se conclua o trabalho, é importante fazer-se uma avaliação geral de tudo o que foi desenvolvido e analisar de que forma isto irá impactar a produção da empresa. Quando surgiu a possibilidade de se desenvolver a presente dissertação na empresa Maia & Borges o tema foi deixado em aberto. A empresa pretendia apenas que algum dos pontos do último passo do processo produtivo (etiquetagem e embalamento) fosse automatizado. Depois de um estudo do mercado, a sugestão dada à empresa foi a automatização da etiquetagem, visto que não existiam máquinas de etiquetagem prontas a ser vendidas que desempenhassem a função pretendida, o que iria fazer com que esta tivesse de ser desenvolvida de raiz para a empresa, aumentando o custo da mesma. A sugestão passava, então, por se fazer a etiquetagem individual de cada saco. Ainda que o foco tivesse sido a etiquetagem individual, não se descartou a possibilidade de se fazer um 2 em 1, dada a parecença das duas operações (etiquetagem individual e de conjunto dos sacos). Por isto, o sistema foi elaborado de forma que todo o processo de etiquetagem feito pela empresa pudesse ser realizado apenas com o sistema desenvolvido. Assim, o sistema de etiquetagem projetado contém uma máquina de etiquetagem individual, uma máquina de etiquetagem de conjunto e uma máquina que movimenta os sacos de plástico.

Relativamente a melhorias produtivas, depois de se realizar um estudo da produção da empresa no ano de 2022, foi possível aglomerar alguns dados relativamente à mesma. A empresa possui, de momento, 4 funcionários encarregues da parte da etiquetagem. Estes, aplicando as etiquetas manualmente, conseguem fazer a aplicação de etiquetas em 5.95 milhões de sacos anualmente, o que dá uma média de 44 etiquetas por minuto. Este valor não vai de encontro ao pretendido pela empresa, uma vez que esta pretendia etiquetar 7 milhões de figuras no ano de 2022 e 13 milhões no presente ano de 2023. Isto, só irá ser possível recorrendo à automatização desta parte do processo. A empresa definiu o número ideal de 20 milhões de sacos produzidos anualmente, valor para o qual se fez o dimensionamento dos motores. Depois de se proceder à escolha dos motores no capítulo 5, percebe-se que estes podem ainda aumentar esta produção significativamente, porque o valor limitativo para o seu dimensionamento foi a inércia do veio do motor e não a velocidade de rotação pretendida, ou seja, em termos de velocidade havia vários motores disponíveis para desempenhar a função, no entanto, devido à massa que tinha de ser movimentada, teve de se escolher um motor de uma gama mais elevada. Pela análise das curvas de funcionamento dos motores selecionados, consegue-se perceber que os 20 milhões de sacos anuais a etiquetar podem passar para os 30 milhões, manifestando-se numa produção de, sensivelmente, 220 etiquetas aplicadas por minuto.

Atualmente, a empresa tem rolos de sacos de 1000 unidades, rolos de etiquetas de conjunto de 2000 unidades e rolos de etiquetas individuais de 4000 unidades. Uma das sugestões, foi o aumento do rolo dos sacos e das etiquetas individuais para, pelo menos, o dobro, para que a produção útil fosse duplicada. A empresa comprometeu-se a fazer esta pequena mudança se o projeto fosse aplicado. O valor ideal mencionado anteriormente deve ser calculado na forma de produção real, e não útil. Ou seja, é preciso que a produção supere os 20 milhões de sacos, adicionando-se ao tempo de produção útil o tempo que é necessário para distribuir os rolos de etiquetas e de sacos de plástico pelas máquinas. Para uma produção de 220 sacos por minuto, sabe-se que com rolos de 2000 sacos, estes têm de ser repostos de 9 em 9 minutos ($2000/220$). As etiquetas de conjunto de 45 em 45 minutos e as etiquetas individuais de 36 em 36 minutos. Para um ciclo de 3 horas (10800 segundos), os rolos dos sacos têm de ser repostos 20 vezes, os rolos das etiquetas de conjunto 2 vezes (admitindo etiquetagem de 5 em 5) e os rolos de etiquetas individuais 5 vezes. O que dá uma paragem total do sistema de 810 segundos por cada ciclo de 3 horas (600 segundos para os sacos de plástico, 60 para etiquetas de conjunto e 150 para etiquetas individuais). Assim, é possível admitir um tempo útil de produção de 87%, sendo 13% do tempo total de produção para o abastecimento de novos rolos ($10800/810 \approx 13\%$). Ajustando o anterior valor de 220 etiquetas por minuto para uma produção útil de 87%, obtém-se o valor de 191 etiquetas, valor este que é consideravelmente superior às 150 etiquetas por minuto que a empresa pretendia, com uma subida de cerca de 128% (subida de mais de 430% relativamente à produção atual).

Para além das mudanças da produção, prevê-se que o trabalho final obtido seja significativamente melhor relativamente ao realizado até aqui. A máquina permitirá diminuir os enrugamentos e imperfeições inerentes à aplicação manual de etiqueta. Para além disto, o projeto terá um posicionamento da etiqueta correto e sistemático, contribuindo para a melhoria da imagem da empresa.

Relativamente a custos, a empresa já tinha abordado uma outra entidade para desenvolver parte do projeto que se desenvolveu na dissertação, uma máquina de etiquetagem individual, apenas. Esta, ofereceu um orçamento de 12000 euros. Depois de efetuada a pesquisa do mercado, é possível admitir um valor mínimo de 25000 euros para a totalidade do projeto, valor este que para a empresa é demasiado elevado. Estima-se que o custo final do projeto desenvolvido na presente dissertação esteja entre 10000 e 15000 euros, reduzindo significativamente o custo do mercado. Alia-se a isto, graças à predominância dos sistemas puramente mecânicos no projeto, o facto dos custos relativos às manutenções também serem reduzidos.

Analisando-se a lista de especificações para o sistema desenvolvido, na tabela 9, é possível concluir que entre as 12 especificações reunidas, as 5 especificações exigidas foram cumpridas, tal como outras 5 especificações desejadas. O corte dos sacos e a inclusão de um sensor para verificar a legibilidade das etiquetas não foram incluídos no projeto, principalmente devido ao custo associado a ambos. Devido à fiabilidade do processo, um sensor deste tipo não seria justificável, ainda para mais quando as principais empresas da área de etiquetagem não recorrem à utilização do mesmo a não ser que a aplicação tenha de ser muitíssimo exata, algo que não é o caso. O corte dos sacos não fazia parte das exigências da empresa e, para que a velocidade deste ultrapassasse a produção atual, seria necessário um investimento significativo, dada a complexidade do projeto, o que não ia de encontro com o pretendido pela empresa. No que diz respeito às especificações exigidas, todas foram cumpridas, conseguindo-se desenvolver uma operação fiável, com um preço acessível e com boa cadência de produção. Para além disto, o sistema desenvolvido tem a capacidade de etiquetar diferentes tamanhos de sacos de plástico e consegue usar as etiquetas previamente impressas pela empresa. A isto, adicionaram-se, ainda, algumas especificações desejadas, como é o caso de o sistema satisfazer as necessidades de produção futuras e possuir manutenção e troca do material fácil. É possível, através das programações do PLC elaboradas, proceder-se à etiquetagem em conjuntos de 5 ou de 3 sacos de plástico. Todas estas especificações contribuem para um sistema de etiquetagem final mais completo.

Relativamente a trabalhos futuros, em primeiro lugar, considera-se importante a elaboração de uma análise pormenorizada de forma a apresentar orçamentos exatos à empresa, uma vez que este era o fator mais importante desde o início da elaboração do projeto. Para isto, e em segundo lugar, pode-se complementar o projeto designando-se materiais exatos para cada um dos componentes projetados e modelados. Por fim, devem ser escolhidos, nesta fase, os sensores fotoelétricos e os ultrassónicos com os respetivos controladores, para que o projeto seja finalizado.

Referências Bibliográficas

- [1] L. Maia & Borges, *Maia & Borges, LDA*, Porto, 2021.
- [2] J. Kenny, “Ancient label history,” 14 Julho 2017.
- [3] K. R. Berger, “A Brief History of Packaging,” pp. 1-5, Dezembro 2002.
- [4] piranha, “The history of labelling & label printing technologies,” 1 Julho 2021.
- [5] Wikipedia, “Trademark,” Julho 2022. [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Trademark>. [Acedido em Setembro 2022].
- [6] united label corp., “History of the label,” 12 Agosto 2017. [Online]. Available: <https://unitedlabelcorp.com/history-of-the-label/>. [Acedido em Fevereiro 2022].
- [7] Snap - print solutions, “Product label trends throughout the years,” Snap, 7 Junho 2019. [Online]. Available: <https://www.snap.com.au/blog/product-label-trends-throughout-the-years>. [Acedido em Janeiro 2022].
- [8] Technologies, Peak, “History of Labels & How They Were Printed,” 13 Fevereiro 2020. [Online]. Available: <https://www.peaktech.com/blog/the-history-of-label-printing/>. [Acedido em Fevereiro 2022].
- [9] MGS - Sistemas de Etiquetagem, Lda., “Sistemas de Aplicação,” MGS, [Online]. Available: <https://www.mgs-sistemas.pt/aplicadoras.html>. [Acedido em Janeiro 2022].
- [10] MGS - Sistemas de Etiquetagem, LDA, “Métodos de Aplicação,” MGS, [Online]. Available: <https://www.mgs-sistemas.pt/aplicadores.html>. [Acedido em 29 Janeiro 2022].
- [11] Videojet, “Sistemas de etiquetagem,” [Online]. Available: <https://www.videojet.pt/pt/homepage/resources/glossary/product-coding/labeling-systems.html>. [Acedido em 2 Fevereiro 2022].
- [12] Etiden, “Etiden,” [Online]. Available: https://www.etiden.com/PT/aplicador-de-etiquetas-rectangulares-towa-apn-60-ancho-etiqueta-de-25-a-60mm-es.html?gclid=Cj0KCQiAuvOPBhDXARIsAKzLQ8FGKaJXUXSow9gJ9-2ruSiM3bHh8kMTfPz5a_fnmCibBQaHK32QZ8aAkHLEALw_wcB..
- [13] Inc., Labeling systems, “Guide to pressure sensitive labeling,” 2003.
- [14] PMR, “PMR,” [Online]. Available: <https://www.pmr.it/en/products/labelling-units/application-topbottom/top-application/>. [Acedido em Julho 2022].
- [15] Indiamart, 2015. [Online]. Available: <https://www.indiamart.com/proddetail/single-side-vertical-labeling-machine-15534945497.html>. [Acedido em Agosto 2022].

- [16] “Types of Electric Motors – Classification of AC, DC & Special Motors,” Electrical Technology, [Online]. Available: <https://www.electricaltechnology.org/2021/01/types-of-electric-motors.html>. [Acedido em Setembro 2022].
- [17] Sparkfun, “DISTANCE SENSING OVERVIEW,” [Online]. Available: [https://www.sparkfun.com/distance_sensing#:~:text=Distance%20sensors%20\(or%20proximity%20sensors,takes%20the%20signal%20to%20return.](https://www.sparkfun.com/distance_sensing#:~:text=Distance%20sensors%20(or%20proximity%20sensors,takes%20the%20signal%20to%20return.) .
- [18] Shawn, “Types of Distance Sensors and How to Select One?,” Seed Studio, 2020. [Online]. Available: <https://www.seeedstudio.com/blog/2019/12/23/distance-sensors-types-and-selection-guide/#:~:text=The%20Ultrasonic%20Sensor%20is%20arguably,emitting%20high-frequency%20sound%20waves..> [Acedido em Novembro 2022].
- [19] D. Jost, “What is an Ultrasonic Sensor?,” 7 Outubro 2019. [Online]. Available: <https://www.fierceelectronics.com/sensors/what-ultrasonic-sensor>.
- [20] Jeff Smooth, “The Basics of Ultrasonic Sensors,” Cudevices, [Online]. Available: <https://www.cuidevices.com/blog/the-basics-of-ultrasonic-sensors>. [Acedido em Dezembro 2022].
- [21] Kalatec Automação, “Motores de passo,” *Motores de passo*, p. 32.
- [22] Omron, “R88M-G”. *G-Series Servo Motors*.
- [23] Robosavvy Ltd, “IR Sensor vs. Ultrasonic Sensor: What is the difference?,” 2018. [Online]. Available: <https://robosavvy.co.uk/ir-sensor-vs-ultrasonic-sensor-what-is-the-difference#:~:text=The%20biggest%20difference%20between%20IR,not%20an%20object%20is%20present..> [Acedido em Dezembro 2022].
- [24] The spring store, “Spring Creator,” [Online]. Available: <https://www.thespringstore.com/tension-extension-spring-calculator-instructions.html>. [Acedido em Dezembro 2022].
- [25] J. M. Machado, “Da especificação em grafcet (IEC 60 848) à Implementação em Ladder (IEC 61 131-3),” 2003.
- [26] J. A. Gawith e T. R. Robertson, “Journal of the Home Economics Institute of Australia,” 2000.
- [27] J. Presas e P. Presas, “História da Embalagem: Uma brevíssima Resenha do Século XX”.
- [28] C. Packaging, “Crawford Packaging,” [Online]. Available: <https://crawfordpackaging.com/automation-and-innovations/history-of-packaging>. [Acedido em 27 Janeiro 2022].
- [29] W. Liu, J.-y. Liu, J. Xia, H.-q. Lin e M.-s. Miao, “Bubble-wrap carbon: ana integration of graphene and fullerenes,” *Nanoscale*, 2018.
- [30] Videojet, “Etiquetagem de produtos,” [Online]. Available: <https://www.videojet.pt/pt/homepage/resources/glossary/product-labeling.html>. [Acedido em 26 Janeiro 2022].

- [31] Videojet, “Codificação de produto,” [Online]. Available: <https://www.videojet.pt/pt/homepage/resources/glossary/product-coding.html>. [Acedido em 26 Janeiro 2022].
- [32] Videojet, “Etiquetadora Industrial,” Videojet, [Online]. Available: <https://www.videojet.pt/pt/homepage/resources/glossary/product-labeling/industrial-labeling-machine.html>. [Acedido em 26 Janeiro 2022].
- [33] R. L. Group, “Labels and rolls 101,” [Online]. Available: <https://www.resourcelabel.com/resources/labels-and-rolls-101/>. [Acedido em 30 Junho 2022].
- [34] I. Q. Search, “DC Motors,” [Online]. Available: <https://www.iqsdirectory.com/articles/electric-motor/dc-motors.html>. [Acedido em 10 Outubro 2022].
- [35] H. Mattede, “Motor de corrente continua, características e aplicações!,” Mundo da Elétrica, [Online]. Available: <https://www.mundodaeletrica.com.br/motor-de-corrente-continua-caracteristicas-e-aplicacoes/>.
- [36] Industrial Quick Search, “AC Motors,” [Online]. Available: <https://www.iqsdirectory.com/articles/electric-motor/ac-motor.html>. [Acedido em 10 Outubro 2022].
- [37] “Stepper motors vs Servo motors,” ISL, [Online]. Available: <https://islproducts.com/design-note/stepper-motors-vs-servo-motors/>.
- [38] D. Chaudhari, “10 Difference between Stepper Motor and Servo Motor | Applications,” DipsLab, [Online]. Available: <https://dipslab.com/difference-stepper-servo-motors/#:~:text=Servo%20motor%20has%20a%20higher,in%20the%20torque%20control%20applications.> [Acedido em 3 Outubro 2022].
- [39] Sharp, “GP2Y0A21YK0F,” 1 Dezembro 2006.
- [40] Robocraze, “IR Sensor Working,” 20 Junho 2022. [Online]. Available: <https://robocraze.com/blogs/post/ir-sensor-working#header-0>.
- [41] Maker Guides, “How to use a SHARP GP2Y0A710K0F IR Distance Sensor with Arduino,” 2 Março 2022. [Online]. Available: <https://www.makerguides.com/sharp-gp2y0a710k0f-ir-distance-sensor-arduino-tutorial/>. [Acedido em Dezembro 2022].
- [42] ECSTUFF4U for Electronics Engineer, “Infrared sensor advantages and disadvantages,” [Online]. Available: <https://www.ecstuff4u.com/2019/08/infrared-sensor-advantage-disadvantage.html>.
- [43] SSLA, “LiDAR,” 2013. [Online]. Available: <https://www.ssla.co.uk/lidar/>.
- [44] J. Damour, “The Mechanics of Tension Control”.
- [45] H. Stefanova, “Web tension control - load cells vs dance rollers,” 12 Julho 2012. [Online]. Available: <https://www.slideshare.net/Optimacs/web-tension-control-loadcells-vs-dancer-rollers>. [Acedido em 22 Junho 2022].

- [46] Williams, Bryon, “Web Tension Control Basics,” [Online]. Available: <https://www.montalvo.com/article-library/what-is-tension-control/>. [Acedido em 1 Agosto 2022].
- [47] K. Automação, “Motor de passo NEMA 23,” [Online]. Available: <https://loja.kalatec.com.br/motor-de-passo/motor-de-passo-2nm-nema23>. [Acedido em Dezembro 2022].
- [48] Lafert Group, “Servomotor CC,” Direct Industry, [Online]. Available: <https://www.directindustry.com/pt/prod/lafert/product-22127-364030.html>.
- [49] Industrial Quick Search, “Labeling Machinery,” [Online]. Available: <https://www.iqsdirectory.com/articles/labeling-machinery.html>. [Acedido em Setembro 2022].
- [50] di-soric, “Label sensors,” [Online]. Available: <https://www.di-soric.com/int-en/PM/Sensors/Label-sensors>. [Acedido em Dezembro 2022].
- [51] f. a. f. c. Pffc (paper, “Web Tension Control Fundamentals,” 25 Janeiro 2019.
- [52] C. V. drucksystem, “SPE - Robust industrial printing sysyem,” [Online]. Available: <https://www.carl-valentin.de/en/products/print-engines/spe-robust-industrial-printing-system/overview/>. [Acedido em 6 Junho 2022].
- [53] A. Etipack, “Power Industrial Automatic Labeling machine,” [Online]. Available: <http://etipackamerica.com/portfolio-item/maquina-de-etiquetas-automatica-industrial-de-energia/>. [Acedido em 15 Agosto 2022].
- [54] Nita Systems - Smart Labeling, “AE 612 mk II - operator and parts manual,” 2012. [Online]. [Acedido em Abril 2022].

Anexo I – Programação relativa à etiquetagem em conjuntos de 3 sacos

Como complemento do capítulo 6, o presente apêndice serve para demonstrar a programação realizada para o sistema de etiquetagem quando este tem de aplicar a etiqueta de conjunto de 3 em 3 sacos. Como foi explicitado no decorrer da dissertação, a etiquetagem de conjunto é, principalmente, realizada de 5 em 5 sacos. No entanto, algumas figuras (cerca de 5%) têm de ser etiquetadas em conjuntos de 3 sacos (para além da etiqueta individual aplicada em cada um dos sacos), a pedido do cliente. Por isto, tomou-se a iniciativa de se elaborar o grafcet e programação do PLC relativos a esta parte da produção, por forma a ter um equipamento completo e que consiga satisfazer todas as necessidades da empresa em termos produtivos.

Sendo assim, primeiramente é apresentado o grafcet correspondente a este tipo de produção.

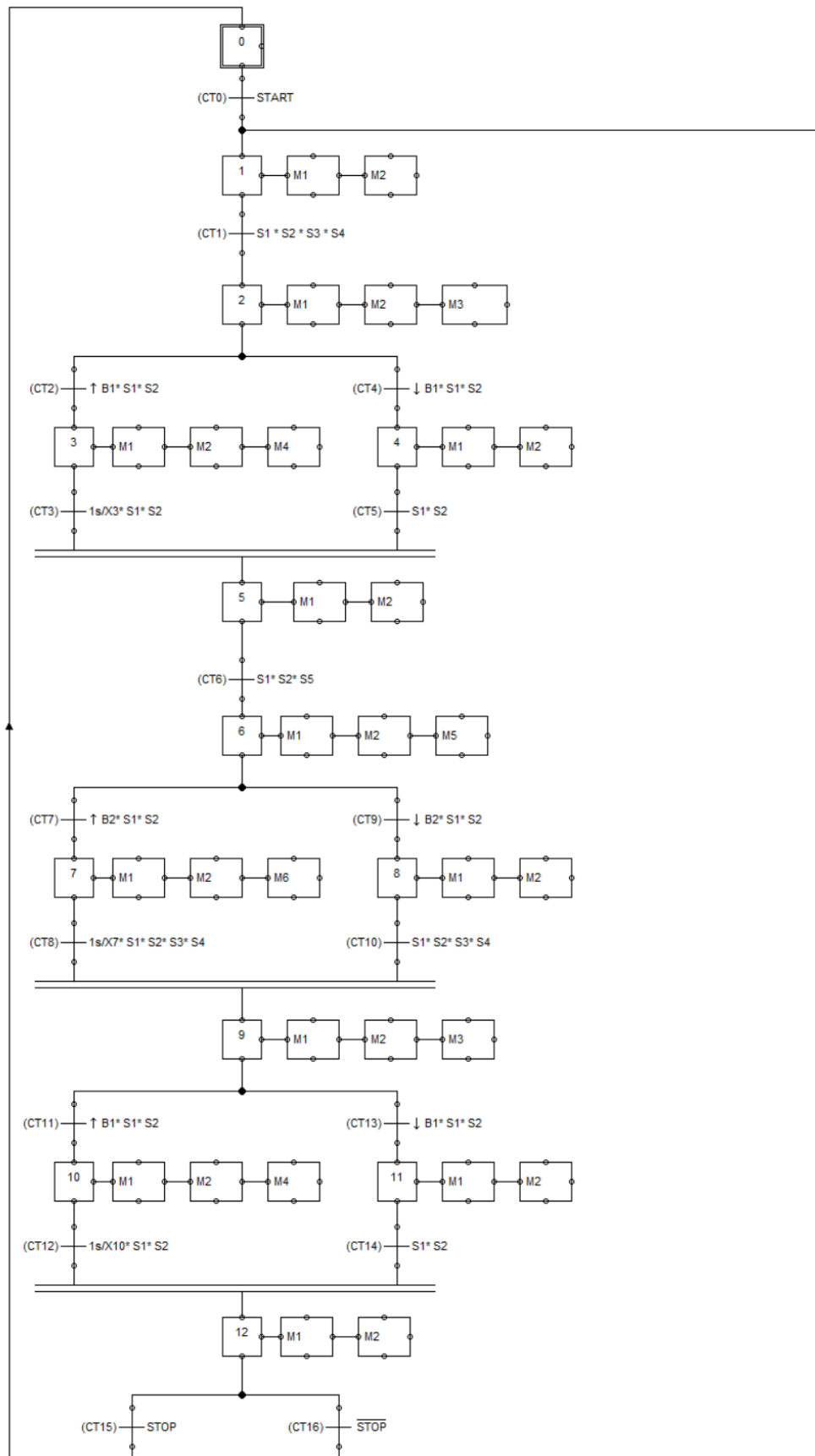


Figura 90 - Grafcet do funcionamento do sistema para a etiquetagem em grupos de três.

Posto isto, é apresentada, seguidamente, a programação do PLC relativa ao modo de produção anteriormente referido (etiquetagem de conjunto de 3 em 3 sacos e etiquetagem individual). Esta, divide-se em três partes, tal como a programação apresentada no capítulo 6. Primeiramente, apresenta-se a programação das condições de transposição das etapas.

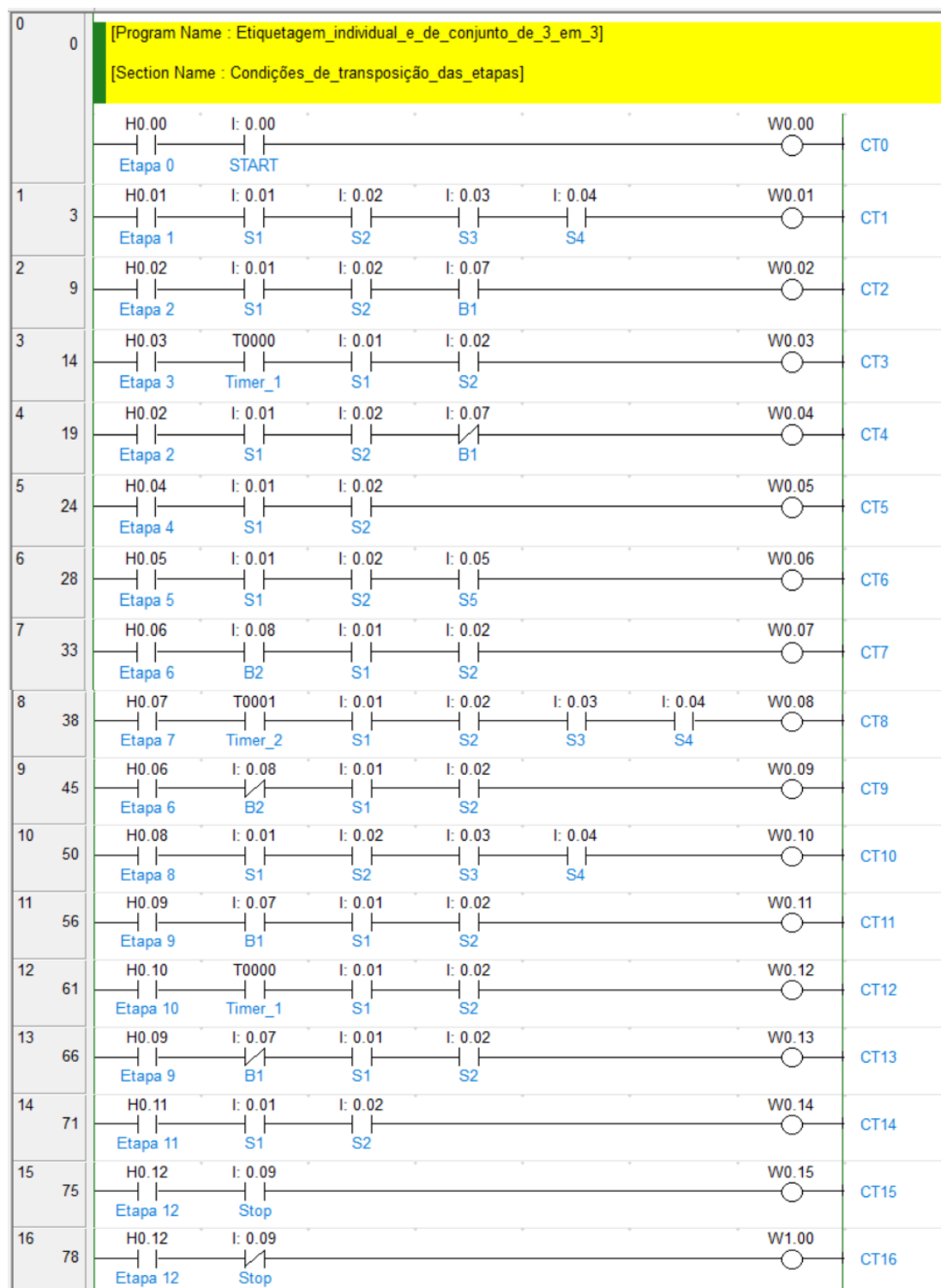


Figura 91 - Programação das condições de transposição das transições para a etiquetagem em conjuntos de três.

Posto isto, apresenta-se seguidamente a programação relativa à ativação das etapas.



Figura 92 - Programação da ativação das etapas para a etiquetagem em conjuntos de três.

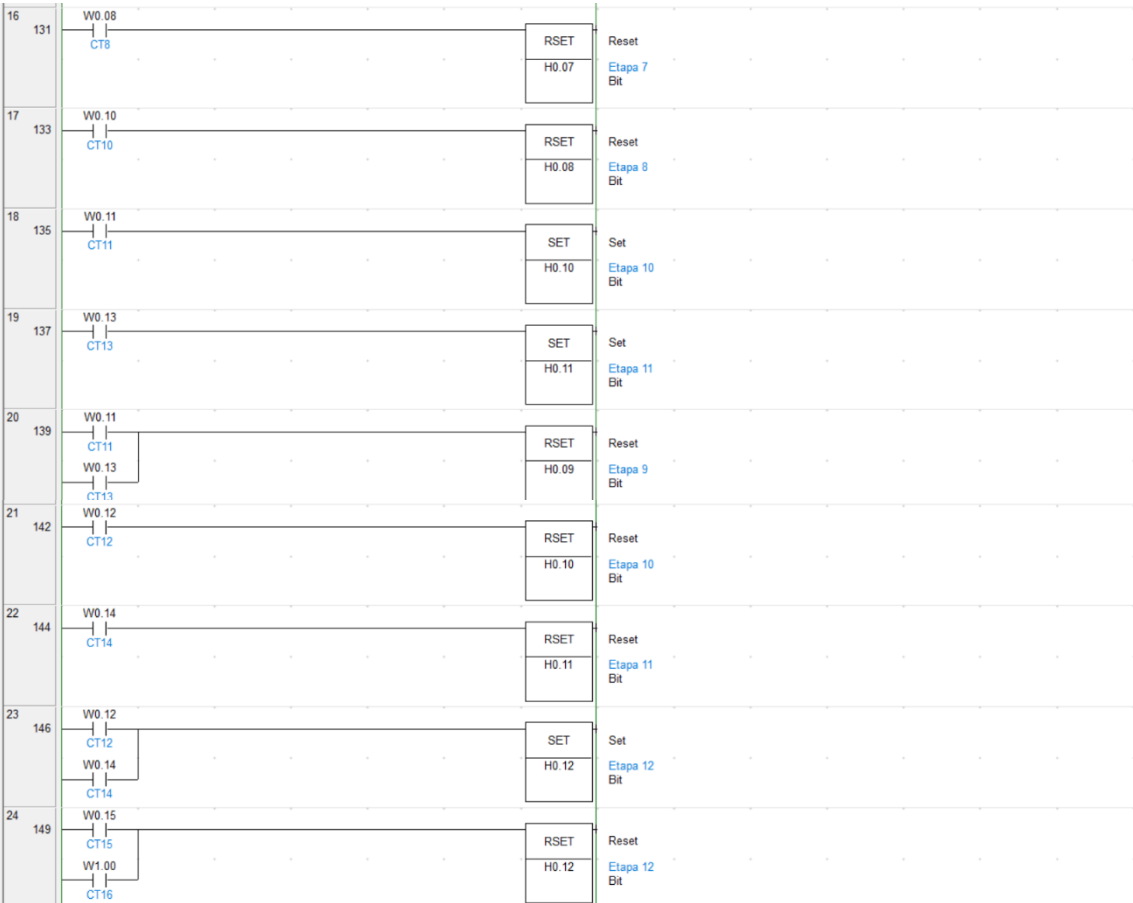


Figura 92 - Programação da ativação das etapas para a etiquetagem em conjuntos de três (continuação).

Por fim, resta programar as ações que se manifestam em cada uma das etapas do grafcet, obtendo-se:

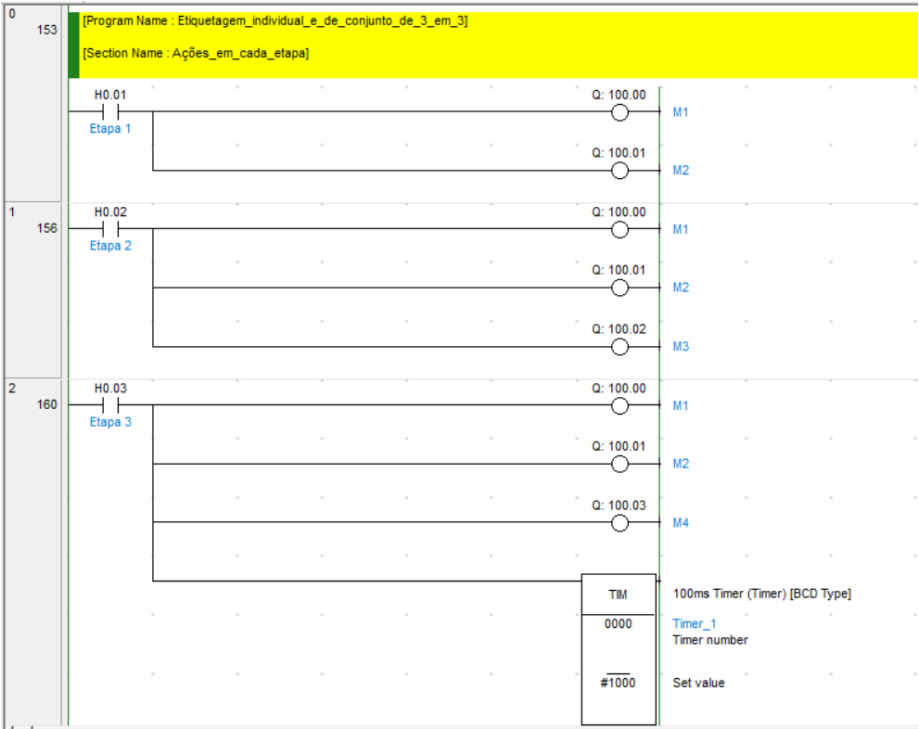


Figura 93 - Programação das ações por etapa para a etiquetagem em conjuntos de três.

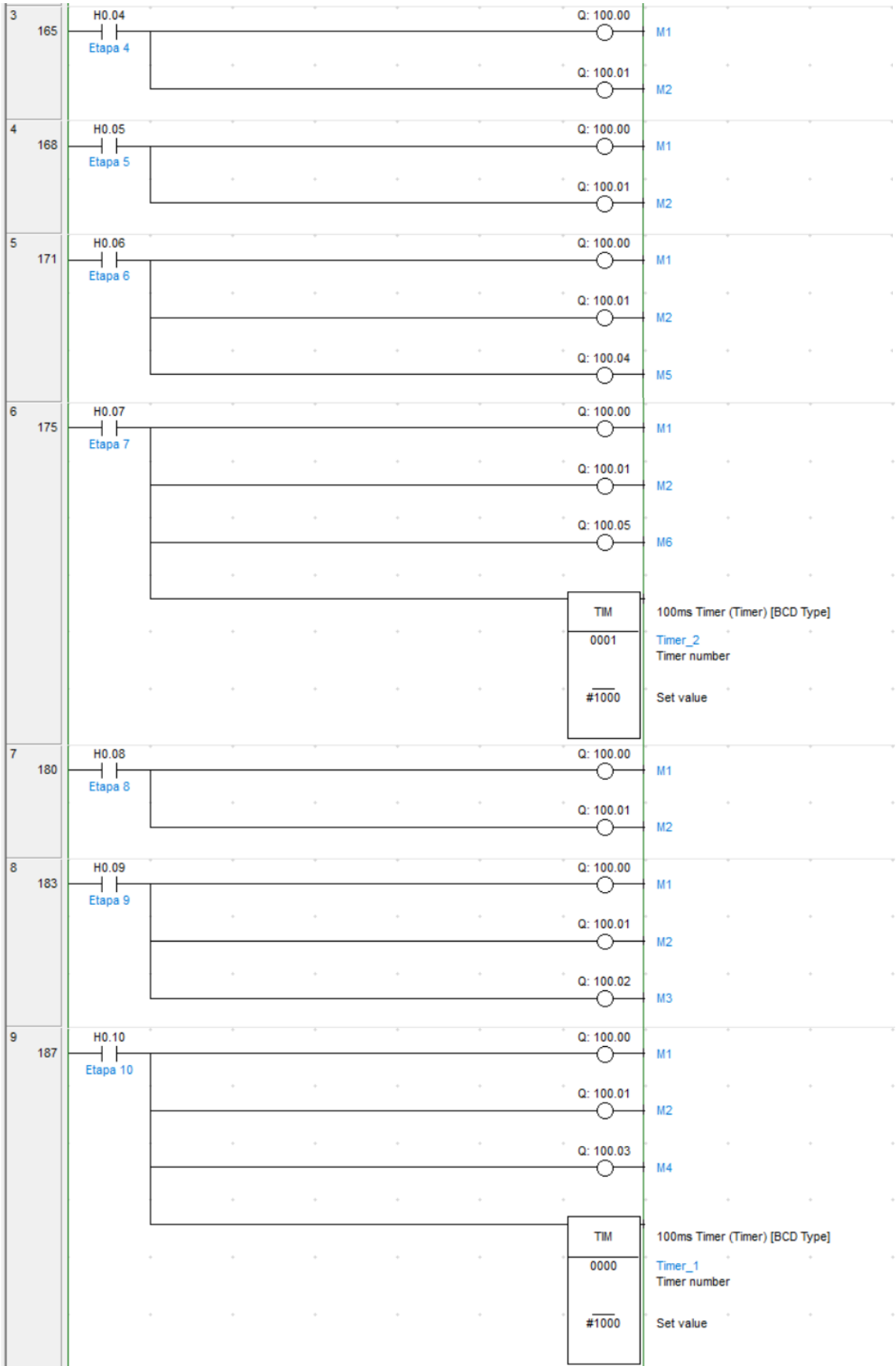


Figura 93 - Programação das ações por etapa para a etiquetagem em conjuntos de três (continuação).

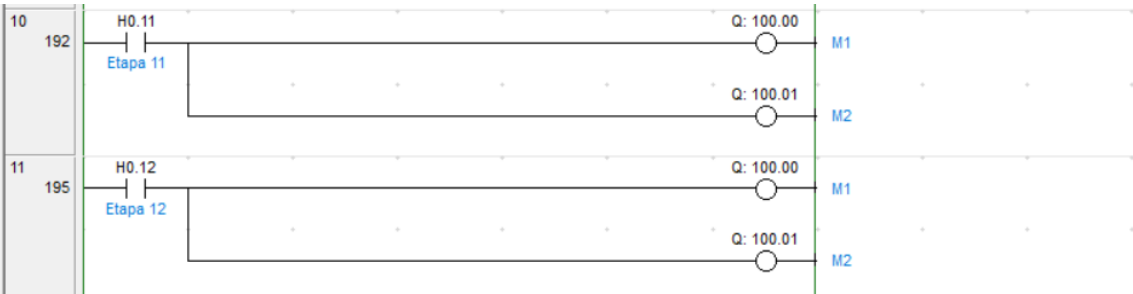


Figura 93 - Programação das ações por etapa para a etiquetagem em conjuntos de três (final).

Anexo II – Complementos da fundamentação teórica

O presente anexo destina-se a apresentar os complementos de toda a fundamentação teórica realizada no segundo capítulo, apresentando a pesquisa elaborada de forma mais detalhada.

Estado de arte do embalamento

Embalamento e etiquetagem são partes constituintes do processo produtivo de uma peça que se revelam como sendo de extrema importância. O embalamento adequado de uma peça tem vindo a ser cada vez mais uma parte crucial no processo de escolha de um produto, devido à elevada competitividade presente atualmente nos mais diversos mercados. O termo “adequado” no início do período transato, refere-se aos quatro pontos que se revelam fundamentais neste processo, sendo estes: contenção, proteção, conveniência e comunicação [26].

O instituto de embalagem do Reino Unido define embalagem como sendo “um sistema coordenado de preparação de mercadorias para transporte, distribuição, armazenamento, venda a retalho e utilização final garantindo, simultaneamente, uma entrega segura do produto ao consumidor em boas condições e custo mínimo” [26].

Evolução até ao início do século XX

A necessidade de proceder ao embalamento de produtos data dos primórdios da humanidade, quando se percebeu que seria essencial para a sobrevivência humana embalar a comida e tentar, de certo modo, preservá-la. No entanto, com o passar do tempo, o embalamento passou de ser apenas o cumprimento de uma necessidade para ser uma mais-valia que é uma componente fulcral de um produto. Inclusive, refletindo, é possível perceber que a embalagem pode ter sido a origem dos mercados, uma vez que deixou de haver a necessidade de comunicar o produto sendo esta o único modo de comunicação que o produto precisa, tendo a capacidade de fazer com que este seja percebido e de comunicar valores e significados [27].

Ainda que não haja data definida para o início da utilização de embalagens, sabe-se que inicialmente se usavam produtos facultados pela natureza, como é o caso de folhas, conchas e cabaças. Posteriormente, começaram a ser usados troncos ocos, tecidos de palhas e órgãos de animais. Conforme minérios e compostos químicos iam sendo descobertos, o ser humano começou a desenvolver metais e cerâmica, gerando novas formas de embalagens [3].

Uma possível maneira de se dividir os materiais utilizados no embalamento de produtos é em materiais flexíveis, semi flexíveis ou rígidos. Embalagens flexíveis compreendem os sacos de plástico ou papel usados para compras comuns, as semi flexíveis às caixas em que chegam encomendas ou, por exemplo, de sapatos e, por último, as embalagens rígidas compreendem caixas, garrafas de vidro e latas metálicas [3].

Papel e cartão

No que diz respeito à evolução do papel e cartão até ao século transato, sabe-se que o pano ou papel são dois os materiais mais antigos utilizados nas embalagens flexíveis. Uma das vantagens destas é o seu peso reduzido, permitindo o mínimo peso possível ao produto que se pretende transportar e, assim, descartar-se menos material no que ao peso diz respeito. O uso de materiais flexíveis teve o seu começo na China, por volta do século dois A.C., onde nestes tempos as civilizações antigas chinesas embrulhavam os seus alimentos em folhas de casca de amora tratada. Após isto, durante séculos, esta civilização foi aperfeiçoando estas técnicas de embalagens flexíveis até que o seu conhecimento de como fazer papel foi passado de geração em geração e civilização em civilização para o oeste da Ásia e Europa [3].

No início do século XIV o fabrico de papel iniciou-se na Inglaterra e, posteriormente, chegou à América no início do século XVII. Em 1867 foi introduzido um novo método de produção de papel, já não se tendo de fazer o que era feito na China antiga onde se aproveitava a celulose de plantas, visto este ser um material fibroso, derivadas do linho. Este novo método foi inventado graças à tamanha procura de papel e pretendia que se desenvolvesse fibra através da madeira visto que era abundante e barata. Os sacos de papel comerciais foram introduzidos em Inglaterra, no ano de 1844, e este foi um passo tão importante no uso de papel como embalagem como a máquina de fazer sacos inventada por Francis Wolle, em 1852, nos Estados Unidos da América. Outros avanços dos anos de 1870 continham sacos de papel colados e o *design* de Gusset, usado ainda nos dias de hoje. No início do século XX, inventou-se a máquina que conseguia produzir sacos de papel impressos em linha automaticamente, no entanto, um saco de papel com várias camadas mais resistente só o substituiu depois de 1925, quando se inventou um meio mais eficaz de se coserem as extremidades [3]. Na figura 94 está presente a evolução do embalamento neste período. O uso do cartão veio acrescentar outros métodos de embalamento, como por exemplo, em caixas de cereais como a representada na figura 94. Estas foram produzidas em Inglaterra em 1817, passados duzentos anos da invenção do papelão protagonizada pelos chineses.

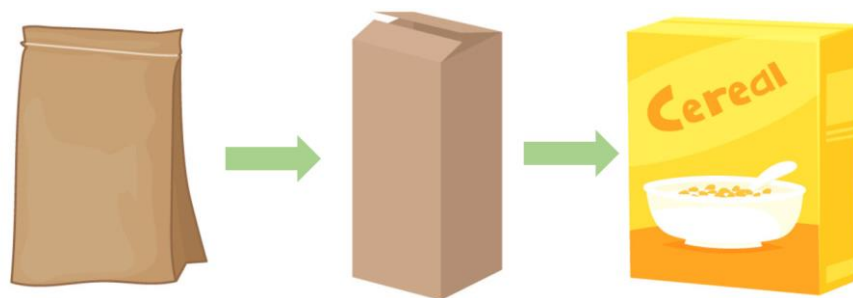


Figura 94 - Ilustração da evolução do embalamento de 1852 para 1879 e, por fim, para 1906. Adaptado de [28].

Outra forma de cartão apareceu no final dos anos de 1850 e baseava-se em papel enrugado com maior resistência, leveza e mais económico para facilitar transporte e armazenamento, que era feito em folhas finas de cartão moldadas até se chegar a uma forma ondulada e depois colada entre duas folhas planas de papelão. Em 1910, depois de se tentar substituir as caixas de madeira com uma nova alternativa de papel durante vários anos, os fabricantes começaram a substituir os caixotes e caixas de madeira por caixas de cartão revestido, que são usadas ainda hoje para transporte marinho de produtos [3].

Metal

Em civilizações antigas, era comum usarem-se objetos de ouro e prata para meios banais como caixas e copos e o metal não foi usado como embalagem até que ocorressem as devidas melhorias no que diz respeito à resistência mecânica deste tipo de material. O primeiro Metal utilizado como embalagem foi o estanho, pois este possui uma boa resistência à corrosão e pode ser chapeado em várias camadas mais finas, melhorando o processo no que ao preço diz respeito. O processo de chapeamento do estanho foi feito pela primeira vez no ano 1200 D.C., no entanto, só chegou à Europa no início do século XIX. Depois de serem conhecidas latas revestidas a ferro, o processo de chapeamento chegou aos Estados Unidos da América, onde o aço veio a substituir o ferro, melhorando a qualidade. Depois de alguns anos de ceticismo, em tempos que pessoas ainda consideravam que preservar a comida em recipientes de metal poderia ter consequências para a saúde, a conservação de alimentos nestes foi adotada na França com o objetivo de se conservar a comida para o exército. Após se usarem os recipientes de metal para preservar comida, começaram a utilizar-se embalagens metálicas para diversas outras funções. Em 1825 começaram os primeiros passos na extração de partículas de alumínio e inicialmente se o preço era cerca de 247 dólares por kg, este baixou para 31 dólares por kg até 1942, facilitando assim a compra das folhas de alumínio, tão usadas nos dias de hoje. Por fim, é essencial mencionar as embalagens flexíveis feitas de metal, que são usadas em pastas de dentes, por exemplo, desde o final do século XIX [3].

Vidro

A produção de vidro foi industrializada no Egito em 1500 A.C., no entanto, a sua produção já tinha começado em 7000 A.C.. Os egípcios viam o vidro como sendo um material de realeza e esta obsessão fez com que esta civilização desenvolvesse a sua tecnologia para que o conseguisse usar como contentor de água e comida, ainda que por esta data o vidro ainda não fosse transparente e tal feito só se realizou passado meio milénio. O vidro era obtido inicialmente juntando calcário, sódio, areia e sílica, estes materiais eram aquecidos e moldados enquanto quentes. Com o passar dos anos os ingredientes e processo de mistura não mudaram significativamente, no entanto, fez-se sentir uma grande mudança no processo de moldagem protagonizada pelos avanços tecnológicos. Este processo foi-se espalhando pela Europa com o decorrer dos séculos e foi, inclusive, possível criarem-se formas irregulares cada vez mais complexas e relevos nos produtos para se identificar o nome do produto e fabricante. À medida que as técnicas foram evoluindo o preço do vidro também diminuiu e foi possível criar a primeira máquina automática de fabrico rotativo de garrafas por volta de 1889. Os recipientes de vidro dominaram o mercado de produtos líquidos até aos anos sessenta com máquinas que poderiam produzir até sessenta mil garrafas por dia, ainda assim, foram perdendo a popularidade e começaram a ser substituídos por embalagens de metal ou plástico [3].

Plástico

O plástico é o material mais recente que pode servir como embalagem e, mesmo com a sua descoberta no século XIX, a maioria destes não era prático para embalagem até ao século passado. O estireno foi primeiramente destilado de uma árvore de bálsamo em 1831, mas os primeiros produtos eram frágeis e, por isto, foi-se aperfeiçoando o processo e pela década de cinquenta a esferovite estava disponível em todo o mundo. Para além disto, começavam a ficar populares materiais de isolamento e acolchoamento na indústria alimentar [3].

O celulóide foi inventado durante a guerra civil dos Estados Unidos da América e patenteado em 1870, tendo a particularidade de não poder ser moldado, mas sim esculpido tal como o marfim. O acetato de celulose era primeiramente obtido através da polpa de madeira no início do século passado e utilizado para meios fotográficos em 1909. O Celofane foi criado em 1908 com o objetivo que não absorvesse líquidos e em 1912 foi criada uma máquina capaz de criar películas de celofane, ainda assim, esta criação teve impacto só a partir da década de cinquenta fornecendo aos fabricantes a opção de proceder ao embalamento de materiais com um revestimento transparente. Um dos plásticos mais utilizados é o

politereftalato de etileno, que só ficou disponível para recipientes durante as duas últimas décadas, no entanto, foi introduzido no mercado dos refrigerantes pouco antes da década de oitenta. Ultimamente, os designs de embalagens têm em vista incorporar plásticos recicláveis e reciclados [3].

O progresso das embalagens nos século XIX

No início do século XX, as embalagens eram elaboradas utilizando-se cores mais escuras, pretendendo reter a imagem que as tinha vindo a acompanhar há séculos e mantendo, deste modo, a credibilidade e tradição. Era comum nesta altura a presença de vários padrões e imagens como padrões rústicos, mulheres e o sol nascente. Em 1910, iniciou-se a produção de papel de alumínio e, por esta data, foi inventado o celofane. Ambos os materiais contribuíram para uma conservação mais eficaz e duradoura. Esta segunda década do século ficou também marcada pelo embalamento de produtos individualmente, para facilitar a sua distribuição e fornecer aos homens que estariam em batalha durante a primeira grande guerra. Por esta altura procedeu-se também à atualização de vários rótulos e a publicidade começou a ser mais usada entre produtores para ganhar a atenção de utilizadores. Na terceira década começaram-se a aprimorar os designs, fugindo-se das cores mórbidas para dar lugar a cores mais vivas que chamariam mais à atenção. O papel de alumínio ganhou ainda mais destaque sendo usado nesta década para conservar batatas fritas e, para além desta utilização, era utilizado para o embalamento de balas. A partir de 1930 as películas começaram a ser produzidas em maior escala e melhoraram-se revestimentos e o celofane para dar origem a embalagens à prova da humidade e transparentes. A arte gráfica passou a ser mais ousada e simplificada atraindo mais rapidamente a atenção dos utilizadores. A partir da segunda guerra mundial, a praticabilidade era essencial quando o tema era embalagens, por isto os rótulos foram simplificados para que o papel fosse poupado. A austeridade destes tempos fez com que não se produzissem tantos produtos e, em termos de etiquetagem, apenas o nome do produto e as instruções tinham cor. Depois da guerra as embalagens retornaram a ser importantes na escolha de um produto graças ao desenvolvimento e início da implementação dos supermercados, para além disto a televisão surgiu nestes anos permitindo uma nova vertente de publicidade e dando origem à “sociedade do consumo”. No início da década de 50 as embalagens eram maiores, mais ousadas e brilhantes, diferenciando-se imensamente das embalagens conhecidas até então, pois agora pretendiam comunicar o produto sem que um vendedor estivesse presente diante o consumidor. O realismo forneceu também uma nova vertente à embalagem, começaram-se a substituir os desenhos por fotografias e ocorreu a invenção do ‘*bubble wrap*’, usado até aos dias de hoje para a conservação dos mais diversos produtos [27].

A composição *bubble wrap* é apresentada na figura 95.

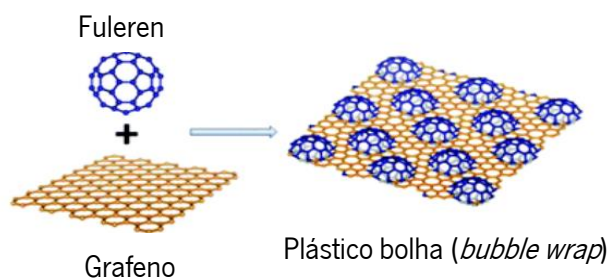


Figura 95 - Processo de criação do bubble-wrap [29].

A década de 60 ficou marcada pelo início de restaurantes de *fast food*, tendo estes revolucionado as embalagens na medida em que se passou a substituir o vidro em que se vendiam os refrigerantes por latas descartáveis. Nesta década, ocorreram revoluções culturais que fizeram com que os produtores estampassem imagens em embalagens de mulheres com a beleza padrão para aqueles tempos, atraindo assim o público feminino, levando a que Wilton Azevedo proclamasse: *'transformada em arte e ícone de massa a embalagem passou a ser tratada como aquilo que ela realmente é: uma poderosa ferramenta de marketing'*. A variedade de estilos a partir de 1970 teve grande influência nas embalagens da época, cada consumidor tinha uma variedade maior tal era a oferta que se começou a fazer sentir graças aos produtos passarem a ser importados, exemplo disto eram os iogurtes gregos envolvidos em plástico que passaram a ser comercializados em qualquer tamanho e forma. Na década de 80 a principal inovação foi na tecnologia, em que se desenvolveram máquinas capazes de proceder ao corte e dobra de materiais e a moldagem de plásticos tornou-se mais barata, permitindo que se pensasse em designs menos usuais para embalagens. A última década do século foi marcada pelo consumismo e pela necessidade que a população começava a ter em utilizar materiais reciclados e biodegradáveis. Havia uma maior variedade de produtos, no entanto, as embalagens começaram a ser mais simples e minimalistas. Embalagens mais coloridas começaram a ser mais baratas dada a produção em massa que se tinha desenvolvido, mas estas eram mais para os produtos que tinham crianças como público-alvo. Várias inovações como tampas *flip-top*, plásticos transparentes para que se visualizasse o produto e latas que poderiam ser seladas com vácuo acrescentaram às embalagens praticabilidade, segurança e sofisticação [27].

As embalagens do presente

Atualmente, as embalagens têm duas grandes alterações face às embalagens do século XX. Em primeiro, uma característica corrente nas embalagens contemporâneas é a redução de “ruído” visual, isto é, todas as partes interagem entre si de maneira que se integram e dão continuidade uma à outra, por exemplo, fazendo com que o desenho de uma tampa tenha a sua continuidade no próprio frasco do produto. As

embalagens continuam a ser cada vez mais inovadoras e incorporam atualmente elementos de linguagem de variadas áreas, acompanhando a moda e tendências culturais e sociais [3]. O segundo aspeto que sofreu alteração nas embalagens foi o impacto ambiental que estas causavam. Num estudo feito na Rússia no ano de 1980 verificou-se que 45% dos vegetais frescos eram perdidos. Para além destes, perdiam-se 55% das frutas frescas, 70% das batatas, um milhão de toneladas de carne e meio milhão de toneladas de peixe exclusivamente devido aos embalamentos mal-executados e falta de estratégias eficazes de transporte e armazenamento [26]. Importante para isto foi, então, o desenvolvimento de uma economia circular baseada na reciclagem e reutilização de materiais ao invés de uma economia linear que se baseava em produzir, consumir e “deitar fora”. Estes avanços e consciencializações tiveram tremenda importância e permitiram chegar a uma economia “mais verde” e amiga do ambiente.

O processo de embalamento também tem vindo, ao longo dos tempos, a sofrer alterações devido aos avanços da automação, que permitiram que se embalasse mais unidades por unidade de tempo.

Particularidades da etiquetagem

Estão presentes na etiquetagem algumas particularidades que é importante que sejam mencionadas para que se faça um estudo detalhado deste tema.

Uma destas, especialmente quando o tema é etiquetagem, é a precisão que estas máquinas devem possuir. Etiquetas que estejam engelhadas ou fora do centro refletem uma má imagem do produtor. Assim, é do interesse deste que o seu sistema possua outro incorporado capaz de fazer uma inspeção e notificar se o processo de colocação da etiqueta foi corretamente efetuado [11].

Depois de ocorrer o embalamento de um produto, o consumidor não irá ter mais acesso a este, assim é essencial que as informações contidas na embalagem descrevam corretamente o produto que está a ser vendido e os seus benefícios, fazendo assim com que o consumidor consiga escolher corretamente o produto que é do seu interesse. Por isto, se diz muitas vezes que as etiquetas são a conexão direta entre proprietário da marca e utilizador [30].

Existem no mercado duas formas de se etiquetar um produto:

- Etiquetas impressas diretamente na embalagem, isto é, não é necessário recorrer a máquinas de etiquetagem, mas sim a máquinas que não necessitam de ter etiquetas previamente impressas. Um exemplo disto são as máquinas a laser, que são máquinas que contêm uma

tecnologia que permite produzir etiquetas de melhor qualidade e mais duradouras, usando, mesmo assim, menos material o que beneficia a empresa a longo termo monetariamente [30];

- Etiquetas pré-impressas em papel separadamente para que depois se proceda à sua colocação ou etiquetas de plástico que são colocadas de forma automática. Estas últimas, por norma, são impressas fora do local e estão limitadas a códigos de barras, texto alfanumérico e gráficos simples [30].

Seja qual for o método escolhido, o mais importante é que quando a etiqueta é colocada pós embalagem esta seja clara, legível e completa. Caso isto não aconteça, por vezes podem-se tornar ilegíveis os componentes perigosos, algo que danificaria a imagem do produtor e a saúde do utilizador [30].

A codificação, etiquetagem, marcação e estampagem de produtos utilizam-se para colocarem-se nestes dados variáveis, como datas de validade de produtos alimentares, números de lote, etc. Assim, e depois de se realizar uma etiquetagem correta (legível e precisa), a codificação do produto é um meio de ajudar o produtor e reguladores a verificar a autenticidade do que está a ser vendido. Os códigos podem ajudar no rastreamento do produto quando este não chega ao seu destinatário correto e, para além disto, facilitam a identificação de produtos com defeito, tornando-se essenciais para não danificar a saúde do consumidor [31].

Etiquetagem noutras indústrias

Em primeiro lugar, relativamente a produtos alimentares, é obrigatória a existência dos ingredientes individuais destes, do seu peso e da data-limite de consumo que simboliza o período a partir do qual o consumo do produto pode ser prejudicial para a saúde. Para além disto, ainda que não obrigatório, é de bom grado que se apresentem determinados detalhes que descrevam a forma correta de se armazenar e preparar os produtos em segurança [30].

Em segundo lugar, relativamente a produtos farmacêuticos, estes devem possuir códigos de identificação que permitam que se faça o rastreamento do medicamento em todo o sistema de distribuição. Para além disto, quando estamos perante produtos químicos potencialmente tóxicos há a obrigatoriedade de estes possuírem um identificador de fórmula exclusivo para que os centros de controlo de intoxicação aconselhem o devido tratamento na eventualidade de ocorrer uma crise. Estes códigos, impressos em produtos embalados online geralmente são sujeitos a uma inspeção rigorosa que garante a sua legibilidade e integridade. Os regulamentos relativos aos produtos químicos potencialmente tóxicos estão

sujeitos a constantes mudanças na medida em que é essencial para quem os utiliza que se mantenham atualizados relativamente a estas normas para que estas sejam cumpridas mesmo quando renovadas recentemente [30].

Etiquetagem no contexto industrial

Embora atualmente a maioria das empresas necessitem de etiquetar os produtos que fabricam e vendem a necessidade de existirem sistemas de etiquetagem varia bastante de empresa para empresa, fatores como o tamanho da empresa e do mercado em que se insere contribuem para diferentes requisitos no que toca à etiquetagem. Estes sistemas, no contexto empresarial, permitem que haja um controlo a nível do *stock* existente de cada produto dentro da própria fábrica da empresa [32].

O método de colocação de etiquetas pode variar de acordo com o tamanho do fabricante, assim sabe-se que:

- Fabricantes mais pequenos podem utilizar etiquetadoras semiautomáticas ou até exclusivamente manuais, basta que se imprimam previamente as etiquetas e que se elabore um esquema simplificado para imprimir e aplicar a etiqueta;
- Fabricantes intermédios necessitam de sistemas um pouco mais complexos, visto que a procura dos seus produtos é mais significativa. Sendo assim, aplicações exclusivamente manuais não serão a melhor opção tendo de se começar a aplicar apenas sistemas semiautomáticos ou, se a perspetiva de crescimento do negócio for boa, comecem-se já a pensar em soluções automáticas;
- Fabricantes de grande porte são aqueles que têm a maior dificuldade na aplicação de etiquetas dada a tamanha procura e, em função desta, o investimento que deve ser feito em máquinas totalmente automáticas e, muitas vezes, que têm de ser personalizadas para o que se pretende etiquetar. Para além da produção em massa, existe também, na maioria dos casos, a necessidade de se proceder à etiquetagem de produtos diferentes. Assim, é obrigatória a existência de sistemas de etiquetagem totalmente automáticos, confiáveis e que funcionem a grandes velocidades para que a produção vá de encontro à procura [32].

Nos anos mais recentes, sentiu-se uma diferença no que à manutenção das máquinas diz respeito. Isto, ocorreu graças à evolução da tecnologia, que permitiu que os sistemas tradicionais que faziam a impressão e aplicação de etiquetas não se alterassem significativamente, mas que fosse possível reduzir as manutenções devido a não serem necessários tantos ajustes mecânicos nem substituição das peças

devido ao desgaste. Esta mudança veio a beneficiar as empresas uma vez que a produção não tem de ser parada [32]. O estudo do risco de falhas no contexto empresarial também se refletiu num aumento de produção, já que as empresas podem agora prever melhor que componentes são mais prováveis de falhar e, assim, proceder à sua substituição, não ocorrendo avarias que encerrariam a produção até que o componente que se pretende substituir chegasse.

Outra mudança introduzida nas empresas foi a seleção do conteúdo da etiqueta e posterior aplicação verificada pelo sistema de inspeção da máquina etiquetadora que, inicialmente, era feito mecanicamente e, no presente momento, digitalmente. Todos estes fatores contribuem para que atualmente o desempenho seja melhor, e, assim, as etiquetadoras possuam um grau maior de eficácia e melhor produtividade sem manutenção [32].

Métodos de aplicação de etiquetas

Esta secção do presente anexo destina-se a apresentar os métodos de aplicação de etiquetas que, depois de estudados, não se alinham com as funções do sistema de etiquetagem projetado, não tendo sido considerados.

Método *tamp-on* (linear)

Este método é semelhante ao anterior, no entanto, neste caso há contacto direto entre a embalagem e o tampo. O tampo conta, desta vez, com molas amortecedoras para que a etiqueta seja pressionada firmemente contra a superfície do produto. Este sistema, representado na figura 96, destina-se a etiquetas que tenham que ser aplicadas a superfícies nas quais não adiram facilmente [10].

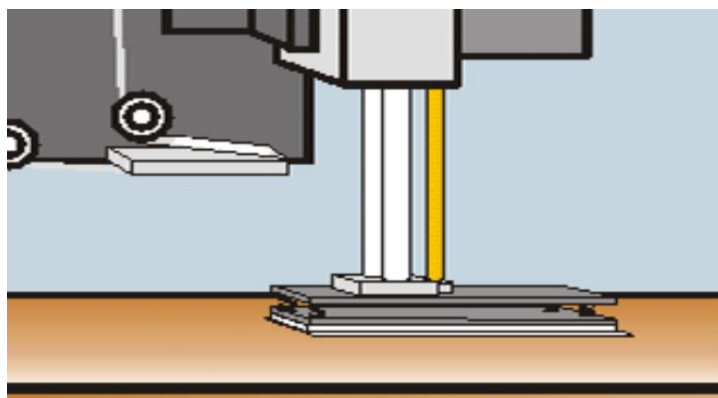


Figura 96 - Ilustração do método *tamp-on*. Adaptado de [10].

Método *tamp-blow* (linear)

Este método, presente na figura 97, conta com um tampo de aplicação que deve receber a etiqueta e mantê-la colada a si através de um processo de sucção de ar. Este processo é invertido, posteriormente, quando o produto se encontra mais próximo da máquina, soprando-se o ar contra a superfície que se pretende etiquetar. Neste método não há qualquer contacto físico com a superfície etiquetada e, ao aliar um sensor de proximidade ao tampo, podem-se aplicar etiquetas a alturas variáveis, sem a necessidade de se mudar a máquina. Devido à inexistência de contacto, o desgaste da máquina é pouco significativo [10].

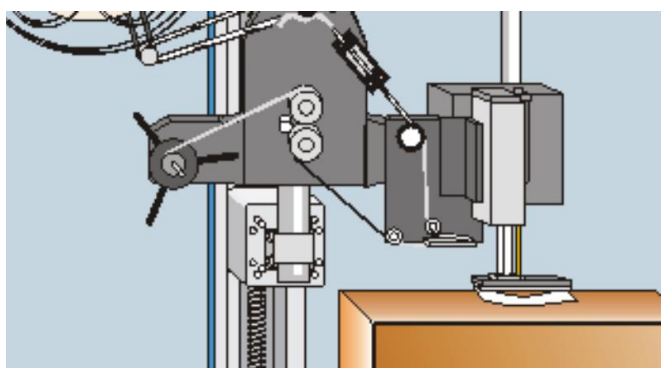


Figura 97 - Ilustração do método Tamp-Blow. Adaptado de [10].

Método *tamp-swing* (*tamp-blow* frontal e traseiro)

Neste método, representado na figura 98, o tampo tem de ser rotativo para permitir que as etiquetas se apliquem primeiramente na parte frontal ou traseira das embalagens. Posto isto, pode ser aplicada a etiqueta superior de duas formas:

- Através de um método de *Tamp-Blow*, soprando a etiqueta para o produto sem que ocorra contacto como explicado previamente;
- Através de um método de *Tamp-On*, existindo, neste caso, contacto com o produto [10].

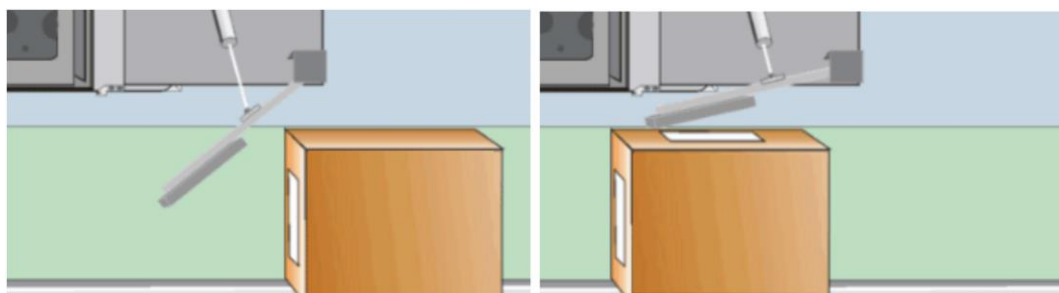


Figura 98 - Ilustração do método Tamp-Swing. À esquerda encontra-se a etiquetagem da parte frontal e à direita a etiquetagem da parte superior. Adaptado de [10].

Método *twin-tamp* (rotação do tampo e aplicação linear)

Este método, representado na figura 99, é extremamente similar ao *Tamp-Swing*, no entanto, difere na aplicação da etiqueta de topo. Ao invés de ocorrer a rotação do tampo, depois da aplicação da etiqueta frontal ou traseira, há uma descida do nível do tampo (no sentido da gravidade), sem que ocorra a rotação deste. Os métodos usados, tal como para o caso anterior, são o *Tamp-Swing* para a etiqueta frontal e o *Tamp-Blow* para a etiqueta de topo [10].

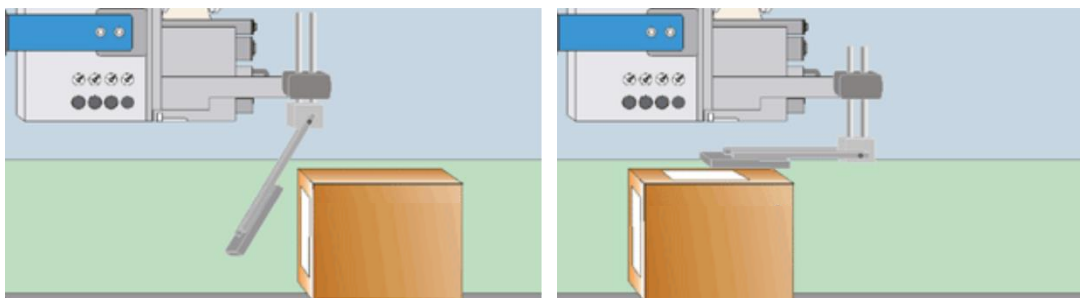


Figura 99 - Ilustração do método Twin-Tamp. À esquerda encontra-se a etiquetagem da parte frontal e à direita a etiquetagem da parte superior. Adaptado de [10].

Método para etiquetar arestas (*corner-wrap*)

Este método destina-se à aplicação de etiquetas nos cantos de produtos e não necessita que o tapete seja parado para se proceder à aplicação. Primeiramente, é aplicada a etiqueta na parte frontal ou traseira da embalagem. Após isto, podem-se usar diferentes métodos para a aplicação da etiqueta na parte superior ou inferior da embalagem. Um destes é a utilização de um rolo de pressão situado um pouco à frente na linha de produção, como ilustrado na figura 100 [10].

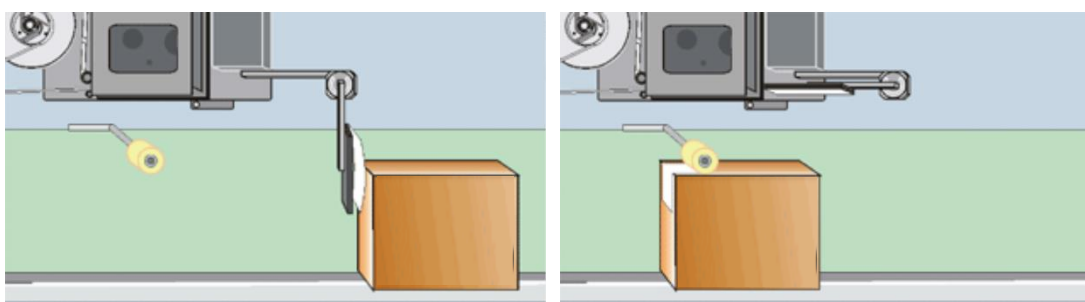


Figura 100 - Ilustração do método Corner-Wrap. À esquerda encontra-se a etiquetagem da parte frontal e à direita a exemplificação de um dos métodos possíveis de serem realizados para que a etiqueta seja aplicada na aresta da embalagem. Adaptado de [10].

Método *wrap-around* (*wipe-on* envolvente)

Este método, representado na figura 101, é uma derivação do método *Wipe-On*, para permitir a etiquetagem em superfícies cilíndricas como garrafas e latas. Neste método a etiqueta é aplicada e

aproveita-se o movimento de rotação das superfícies cilíndricas para colar as etiquetas ao longo de toda a secção [10].

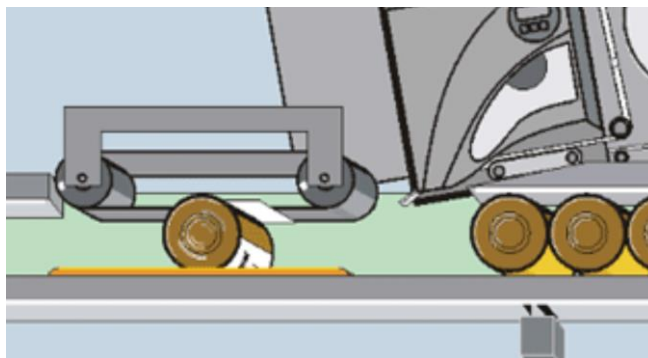


Figura 101 - Ilustração do método *Wrap-Around*. Adaptado de [10].

Constituição de um rolo de etiquetas

A presente secção do anexo II destina-se a explicar, sucintamente, qual a composição dos rolos de etiquetas com os quais se está a lidar para a aplicação destas em sacos de plástico.

Em primeiro lugar, tem-se a face da etiqueta (ponto 1 da figura 102) que é a parte da etiqueta onde se imprime o que se pretende que seja visto pelo consumidor. Isto vai desde logotipos apelativos a códigos de barras. Os materiais mais usados para este efeito são papel, películas de plástico e papel de alumínio [33].

Depois desta, tem-se a parte adesiva (ponto 2 da figura 102) que, tal como o próprio nome indica, é a responsável por aplicar a etiqueta, ou seja, colá-la na superfície pretendida. Este adesivo deve permitir que a etiqueta se descole com relativa facilidade da fita para facilitar a aplicação no produto ou recipiente exigido. Há vários tipos de cola, desde as que podem ser aplicadas independentemente da temperatura às que só podem ser aplicadas em situações de baixas temperaturas ou, até, adesivos com a capacidade de serem removidos [33].

Em terceiro lugar, tem-se a fita (ponto 3 da figura 102) que é responsável por transportar as etiquetas ao longo da máquina. Para etiquetas a serem aplicadas com o auxílio da pressão, o material mais usado é o papel *kraft*, tipicamente castanho, com um revestimento especial que possibilita uma remoção facilitada das etiquetas [33].

Em quarto lugar, tem-se o revestimento superior (quarto ponto da figura 102), que é opcional, podendo ou não ser verificada a sua existência na indústria. A função desta é, resumidamente, facultar às etiquetas uma camada protetora. Alguns revestimentos não são visíveis e são puramente funcionais, protegendo

a superfície da etiqueta de danos. Outros, são visíveis, como no caso dos revestimentos brilhantes ou foscos, e podem ser utilizados como outro elemento do desenho da etiqueta [33].

Por último, tem-se o centro do rolo de etiquetas (ponto 5 da figura 102), que é constituído por uma espécie de cartão robusto que fica exposto uma vez aplicada a última etiqueta. O diâmetro do rolo varia entre 2,5 e 7,5 centímetros. A máquina deve, por isto, ser desenvolvida para que consiga integrar os rolos independentemente deste diâmetro [33].

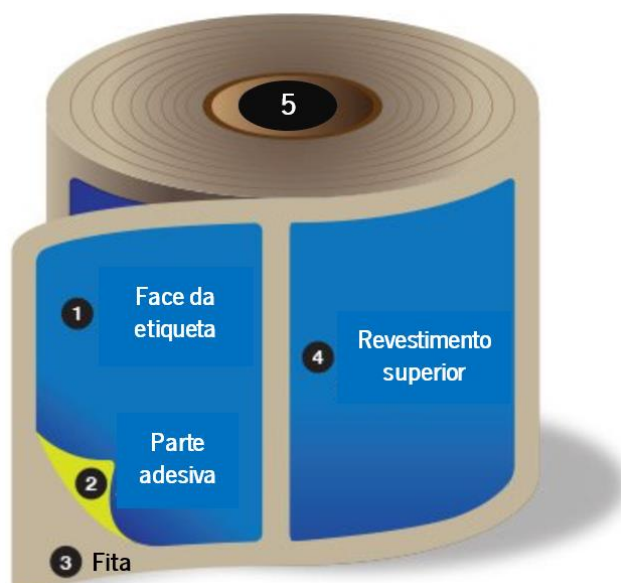


Figura 102 - Elementos que constituem um rolo de etiquetas [33].

Motores elétricos

Motores elétricos são máquinas que convertem energia elétrica em energia mecânica, tipicamente, na forma de movimento rotacional. Este tipo de motores tem a capacidade de se integrar em várias máquinas ou equipamentos devido à sua versatilidade, nomeadamente serem fáceis de reduzir, proporcionando um meio simples e eficiente de gerar elevados níveis de potência de acionamento. Baseando-se da indução eletromagnética, este tipo de motores produz uma força motriz uma vez variado o fluxo magnético no tempo. Dentro dos motores elétricos, alguns se destacam como é o caso de:

- Motor de corrente contínua

São motores alimentados, tal como o próprio nome indica, por corrente contínua, e que oferecem um movimento de rotação contínuo. Quando alimentados, os motores de corrente contínua, criam um campo magnético no seu estator que atrai e repele imanes no rotor. É isto que faz com que o rotor rode. Para

que o movimento de rotação do motor seja contínuo, o comutador mantém a corrente a circular sempre no mesmo sentido, ou seja, faz com que o binário criado esteja sempre no mesmo sentido [34].

Motores de corrente contínua são os selecionados devido à sua capacidade de controlar com precisão a sua velocidade, serem capazes de arrancar parar e inverter o sentido de rotação de forma rápida, fator este essencial para controlar o funcionamento de qualquer equipamento de produção. Para além disto, o binário não é prejudicado uma vez mudando a velocidade. Fornece, também, um controlo de velocidades para uma gama ampla de valores acima ou abaixo do valor nominal. Em contrapartida, este tipo de motores requer maior manutenção e podem ser mais caros para a mesma potência do que os motores de corrente alternada [35].

- Motor de corrente alternada

Um motor de corrente alternada é um motor elétrico que consiste num estator com uma bobina à qual é fornecida corrente alternada para converter, como dito anteriormente, corrente elétrica em energia mecânica. O estator é a parte estacionária do motor e o rotor a rotativa. Os motores de corrente alternada podem diferenciar-se em motores monofásicos e trifásicos [36].

Há dois tipos principais de motores de corrente alternada, sendo estes os síncronos e os de indução. Num motor síncrono, a rotação é constante independentemente da carga, e tem a característica de possuir apenas uma velocidade e ser usado para potências significativas. Um motor de indução fornece velocidades de rotação distintas que variam com a carga que é aplicada no eixo. Este segundo tipo é simples, custo inferior e robusto [36].

- Motor Universal

Motores universais podem operar quer por uma alimentação por uma fonte de corrente contínua, quer por uma alimentação por uma fonte de corrente alternada. Estes tipos de motores são relativamente pequenos no que toca à sua dimensão e podem alcançar valores significativos no que às rotações por minuto diz respeito (cerca de 30000 rpm).

Comparação entre servo motores e motores de passo

Nesta secção vão ser abordados diferentes tópicos para possibilitar uma comparação entre os dois tipos de motores em análise. Ambos têm vantagens distintas e servem como soluções comuns para projetos de controlo de movimento. A determinação do motor a utilizar depende da aplicação para o qual este é pretendido.

- Velocidade e binário

Tanto os servo motores como os motores de passo têm características específicas no que toca à velocidade e binário e este ponto pode ser um dos principais quando é necessário tomar uma decisão. A velocidades mais elevadas, tendencialmente, o desempenho dos motores de passo tende a diminuir no que ao binário diz respeito. Nos servo motores este não é o caso e, inclusive, estes conseguem chegar a velocidades duas a quatro vezes superiores às do motor de passo. Os servo motores operam sob *feedback* de posição constante (sistema em malha fechada) ao contrário dos sistemas em malha aberta que o motor de passo constitui. É isto que faz com que um servo motor consiga operar a velocidades superiores e gerar o mesmo nível de binário [37].

Seguidamente, na figura 103, apresenta-se um gráfico que permite identificar para que velocidades e binário devem ser escolhidos os servo motores ou motores de passo.

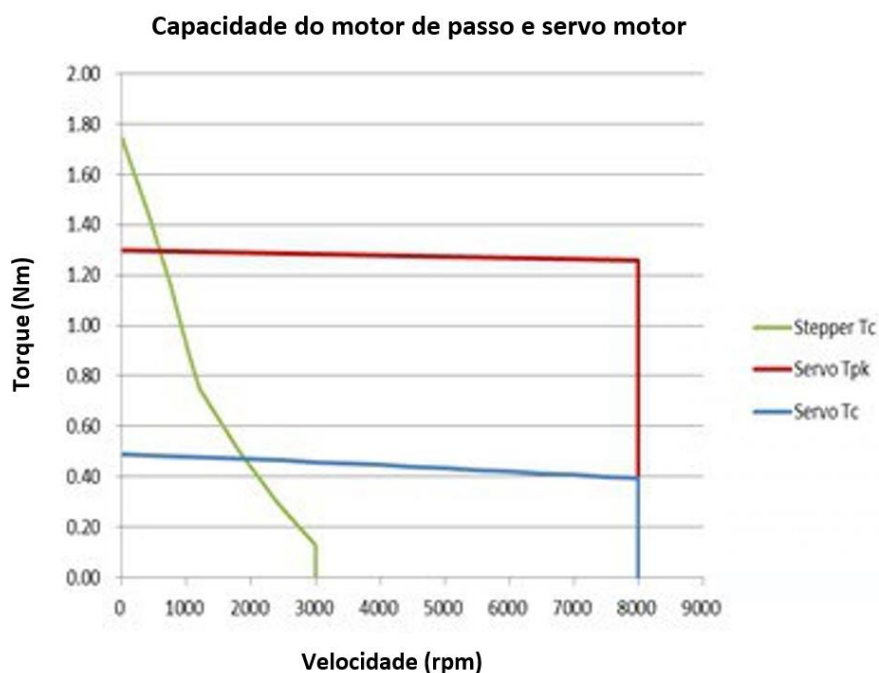


Figura 103 - Capacidade dos motores de passo e servomotores com aumento da velocidade de rotação. Adaptado de [37].

Tipicamente, motores de passo funcionam num sistema de malha aberta, ou seja, a corrente fornecida é constante, o que dá origem a alguma quantidade de calor tanto no motor como no controlador. Servo motores não têm este problema uma vez que são sistemas em malha fechada e a corrente fornecida é a mínima necessária para mover ou suportar a carga. Sistemas de controlo em malha fechada possuem codificadores (sensores) para fornecer *feedback*. Os motores servo são controlados através do envio de

um impulso elétrico de largura variável, quando o sistema recebe um impulso de algum comprimento irá rodar o motor em conformidade [37].

- Análise do custo

Servo motores utilizam ímanes raros e têm também elementos externos como codificadores, o que aumenta o preço destes. Para além disto, as dimensões de um servomotor tendem a ser superiores às de um motor de passo o que faz aumentar a necessidade de matéria-prima envolvida no fabrico destes.

Motores de passo são significativamente menos complexos. O sistema de controlo incorporado é mais simples e, por isto, menos dispendioso e são ótimos motores para aplicação que requerem uma aceleração média/baixa e um binário significativo quando o motor se encontra parado [37].

- Aplicações para as quais se devem seleccionar

Deve-se seleccionar um motor de passo se: [37]

- Os motores de passo são bons candidatos para aplicações que requerem movimentos simples e não necessitam de *feedback* de posicionamento;
- Para aplicações com velocidade não muito significativa;
- Aplicações de controlo do binário.

Deve-se seleccionar um servo motor se: [37]

- Sistemas complexos que necessitem de *feedback* preciso;
- Para aplicações com velocidades elevadas;
- Para uma máquina que necessite um controlo mais exato e rápido;
- Aplicações em que o som e vibrações precisem de ser mínimos.

No desempenho global, os servo motores são melhores para aplicações que necessitem tanto de velocidades elevadas como de binários elevados, enquanto motores de passo são melhores para velocidades mais baixas e manter um bom controlo do binário [37].

Para resumir, apresenta-se na tabela 19, em que pontos os dois motores diferem um do outro de forma sintetizada.

Tabela 19 - Diferenças entre motor de passo e servo motor [38].

Especificação	Motor de passo	Servo motor
Feedback	Sistema em malha aberta (sem <i>feedback</i> de posicionamento ou codificador)	Sistema em malha fechada (<i>feedback</i> de posicionamento e/ou codificador presente)
Custo	Boa relação custo-benefício	Dispendioso
Velocidades de rotação	Baixa (1500 rpm)	Elevada (até 5000 rpm)
Controlo do binário/velocidade	Sem controlo do binário ou velocidade	Controlo de binário e velocidade
Binário dos motores	Binário elevado para velocidades baixas	Binário elevado para velocidades maiores
Sintonização	Não precisa	Precisa
Consumo	Baixo	Elevado
Potência	Motores até 750 W	Entre 50 e 15 kW

Sensores de distância

A presente secção do anexo II, destina-se a apresentar os sensores de distância estudados para além do sensor ultrassónico que acabou por ser selecionado para se incorporar no projeto final.

Sensor de distância por infravermelhos

O segundo tipo de sensores de distância a ser estudado é o sensor de distância que usa sinais infravermelhos, comumente associado ao *Sharp GP2Y0A21YK0F*, uma unidade de sensor de medição de distância composta por uma combinação integrada de PSD (*position sensitive detector*) onde o feixe irá ser recebido, IRED (*infrared emitting diode*) que emite o feixe e um circuito de processamento de sinais [39].

Um sensor infravermelho é um dispositivo que deteta a radiação infravermelha no seu ambiente e emite um sinal elétrico em resultado desta. Este pode também detetar movimento e medir o calor de um determinado objeto, bem como detetar radiação infravermelha, que é invisível aos olhos de um ser humano. Quando a luz infravermelha atinge o fotodiodo, as resistências e tensões de saída mudam em função da magnitude do sinal infravermelho [40].

Relativamente ao princípio de funcionamento, um sensor de distância por infravermelhos utiliza a lei da radiação de Plank, a de Stephan Boltzmann e a do deslocamento de Wien:

-Lei da radiação de Plank: qualquer corpo cuja temperatura não seja igual a zero absoluto (em Kelvins) emite radiação;

-Lei de Stephan Boltzmann: a energia total emitida em todos os comprimentos de onda por um corpo negro está relacionada com a temperatura absoluta;

-Lei da deslocação de Wien: quanto maior for a temperatura de um corpo negro, menor será o comprimento de onda para o qual a emissão é máxima [41].

Um sensor de distância infravermelho recorre a um feixe de luz infravermelho para refletir num determinado objeto de forma que seja possível medir a sua distância ao sensor. Este cálculo (da distância) faz-se utilizando o método da triangulação que pode ser aplicado no feixe de luz emitido. Este sensor é composto, como dito anteriormente, por um diodo emissor de luz infravermelha e por um detetor de luz ou PSD (*position sensins device*), quando o feixe é refletido por um objeto este atinge o detetor de luz e forma-se um «ponto ótico» no PSD. Assim, quando a posição do objeto muda, o ângulo do feixe refletido também se irá alterar fazendo com que este ponto ótico também se altere. A figura 104 possibilita uma compreensão simplificada do que foi dito. Nesta, pode-se verificar que, ao mudar um corpo do ponto A para o ponto B, o ângulo reflexão de um mesmo feixe de luz irá ser modificado.

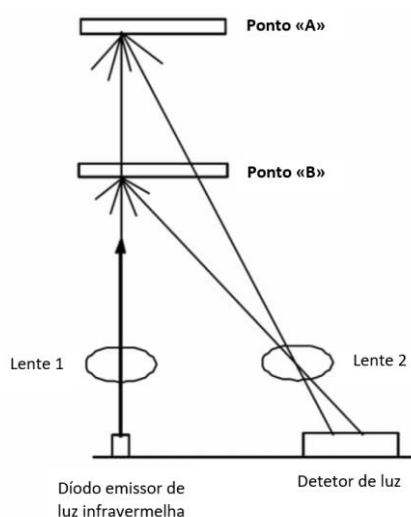


Figura 104 - Funcionamento de um sensor de distância infravermelho [41].

Este tipo de sensores possui, inclusive, um circuito de processamento de sinal incorporado. Este, possibilita o processamento da posição do ponto ótico no PSD para que seja possível determinar a distância do objeto refletor.

Para além do controlo de diâmetro de um rolo, estes sensores podem ser encontrados na indústria a realizar um variado conjunto de tarefas. Entre as quais podem-se destacar: contadores de itens, são utilizados em alarmes anti roubo, nos termómetros de radiação, deteção do corpo humano, analisadores de gás, entre outros [40].

Relativamente a vantagens deste tipo de sensores, podem-se enumerar as seguintes [42].

- São capazes de detetar movimento na presença ou ausência de luz, oferecendo fiabilidade em ambas operações;
- Têm imunidade bastante significativa ao ruído;
- Proporcionam elevada repetibilidade;
- Não são afetados pela oxidação ou corrosão;
- Não ocorrem fugas de dados, dada a direccionalidade do feixe de radiação;
- Capazes de medir a distância a que objetos de superfícies completas se encontram, ao contrário dos sensores ultrassónicos.

No que diz respeito às desvantagens, estas são:

- São limitados no que toca ao intervalo de medição, suportam um alcance mais curto;
- São afetados pelas condições ambientais (como nevoeiro, fumo, luz solar) e objetos de elevada dureza;
- Por vezes, ficam bloqueados por objetos comuns;
- Em aplicações de monitorização e controlo, apenas se pode controlar um dispositivo de cada vez.

Sensores de distância a laser (LiDAR)

LiDAR (*Light Detection and Ranging*) é uma tecnologia popular de deteção remota, que utiliza a luzes laser para detetar determinados objetos e medir a distância a que estes se encontram. Estes, funcionam emitindo um raio laser em direção ao objeto e um raio disperso é recolhido por sensores que se encontram dentro do módulo LiDAR. A partir das diferenças relativas ao tempo de retorno dos lasers e

aos comprimentos de onda destes obtêm-se informações sobre o objeto para que seja possível fazer uma representação tridimensional de forma digital [43].

Este tipo de sensor de distância melhorou a precisão da detecção em comparação com tecnologias previamente existentes, caso da detecção remota como o radar (ondas de rádio) e o sonar (ondas sonoras). Através da precisão do laser é possível que se origine um mapa com as características de um determinado objeto na forma de uma nuvem de pontos. O sensor LiDAR utiliza comprimentos de onda em variadas gamas, desde sinais infravermelhos a ultravioleta, para mapear objetos. A identificação de alterações dependentes do comprimento de onda do sinal disperso permite o mapeamento remoto do conteúdo atmosférico e das propriedades dos objetos [43].

O princípio de funcionamento deste tipo de sensores pode ser sintetizado nos seguintes passos [18]:

- É emitido um raio laser por um transmissor incorporado no sensor LiDAR na direção do objeto a ser estudado;
- O pulso do laser é refletido pelo objeto alvo;
- A distância é, depois, calculada usando a relação entre a constante da velocidade da luz no ar e o tempo que demora entre a emissão e recessão do sinal.

Estes sensores são comumente usados em aplicações como astronomia (para mapear terrenos em Marte, por exemplo), veículos autônomos como carros, drones ou robôs, arqueologia pelo mesmo motivo das aplicações da astronomia, aplicações militares, entre outras [43].

Algumas vantagens dos sensores LiDAR, compreendem [18].

- Elevada amplitude de distância de medição;
- Boa precisão mesmo em aplicações em que os objetos estão mais distantes;
- Capacidade de medir estruturas tridimensionalmente;
- Taxa de atualização rápida;
- Adequados para objetos de movimento rápido;
- Adequados para objetos de menor dimensão;
- Podem ser usados independentemente da claridade (dia e noite).

As desvantagens são as seguintes:

- Custo elevado quando comparados com os sensores de distância ultrassônicos e infravermelhos;

- Dispositivos LiDAR de gama alta podem utilizar impulsos mais fortes capazes de afetar o olho humano.

Mecanismos do controlo da tensão

A presente secção pretende elucidar em que medida o controlo da tensão de um dado material é importante. Assim, neste, poderão ser encontradas respostas a perguntas como o que é e como se pode medir a tensão, a importância do controlo desta, como funcionam os sistemas de controlo da tensão em sistemas de malha aberta e fechada e, por fim, alguns controladores de tensão que se encontram no mercado. Este estudo revela-se crucial, uma vez que o controlo de tensão de um dado material (neste caso, da fita do rolo que contém as etiquetas) é uma parte muito importante para permitir que a função da aplicação destas seja corretamente desempenhada.

A tensão tem como unidades SI Pa (Pascal) que corresponde a N/m^2 e é definida pela força aplicada numa fita contínua de material na direção da máquina, ou seja, a direção que essa mesma fita percorre, sendo uma força transiente. Por exemplo, no caso da figura 105 de baixo para cima [44].

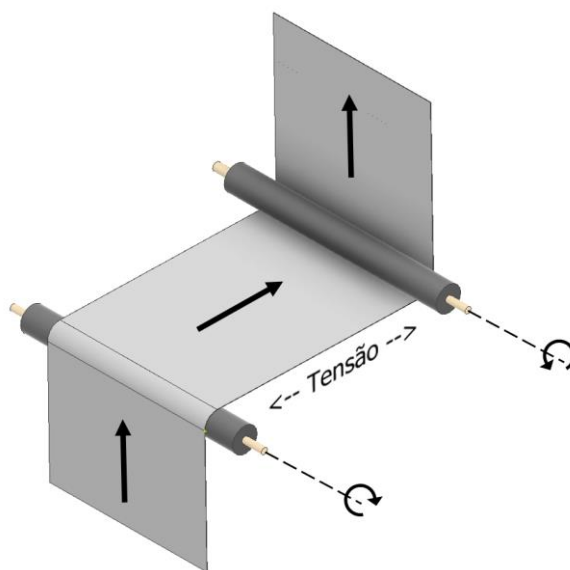


Figura 105 - Direção da força aplicada na fita ao longo do seu percurso.

Importância do controlo de tensão

É impossível controlar qualquer material sem que a tensão seja devidamente aplicada neste. O material deve-se encontrar em tração com todos os rolos guia e rolos acionadores para assegurar um manuseamento correto e controlado.

O controlo desta tensão é extremamente importante, uma vez que é necessário para desenrolar eficientemente o rolo das etiquetas para que estas possam seguir para a sua aplicação sem defeitos e para enrolar novamente os rolos uma vez executada a aplicação das etiquetas [44].

O princípio do manuseamento do material requer que este se encontre sob tensão e, para tal, usam-se rolos que têm a capacidade de se movimentar com a velocidade a que o material passa por eles, não podendo ser estáticos de forma a não danificar o produto. Inclusive, alguns destes rolos podem, ainda, imprimir um movimento que ajude a direcionar o material ou contribuir para a chegada do mesmo ao seu destino pré-determinado, neste caso o seu recolhimento [44].

Os sistemas responsáveis por conduzir determinado material não vão funcionar caso o material não esteja sujeito à tensão e tração apropriadas para este. Ou seja, se este material deslizar pelo rolo ao invés de rodar sobre e com ele, isto irá causar um problema já que este sistema não será eficiente, podendo, inclusive, criar mais problemas ao invés de se tornar uma mais-valia.

Se a tensão a ser aplicada não for corretamente calculada a figura pode ficar distorcida, como apresentado na figura 106. Neste caso, esticada devido ao controlo pobre a que a fita do rolo está sujeita [44].

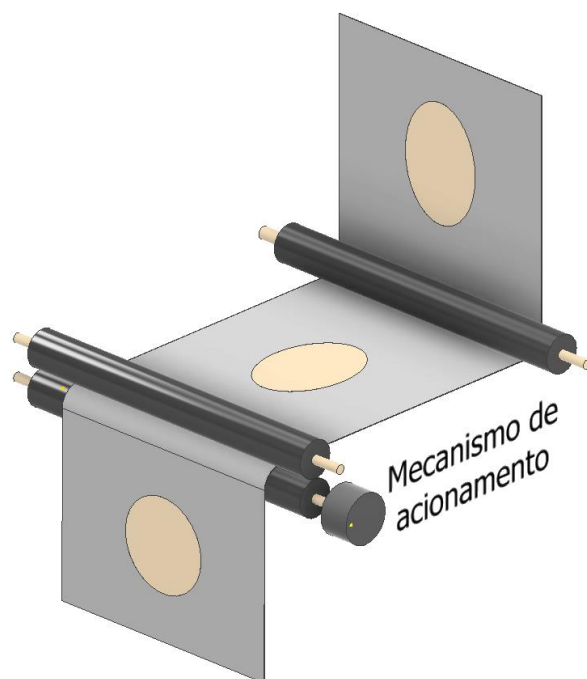


Figura 106 - Defeito de produto possível originado pelo cálculo errado da tensão a ser aplicada.

Inclusive, sem a tensão apropriada podem ocorrer erros nas estações em que se desenrolam e enrolam fitas como: rolos côncavos, enrugamento da fita e até quebras da fita.

A importância do controlo da tensão do material

O efeito da tensão na fita do rolo é alcançado quando exercidas duas forças longitudinais opostas ao material. Na indústria dos processos de conversão, o controlo desta tensão revela-se essencial e, caso este não seja devidamente feito, podem ocorrer diversas falhas localizadas ao longo do processo produtivo. O controlo constante e preciso ao longo da produção apresenta diversas vantagens como: [45]

- Um produto de qualidade superior;
- Redução de desperdícios e, por isto, aumento da produtividade;
- Menos paragens;
- Melhor cadência de produção;
- Menores custos operacionais extras.

Por sua vez, um fraco controlo da tensão (fita do rolo demasiado apertada ou com folga) possui desvantagens como: [45]

- O material pode enrugar, quebrar, mudar o seu percurso ou enrolar-se nos rolos destinados a definirem o seu percurso;
- Mudanças de velocidade indesejadas;
- Perda de cor do material ao dar-se, por exemplo, o alongamento deste.

Sistemas de controlo da tensão de materiais eficientes asseguram que a tensão estipulada ao longo da máquina é mantida independentemente do material ou da exigência do processo de produção [45].

Zonas em que deve ser realizado o controlo da tensão num processo

Todas as máquinas têm essencialmente 3 ou mais zonas de tensão, e estas são: zona de tensão de desenrolamento, zona de tensão interna e zona de tensão do enrolamento, como representado na figura 107.

Importante de se relembrar que cada zona de tensão é única e controlada de forma independente, podendo assim existir diferentes valores de tensão para controlar diferentes zonas.

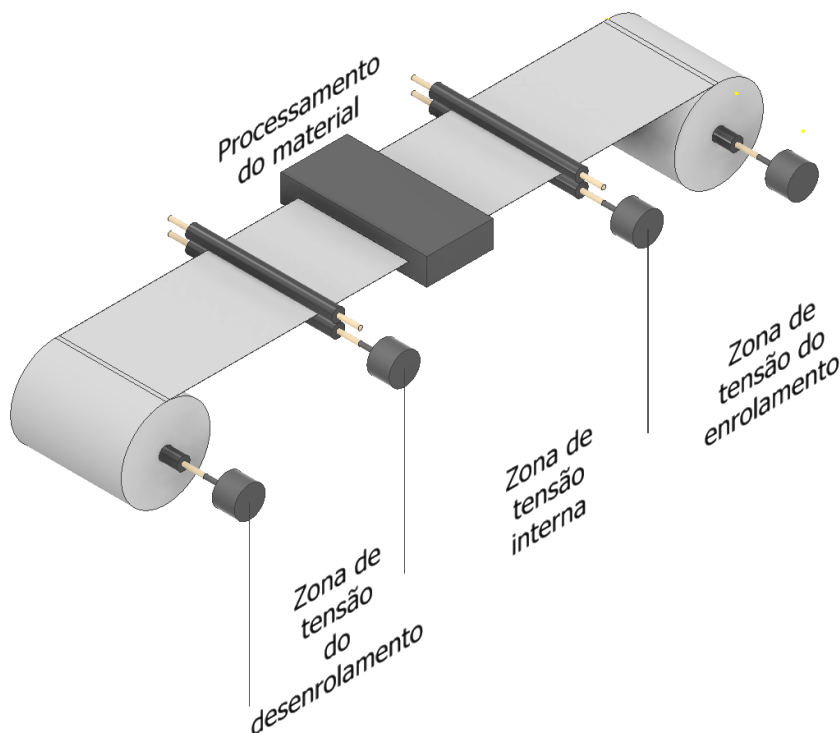


Figura 107 - Zonas onde a tensão deve ser controlada.

Método de fornecimento da tensão ao material

Para que a tensão seja devidamente aplicada num processo, é necessário ter em consideração que o binário obtém-se fazendo o produto entre o raio do rolo do material e a força aplicada ($T = F \times r \times \text{sen}(\Theta)$, sendo o ângulo 90° , uma vez que a força é aplicada de forma tangente ao rolo, e o seno é 1) [44].

Para que a tensão seja constante é necessário que o binário diminua na zona do desenrolamento. Para o enrolamento, para que a tensão seja constante é necessário que o binário aumente. As zonas internas são mais estáveis já que os raios dos rolos não têm influência, mantendo-se por norma com os mesmos valores em todo o processo, sendo por isso mais fáceis de controlar. Para o desenrolamento o binário tem de ir diminuindo de forma linear e para o enrolamento aumentar de forma linear. Para que a explicação seja mais detalhada recorre-se ao seguinte exemplo da figura 108 [44]:

No início da operação, na zona onde se dá o desenrolamento, se o diâmetro exterior for de 20 cm e o interior for de 2 cm tem-se que o rácio entre estes dois é igual a 10 ($20/2$), ou seja, o binário terá de ir diminuindo num rácio de 10 para 1 enquanto o diâmetro exterior vai diminuindo. O inverso desta linha de raciocínio deve ser seguido igualmente na zona de enrolamento.

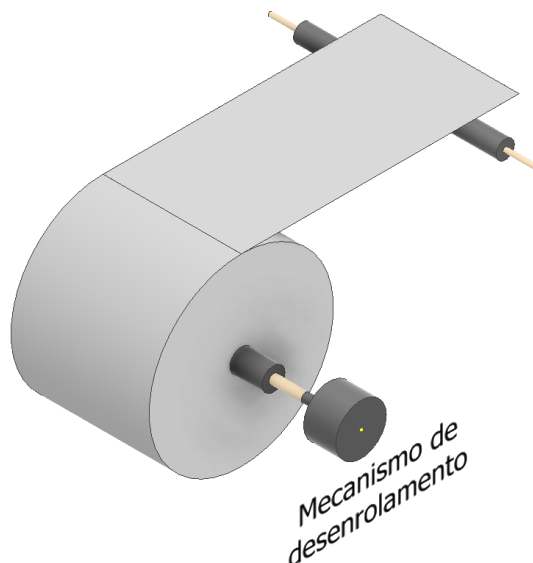


Figura 108 - Mecanismo de desenrolamento na primeira zona de controlo do material.

Controlo de tensão: definição

O controlo de tensão é qualquer processo com o objetivo de manter, num determinado material, um nível pré-determinado de tensão ou deformação entre dois pontos para manter a qualidade deste e propriedades necessárias à produção, como forma e aparência. Este processo ocorre em três zonas específicas: desenrolamento, zona intermediária do processo e recolhimento, diferindo entre estes os métodos que podem ser utilizados para um controlo de tensão correto [46].

Funcionamento dos sistemas de controlo de tensão

Como anteriormente clarificado, sabe-se que o binário deve ser ajustado para manter a tensão no valor desejado à medida que o diâmetro do rolo aumenta ou diminui, caso tal não aconteça à medida que o diâmetro do rolo diminui a tensão aplicada ao material aumenta exponencialmente. Assim, seguidamente serão mencionadas três metodologias com as quais se aborda o controlo de tensão na indústria [46].

- **Controlo de tensão manual**

Este tipo de controlo de tensão pode ser bastante instável, resultando em constantes mudanças de tensão graças aos ajustes que se dão por meio de inspeção visual, por parte de um operador. Com o controlo de tensão manual, o material fica sujeito a picos constantes para cima e para baixo, resultantes da tentativa de correção de tensão por parte do trabalhador, esta função dificulta-se à medida que se dá o desenrolamento do rolo e está sujeita à subjetividade de diferentes operadores, resultando em resultados não uniformes [46].

- **Sistemas de malha aberta**

Este tipo de controlo baseia-se no diâmetro do rolo. Estes sistemas utilizam sensores para medir ou calcular o diâmetro do rolo e, com base neste valor, o controlador usa esta variação do diâmetro do rolo para regular o binário e manter a tensão [46]. Através da figura 109 é possível perceber a base do funcionamento destes.

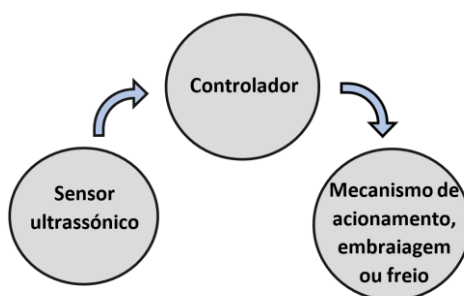


Figura 109 - Representação de um esquema de um sistema de malha aberta.

- **Sistemas de malha fechada**

Este tipo de controlo de tensão funciona com base em ajustes feitos a partir do *feedback* do material. Nestes sistemas verifica-se um fluxo contínuo de comunicação entre o dispositivo de medição de tensão, o controlador e outro dispositivo que controla o binário.

Qualquer que seja a variação de tensão o controlador pode comunicar com o dispositivo do binário para manter a tensão desejada, isto permite manter uma tensão consistente e uniforme ao longo de todo o processo [46]. Os passos de um sistema de malha fechada podem ser observados na figura 110.

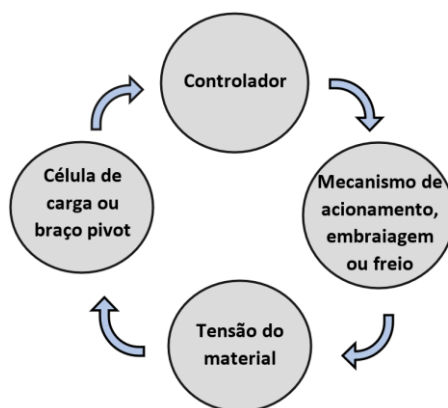


Figura 110 -Representação de um esquema de um sistema de malha fechada.

Diferentes controladores de tensão e como funcionam

Os controladores de tensão dividem-se atualmente entre controladores manuais, controladores que medem o raio (malha aberta), controladores medidores de tensão (malha fechada) e, por fim, uma combinação destes.

Relativamente aos controladores de tensão manuais, estes podem ser usados ao controlar-se a tensão no desenrolamento do rolo ou no seu posterior enrolamento e o controlo associado a estes aparelhos não é muito significativo. Resumidamente, à medida que se dá o processo de desenrolamento do rolo sabe-se que o binário fornecido pelo motor vai diminuindo de forma linear, assim, um operador irá ajustar, por exemplo, um potenciómetro diminuindo o binário fornecido ao rolo à medida que o diâmetro exterior deste diminui. Este tipo de controlador é caracterizado por ser provavelmente o menos exato dos que serão analisados, mas, em contrapartida, é o menos dispendioso [44].

No que diz respeito aos controladores de tensão por medição do raio estes baseiam-se, tal como o próprio nome indica, na medição do raio do material nas zonas de desenrolamento e nas zonas em que se rebobina o mesmo. A partir da medida detetada o binário nas zonas previamente mencionadas é controlado de forma que o material possua a quantidade devida de tensão para que não ocorram deformações neste. Nas zonas intermediárias do processo estes métodos não são usados porque apenas fornecem *outputs* relativos à medida do raio e este não varia [44].

Os controladores de tensão por medição do raio podem ser divididos em três tipos distintos: braço pivot, ultrassom e calculador de raio.

- **Braço pivot**

Este tipo de controlador (representado na figura 111) foi o primeiro dos que se gerem pela medição do raio a ser utilizado e utiliza um rolo pivot que se move à medida que se dá o desenrolamento. Um sensor vai detetando como o raio varia em função do tempo fazendo com que se gere um output que é o aumento da rotação ao rebobinar o rolo ou uma diminuição ao desenrolar [44].

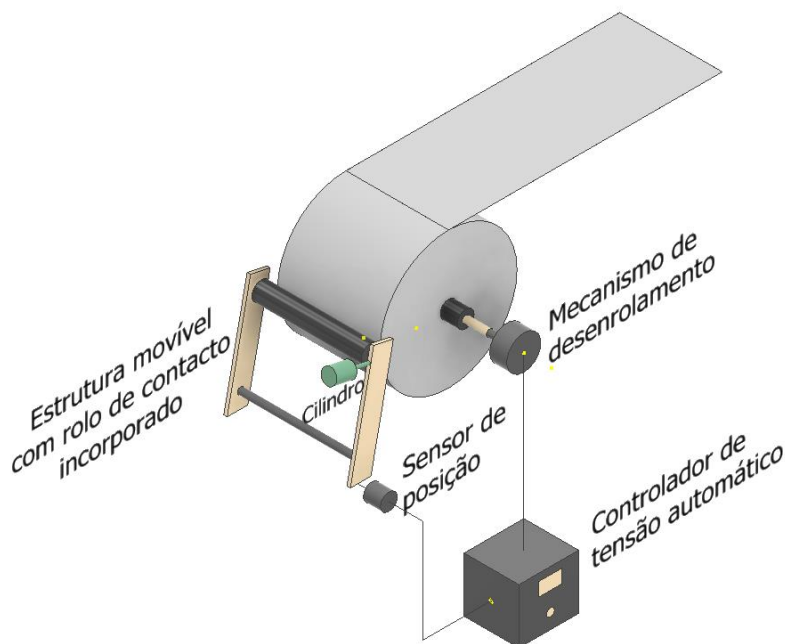


Figura 111 - Controlador de tensão - braço pivot (malha aberta).

No exemplo apresentado, tem-se um rolo que está em contacto com o material e enquanto se dá o desenrolamento há um qualquer tipo de dispositivo, tipicamente um cilindro, que mantém o contacto constante com o material. À medida que o diâmetro exterior do material vai diminuindo há um sensor de posição que deteta o movimento do braço e notifica o controlador para aumentar o binário [44].

Este método conta com vantagens, como: [44]

- Simplicidade;
- Ser um bom substituto do controlador manual;
- Relativamente económico;
- Instalação simples.

No que diz respeito a desvantagens, apresenta: [44]

- Se os rolos de material não forem completamente cilíndricos pode oscilar;
- O dispositivo que se encontra em contacto com o rolo de material está no caminho das mudanças do rolo, dificultando-as;
- São necessárias fazer modificações no sistema se o tamanho dos rolos modificar;
- Partes mecânicas envolvidas precisam de manutenção periódica.

- **Ultrassom**

Este tipo de controlador utiliza sinais de ultrassons para medir o raio do rolo. Possui um sensor que emite um sinal ultrassonor que é refletido pelo rolo de material e essa onda sonora atinge de novo o sensor em questão. Posto isto, o sensor é capaz de cronometrar quanto tempo demora ao som para ser refletido e retornar ao mesmo ponto e fornece um output relativamente a esse tempo ao controlador. Se for no desenrolamento o tempo aumenta e o oposto acontece quando o material se rebobina. Por fim, o controlador faz com que o atuador do sistema diminua o binário ou aumente, consoante o caso [44]. Na figura 112 está presente um esquema representativo do controlador de tensão por sensor ultrassónico.

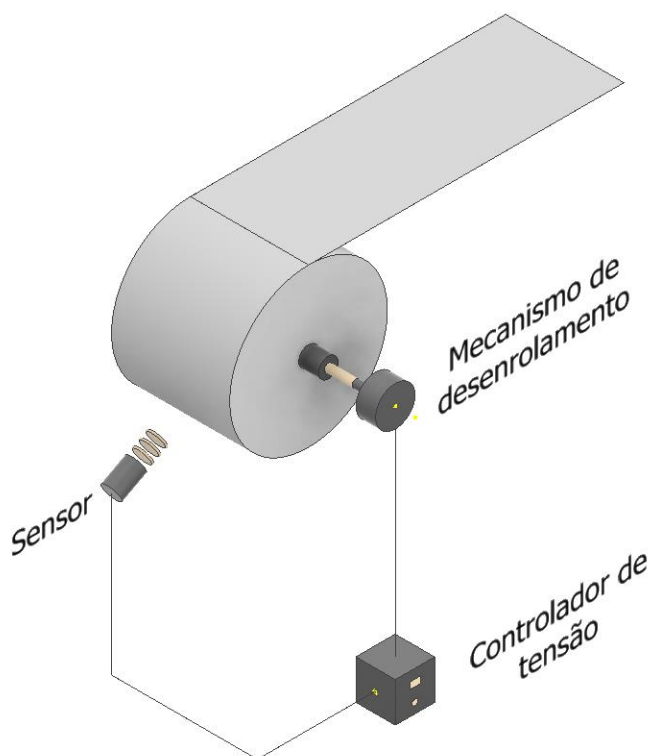


Figura 112 - Controlador de tensão – ultrassom (malha aberta).

Vantagens do método supracitado: [44]

- Simples;
- Bom substituto dos controladores manuais;
- Relativamente económicos;
- Muito fácil de se instalar;
- Fornecem um *output* exato relativo ao raio do rolo;
- O sensor consegue fazer a compensação para o caso de os rolos não serem completamente cilíndricos;
- O sensor não interfere com a mudança do rolo do material;

- Não possui tantos componentes mecânicos que possam sofrer desgaste.

Desvantagens: [44]

- É um método de malha aberta, uma vez que não se consegue saber o valor da tensão do material;
- Pode, por vezes, algo se colocar entre sensor e material e fornecer um sinal falso;
- Necessita calibração eletrônica periódica;
- O sensor precisa de estar na perpendicular ao eixo do rolo, caso contrário ocorrem falhas.

- **Calculador do raio**

Este tipo de controlador utiliza dois sensores que dão as rotações por minuto em dois pontos distintos do processo: no rolo em que o material está a ser desenrolado e num rolo guia seguinte. Como se sabe a velocidade no rolo guia é sempre a mesma e no rolo onde o material se está a desenrolar varia, consoante o processo esteja a ser de desenrolar ou rebobinar o material. Assim, faz-se uma comparação entre estas velocidades e calcula-se o raio do rolo enquanto este vai aumentando ou decrescendo e, assim, o controlador irá fazer com que o atuador aumente ou diminua a velocidade [44]. Na figura 113 está presente um esquema representativo do controlador de tensão por cálculo do raio.

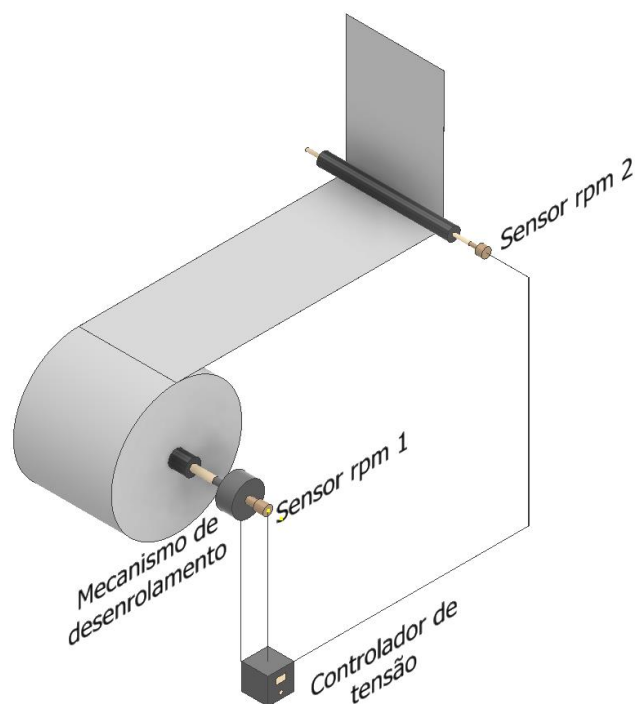


Figura 113 - Controlador de tensão - calculador do raio (malha aberta).

Este método conta com as seguintes vantagens:

- Bom substituto do controlador manual;
- Relativamente económico;
- Relativamente fácil de ser instalado (apenas os sensores);
- Fornece um *output* exato relativo ao raio do rolo;
- Facilidade aquando da troca de rolos (sensores não se encontram no caminho);
- Capacidade de mudar o tamanho dos rolos que estão a ser trabalhados;
- Fadiga mínima dos componentes mecânicos associados.

Quanto a desvantagens, tem-se:

- Sistema em malha aberta, uma vez que não é capaz de fornecer detalhes quanto à tensão do material;
- Lógica de controlador um pouco complexa;
- Calibração eletrónica periódica necessária.

Finalizada a explicação detalhada dos controladores de tensão por medição do raio, seguidamente, irá ser feita a explicação dos sistemas em malha fechada – controladores medidores de tensão. Destes, existem dois tipos – controlador com um rolo pivot e célula de carga. Estes sistemas controlam as zonas de desenrolamento, enrolamento e as zonas intermediárias, ao contrário dos métodos anteriormente explicados. São sistemas em malha fechada, uma vez que conseguem analisar e obter valores para a tensão da fita e, com isto, compensar mudanças de tensão não planeadas [44].

- **Controlador com um rolo pivot**

A figura 114 apresenta um possível esquema para um controlador com um rolo numa estrutura movível no desenrolamento da fita. A essência deste tipo de controladores está no braço pivot que tem a tendência de empurrar a fita na direção oposta em que a fita exerce pressão sobre o rolo pivot. Há um sensor que deteta a posição do rolo pivot e um controlo analisa essa posição e envia o sinal ao atuador para aumentar ou diminuir o binário para manter o rolo pivot numa posição constante [44]. Na figura 114 está presente um esquema representativo do controlador com um rolo pivot.

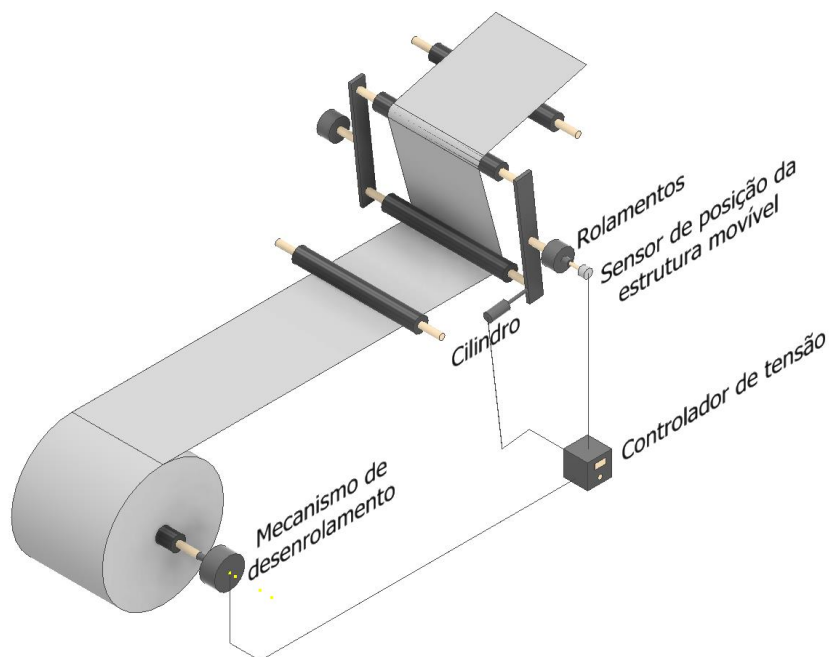


Figura 114 - Controlador com um rolo pivot (malha fechada).

Existem vários tipos de controlos de rolos pivots, todos baseados no princípio anteriormente explicado, e estes são: lineares, rotacionais, braços *pivot*, entre outros.

Algo que beneficia igualmente este tipo de controlo é o facto de este manter a tensão constante desde que não se encontre numa das suas extremidades, mesmo se se mantiver fixo por momentos a tensão constante é assegurada. Para além disto, são estáveis da perspetiva mecânica por conseguirem controlar o binário e absorverem mudanças de tensão não planeadas permitindo que a fita fique lisa ao sair deste mecanismo [44].

Existe um conjunto de fatores que podem prejudicar o desempenho de uma peça pivot. Seguidamente, estes serão apresentados: [44]

- Atrito – tem de se ter o cuidado de se usar cilindros em que a atrito seja reduzida;
- Inércia e ímpeto – porque um corpo em movimento quer ficar nesse mesmo movimento, por isto, devem ser usados componentes mais leves;
- Gravidade – mais uma vez é necessário, também para reduzir os efeitos da gravidade, que se usem componentes mais leves. Alguns braços pivots já se movem paralelamente ao chão para eliminar o efeito da gravidade.

- **Célula de carga**

O exemplo seguinte representa uma célula de carga capaz de monitorizar a tensão da fita numa estação intermédia. Este mecanismo está representado na figura 115 e conta com um controlo de acionamento escravo, um controlo de acionamento mestre que pode definir a velocidade a que se pretende que a fita faça o seu percurso e há um conjunto de rolos que conduzem a fita até ao processo. Depois disto, verifica-se a existência da célula de carga, que mede um peso teórico capaz de medir a tensão na fita, e o controlo de acionamento escravo irá passar a mensagem ao atuador para ajustar o binário conforme os valores obtidos pela célula de carga para que a tensão se mantenha constante durante todo o processo [44].

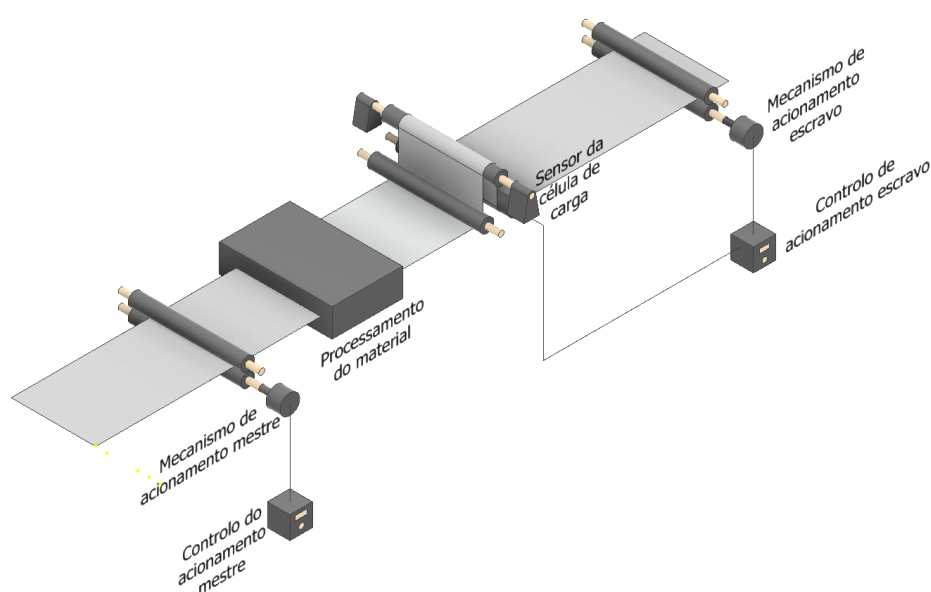


Figura 115 - Controlador com célula de carga (malha fechada).

As vantagens das células de carga serão apresentadas seguidamente: [44]

- Controlo de tensão adequado em qualquer uma das zonas do processo;
- Grande variedade de equipamentos no mercado, o que permite uma escolha mais adequada para o pretendido;
- Funções para simplificar a calibração;
- Relativamente baratas e simples;
- Instalação simplificada;
- Mudanças mínimas necessárias num processo previamente implementado.

Regra geral, quando se fala em sistemas em malha fechada, pode ser difícil conceber o projeto com 100 por cento de controlo aquando do desenrolamento ou posterior enrolamento do material, já que são precisos raios e estes variam de rolo para rolo devido ao diâmetro externo destes não se manter constante quando é introduzido no sistema. Outro fator importante é a velocidade da máquina, tendo esta normalmente velocidade constante, mas há sempre o problema da velocidade de arranque e encerramento do processo e, para além disto, a variação da velocidade ao longo da operação. Para além disto, há a possibilidade de se dar o alongamento do material num dos processos intermediários, o que faz com que os controlos tenham que compensar esta mudança. Sistemas em malha fechada podem ser instáveis se forem os únicos utilizados em toda a operação, desde a colocação do rolo até este ser retirado. Por outro lado, sistemas em malha aberta, são estáveis porque analisam apenas uma variante como, por exemplo, o raio, mas, em contrapartida, podem ser pouco exatos por não medirem a tensão do material. Assim sendo, o que se pode fazer para que o projeto seja o mais consistente possível é uma combinação destes dois, aproveitando a estabilidade dos controlos em malha aberta e a exatidão dos controlos em malha fechada, tal como a figura 116 demonstra [44].

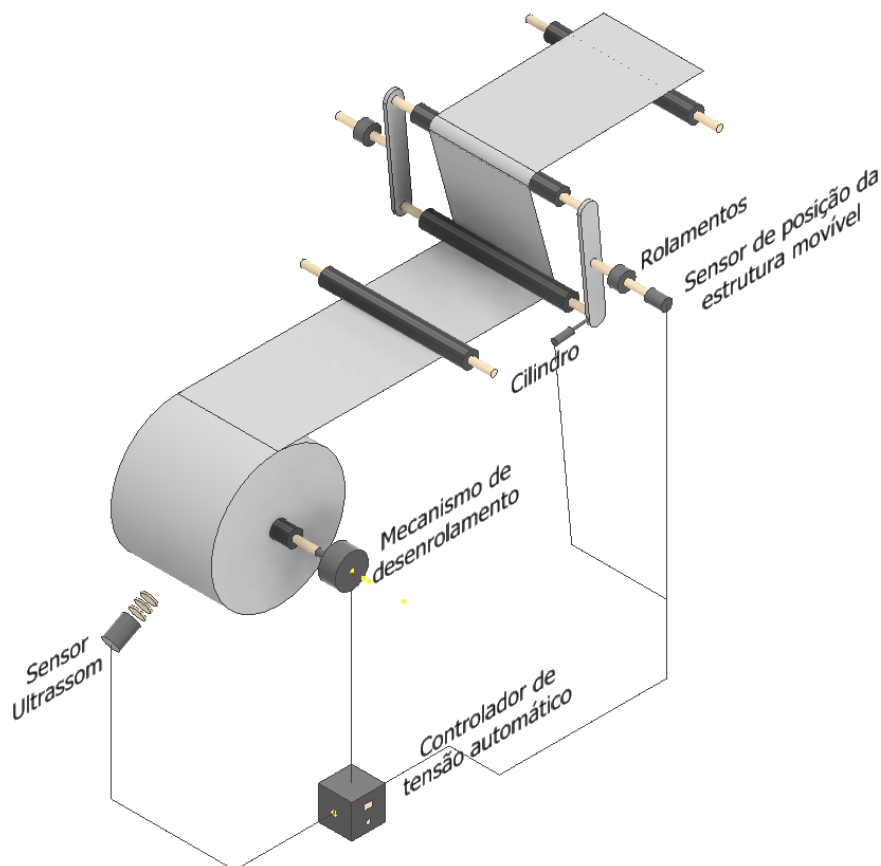


Figura 116 - Combinação dos controladores de malha aberta e fechada.

Elementos constituintes de uma máquina de etiquetagem (enumeração e explicação)

Como se chegou à conclusão no segundo capítulo, uma máquina de etiquetagem pode ser composta por quatro grandes grupos. Estes serão analisados seguidamente.

Parte central/cabeça da máquina de etiquetagem

A parte central de uma máquina de etiquetagem é usada tanto em sistemas automáticos como semiautomáticos e, tal como mencionado previamente, funciona como uma plataforma para desenrolar e rebobinar o material da etiqueta. Para além disto, é nesta plataforma onde se instala o aplicador de etiquetas e os controladores da máquina [13].

Uma máquina de etiquetagem pode ser idealizada de acordo com a direção de aplicação das etiquetas, isto é, se esta tiver etiquetas a serem aplicadas da esquerda para a direita ou da direita para a esquerda.

Relativamente a componentes da parte central, esta tem por norma os conjuntos apresentados nas seguintes secções do presente anexo.

Conjunto de desenrolamento

O conjunto de desenrolamento é a parte onde o rolo de etiquetas é primeiramente pousado. Controlado por um motor, este vai desenrolando o material na velocidade pretendida. Como se pode verificar na figura 117, esta parte da máquina é constituída por uma base que deve ter um raio maior do que o do rolo para evitar afunilamentos do material. Para além disto, muitas vezes recorre-se à utilização de uma espécie de tampa que fixa o rolo na posição pretendida pelo mesmo motivo. A definição correta do tamanho do rolo é, por isto, muito importante para o correto funcionamento da máquina, tipicamente o rolo não tem um diâmetro exterior superior a 30 centímetros e o diâmetro interior não excede os 8 centímetros.



Figura 117 - Modelação de um possível conjunto de desenrolamento.

Conjunto de enrolamento

O conjunto de enrolamento apresentado figura 118 é frequente no mercado. Ativado por um motor de passo ou servo motor, conta com duas partes fundamentais: a base com um cilindro à volta do qual se enrola o rolo do excesso do material depois de aplicadas as etiquetas e uma chave, que tem a função de prender o rolo do material. Resumidamente, inicialmente dá-se uma volta ao cilindro com o excesso do material e, posteriormente, encaixa-se a chave numa ranhura feita nesse mesmo cilindro especificamente para este efeito. A chave, depois de colocada na posição, consegue manter o material sob constante tensão (para puxar o rolo de etiquetas) e não pode permitir que ocorra deslizamento do material, caso contrário o equipamento não está bem dimensionado e parte da produtividade é perdida (pode resultar em rotura do material ou causar desnivelamentos).

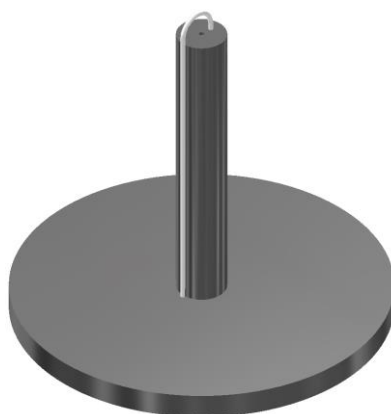


Figura 118 - Modelação de um conjunto de enrolamento, composto pela sua base e uma chave que mantém a fita ao centro.

Conjunto do rolo de acionamento e rolo de pressão

Este conjunto é um dos responsáveis por manter a tensão do material ao longo do processo, utilizando dois rolos para esse efeito. O rolo de acionamento é ativado por um motor que, auxiliado por um controlador, controla a rotação que este deve realizar por cada sequência de etiquetagem. O rolo de pressão é, essencialmente, um rolo livre que gira sempre que o rolo de acionamento gira, só que sem a necessidade de ser ativado, funciona apenas devido ao atrito que o contacto entre estes dois rolos provoca. O rolo de pressão tem, normalmente, duas posições que são definidas por uma alavanca que se situa por cima deste:

- A primeira posição é obtida com a alavanca fechada, em que há o contacto constante entre os dois rolos e não deve ser possível mover a fita uma vez estando os dois rolos corretamente pressionados um contra o outro, criando-se uma espécie de controlo de tensão da fita do rolo das etiquetas;

- Na segunda posição, o rolo de pressão separa-se do rolo acionador. Esta é também importante, uma vez que é ela que permite fazer a manutenção de rolos e, para além disto, permite que, uma vez etiquetado todo o rolo de sacos de plástico como pretendido, se possa passar para a etiquetagem do próximo, distribuindo-o pela máquina de acordo com os requisitos do fabricante.

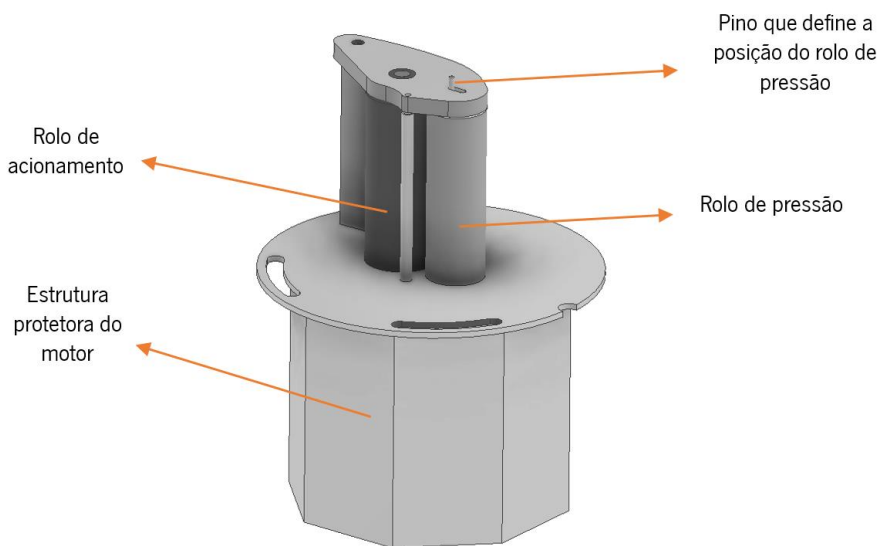


Figura 119 - Modelação de um conjunto do rolo de acionamento e rolo de pressão.

Rolos guia

Uma máquina de etiquetagem tem, obrigatoriamente, de ter rolos guia. São estes os responsáveis por guiar a fita do rolo de etiquetas. São os rolamentos que estes possuem nas extremidades que permitem que estes rolos tenham o movimento de rotação impingido pela própria fita, fazendo com que rodem com ela através do atrito causado pelo contacto entre as superfícies, ao invés de serem rolos fixos sem movimento de rotação que podem, por vezes, danificar o material.

Mecanismos responsáveis por movimentar o material

Quando se aborda o tema das máquinas de etiquetagem, existem, tipicamente, dois tipos de possíveis mecanismos responsáveis por movimentar o rolo com as etiquetas ao longo de todo o processo. Estes são os motores de passo ou os servomotores. Uma análise mais detalhada e comparação entre estes será efetuada quando se proceder à escolha de um ao invés do outro, no entanto, geralmente, estes apresentam-se da seguinte forma:

- Motores de passo são usados na parte central da máquina de etiquetagem, têm como função transportar a fita do rolo de etiquetas do mecanismo de desenrolamento até ao mecanismo de enrolamento. Permitem reduzir custos de manutenções porque não são compostos por tantos

elementos mecânicos sujeitos a desgaste, permitindo manter a exatidão do movimento de aplicação das etiquetas durante a vida útil da máquina. A alguns motores de passo que necessitem de uma exatidão de movimento muito precisa podem-se juntar codificadores para permitir que o motor se consiga ajustar a mudanças de velocidade do produto. Os motores de passo são sistemas em malha aberta [13]. Um exemplo de motor de passo encontra-se na figura 120.



Figura 120 - Motor de passo [47].

- Servomotores, como o da figura 121, usam codificadores nos sistemas de transporte e nos motores onde cada impulso fica em constante sincronização com o motor do sistema de transporte. Ao contrário dos motores de passo, os servomotores são sistemas em malha fechada e devem ser usados em aplicações de grande velocidade e exatidão. O facto de serem motores em malha fechada implica que o *feedback* da variação da velocidade (através do codificador) é fornecido de volta ao servocontrolador para que se compensem as variações de velocidade do produto automaticamente [13].



Figura 121 – Servomotores [48].

Codificador

Um codificador pode ser usado em operações em que o desenrolamento de etiquetas não se dá sempre à mesma velocidade, ou seja, tipicamente situações em que a velocidade varia ao longo do tempo. O codificador analisa esta variação de velocidade e converte-a num conjunto de impulsos elétricos, sendo que cada um destes já tem pré-estabelecida uma distância de deslocamento. Para que tal se perceba melhor, recorre-se ao uso de um exemplo gráfico na figura 122 em que cada pulso representa um avanço de 10 centímetros [13].

Quanto mais rápido atuar o codificador os impulsos aumentam, o que faz com que o motor aumente a sua velocidade. Se o codificador abrandar ou impulsos diminuem, o que faz com que o motor abrande.

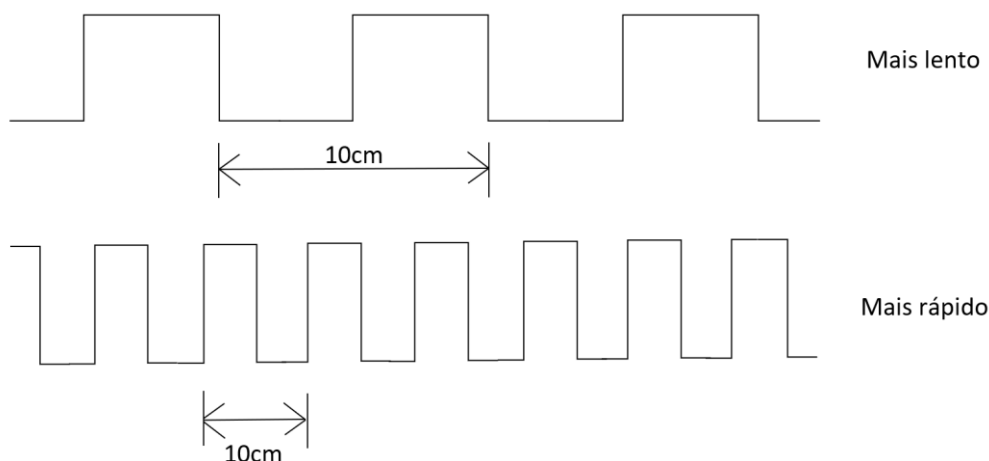


Figura 122 – Relação entre impulsos e velocidade do motor. Adaptado de [13].

Placa de separação

A placa de separação é um componente essencial numa máquina de etiquetagem e tem a função de separar a etiqueta da fita do rolo que a transporta. Enquanto o rolo de etiquetas está a passar na extremidade da placa em questão, um outro objeto (dependendo do método de aplicação) irá colar a etiqueta no produto desejado. Na ausência de um rolo que cole a etiqueta ou de braços que funcionem, por exemplo, com ar sob pressão, a etiqueta irá descolar-se e voltar a colar na fita. Na figura 123 é representada a função da placa de separação.

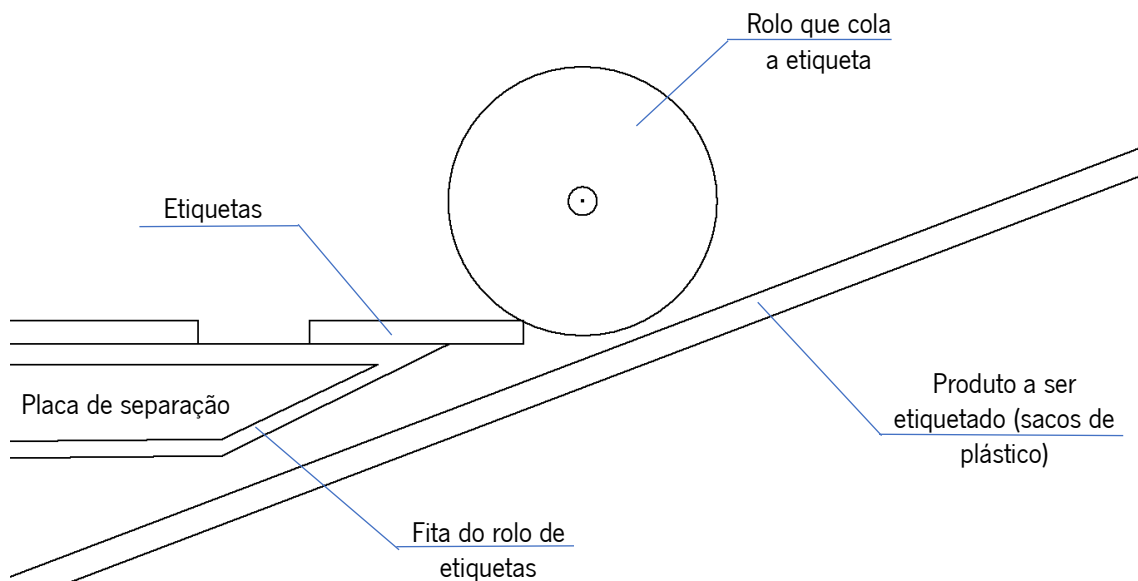


Figura 123 - Representação da função da placa de separação.

Em algumas ocasiões, esta placa de separação precisa de ser complementada com um tubo que lhe dá assistência em forma de ar. Ocasiões em que se usam braços ou redes com ar pressurizado (métodos *tamp-blow*, *blow-on*,...) e a etiqueta é completamente transferida da fita requerem, por vezes, este tipo de componentes. Se as etiquetas forem de menor dimensão, especialmente, precisam de um aparelho que as faça colar à rede com ar pressurizado para que não voltem a colar na fita. Para que isto seja possível, precisa-se que o componente etiquetador não se encontre na mesma linha das etiquetas, mas sim num plano paralelo e ligeiramente abaixo destas, para que seja mais fácil as etiquetas se agarrarem a este quando são sugadas pelo aparelho. É nesta transição que se faz o tubo expelir algum ar e ajudar a que a etiqueta fique na posição certa enquanto sugada pelo aplicador. Os esquemas seguintes ajudam a perceber de forma mais clara o explicado até aqui [13].

Primeiro passo (figura 124) – Com o auxílio do tubo assistente que expelle o ar coloca-se a etiqueta debaixo da peça etiquetadora enquanto esta ativa o sistema de sucção para a manter presa.

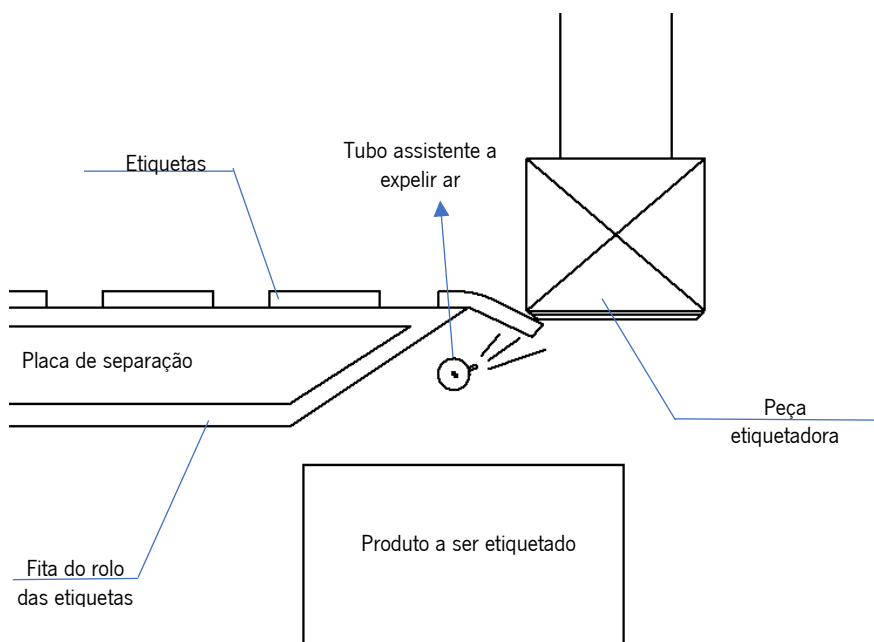


Figura 124 - Primeira parte do processo de etiquetagem auxiliado pelo tubo assistente de ar.

Segundo passo (figura 125) – depois da sucção feita pela peça etiquetadora, expelle-se o ar e a etiqueta fica aplicada no produto desejado.

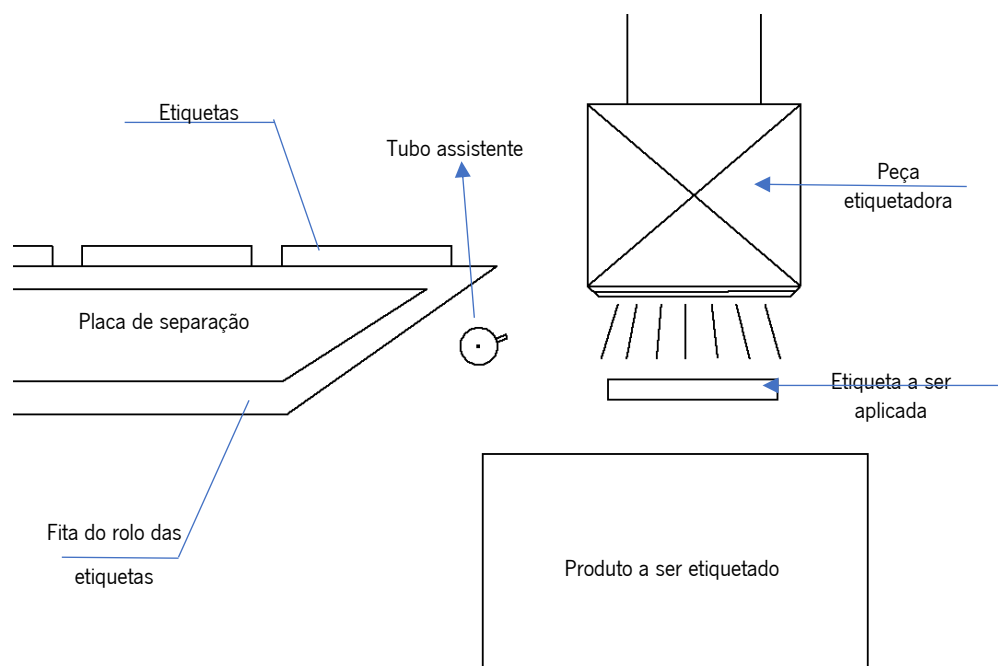


Figura 125 - Segunda parte do processo de etiquetagem auxiliado pelo tubo assistente de ar.

De notar que as imagens precedentes não estão feitas à escala, sendo exemplos meramente ilustrativos. Dá-se, então, por concluída a enumeração dos componentes que tipicamente constituem a parte central.

Seguidamente, falar-se-á um pouco dos aplicadores de etiquetas mais comuns de se ver no mercado das máquinas de etiquetagem.

Aplicador de etiquetas

A escolha de um aplicador de etiquetas para uma máquina de etiquetagem irá sempre depender do método escolhido para se etiquetar um dado produto e este, por sua vez, irá variar conforme as diversas condições de etiquetagem sobre as quais alguém se pode deparar. Por exemplo, se a aplicação tiver de ser na ordem dos 100m de fita por minuto não será possível recorrer a métodos como *tamp-blow* ou *tamp-swing*, uma vez que estes possuem componentes mecânicos que se movem para se aproximarem do produto antes da etiquetagem deste, não sendo viável utilizá-los em aplicações onde a etiquetagem tem de ser rápida. Para além deste exemplo, no caso de se querer etiquetar embalagens flexíveis como sacos de plástico, recorrer a métodos como *tamp-on*, não é praticável, visto que estes exigem o contacto com o produto onde é aplicada a etiqueta e, se uma aplicação destas fosse feita com o método supracitado, a etiqueta iria acabar por deformar o saco de plástico ou ficar enrugada.

Os 4 principais métodos de aplicação que se encontram presentes no mercado são:

- Aplicador de etiquetas por sopro de ar (*blow-on*), recorre-se a este em situações em que é necessário etiquetar superfícies irregulares ou produtos mais frágeis. Funciona com o recurso a um vácuo que segura a etiqueta na ponta da peça etiquetadora antes de aplicar a etiqueta. Depois disto, um sensor comunica a posição do produto e o ar comprimido é soprado pela válvula solenoide, fazendo com que a etiqueta se cole ao produto [49];
- Aplicador de etiquetas por sopro de ar assistido por braço mecânico (*tamp-blow*), recorre-se a estes em situações em que é necessário etiquetar superfícies irregulares, no entanto, não consegue etiquetar à mesma velocidade que o aplicador anterior. Este aplicador funciona sem contacto e também funciona com o recurso a vácuo. É semelhante ao método anterior em termos de processo, no entanto, utiliza um cilindro pneumático que move a etiqueta mais perto do produto, o que faz aumentar a exatidão do processo e consistência do posicionamento da etiqueta. Se se estiver perante uma situação em que a velocidade de etiquetagem não precisa de ser muito alta e seja necessária uma precisão e exatidão elevada no que ao posicionamento da etiqueta diz respeito, deve-se optar, então, por este método [49];
- Rolo aplicador de etiquetas por contacto direto (*wipe-on*), este tipo de aplicadores são os mais comuns. É usado um rolo que aplica a etiqueta no produto. Há que ter a certeza de que o

movimento do produto e do aplicador está sincronizado para que não se formem rugas na etiqueta. Este tipo de aplicação garante uma aplicação correta da etiqueta (sem bolhas internas de ar) e tem um custo significativamente inferior aos métodos que utilizam ar comprimido [49];

- Braço aplicador por contacto direto (*tamp-on*), este método utiliza apenas o movimento do braço mecânico para aplicar a etiqueta contra a superfície do produto, fazendo com que esta seja sempre bem colada neste, não dando a possibilidade de mais tarde se libertar pelas bolhas de ar que pode, por vezes, formar um aplicador que utilize ar comprimido para o mesmo tipo de função. Há que ter em atenção que este tipo de aplicações não permite que a linha de produção seja contínua, havendo a necessidade de parar a mesma sempre que se deseja aplicar uma etiqueta [49].

Sensores da máquina

Nesta secção dos complementos da fundamentação teórica serão abordados os sensores que fazem parte de uma máquina de etiquetagem comum.

Sensor fotoelétrico

Normalmente, todas as máquinas de etiquetagem automática têm um sensor de etiqueta, em forma de “U”, denominado sensor fotoelétrico. Este é composto por uma fotocélula e uma fonte de luz e tem uma posição ajustável. Este sensor tem como função detetar o espaço que há entre etiquetas, ou seja, o “a” da figura 126.

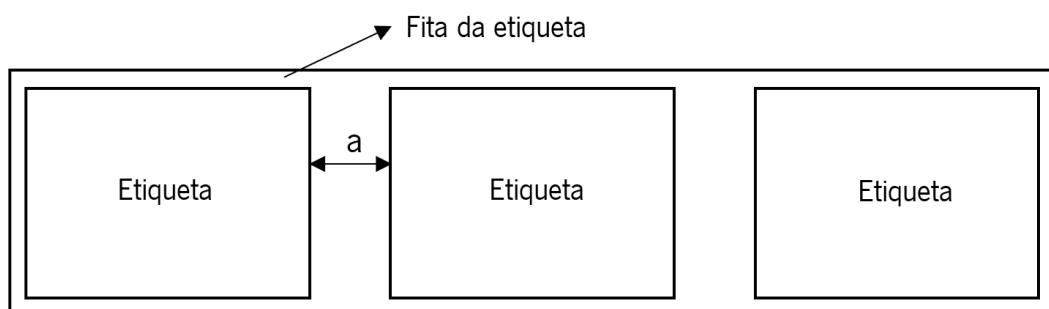


Figura 126 - Composição da fita de um rolo de etiquetas.

O sensor fotoelétrico (representado na figura 127) é composto, geralmente, por uma parte emissora e uma recetora e um espaço entre estas por onde as etiquetas na fita do rolo passam. Tipicamente, pode ser calibrado carregando nos seus botões para definir que uma certa luz passa pela fita e outra (menos intensa) passa pelas etiquetas. Ao se fazer isto, ele consegue perceber a partir deste ponto quando está uma etiqueta ou o espaço entre etiquetas a passar no sensor.



Figura 127 - Sensores fotoelétricos [50].

O mesmo sensor fotoelétrico será responsável pela deteção de um novo saco de plástico. Os sacos de plástico (figura 128) a serem etiquetados possuem umas tiras mais escuras capazes de serem detetadas e, consecutivamente, comunicarem ao motor quando este deve fazer desenrolar o rolo de etiquetas para que a posição final da etiqueta seja a pretendida. Para isto, o sensor envia um sinal ao PLC que ativa um timer elaborado para que tenha algum *delay*. Este *delay* é o tempo entre o sensor detetar a presença de um novo saco e este saco estar na posição para ser etiquetado devidamente. Uma vez ativado o timer o rolo de acionamento é ativado para que a etiqueta seja dispensada.

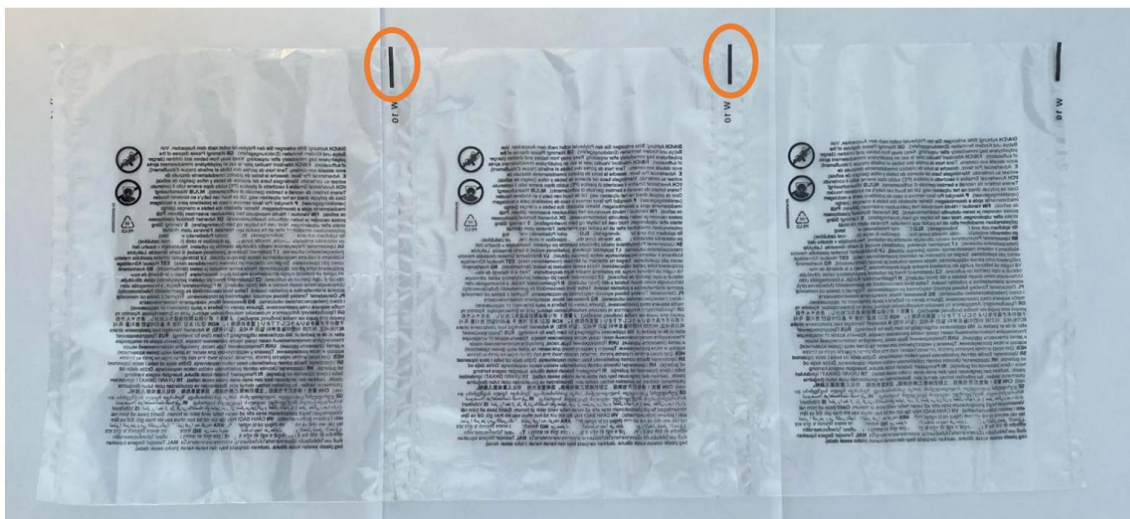


Figura 128 - Tira que se pretende que seja detetada pelo sensor.

Braço pivot

Um braço pivot possui, tal como o próprio nome indica, um rolo manobrado por um braço capaz de o pivotar e contém um sensor de posição que é usado para comunicar ao motor quanta rotação deve ocorrer e a que velocidade para que a tensão da fita do rolo de etiquetas seja a desejada.

Um sistema que tem um rolo pivot é composto por um rolo guia que se move livremente e, em consequência da sua posição, é aplicada uma força que é transmitida para a fita do rolo de etiquetas na forma de tensão [51].

Um sistema com um rolo que se movimenta pode também ser de movimento linear, no entanto, a maioria das máquinas existentes no mercado utilizam um rolo pivot. Estes últimos, podem ser montados vertical ou horizontalmente e tanto na parte superior como inferior do sistema de desenrolamento ou enrolamento. De entre estes, o uso mais comum é o de uma montagem horizontal do rolo pivot, visto que estes têm um melhor controlo de tensão. A amplitude típica de um rolo pivot ronda os 30 graus, no sentido positivo ou negativo, dependendo do tipo de máquina de etiquetagem [51].

Um sistema com braço pivot incorporado necessita tipicamente de um sensor de posição para o controlador monitorizar a posição do rolo. Normalmente, estes sensores de posição são potenciômetros ou um sensor de posição analógico similar. Devido ao facto do movimento do braço pivot ser limitado, os potenciômetros precisam de engrenagens para ser possível estender-se o alcance dos sinais analógicos [51].

Estes sistemas necessitam de uma força rotacional aplicada no ponto pivot para ser transmitida como tensão à fita do rolo de etiquetas. Vários mecanismos são usados para se aplicar a força no braço do rolo pivot, como pesos que se movem ou fixos, molas helicoidais, cilindros pneumáticos, etc. [51].

Um fator muito importante para o controlo de tensão é eliminar tanto quanto possível o atrito no rolo. Qualquer mudança na tensão da fita modifica a posição do rolo pivot e o atrito atrasa a reação a uma qualquer perturbação na tensão. Para além deste fator, a massa do rolo pivot deve também ser tida em consideração pois, tal como é dito na primeira lei de Newton, “um corpo que está em movimento tende a continuar em movimento”. Assim, seria necessária uma força maior para contrariar um movimento que esteja a acontecer no processo. Usar componentes de alumínio é uma forma efetiva de diminuir o peso da estrutura e rolos associados [51]. Um exemplo de um braço pivot pode ser observado na figura 129.

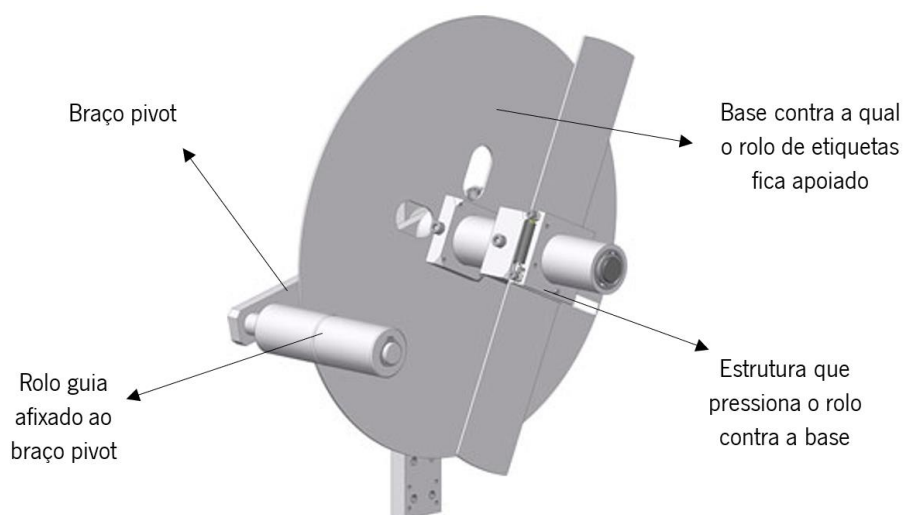


Figura 129 - Exemplo de sistema de desenrolamento com braço pivot incorporado. Adaptado de [52].

Sistemas de posicionamento

Dada a competitividade do mercado atual, uma máquina de etiquetagem não pode simplesmente desempenhar uma função, deve, para além disto, ser diversificada ao ponto de se conseguir adaptar às variantes de uma linha de produção. Por exemplo, a máquina de etiquetagem a ser desenvolvida deve etiquetar sacos de diferentes tamanhos. Isto, tem influência nos sistemas de posicionamento, onde devem estar presentes sistemas que permitem subir/descer a máquina, permitir que esta se desloque para qualquer um dos lados ou até permitir a sua inclinação.

Seguidamente, serão apresentados alguns tipos de sistemas responsáveis pelo explicado anteriormente. Para além de estes possibilitarem a etiquetagem de diversos produtos, também podem ser usados para modificar ligeiramente o posicionamento de uma etiqueta. É recorrente que o posicionamento das etiquetas fique ligeiramente acima ou abaixo do pedido pelo cliente e, por isto, ajustes como estes revelam-se essenciais para a satisfação do cliente e apresentação do produto.

Na figura 130, é possível verificar a existência de dois sistemas de posicionamento. Um sistema de posicionamento lateral e um de elevação. Ambos são controlados com o auxílio de manivelas que facilitam o movimento de rotação de um fuso que pode aproximar ou afastar-se ao longo do seu eixo, dependendo do sentido do movimento

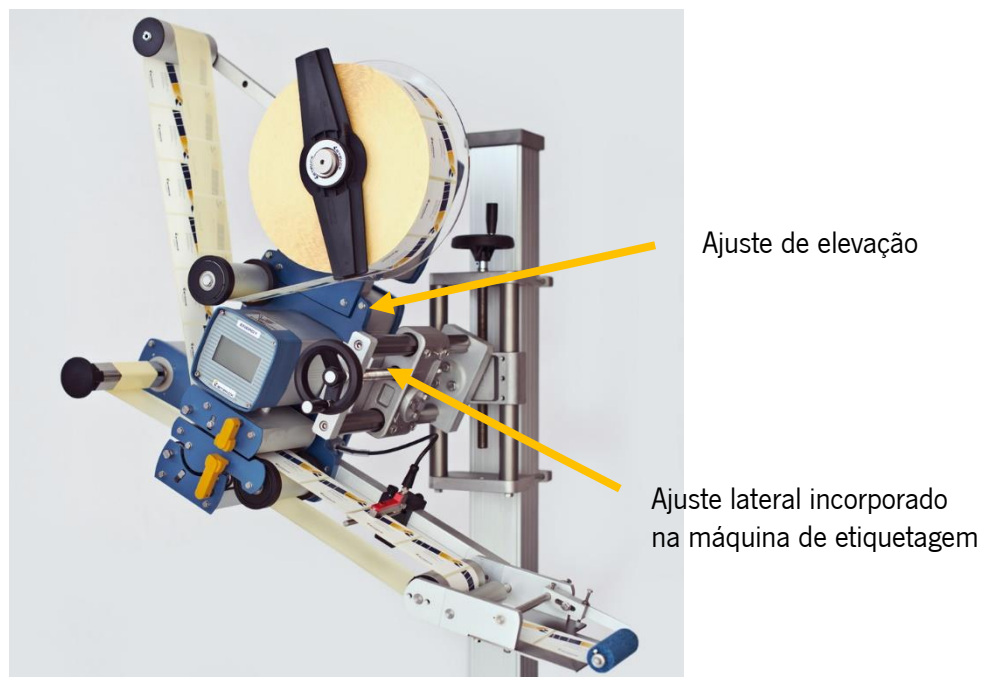


Figura 130 - Ajustes presentes num sistema de posicionamento. Adaptado de [53].

Seguidamente, segue-se uma representação gráfica da função desempenhada por estes sistemas. Primeiramente, o sistema de elevação, responsável por definir corretamente a altura a que dada etiqueta será aplicada.

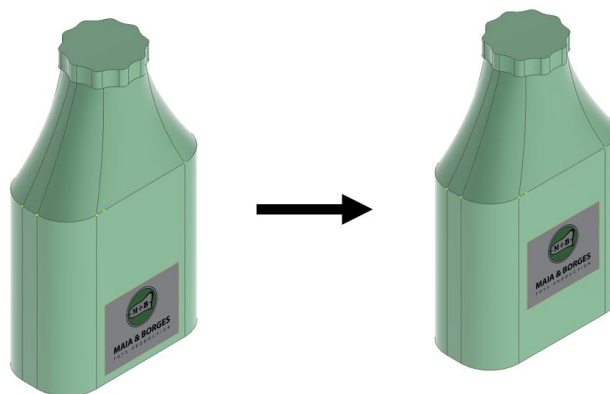


Figura 131 - Influência de um ajuste vertical na etiquetagem de um produto.

Depois deste, na figura 132 tem-se a representação do que o ajuste lateral fará nas peças. Este, é responsável por centrar corretamente as etiquetas.



Figura 132 - Influência de um ajuste horizontal na etiquetagem de um produto.

Para além destes sistemas, tem-se, em alguns casos, sistemas que controlam a inclinação da etiqueta. Normalmente, a máquina de etiquetagem contém um eixo que é possível ser rodado, inclinando assim a máquina. No desenho técnico da figura 133, consegue-se ver a posição deste e a amplitude do seu movimento.

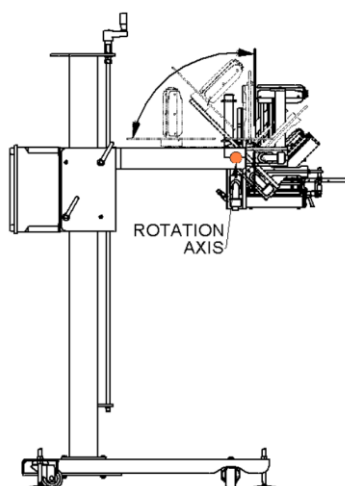


Figura 133 – Desenho técnico onde se representa a amplitude do eixo do sistema de inclinação [54].

A figura 134, demonstra os ajustes que um sistema como este consegue realizar aquando da aplicação de uma etiqueta. A combinação de todos estes sistemas é o que permite uma correta aplicação da mesma, gerando assim um produto final mais completo e atrativo.

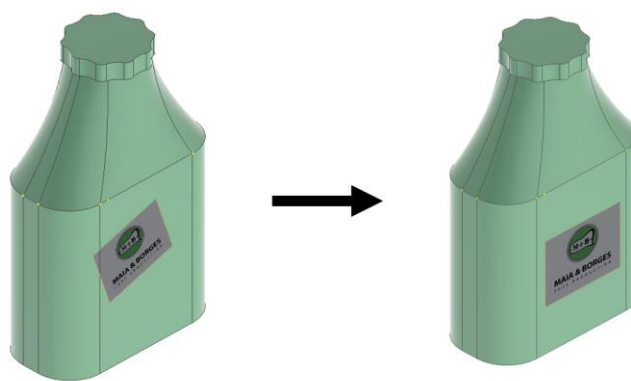
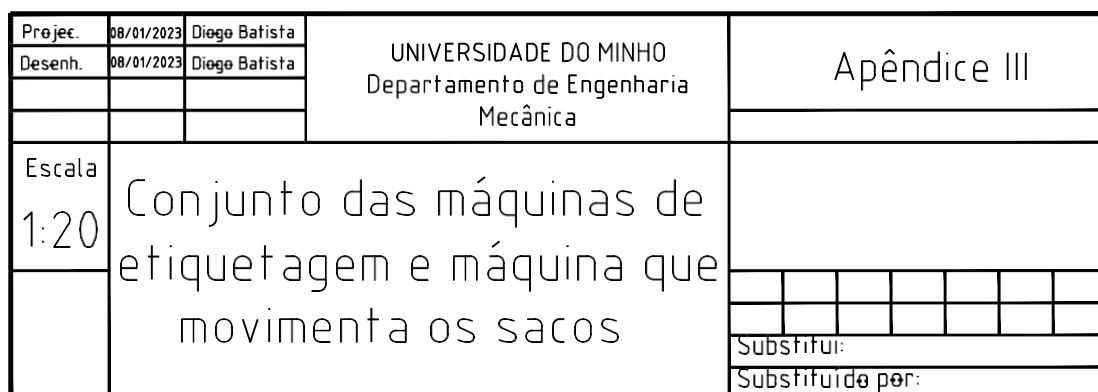
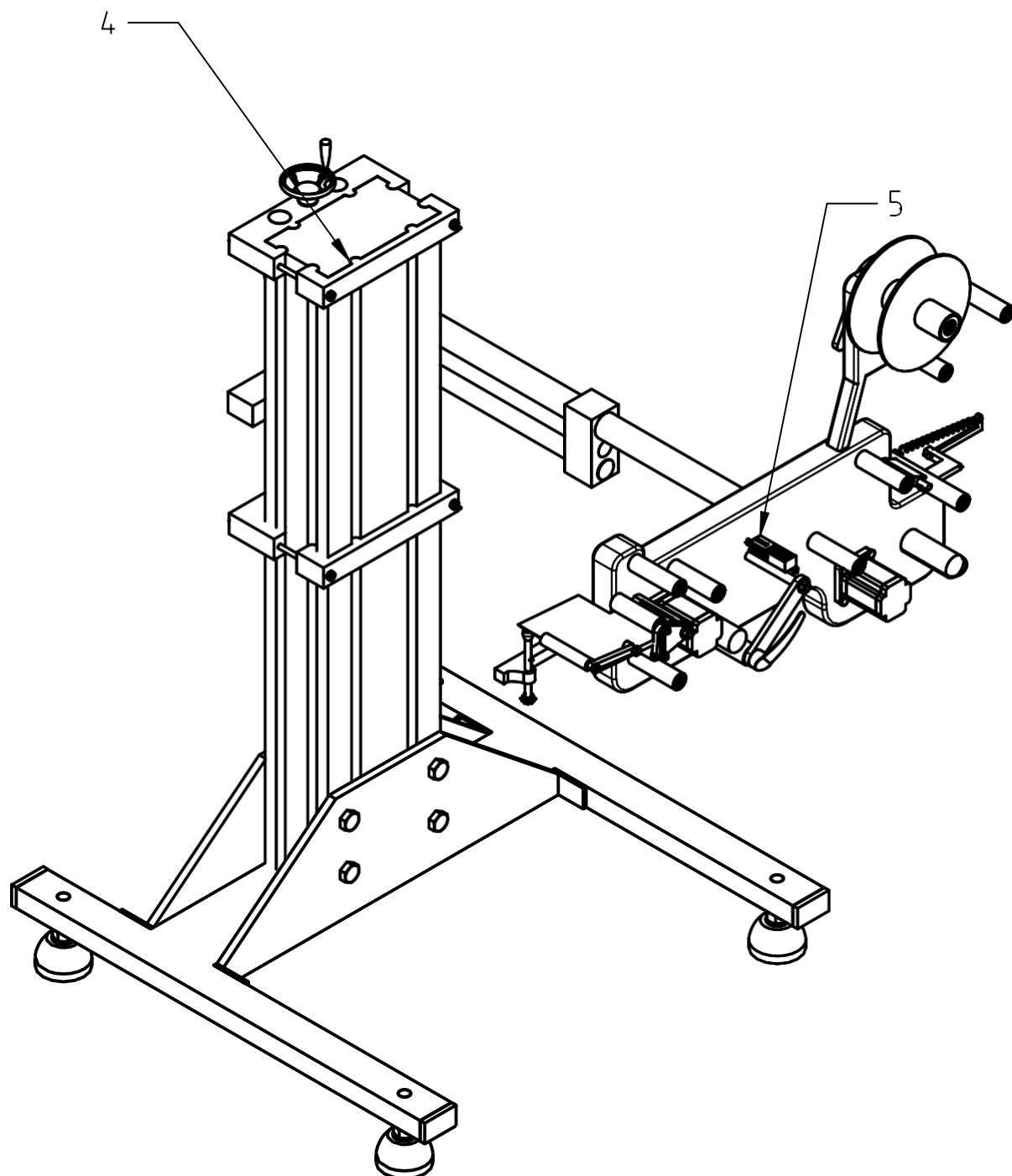


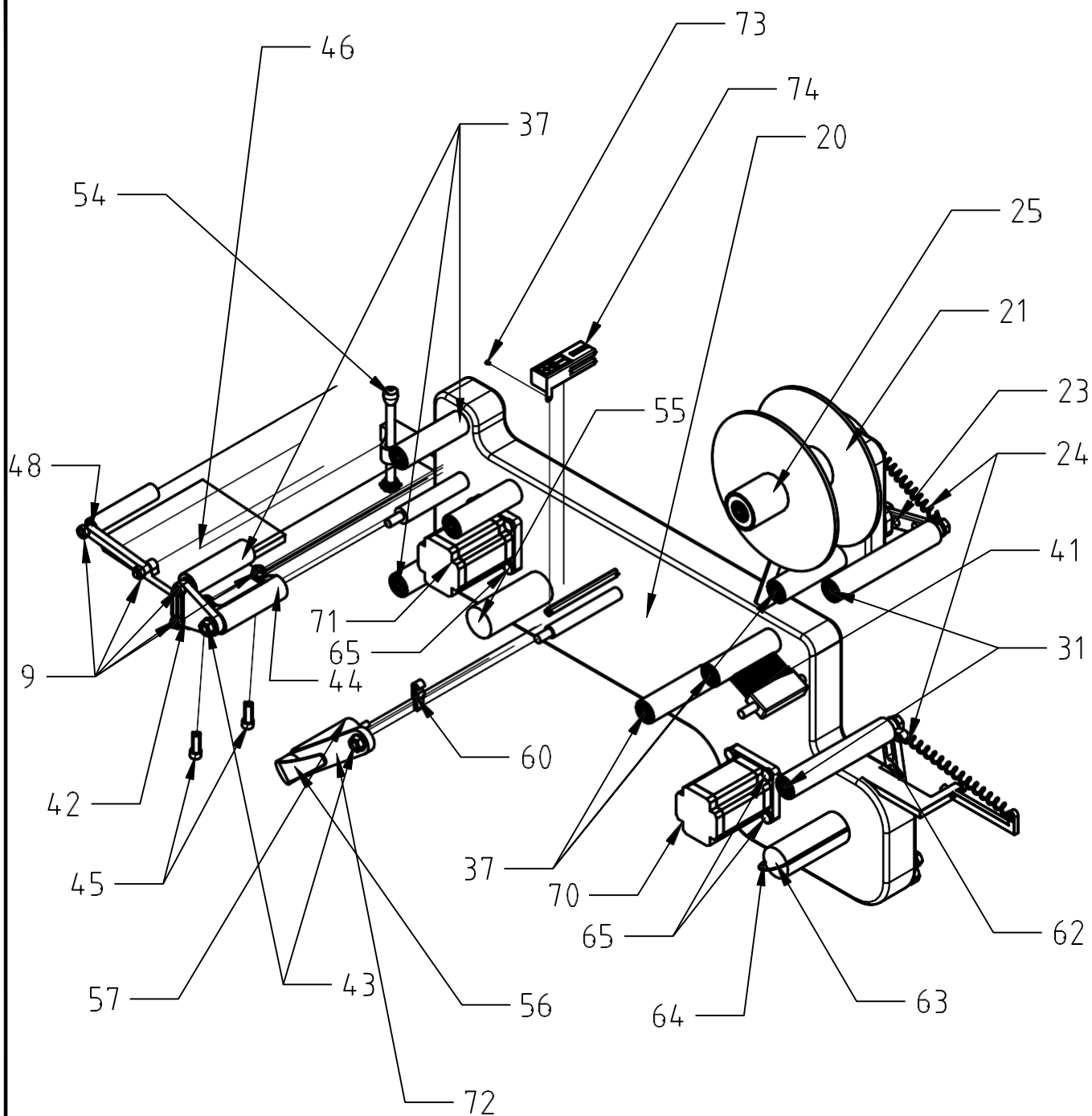
Figura 134 - Influência de um ajuste de inclinação na etiquetagem de um produto.

Anexo III – Desenhos Técnicos dos componentes Modelados

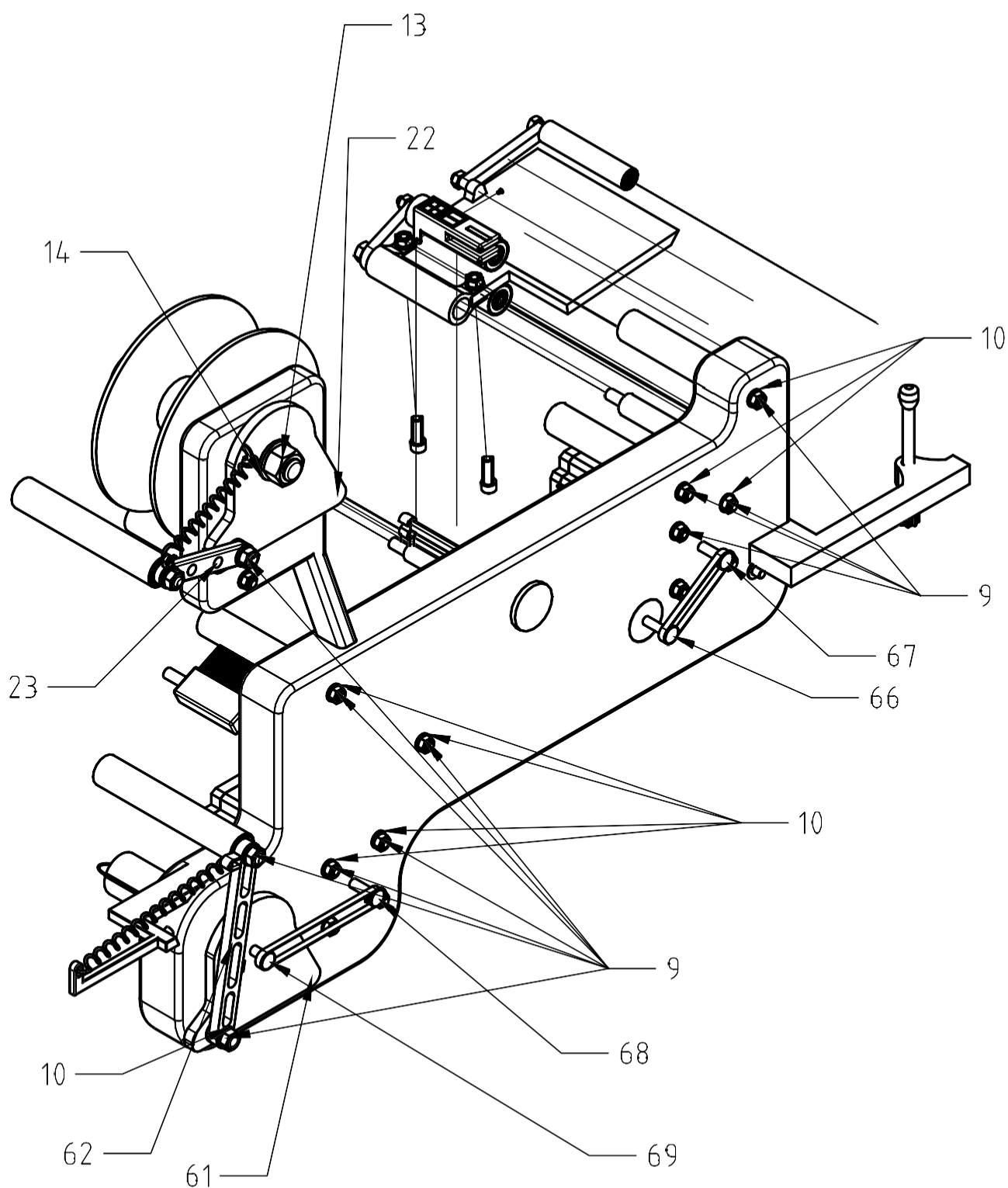




Projec.	08/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III					
Desenh.	08/01/2023	Diego Batista							
Escala	Máquina de etiquetagem individual								
1:10									
				Substituído por:					
				Substituído por:					



Projec.	09/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III						
Desenh.	09/01/2023	Diego Batista								
Escala 1:7	IDENTIFICAÇÃO DOS COMPONENTES DA CABEÇA DA MÁQUINA DE ETIQUETAGEM INDIVIDUAL									
				Substituído por:						
				Substituído por:						



Projec.	13/01/2023	Diogo Batista
Desenh.	13/01/2023	Diogo Batista

UNIVERSIDADE DO MINHO
Departamento de Engenharia
Mecânica

Apêndice III

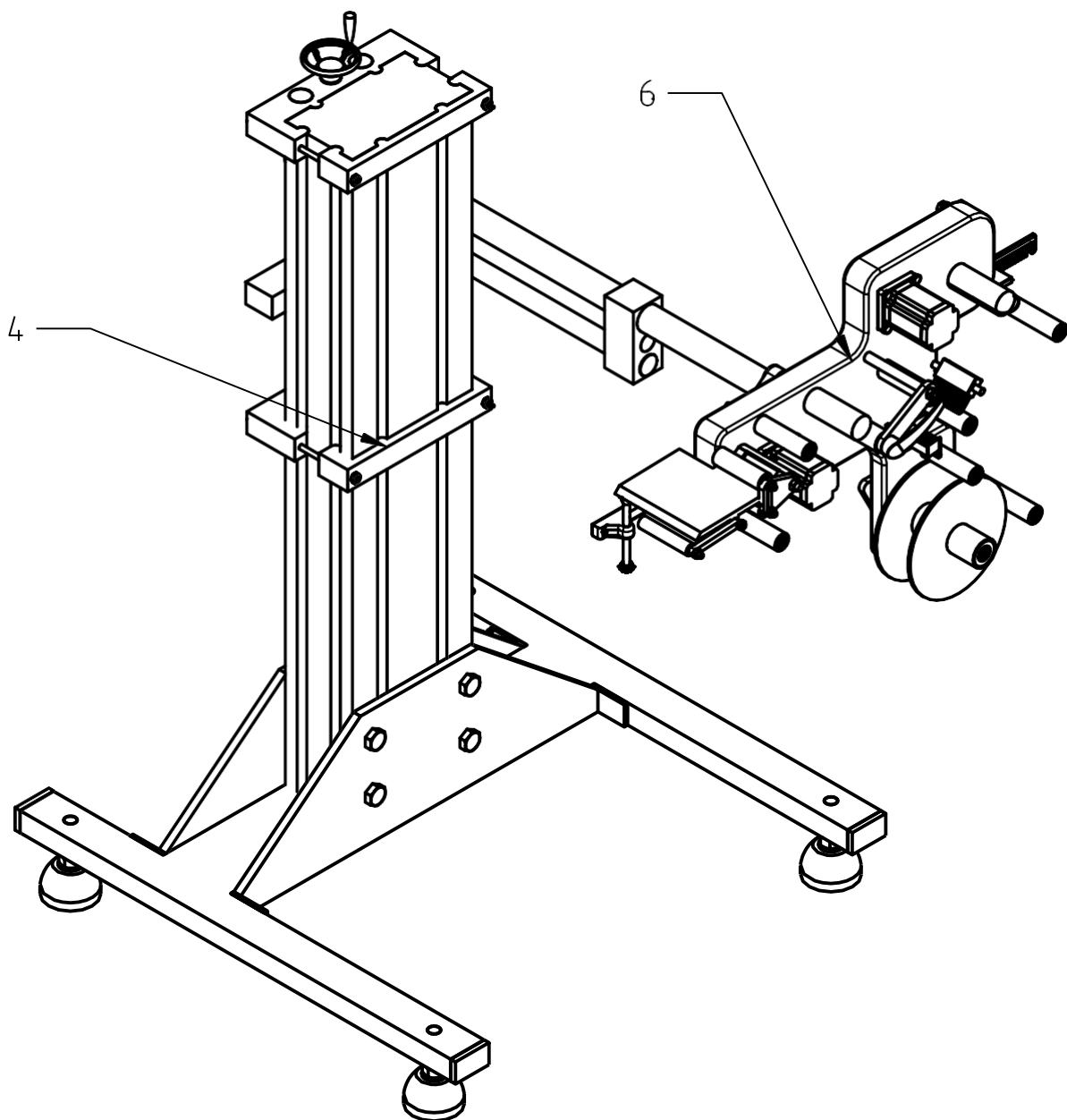
Escala

1:5

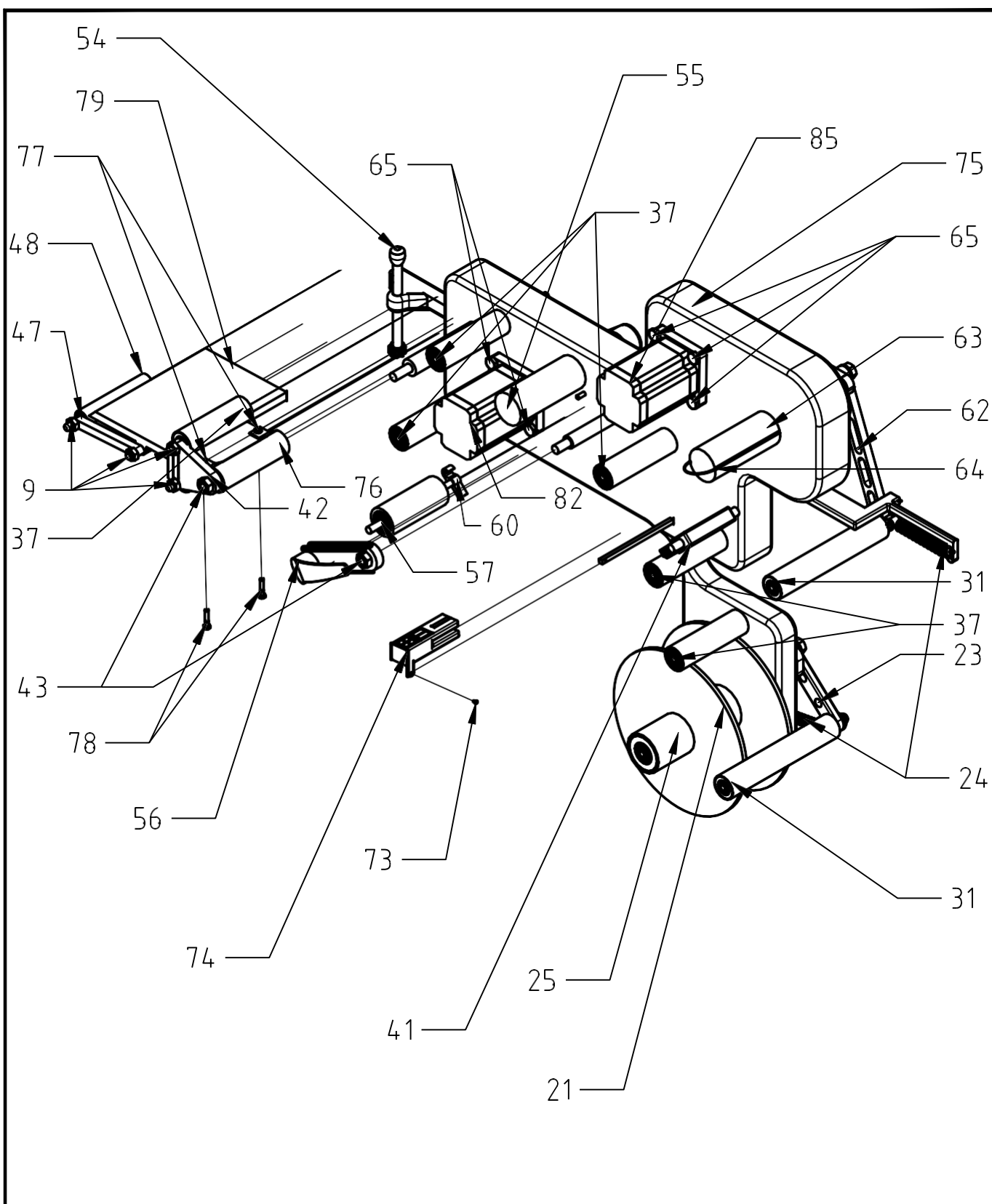
Componentes na parte
traseira da cabeça da
máquina de etiquetagem
individual

Substituído por:

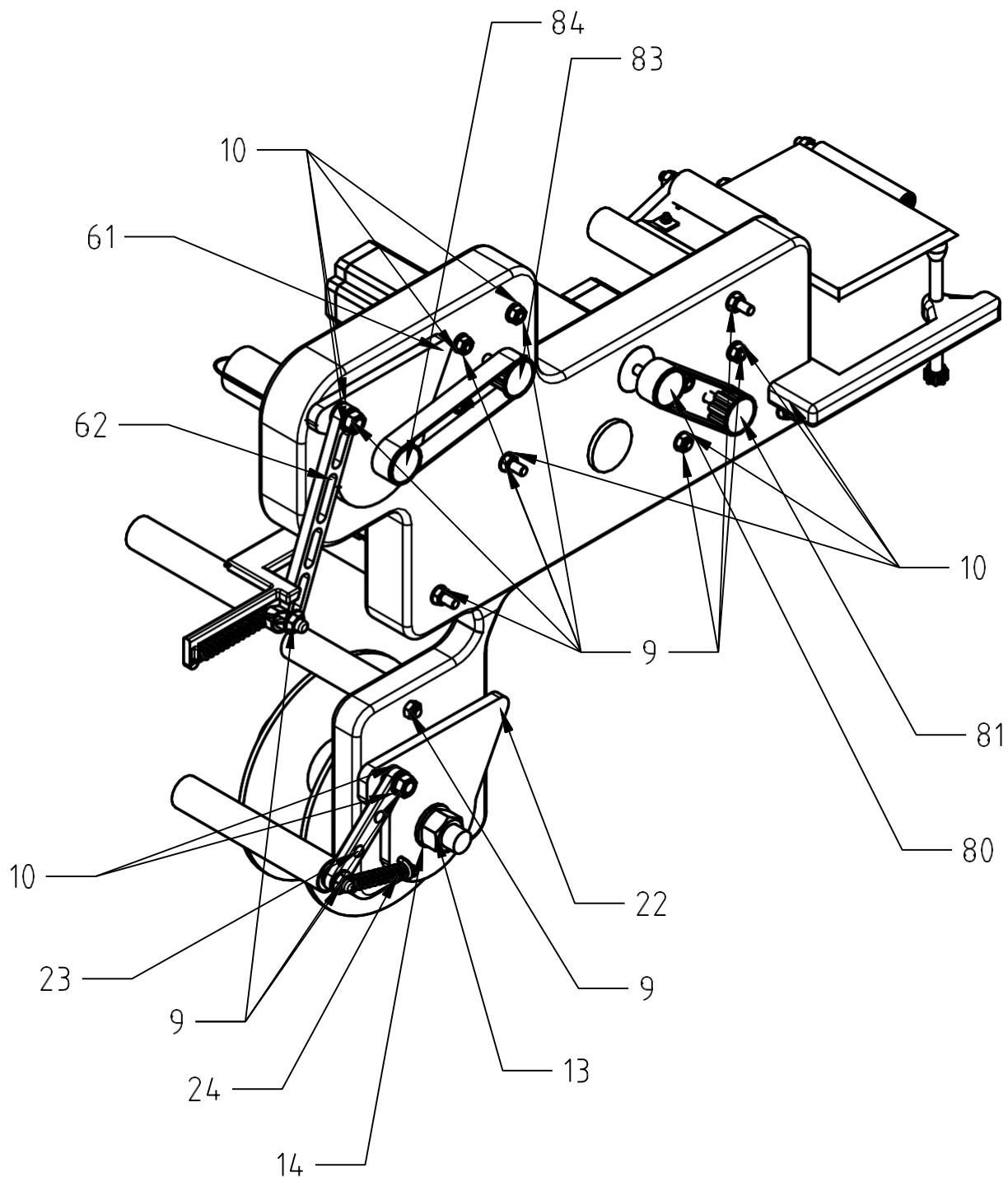
Substituído por:



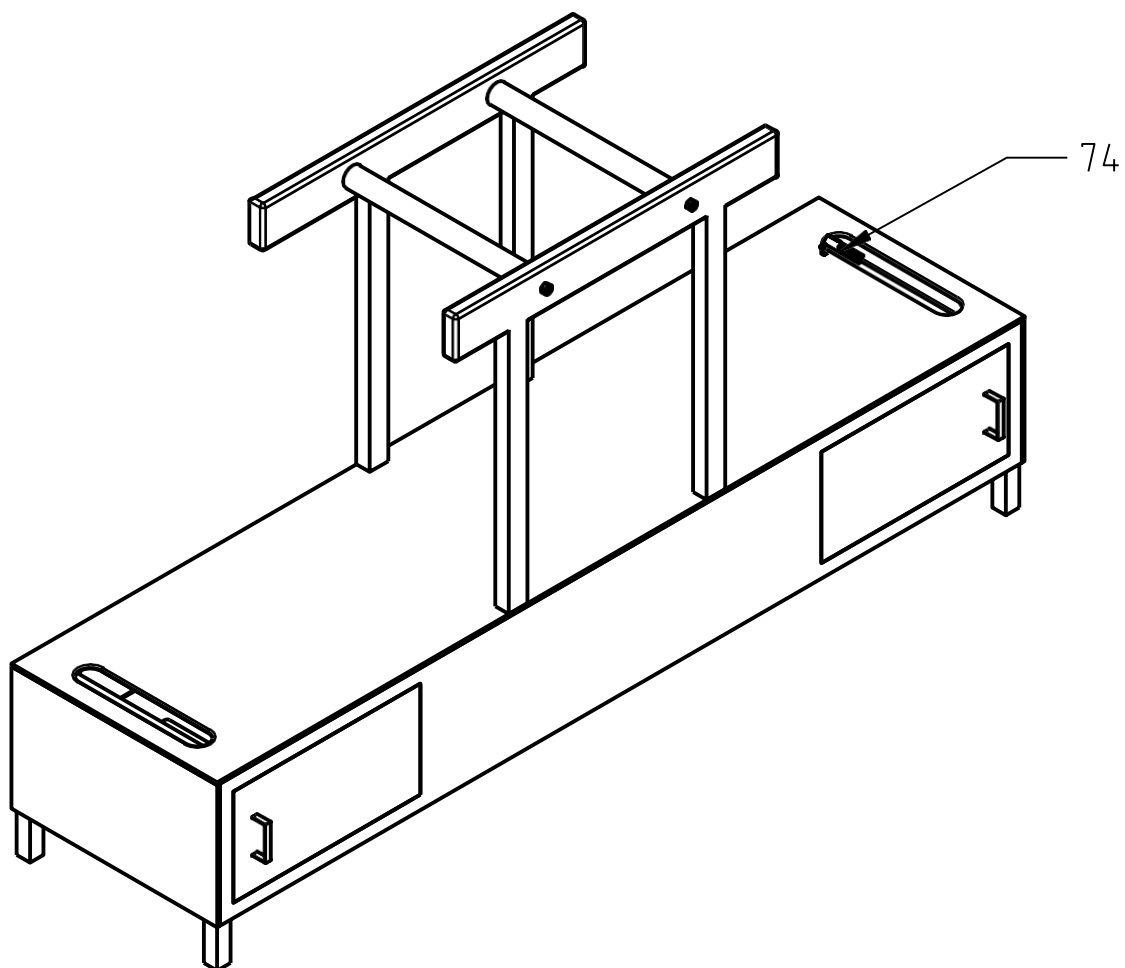
Projec.	08/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III					
Desenh.	08/01/2023	Diego Batista							
Escala	Máquina de etiquetagem de conjunto								
1:10									
				Substituído por:					



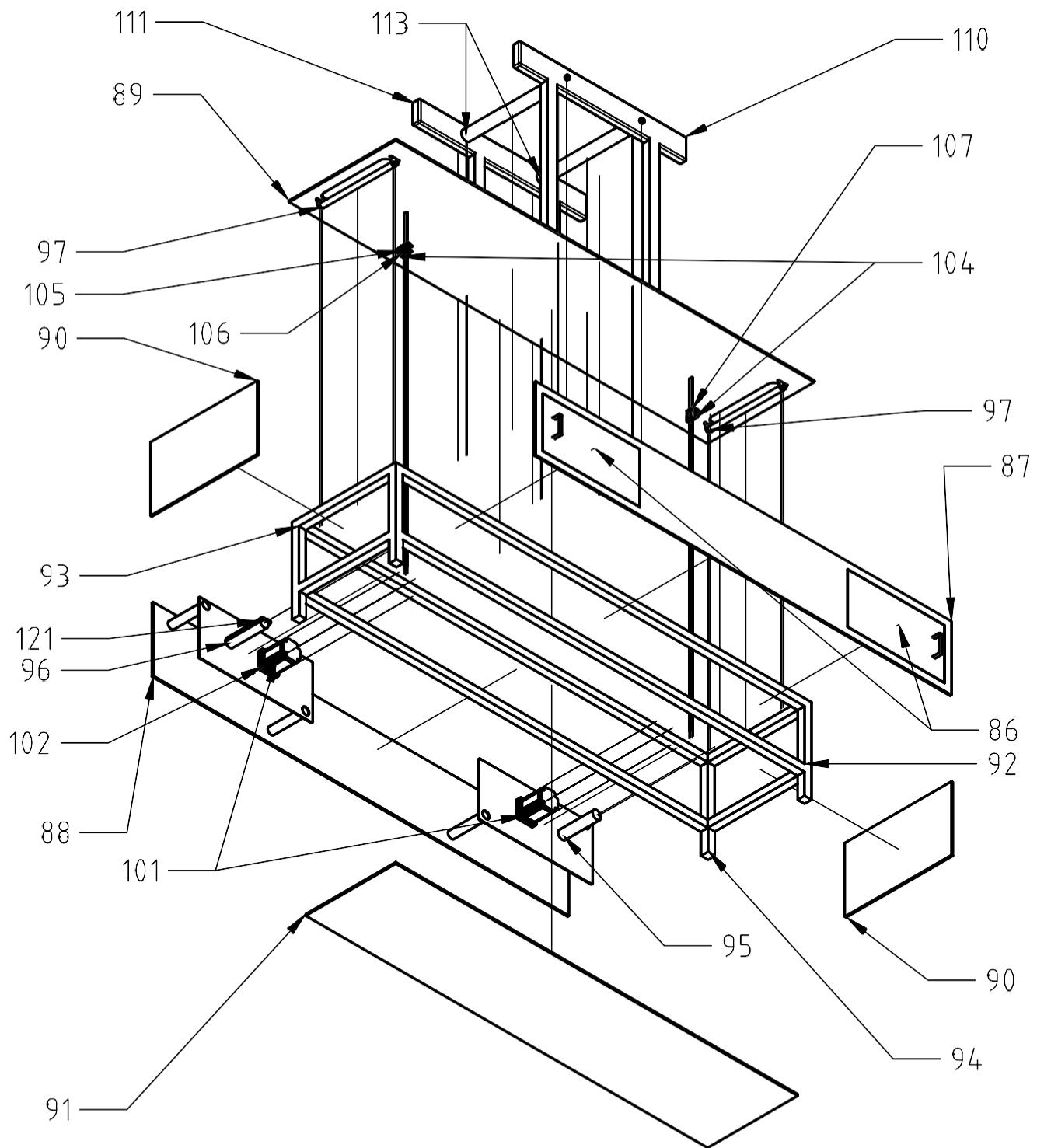
Projec.	13/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III						
Desenh.	13/01/2023	Diego Batista								
Escala	Componentes da máquina de etiquetagem de conjunto									
1:6										
				Substituído por:						



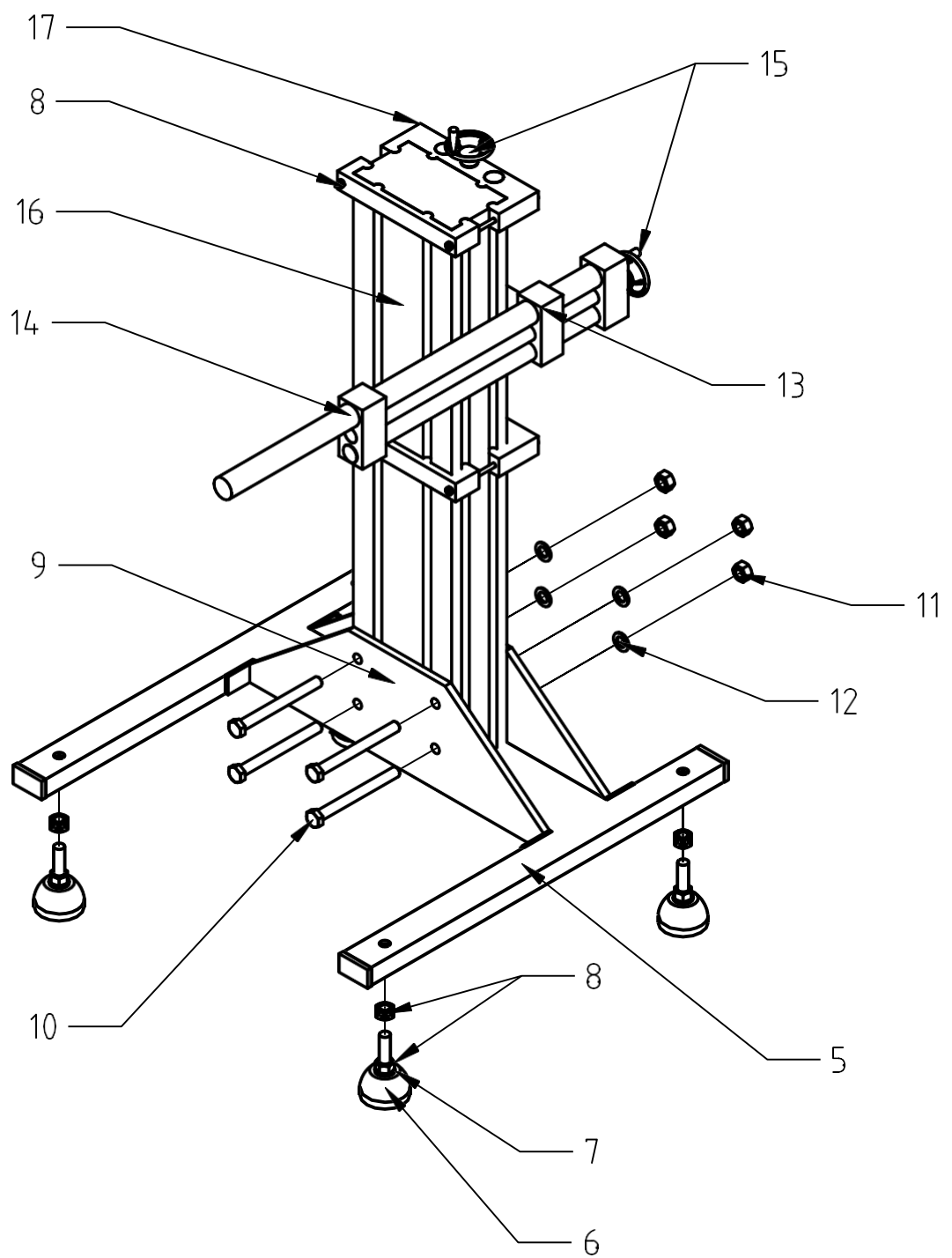
Projec.	13/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III					
Desenh.	13/01/2023	Diego Batista							
Escala 1:5	Componentes da cabeça da máquina de etiquetagem de conjunto								
				Substituído por:					



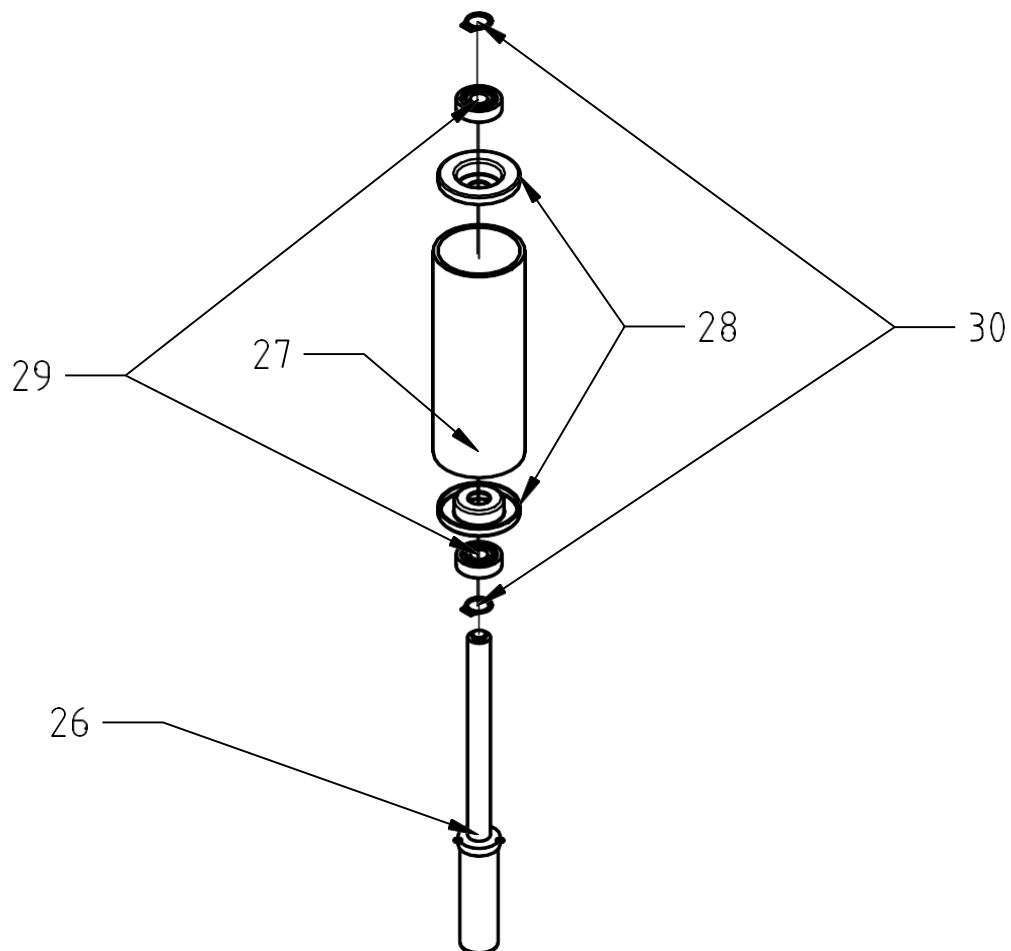
Projec.	16/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III					
Desenh.	16/01/2023	Diego Batista							
Escala	Máquina de movimento dos sacos								
1:20									
				Substituído por:					
				Substituído por:					



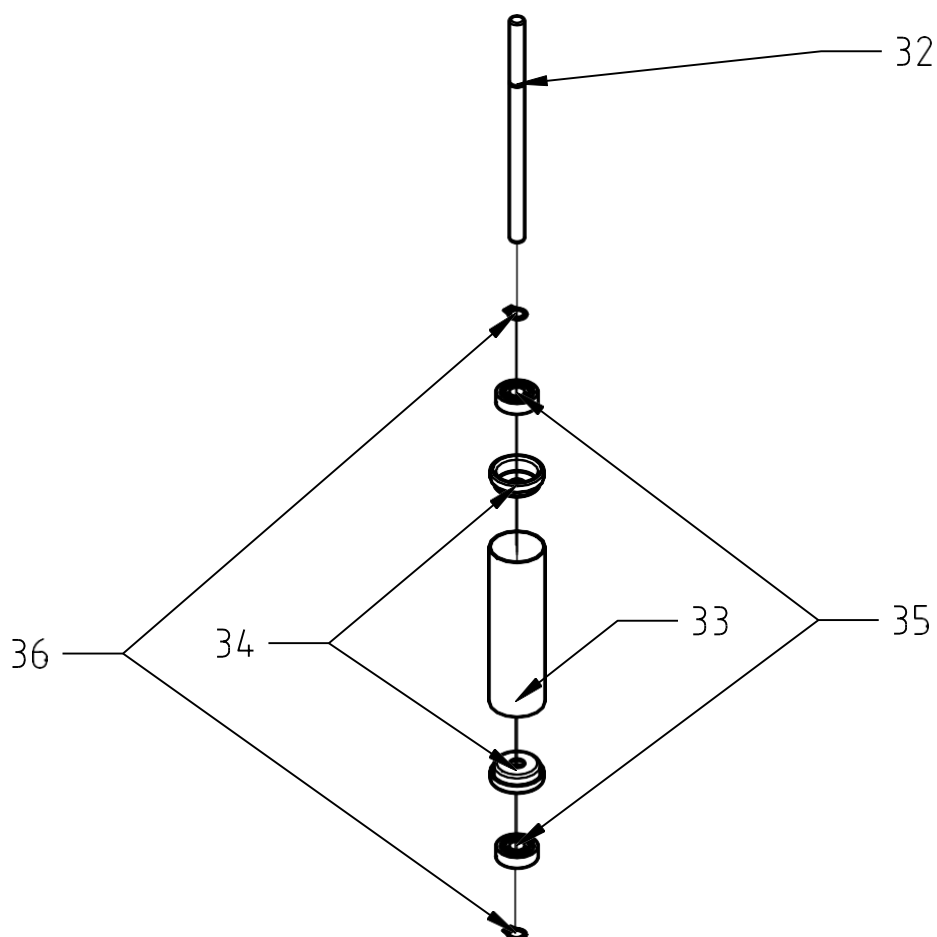
Projec.	16/01/2023	Diogo Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III						
Desenh.	16/01/2023	Diogo Batista								
Escala	Componentes da máquina de movimento dos sacos									
1:30										
				Substituído por:						
				Substituída por:						



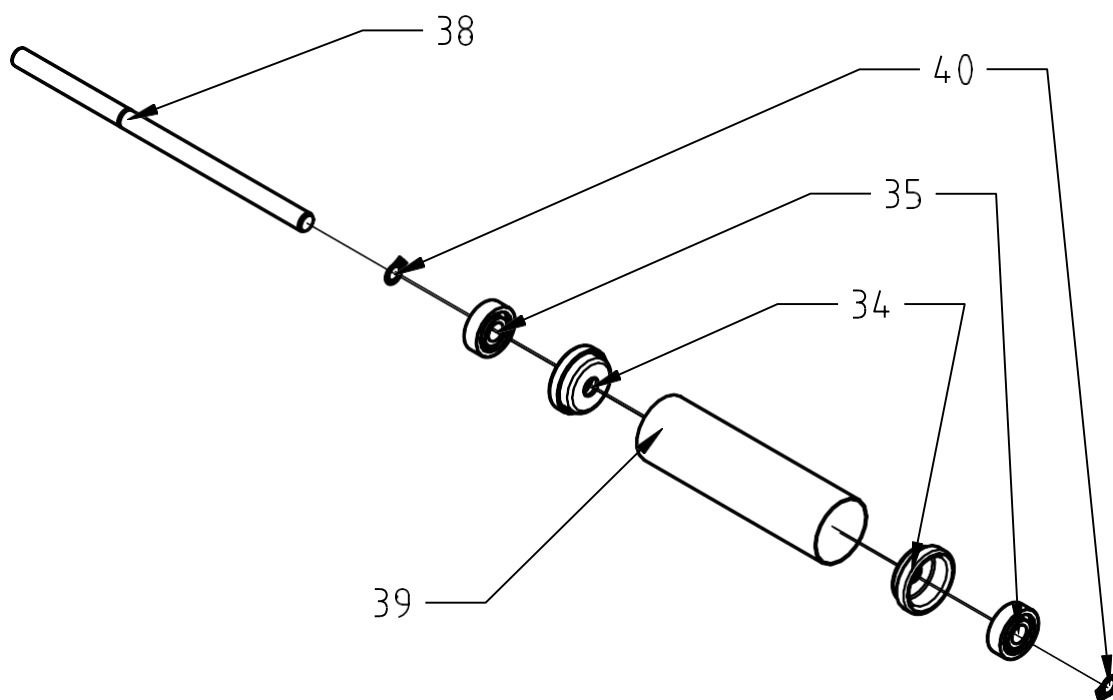
Projec.	09/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III						
Desenh.	09/01/2023	Diego Batista								
Escala 1:12	Parte estrutural da máquina de etiquetagem									
				Substituído por:						
				Substituído por:						



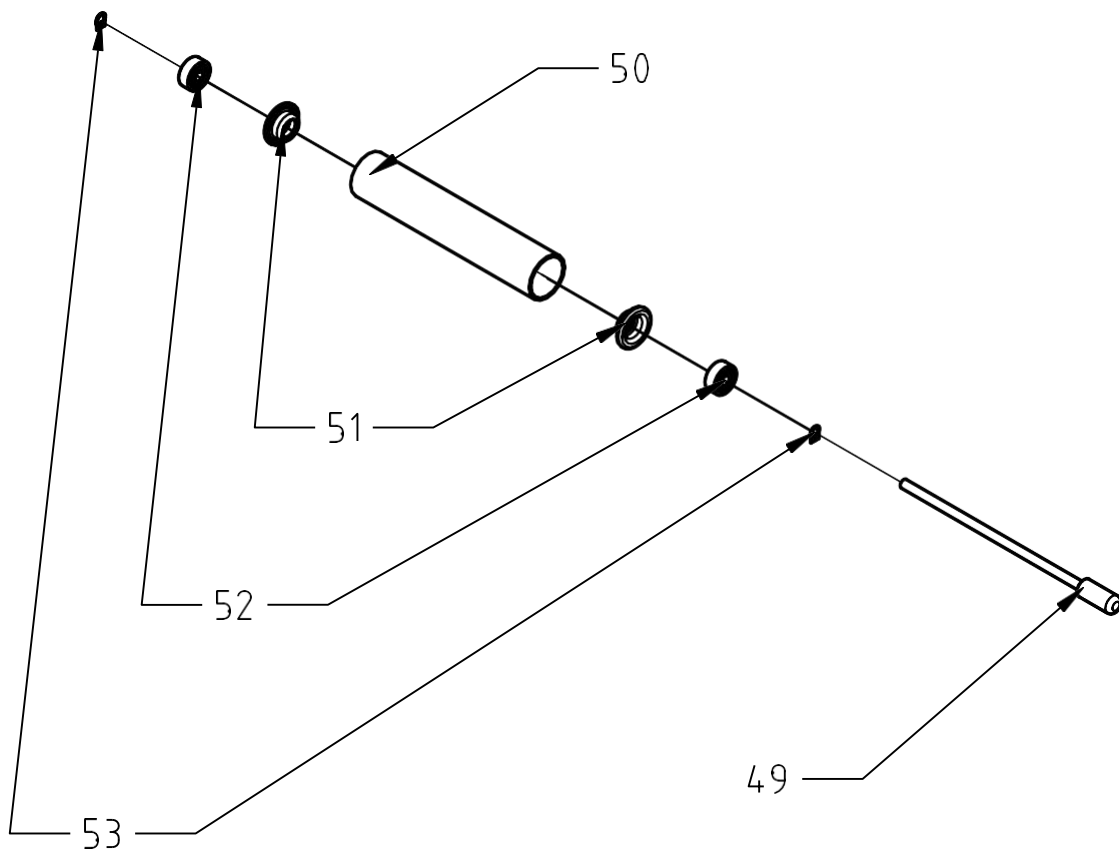
Projec.	13/01/2023	Diogo Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III						
Desenh.	13/01/2023	Diogo Batista								
Escala 1:4	Componentes do rolo guia central (zona de desenrolamento)									
				Substituído por:						
				Substituído por:						



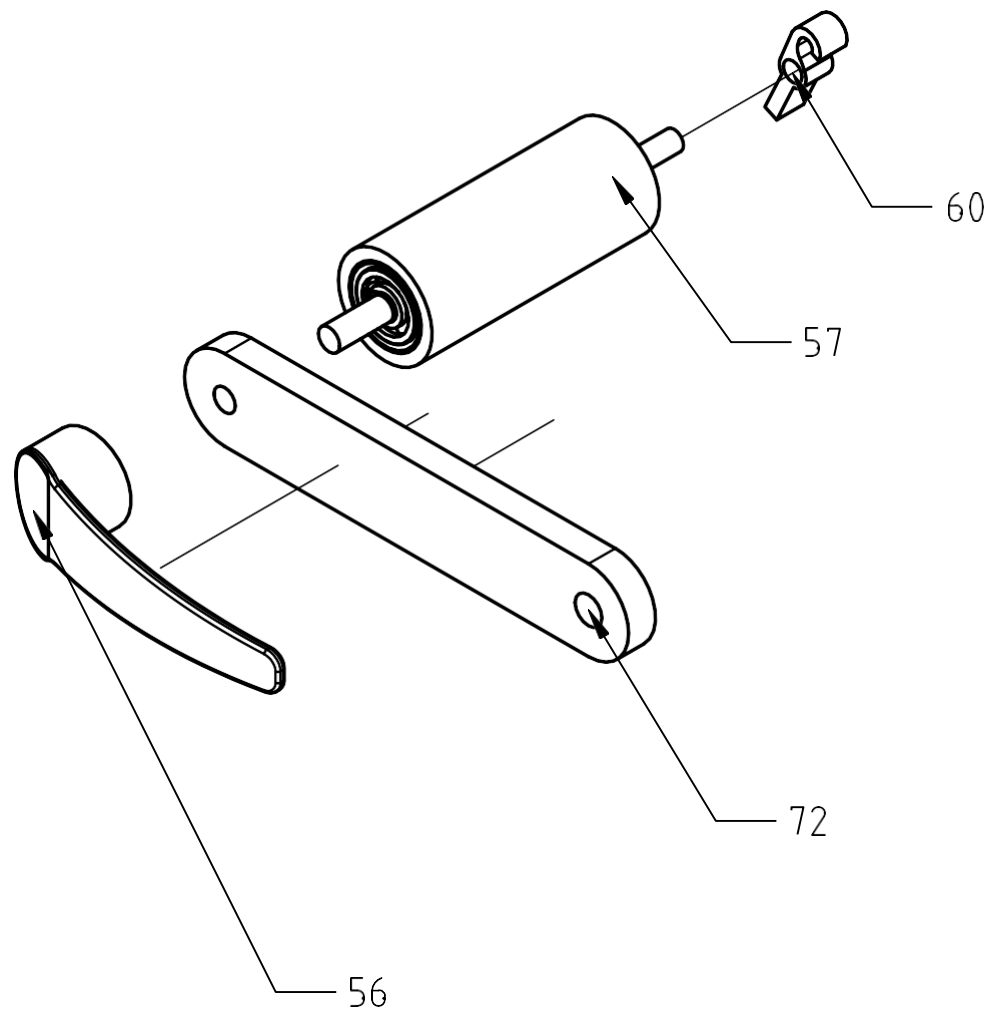
Projec.	13/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III					
Desenh.	13/01/2023	Diego Batista							
Escala	Componentes do rolo guia do braço pivot								
1:4									
				Substituído por:					
				Substituído por:					



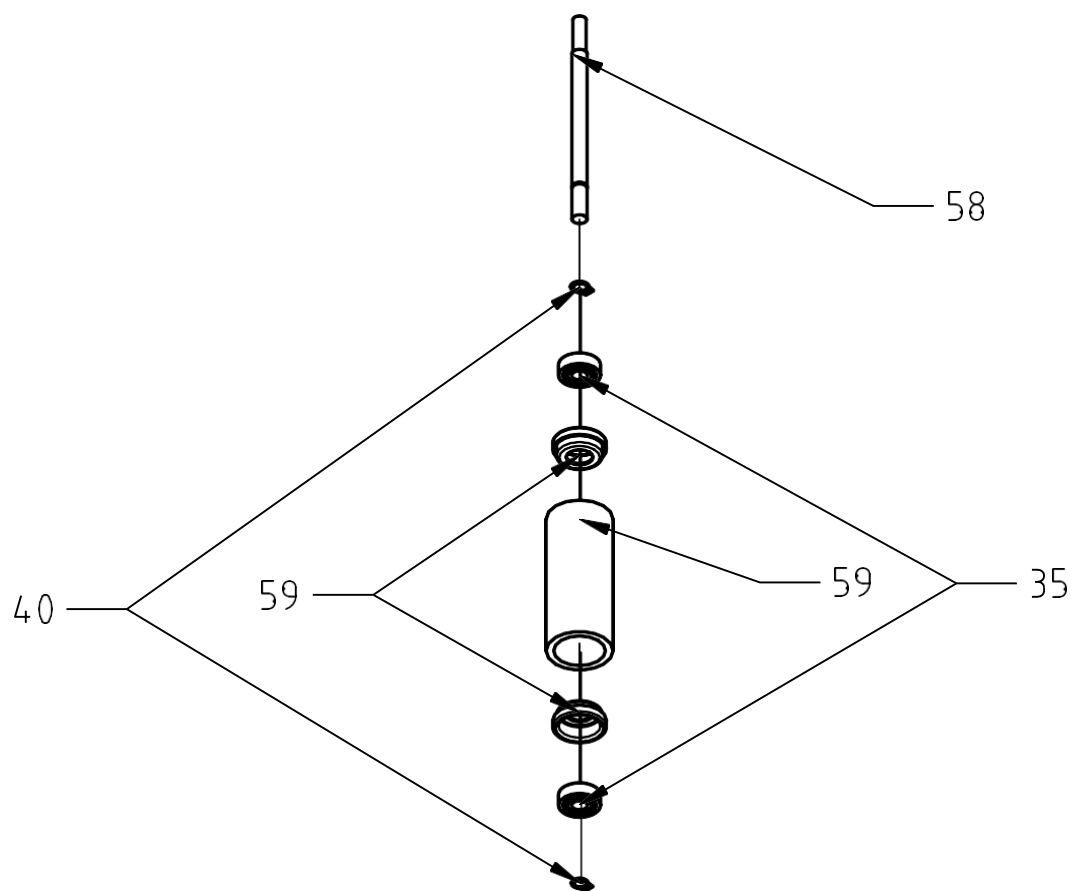
Projec.	13/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III						
Desenh.	13/01/2023	Diego Batista								
Escala	Componentes do rolo guia fixo na parede									
1:3										
				Substituído por:						
				Substituído por:						



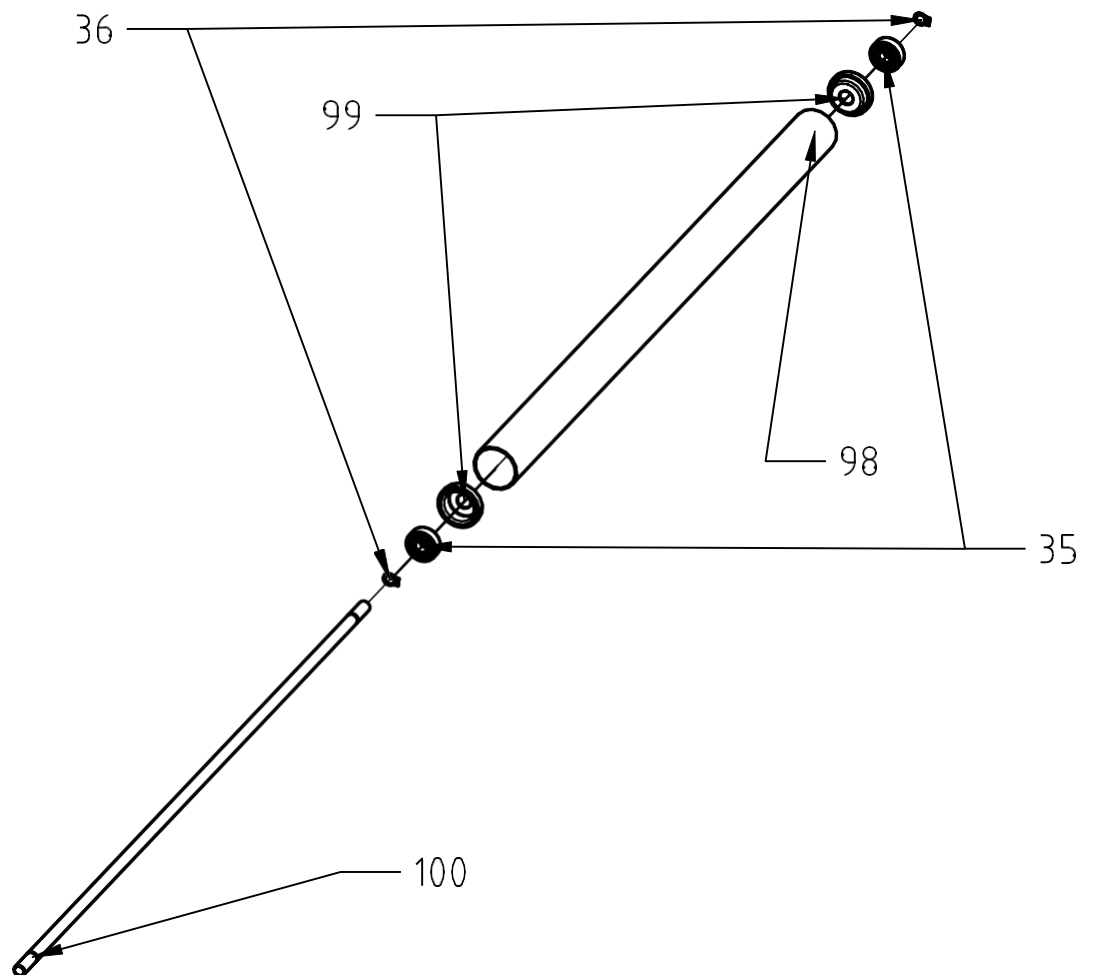
Projec.	13/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III					
Desenh.	13/01/2023	Diego Batista							
Escala 1:3	Componentes do rolo aplicador de etiquetas								
				Substituído por:					
				Substituído por:					



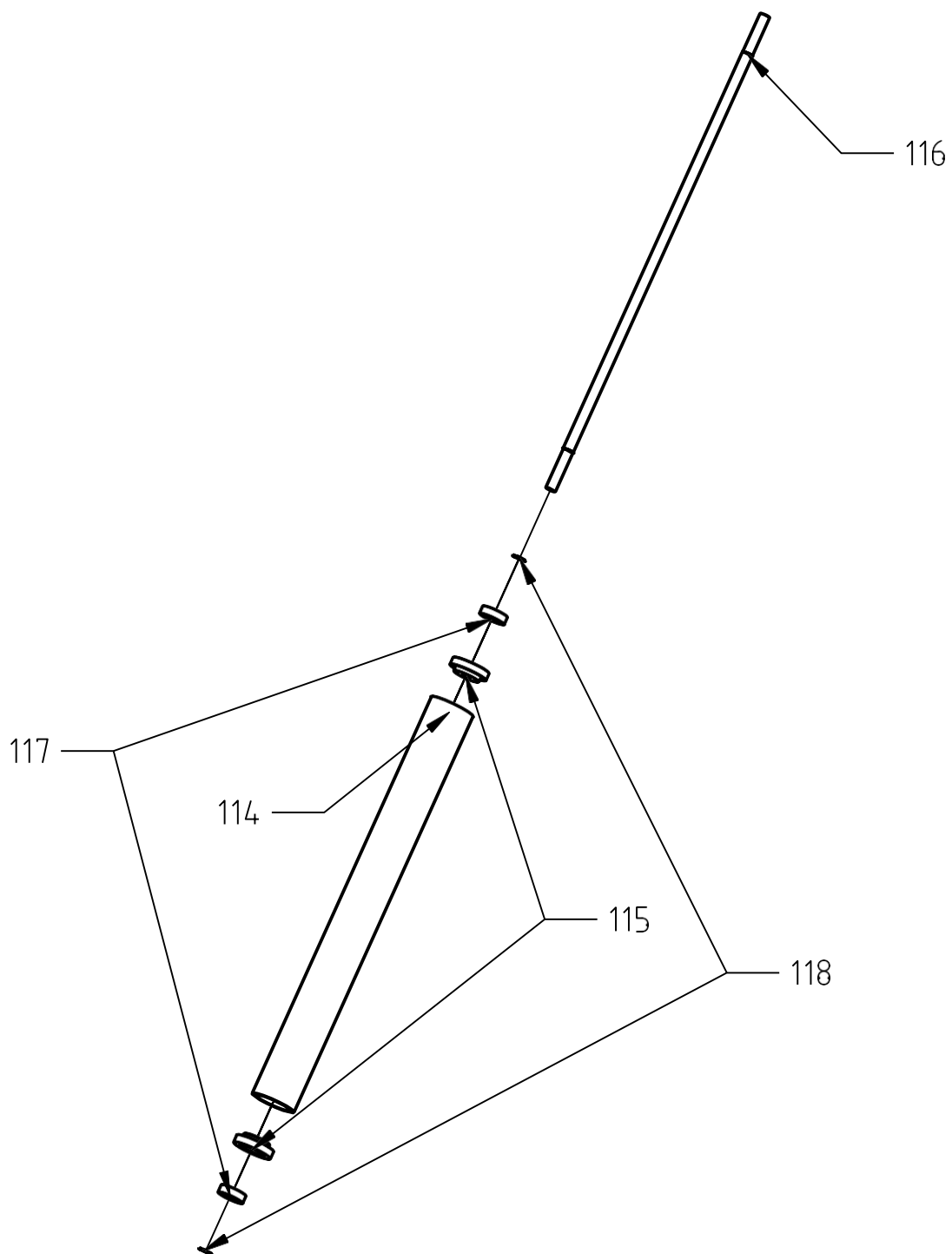
Projec.	14/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III					
Desenh.	14/01/2023	Diego Batista							
Escala	Componentes do braço pivot do rolo de pressão								
1:2									
				Substituído por:					
				Substituído por:					



Projec.	13/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III					
Desenh.	13/01/2023	Diego Batista							
Escala	Componentes presentes no rolo de pressão								
1:4									
				Substituído por:					
				Substituído por:					



Projec.	16/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III						
Desenh.	16/01/2023	Diego Batista								
Escala	Rolos guia (segunda e sexta estação)									
1:4										
				Substituído por:						
				Substituído por:						



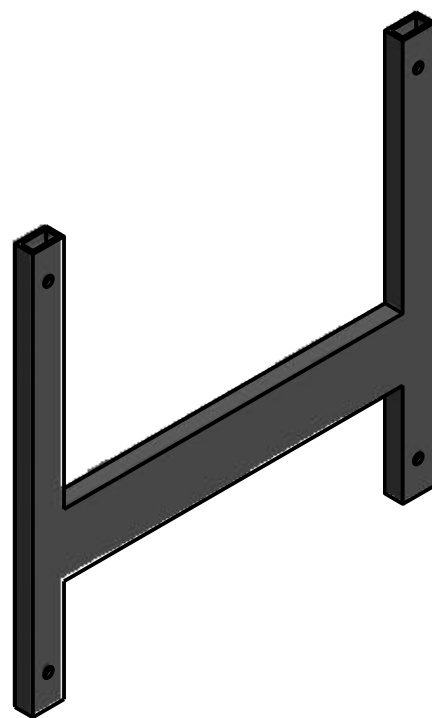
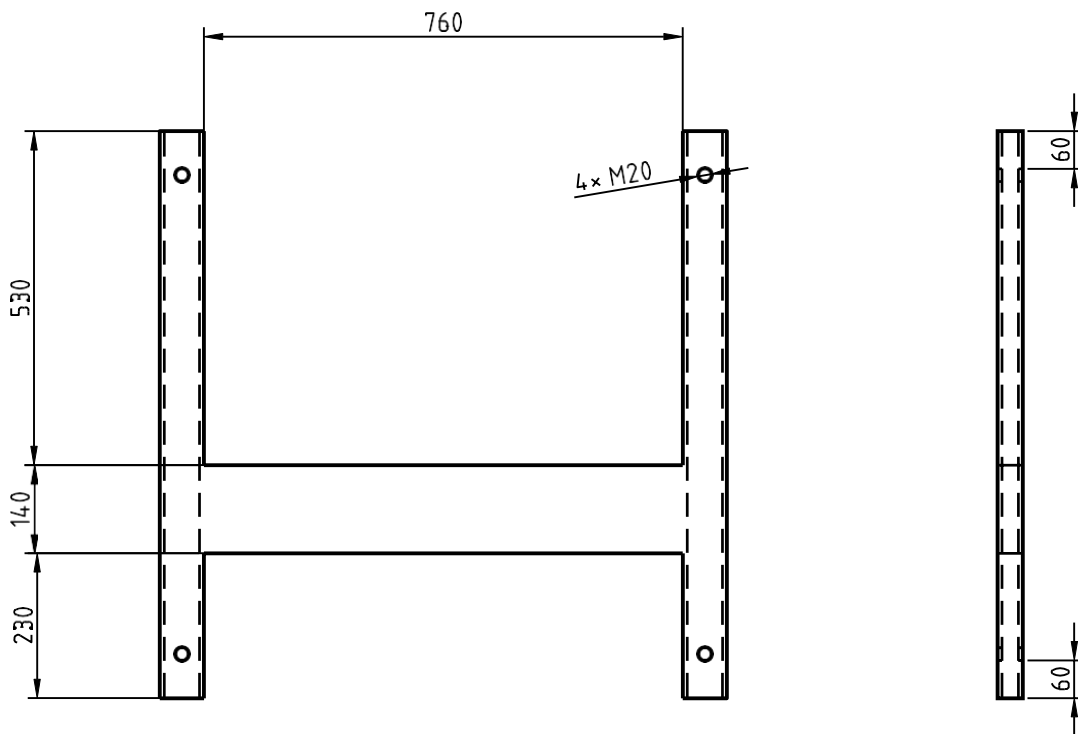
Projec.	16/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III						
Desenh.	16/01/2023	Diego Batista								
Escala 1:10	Componentes do rolo guia do topo da máquina									
				Substituído por:						
				Substituído por:						

2	Parafuso	ISO 14579: 2011(E): M8x25 – 8.8	45		
1	Suporte da placa de separação		44		
12	Porca Hexagonal	ISO 4032 M10	43		
2	Peça de inclinação dos rolos guia do sistema de inclinação		42		
2	Escova de tensão		41		
34	Anel de retenção	Ansi B 27.7M 3AMI-7	40		
15	Parte exterior do rolo guia fixo à parede		39		
15	Eixo do rolo guia fixo à parede		38		
15	Rolo guia fixo à parede		37		
12	Anel de retenção	Ansi B 27.7M 3AMI-8	36		
46	Rolamento	BS 290 SKF – With Z shield SKF 608-Z	35		
42	Componente que armazena rolamento do rolo guia do braço pivot		34		
4	Parte exterior rolo guia braço pivot		33		
4	Eixo do rolo guia do braço pivot		32		
4	Rolo guia braço pivot		31		
4	Anel de retenção	Ansi B 27.7M 3AMI-12	30		
4	Rolamento	BS 290 SKF – With Z shield SKF 609-Z	29		
4	Elemento onde se colocam os rolamentos do rolo guia da primeira estação		28		
2	Superfície do rolo guia que suporta o rolo de etiquetas		27		
2	Eixo do rolo guia que suporta o rolo de etiquetas		26		
2	Rolo guia central (zona de desenrolamento)		25		
4	Mola helicoidal de tração		24		
2	Braço pivot		23		
2	Estrutura de fixação do braço pivot		22		
4	Suporte horizontal do rolo de etiquetas		21		
1	Estrutura da cabeça da máquina de etiquetagem individual		20		
2	Estrutura de calibração vertical		19		
2	Estrutura central		18		
4	Manivela ajuste		17		
2	Peça ajuste horizontal		16		
2	Peça ajuste vertical		15		
10	Anilha	ISO 7089 20	14		
10	Porca hexagonal	ISO 4032 M20	13		
8	Parafuso	ISO 8765 M20	12		
4	Peça que fixa a parte estrutural		11		
91	Porca Hexagonal	ISO 4032 M8	10		
51	Anilha	ISO 7089 8	9		
8	Pé nivelador		8		
2	Base da máquina de etiquetagem		7		
1	Cabeça da máquina de etiquetagem de conjunto		6		
1	Cabeça da máquina de etiquetagem individual		5		
1	Parte estrutural da máquina de etiquetagem		4		
1	Máquina de movimento dos sacos de plástico		3		
1	Máquina de etiquetagem de conjunto		2		
1	Máquina de etiquetagem individual		1		
Nº	DESIGNAÇÃO	Nº DA NORMA	Nº REF	OBSERVAÇÕES	
	Projec.	18/01/2023	Diogo Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III
	Desenh.	18/01/2023	Diogo Batista		
		Escala	Sistema de etiquetagem – lista de componentes		
					Substitui:
					Substituída por:

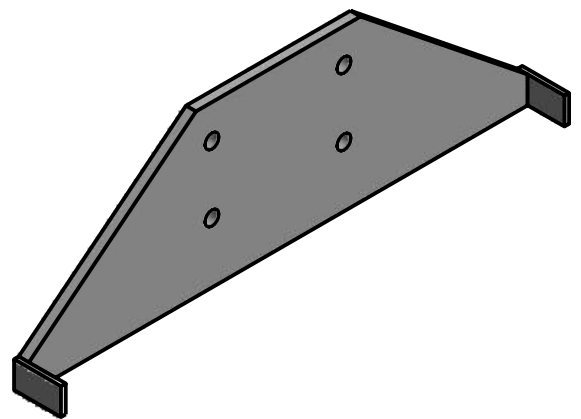
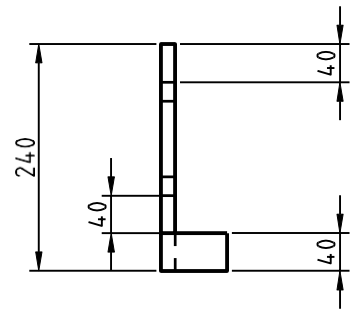
2	Chapa 770x460x10		90	
1	Chapa superior		89	
1	Chapa traseira e placa onde se fixam os motores		88	
1	Chapa frontal		87	
2	Porta de acesso aos rolos dos sacos de plástico		86	
1	Servo motor da máquina de etiquetagem de conjunto		85	OMRON, série R88M-G, R88M-G1K030T
1	Polia eixo movido - Servo motor conjunto		84	
1	Polia eixo motor - Servo motor conjunto		83	
1	Motor passo da máquina de etiquetagem de conjunto		82	Kalatec, NEMA 34, KTC-5034-350
1	Polia eixo movido motor passo conjunto		81	
1	Polia eixo motor motor passo conjunto		80	
1	Placa de separação da máquina de etiquetagem de conjunto		79	
2	Parafuso	ISO 4015 M4x20	78	
2	Porca Hexagonal	ISO 4032 M4	77	
1	Suporte da placa de separação da máquina de etiquetagem de conjunto		76	
1	Parte estrutural da máquina de etiquetagem de conjunto		75	
3	Sensor fotoelétrico		74	
2	Parafuso do sensor fotoelétrico	ISO 1482 - C ST 2,2x4,5-C	73	
2	Braço pivot do rolo guia de pressão		72	
1	Motor de passo da máquina de etiquetagem individual		71	Kalatec, NEMA 34, KTC-5034-349
1	Servo Motor enrolamento da máquina de etiquetagem individual		70	OMRON, série R88M-G, R88M-G1K030T
1	Polia eixo movido - Servo motor máquina etiquetagem individual		69	
1	Polia eixo motor - Servo motor máquina etiquetagem individual		68	
1	Polia eixo movido - Motor passo individual		67	
1	Polia eixo motor - Motor passo individual		66	
2	Parafuso	ISO 4014 M8x70	65	
2	Chave que fixa o rolo da fita		64	
2	Componente onde se enrola a fita		63	
2	Braço pivot sistema de enrolamento		62	
2	Estrutura do braço pivot sistema de enrolamento		61	
2	Peça de acoplamento do rolo de pressão		60	
2	Parte exterior do rolo de pressão		59	
2	Eixo do rolo de pressão		58	
2	Rolo de pressão		57	
2	Puxador do rolo de pressão		56	
2	Rolo de Acionamento		55	
2	Fuso inclinar placa de separação		54	
4	Anel de retenção	Ansi B 27.7 M 3AM-4	53	
4	Rolamento	BS 290 SKF - With Z shield SKF 624-Z	52	
4	Peça intermédia do rolo aplicador de etiquetas		51	
2	Parte exterior do rolo aplicador de etiquetas		50	
2	Eixo do rolo aplicador de etiquetas		49	
2	Rolo aplicador de etiquetas		48	
2	Suporte do rolo aplicador de etiquetas		47	
1	Placa de separação		46	
Nº	DESIGNAÇÃO	Nº DA NORMA	Nº REF	OBSERVAÇÕES

	Projec.	18/01/2023	Diogo Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III				
	Desenh.	18/01/2023	Diogo Batista						
	Escala	Sistema de etiquetagem - lista de componentes							
					Substituído por:				

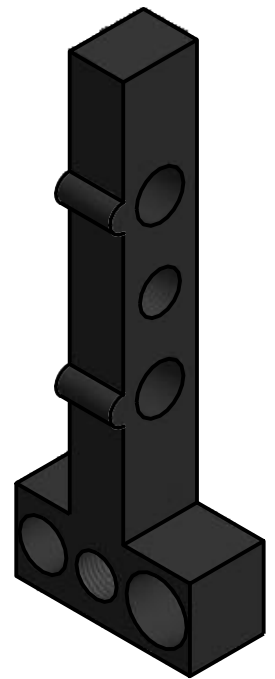
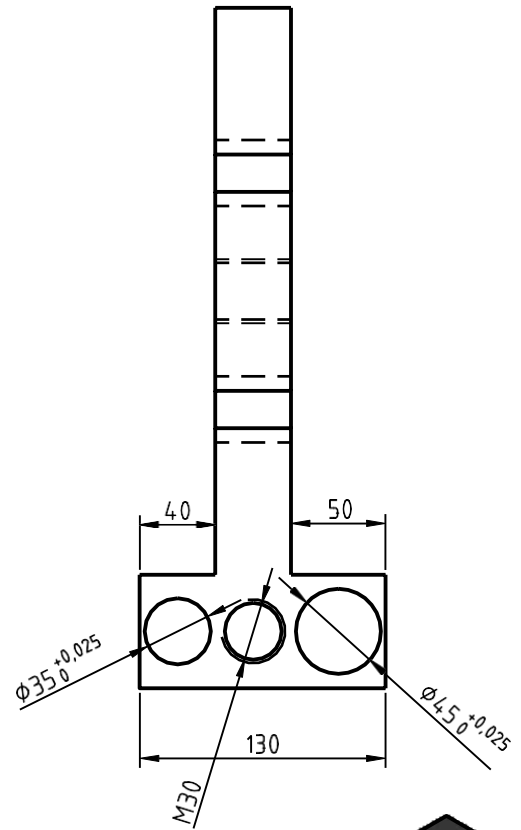
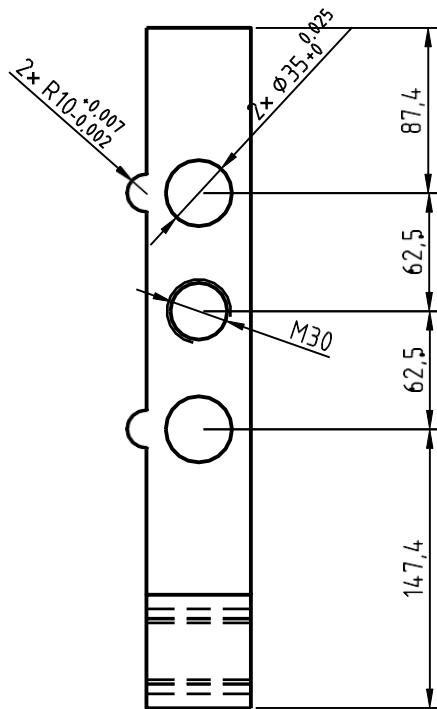
[illegible]



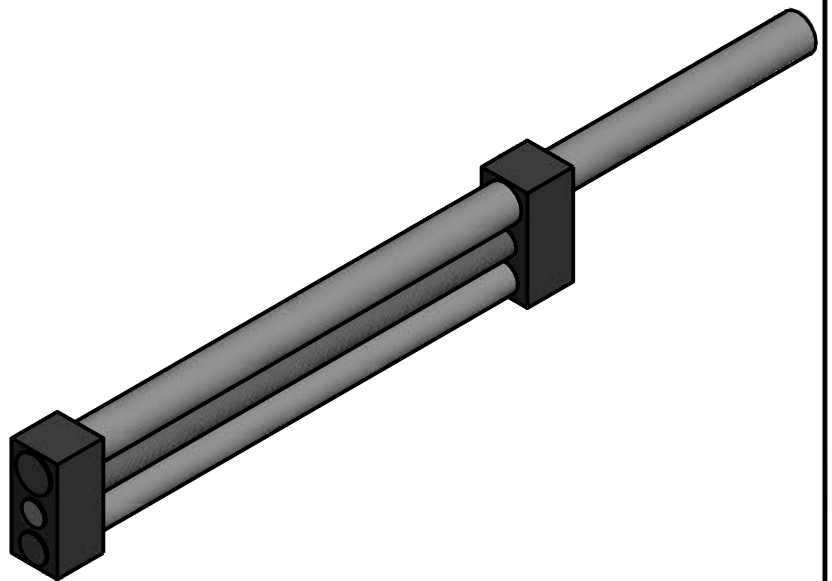
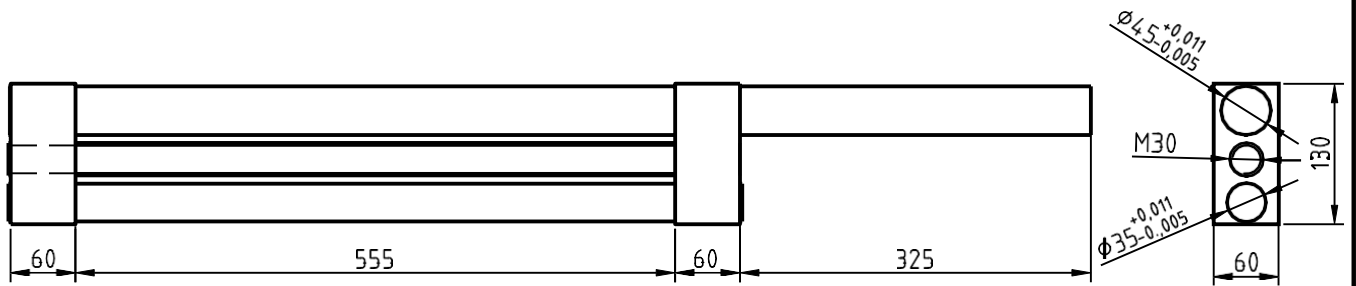
Observações	Projec.	08/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III														
Furos: -Rosca: Iso Metric profile -Designação: M20x2,5 -Classe: 6H	Desenh.	08/01/2023	Diego Batista																
	Escala 1:6	Base da máquina de etiquetagem																	
					<table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>														
					Substituído por:														
					Substituído por:														



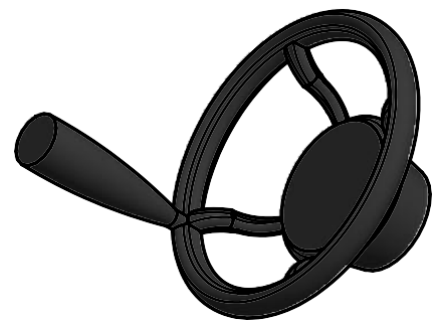
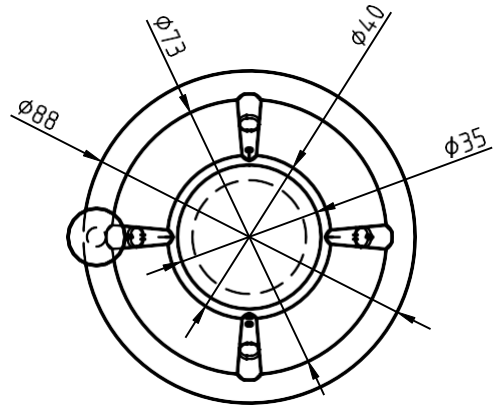
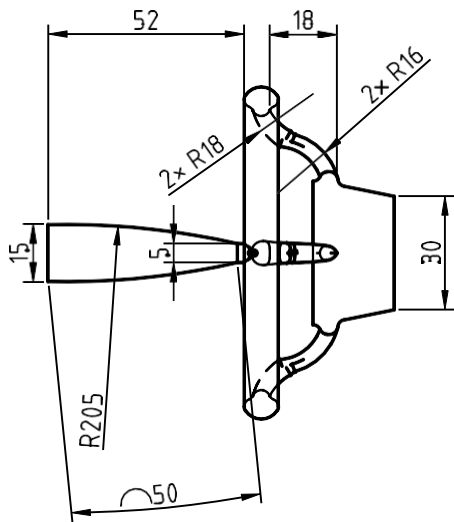
Observações	Projec.	08/01/2023	Diogo Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III
Furos: -Rosa: Iso Metric profile -Designação: M20x1,5 -Classe: 6H	Desenh.	08/01/2023	Diogo Batista		
	Escala 1:8	Peça que fixa a parte estrutural			
					Substituído por:
					Substituído por:



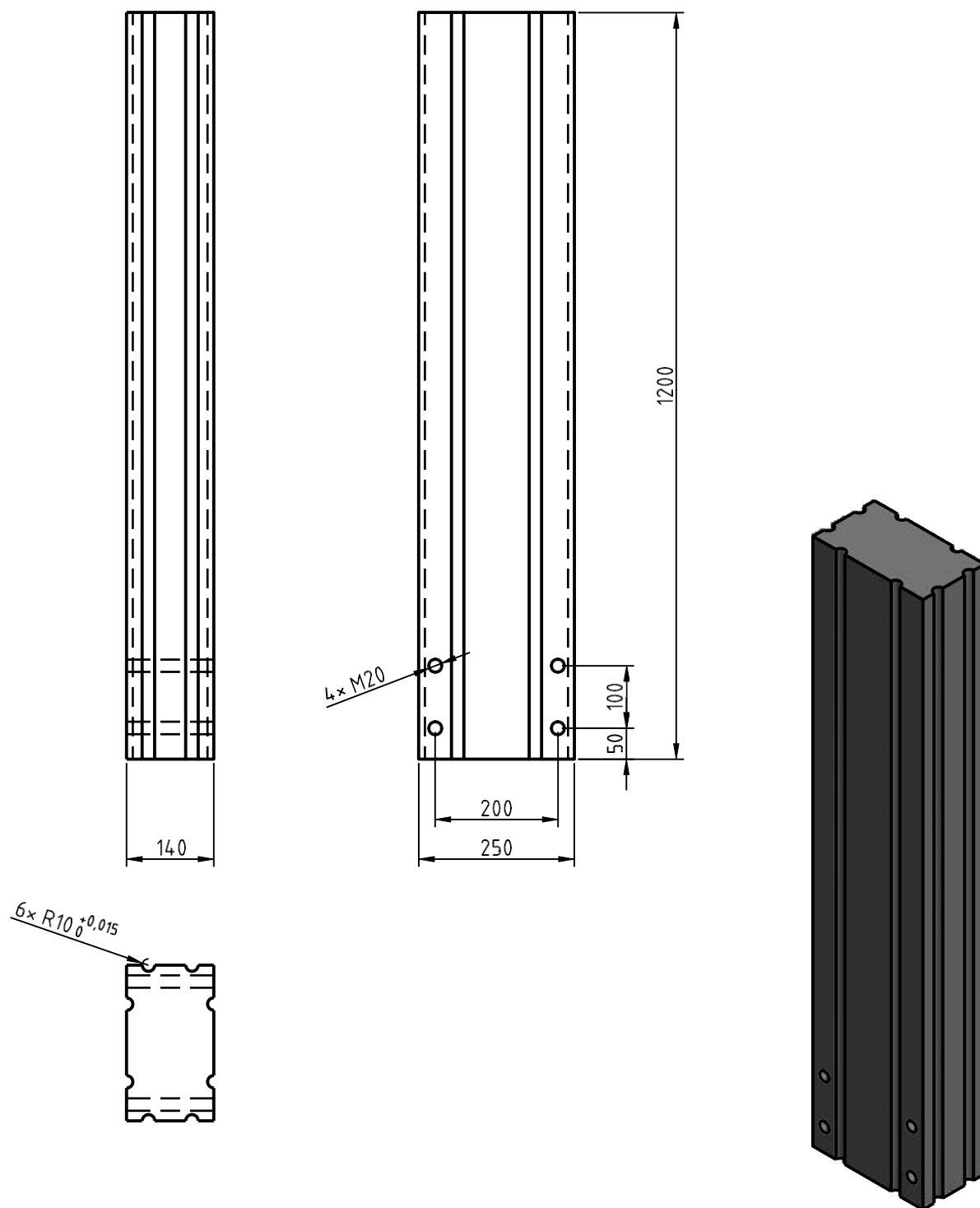
Observações	Projec.	08/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III
Furos: -Rosca: Iso Metric profile -Designação: M30x3,5 -Classe: 6H	Desenh.	08/01/2023	Diego Batista		
	Escala 1:4	Peça ajuste vertical			
					Substituído por:
					Substituído por:



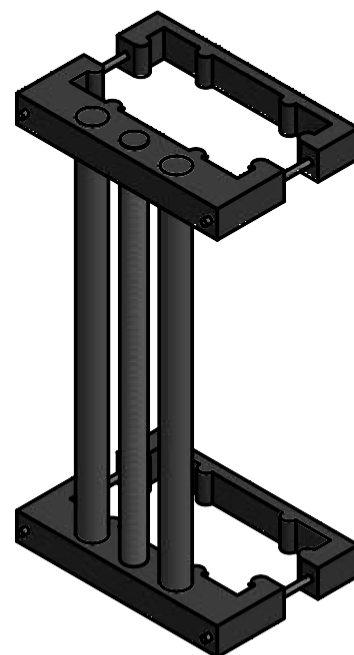
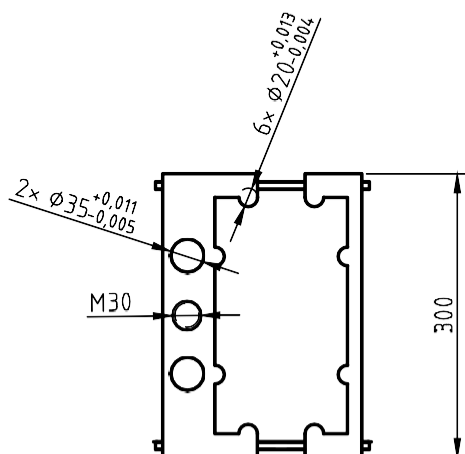
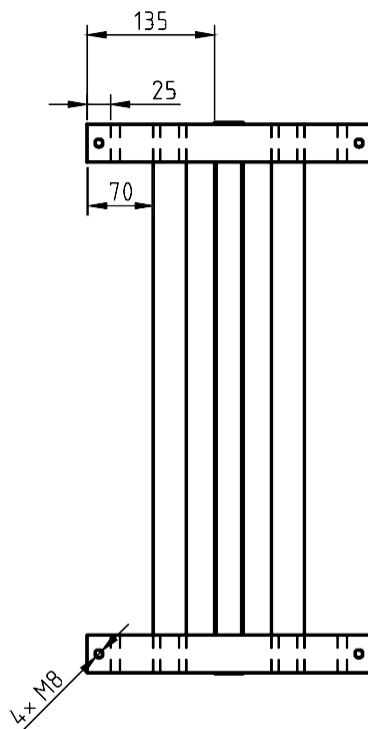
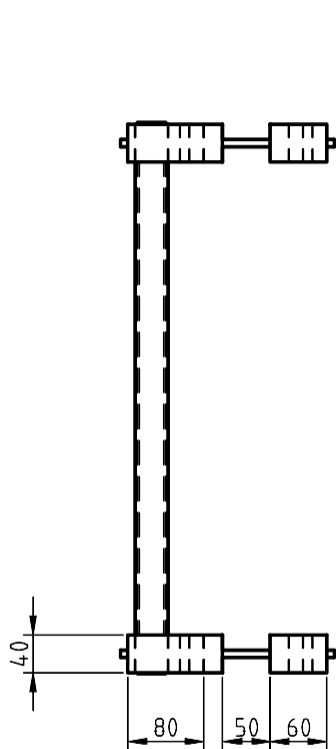
Observações	Projec.	08/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III
Eixo: -Rosca: Iso Metric profile -Designação: M30x3,5 -Classe: 6g	Desenh.	08/01/2023	Diego Batista		
	Escala	Peça de ajuste horizontal			
	1:7				



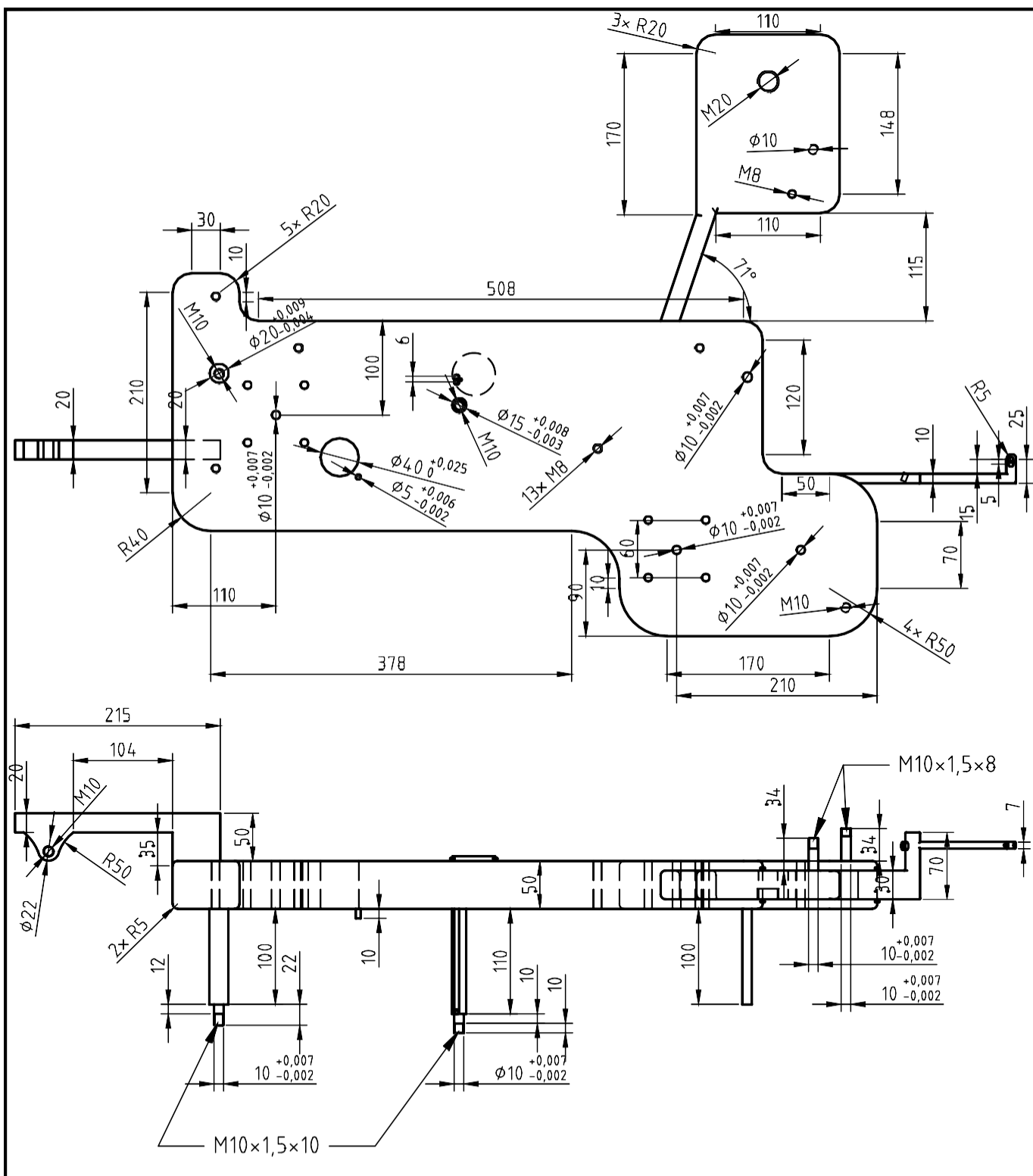
Projec.	08/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III						
Desenh.	08/01/2023	Diego Batista								
Escala	Manivela ajuste									
1:2										
				Substituído por:						
				Substituído por:						



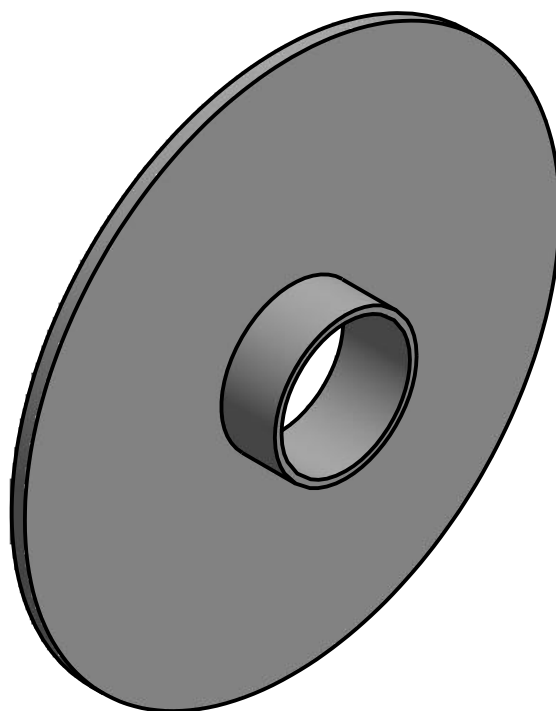
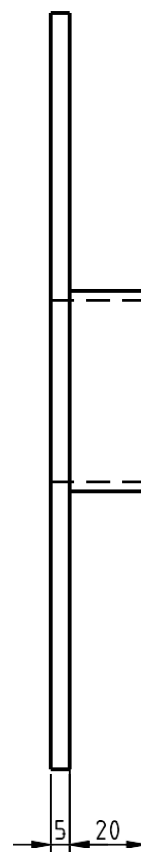
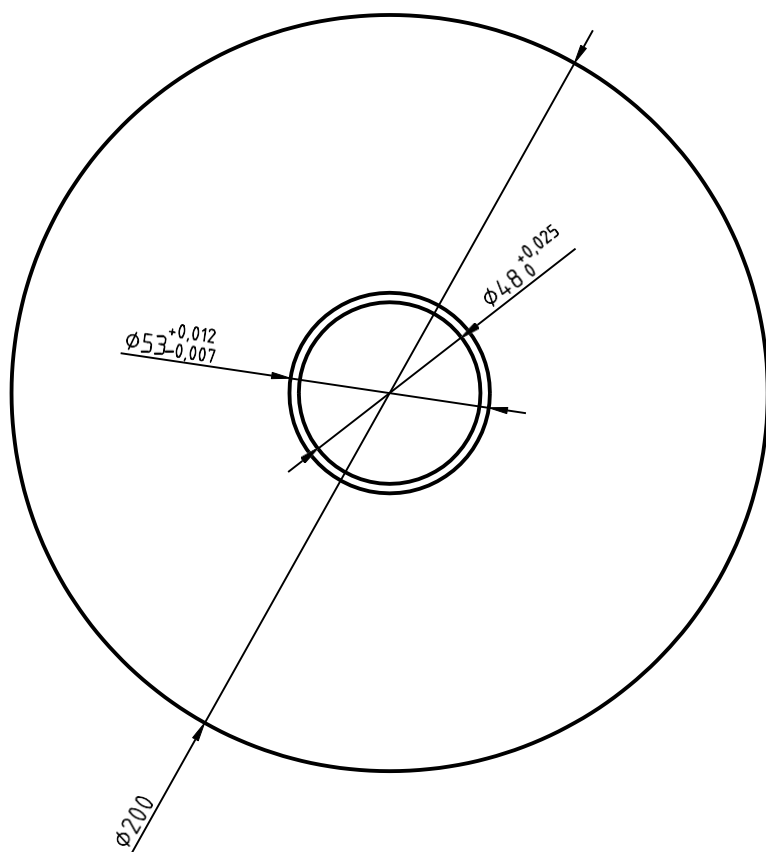
Observações	Projec.	08/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III
Furos: -Rosca: Iso Metric profile -Designação: M20x2,5 -Classe: 6H	Desenh.	08/01/2023	Diego Batista		
	Escala 1:10	Estrutura central			
					Substituído por:
					Substituído por:



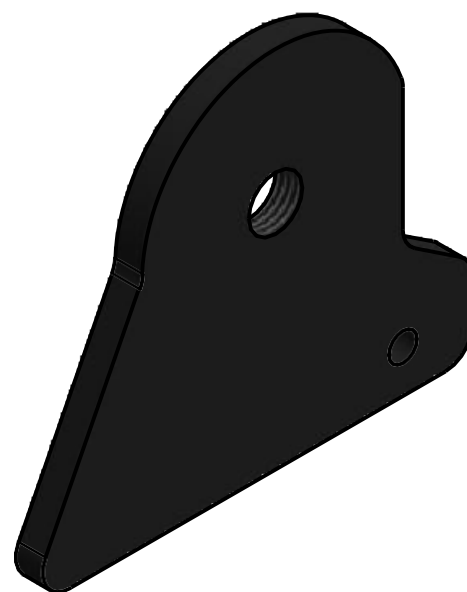
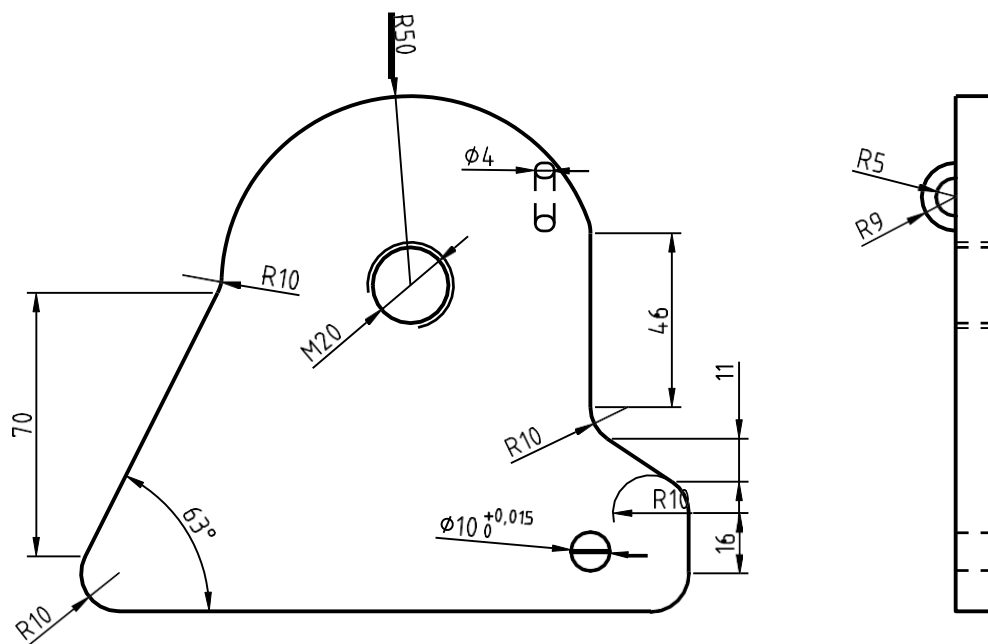
Observações	Projec.	08/01/2023	Diogo Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III
Eixos: M8: -Rosca: Iso Metric profile -Designação: M8x1,25 -Classe: 6g M30: -Rosca: Iso Metric profile -Designação: M30x3,5 -Classe: 6g	Desenh.	08/01/2023	Diogo Batista		
	Escala	Estrutura de calibração vertical			
	1:8				
					Substituído por:
					Substituída por:



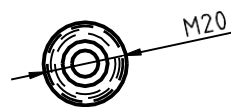
Observações	Projec.	08/01/2023	Diogo Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III
Furos: M8: -Rosca: Iso Metric profile -Designação: M8x1,25 -Classe: 6H	Desenh.	08/01/2023	Diogo Batista		
M10: -Rosca: Iso Metric profile -Designação: M10x1,5 -Classe: 6H					
M20: -Rosca: Iso Metric profile -Designação: M20x2,5 -Classe: 6H					
Eixos: M10: -Rosca: Iso Metric profile -Designação: M10x1,5 -Classe: 6g	Escala 1:6	Estrutura da cabeça da máquina de etiquetagem individual			
					Substituído por:
					Substituído por:



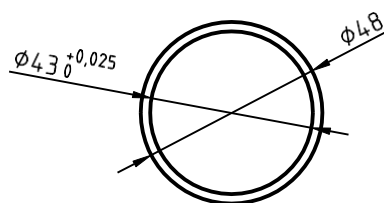
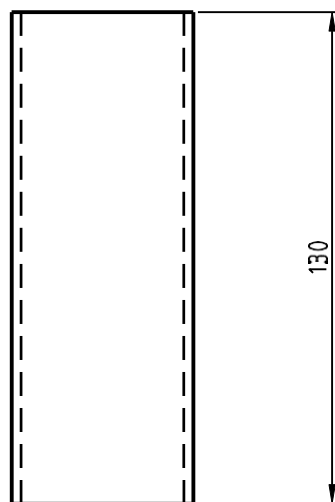
Projec.	08/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III						
Desenh.	08/01/2023	Diego Batista								
Escala 1:2	Suporte horizontal do rolo de etiquetas									
				Substituído por:						
				Substituído por:						



Observações	Projec.	09/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III
	Desenh.	09/01/2023	Diego Batista		
	Furos: -Rosca: Iso Metric profile -Designação: M20x2,5 -Classe: 6H	Escala 1:2	Estrutura de fixação do braço pivot		

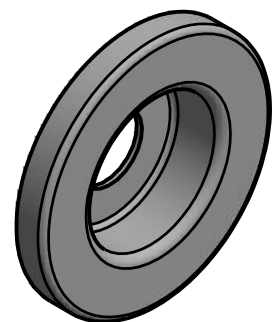
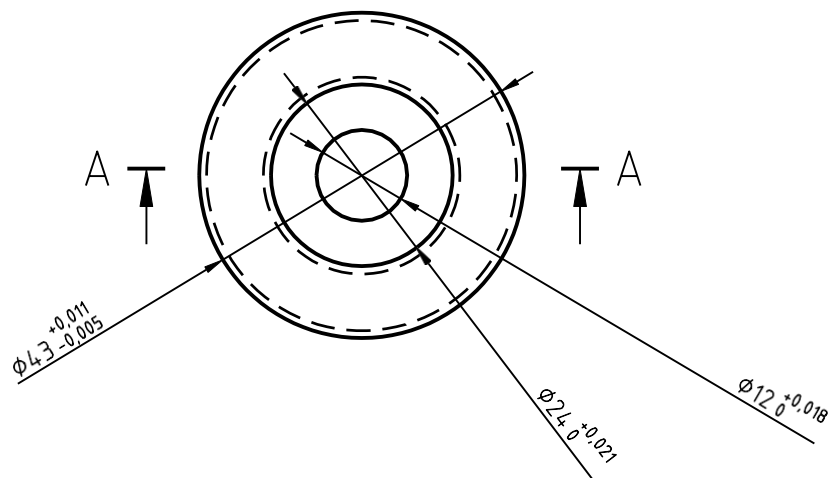
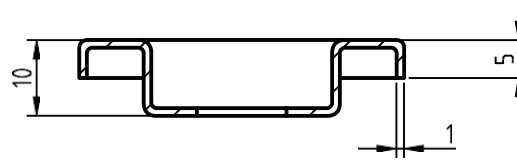


Observações		Projec.	13/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica					Apêndice III						
Eixo: -Rosca: Iso Metric profile -Designação: M20x2,5 -Classe: 6g		Desenh.	13/01/2023	Diego Batista												
		Escala	Eixo do rolo guia que suporta o rolo de etiquetas													
		1:2														
										Substituído por:						
										Substituído por:						

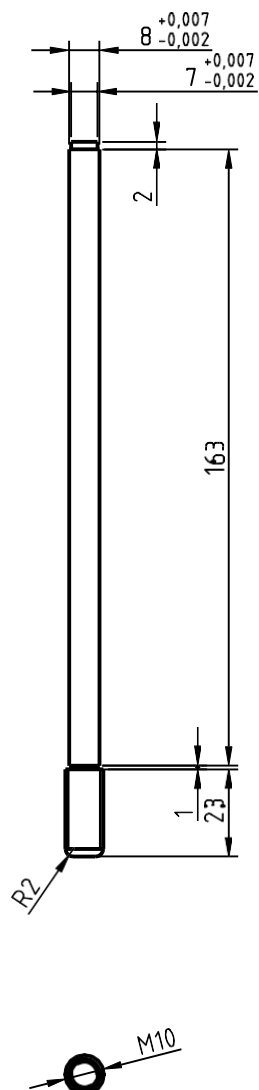


Projec.	13/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III						
Desenh.	13/01/2023	Diego Batista								
Escala	Superfície do rolo guia que suporta o rolo de etiquetas									
1:2										
				Substituído por:						
				Substituído por:						

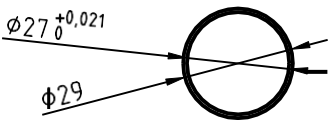
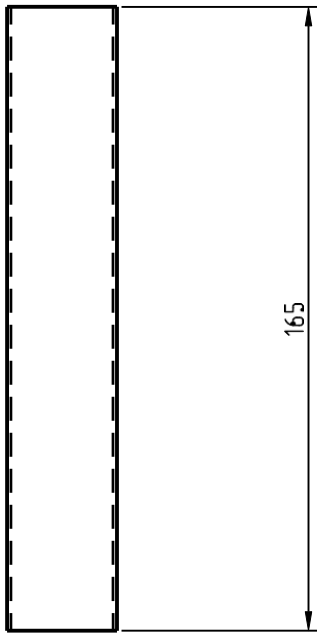
A - A (1:1)



Projec.	13/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III						
Desenh.	13/01/2023	Diego Batista								
Escala 1:1	Elemento onde se colocam os rolamentos do rolo guia da primeira estação									
				Substituído por:						
				Substituído por:						

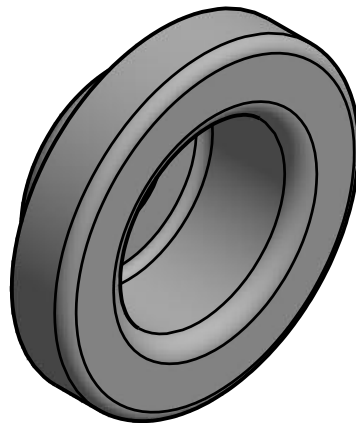
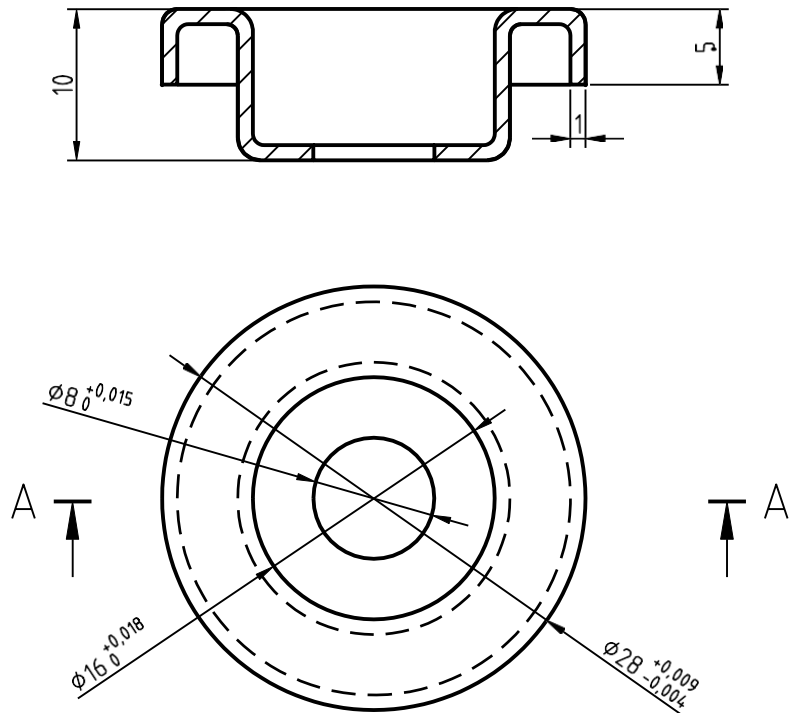


Observações	Projec.	14/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III
Eixo: -Rosca: Iso Metric profile -Designação: M10x1,5 -Classe: 6g	Desenh.	14/01/2023	Diego Batista		
	Escala	Eixo do rolo guia do braço pivot			
	1:2				

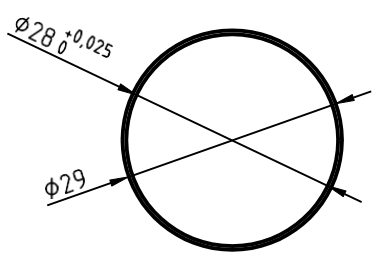
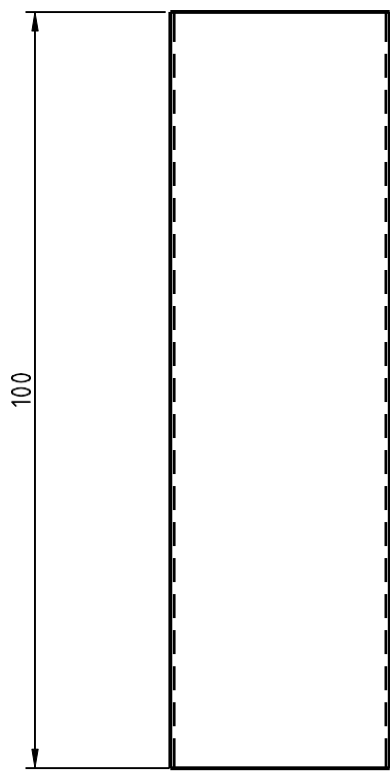


Projec.	14/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III						
Desenh.	14/01/2023	Diego Batista								
Escala 1:2	Parte exterior do rolo guia do braço pivot									
				Substituído por:						
				Substituído por:						

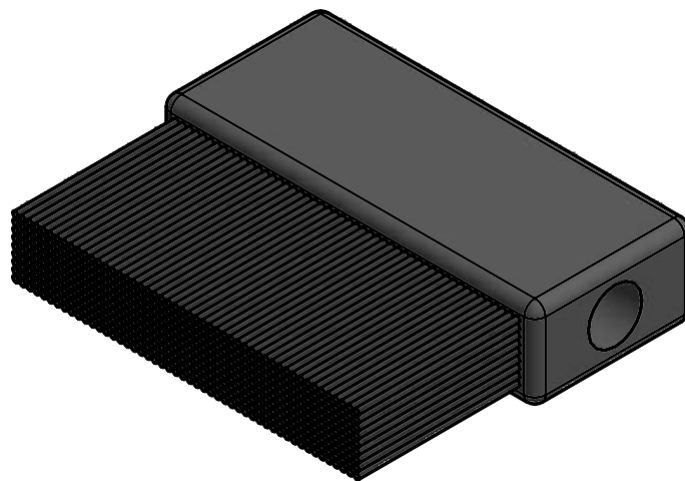
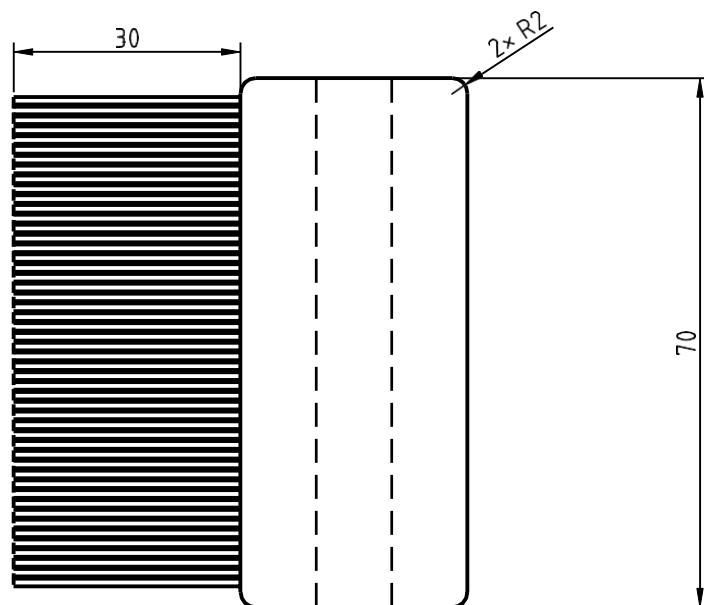
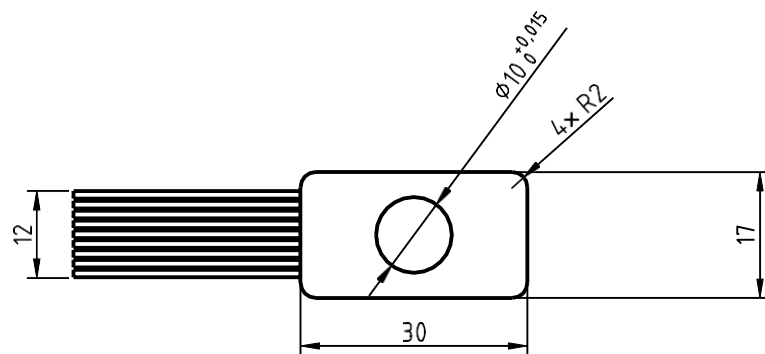
A - A (2:1)



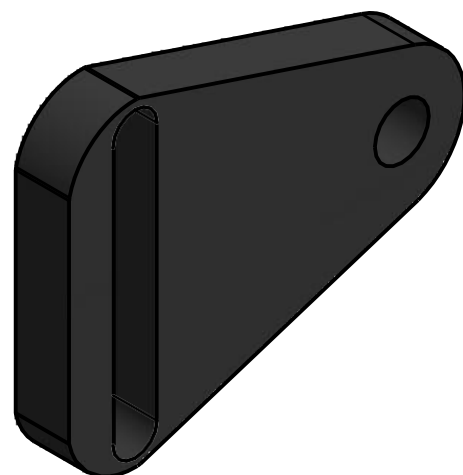
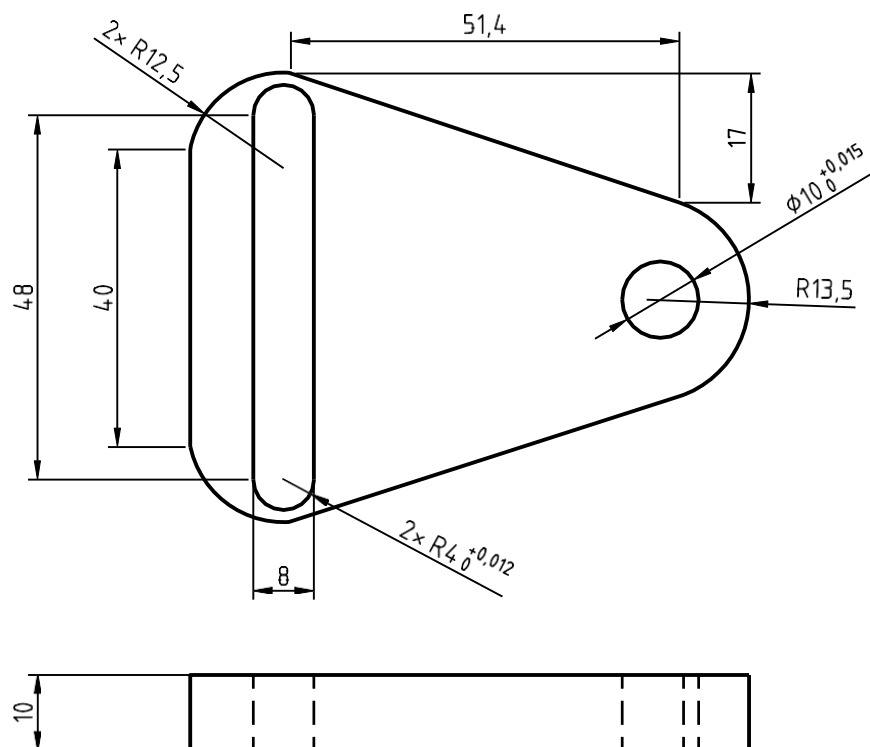
Projec.	14/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III						
Desenh.	14/01/2023	Diego Batista								
Escala	Componente que armazena rolamento do rolo guia do braço pivot									
2:1										
				Substituído por:						
				Substituído por:						



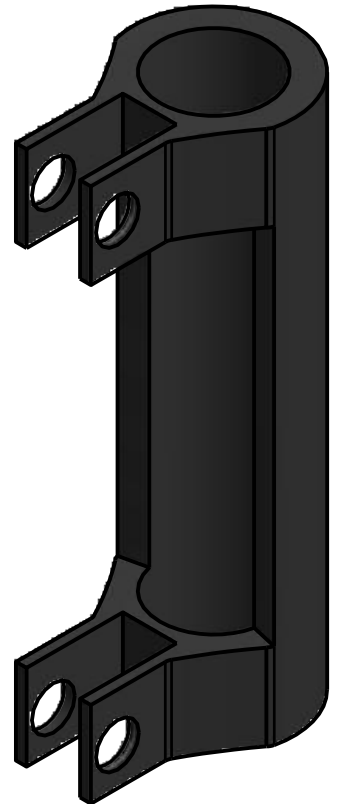
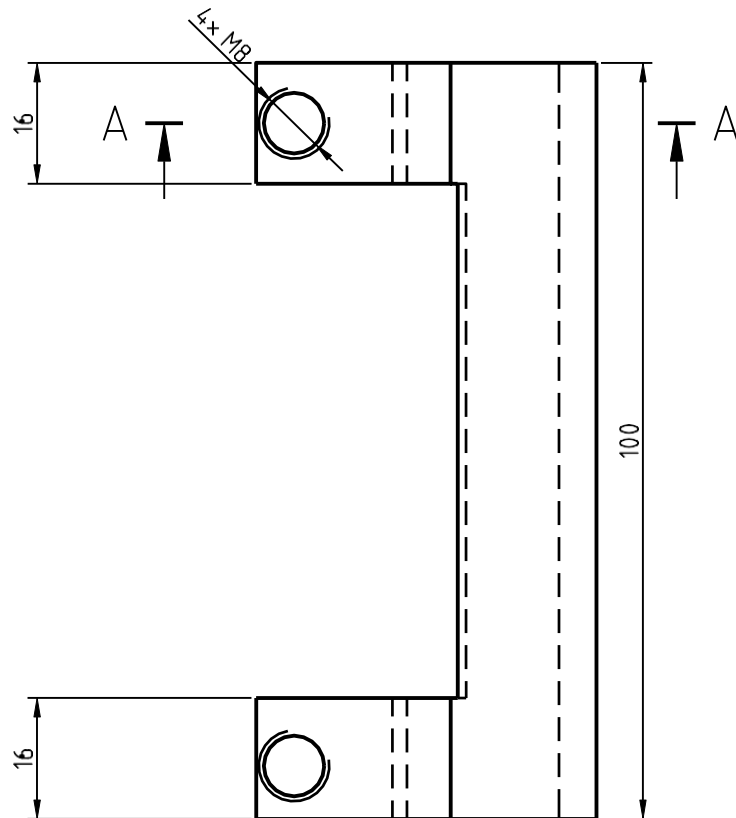
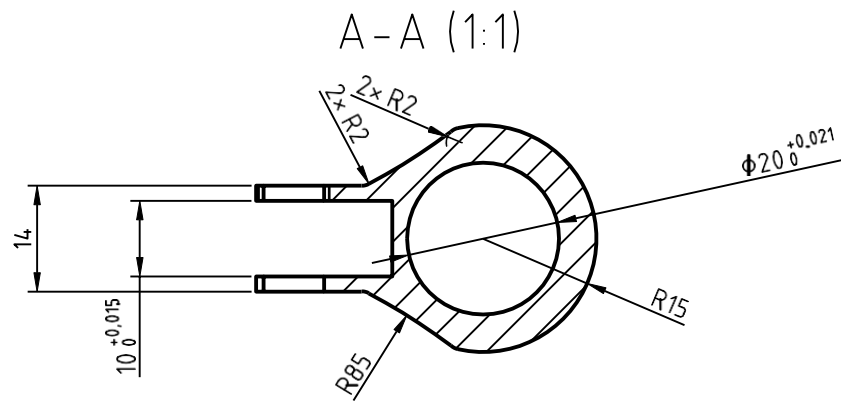
Projec.	14/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III					
Desenh.	14/01/2023	Diego Batista							
Escala 1:1	Parte exterior dos rolos guia fixos na parte estrutural da cabeça da máquina de etiquetagem								
				Substituído por:					
				Substituído por:					



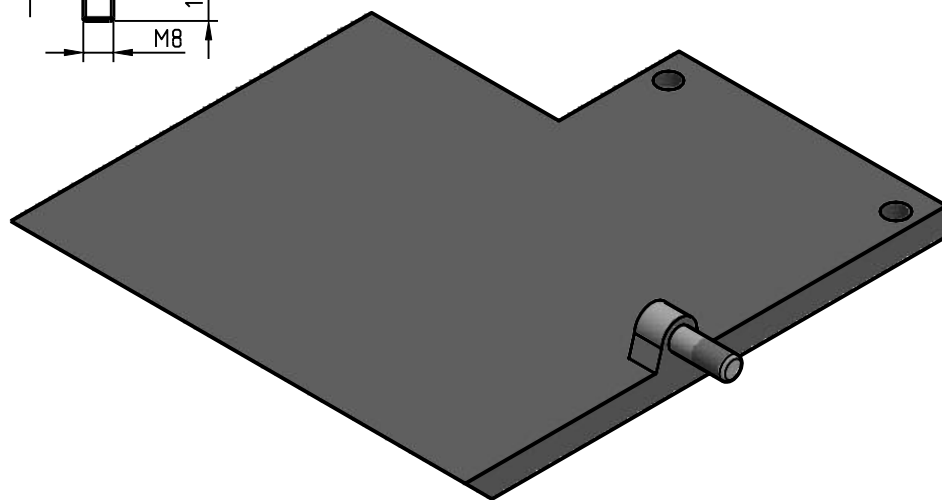
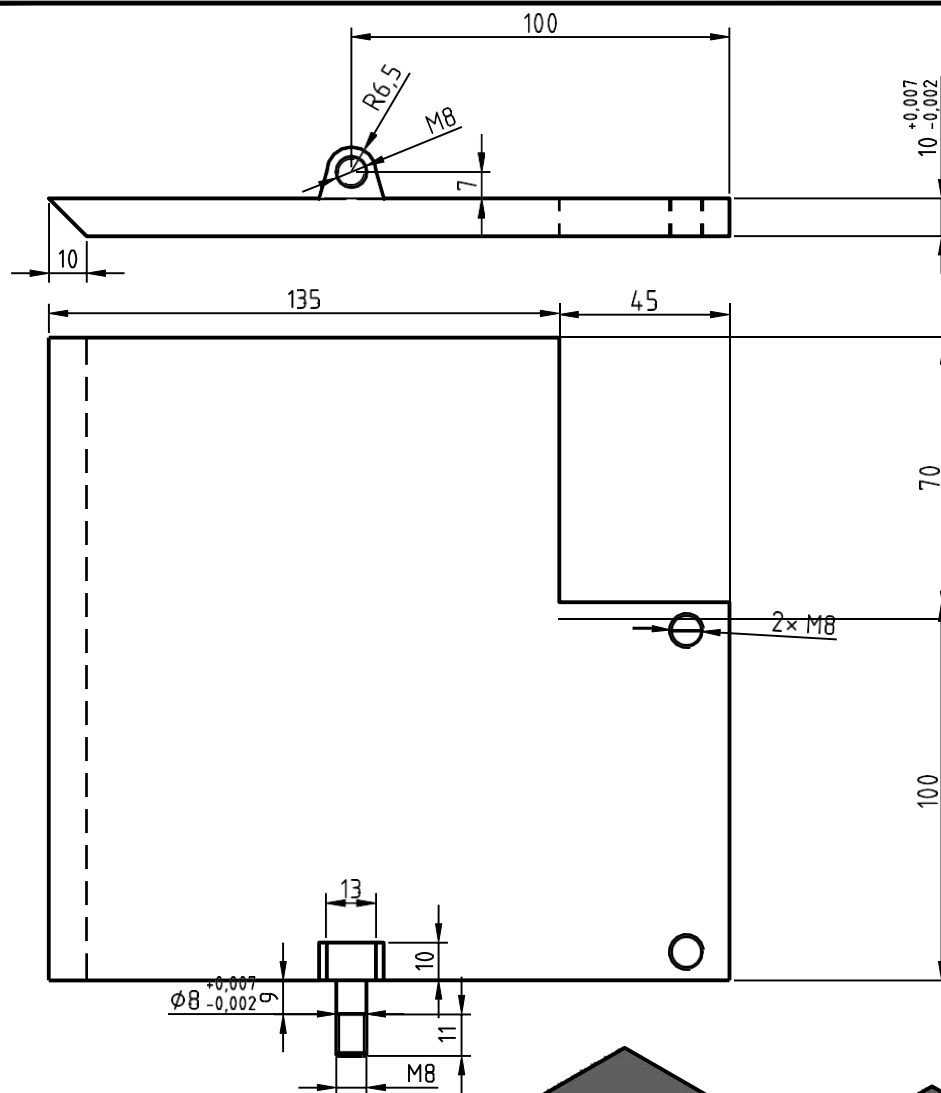
Projec.	14/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III					
Desenh.	14/01/2023	Diego Batista							
Escala	Escova de tensão								
1:1									
				Substituído por:					
				Substituído por:					



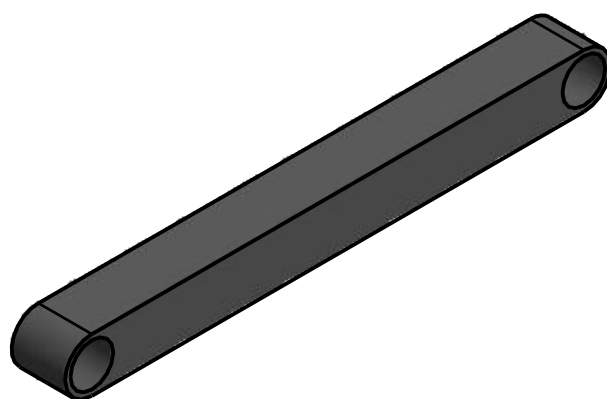
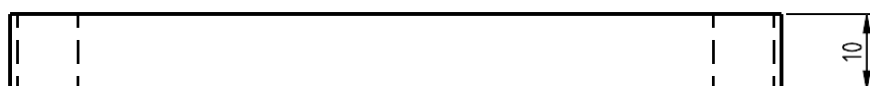
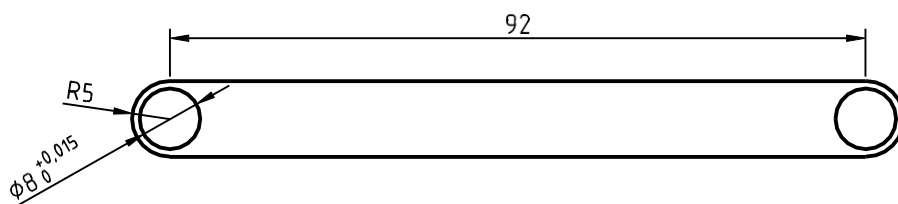
Projec.	14/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III							
Desenh.	14/01/2023	Diego Batista									
Escala 1:1	Peça de inclinação dos rolos guia do sistema de inclinação										
			Substituído por:								
			Substituído por:								



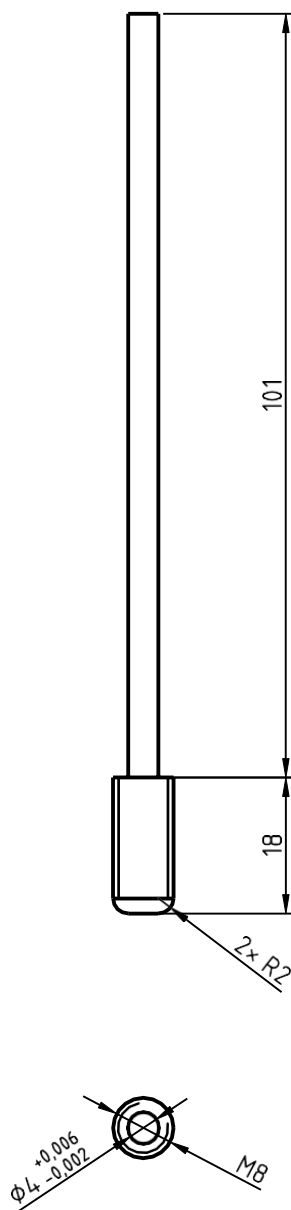
Observações	Projec.	14/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III
Furos: -Rosca: Iso Metric profile -Designação: M8x1,25 -Classe: 6H	Desenh.	14/01/2023	Diego Batista		
	Escala	Suporte da placa de separação da máquina de etiquetagem individual			
	1:1				
				Substituído por:	
				Substituído por:	



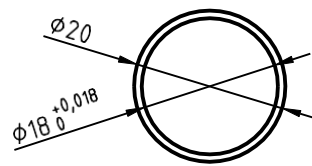
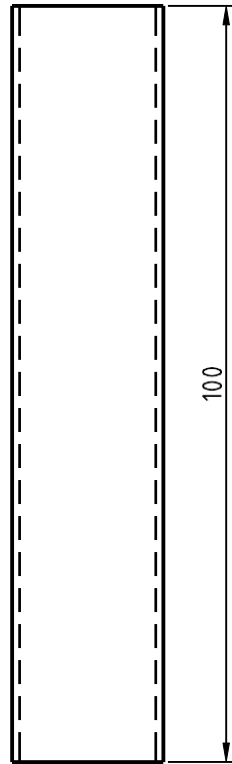
Observações	Projec.	14/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III
Furos: -Rosca: Iso Metric profile -Designação: M8x1,25 -Classe: 6H	Desenh.	14/01/2023	Diego Batista		
Eixos: -Rosca: Iso Metric profile - Designação: M8x1,25 -Classe: 6g					
	Escala 1:2	Placa de separação da máquina de etiquetagem individual			



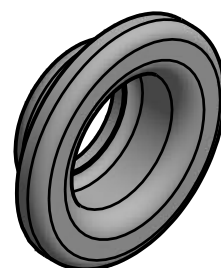
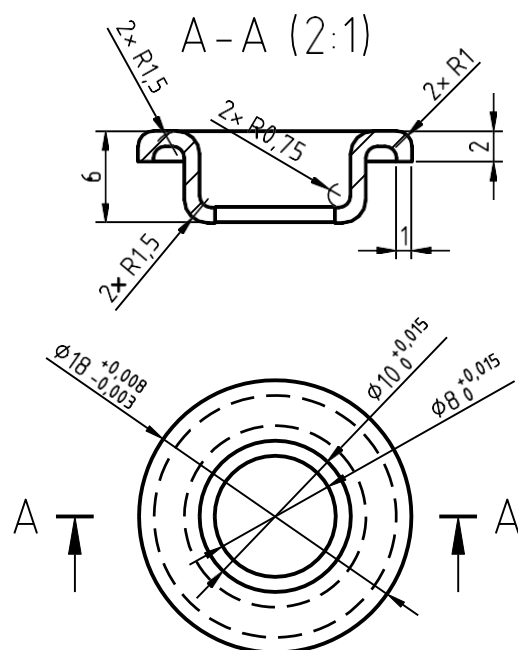
Projec.	14/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III					
Desenh.	14/01/2023	Diego Batista							
Escala	Suporte rolo aplicador de etiquetas								
1:1									
				Substituído por:					
				Substituído por:					



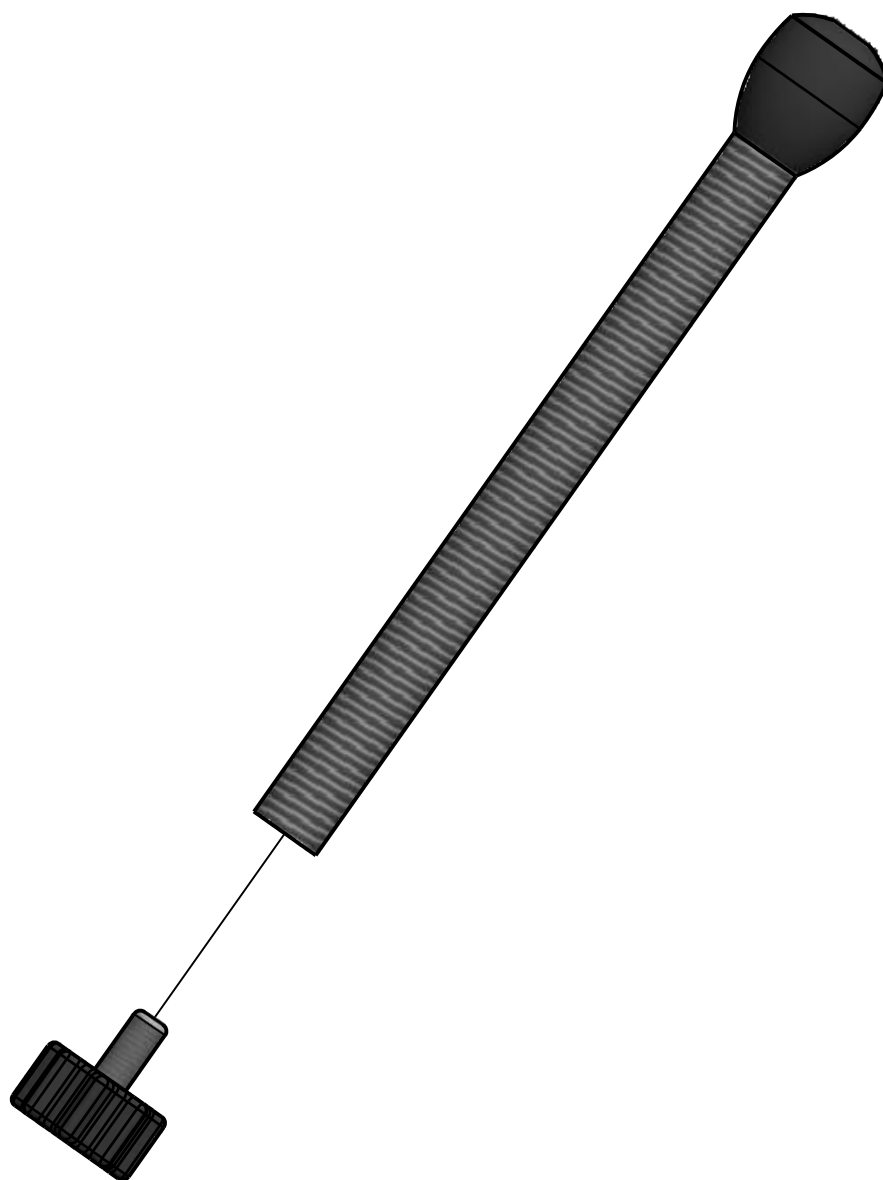
Observações	Projec.	14/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III
Eixo: -Rosca: Iso Metric profile -Designação: M8x1,25 -Classe: 6g	Desenh.	14/01/2023	Diego Batista		
	Escala	Eixo do rolo aplicador de etiquetas			
	1:1				
	</				



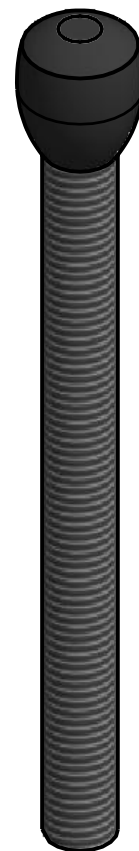
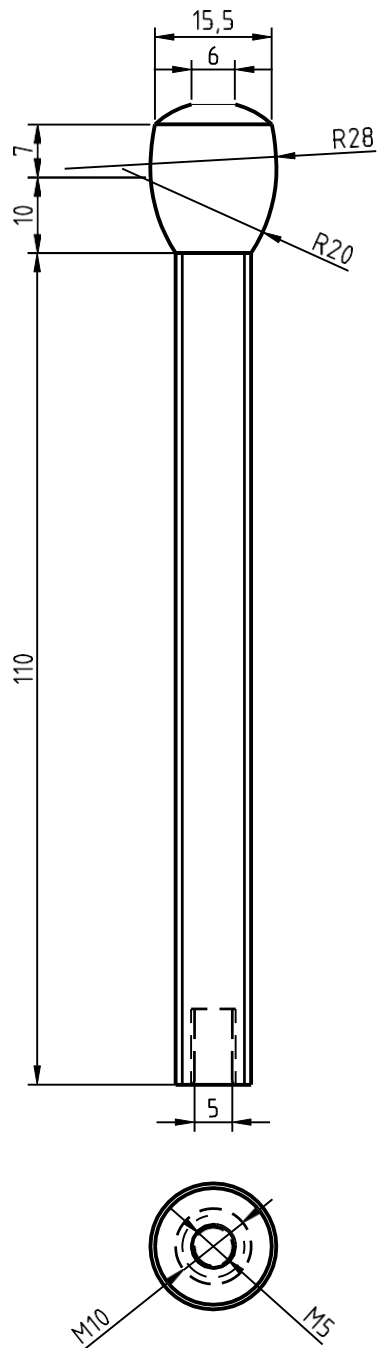
Projec.	14/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III					
Desenh.	14/01/2023	Diego Batista							
Escala 1:1	Parte exterior do suporte rolo aplicador de etiquetas								
				Substituído por:					
				Substituído por:					



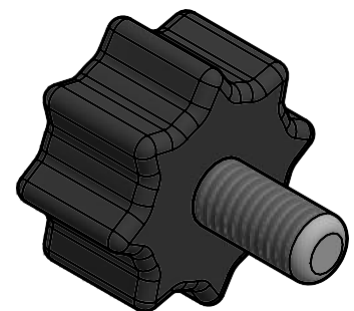
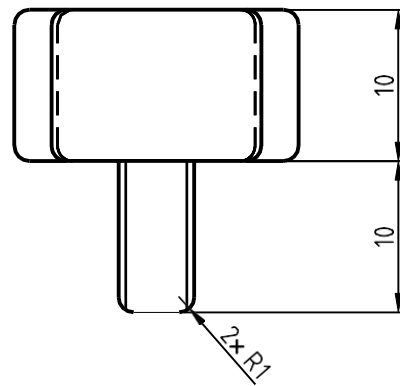
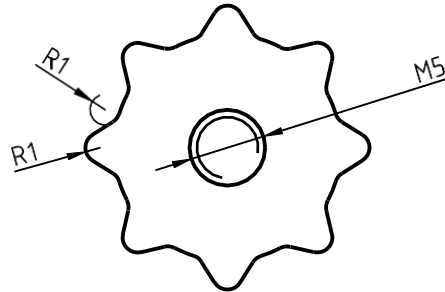
Projec.	14/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III					
Desenh.	14/01/2023	Diego Batista							
Escala 2:1	Peça intermédia do rolo aplicador de etiquetas								
				Substituído por:					
				Substituído por:					



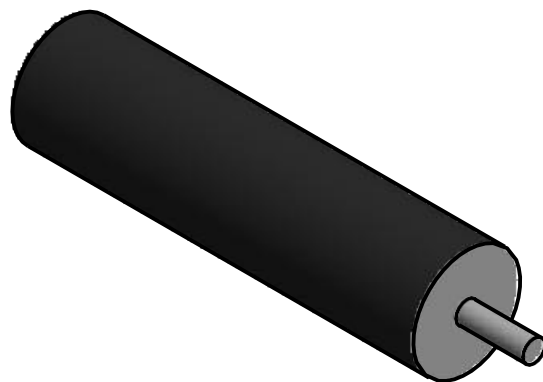
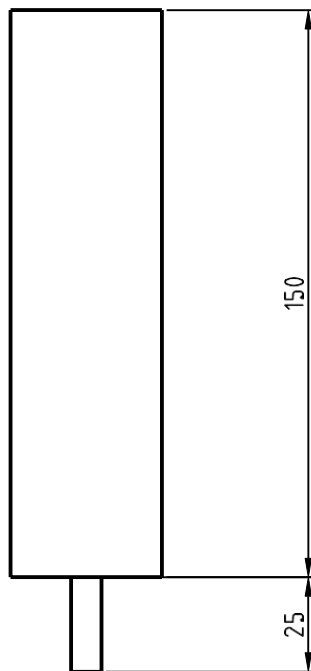
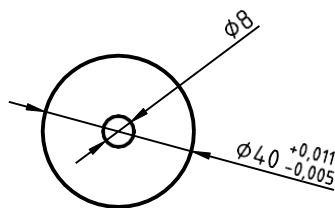
Projec.	14/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III					
Desenh.	14/01/2023	Diego Batista							
Escala 1:1	Componentes do fuso inclinado placa de separação								
				Substituído por:					
				Substituído por:					



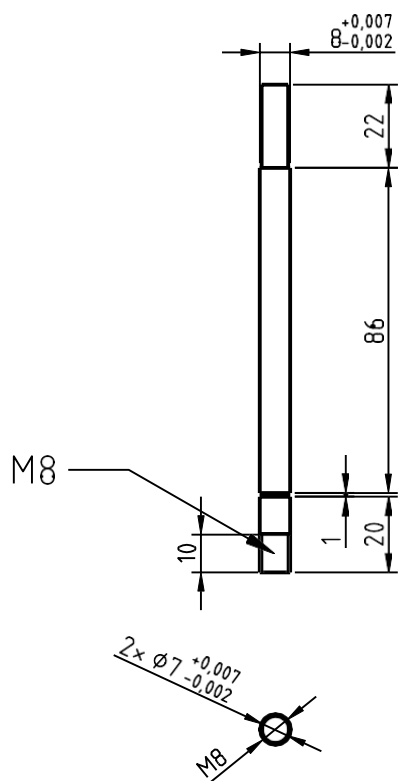
Observações	Projec.	14/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III
Furo: -Rosca: Iso Metric profile -Designação: M5×0,8 -Classe: 6H	Desenh.	14/01/2023	Diego Batista		
Eixo: -Rosca: Iso Metric profile -Designação: M10×1,5 -Classe: 6g	Escala	1:1 Parte superior do fuso de inclinação			
					Substituído por:
					Substituído por:



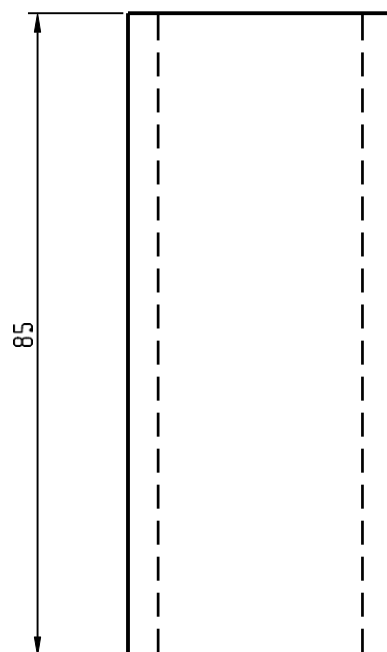
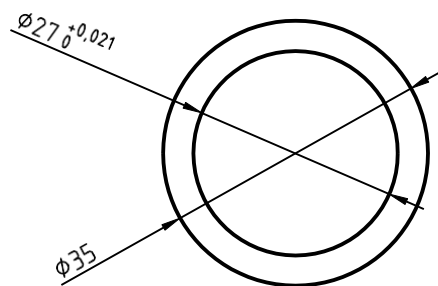
Observações	Projec.	14/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III
Eixo: -Rosca: Iso Metric profile -Designação: M5x0,8 -Classe: 6g	Desenh.	14/01/2023	Diego Batista		
	Escala	Manípulo do fuso de inclinação			
	2:1				



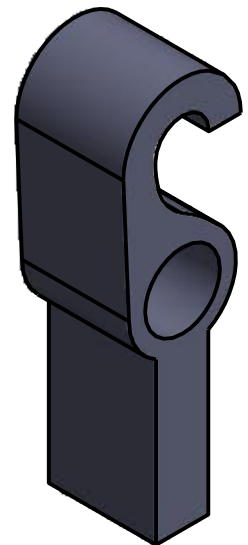
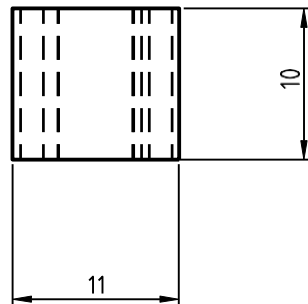
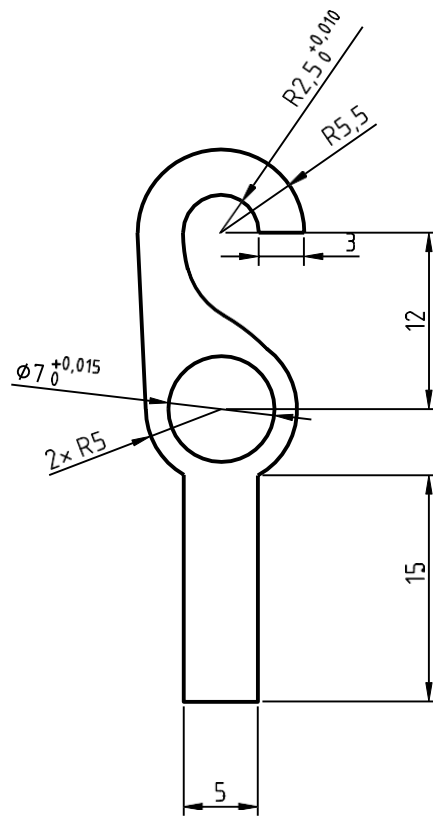
Projec.	14/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III					
Desenh.	14/01/2023	Diego Batista							
Escala	Rolo de acionamento								
1:2									
				Substituído por:					
				Substituído por:					



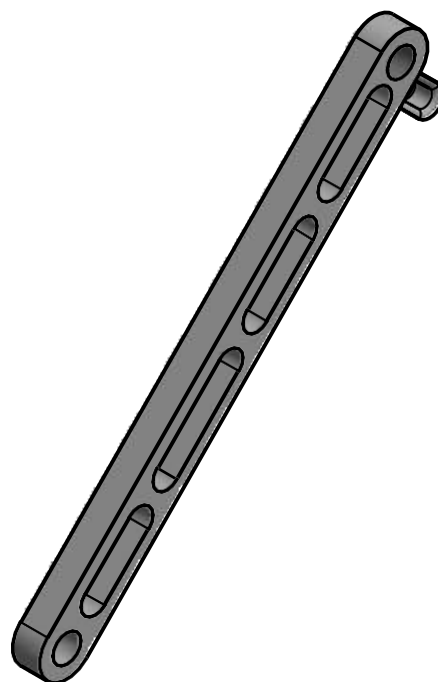
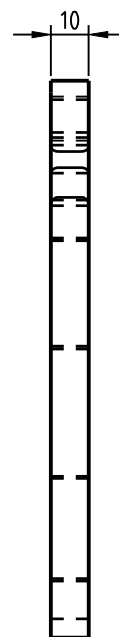
Observações	Projec.	14/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III	
	Desenh.	14/01/2023	Diego Batista			
	Eixo: -Rosca: Iso Metric profile -Designação: M8x1,25x10 -Classe: 6g	Escala	Eixo do rolo de pressão			
		1:2				



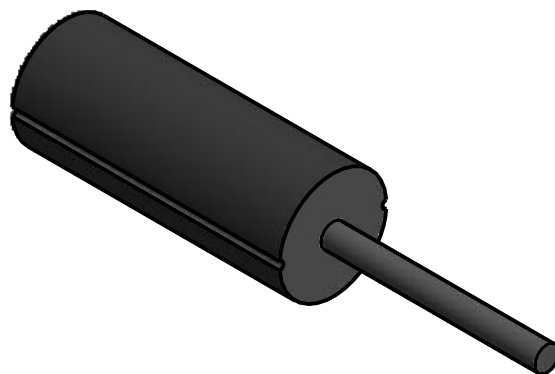
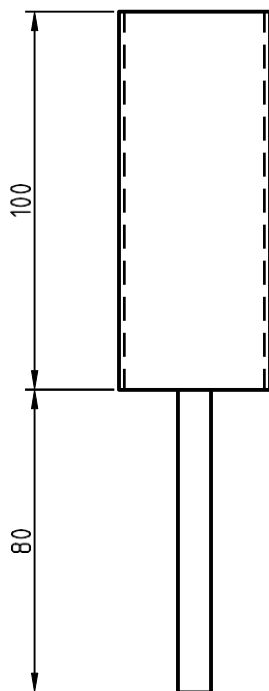
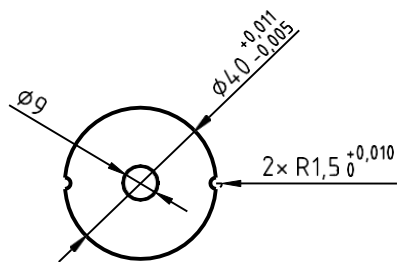
Projec.	14/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III						
Desenh.	14/01/2023	Diego Batista								
Escala	Parte exterior do rolo de pressão									
1:1										
				Substituído por:						
				Substituído por:						



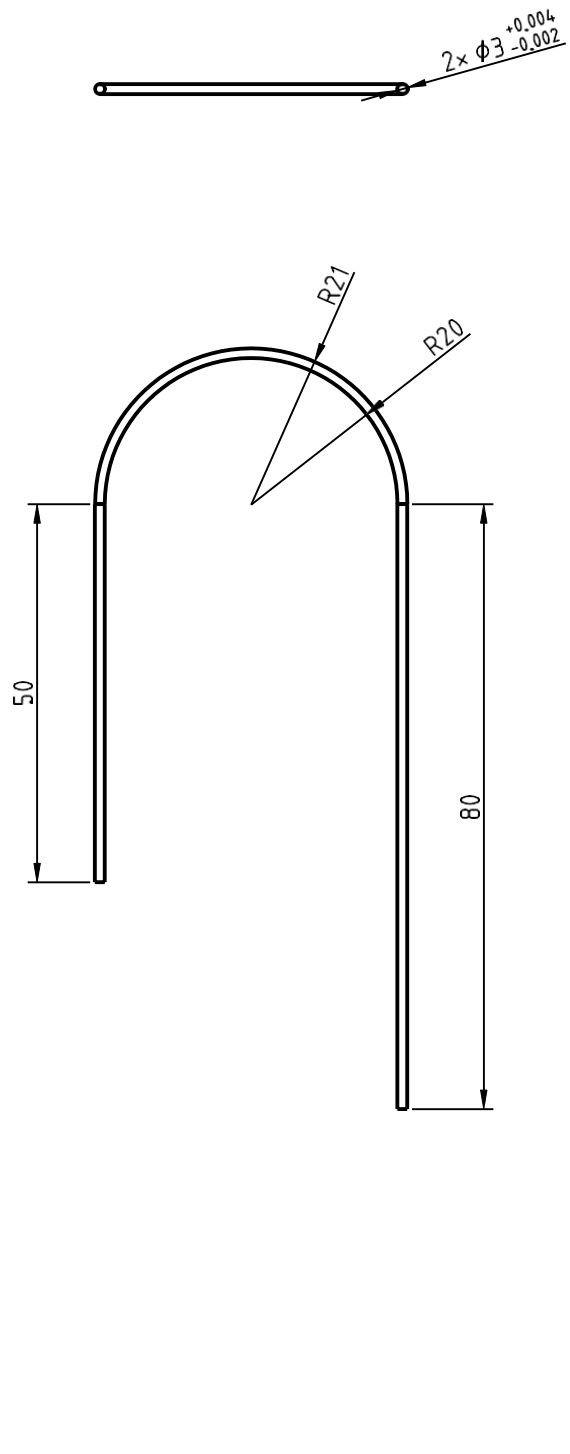
Projec.	14/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III						
Desenh.	14/01/2023	Diego Batista								
Escala	Peça de acoplamento do rolo de pressão									
2:1										
				Substituído por:						
				Substituído por:						



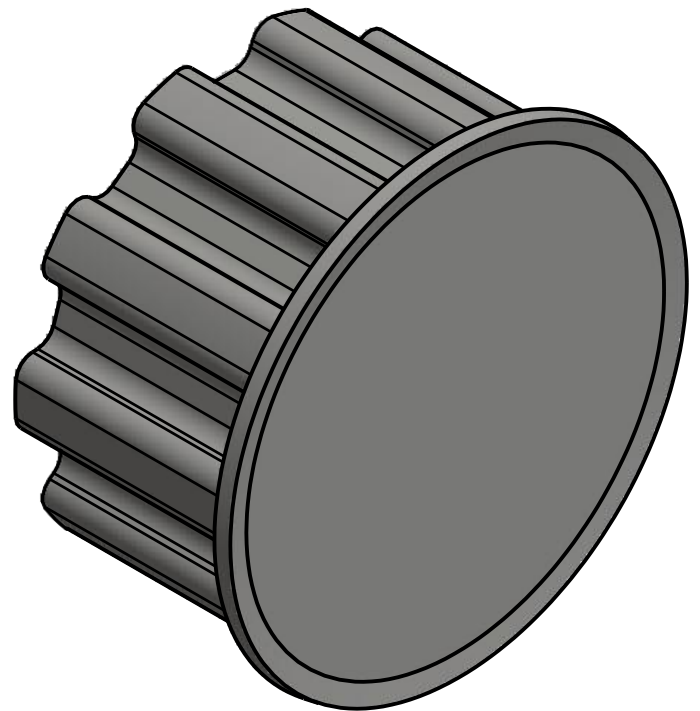
Observações	Projec.	16/01/2023	Diogo Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III				
	Desenh.	16/01/2023	Diogo Batista						
	Furo: -Rosca: Iso Metric profile -Designação: M10x1,5 -Classe: 6H	Escala 1:2	Braço pivot do sistema de enrolamento						
					Substituído por:				



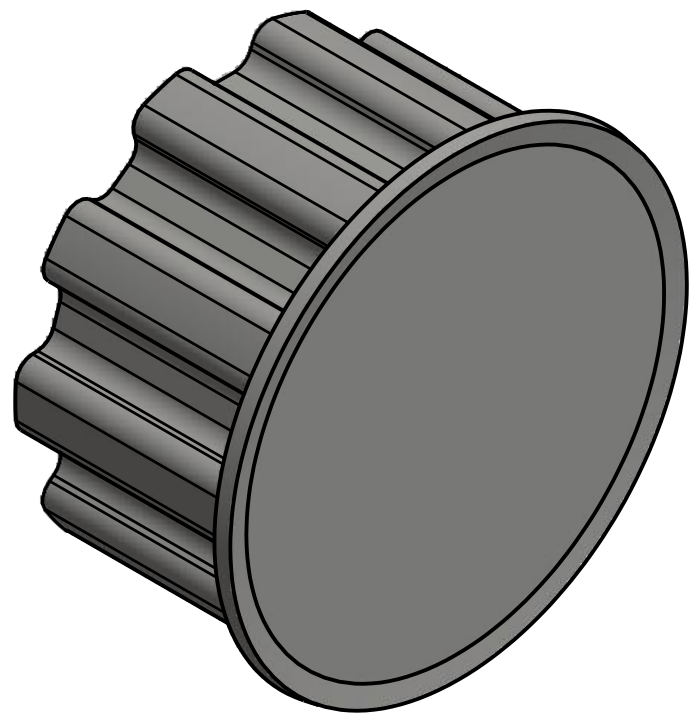
Projec.	14/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III					
Desenh.	14/01/2023	Diego Batista							
Escala	Componentes onde se enrola a fita								
1:2									
				Substituído por:					



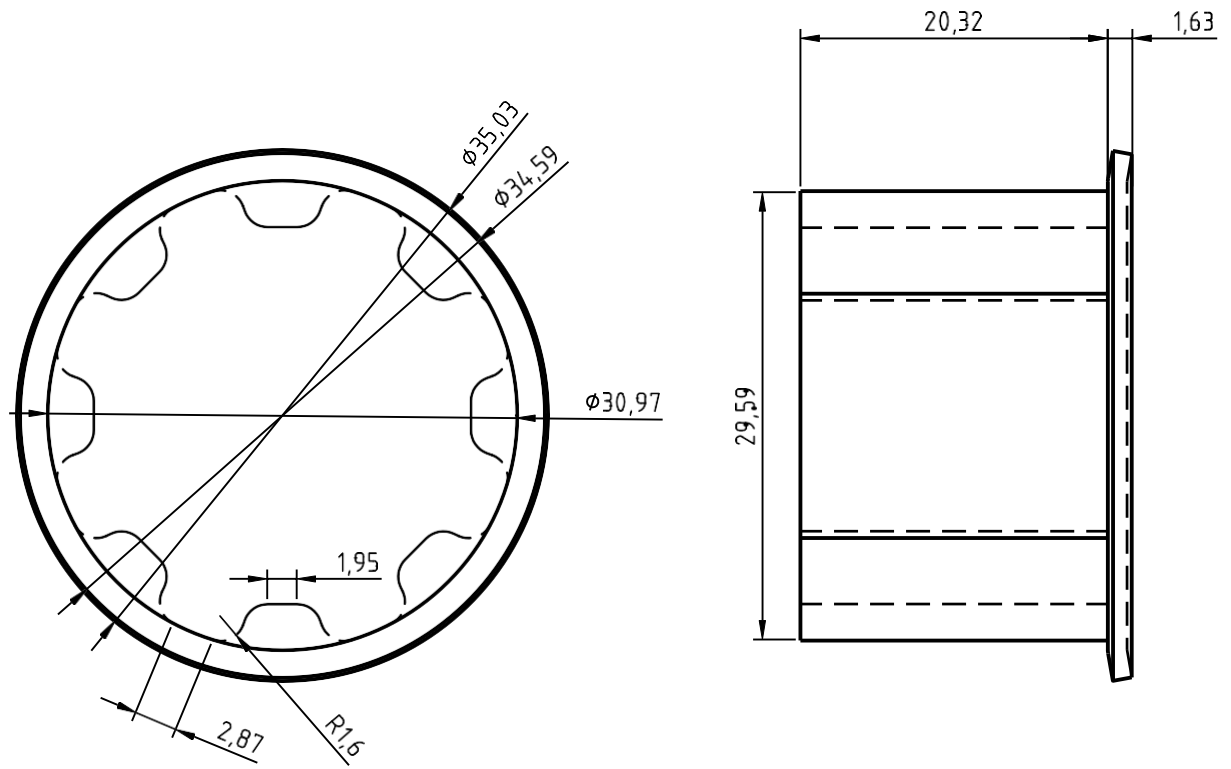
Projec.	14/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III						
Desenh.	14/01/2023	Diego Batista								
Escala	Chave que fixa o rolo da fita									
1:2										
				Substituído por:						
				Substituído por:						



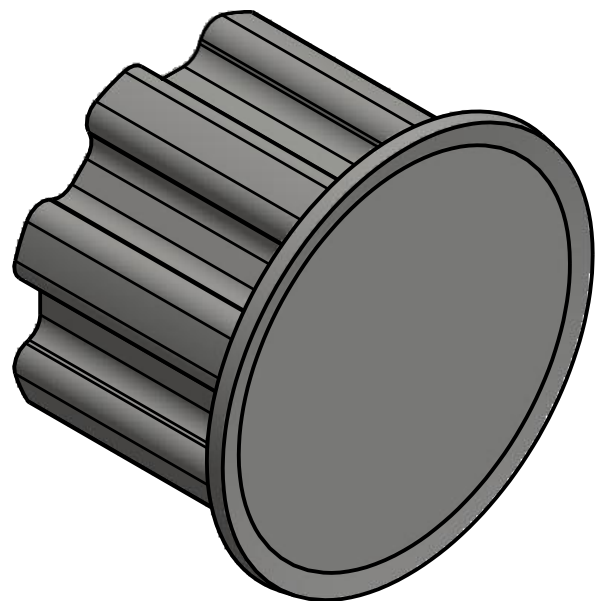
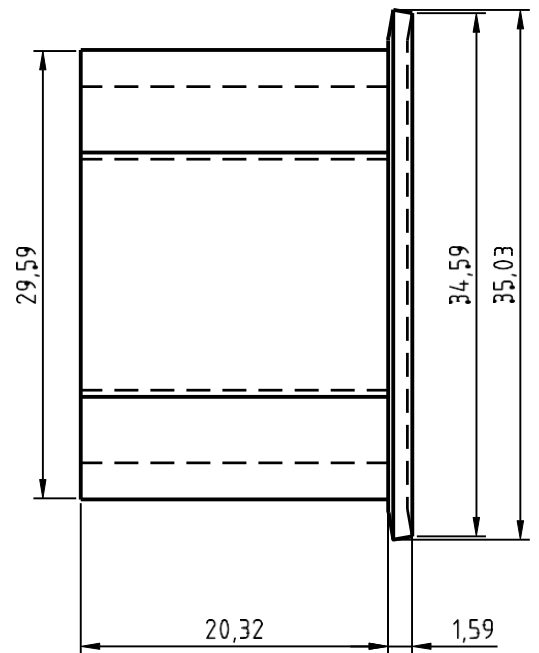
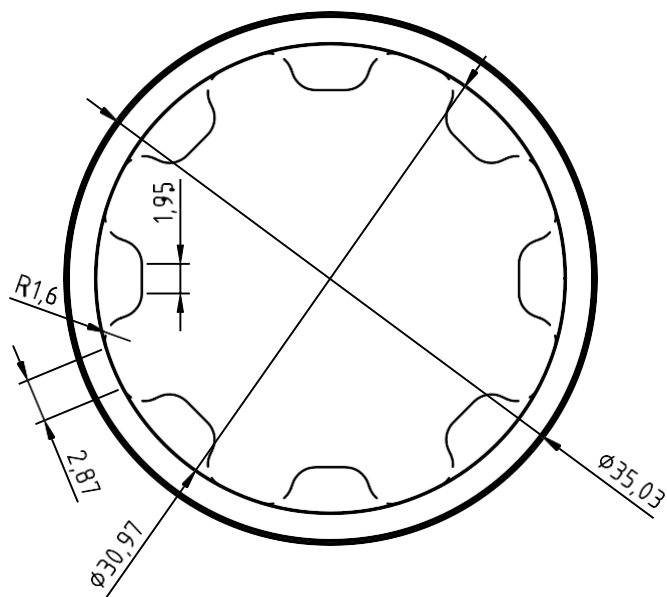
Observações	Projec.	16/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III							
Número de dentes: 10	Desenh.	16/01/2023	Diego Batista									
	Escala 2:1	Polia eixo motor . Motor passo individual										
					Substituído por:							
					Substituído por:							



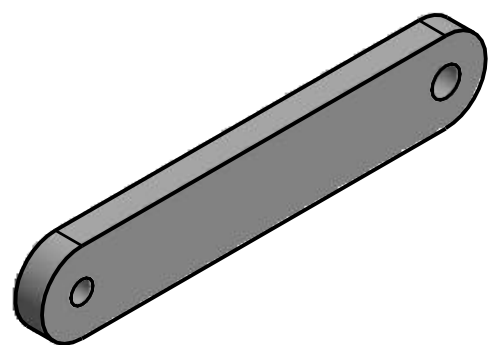
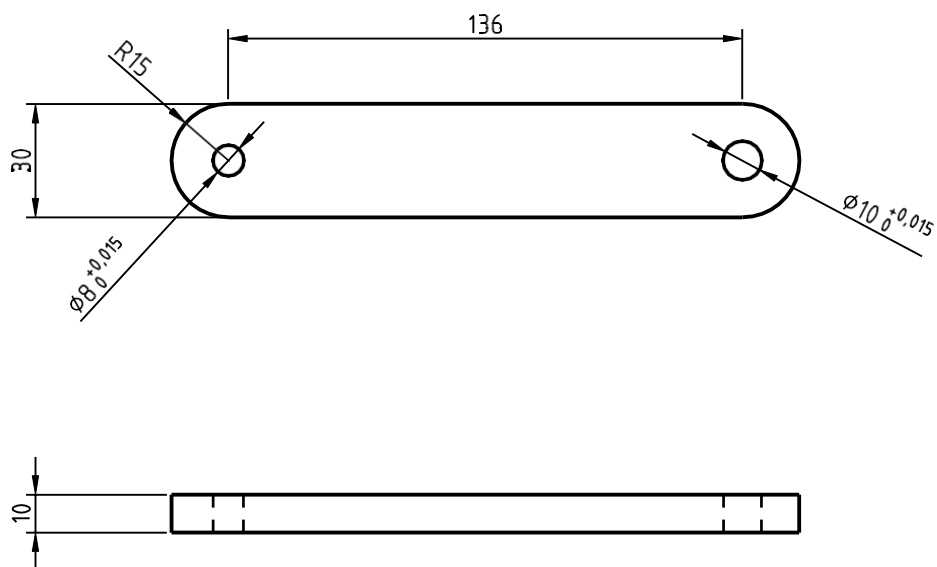
Observações	Projec.	16/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III						
Número de dentes: 10	Desenh.	16/01/2023	Diego Batista								
	Escala 2:1	Polia eixo movido . Motor passo individual									
					Substituído por:						
					Substituído por:						



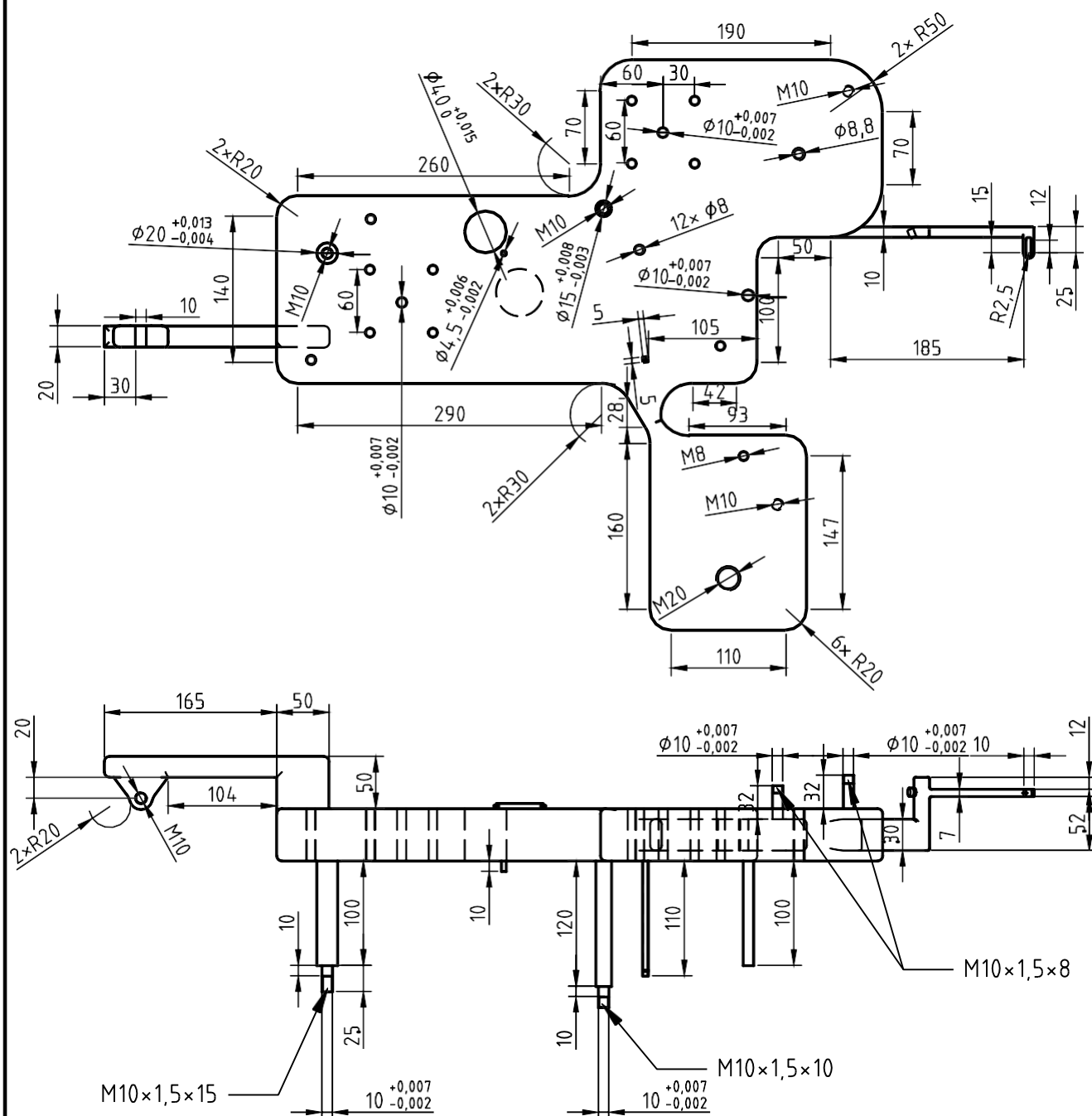
Observações	Projec.	16/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III
Número de dentes: 8	Desenh.	16/01/2023	Diego Batista		
	Escala 2:1	Polia eixo motor - Servo motor máquina etiquetagem individual			
					Substituído por:
					Substituído por:



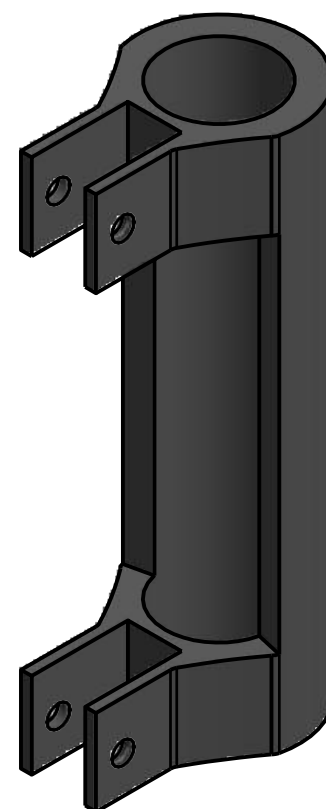
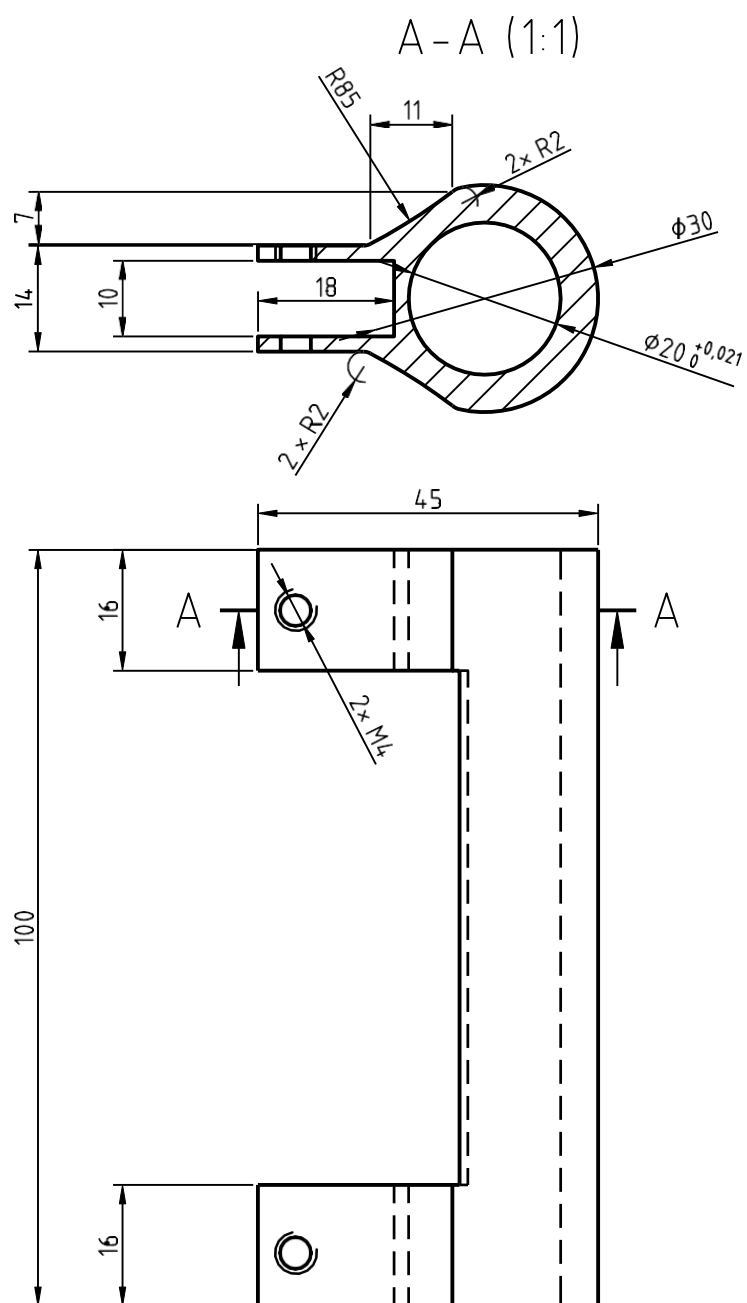
Observações	Projec.	16/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III
Número de dentes: 8	Desenh.	16/01/2023	Diego Batista		
	Escala 2:1	Polia eixo movido – Servo motor máquina etiquetagem individual			
					Substituído por:
					Substituído por:



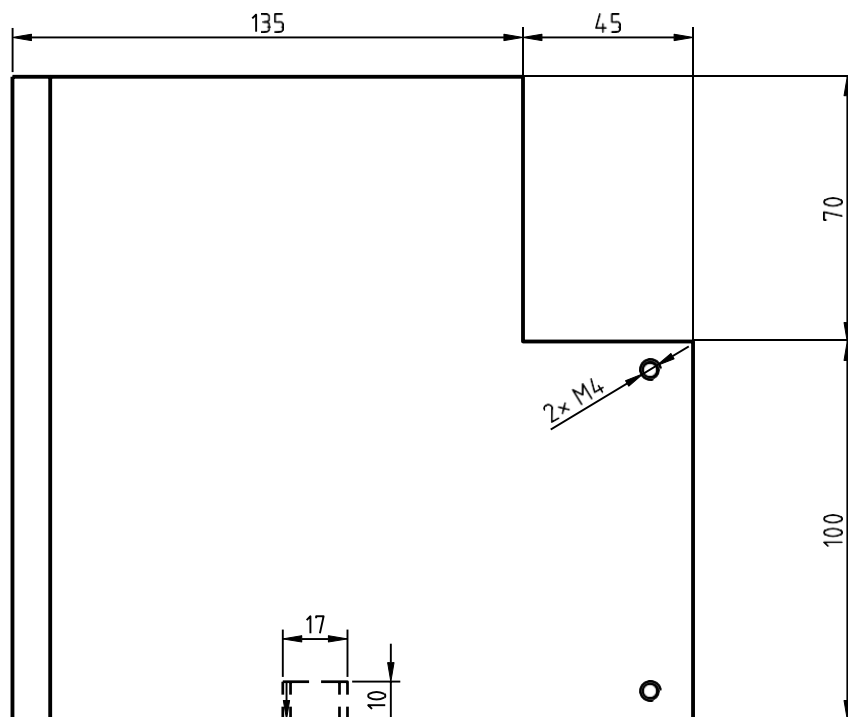
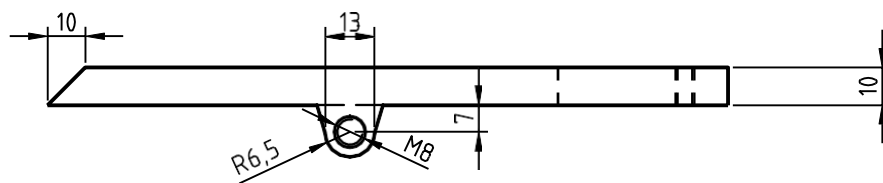
Projec.	14/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III						
Desenh.	14/01/2023	Diego Batista								
Escala	Braço pivot do rolo de pressão									
1:2										
				Substituído por:						
				Substituído por:						



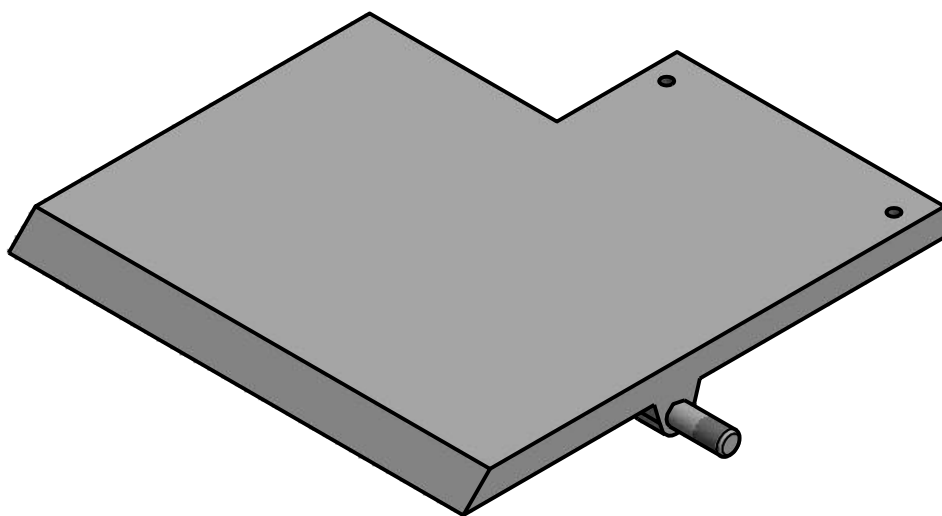
Observações	Projec.	14/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III		
Furos:	Desenh.	14/01/2023	Diego Batista				
M8: -Rosca: Iso Metric profile -Designação: M8x1,25 -Classe: 6H							
M10: -Rosca: Iso Metric profile -Designação: M10x1,5 -Classe: 6H	Escala 1:6	Parte estrutural da cabeça da máquina de etiquetagem de conjunto					
M20: -Rosca: Iso Metric profile -Designação: M20x2,5 -Classe: 6H							
Eixos:							
M10: -Rosca: Iso Metric profile -Designação: M10x1,5 -Classe: 6g							
					Substituído por:		
					Substituído por:		



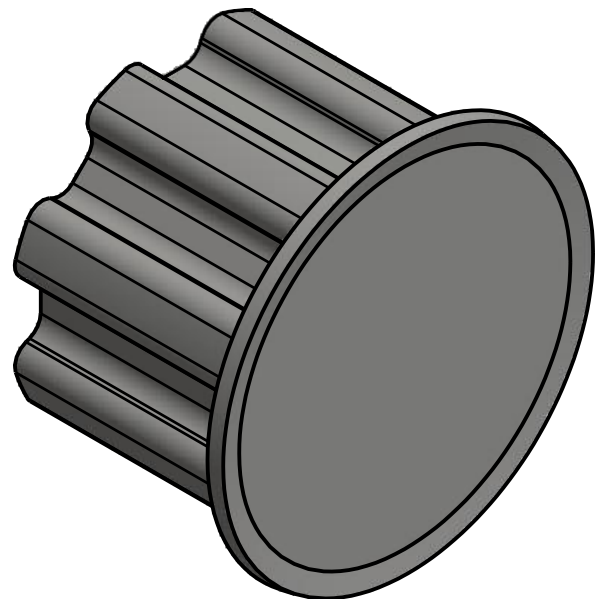
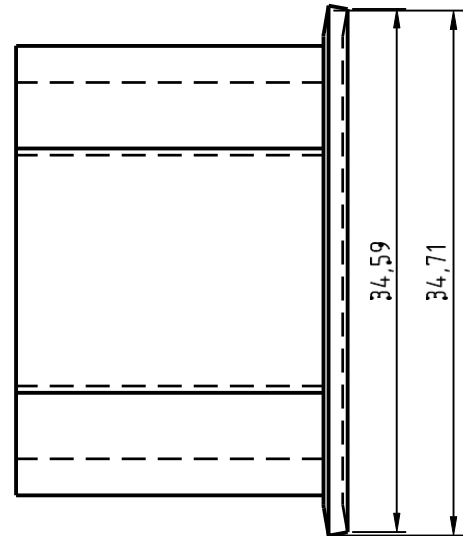
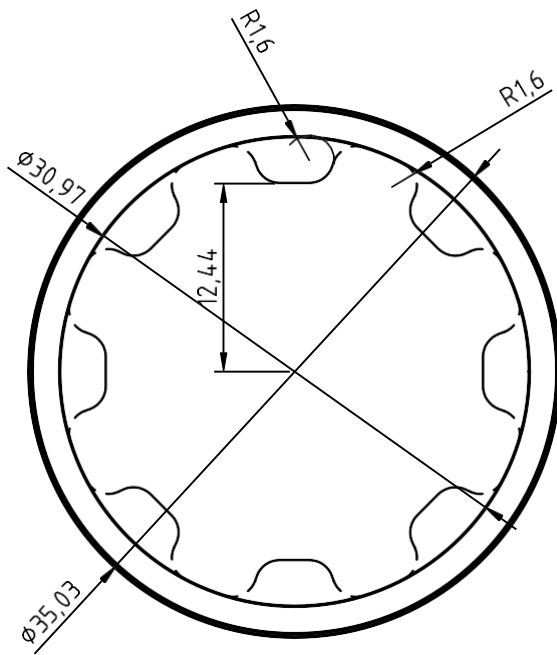
Observações	Projec.	14/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III															
Furos: -Rosca: Iso Metric profile -Designação: M4x0,7 -Classe: 6H	Desenh.	14/01/2023	Diego Batista																	
	Escala	Suporte da placa de separação da máquina de etiquetagem de conjunto																		
	1:1																			
				<table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>																
					Substituído por:															



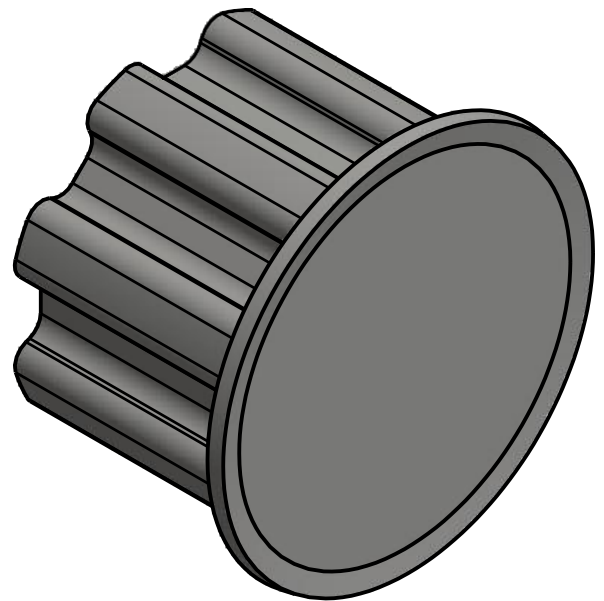
M8x1,25x10



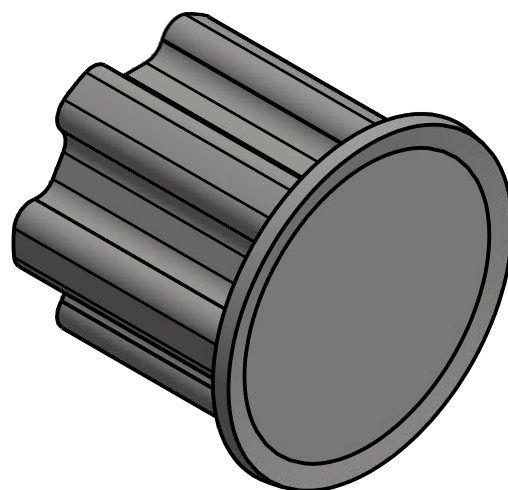
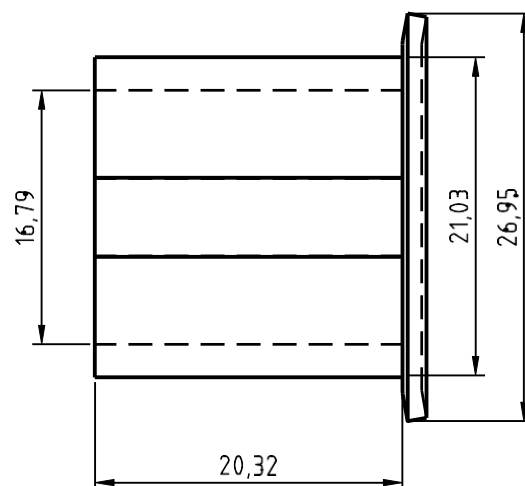
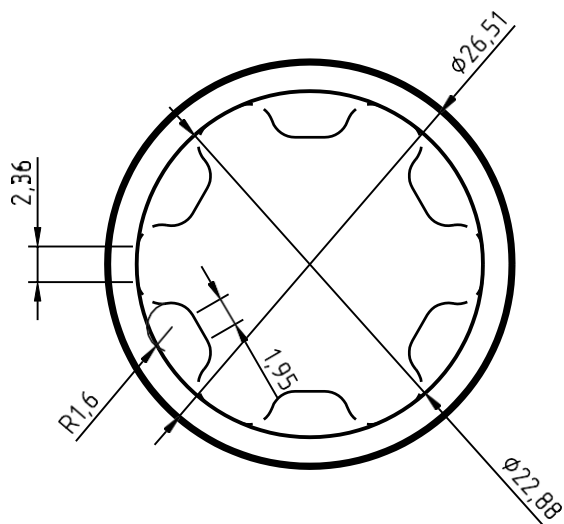
Observações	Projec.	14/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III
Furos: -Rosca: Iso Metric profile -Designação: M4x0,7 -Classe: 6H	Desenh.	14/01/2023	Diego Batista		
Eixo: -Rosca: Iso Metric profile -Designação: M8x1,25 -Classe: 6g	Escala 1:2	Placa de separação da máquina de etiquetagem de conjunto			



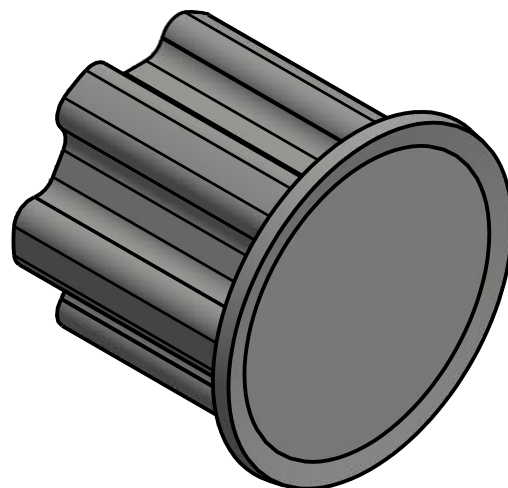
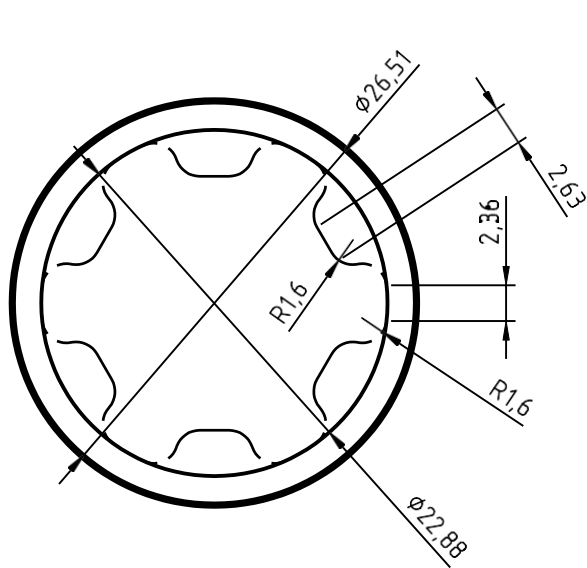
Observações	Projec.	16/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III							
Número de dentes: 8	Desenh.	16/01/2023	Diego Batista									
	Escala 1:1	Polia eixo motor - motor passo conjunto										
					Substituído por:							
		Substituído por:										



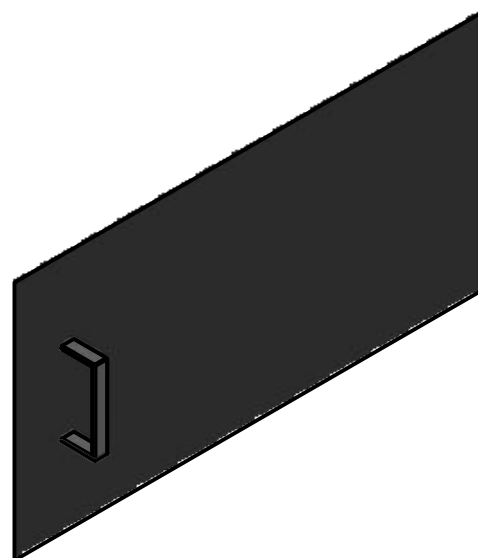
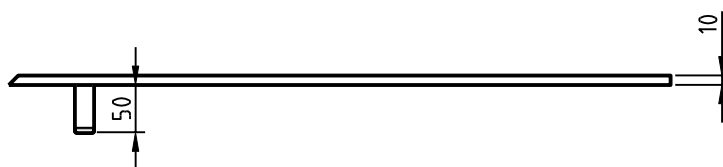
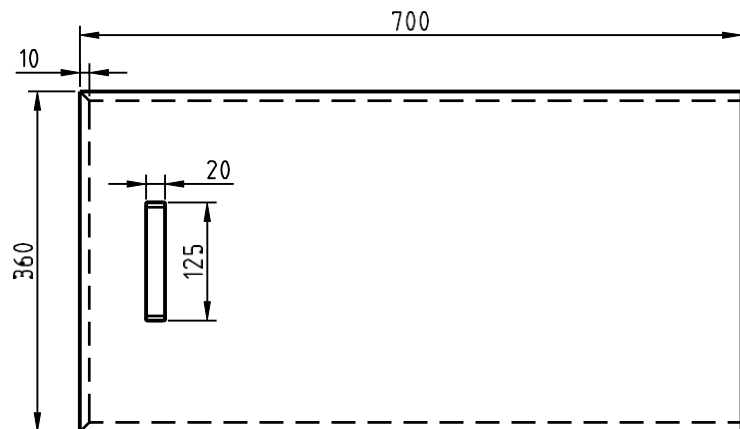
Observações	Projec.	16/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III							
Número de dentes: 8	Desenh.	16/01/2023	Diego Batista									
	Escala 1:1	Polia eixo movido - motor passo conjunto										
					Substituído por:							
					Substituído por:							



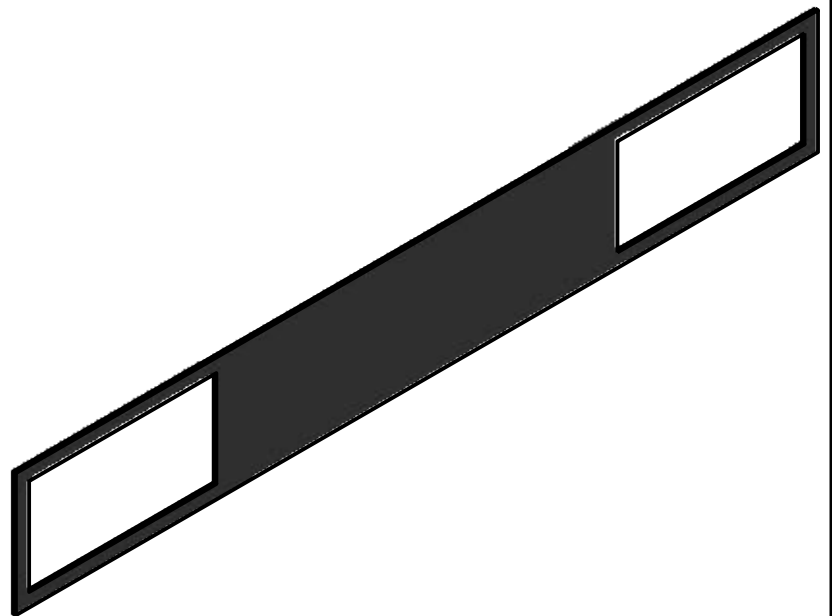
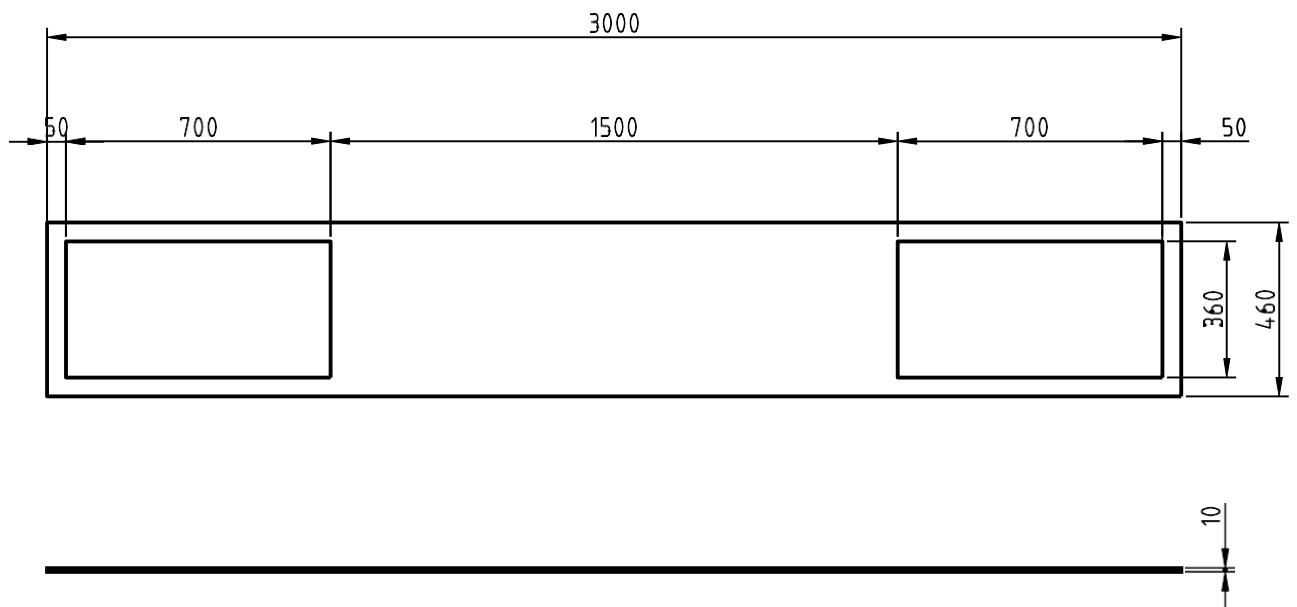
Observações	Projec.	16/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III							
Número de dentes: 6	Desenh.	16/01/2023	Diego Batista									
	Escala 1:1	Polia eixo motor - Servo motor conjunto										
					Substituído por:							
					Substituído por:							



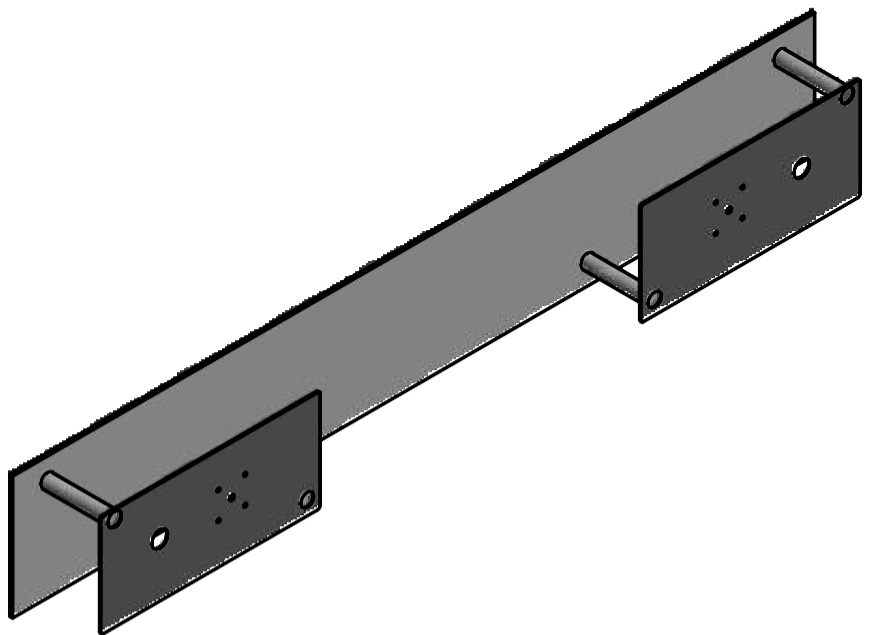
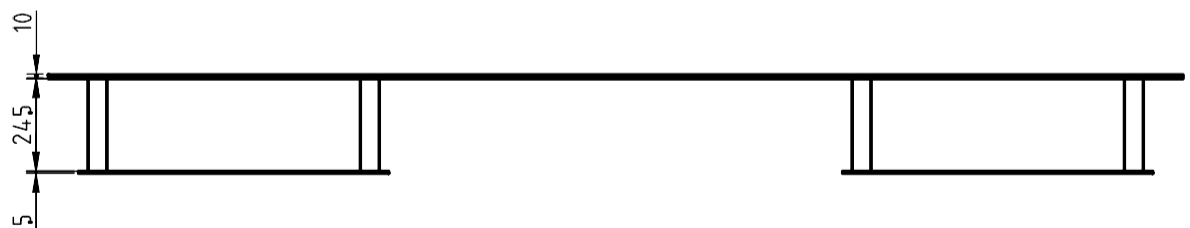
Observações	Projec.	16/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III							
Número de dentes: 6	Desenh.	16/01/2023	Diego Batista									
	Escala 1:1	Polia eixo motor - Servo motor conjunto										
					Substituído por:							
					Substituído por:							



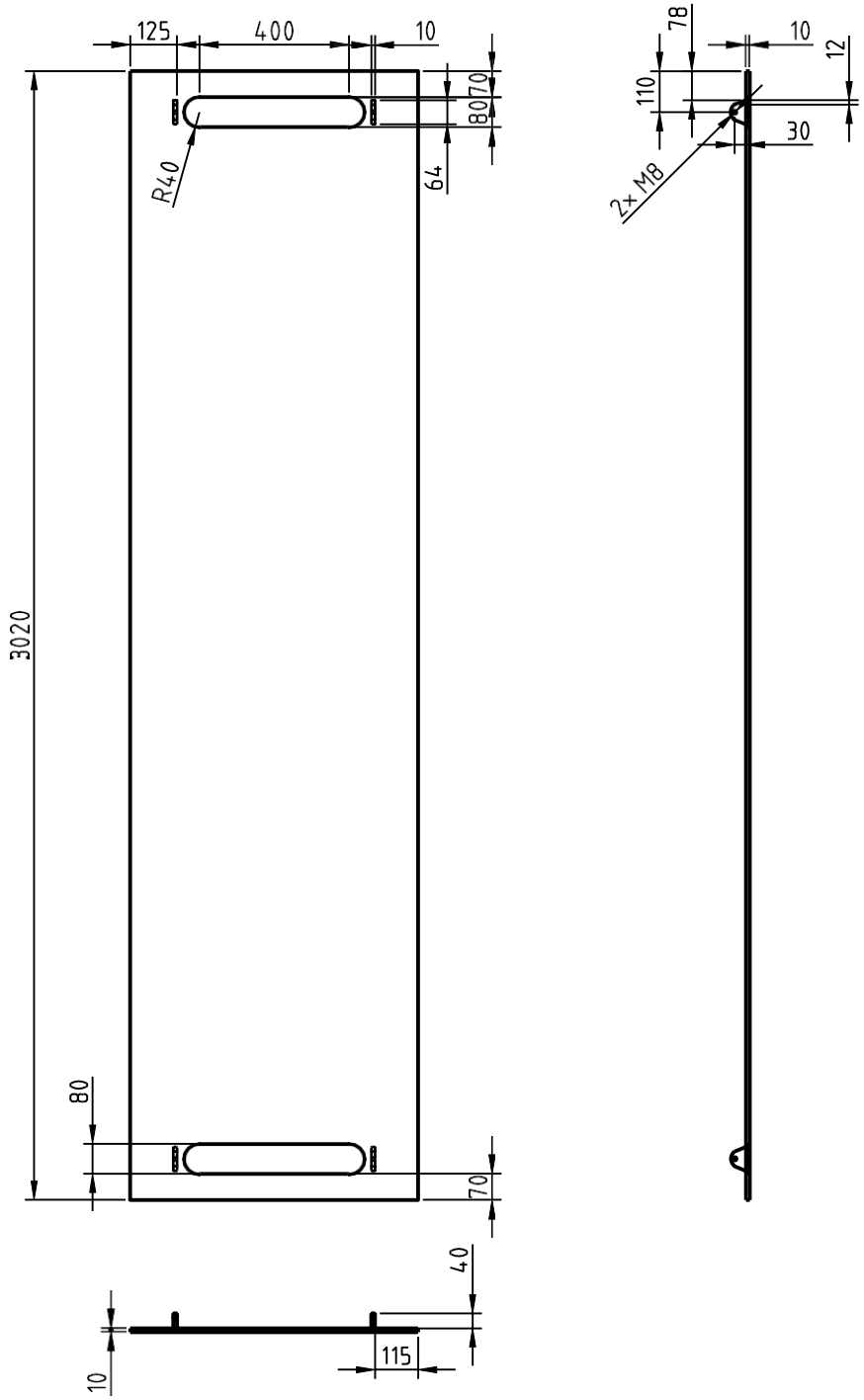
Projec.	15/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III					
Desenh.	15/01/2023	Diego Batista							
Escala 1:8	Porta de acesso ao rolo de sacos de plásticos								
				Substituído por:					
				Substituído por:					



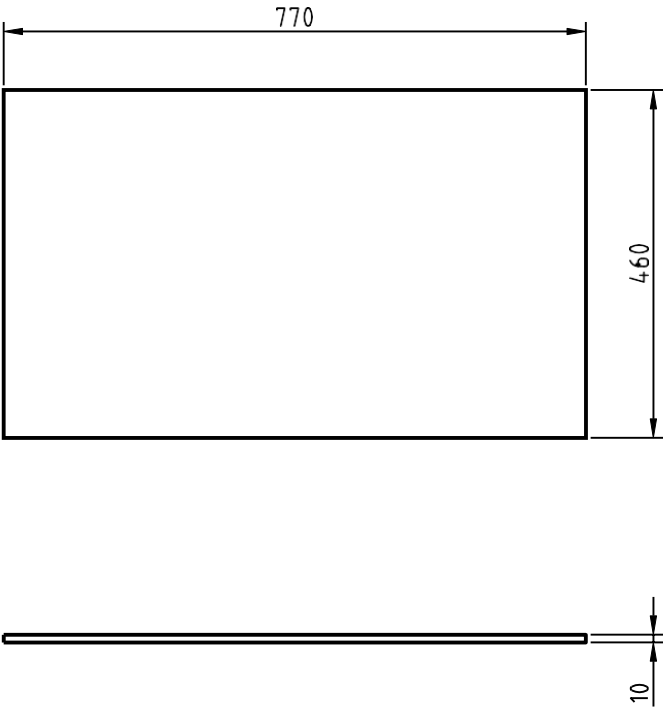
Projec.	15/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III						
Desenh.	15/01/2023	Diego Batista								
Escala	Chapa Frontal									
1:20										
				Substituído por:						
	Substituído por:									



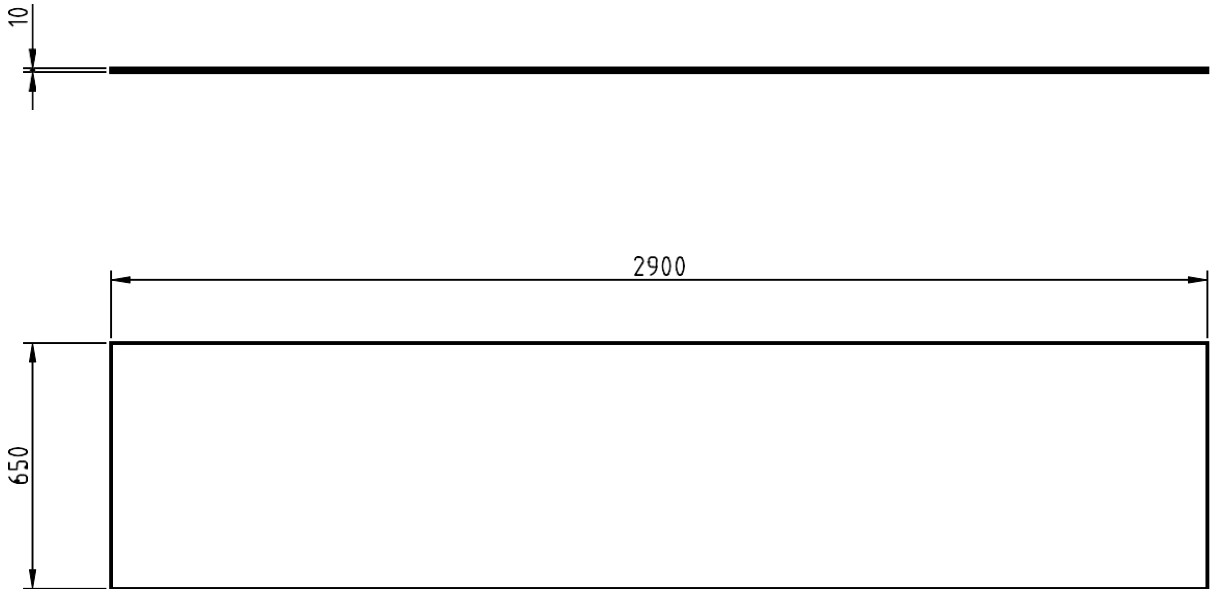
Observações	Projec.	15/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica		Apêndice III				
Furos: -Rosca: Iso Metric profile -Designação: M10x1,5 -Classe: 6H	Desenh.	15/01/2023	Diego Batista							
Escala 1:20	Chapa de trás (3000x460x10) e placa onde se fixam os motores									
					Substituído por:					
					Substituído por:					



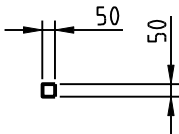
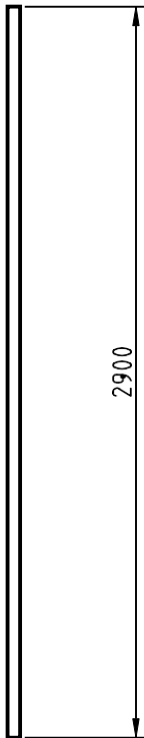
Observações	Projec.	16/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III
Furos: -Rosca: Iso Metric profile -Designação: M8x1,25 -Classe: 6H	Desenh.	16/01/2023	Diego Batista		
	Escala	Chapa superior			
	1:20				
					Substituído por:



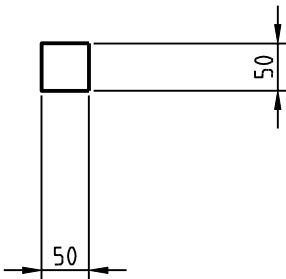
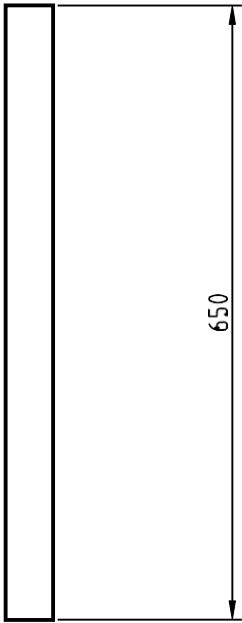
Projec.	15/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III						
Desenh.	15/01/2023	Diego Batista								
Escala	Chapa 770x460x10									
1:10										
				Substituído por:						
				Substituído por:						



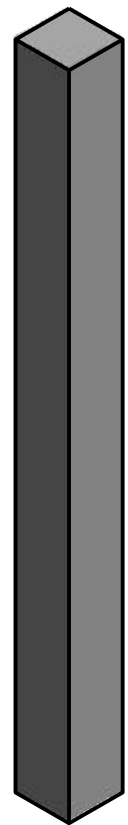
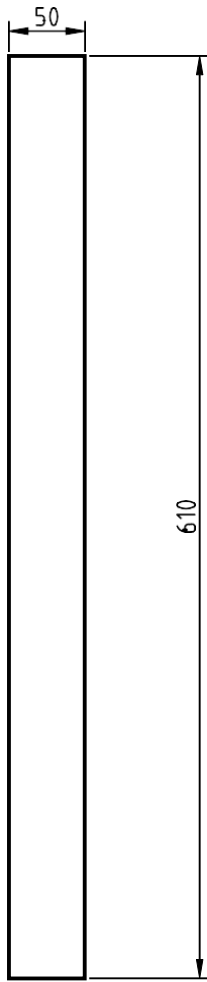
Projec.	16/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III					
Desenh.	16/01/2023	Diego Batista							
Escala	Chapa 2900x650x10								
1:20									
				Substituído por:					



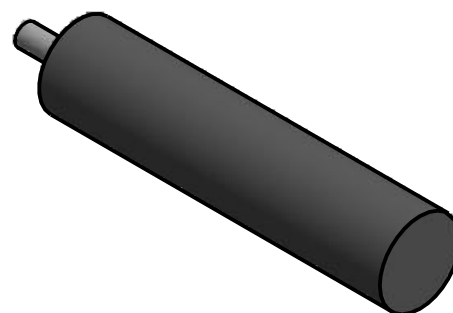
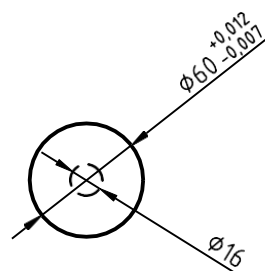
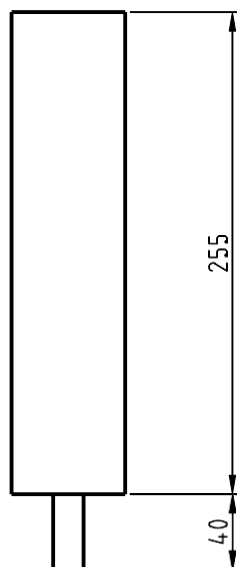
Projec.	16/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III							
Desenh.	16/01/2023	Diego Batista									
Escala	Barra 2900x50x50										
1:30											
				Substituído por:							
				Substituído por:							



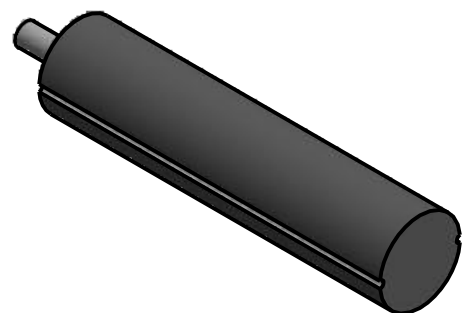
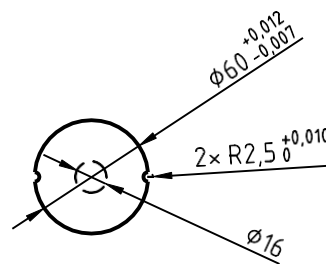
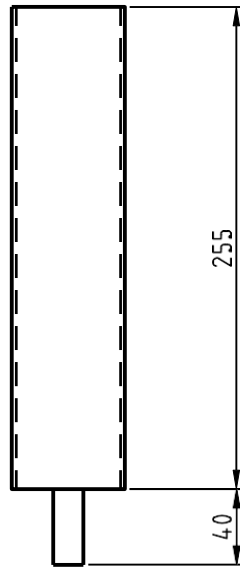
Projec.	16/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III						
Desenh.	16/01/2023	Diego Batista								
Escala 1:8	Barra 650x50x50									
				Substituído por:						
				Substituído por:						



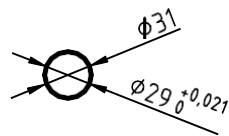
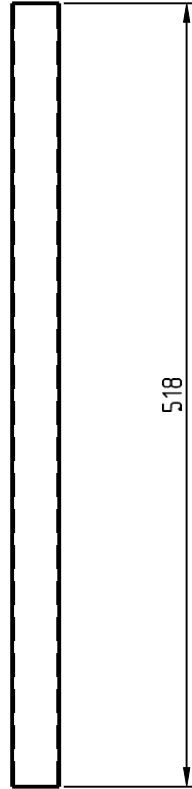
Projec.	16/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III						
Desenh.	16/01/2023	Diego Batista								
Escala 1:5	Chapa 610x50x50									
				Substituído por:						
				Substituído por:						



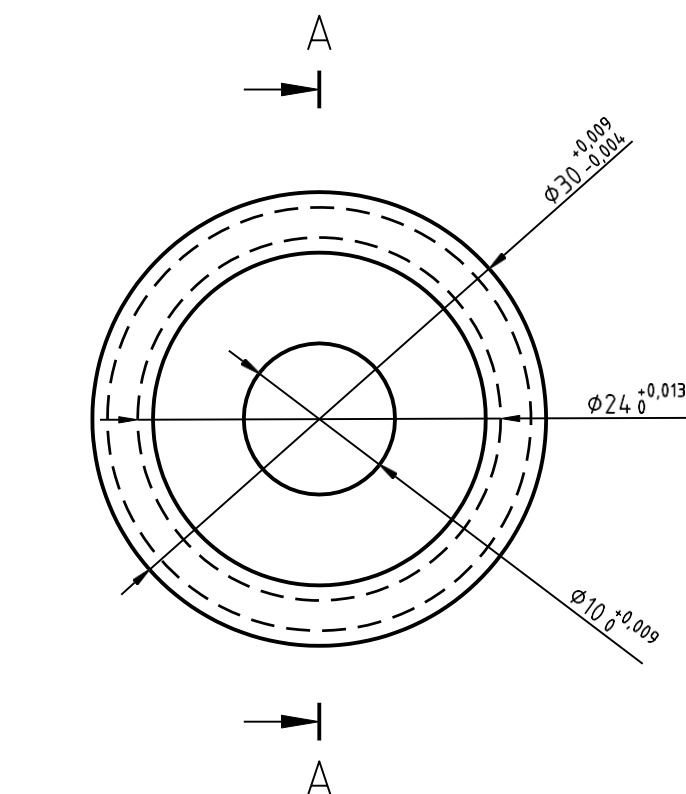
Projec.	16/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III					
Desenh.	16/01/2023	Diego Batista							
Escala	Suporte desenrolamento dos sacos								
1:4									
				Substituído por:					
				Substituído por:					



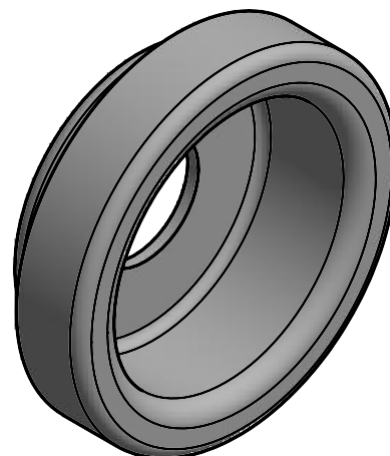
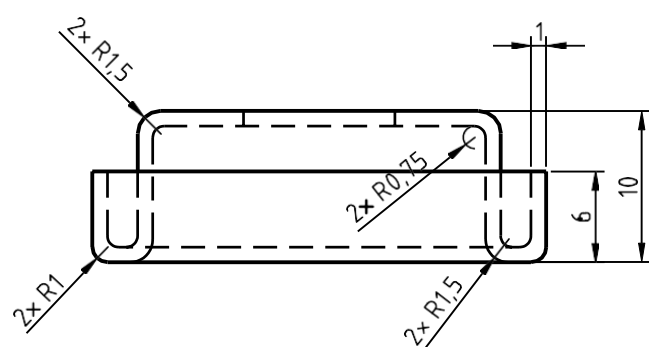
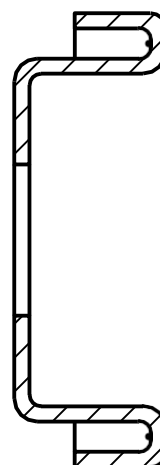
Projec.	16/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III						
Desenh.	16/01/2023	Diego Batista								
Escala	Suporte para enrolamento dos sacos									
1:4										
				Substituído por:						
				Substituído por:						



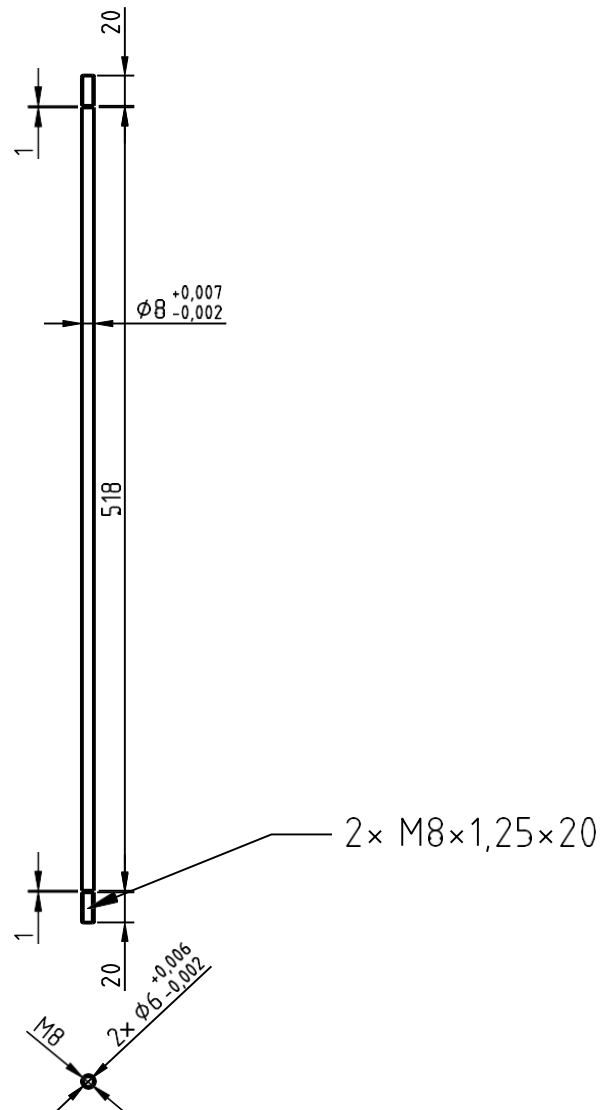
Projec.	16/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III						
Desenh.	16/01/2023	Diego Batista								
Escala	Parte exterior rolo guia segunda e sexta estação da máquina dos sacos									
1:5										
				Substituído por:						
				Substituído por:						



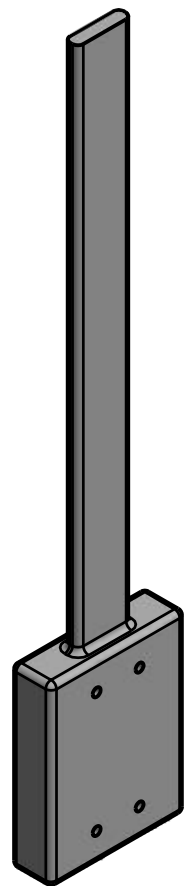
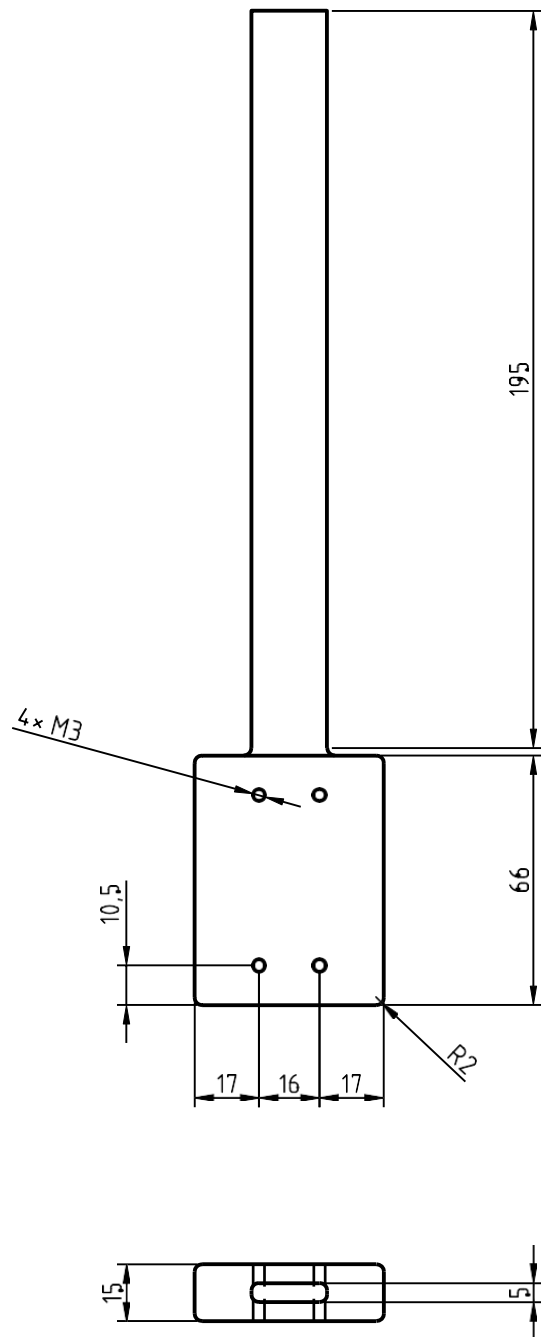
A-A (2:1)



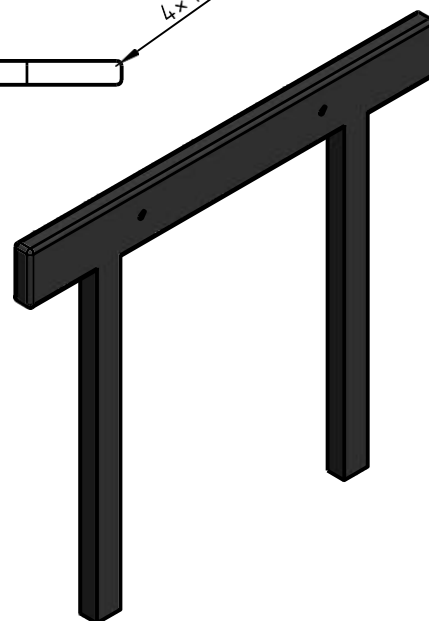
Projec.	16/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III					
Desenh.	16/01/2023	Diego Batista							
Escala 2:1	Peça intermédia (rolo guia da segunda e sexta estações da máquina dos sacos)								
				Substituído por:					
				Substituído por:					



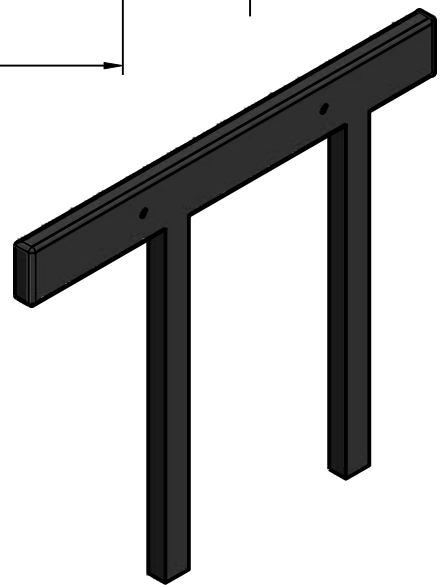
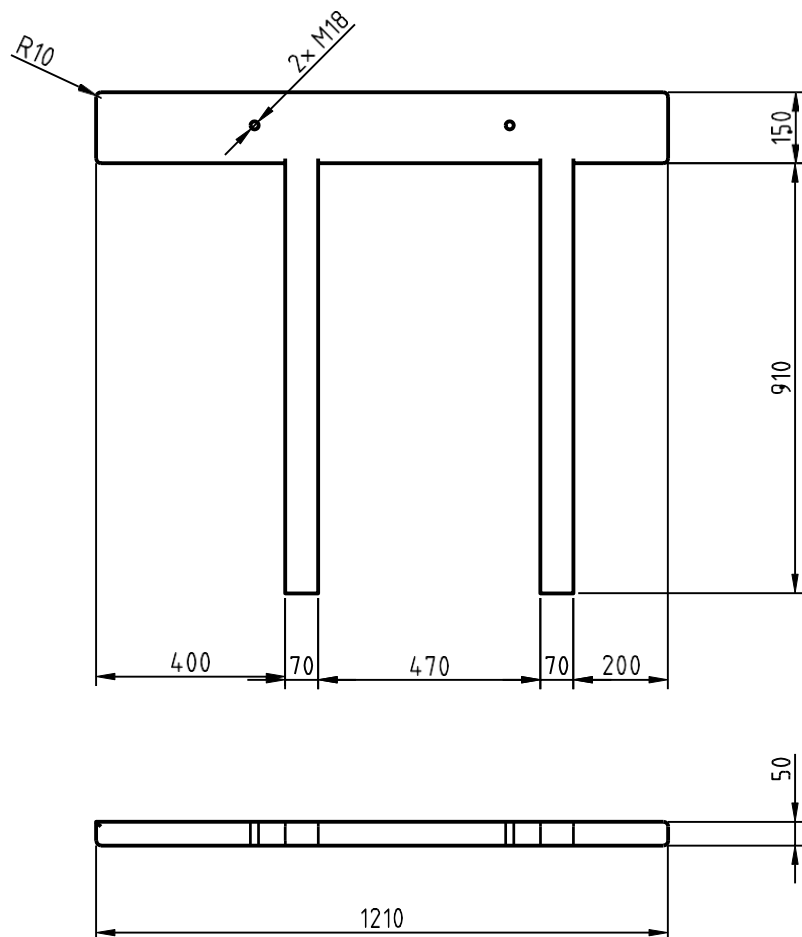
Observações	Projec.	16/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III
Eixos: -Rosca: Iso Metric profile -Designação: M8x1,25 -Classe: 6g	Desenh.	16/01/2023	Diego Batista		
	Escala 1:5	Eixo do rolo guia da segunda e sexta estações da máquina dos sacos			
				Substituído por:	
				Substituído por:	



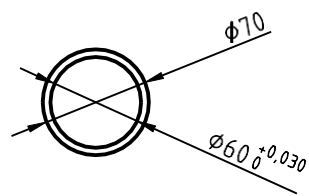
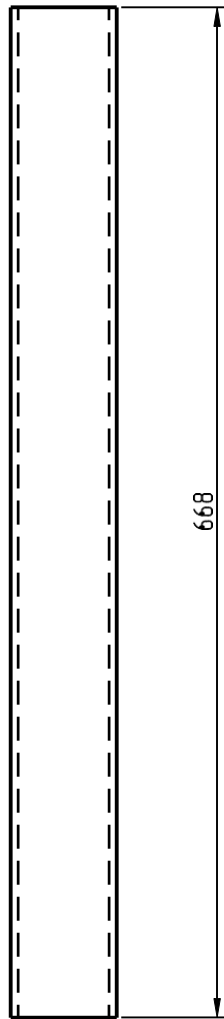
Observações	Projec.	16/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III
Furos: -Rosca: Iso Metric profile -Designação: M3x0,5 -Classe: 6H	Desenh.	16/01/2023	Diego Batista		
	Escala	Suporte sensor ultrassónico			
	1:2				
	</				



Observações	Projec.	16/01/2023	Diogo Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III				
	Desenh.	16/01/2023	Diogo Batista						
	Furos: -Rosca: Iso Metric profile -Designação: M18x2,5 -Classe: 6H	Escala 1:16	Suporte frontal rolos guia quarta e quinta estações da máquina dos sacos						
					Substituído por:				

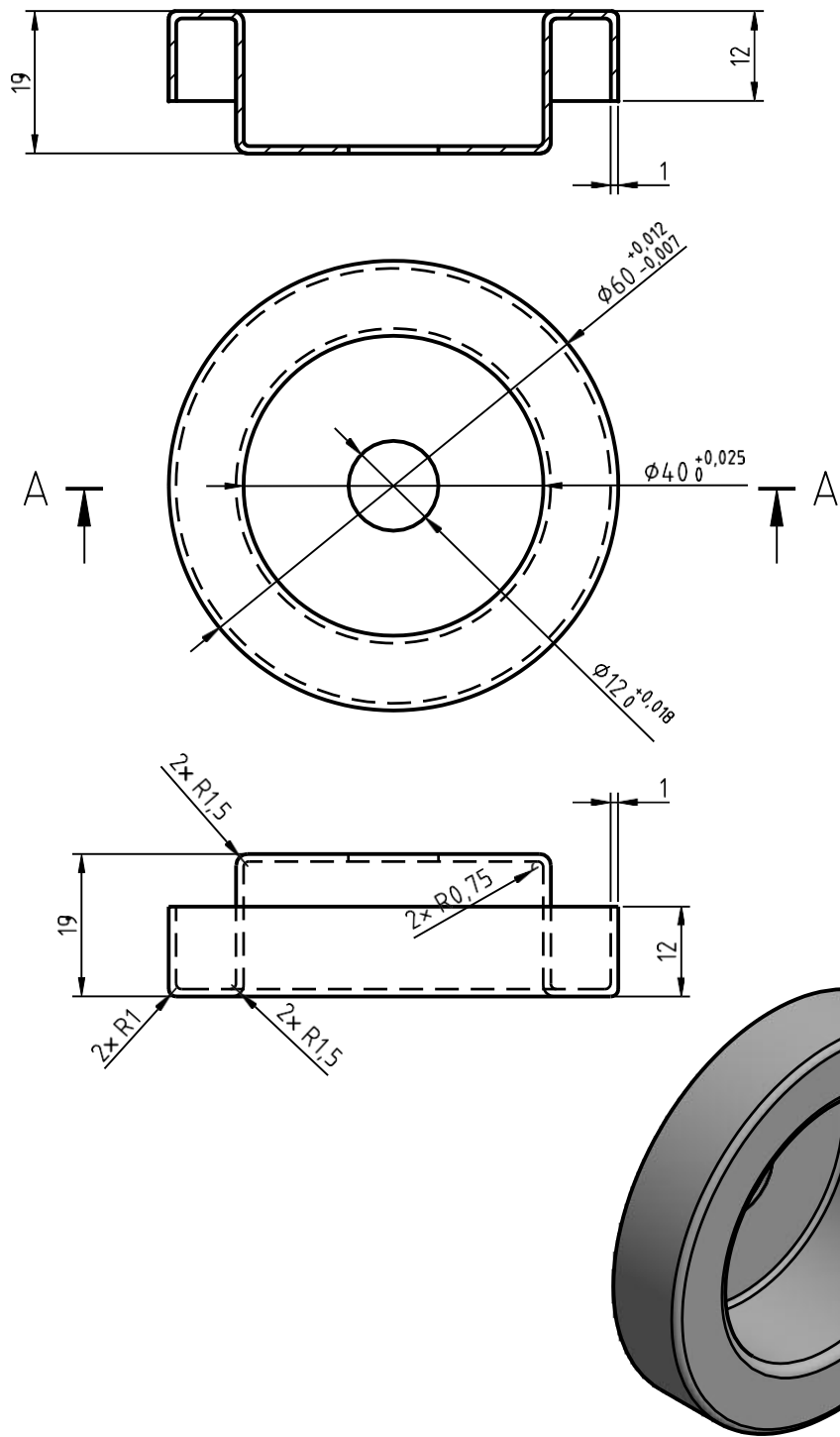


Observações	Projec.	16/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III		
Furos: -Rosa: Iso Metric profile -Designação: M18x2,5 -Classe: 6H	Desenh.	16/01/2023	Diego Batista				
	Escala	Suporte traseiro dos rolos guia da quarta e quinta estações da máquina dos sacos					
1:16							
					Substituído por:		
					Substituído por:		

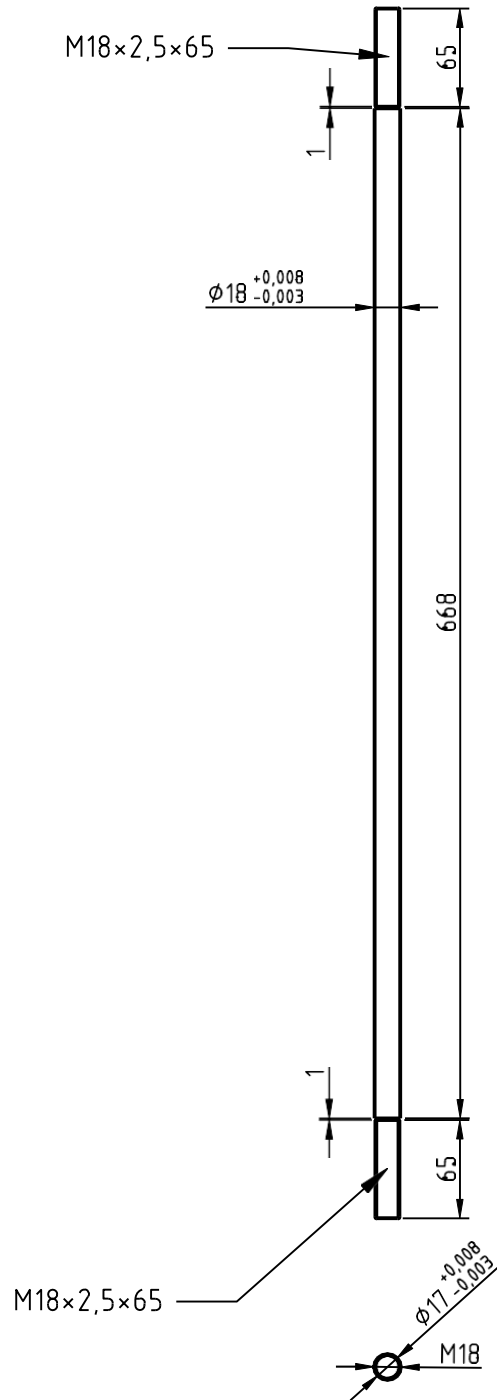


Projec.	16/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III					
Desenh.	16/01/2023	Diego Batista							
Escala 1:5	Parte exterior do rolo guia do topo da máquina dos sacos								
				Substituído por:					

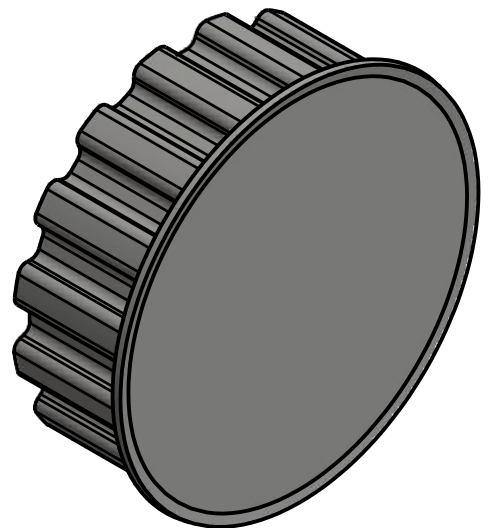
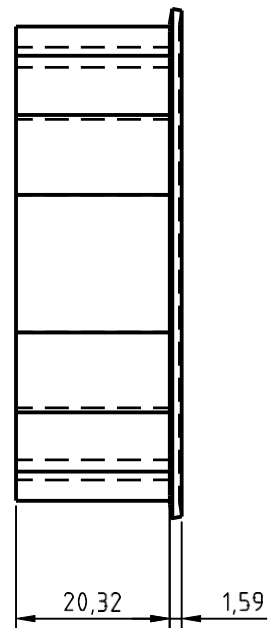
A - A (1:1)



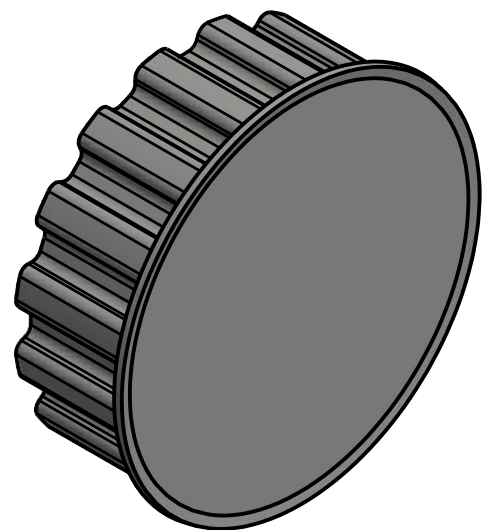
Projec.	16/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III						
Desenh.	16/01/2023	Diego Batista								
Escala 1:1	Peça intermédia do rolo guia do topo da máquina dos sacos									
				Substituído por:						
				Substituído por:						



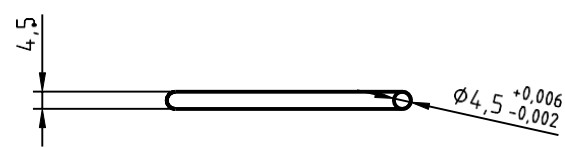
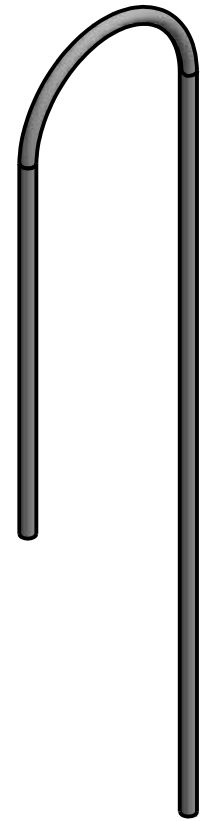
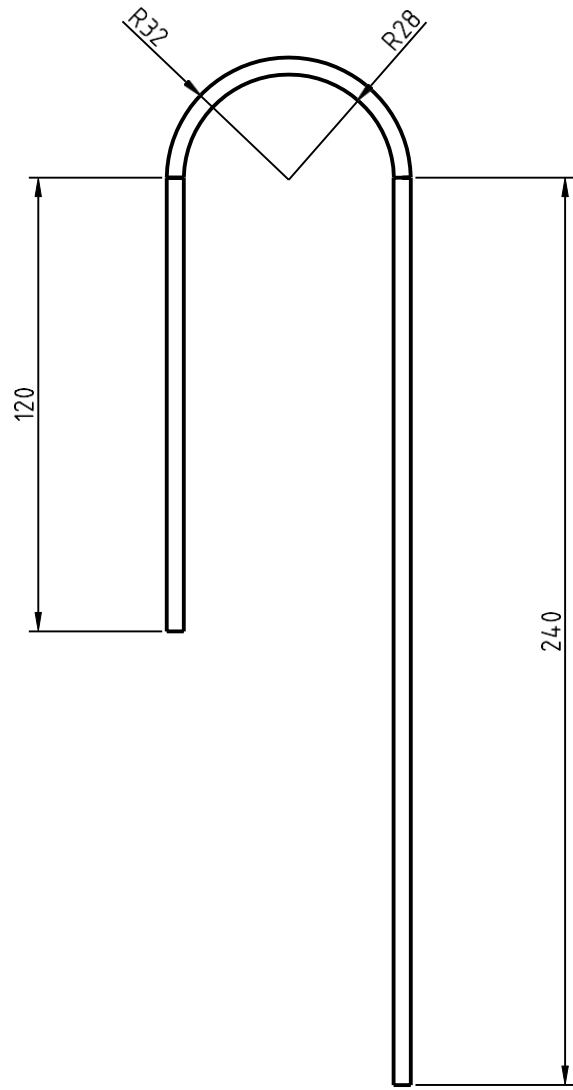
Observações	Projec.	16/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III																
Eixos: -Rosca: Iso Metric profile -Designação: M18x2,5 -Classe: 6g	Desenh.	16/01/2023	Diego Batista																		
	Escala 1:5	Eixo do rolo guia do topo da máquina dos sacos																			
					<table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>																
					Substituído por:																
					Substituído por:																



Observações	Projec.	16/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III						
Número de dentes: 16	Desenh.	16/01/2023	Diego Batista								
	Escala	Polia eixo motor da máquina dos sacos									
1:1											
					Substituído por:						
					Substituído por:						



Observações	Projec.	16/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III						
Número de dentes: 8	Desenh.	16/01/2023	Diego Batista								
	Escala	Polia eixo movido máquina dos sacos									
1:1											
				Substituído por:							
				Substituído por:							



Projec.	16/01/2023	Diego Batista	UNIVERSIDADE DO MINHO Departamento de Engenharia Mecânica	Apêndice III						
Desenh.	16/01/2023	Diego Batista								
Escala 1:2	Chave para prender os sacos no suporte de enrolamento dos mesmos									
				Substituído por:						
				Substituído por:						