



Reengenharia de uma célula robotizada

JOÃO PEDRO FERNANDES PEREIRA

novembro de 2021

REENGENHARIA DE UMA CÉLULA ROBOTIZADA

João Pedro Fernandes Pereira

1160855

2021

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica





REENGENHARIA DE UMA CÉLULA ROBOTIZADA

João Pedro Fernandes Pereira

1160855

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

2021

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica





JÚRI

Presidente

Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Doutor Francisco José Gomes Silva

Professor Coordenador com Agregação, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Coorientador

Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

Doutor António Manuel Ferreira Mendes Lopes

Professor Associado com Agregação, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar à empresa que me deu a oportunidade desenvolver este projeto, Simoldes SA., e pelo apoio concedido em todos os aspetos. Agradeço a todos os colaboradores que me deram a oportunidade de aprender mais ainda e aplicar muito do conhecimento adquirido nos últimos anos.

Ao meu orientador, Professor Doutor Francisco José Gomes Silva, pela oportunidade também, pela disponibilidade apresentada, e por todo o apoio na elaboração da presente dissertação.

Aos meus orientadores no chão de fábrica, Engenheiro Diogo Santos e Engenheiro Hugo Pinto, pelo tempo despendido, pela preocupação e por todo o apoio e confiança.

Ao meu coorientador, Professor Doutor Raul Salgueiral Gomes Campilho, pelo apoio na fase final da elaboração da presente dissertação.

À equipa dos robots que foram com quem aprendi mais durante este período.

Aos meus colegas de curso que me apoiaram sempre durante todo o meu percurso académico.

Por último a toda a minha família que me proporcionou a educação para que eu fosse sempre melhor pessoa.

PALAVRAS-CHAVE

Automóvel; Componente; Plástico; Assemblagem; Projeto; Célula Robotizada; Indústria Verde; Automação; Melhoria do Processo.

RESUMO

No século XX ocorreu uma explosão no que diz respeito ao desenvolvimento da indústria automóvel. A partir deste momento, o automóvel tornou-se um bem essencial para a sociedade, até aos dias de hoje. Assim, à volta do papel que o automóvel desempenhava na vida das pessoas, gerou-se um dos mais fortes pilares da Economia mundial, a indústria automóvel. Assim, com a evolução, esta indústria criou alicerces que fundamentaram a sua competitividade, tendo como principais objetivos satisfazer as necessidades das pessoas com a máxima qualidade possível, e respeitando sempre os prazos de entrega.

Com o crescimento da procura, surgiu uma necessidade de melhorar determinados processos para conseguir atingir a quantidade de produção pretendida. Assim, a automação e a robótica tornaram-se a melhor via para atingir as necessidades do mercado. Com isto, a automação acompanhou esta evolução e, tal como a indústria automóvel, apresenta também uma evolução constante, surgindo, frequentemente, novas soluções para os problemas.

As linhas de produção e montagem recorrem cada vez mais aos processos completamente automatizados. Com isto, este trabalho surge em resposta às necessidades de um fabricante de componentes para a indústria automóvel. Nas linhas de injeção de plásticos, a produção é constante e realizada de forma rápida, e para aproveitar essa rapidez, é desejável a realização de etapas de montagem de componentes imediatamente após a saída das peças do molde de injeção.

O trabalho consiste na adaptação de uma célula robotizada obsoleta, com o objetivo de no final, esta ser implementada numa das linhas de produção para realizar a tarefa de inserção de componentes nas peças injetadas. Para isto, será dada prioridade sempre que possível ao reaproveitamento de material existente, de modo a fazer o reaproveitamento de material que se encontre fora de uso, mas em boas condições.

Os resultados deste trabalho foram bastante positivos. O equipamento foi concluído e encontra-se neste momento em produção, cumprindo todos os requisitos necessários, tendo sido conseguida uma melhoria do tempo de ciclo do processo e diminuição da ação humana no ciclo. É esperado que o investimento efetuado neste projeto seja reavido ao fim de um período de um ano.

KEYWORDS

Automobile; Part; Plastic; Assemble; Project; Robotic Cell; Green Industry; Automation; Process Improvement.

ABSTRACT

In the 20th century, there was an explosion around the development of the automobile industry. From that moment on, the automobile has become an essential asset for society to this day. Thus, around the role that the automobile played in people's lives, one of the strongest pillars of the world economy was created, the automobile industry. Thus, with the evolution, this industry created foundations that based its competitiveness on the main objectives of satisfying people's needs with the highest possible quality and always respecting delivery deadlines.

With the growth of the demand, there was a need to improve certain processes to achieve the desired production amount. Thus, automation and robotics have become the best way to meet market needs. Automation followed this evolution, and, like the automotive industry, it also presents a constant evolution, frequently emerging new solutions to the problems.

Production and assembly lines increasingly use fully automated processes. Thus, this work arises in response to the needs of a manufacturer of components for the automotive industry. In plastic injection lines, production is constant and carried out quickly, and to take advantage of this speed, it is desirable to carry out component assembly steps that immediately support the output of the injection mold parts.

The work consists of adapting an obsolete robotic cell, with the aim of eventually being implemented in one of the production lines to carry out the task of inserting components into the injected parts. For this, whenever possible, the reuse of existing material will be prioritized to reuse existing material that is out of use, but in good condition.

The results of this work were highly positive. The equipment was concluded and is currently in production, fulfilling all the necessary requirements and improving the process cycle time and it reduced the human action in the cycle. Is expected as ROI (return-on-investment) one year.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

ABS	Acrilonitrila Butadieno Estireno
AC	<i>Alternate Current</i>
AFIA	Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CAM	<i>Computer Aided Manufacturing</i>
CEG	Caderno de Encargos Geral
CLP	Controlador Lógico Programável
CNC	<i>Computer Numerical Control</i>
CO ₂	Dióxido de Carbono
DC	<i>Direct Current</i>
DIN	<i>Deutsches Institut For Normung</i>
IV	Infravermelhos
JIT	<i>Just in time</i>
LMD	<i>Linear Motion Designer</i>
MEF	Método de Elementos Finitos
OICA	<i>Organisation Internationale des Constructeur d' Automobiles</i>
PA	Poliamida
PAPP	Processo de Aprovação de Peças de Produção
PIB	Produto Interno Bruto
PVC	Policloreto de Vinilo
RIM	<i>Reaction Injection Moulding</i>
RTM	<i>Resins Transfer Moulding</i>
SI	<i>Système International d'unités</i>
SMC	<i>Sheet Moulding Compound</i>
S-RIM	<i>Structural Reaction Injection Molding</i>

Lista de Unidades

°	Grau
g/km	Gramas por quilómetro (Emissões de CO ₂)
h	Hora
m	Metro
mm	Milímetro
MPa	Mega Pascal
N	Newton
s	Segundo

Lista de Símbolos

€	Euro
∅	diâmetro
%	Porcentagem

GLOSSÁRIO DE TERMOS

<i>Bottleneck</i>	Gargalo
<i>Input</i>	Sinais de entrada no processo, normalmente associados a sensores
<i>Mão Presa</i>	Gripper do robot de três eixos, termo usado na Industrial de moldes
<i>Output</i>	Sinais de saída no processo, normalmente associados a ações
<i>Gripper</i>	Ferramenta de trabalho de um <i>robot</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - LOGOTIPOS DA SIMOLDES DIVISÃO DE PLÁSTICOS, À DIREITA, E INPLAS, À ESQUERDA.....	5
FIGURA 2 - VENDAS DE AUTOMÓVEIS NOVOS A NÍVEL MUNDIAL EM 2020[1].....	10
FIGURA 3 - EMPRESAS ACREDITADAS PELA ISO 16949:2016	12
FIGURA 4 - PESO DA INDÚSTRIA DE COMPONENTES PARA AUTOMÓVEIS NA ECONOMIA NACIONAL (2019) [9].....	13
FIGURA 5 - VOLUME DE NEGÓCIOS E EXPORTAÇÕES [9]	14
FIGURA 6 - DESTINO DAS EXPORTAÇÕES DA INDÚSTRIA DE COMPONENTES AUTOMÓVEIS.....	14
FIGURA 7 - MATERIAIS USADOS NA CONCEÇÃO DE COMPONENTES AUTOMÓVEIS [11].....	15
FIGURA 8 - TIPOS DE PLÁSTICO UTILIZADAS EM PEÇAS AUTOMÓVEIS. [6].....	18
FIGURA 9 - DISTRIBUIÇÃO DOS COMPONENTES PLÁSTICOS NO AUTOMÓVEL.....	20
FIGURA 10 - <i>PELLETS</i> PVC (MATÉRIA PRIMA USADA NA INJEÇÃO) [16]	20
FIGURA 11 - PROCESSO DE INJEÇÃO PLÁSTICA	21
FIGURA 12 - CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO DE SISTEMAS DE MONTAGEM[18].....	23
FIGURA 13 - TIPOS DE AUTOMAÇÃO, RELAÇÃO VARIEDADE DE PRODUTOS/QUANTIDADE PRODUZIDA [21]	26
FIGURA 14 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA AUTOMAÇÃO FIXA[22]	27
FIGURA 15 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA AUTOMAÇÃO PROGRAMÁVEL[23]	27
FIGURA 16 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO DE AUTOMAÇÃO FLEXÍVEL[22]	28
FIGURA 17 - SISTEMA DE CONTROLO DE ANEL FECHADO.....	28
FIGURA 18 – EXEMPLO DE UM PLC:-S7-1200 SIEMENS [28]	32
FIGURA 19 - CONFIGURAÇÃO GERAL DE UM ROBÔ INDUSTRIAL [23]	34
FIGURA 20 – LOGOTIPO DA SIMOLDES AÇOS.....	41
FIGURA 21 - ZONA INDUSTRIAL DE OLIVEIRA DE AZEMÉIS, E IMPLANTAÇÃO DO GRUPO SIMOLDES	42
FIGURA 22 - EVOLUÇÃO DA SIMOLDES AO LONGO DO TEMPO.....	43
FIGURA 23 - PILAR B DO PEUGEOT 3008, REALÇADO A AMARELO	44
FIGURA 24 - VERSÃO COM <i>AIR-BAG</i>	44
FIGURA 25 - VERSÃO SEM <i>AIR-BAG</i>	44
FIGURA 26 - PORTA <i>CLIP'S</i> DAS PEÇAS	45
FIGURA 27 - PEÇAS DO MO.9163	45
FIGURA 28 - <i>LAYOUT</i> ATUAL DO POSTO DE TRABALHO	46
FIGURA 29 - EQUIPAMENTO PERIFÉRICO	47
FIGURA 30 - MÃO PRESA	48
FIGURA 31 - DIAGRAMA DE GANTT DO PROCESSO ATUAL, TEMPO EM SEGUNDOS.....	49
FIGURA 32 - PROPOSTA DE <i>LAYOUT</i> FUTURO	50
FIGURA 33 - GRAFCET DO PROCESSO FUTURO	50

FIGURA 34 - DIAGRAMA DE GANTT DO PROCESSO FUTURO, TEMPO EM SEGUNDOS	51
FIGURA 35 - MOTOMAN YASKAWA MH5L	52
FIGURA 36 - ROBÔ	52
FIGURA 37 - CONTROLADOR E QUADRO ELÉTRICO.....	52
FIGURA 38 - <i>GRIPPER</i>	52
FIGURA 39 - ALIMENTADOR E POSTO DE REJEIÇÃO	53
FIGURA 40 - BASE DA CÉLULA.....	53
FIGURA 41 - ALCANCE DO ROBÔ	54
FIGURA 42 - CARACTERÍSTICAS DO ROBÔ	54
FIGURA 43 - ESPECIFICAÇÕES DO CONTROLADOR DO ROBOT	55
FIGURA 44 - <i>GRIPPER</i> DO ROBÔ	56
FIGURA 45 - ALIMENTADOR E POSTO DE REJEIÇÃO	56
FIGURA 46 – REPRESENTAÇÃO DA BASE DO EQUIPAMENTO COM REALCE PARA OS NINHOS DE ALOJAMENTO DOS COMPONENTES, A VERDE NA IMAGEM.	57
FIGURA 47 - PORTA CLIP'S DA PEÇA	58
FIGURA 48 - BLOCO DE VÁLVULAS DA BASE.....	58
FIGURA 49 - VISTA EXPLODIDA DA ESTRUTURA DA CÉLULA.	59
FIGURA 50 - ESBOÇO DO SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO E REJEIÇÃO DA CÉLULA	60
FIGURA 51 - LOCALIZAÇÃO DO SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO.....	60
FIGURA 52 - ESBOÇO DA TORRE DE REJEIÇÃO	60
FIGURA 53 - <i>GRIPPER</i> DO ROBÔ	61
FIGURA 54 - NÚCLEO DE <i>GRIPPER</i> (A), DISCO DE PROTEÇÃO (B) E PONTEIRAS (C).....	62
FIGURA 55 - VISTA EXPLODIDA DO <i>GRIPPER</i>	62
FIGURA 56 - LOCALIZAÇÃO DA BASE EM RELAÇÃO À CÉLULA.....	63
FIGURA 57 - FIXAÇÃO DA BASE NA CÉLULA.....	64
FIGURA 58 - ALIMENTAÇÃO PNEUMÁTICA DA BASE.....	65
FIGURA 59 – CAPOT <i>HARTING</i> E CAVIDADE DE ENTRADA.....	65
FIGURA 60 - CAIXA DE INTERFACE DA BASE	66
FIGURA 61 - BASE COM ESTRUTURA DE PROTEÇÃO	66
FIGURA 62 - DISPOSIÇÃO DOS ELEMENTOS NA BASE	67
FIGURA 63 - PLACA DA BASE	68
FIGURA 64 - CONFIGURAÇÃO DAS CALHAS NA BASE	69
FIGURA 65 - FICHAS DE SINAIS.	69
FIGURA 66 - NINHOS	70
FIGURA 67 - ESQUEMA DA DESLOCAÇÃO DAS PEÇAS NO CICLO	70
FIGURA 68 - NINHOS POSICIONADOS NA BASE.....	71
FIGURA 69 - DESVIO DOS NINHOS PARA A EXTREMIDADE	71

FIGURA 70 - DESCRIÇÃO DA LOCALIZAÇÃO DOS PORTA-CLIPS	71
FIGURA 71 - SENSOR EMBUTIDO NO NINHO	72
FIGURA 72 - GRAMPO PNEUMÁTICO	72
FIGURA 73 – SUPORTE DO GRAMPO PNEUMÁTICO	73
FIGURA 74 - CALCADOR.....	73
FIGURA 75 – SISTEMA DE CALCAMENTO PRINCIPAL.....	74
FIGURA 76 - PICO DE PASSAGEM	74
FIGURA 77 - LOCALIZAÇÃO DO PICO OK (REALÇADO A VERMELHO)	75
FIGURA 78 - PNEUMÁTICO PARA REALIZAR O PICO OK	75
FIGURA 79 -LIGAÇÃO RÁPIDA DE ALIMENTAÇÃO PNEUMÁTICA	76
FIGURA 80 - BLOCO DE VÁLVULAS DA BASE.....	76
FIGURA 81 - SUPORTE DO SENSOR DE ‘INCOMPLETOS’	76
FIGURA 82 - SUPORTE DO SENSOR DE PRESENÇA DE PEÇA	77
FIGURA 83 - CONJUNTO DO SUPORTE DO SENSOR DE PRESENÇA DE CLIP	77
FIGURA 84 - SUPORTE DO SENSOR DE PRESENÇA DE CLIP.....	78
FIGURA 85 - SISTEMA DE VISÃO	78
FIGURA 86 - INICIO DO CICLO DO ROBÔ	79
FIGURA 87 - GRIPPER CARREGADO	80
FIGURA 88 - SENSOR DE PRESENÇA DE PEÇA A OFF.....	80
FIGURA 89 – SENSOR DE ‘INCOMPLETO’ A OFF	81
FIGURA 90 – SENSOR DE PRESENÇA DE CLIP A OFF	81
FIGURA 91 – PICO OK RECUADO	82
FIGURA 92 - FECHO DOS CALCADORES	82
FIGURA 93 - DETEÇÃO DE ‘INCOMPLETOS’	83
FIGURA 94 - VERIFICAÇÃO DE AUSÊNCIA DE CLIP	83
FIGURA 95 - CICLO DE INSERÇÃO	83
FIGURA 96 - CALCADORES AVANÇADOS	84
FIGURA 97 - SENSORES DE PRESENÇA DE PEÇA A ON.....	84
FIGURA 98 - SENSOR DE ‘INCOMPLETO’ ON	85
FIGURA 99 - PICO OK RECUADO	85
FIGURA 100 - SENSORES DE PRESENÇA DE CLIP A OFF	85
FIGURA 101 - CONJUNTO DE PEÇAS OK	86
FIGURA 102 - A-BANNER DO ALIMENTADOR, E B- BANNER DA CÉLULA.....	87
FIGURA 103 - BANNER DA CÉLULA A AMARELO FIXO	88
FIGURA 104 - BANNER AMARELO INTERMITENTE	88
FIGURA 105 – BANNER DA CÉLULA A VERDE FIXO	89
FIGURA 106 – BANNER DA CÉLULA A VERMELHO FIXO	89

FIGURA 107 – <i>BANNER</i> DO ALIMENTADOR A VERMELHO INTERMITENTE	90
FIGURA 108 - <i>BANNER</i> DO ALIMENTADOR A VERMELHO FIXO.....	90
FIGURA 109 - CARTAS DE ENTRADAS E SAÍDAS DA CÉLULA	91
FIGURA 110 - CARTA DE SEGURANÇAS DO ROBÔ	92
FIGURA 111 - CARTA DE ENTRADAS E SAIDAS YASKAWA.....	92
FIGURA 112 - CARTA DE ENTRADAS MURR.....	92
FIGURA 113 - CARTA DE ENTRADAS E SAÍDAS MURR.....	92
FIGURA 114 - CALCADORES AVANÇADOS	93
FIGURA 115 - CALCADORES RECUADOS	93
FIGURA 116 - PICO OK AVANÇADO	93
FIGURA 117 - VERIFICAÇÃO DE VERSÃO.....	94
FIGURA 118 - SENSOR DE 'INCOMPLETO'	94
FIGURA 119 - DETEÇÃO DE PRESENÇA DE <i>CLIP</i>	94
FIGURA 120 – VÁLVULA DE CONTROLO DOS SISTEMAS PNEUMÁTICOS	95
FIGURA 121 - SISTEMA DE VISÃO	95
FIGURA 122 - LIGAÇÃO <i>HARTING</i> DA BASE	99
FIGURA 123 - MONTAGEM DA CAIXA DE INTERFACE MONTADA	99
FIGURA 124 - QUADRO ELÉTRICO DA CÉLULA.....	100
FIGURA 125 - RELÉS DA INTERFACE COM O ROBÔ DE TRÊS EIXOS	101
FIGURA 126 - MONTAGEM DO QUADRO ELÉTRICO	101
FIGURA 127 - PAINEL PRINCIPAL	102
FIGURA 128 - PAINEL DE COMUNICAÇÃO COM ROBÔ DE TRÊS EIXOS	102
FIGURA 129 - PAINEL DE CONTROLO DA BASE.....	102
FIGURA 130 - QUANTIFICAÇÃO DOS GANHOS	108

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – OBJETIVOS ESTABELECIDOS.....	4
TABELA 2 - FORÇAS COMPETITIVAS DE UM NEGÓCIO, SEGUNDO PORTER[5].....	11
TABELA 3 - BENEFÍCIOS DA CERTIFICAÇÃO ISO/TS 16949:2016[6]	12
TABELA 4 - COMPARAÇÃO DE PESO E EMISSÕES DE VEÍCULOS COM ESTRUTURAS DE AÇO E ALUMÍNIO [12].....	16
TABELA 5 - BENEFÍCIOS DO USO DE PLÁSTICOS NA INDÚSTRIA.....	17
TABELA 6 - PROCESSOS UTILIZADOS NA PRODUÇÃO DE PEÇAS AUTOMÓVEIS EM PLÁSTICO.....	19
TABELA 7 - TIPOS DE INJEÇÃO DE PLÁSTICOS.....	22
TABELA 8 - CAUSAS QUE LEVAM À AUTOMATIZAÇÃO DOS PROCESSOS INDUSTRIAIS (ADAPTADO DE [20])	25
TABELA 9 - CLASSIFICAÇÃO DOS ATUADORES, (ADAPTADO DE [20]).....	29
TABELA 10 - VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS ATUADORES ELÉTRICO, (ADAPTADO DE [27])	30
TABELA 11 - VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS ATUADORES HIDRÁULICOS (ADAPTADO DE [22])	30
TABELA 12 - VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS ATUADORES PNEUMÁTICOS, (ADAPTADO DE [22])	31
TABELA 13 – SENSORES MAIS COMUNS NA INDÚSTRIA	33
TABELA 14 - FATORES QUE JUSTIFICAM A UTILIZAÇÃO DE ROBÔS NA INDÚSTRIA	35
TABELA 15 - TIPOS DE ROBÔS (ADAPTADO DE [31])	36
TABELA 16 - PARÂMETROS CONTROLADOS PELO EQUIPAMENTO PERIFÉRICO	47
TABELA 17 - PRINCIPAIS ÓRGÃOS DE UMA CÉLULA ROBOTIZADA.....	52
TABELA 18 - PARÂMETROS CONDICIONANTES DO PROJETO DO <i>GRIPPER</i>	61
TABELA 19 - REQUISITOS DO PROJETO DA BASE.....	63
TABELA 20 - LISTA DE REQUISITOS ENVIADOS AO FORNECEDOR DOS NINHOS	69
TABELA 21 - CONDIÇÕES DO ESTADO DE MÁQUINA PRONTA.....	80
TABELA 22 - CONDIÇÕES PARA INÍCIO DO CICLO DE INSERÇÃO	84
TABELA 23 - ESTADOS DO <i>BANNERS</i> DA CÉLULA.....	88
TABELA 24 - ESTADOS DO <i>BANNER</i> DO ALIMENTADOR.....	90
TABELA 25 - CARTAS DE ENTRADAS E SAÍDAS DISPONÍVEIS	92
TABELA 26 - LISTAGEM DE ENTRADAS ASSOCIADAS À BASE.....	93
TABELA 27 - SAÍDAS DA BASE	95
TABELA 28 - LISTAGEM DE ENTRADAS ASSOCIADAS AO SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO.....	96
TABELA 29 - SAÍDAS ASSOCIADAS ÀS SEGURANÇAS E SINALIZAÇÕES.....	97
TABELA 30 - CUSTOS GERAIS DO EQUIPAMENTO	103
TABELA 31 - GANHOS OBTIDOS COM A CÉLULA EM PRODUÇÃO	103
TABELA 32 - MATERIAL REAPROVEITADO	104
TABELA 33 - AVALIAÇÃO DO CUMPRIMENTO DE OBJETIVOS INICIAIS.....	107

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	3
1.1	Contextualização	3
1.2	Objetivos.....	3
1.3	Metodologia	4
1.4	Estrutura da dissertação	5
1.5	Simoldes SA / Inplas.....	5
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
2.1	Indústria Automóvel	10
2.1.1.1	Pilares da Indústria automóvel	11
2.1.1.2	Competitividade.....	11
2.1.1.3	Qualidade.....	12
2.1.1.4	Prazo de Entrega.....	13
2.1.2	Indústria de componentes para automóveis	13
2.1.2.1	Componentes para automóveis.....	15
2.1.2.1.1	Materiais na produção de componentes	15
2.1.2.1.2	Componentes em Polímero	16
2.1.2.1.3	Polímeros Comuns na Indústria Automóvel.....	17
2.1.2.1.4	Processamento de Plásticos.....	18
2.1.2.1.5	Aplicações de Plásticos nos automóveis	19
2.2	Injeção Plástica	20
2.2.1	Fundamentos da Injeção	20
2.2.2	Tipos de Injeção.....	21
2.3	Assemblagem de componentes.....	22
2.4	Automatização de processos	23
2.4.1	Tipos de automação	26
2.4.1.1	Sistemas de Acionamento e controlo em automação	28
2.4.1.1.1	Atuadores.....	29
2.4.1.1.2	Controladores	31
2.4.1.1.3	Sensores.....	32

2.4.2	Robótica na Indústria	33
2.4.2.1	Tipos e características de robôs.....	35
2.4.2.2	Parametrização e Programação.....	37
3	DESENVOLVIMENTO	41
3.1	Caracterização da empresa acolhedora do projeto	41
3.1.1	Simoldes Aços.....	41
3.1.2	Simoldes Plásticos	41
3.1.3	Dimensão nacional	42
3.1.4	Dimensão mundial.....	42
3.1.5	Inplas	43
3.1.6	Departamento de Engenharia de Processo.....	43
3.2	Caracterização do Processo	44
3.2.1	Objetivo do Processo.....	44
3.2.2	Molde 9163	45
3.2.3	Máquina de Injeção.....	45
3.2.4	Linha de Produção.....	46
3.2.5	Equipamentos Periféricos	46
3.2.6	Ciclo do Processo.....	48
3.2.7	Robô de três eixos	48
3.2.8	Análise dos tempos do ciclo atual	48
3.3	Fases evolutivas do projeto	50
3.3.1	Proposta de processo futuro.....	50
3.3.2	Definição inicial do projeto da Célula.....	52
3.3.2.1	Robô.....	54
3.3.2.2	Controladores e quadro elétrico.....	55
3.3.2.3	Gripper	55
3.3.2.4	Alimentador e posto de rejeição	56
3.3.2.5	Base.....	57
3.4	Projeto Mecânico.....	59
3.4.1	Segurança e acessos	59
3.4.2	Sistema de Alimentação e Rejeição.....	59
3.4.3	Gripper	61
3.4.4	Base	62
3.4.4.1	Base Removível	64

3.4.4.2	Alimentação Pneumática	64
3.4.4.3	Comunicação	65
3.4.4.4	Caixa de Interface	65
3.4.4.5	Aro de Proteção da base	66
3.4.4.6	Organização	66
3.4.4.7	Placa de suporte da base	67
3.4.4.8	Calha	68
3.4.4.9	Fichas de sinais	69
3.4.4.10	Ninhos	69
3.4.4.11	Sistema de calcamento	72
3.4.4.12	Pico OK	74
3.4.4.13	Sistema Pneumático	75
3.4.4.14	Suportes dos Sensores	76
3.4.4.14.1	Sensor de 'incompleto'	76
3.4.4.14.2	Sensor de presença de peça	77
3.4.4.14.3	Sensor de Presença de <i>clip</i>	77
3.4.4.15	Sistema de controlo de versão	78
3.5	Automação	78
3.5.1	Definição do ciclo	78
3.5.2	Ciclo de alimentação	86
3.5.3	Sinalizadores do ciclo	87
3.5.4	Definição de entradas e saídas	91
3.5.4.1	Entradas e saídas da base	93
3.5.4.2	Sistema de alimentação	96
3.5.4.3	Seguranças e Sinalizações	96
3.5.5	Comunicação entre equipamentos	97
3.5.6	Ciclo de Inserção	98
3.5.7	Montagem da interface da base	99
3.5.8	Montagem da interface com o robô de três eixos	100
3.5.9	Montagem do quadro elétrico	101
3.5.10	Programação do painel do utilizador	101
3.6	Custos do equipamento	103
4	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS	107
4.1	Propostas de trabalhos futuros	110

5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO	113
6	ANEXOS	119
6.1	Grafcet's do ciclo	121
6.2	Esquema Elétrico	125
6.3	Esquema Pneumático	135
6.4	Programação realizada e tabela de correspondência	137

INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

1.2 OBJETIVOS

1.3 METODOLOGIA DO RELATÓRIO

1.4 ESTRUTURA DO RELATÓRIO

1.5 SIMOLDES SA / INPLAS

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Com a incessante procura da indústria automóvel por novos e melhores produtos, ter recursos parados simboliza uma perda de rentabilidade. Rentabilidade essa que, se não existir, pode colocar em causa qualquer empresa, independentemente da sua dimensão. Tendo em conta a elevada evolução da indústria automóvel, o que hoje é uma grande novidade, dentro de um ou dois anos, pode já estar completamente ultrapassado, o que leva a uma rápida desatualização dos equipamentos produzidos.

Parte do papel da Engenharia neste contexto passa por dar resposta a problemas como estes, e com os recursos já existentes, ser capaz de satisfazer as novas necessidades de um mundo cada vez mais exigente e competitivo.

O processo alvo de melhoria neste trabalho, é o fabrico e montagem de componentes em peças para o setor automóvel, obtidas por injeção de plásticos, nomeadamente, a inserção de cliques. Serão abordados neste trabalho todos os fatores intervenientes neste processo, desde o momento da injeção até à validação da peça para expedição. Este trabalho surge, assim, a partir da necessidade de reaproveitar recursos já existentes e dar-lhes um novo propósito, que no fim irá significar um impacto na rentabilização do produto e também do processo de produção onde ele estará alocado.

1.2 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo principal a melhoria de um processo de montagem de peças para o setor automóvel.

Para realizar a melhoria será, sempre que possível, adotada uma reutilização de equipamentos já existentes no local de desenvolvimento do trabalho. Para isso, será feita uma análise ao *stock* existente de material e selecionado o que for possível ainda aproveitar. Isto irá tornar todo o projeto mais rentável, mais amigo do ambiente e aumentará os ganhos de forma imediata.

Em resposta ao desafio apresentado e ao objetivo principal, foram traçados como objetivos:

- Desenvolver um equipamento capaz de trabalhar de forma autónoma, com recurso ao robô de seis eixos existente, com um tipo de componentes e duas referências.

- Implementar um sistema de alimentação de componentes, sendo estes depositados de forma aleatória no equipamento;
- Desenvolver uma ferramenta auxiliar para o robô, capaz de transportar os componentes necessários para um ciclo de trabalho;
- Criar sistemas de posicionamento das peças com vista à fixação das mesmas durante a montagem dos componentes;
- Aplicar um sistema de detecção de componentes;
- Aplicar um sistema de visão para detecção de versão do componente;
- Realizar o esquema elétrico e pneumático da célula;
- Realizar a montagem do esquema elétrico proposto;
- Realizar a montagem do esquema pneumático;
- Programar o robô para executar o ciclo;
- Programar um painel de controlo de modo a facilitar a detecção de erros;
- Realizar o máximo de reaproveitamento de material existente.

Com a implementação do equipamento nas linhas de produção, são esperados alcançar os seguintes objetivos:

- Realocar os operadores que fazem esta montagem em outras operações;
- Aumentar a capacidade de produção;
- Reduzir os custos de produção.

1.3 Metodologia

De modo a alcançar o objetivo mencionado, foi estabelecido um método assente em algumas fases principais, Tabela 1.

Tabela 1 – Objetivos estabelecidos

Etapa	Objetivo
1	Análise dos sistemas previamente existentes para funções similares;
2	Divisão do equipamento em subconjuntos principais
3	Elaboração do projeto inicial
4	Validação e análise do material necessário
6	Planeamento do processo futuro
7	Montagem do equipamento
8	Programação
9	Testes em máquina
10	Aplicação em linha de produção
11	Realização da dissertação

1.4 Estrutura da dissertação

Quatro capítulos principais definem a estrutura da presente dissertação.

Em primeiro lugar, no primeiro capítulo, é realizado um enquadramento geral do trabalho desenvolvido, apresentando ao leitor os motivos que levaram ao desenvolvimento deste trabalho, os objetivos e a metodologia adotada para abordar o problema.

O segundo capítulo apresenta uma abordagem teórica sobre os temas diretamente relacionados com a presente dissertação, intitulado-se assim de Revisão bibliográfica.

Seguidamente, após a contextualização teórica, no terceiro capítulo, Desenvolvimento, é apresentada a evolução do trabalho, expondo as várias medidas que foram necessárias de tomar e o raciocínio lógico tido até chegar a uma solução final. Este capítulo divide-se em dois subcapítulos principais, nomeadamente, Projeto Mecânico e Automação devido às duas vertentes desta dissertação.

Numa fase final, no quarto capítulo, são apresentadas as conclusões relativamente aos resultados do projeto elaborado e também algumas propostas de trabalhos futuros.

1.5 Simoldes SA / Inplas

Este trabalho foi desenvolvido em parceria com o grupo Simoldes, S.A., na empresa Inplas, Lda., Figura 1.



Figura 1 - Logotipos da Simoldes Divisão de Plásticos, à direita, e Inplas, à esquerda

A Simoldes é uma empresa sediada em Portugal, fundada por M. António Rodrigues em 1959 e encontra-se dividida em duas secções: Simoldes Aços e Simoldes Plásticos. A empresa tem também fábricas fora de Portugal, nomeadamente em: França, Polónia, República Checa, Marrocos e Brasil.

Este trabalho será realizado na secção da Simoldes plásticos, na empresa Inplas. Serão aproveitados equipamentos já existentes que estejam fora de utilização para montar uma célula de fabrico, que posteriormente irá integrar uma linha de produção, aumentando a sua rentabilidade.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

2.2 INJEÇÃO PLÁSTICA

2.3 ASSEMBLAGEM DE COMPONENTES

2.4 AUTOMATIZAÇÃO DE PROCESSOS

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Desde sempre que o ser humano teve a necessidade de transportar mercadorias de uma área para outra mais distante. Pode dizer-se que as primeiras estradas tiveram um papel fundamental na evolução humana, foram executadas ainda pelo Império Romano, sendo que algumas são, ainda hoje, o trajeto diário de algumas pessoas.

Com o passar dos séculos a humanidade foi-se modernizando e, com isso, os meios pelos quais as pessoas se deslocavam, também. Com a revolução industrial criaram-se as condições necessária para a criação do automóvel. E, mais tarde, com Henry Ford, os automóveis deixaram de ser um luxo e passaram a ser utilitários, disponíveis para todas as classes.

Desde aí, a indústria automóvel passou a desempenhar um papel fundamental na economia mundial e os carros passaram a ser cada vez mais fiáveis, confortáveis e acessíveis à população.

Com o desenvolvimento da indústria automóvel e crescente aumento de competitividade no setor, foi necessária uma otimização de todos os processos de produção e materiais de fabrico dos mesmos.

Os automóveis, inicialmente fabricados quase completamente em aço, passaram a ter materiais de várias naturezas, tornando-os cada vez mais rentáveis e seguros. O uso de materiais mais leves diminuiu conseqüentemente o seu consumo de combustível, e melhorou muitas vezes a sua segurança e fiabilidade.

Com o crescente uso de plásticos na produção automóvel, estes materiais sofreram uma grande evolução ao longo dos anos, passando a utilizar-se vários tipos de polímeros e criando materiais compósitos para aproveitar as melhores características para a obtenção dos fins desejados.

Com a constante procura e exigência de qualidade de produção, estas empresas tenderam a tornar-se cada vez mais automatizadas, tornando, assim, os seus processos mais rentáveis e menos suscetíveis a falhas, que se podem traduzir em elevados custos.

2.1 Indústria Automóvel

“Se a indústria automóvel fosse um país, seria a sexta maior economia a nível mundial”

[1]

A indústria automóvel desempenha um papel fundamental na sociedade atual, sendo responsável pela existência de milhões de postos de trabalho diretos e indiretos, tornando o automóvel um motor da economia mundial[2].

Segundo a Associação Europeia de Fabricantes Automóveis, 14,6 milhões de cidadãos europeus trabalham para a indústria automóvel, direta e indiretamente, representando 6,7% dos postos de trabalho na União Europeia[1, 2].

Podemos ver, a partir da **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**, que no ano de 2019 foram vendidos mais de cinquenta e dois milhões de automóveis novos entre janeiro e setembro, e também pode notar-se que em 2020 houve uma quebra significativa, descendo esse valor para aproximadamente quarenta e um milhões. No entanto, é expectável que as vendas de automóveis voltem a subir após esta conjuntura pandémica [1].

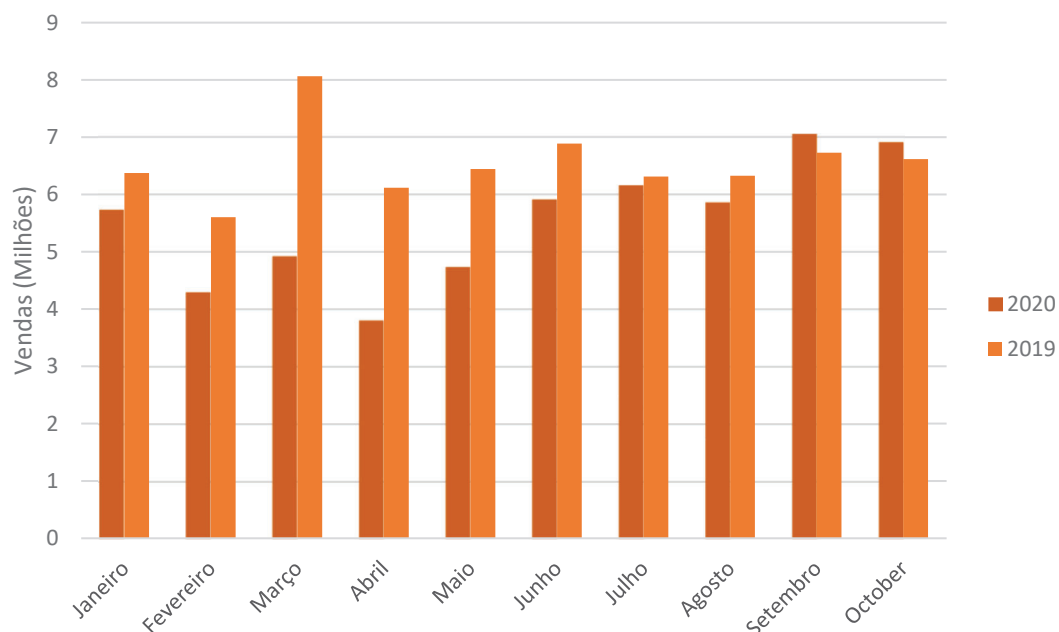


Figura 2 - Vendas de Automóveis novos a nível mundial em 2020[1]

A indústria automóvel a nível nacional é um setor estratégico, devido a toda a abrangência de empresas que consegue envolver, para além das empresas de fabrico automóvel e de componentes, empresas do setor metalúrgico, fabrico de moldes, pneus, componentes elétricos, têxteis, vidros, etc., tornando-se assim responsável por uma grande fatia do PIB nacional e das exportações [3].

2.1.1.1 Pilares da Indústria automóvel

A indústria automóvel, após o Estado Novo, sofreu uma grande evolução, começando pelo projeto Renault no início da década de 80 e, mais tarde, com a implantação da Autoeuropa em Portugal (década de 90), o setor automóvel registou um crescimento significativo. A indústria automóvel, atualmente, é a 3ª maior no âmbito da indústria transformadora em Portugal.[3]

Assim, os produtores do setor automóvel necessitam de estabelecer um compromisso entre a qualidade, a variedade e o custo que os seus produtos apresentam para satisfazer as necessidades do mercado. Portanto, assume-se assim a competitividade, a qualidade e o prazo de entrega como os pilares cruciais da indústria automóvel.

2.1.1.2 Competitividade

Os produtores deste setor encontram-se sobre uma alta pressão no que diz respeito a evolução e melhoria dos seus próprios processos, de modo a poderem entregar uma boa relação qualidade preço ao cliente. Com isto, a tecnologia existente no setor automóvel encontra-se em constante evolução e, portanto, os níveis de exigência são cada vez mais elevados, obrigando assim a uma rápida adaptação dos processos, de modo a melhorar a relação entre qualidade e preço.

Deste modo, um produtor que tenha mais ou menos dificuldade em adotar as melhores estratégias para os seus processos de produção, torna-se mais ou menos competitivo, influenciando a sua relação entre qualidade e preço [4].

Na Tabela 2, apresentam-se as principais forças competitivas de um negócio segundo Porter, que podem ser facilmente associadas à indústria automóvel.

Tabela 2 - Forças competitivas de um negócio, segundo Porter[5]

Força	Efeito
Compradores	A exigência destes possui importância máxima, pois pretendem sempre alcançar a maior qualidade ao menor custo possível.
Fornecedores	Têm maior influência sobre a relação qualidade/preço final, com o seu poder de negociação, podem ameaçar a diminuição de qualidade ou a atualização de preços.
Novos Concorrentes	A existência de concorrência leva a uma divisão de cotas de mercado devido à existência de novas propostas, a custos mais reduzidos.
Produtos Substitutos	Produtos semelhantes, criados por outras empresas, entram facilmente no mercado, colocando em risco a posição dos existentes

2.1.1.3 Qualidade

“A totalidade de características de um produto que lhe conferem aptidão para satisfazer as necessidades implícitas ou explícitas”, é a definição de qualidade segundo as normas da *International Organization for Standardization (ISO)*.

O indicador Qualidade toma cada vez mais importância ao nível da indústria automóvel, tendo em conta o grau de exigência existente neste setor. De modo a satisfazer os níveis de qualidade exigidos, este parâmetro é de extrema importância nas empresas, obrigando a que praticamente todas as empresas se encontrem certificadas, *garantindo* assim elevada qualidade nos produtos produzidos e nos serviços fornecidos. Além das certificações, existe ainda um interesse e investimento na melhoria de produtos e processos, recorrendo a atividades internas de engenharia.

A certificação de uma empresa apresenta assim, atualmente, elevada relevância no mercado, transmitindo aos consumidores segurança e uma garantia de qualidade do produto ou serviço fornecidos.

A norma ISO/TS 16949:2016 apresenta-se como um referencial na indústria automóvel, e é tida como uma obrigatoriedade para a inclusão de determinada empresa na lista de fornecedores regulares dos fabricantes de automóveis. A certificação das empresas com a norma ISO/TS 16949:2016 remete uma série de benefícios, sendo os principais representados na Tabela 3.

Tabela 3 - Benefícios da Certificação ISO/TS 16949:2016[6]

A satisfação de pré-requisitos para fornecimento de produtos e/ou serviços aos fabricantes de automóveis.

A concretização de vantagens competitivas efetivas para as organizações que pretendam estabelecer relações duradouras com os fabricantes de automóveis ou seus fornecedores.

A implementação sistemática, integrada e coerente de ferramentas e procedimentos orientados para as especificidades do setor automóvel.

Atualmente, em Portugal, existem muitas empresas acreditadas por esta norma. Na Figura 3 podem-se ver os logotipos de algumas delas.



Figura 3 - Empresas Acreditadas pela ISO 16949:2016

2.1.1.4 Prazo de Entrega

Em conjunto com a qualidade do produto ou serviço, existe a necessidade e exigência de garantir o fornecimento dos mesmos ao cliente dentro dos prazos estipulados, tornando este parâmetro um pilar diferenciador entre os fabricantes, perante os clientes na indústria automóvel.

De modo a satisfazer as necessidades dos clientes, os produtores do setor automóvel têm adotado filosofias de produção como o sistema *Just-in-time*, que lhes permitem fornecer os clientes com o produto necessário no menor tempo possível [7]. O sistema JIT baseia-se em produzir apenas o necessário, diminuindo custos associados a *stocks*, levando as empresas a organizarem-se segundo as encomendas dos clientes.

O sistema JIT é constituído por duas componentes [7]:

- O sistema *Kanban*: designado normalmente por sistema *pull*, tornou-se o elemento de referência do sistema de produção da Toyota;
- O nivelamento da produção (*Heijunka*).

O JIT é uma técnica de produção puxada, segundo a qual todos os *outputs* são realizados no momento certo, na quantidade pedida e no local combinado, recorrendo à filosofia *pull* e ao *Kanban* para controlar e disciplinar o fluxo de materiais, pessoas e informação [8].

2.1.2 Indústria de componentes para automóveis

A indústria automóvel está presente no nosso país em três setores principais. O fabrico de moldes, o fabrico de componentes e de viaturas. Assim, a indústria automóvel representa uma fatia relevante do Produto Interno Bruto (PIB) nacional.

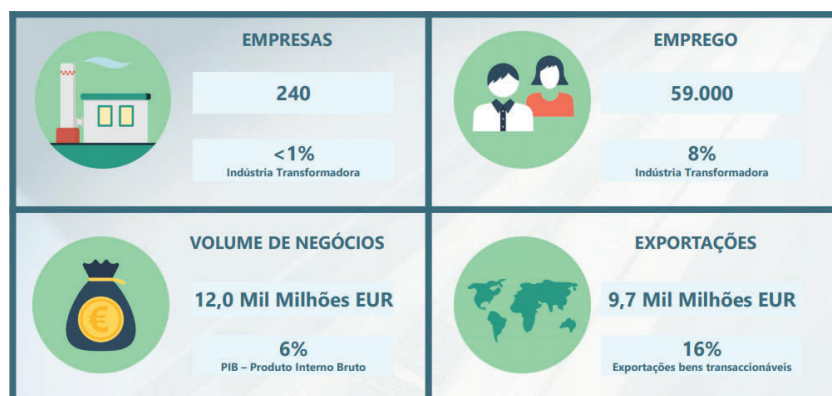


Figura 4 - Peso da indústria de componentes para automóveis na economia nacional (2019) [9]

Segundo dados da Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel (AFIA), o setor dentro dos três mencionados, com maior contributo para os números da Figura 3 é o de Fabrico de Componentes.

O fabrico de componentes para o setor automóvel, em 2019, empregava 59 000 pessoas em Portugal, distribuídas por 240 empresas, existindo um foco maior na zona norte do país. Os valores gerados por este setor foram de 12 Mil Milhões de Euros, o que representa 6% do PIB nacional [9].

Os valores de 2019 indicam um crescimento face ao ano anterior, 2018, e desde 2012 que a indústria automóvel portuguesa apresenta um crescimento contínuo, como podemos ver na Figura 5.

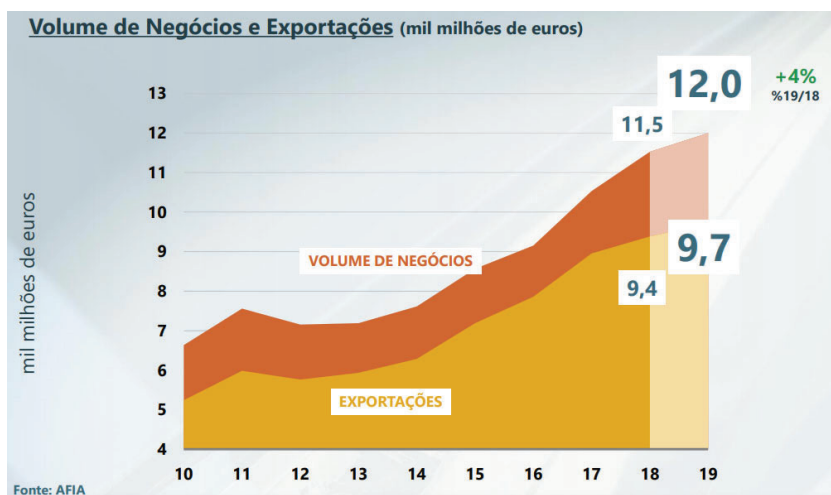


Figura 5 - Volume de negócios e exportações [9]

A acompanhar esse crescimento, também as exportações relacionadas com a atividade têm aumentado. A indústria automóvel tem tido uma forte presença em Portugal desde meados do último século. Na realidade, a indústria automóvel em Portugal rege-se por fortes princípios de gestão, modernos e exigentes, transmitindo assim credibilidade internacionalmente. Na Figura 5 pode ver-se o destino das exportações portuguesas.

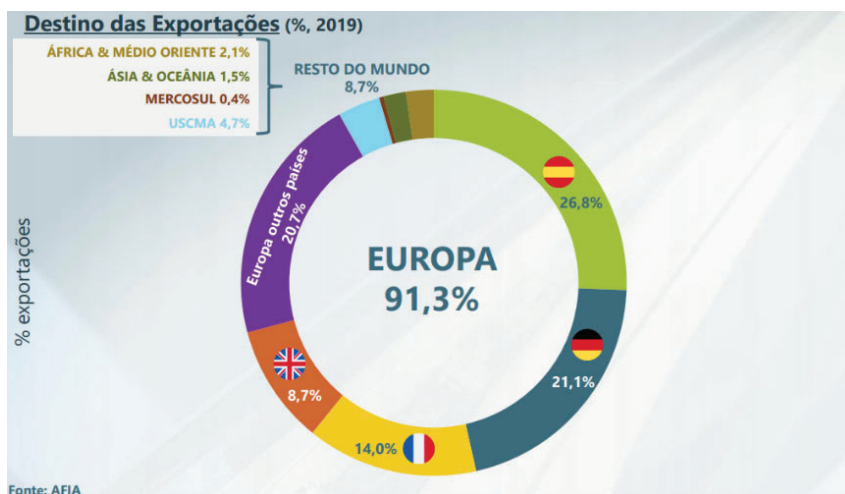


Figura 6 - Destino das exportações da indústria de componentes automóveis.

Segundo o gráfico da Figura 6, 92% das vendas ficam no mercado europeu. Dentro do mercado europeu, a Espanha é o maior destino dos produtos portugueses, representando 26,8%, seguida pela Alemanha e França, com 21,1% e 14,0%, respetivamente, abrangendo assim estes três países 50% das vendas portuguesas neste mercado.

2.1.2.1 Componentes para automóveis

O automóvel é o produto final da junção de vários sistemas que funcionam em sintonia (Figura 6), sendo que cada um tem o seu objetivo. Estes são a carroçaria ou corpo, o chassis, a transmissão e o interior. Quando juntos, dão ao automóvel movimento, estabilidade e conforto.

Os principais sistemas do automóvel ilustrados na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**, são por sua vez constituídos por mais subsistemas, sendo assim constituídos por vários componentes. Tendo em conta a quantidade de componentes (Figura 7) e diferentes objetivos de aplicação e funcionalidade, cada um destes, tem características diversas, processos de produção diferentes, materiais utilizados distintos e cuidados de projeto diferentes. Assim, o automóvel tornou-se um desafio para a indústria, estando sempre a ocorrer melhorias e alterações ao longo da história.

2.1.2.1.1 Materiais na produção de componentes

As condições de trabalho são os aspetos principais para a seleção de um determinado material para determinado componente automóvel. Porém, o aspeto económico também tem uma importância relevante. O impacto ambiental que a produção da mesma tem e o conforto e segurança exigidos pelo consumidor, são outros critérios que é necessário ter em conta no momento da escolha do material para conceção do componente (Figura 8).[10, 11].

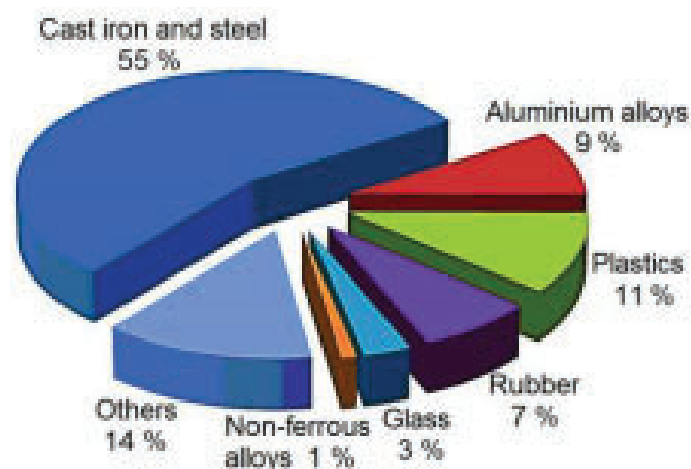


Figura 7 - Materiais usados na conceção de componentes automóveis [11]

Na Figura 7, é possível reparar que os materiais usados no fabrico de componentes automóveis são muito variados, passando por aços e ferros fundidos, ligas não ferrosas e plásticos. Atualmente, 55% dos componentes automóveis são fabricados em aço e ferro fundido. O plástico segue-se e representa também uma fatia de 11% dos materiais usados. Em terceiro lugar, estão as ligas de alumínio, representando 9% dos materiais usados. Os restantes 25% são materiais como, borrachas, vidro e outras ligas não ferrosas [11].

A poluição ambiental, com o passar dos anos, tem sido uma questão cada vez mais relevante em todo o mundo. De modo a diminuir as emissões de CO_2 , a União Europeia e outros países implementaram leis a regulamentar e condicionar a escolha de materiais, tendo em conta este problema. A redução do peso dos veículos a partir do uso de materiais mais leves, tem tido bons resultados, e assim mostra bastante potencial na resolução do problema ambiental, como se observa na Tabela 4.

Tabela 4 - Comparação de peso e emissões de veículos com estruturas de aço e alumínio [12]

	Estrutura em aço	Estrutura em alumínio
Peso bruto do veículo	2500 kg	2075 kg
Emissões CO_2	220 g/km	199 g/km

2.1.2.1.2 Componentes em Polímero

A utilização dos plásticos na conceção dos automóveis iniciou-se por volta de 1950, começando pela aplicação de materiais de matriz termoplástica, sendo utilizado acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), poliamida (PA), poliacetal (POM), policarbonato (PC), entre outras formulações e combinações de polímeros. O desenvolvimento no que diz respeito aos polímeros avançados de alto desempenho, levou a que mais tarde os polímeros representassem 10 a 15% da constituição de um automóvel [13].

Inicialmente, os plásticos eram vistos como materiais alternativos. No entanto, mais tarde ganharam aplicações em que nenhum material conseguia bater a sua relação custo-benefício. Segundo Maxwell [14], os benefícios do uso de materiais plásticos na indústria automóvel são os representados na Tabela 5.

Tabela 5 - Benefícios do uso de plásticos na indústria

Economia	Apesar do custo inicial ter um peso elevado, o custo de produção real é bastante mais baixo, comparativamente aos materiais tradicionais.
Redução de peso	A densidade dos plásticos é muitas vezes mais baixa que a dos materiais habituais, provocando menores consumos.
Potencial de Estilo	O uso de plásticos permite a fácil conceção de geometrias complexas e vários acabamentos superficiais que, com outros materiais, seriam muito mais dispendiosas.
Design funcional	Os plásticos criam liberdade de <i>design</i> devido às melhorias existentes nas áreas de moldação. Um exemplo disto é o tanque de combustível, que passou a ser produzido em material polimérico.
Novos Efeitos	Absorção de som, isolamento térmico e elétrico, e absorção de energia, foram algumas das melhorias alcançadas pela aplicação de materiais plásticos.
Manutenção reduzida	A fiabilidade dos materiais poliméricos tornou a manutenção associada aos veículos muito menor, devido à sua rigidez, resiliência, resistência à abrasão, temperatura, fadiga, e corrosão química.
Resistência à corrosão	Globalmente, os materiais poliméricos são muito menos suscetíveis a estragos devidos a chuvas ácidas, maresia e sal na estrada, ao contrário dos metais que, a médio prazo, apresentam danos muito relevantes.

2.1.2.1.3 Polímeros Comuns na Indústria Automóvel

O automóvel é constituído por várias peças em plástico, com vários objetivos de aplicação e localização, exterior ou interior. Apesar de se utilizarem vários tipos de plástico no mesmo modelo automóvel, cerca de 66% do total de plástico utilizado é representado por três tipos principais: polipropileno (32%), poliuretano (17%) e Policloreto de Vinilo (PVC) (16%) (Figura 9) [13].

Componente	Tipos de Plásticos principais	Peso médio no carro (kg)
Bumpers	PS,ABS,PC/PBT	10
Bancos	PUR, PP, PVC, ABS, PA	13
Dashboards	PP, ABS, SMA, PPE, PC	7,0
Sistema de combustível	HDPE, POM, PA, PP, PBT	6,0
Under-bonnet components	PA, PP, PBT	9,0
Interior trim	PP, ABS, PET, POM, PVC	20
Electrical components	PP, PE, PBT, PA, PVC	7,0
Exterior trim	ABS, PA, PBT,POM, ASA, PP	5,0
Lighting	PC, PBT, ABS, PMMA, UP	5,0
Upholstery	PVC, PUR, PP, PE	8,0
Liquid reservoirs	PP, PE, PA	1,0
Total		105,0

Figura 8 - Tipos de plástico utilizadas em peças automóveis. [6]

A Figura 8 discrimina os tipos de plástico utilizados em determinadas peças automóveis. Podemos afirmar, assim, que o peso dos plásticos é realmente significativo.

2.1.2.1.4 Processamento de Plásticos

Existem várias formas de fazer o processamento de peças em plástico, no entanto, a seleção do processo mais correta a utilizar é influenciado por várias características associadas ao material em questão e ao objetivo final em termos de aparência, rugosidade, forma, custo [14].

Na Tabela 6 apresentam-se vários processos utilizados na produção de peças automóveis, mediante o tipo de plástico e estado inicial da matéria-prima.

Tabela 6 - Processos utilizados na produção de peças automóveis em plástico

Matéria-Prima	Termoplásticos	Termoendurecíveis
Monómeros e resina líquida	Fundição	<i>Reaction Injection Molding (RIM*)</i> ; <i>Reinforced Reaction Injection Molding (R-RIM*)</i> ; <i>Structural Reaction Injection Molding (S-RIM*)</i> ; <i>Resin Transfer Molding (RTM)</i> ; Enrolamento filamentar; Pulverização de fibra
Pó e Pasta	Revestimento por Imersão; Moldagem por lama; Sinterização; Moldagem Rotacional; Calandragem.	Moldagem por Compressão.
Grânulos	Moldagem por injeção*; Extrusão*; Moldagem por sopro*	Moldagem por injeção
Folha	Formação por vácuo; Formação por pressão; Estampagem GTM*	Estampagem de <i>Sheet Moulding Compound (SMC*)</i> ; Formação de pré-impregnados

*Particularmente importante na indústria automóvel.

2.1.2.1.5 Aplicações de Plásticos nos automóveis

A versatilidade dos materiais de matriz polimérica tem feito com que os plásticos tenham ganho espaço em todas as vertentes de aplicação, no que diz respeito às peças automóveis. Assim, hoje em dia, pode-se dizer que existem três segmentos de aplicação de peças em plástico nos automóveis: interior, exterior e debaixo do capô, conforme está ilustrado na Figura 10 [15].

Para-choques, painéis interiores (para portas e pilares) e tanques de combustível, são componentes do automóvel onde os plásticos têm tido um papel importante no seu desenvolvimento.

Na Figura 9 podem-se visualizar estes exemplos e outros, mediante a localização, como referido anteriormente.

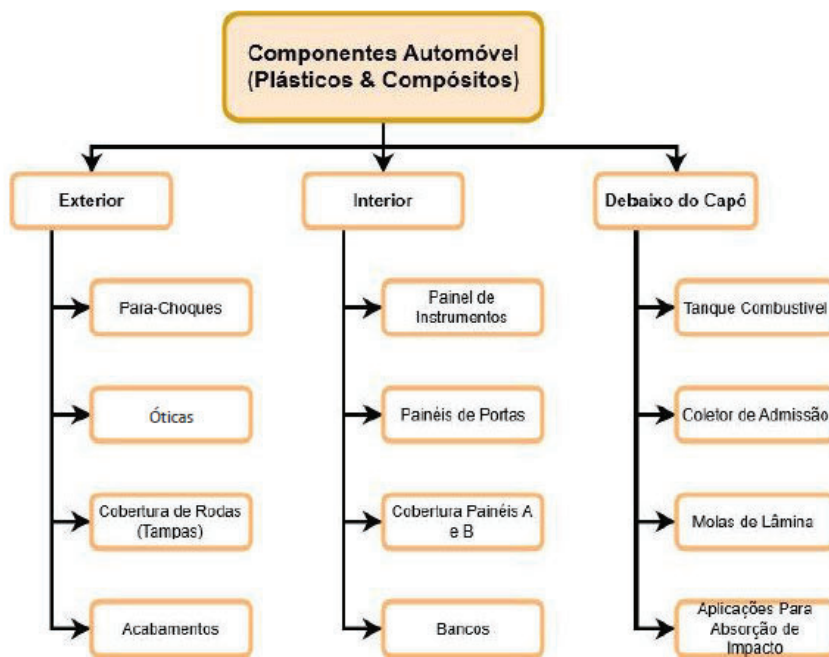


Figura 9 - Distribuição dos componentes plásticos no automóvel

2.2 Injeção Plástica

2.2.1 Fundamentos da Injeção

A injeção plástica é um dos processos mais comuns utilizados na produção de peças em plástico. É um processo cíclico e rápido, que consiste na injeção de plástico no molde, seguido de arrefecimento e ejeção. A matéria-prima está disponível por norma na forma de grãos (Figura 10) e, antes de ser injetada, necessita passar por um processo de plastificação, para posteriormente ser injetada a altas pressões (500-1500 bar). A maior vantagem da injeção plástica é o facto de ser um processo muito económico quando se trata de produções em massa. Componentes de elevada qualidade podem ser obtidos de forma única e de forma completamente automática [16].



Figura 10 - Pellets PVC (matéria prima usada na injeção) [16]

Para garantir a alta qualidade das peças injetadas, é necessário ter em conta os seguintes pontos:

- O material deve ser plastificado e injetado controladamente, para evitar efeitos negativos nas propriedades do material;
- Os parâmetros do processo (pressão e temperatura) devem ser controlados;

O ciclo de injeção (Figura 11) é um processo complexo, que pode ser dividido em três etapas principais. A plastificação que ocorre fora do molde, que consiste em levar a matéria-prima desde um estado sólido para um estado plástico, dentro das condições necessárias para ser injetada. Quando são atingidas as condições de pressão e temperatura ideais, passa-se à fase do enchimento em que o material preenche o molde e o produto final ou quase-final é obtido, com a forma das cavidades. Finalmente ocorre a fase de solidificação final, onde a peça ainda recebe uma determinada quantidade de plástico para compensar as perdas de volume, devido à variação de volume da peça após o arrefecimento.

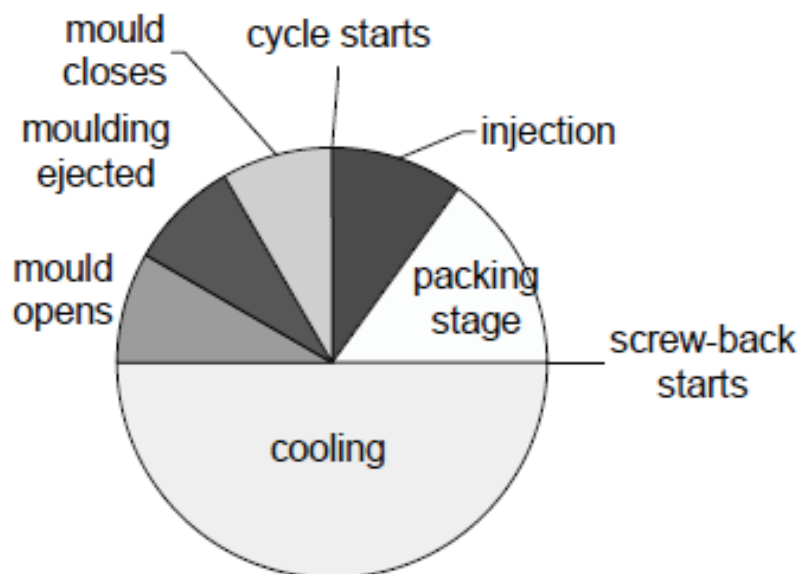


Figura 11 - Processo de injeção plástica

2.2.2 Tipos de Injeção

Existem vários métodos de injeção plástica, tendo cada um as suas vantagens e desvantagens. A escolha do método de injeção a utilizar deve ser baseada na peça que se pretende produzir. Fatores como a dimensão, a geometria e a espessura, são alguns dos mais importantes.

Na Tabela 7 mostram-se os vários tipos de injeção existentes, as suas finalidades e características do molde associado [16].

Tabela 7 - Tipos de injeção de plásticos

Tipo de injeção	Complexidade do produto final	Exemplos	Tipo de moldação	Tipo de molde
Extrusão	Perfis simples	Perfis	---	---
Injeção	Complexas	Estruturas de TV	Injeção	Fechado
Moldação por Sopro	Complexas	Garrafas	Pressurização	Fechado
Sopro de filme	Simples	Sacos	Pressurização	---
Moldação por compressão	Simples	Componentes estruturais	Compressão	Fechado
Moldação por transferência	Simples	Termoplásticos	Compressão	Fechado
Moldação por intrusão	Simples	Perfis de baixa resistência	Compressão	Aberto
Moldação por injeção e compressão	Complexas	Peças de espessuras baixas	Compressão	Fechado

2.3 Assemblagem de componentes

Quando existe produção, todos os atos ligados ao processo deverão ser tão automatizados e organizados quanto possível, devendo ser mais produtivos e competitivos. O momento da montagem dos componentes é preponderante no que diz respeito à qualidade do produto final.

As evoluções dos métodos de montagem de componentes estão diretamente relacionadas com a necessidade de melhorar todo o processo de produção em massa. Estes novos métodos melhoraram de forma significativa os processos de produção [17].

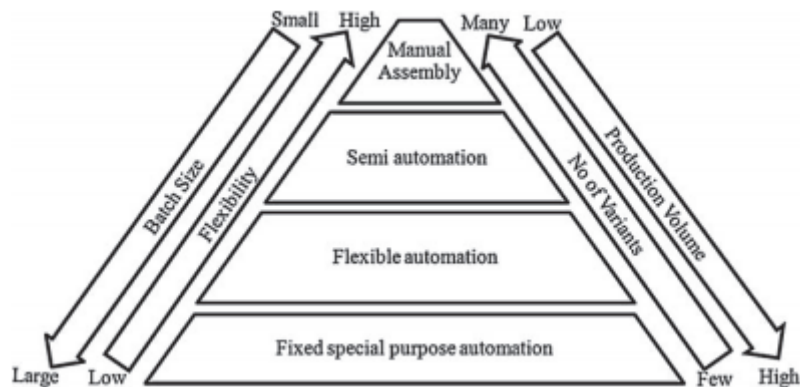


Figura 12 - Características de desempenho de sistemas de montagem[18]

Existem várias formas de executar os processos de montagem, cuja seleção varia mediante o objetivo da produção [18]:

- Montagem manual
- Montagem semiautomática
- Montagem flexível (Automação Flexível)
- Montagem fixa (Automação Fixa)

Na Figura 12, podemos ver uma comparação entre todos os métodos onde é possível fazer uma ponderação entre todos os processos mediante o objetivo final. A montagem manual e a montagem fixa são os dois extremos, uma é utilizada para lotes pequenos com variações grosseiras por vezes entre os modelos a produzir, enquanto o outro tem por objetivo obter produtos finais das mesmas dimensões e características. No entanto, por vezes, é necessária uma alternativa mais ou menos flexível e, para isso, existem processos mais adequados e menos dispendiosos [18].

Desta forma, os parâmetros que é necessário ter em conta no momento da escolha do processo podem ser [17]:

- *Design* do produto;
- Taxa de produção;
- Disponibilidade de mão de obra;
- Tempo de permanência do produto no mercado.

2.4 Automatização de processos

A automação de um processo é realizada para tornar determinada tarefa mais eficaz, certa e menos suscetível ao erro humano. Para isso, pode-se recorrer a ferramentas especializadas, ou mesmo a máquinas [19].

A automação sofreu uma grande evolução nos últimos anos, muito impulsionada pela indústria automóvel, que levou ao desenvolvimento de sistemas automatizados, de modo a conseguir responder à elevada procura e constante evolução, tendo assim por objetivo aumentar a sua produtividade e flexibilidade. Estas exigências são devidas à quantidade de componentes que constituem o veículo, e também devido à variedade de modelos automóveis existente [20].

Segundo Groover [20], as causas que levam às empresas a automatizar os seus processos, são os apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Causas que levam à automatização dos processos industriais (Adaptado de [20])

Causa	Consequência
Aumento da produtividade	A automatização de um processo, leva por norma, a um aumento da produção, elevando o output de produtos por unidade de tempo, quando comparado com um processo com a mesma função não automatizada.
Redução de custos de produção	Economicamente, torna-se mais sustentável a médio-longo prazo o investimento na automatização dos processos. A substituição de mão-de-obra pelas máquinas, reduz consideravelmente o custo de produção.
Aumento da qualidade de produto	O controlo associado a processos automatizados é mais eficaz. O cansaço associado a tarefas repetitivas é uma grande causa de várias perdas de rentabilidade.
Redução do prazo de entrega	Processos automatizados têm um aproveitamento de tempo mais eficaz, quando comparado com tarefas manuais que exigem pausas ao longo do tempo, associadas ao cansaço humano, diminuindo, assim, o tempo entre a encomenda do cliente e a expedição do produto. Este ponto eleva a competitividade entre fornecedores.
Execução de tarefas que não podem ser executadas manualmente	A utilização de máquinas para determinadas tarefas é obrigatória em operações que exijam alta precisão ou execução de tarefas, com componentes extremamente pequenos ou geometrias complexas, cujo manuseamento é impossível manualmente
Redução ou eliminação de operações manuais	As condições de trabalho são afetadas pela automatização dos processos, tendo como consequência a eliminação ou diminuição de tarefas repetitivas, monótonas e cansativas.
Evitar custos de não automatização	A automatização dos processos tem consequências diretas no que diz respeito à qualidade do produto, tendo consequências em toda a empresa. Se a qualidade do produto aumenta, há a tendência de haver um aumento das vendas. Isto leva então a uma melhoria da imagem da empresa perante os seus clientes

2.4.1 Tipos de automação

A automação existente na indústria pode dividir-se em três grandes grupos, mediante a relação entre a quantidade e variedade de produtos a produzir: a automação fixa, automação flexível e a automação programável (Figura 14) [21].

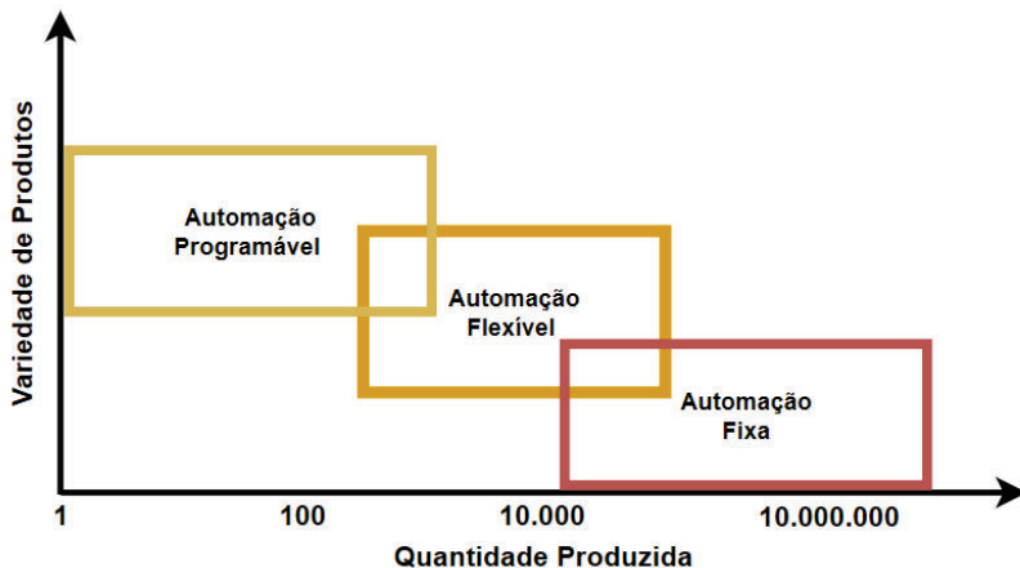


Figura 13 - Tipos de automação, relação variedade de produtos/quantidade produzida [21]

Figura 13 pode-se ver o relacionamento entre estes dois fatores. A automação fixa é direcionada para grandes quantidades de produção, onde o produto não varia. No entanto, se a produção for mais variada, há necessidade de conseguir variar os processos de controlo, tendo de se optar pela automação programável. Numa situação intermédia, sem uma produção em massa e alguma variabilidade do produto, a automação flexível é a mais aconselhável.

- Automação Fixa

A automação fixa tem como objetivo principal altas taxas de produção, apresentando assim uma baixa margem para alterações do processo associado. Neste tipo de processos, a sequência de produção é linear e fixa, apresentando uma limitação associada à configuração do equipamento. As características da automação fixa passam por, além das altas taxas de produção, baixa flexibilidade em relação à quantidade de produtos possíveis de executar e um elevado investimento inicial. Este tipo de automação está normalmente associado a linhas de manipulação ou em máquinas automáticas de montagem.

Na Figura 14 podemos ver um equipamento representativo do que é a automação fixa. Equipamentos de elevado investimento, focados em executar um determinado

processo da maneira mais rápida e eficaz possível, o que leva a que haja pouca margem de manobra no que diz respeito a adaptações a outros processos.

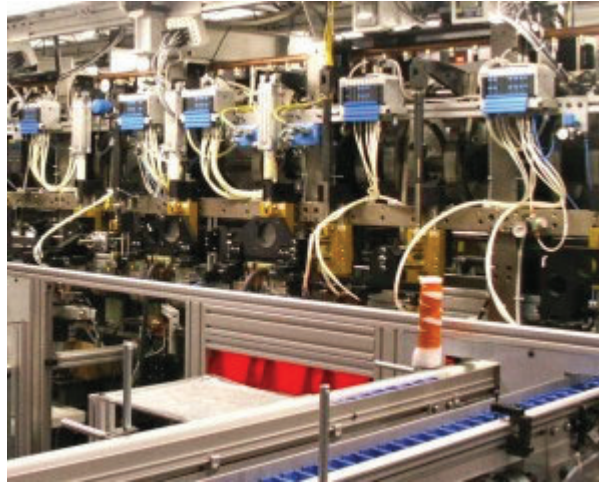


Figura 14 – Exemplo de aplicação da automação fixa[22]

- Automação Programável

A automação programável permite que o dispositivo seja capaz de adaptar o seu processo de produção. Assim, pode ser possível utilizar o mesmo equipamento para produtos diferentes. Nesta forma de automação, o processo é controlado por um programa que pode ser alterado para absorver as adaptações necessárias. Este tipo de programação implica elevados investimentos e possibilita produções inferiores à anteriormente descrita. No entanto, há uma maior flexibilidade para absorver alterações na configuração do produto, sendo assim uma boa opção quando se trata de execução de lotes de produção. Os robôs industriais são um exemplo comum deste tipo de automação, como se pode ver na Figura 15.



Figura 15 – Exemplo de aplicação da automação programável[23]

- Automação Flexível

A automação flexível complementa a automação programável, permite a execução de vários tipos de alterações sem perdas de tempo significativas, possibilitando assim efetuar combinações de vários produtos simultaneamente. Este tipo de automação é possível quando os componentes a produzir apresentam diferenças pequenas entre si. É necessário um investimento inicial elevado e a produção alcançada é mediana, porém, este tipo de automação permite a continuidade de produção de produtos diferentes e apresenta flexibilidade para trabalhar com variações de produção. Este tipo de automação pode ser aplicado, por exemplo, em operações de maquinagem em sistemas de produção flexível, Figura 16.

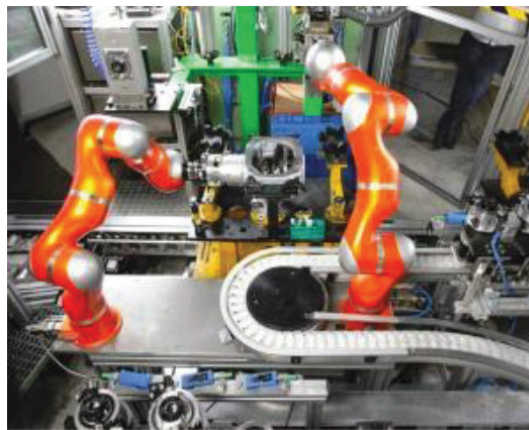


Figura 16 – Exemplo de aplicação de automação flexível[22]

2.4.1.1 *Sistemas de Acionamento e controlo em automação*

Atualmente, todos os tipos de indústria de alto nível, e não só, têm vários processos automatizados para satisfazer os objetivos delineados. Portanto, para tornar os processos mais automatizados e rentáveis, é necessário o contributo de diferentes áreas da engenharia como mecânica, eletrotécnica e programação [24].

Em sistemas automatizados, o controlador é responsável por ordenar as tarefas a serem executadas pelos atuadores. De modo a realizar uma ordem de produção, o sistema de controlo faz com que o processo cumpra o desejado (Figura 17) [25].

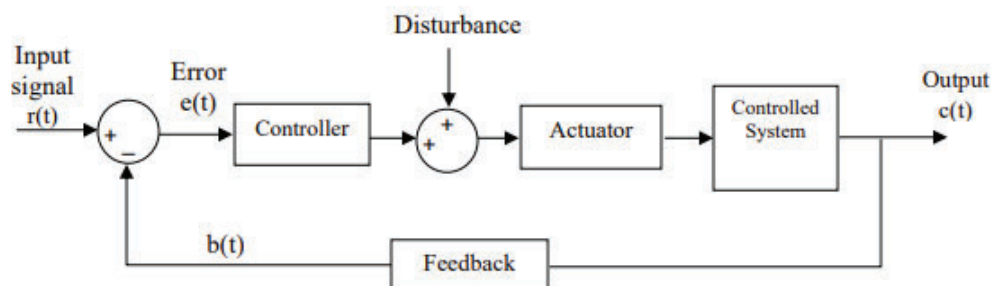


Figura 17 - Sistema de Controlo de Anel Fechado

Existem dois tipos de sistemas de controlo para sistemas automatizados: Anel ou malha [26].

Sistemas de controlo aberto são normalmente processos baseados no tempo, em que não existe forma de contrariar erros que aconteçam durante o processo, feedback, enquanto no caso dos sistemas de controlo fechado, existem vários pontos de controlo sobre o processo, de modo a conseguir garantir o objetivo desejado.

2.4.1.1.1 Atuadores

Os sistemas de acionamento, denominados por atuadores, são dispositivos com capacidade de converter um sinal, com origem num controlador, numa ação. Um exemplo prático é uma turbina que transforma energia cinética em energia elétrica.

Na Tabela 9, apresenta-se a classificação dos atuadores que, segundo Groover [20] podem ser divididos em três categorias.

Tabela 9 - Classificação dos atuadores, (Adaptado de [20])

Atuadores Eléctricos	<ul style="list-style-type: none"> • Mais comuns dos três tipos; • Existe grande variedade de dispositivos (motores AC, motores DC, entre outros).
Atuadores hidráulicos	<ul style="list-style-type: none"> • Operam com fluido hidráulico; • Possuem elevada capacidade de carga, o que leva a aplicações em funções que exijam grande força.
Atuadores pneumáticos	<ul style="list-style-type: none"> • Operam com ar comprimido; • Capacidade de carga consideravelmente reduzida, quando comparados aos atuadores hidráulicos, tornando-se menos eficazes em aplicações que exijam forças elevadas.

O tipo de atuadores a seleccionar para uma determinada ação depende de vários fatores. Alguns desses requisitos mais relevantes são: força, segurança e precisão exigida.

- **Atuadores Eléctricos**

Dos vários tipos de atuadores apresentados na Tabela 9, os mais utilizados são os atuadores eléctricos, isto devido também ao facto de serem os que apresentam maior variedade de formatos, como por exemplo motores *Alternate Current* (AC), motores *Direct Current* (DC), *steppers* e solenoides, o que lhes confere grande versatilidade no momento de aplicação. O funcionamento deste tipo de atuador consiste na aplicação de campos magnéticos em determinado núcleo ferroso, gerando movimento a partir da variação do campo magnético [27].

A sua aplicação deve ser ponderada segundo os pontos mencionados na Tabela 10

Tabela 10 - Vantagens e desvantagens dos atuadores elétrico, (Adaptado de [27])

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Fácil mobilidade, através da rede de distribuição. • Instalação simples, sem componentes e acessórios complexos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Produção de torques reduzidos, em comparação com o seu tamanho e peso.

- **Atuadores hidráulicos**

Os atuadores hidráulicos utilizam variações de pressão do fluido de trabalho. Estes atuadores têm possibilidade de realizar funções lineares e rotativas. O mecanismo linear pode ser simples ou de duplo efeito, sendo constituído por uma haste que está ligada a um pistão dentro de uma câmara. A haste é o elemento que desempenha a ação de transmissão de energia entre o pistão e o exterior. Para o mecanismo de ação rotativa, a unidade de potência é um conjunto de palhetas ligadas a um eixo. Nesta configuração, o atuador entra em rotação pela pressão diferencial que atua em ambos os lados das palhetas. Estes atuadores possuem várias vantagens, que os levam a ser utilizados em várias aplicações. Por outro lado, têm igualmente algumas desvantagens que devem ser consideradas. Algumas destas são descritas na Tabela 11

Tabela 11 - Vantagens e desvantagens dos atuadores hidráulicos (Adaptado de [22])

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Elevada capacidade de carga; • Fluidos não compressíveis; • Resposta rápida; • Sistema mecanicamente simples; • Baixo nível de ruído acústico; • Fiáveis e seguros na operação. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificuldade na contenção do fluido hidráulico dentro do sistema na falha do sistema de vedação; • Fluido hidráulico inflamável e pressurizado; • Elevadas variações de temperatura.

- **Atuadores pneumáticos**

Uma alternativa aos atuadores hidráulicos são os atuadores pneumáticos. Estes segundos são descendentes dos primeiros, apresentando por isso parecenças em termos de componentes e no mecanismo de funcionamento. A maior diferença entre ambos os tipos de atuadores é que no caso dos atuadores pneumáticos o fluido de trabalho é compressível, ao contrário dos hidráulicos. Os atuadores pneumáticos apresentam pressões mais baixas no interior da câmara em relação aos atuadores hidráulicos, o que leva também a capacidades de carga bastante mais baixas, também. A capacidade de carga é um argumento fundamental na seleção de um destes atuadores. Na Tabela 12 apresentam-se algumas vantagens e desvantagens destes atuadores.

Tabela 12 - Vantagens e desvantagens dos atuadores pneumáticos, (Adaptado de [22])

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Pressão de trabalho reduzida, o que origina estruturas mais simples; • Gás utilizado normalmente é ar, sendo mais limpo e não inflamável; • Instalação, operação e manutenção simples e de baixo custo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzida capacidade de carga em relação aos atuadores hidráulicos; • Sistemas não são lubrificados, por norma, originando maior desgaste; • Gás compressível, o que gera dificuldade no controlo de movimentos.

2.4.1.1.2 Controladores

Os sistemas de controlo estão presentes em todos os circuitos automatizados. Estes podem estar presentes nas formas de microcontroladores, controladores lógicos programáveis (PLC 's; Figura 18) e microprocessadores.

Em suma, um CPL (ou PLC em Inglês), é constituído por quatro pontos principais, uma fonte de alimentação, um dispositivo de programação, uma interface de comunicação e uma secção de entradas e saídas. As entradas e saídas serão o que irá comandar todo o processo de produção para o qual for programado o PLC.



Figura 18 – Exemplo de um PLC:-S7-1200 Siemens [28]

2.4.1.1.3 Sensores

Os sensores são partes fundamentais para todo o circuito automatizado. Um sensor responde à ocorrência de determinado parâmetro físico que provoca determinada resposta por parte do controlador.

Por sua vez, os atuadores utilizam estes sinais para realizar as tarefas programadas pela PLC, mediante o estado do sistema [29]. O sensor tem a capacidade de receber um sinal físico (movimento, temperatura, pressão, entre outros), e convertê-lo num sinal elétrico, para posteriormente ser lido por um componente eletrônico.

No mercado, atualmente, existem muitos sensores cujas capacidades são aproveitadas para a automatização de vários processos. Alguns desses serão apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 – Sensores mais comuns na indústria

Tipo de Sensor	Descrição	Ilustração
Sensor Ótico	Baseia-se na emissão e receção de um feixe de luz. Podem ser usados para detetar movimentos e variações de estado.	
Sensor Magnético	Deteta a presença de campo magnético externo, próximo ou dentro da zona de sensibilidade do sensor. Podem ser utilizados para detetar os dois polos ou apenas um.	
Encoder incremental	Mede deslocamento e sentido de rotação de um motor. A quantidade de impulsos é diretamente proporcional à distância movida.	
Encoder absoluto	Permitem determinar a posição física de um determinado elemento, sem a necessidade de definir um ponto 0, devido ao facto de o <i>encoder</i> transmitir um sinal diferente ao controlador em cada posição	
Sensor rotativo ótico (<i>encoder</i>)	Um sensor ótico deteta as variações de estado mediante a rotação de um prato rotativo marcado.	

2.4.2 Robótica na Indústria

O recurso a robô para realizar determinadas tarefas é cada vez mais comum no mundo industrial. Pode-se definir robô de várias formas, mas, segundo a norma ISO 8373, um

robô é um manipulador, controlado em posição, reprogramável e multifuncional, que possui um ou vários graus de liberdade, e tem a capacidade de manipular objetos recorrendo a movimentos programados, com a finalidade de desempenhar diversas funções [30].

As configurações gerais dos robôs industriais contêm o manipulador (robô), um controlador e uma interface com o utilizador (consola de programação), como se pode observar na Figura 19.

Atualmente, os robôs industriais desempenham um papel fundamental nas linhas de produção da indústria automóvel. A aplicação de robôs neste ramo industrial tem sido uma forte aposta ao longo dos últimos tempos, uma vez que a robotização permite o fabrico de diferentes veículos na mesma linha de montagem, o que permite uma redução de custos de produção em pequenas e médias produções, em comparação com a utilização de linhas de montagem com recurso a automação dedicada, ou de mão de obra humana.

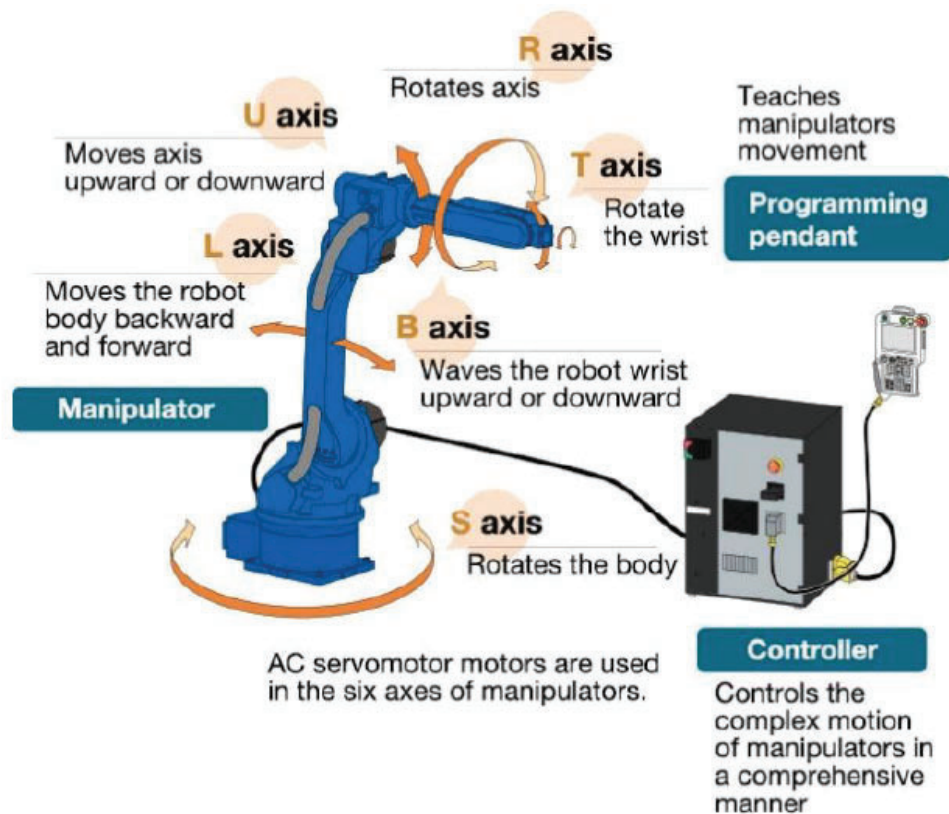


Figura 19 - Configuração geral de um robô industrial [23]

Tal como na automação, existem vários fatores que condicionam o uso de robôs na indústria. Os principais fatores são descritos na Tabela 14.

Tabela 14 - Fatores que justificam a utilização de robôs na indústria

Trabalho em ambientes perigoso	Existem determinadas áreas, como a fundição, pintura e soldadura, onde os trabalhos a realizar podem ser perigosos e desconfortáveis, justificando assim o investimento em robôs.
Ciclos de trabalho repetitivos	Os robôs são consistentes e apresentam uma elevada taxa de repetibilidade de ações, o que os torna ideais para ciclos repetitivos.
Dificuldades de manipulação	Determinados trabalhos exigem manusear objetos pesados ou com geometrias complexas. A utilização de robôs é uma alternativa à mão de obra humana.
Operações contínuas	A utilização de robôs permite trabalhar sem interrupções. Há a possibilidade de realizar produções de 24 horas diárias.

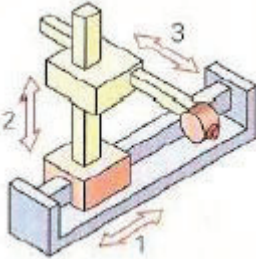
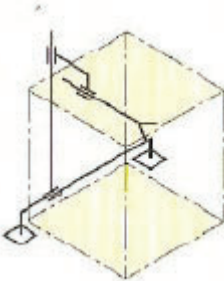
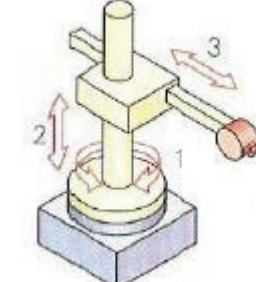
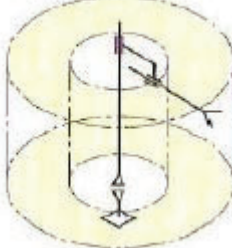
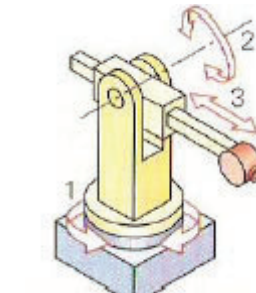
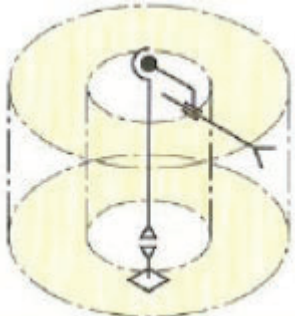
2.4.2.1 Tipos e características de robôs

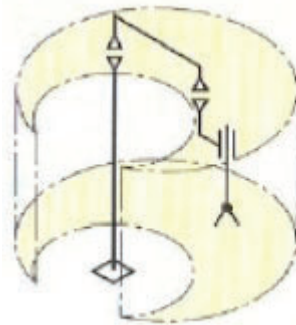
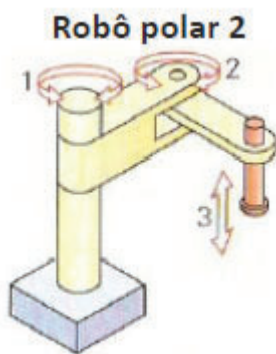
Existem no mercado várias opções no que diz respeito a robôs. Os fatores que variam mais entre tipos de robôs são a velocidade, repetibilidade, dimensão e geometria [31]. Na Tabela 15, apresentam-se alguns conceitos de robôs industriais.

2.4.2.2 Aplicação de robôs e de soluções automatizadas

Revedo a literatura, é possível constatar que nem sempre os robôs têm assumido um papel primordial na melhoria de processos. Costa *et al.* [32] contornou os problemas de qualidade existentes na produção de um sistema motriz para limpa para-brisas, com recurso a uma solução automatizada, mas sem recurso a qualquer robô. Tendo por base igualmente a produção de subconjuntos para motores de limpa para-brisas, Costa *et al.* [33] e Nunes *et al.* [34] também optaram por soluções automatizadas sem a utilização de robôs na montagem. Muitos outros investigadores têm optado por soluções idênticas, minimizando o custo do investimento inicial e automatizando o processo num grau que permite poupanças significativas de tempo, eliminação de mão de obra, melhoria da qualidade, ou redução do tempo de paragem para manutenção [35-45]. No entanto, outros investigadores têm optado por sistemas robotizados [46-48], atendendo à complexidade de operações a realizar e à necessidade de uma ainda maior flexibilidade do processo, através de programação. Na base de todos estes estudos tem estado, invariavelmente, a necessidade de redução dos custos de operação [49].

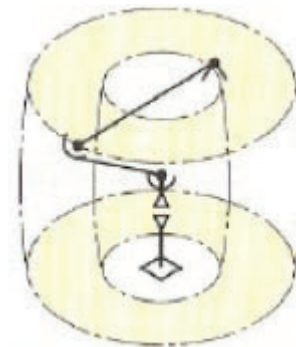
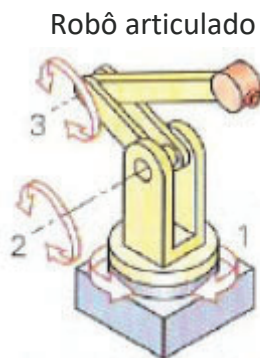
Tabela 15 - Tipos de robôs (Adaptado de [31])

Estrutura Mecânica	Área de trabalho	Observações
<p data-bbox="304 394 512 421">Robô cartesiano</p> 		<p data-bbox="1062 427 1353 495">Eixos principais: 3 eixos principais de translação;</p> <p data-bbox="1062 528 1353 719">Áreas de aplicação: locais de trabalho amplos; células de fabrico; sistemas de corte a laser.</p>
<p data-bbox="312 819 512 846">Robô cilíndrico</p> 		<p data-bbox="1062 797 1353 909">Eixos principais: 1 eixo de rotação e 2 de translação;</p> <p data-bbox="1062 943 1353 1223">Áreas de aplicação: trabalho de componentes pesados; indústria de fundição e forjagem; transporte de paletes; funções de carga e descarga.</p>
<p data-bbox="328 1267 496 1294">Robô polar 1</p> 		<p data-bbox="1062 1290 1353 1402">Eixos principais: 2 eixos de rotação e 1 de translação</p> <p data-bbox="1062 1435 1353 1626">Áreas de aplicação: soldadura por pontos ou costura simples; cargas e descargas na indústria de fundição.</p>



Eixos principais: 2 eixos de rotação, originando um articulado giratório horizontal e 1 de translação;

Áreas de aplicação: funções de montagem vertical; soldadura por pontos ou costura simples; carga e descarga.



Eixos principais: 3 eixos de rotação ou mais;

Áreas de aplicação: manuseamento de componentes em processos de montagem; processos de soldadura complexos; trabalhos de pintura.

2.4.2.3 Parametrização e Programação

Para a realização de qualquer tarefa assistida por um robô, é necessário que previamente haja a parametrização e programação do robô. Dependendo do trabalho a realizar, os parâmetros podem variar, sendo que há operações que exigem uma determinada velocidade de ação controlada, mas também se podem alterar outros, de modo a diminuir o tempo de ciclo do robô [50].

A programação do robô é diretamente relacionada com a tarefa que este executa. Podem existir várias formas de programar a mesma tarefa, dependendo apenas do utilizador que realizar a tarefa e da interface disponível. Para realizar a programação, devem ser tidas em conta todas as precauções de segurança.

DESENVOLVIMENTO

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA ACOLHEDORA DO PROJETO

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO

3.3 FASES EVOLUTIVAS DO PROJETO

3.4 PROJETO MECÂNICO

3.5 AUTOMAÇÃO

3.6 CUSTOS DO EQUIPAMENTO

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Caracterização da empresa acolhedora do projeto

3.1.1 *Simoldes Aços*

A Simoldes, Figura 20, começou a sua atividade a 30 de novembro de 1959, a partir da Simoldes Aços, sendo o seu foco o fabrico de moldes para injeção de plástico. Inicialmente, eram produzidos moldes de uma forma muito rudimentar, utilizando as ferramentas disponíveis na altura. Os moldes em questão eram destinados a produzir peças para “brinquedos e pequenas utilidades domésticas”.



Figura 20 – Logotipo da Simoldes Aços

Mais tarde, em 1963, a Simoldes começa a exportar os seus moldes para a indústria automóvel, tendo sido a sua primeira exportação destinada exatamente à indústria automóvel. A peça exportada era parte de um *tablier*, que à época estava longe de ser uma peça única de grandes dimensões.

Essa exportação foi, na altura, um marco para a empresa. Possuía, na altura, pequenas dimensões, marcando isto apenas a entrada da Simoldes no mercado internacional, que se veio a tornar, mais tarde, um dos pontos mais fortes desta empresa.

Em 1971, a Simoldes adquire terrenos na zona industrial de Oliveira de Azeméis e inicia-se a construção dos primeiros pavilhões próprios, onde hoje se encontra a sede da Simoldes, S.A.

3.1.2 *Simoldes Plásticos*

A Simoldes Plásticos surgiu da visão de António Rodrigues, de que a indústria de moldes e a de injeção plástica se complementam. E com o passar dos anos, revelou-se uma intuição completamente correta.

No início da década de 80 do século passado, a Renault instalou-se em Portugal. Nas contrapartidas negociadas com o governo português, a marca francesa era obrigada a incorporar nos carros produzidos uma determinada percentagem de produção nacional.

Com isto, a Simoldes, que já trabalhava para a Renault através de uma empresa intermediária, passou a produzir diretamente para a Renault, não só os moldes, mas também as peças que seriam incorporadas, na altura, no modelo Renault 5.

Desde então, a vertente da produção das peças plásticas a partir dos moldes de produção própria, passou a ser um dos pontos mais fortes da Simoldes, produzindo hoje peças para várias marcas como Renault, VW, Citroën, Porsche e Peugeot, entre outras.

3.1.3 Dimensão nacional

Com o passar dos anos, a Simoldes tornou-se a empresa líder a nível nacional no que toca à produção de moldes e, mais tarde, injeção plástica. Em 2019, a Simoldes tinha a trabalhar para si, a nível nacional, 3652 colaboradores (2661 na secção de plásticos e 991 na secção dos aços).

A sua sede localiza-se na zona industrial de Oliveira de Azeméis, Figura 21, onde estão localizadas as empresas de ambas as secções, nomeadamente, Simoldes Aços e Simoldes Plásticos.



Figura 21 - Zona Industrial de Oliveira de Azeméis, e implantação do Grupo Simoldes

3.1.4 Dimensão mundial

Desde o início que a Simoldes teve uma vertente muito exportadora.

A partir de 1966, a Simoldes Aços passa a exportar também para os Estados Unidos da América. Com uma indústria muito forte na produção de peças plásticas, mas com uma capacidade de produção de moldes insuficiente, os EUA encontraram em Portugal essa competência, mas também preços de produção interessantes.

Mais tarde, a Simoldes começou a criar empresas fora de Portugal, no intuito de estar mais próxima dos mercados para os quais já vendiam, criando assim uma relação de maior proximidade, facilitando negócios futuros.

O “ataque” à Europa deu-se também do lado da divisão de moldes, com a criação de diversas ACS’s – *Advanced Customer Services*, entre os anos de 2002 e 2004: França, Alemanha e Espanha, Figura 22. Estas unidades avançadas, destinadas a apoiar a nível de manutenção, mas também comercialmente os clientes, tiveram tanto sucesso que a Simoldes decidiu criar em 2005 uma ACS na Argentina.

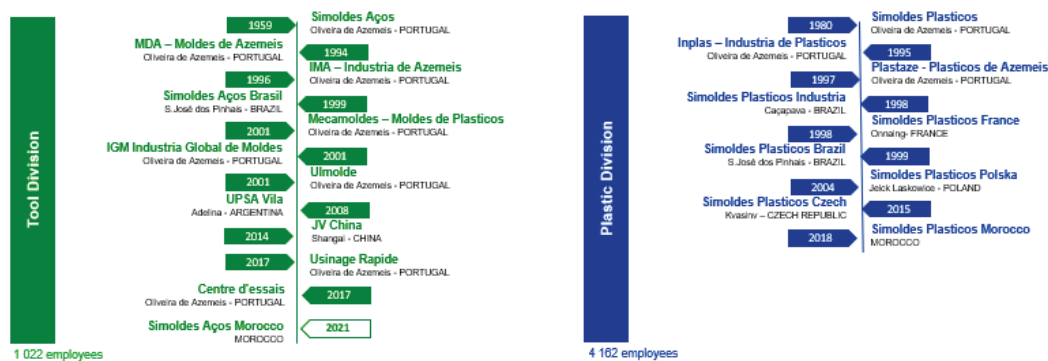


Figura 22 - Evolução da Simoldes ao longo do tempo

3.1.5 Inplas

A Inplas é uma empresa da Divisão de Plásticos da Simoldes, que foi fundada em 1991. Esta empresa tem como foco a produção de peças plásticas. Atualmente, a maioria dos destinos das exportações desta empresa são marcas como Peugeot, Citroën, Renault e VW.

A direção da fábrica divide-se em vários departamentos, nomeadamente, Engenharia do Processo, Manutenção, Logística, Qualidade, Recursos Humanos, SST e Equipa de Lançamentos (*lanch leaders*).

Este trabalho foi desenvolvido no departamento de Eng^a do Processo da Inplas, e orientado pelo Eng^o Diogo Santos e pelo Eng^o Hugo Pinto. Este departamento é responsável por todos os processos de produção existentes na fábrica, e também respetivas melhorias.

3.1.6 Departamento de Engenharia de Processo

O departamento de Engenharia do Processo da Inplas é responsável por todas as melhorias no que diz respeito ao processo. Este trabalho foi desenvolvido em colaboração com a equipa técnica dos *robots*.

3.2 Caracterização do Processo

3.2.1 Objetivo do Processo

O objetivo do processo alvo de melhoria deste trabalho, é a linha de produção associada ao molde MO.9163, que produz as peças do pilar B superior do Peugeot 2008, como se pode ver assinalada na Figura 23.



Figura 23 - Pilar B do Peugeot 2008, realçado a amarelo

A peça em questão é injetada com o material PP a alta pressão no molde, e é retirada por extração mecânica. A peça tem duas versões que diferem entre si apenas na indicação ou não do *air bag*, Figura 24 e Figura 25.

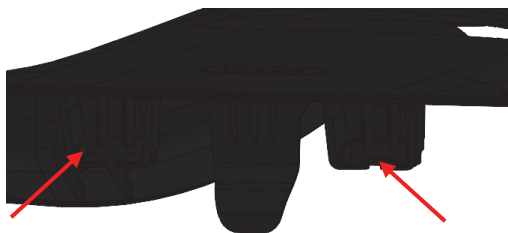


Figura 24 - Versão com *air-bag*



Figura 25 - Versão sem *air-bag*

Estas peças encaixam na carroçaria do automóvel a partir de dois *clips* que são inseridos pelos operadores durante o processo de produção. A zona em que os *clips* ficam alojados é denominada porta-*clip's* e pode ser vista na Figura 28.

Figura 26 - Porta *Clip's* das peças

3.2.2 *Molde 9163*

O molde instalado na linha de produção é um molde de injeção plástica com extração mecânica. O molde que produz as duas versões da peça é o mesmo, mas quando acontecer alguma troca de versão, é necessário que a equipa de *SMED's* realize a troca do postigo do molde. O postigo é o local do molde que faz a gravação de *air bag* na peça.

Uma vez que o componente em estudo existe em ambos os lados do carro (pilar B direito e pilar B esquerdo), têm de ser produzidas duas peças, numa única injeção, uma para cada lado.

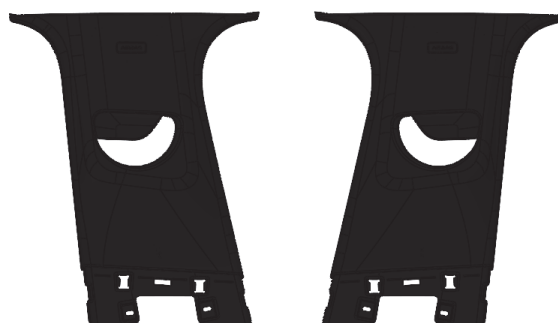


Figura 27 - Peças do MO.9163

No processo de injeção plástica, é normal a existência de canais por onde é feita a injeção do plástico no molde, mas, neste caso de estudo, o plástico é injetado diretamente na cavidade da peça no molde, excluindo-se a necessidade de retirar o gito das peças, que normalmente saem do molde ainda agarrados à peça.

3.2.3 *Máquina de Injeção*

A máquina de injeção é responsável pelo processo de injeção do plástico no molde. A máquina utilizada neste caso de estudo é uma *Krauss Maffei* de 800 toneladas de força. A máquina de injeção controla todos os parâmetros (pressão, temperatura, tempo, entre outros...), necessários para garantir a qualidade da injeção das peças.

Caso ocorra algum defeito no processo de injeção das peças, a máquina dá imediatamente ordem para rejeitar as peças.

3.2.4 Linha de Produção

A linha de produção, de momento, é constituída por uma máquina de injeção, um tapete rolante onde são depositadas as peças após injeção, dois operadores e dois equipamentos periféricos que têm como função realizar a inserção dos *clips* e validar as tarefas necessárias.

Na Figura 28, é apresentado um esboço do *layout* atual e do fluxo das peças desde molde até ao posto de armazenamento inicial, que depois serão armazenadas no posto de expedição.

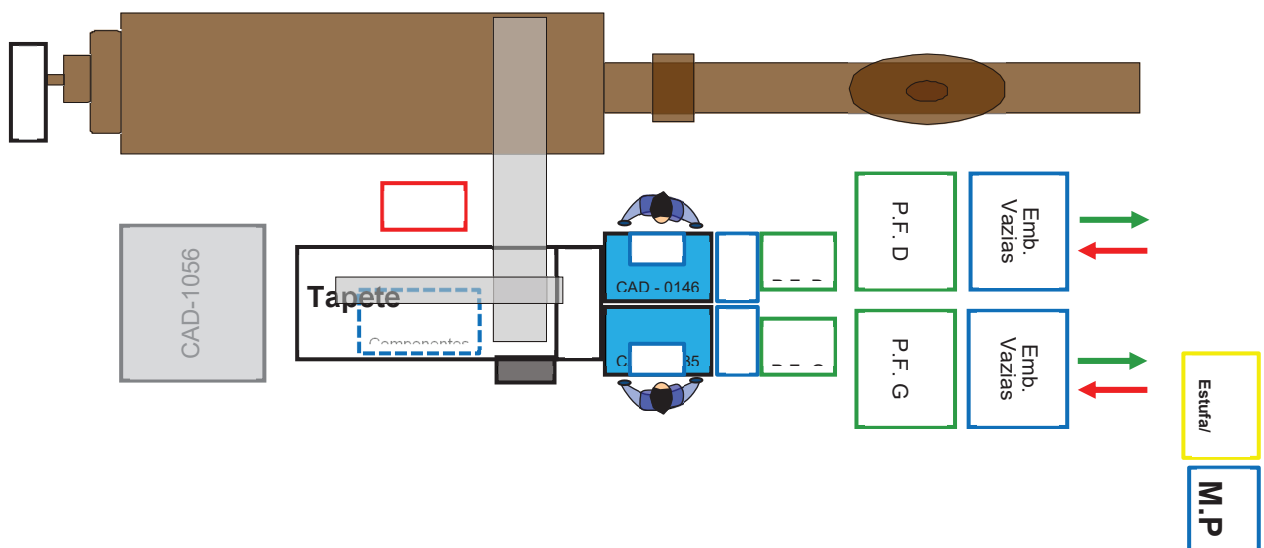


Figura 28 - *Layout* atual do posto de trabalho

3.2.5 Equipamentos Periféricos

Atualmente, os controlos dos parâmetros de qualidade da peça são realizados pelos equipamentos periféricos. Quando a peça chega ao fim do tapete, é manuseada pelos operadores e colocada nos equipamentos periféricos, Figura 29. Na Tabela 16, é possível verificar quais os parâmetros que são controlados pelo equipamento.



Figura 29 - Equipamento Periférico

Tabela 16 - Parâmetros controlados pelo equipamento periférico

Tarefa	Método de Verificação
Verificação da correta inserção dos <i>clip's</i>	Sensor IV
Verificação de incompletos	Sensor IV
Versão da peça	Sistema de visão
Verificação de defeitos de aspeto	Operador

Caso os parâmetros de qualidade definidos sejam atingidos, é realizada outra tarefa bastante importante nos equipamentos. As peças são picadas para, caso seja necessário, à posteriori, fazer-se a verificação de se a peça passou mesmo no equipamento e se foi devidamente validada. Assim, é obrigatório que haja dois pontos de picagem da peça, um para verificar a sua passagem pelo equipamento, e outro para verificar a respetiva validação.

O pico de passagem pode variar de equipamento para equipamento. Tendo em conta que este pico tem de acontecer no momento em que a peça é largada no equipamento, este pode ser de natureza estática ou dinâmica. Diz-se estático, quando está embutido em alguma superfície dos ninhos do equipamento, que esteja em contacto com a área técnica da peça.

Por outro lado, o pico de validação, normalmente chamado de pico OK, tem de ser obrigatoriamente dinâmico, e apenas acontece no caso de estarem reunidas todas as condições de validação da peça. Este pico é realizado por um atuador pneumático, que deixa uma leve marca na peça, de modo a mostrar que a mesma passou no processo de validação.

3.2.6 *Ciclo do Processo*

O processo inicia-se na máquina de injeção, se estiverem reunidas todas as condições necessárias para se proceder ao trabalho em que a peça é injetada e a máquina abre o molde. A tarefa de levar a peça desde o molde até ao tapete, está ao encargo de um robô de três eixos. Posteriormente, o tapete faz as peças avançarem até aos dois operadores, onde cada um as manipula, realizando assim a verificação visual de incompletos e raiados, a inserção dos *clip's* e, estando tudo em conformidade, as peças são validadas pelo equipamento e armazenadas no respetivo posto para serem mais tarde levadas para armazém.

3.2.7 *Robô de três eixos*

O robô de três eixos, responsável por levar a peça do molde ao tapete, tem acoplado a si um *gripper*, normalmente chamado na indústria dos moldes de “Mão Presa” (MPR).

Tendo em conta que a peça deste trabalho é uma melhoria do processo de produção associado ao MO.9163, já existe mão presa válida para este projeto.



Figura 30 - Mão Presa

3.2.8 *Análise dos tempos do ciclo atual*

De modo a perceber como se deveria desenrolar o projeto, e quais seriam as necessidades da célula, foi feita uma cronometragem dos tempos do ciclo atual. Na Figura 31, são apresentados os diagramas de Gantt do processo atual.

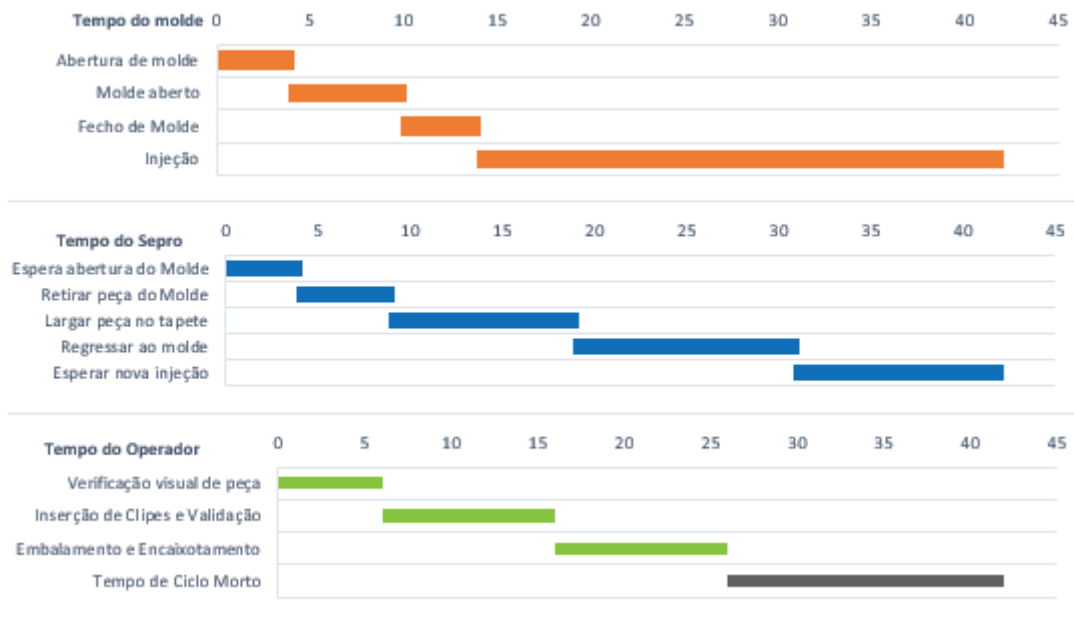


Figura 31 - Diagrama de Gantt do processo atual, tempo em segundos

Pode assumir-se que, neste momento, o *bottleneck* do processo é a máquina de injeção.

3.3 Fases evolutivas do projeto

3.3.1 Proposta de processo futuro

Com a inserção de uma célula robotizada no processo, têm de acontecer, obrigatoriamente, alterações na produção. A peça, desta vez, vai ter um posto entre a máquina de injeção e o tapete, bloco roxo na Figura 32. As tarefas que antes eram realizadas nos equipamentos periféricos, passam a ser realizadas pela célula.

Assim, o *layout* da linha mudará, conseqüentemente. A célula terá de ter uma localização intermediária à máquina de injeção e ao tapete. Na Figura 32, é possível ver uma proposta de *layout* futuro.

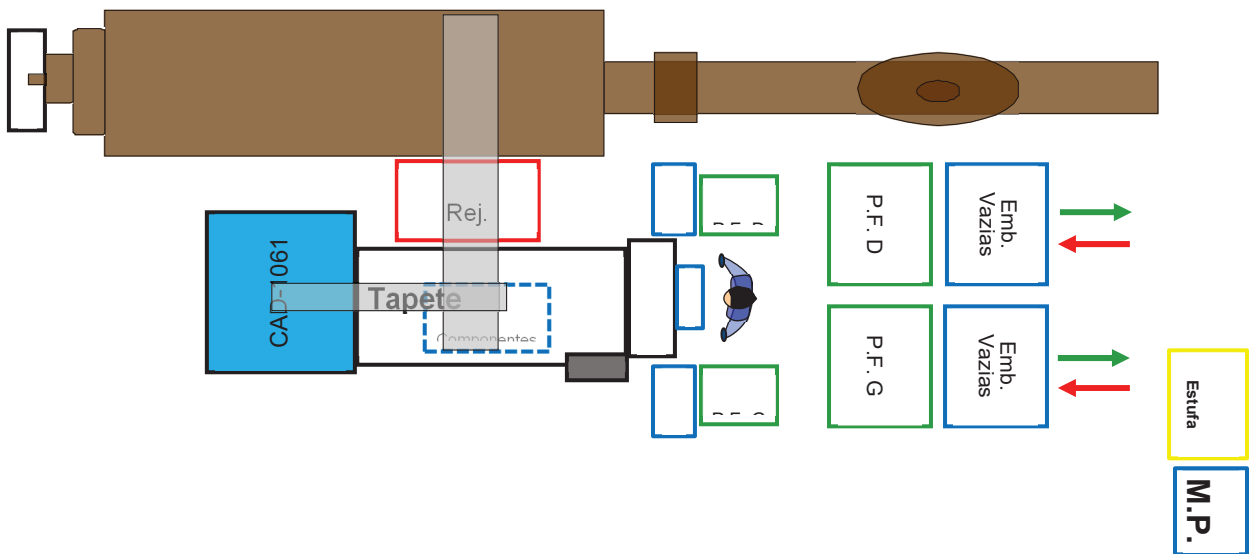


Figura 32 - Proposta de *Layout* Futuro

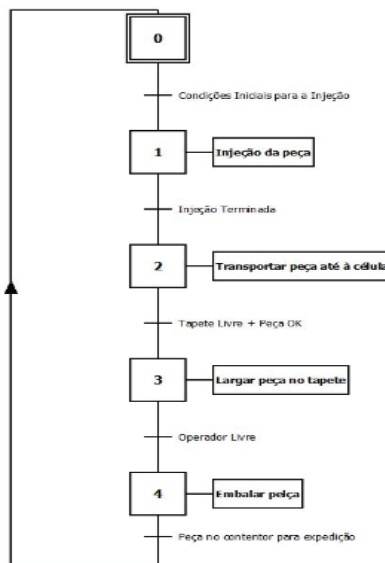


Figura 33 - Grafset do processo futuro

Com a inserção da célula, muda também a ordem em que será feita a etapa de validação do processo. Antes, era realizada pelos equipamentos periféricos, depois, a validação será realizada pela célula robotizada.

Com efeito, todas as funções que os equipamentos periféricos tinham, são transferidas para a célula, e o operador deixa de ter a função de inserir os *clips*, passando assim a ser um robô a realizar essa tarefa. O operador continua a ter de fazer a inspeção visual da peça, mas pode imediatamente embalá-la para expedição.

Também foi feita uma previsão dos tempos futuros, de modo a perceber quais seriam as possibilidades que a inserção da célula no processo abriria.

Da Figura 34, pode verificar-se que o *bottleneck*, se mantém na máquina de injeção.



Figura 34 - Diagrama de Gantt do processo futuro, tempo em segundos

A partir daí, a hipótese de diminuir ao tempo de ciclo da máquina foi analisada, havendo a possibilidade de baixá-lo dos **42 segundos para os 38 segundos**, pois era o tempo de ciclo do robô de três eixos. No entanto, com base em testes realizados anteriormente, era impossível, pois, diminuir ao tempo de ciclo iria deteriorar a qualidade do produto, provocando um aparecimento mais frequente de peças com defeito.

3.3.2 Definição inicial do projeto da Célula

O foco principal deste trabalho foi a célula de produção. Contudo, num momento inicial foi necessário considerar vários pontos que iriam definir o desenrolar de todo o projeto. O ponto de partida foi uma célula já existente, pelo que não foi necessário fazer cálculos e dimensionamentos estruturais.

Na Tabela 17 é possível verificar quais são os órgãos principais da célula, bem como as suas funções.

Tabela 17 - Principais órgãos de uma célula robotizada

Órgãos principais da célula



Figura 35 - Motoman Yaskawa MH5L

Figura 36 - Robô

O robot da célula será o já existente, *Motoman Yaskawa MH5L*.

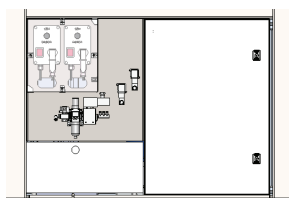


Figura 37 - Controlador e quadro elétrico

O controlador associado ao robot é o *NXC100 da Yaskawa*.

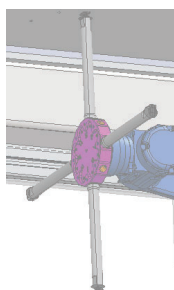


Figura 38 - Gripper

O *gripper* deste projeto terá de ser executado de acordo com o tipo de *clips* usados no processo.

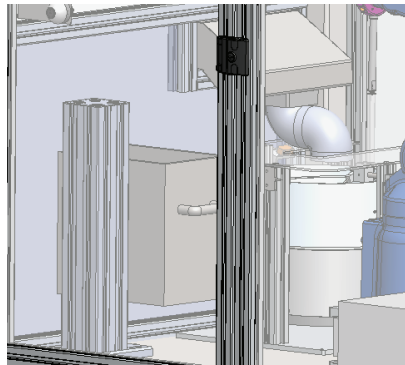


Figura 39 - Alimentador e posto de rejeição

O alimentador terá de obedecer às necessidades do processo e estar de acordo com os *clips* usados.

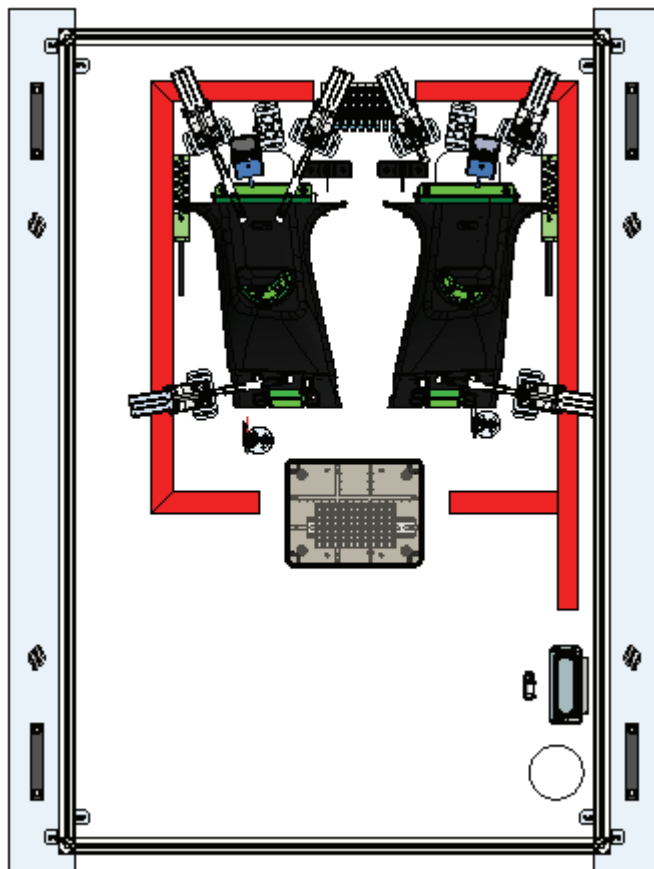


Figura 40 - Base da célula

A base da célula terá de ser totalmente pensada, tendo em conta as peças envolvidas no processo.

Dos órgãos principais da célula, os únicos que não necessitaram de alterações foram o robô e os controladores. No entanto, os restantes necessitaram de uma revisão, ou mesmo de um novo projeto.

3.3.2.1 Robô

O robot que será utilizado no processo será o *Motoman Yaskawa MH5L*. Na Figura 41 e Figura 42, é possível verificar algumas das características deste robô.

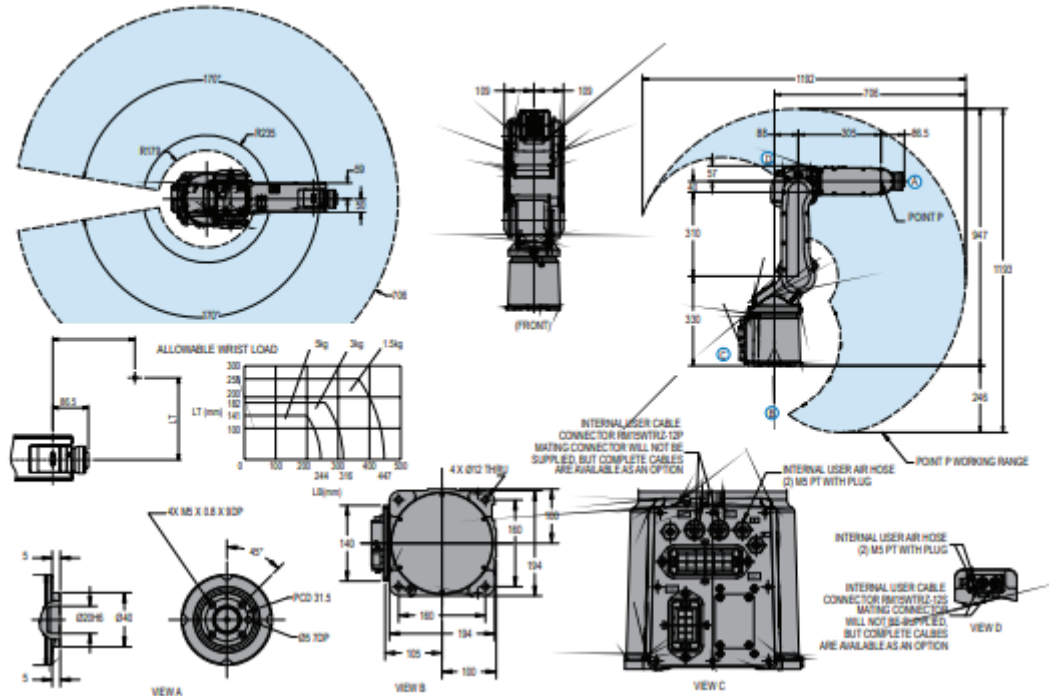


Figura 41 - Alcance do robô

ROBOT SPECIFICATIONS		MH5	MH5L
Structure		Vertical jointed-arm type	Vertical jointed-arm type
Controlled Axes		6	6
Payload		5 kg (11 lbs)	5 kg (11 lbs)
Vertical Reach		1,193 mm (47")	1,560 mm (61.4")
Horizontal Reach		706 mm (27.8")	895 mm (35.2")
Repeatability		±0.02 mm (±0.0008")	±0.03 mm (±0.001")
Maximum Motion Range	S-Axis (Turning/Sweep)	±170°	±170°
	L-Axis (Lower Arm)	+150°/-65°	+150°/-65°
	U-Axis (Upper Arm)	+255°/-136°	+255°/-136°
	R-Axis (Wrist Roll)	±190°	±190°
	B-Axis (Bend/Pitch/Yaw)	±125°	±125°
Maximum Speed	T-Axis (Wrist Twist)	±360°	±360°
	S-Axis	376°/s	270°/s
Approximate Mass	L-Axis	350°/s	280°/s
	U-Axis	400°/s	300°/s
	R-Axis	450°/s	450°/s
	B-Axis	450°/s	450°/s
	T-Axis	720°/s	720°/s
Brakes		All axes	All axes
Power Consumption		1 kVA	1 kVA
Allowable Moment	R-Axis	12 N · m	12 N · m
	B-Axis	12 N · m	12 N · m
	T-Axis	7 N · m	7 N · m
Allowable Moment of Inertia	R-Axis	0.3 kg · m ²	0.3 kg · m ²
	B-Axis	0.3 kg · m ²	0.3 kg · m ²
	T-Axis	0.1 kg · m ²	0.1 kg · m ²
Internal Electric Cable		3 BC 10 Conductors 4 BC 8 Conductors	3 BC 10 Conductors 4 BC 8 Conductors
Internal Air Hose		2 - 1/4" PT Connections	2 - 1/4" PT Connections

Figura 42 - Características do robô

3.3.2.2 Controladores e quadro elétrico

O controlador associado ao robô é o DXM100. Na Figura 43 é possível verificar as suas especificações.

DXM100 CONTROLLER SPECIFICATIONS**	
Dimensions (mm)***	800 (w) x 600 (h) x 650 (d) (31.5" x 23.6" x 25.6")
Approximate Mass	250 kg max. (551.3 lbs)
Cooling System	Indirect cooling
Ambient Temperature	During operation: 0° to 45° C (32° to 113° F) During transit and storage: -10° to 60° C (14° to 140° F)
Relative Humidity	90% max. non-condensing
Primary Power Requirements	3-phase, 240/480/575 VAC at 50/60 Hz
Digital I/O NPN-Standard PNP-Optional	Standard I/O: 40 inputs/40 outputs consisting of 16 system inputs/ 16 system outputs, 24 user inputs/24 user outputs 32 Transistor Outputs; 8 Relay Outputs Max. I/O (optional): 2,048 inputs and 2,048 outputs
Position Feedback	By absolute encoder
Program Memory	JOB: 200,000 steps, 10,000 instructions CIO Ladder Standard: 15,000 steps Expanded: 20,000 steps
Pendant Dim. (mm)	169 (w) x 314.5 (h) x 50 (d) (6.7" x 12.4" x 2")
Pendant Weight	.998 kg (2.2 lbs)
Interface	One Compact Flash slot; One USB port (1.1)
Pendant Playback Buttons	Teach/Play/Remote Keyswitch selector Servo On, Start, Hold, and Emergency Stop Buttons
Programming Language	INFORM III, menu-driven programming
Maintenance Functions	Displays troubleshooting for alarms
Number of Robots/Axes	Up to 8 robots, 72 axes
Multi Tasking	Up to 16 concurrent jobs, 4 system jobs
Fieldbus	DeviceNet Master/Slave, AB RIO, Profibus, Interbus-S, M-Net CC Link, EtherNet IP/Slave
Ethernet	10 Base T/100 Base TX
Safety	Dual-channel Emergency Stop Pushbuttons, 3-position Enable Switch, Manual Brake Release Meets ANSI/RIA R15.06-1999, ANSI/RIA/ISO 10218-1-2007 and CSA Z434-03

Figura 43 - Especificações do controlador do robot

O quadro elétrico deste projeto, será o mesmo que existia previamente. Será realizado o reaproveitamento da maior parte dos componentes existentes anteriormente.

3.3.2.3 Gripper

O *grripper* deste projeto teve de ser repensado, com base nos *clips* que seriam inseridos nas peças. Cada peça aloja 2 *clips*. Portanto, o *grripper* do robô tem de ser capaz de levar a quantidade necessária de *clips*, para cumprir um ciclo de inserção.

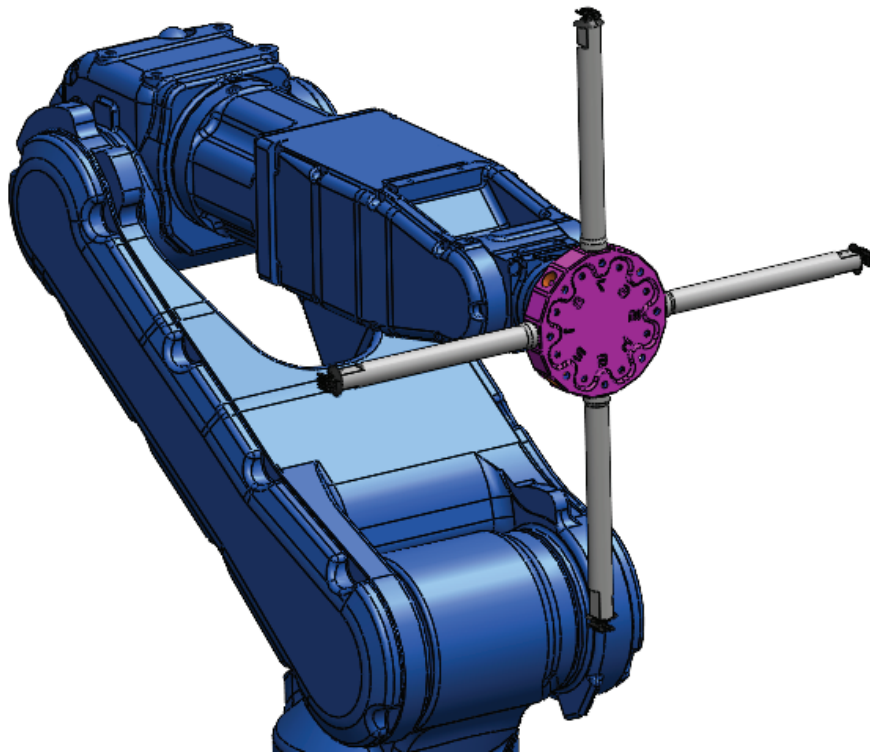


Figura 44 - Gripper do robô

3.3.2.4 Alimentador e posto de rejeição

O alimentador deste projeto tem de ter cadência para entregar ao robô a quantidade de *clips* necessária para realizar o ciclo de inserção. Associado ao alimentador, tem de haver um posto onde o robô seja capaz de realizar a manobra de limpeza da ponteira, caso ocorra algum erro em alguma parte do processo.

Todo este sistema tem de ter associado a si um conjunto de sensores que permita ao robô receber a informação necessária para executar cada manobra.

Na Figura 45, é possível ver um esboço do alimentador e do posto de rejeição da célula.

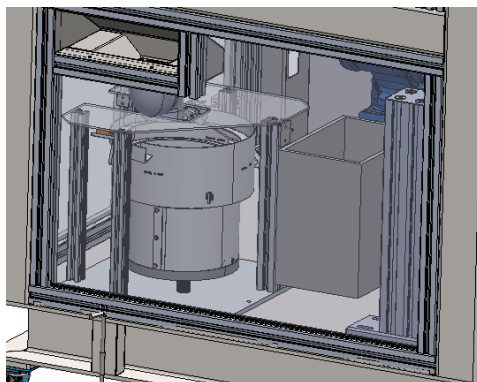


Figura 45 - Alimentador e posto de rejeição

3.3.2.5 Base

A base da célula é o gabarito do robô. Será na base onde irão ser alojadas as peças para o robô inserir os *clips*. De modo a permitir ao robô realizar essa tarefa, as peças quando entram na base, têm de ser alojadas em blocos, que garantam a correta fixação da peça. Estes blocos, realçados a verde na Figura 46, são normalmente chamados de ninhos.

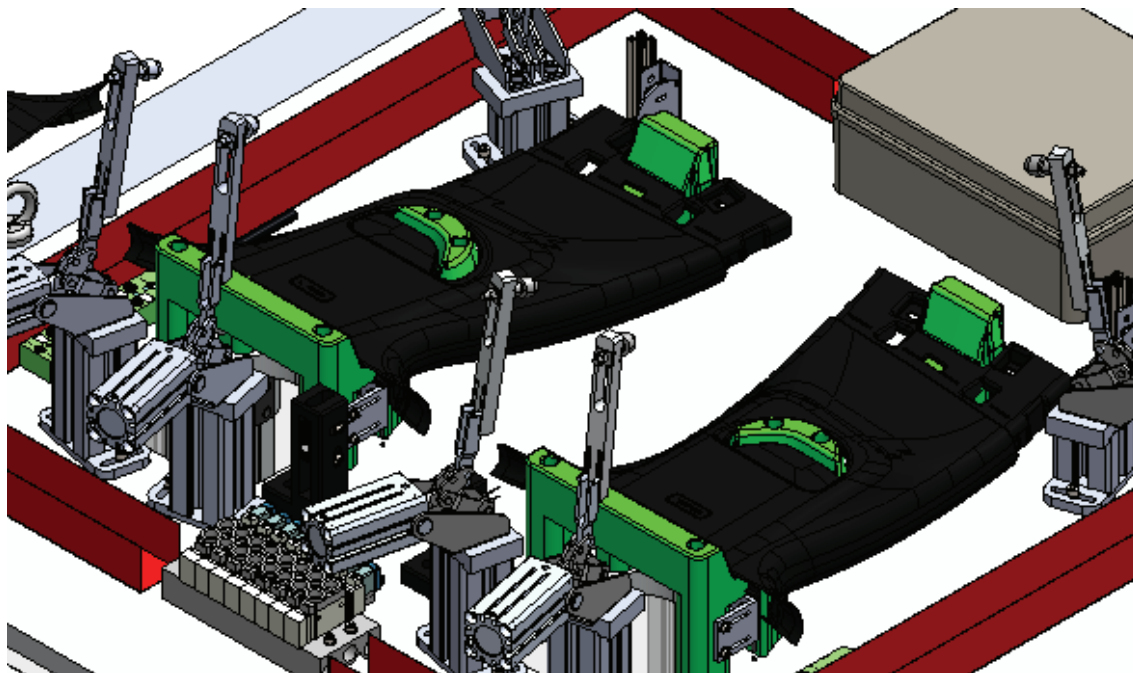


Figura 46 – Representação da base do equipamento com realce para os ninhos de alojamento dos componentes, a verde na imagem.

Quando a peça é largada nos ninhos e o robô de três eixos dá a ordem de início de ciclo, é acionado um sistema pneumático que faz avançar uns batentes que fixam definitivamente a peça, normalmente chamados de calcadores. Estes batentes, calcam de modo a diminuir folgas existentes na sua fixação. Para garantir a fixação nos pontos mais importantes, existe obrigatoriamente, no mínimo, um calcador por *clip*, que calca na parte superior da peça, na zona de inserção dos *clips* na peça. A peça, nesse local, tem umas cavidades denominadas de porta *clips*, como é possível ver na Figura 47.

De notar que estes batentes têm de ser de um tipo específico, devido ao facto de calcarem a peça numa área estética, portanto, tem de ser encontrado um compromisso entre a pressão que os calcadores fazem na peça, e a fixação destas.

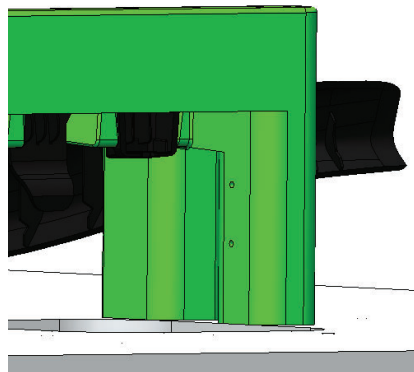


Figura 47 - Porta Clip's da peça

O sistema de picagem das peças também é controlado por atuadores pneumáticos, daí a existência de um bloco de válvulas responsável por controlar cada ação pneumática da base, Figura 48.

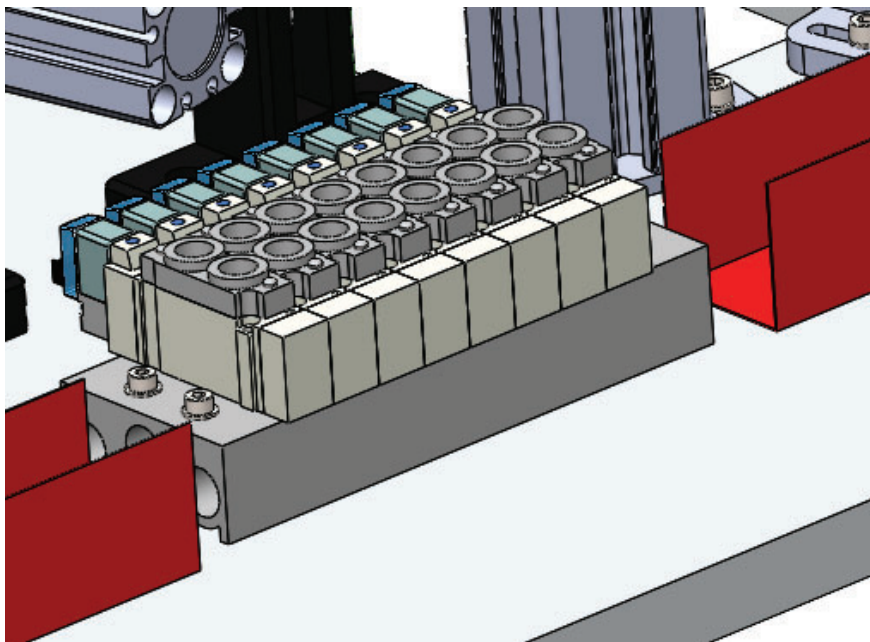


Figura 48 - Bloco de válvulas da base

Na base, também se encontram vários tipos de sensores que controlam todo o ciclo e ações a serem executadas pelo robô. De modo a transferir os sinais para uma ficha, para, posteriormente, serem levados para o quadro elétrico e manipulados pelo controlador, existe uma caixa de interface na base e um capô *Harting*.

3.4 Projeto Mecânico

Neste projeto, não houve necessidade de fazer cálculos nem dimensionamentos estruturais, pois toda a estrutura já se encontrava realizada e testada, dado que a célula já tinha trabalhado anteriormente. As principais preocupações estavam essencialmente relacionadas com a peça com a qual a célula iria trabalhar. No entanto, foi preciso fazer um *check-up* às seguranças e aos meios de acesso à célula.

3.4.1 Segurança e acessos

Por questões de segurança, as células robotizadas têm de ser fechadas por algum tipo de estrutura. A segurança é assegurada por uma estrutura de perfil estrutural soldado, sendo fechada por quadros de perfil técnico de alumínio com placas de policarbonato (Figura 51). As faces laterais devem ter portas para facilitar o acesso, e estas devem ter sensores para que, caso as portas abram, o robô pare imediatamente.

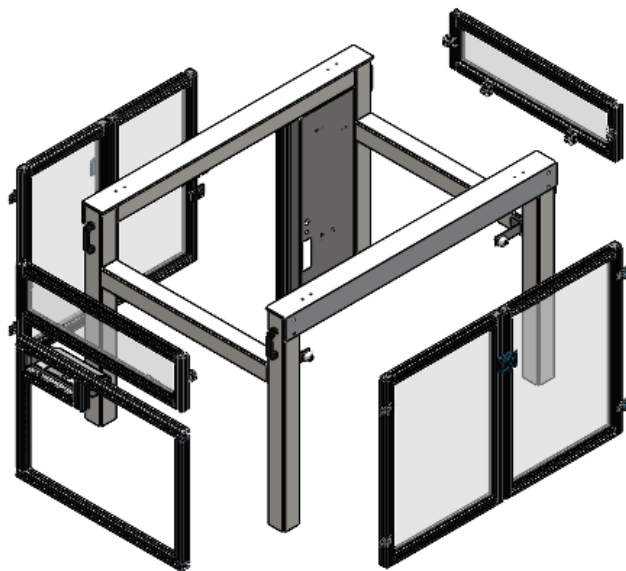


Figura 49 - Vista explodida da estrutura da célula.

3.4.2 Sistema de Alimentação e Rejeição

O sistema de alimentação (Figura 52), executado por uma empresa especializada na área, tem a função de fornecer molas ao *gripper* para o robô executar a sua função.

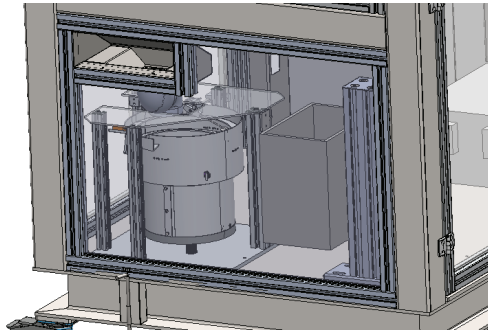


Figura 50 - Esboço do sistema de alimentação e rejeição da célula

Este projeto teve como principal preocupação garantir a melhor localização do alimentador, de modo a diminuir a quantidade de movimentos necessários do robô para realizar a alimentação. Daí, a decisão de o posicionar imediatamente abaixo da localização dos ninhos da peça, como é possível ver na Figura 51.

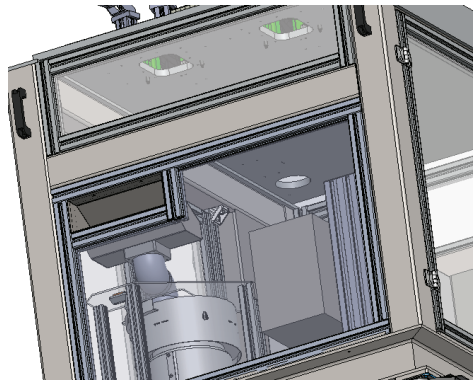


Figura 51 - Localização do sistema de alimentação

Associado ao alimentador, deve existir um 2º posto onde o robô possa realizar a manobra de rejeição, no caso de ocorrer alguma anomalia em algum tipo de processo. Na Figura 52 é possível ver um esboço deste sistema.

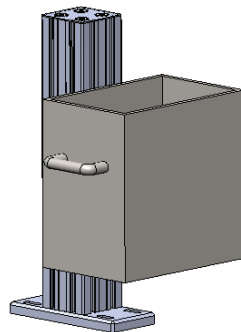


Figura 52 - Esboço da torre de rejeição

Além disso, deve haver uma janela para, com segurança, possibilitar aos operadores o fornecimento de componentes ao alimentador.

3.4.3 Gripper

O *gripper* do robô, foi também executado em parceria com a mesma empresa responsável pela execução do alimentador. Também foram definidos alguns parâmetros para que o projeto do *gripper* fosse de encontro ao necessário.

Tabela 18 - Parâmetros condicionantes do projeto do *gripper*

Parâmetros condicionantes do projeto do *gripper*

O *gripper* tinha de ser capaz de carregar a quantidade necessária de clip's para pelo menos um ciclo de inserção.

As ponteiros do *gripper* tinham de ter no mínimo 15 mm de comprimento para ser possível realizar a inserção.

O *gripper* é a ferramenta que o robô usa para executar a função que é requerida. Na Figura 53 é possível ver o *gripper* carregado com *clips* nas ponteiros.

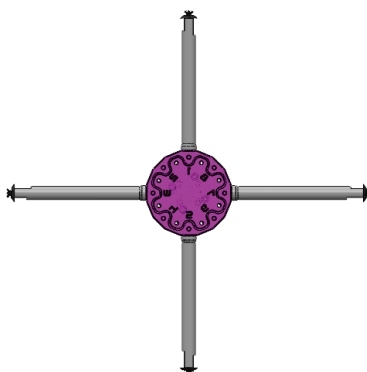


Figura 53 - Gripper do robô

O *gripper* é constituído por três partes fundamentais: o núcleo, um disco de proteção do robô, e as ponteiros, mostradas na Figura 54.

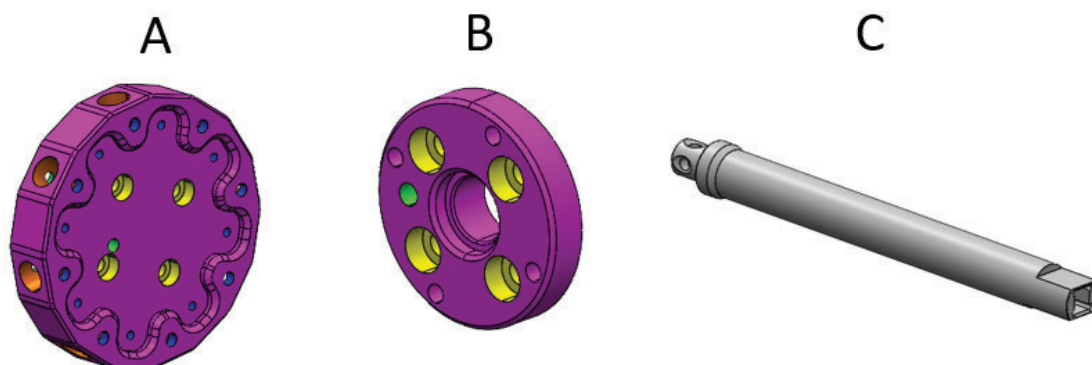
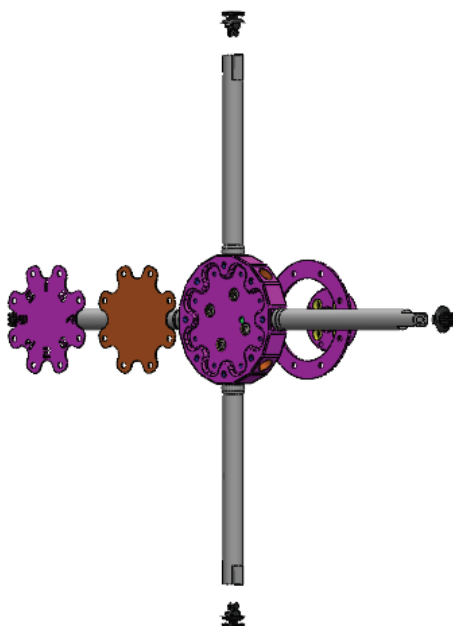


Figura 54 - Núcleo de *gripper* (A), disco de proteção (B) e ponteiros (C)

O núcleo tem a função de acoplar todos os componentes, as ponteiros são a parte do *gripper* utilizadas para carregar as molas até à inserção, e o disco de proteção que, como o nome indica, tem a função de proteger o robô. No caso de acontecer algum acidente, os danos não serem focados no robô. No entanto, não é essa a sua única função. Este disco tem também um furo para a inserção de uma cavilha, de modo que o *gripper* só encaixe no robô numa posição. Na Figura 55 é possível ver uma vista explodida do *gripper*.

Figura 55 - Vista explodida do *gripper*

3.4.4 Base

A base localiza-se na parte superior da célula, como é possível ver na Figura 56. Na base, estão acoplados vários sistemas que são controlados pelo robô, de modo a realizar a sua função, tendo a referida base que obedecer a vários parâmetros para que possa ser aplicável em qualquer célula.

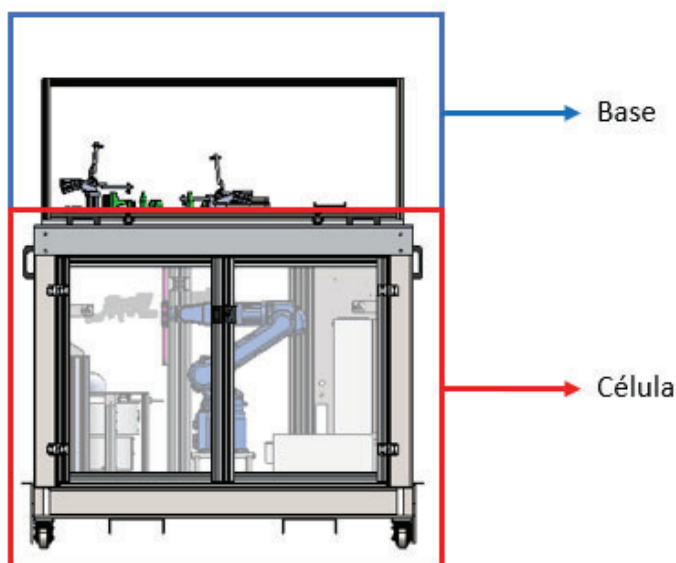


Figura 56 - Localização da base em relação à célula

Na Tabela 19, estão descritos os vários pontos que tiveram de ser tidos em conta na execução da base.

Tabela 19 - Requisitos do projeto da base

Requisitos do projeto da base	
Removível	Cada célula deve ser capaz de trabalhar com vários moldes. Assim, a base deve apenas ser conectada à célula por parafusos, e ter olhais para facilitar o seu transporte, por exemplo, com uma ponte rolante.
Alimentação pneumática	Na base acoplam vários mecanismos controlados por ar comprimido. Assim, a base deve ter uma alimentação de fácil desmontagem, de modo a facilitar a sua operação.
Comunicação	A base terá vários sistemas controlados por sensores. Portanto, deve haver um meio de comunicação, com o quadro elétrico da célula, de fácil desmontagem.

Organização

De modo a facilitar o trabalho na base da célula, todos os cabos elétricos ou mangueiras pneumáticas, devem estar dentro de calhas. Deve haver um bloco de válvulas onde serão realizados todos os controlos pneumáticos. Deve haver uma caixa de interface onde serão feitas todas as ligações elétricas entre a base e o quadro elétrico da célula.

3.4.4.1 Base Removível

De modo a possibilitar que a base seja trocada, a placa da mesma deve assentar em travessas, as quais são aparafusadas à célula. Na Figura 57, é possível ver o conjunto da base e da célula.

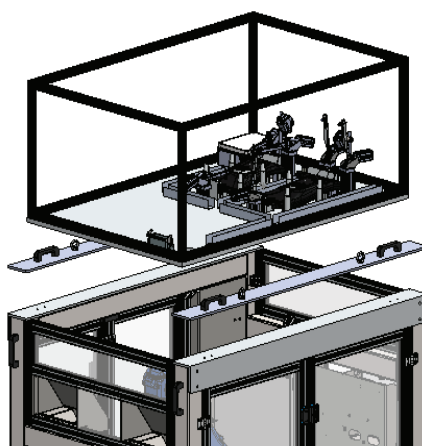


Figura 57 - Fixação da Base na célula

Cada base está projetada para trabalhar com um determinado molde, mas, a célula pode funcionar com vários moldes, caso existam outras bases que acoplem na célula.

3.4.4.2 Alimentação Pneumática

Na base, localizam-se vários mecanismos que funcionam a partir de alimentação pneumática. Como a base deve ser removível, deve haver uma ligação rápida à alimentação pneumática da célula, Figura 58.

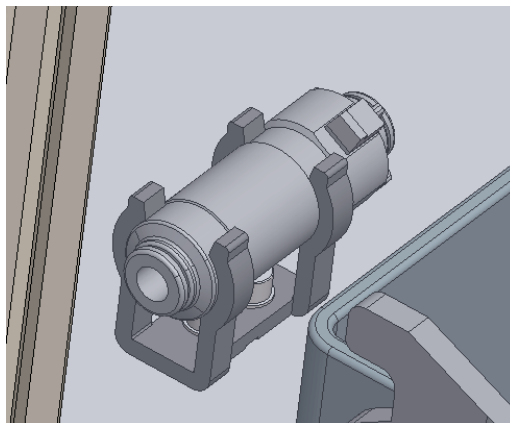


Figura 58 - Alimentação pneumática da base

No ponto de ligação da base com a célula, deve haver uma ligação rápida, que terá a função de alimentar o bloco de válvulas, o qual fará o controlo de todo o sistema pneumático da célula.

3.4.4.3 Comunicação

A maioria dos sensores da célula está localizada na base e, por isso, deve existir uma caixa onde será realizada a alimentação dos vários sensores, cujo estado deve ser transmitido para o quadro elétrico do robô, por meio de uma ficha *Harting*, Figura 59.

Essa ficha *Harting* vem do quadro elétrico da célula, e passa pelo furo que existe na base da célula, para encaixar no capô fixo na base.

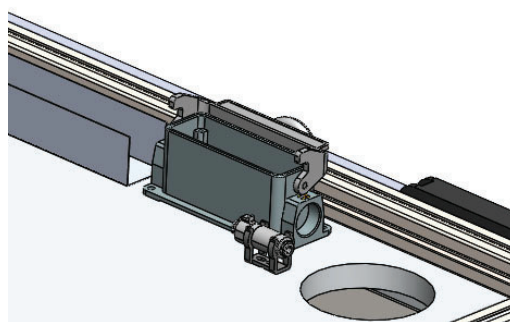


Figura 59 – Capot *Harting* e cavidade de entrada

3.4.4.4 Caixa de Interface

Todos os sinais dos sensores serão ligados a determinados conectores da ficha *Harting*, para posteriormente permitir ao controlador do robô executar cada ação que lhe seja ordenada. A transferência dos sinais até à ficha *Harting*, é feita numa caixa de interface, na qual existem vários bornes para realizar as conexões necessárias, como se verifica na Figura 60.

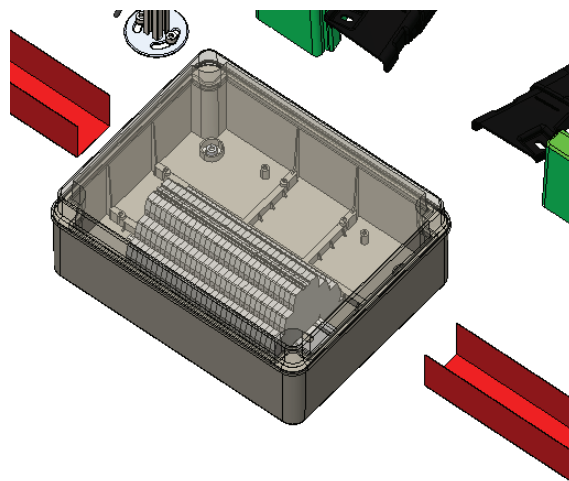


Figura 60 - Caixa de Interface da base

3.4.4.5 Aro de Proteção da base

Na base, durante o ciclo, ocorrem vários movimentos, como a abertura e fecho dos calcadores, ou a entrada e saída da Mão Presa. Portanto, por questões de segurança, é obrigatório que a base esteja protegida nas laterais. A partir desta, foi adaptada uma estrutura de perfil já existente para o efeito, que pode ser vista na Figura 61. Esta estrutura fica fixa à placa da base por cantoneiras aparafusadas.

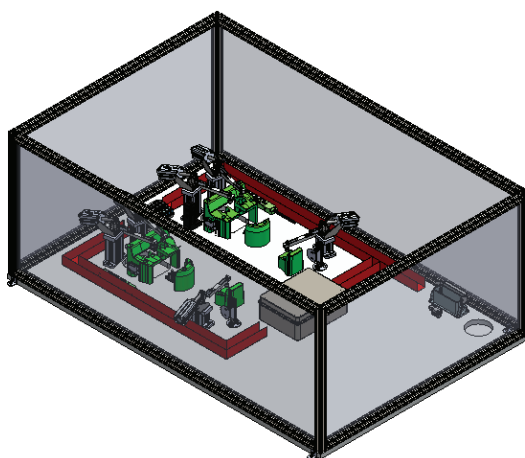


Figura 61 - Base com estrutura de proteção

3.4.4.6 Organização

Devido à existência de vários sistemas na base, e para facilitar manutenções que precisem de ser executadas mais tarde, deve haver calhas na base da célula (realçadas a vermelho na Figura 62), nas quais se devem concentrar todos os cabos e mangueiras pneumáticas.

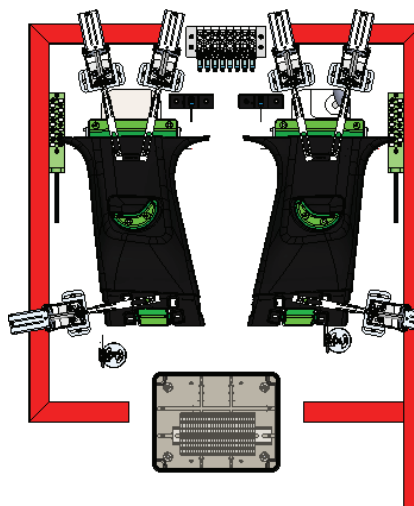


Figura 62 - Disposição dos elementos na base

Os sensores que não necessitam de fazer ligações em série na caixa de interface, devem estar ligados a uma ficha de sinais, de modo a diminuir a quantidade de fios aí existentes.

3.4.4.7 Placa de suporte da base

A base foi construída sobre uma placa de suporte de alumínio com 20 mm de espessura, na qual todos os conjuntos foram posteriormente acoplados.

A placa é responsável pela fixação de todos os elementos que sejam necessários acoplar na base, e também é responsável pela fixação da base nas traves que se fixam à célula.

Deste modo, a placa apresenta vários furos roscados, com o diâmetro de acordo com o componente que se vai fixar nesse furo.

A parte superior apresenta dois rasgos de forma retangular, para permitir à ponteira do robô realizar a tarefa de inserção do *clip* na peça que está assente no ninho. Na extremidade oposta, existe um furo de 100 mm de diâmetro, para permitir a entrada da ficha *Harting* que vem do quadro. É possível ver estes pormenores na Figura 63.

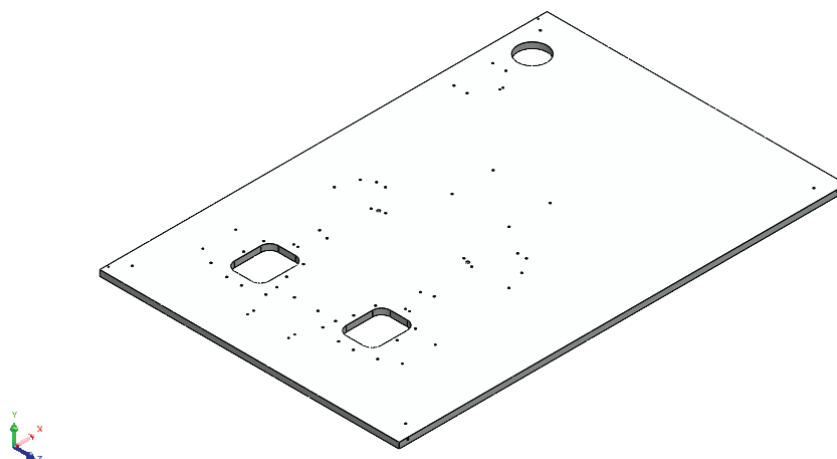


Figura 63 - Placa da base

3.4.4.8 Calha

Neste projeto, foi utilizada calha metálica, que tem várias vantagens em relação à calha plástica, pois é mais resistente, tornando-a, obviamente, mais duradoura.

O objetivo da calha é apenas guiar todos os cabos e mangueiras pneumáticas que seja necessário usar. Na Figura 64, as calhas estão realçadas a vermelho.

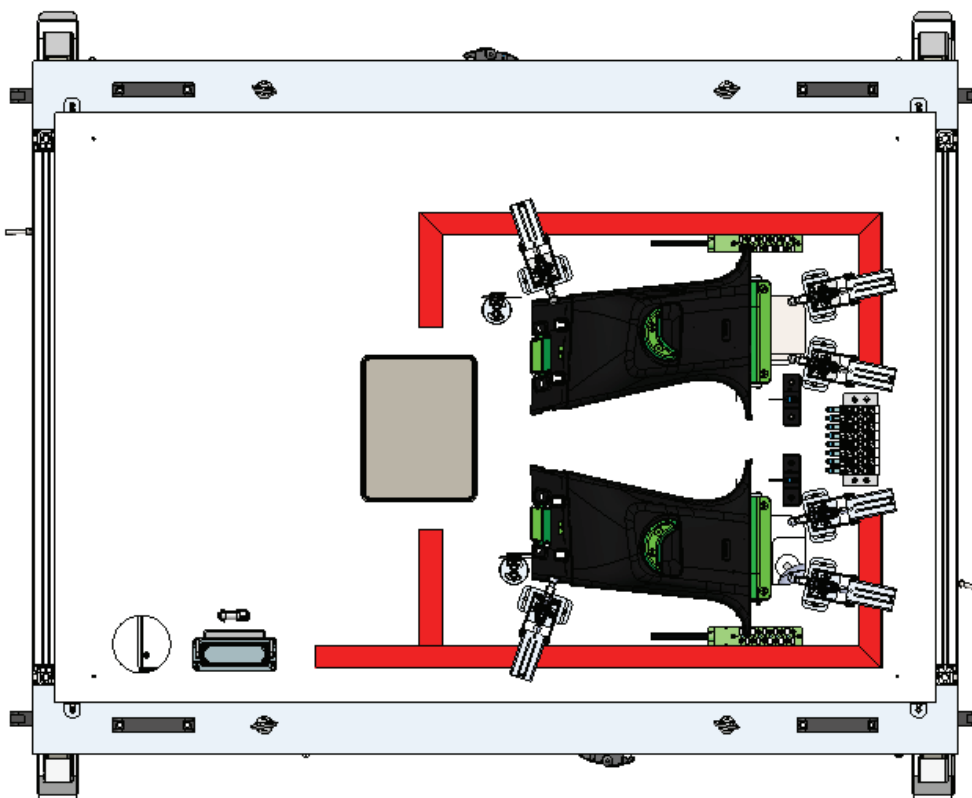


Figura 64 - Configuração das calhas na base

3.4.4.9 Fichas de sinais

Tendo em conta que todos os sensores utilizados neste projeto são de três fios, houve a possibilidade de utilizar fichas de sinais que reduzem o número de fios que existem na caixa de interface, dado que unem a alimentação de todos os sensores, reduzindo o número de fios que têm de ser ligados na caixa de interface.

Por questões de organização, foi decidido que deveria haver duas fichas de sinais, uma por peça. Em cada ficha, seriam ligados os sinais necessários para cada peça. Na Figura 65, é possível ver o conjunto.

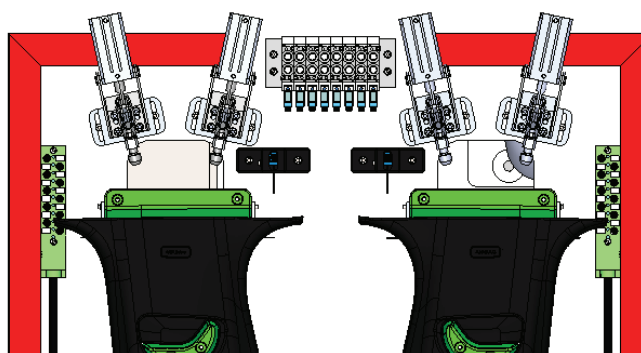


Figura 65 - Fichas de sinais.

3.4.4.10 Ninhos

Os ninhos são os blocos onde as peças da última injeção, vão assentar na base. Estes blocos foram projetados pela equipa de projeto da Simoldes. A principal preocupação com este elemento do projeto, foi a de garantir melhor localização e orientação dos blocos para facilitar o ciclo do robô de três eixos. Para isso, foi realizada uma ficha com uma série de especificações, às quais os ninhos tinham de obedecer para a realização do projeto.

Tabela 20 - Lista de requisitos enviados ao fornecedor dos ninhos

Requisitos
A peça, quando calcada, não permite qualquer deslocamento.
Os locais de inserção dos <i>clips</i> , têm de ter uma cavidade própria, de modo que estas zonas não tenham qualquer grau de liberdade.
O material em que forem produzidos os ninhos, não pode danificar a peça.

A fixação dos ninhos deve ser realizada a partir de parafusos M5, e deve haver caixas para os embutir.

A zona de inserção dos *clips* deve ter uma zona que permita a fixação de um sensor para verificar a inserção do *clip*.

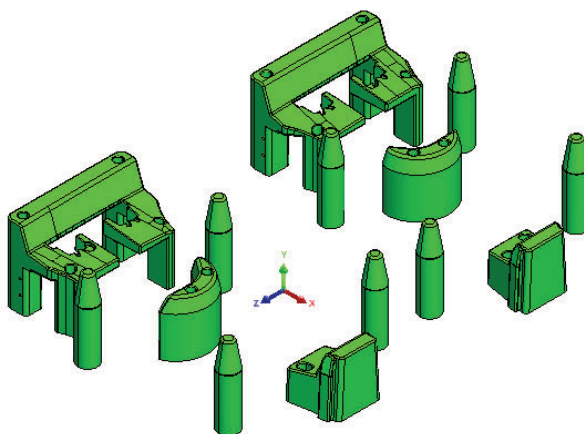


Figura 66 - Ninhos

Quantas mais rotações o robô de três eixos tiver de fazer, maior o seu tempo de ciclo. Daí que as peças devam assentar na base, e, se possível, na mesma orientação que saem do molde. Porém, neste caso específico, seria impossível, pois as peças saem do molde num plano vertical, como é possível ver na Figura 67.

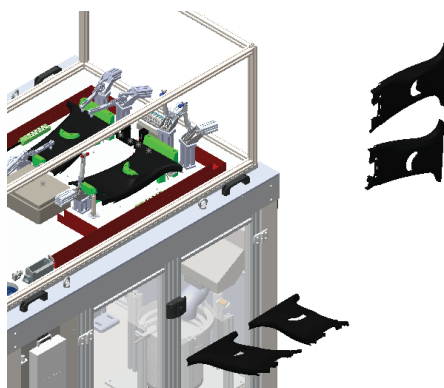


Figura 67 - Esquema da deslocação das peças no ciclo

Sendo que as peças saem do molde numa posição vertical, é obrigatório que ocorra no mínimo uma rotação da Mão Presa antes de largar as peças nos ninhos. Assim, tendo em conta que a célula ficará numa posição perpendicular ao tapete, foi decidido que as peças assentariam na base, na mesma posição que saem do molde, mas rodadas para a horizontal.



Figura 68 - Ninhos posicionados na base

Outra preocupação que foi necessário ter em conta, foi o eixo Y do robô de três eixos. O eixo Y do robô utilizado nesta linha de produção era de apenas 900 mm, portanto, a localização dos ninhos é sempre mais favorável quanto mais perto do tapete estiver. Assim, os ninhos foram desviados para uma zona mais lateral da célula, não ficando centrados em relação à célula, como é possível ver na Figura 69.

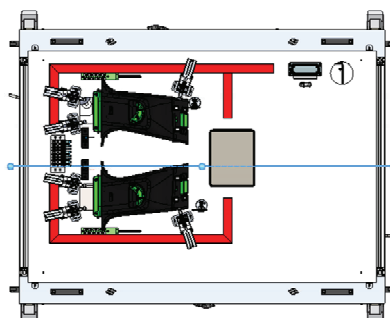
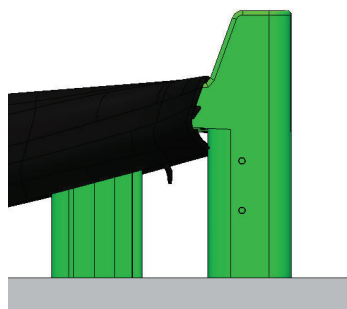


Figura 69 - Desvio dos ninhos para a extremidade

Os ninhos têm uma cavidade que aloja os porta-*clips* das peças. Assim, o local onde os *clips* serão inseridos fica coberto pelas extremidades da peça, como é possível ver na Figura 70.

Figura 70 - Descrição da localização dos porta-*clips*

Fazer a deteção do *clip* em outro local não era fiável, pois a deteção deve ser feita na direção perpendicular à inserção. Portanto, fez-se dois furos roscados nos suportes dos ninhos, para conseguir embutir-se um suporte que permita colocar ali o sensor, como é possível ver na Figura 71.

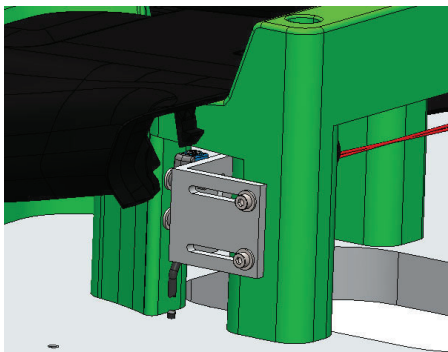


Figura 71 - Sensor embutido no ninho

Por vezes, quando as peças assentam nos ninhos com alguma área estética, há a necessidade de que os ninhos tenham algum tratamento superficial, de modo a não ferir as peças. No entanto, neste projeto isso não acontecia. As superfícies que assentavam nos ninhos eram apenas área técnica, portanto, os ninhos foram produzidos apenas em Alumínio e foram posteriormente anodizados.

3.4.4.11 Sistema de calcamento

Quando a peça cai nos ninhos e é detetada pelos sensores, existe um grupo de pneumáticos que recebe a ordem de avanço para fixar a peça. Os pneumáticos utilizados neste projeto são os demonstrados na Figura 72. Estes pneumáticos simbolizam um grande reaproveitamento de material existente.

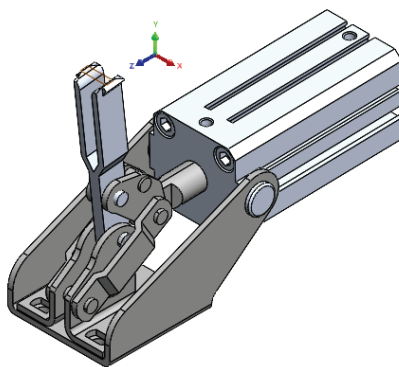


Figura 72 - Grampo pneumático

Os ninhos, devido ao modo como foram executados, tornou necessário que estes pneumáticos ficassem fixos num plano mais alto que o das peças. Para isso, foram executadas umas bases que possibilitariam a fixação do pneumático num perfil. Esse perfil seria acoplado a uma base com fixação ajustável, tornando possível regular a altura do grampo a partir do comprimento do perfil. Na Figura 73, é possível ver o conjunto.

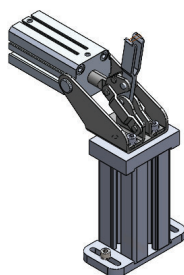


Figura 73 – Suporte do grampo pneumático

Foi ainda necessário executar uma haste para aumentar o alcance do pneumático. Na Figura 74, é possível ver o conjunto completo.

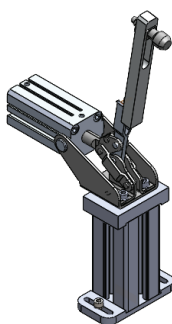


Figura 74 - Calcador

Os definição dos pontos onde a peça seria calcada eram objeto de grande importância. Nos momentos em que o robô realiza a manobra de inserção, a ponta do *gripper* do robô faz sempre alguma força na peça, mas esta não pode mexer. Daí, ser obrigatório calcar a peça nas zonas em que houver algum *clip*, definindo-se assim no mínimo dois pontos de calcamento, correspondentes à localização dos porta-*clips*, Figura 75.

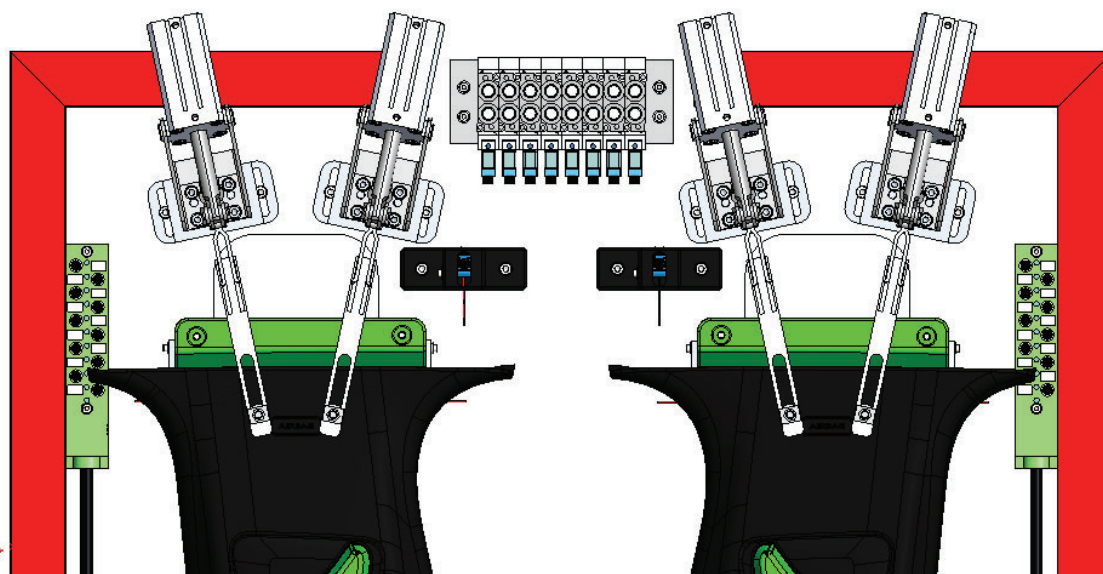


Figura 75 – Sistema de calcamento principal

Neste caso, no entanto, foi definido um terceiro ponto, de modo a equilibrar as forças que ocorrem na extremidade oposta da peça, em relação aos outros dois.

Aproveitou-se este ponto também para se realizar o pico de passagem da peça. Assim, fez-se um furo roscado no ninho onde ficou alojado um perno com a ponta afiada, como é demonstrado na Figura 76.

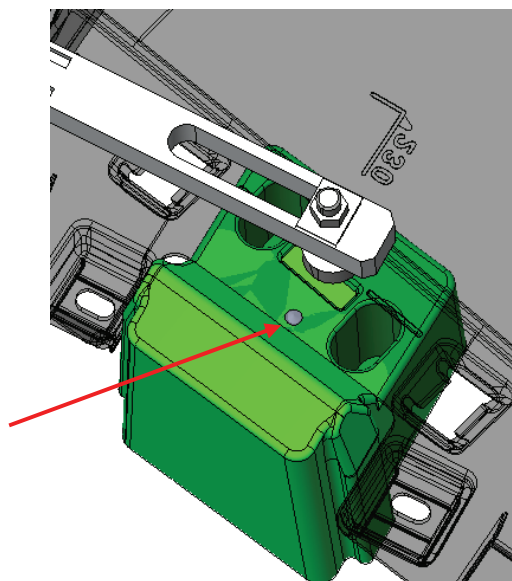


Figura 76 - Pico de passagem

3.4.4.12 Pico OK

No final do ciclo de inserção do robô, se tudo estiver conforme os critérios de qualidade, a peça é picada num sítio específico, cuja localização, ao contrário do pico de passagem, tem de ser estudada antes de definida.

No local onde for definido o pico de validação, deve ser marcado um hexágono, e, para isso, é necessário puncionar o molde na zona onde for executada a picagem. Nem todas as partes do molde permitem a fácil execução desta marcação. As zonas que envolvam movimentos de algum bloco no molde, não são favoráveis para essa marcação. Assim, em conjunto com a equipa de moldes da INPLAS, foi definida a localização desta marcação. Na Figura 77, realçada a vermelho, é possível ver a localização que foi definida.

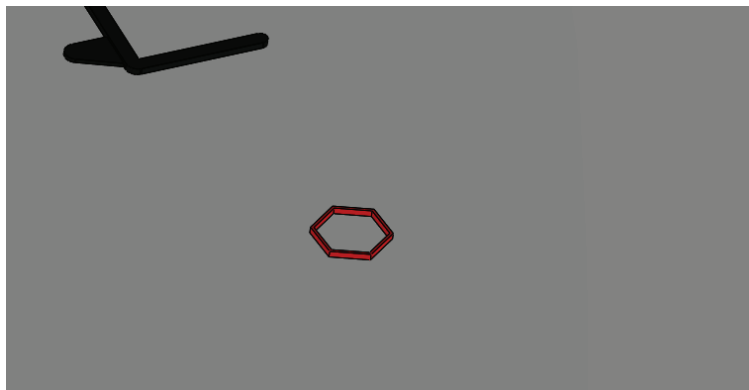


Figura 77 - Localização do Pico OK (realçado a vermelho)

Para realizar o pico OK, foi utilizado um pneumático de pequenas dimensões e feito um suporte para garantir a sua fixação. Na Figura 78, é possível ver o conjunto.

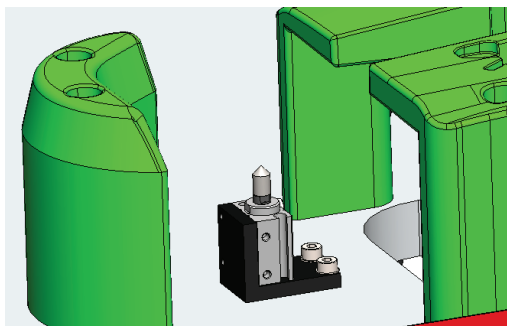


Figura 78 - Pneumático para realizar o pico OK

3.4.4.13 Sistema Pneumático

Na base, existem vários elementos controlados por ar, aos quais se associa um sistema que permita a sua alimentação. Deste modo, na conexão da base com a célula, deve existir uma ligação rápida que permita a alimentação do bloco de válvulas que controla todo o sistema pneumático.

Existe uma ligação rápida na entrada da base, como se verifica na Figura 79, que leva ar comprimido para alimentar o bloco de válvulas que se localiza na parte de trás dos ninhos, como é demonstrado na Figura 80.

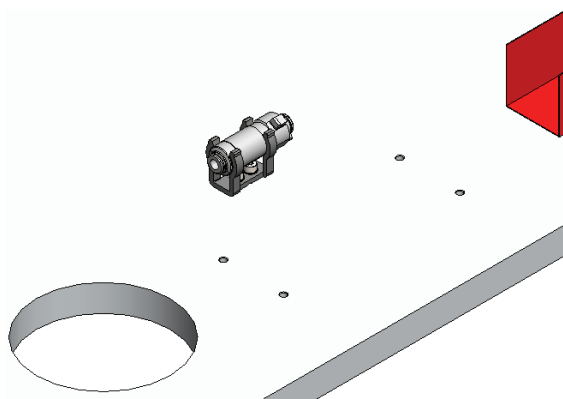


Figura 79 -Ligação rápida de Alimentação Pneumática

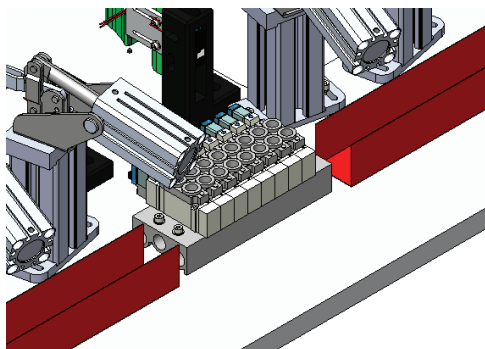


Figura 80 - Bloco de Válvulas da base

3.4.4.14 Suportes dos Sensores

Tendo em conta as localizações em que era necessário aplicar os sensores, foi necessário executar suportes que se adequassem às necessidades existentes.

3.4.4.14.1 Sensor de ‘incompleto’

O ‘incompleto’, é um defeito que origina peças defeituosas. Diz-se que uma peça está incompleta, quando o processo de injeção não aconteceu da forma correta, e a peça não chegou à forma final. Este defeito pode ser controlado utilizando sensores de deteção fina.

Para colmatar esta situação, foi preciso escolher um suporte que permitisse algum jogo sobre o posicionamento do sensor. Na Figura 81, é possível ver o suporte e o sensor utilizados.

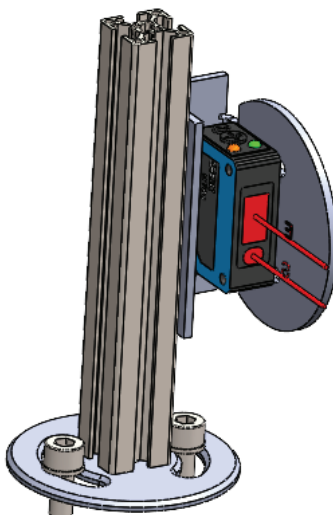


Figura 81 - Suporte do sensor de ‘incompletos’

3.4.4.14.2 Sensor de presença de peça

Quando a peça cai no ninho, tem de ser detetada a sua presença. Para isso, utiliza-se um sensor cujo campo de deteção é maior, pois a posição em que a peça cai no ninho pode não ser sempre exatamente a mesma. O suporte utilizado para este sensor pode ser visto na Figura 82.

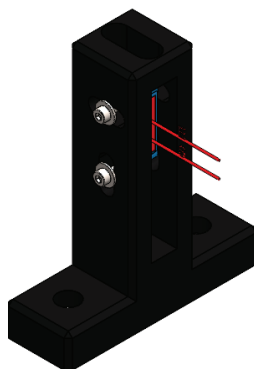


Figura 82 - Suporte do sensor de presença de peça

3.4.4.14.3 Sensor de Presença de *clip*

O sensor de presença de *clip* deste projeto, teve de ser desenhado especificamente para o efeito. Como foi dito anteriormente, o sensor de presença de *clip*, teria de ficar embutido nos ninhos. Por isso, foi desenhado um suporte específico, com vista a permitir a existência de jogo no posicionamento do sensor. Na Figura 83, pode-se ver o conjunto do sensor com o suporte.

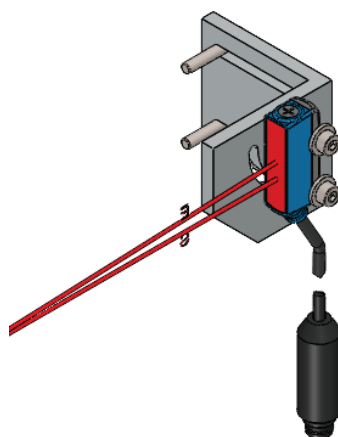


Figura 83 - Conjunto do suporte do sensor de presença de clip

Na Figura 84, é possível ver com mais detalhe o suporte desenhado. Este suporte, devido às suas pequenas dimensões, permitia ficar embutido nos ninhos e ainda permitia haver algum jogo em relação à direção do feixe do sensor.

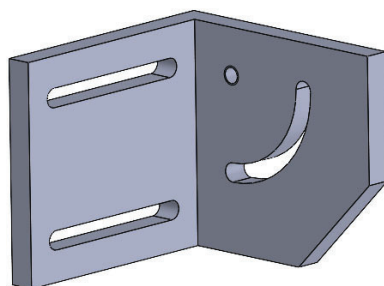


Figura 84 - Suporte do sensor de presença de *clip*

3.4.4.15 Sistema de controlo de versão

O sistema de controlo de versão utilizado neste projeto, é o mesmo que antes era utilizado no equipamento periférico.

O sistema de controlo de versão estava instalado, anteriormente, debaixo dos ninhos onde o operador colocava a peça. No momento em que o operador colocasse a peça no equipamento, a versão era validada.

Neste projeto, era necessário que a câmara estivesse também próxima dos ninhos da peça, e obrigatoriamente próximas do local em que faz a verificação da versão. Assim, foi executado um suporte que permitia ter a câmara próxima do local de verificação de versão, Figura 85.

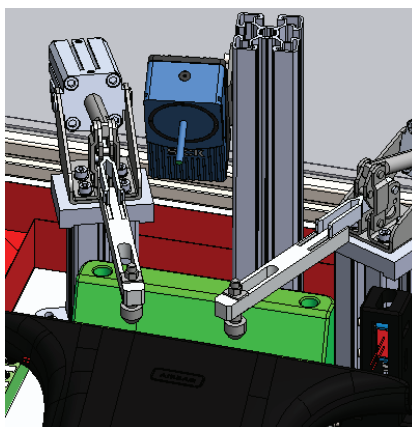


Figura 85 - Sistema de visão

3.5 Automação

3.5.1 Definição do ciclo

O objetivo principal do robô é realizar a tarefa de inserção dos *clips* na peça, e, para isso, foi preciso definir as várias tarefas que o robô precisaria de executar para as realizar.

O ciclo, como se pode ver na Figura 86, inicia-se quando lhe for dada a ordem de *start*. Quando o *start* é acionado, o robô tem de verificar qual é a base que está acoplada na célula (como já referido anteriormente, uma célula tem de ter a possibilidade de trabalhar com várias bases) e, se for a base correspondente ao molde que está a trabalhar naquele momento, o robô avança para a rotina de trabalho dessa base.

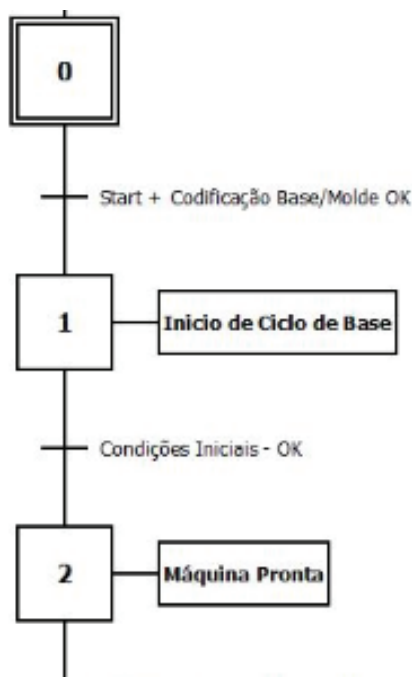


Figura 86 - Início do ciclo do robô

A primeira tarefa que o robô tem de executar, é a limpeza das ponteiros do *gripper*. Caso o robô não a fizesse, poderia haver o risco de colisões. Ou seja, o robot tem de garantir as condições iniciais de modo a poder começar o trabalho.

Assim que for garantida a condição de que o *gripper* não tem *clips* nas ponteiros, o robô realiza a manobra de alimentação de cada ponteira, e, estando o *gripper* pronto a inserir *clips*, o robô fica à espera de que lhe seja dada a ordem de iniciar a manobra de inserção. Quando o robô está neste estado, emite o sinal de Máquina Pronta para o robô de três eixos, que lhe dá a informação de que a célula está pronta a receber peças. Na Tabela 21, é possível ver as condições necessárias para que haja o sinal de Máquina Pronta.

Tabela 21 - Condições do estado de Máquina Pronta

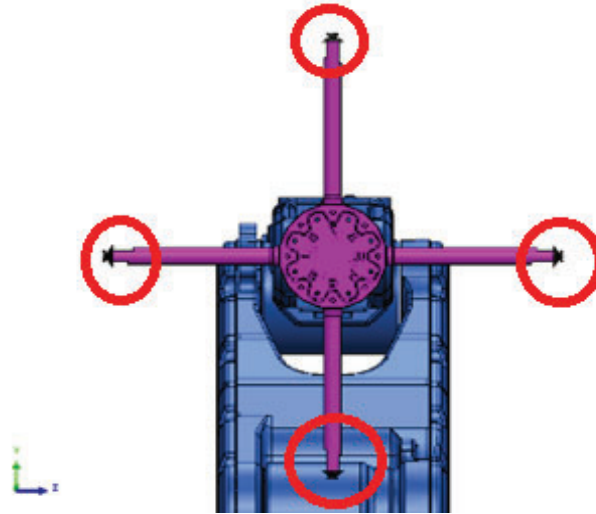


Figura 87 - gripper carregado

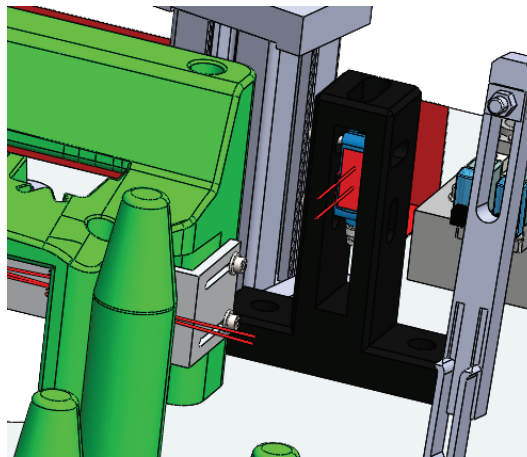


Figura 88 - Sensor de Presença de peça a OFF

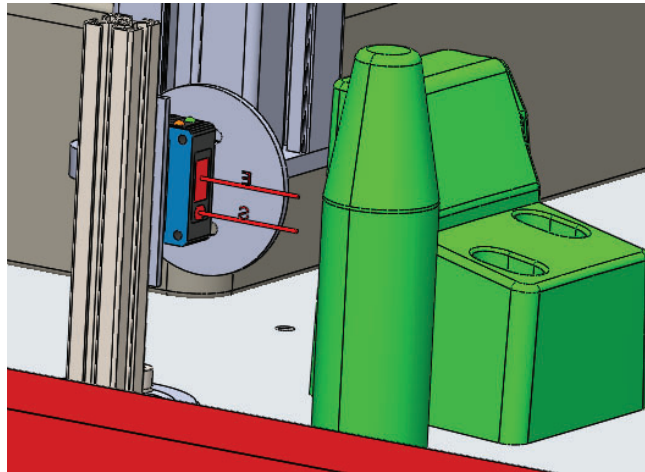


Figura 89 – Sensor de 'incompleto' a OFF

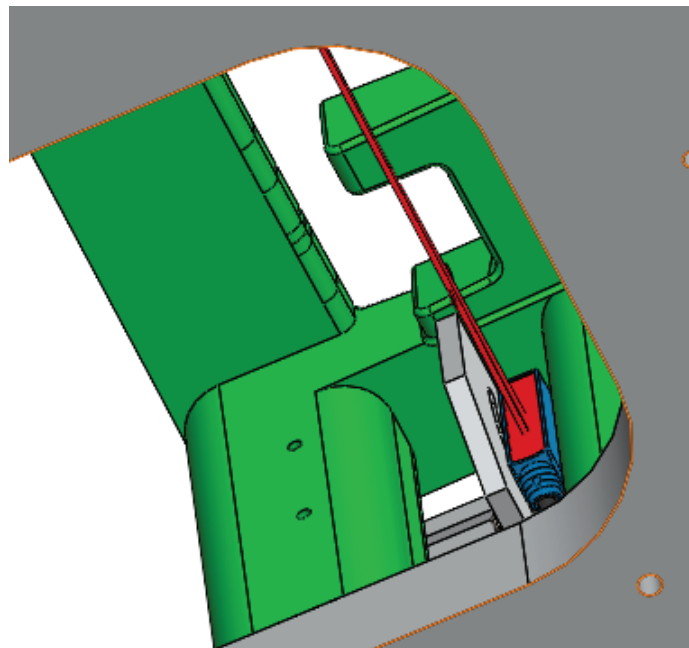


Figura 90 – Sensor de presença de clip a OFF

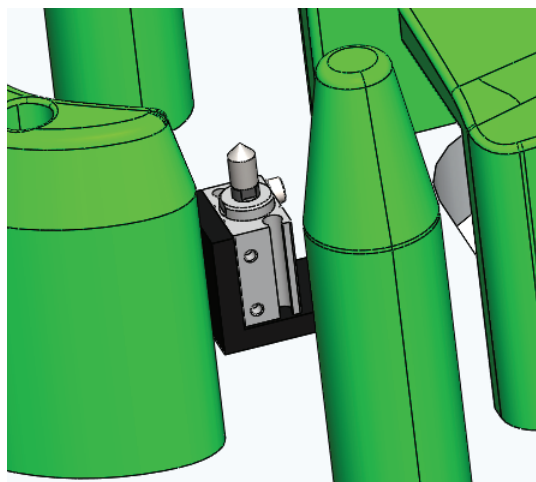


Figura 91 – Pico OK recuado

Estando o sinal de Máquina Pronta a ON, o robô de três eixos recebe permissão para largar a peça da última injeção na base. No momento em que a peça cai nos ninhos, os sensores de presença de peça ficam ativos e a peça é calcada, Figura 92.

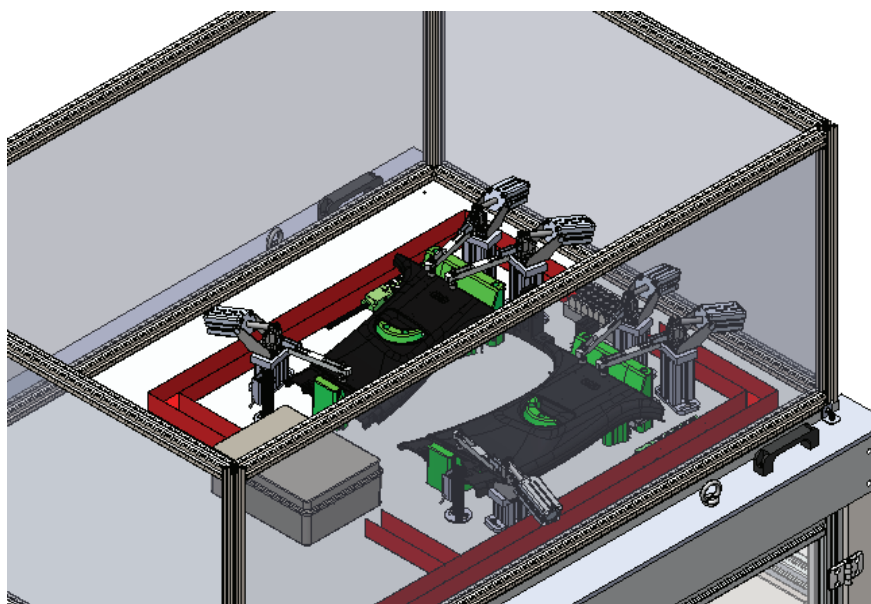


Figura 92 - Fecho dos calcadores

Tendo a peça calcada, é feito um primeiro varrimento do estado dos sensores e, simultaneamente, a verificação de que a peça corresponde à versão correta. Neste momento, o robô verifica se as peças estão incompletas, se têm *clips* já inseridos, e se a versão (com ou sem *Air Bag*) que está a ser produzida, condiz com a da ordem de produção. Se alguma destas condições não for respeitada, Figura 93 e Figura 94, o robô emite o sinal de fim de ciclo, e as duas peças são rejeitadas.

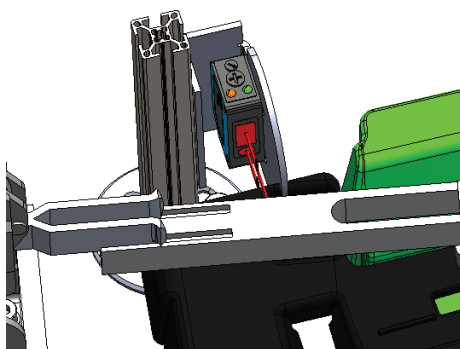


Figura 93 - Detecção de 'incompletos'

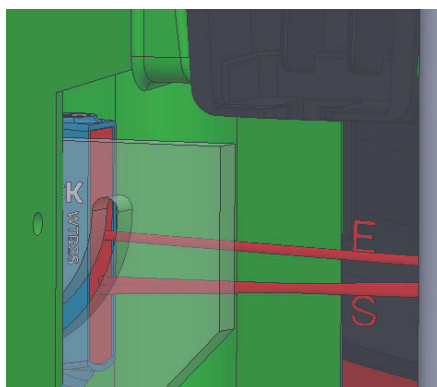


Figura 94 - Verificação de ausência de Clip

No caso de todas as condições estarem OK, o robô inicia a inserção, Figura 95.

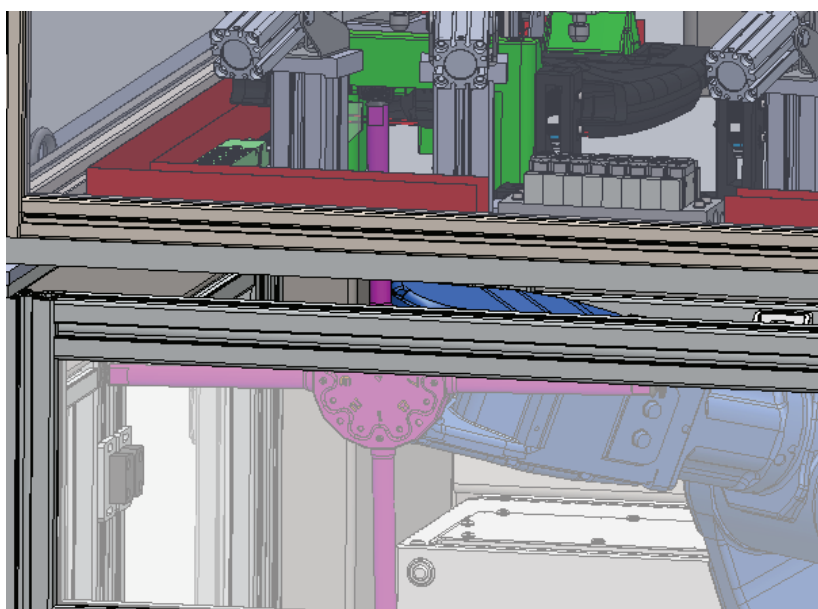


Figura 95 - Ciclo de Inserção

Para o robô iniciar a manobra de inserção, há várias condições que têm de estar garantidas. Na Tabela 22, é possível ver quais as condições que são necessárias para o robô iniciar o ciclo de inserção.

Tabela 22 - Condições para início do ciclo de Inserção

Condições para início do ciclo de inserção

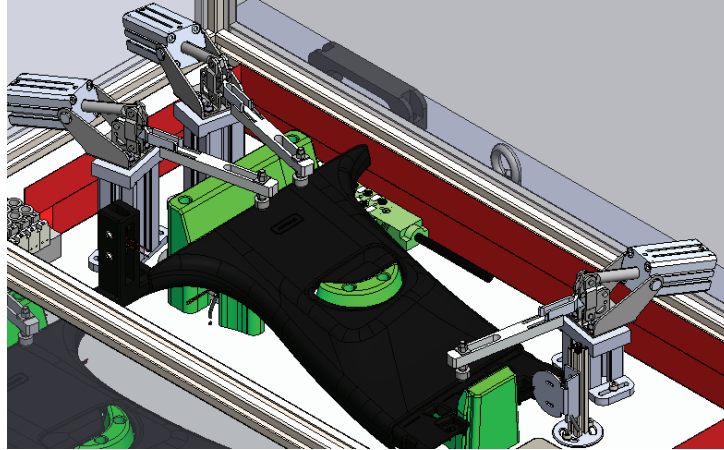


Figura 96 - Calçadores avançados

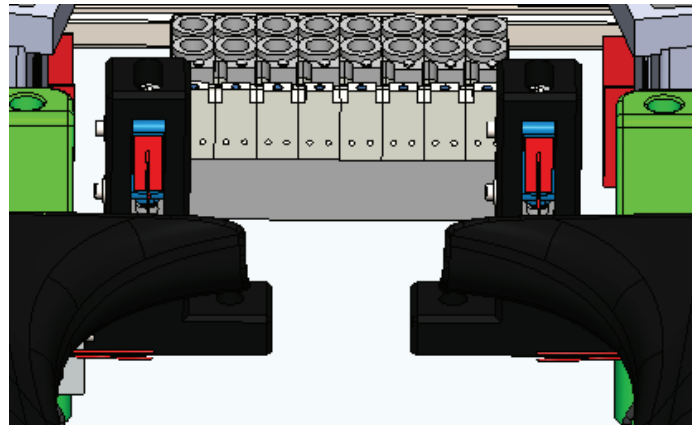


Figura 97 - Sensores de presença de peça a ON

Sensor de 'Incompleto' a ON

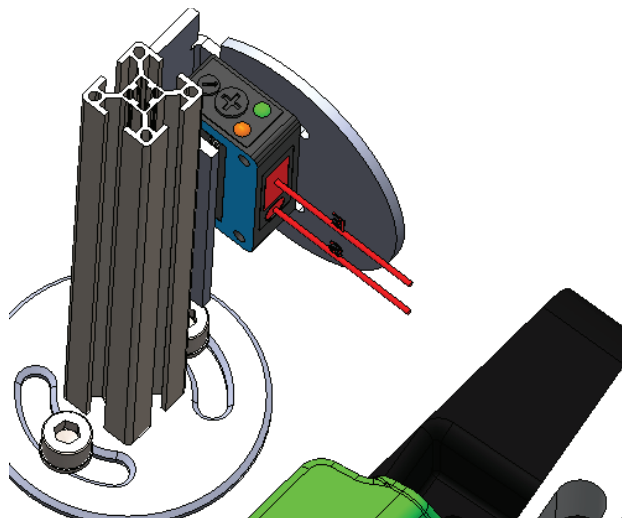


Figura 98 - Sensor de 'Incompleto' ON

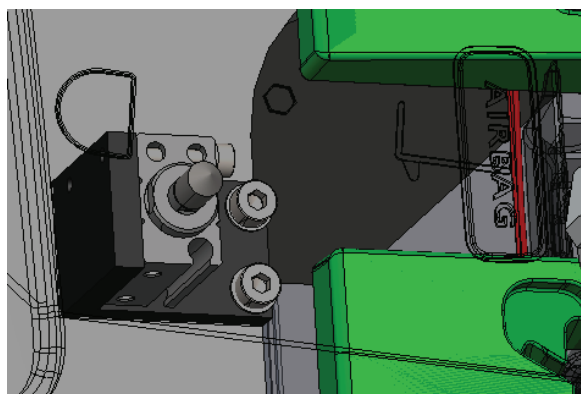


Figura 99 - Pico OK recuado

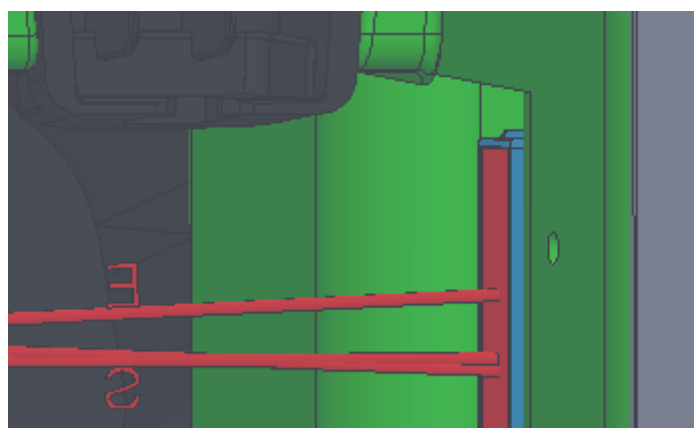


Figura 100 - Sensores de presença de clip a OFF

Quando o robô termina a manobra de inserção, é realizada uma verificação do estado individual dos sensores de presença de *clip* e, caso estejam todos a ON, é emitido um sinal que dá a informação ao robô de 3 eixos que as peças estão OK (Figura 104). Se as peças não estiverem OK, esse sinal não é dado. Posteriormente, o robô emite o sinal de fim de ciclo.



Figura 101 - Conjunto de peças OK

Tendo o sinal de fim de ciclo ON, o robô de três eixos retira as peças da base da célula e, mediante o estado anterior dos sinais de peça OK, realiza a manobra de debitar as peças no tapete ou, em caso de ausência do sinal de peça OK (portanto, só existe a ordem de fim de ciclo), o robô rejeita as peças.

No momento em que o sinal de presença de peça cai, os sinais de Peça OK e fim de ciclo caem também, e o ciclo inicia-se novamente.

No Anexo 6.1 é possível ver o *grafcet* do ciclo geral.

3.5.2 Ciclo de alimentação

O ciclo de alimentação do robô tem como principal objetivo realizar a preparação do *gripper* para permitir o progresso do ciclo. A alimentação tem associada a si o ciclo de rejeição. Estes dois ciclos funcionam em paralelo, e trabalham em conjunto para garantir o devido carregamento do *gripper*. O robô executa sempre o ciclo de alimentação, antes de realizar uma inserção. A manobra de carregamento das quatro ponteiros é igual. O robô aproxima a ponteira da calha de captura, e verifica o estado de um primeiro sensor que se encontre acima da zona de captura do *clip*. Este sensor verifica o estado da ponteira. Caso a ponteira esteja limpa, o robô executa a manobra de captura de *clip* quando um segundo sensor, que verifica a existência de *clip* na calha estiver ativo. Após a captura, o *gripper* volta ao nível anterior e verifica a correta captura do *clip*.

Caso algum destes processos falhe, o robô dirige-se ao posto de rejeição e limpa a ponteira. Se, no ciclo anterior, tiver acontecido alguma das peças estar NOK devido à falha de inserção de algum *clip*, o robô executa a limpeza da respectiva ponteira.

No Anexo 6.1 é possível ver o *grafcet* do ciclo geral.

Além dos sensores que regulam o ciclo do robô, existem mais dois que verificam o estado do alimentador e, mediante estes, ativam-se determinados sinais que alertam o operador para o caso de o trabalho da célula ficar comprometido devido ao alimentador.

Estes sensores detetam o estado da calha do alimentador, e outro deteta o estado da panela. Se a calha estiver vazia durante um determinado tempo, o alimentador emite um alarme, pois pode significar que o alimentador encravou. Para esta situação, é utilizado um sensor *Sick GTB6*. O outro sensor verifica o estado da panela e, caso este sensor também fique ativo por um determinado tempo, é emitido outro alarme que alerta o operador para abastecer *clips* ao alimentador.

3.5.3 Sinalizadores do ciclo

A célula tem dois *banners*, Figura 102, um para alertar o operador do estado da máquina, e outro para o estado do alimentador. Mediante o estado de cada um destes sistemas, esses *banners* tornam fácil de entender, ao operador, o estado do trabalho da célula.

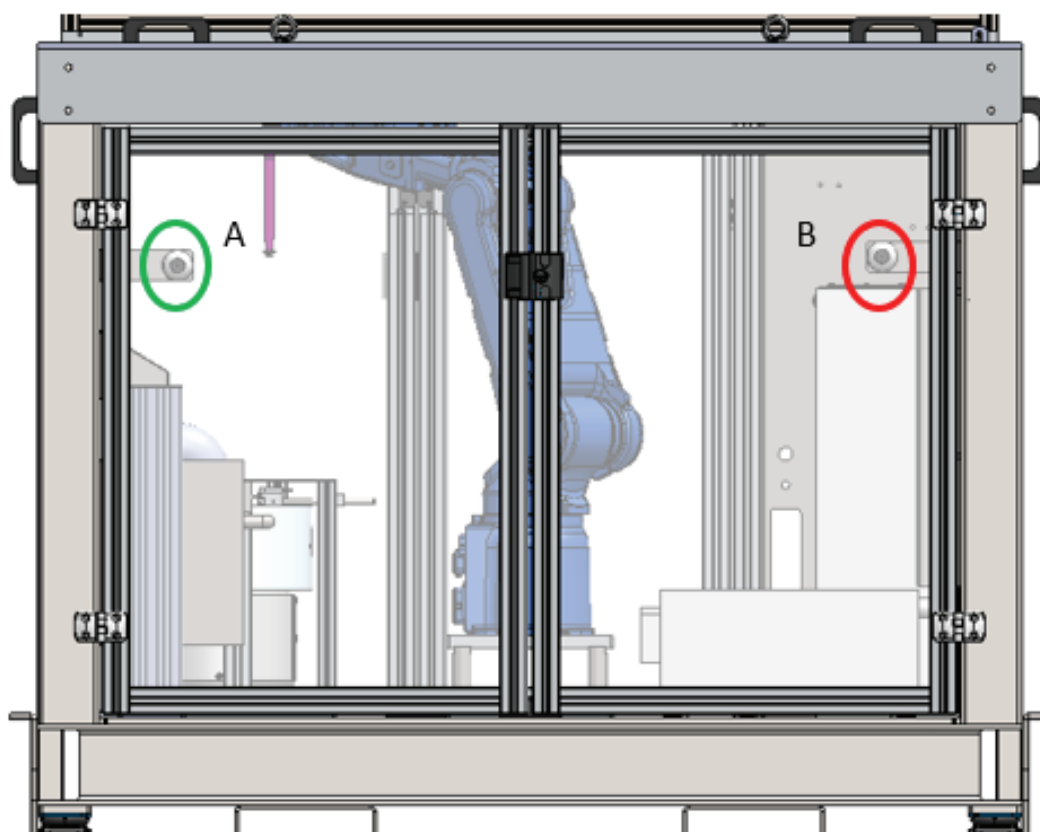
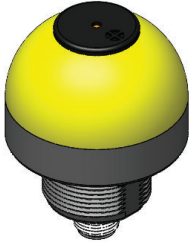
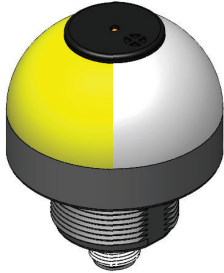


Figura 102 - A-Banner do alimentador, e B- Banner da célula

Tabela 23 - Estados do *Banners* da célula

Estado	Significado
 A image of a spherical banner with a yellow upper half and a black lower half, mounted on a threaded base.	Máquina Pronta
Figura 103 - <i>Banner</i> da célula a amarelo fixo	
 A image of a spherical banner with a yellow left half and a white right half, mounted on a threaded base.	Ciclo de Inserção
Figura 104 - <i>Banner</i> amarelo intermitente	



Peça OK

Figura 105 – *Banner* da célula a verde fixo



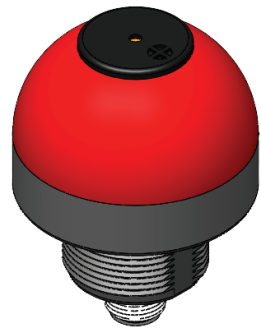
Peça NOK

Figura 106 – *Banner* da célula a vermelho fixo

Como se pode ver na Tabela 23, mediante a cor do *banner* da célula, o operador recebe um alerta diferente, assim como no caso do alimentador, em que podemos ver os respetivos estados na Tabela 24

Tabela 24 - Estados do *Banner* do alimentadorEstado do *Banner* do Alimentador

Falta de molas

Figura 107 – *Banner* do alimentador a vermelho intermitente

Alimentador Encravado

Figura 108 - *Banner* do alimentador a vermelho fixo

3.5.4 Definição de entradas e saídas

Com o ciclo definido, foi necessário listar as entradas e saídas necessárias contabilizar. As quantidades de IN's e OUT's disponíveis estavam limitadas às cartas existentes já na célula, de acordo com o objetivo de reutilizar o máximo de material possível, atendendo a que o projeto foi desenvolvido de acordo com essa limitação.

No robô já existiam quatro cartas de entradas e saídas, duas cartas da mesma marca que o robô (*Yaskawa*), as da esquerda na Figura 109, e outras duas da MURR, as da direita na Figura 109.

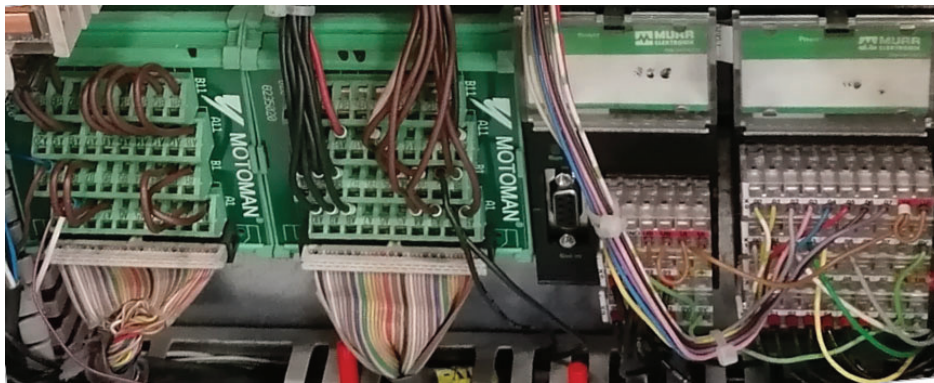





Figura 109 - Cartas de entradas e saídas da célula

Na Tabela 25, é possível ver as características principais de cada uma das cartas existentes.

Tabela 25 - Cartas de entradas e saídas disponíveis

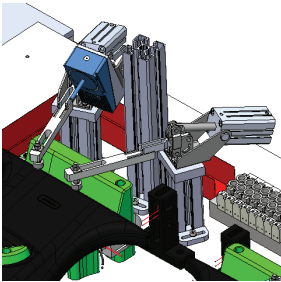
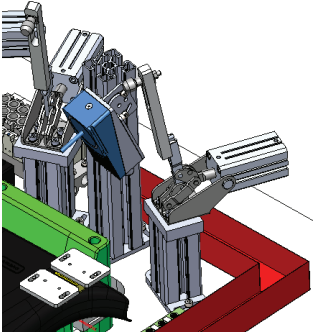
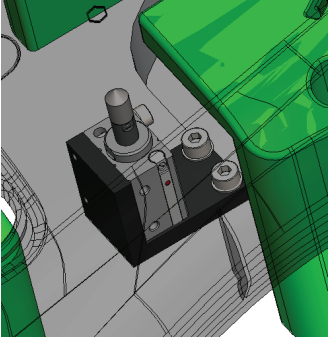
Carta	Capacidade
	Seguranças
	<ul style="list-style-type: none">• 8 IN's• 8 OUT's
	<ul style="list-style-type: none">• 8 IN's
	<ul style="list-style-type: none">• 16 IN's• 16 OUT's

No total, havia, portanto, trinta e duas entradas e vinte e quatro saídas disponíveis. A listagem de entradas e saídas necessárias foi realizada mediante o sistema a que estas estavam associadas, nomeadamente, as seguranças, o sistema de alimentação, a base e as sinalizações existentes.

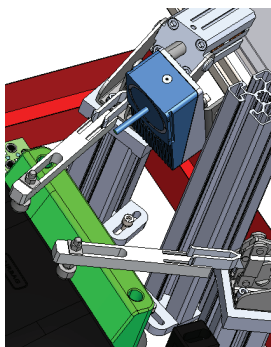
3.5.4.1 Entradas e saídas da base

Na Tabela 26 estão apresentadas as entradas necessárias de contabilizar, relativamente à base.

Tabela 26 - Listagem de entradas associadas à base

Entradas	Descrição	Sensor utilizado
Calcadores avançados	 <p>Figura 114 - Calcadores avançados</p>	Sensor Magnético Metal Work
Calcadores recuados	 <p>Figura 115 - Calcadores recuados</p>	
Pico OK direito avançado	 <p>Figura 116 - Pico OK avançado</p>	Sensor Magnético SMC
Pico OK esquerdo avançado		

Versão 1 OK

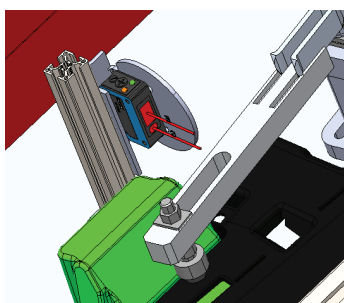


Câmara SICK

Versão 2 OK

Figura 117 - Verificação de versão

Incompleto direito



SICK WTB8L

Incompleto esquerdo

Figura 118 - Sensor de 'incompleto'

Câmara avançada

Reservou-se duas entradas para o caso de ser necessário implementar movimento nas câmaras.

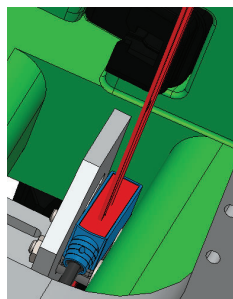
Câmara recuada

Presença de clip 1

Presença de clip 2

Presença de clip 3

Presença de clip 4



SICK WTB2S

Figura 119 - Detecção de presença de clip

Codificação

Reservaram-se duas entradas para o caso de no futuro ser necessário implementar outra base na célula.

Codificação

Reserva

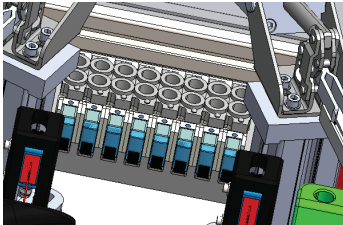
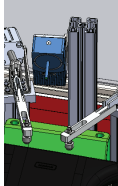
Reservaram-se duas entradas para o caso de no futuro ser necessário implementar outra base na célula.

Reserva

Assim, associadas à base, havia um total de vinte entradas, contabilizando com as reservas. A grande maioria destas eram associadas a sensores individuais. No caso dos sinais associados aos calcadores, foi necessário executar a série dos sensores de avanço e de recuo, de modo a obter os respetivos sinais. A possibilidade de usar todos os calcadores como sinais associados a entradas individuais era impraticável, pois implicaria o uso de doze entradas em vez de apenas duas. Estas ligações em série foram todas executadas nos bornes da caixa de Interface, como se pode ver no Anexo 6.2.

Na base, existem várias saídas relacionadas com a sua função. Existem saídas para controlar as válvulas que comandam os calcadores, os avanços dos Picos OK das peças, e o sistema de visão. Numa fase inicial do projeto, havia a dúvida se o sistema de visão necessitaria ou não de ter movimento associado. A câmara utilizada poderia não conseguir fazer uma leitura fiável. Por isso, as saídas associadas à base que foram planeadas, contam com a possibilidade de haver um pneumático a aproximar a câmara da peça. Na Tabela 27 é possível ver quais foram as saídas definidas para a base.

Tabela 27 - Saídas da base

Saída	Descrição	Componente associado
Avanço dos calcadores	 <p>Figura 120 – Válvula de Controlo dos sistemas Pneumáticos</p>	Válvula 3/2 SMC
Recuo dos calcadores		
Pico OK direito		
Pico OK esquerdo		
Pneumático da câmara		
Selecionar programa 1	 <p>Figura 121 - Sistema de Visão</p>	Câmara SICK
Selecionar programa 2		
Gatilho		
RESERVA	Assim como nas entradas, foi optado por reservar duas saídas para futuras necessidades.	
RESERVA		

Inicialmente, foi pensado colocar-se uma válvula de 5/2 associada ao controlo dos calcadores, pois isso permitia manter o estado dos calcadores no caso de haver alguma falha. Daí, usar-se saídas distintas para o avanço e recuo. No entanto, com o avanço do projeto, essa hipótese foi abandonada.

3.5.4.2 Sistema de alimentação

Na Tabela 28 é possível ver quais foram as entradas associadas ao sistema de alimentação.

Tabela 28 - Listagem de entradas associadas ao sistema de alimentação

Entrada	Descrição	Componente Associado
Sensor de <i>Clip</i> na posição de captura	Verificação da existência de <i>clip</i> na posição de captura.	
Sensor de presença de <i>Clip</i> no <i>gripper</i>	Verificação se o <i>gripper</i> tem <i>clip</i> antes e após a captura.	SICK GTB6
Sensor de Calha cheia	Verificação se existem <i>clips</i> para o robô de captura.	
Sensor de calha cheio	Verificação se existem <i>clips</i> na calha para abastecer o robô	Sensor Indutivo

Associado ao sistema de alimentação, apenas foi necessária uma saída que realizava o controlo de ligar e desligar o alimentador.

3.5.4.3 Seguranças e Sinalizações

Na Tabela 29 é possível ver as saídas associadas à sinalizações.

Tabela 29 - Saídas Associadas às Seguranças e Sinalizações

Saída	Descrição	Componente Associado
<i>Banner</i> do alimentador a amarelo	Inicialmente foi pensado em utilizar-se a cor amarela no <i>banner</i> , mas no final apenas se utilizou o vermelho.	
<i>Banner</i> do alimentador a vermelho	Vermelho Fixo - Alimentador encravado, Vermelho Intermitente – Falha de abastecimento de <i>clips</i>	SICK GTB6
<i>Banner</i> da célula a verde	Peça OK	
<i>Banner</i> da célula amarelo	Amarelo Fixo - Máquina Pronta Amarelo Intermitente – Robô em inserção	Sensor Indutivo
<i>Banner</i> da célula vermelho	Peça NOK	<i>Banner</i>
Válvula de ar geral	Corta a entrada pneumática da célula	

3.5.5 Comunicação entre equipamentos

A célula faz parte de um sistema complexo, que exige que haja a comunicação entre os vários equipamentos, de modo a concretizar o processo com sucesso.

A célula tem de comunicar com o robô de três eixos, de modo a receber as peças e a validá-las. Para estas ações, existe uma convenção de sinais associados a estas ordens. Todo o projeto foi executado obedecendo a essa convenção.

Sinal	Descrição	Definição
Máquina pronta	Sinal que determina o estado de que a célula está pronta a receber peças.	Saída
Fim de ciclo	Sinal de que permite a retirada das peças da célula	Saída
Peça 1 OK	Peça Direita OK	Saída
Peça 2 OK	Peça Esquerda OK	Saída
Base 1 disponível	Caso a base tenha 2 ninhos, estes sinais informam qual a base que está disponível.	Saída
Base 2 disponível		Saída
Presença de peça com calçadores abertos	Este sinal não foi utilizado neste projeto, mas está implementado na célula, caso seja necessário mais tarde.	Saída
<i>Start</i>	Este sinal dá a ordem de início de ciclo ao robot	Entrada
Robot de três eixos fora de célula	Sinal não utilizado	Entrada
MSB	Codificação do Molde	Entrada

O MSB é utilizado quando a célula é capaz de trabalhar com mais que um molde. Tendo em conta que este projeto foi focado num só molde, não foi utilizado, mas esta entrada foi implementada.

3.5.6 *Ciclo de Inserção*

O ciclo de inserção é a concretização de todo o processo da célula. Antes do robô de três eixos largar a peça na célula, verifica o estado do sinal de Máquina Pronta. Na ausência deste, a peça não pode ser largada na célula.

Quando existem as condições necessárias, o robô de três eixos larga a peça na célula. Num primeiro momento, o robô faz o varrimento do estado dos sensores de 'incompleto' e de presença de *clip*. Se algum deste estiver ON, as peças são imediatamente rejeitadas, e é dada a ordem de fim de ciclo, e assim o robô de três eixos

rejeita as peças. Caso nenhuma destas condições se verifique, o robô avança para o ciclo de inserção.

No final da inserção, o robô volta a verificar o estado dos sensores de *clip*, e caso estejam todos a ON, os sinais de peças OK são ativados, e posteriormente é dado o fim de ciclo. Estes sinais ficam ativos enquanto o sinal de presença de peça estiver a ON. Quando o robô de três eixos tira as peças da base, estes sinais caem e o ciclo reinicia-se.

3.5.7 Montagem da interface da base

Chama-se interface da base à conjugação de todos os sinais relativos à base do equipamento. Como mencionado anteriormente, essa interface é realizada na caixa que existe na base da célula, que leva todos esses sinais para o quadro elétrico por meio de uma ficha *Harting*, conforme indicado na Figura 125.



Figura 122 - Ligação *Harting* da base

Uma ficha *Harting*, resumidamente, é uma forma bastante utilizada na indústria para realizar a condução de sinais entre equipamentos. Numa ficha *Harting*, existem vários terminais que levam os sinais de um lugar para outro. Além do transporte dos sinais entre equipamentos, uma ficha *Harting* tem também de levar a alimentação para os sensores ou relés associados. No caso da base, as ligações foram todas realizadas nos bornes de ligação da caixa de interface, Figura 123. Da caixa de interface sai um cabo, o qual está ligado a um *capot Harting* fêmea, situado na extremidade da base. Do quadro elétrico do robô sai uma ficha *Harting* macho que engata no *capot* da base, fazendo assim a comunicação entre a base e o quadro do controlador do robô.

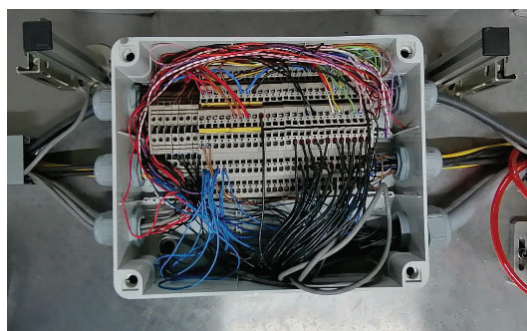


Figura 123 - Montagem da caixa de Interface montada

No quadro elétrico, todos os sinais da ficha *Harting* que fossem associados a entradas foram ligados a bornes, enquanto no caso de o sinal corresponder a uma saída, o terminal da ficha *Harting* estaria ligado a um relé, de forma a proteger a carta associada.



Figura 124 - Quadro Elétrico da célula

No Anexo 6.2 pode-se ver o esquema elétrico realizado.

3.5.8 *Montagem da interface com o robô de três eixos*

Durante o ciclo de trabalho, existem vários momentos em que o robô de três eixos e o robô da célula têm de trocar informações, de modo a garantir o bom funcionamento do ciclo. A interface entre estes dois robôs é diferente da realizada na base. Na base não há comunicação entre dois equipamentos independentes, sendo que no caso da comunicação entre o robô da célula e o robô de três eixos, estes são dois equipamentos independentes, cada um com o seu respetivo controlador.

De modo a permitir a comunicação entre estes dois equipamentos, existe também uma ficha *Harting* que realiza o transporte dos sinais necessários. Tendo em conta que no grupo Simoldes existem várias células, de modo que qualquer célula possa trabalhar em qualquer linha de produção do grupo, existe uma normalização de sinais e ligações para esta interface.

No entanto, enquanto no caso da base apenas era necessário ligar as saídas a relés, com o objetivo de proteger as cartas de saídas de eventuais picos de corrente que pudessem ocorrer. No que diz respeito a esta comunicação entre equipamentos, foi escolhido ligar-se todos os sinais a relés (Figura 128), sejam entradas ou saídas, de modo que fosse possível com uma saída de um robô fornecer uma entrada ao outro, isto, com o objetivo de separar os sinais elétricos de cada equipamento.

No Anexo 6.2, é possível ver o esquema das ligações executadas.

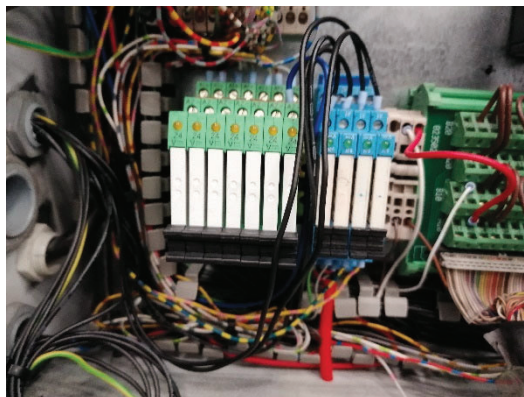


Figura 125 - Relés da interface com o robô de três eixos

3.5.9 *Montagem do quadro elétrico*

A reorganização do quadro elétrico foi uma tarefa que inicialmente não estava planeada ser feita, mas com o desenrolar do projeto, tornou-se obrigatória.

Toda a montagem foi realizada obedecendo ao esquema elétrico realizado. As principais premissas que foram usadas para esta tarefa foram que todas as entradas passassem por bornes antes de ir às cartas, e as saídas passassem por relés. Respeitando estas premissas, consegue-se uma melhor organização e, caso seja necessário, fazer alguma alteração no futuro torna-se mais fácil.

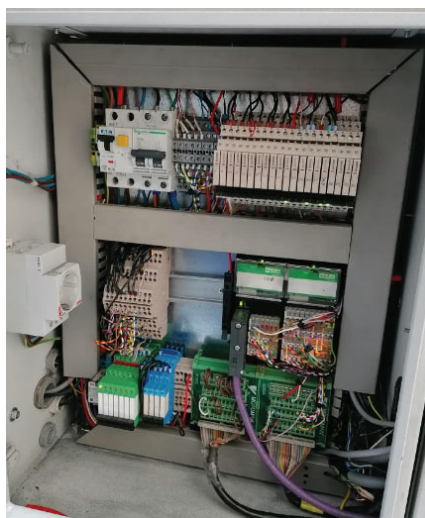


Figura 126 - Montagem do quadro elétrico

3.5.10 *Programação do painel do utilizador*

De modo a facilitar manutenções e controlos do trabalho da máquina, foi parametrizado um painel onde constam vários parâmetros. No primeiro painel, pode-se verificar qual é a versão que está a trabalhar, Figura 127. No segundo painel, pode-se ver o estado dos sinais de comunicação com o robô de três eixos, Figura 128. No último painel (Figura 132) pode-se ver um registo dos somatórios de vários parâmetros controlados pela

célula, relativos ao estado das peças quando é dado o fim de ciclo, peças OK, peças NOK, clips OK, clips NOK, e peças incompletas.

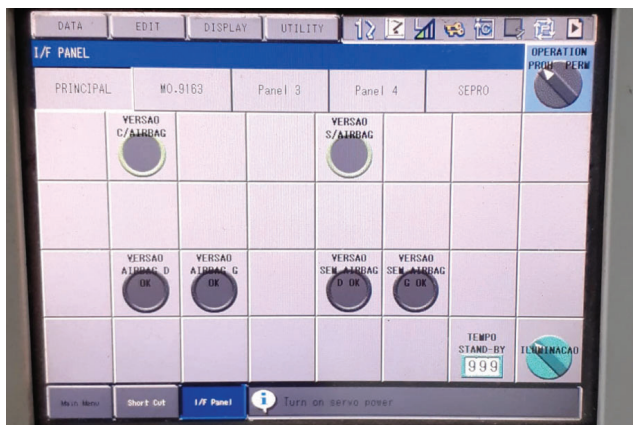


Figura 127 - Painel principal

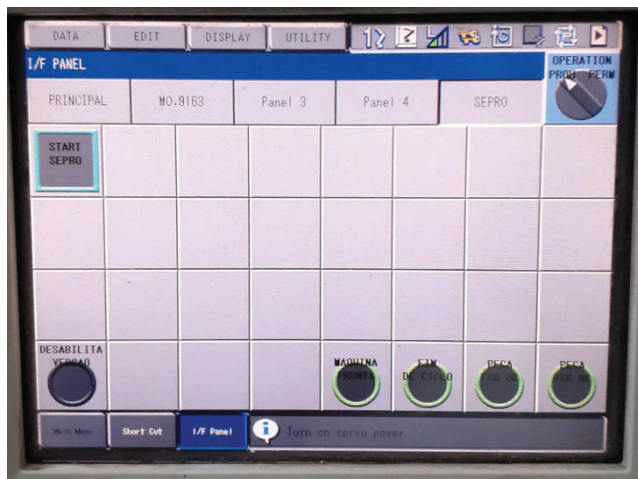


Figura 128 - Painel de comunicação com robô de três eixos



Figura 129 - Painel de controlo da base

3.6 Custos do equipamento

Um dos maiores objetivos deste projeto era realizar o aproveitamento máximo de material já anteriormente utilizado e que não estivesse a ser necessário no momento. No entanto, mesmo assim, foi necessário recorrer a fornecedores para obter determinados componentes, cuja falta não foi possível colmatar com o material recuperado. Na Tabela 30 estão apresentados os custos gerais associados à aquisição do equipamento.

Tabela 30 - Custos gerais do equipamento

Componente	Custo
Alimentador e posto de rejeição	4500 €
<i>Gripper</i> e outros acessórios	2000 €
Placa de alumínio da base	150 €
Mão de Obra	10000 €

Na Tabela 31, estão descritos alguns dos ganhos obtidos diretamente pela inserção da célula no processo.

Tabela 31 - Ganhos obtidos com a célula em produção

Ganhos obtidos com a célula em produção
Deixarão de existir paragens que antes, com a produção a depender de duas pessoas, eram obrigatórias, melhorando assim o rendimento do processo.
A médio curto prazo é expectável que a qualidade do processo melhore, diminuindo assim custos com possíveis erros de produção.
Diminuição da possibilidade de erro devido a fadiga.
Com a realocação de um operário será poupado um valor de 1300€/mês, sendo que este valor pode ascender a outros valores caso a célula opere por mais que 1 turno por dia

Na Tabela 32 é feito um apanhado de todo o material reaproveitado.

Tabela 32 - Material reaproveitado

Material Reaproveitado
Robô e controladores
Quadro Elétrico e respetivos componentes
Estrutura e aros de proteção
Estrutura de alumínio de proteção da base
Todo o material Pneumático (bloco de válvulas, acessórios, grampos pneumáticos)

Estes custos, quando comparados com o material reaproveitado e os futuros ganhos de ter a célula inserida no processo, serão reavidos ao final de menos de um ano, se apenas for contabilizado o ganho obtido pela realocação de um operador. É expectável que a qualidade do processo melhore com a célula em produção, tendo isso também reflexo nos ganhos que irão ser obtidos.

CONCLUSÕES

4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

A automatização de processos, após o investimento inicial, representa uma grande redução de custos de produção, associada a um aumento de produtividade e qualidade dos produtos. Os processos de montagem de pequenos componentes, apresentam grande aptidão para serem automatizados, sendo do interesse dos fabricantes de componentes aplicações que o permitam, uma vez que se trata de processos geralmente repetitivos, com grande probabilidade de falha, e demorados quando efetuados manualmente.

Este projeto permitiu uma melhoria significativa no processo de produção. A forma como o projeto foi desenvolvido, permitiu um aumento da rentabilidade considerável e uma grande redução da intervenção humana, visto o equipamento ser completamente automático. Os objetivos propostos foram cumpridos na íntegra, como se pode observar na Tabela 33.

Tabela 33 - Avaliação do cumprimento de objetivos iniciais

Objetivo	Conclusão
Desenvolver um equipamento capaz montar, de forma autônoma, com recurso ao robô de seis eixos existente, um tipo de componentes e duas referências.	O equipamento funciona de forma autônoma, apenas sendo preciso intervenção humana para definir a versão a ser produzida e depositar <i>clips</i> no alimentador.
Implementar um sistema de alimentação de componentes, sendo estes depositados de forma aleatória no equipamento.	Foi implementado um sistema de alimentação que corresponde às necessidades da célula.
Desenvolver uma ferramenta auxiliar para o robô, capaz de transportar os componentes necessários para um ciclo de trabalho.	Foi desenvolvido um <i>gripper</i> , em parceria com um fornecedor.
Criar sistemas de posicionamento das peças com vista à fixação das mesmas durante a montagem dos componentes.	Os ninhos deste projeto foram desenvolvidos com sucesso, em parceria com a equipa de projeto da Simoldes.

Aplicar um sistema de deteção de componentes.	O sistema de deteção de componentes foi aplicado na base.
Aplicar um sistema de visão para deteção de versão.	O sistema de visão foi aplicado na base.
Realizar o esquema elétrico e pneumático da célula.	Foram realizados os esquemas elétrico e pneumático.
Realizar a montagem dos esquemas elétrico e pneumático propostos.	Foram executados os esquemas elétrico e pneumático.
Programar o robô para executar o ciclo.	O robô foi programado e realiza a sua função.
Programar um painel de controlo, de modo a facilitar a deteção de erros.	Foi programado um painel de controlo para ser utilizado pelo pessoal técnico.
Realizar o máximo reaproveitamento de material possível.	A grande maioria do material utilizado na execução do projeto foi reaproveitado.

No que diz respeito aos ganhos propriamente ditos, na Figura 130 e Figura 131 pode ver-se um resumo da comparação dos estados de pré e pós inserção da célula em linha.

ANTES	Cadencia dia	1200	dias/mês	22
	tempo de Ciclo	42	24h x 3600 sec	86400
	Ocupação máquina por mês	15,10 dias	OEE	0,85
	Nº Operadores posto trabalho	2		
	Turnos	3		
	Necessidade operadores mês	4,1176		
DEPOIS	Cadencia dia	1200	dias/mês	22
	tempo de Ciclo	42	24h x 3600 sec	86400
	Ocupação máquina por mês	15,098 dias	OEE	0,85
	Nº Operadores posto trabalho	1		
	Turnos	3		
	Necessidade operadores mês	2,0588		
GANHO/PERDA	Antes	4,1176	dias do mês	22
	Depois	2,0588	custo hora op.	11
	Delta	0,00 dias	horas produção	8
	Delta	2,0588 op	n.º meses	10
			custo hora máq.	64,73
	ganho anual operador	39 858,8 €		
	ganho anual máquina	0,0 €		39 858,8 €

Figura 130 – Comparação entre os estados anterior e posterior e Quantificação dos ganhos



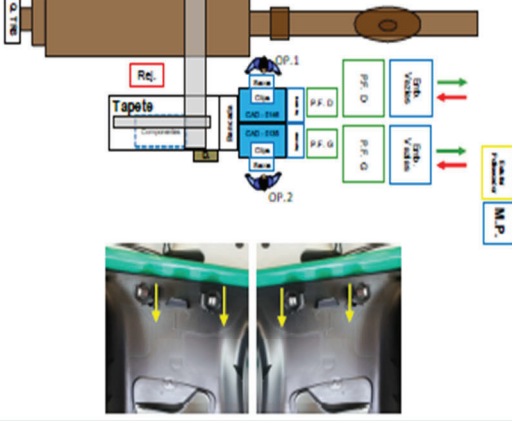
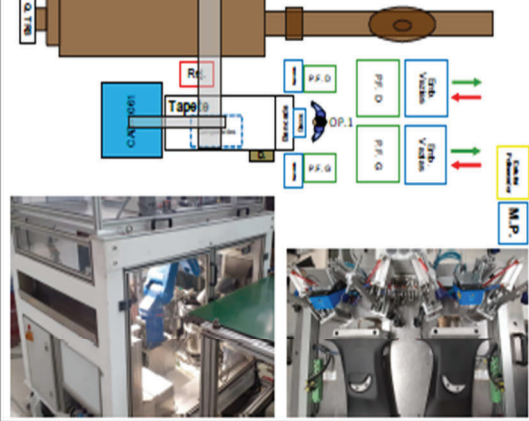
	<h2>PLANO DE MELHORIA</h2>		Nº 51/2021
ANTES E DEPOIS		DEP: Eng. Processo	
Tema : Implementação de célula MO.9163		Emissor: D. Carregosa	
Visual: <input type="checkbox"/>		Operacional: <input checked="" type="checkbox"/>	
		Data: 01/07/2021	
ANTES (SITUAÇÃO ACTUAL)		DEPOIS (SITUAÇÃO MELHORADA)	
FOTOS: 		FOTOS: 	
Descritivo: <ul style="list-style-type: none"> • Montagem manual de 2 clips metalo-plásticos em cada peça. • Colocação de peças em periféricos de deteção de versão e deteção de clips. • Impossibilidade de detetar peças incompletas nos periféricos. • Necessidade de 2 operadores no posto de trabalho. 		Descritivo: <ul style="list-style-type: none"> • Implementação de célula robotizada pertencente a projeto terminado - adaptação de alimentador + estrela + base de montagem e nova programação. • Montagem automática de clips + câmaras de deteção de versão + deteção de incompletos - eliminação dos periféricos. • Redução de 1 operador - Ganho MOD/mês: 1,73 	
Equipa de Análise: Eng. Processo			

Figura 131 - Comparação de estados

O desenvolvimento de um equipamento de grande complexidade mostrou-se uma mais-valia em termos pessoais. Com este projeto, foi possível uma evolução do conhecimento pessoal referentes a inúmeras etapas do projeto. O contacto com a indústria, fornecedores e várias pessoas especialistas na área da automação em geral, foi a maior conquista deste trabalho. Além destes pontos, a execução dos processos de montagem e programação revelaram-se uma mais-valia, permitindo uma aprendizagem que será fundamental em trabalhos futuros.

4.1 Propostas de trabalhos futuros

Neste âmbito, como trabalhos futuros sugerem-se:

- Melhoria do sistema pneumático da célula com a implementação de um pressóstato;
- Criação de mais acessibilidade ao sistema de visão de modo a facilitar trabalhos de manutenção;
- Criação de outras bases que sejam capazes de trabalhar com outros moldes.

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES
DE INFORMAÇÃO**

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

1. OICA. 2020 30/01/2020]; Available from: <https://www.oica.net/>.
2. Automóveis, A.-A.E.d.C. [cited 2020; Facts about the automobile industry]. Available from: <https://www.acea.be/automobile-industry/facts-about-the-industry>.
3. Ascensão, P. *Indústria Automóvel | forte dinâmica empresarial alavancada pelo COMPETE 2020*. 2017 [cited 2020; Available from: https://www.compete2020.gov.pt/pesquisa/detalhe/NL_Inovacao_automovel.
4. A.M.D.T, *Integração e melhoria de processos na vulcanização de pneus*. 2018.
5. Porter, M.E., *The competitive advantage of nations: Harvard Business School Mngagement Programs Cambridge*. 1993.
6. APCER. *IATF 16949:2016*. 2021 02/01/2021]; Available from: <https://www.apcergroup.com/pt/certificacao/pesquisa-de-normas/136/iatf-16949-2016>.
7. Anđelković, A.J.I., *Implementation of Just-in-sequence concept in automotive industry: Comparison of Austrian and Serbian model*. 2017. **45**(3): p. 83-99.
8. Magalhães, A.J.A.d., *Projeto de sistema de manipulação de arames*. 2017.
9. 2019, A.I.d.C.p.A.-E. 2021 07/01/2021].
10. Orłowicz, A., et al., *Materials used in the automotive industry*. 2015. **15**.
11. Hovorun, T.P., et al., *Modern materials for automotive industry*. 2017.
12. Wenlong, S., C. Xiaokai, and W.J.E.P. Lu, *Analysis of energy saving and emission reduction of vehicles using light weight materials*. 2016. **88**: p. 889-893.
13. Szeteiová, K.J.I.o.P.T., Machine Technologies, F.o.M.S. Materials, and S.U.o.T.B. Technology in Trnava, *Automotive materials plastics in automotive markets today*. 2010.
14. Maxwell, J., *Plastics in the automotive industry*. 1994: Elsevier.
15. Kutz, M., *Applied plastics engineering handbook: processing and materials*. 2011: William Andrew.
16. Goodship, V., *ARBURG practical guide to injection moulding*. 2017: Smithers Rapra.
17. Boothroyd, G., *Assembly automation and product design*. 2005: CRC Press.
18. Michalos, G., et al., *Automotive assembly technologies review: challenges and outlook for a flexible and adaptive approach*. 2010. **2**(2): p. 81-91.
19. Gupta, A. and S.K. Arora, *Industrial automation and robotics*. 2009: Laxmi publications.

20. Groover, M.P., *Fundamentals of modern manufacturing: materials, processes, and systems*. 2020: John Wiley & Sons.
21. Groover, M.P., *Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing*. 2016: Pearson Education India.
22. Components, A. *HARD VS. SOFT ASSEMBLY AUTOMATION INCREASED FACTORY PRODUCTIVITY*. [cited 2021 29/01/2021]; Available from: <http://www.agi-automation.com/2014/05/hard-vs-soft-assembly-automation-increased-factory-productivity/>.
23. Yaskawa. *Robotics*. [cited 29/01/2021]; Available from: <https://www.yaskawa.eu.com/products/robots>.
24. Rizzoni, G. and J. Kearns, *Principles and applications of electrical engineering*. 2003: McGraw-Hill (London).
25. Sheridan, T.B., *Humans and automation: System design and research issues*. 2002: Human Factors and Ergonomics Society.
26. Omrane, H., et al., *Fuzzy logic based control for autonomous mobile robot navigation*. 2016. **2016**.
27. Barater, D., et al., *Multistress characterization of fault mechanisms in aerospace electric actuators*. 2016. **53**(2): p. 1106-1115.
28. *Controladores Lógicos Programáveis*. 2021 [cited 15/10/2021]; Available from: <https://new.siemens.com/pt/pt.html>.
29. Wilson, J.S., *Sensor technology handbook*. 2004: Elsevier.
30. Oliveira, L.C.P.L., *Maquinagem de superfícies complexas com recurso a sistema robótico*. 2013.
31. Fischer, U., et al., *Manual de tecnologia metal mecânica*. 2011: Editora Blucher.
32. Costa, M.J.R.; Gouveia, R.M.; Silva, F.J.G.; Campilho, R.D.S.G. How to solve quality problems by advanced fully-automated manufacturing systems. *Int. J. Adv. Manuf. Tech.* 2018, **94**, 3041–3063.
33. Costa, R.J.S.; Silva, F.J.G.; Campilho, R.D.S.G. A novel concept of agile assembly machine for sets applied in the automotive industry. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 2017, **91**, 4043–4054.
34. Nunes, P.M.S.; Silva, F.J.G. Increasing flexibility and productivity in small assembly operations: A case study. In *Advances in Sustainable and Competitive Manufacturing Systems; Lecture Notes in Mechanical Engineering*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2013; pp. 329–340.
35. Araújo, W.; Silva, F.J.G.; Campilho, R. Manufacturing cushions and suspension mats for vehicle seats: A novel cell concept. *Int. J. Adv. Manuf. Tech.* 2017, **90**, 1539–1545.
36. Moreira, B.M.D.N.; Gouveia, R.M.; Silva, F.J.G.; Campilho, R.D.S.G. A Novel Concept of Production and Assembly Processes Integration. *Procedia Manuf.* 2017, **11**, 1385–1395.
37. Silva, F. J. G., Soares, M. R., Ferreira, L. P., Alves, A. C., Brito, M., Campilho, R. D. S. G., and V. F. C. Sousa. A Novel Automated System for the Handling of Car Seat Wires on Plastic Over-Injection Molding Machines, *Machines*, 2021, **9**, 141.
38. Figueiredo D., Silva, F. J. G., Campilho, R. D. S. G., Silva, A., Pimentel, C., Matias, J. C. O. A new concept of automated manufacturing process for wire rope terminals, *Procedia Manufacturing*, 2020, **51**, 431-437.

39. Araújo, L.M.B.; Silva, F.J.G.; Campilho, R.D.S.G.; Matos, J.A. A novel dynamic holding system for thin metal plate shearing machines. *Robot. Comput. Integr. Manuf.* 2017, 44, 242–252.
40. Santos, P.R.; Silva, F.J.G.; Campilho, R.D.S.G.; Pinto, G.F.L.; Baptista, A. A novel concept of a conduit transport system. *Procedia Manuf.* 2019, 38, 848–857.
41. Magalhães, A.J.A.; Silva, F.J.G.; Campilho, R.D.S.G. A novel concept of bent wires sorting operation between workstations in the production of automotive parts. *J. Braz. Soc. Mech. Sci. Eng.* 2019, 41, 25.
42. Martins, N.; Silva, F.J.G.; Campilho, R.D.S.G.; Ferreira, L.P. A novel concept of Bowden cables flexible and full-automated manufacturing process improving quality and productivity. *Procedia Manuf.* 2020, 51, 438–445.
43. Santos, R.F.L.; Silva, F.J.G.; Gouveia, R.M.; Campilho, R.D.S.G.; Pereira, M.T.; Ferreira, L.P. The improvement of an APEX machine involved in the tire manufacturing process. *Procedia Manuf.* 2018, 17, 571–578.
44. Veiga, N.F.M., Campilho, R.D.S.G., Silva, F.J.G., Santos, P.M.M., Lopes, P.V. Design of automated equipment for the assembly of automotive parts, *Procedia Manufacturing*, 2019, 38, 1316-1323.
45. Silva, G.B., Silva, F.J.G., Campilho, R.G.S.G., Gouveia, R.M. Designing a Novel Feeding System for CNC Turning Machines, *Procedia Manufacturing*, 2018, 17, 1144-1153.
46. Silva, F.J.G.; Swertvaegher, G.; Campilho, R.D.S.G.; Ferreira, L.P.; Sá, J.C. Robotized solution for handling complex automotive parts in inspection and packing. *Procedia Manuf.* 2020, 51, 156–163.
47. Fernandes, J., Silva, F.J.G., Campilho, R.D.S.G., Pinto, G.F.L., Baptista, A. Intralogistics and industry 4.0: designing a novel shuttle with picking system, *Procedia Manufacturing*, 2019, 38, 1801-1832.
48. Barbosa, M, Silva, F.J.G., Pimentel, C., Gouveia, R.M. A Novel Concept of CNC Machining Center Automatic Feeder, *Procedia Manufacturing*, 2018, 17, 952-959.
49. Moreira, A., Silva, F.J.G., Correia, A.I., Pereira, T., Ferreira, L.P., de Almeida, F. Cost reduction and quality improvements in the printing industry, *Procedia Manufacturing*, 2018, 17, 623-630.
50. Moura, F.E.M.d.S., *Aplicação para programação automática de robôs de paletização*. 2017.

ANEXOS

6.1 - GRAFCET'S DO CICLO

6.2 - ESQUEMA ELÉTRICO

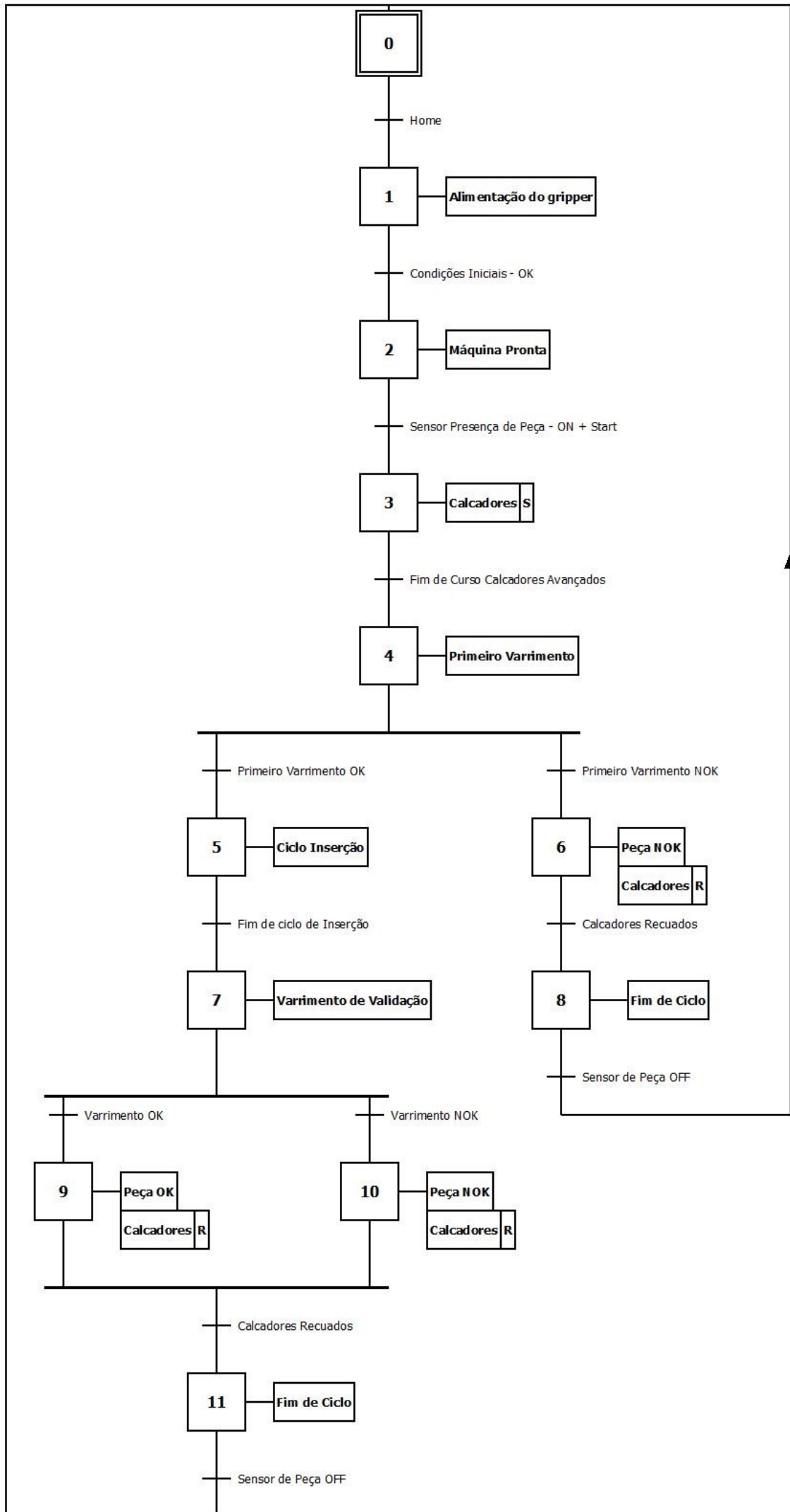
6.3 - ESQUEMA PNEUMÁTICO

6.4 - PROGRAMAÇÃO REALIZADA E TABELA DE
CORRESPONDÊNCIA

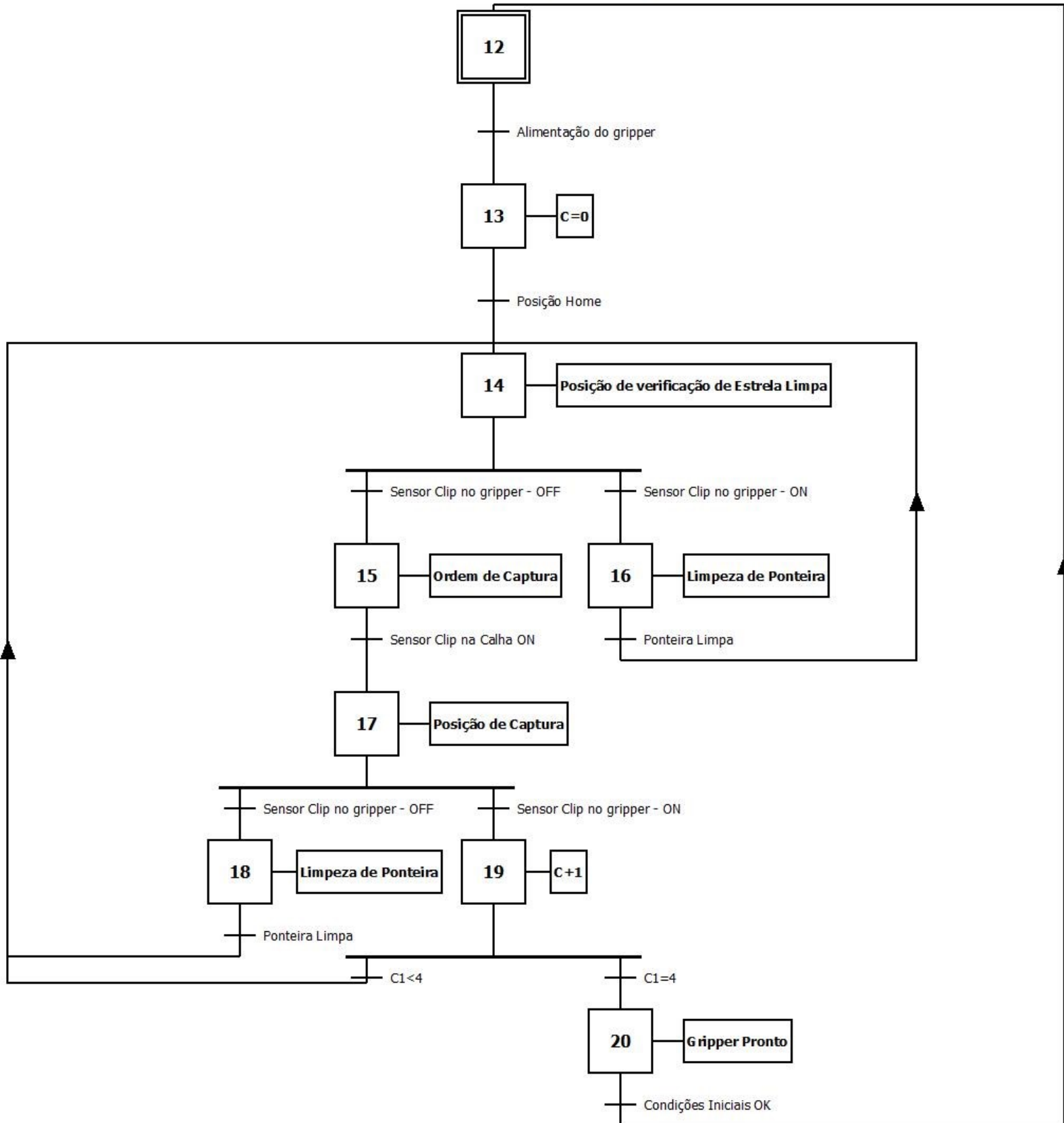
6 ANEXOS

6.1 Grafet's do ciclo

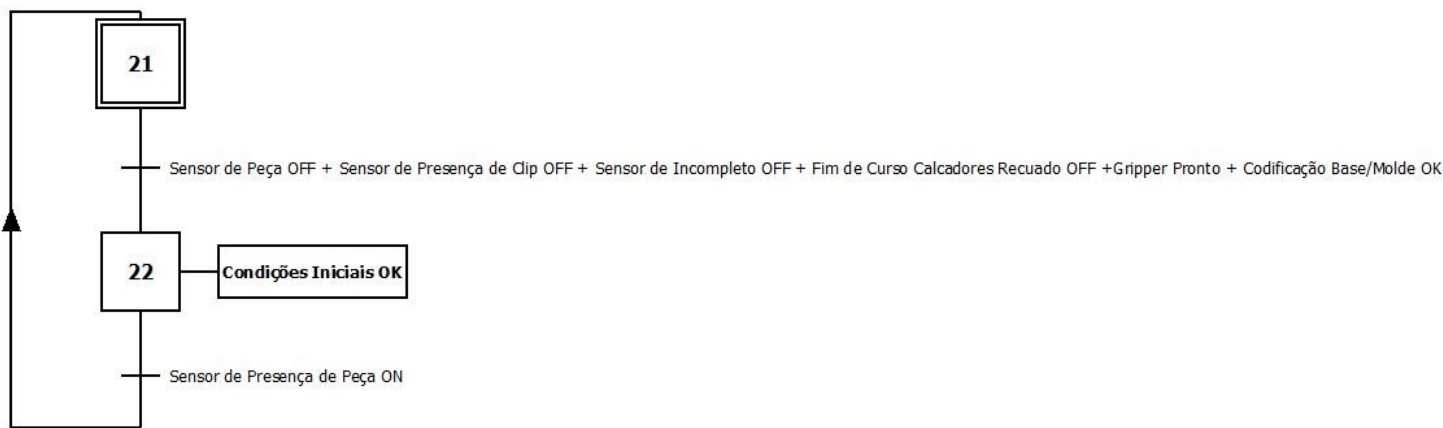
Rotina Geral



Ciclo Alimentação Gripper GERAL

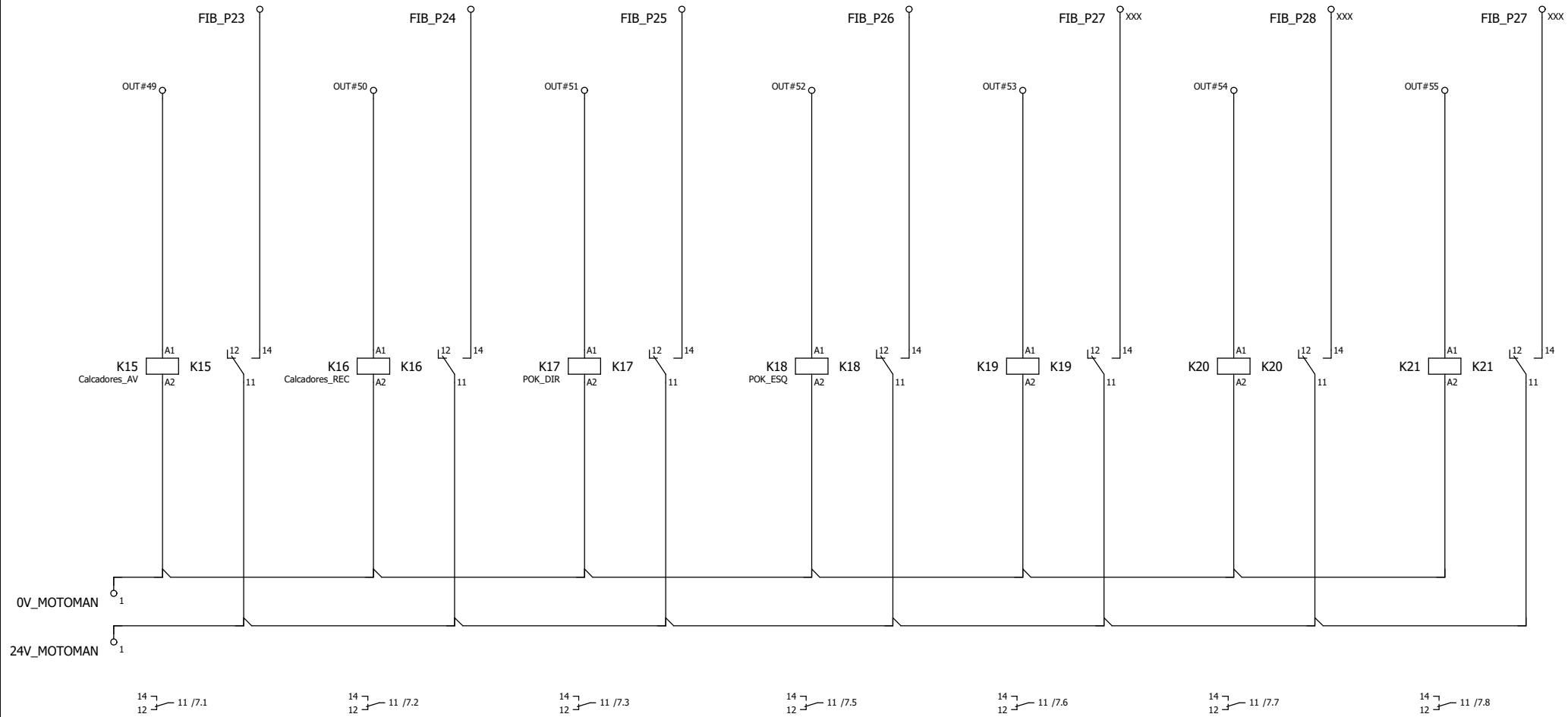


Ciclo Condições Iniciais GERAL



6.2 Esquema Elétrico

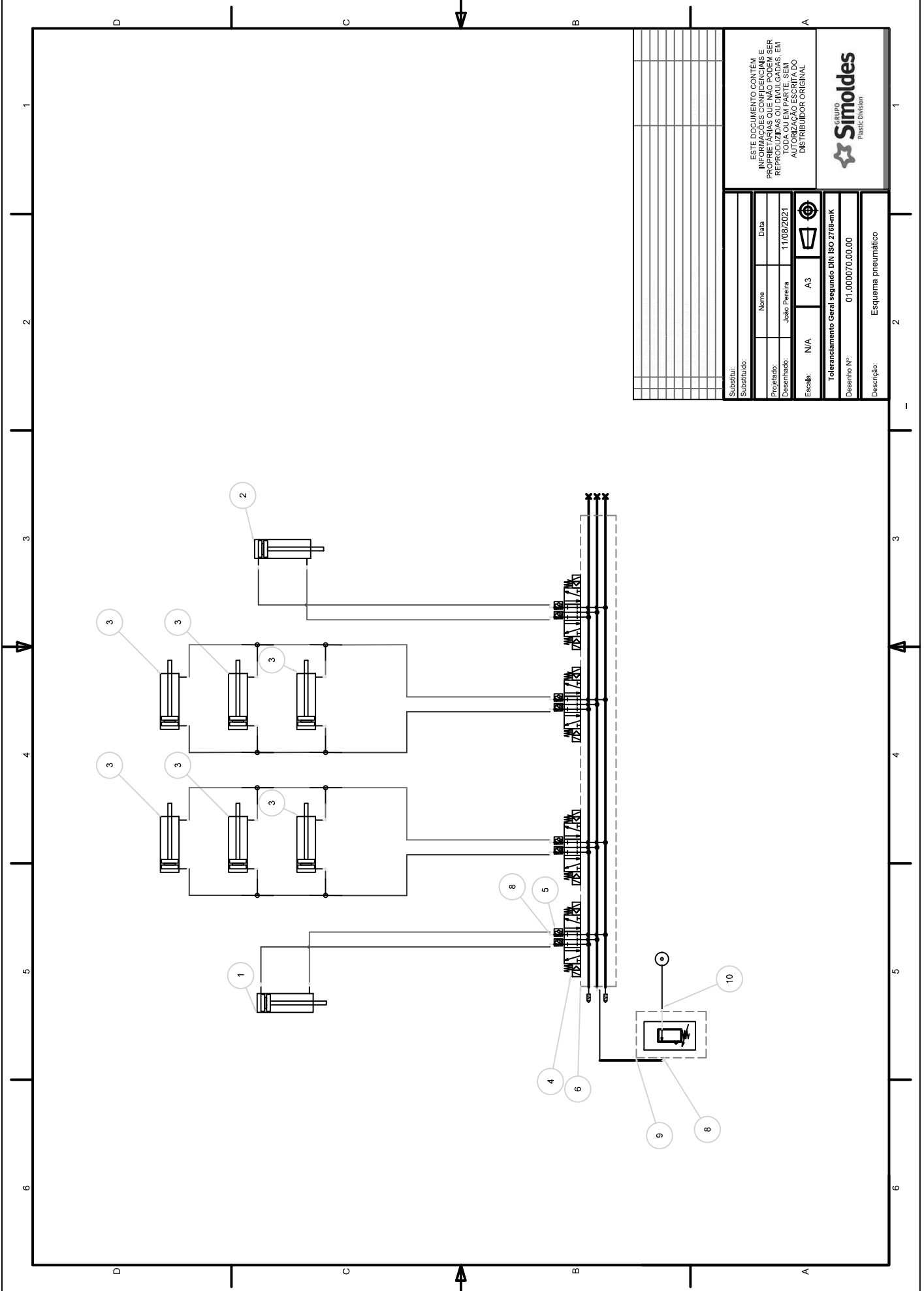
6.2 Esquema Elétrico



			Data	29/06/2021	Eng ^a Processo	Simoldes S&A - INPLAS S&A	Relés de proteção das saídas	=			
			Editor.	JPEDR	Celula_MO.9163			+			
			Verif								Folha
Alteração	Data	Nome	Orig		Em substituição de	Substituído por			CAD 1061	Página	7 / 10

6.3 Esquema Pneumático

6.3 Esquema Pneumático



Substituído:		Nome		Data	
Projeto:		João Pereira		11/08/2021	
Desenhado:		N/A		A3	
Escala:		Toleranciamento Geral segundo DIN ISO 2768-mK		01,000070,00.00	
Toleranciamento:		Descrição:		Esquema pneumático	



ESTE DOCUMENTO CONTÉM
 INFORMAÇÕES CONFIDENCIAIS E
 PROPRIETARIAS QUE NÃO PODEM SER
 REPRODUZIDAS OU DIVULGADAS EM
 TODA OU EM PARTE SEM
 A AUTORIZAÇÃO DO
 DISTRIBUIDOR ORIGINAL

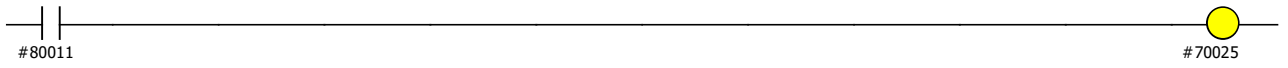
6.4 Programação realizada e tabela de correspondência

Ficha Harting Base				
Fio	Pino Ficha	Ligação	Endereço	Sinal
1	1	ENTRADAS		24V
2	2	MURR1 X1 0.0	IN#49 - #00070	Calcadores Avançados
3	3	MURR1 X1 0.1	IN#50 - #00071	Calcadores Recuados
4	4	MURR1 X1 0.2	IN#51 - #00072	POK avançado DIR
5	5	MURR1 X1 0.3	IN#52 - #00073	POK avançado ESQ
6	6	MURR1 X2 0.0	IN#53 - #00074	Versão 1 OK
7	7	MURR1 X2 0.1	IN#54 - #00075	Versão 2 OK
8	8	MURR1 X2 0.2	IN#55 - #00076	Incompleto DIR
9	9	MURR1 X2 0.3	IN#56 - #00077	Incompleto ESQ
10	10	MURR2 X2 0.0	IN#25 - #00040	Câmara Av.
11	11	MURR2 X2 0.1	IN#26 - #00041	Câmara Rec.
12	12	MURR2 X2 0.2	IN#27 - #00042	Pres. Clip 1
13	13	MURR2 X2 0.3	IN#28 - #00043	Pres. Clip 2
14	14	MURR2 X2 0.4	IN#29 - #00044	Pres. Clip 3
15	15	MURR2 X2 0.5	IN#30 - #00045	Pres. Clip 4
16	16	MURR2 X2 0.6	IN#31 - #00046	Pres. Peça - DIR
17-(1)	17	MURR2 X2 0.7	IN#32 - #00047	Pres. Peça - ESQ
18-(2)	18	MURR2 X3 0.0	IN#33 - #00050	Codificação
19-(3)	19	MURR2 X3 0.1	IN#34 - #00051	Codificação
20-(4)	20	MURR2 X3 0.2	IN#35 - #00052	RESERVA
21-(5)	21	MURR2 X3 0.3	IN#36 - #00053	RESERVA
22-(6)	22	SAIDAS		0V
23-(7)	23	MURR2 X0 0.0	OUT#49 - #10070	Calcadores Avançados
24-(8)	24	MURR2 X0 0.1	OUT#50 - #10071	Calcadores Recuados
25-(9)	25	MURR2 X0 0.2	OUT#51 - #10072	POK DIR
26-(10)	26	MURR2 X0 0.3	OUT#52 - #10073	POK ESQ
27-(11)	27	MURR2 X0 0.4	OUT#53 - #10074	Trigger
28-(12)	28	MURR2 X0 0.5	OUT#54 - #10075	Sel P1
29-(13)	29	MURR2 X0 0.6	OUT#55 - #10076	Sel P2
30-(14)	30	MURR2 X0 0.7	OUT#56 - #10077	Pneumático Câmara
31-(15)	31	MURR2 X1 0.0	OUT#57 - #10080	RESERVA

32-(16)	32	MURR2 X1 0.1	OUT#58 - #10081	RESERVA
Ficha Harting Sepro				
Fio	Pino Ficha	Ligação	Endereço	Sinal
1	1	ENTRADAS(SEPRO)-SAIDAS(MOTOMAN)		24V
2	2	MOTOMAN X12 B8	OUT#01 - #10010	Cél. Pronta
3	3	MOTOMAN X12 A8	OUT#02 - #10011	Fim Ciclo Inserção
4	4	MOTOMAN X12 B9	OUT#03 - #10012	Pres.Peça+Cal. Aber
5	5	MOTOMAN X12 A9	OUT#04 - #10013	Peça 1 OK
6	6	MOTOMAN X12 B10	OUT#05 - #10014	Peça 2 OK
7	7	MOTOMAN X12 A10	OUT#06 - #10015	Res/Base 1 Disp.
8	8	MOTOMAN X12 B11	OUT#07 - #10016	Res/Base 2 Disp.
9	9	SAÍDAS(SEPRO)-ENTRADAS(MOTOMAN)		0V
10	10	MURR2 X3 0.4	IN#37 - #00054	Start
11	11			Tapete (não usar)
12	12	MURR2 X3 0.5	IN#38 - #00055	Septo Fora Célula
13	13			Tapete (não usar)
14	14	MURR2 X3 0.6	IN#39 - #00056	MSB
15	15	MURR2 X3 0.7	IN#40 - #00057	MSB
16	16	MOTOMAN X12 A3	IN#41 - #00015	MSB
Ficha de Sinais do Alimentador				
Pino Fio	Cor Fio	Ligação	Endereço	Sinal
1	BRANCO	MOTOMAN X12 B1	IN#01 - #00010	CLIP NA CALHA
2	VERDE	MOTOMAN X12 A1	IN#02 - #00011	CALHA CHEIA
3	AMARELO	MOTOMAN X12 B2	IN#03 - #00012	CLIP NA ESTRELA
4	CINZA	MOTOMAN X12 A2	IN#04 - #00013	CLIP POS REJ
5	ROSA	MOTOMAN X12 B3	IN#05 - #00014	PANELA CHEIA
6	VERMELHO	NÃO LIGADO	NÃO LIGADO	
7	PRETO	NÃO LIGADO	NÃO LIGADO	
8	VIOLETA	NÃO LIGADO	NÃO LIGADO	
9	BRANCO/ROSA	NÃO LIGADO	NÃO LIGADO	
10	CASTANHO/ROSA	NÃO LIGADO	NÃO LIGADO	
Sistema Geral				

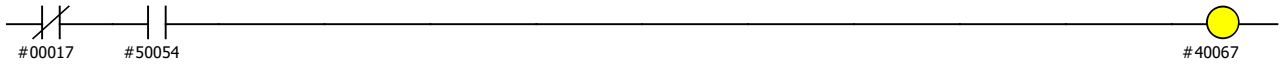
Função	Ligação	Endereço		
Banner Alim Amarelo	MURR2 X1 0.2	OUT# 59 - #10082		
Banner Alim Vermelho	MURR2 X1 0.3	OUT# 60 - #10083		
Banner Cél Verde	MURR2 X1 0.4	OUT#61 - #10084		
Banner Cél Amarelo	MURR2 X1 0.5	OUT#62 - #10085		
Banner Cél Vermelho	MURR2 X1 0.6	OUT#63 - #10086		
Válvula Geral	MURR2 X1 0.7	OUT#64 - #10087		
ON/OFF Alimentador	MOTOMAN X12 A11	OUT#8 - #10017		
Ficha de Sinais da Base - Peça ESQ				
Pino Fio	Cor Fio	Ligação	Endereço	Sinal
1	BRANCO	FIB	17	Presença Peça
2	VERDE	FIB	8	Incompleto
3	AMARELO	FIB	12	Presença Clip 1
4	CINZENTO	FIB	13	Presença Clip 2
Ficha de Sinais da Base - Peça DIR				
Pino Fio	Cor Fio	Ligação	Endereço	Sinal
1	BRANCO	FIB	16	Presença Peça
2	VERDE	FIB	7	Incompleto
3	AMARELO	FIB	14	Presença Clip 1
4	CINZENTO	FIB	15	Presença Clip 2

0

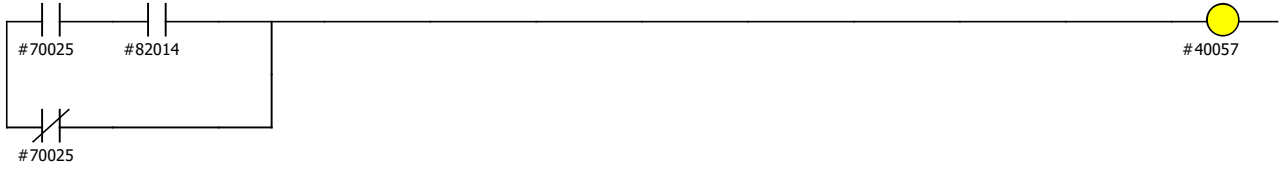


1

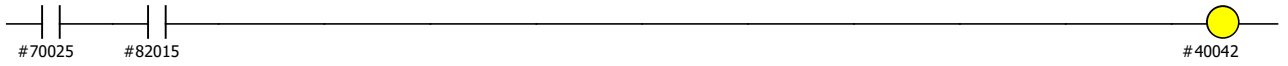
PORTAS



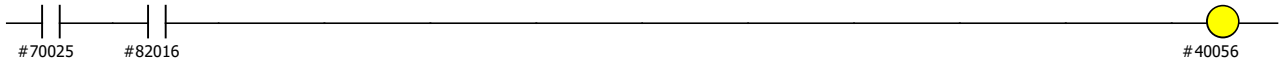
2



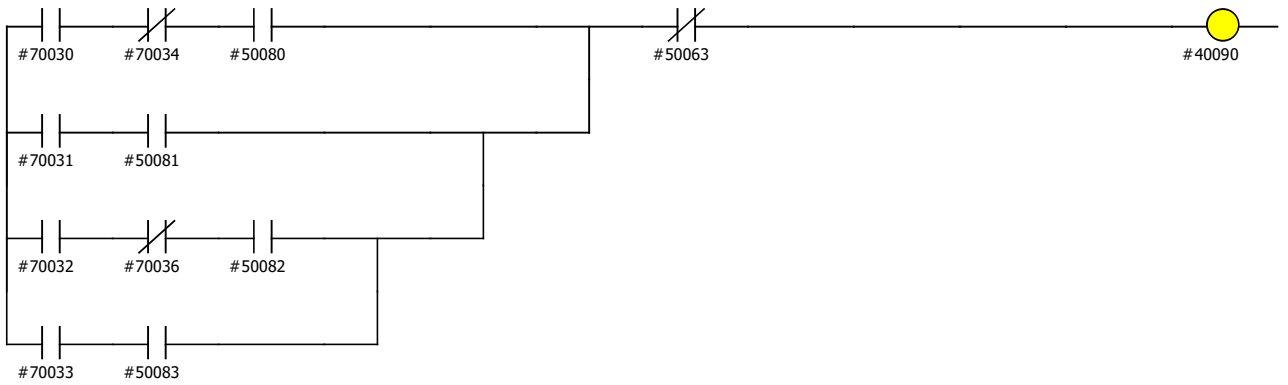
3



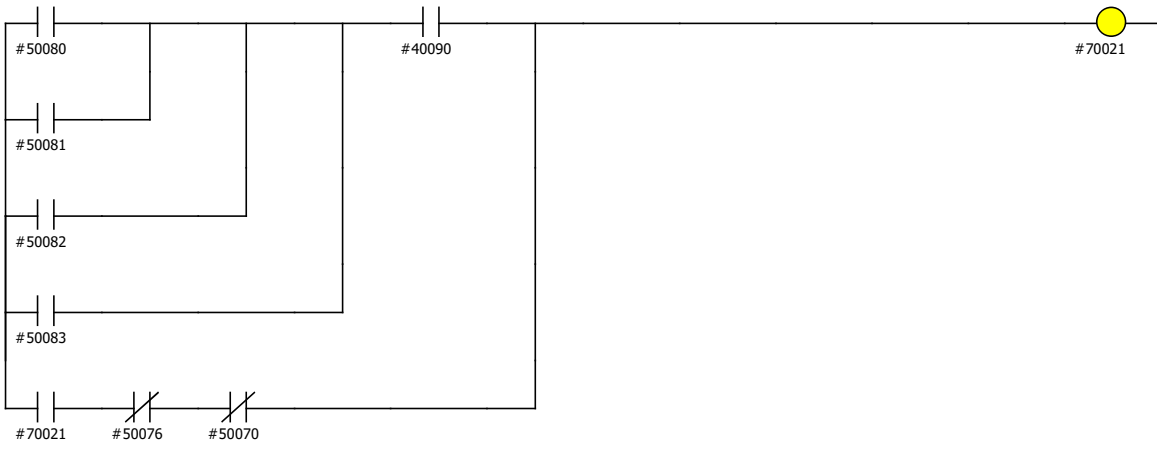
4



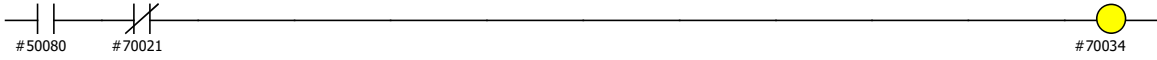
5



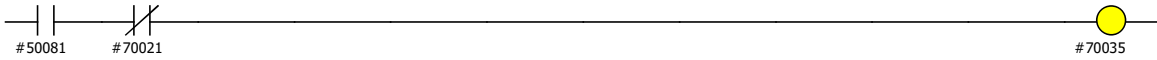
6



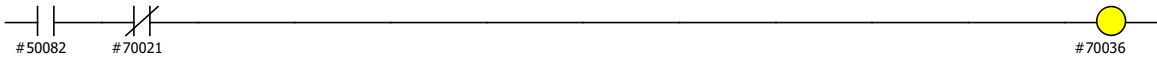
7



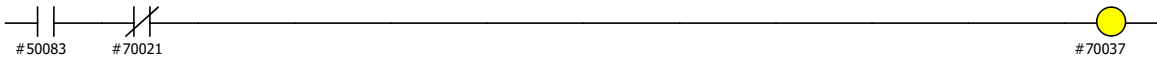
8



9



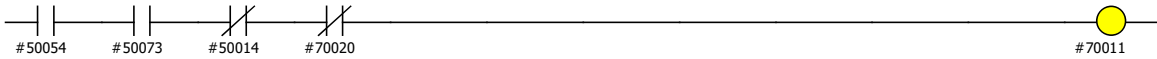
10



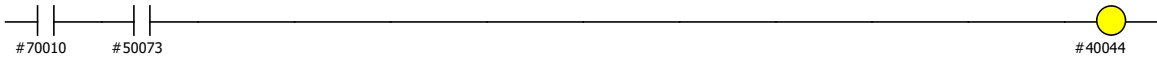
11



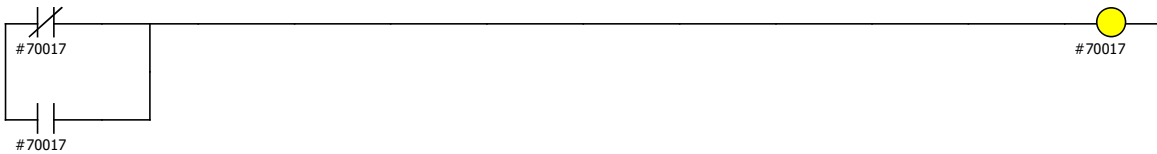
12



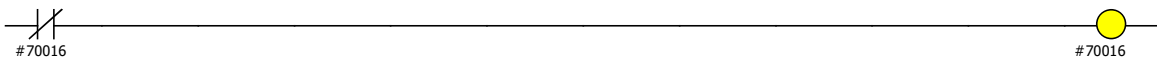
13



14



15



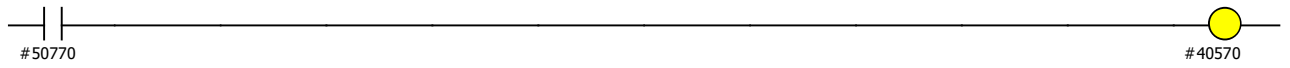
16



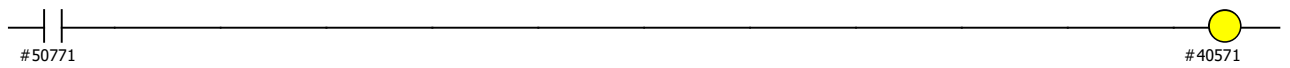
17



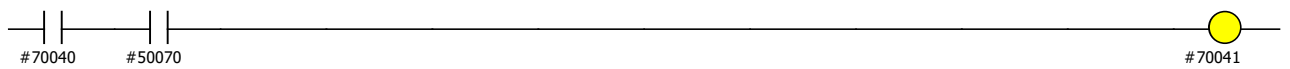
18



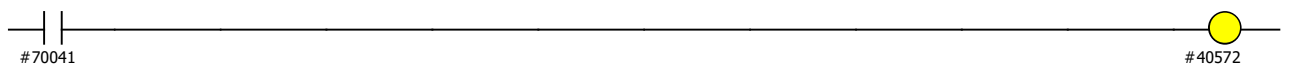
19



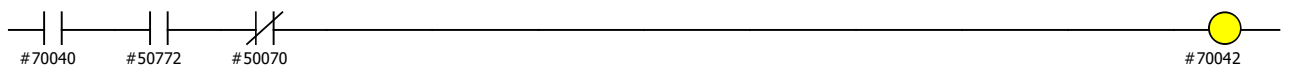
20



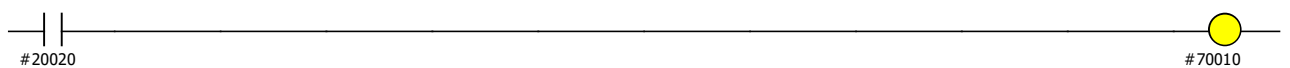
21



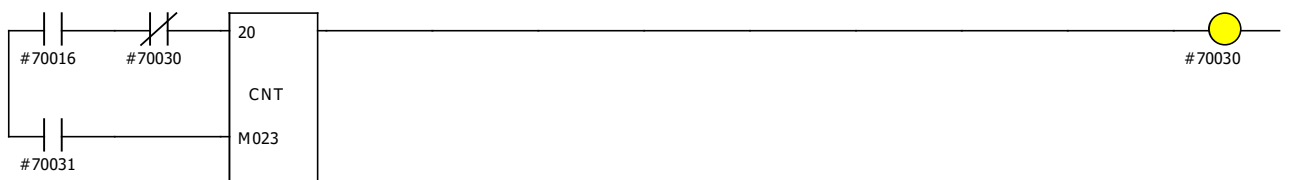
22



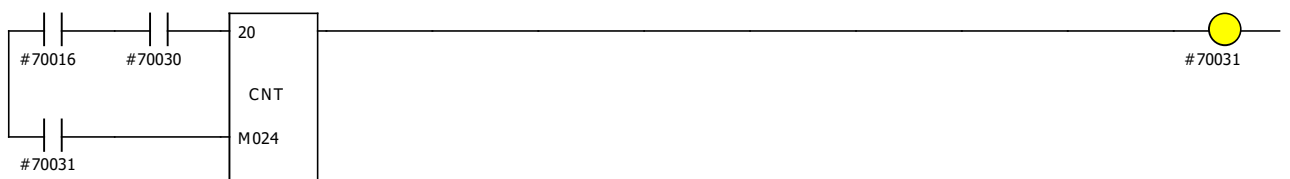
23



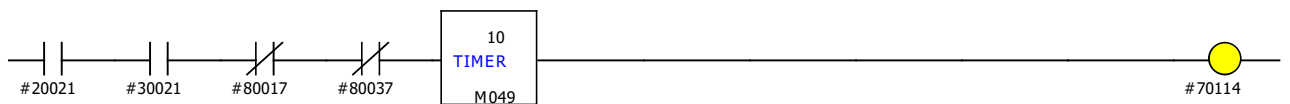
24



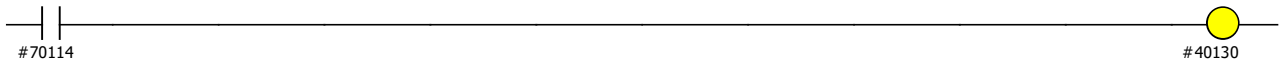
25



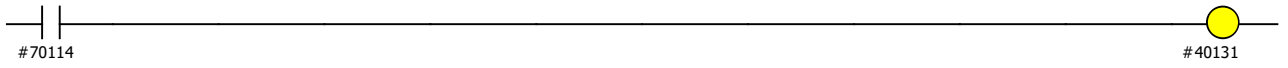
26



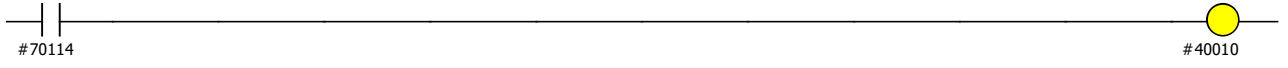
27



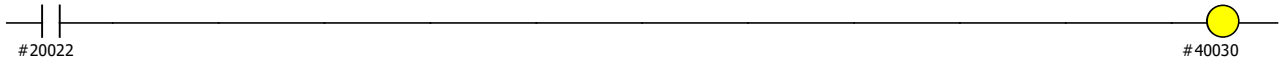
28



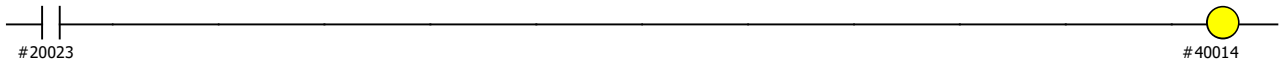
29



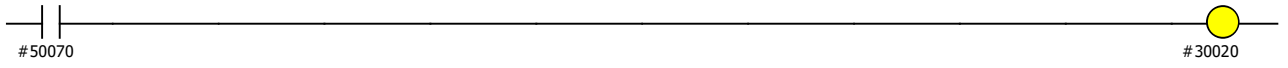
30



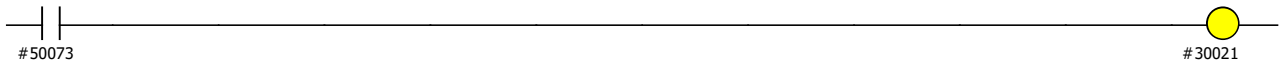
31



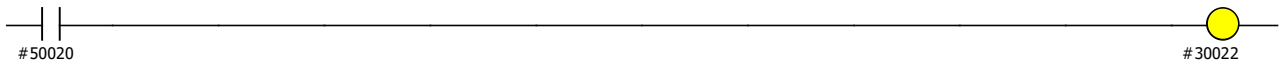
32



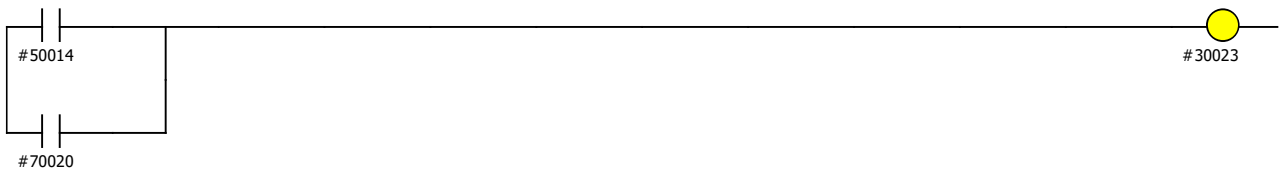
33



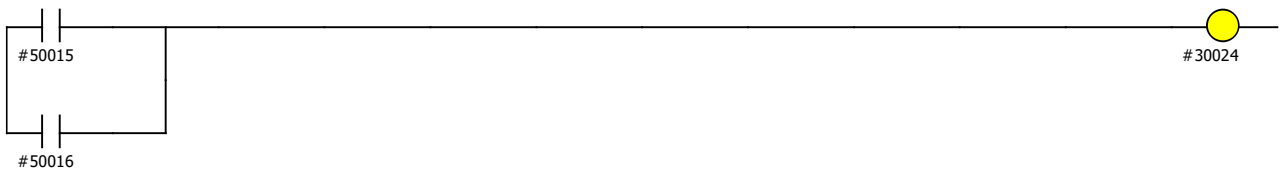
34



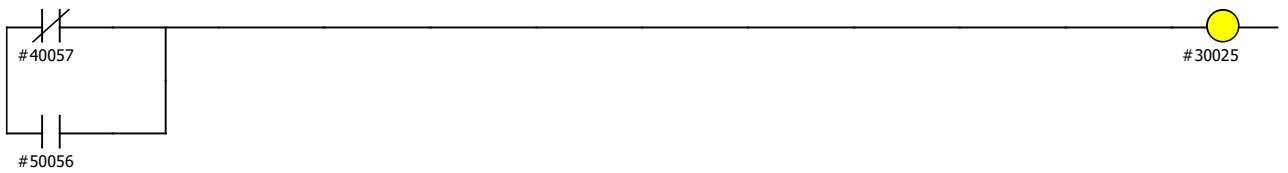
35



36



37



38



CLPCALHA



39



40



CALHCH



41



42



PANELACH



43



44



45



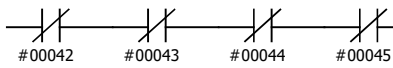
PORTAS



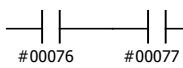
46



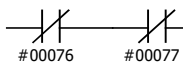
47



48

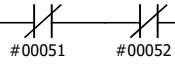


49

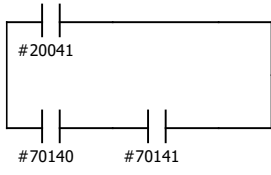


50

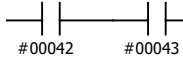
BIT2_COD



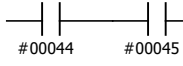
51



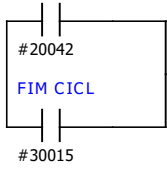
52



53



54



55



56



57



58



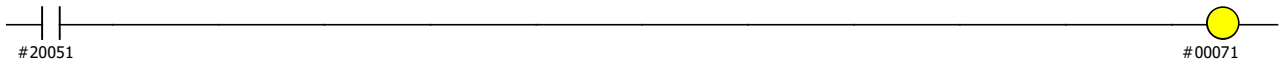
59



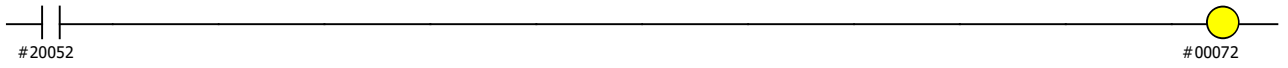
60



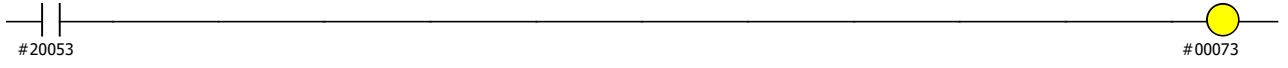
61



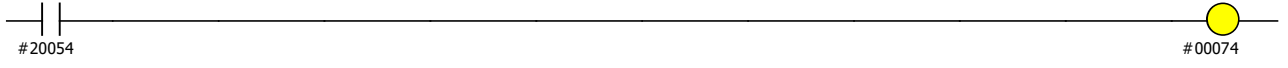
62



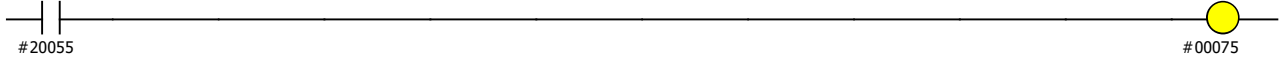
63



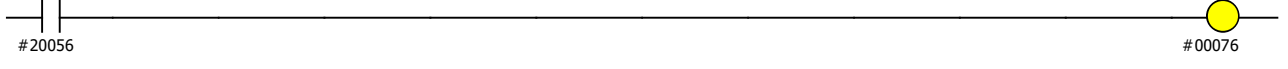
64



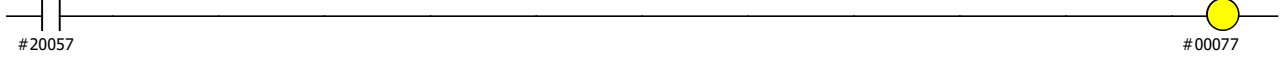
65



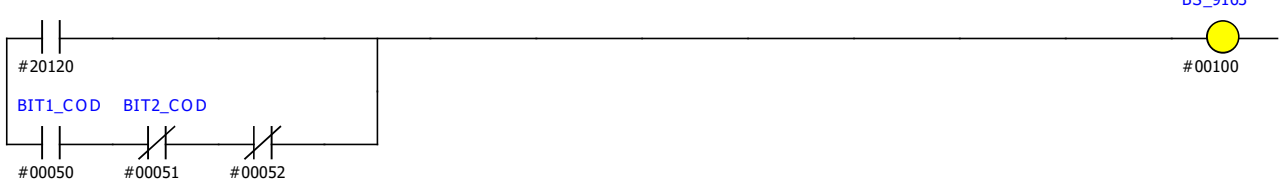
66



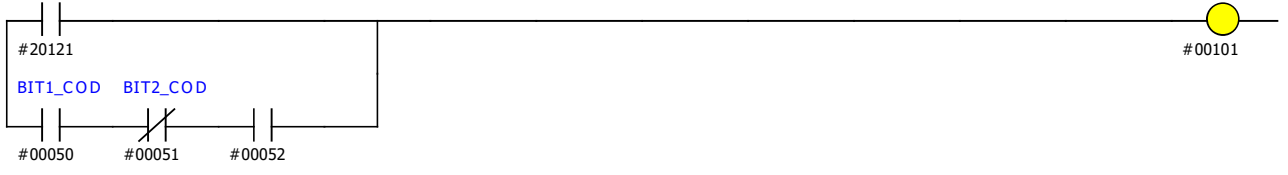
67



68



69



70



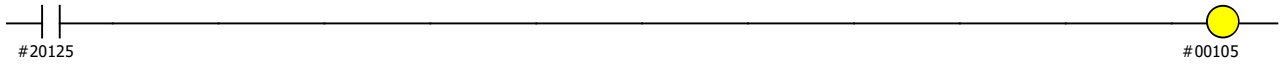
71



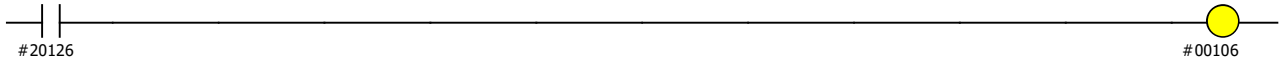
72



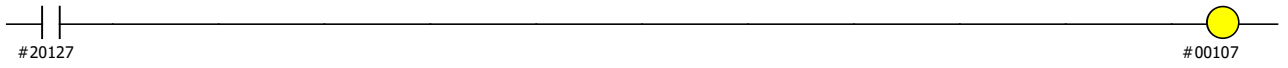
73



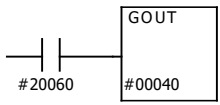
74



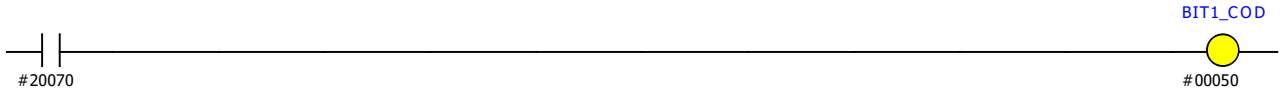
75



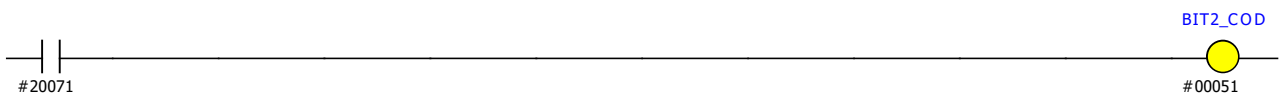
76



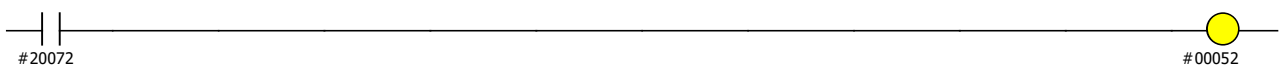
77



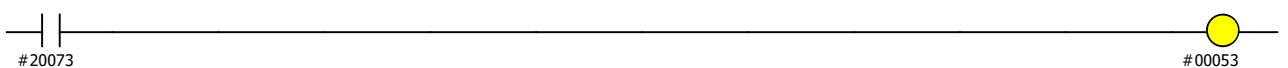
78



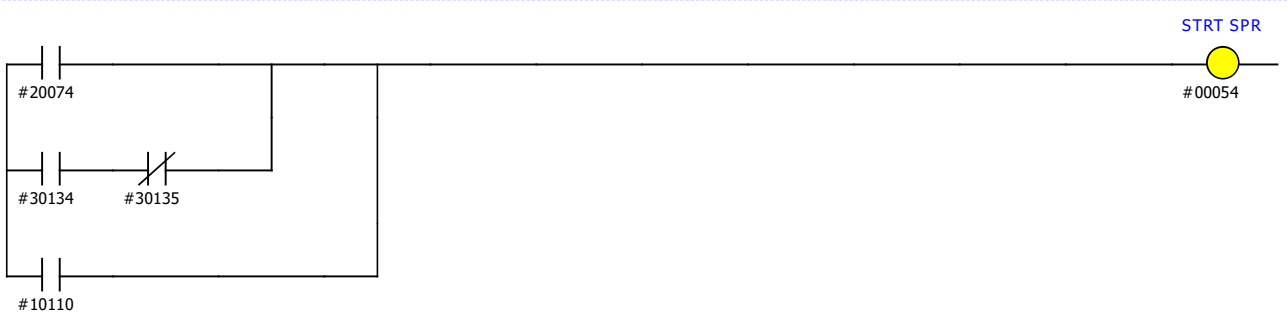
79



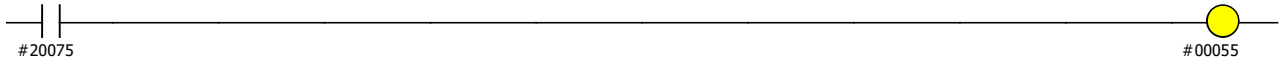
80



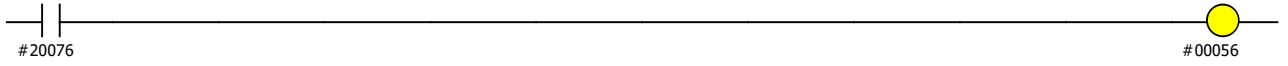
81



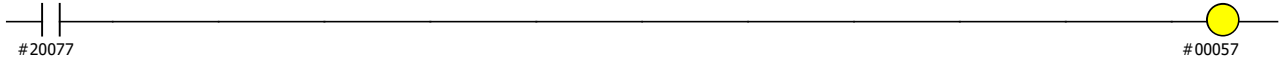
82



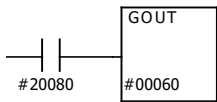
83



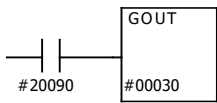
84



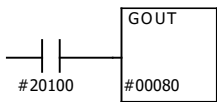
85



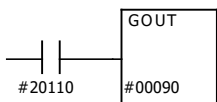
86



87



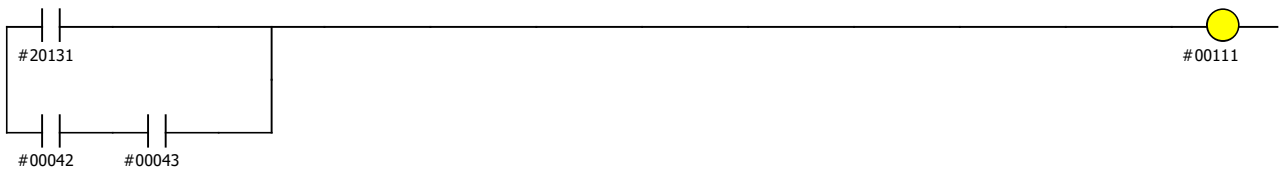
88



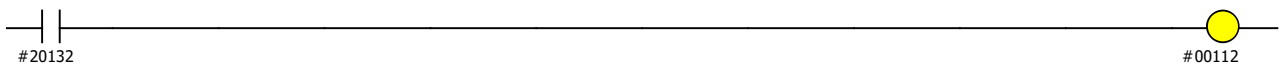
89



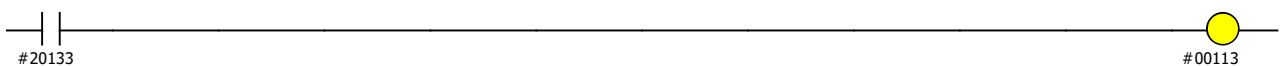
90



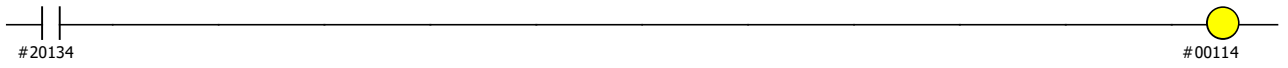
91



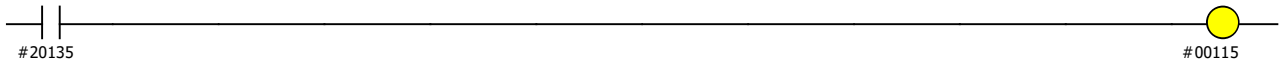
92



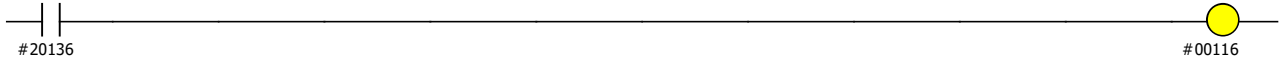
93



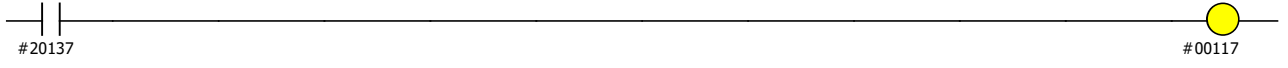
94



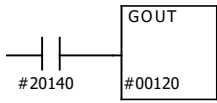
95



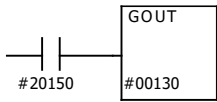
96



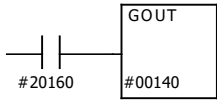
97



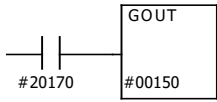
98



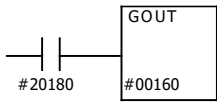
99



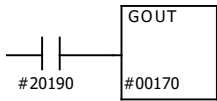
100



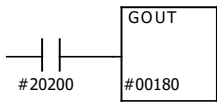
101



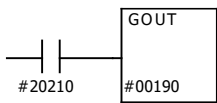
102



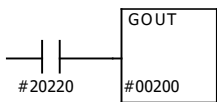
103



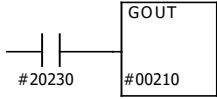
104



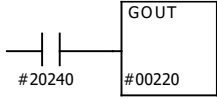
105



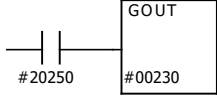
106



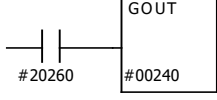
107



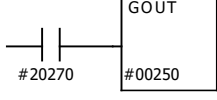
108



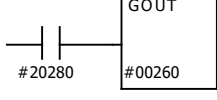
109



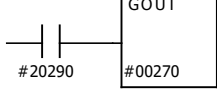
110



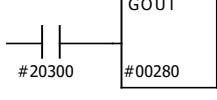
111



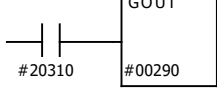
112



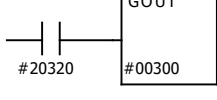
113



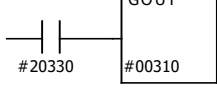
114



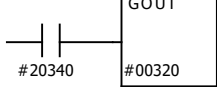
115



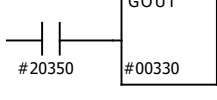
116



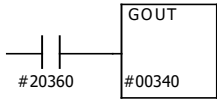
117



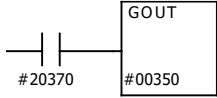
118



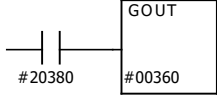
119



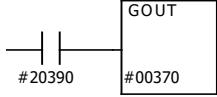
120



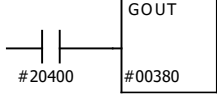
121



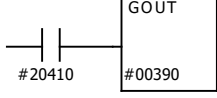
122



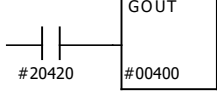
123



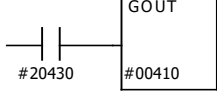
124



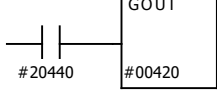
125



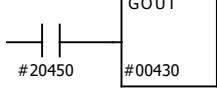
126



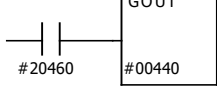
127



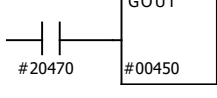
128



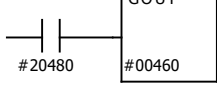
129



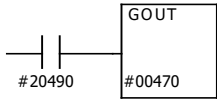
130



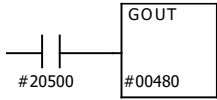
131



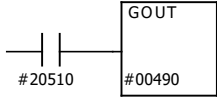
132



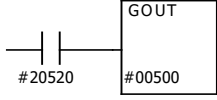
133



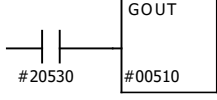
134



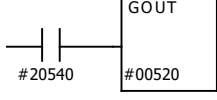
135



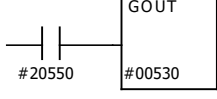
136



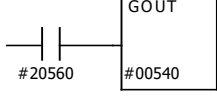
137



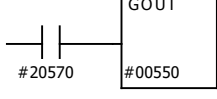
138



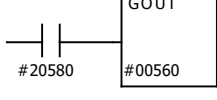
139



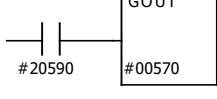
140



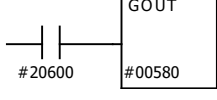
141



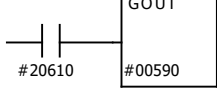
142



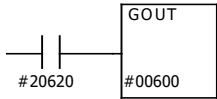
143



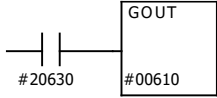
144



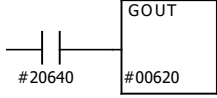
145



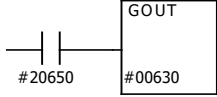
146



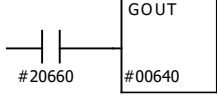
147



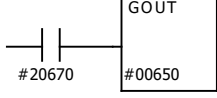
148



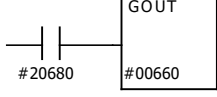
149



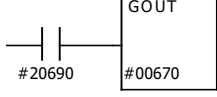
150



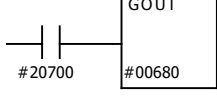
151



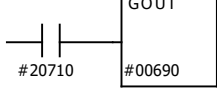
152



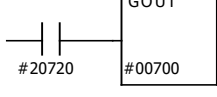
153



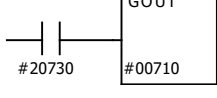
154



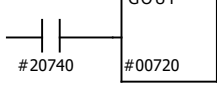
155



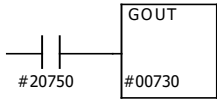
156



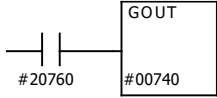
157



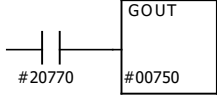
158



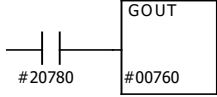
159



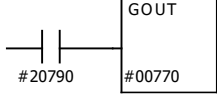
160



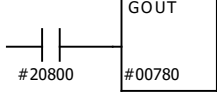
161



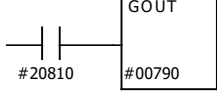
162



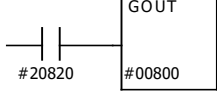
163



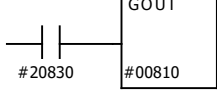
164



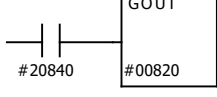
165



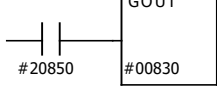
166



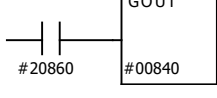
167



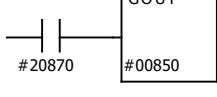
168



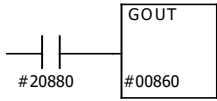
169



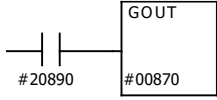
170



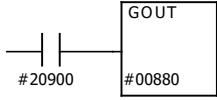
171



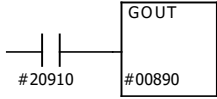
172



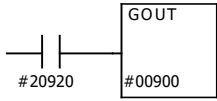
173



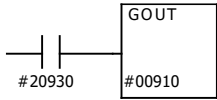
174



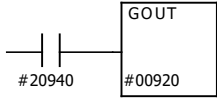
175



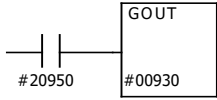
176



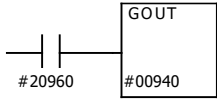
177



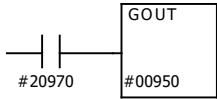
178



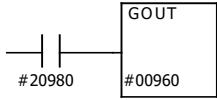
179



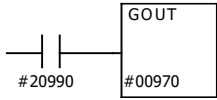
180



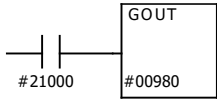
181



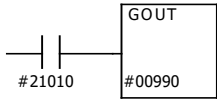
182



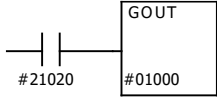
183



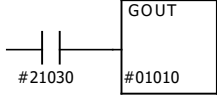
184



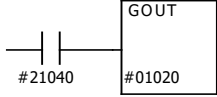
185



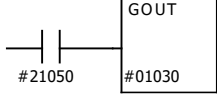
186



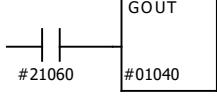
187



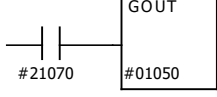
188



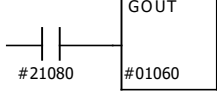
189



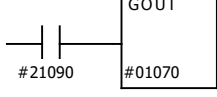
190



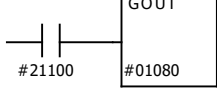
191



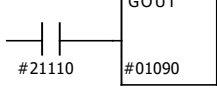
192



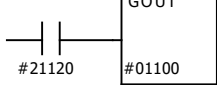
193



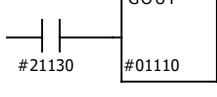
194



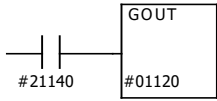
195



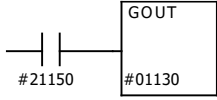
196



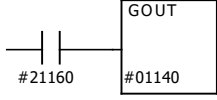
197



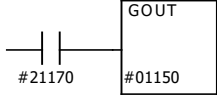
198



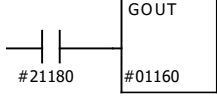
199



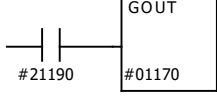
200



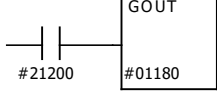
201



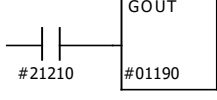
202



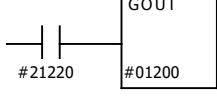
203



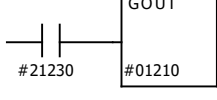
204



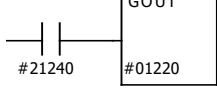
205



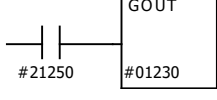
206



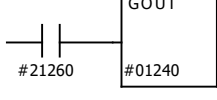
207



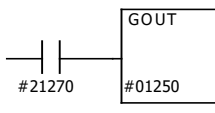
208



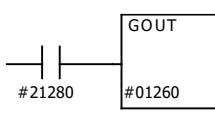
209



210



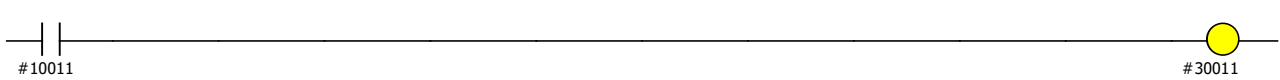
211



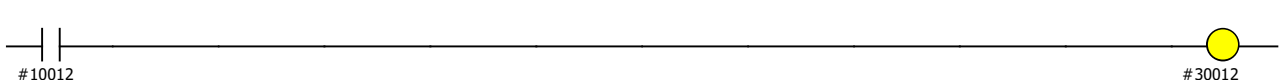
212



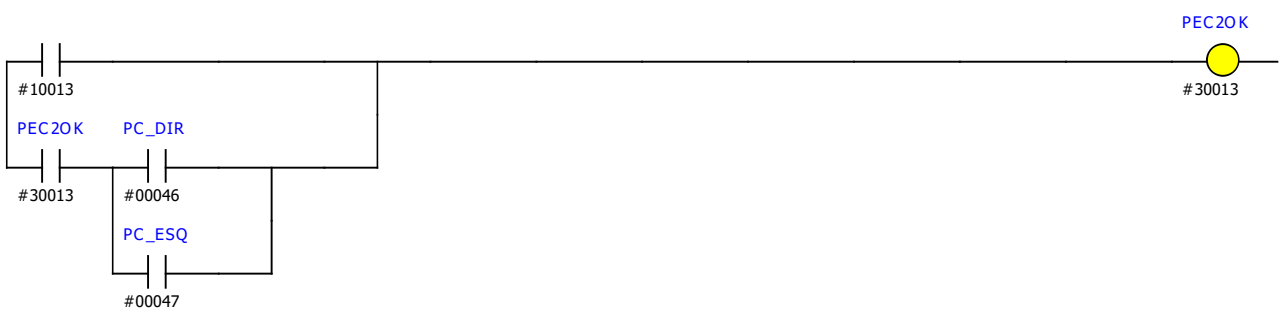
213



214



215



216

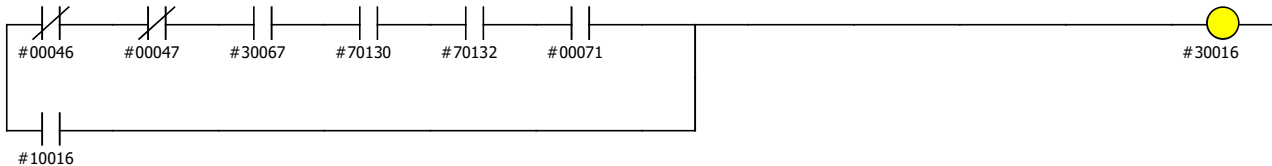


217



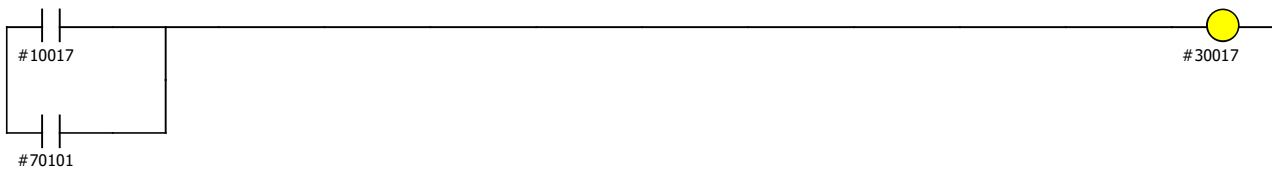
218

PC_DIR PC_ESQ

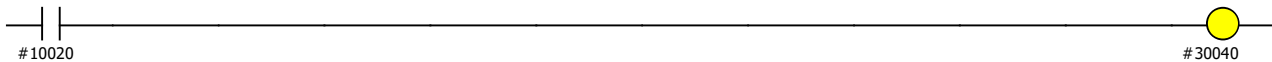


219

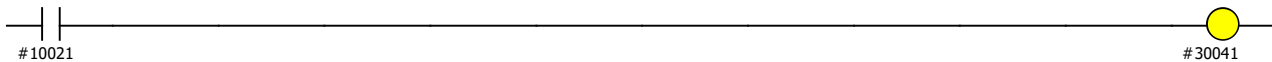
ALIM



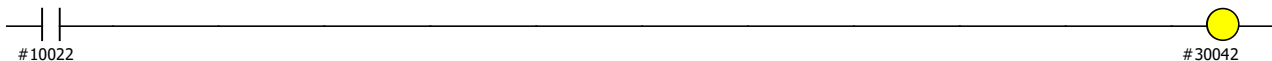
220



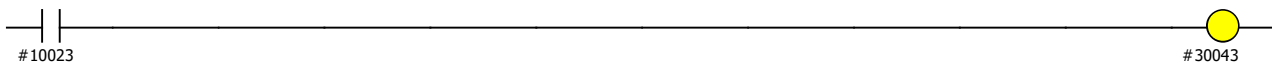
221



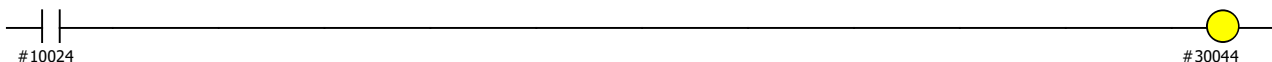
222



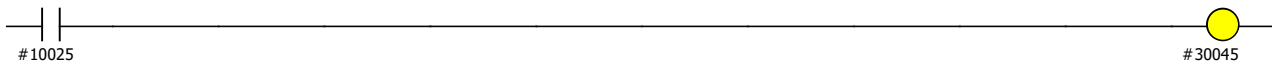
223



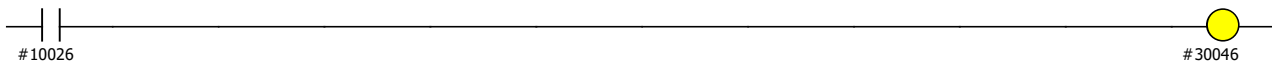
224



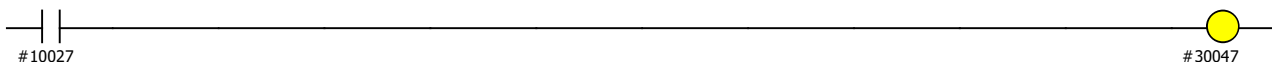
225



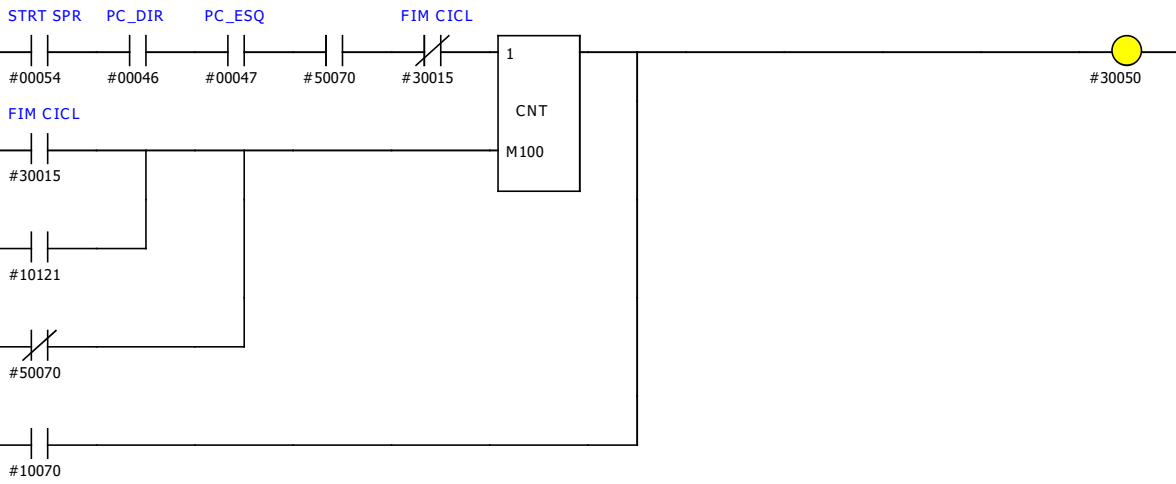
226



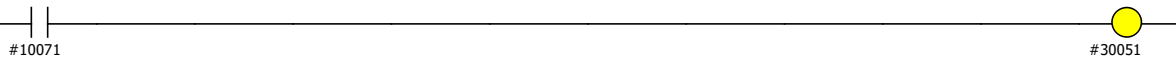
227



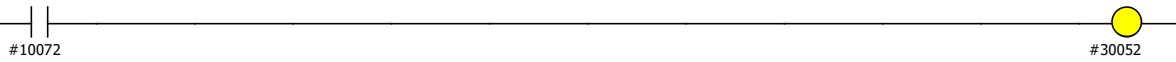
228



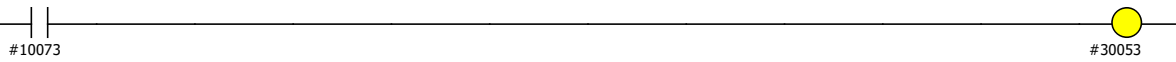
229



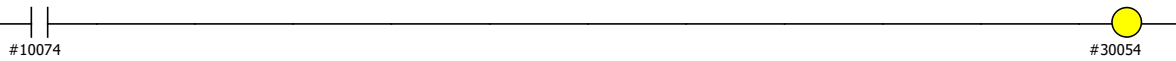
230



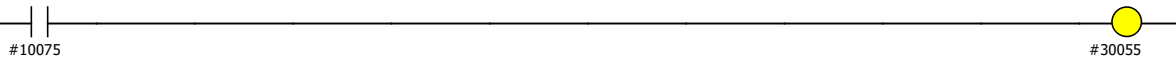
231



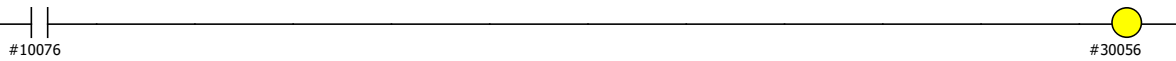
232



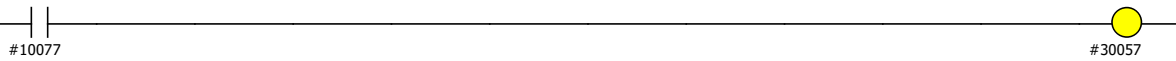
233



234



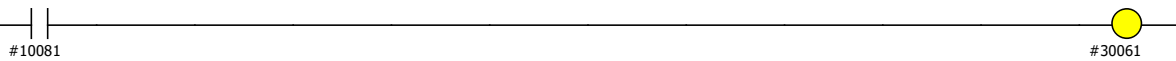
235



236



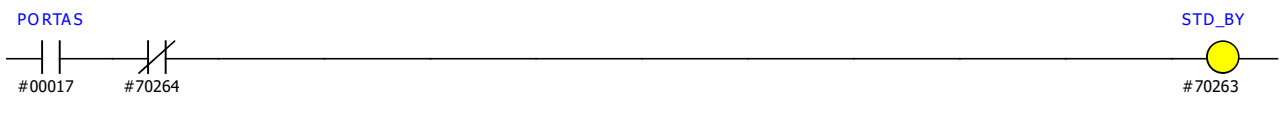
237



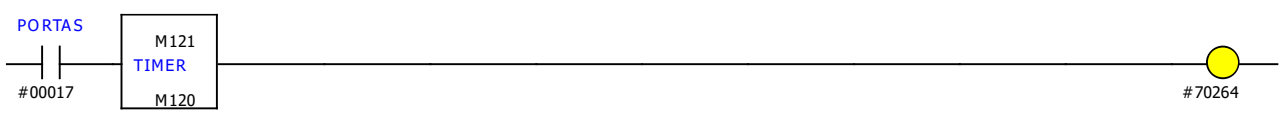
238



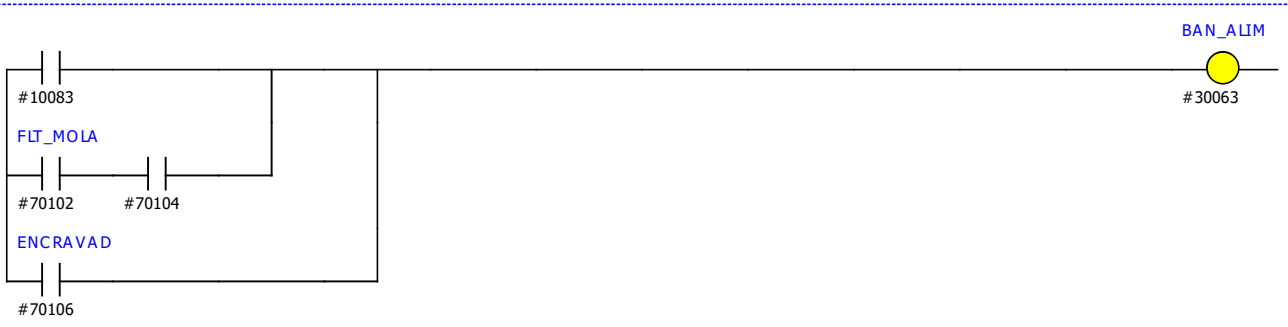
239



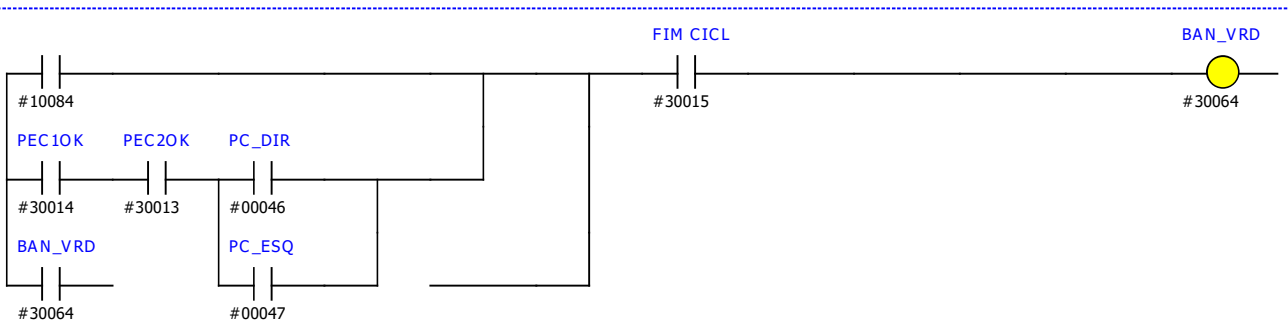
240



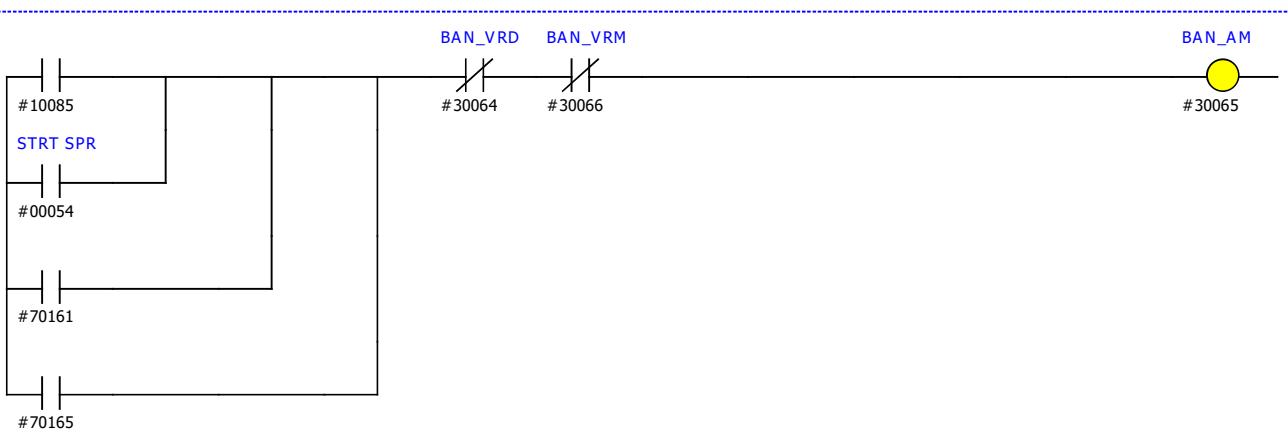
241



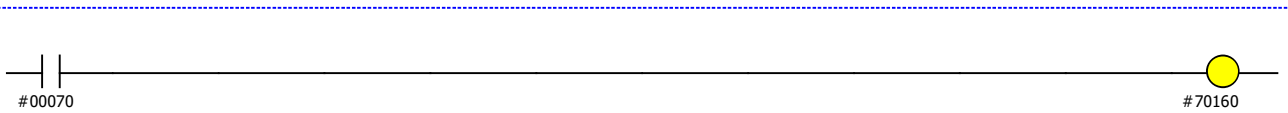
242



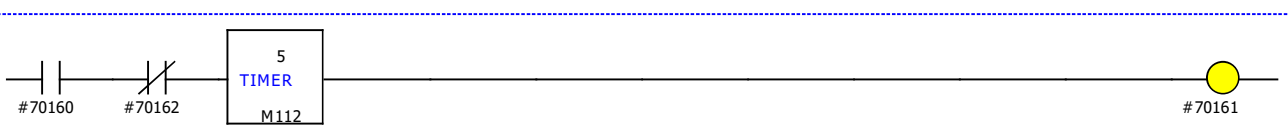
243



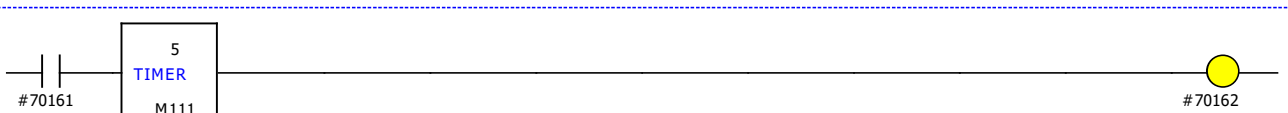
244



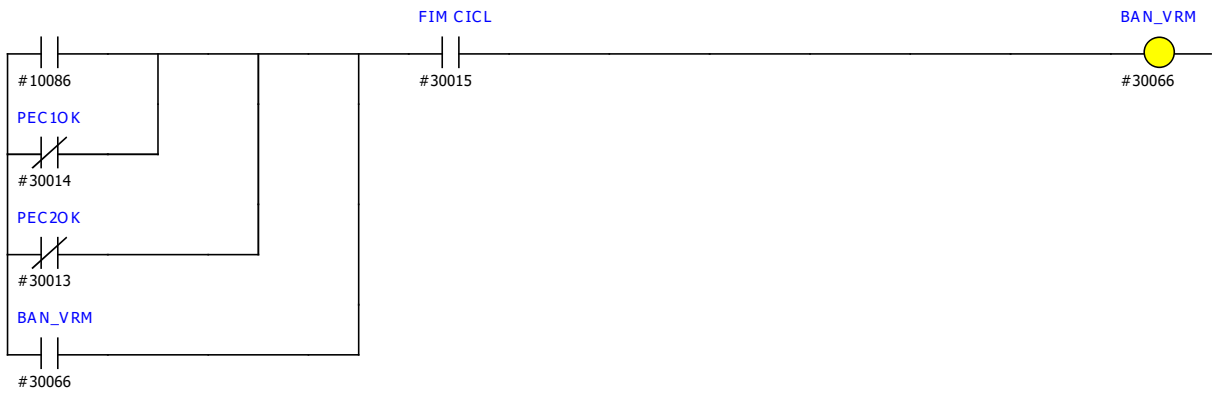
245



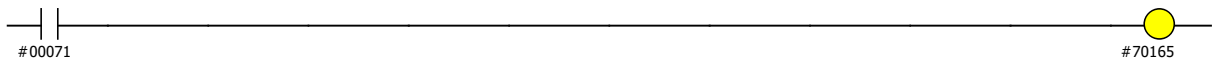
246



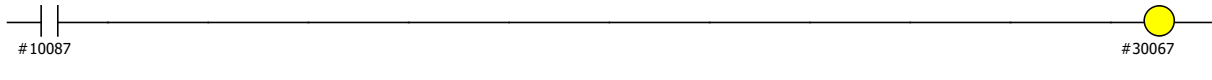
247



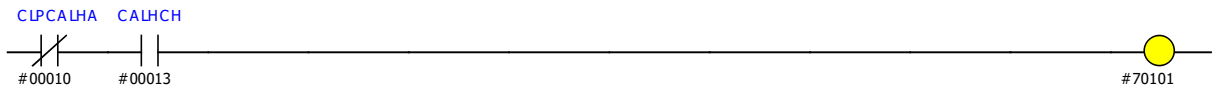
248



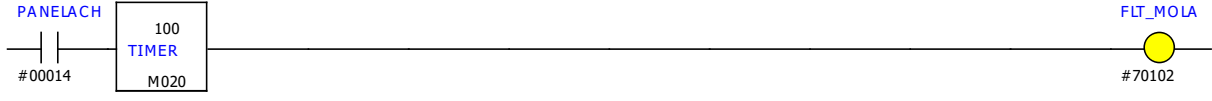
249



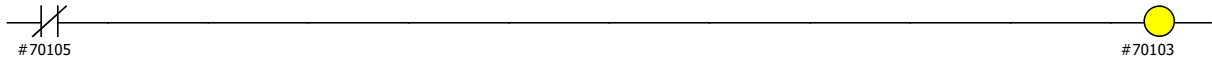
250



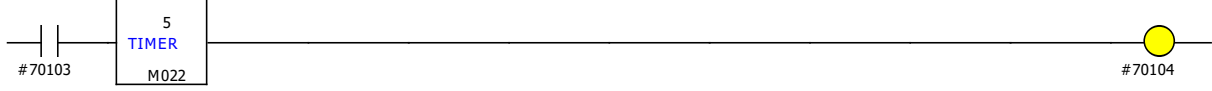
251



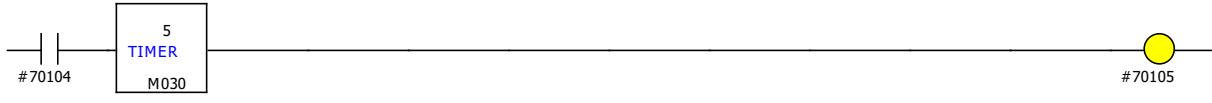
252



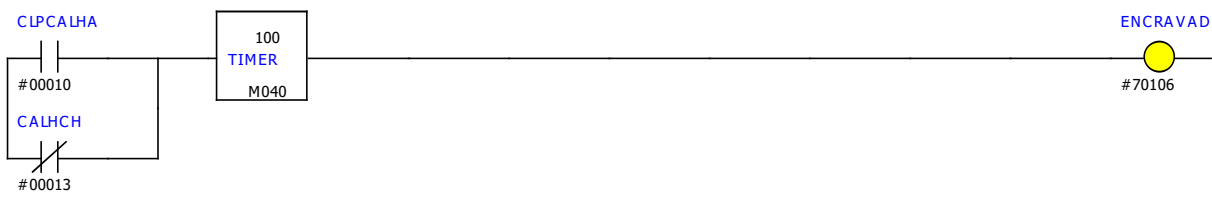
253



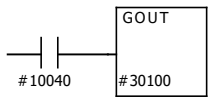
254



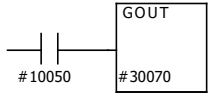
255



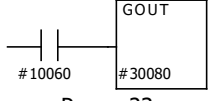
256



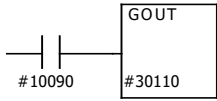
257



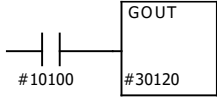
258



259



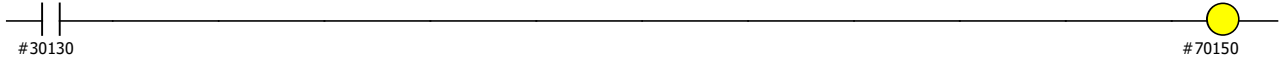
260



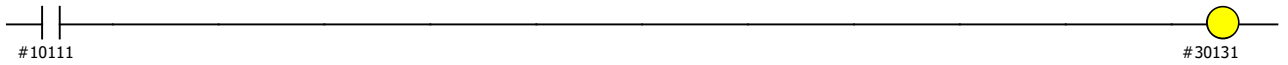
261



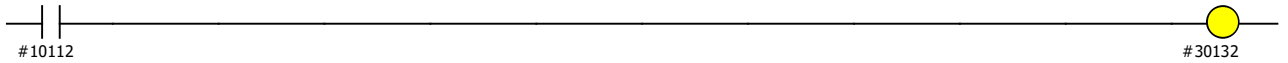
262



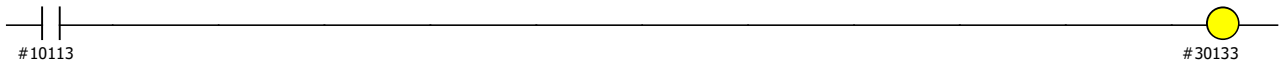
263



264



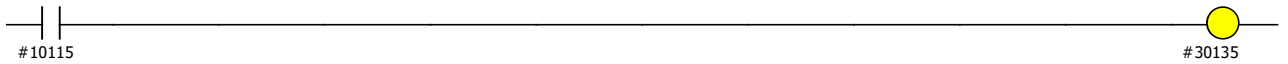
265



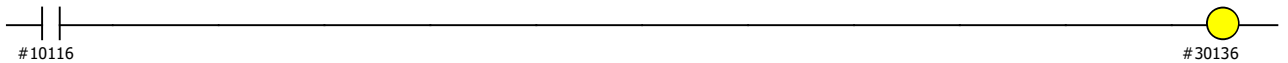
266



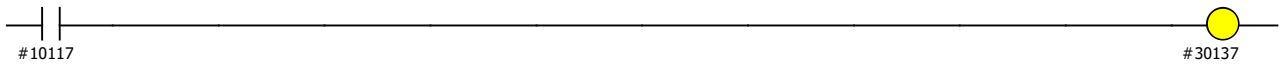
267



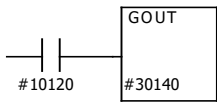
268



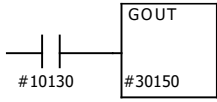
269



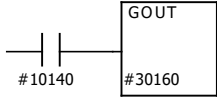
270



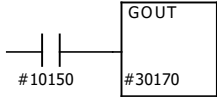
271



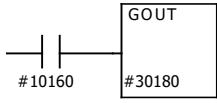
272



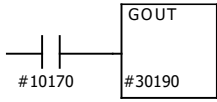
273



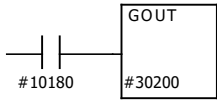
274



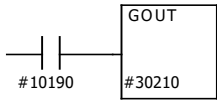
275



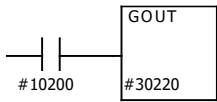
276



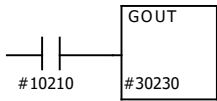
277



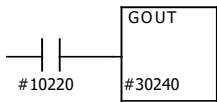
278



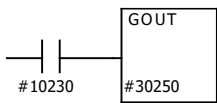
279



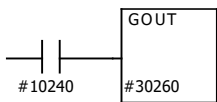
280



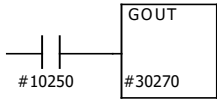
281



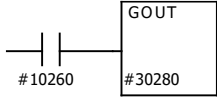
282



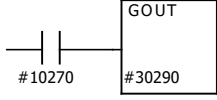
283



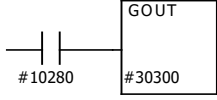
284



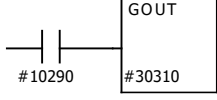
285



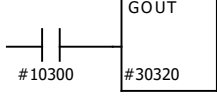
286



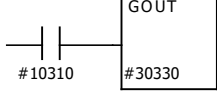
287



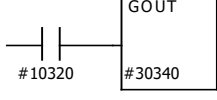
288



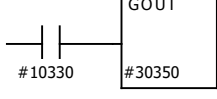
289



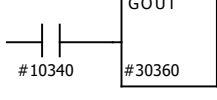
290



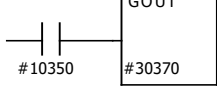
291



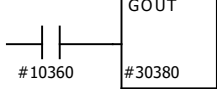
292



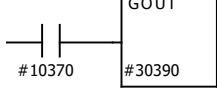
293



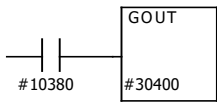
294



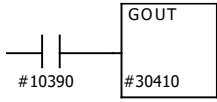
295



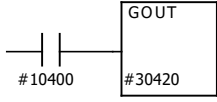
296



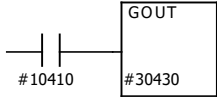
297



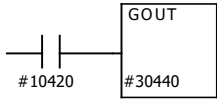
298



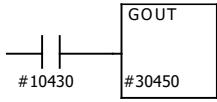
299



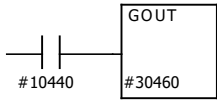
300



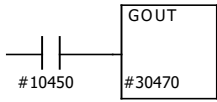
301



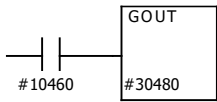
302



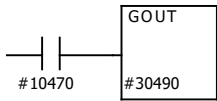
303



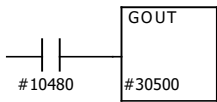
304



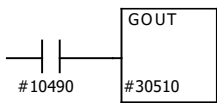
305



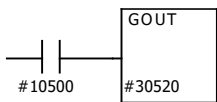
306



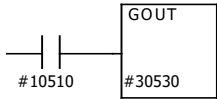
307



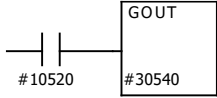
308



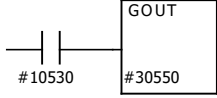
309



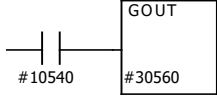
310



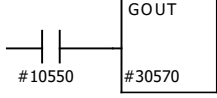
311



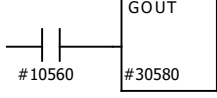
312



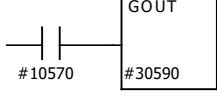
313



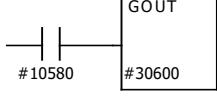
314



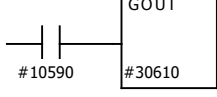
315



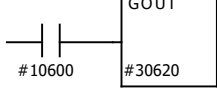
316



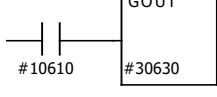
317



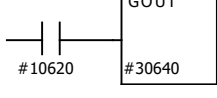
318



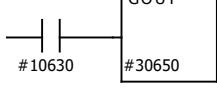
319



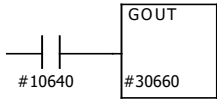
320



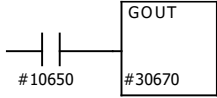
321



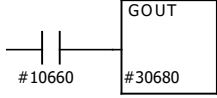
322



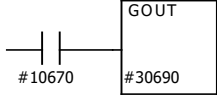
323



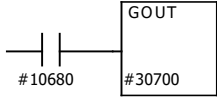
324



325



326



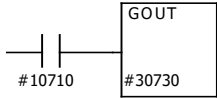
327



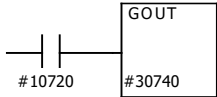
328



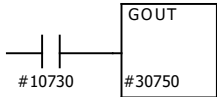
329



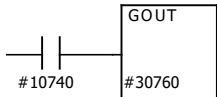
330



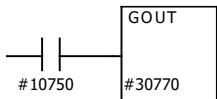
331



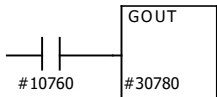
332



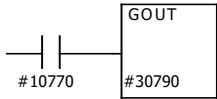
333



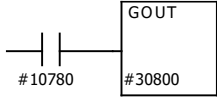
334



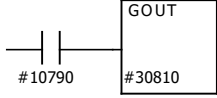
335



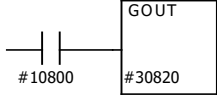
336



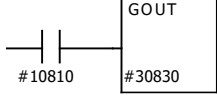
337



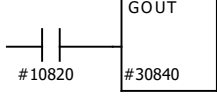
338



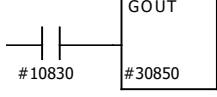
339



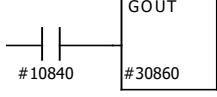
340



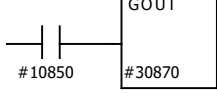
341



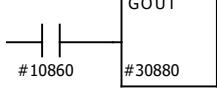
342



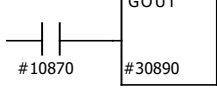
343



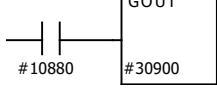
344



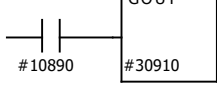
345



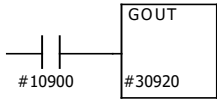
346



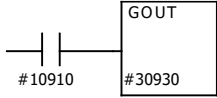
347



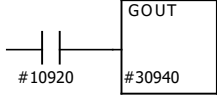
348



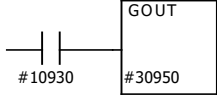
349



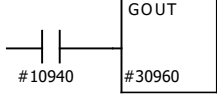
350



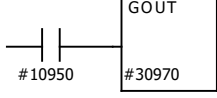
351



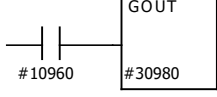
352



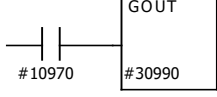
353



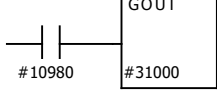
354



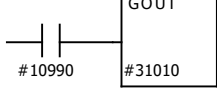
355



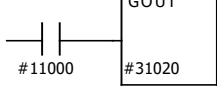
356



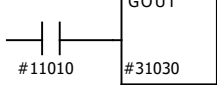
357



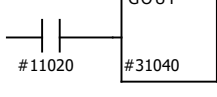
358



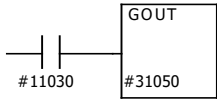
359



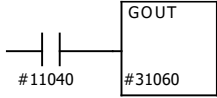
360



361



362



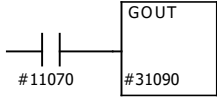
363



364



365



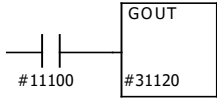
366



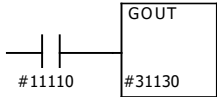
367



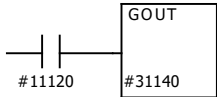
368



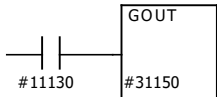
369



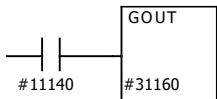
370



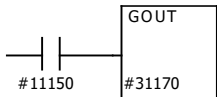
371



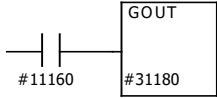
372



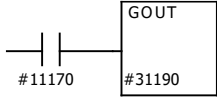
373



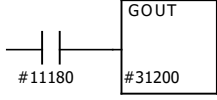
374



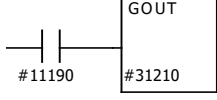
375



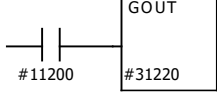
376



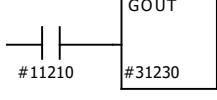
377



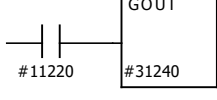
378



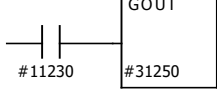
379



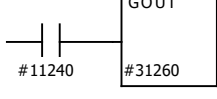
380



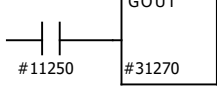
381



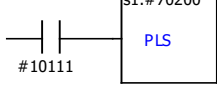
382



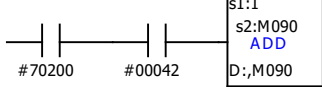
383



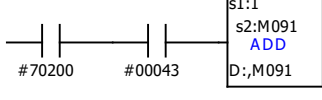
384



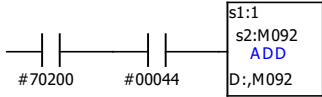
385



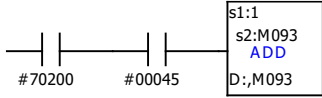
386



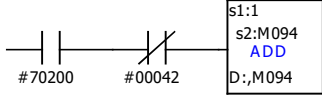
387



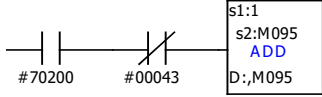
388



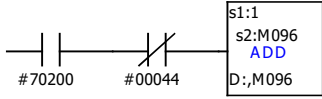
389



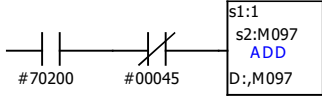
390



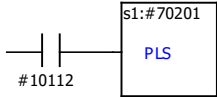
391



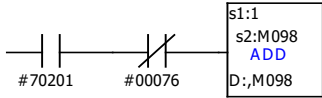
392



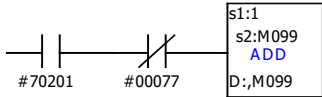
393



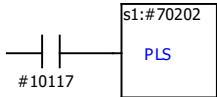
394



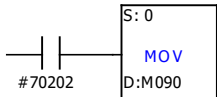
395



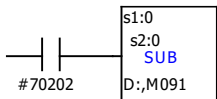
396



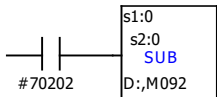
397



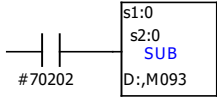
398



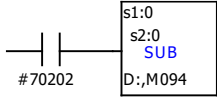
399



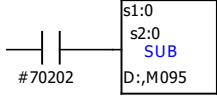
400



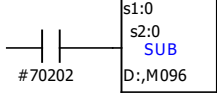
401



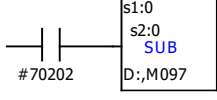
402



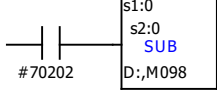
403



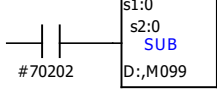
404



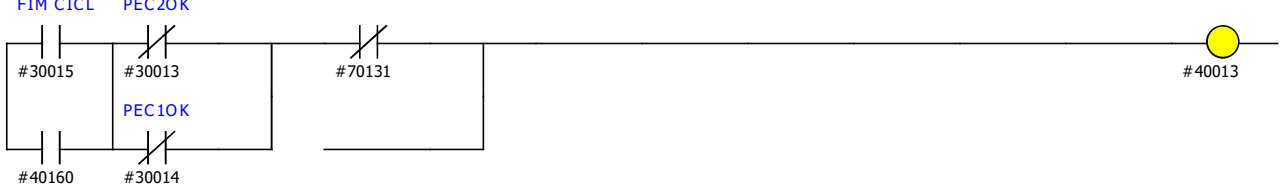
405



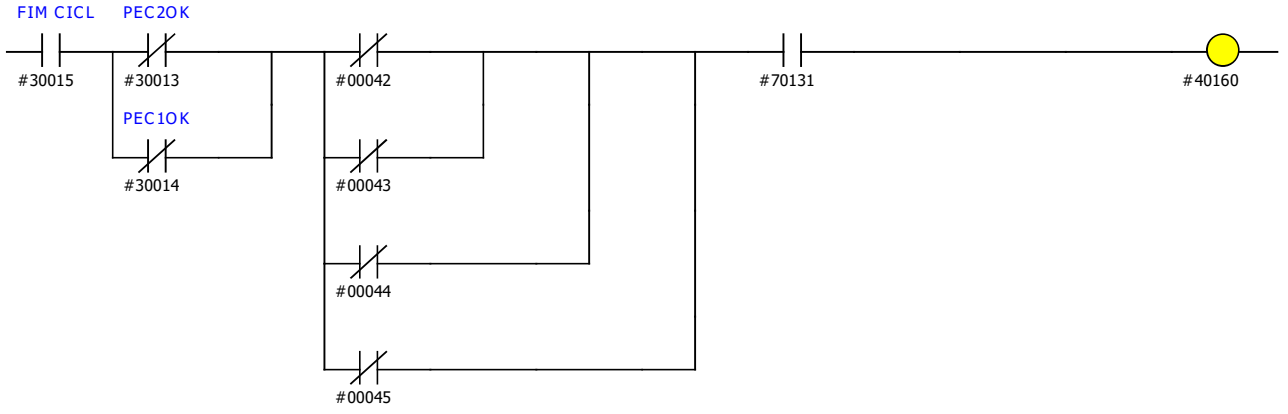
406



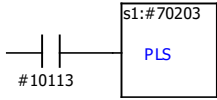
407



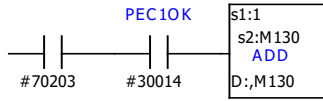
408



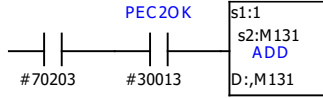
409



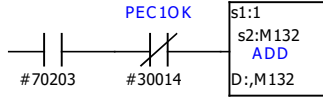
410



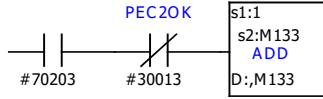
411



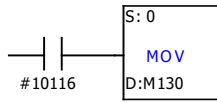
412



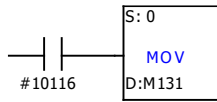
413



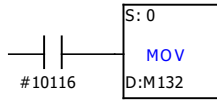
414



415



416



417

