



Melhoria e automação de linhas de montagem

RICARDO JOÃO RODRIGUES DE AZEVEDO

Agosto de 2015

MELHORIA E AUTOMAÇÃO DE LINHAS DE MONTAGEM

Ricardo João Rodrigues de Azevedo



Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
Área de Especialização de Sistemas e Planeamento Industrial

Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

2015

Este relatório satisfaz, parcialmente, os requisitos que constam da Ficha de Unidade Curricular de Tese/Dissertação, do 2º ano, do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Candidato: Ricardo João Rodrigues de Azevedo, N° 1130205, 1130205@isep.ipp.pt

Orientação científica: Eng.º Pedro Manuel Barbosa Guedes, pbg@isep.ipp.pt

Co-orientação científica: Eng.º Manuel Fernando dos Santos Silva, mss@isep.ipp.pt

Empresa: Grohe Portugal, Componentes Sanitários, Lda

Supervisão: Eng.º Celso Maia, cmaia@grohe.pt



Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
Área de Especialização de Sistemas e Planeamento Industrial
Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

30 de julho de 2015

Agradecimentos

Ao Professor Doutor Manuel Silva, orientador académico do ISEP, quero desde já expressar o meu sincero agradecimento, quer pela oportunidade de estágio apresentada, quer pela orientação, colaboração, disponibilidade e auxílio prestado durante o decorrer do estágio e realização da dissertação de mestrado.

Ao Engenheiro Celso Maia, que supervisionou o meu estágio na Grohe, agradeço a total confiança que em mim depositou, dando-me a oportunidade de evoluir profissionalmente.

A todo o Departamento da Montagem pela confiança depositada na minha pessoa, especial agradecimento ao Pedro Ferreira, Nelson Cascais, Porcina Oliveira, Paulo Henriques, Jorge Leite e Paula Loureiro por todos os conhecimentos que me transmitiram com a experiência do seu dia-a-dia, e pelo acompanhamento prestado que tão importante se revelou para o sucesso deste projeto. Quero citar um especial agradecimento ao Richard Silva, responsável pela construção das linhas de montagem e pela fixação do robô, da garra e das mesas de indexação (das paletes) ao chão, por todos os ensinamentos de maquinarias e ferramentas que me transmitiu, tendo sido uma peça fulcral para a conclusão deste projeto.

Ao Engenheiro Virgílio Pinheiro, que me mostrou a aplicabilidade de todo um percurso académico em ambiente industrial, e pela sua disponibilidade em verificar o estudo de tempos que foi realizado nas linhas dos cartuchos.

Não posso deixar de agradecer também aos meus amigos, que me acompanharam sempre ao longo do meu percurso académico e com quem partilhei não só bons momentos mas também experiências e conhecimentos.

À minha namorada, Daniela Diogo, agradeço todo o apoio, motivação e dedicação que demonstrou ao longo deste estágio.

Por último, reservo um agradecimento especial aos meus pais e irmã, por terem sempre acreditado no meu sucesso e por todas as oportunidades que me proporcionaram - sem vocês, não seria possível eu alcançar este estágio. A todos vós, muito obrigado.

Resumo

Hoje em dia, e com os avanços tecnológicos a surgirem de forma constante, existem novas áreas que têm de ser consideradas com um foco importante por parte de todas as organizações, sendo uma delas a robótica industrial. Motivada em aumentar o seu *output*, as condições de trabalho para os seus colaboradores, bem como todas as condições de organização da logística interna, a Grohe Portugal, mais especificamente o departamento da montagem, achou relevante fazer um estudo de métodos e tempos, calculando os ganhos potenciais de aumento de *output* com introdução de robótica nas linhas dos cartuchos. Os objetivos principais seriam então, fazer uma reestruturação de todo o *layout* dessas linhas, tendo como foco automatizar alguma(s) operação(ões), conseguindo assim uma melhoria significativa do *output* dessas linhas com o menor *payback* possível.

Posto isto, esta dissertação pretende apresentar o trabalho desenvolvido junto da Grohe Portugal, que teve como objetivo fazer os estudos e a automatização de linhas de montagem de cartuchos, bem como melhorar algumas linhas de montagem tendo em conta fatores ergonómicos. Relativamente à automatização da linha dos cartuchos, foi importante estudar todos os seguintes aspetos:

- utilização de unidades robóticas;
- ergonomia;
- ganhos de produtividade;
- automatizar ou semi-automatizar operações;
- simplificar processos de montagem;
- simplificar *setups*;
- solicitar orçamentos;
- elaborar caderno de encargos.

Para a realização deste projeto, o trabalho desenvolvido foi decomposto em várias etapas, entre as quais se destacam:

- análise e estudo dos métodos e sequências de montagem;
- levantamento de todos os componentes e operações de montagem até à obtenção do cartucho final;
- estudo de tempos de todas essas operações de montagem;
- caracterização de um novo *layout* para as linhas com a introdução de unidades robóticas, tanto quanto possível, mais adequadas;
- elaboração de caderno de encargos para ser enviado a empresas, para estas poderem apresentar uma orçamentação, bem como indicar as unidades robóticas mais adequadas para as tarefas pretendidas;
- automatização da linha dos cartuchos.

Relativamente ao projeto de novas linhas de montagem tendo em conta fatores ergonómicos, de forma a melhorar os sistemas de abastecimento e as condições de trabalho por parte dos operadores, foram postos em prática diferentes passos, nomeadamente:

- identificação de todos os processos de montagem realizados pelos operadores na linha a melhorar;
- estudo e definição da disposição dos componentes na nova linha, bem como a sua forma de abastecimento;
- projeto da nova linha de montagem em 3D com recurso ao *software* SolidWorks;
- realização prática da linha, acompanhando e ajudando a equipa da ferramentaria.

O balanço final do trabalho foi bastante positivo, tanto na automatização das linhas de montagem dos cartuchos, em que todo o seu estudo foi alcançado com sucesso, como no melhoramento ergonómico das linhas de montagem, tendo-se alcançado melhorias em alguns índices de qualidade, tempos de abastecimento, organização das linhas, e nas condições de iluminação, resultando essas melhorias numa avaliação positiva por parte dos colaboradores que nelas trabalham todos os dias.

Palavras-Chave

Automatização, robótica, estudo de métodos e tempos, caderno de encargos, linhas de montagem, ergonomia, abastecimento.

Abstract

Nowadays, with innovative technological advances coming up consistently, there are new areas that should be considered by all organizations with an important focus, being one of them industrial robotics. Motivated to increase their output, working conditions for its employees, as well as all organizational conditions of the internal logistics, Grohe Portugal, specifically the assembly department, found relevant to perform a motion and time study, calculating the potential gains of increased output with the introduction of robotic lines for the assembly of cartridges. The main objectives were then to restructure the entire layout of these lines, focusing on automating some operations, in order to achieve a significant improvement in its output with the lowest possible payback.

Hereupon, this dissertation aims to present the work developed with Grohe Portugal, which aimed to perform the studies and the automation of the cartridge assembly lines as well as improving some assembly lines taking into account ergonomic factors. Regarding the automation of the cartridges lines, it was important to study all the following aspects:

- use of robot units;
- ergonomics;
- productivity improvement;
- automation or semi-automation of some operations;
- simplifying assembly processes;
- simplifying setups;
- request budgets;
- prepare contract documents.

To achieve the goals of this project, the developed work was broken down into several stages, among which are some that stood out:

- analysis and study of methods and assembly sequences;

- survey of all components and assembly operations until the achievement of the final cartridge;
- time analysis of all these assembly operations;
- characterization of a new layout for the lines with the introduction of the most suitable robotic units as possible;
- preparation of contract documents to be sent to companies in order to enable them to present a budget and indicate the most appropriate robotic units for the specific required tasks;
- automation of the cartridge line.

For the design of new production lines, taking into account ergonomic factors, to improve the supply system and operators` working conditions, different steps were implemented:

- identification of all assembly processes made by operators in the line needing improvement;
- study and definition of the disposal of the components in the new line as well as their form of supply;
- design the new assembly line in 3D using SolidWorks software;
- practical realization of the line, following and helping the tooling team.

The final balance of the work was very positive, both in the automation of the cartridge lines, in which all the goals of the study were successfully achieved, as in the ergonomics improvement of the assembly lines, having achieved a good progress in the quality indices, supply times, lines` organization, and the lighting conditions, resulting these improvements in a positive evaluation by the employees who work in lines of Grohe Portugal every day.

Keywords

Automation, robotics, motion and time analysis, contract document, assembly lines, ergonomics, supply.

Índice

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
ÍNDICE	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABELAS	XVII
ACRÓNIMOS	XIX
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO	1
1.2. OBJETIVOS E MOTIVAÇÃO	2
1.3. CALENDARIZAÇÃO	3
1.4. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO	5
2. GROHE PORTUGAL	7
2.1. APRESENTAÇÃO DA GROHE PORTUGAL	7
2.2. PROCESSO PRODUTIVO – ATIVIDADES PRINCIPAIS	9
2.2.1. <i>Macharia e fundição</i>	10
2.2.2. <i>Maquinagem</i>	16
2.2.3. <i>Lixamento e polimento</i>	17
2.2.4. <i>Galvânica</i>	21
2.2.5. <i>Montagem</i>	24
2.3. DEPARTAMENTO DA MONTAGEM	24
2.3.1. <i>Estrutura, layout e apresentação das famílias</i>	25
2.3.2. <i>Abastecimento</i>	37
2.3.3. <i>Firewall e rejeição</i>	41
2.3.4. <i>Prémio de desempenho</i>	43
2.4. PROCESSO PRODUTIVO E AS ATIVIDADES DE SUPORTE	44
2.4.1. <i>Compras</i>	44
2.4.2. <i>Informática</i>	44
2.4.3. <i>Gestão financeira</i>	45
2.4.4. <i>Engenharia</i>	45
2.4.5. <i>Logística</i>	45
2.4.6. <i>Recursos humanos</i>	45
2.4.7. <i>Qualidade</i>	45
3. ESTUDO DE MÉTODOS E TEMPOS	47

3.1.	ESTUDO DOS MÉTODOS.....	47
3.1.1.	<i>Etapas do estudo dos métodos</i>	48
3.1.2.	<i>Gráficos de atividades</i>	50
3.2.	ESTUDO DOS TEMPOS	52
3.2.1.	<i>Importância dos tempos padrão</i>	52
3.2.2.	<i>Métodos de medida do trabalho</i>	52
4.	ERGONOMIA NO TRABALHO	57
4.1.	CONCEITO, OBJETIVOS E HISTÓRIA	57
4.2.	TIPOS DE ERGONOMIA	60
4.2.1.	<i>Ergonomia de concepção e correção</i>	60
4.2.2.	<i>Ergonomia do produto e produção</i>	61
4.2.3.	<i>Ergonomia antropométrica e informacional</i>	62
4.3.	ERGONOMIA NO POSTO DE TRABALHO.....	62
4.3.1.	<i>Utilização do corpo humano – leis fisiológicas</i>	62
4.3.2.	<i>Disposição do posto de trabalho</i>	65
4.3.3.	<i>Concepção da ferramenta e dos materiais</i>	67
4.4.	ANTROPOMETRIA	70
4.4.1.	<i>Antropometria estática</i>	71
4.4.2.	<i>Antropometria dinâmica</i>	77
5.	LEVANTAMENTO DO PROBLEMA	79
5.1.	FUNCIONAMENTO ATUAL DAS LINHAS DOS CARTUCHOS TERMOSTÁTICOS (CTHX).....	79
5.2.	TEMPOS DE CICLO E ESTUDO DE TEMPOS DA LINHA DOS CARTUCHOS	83
6.	PROPOSTAS PARA A RESOLUÇÃO DO PROBLEMA	89
6.1.	INTRODUÇÃO DE ROBÓTICA/AUTOMAÇÃO.....	89
6.2.	PRINCIPAIS ALTERAÇÕES E CONSIDERAÇÕES PARA UM NOVO <i>LAYOUT</i>	91
6.3.	GRÁFICO ROBÔ – 2 MÁQUINAS	92
6.4.	PRINCIPAIS PRESSUPOSTOS A CONSIDERAR NA AUTOMAÇÃO DAS LINHAS – ELABORAÇÃO DO CADERNO DE ENCARGOS.....	94
6.5.	POSSÍVEIS ROBÔS E GARRA A UTILIZAR	97
6.5.1.	<i>Robô articulado UR10 – Universal Robots</i>	98
6.5.2.	<i>Robô KUKA Agilus KR10 R1100</i>	99
6.5.3.	<i>Garra dupla</i>	100
6.6.	PROPOSTAS E PAYBACK DA AUTOMAÇÃO DAS LINHAS DOS CARTUCHOS.....	101
6.6.1.	<i>Proposta da empresa EPL</i>	101
6.6.2.	<i>Proposta da empresa Make Industry</i>	103
6.6.3.	<i>Proposta da empresa RobotSol</i>	104
7.	ALTERAÇÃO DE LINHAS DE MONTAGEM	107
7.1.	PROJETO LAVATÓRIOS E BIDÉS (LB).....	107
7.1.1.	<i>Metodologia adotada</i>	108
7.1.2.	<i>Dimensionamento padrão das linhas atendendo à ergonomia</i>	115

7.1.3.	<i>Fase de projeto</i>	120
7.1.4.	<i>Implementação com representação das situações anteriores e posteriores das LB</i>	122
7.2.	PROJETO BANHEIRAS E CHUVEIROS (BC)	129
7.2.1.	<i>Fase de projeto</i>	129
7.2.2.	<i>Implementação com representação das situações anteriores e posteriores da BC03</i>	131
8.	IMPLEMENTAÇÃO DA AUTOMATIZAÇÃO DA LINHA DOS CARTUCHOS	133
8.1.	FASE DE PROJETO PARA ENSAIO 1	133
8.1.1.	<i>Projeto para a base de fixação para o robô UR10</i>	134
8.1.2.	<i>Projeto para a bancada de fixação para a paletização de entrada e saída</i>	135
8.1.3.	<i>Projeto para paletes de entrada que permitam orientar os cartuchos</i>	137
8.1.4.	<i>Projeto dos dedos para a garra da Bosch disponível na Grohe</i>	138
8.1.5.	<i>Projeto da flange que permita adaptar a garra da Bosch ao punho do robô</i>	140
8.1.6.	<i>Ensaio de programação - 1</i>	142
8.2.	FASE DE PROJETO PARA ENSAIO 2	145
8.2.1.	<i>Projeto dos dedos para as garras DHPS-20-A da Festo</i>	145
8.2.2.	<i>Projeto da flange para adaptar duas garras Festo DHPS-20-A ao punho do robô</i>	147
8.2.3.	<i>Ensaio de programação - 2</i>	149
8.2.4.	<i>Projeto de melhoria da bancada de fixação para a paletização de entrada e saída</i>	154
9.	CONCLUSÕES	157
9.1.	CONCLUSÕES DA AUTOMATIZAÇÃO DAS LINHAS DOS CARTUCHOS	157
9.1.1.	<i>Trabalho futuro na automatização das linhas dos cartuchos</i>	158
9.2.	CONCLUSÕES DA MELHORIA DE LINHAS DE MONTAGEM	160
	REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS	163
	ANEXO A. NOVO LAYOUT DO DEPARTAMENTO DA MONTAGEM	165
	ANEXO B. CHECK LIST PARA A ANÁLISE DAS OPERAÇÕES	167
	ANEXO C. CHECK LIST PARA O ESTUDO DE MICROMOVIMENTOS	173
	ANEXO D. ESTUDO DE TEMPOS COM AS CRONOMETRAGENS CORRESPONDENTES ÀS EQUIPAS 1, 2, 3, 4, 5 E 6	179
	ANEXO E. PRINCIPAIS LAYOUTS CONSIDERADOS PARA A AUTOMATIZAÇÃO DA LINHA DOS CARTUCHOS	185
	ANEXO F. GRÁFICO ROBÔ – 2 MÁQUINAS (MÁQUINAS DO TESTE DE ÁGUA CTHX01 E CTHX02)	189
	ANEXO G. CADERNO DE ENCARGOS PARA A AUTOMATIZAÇÃO DE DUAS LINHAS DE CARTUCHOS	195
	ANEXO H. CARACTERÍSTICAS, VOLUME DE TRABALHO E DIMENSÕES DO ROBÔ UR10 ..	201
	ANEXO I. CARACTERÍSTICAS, VOLUME DE TRABALHO E DIMENSÕES DO ROBÔ KUKA KR10	207

ANEXO J. CARACTERÍSTICAS E DIMENSÕES DE GARRAS DE DOIS DEDOS DA ROBOTIQ E FESTO.	209
ANEXO K. PAYBACK REFERENTE ÀS PROPOSTAS DAS EMPRESAS DA EPL, MAKE INDUSTRY E ROBOTSOL.....	219
ANEXO L. PROPOSTA TÉCNICO-COMERCIAL DA EMPRESA MAKE INDUSTRY	223
ANEXO M. PROJETOS EM SOLIDWORKS DAS LINHAS DAS EMBALAGENS DAS LB	227
ANEXO N. PROJETO PARA A BASE DE FIXAÇÃO PARA O ROBÔ	231
ANEXO O. PROJETO PARA A BANCADA DE FIXAÇÃO PARA A PALETIZAÇÃO DE ENTRADA E SAÍDA.....	233
ANEXO P. PROJETO PARA A PALETE E A RESPETIVA BASE QUE PERMITA ORIENTAR OS CARTUCHOS	235
ANEXO Q. PROJETO DOS DEDOS PARA INCORPORAR NA GARRA DA BOSCH	237
ANEXO R. PROJETO DA FLANGE PARA INDEXAÇÃO DA GARRA BOSCH AO ROBÔ.....	239
ANEXO S. PROJETO DOS DEDOS PARA INCORPORAR NAS GARRAS DA FESTO DHPS-20-A	241
ANEXO T. PROJETO DA FLANGE PARA AGREGAR DUAS GARRAS FESTO AO ROBÔ.....	243

Índice de Figuras

Figura 1 – Vista aérea da fábrica Grohe Portugal – Componentes Sanitários, Lda	8
Figura 2 – Fases do processo produtivo da Grohe	9
Figura 3 – Disposição dos vários departamentos da Grohe Portugal	9
Figura 4 – Fabrico dos machos: máquina de produção (esquerda), machos produzidos (direita)....	10
Figura 5 – Rebarbagem manual dos machos	11
Figura 6 – Transvase da liga num reservatório adequado (esquerda) e fornos de manutenção (direita)	11
Figura 7 – Posto de gravidade (esquerda) e posto de baixa pressão (direita) na fundição	12
Figura 8 – Exemplo de uma coquilha.....	13
Figura 9 – Inserção manual de um macho de areia dentro de uma coquilha na fundição	13
Figura 10 – Posto de corte dos cachos na fundição.....	14
Figura 11 – Acumulação de areia dentro dos corpos	14
Figura 12 – Máquinas granalhadoras da fundição.....	15
Figura 13 – Fase final dos corpos na fundição (esquerda) e supermercado da fundição (direita) ...	15
Figura 14 – Exemplo de uma máquina CNC do departamento de maquinagem	16
Figura 15 – Processo de inspeção visual com calibres “passa/não passa”	17
Figura 16 – Exemplo de uma máquina de lavagem e desgorduramento Ecoclean.....	17
Figura 17 – Posto de lixamento automático (robô ABB).....	18
Figura 18 – Exemplo de uma imperfeição no processo de lixamento automático	19
Figura 19 – Postos de lixamento manual	19
Figura 20 – Posto de inspeção visual após o lixamento	20
Figura 21 – Postos de polimento automático (esquerda) e manual (direita)	20
Figura 22 – Suspensão metálica com corpos.....	22
Figura 23 – Suspensões metálicas com corpos, inseridas no tanque de desgorduramento	22
Figura 24 – Corpos na fase final dos processos de eletrodeposição de níquel e cromo	23
Figura 25 – Posto de inspeção visual dos corpos das torneiras na Galvânica	23
Figura 26 – Linha do processo de descromagem e desniquelagem.....	24
Figura 27 – Exemplo de corpos descromados e desniquelados	24
Figura 28 – Produto final das Clássicas Costa (esquerda), linha CL01 das Clássicas (direita)	25
Figura 29 – Produto final das Termostáticas (esquerda), linha TH05 das Termostáticas (direita) ..	26
Figura 30 – Produto final das BC (esquerda), linha BC03 das Banheiras e Chuveiros (direita)	26
Figura 31 – Produto final das CZ (esquerda), linha CZ03 das Cozinhas (direita)	27
Figura 32 – Produto final das CM (esquerda), linha CM02 das Cozinhas Mintas (direita)	27
Figura 33 – Produto final das LB (esquerda), linha LB03 dos Lavatórios e Bidés (direita).....	28

Figura 34 – Produto final das BR (esquerda), linha BR01 das Blue and Red (direita).....	28
Figura 35 – Produto final dos Cartuchos (esquerda), linha CTHx2 dos Cartuchos (direita).....	29
Figura 36 – Exemplo de uma linha Laser.....	30
Figura 37 – Linha VE02 das Válvulas Embutidas	30
Figura 38 – Supermercado dinâmico das Clássicas	31
Figura 39 – Zona da ferramentaria da Montagem.....	32
Figura 40 – <i>Layout</i> em “U” utilizado em diversas linhas da Montagem.....	33
Figura 41 – Exemplo de um E-Plant	34
Figura 42 – Posto do teste de água de uma linha das TH.....	34
Figura 43 – Bancada da Embalagem (esquerda) e embalamento de uma torneira (direita)	35
Figura 44 – Palete com produto final	35
Figura 45 – Exemplo de identificação, suporte para primeira peça e documentação de apoio	36
Figura 46 – Sinalética existente para as linhas na Montagem.....	36
Figura 47 – Equipamentos de Proteção Individual (EPI).....	37
Figura 48 – Abastecimento de corpos à linha através de suspensões (esquerda) e através de caixas Grohe (direita)	38
Figura 49 – Supermercado: dinâmico (esquerda), lugar de palete (direita)	38
Figura 50 – Exemplo de uma estante de <i>picking</i> dinâmico	39
Figura 51 – Etiqueta de identificação de um produto.....	39
Figura 52 – Etiqueta branca (esquerda) e etiqueta roxa (direita)	40
Figura 53 – Armazenamento de material em lugares de palete.....	41
Figura 54 – Palete de torneiras a ser embalada pelo <i>Stretch Wrapping</i>	42
Figura 55 – Taxas de rejeição mensais de produto final nos anos de 2013 e 2014.....	43
Figura 56 – Evolução ao longo do ano de 2014 das taxas de rejeição por cada classe de defeitos..	43
Figura 57 – Tempos de ciclo para o trabalho com uma ou duas mãos (Silva, 2012a)	63
Figura 58 – Quarta regra (Silva, 2012a).....	64
Figura 59 – Décima primeira regra (Silva, 2012a).....	65
Figura 60 – Décima segunda regra: <i>layout</i> incorreto (à esquerda) e <i>layout</i> correto (à direita) (Silva, 2012a).....	65
Figura 61 – Diferentes tempos de recolha de componentes armazenados em caixas diferentes (Silva, 2012a).....	66
Figura 62 – Décima quarta regra (Silva, 2012a)	66
Figura 63 – Recomendações para iluminação num posto de trabalho (Iida, 2005).....	67
Figura 64 – Décima oitava regra (Silva, 2012a).....	67
Figura 65 – Décima nona regra (Silva, 2012a).....	68
Figura 66 – Vigésima regra (Silva, 2012a)	68
Figura 67 – Vigésima primeira regra (Silva, 2012a).....	69
Figura 68 – Vigésima segunda regra (Silva, 2012a)	69
Figura 69 – Vigésima quarta regra (Silva, 2012a)	70

Figura 70 – Diferenças entre proporções corporais de indivíduos de diferentes etnias (Iida, 2005)	71
Figura 71 – Dimensões antropométricas estáticas (Iida, 2005).....	72
Figura 72 – Representação bidimensional das 29 variáveis antropométricas tabeladas por Felisberto e Paschoarelli (2001).....	73
Figura 73 – Medidas antropométricas consideradas no estudo antropométrico da população portuguesa (Arezes et al., 2006).....	74
Figura 74 – Dimensões antropométricas: posição em pé (em cima) e posição sentado (em baixo) (Arezes <i>et al.</i> , 2006).....	75
Figura 75 – Exemplos de dimensões de antropometria dinâmica (Gonçalves, 2013).....	78
Figura 76 – Antropometria dinâmica – trabalho sentado (Iida, 2005).....	78
Figura 77 – <i>Layout</i> e posicionamento relativo das linhas CTHx1, CTHx2 e CTHx3.....	80
Figura 78 – Tipos de cartuchos montados na Grohe Portugal.....	81
Figura 79 – Possível <i>layout</i> em 2D e 3D para a automação de duas linhas dos cartuchos	90
Figura 80 – Sequência de tarefas do robô com duas máquinas.....	92
Figura 81 – Abertura máxima da máquina do teste de água quando termina o teste a um cartucho	97
Figura 82 – Robô UR10 da Universal Robots.....	99
Figura 83 – Robô KR10 R1100 da KUKA	100
Figura 84 – Programação do robô UR5, com uma garra de dois dedos da Robotiq, pela empresa EPL na máquina da soldadura da linha dos cartuchos	102
Figura 85 – Resumo da proposta técnico-comercial e orçamento da empresa EPL.....	103
Figura 86 – Resumo da proposta técnico-comercial da empresa RobotSol	105
Figura 87 – Situação anterior (à esquerda) e posterior (à direita) à aplicação da metodologia 1... 109	
Figura 88 – Situação anterior (à esquerda) e posterior (à direita) à aplicação da metodologia 2... 109	
Figura 89 – Formas de acondicionamento de componentes mais utilizadas.....	110
Figura 90 – Situação anterior (à esquerda) e posterior (à direita) à aplicação da metodologia 3... 111	
Figura 91 – Situação anterior (à esquerda) e posterior (à direita) à aplicação da metodologia 4... 112	
Figura 92 – Situação anterior (à esquerda) e posterior (à direita) à aplicação da metodologia 5... 113	
Figura 93 – Situação anterior (à esquerda) e posterior (à direita) à aplicação da metodologia 6... 114	
Figura 94 – Situação anterior (à esquerda) e posterior (à direita) à aplicação da metodologia 6... 114	
Figura 95 – Disposição da zona dos sacos na LB03	115
Figura 96 – Situação anterior (à esquerda) e posterior (à direita) à aplicação da metodologia 8... 115	
Figura 97 – Altura do suporte das lâmpadas até à bancada, implementadas nas LB	116
Figura 98 – Altura da bancada até ao chão, implementada nas bancadas das linhas LB	117
Figura 99 – Alturas das rampas para colocação de caixas do nível inferior e superior.....	118
Figura 100 – Dimensionamento para o tampo da mesa para as LB	118
Figura 101 – Rampas de escoamento à frente da linha (à esquerda) e atrás da linha (à direita) implementadas nas LB	119
Figura 102 – Localização das tomadas, interruptor e do quadro informativo.....	120
Figura 103 – Projeto em SolidWorks das bancadas das embalagens das LB	121

Figura 104 – Bancada de embalagem da LB01 antes das alterações	122
Figura 105 – Bancada de embalagem da LB01 depois das alterações	123
Figura 106 – Bancada de embalagem da LB02 depois das alterações	124
Figura 107 – Bancada de embalagem da LB03 antes das alterações	125
Figura 108 – Bancada de embalagem da LB03 depois das alterações	125
Figura 109 – Bancada de embalagem da LB4 antes das alterações	126
Figura 110 – Implementação da nova bancada de embalagem da LB4	127
Figura 111 – Bancada de embalagem da LB5 antes das alterações	128
Figura 112 – Implementação da nova bancada de embalagem da LB5	128
Figura 113 – Projeto em SolidWorks da bancada da embalagem da BC03	130
Figura 114 – Bancada de embalagem da BC03 antes das alterações	131
Figura 115 – Implementação da nova bancada BC03	132
Figura 116 – Projeto da base de fixação do robô (à esquerda), e base de fixação do robô (à direita)	135
Figura 117 – Blisters usados para colocação de cartuchos prontos.....	135
Figura 118 – Colocação dos dois blisters no rasgo existente na bancada de fixação.....	136
Figura 119 – Projeto da bancada de fixação para a paletização de entrada e saída (à esquerda), e bancada de paletização de entrada e saída (à direita)	137
Figura 120 – Projeto em SolidWorks das paletes de entrada de cartuchos do tipo ½ normal.....	138
Figura 121 – Guia das paletes de entrada para orientação dos cartuchos do tipo ½ normal	138
Figura 122 – Projeto dos dedos para a garra Bosch em SolidWorks (à esquerda) e garra Bosch com os dedos (à direita)	139
Figura 123 – Conjunto em SolidWorks do robô com a garra e dedos mais a paleta.....	139
Figura 124 – Desenho cotado da flange de saída do robô UR10	140
Figura 125 – Desenho cotado da flange de saída da garra da Bosch.....	141
Figura 126 – Projeto da flange para a garra da Bosch em SolidWorks (à esquerda) e flange para a garra da Bosch (direita)	142
Figura 127 – Disposição do robô, bancada de paletização e máquina do teste de água no ensaio 1	143
Figura 128 – Robô a deslocar-se para retirar o cartucho da máquina do teste de água.....	143
Figura 129 – Sequência de pontos do robô para pegar (blister abaixo) e largar os cartuchos (blister acima) utilizados no ensaio 1	144
Figura 130 – Projeto dos dedos para a garra Festo DHPS-20-A em SolidWorks (à esquerda) e garra Festo DHPS-20-A com os dedos (à direita)	146
Figura 131 – Rebaixamento aplicado nos dedos para as garras Festo DHPS-20-A.....	146
Figura 132 – Exemplo de cálculo da força real exercida pelo robô dependendo do tipo de dedos	147
Figura 133 – Projeto em SolidWorks da flange para implementar no robô a garra dupla (à esquerda) e flange para implementar no robô a garra dupla (à direita)	148
Figura 134 – Ambiente em SolidWorks do robô com garra dupla, a pegar num cartucho na paleta	149

Figura 135 – Garra dupla agregada no robô UR10	149
Figura 136 – Disposição do robô, bancada de paletização e máquina do teste de água no ensaio 2	150
Figura 137 – Robô a retirar o cartucho da máquina do teste de água	151
Figura 138 - Ligação das garras às saídas digitais 0 e 4, no controlador do robô	153
Figura 139 – Configuração dos sinais de saída digitais, dando o “nome” “garra direita” à saída 0 e o “nome” “garra esquerda” à saída digital 4, no <i>teach pendant</i> do robô.....	153
Figura 140 – Janela do comando “definir”, no <i>teach pendant</i> do robô, para se abrir a garra direita no ponto programado	154
Figura 141 – Projeto de peça em alumínio para garantir o posicionamento das paletes na bancada de paletização.....	155
Figura 142 – Projeto da bancada de paletização final realizado em SolidWorks	156
Figura 143 - <i>Layout</i> final em 3D das linhas dos cartuchos realizado em SolidWorks.....	160

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Cronograma com a calendarização do estágio	4
Tabela 2 – Resultados finais do tratamento estatístico das variáveis antropométricas (valores em cm) (Felisberto e Paschoarelli, 2001)	73
Tabela 3 – Dados antropométricos estáticos da população portuguesa feminina (Arezes <i>et al.</i> , 2006)	76
Tabela 4 – Dados antropométricos estáticos da população portuguesa masculina (Arezes <i>et al.</i> , 2006)	77
Tabela 5 – Ilustração dos passos de montagem dos cartuchos termostáticos ½ normal	82
Tabela 6 – Tempos de ciclo dos diferentes passos, de cada posto de trabalho, da linha CTHx2.....	84
Tabela 7 – Tempos de ciclo por posto de trabalho da linha dos cartuchos	85
Tabela 8 – Aumento de <i>output</i> com base nos cálculos das cronometragens.....	86
Tabela 9 – Tempos considerados na elaboração do gráfico robô – duas máquinas	93
Tabela 10 – Cronometragens das máquinas do teste de água das linhas CTHx01 e CTHx02.....	93
Tabela 11 – Forças necessárias para colocar e retirar os cartuchos da máquina do teste de água ...	95
Tabela 12 - Sinais de I/O necessários para a programação final do robô.....	159

Acrónimos

BC – Banheiras e Chuveiros

BR – *Blue and Red*

CI – Centro de Informação

CL – Clássicas

CM – Cozinhas Mintas

CNC – *Computer Numerical Control*

CTHx – Cartuchos Termostáticos

CZ – Cozinhas

DEE – Departamento de Engenharia Eletrotécnica

EPI – Equipamento de Proteção Individual

IEA – International Ergonomics Association

ISEP – Instituto Superior de Engenharia do Porto

JIT – *Just In Time*

LB – Lavatórios e Bidés

LS – Laser

PLC – *Power Line Communication*

PM – Pré-Montagens

PVD – *Physical Vapor Deposition*

SAP – *Systems Applications and Products in data processing*

TH – Termostáticas

VE – Válvulas Embutidas

1. INTRODUÇÃO

Este documento pretende descrever todo o trabalho desenvolvido na Grohe Portugal, no âmbito da unidade curricular de Tese/Dissertação do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores – Ramo de Sistemas e Planeamento Industrial. A principal área de incidência do estágio foi a apresentação de soluções para automatizar as linhas dos cartuchos, bem como para a melhoria e simplificação ergonómica das linhas de montagem da fábrica. Foi assim que surgiu esta oportunidade de colaboração, dentro da área de Engenharia Industrial, entre a Grohe e o Departamento de Engenharia Eletrotécnica (DEE), do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP).

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

O grupo Grohe dedica-se à investigação, desenvolvimento e produção de componentes sanitários, mais especificamente torneiras e chuveiros, e é atualmente líder mundial neste ramo de negócios. A sua gama abrange desde torneiras de características mais clássicas até aquilo que se pode chamar como tecnologia de ponta neste ramo de negócios. Tendo como principal meta os elevados padrões de qualidade, assim como o seu *design* inovador, este posicionamento tem possibilitado à Grohe continuar na posição de liderança deste mercado.

A fábrica portuguesa, situada em Albergaria-a-Velha, foi inaugurada em 1998 e representa uma parte fundamental na produção total do grupo (cerca de 25%), uma vez que apresenta

capacidade para produzir não só produtos comuns a outras unidades do grupo, como também é responsável por produzir exclusivamente produtos nesta fábrica, como é o caso das torneiras termostáticas e dos cartuchos termostáticos.

No início do ano de 2015 a Grohe sentiu a necessidade de reorganizar toda a logística interna no departamento da montagem, projeto que está ainda a decorrer. Esta necessidade deveu-se a um novo processo de revestimento da superfície das torneiras, denominado por *Physical Vapor Deposition* (PVD), que foi inserido no departamento da montagem. De acordo com a Actio Consulting, empresa que tem dado algum suporte técnico e metodológico à Grohe, “este projeto, bem como a introdução de novos produtos, com o conseqüente aumento da variedade, implicou a reformulação do departamento da montagem e a reorganização do sistema logístico de abastecimento das linhas de montagem”. Pode-se visualizar o novo *layout* do departamento da montagem da Grohe no Anexo A.

Apesar de todas estas condicionantes, e ainda devido ao facto da Grohe trabalhar em política *Just in Time* (JIT) com objetivos de produção bastante ambiciosos (cerca de 12 000 unidades produzidas por dia), toda a fábrica apresenta mesmo assim condições de trabalho bastante satisfatórias. Contudo, a constante procura pela melhoria contínua em todas as suas linhas, levou esta unidade a propor ao ISEP este projeto que visa estudar a melhor forma de automatizar/melhorar as atuais linhas de produção de cartuchos.

1.2. OBJETIVOS E MOTIVAÇÃO

O objetivo principal deste estágio, como já foi referido, foi realizar um estudo de métodos e tempos nas linhas dos cartuchos, permitindo perceber-se com clareza os possíveis ganhos de *output* que se poderiam alcançar com introdução de robótica nessas mesmas linhas. Com todo este estudo teria também de se elaborar um caderno de encargos para posteriormente se poder contactar empresas fornecedoras de soluções de automação, para depois estas conseguirem apresentar orçamentos viáveis para as necessidades pretendidas por parte da Grohe. Com os orçamentos em mão, teriam de se fazer os cálculos do *payback*, posteriormente entregues às pessoas encarregues pela parte do investimento, para decidirem sobre investir ou não investir.

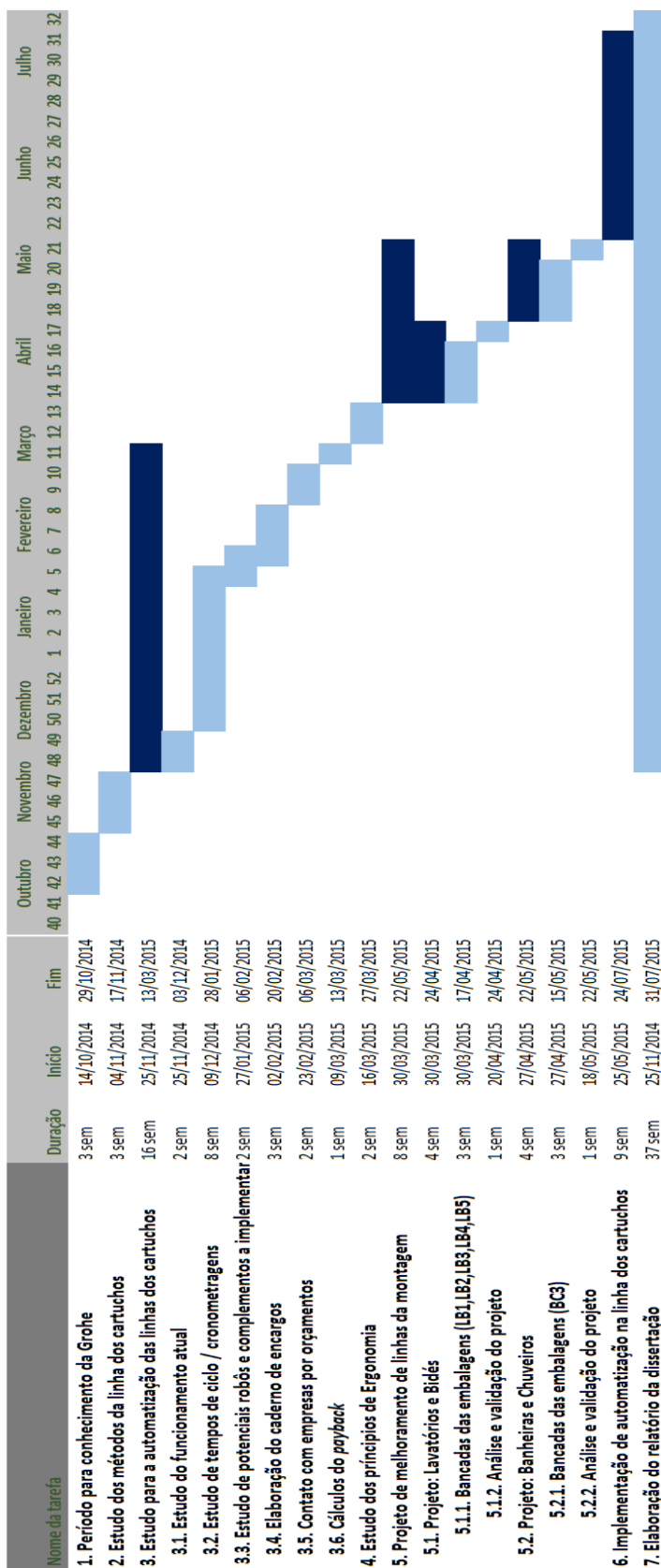
Um caderno de encargos é um documento contratual que descreve o que é esperado da empresa que é contratada pelo contratante. Trata-se de um documento que descreve da maneira mais precisa possível, com um vocabulário simples, as necessidades às quais a

empresa contratada deve responder, permite garantir ao contratante que a entrega do serviço pretendido será conforme o que está escrito, para assim se evitar que o mesmo se altere durante a fase de desenvolvimento do projeto/serviço. Assim, assumiu-se como um objetivo fulcral nesta dissertação realizar este documento, com todas as especificações necessárias para a linha dos cartuchos funcionar da maneira o mais eficiente possível.

1.3. CALENDARIZAÇÃO

Durante o estágio foi elaborada uma calendarização consciente de forma a cumprir datas dentro de prazos estipulados como correspondentes. Foi assim que se calendarizou fazer todo o estudo, bem como a realização de um caderno de encargos para a automatização do cartucho; tal como se mostra no cronograma da Tabela 1, esse prazo seria até meados de Março. Depois disso, e com a conclusão dos cálculos do *payback*, o pessoal encarregue pela parte dos investimentos da Grohe, ficou de decidir se o projeto de automatização e aquisição de um robô seria para avançar ou não, deixando assim esse projeto em *standby*. Em função desta decisão, avançou-se então para outro projeto, o de melhoramento das linhas de embalagem das famílias dos Lavatórios e Bidés (LB) e das Banheiras e Chuveiros (BC). No decorrer deste projeto, o departamento de investimentos da Grohe, decidiu que seria vantajoso investir na proposta da EPL e adquirir um robô, tratando-se de fazer toda a automatização da linha dos cartuchos internamente na Grohe. Posto isto, em meados de Maio retomou-se ao projeto da automatização da linha dos cartuchos, seguindo-se para a sua implementação. Pode-se verificar todas as tarefas detalhadamente descritas no cronograma da Tabela 1, onde se mostra a forma como o tempo de trabalho foi ocupado durante a duração do estágio.

Tabela 1 – Cronograma com a calendarização do estágio



1.4. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO

Nesta secção apresenta-se a forma como esta dissertação está estruturada. Esta é constituída pelos seguintes nove capítulos:

O Capítulo 1 é destinado à introdução da dissertação, pretendendo enquadrar a temática de todo o trabalho desenvolvido e fazendo referência aos projetos e ações que foram desenvolvidos ao longo de todo o estágio na Grohe, bem como à sua respetiva calendarização.

No seguinte capítulo, o 2º, é apresentada a Grohe Portugal, bem como a sua estrutura, departamentos, políticas e modos de funcionamento.

No terceiro capítulo é feita uma introdução à temática do estudo de métodos e tempos na indústria. Este estudo foi extremamente importante para se identificar qual o *bottleneck* na linha dos cartuchos e, assim, se poder definir quais as melhores tarefas a automatizar com o uso de unidades robóticas.

O quarto capítulo aborda a temática relativa à ergonomia no trabalho. Este capítulo revelou-se extremamente importante para fundamentar as escolhas e decisões corretas de projeto das linhas de montagem, de forma a melhorar as condições de trabalho dos vários colaboradores que nelas trabalham.

O quinto capítulo é referente ao levantamento do problema relativo ao estudo de automatização dos cartuchos, e é nele que se apresentam os estudos de tempos e o funcionamento atual das linhas dos cartuchos.

No capítulo 6 são feitas algumas propostas para a resolução do problema da automatização da montagem dos cartuchos. Aqui podem-se encontrar algumas sugestões de unidades robóticas e garras a utilizar, propostas de alteração de *layout*, bem como a elaboração do caderno de encargos, orçamentos fornecidos por empresas e, posteriormente, os cálculos do *payback*.

O sétimo capítulo é reservado à descrição dos vários projetos de alteração das linhas de montagem que foram desenvolvidos no decorrer do estágio.

O oitavo capítulo refere-se à implementação da automatização da linha dos cartuchos realizada durante o período de estágio.

Por último, o nono capítulo destina-se às considerações e conclusões finais do trabalho, bem como à apresentação de propostas de possíveis melhorias futuras.

2. GROHE PORTUGAL

Neste capítulo encontra-se uma apresentação e a história do grupo Grohe, com o foco no funcionamento da fábrica Grohe Portugal, desde a entrega da matéria-prima até ao produto final. É neste capítulo que se explica o funcionamento de todos os centros de produção, dando especial atenção à secção da montagem e também à linha da montagem dos cartuchos termostáticos. Depois disto será possível estruturar um plano de melhorias, que é o principal objetivo da Grohe, através de uma constante melhoria dos seus custos de produção.

2.1. APRESENTAÇÃO DA GROHE PORTUGAL

O grupo Grohe nasceu em 1936 na Alemanha, através do alemão Friedrich Grohe, contando até muito recentemente com seis fábricas, sendo que três delas se encontravam no país de origem (Alemanha) e as restantes três em Portugal, Tailândia e Canadá. Recentemente, mais precisamente em 2014, o grupo Grohe foi adquirido por um grupo japonês, o grupo Lixil (um grupo de construção civil). Esta aquisição já levou ao encerramento da fábrica do Canadá, tendo as suas instalações sido transferidas para uma fábrica do grupo Lixil, presente na América do Norte, por se considerar que era mais rentável e lucrativo este funcionamento. Depois desta ação, tanto o grupo Grohe como o Lixil passaram a ser formados por vinte e

duas fábricas, sendo uma grande vantagem para os dois grupos esta fusão, tornando-se assim mais poderosos e competitivos.

Situada em Albergaria-a-Velha, a fábrica da Grohe Portugal – Componentes Sanitários, Lda. foi inaugurada a 28 de Maio de 1998 (Figura 1). Passados cerca de dois anos, em Setembro de 2000, as instalações já se encontravam todas equipadas e com um volume de colaboradores maior do que no seu início, e a fábrica funcionava com capacidade de produção de cerca de um milhão de produtos acabados por ano.



Figura 1 – Vista aérea da fábrica Grohe Portugal – Componentes Sanitários, Lda.

Em 2004 as instalações sofreram um aumento de onze mil metros quadrados, preparando-se assim para uma produção anual a rondar os cinco milhões de unidades. Esta necessidade de expansão deveu-se ao facto da elevada procura dos produtos da Grohe, cada vez mais vista como uma marca de confiança por parte dos consumidores. Nesta altura a produção da fábrica de Albergaria-a-Velha representa cerca de 25% da produção total da marca, o que são valores muito aliciantes.

Relativamente ao processo produtivo, a Grohe Portugal é repartida por cinco grandes departamentos (Figura 2), que são sequenciados pela **fundição, maquinagem, lixamento/polimento, galvanica e montagem**, chegando assim ao produto final. Todos os produtos produzidos na Grohe Portugal passam por estes departamentos, à exceção dos cartuchos termostáticos que apenas passam pela montagem. A produção por parte da empresa é JIT, sendo expedida diariamente toda a produção por camiões para os centros logísticos.

A fábrica de Albergaria funciona 6 dias por semana, durante 24 horas por dia, e os seus operadores trabalham em regime de 4 turnos rotativos de 8 horas cada um, contando com a colaboração de cerca de 800 funcionários.

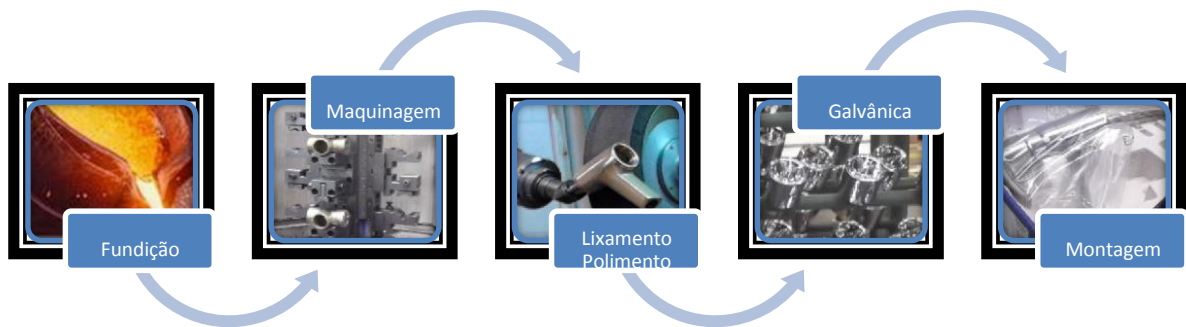


Figura 2 – Fases do processo produtivo da Grohe

2.2. PROCESSO PRODUTIVO – ATIVIDADES PRINCIPAIS

As fases referidas anteriormente estão dispostas segundo uma lógica sequencial, como já se referiu anteriormente. Na Figura 3 verifica-se a sua disposição no *layout* da fábrica Grohe. É através deste conjunto de processos que a liga de latão é trabalhada nos moldes de areia dando origem às mais variadas torneiras da marca Grohe que estão disponíveis no mercado.

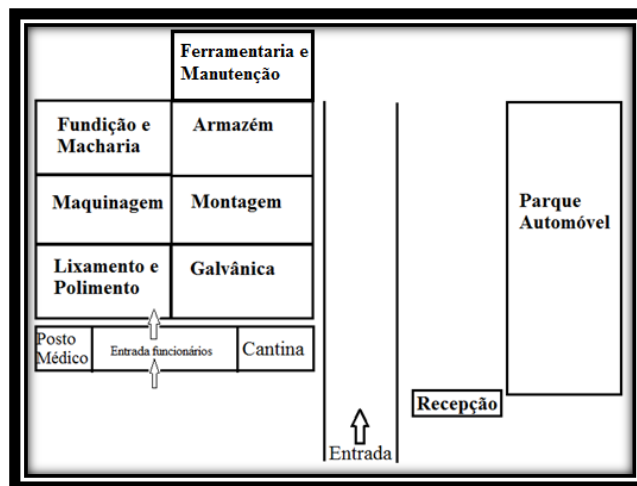


Figura 3 – Disposição dos vários departamentos da Grohe Portugal

Nesta seção irá apresentar-se e explicar-se o funcionamento das fases produtivas que estão diretamente envolvidas até à chegada ao produto final. Depois do produto final concluído é transferido para os camiões, seguindo depois para os centros logísticos, evitando assim custos adicionais em inventários.

Toda a informação relativa, quer aos modelos dos produtos, quer às encomendas de componentes, assim como às ordens de produção, é gerida através do *software Systems, Applications and Products in data processing* (SAP). A robustez e fiabilidade desta ferramenta proporcionam uma gestão global e em tempo real, permitindo assim uniformizar e centralizar toda a informação do grupo Grohe.

2.2.1. MACHARIA E FUNDIÇÃO

É neste departamento que se inicia toda a atividade da Grohe. Aqui estão presentes dois tipos de atividades que são a macharia e a fundição.

Na macharia são produzidos os machos, que são obtidos com recurso a máquinas e um catalisador, através da mistura de areia, resina e sílicas. O seu fabrico começa pela introdução da mistura de areia, dentro de caixas de machos, com a forma que se pretende. Por ação do calor (cerca de 220°C) o catalisador acelera o processo químico da resina e a mistura torna-se sólida, como se pode verificar na Figura 4 (apresenta-se à esquerda a máquina de produção dos machos e à direita alguns tipos de machos produzidos).



Figura 4 – Fabrico dos machos: máquina de produção (esquerda), machos produzidos (direita)

Depois de produzidos, os machos são rebarbados para retirar canais de areia que foram necessários para levar a areia desde a entrada até à peça mas que já não necessários (pode-se visualizar esta tarefa na Figura 5).

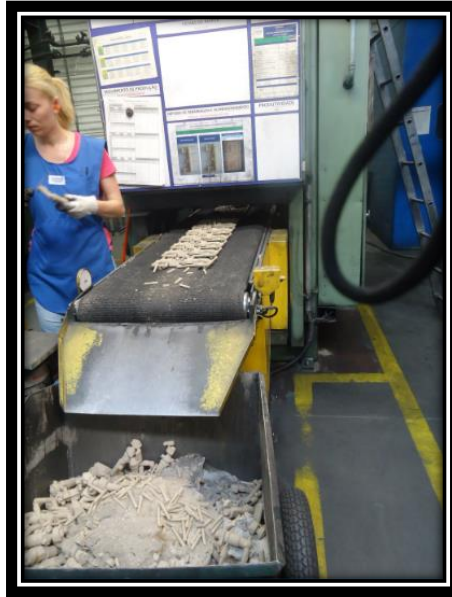


Figura 5 – Rebarbagem manual dos machos

Na fundição o processo consiste na fusão de vários metais, que fundem a uma temperatura entre os 1000 e 1090°C, obtendo-se assim uma mistura líquida e homogénea de vários metais, denominada de liga. Para a obtenção da liga, a fundição está equipada com dois fornos de fusão (Figura 6, direita), estando estes a trabalhar de forma intercalada para que quando um está a começar a fazer uma nova liga, o outro esteja cheio, e sempre pronto a fornecer os fornos de manutenção (Figura 6, direita).



Figura 6 – Transvase da liga num reservatório adequado (esquerda) e fornos de manutenção (direita)

Os fornos de manutenção estão incorporados em cada posto de trabalho de forma a manter a liga sempre à temperatura necessária para se poder produzir o corpo das torneiras. Estes estão também equipados com balanças, e transmitem em tempo real a informação relativa à

quantidade de material que dispõem. Essa informação é controlada pelos postos de controle de fundição com o objetivo de manter sempre os fornos com uma quantidade mínima para evitar paragens por falta de liga.

Mostra-se também na Figura 6 (à esquerda) a liga a ser vertida para um recipiente de metais revestido internamente com material refratário, com capacidade de 1000 kg, para depois ser distribuída pelos diversos processos de trabalho presentes neste departamento, que podem ser de baixa pressão ou gravidade.

Existem atualmente seis máquinas de vazamento automático (postos de trabalho), denominadas máquinas de vazamento gravítico ou por gravidade (Figura 7, à esquerda) e ainda as máquinas de baixa pressão (Figura 7, à direita). No primeiro caso, pelo método da gravidade, o processo é conduzido por um operador com experiência que verte a liga para dentro do molde com uma colher revestida de material refratário. Este processo requer bastante experiência por parte do operador mas é o processo que garante o melhor resultado em termos de qualidade para algumas peças. Por outro lado, nas máquinas de baixa pressão a liga é “sugada” para o interior da coquilha, sendo posteriormente arrefecida.



Figura 7 – Posto de gravidade (esquerda) e posto de baixa pressão (direita) na fundição

Para se obter uma peça (um cacho, constituído por um ou mais corpos), para além da liga e das máquinas de vazamento, são necessários mais dois elementos: os machos de areia e as coquilhas. Já se explicou anteriormente o processo de produção dos machos de areia. Já as coquilhas são adquiridas externamente. Na Figura 8 apresenta-se a fotografia de uma coquilha.



Figura 8 – Exemplo de uma coquilha

Depois de os machos de areia e as coquilhas (que têm de ser apropriadas para cada macho de areia) estarem prontos, introduzem-se os machos de areia dentro das coquilhas e estas são fechadas. Desta forma fica feito o molde necessário para produzir a peça. Pode-se ver na Figura 9 o operador a inserir um macho de areia dentro da coquilha.



Figura 9 – Inserção manual de um macho de areia dentro de uma coquilha na fundição

Com o molde pronto (macho no interior da coquilha) resta verter para o seu interior a liga de latão no estado líquido que, ao preencher o espaço vazio existente entra a coquilha e o macho, irá dar origem à peça (denominado de cacho). Este processo pode ser efetuado tanto no posto de baixa pressão como no posto de gravidade, ambos já explicados anteriormente.

Terminado este processo obtém-se um cacho, geralmente composto por dois corpos de torneiras. Depois este cacho tem de ser cortado a meio para se separarem os dois corpos.

Geralmente este processo é realizado nos postos de corte dispostos no departamento da fundição. A Figura 10 apresenta um operador a cortar um cacho num destes postos.



Figura 10 – Posto de corte dos cachos na fundição

É importante referir que estes operadores usam luvas altamente resistentes e duras. Se estas encostarem à serra de corte, a máquina tem um sistema de segurança que a para imediatamente. Este sistema de segurança é importante para evitar lesões graves por parte do operador, em casos de distração.

O próximo processo, depois dos dois corpos já separados, será eliminar o resto das areias ainda presentes dentro dos corpos (areias que são provenientes dos machos). Na Figura 11 pode-se verificar a acumulação de areia dentro dos corpos de torneiras já separados.



Figura 11 – Acumulação de areia dentro dos corpos

Estas areias são eliminadas dentro das granalhadoras (Figura 12). As granalhadoras são máquinas nas quais os corpos são todos introduzidos em caixas (é possível ver na Figura 12, à esquerda, o local onde estas são introduzidas), que automaticamente inserem os corpos dentro de um tambor que, ao girar, faz os corpos embaterem uns nos outros. Desta forma é removida toda a areia e os excessos metálicos existentes no interior de cada corpo.



Figura 12 – Máquinas granalhadoras da fundição

Depois de todas estas tarefas realizadas, estão produzidos os vários corpos das torneiras neste departamento. Pode-se visualizar na Figura 13, à esquerda, caixas cheias de corpos prontos para serem enviados para o departamento seguinte, que é o da maquinagem.

Estes corpos são armazenados no supermercado da fundição (Figura 13, à direita), passando depois para o departamento da maquinagem através de uma zona de passagem apropriada, que tem o funcionamento aproximado de um dinâmico: cada material tem um sítio apropriado para passagem, através da identificação do código de produto que se apresenta acima dessas portas.



Figura 13 – Fase final dos corpos na fundição (esquerda) e supermercado da fundição (direita)

2.2.2. MAQUINAGEM

Nesta fase do processo produtivo os corpos recebidos da fundição são maquinados, removendo-se o material desnecessário e efetuando-se as furações e roscas necessárias que permitirão a montagem dos componentes na fase da montagem, e conseqüentemente o funcionamento adequado da torneira. Neste departamento o trabalho é todo automatizado, sendo que apenas cabe aos operadores de cada máquina fazer a carga e descarga da mesma e sendo todos os trabalhos executados pelos centros de maquinação *Computer Numerical Control* (CNC). Pode-se observar na Figura 14 as máquinas CNC a executar o processo de maquinação.



Figura 14 – Exemplo de uma máquina CNC do departamento de maquinação

Com os corpos já maquinados, passam sequencialmente por um processo de inspeção visual, onde é testada a qualidade das furações e roscas do corpo da torneira, através de calibres “passa/não passa” (Figura 15), resultando a aceitação ou rejeição do corpo ou do lote da torneira em questão. Exemplifica-se na figura abaixo que o lado do calibre pintado com uma risca encarnada não deverá passar e o lado sem nenhuma risca deve passar pela furação existente no corpo.

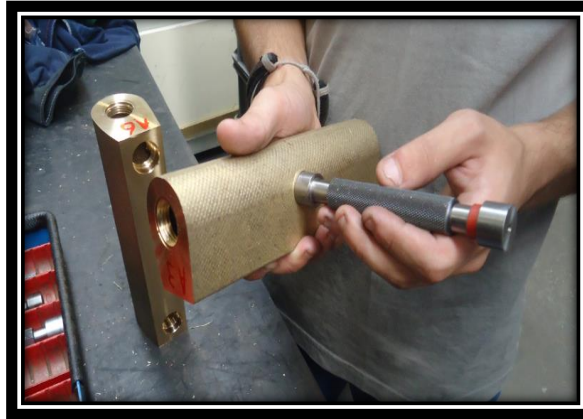


Figura 15 – Processo de inspeção visual com calibres “passa/não passa”

De seguida as torneiras são lavadas e desengorduradas em máquinas próprias para o efeito (Figura 16) sendo, posteriormente, submetidas a um teste funcional de estanquicidade. Caso não passem no teste funcional, as peças são impregnadas¹ e testadas novamente. Após este teste, as peças que forem rejeitadas são consideradas “sucata”, sendo enviadas para a fundição, onde serão reaproveitadas.



Figura 16 – Exemplo de uma máquina de lavagem e desengorduramento Ecoclean

2.2.3. LIXAMENTO E POLIMENTO

Neste departamento, em conjunto com a galvanica, é onde se realiza o tratamento da superfície da peça, sendo por isso um trabalho muito importante, pois não são tolerados defeitos de superfície por parte do cliente. Para se fazer um tratamento superficial correto,

¹ Impregnar - é o processo de “tapar” a zona onde ocorreu a fuga com uma resina própria.

primeiro faz-se o lixamento e só depois o polimento, pois estes processos diferem entre si na taxa de remoção de material (que é superior no lixamento) e na qualidade de acabamento (que é superior no polimento), permitindo obter as dimensões e contornos desejados.

2.2.3.1. Lixamento

O lixamento poderá ser feito de forma automática ou de forma manual. A Grohe decidiu, já há alguns anos, investir em robôs por dois motivos: primeiro porque o lixamento é um trabalho muito difícil de realizar por parte dos operadores e segundo porque um robô faz o trabalho muito mais rapidamente do que um operador, atingindo-se assim uma amortização do investimento muito rapidamente.

No lixamento por robôs as peças são trabalhadas (uma a uma) com recurso a braços robóticos (por robôs das marcas ABB e KUKA), em células que recorrem ao método de lixamento por cinta rotativa com roda flexível (Figura 17), para que assim sejam obtidos todos os contornos e superfícies desejados.



Figura 17 – Posto de lixamento automático (robô ABB)

De forma a obter um melhor acabamento, o lixamento é feito numa primeira fase com lixa “grossa” de grão 80, sendo removida a película de fundição, rebarbas e outros materiais excedentes, provenientes da fundição da peça. Após esta primeira fase é dado o acabamento final com lixa “fina” de grão 280, baixando-se a rugosidade superficial de forma a preparar a peça para o processo de polimento.

É importante referir que existem zonas de difícil acesso por parte dos robôs, sendo por isso necessário um lixamento manual após o lixamento automático, para os operadores fazerem

o acabamento dessas zonas, assim como para retocar zonas da peça que apresentem defeitos. Na Figura 18 apresentam-se fotografias de alguns corpos de torneiras no final do processo de lixamento automático, sendo visível que estes corpos apresentam ainda algumas imperfeições. Nos postos de lixamento manual existem operadores que controlam as peças e recuperam essas imperfeições, ou seja, as zonas que o robô não pode lixar ou os pontos de difícil acesso para estes (Figura 19).



Figura 18 – Exemplo de uma imperfeição no processo de lixamento automático



Figura 19 – Postos de lixamento manual

Terminado o lixamento todas as peças são sujeitas a uma inspeção visual realizada num dos postos criados para o efeito, como o da Figura 20. Estes postos estão espalhados pelo departamento, e aqui os operadores analisam cuidadosamente a superfície da torneira e decidem se esta pode avançar para a fase seguinte. Em caso de defeito, estes são assinalados a marcador vermelho no ponto da imperfeição e a peça volta ao posto do lixamento manual.



Figura 20 – Posto de inspeção visual após o lixamento

2.2.3.2. Polimento

Depois do lixamento, segue-se o polimento, que também pode ser feito de forma automática, em células dedicadas para esse efeito (Figura 21, esquerda), ou então de forma manual, em máquinas de polimento “normais” (Figura 21, direita).



Figura 21 – Postos de polimento automático (esquerda) e manual (direita)

No polimento automático são utilizadas máquinas de polimento CNC, sendo as peças polidas através da passagem de escovas rotativas de tecido. Estas são máquinas flexíveis, dando resposta a toda a produção do departamento, sendo o *setup* feito através da troca do porta-peças e da afinação do programa que define a posição, velocidade e outros parâmetros da escova e do porta-peças.

No fim do polimento, os corpos polidos são todos inspecionados em postos criados para esse efeito. Aqui é controlada a qualidade da superfície da peça e do acabamento final, sendo esta tarefa realizada pelos operadores que examinam toda a superfície da torneira e assinalam a vermelho as irregularidades detetadas, principalmente a nível de poros, riscos, desvios de contorno, etc.

De seguida, as peças que são assinaladas a vermelho, por apresentarem alguma irregularidade, são recuperadas no polimento manual, por operários que apresentem uma maior experiência nesse tipo de trabalho. Caso não seja possível a recuperação das peças, estas são consideradas “sucata”, sendo enviadas para a fundição, onde são derretidas e aproveitadas novamente.

Após o polimento as peças aprovadas são lavadas e desengorduradas antes de seguirem para o próximo processo que é a galvânica. Para este efeito são utilizadas máquinas de lavar (iguais às da Figura 16) para não se contaminarem os banhos existentes na galvânica. Tendo em conta que todas as peças têm de passar por estes banhos, a contaminação de um destes banhos com estes resíduos resultaria em defeitos em todas as peças que passassem naqueles banhos. Este problema traria inúmeros prejuízos pois originaria uma percentagem de rejeição elevada de peças e ainda resultaria numa paragem da galvânica para descontaminação.

2.2.4. GALVÂNICA

É na galvânica que termina o processo de fabrico do corpo da torneira, ocorrendo aqui a última fase do tratamento da superfície dos corpos. Aqui as peças são colocadas em suspensões metálicas (Figura 22), que entram numa linha automatizada onde percorrem três diferentes fases do processo de eletrodeposição das peças, entre elas a sua limpeza, niquelagem e cromagem.

Em primeiro lugar os corpos entram no processo de limpeza (ver Figura 23) cujo objetivo é limpar e desengordurar todos os corpos para evitar a contaminação dos banhos e tratamentos seguintes.

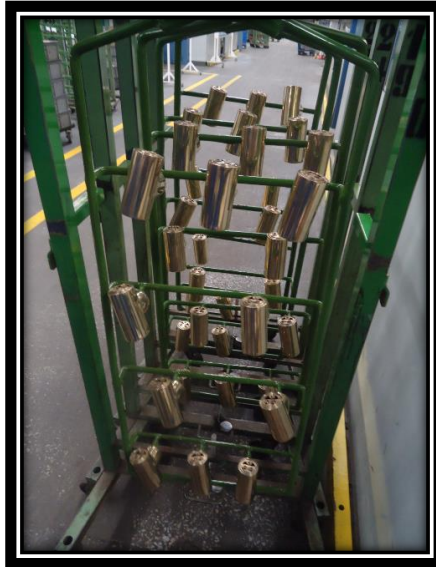


Figura 22 – Suspensão metálica com corpos



Figura 23 – Suspensões metálicas com corpos, inseridas no tanque de desgorduramento

De seguida entram no processo de niquelagem. Nesta fase é utilizado o processo de eletrodeposição de níquel, processo que dá uma maior resistência à corrosão das peças. Por último as peças são cromadas, sendo utilizado o processo de eletrodeposição de crómio. É este processo que dá o aspeto brilhante e cromado às peças, tal como se pode verificar na Figura 24.

Antes de passarem ao departamento da montagem, as peças são todas novamente inspecionadas (Figura 25). No caso de serem aprovadas passam diretamente para a fase da montagem.

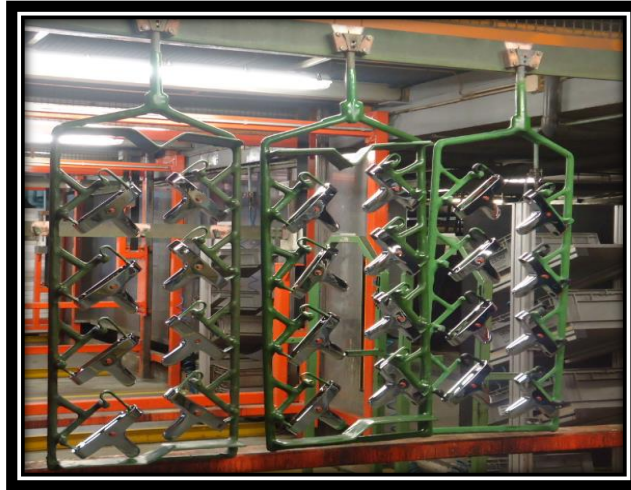


Figura 24 – Corpos na fase final dos processos de eletrodeposição de níquel e crómio

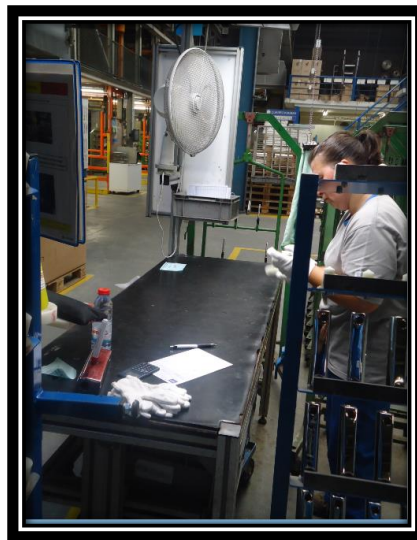


Figura 25 – Posto de inspeção visual dos corpos das torneiras na Galvânica

No caso de não corresponderem aos critérios de qualidade, por questões ambientais e económicas, as peças são descromadas e desniqueladas através de um banho ácido, numa linha automática (Figura 26). Para esses banhos vão as peças em que se detetem problemas possíveis de serem resolvidos em nova operação de lixamento e polimento ou então no caso das peças consideradas “sucata”, visto que não é possível colocá-las nos fornos da fundição no estado cromado.

Apresenta-se na Figura 27 uma fotografia que mostra o aspeto final das peças depois de passarem na linha de descromagem e desniquelagem, já localizadas no departamento anterior do lixamento/polimento para serem reparadas. Constatase que as peças que passam por estes banhos ácidos ficam com uma tonalidade rosa.



Figura 26 – Linha do processo de descromagem e desniquelagem



Figura 27 – Exemplo de corpos descromados e desniquelados

2.2.5. MONTAGEM

Este departamento, tal como o nome indica, trata da montagem final das torneiras e é também aqui que é realizada uma inspeção final e um conjunto de testes de ar e água antes do embalamento e armazenamento destas em paletes. Optou-se por criar uma secção autónoma para especificar detalhadamente todos os aspetos do funcionamento do departamento da montagem, visto que todo o estágio se desenrolou neste departamento.

2.3. DEPARTAMENTO DA MONTAGEM

Considerando que todo o trabalho desenvolvido foi no departamento da montagem, pretende-se nesta secção fazer uma análise mais detalhada sobre a organização e o modo de funcionamento deste departamento.

2.3.1. ESTRUTURA, LAYOUT E APRESENTAÇÃO DAS FAMÍLIAS

No departamento da montagem as linhas encontram-se organizadas por famílias de produtos, onde estas são agrupadas de acordo com a sua aplicação final e produto final, agrupando-se assim os produtos com características e componentes comuns ao processo de montagem.

Atualmente é possível identificar onze grupos distintos de famílias de linhas e cada uma possui o número de linhas associadas às necessidades de produção a que a Grohe tem de corresponder. Para tornar mais fácil a identificação de cada família, a Grohe possui em cada linha uma identificação na parte superior de cada bancada com uma determinada cor e sigla, sendo que cada família possui a sua. Esta cor e sigla permitem identificar todas as ferramentas, componentes e dinâmicos de cada família de produtos.

Apresenta-se de seguida uma listagem de todas estas siglas e cores, seguido de uma breve descrição sobre cada família.

- **Clássicas (CL)** – Nesta família produz-se um tipo específico de torneiras, que são as Clássicas Costa (ver produto final na Figura 28). Apesar de se terem atualmente 6 linhas com diferentes nomes e tipos de clássicas, todas têm em comum a produção de torneiras com um estilo mais retro, geralmente com dois manípulos. Podem encontrar-se nesta família torneiras com as mais diversas aplicações. Nesta família a disposição de cada linha é em “U”, como se pode visualizar na Figura 28.



Figura 28 – Produto final das Clássicas Costa (esquerda), linha CL01 das Clássicas (direita)

- **Termostáticas (TH)** – Aqui são montadas as torneiras de banheira ou chuveiro com inclusão do elemento termostático e cartucho termostático que permitem fazer um ajuste preciso da temperatura da água e fazer um controlo para não haver mudanças bruscas de temperatura (ver produto final na Figura 29). Esta família é composta por um total de seis linhas com um *layout* em “U”, como se pode ver na Figura 29.



Figura 29 – Produto final das Termostáticas (esquerda), linha TH05 das Termostáticas (direita)

- **Banheiras e Chuveiros (BC)** – Nas linhas BC são montadas torneiras comuns de banheira e chuveiro com sistema monocomando, ou seja, uma alavanca que controla o caudal e a mistura entre a água quente e fria (ver produto final na Figura 30). Esta família é composta por um total de quatro linhas em “U”, como se pode observar na Figura 30.



Figura 30 – Produto final das BC (esquerda), linha BC03 das Banheiras e Chuveiros (direita)

- **Cozinhas (CZ)** – Nesta família são montados vários modelos de torneiras de cozinha altas e baixas, consoante o modelo da bica, e podem ou não ter a função de chuveiro e ligação para a máquina de lavar loiça (ver produto final na Figura 31). Esta família é composta por um total de cinco linhas, com *layout* em “U”, como se mostra na Figura 31.



Figura 31 – Produto final das CZ (esquerda), linha CZ03 das Cozinhas (direita)

- **Cozinhas Mintas (CM)** – Aqui produzem-se um tipo de torneiras diferentes, com um *design* moderno, e que podem apresentar tecnologia mais evoluída (podem, por exemplo, funcionar através do toque humano, como é o caso das Mintas Touch que se apresentam na Figura 32). Esta família é composta por um total de duas linhas com *layout* em “U”, como se pode visualizar na Figura 32.



Figura 32 – Produto final das CM (esquerda), linha CM02 das Cozinhas Mintas (direita)

- **Lavatórios e Bidés (LB)** – Nestas linhas são produzidas torneiras monocomando para casa de banho com aplicação para lavatórios e bidés (ver produto final na Figura 33). Esta família é composta por um total de cinco linhas com *layout* em “U”, como se vê no exemplo da Figura 33.



Figura 33 – Produto final das LB (esquerda), linha LB03 dos Lavatórios e Bidés (direita)

- **Blue and Red (BR)** – Aqui montam-se torneiras de cozinha topo de gama com controlo monocomando. Estas torneiras permitem obter diretamente água a 100°C e, por outro lado, também é possível obter água gaseificada pressionando apenas um botão (ver produto final na Figura 34). Esta família é composta por um total de duas linhas, que operam em “U”, como se mostra na Figura 34.



Figura 34 – Produto final das BR (esquerda), linha BR01 das Blue and Red (direita)

- **Cartuchos Termostáticos (CTH)** – Nesta família produzem-se os cartuchos termostáticos. Estes são introduzidos no interior de alguns tipos de torneiras para fazer o controlo da temperatura da água, de forma a cortá-la quando há uma mudança brusca na sua temperatura (ver produto final na Figura 35). Nestas linhas são então montados os cartuchos termostáticos para satisfazer as necessidades da fábrica da Grohe (depois de montados são transferidos para as linhas TH, para serem introduzidos no interior das torneiras), e a Grohe Portugal também produz para as outras fábricas do grupo e também para o cliente final (quando é necessária a sua substituição). Esta família é composta por um total de três linhas e, neste caso, cada uma apresenta um *layout* em linha reta, como se mostra na Figura 35.



Figura 35 – Produto final dos Cartuchos (esquerda), linha CTHx2 dos Cartuchos (direita)

- **Laser (LS)** - Estas linhas são responsáveis por fazer a gravação a laser das indicações nos corpos das torneiras e também do logótipo da marca Grohe. O corpo da torneira contém o nome da Grohe e as identificações referentes à água fria e água quente, sendo estas indicações transferidas para o corpo por tampografia. Uma vez que o corpo da torneira é cromado e a tinta não se agarra de uma forma duradoura nesta superfície, com o recurso à pré-gravação a laser o corpo passa a ter zonas com rugosidade (as mesmas da colocação da tinta), permitindo assim que a tinta agarre ao corpo da torneira.

Esta forma mais duradoura de marcar o corpo da torneira permite à Grohe cumprir normas de segurança relacionadas com a temperatura da água. Assim, e no caso das torneiras termostáticas, para além de um travão de segurança, as temperaturas de segurança (35°C e, em outros casos, 50°C) devem estar gravadas na torneira de uma forma que permita a sua resistência a lavagens e desgaste.

Esta família é composta por um total de três linhas que operam de forma automatizada (o operador apenas coloca e retira os corpos), apresentando um *layout* em linha reta. Na Figura 36 mostram-se as máquinas que fazem essa operação.



Figura 36 – Exemplo de uma linha Laser

- **Válvulas Embutidas (VE)** – Este tipo de dispositivos tem a funcionalidade de fazer o corte de água e podem ser aplicadas nas cozinhas, lavandarias ou casas de banho. Esta família é composta por um total de duas linhas, de funcionamento automatizado, e cujo *layout* é em linha reta, como se apresenta na Figura 37.



Figura 37 – Linha VE02 das Válvulas Embutidas

- **Pré-Montagens (PM)** – Estas linhas são responsáveis por diversas pré-montagens que irão depois ser transferidas para outras linhas numa fase posterior. O objetivo destes postos é reduzir o tempo de montagem nas linhas “principais”, reduzir o tamanho das

linhas e minimizar o trabalho aos colaboradores, aumentando assim a organização de todas as linhas. São exemplos de pré-montagens componentes que necessitem de anéis de borracha, caixas com bicas para as diversas torneiras de cozinha (em que cada torneira, dada a dimensão da bica, leva a bica à parte dentro da embalagem), inversores para as diversas torneiras de banheiras e montagem de tirantes (peça metálica normalmente disposta na parte posterior da torneira que permite o controlo do estado do sifão de escoamento). Esta família é composta por um total de três linhas, que se encontram dispostas num *layout* em linha reta.

Além de todas estas linhas, existem ainda seis supermercados denominados de dinâmicos (identificados por Geral, CL, CZ, CTHx, BR e PM), uma zona de ferramentaria da montagem e um centro de informação (CI).

Os dinâmicos são estantes por gravidade para caixas (Figura 38), onde estão dispostos os diversos tipos de componentes para cada família de produtos, sendo a zona onde os abastecedores vão buscar o material para abastecer as linhas.

A ferramentaria (Figura 39) é a zona de trabalho onde os afinadores preparam e reparam as ferramentas utilizadas nas linhas e também onde se constroem os novos centros de trabalho e as novas linhas de montagem.



Figura 38 – Supermercado dinâmico das Clássicas



Figura 39 – Zona da ferramentaria da Montagem

Os CI são as zonas onde se realizam os *briefings* (para fazer o ponto de situação e o resumo do momento, onde se analisam os corpos que foram produzidos e os problemas que aconteceram num dado turno), e onde se imprimem e fornecem às linhas as ordens de produção seguintes, etiquetas, carimbos, etc. É também nos CI que os *Team Leaders*, responsáveis por gerir um grupo de trabalhadores, recolhem todas as informações necessárias para que possam alocar os seus recursos às linhas necessárias para cumprir o planeamento semanal.

O *layout* de todo o departamento da montagem é apresentado no Anexo A. Neste anexo encontra-se representada a disposição de todas as linhas referidas anteriormente, bem como a disposição de todos os dinâmicos, as zonas para paletes, os CI, e a zona da ferramentaria.

Normalmente, a grande maioria das linhas de montagem estão dispostas em “U” (excluindo as linhas das VE, PM e das CTH). Esta forma foi adotada com o objetivo de compactar as linhas, reduzindo assim a sua extensão total, o que proporciona também uma maior aproximação por parte dos operadores. Normalmente, nas linhas operam cerca de dois ou três operadores (dependendo da família), podendo este número, por vezes, ser reforçado em situações de produção urgente. Pode-se visualizar uma representação típica deste *layout* em “U” na Figura 40.

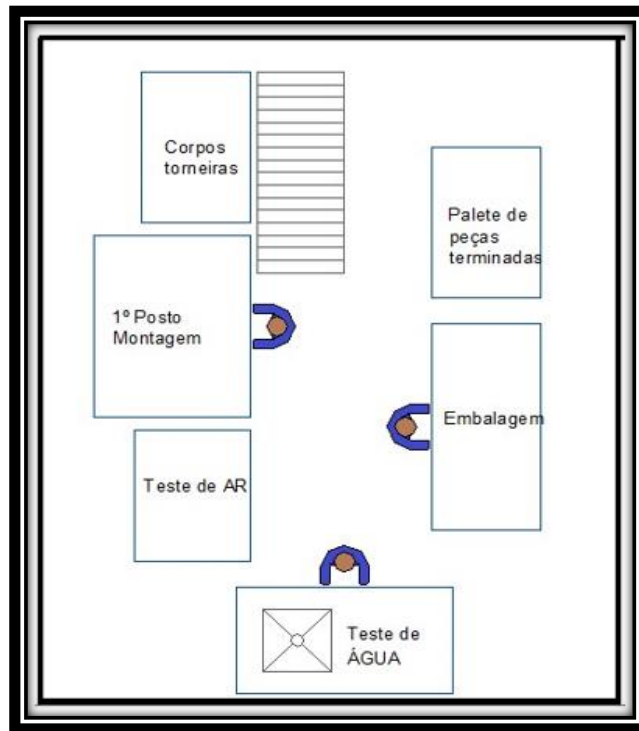


Figura 40 – Layout em “U” utilizado em diversas linhas da Montagem

Quando inseridos na linha, os corpos passam por três fases, motivo pelo qual a maioria das bancadas são em “U” e normalmente constituídas por três bancadas com dois ou três operadores no total de toda a linha.

Na primeira bancada é onde são colocados e montados a grande maioria dos componentes constituintes da torneira e onde ocorrem também a maior parte das operações de manuseamento da mesma. O abastecimento da maioria dos componentes é realizado por caixas da Grohe, que deslizam através de rampas até junto dos operadores. É também no primeiro posto que está localizado o E-plant (Figura 41). É no E-plant que os operadores registam o número de peças que fazem, verificam as ordens e quantidades a produzir, registam defeitos e consultam listas de componentes e instruções de montagem.



Figura 41 – Exemplo de um E-Plant

Na segunda bancada os produtos são submetidos a um ou a dois testes diferentes (ar e água). O teste de ar é controlado por um autómato programável e tem como função verificar a estanquicidade dos corpos. Após o teste de ar, as torneiras são submetidas a um novo teste. Este teste de água é o responsável por verificar se o elemento termostático funciona corretamente, ou seja, se está a garantir que o ajuste da temperatura da água à saída da torneira corresponde ao pretendido conforme a posição do manípulo. A Figura 42 apresenta o posto de teste de água de uma linha das TH.



Figura 42 – Posto do teste de água de uma linha das TH

Caso a peça passe o teste vai para a terceira bancada, denominada bancada da embalagem. É nesta bancada que são colocados os componentes finais (manípulos e alavancas, por exemplo) e é efetuada uma última limpeza e inspeção visual. Se a peça for aprovada segue

para a fase de embalagem, onde se introduzem as torneiras e os manuais de utilização dentro de embalagens e posteriormente se colocam os produtos finais em palete (Figura 43).



Figura 43 – Bancada da Embalagem (esquerda) e embalamento de uma torneira (direita)

Estando a paleta finalizada (Figura 44), e pronta para ser expedida, ainda é sujeita a um último controlo de qualidade por parte de uma equipa denominada Firewall. Esta equipa é formada por um grupo de operadores que usam colete verde, e que atua basicamente como representante do cliente final.



Figura 44 – Paleta com produto final

Nesta última bancada também se encontram afixados a identificação da linha, o suporte para a primeira peça e um quadro que apresenta toda a documentação necessária de apoio à linha (Figura 45).



Figura 45 – Exemplo de identificação, suporte para primeira peça e documentação de apoio

Existe também uma sinalética visual que serve para identificar o estado atual das linhas. Através dos vários sinais inseridos nas linhas escolhe-se, com o auxílio de argolas, qual a placa que corresponde ao estado de cada linha. Através destes sinais é possível identificar se a linha está em produção, parada, em pausa, ou em produção urgente. Apresentam-se na Figura 46 todas as identificações possíveis existentes em cada linha da Grohe.



Figura 46 – Sinalética existente para as linhas na Montagem

Para salvaguardar a segurança e o estado de saúde de todos os colaboradores, existem regras relativas aos Equipamentos de Proteção Individual (EPI) que devem ser usados por todos na

fábrica. No caso do departamento de montagem, os colaboradores devem usar calçado de segurança e uma bata azul, e os operadores de linha devem ainda usar luvas. Noutros departamentos, como a fundição, maquinagem e lixamento é ainda necessário o uso de protetores auriculares, óculos de proteção e máscara de proteção respiratória. Apresentam-se todos estes equipamentos na Figura 47.



Figura 47 – Equipamentos de Proteção Individual (EPI)

2.3.2. ABASTECIMENTO

Como na Grohe existe um elevado número de linhas de montagem, e existem elevadas taxas de produção, o abastecimento às linhas de montagem é de extrema importância, porque as linhas não podem parar por falta de material. Dada a existência de uma grande variedade de componentes diferentes, foram criados diferentes tipos de abastecimento de forma a cumprir todas as necessidades.

No caso dos corpos, podem-se identificar dois tipos de abastecimentos diferentes: recorrendo à utilização de suspensões (Figura 48, esquerda), ou dispostos em caixas plásticas da Grohe (Figura 48, direita). A escolha de acondicionar os corpos em suspensões ou em caixas Grohe depende de diversos fatores, tais como: quem é o fornecedor (se é a galvânica ou um fornecedor externo), tipo de corpo (dimensões e peso), se passou pelo processo de gravação a laser e, ainda, se irá ser utilizado imediatamente ou se irá ser armazenado para entrar apenas posteriormente em produção.



Figura 48 – Abastecimento de corpos à linha através de suspensões (esquerda) e através de caixas Grohe (direita)

No caso de outros materiais e componentes adquiridos externamente, a grande maioria encontra-se nos seis supermercados dinâmicos dispostos por famílias, já referidos anteriormente (Figura 49, esquerda). Estes dinâmicos apresentam um lugar definido para cada componente e o seu *stock* é repostado pelo armazém, que tem como principal objetivo mantê-los sempre abastecidos e com material disponível. Os materiais que são necessários com pouca frequência não estão incluídos nos dinâmicos; quando necessários, esses devem ser requisitados diretamente ao armazém e são trazidos deste para zonas de armazenamento temporário próximos das linhas onde irão ser necessários (Figura 49, direita).



Figura 49 – Supermercado: dinâmico (esquerda), lugar de palete (direita)

Os supermercados existentes na Grohe são constituídos por dois tipos distintos de armazenamento:

- **Estantes de *picking* dinâmico (dinâmicos)** – rampas de escoamento, onde os componentes colocados na sua parte superior (accedida pelo armazém) são transportados com recurso a rolamentos para a parte inferior, por ação da gravidade. A Figura 50 apresenta um esquema ilustrativo da estrutura de uma estante dinâmica;



Figura 50 – Exemplo de uma estante de *picking* dinâmico

Todos os lugares dos dinâmicos são etiquetados, identificando o produto que ali está localizado, a foto do produto, o código de barras associado e qual a posição que este ocupa no dinâmico. Os produtos são assim identificados para reduzir o tempo em que o abastecedor está à sua procura (procurando diretamente na lista de componentes a sua posição) e facilitando a sua correta identificação, reduzindo assim o risco de ocorrerem enganos e trocas entre componentes idênticos. Pode-se verificar na Figura 51 a identificação de um produto através da sua etiqueta.



Figura 51 – Etiqueta de identificação de um produto

Existem dois tipos de etiquetas: as brancas e as roxas. As brancas servem para identificar componentes comuns que, dado o seu tamanho, podem ser manuseados normalmente. A quantidade destes componentes presentes no dinâmico contam para o *stock* da fábrica, e

apenas é dada baixa de cada um deles quando se regista uma paleta de produto final em que esses componentes estejam integrados nesse mesmo produto. As roxas identificam componentes que, dadas as suas reduzidas dimensões, podem ser facilmente perdidos com o decorrer do transporte e manuseamento. Para evitar situações extremas, em que os *stocks* assumem a existência de componentes na fábrica quando na realidade não existem, e uma vez que o valor destes componentes é reduzido, é assumido que todos esses componentes foram gastos no momento em que são colocados no dinâmico (a título de exemplo, referem-se parafusos, vedantes, anilhas, etc.). Podem-se observar estes dois tipos de etiquetas na Figura 52.



Figura 52 – Etiqueta branca (esquerda) e etiqueta roxa (direita)

- **Lugares de palete** – zonas com marcação no chão e dimensionadas ao tamanho das euro-paletes (Figura 53). Normalmente aqui estão produtos volumosos que não cabem em estantes de dinâmico ou então produtos que apresentem pesos elevados. Nos lugares de palete o objetivo é poder fazer-se o armazenamento de materiais necessários junto das linhas de produção ou montagem, onde estes são necessários, criando-se assim *stocks* para se fazer um abastecimento mais rápido às linhas e evitando a ocorrência de paragens nestas devido à falta de material.



Figura 53 – Armazenamento de material em lugares de palete

2.3.3. FIREWALL E REJEIÇÃO

A Firewall certifica-se que os produtos finais estão conformes, quer no aspeto físico da montagem e corpo da torneira, quer no conjunto de componentes e instruções agregados à embalagem final. Os operadores realizam aleatoriamente entre três a quatro inspeções de produtos acabados por palete. No decorrer desta inspeção pode-se estar perante os seguintes cenários:

- **Palete Validada:** se as três a quatro peças estiverem conformes (OK), a palete pode ser fechada, etiquetada e colocada no camião (nas TH e nas CM este valor sobe de três/quatro para dez);
- **Palete Rejeitada:** se uma das peças inspecionadas não estiver conforme (NOK), serão sujeitas a inspeção mais 10 embalagens e se, de entre estas, forem encontradas mais falhas, a palete é rejeitada e enviada para análise por parte do departamento de qualidade.

Depois da palete ser verificada pela equipa da Firewall é colocada num tapete rolante que a transporta até ao posto onde é protegida com plástico através da rotação do tapete, por um *Stretch Wrapping* (Figura 54), e segue para o armazém para ser expedida.

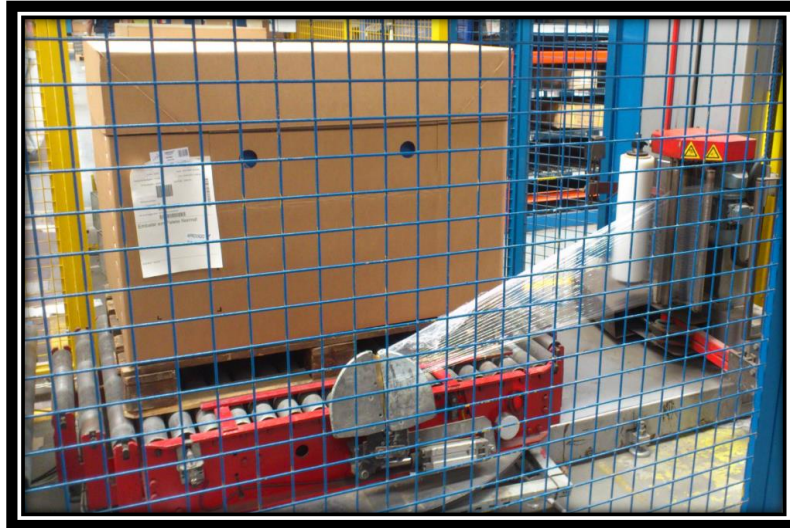


Figura 54 – Palete de torneiras a ser embalada pelo *Stretch Wrapping*

Como referido anteriormente, a equipa Firewall é a entidade responsável por fazer a última inspeção às paletes antes dos produtos finais saírem da fábrica.

No início de cada ano é traçado o objetivo mensal a que a fábrica se desafia, sendo que todos os departamentos trabalham juntos de forma a atingir esses objetivos. Por exemplo, em 2011 o objetivo da percentagem de rejeição era <1,6%, sendo que o valor médio alcançado rondou os 1,23%. Para 2012 o objetivo baixou para <1%, sendo que o valor atingido rondou os 0,8%. Após isso, em 2013 o objetivo passou para <0,8% e conseguiu-se atingir o valor de 0,7%. No ano de 2014, o objetivo proposto foi de <0,5%, e este valor foi atingido, conforme se verifica na Figura 55, onde se apresentam os gráficos relativos às taxas de rejeição do produto final pela equipa Firewall para os anos de 2013 e 2014.

Estes defeitos podem ser devido a vários fatores, podendo-se organizar os mesmos por classes, de forma a se perceber facilmente o que está na origem dos mesmos. Os produtos podem então ser rejeitados devido a: pancadas, falta de componentes, montagem incorreta, falha na gravação, defeito na cromagem (proveniente da galvânica) e defeito de escolha amarela (defeitos anteriores à Galvânica como, por exemplo, mau polimento). Para se poder perceber o peso relativo para cada um destes tipos de defeitos, pode-se observar a Figura 56 na qual se apresenta a evolução das taxas dos defeitos detetados pela Firewall (por classe de defeito) durante o ano de 2014.

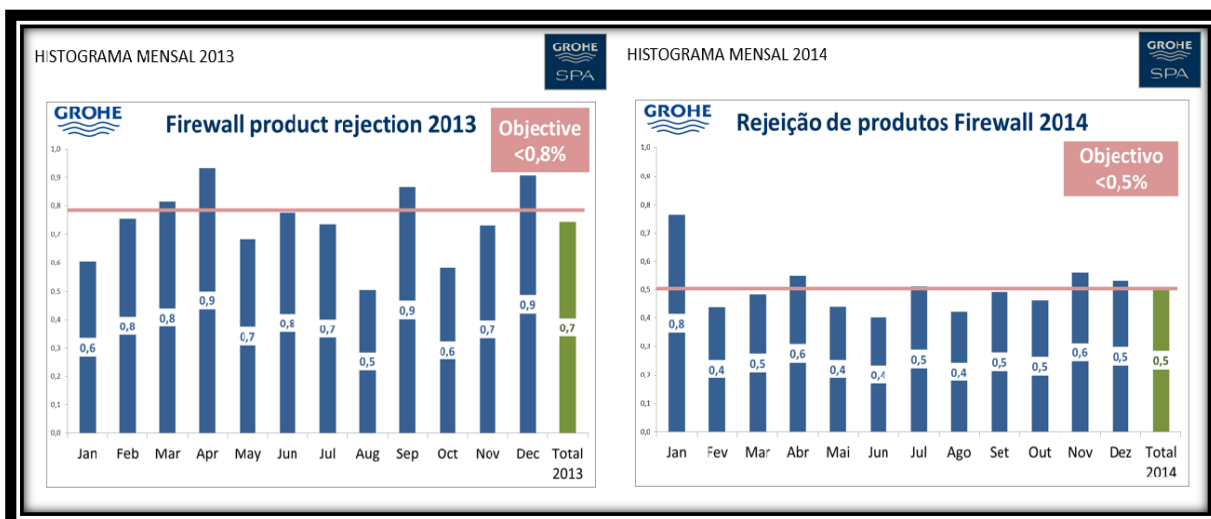


Figura 55 – Taxas de rejeição mensais de produto final nos anos de 2013 e 2014

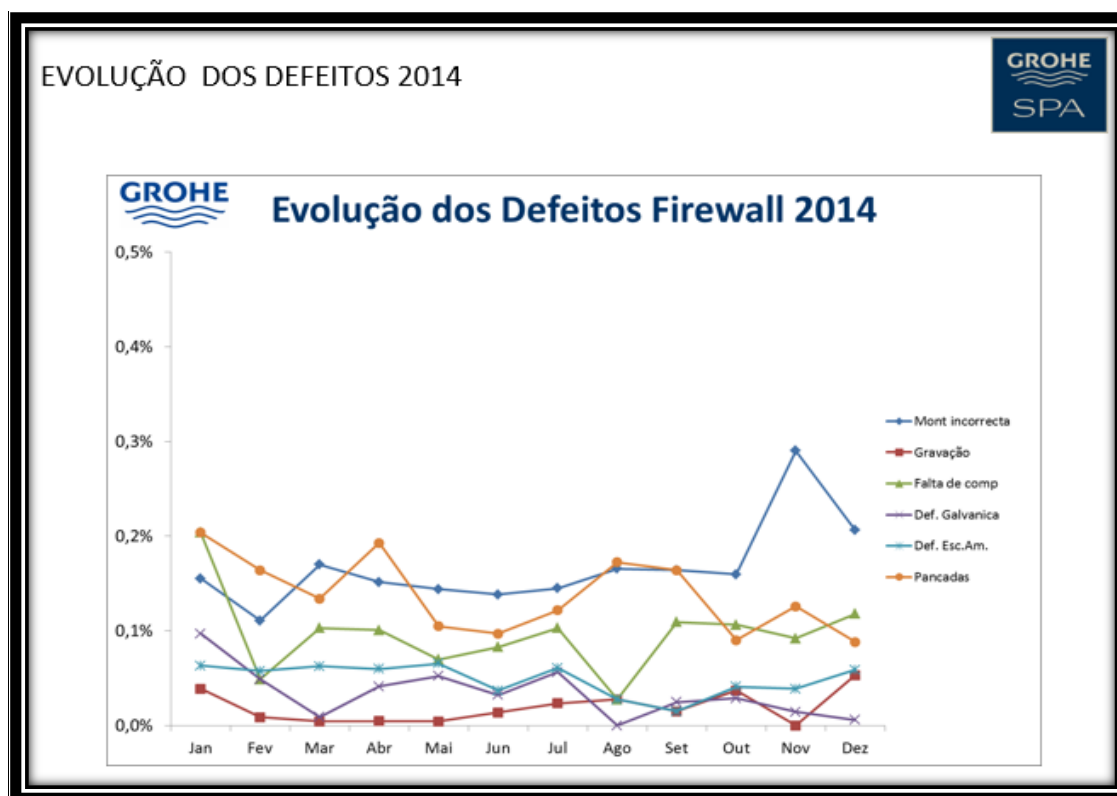


Figura 56 – Evolução ao longo do ano de 2014 das taxas de rejeição por cada classe de defeitos

2.3.4. PRÊMIO DE DESEMPENHO

Para poder motivar todos os operários, existe um prêmio mensal (que não é fixo) atribuído aos funcionários do departamento conforme o seu desempenho mensal. O objetivo deste prêmio é aliciar os operadores a desempenharem melhor, e de uma forma mais rápida, as suas funções. O cálculo deste prêmio é determinado segundo três fatores, a saber: a

produtividade do departamento, a assiduidade do operador, e o índice de sucata e retrabalho total da fábrica.

A produtividade do departamento tem como base o desempenho do departamento onde o operador realiza as suas funções, e é sobre o valor alcançado neste fator que vão recair os restantes fatores.

A assiduidade do operador também é avaliada, sendo este fator muito importante para a produção da Grohe. Se os operadores chegarem a horas, ou até mais cedo, isto irá refletir-se nos valores finais de torneiras produzidas num dado turno. Por outro lado, se o operador chegar atrasado ou apresentar faltas não justificadas, poderá ver reduzido drasticamente o seu prémio ou mesmo perder o prémio do mês.

Por último, o índice de sucata e retrabalho total da fábrica são fatores transversais a todo o processo, sendo calculado o valor relativo ao mês em consideração, podendo este acrescer ou ser subtraído ao prémio do operador.

2.4. PROCESSO PRODUTIVO E AS ATIVIDADES DE SUPORTE

Nesta secção apresenta-se a restante estrutura organizacional da Grohe, que dá todo o suporte aos departamentos de produção, disponibilizando-lhes os recursos e as condições necessárias de forma a possibilitar o normal funcionamento de toda a fábrica. Esta restante estrutura é dividida em sete departamentos que são: as compras, a informática, a gestão financeira, a engenharia, a logística, os recursos humanos e a qualidade.

2.4.1. COMPRAS

Este departamento é o responsável pela aquisição de todos os materiais necessários para o normal funcionamento da Grohe. Para além disto, é responsável por procurar novos fornecedores, tentando assim negociar preços, tempos de entrega, forma de embalagem e as quantidades por embalagem.

2.4.2. INFORMÁTICA

A informática é responsável por fazer a ponte de ligação na resolução dos problemas dos sistemas informáticos e das comunicações entre a Grohe Portugal e as restantes fábricas do grupo - é importante que o sistema SAP esteja a funcionar sem interrupções, de forma que

os dados sejam atualizados em tempo real. Para além de tudo isto, este departamento é ainda responsável pela manutenção do material informático da fábrica.

2.4.3. GESTÃO FINANCEIRA

Este departamento é responsável pela contabilidade, tendo como objetivo fazer o planeamento financeiro da organização.

2.4.4. ENGENHARIA

Na engenharia existem diversas funções que o departamento tem de realizar na organização, podendo-se destacar as seguintes:

- estudo de métodos e tempos;
- engenharia do produto;
- desenvolvimento de novas ferramentas;
- investimentos e controlo de custos;
- aplicação da metodologia *lean manufacturing*.

2.4.5. LOGÍSTICA

Este departamento é o responsável por toda a logística interna da empresa, como (por exemplo) o transporte de mercadorias dentro da empresa, o seu armazenamento e ainda é responsável pelo planeamento e controlo da produção.

2.4.6. RECURSOS HUMANOS

O departamento de recursos humanos tem a seu cargo procurar as pessoas necessárias e com competências adequadas às diversas funções da organização. É também este departamento que trata dos seguros dos trabalhadores e das folhas salariais e de despesas.

2.4.7. QUALIDADE

Sabendo que a Grohe dedica uma especial atenção a que os seus produtos sejam reconhecidos, faz com que este departamento tenha um papel importante na responsabilidade de garantir que todos os produtos e materiais são manuseados corretamente e com recurso

às ferramentas e técnicas ideais de forma a permitirem uma maior satisfação por parte dos clientes. Além da qualidade, ainda estão incluídos neste departamento o ambiente e a segurança no trabalho.

3. ESTUDO DE MÉTODOS E TEMPOS

Neste capítulo serão abordados os fundamentos sobre a temática de estudo de métodos e tempos no trabalho. O estudo de métodos e tempos é uma disciplina que analisa em pormenor o trabalho, tanto ao nível dos métodos adotados como dos tempos necessários para a sua realização. O estudo dos métodos, criado por Gilbreth, tem como objetivo analisar e melhorar os métodos de trabalho. O estudo dos tempos, criado por Taylor, tem como objetivo a determinação dos tempos padrão para diferentes operações que completam uma dada atividade e analisam a possibilidade de redução destes, por exemplo, de forma a balancear uma linha produtiva.

O estudo dos métodos e tempos tem um papel importantíssimo nas organizações, uma vez que tem o objetivo de reduzir desperdícios e melhorar as condições do trabalho, sendo que permite por vezes reduções significativas de custos, bem como ações de melhoria das condições de trabalho dos operadores.

3.1. ESTUDO DOS MÉTODOS

O estudo dos métodos tem como principais objetivos aumentar a produtividade e melhorar as condições de trabalho dos operadores. Para isto procede-se a um estudo detalhado de

como o trabalho é executado, sempre com vista à implementação de melhorias ao nível dos processos e dos procedimentos, da melhoria do posto de trabalho, equipamentos e máquinas e na maior redução possível da utilização de máquinas, energia, espaço e mão-de-obra para um dado trabalho, reduzindo assim a fadiga no operador e aumentando os níveis de higiene e segurança no trabalho (IST, 2004).

Segundo Silva (2012a), numa primeira fase é necessário registar e examinar de maneira crítica e sistemática os métodos existentes e previstos na execução de um trabalho, com o fim de os aperfeiçoar e de os modificar, ou trocar, por outros mais cómodos e eficazes, economizando assim tempo e levando a melhorias na qualidade. Os objetivos que se pretendem alcançar com este tipo de estudos, têm em vista uma melhoria geral da eficiência, nomeadamente:

- aumentar a produção utilizando uma mesma quantidade de trabalho, materiais e equipamento;
- melhorar a implantação de fábricas, oficinas, escritórios e postos de trabalho;
- diminuir todos os tipos de desperdícios;
- melhorar a qualidade do produto ou serviço sem adição de trabalho ou equipamento;
- economizar esforço humano através da eliminação de toda a fadiga inútil;
- melhorar a segurança no trabalho;
- melhorar as condições materiais de trabalho do pessoal pelo aumento do nível de comodidade, tornando o trabalho atrativo.

3.1.1. ETAPAS DO ESTUDO DOS MÉTODOS

Para proceder à correta aplicação do estudo dos métodos, Silva (2012a) destacou os seguintes passos que são fundamentais para a sua implementação:

- 1) **Escolher/Selecionar (definição do problema):** é nesta etapa que se define o problema. Aqui deve-se seguir a sequência de tarefas: *i*) fazer a listagem de trabalhos; *ii*) assinalar aqueles que se podem melhorar; *iii*) determinar a ordem de importância, atendendo ao volume de trabalho, nota histórica do trabalho, características e

possibilidades de investimento; *iv*) verificar com a chefia a ordem, a urgência e o programa; *v*) estabelecer um plano cronológico.

- 2) **Analisar/Registar (análise do problema):** aqui deve-se definir e limitar o trabalho observado. Depois de definido deve proceder-se à observação do trabalho, registrando todos os detalhes das observações feitas no posto de trabalho por escrito. Depois das observações feitas, deve-se partir para a construção de um gráfico descritivo das operações do posto de trabalho.
- 3) **Examinar – método interrogativo (procurar possíveis soluções):** esta etapa tem o objetivo de encontrar possíveis soluções e é aqui que se tenta eliminar o problema. Para encontrar possíveis soluções segue-se um método interrogativo que pretende responder a algumas questões como “de que se trata?”, “qual o fim em vista?”, “porquê?”, “quem faz?”, “quando?”, “onde?”, “como é realizado?”, etc. Depois de se registar tudo o que é conhecido sobre o trabalho, devem ser consideradas as várias fases de operação, e deve-se recorrer a uma *Check List* para a análise das operações. No Anexo B deste documento, é apresentada um exemplo de uma *Check List* usada para este efeito (Silva, 2012a).
- 4) **Elaborar/Estabelecer (avaliar as alternativas):** nesta etapa avaliam-se os resultados obtidos através da análise da *Check List*, e é aqui que se eliminam, simplificam, combinam e se automatizam algumas soluções. Estabelece-se então uma ou mais soluções, associando as ideias compatíveis.
- 5) **Adotar/Controlar (recomendações para a ação):** nesta última fase procura-se o acordo dos superiores e passa-se à implementação do projeto. É importante procurar opiniões junto dos operadores que realizam esse trabalho, pois são as pessoas que mais conhecimento têm sobre as operações que ali se realizam e serão uma mais-valia nas ideias que poderão apresentar. Após o projeto implementado, e já na fase de testes, é importante procurar juntos dos operadores o *feedback* sobre as mudanças implementadas, e procurar saber o seu nível de satisfação, bem como quais as mudanças que estes consideraram positivas e negativas.

3.1.2. GRÁFICOS DE ATIVIDADES

Segundo Silva (2012a) é recorrente a utilização de gráficos para se representarem todas as atividades de um trabalho. Como exemplo disso, existem os gráficos homem-máquina, os gráficos de atividades múltiplas e os gráficos das duas mãos. Este tipo de gráficos permite representar de uma forma visual e esquemática (de fácil compreensão) e com uma escala temporal todas as operações de um conjunto de atividades de um trabalho.

Passa-se a fazer uma breve descrição dos diferentes gráficos de atividades:

- **Gráfico Homem-Máquina:** este tipo de gráfico é utilizado para estudar e analisar o trabalho de um operador com uma ou mais máquinas. Depois de realizado é possível identificar o tempo de ciclo do trabalho, o tempo improdutivo (tempos mortos) tanto do operador como da máquina, e é possível depois de construído calcular os custos de operadores e os custos das máquinas. A ideia da construção destes gráficos é ir fazendo consecutivamente a construção de vários planos (por exemplo, 1 operador – 1 máquina, 1 operador – 2 máquinas, 1 operador – 3 máquinas) até se conseguir minimizar os tempos improdutivos, tanto do operador, como da(s) máquina(s).
- **Gráfico de atividades múltiplas:** este tipo de gráfico é utilizado para estudar o trabalho de vários operadores que trabalham em ambiente de equipa, com ou sem máquinas. São semelhantes aos gráficos homem-máquina, com a exceção de que todos os componentes representam máquina (ou operadores).
- **Gráfico das Duas-Mãos / Gráfico Mão direita-Mão esquerda:** este tipo de gráfico é utilizado para fazer uma análise detalhada de todas as tarefas manuais que são realizadas quer pela mão esquerda como pela mão direita de uma forma sequencial. Este gráfico é composto por duas colunas, em que a da esquerda corresponde à mão esquerda e a da direita à mão direita e, em cada uma delas, se preenchem as atividades realizadas sequencialmente. Para representar estas atividades são utilizados círculos com preenchimento branco para representar operações e círculos com preenchimento preto para representar deslocações/movimentos.

Existe uma forma mais detalhada para se fazer a análise de movimentos, o estudo dos micromovimentos, que é utilizada para examinar trabalhos que impliquem elevados volumes de produção manual. Neste caso as atividades são descritas por dezassete elementos básicos de movimentos, denominados por Therbligs (Gilbreth), que são partes muito pequenas dos

movimentos que podem ser sequenciados para formar uma qualquer tarefa. Estes elementos básicos podem ser codificados para serem utilizados na representação do gráfico mão direita/mão esquerda. Os dezassete Therbligs são os seguintes (Silva, 2012a):

- | | |
|--------------------------|------------------------|
| 1. Procurar; | 10. Inspeccionar; |
| 2. Selecionar; | 11. Montar; |
| 3. Agarrar; | 12. Desmontar; |
| 4. Transporte vazio; | 13. Utilizar; |
| 5. Transporte carregado; | 14. Atraso inevitável; |
| 6. Segurar; | 15. Atraso evitável; |
| 7. Largar; | 16. Planear; |
| 8. Posicionar; | 17. Descansar. |
| 9. Pré-posicionar; | |

Os primeiros 15 micromovimentos são tão curtos que podem passar despercebidos numa observação normal, sendo então necessário recorrer-se a filmagens de elevada velocidade, estudo denominado por cronociclografia. No Anexo C pode ser consultada uma *check list* (para cada Therblig) utilizada para quando se quer fazer um estudo aprofundado de cada um dos micromovimentos (Silva, 2012a).

O estudo dos micromovimentos não é muito utilizado nas instituições devido a diversos motivos, entre os quais se contam: apresentar elevados custos, os trabalhadores não se comportarem de uma forma “normal” quando estão a ser filmados e as filmagens distraírem os outros trabalhadores. Contudo, este tipo de estudo também apresenta algumas vantagens pois com o recurso a este pode-se detetar o uso ineficiente das mãos, os transportes longos ou desnecessários, os tempos perdidos e a utilização das mãos para tarefas que podem ser efetuadas por máquinas (Silva, 2012a).

3.2. ESTUDO DOS TEMPOS

O estudo de tempos é uma técnica de medida do trabalho que permite estabelecer um tempo padrão para realizar as operações, com base no método mais adequado de realização do trabalho, e pode ser utilizado como uma ferramenta de apoio à análise do estudo de métodos. Como ferramenta de apoio do estudo de métodos, o registo de tempos deve ser feito após, ou em simultâneo, com as observações (Amaro, 2012). O conceito de tempo padrão pode ser definido como o tempo necessário à realização de um determinado trabalho, por um trabalhador qualificado a trabalhar ao ritmo normal, segundo o método previamente estabelecido e sob condições normais de trabalho (Silva, 2012b).

3.2.1. IMPORTÂNCIA DOS TEMPOS PADRÃO

Para melhor se perceber a importância dos tempos padrão, foram identificadas algumas áreas onde estes são relevantes, nomeadamente: (i) o planeamento de capacidades, onde se determina a capacidade disponível; (ii) estimativas de custos, onde se determina o custo e/ou preço de um produto; (iii) carga, onde se planeia as necessidades de mão-de-obra/equipamento; (iv) avaliação de diferentes métodos e de trabalhadores, onde se pretende reduzir/eliminar tempos improdutivos, avaliar o desempenho dos trabalhadores comparando-os ao longo do tempo e estipular objetivos/incentivos e prémios de produtividade (Silva, 2012b).

É importante realçar que os tempos padrão apenas são considerados como válidos até que se verifique uma alteração do método ou das condições de trabalho, pelo que devem ser recalculados caso se verifique uma destas situações (Silva, 2012b).

3.2.2. MÉTODOS DE MEDIDA DO TRABALHO

O estudo de tempos pode ser calculado recorrendo a diferentes métodos, dos quais se destacam os seguintes (Silva, 2012b):

- auto-estimativa: neste método, o trabalhador regista o tempo consumido na realização de um determinado trabalho. É um método simples mas pouco preciso e pode ainda interferir com o normal decorrer do trabalho do trabalhador;
- registo de dados históricos: este método consiste na contagem dos valores de produtos de saída de um dado departamento, pessoa ou centro de trabalho ao longo

de um período de tempo durante o qual se manteve uma atividade consistente. A sua aplicação consiste na divisão do número de unidades de saída pelo tempo necessário para se produzir esse número de unidades. É um método simples e fácil de se estimar o tempo padrão, mas pouco preciso porque não entra em consideração com o ritmo dos trabalhadores;

- estudo de tempos por cronometragens: originalmente desenvolvido por Taylor, esta técnica é a mais amplamente usada para a obtenção dos tempos padrão, uma vez que leva em consideração uma maior quantidade de fatores inerentes à produção. A sua aplicação segue os seguintes passos: (i) obter a informação relevante; (ii) dividir o trabalho em elementos/passos; (iii) cronometrar e registrar os tempos; (iv) avaliar o ritmo do operador; (v) considerar as concessões permitidas e (vi) calcular o tempo padrão;
- amostragem do trabalho: este método consiste em efetuar, em instantes de tempo aleatórios, observações de trabalhadores a atividades que estes estejam a fazer. Após várias observações procede-se ao cálculo da percentagem do número de observações em que o trabalhador/equipamento está a efetuar dada operação e avalia-se então a proporção de tempo que ele ocupa a exercer as diferentes atividades;
- tempo padrão: algumas atividades apresentam operações em comum com outras. Se forem conhecidos os tempos padrão para todas as operações que constituem uma nova atividade, pode-se obter o seu tempo padrão através da soma dos tempos associados às várias operações que constituem essa nova atividade;
- tempo de movimentos pré-determinados: o trabalho industrial pode ser caracterizado em termos dos sete movimentos básicos: (i) alcançar, (ii) segurar, (iii) mover, (iv) rodar, (v) aplicar pressão, (vi) posicionar, (vii) desligar. Ao se determinar os tempos parciais de cada movimento, recorrendo a valores tabelados, pode-se, através da soma dos mesmos, calcular o tempo normal de uma determinada atividade. Com a aplicação do fator de concessões pode-se obter o tempo padrão.

3.2.2.1. Estudo de tempos por cronometragem

Sendo este o método utilizado para o estudo de tempos da linha dos cartuchos, por ser considerado um dos métodos mais precisos, vai ser efetuada uma explicação mais detalhada

sobre o procedimento a seguir para o cálculo dos tempos padrão. Para fazer esse estudo é necessário um cronómetro, através do qual irão ser medidos os tempos necessários à realização das várias atividades que constituem a operação que se pretende analisar (Silva, 2012b).

Antes de se iniciar as cronometragens, o analista deve escolher um operador que cumpra os seguintes requisitos: (i) deve ser um operador treinado na função, (ii) o operador deve utilizar os métodos adequados na realização das operações e (iii) deve apresentar um desempenho médio. Ainda antes de iniciar a cronometragem, é necessário analisar o método utilizado, de modo que se possam identificar as operações envolvidas e decompô-las nos vários elementos/passos do trabalho (Silva, 2012b).

Para o cálculo do número de cronometragens necessárias para garantir a precisão pretendida, é necessário proceder à obtenção de uma amostra inicial de cerca de quinze ciclos, e depois, recorrendo à Equação 1 é possível calcular o número mínimo de amostras que se devem obter para garantir a precisão pretendida (Silva, 2012b).

Equação 1 – Cálculo do número mínimo de amostras necessárias.

$$n = \left(\frac{Zs}{A\bar{x}} \right)^2$$

Na Equação 1, n representa o número de cronometragens a executar, Z representa o valor da curva normal para o grau de confiança pretendida, s representa o desvio padrão para as medições já efetuadas, A representa a precisão pretendida, e \bar{x} representa a média (também das medições já efetuadas).

Posto isto, e após recolhidas as n amostras, pode-se proceder ao cálculo do tempo padrão da operação. O primeiro passo é determinar o tempo de ciclo (CT) que corresponde ao cálculo da média do tempo medido ao operador durante os diversos ciclos que ele executou. A Equação 2 representa o cálculo necessário para a obtenção do tempo de ciclo onde $\sum tempo$ representa o somatório do tempo medido e $nciclos$ corresponde ao número de ciclos que foram cronometrados.

Equação 2 – Cálculo do tempo de ciclo.

$$CT = \frac{\sum tempo}{nciclos}$$

Após se obter o tempo de ciclo, pode-se proceder ao cálculo do tempo normal (NT), que é obtido através da Equação 3. Este tempo normal corresponde ao tempo que um operador demora a realizar um ciclo a trabalhar ao ritmo normal (PR corresponde ao fator de ritmo).

Equação 3 – Cálculo do tempo normal.

$$NT = CT \times PR$$

Para terminar o cálculo do tempo padrão, falta incluir o fator de concessões (AF). Existem duas formas distintas para calcular o fator de concessões: a primeira, quando as concessões são consideradas como uma percentagem do tempo total ($\%A_{total}$), aplicando a Equação 4; a segunda forma é através da Equação 5, em que as concessões são vistas como uma percentagem do tempo de trabalho ($\%A_{trabalho}$).

Equação 4 – Cálculo de AF – %tempo total.

$$AF = \frac{1}{1 - \%A_{total}}$$

Equação 5 – Cálculo de AF – %tempo de trabalho.

$$AF = 1 + \%A_{trabalho}$$

Dispondo do tempo normal (NT) e do fator de concessões (AF), pode-se proceder ao cálculo do tempo padrão (ST) com recurso à Equação 6 (Silva, 2012b).

Equação 6 – Expressão para determinar o tempo padrão.

$$ST = NT \times AF$$

4. ERGONOMIA NO TRABALHO

Neste capítulo pretende-se introduzir a área da ergonomia no trabalho, bem como os conceitos que lhe estão associados. Estes conceitos serviram como uma base na melhoria das linhas de montagem durante o estágio.

4.1. CONCEITO, OBJETIVOS E HISTÓRIA

Desde a conceção de um posto de trabalho, até ao projeto dos vários objetos que o homem vai utilizar nele, o seu projeto tem de conferir atenção ao conforto, à eficiência, à segurança, à fiabilidade, bem como a todas as dimensões a atribuir. Estes fatores são ponderados pela área da Ergonomia de forma a obter os melhores resultados, a nível do projeto, neste caso, das novas linhas de montagem.

Com isto, avança-se para a área da Ergonomia, sendo transcrito do dicionário o seu significado, que consiste em: “1. estudo científico das relações entre homem e máquina, visando uma segurança e eficiência ideais no modo como um e outra interagem, 1.1 otimização das condições de trabalho humano, por meio de métodos da tecnologia e do desenho industrial.” (Houaiss, 2001).

É a partir da Ergonomia, Antropometria, Biomecânica e Psicologia que se fundamentam as discussões relacionadas com a complexidade das tarefas de montagem dos operadores nas linhas, bem como os seus comportamentos durante o trabalho, acrescido da sua relação com as bancadas de trabalho.

Ergonomia surge das palavras “*ergon*”, que significa trabalho, e “*nomos*”, princípios ou leis. Foi utilizada pela primeira vez pelo investigador polaco Wojciceh Jastrzebowiski, que a definiu como “a ciência do trabalho”. Nesta definição, “o conceito de trabalho é muito amplo, entendido não apenas como dispêndio energético num posto de trabalho, mas algo que coloca em jogo aspetos estéticos, morais e racionais decorrentes da vida das pessoas. (Jastrzebowiski, 1857)”. (Rebelo, 2004). A disciplina desenvolveu-se, principalmente, a partir da Segunda Guerra Mundial, altura em que os investigadores e projetistas incidiram a sua atenção na conceção de sistemas e equipamentos cada vez mais adequados às características dos utilizadores, diminuindo a fadiga e os acidentes, incluindo a segurança do trabalhador. Foi então, em 1974, que surgiu em Inglaterra, a primeira Sociedade de Ergonomia, a “Ergonomics Research Society”. Ao mesmo tempo, nasceu uma corrente de Ergonomia designada por “Human Factors & Ergonomics”, focalizando a sua investigação num conhecimento das características humanas visando a conceção de produtos. Em Portugal, em plena década de 80, a Ergonomia era quase inexistente. Com a integração europeia e a necessidade de cumprimento de normas comunitárias, passaram a existir necessidades sociais relacionadas com a regulamentação e condições ambientais do trabalho, criando assim, condições para o desenvolvimento desta área (Rebelo, 2004).

Segundo Rebelo (2004), o objeto de estudo da Ergonomia é “a análise da atividade Humana de modo a compreendermos as interações que se manifestam entre o Homem e o seu envolvimento existencial”. A qualidade destas interações depende da adequação existente entre o Homem (que tem certas necessidades, características, capacidades, competências e limitações) e as exigências das tarefas que ele terá de realizar para utilizar um produto num determinado sistema. Refira-se que existem vários conceitos de Ergonomia. Contudo, ela reúne no geral um conjunto de conhecimentos que podem ser utilizadas para melhorar e adaptar o Homem ao seu trabalho ou meio envolvente. De facto, durante algum tempo, a Ergonomia tinha como principal campo de aplicação as situações de trabalho, mas, atualmente, já se aplica a todas as áreas da vida, quer sejam a área doméstica ou até as atividades de lazer e sociais.

O objetivo da Ergonomia resume-se, então, a procurar otimizar as interações entre o Homem e os artefactos, promovendo segurança, saúde e o bem-estar do utilizador, tal como a eficácia do sistema em que está envolvido. Consistem pois preocupações que vão para além de providenciar conforto ao utilizador quando utiliza determinado produto. A Ergonomia centra-se na análise das interações, utilizando metodologias próprias e saber acumulado ao longo dos tempos, onde o Homem é o centro do seu sistema.

A Ergonomia não é um atributo de um produto, tal como é frequente ouvir-se dizer: “aquela bancada é ergonómica”, mas sendo antes, uma característica da interação que se desenvolve com o produto, tendo em conta todos os aspetos que aqui já foram referidos. Na Ergonomia, segundo José (2010), “não se pode fazer um diagnóstico à distância (baseado em sintomas descritos e em resultados de análise), devendo antes observar o operador em atividade, analisar a situação de trabalho, fazer um diagnóstico para estudar as transformações necessárias.”.

O ambiente fábrica está incluída nas intervenções da Ergonomia e, segundo Rebelo (2004), a sua intervenção pode ser estruturada em vários aspetos fundamentais, como se destaca abaixo.

“- o homem – nas suas características físicas, cognitivas, sociais e na influência do sexo, idade, competências e motivação na interação com o meio;

- o envolvimento físico – englobando as dimensões dos espaços (...);

- as consequências para o trabalhador ou utilizador – em termos de fadiga, problemas físicos, psicológicos ou sociais, decorrentes das condições inadequadas de interação.”.

Sendo a Ergonomia uma ciência que envolve um conhecimento vasto, a sua prática estabelece interdisciplinaridade entre várias áreas, como por exemplo a Física, a Fisiologia (que estuda as funções dos diferentes órgãos dos seres vivos, pontos de inserção muscular, eixos de rotação, alavancas), a Antropometria (que estuda as medidas do corpo humano), a Biomecânica (que estuda os movimentos do corpo e a sua amplitude, as articulações, os pontos de inserção muscular, eixos de rotação, alavancas), a Biotipologia (que estuda os vários tipos humanos no mesmo grupo étnico), e a Psicologia (que estuda os comportamentos, da percepção, das reações aos estímulos do envolvimento).

Dentro do estudo da ergonomia, e de acordo com a IEA, existem diferentes áreas que focam características específicas dos atributos humanos, a saber (IEA, 2014):

Ergonomia cognitiva – “Ocupa-se dos processos mentais, como a percepção, memória, raciocínio e resposta motora, relacionados com as interações entre as pessoas e outros elementos de um sistema. Os tópicos relevantes incluem a carga de trabalho mental, tomada de decisões, interação homem-computador, *stress* e formação.”.

Ergonomia física – “Ocupa-se das características da anatomia humana, antropometria, fisiologia e biomecânica, relacionadas com a atividade física. Os tópicos relevantes incluem a postura no trabalho, manuseamento de materiais, movimentos repetitivos, distúrbios músculo-esqueléticos relacionados com o trabalho, projeto de postos de trabalho, segurança e saúde do trabalhador.”.

Ergonomia organizacional – “Ocupa-se da otimização dos sistemas sociotécnicos, abrangendo as estruturas organizacionais, políticas e processos. Os tópicos relevantes incluem comunicações, projeto de trabalho, programação do trabalho em grupo, projeto participativo, trabalho cooperativo, cultura organizacional, organizações em rede, teletrabalho e gestão da qualidade.”.

4.2. TIPOS DE ERGONOMIA

Dada a diversidade de áreas em que a ergonomia pode intervir, alguns autores, como os casos de Rebelo (2004) e Iida (2005), defendem que existem três tipos de ergonomia. Citando Rebelo (2004): “o campo de intervenção da Ergonomia é vasto podendo ser classificado de acordo com objeto, objetivo e contexto de intervenção”.

Os três tipos que Rebelo (2004) identifica são: a Ergonomia de concepção e correção, Ergonomia do produto e produção e Ergonomia antropométrica e informacional.

4.2.1. ERGONOMIA DE CONCEÇÃO E CORREÇÃO

Com a Ergonomia de concepção pretende-se que ocorra uma antecipação das diversas questões que podem vir a tornar-se problemáticas aquando da aplicação de uma nova solução, quer seja um novo produto, máquina ou posto de trabalho. A aplicação desta ergonomia requer, da parte de quem a aplica, um estudo acerca das funções que se pretende

que o operadores desempenhem, bem como quais os componentes e ferramentas que estes têm de manipular.

Uma das técnicas que faz uma aproximação do novo projeto à realidade para o qual ele se vai aplicar é a construção de modelos tridimensionais recorrendo a materiais de baixo custo, ou até mesmo a desperdícios (cartão e madeiras), e é denominada por “*mock-ups*”. Através da construção destes modelos e recorrendo, por exemplo, a implementações ou melhorias que já tenham sido implementadas noutras situações pode-se, de uma forma mais crítica, antever potenciais problemas bem como corrigir certas especificações que iriam resultar mais tarde em situações disfuncionais no contexto real (Iida, 2005).

Por outro lado, a Ergonomia de correção é caracterizada pela necessidade de se intervir para corrigir algo que está a agir de forma negativa, quer para a saúde ou segurança dos trabalhadores, quer para a qualidade ou produtividade da linha. Contudo, não é tão fácil detetar um problema que coloque em causa a saúde do operador quando comparado com um problema que coloque em causa a qualidade do produto, pois este último manifesta-se muito mais rapidamente que um problema de saúde, que pode demorar vários anos até ser detetado (por exemplo, tendinites). Posto isto, é relevante ter especial atenção e analisar todos os detalhes do meio envolvente aos postos de trabalho como, por exemplo, a iluminação, ruídos, entre outros.

4.2.2. ERGONOMIA DO PRODUTO E PRODUÇÃO

A Ergonomia do produto “é uma disciplina que disponibiliza metodologias visando guiar as escolhas estratégicas do desenvolvimento de um produto, numa perspetiva de Design Total” segundo Rebelo (2004). Esta ergonomia está associada à conceção do produto final, onde se pretende interligar todo um conjunto de diferentes aspetos como, por exemplo, o desempenho, o conforto na utilização, a funcionalidade, a adaptabilidade ao utilizador, entre outros.

Relativamente à ergonomia de produção, esta concentra-se em analisar as condições atuais de trabalho a que os operadores estão sujeitos e introduzir, no caso de existirem, melhorias no sistema.

4.2.3. ERGONOMIA ANTROPOMÉTRICA E INFORMACIONAL

A ergonomia antropométrica, ou ergonomia gestual conforme é retratada por muitos autores, incide principalmente sobre as posturas e gestos adotados pelos operadores durante o desempenho das tarefas inerentes à produção. A origem deste tipo de ergonomia foi da parte de Taylor que fez um estudo dos “componentes do trabalho em termos de gestos e tempo necessário para os realizar” (Silva *et al*, 1996). Taylor realizou o estudo no sentido de otimizar a execução de tarefas, promovendo a rapidez e a poupança de movimentos.

Já a ergonomia informacional defende que é essencial dimensionar e localizar dispositivos de informação e controlo para que o operador tenha ao seu dispor, em tempo real, todas as informações que necessita sem necessidade de realizar posturas desadequadas para as obter. “O cerne da questão é: transmitir bem e rapidamente, diminuindo a probabilidade de erro” (Silva *et al*, 1996).

4.3. ERGONOMIA NO POSTO DE TRABALHO

Como referido anteriormente, a ergonomia tem como objetivo tornar um posto de trabalho o mais adaptado possível ao Homem. Por este motivo, nesta secção apresentar-se-á o estudo da ergonomia aplicada aos postos de trabalho.

Segundo Silva (2012a), existe um conjunto de regras distintas que se deve ter em conta quando se pretende estudar um posto de trabalho, que são intituladas como “princípios da economia de movimentos”. O estudo dos movimentos permite suprimir deslocamentos, esforços e gestos inúteis, e permite também aperfeiçoar movimentos úteis e adquirir um ritmo de trabalho aos operadores. Contudo Silva (2012a) considera “essencial conhecer as regras da economia dos movimentos para poder estabilizar um posto de trabalho”, o que levou este autor a apresentar dez regras para a “utilização do corpo humano – leis fisiológicas”, oito regras para a “disposição do posto de trabalho” e oito regras para a “conceção da ferramenta e dos materiais”.

4.3.1. UTILIZAÇÃO DO CORPO HUMANO – LEIS FISIOLÓGICAS

Relativamente à utilização do corpo humano, Silva (2012a) apresenta dez regras, sendo elas:

- “os movimentos das mãos e do corpo devem fazer intervir a mais baixa categoria de movimentos compatível com a satisfatória execução do trabalho”, apresentando como

categorias “1ª categoria: movimentos de dedos; 2ª categoria: movimentos de dedos + pulsos; 3ª categoria: dedos + pulsos + antebraço; 4ª categoria: dedos + pulsos + antebraço + braço; 5ª categoria: todos os movimentos anteriores combinados com o movimento do corpo”.

- “as duas mãos não devem estar inativas ao mesmo tempo, salvo em períodos de repouso”. Na Figura 57 o autor apresenta o tempo de ciclo para selecionar, agarrar, transportar e largar porcas, com um trabalhador a trabalhar só com a mão direita, só com a mão esquerda e com ambas as mãos, para dois tipos distintos de recipientes.

		Right Hand Working Alone		Left Hand Working Alone		Both Hands Working Together	
		Rectangular Bin	Bin with Tray	Rectangular Bin	Bin with Tray	Rectangular Bin	Bin with Tray
SELECT AND GRASP Nut from bin at A (see figure above).	Time in Minutes	0.00723	0.00438	0.00822	0.00520	0.01307	0.00674
	Time in Per Cent (Shortest Time = 100%)	100	100	114	118	181	154
TRANSPORT LOADED Carry nut through distance of 5 inches — from A to B.	Time in Minutes	0.00292	0.00235	0.00347	0.00234	0.00380	0.00270
	Time in Per Cent (Shortest Time = 100%)	100	100	119	100	130	115
RELEASE LOAD Drop nut into 1-inch hole in table top at B.	Time in Minutes	0.00403	0.00403	0.00380	0.00453	0.00463	0.00500
	Time in Per Cent (Shortest Time = 100%)	106	100	100	112	122	124
TRANSPORT EMPTY Move hand to bin at A for nut.	Time in Minutes	0.00314	0.00277	0.00282	0.00304	0.00308	0.00337
	Time in Per Cent (Shortest Time = 100%)	111	100	100	110	110	122
TOTAL CYCLE	Time in Minutes	0.01730	0.01351	0.01832	0.01510	0.02459	0.01775
	Time in Per Cent (Shortest Time = 100%)	100	100	106	112	142	131

Figura 57 – Tempos de ciclo para o trabalho com uma ou duas mãos (Silva, 2012a)

- “as duas mãos devem começar e terminar o seu movimento (o trabalho) ao mesmo tempo”. Esta regra e a anterior foram criadas porque considera-se que se consegue efetuar mais trabalho por parte dos operadores com a sua implementação.

- “os movimentos dos braços devem fazer-se em direções opostas, simétricas e devem ser simultâneos (...) os esforços de atenção e de olhar são diminuídos quando os movimentos são simétricos” e os “movimentos simétricos dos braços tendem a equilibrar-se um ao outro”, provocando assim uma menor fadiga aos operadores.

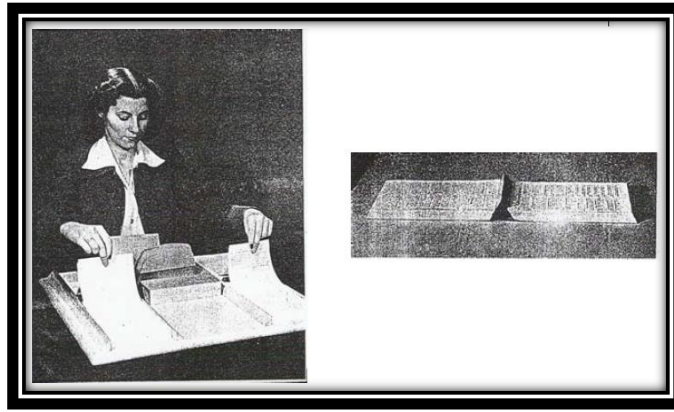


Figura 58 – Quarta regra (Silva, 2012a)

- “fazer uso da quantidade de movimento para auxiliar o trabalhador sempre que possível, nomeadamente para abastecer e retirar os materiais do posto de trabalho. Se se torna necessário vencê-la por um músculo, há que reduzi-la o mais possível”.
- “preferir os movimentos curvos e contínuos das mãos aos movimentos retilíneos com mudanças de direção bruscas e pronunciadas, em ângulo agudo”. Esta regra serve para evitar paragens e alterações bruscas de direção por parte do operador, pois são movimentos que provocam cansaço nos operadores, devendo ser evitadas.
- “aproveitar o impulso, já que os movimentos lançados são mais rápidos, fáceis e precisos do que os movimentos restritos ou controlados”. Silva (2012a) refere que nos movimentos controlados “grupos opostos de músculos são contraídos, e que nos movimentos lançados apenas há “contração de um único conjunto de músculos, sendo portanto menos cansativos e mais poderosos”.
- “favorecer o estabelecimento de um ritmo, dispondo o trabalho de forma que os movimentos se sucedam naturalmente, o mais automaticamente possível”.
- “as fixações dos olhos devem ser tão poucas e juntas quanto possível”. Esta regra é importante para evitar um cansaço visual por parte dos operadores.
- “as pausas intercalares curtas, mas frequentes, são preferíveis a uma única pausa, de longa duração”. Esta regra defende que quando as pessoas estão paradas durante um período de tempo considerável, provoca um relaxamento dos músculos provocando-lhes sonolência e fadiga.

4.3.2. DISPOSIÇÃO DO POSTO DE TRABALHO

Relativamente à organização e à disposição do posto de trabalho, Silva (2012a) defende que a sua disposição / organização deve ter em consideração as seguintes oito regras de economia de movimentos, sendo estas:

- “prever um sítio definido e fixo para todas as ferramentas e materiais – um local para cada coisa e cada coisa no seu local”. Esta regra permite uma economia de reflexão e de procura, diminuindo-se assim o tempo de procura de materiais e ferramentas, podendo verificar-se na Figura 59 um exemplo da sua correta implementação.

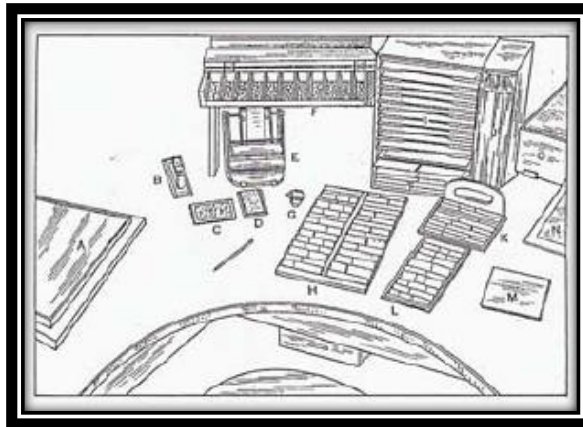


Figura 59 – Décima primeira regra (Silva, 2012a)

- “os materiais, as ferramentas e os instrumentos de medida e de controlo devem estar situados o mais perto possível do ponto de utilização e tão perto e tão em frente quanto possível do operário a que se destinam”. Na Figura 60 apresenta-se, à esquerda, um exemplo de um *layout* incorreto, em que o operador tem de se dobrar para chegar às caixas, e, à direita, um exemplo de um *layout* correto, onde o operador consegue chegar a todas as caixas sem sair da sua posição inicial.

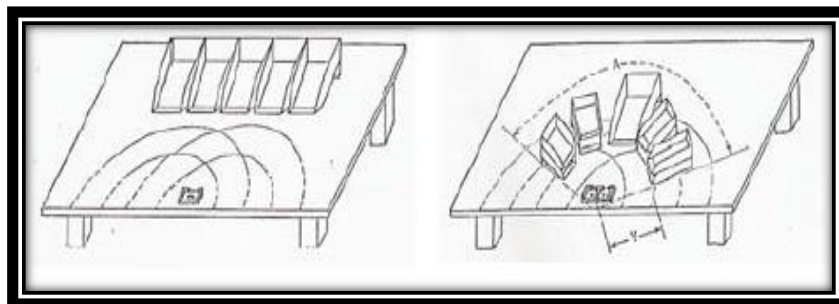


Figura 60 – Décima segunda regra: *layout* incorreto (à esquerda) e *layout* correto (à direita) (Silva, 2012a)

- “deverão ser utilizadas caixas e contentores que realizem a condução dos materiais por gravidade e até o mais próximo possível do ponto de utilização e em que a prensão seja fácil e segura”. Na Figura 61 apresenta-se uma imagem que apresenta o tempo necessário para os operadores recolherem porcas e parafusos em diferentes tipos de caixas.

	1-Hopper Type Bin		2-Rectangular Bin		3-Bin with Tray	
	Nuts	Screws	Nuts	Screws	Nuts	Screws
Time in Minutes	0.0138	0.0157	0.0148	0.0161	0.0116	0.0143
Time in Per Cent (Shortest Time = 100%)	119	110	128	113	100	100

Figura 61 – Diferentes tempos de recolha de componentes armazenados em caixas diferentes (Silva, 2012a)

- “sempre que possível, deixar cair os produtos acabados, ou dar-lhes saída por um meio de um plano inclinado ou acessórios tais como: ar comprimido, vibrações, ...”, conforme se verifica na Figura 62.

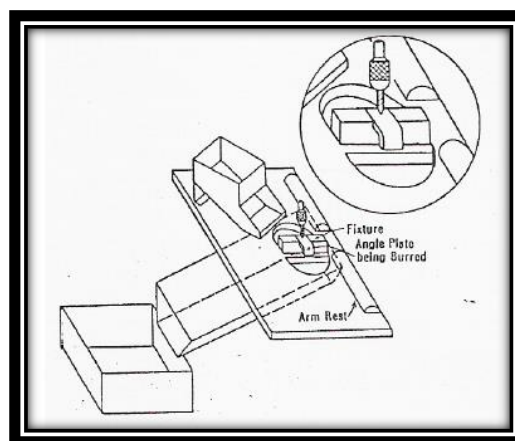


Figura 62 – Décima quarta regra (Silva, 2012a)

- “dispor os materiais e as ferramentas de forma que os movimentos se façam na sequência mais eficaz, com o mínimo possível de vaivém”, pelo que numa linha de produção os componentes que vão ser necessários devem estar dispostos pela sua ordem de utilização.

- “providenciar para que existam boas condições de iluminação, quer pela boa localização do posto de trabalho, quer por uma iluminação eficaz”. Na Figura 63 verifica-se a posição incorreta e correta da luz.

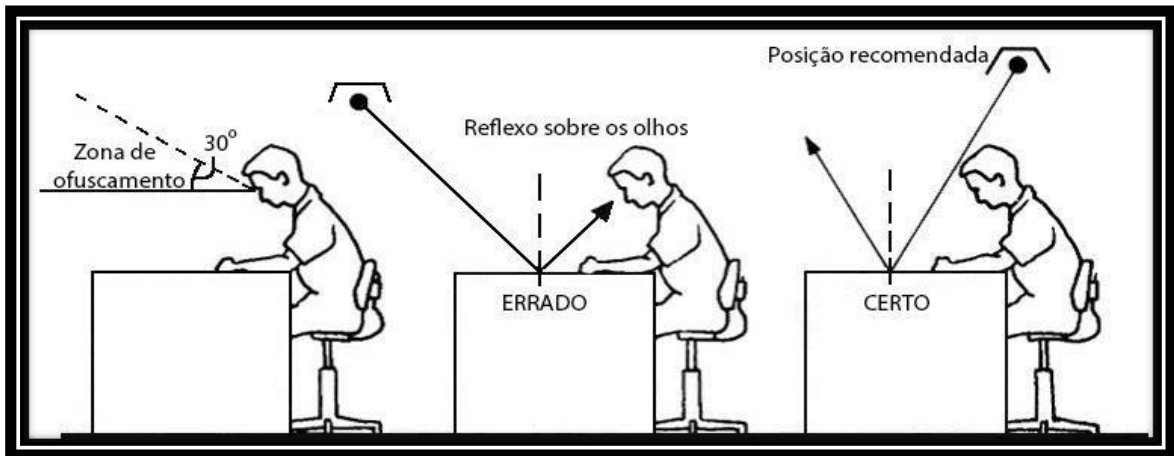


Figura 63 – Recomendações para iluminação num posto de trabalho (Iida, 2005)

- “a altura do plano de trabalho (da bancada ou da mesa) e a da cadeira devem, sempre que possível, permitir a alternância das posições de trabalho em pé e sentados; portanto, deverão estar adaptadas ao tamanho do operário”.

- “o assento deve ser adaptado ao trabalho e ao operário, de maneira que a sua posição seja correta e a fadiga diminuta”, providenciando cadeiras reguláveis em altura, com costas e assentos arredondados à frente, de forma que permitam manter a boa postura a qualquer trabalhador, conforme se exemplifica na Figura 64.

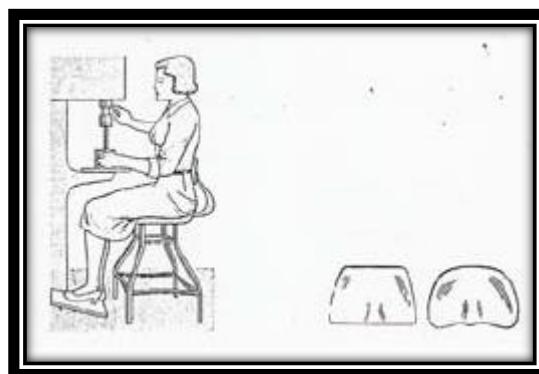


Figura 64 – Décima oitava regra (Silva, 2012a)

4.3.3. CONCEÇÃO DA FERRAMENTA E DOS MATERIAIS

Por último, relativamente à conceção da ferramenta e dos materiais, Silva (2012a) apresenta continuamente mais oito regras, apresentando-se estas mesmas de seguida:

- “libertar as mãos de todo o trabalho que possa ser efetuado de forma eficaz por um torno, uma fixação ou por um dispositivo ativado pelo pé”, conforme se verifica na Figura 65.

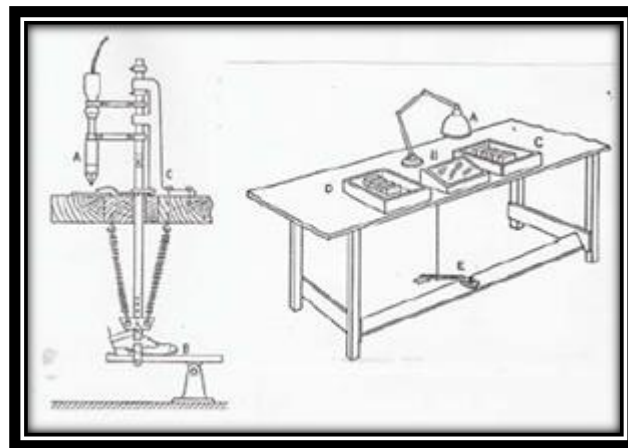


Figura 65 – Décima nona regra (Silva, 2012a)

- “os punhos e pegas das ferramentas devem permitir a maior superfície de contacto possível com a mão e devem ser concebidas de forma confortável e anatómica”, onde se exemplifica na Figura 66.



Figura 66 – Vigésima regra (Silva, 2012a)

- “duas ou mais ferramentas serão combinadas sempre que tal seja possível”, considerando-se que é mais fácil rodar uma ferramenta do que pousar uma e pegar noutra, apresentam-se alguns exemplos na Figura 67 .



Figura 67 – Vigésima primeira regra (Silva, 2012a)

- “as ferramentas e os materiais devem ser pré-posicionados numa posição que facilite o seu manuseamento e, se possível, corresponda à posição de trabalho”, tal como se apresenta na Figura 68, um exemplo de uma aparafusadora que sobe e desce com recurso a um suspensor.

- “se todos os dedos trabalham, deve-se distribuir o esforço exigido de forma proporcional às capacidades intrínsecas de cada um deles”.

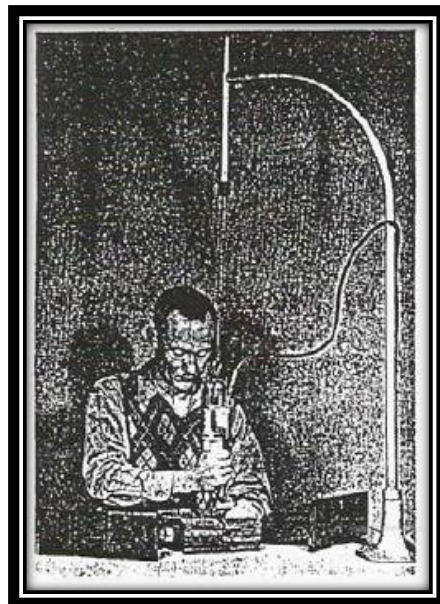


Figura 68 – Vigésima segunda regra (Silva, 2012a)

- “as alavancas, torniquetes e volantes devem ter uma forma adaptada ao esforço a despender e ao manejoamento mais eficaz”, porque quanto mais fácil for para o operador trabalhar, maior

será a produção. Com esta regra o autor defende que o operador não deve necessitar de abandonar a sua posição normal de trabalho para operar a máquina, conforme se verifica na Figura 69.

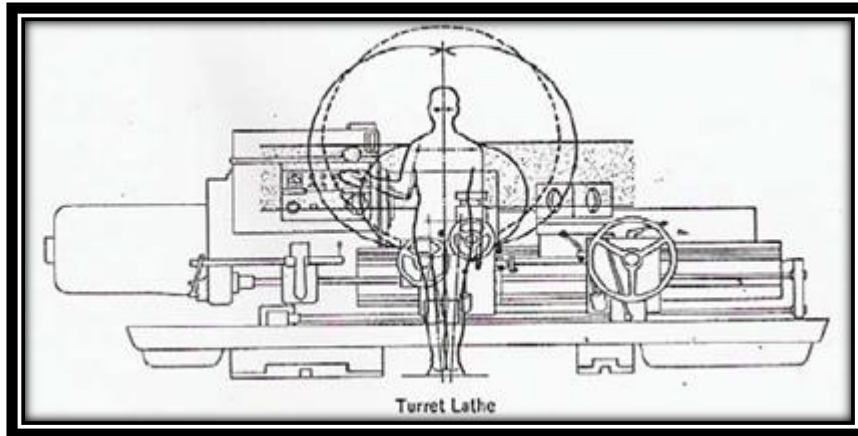


Figura 69 – Vigésima quarta regra (Silva, 2012a)

- “as alavancas, torniquetes e volantes devem estar colocados de forma que a sua manipulação exija o movimento mínimo do corpo do trabalhador”.
- “o trabalhador deve-se encontrar nas melhores condições possíveis de iluminação, ventilação, temperatura, humidade, ruído e cor; em resumo, o ambiente do local de trabalho deve ser tal que o executante tenha prazer em lá se encontrar e que lá se sinta à vontade”.

4.4. ANTROPOMETRIA

O termo Antropometria tem origem nas palavras grega de “*anthropo*” que significa homem e “*metry*”, medida. No contexto da Ergonomia, apoia-se principalmente nas ocorrências da Ergonomia Física porque se ocupa do estudo das características físicas do homem, de entre as quais se podem destacar o peso, altura, estatura, alcances, distâncias, espessuras e comprimentos. Posto isto, a antropometria tem-se mostrado imprescindível “na análise ergonómica de postos de trabalho, bem como na definição das condições de segurança e de conforto dos trabalhadores. Para além disso constitui uma ferramenta imprescindível em indústrias como a do vestuário, do calçado e muitas outras” (Arezes, *et al.*, 2006).

É possível subdividir a antropometria em dois tipos diferentes (a antropometria estática e a antropometria dinâmica) e ambas devem ser consideradas na altura de desenvolver novos postos de trabalho.

4.4.1. ANTROPOMETRIA ESTÁTICA

A antropometria estática estuda as proporções físicas do ser humano “normalmente caracterizadas por comprimentos segmentares, larguras e profundidades corporais [...] superfícies e os volumes corporais” (Rebelo, 2004). São exemplos de características abrangidas pela anatomia estática as seguintes: a estatura, o peso, a altura do ombro/cotovelo, comprimentos, larguras, distâncias, espessuras, etc.

Exemplificando estas características, Iida (2005) demonstra por meio de figuras humanas as diferenças das proporções corporais de indivíduos de diferentes etnias (americanos, japoneses e brasileiros), como ilustra a Figura 70. Pela figura é possível observar que não apenas a massa corporal e a estatura são diferentes, mas também as próprias dimensões corporais se diferenciam conforme a etnia.

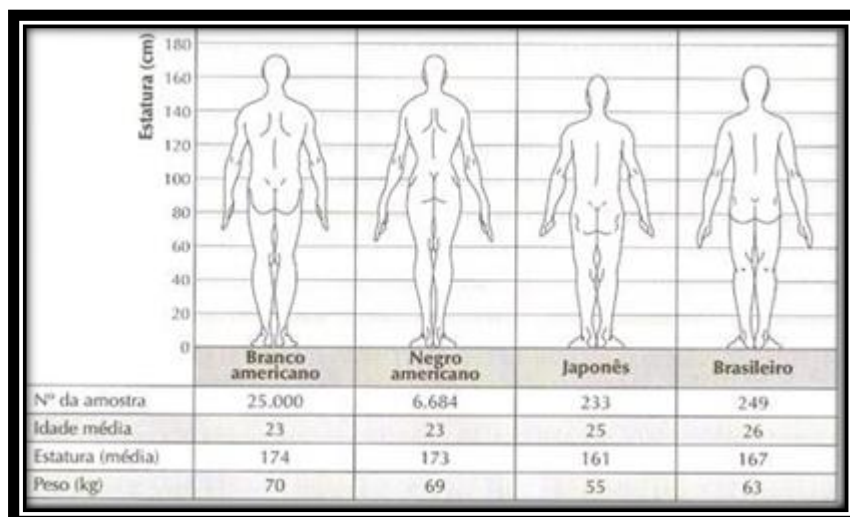


Figura 70 – Diferenças entre proporções corporais de indivíduos de diferentes etnias (Iida, 2005)

Grandjean (2004) descreve o trabalho estático como sendo “um estado de contração prolongada da musculatura, o que geralmente implica um trabalho de manutenção de postura”, vai ainda mais longe referindo que o trabalho estático “provoca nos músculos exigidos uma fadiga penosa, que pode evoluir até dores insuportáveis (...) conduz também ao surgimento de lesões de desgaste nas articulações, discos intervertebrais e tendões”.

Para melhor se entender o que são as dimensões antropométricas estáticas, Iida (2005) apresenta uma ilustração conforme se pode verificar na Figura 71.

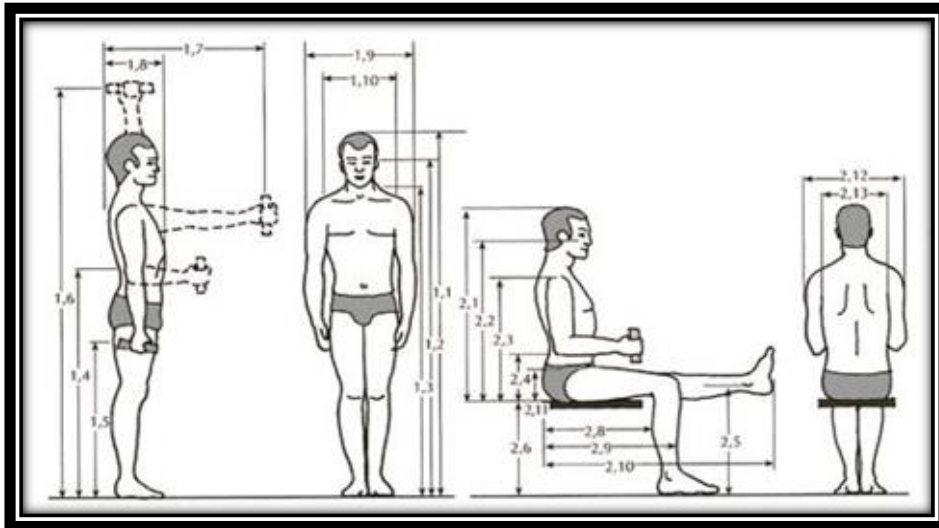


Figura 71 – Dimensões antropométricas estáticas (Iila, 2005)

Quando se pretende dimensionar novos postos de trabalho existem diversos fatores que se devem ter em conta, como por exemplo, qual o sexo das pessoas que irão trabalhar nesse posto bem como as suas características. É impossível conseguir satisfazer todas as pessoas que irão trabalhar nesse posto, mas é possível conseguir chegar a um meio-termo de forma a melhorar as condições ergonómicas ao maior número de operadores possíveis.

Uma das formas, muito utilizadas, para lidar com a variabilidade é o uso de percentis. Um valor em percentil indica quantos por cento dos indivíduos de uma população, em relação a uma determinada dimensão corporal, são menores do que o valor correspondente ao percentil. Por exemplo, ao se referir que o percentil 95 masculino da população portuguesa mede 1820 mm quer dizer-se que 95% da população tem esta estatura ou um valor inferior e 5% da população tem uma estatura superior aos 1820 mm.

Existem várias tabelas que reúnem os dados antropométricos relativos à população. Estas tabelas apresentam normalmente a média e desvio padrão e percentil 5, 50 e 95 feminino e masculino. Num desses estudos, Felisberto e Paschoarelli (2001) reuniram os dados disponibilizados por autores como Iila (2005) e Panero e Zelnik (2006) e definiram parâmetros antropométricos por meio de técnicas estatísticas. Desta forma, considerando as 29 variáveis antropométricas da Figura 72, os autores obtiveram os resultados da Tabela 2.

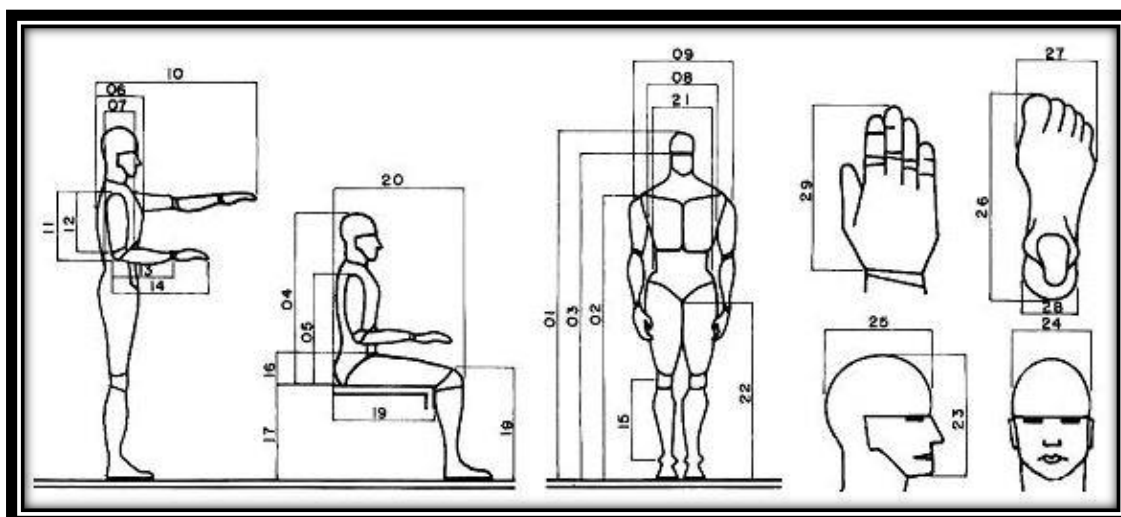


Figura 72 – Representação bidimensional das 29 variáveis antropométricas tabeladas por Felisberto e Paschoarelli (2001)

Tabela 2 – Resultados finais do tratamento estatístico das variáveis antropométricas (valores em cm) (Felisberto e Paschoarelli, 2001)

FAAC / UNESP / BAURU		Homens			Mulheres		
Dimensões dos Segmentos Corpóreos Humanos		% 05	% 50	% 95	% 05	% 50	% 95
01	Estatura	159	171	182	149	160	170
02	Altura Piso - Ombros	132	142	152	123	133	143
03	Altura Piso - Olhos	151	161	172	141	151	161
04	Altura Assento - Cabeça	82	88	93	76	83	89
05	Altura Assento - Ombro	54	58	63	46	54	59
06	Profundidade do Tórax	23	26	29	21	25	32
07	Profundidade do Abdome	19	22	26	17	21	26
08	Largura do Tórax	26	29	34	-	-	-
09	Largura do Bideltóide (ombros)	39	43	47	34	38	42
10	Distância alcance frontal máximo	69	76	83	62	71	79
11	Comprimento do Braço	33	36	40	-	-	-
12	Comprimento intercular Ombro - Cotovelo	24	29	32	-	-	-
13	Comprimento intercular Cotovelo - Punho	23	25	28	-	-	-
14	Comprimento Cotovelo - Ponta do dedo médio	45	49	55	36	43	50
15	Comprimento intercular Joelho - Maleolo	35	40	44	-	-	-
16	Altura Assento - Coxa	12	14	17	11	14	17
17	Altura Piso - Poplitea	34	44	55	36	40	44
18	Altura Piso - Joelho	50	54	58	49	54	59
19	Distância Nádega - Poplitea	43	48	53	42	47	52
20	Distância Nádega - Joelho	55	60	65	52	58	63
21	Largura do Quadril	30	34	38	31	36	41
22	Altura entre pernas	76	80	87	66	73	80
23	Altura da Cabeça a partir do queixo	21	23	24	19	22	24
24	Largura da Cabeça	17	18	19	14	15	16
25	Profundidade da Cabeça	18	19	20	16	18	19
26	Comprimento do Pé	24	26	28	22	24	26
27	Largura do Pé	9	10	11	9	10	11
28	Largura do Calcâneo	6	7	8	6	6	7
29	Comprimento das mãos	18	19	20	16	17	19

Foi realizado em Portugal (em 2006) um estudo semelhante ao anteriormente apresentado, pelo Instituto para a Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho, que teve como principal objetivo a criação de uma base de dados que fosse representativa da população portuguesa adulta. Serviram de amostra para este estudo 492 homens (55%) e 399 mulheres (45%) (Arezes *et al.*, 2006).

De entre as várias dimensões antropométricas possíveis, o estudo incide sobre um conjunto de vinte e quatro dimensões estáticas consideradas mais relevantes no âmbito da ergonomia e antropometria aplicada ao meio ocupacional. A Figura 73 descreve as vinte e quatro medidas estudadas, acrescentando a estas medidas antropométricas o peso.

Dimensões		
01 Estatura	10 Altura sentado	19 Espessura abdominal
02 Altura dos olhos	11 Altura dos olhos (relação ao assento)	20 Alcance funcional vertical (sentado)
03 Altura do ombro	12 Altura lombar (relação ao assento)	21 Distância ombro-assento
04 Altura do punho	13 Espessura máxima da coxa	22 Distância cotovelo-assento
05 Largura de ombros (bideltóide)	14 Altura do joelho	23 Largura de ombros (biacromial)
06 Altura do cotovelo	15 Altura do poplíteo	24 Largura das ancas
07 Distância cotovelo-punho	16 Comprimento coxa-poplíteo	25 Peso (kg)
08 Alcance funcional anterior	17 Comprimento máximo da coxa	
09 Alcance funcional vertical (de pé)	18 Espessura do peito	

Figura 73 – Medidas antropométricas consideradas no estudo antropométrico da população portuguesa (Arezes *et al.*, 2006)

Das vinte e quatro dimensões consideradas, as primeiras nove são referentes ao trabalho em pé e as restantes são associadas ao trabalho sentado (podem-se visualizar estas dimensões na Figura 74).

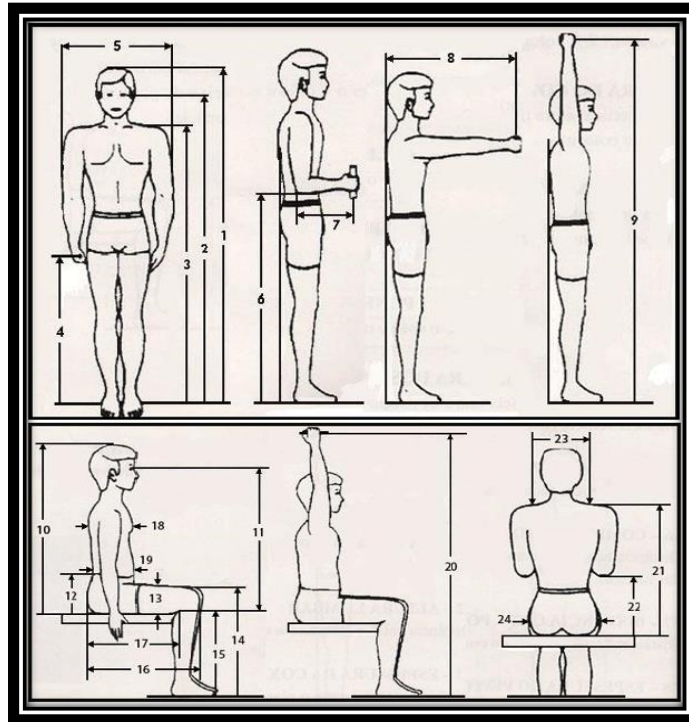


Figura 74 – Dimensões antropométricas: posição em pé (em cima) e posição sentado (em baixo)
(Arezes *et al.*, 2006)

As tabelas seguintes apresentam os resultados obtidos no estudo, sendo que a Tabela 3 é referente ao sexo feminino e a Tabela 4 ao masculino. A informação foi organizada segundo a média, desvio padrão e percentis de 1, 5, 95 e 99.

Tabela 3 – Dados antropométricos estáticos da população portuguesa feminina (Arezes *et al.*, 2006)

Dimensões	M	DP	Percentil			
			1.º	5.º	95.º	99.º
Estatura	1.565	66	1.411	1.456	1.674	1.719
Altura dos olhos	1.465	66	1.311	1.356	1.574	1.619
Altura do ombro	1.295	56	1.165	1.203	1.387	1.425
Altura do punho	685	40	592	620	750	778
Altura do cotovelo	965	46	859	890	1.040	1.071
Distância cotovelo-punho	320	17	280	292	348	360
Alcance funcional anterior	675	33	597	620	730	753
Alcance funcional vertical (de pé)	1.860	85	1.661	1.719	2.000	2.058
Altura sentada	865	35	783	807	923	947
Altura dos olhos (relação ao assento)	760	35	679	703	817	841
Altura lombar (relação ao assento)	220	20	174	187	253	266
Espessura máxima da coxa	165	15	130	140	190	200
Altura do joelho	480	27	416	435	525	544
Altura do popliteo	365	23	312	327	403	418
Comprimento coxa-popliteo	470	30	401	421	520	540
Comprimento máxima da coxa	570	32	496	518	622	644
Espessura do peito	275	30	206	226	324	344
Espessura abdominal	260	36	177	201	319	343
Alcance funcional vertical (sentado)	1.165	57	1.033	1.072	1.258	1.297
Distância ombro-assento	595	34	516	539	650	673
Distância cotovelo-assento	250	28	185	204	296	315
Largura de ombros (biacromial)	300	25	243	260	341	358
Largura de ombros (bideltóide)	445	31	373	394	496	517
Largura das ancas	400	27	337	355	445	463
Peso (kg)	64	10	41	48	80	87

Tabela 4 – Dados antropométricos estáticos da população portuguesa masculina (Arezes *et al.*, 2006)

Dimensões	M	DP	Percentil			
			1.º	5.º	95.º	99.º
Estatuta	1.690	76	1.514	1.566	1.814	1.866
Altura dos olhos	1.585	74	1.412	1.463	1.707	1.758
Altura do ombro	1.395	65	1.245	1.289	1.501	1.545
Altura do punho	735	43	635	664	806	835
Altura do cotovelo	1.050	51	931	966	1.134	1.169
Distância cotovelo-punho	350	18	308	320	380	392
Alcance funcional anterior	730	62	584	627	833	876
Alcance funcional vertical (de pé)	2.030	94	1.810	1.875	2.185	2.250
Altura sentado	920	37	833	859	981	1.007
Altura dos olhos (relação ao assento)	810	34	730	754	866	890
Altura lombar (relação ao assento)	215	20	169	183	247	261
Espessura máxima da coxa	175	17	134	146	204	216
Altura do joelho	525	30	455	475	575	595
Altura do popliteo	400	26	341	358	442	459
Comprimento coxa-popliteo	485	32	410	432	538	560
Comprimento máximo da coxa	590	33	513	536	644	319
Espessura do peito	265	23	211	227	303	339
Espessura abdominal	265	32	191	213	317	1.377
Alcance funcional vertical (sentado)	1.250	55	1.123	1.160	1.340	708
Distância ombro-assento	630	33	552	575	685	325
Distância cotovelo-assento	255	30	185	206	304	386
Largura de ombros (biacromial)	335	22	284	299	371	546
Largura de ombros (bideltóide)	475	30	404	425	525	437
Largura das ancas	380	24	323	340	420	100
Peso (kg)	74	11	48	56	92	667

4.4.2. ANTROPOMETRIA DINÂMICA

A antropometria dinâmica complementa a estática, sendo que esta mede os alcances dos movimentos. Segundo Rebelo (2004), esta analisa os “aspectos relacionados com o deslocamento dos segmentos corporais no espaço, as trajetórias distais como, por exemplo, a mão e as correspondentes velocidades e acelerações”. A Figura 75 apresenta exemplos de dimensões de antropometria dinâmica.

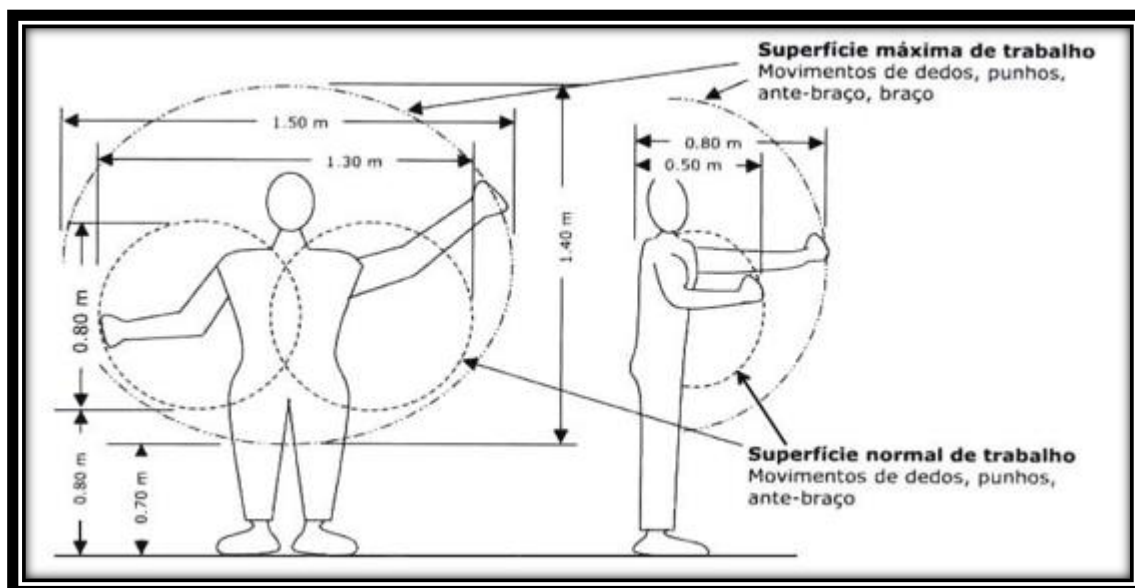


Figura 75 – Exemplos de dimensões de antropometria dinâmica (Gonçalves, 2013)

Na Figura 76 apresenta-se um exemplo de antropometria dinâmica, para a posição de trabalho sentado, segundo dois planos definidos.

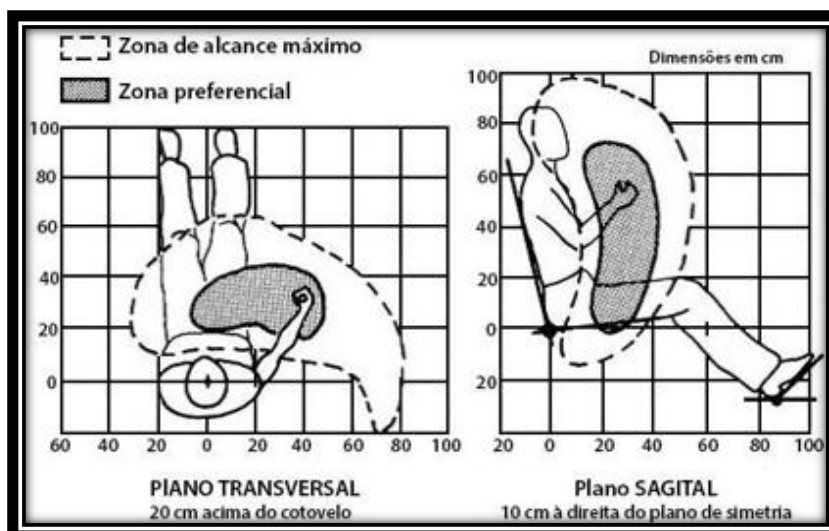


Figura 76 – Antropometria dinâmica – trabalho sentado (Iida, 2005)

Através da observação da imagem é possível verificar a existência de duas zonas de trabalho, uma preenchida a cinzento, e a segunda delimitada por uma linha tracejada. A zona preenchida a cinzento corresponde à zona de trabalho ideal, em que o operador consegue trabalhar ou alcançar sem necessitar para isso de movimentar outras partes do corpo. Por outro lado, a zona a tracejado corresponde à área de trabalho máxima que requer por parte do operador a movimentação simultânea do tronco e dos ombros.

5. LEVANTAMENTO DO PROBLEMA

Neste capítulo serão identificados os principais problemas da linha dos cartuchos. Aqui será explicado/apresentado ao pormenor todo o funcionamento destas linhas, e ainda serão apresentados os tempos de ciclo das operações elementares necessárias até à obtenção do produto final, identificando assim o bottleneck da linha. Depois de analisados os tempos, será realizada uma filtragem dos principais problemas que poderão ser melhorados através de automação / robotização.

5.1. FUNCIONAMENTO ATUAL DAS LINHAS DOS CARTUCHOS TERMOSTÁTICOS (CTHx)

Os cartuchos termostáticos são um dos produtos que distingue esta marca dos seus concorrentes. Este dispositivo tem a capacidade de regular a temperatura da água de uma forma segura e estável. Existem três linhas de cartuchos termostáticos na Grohe: a CTHx1, CTHx2 e CTHx3. Estas três linhas estão dispostas em U, umas relativamente às outras, configuração que se apresenta na Figura 77.

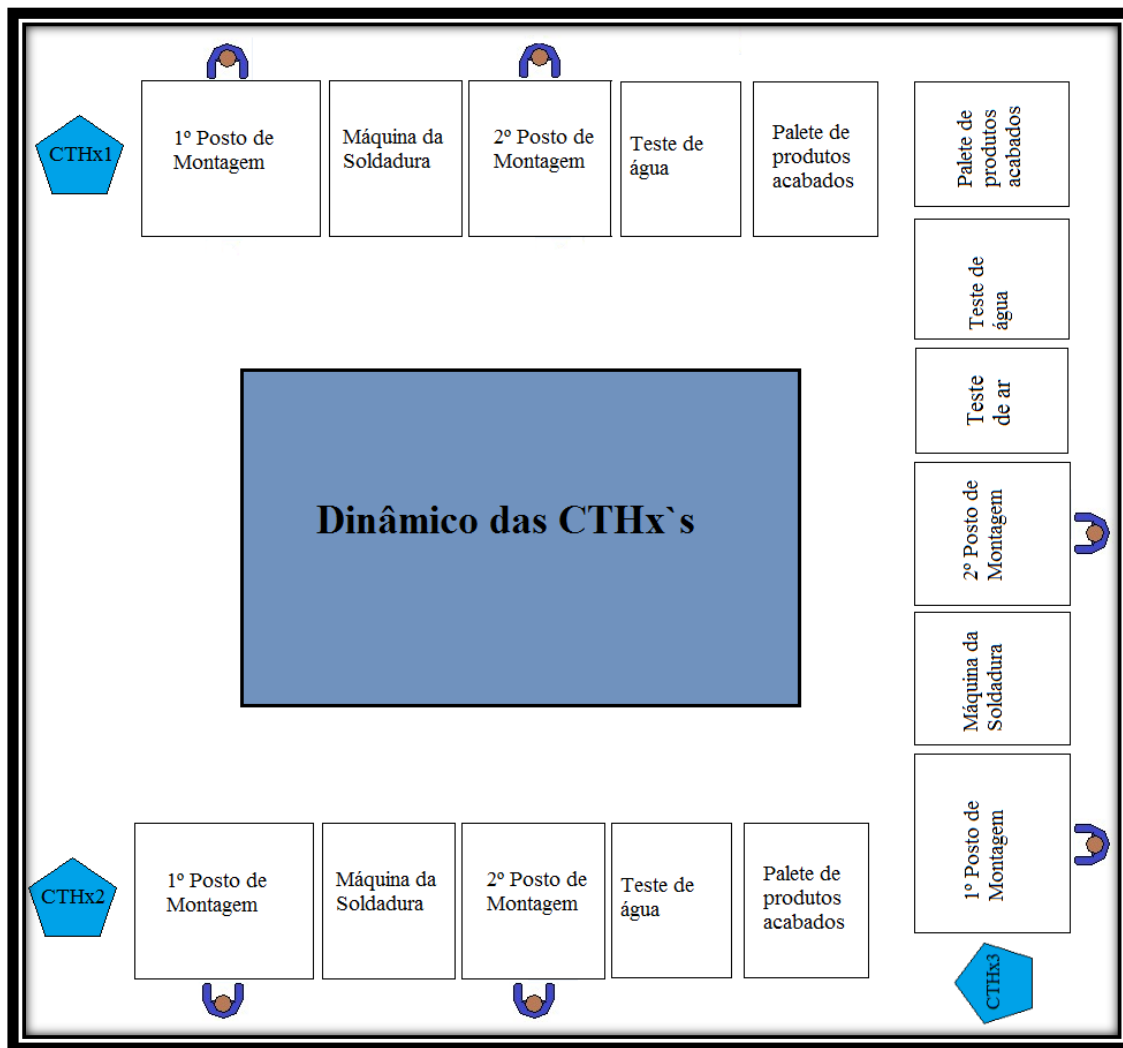


Figura 77 – Layout e posicionamento relativo das linhas CTHx1, CTHx2 e CTHx3

Na Grohe produzem-se atualmente diferentes tipos de cartuchos, identificados como: $\frac{3}{4}$ normal, $\frac{1}{2}$ 50 max, $\frac{1}{2}$ normal, $\frac{1}{2}$ micro e o $\frac{1}{2}$ japonês, que se podem observar na Figura 78. As principais diferenças entre eles são relativamente ao tamanho, ao peso e aos tipos de peças usadas, sendo que os cartuchos de $\frac{3}{4}$ apresentam um diâmetro maior comparativamente aos cartuchos de $\frac{1}{2}$, e os cartuchos micro são mais curtos comparativamente com todos os outros.

Estes cartuchos podem ser produzidos em qualquer uma das linhas, sendo que a linha CTHx3 é a mais complexa e é onde se produzem habitualmente os cartuchos mais complexos como, por exemplo, os $\frac{1}{2}$ micro e os $\frac{1}{2}$ japonês. É importante referir que qualquer uma das linhas pode ser rapidamente adaptada para produzir qualquer tipo de cartuchos, atendendo sempre às necessidades de produção da empresa num dado momento.

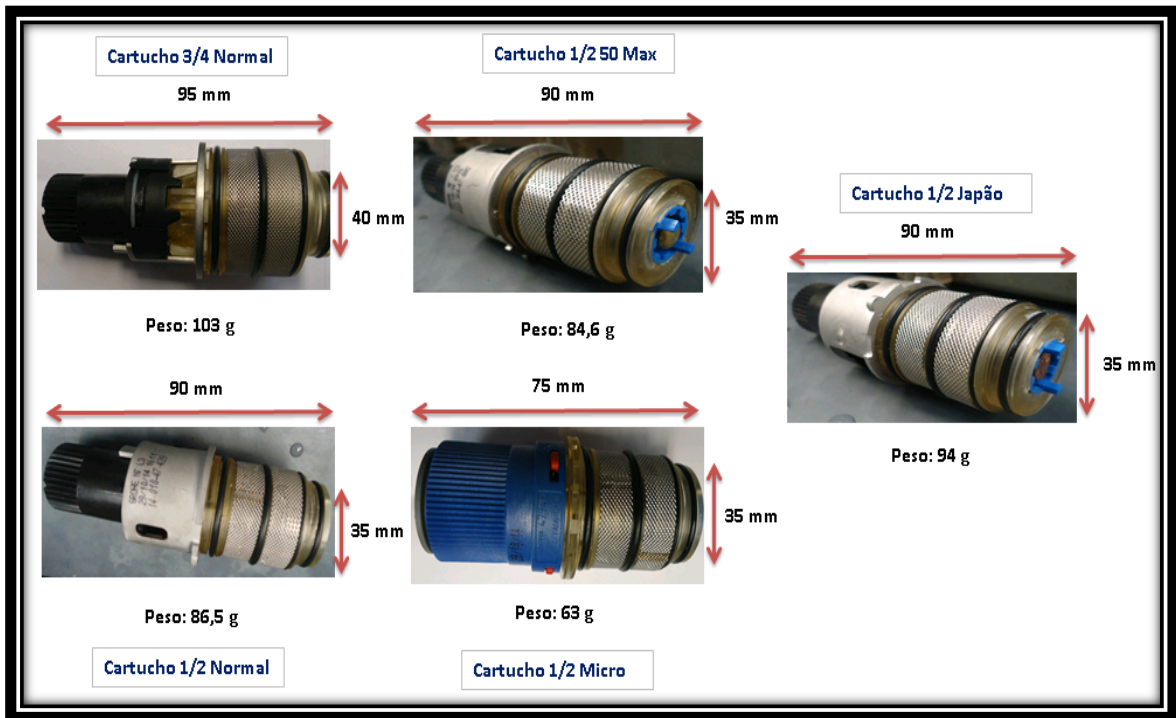















Figura 78 – Tipos de cartuchos montados na Grohe Portugal

Existem alguns cartuchos que são produzidos para satisfazer a procura interna, ou seja, uma parte dos cartuchos que é produzida na Grohe passa posteriormente para as linhas das TH, para serem incorporados dentro das torneiras termostáticas. Estes cartuchos não passam pelo teste de ar nas linhas das CTHx porque vão posteriormente ter de passar por esse teste de ar, já nas linhas das TH, e seria economicamente desvantajoso para a empresa realizar esse teste duas vezes.

Na Tabela 5 apresenta-se o funcionamento atual da linha de produção dos cartuchos termostáticos, mais precisamente da linha CTHx2, apresentando através de imagens ilustrativas toda a sequência das operações elementares/passos do processo de montagem do cartucho ½ normal, desde o momento inicial até ao produto final. Estão também referidas todas as peças (matérias-primas e componentes) utilizadas nessa linha, considerando que estas são as únicas linhas que operam com peças que são, todas elas, adquiridas externamente. De referir que o passo 12 não se encontra apresentado nessa tabela porque este refere-se ao teste de ar e, como se referiu anteriormente, esse não é realizado para as necessidades de cartuchos ½ normal internas. Como grande parte destes cartuchos são para necessidades internas, decidiu-se não se considerar esse passo.

Tabela 5 – Ilustração dos passos de montagem dos cartuchos termostáticos 1/2 normal

Posto	Passos	Foto da execução	Processo
1º Posto de trabalho	1		1 oring + 1 corrediça + 1 oring
	2		1 oring + 1 elemento térmico
	3		1 freio + peça (passo 1) + peça (passo 2)
	4		2 anilhas metálicas + peça (passo 3)
	5		1 oring + peça (passo 4)
	6		1 cabeçote + peça (passo 5) + 1 casquilho + 1 mola + 1 base inferior
	7		Colocar peça (passo 6) na máquina de soldar
2º Posto de Trabalho	8		1 regulador + 1 unidade de sobrecarga
	9		2 orings + peça (passo 7) + 1 oring + 1 rede + 2 orings
	10		1 anel de aço + 1 disco + peça (passo 8)
	11		peça (passo 10) + 1 calço plástico + peça (passo 9)
	13		Colocar peça (passo 11) na máquina de teste de água
	14		1 oring + 1 rede + peça (passo 13)

5.2. TEMPOS DE CICLO E ESTUDO DE TEMPOS DA LINHA DOS CARTUCHOS

Estas linhas têm um funcionamento que pode ser otimizado pois constata-se, observando o seu funcionamento, que a máquina que faz o teste da água apresenta tempos de espera por um novo cartucho. Nesta operação o operador tem de retirar o cartucho que se encontra pronto e meter um novo (que irá ser testado), ocorrendo portanto um tempo improdutivo nas linhas de montagem, que é o tempo em que o operador não consegue, ou por esquecimento ou por estar a realizar montagens, ir à máquina trocar os cartuchos.

Foi realizado um estudo, em que se cronometraram todos os tempos de ciclo das operações elementares (passos apresentados na Tabela 5), cujos resultados são apresentados na Tabela 6.

Com base nestas cronometragens, construiu-se um gráfico correspondente ao balanceamento da linha, que se apresenta na Tabela 7. Somando os tempos de ciclo das operações elementares (dados pela média das várias cronometragens) do 1º posto de trabalho, conclui-se que o tempo de ciclo deste posto é de 23,52 segundos. Este valor corresponde ao tempo que a operadora demora a fazer as montagens até ao passo 6 mais o tempo de troca (T_{troca}) de cartucho na máquina da soldadura.

O tempo de ciclo da máquina da soldadura é de 21,45 segundos. Neste tempo é incluído também o tempo de troca de cartucho na máquina da soldadura. Esse tempo também tem de ser incluído no tempo de ciclo da máquina porque a máquina não consegue trabalhar sem o operador para fazer a troca de cartuchos e carregar no botão para dar o início ao ciclo da máquina.

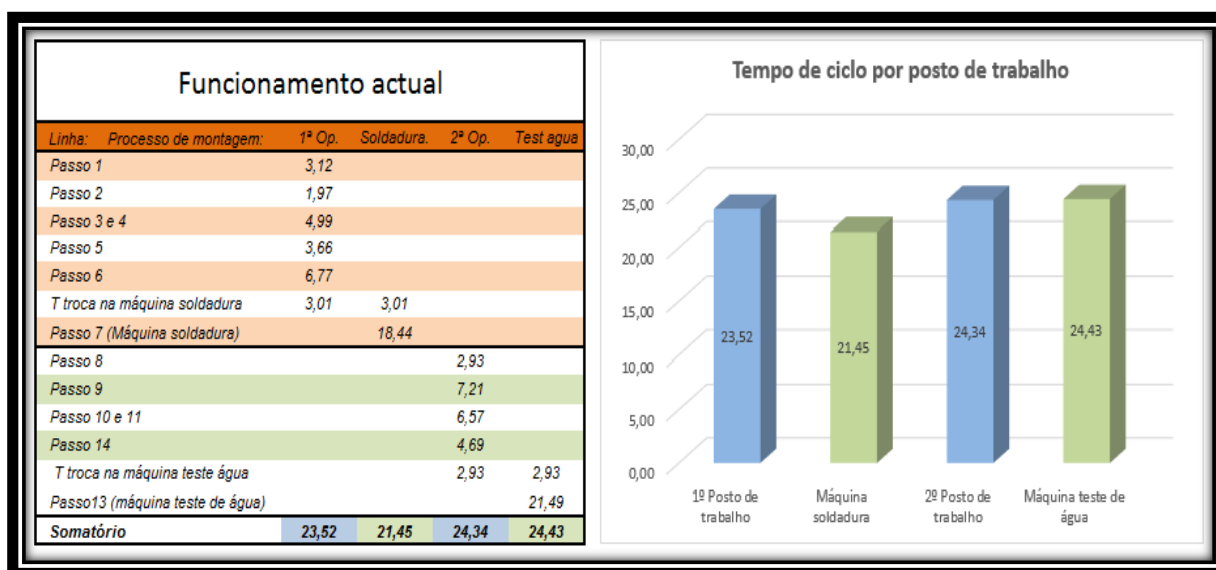
Os tempos de montagem no 2º posto de trabalho são de 24,34 segundos. Este valor corresponde ao tempo que o operador demora a fazer as operações dos passos 8 ao 14 mais o tempo de troca de cartucho na máquina do teste de água.

O tempo de ciclo da máquina do teste de água é de 24,43 segundos. Neste tempo também é incluído o tempo de troca de cartucho nesta máquina, porque esta só dá início ao teste de água quando o operador efetua a tarefa de troca de cartuchos e clica nos botões para a máquina dar início à execução do teste. Verifica-se que esta máquina apresenta um tempo improdutivo/paragem de 6,69 segundos/cartucho (ver Tabela 6).

Tabela 6 – Tempos de ciclo dos diferentes passos, de cada posto de trabalho, da linha CTHx2

1º Posto de Trabalho (operador 1)						Máquina Soldadura			2º Posto de trabalho (operador 2)				Máquina do teste de água			
Passos						Passos			Passos				Passos			
1	2	3 e 4	5	6		Tempo Troca	T execução máq	T espera máquina	8	9	10 e 11	14	Tempo troca	T execução máquina	T espera da máquina	
3.45	2.47	5.626	4.59	8.66		2.90	19	9.32	2.22	6.29	5.71	4.07	2.74	24.25	3.03	
2.55	2.47	4.544	3.2	9.07		2.91	19	25.84	2.26	7.16	6.29	5.49	2.66	20.21	3.79	
3.26	3.43	4.97	5.3	8.63		3.24	18	1.42	2.87	7.02	6.81	5.18	2.86	23.13	1.03	
3.24	2.25	4.74	2.14	7.49		2.39	18	8.72	2.26	7.48	6.12	4.35	3.03	19.52	1.07	
3.27	1.65	6.39	2.71	9.28		3.28	19	2.41	3.55	7.17	8.41	4.79	2.34	22.85	6.67	
2.72	3.33	7.06	3.14	7.04		2.51	18	1.11	2.91	8.27	6.71	6.01	2.67	18.92	0.00	
3.72	3.08	8.63	2.64	6.79		3.46	18	1.96	3.61	6.29	6.06	4.5	2.87	23.36	3.73	
3.62	3.3	6.17	2.95	6.79		3.32	18	13.28	3.44	7.76	6.66	4.15	2.79	18.80	3.93	
2.8	2.45	5.72	2.72	6.75		3.44	18	1.80	3.29	6.98	6.81	4.67	2.99	23.21	1.29	
2.82	1.63	4.61	3.56	6.64		3.45	19	0.63		6.49	5.8	4.18	2.82	23.06	0.95	
1.8	2.59	4.44	2.85	6.54		3.05	18	1.18		6.65	5.68	4.72	3.02	22.02	3.43	
2.2	2.5	5.31	2.19	6.47		2.99	18	0.00		7.77	6.04	4.41	2.80	22.50	2.09	
3.65	2.54	5.56	3.97	5.82		2.81	18	0.00		7.07	6.25	4.76	2.59	21.22	2.64	
3.73	1.23	5.66	3.25	5.91		3.01	18	2.76		6.51	7.12	4.39	2.47	23.58	1.03	
3.53	1.27	4.6	3.98	6.19		3.11	19	7.98		8.22	7.34		2.79	22.13	0.00	
2.69	1.29	7.22	3.37	5.78		2.76	19	7.79		7.09	6.24		3.37	20.06	3.11	
3.16	1.24	4.27	3.44	5.95		3.25	19	1.64		8.41	7.62		3.05	22.72	1.49	
3.25	1.47	3.49	3.78	6.44		2.68	19	5.28	<i>Média</i>	2.93	7.21	6.57	3.05	21.73	0.00	
3.28	1.46	3.11	3.67	5.98		3.14	18	2.58					3.29	20.50	7.23	
4.02	2.91	3.31	4.84	5.68		2.96	19	5.69					3.32	21.35	3.59	
3.61	1.07	3.61	4.35	5.56		3.19	18	2.02					2.90	20.90	2.79	
3.25	1.1	4.74	4.33	6.16		2.73	18	2.77					3.39	20.89	8.81	
3.28	1.1	3.08	3.79	6.4		2.96	19	7.67					2.88	20.70	33.96	
3.02	1.67	3.49	4.34	6.47		2.60	18	13.02					3.27	19.89	23.19	
3.61	1.67	4.46	4.3			3.04	19	4.06					3.41	19.80	48.48	
3.89	2.57		3.2			<i>Média</i>	3.01	18.44	5.24				<i>Média</i>	2.93	21.49	6.69
3.74	1.5		2.86													
3.3	2.46		4.63													
3.33	1.87		5.12													
3.25	2.84		3.99													
2.93	1.41		3.2													
2.11	1.46		4.57													
2.1	1.29															
2.35	1.35															
3.24	1.71															
2.47	1.44															
<i>Média</i>	3.12	1.97	4.99	3.66	6.77											

Tabela 7 – Tempos de ciclo por posto de trabalho da linha dos cartuchos



Considera-se que os grandes problemas da linha dos cartuchos encontram-se na máquina do teste de água; para além de esta ser o *bottleneck*, também apresenta elevados tempos de espera por um cartucho novo (como se pode comprovar analisando a Tabela 6). Foi por este motivo que nas cronometragens das operações nas máquinas se decidiu fazer a cronometragem dividida em três tempos, como se apresentam de seguida:

- **Tempo de troca:** é o tempo que o operador demora a trocar o cartucho pronto por um que irá ser submetido a teste até carregar no botão de OK da máquina, dando permissão à máquina para iniciar o teste;
- **Tempo de execução da máquina:** é o tempo que a máquina demora a realizar um teste;
- **Tempo de espera da máquina:** é o tempo que a máquina está à espera que o operador troque o cartucho testado por um novo para testar.

Fez-se assim a cronometragem das operações nas máquinas para, de seguida, se poder verificar e calcular os possíveis ganhos que seriam possíveis obter se fosse introduzido um robô a assistir as máquinas do teste de água, retirando-se assim esse trabalho ao operador 2. Se fosse possível colocar um robô a assistir as máquinas, ou seja, a colocar e a retirar os cartuchos com uma garra dupla, estipulou-se que ele conseguiria fazer essa troca num tempo próximo dos quatro segundos. Com base nesta estimativa de tempo fez-se um estudo de quantos cartuchos seriam possíveis fazer a mais, estudo esse que é apresentado na Tabela 8.

os turnos. Esse tempo corresponde essencialmente às perdas de tempo que os operadores têm sempre que calçam as luvas, vão à casa de banho, ou seja, “desperdícios” de tempo que se consideram como necessários para as boas condições de trabalho por parte dos operadores. Neste caso, as concessões também têm de entrar nos tempos de ciclo das máquinas porque o funcionamento normal destas depende sempre da ida dos operadores à máquina, ou seja se os operadores não estiverem na linha, as máquinas também não trabalham. Foi por este motivo que se entrou também com as concessões de 18% nos tempos de ciclo das máquinas.

Com os tempos padrão obtidos, selecionou-se o tempo maior em cada uma das situações (que corresponde ao tempo de ciclo da linha), que no primeiro caso ocorre na máquina do teste de água (36,72 segundos) e no segundo caso ocorre na máquina da soldadura (31,49 segundos). Com estes dois valores calculou-se quantos cartuchos seriam possíveis produzir num turno de 450 minutos, obtendo-se respetivamente 735 cartuchos e 858 cartuchos para os dois casos. Com introdução de um robô a alimentar a máquina do teste de água, conseguir-se-ia um aumento de *output* na ordem dos 122 cartuchos/turno na análise a esta equipa. Para garantir este *output*, efetuaram-se ainda novas cronometragens, para mais seis equipas diferentes, como se pode verificar no Anexo D.

Depois da análise a estas sete equipas, decidiu-se definir um valor “padrão” para o aumento de *output* nas linhas dos cartuchos, para posteriormente ser possível fazer os cálculos do *payback*, e para apresentar esse valor ao departamento dos investimentos. Foi então definido um possível aumento de *output* nas linhas dos cartuchos de cerca de 100 cartuchos/turno em cada linha.

Conclui-se que com introdução de um robô seria possível eliminar os tempos de espera das máquinas do teste de água por novo cartucho, permitindo assim aumentar a produção de cartuchos/turno por parte da Grohe. É importante referir que este estudo de melhorias de *output* depende sempre dos operadores, ou seja, uma vez que o ganho que se irá ter é na eliminação dos tempos de espera das máquinas, este valor depende do facto de os operadores demoram muito ou pouco tempo a ir às máquinas trocar os cartuchos. É por esta razão que na análise às diferentes equipas, que se apresenta no Anexo D, existem equipas em que se teria um aumento de *output* de cerca de 24 cartuchos/turno e outras em que se poderia ter um aumento de *output* de 193 cartuchos/turno – este valor depende dos métodos de trabalho das diferentes equipas, uma vez que existem operadores que demoram muito tempo a assistir

as máquinas e outros não demoram tanto. Outro fator a ter em consideração é o tempo de troca dos cartuchos: existem operadores que fazem essa troca com uma mão e outros que o fazem com as duas, ou seja, existem também diferenças nestes tempos, sendo alguns operadores mais rápidos do que outros (principalmente os que fazem essa troca com as duas mãos). Podem verificar-se essas diferenças no estudo feito e apresentado no Anexo D. Verificou-se também um fator relevante: quando as cronometragens estavam a ser realizadas, os operadores eram muito mais rápidos a assistir as máquinas, não permitindo que elas parassem durante muito tempo.

6. PROPOSTAS PARA A RESOLUÇÃO DO PROBLEMA

Neste capítulo apresentam-se algumas propostas de soluções para o problema levantado no capítulo anterior. Aqui são também apresentadas possíveis soluções recorrendo à automação da linha dos cartuchos, bem como possíveis implementações de um novo layout na linha. Considerando a solução de se assistir as máquinas com recurso a robôs, é neste capítulo que se apresentam supostos modelos de robôs adequados a esta linha, bem como os principais problemas que terão de ser considerados na sua implementação.

6.1. INTRODUÇÃO DE ROBÓTICA/AUTOMAÇÃO

Através do estudo de tempos por cronometragem que se realizou, concluiu-se que existem tempos de paragens da máquina do teste de água à espera de um novo cartucho. Considerando que o *bottleneck* das linhas é a máquina do teste de água, decidiu-se que seria uma boa opção aplicar um robô a assistir duas dessas máquinas e colocar duas linhas de cartuchos com disposição em espelho, tal como se verifica no *layout* apresentado na Figura

79, considerado o melhor de todos os que foram analisados, e que podem ser consultados no Anexo E.

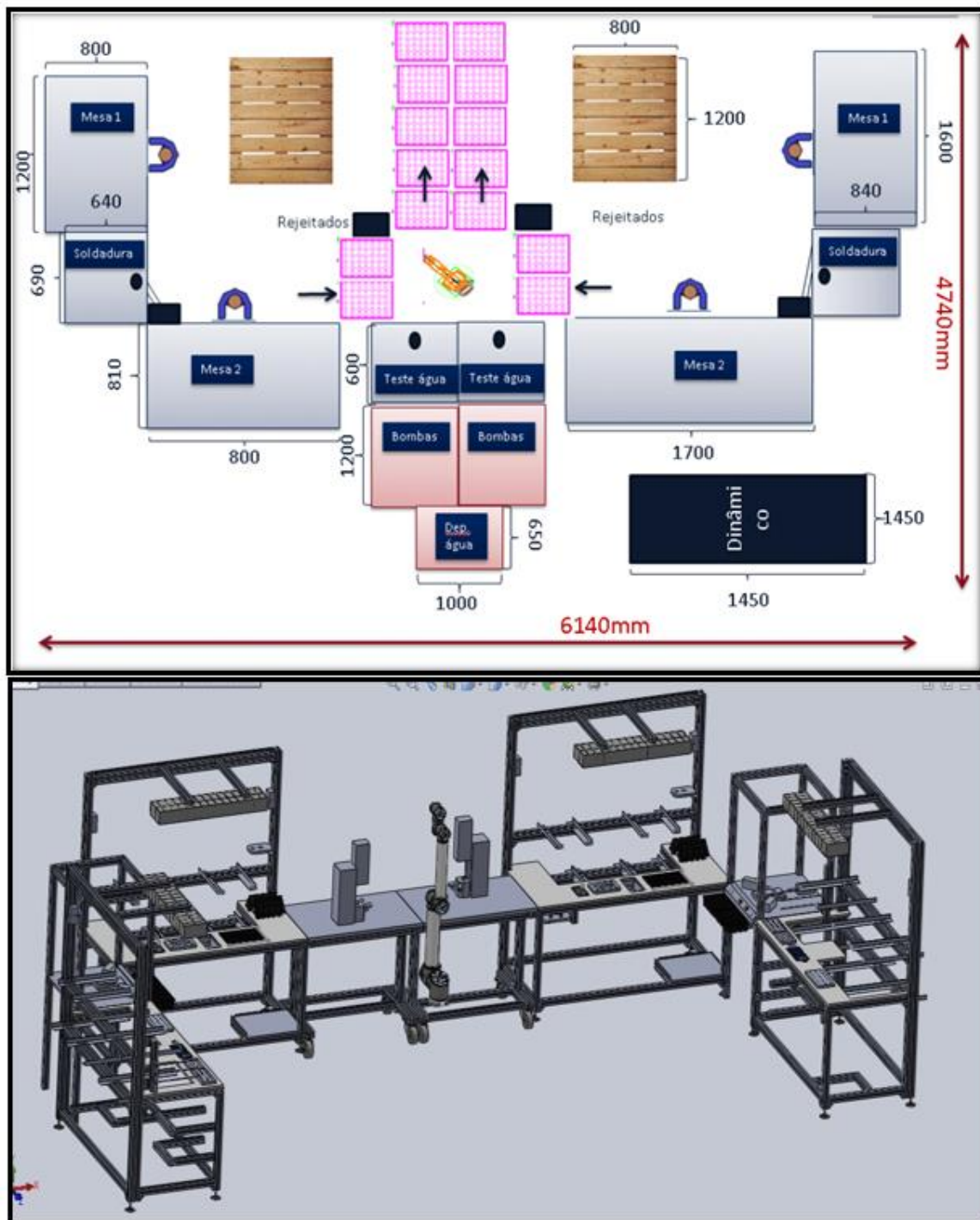


Figura 79 – Possível *layout* em 2D e 3D para a automação de duas linhas dos cartuchos

Como descrito no capítulo anterior, através da análise a variadas equipas de trabalho afetas à produção de cartuchos nestas linhas, concluiu-se que seria possível aumentar a produção

de cartuchos em 100 cartuchos/turno (em média), em cada linha. Estes números só serão possíveis, se um robô conseguir um tempo de troca igual ou inferior a 4 segundos e um tempo de paragem igual a 0 segundos. Para se conseguir este tempo de troca por parte do robô, definiu-se que este teria de ter incorporado uma garra dupla para efetuar a troca de cartucho mais rapidamente.

Com a introdução de robótica nestes dois postos, podem-se verificar algumas melhorias, como por exemplo:

- eliminar o tempo de espera por novo cartucho nas duas máquinas;
- aumentar a produção em cerca de 100 cartuchos/turno em cada linha;
- fazer um melhor balanceamento da linha dos cartuchos;
- libertar os operadores do posto 2 de ir às máquinas, diminuindo assim o seu tempo de trabalho e dando-lhes a possibilidade de criar *stock* num *buffer* para aproveitar as horas de pausas e almoço em que os robôs podem continuar a assistir as máquinas.

6.2. PRINCIPAIS ALTERAÇÕES E CONSIDERAÇÕES PARA UM NOVO LAYOUT

Neste âmbito considera-se que um possível *layout* é o que se apresenta na Figura 79, e colocar as linhas CTHx1 e CTHx2 dispostas em espelho, uma em relação à outra, e um robô a alimentar automaticamente as duas máquinas do teste de água dessas mesmas linhas, com o objetivo de este estar permanentemente a assistir as duas máquinas, fazendo com que estas nunca parem (ou parem o mínimo tempo possível), aumentando assim também a produtividade das duas linhas. O robô teria de ter agregado uma garra dupla de forma a permitir uma troca de cartuchos no menor tempo possível (nos cálculos anteriores assumiu-se um valor de quatro segundos para este tempo de troca).

Neste posto de trabalho (na máquina do teste de água), a ideia será o operador trabalhar para um *buffer* com capacidade para 90 cartuchos (no caso de cartuchos $\frac{1}{2}$ normal), ou 50 cartuchos (no caso de cartuchos de $\frac{3}{4}$). Quando os *buffers* aos quais o robô está a ir buscar cartuchos para teste estiverem vazios, os operadores trocam o *buffer* cheio que terão nas linhas e retiram o vazio para uma bancada própria para esse efeito, colocando mais cartuchos ao dispor do robô, que será o responsável por fazer passar todos os cartuchos pelas máquinas, retirando assim esse trabalho ao operador.

O plano de trabalho do operador no posto de trabalho 2 sofrerá a seguinte alteração: o operador passará a fazer a tarefa enumerada como passo 14 na Tabela 5, antes da máquina do teste de água (enumerado como passo 13), libertando assim o operador de deslocamentos desnecessários. O passo 12 não está listado nessa tabela porque corresponde à execução do teste de ar aos cartuchos, e como a maioria dos cartuchos $\frac{1}{2}$ são para consumo interno esse teste é posteriormente realizado já nas linhas das TH.

6.3. GRÁFICO ROBÔ – 2 MÁQUINAS

Para se poder visualizar a sequência de operações do robô, os seus tempos de paragem e verificar se as máquinas do teste de água da linha CTHx01 e CTHx02 parariam, construiu-se um gráfico robô-2 máquinas. Este gráfico foi realizado para as duas máquinas do teste de água, considerando o *layout* apresentado na Figura 79.

A sequência/ciclo de trabalho do robô com uma garra dupla, para o *layout* referido, será o que se apresenta na Figura 80.

Sequência de tarefas do robô	
1º	fazer viagem para a zona de buffer de entrada
2º	pegar em um cartucho
3º	fazer viagem para a zona da máquina 1
4º	colocar cartucho na máquina 1
5º	fazer viagem para a zona de buffer de entrada
6º	pegar em um cartucho
7º	fazer viagem para a zona da máquina 2
8º	colocar cartucho na máquina 2
9º	fazer viagem para a zona de buffer de entrada
10º	pegar em um cartucho
11º	fazer viagem para perto das máquinas e esperar até receber sinal de uma das máquinas
12º	descarregar a máquina (que termina primeiro) com a garra vazia
13º	carregar essa máquina com o cartucho que já tem disponível na outra garra
14º	fazer uma viagem para a zona de buffer de saída
15º	descarregar cartucho que já está testado
16º	fazer uma viagem para a zona de buffer de entrada
17º	pegar em um cartucho
18º	fazer viagem para perto das máquinas e esperar até receber sinal de uma das máquinas
19º	descarregar a máquina (que termina primeiro) com a garra vazia
20º	carregar essa máquina com o cartucho que já tem disponível na outra garra

A partir do 20º passo, repete sempre o mesmo ciclo do 14º ao 20º passo.

Figura 80 – Sequência de tarefas do robô com duas máquinas

Para esta sequência de trabalho, definiram-se alguns tempos para as tarefas do robô, como por exemplo: para pegar num cartucho o robô demoraria dois segundos; para fazer uma viagem de deslocamento demoraria um segundo; para carregar e colocar uma peça na

máquina demoraria dois segundos; para descarregar uma máquina demoraria dois segundos; e para largar a peça no *blister* demoraria dois segundos. Estes tempos encontram-se resumidos na Tabela 9.

Tabela 9 – Tempos considerados na elaboração do gráfico robô – duas máquinas

Pegar peça	Robô pegar peça	2 seg
Travel	Deslocamento	1 seg
C. Máquina	Robô colocar peça máquina	2 seg
O	Operar	
P	Parado	
D	Robô descarregar máquina	2 seg
Largar peça	Robô larga peça no blister	2 seg

No Anexo F apresenta-se o gráfico robô-2 máquinas para os tempos de operação das duas máquinas do teste de água (das linhas CTHx01 e CTHx02) que estão representados na Tabela 10. Estes tempos foram cronometrados para ser possível fazer-se uma avaliação rigorosa, e verificar se o robô conseguiria alimentar sempre as duas máquinas sem que estas parassem, ou pelo menos parassem só por um curto período de tempo.

Tabela 10 – Cronometragens das máquinas do teste de água das linhas CTHx01 e CTHx02

	CTHx1	CTHx2
	<i>T execução máquina água</i>	<i>T execução máquina água</i>
1	23,77	25,25
2	26,41	20,21
3	21,85	23,13
4	22,07	19,62
5	23,14	22,85
6	22,66	18,92
7	23,07	23,36
8	25,37	18,80
9	24,23	23,21
10	21,74	23,06
11	23,48	22,02
12	24,07	29,50
13	23,19	22,60
14	24,15	21,22
15	23,98	23,68
16	23,22	27,88
17	22,48	23,45
18	23,61	23,33
19	24,49	22,19
20	23,56	25,53
21	24,09	20,06
22	28,08	22,72
23	22,97	21,78
24	29,97	20,50
25	22,77	21,35

Através desse gráfico robô – 2 máquinas, verifica-se que depois de o sistema entrar no ciclo de trabalho, a máquina 1 só para quatro segundos e a máquina 2 trinta e sete segundos num tempo de observação de setecentos e doze segundos. Isto significa que ao fim de uma hora as máquinas 1 e 2 poderiam parar respetivamente cerca de 0,33 minutos e 3,12 minutos à espera do robô por novo cartucho, o que se considera que sejam paragens pouco significativas.

6.4. PRINCIPAIS PRESSUPOSTOS A CONSIDERAR NA AUTOMAÇÃO DAS LINHAS – ELABORAÇÃO DO CADERNO DE ENCARGOS

Durante a observação e estudos que foram realizados na linha dos cartuchos foram estabelecidos alguns pressupostos que se devem considerar antes da implementação da solução com base em robótica. Estes são importantes para se poderem descrever todas as especificações pretendidas no caderno de encargos que, depois de realizado, será enviado para alguns fornecedores de robôs e integradores de soluções robotizadas para estes poderem apresentar as suas soluções e respetivos orçamentos. Apresentam-se seguidamente as especificações das funcionalidades que o sistema tem de apresentar:

1) Paletização/Buffer:

- A paletização/*buffer* na entrada (cartuchos a testar) deve possuir uma autonomia para:

- Cartuchos ½ normal: cerca de 90 cartuchos;
- Cartuchos ¾: cerca de 50 cartuchos;

- Os cartuchos a testar necessitam de ser introduzidos na máquina do teste de água com uma determinada orientação. Desta forma, a paletização na entrada deve ser específica de forma que os cartuchos tenham sempre a mesma orientação, para facilitar ao robô a sua introdução de forma correta na máquina do teste de água. Este sistema de paletização deve ainda possuir sensores de forma a detetarem e sinalizarem ao operador quando um cartucho está mal posicionado no *buffer*;

- Na paletização na saída (disposição de cartuchos pelo robô após testados), deve existir um tapete que reconheça quando um *blister* está cheio e avance para a frente, fazendo aparecer um *blister* vazio (deve existir capacidade para cinco *blisters*/linha). Quando estes cinco

blisters estiverem cheios, o operador deve receber um sinal sonoro/luminoso, para se deslocar ao tapete e substituir os *blisters* cheios por vazios. É importante referir que cada *blister* leva 42 cartuchos 1/2” ou 30 cartuchos 3/4”.

2) Local de carga do *buffer* pelo operador:

- O abastecimento do *buffer* pelo operador deve ser fácil e ergonómico, e o local de colocação dos cartuchos a testar deve estar a uma distância de aproximadamente 20-40 cm e a um raio máximo de 20 cm do operador.

3) Forças:

Foi realizado um ensaio em que se avaliou, com recurso a um dinamómetro, a força que os operadores fazem atualmente em funcionamento normal para colocar e retirar os cartuchos nas máquinas do teste de água. Os valores obtidos podem ser consultados na Tabela 11.

Tabela 11 – Forças necessárias para colocar e retirar os cartuchos da máquina do teste de água

Colocar cartucho (força para baixo)		Retirar cartucho (força para cima)	
1	165,5 N	1	45,4 N
2	145,9 N	2	48,5 N
3	144,6 N	3	45,4 N
4	155,2 N	4	60,5 N
5	154,3 N	5	48,5 N
6	165 N	6	56,9 N
7	173 N	7	56,9 N
8	151,7 N	8	50,3 N
9	174,4 N	9	60,1 N
10	145,9 N	10	61,8 N
Média	157,55 N	Média	53,43 N

- Na máquina do teste de água, o robô necessita de fazer uma força para baixo de forma a “encaixar” o cartucho e uma força para cima para retirar o cartucho testado (essas forças são, em média, de 157,55 N e 53,43 N, respetivamente).

4) Programas das máquinas de estanquidade:

- As máquinas podem trabalhar com diferentes programas, nomeadamente:

- **Programa curto:** corresponde a um tempo médio de realização do teste por cartucho entre 18 a 25 seg;
- **Programa completo:** corresponde a um tempo médio de realização do teste por cartucho entre 30 a 45 seg.

5) Programação do robô:

- Os tempos de execução dos programas de teste dos cartuchos nas máquinas nunca são os mesmos (existem diferenças até 5 ou 10 segundos). Para mitigar esta situação, o robô deverá ser capaz de receber sinais das duas máquinas de forma a assistir a que ficar desocupada em primeiro lugar no menor tempo possível;

- O robô deve conseguir trabalhar individualmente com cada uma das linhas, bem como trabalhar com as duas em simultâneo;

- Pode haver necessidade de trabalhar numa linha com o programa curto e na outra com o programa completo. Desta forma, a programação do robô tem de permitir:

- gerir 2 linhas com programas diferentes;
- gerir 1 linha em modo robô e outra em modo manual.

6) Robô:

- O robô deve ser introduzido numa base fixa (no máximo com 600 mm × 800 mm), de fácil e rápida remoção e introdução do robô na linha (máximo 5 minutos).

- Considerando que ter-se-á de optar por um robô que permita colocar os cartuchos nas máquinas sem colidirem com estas, neste caso, o conjunto “punho” do robô, mais a garra dupla deste, mais os dois cartuchos que este terá de manipular, não deve ser mais alto do que a máxima abertura das máquinas. Para este efeito, devem-se considerar as aberturas máximas das duas máquinas apresentadas na Figura 81, bem como as dimensões dos cartuchos apresentadas Figura 78.



Figura 81 – Abertura máxima da máquina do teste de água quando termina o teste a um cartucho

Encontra-se no Anexo G o caderno de encargos em que se apresenta com maior detalhe todas as especificações necessárias para a introdução de robôs nas linhas dos cartuchos. Este caderno de encargos foi enviado para algumas empresas integradoras de soluções de robótica, para estas o poderem analisar e depois apresentar o seu orçamento. Estes orçamentos foram posteriormente analisados, tendo servido de base aos cálculos para determinação do *payback* por parte da Grohe no caso de investir nesta solução de automação.

6.5. POSSÍVEIS ROBÔS E GARRA A UTILIZAR

Para as necessidades da linha dos cartuchos, necessita-se de um robô que faça a troca de cada cartucho no mínimo tempo possível considerando um tempo máximo de 4 segundos para esta operação. Para se atingir este valor é necessário um robô que obedeça aos anteriores pressupostos, tanto ao nível da força que necessitam exercer, como devem conseguir introduzir os cartuchos nas máquinas sem embaterem nelas. Para corresponder a estes pressupostos, pode-se optar por robôs articulados de 6 eixos.

Apresentam-se dois modelos de robôs articulados que seriam adequados para operarem na automatização da linha, considerando que estes terão de ter uma capacidade de carga mínima de 10 kg (pois terão de ter capacidade de pegar em dois cartuchos e em duas garras).

Considera-se que para fazer a troca no mínimo tempo possível, o robô terá de ter capacidade de manipular dois cartuchos em simultâneo com uma garra dupla, para este conseguir retirar o cartucho testado da máquina e já ter disponível outro para colocar na máquina.

6.5.1. ROBÔ ARTICULADO UR10 – UNIVERSAL ROBOTS

Existe a possibilidade de se optar pelos robôs UR10, que são robôs articulados de seis eixos, onde as juntas são todas rotacionais. Este modelo de robôs inclui-se na classe conhecida como robôs colaborativos. O braço robótico UR10 pode trabalhar lado a lado com os operadores sem precisar de vedação, devido a possuir sensores que param o robô quando detetam uma colisão, sem colocar em risco os operadores. Este tipo de robôs é bastante versátil e a própria programação é fácil de se fazer: é feita na consola de programação, podendo ser feita por pessoas com um mínimo de formação no sistema. Para além de tudo isto, este tipo de robô apresenta um volume de trabalho bastante abrangente, uma vez que estes robôs podem trabalhar entre -360° a $+360^{\circ}$ e conseguem fazer uma força entre 150-250N sobre um ponto ou numa dada direção. No Anexo H apresentam-se as características, o volume de trabalho e as dimensões principais deste robô.

Na Figura 82 apresenta-se o modelo UR10 da marca Universal Robots. Este modelo de robô ganhou o prémio de inovação pela EMAF – Robótica no ano de 2014. Estes robôs industriais de seis eixos são flexíveis e fáceis de utilizar. Foram projetados para pequenas e médias empresas que necessitam de automatizar de forma flexível e efetiva e com rápido retorno do investimento. Estes robôs são fáceis de deslocar de um lado para outro e não necessitam de fixações muito robustas e pesadas devido à sua estrutura de peso reduzido - o UR10 pesa 28,9 kg.

Estes robôs são entregues com todos os componentes necessários ao seu funcionamento. Está incluído o armário de comando, consola táctil de 12" e *software*. A interface gráfica de programação é única e, juntamente com a consola táctil, permite uma programação simples e sem necessidade de pessoal altamente qualificado para programar o equipamento. Além disto, o robô é fornecido com interface elétrico compatível com a maioria dos sensores industriais e autómatos, definidos como *Power Line Communication (PLC)*.



Figura 82 – Robô UR10 da Universal Robots

As grandes vantagens da utilização destes robôs na linha dos cartuchos seriam:

- são rápidos e fáceis de deslocar;
- são versáteis, pequenos e leves;
- têm um excelente volume de trabalho;
- não necessitam de vedação de proteção;
- podem trabalhar lado a lado com os operadores.

6.5.2. ROBÔ KUKA AGILUS KR10 R1100

Pode-se optar também pelo robô KUKA Agilus KR10 R1100, que são robôs articulados de seis eixos, onde as juntas são todas rotacionais. Neste caso o braço robótico KR10 precisa de uma vedação, porque não possui sensores que detetem uma colisão. A programação deste tipo de robô pode ser efetuada *online* ou *offline*, ou seja, é realizada em software da KUKA, tendo de ser realizada por pessoas com bons conhecimentos nessa matéria. Para além de tudo isto, este tipo de robô apresenta uma amplitude de movimento sobre o eixo 1 de 340°. No Anexo I encontram-se as características, o volume de trabalho e as dimensões principais deste robô.

O modelo KR10 R1100 da marca KUKA é apresentado na Figura 83. Estes robôs industriais de seis eixos são rápidos e apresentam índices de repetibilidade e precisão fiáveis.



Figura 83 – Robô KR10 R1100 da KUKA

Estes robôs são entregues com todos os componentes necessários ao seu funcionamento, bem como o *software* de programação.

As vantagens da utilização destes robôs na linha dos cartuchos seriam:

- são rápidos e fáceis de deslocar;
- têm um bom volume de trabalho.

Como desvantagens, pode-se referir que estes robôs:

- necessitariam de uma vedação de proteção;
- não podem trabalhar lado a lado com os operadores.

6.5.3. GARRA DUPLA

No âmbito deste trabalho considerou-se fabricar os dedos das duas garras e a flange para a garra dupla nas instalações da Grohe, visto que se têm internamente todos os recursos

necessários para a sua fabricação, sendo possível construir os dedos das garras com a forma mais adequada para manipular os cartuchos, e poupando a Grohe a mais investimentos.

As garras a utilizar teriam de ser capazes de manipular cinco tipos de cartuchos, em que o seu diâmetro varia entre os 35 mm e os 40 mm e o seu peso varia entre os 0,0846 kg e os 0,103 kg. A nível de forças, as garras deveriam possuir uma força de fecho que permitisse aos dedos não escorregarem no momento de tirar os cartuchos das máquinas, já que a força para cima seria o robô a fazê-la. Foram escolhidos três modelos de garras de dois dedos paralelos que correspondem às exigências apresentadas. Foram elas a Robotiq Adaptive Gripper, a Festo DHPS-16-A e a Festo DHPS-20-A (no modelo da FESTO DHPS-16-A não se tem a total certeza de que a força de fecho de 190 N da garra seja suficiente para garantir que esta não escorrega no momento em que o robô estiver a fazer a força para cima, para retirar o cartucho da máquina). As especificações e dimensões destas garras podem ser consultadas no Anexo J.

6.6. PROPOSTAS E *PAYBACK* DA AUTOMAÇÃO DAS LINHAS DOS CARTUCHOS

Depois de realizado o caderno de encargos que se encontra no Anexo G, este foi enviado para três empresas para estas poderem apresentar uma proposta técnico-comercial com o respetivo orçamento para o robô e todo o sistema que este tem de envolver para funcionar de acordo com o caderno de encargos. As empresas contactadas foram a EPL, a Make Industry e a RobotSol. De seguida são apresentadas as propostas destas empresas, sendo também apresentado, no Anexo K, os cálculos do *payback* para cada uma das soluções.

6.6.1. PROPOSTA DA EMPRESA EPL

A EPL – Mecatrónica & Robótica é uma pequena e média empresa, fundada em 2006. Desde a sua fundação que a EPL se dedica à comercialização de equipamentos e soluções industriais, tendo-se especializado, nos últimos anos, na vertente da mecatrónica e da robótica industrial.

A EPL, representada pelo Eng.º Telmo Veiga, visitou as instalações da Grohe em fevereiro de 2015, com o objetivo de perceber qual a necessidade da Grohe para a linha dos cartuchos, para posteriormente sugerir o equipamento a implementar, bem como a garra para permitir fazer corretamente a operação de carga e descarga pretendida. Uma semana depois, a Grohe foi novamente visitada pela EPL que trouxe um robô UR5 da marca Universal Robots. Da

parte da manhã fez a programação *online* manual de 5 *targets*, junto da máquina da soldadura (pois nesta máquina não é necessário aplicar grandes forças por parte do robô, apenas na máquina do teste de água), apenas para visualizar se o equipamento conseguiria realizar corretamente a operação. Na Figura 84 podem-se ver fotografias do equipamento junto do sistema.

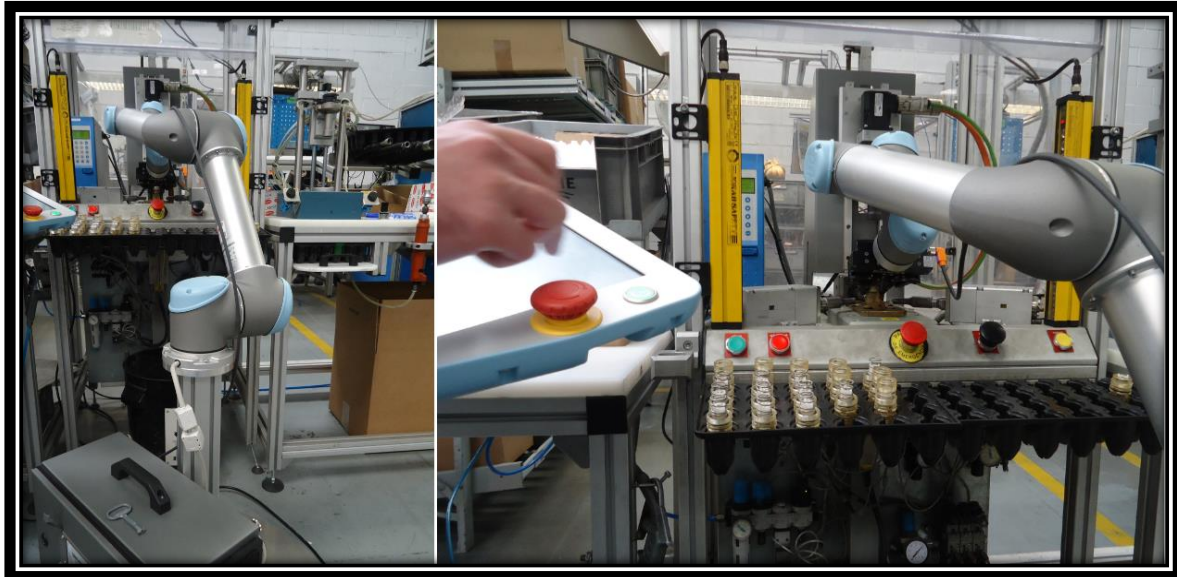


Figura 84 – Programação do robô UR5, com uma garra de dois dedos da Robotiq, pela empresa EPL na máquina da soldadura da linha dos cartuchos

Os contactos com a EPL foram importantes porque permitiram perceber a relativa facilidade com que se programa um robô da Universal Robots. Toda a programação destes robôs pode ser efetuada por programação *online* manual, movendo o braço do robô para a posição pretendida, memorizando de seguida o ponto pretendido na consola de programação (como se verifica na Figura 84, à direita). O facto de estes robôs não necessitarem de uma célula de isolamento também é uma vantagem competitiva importante deste tipo de robôs.

Apresenta-se na Figura 85 um resumo da proposta apresentada por parte da EPL à Grohe. É importante referir que os valores apresentados dizem respeito apenas à aquisição do equipamento e toda a formação necessária à programação de um equipamento da Universal Robots (neste caso o modelo UR10). A EPL, aquando da visita à Grohe, passou a ideia de que a sua equipa não pretende fazer instalações chave na mão deste tipo de equipamento ao cliente, mas sim formar o cliente na operação e programação deste tipo de sistemas, para depois este poder fazer a programação totalmente à sua maneira e, no caso de o cliente

pretender mudar o robô para outro tipo de função, o conseguir fazer de forma autónoma. Foi este o motivo pelo qual a EPL apresentou uma proposta nestes moldes.

Na aplicação para manipulação dos cartuchos abordada pelo Eng. Ricardo Azevedo, propomos o robot da Universal Robot modelo UR5 para as estações de soldadura, e o modelo UR10 para as estações de ensaio de estanqueidade.

O equipamento que propomos:

- **Universal Robot - UR5**
 - o Robô colaborativo de 6-eixos com encoders absolutos sem unidade de bateria, com 18kg de peso, capacidade de carga até 5 kg, alcance até 850mm e repetibilidade de 0.1mm.
 - o Inclui: Manipulador, armário com controlador CB3, cabos de 6m, teaching pendant 12" com cabo 4m e manual de utilizador
 - Valor: 22.500 EUR

- **Universal Robot - UR10**
 - o Robô colaborativo de 6-eixos com encoders absolutos sem unidade de bateria, com 29kg de peso, capacidade de carga até 10 kg, alcance até 1300mm e repetibilidade de 0.1mm.
 - o Inclui: Manipulador, armário com controlador CB3, cabos de 6m, teaching pendant 12" com cabo 4m e manual de utilizador
 - Valor: 28.500 EUR

Qualquer questão ou informação adicional de que necessite, por favor contacte-nos.
Obrigado.

Cumprimentos / Best Regards
Telmo Veiga • Field Application Engineer • M [910 697 551](tel:910697551)

EPL - Mecatrónica & Robótica
Norte: Sanjotec, R. Fundões, nº 151, 3700-151 S. João da Madeira
Sul: Pólo Tecnológico de Lisboa, It. 1-3, 1600-546 Lisboa

Figura 85 – Resumo da proposta técnico-comercial e orçamento da empresa EPL

6.6.1.1. Payback do Orçamento 1

Como esta solução respeitava apenas à aquisição de um robô UR10, este acaba por ser o orçamento mais baixo apresentado à Grohe. No que toca ao *payback*, este seria de 1,21 anos, ou seja cerca de 14,5 meses. Os cálculos necessários para sua a determinação encontram-se apresentados no Anexo K.

6.6.2. PROPOSTA DA EMPRESA MAKE INDUSTRY

A Make Industry – Engenharia de Máquinas é uma empresa que trabalha sobre soluções industriais, reparações de máquinas, automação de sistemas e robótica. É uma empresa que já trabalha há muitos anos para a Grohe, sendo que apresenta um elevado valor acrescentado na tomada de decisão final. Esta empresa, representada pelo Eng. Nuno Teixeira, visitou a Grohe em meados de fevereiro de 2015 para conhecer a realidade pretendida, tendo referido que iria apresentar uma proposta para uma solução chave na mão.

A proposta apresentada por esta empresa encontra-se no Anexo L. Esta proposta, cujo orçamento final é de 73 710,00€, reflete a aquisição de um robô UR10, uma garra dupla, uma plataforma para mover o robô, dois *buffers* para abastecimento de cartuchos por parte dos operadores (um por linha), dois transportadores e inclui também toda a automação e programação.

6.6.2.1. Payback da proposta da Make Industry

Como esta solução se tratava de uma solução chave na mão, este acaba por ser um orçamento mais alto relativamente ao orçamento da empresa EPL (e o mais elevado recebido). No que toca ao *payback*, este seria de 3,16 anos (cerca de 37,5 meses), podendo-se ver todos os cálculos para a sua determinação no Anexo K.

6.6.3. PROPOSTA DA EMPRESA ROBOT SOL

A RobotSol – Engenharia Industrial é uma empresa que trabalha sobre soluções industriais, automação de sistemas e robótica. A RobotSol tem por objetivo desenvolver soluções à medida do cliente, de equipamentos e linhas para a indústria em geral, usando principalmente soluções flexíveis, como robôs industriais. É uma empresa que tem a capacidade de projetar e instalar soluções “chave na mão”, adaptando-se sempre às necessidades do cliente. O Eng. Manuel Sousa visitou a Grohe em meados de fevereiro de 2015, em representação desta empresa, para conhecer a realidade pretendida pela Grohe, sendo que se disponibilizou para apresentar um orçamento para uma solução chave na mão.

Pode-se visualizar um resumo da proposta apresentada por esta empresa na Figura 86. Esta reflete a aquisição de um robô KUKA Agilus KR10, uma garra dupla, dois tapetes, uma célula para isolar o robô, dois *buffers* para abastecimento de cartuchos por parte dos operadores (um por linha) e quatro barreiras de segurança. O orçamento final, que inclui também toda a automação e programação, é de 60 900,00€. É importante referir que é necessário implementar o robô KUKA Agilus KR10 dentro de uma célula de segurança, visto que este não apresenta sensores de segurança como os robôs da Universal Robots, indicados nas propostas anteriores.



Figura 86 – Resumo da proposta técnico-comercial da empresa RobotSol

6.6.3.1. Payback da proposta da empresa RobotSol

Sendo esta uma solução chave na mão, este acaba por ser o orçamento com um valor intermédio relativamente aos outros dois. No que respeita ao *payback*, este seria de 2,59 anos (cerca de 31 meses), encontrando-se todos os cálculos para a determinação deste no Anexo K.

Estas propostas foram enviadas para a engenharia, mais propriamente para o pessoal encarregue da parte dos investimentos, que abordaram e analisaram em conjunto a possibilidade de se investir neste projeto da automatização dos cartuchos, analisando assim os valores de *payback* apresentados. Contudo, passados cerca de um mês a proposta da EPL foi a escolhida e a Grohe decidiu avançar para a aquisição de um robô UR10. Até à chegada deste, seguiu-se outro projeto durante cerca de dois meses, o da alteração de linhas de montagem das famílias das LB e BC.

7. ALTERAÇÃO DE LINHAS DE MONTAGEM

Neste capítulo aborda-se o trabalho desenvolvido no melhoramento ergonómico de algumas linhas de montagem. Foi proposto pela Grohe que fossem desenvolvidas novas soluções para as linhas das famílias das LB e das BC. O objetivo principal seria aplicar medidas normalizadas em todas as linhas, de forma a permitir às linhas de cada família poderem fabricar todos os tipos de torneiras correspondentes a essa família, sem que os colaboradores sintam grandes diferenças quando trocam de linha. É importante referir que todas as mudanças aplicadas foram baseadas em conceitos ergonómicos, mantendo os pontos fortes e alterando os pontos fracos de cada uma das linhas.

7.1. PROJETO LAVATÓRIOS E BIDÉS (LB)

A família de linhas de montagem dos Lavatórios e Bidés inclui cinco linhas. O projeto de alteração destas incidiu apenas sobre a bancada da embalagem, sendo que nas primeiras três linhas (LB1, LB2 e LB3) apenas foram feitas pequenas alterações relativamente ao dimensionamento de rampas, forma de acondicionamento de sacos plásticos e às gavetas onde os colaboradores guardam os seus pertences pessoais. No caso das linhas LB4 e LB5 foram feitas bancadas novas para se poder aplicar um dimensionamento normalizado destas com as restantes.

É importante referir que este projeto foi proposto de forma a melhorar as condições de abastecimento, com o principal objetivo de dar as condições ao abastecedor para poder

colocar, no mínimo, duas caixas de cada componente nas linhas, aumentando assim a autonomia de componentes na linha, diminuindo os tempos de abastecimento e melhorando todo o fluxo da logística interna dentro da Grohe.

Na implementação deste projeto, seguiu-se a regra principal de abastecimento de todas as linhas: todo o abastecimento de componentes deve ser feito por detrás do posto de trabalho, através de rampas, de modo a que durante o abastecimento não se perturbe o normal funcionamento das linhas.

7.1.1. METODOLOGIA ADOTADA

Terminada a fase de estudos sobre a automatização do teste do cartucho, procedeu-se ao desenvolvimento de novos projetos, começando pela melhoria das linhas das embalagens de todas as LB, de forma a normalizar todas estas linhas. O principal objetivo com estas melhorias, seria poder preparar todas as linhas para no final poderem produzir qualquer produto dentro da família de produtos onde essas linhas se inserem. Para se atingir esse objetivo conceberam-se algumas medidas a implementar em todas as linhas desta família. Explicar-se-á de seguida, separadamente, cada metodologia aplicada.

7.1.1.1. Metodologia 1 – Colocar todas as linhas com a altura de 2000 mm e com o comprimento de 2000 mm

Para se conseguir aplicar medidas normalizadas, definiu-se dar as mesmas dimensões a todas as linhas da família das LB. Como tal, optou-se por não se construir novas bancadas de embalagem para as linhas LB1, LB2 e LB3 porque essas já apresentavam a altura de 2000 mm e o comprimento de 2000 mm. Como as linhas LB4 e LB5, apresentavam a altura de 2200 mm e o comprimento de 1600 mm, optou-se antes por construir novas bancadas para estas linhas. Pode-se visualizar na Figura 87, a situação anterior e posterior à aplicação desta metodologia.



Figura 87 – Situação anterior (à esquerda) e posterior (à direita) à aplicação da metodologia 1

7.1.1.2. Metodologia 2 – Colocar suporte para cola e da primeira peça numa zona de acesso ao operador

Optou-se por colocar o suporte para cola e da primeira peça, que antes se localizavam atrás da linha, numa zona morta da linha. Desta forma ficam localizados dentro da linha e de fácil acesso aos operadores dentro desta, não precisando estes de sair da linha para colocação da primeira peça, como antigamente o faziam. Pode-se visualizar na Figura 88, a situação anterior e posterior à aplicação desta metodologia.



Figura 88 – Situação anterior (à esquerda) e posterior (à direita) à aplicação da metodologia 2

7.1.1.3. Metodologia 3 – Dimensionamento de rampas com largura de 600 mm de forma a permitir o abastecimento de variados tipos de caixas

Foi necessário proceder-se ao estudo de todos os produtos da família das LB, bem como de todos os componentes que os constituem, pois só assim se pode garantir que as novas bancadas conseguem ter capacidade para todos os componentes. Depois deste estudo, ainda foi preciso perceber-se qual a forma como os componentes vêm acondicionados do armazém, para se poder determinar o espaço necessário para os conseguir acondicionar nas linhas. Na Figura 89 mostram-se as formas de acondicionamento de componentes mais utilizadas, sendo quase todos os tipos de componentes acondicionados dentro dessas caixas nas linhas das embalagens das LB.

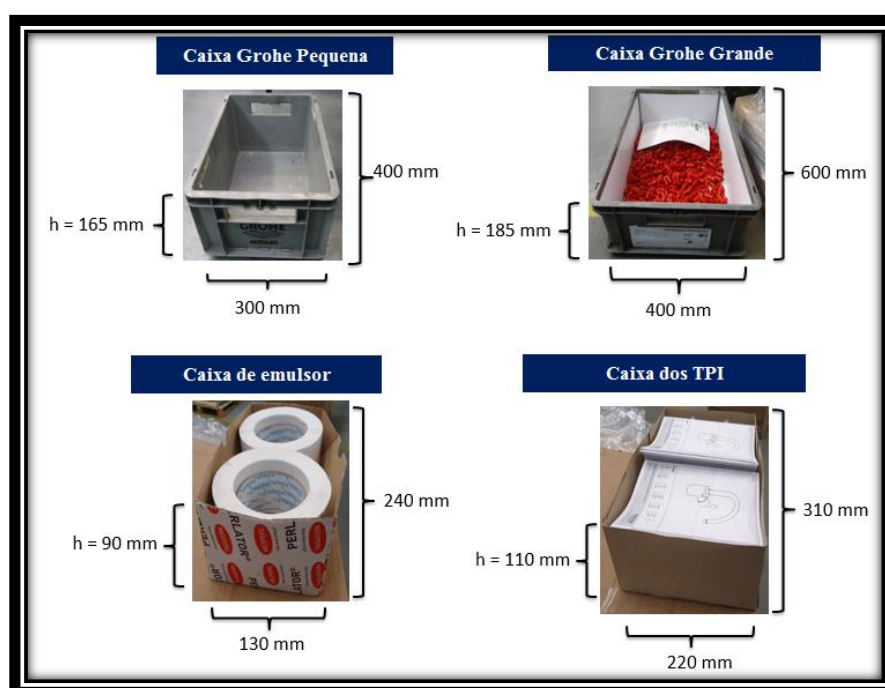


Figura 89 – Formas de acondicionamento de componentes mais utilizadas

Posto isto, foi preciso criar-se um sistema padronizado de rampas (afastadas uma da outra em 600 mm e com comprimento máximo de 800 mm) em que fosse possível acondicionar qualquer tipo de caixas. Para isso criou-se o sistema de rampas mostrado na parte direita da Figura 90, em que se verifica que é possível para o abastecedor colocar ou duas caixas Grohe grandes em comprimento nas rampas (uma à frente e outra atrás), ou então quatro caixas Grohe pequenas em largura nas rampas (duas à frente e duas atrás), ou qualquer outro tipo de caixa, porque o perfil colocado no meio serve de suporte para as caixas mais pequenas ficarem seguras. Pode-se visualizar na Figura 90 a situação anterior e posterior à aplicação

deste metodologia, de onde se conclui que nas rampas apresentadas à esquerda desta figura apenas é possível colocar caixas pequenas e nas rampas apresentadas à direita da mesma figura é possível colocar qualquer tipo de caixas, tanto grandes como pequenas. Esta foi uma medida muito importante porque existem componentes, como por exemplo as bicas, que tanto vêm do armazém acondicionadas em caixas grandes como em caixas pequenas.



Figura 90 – Situação anterior (à esquerda) e posterior (à direita) à aplicação da metodologia 3

7.1.1.4. Metodologia 4 – Colocar as rampas com 800 mm de comprimento de forma a permitir ao abastecedor colocar sempre duas caixas de cada componente

De forma a permitir ao abastecedor colocar sempre duas caixas de cada componente nas linhas, optou-se por dimensionar todas as rampas com 800 mm de comprimento, de forma a tornar o abastecimento mais versátil. Este aspeto é muito importante, porque reduz o tempo de abastecimento e reduz a probabilidade de o componente acabar na linha provocando assim a paragem desta. Antes da aplicação desta metodologia, e como em alguns casos apenas cabia uma caixa de um tipo de componentes nas linhas, por vezes esse componente falhava, porque o abastecedor não chegava a tempo com ele. Acontecia por vezes também que, no caso de este chegar a tempo, tinha de fazer transvaze da caixa que estava na linha para a nova caixa de componentes, demorando algum tempo a realizar essa tarefa. Com a aplicação desta metodologia, e uma vez que quando uma caixa fica vazia na linha é retirada pelo operador pela frente e colocada nas rampas de escoamento para caixas, como o abastecedor tem sempre espaço para duas caixas, e tem a possibilidade de colocar uma nova caixa, evitando assim a tarefa de transvaze. Pode-se visualizar na Figura 91, a situação anterior e posterior à aplicação desta metodologia.



Figura 91 – Situação anterior (à esquerda) e posterior (à direita) à aplicação da metodologia 4

7.1.1.5. Metodologia 5 – Gavetas para pertences pessoais agregadas nas linhas

Outra mudança implementada passou pela alteração das gavetas onde os colaboradores guardam os seus pertences pessoais. Como se verifica na Figura 92, à esquerda, antes estas estavam localizadas fora da linha em blocos de gavetas móveis. No entanto, concluiu-se que esses blocos de gavetas ficavam a ocupar um espaço desnecessário fora das linhas, dificultando por vezes a passagem do *mizusumachi* pelos corredores. Decidiu-se então implementar as gavetas na própria bancada (três por linha, ficando uma gaveta para cada operadora), aproveitando uma zona dita como uma zona morta da linha (zona que é completamente desnecessária para as boas condições de trabalho dos colaboradores). Esta medida foi também implementada nas restantes quatro linhas. Pode-se visualizar na Figura 92, a situação anterior e posterior à aplicação desta metodologia.



Figura 92 – Situação anterior (à esquerda) e posterior (à direita) à aplicação da metodologia 5

7.1.1.6. Metodologia 6 – Aumento das abas laterais e da largura das caixas para a inserção

Relativamente às caixas para colocação da inserção (que apresentavam uma largura de 500 mm e cujas abas tinham 100 mm de altura), optou-se por alterar estas mesmas em todas as linhas, devido ao fato de antes o abastecedor apenas conseguir colocar quatro volumes com inserções, e mesmo assim essas inserções ficarem em risco de cair a qualquer momento, como se pode ver do lado esquerdo da Figura 93. Decidiu-se então alterar a sua largura para os 600 mm, passando as abas a ter uma altura de 250 mm. Com esta implementação passou a ser possível ao abastecedor colocar seis volumes de inserções em segurança, como é possível comprovar analisando o lado direito da Figura 93, aumentando assim a autonomia destes componentes na linha.



Figura 93 – Situação anterior (à esquerda) e posterior (à direita) à aplicação da metodologia 6

7.1.1.7. Metodologia 7 – Caixas móveis para permitir ao abastecedor conseguir abastecer sacos pelo lado de fora das linhas

No caso das linhas LB1, LB2, LB4 e LB5, decidiu-se aplicar uma caixa móvel para os sacos plásticos de forma a dar a possibilidade ao abastecedor de conseguir abastecer a linha com sacos do lado de fora da linha, como se pode ver no lado direito da Figura 94. Antes tal tarefa não era possível porque a caixa dos sacos era fixa (é possível ver esta situação no lado esquerdo da Figura 94), e o abastecedor tinha de entrar dentro da linha para conseguir abastecê-la com esse componente, atrapalhando o trabalho das operadoras. Esta metodologia permitiu reduzir mais algum tempo no abastecimento das LB.



Figura 94 – Situação anterior (à esquerda) e posterior (à direita) à aplicação da metodologia 6

Esta medida não foi possível de implementar na linha LB3, uma vez que esta linha faz um produto especial que usa mais componentes. Neste caso, atrás da caixa dos sacos encontra-

se uma caixa com componentes, tirando a possibilidade de colocar uma caixa móvel nesta linha, como se pode verificar na Figura 95.



Figura 95 – Disposição da zona dos sacos na LB03

7.1.1.8. Metodologia 8 – Identificação das linhas num suporte triangular

Como última metodologia aplicada, passaram-se a colocar as identificações num suporte triangular, permitindo assim que as identificações pudessem ser vistas dos vários sítios do departamento da montagem, como se pode verificar na Figura 96, à direita. Antes, as identificações eram feitas em formato A4, como se verifica na Figura 96, à esquerda.



Figura 96 – Situação anterior (à esquerda) e posterior (à direita) à aplicação da metodologia 8

7.1.2. DIMENSIONAMENTO PADRÃO DAS LINHAS ATENDENDO À ERGONOMIA

Relativamente à ergonomia e às boas condições de trabalho dadas aos colaboradores, e considerando que todos estes têm postos de trabalho nas linhas da Grohe em que têm de executar todas as tarefas em pé, foi possível fixar alguns pressupostos ergonómicos que

serviriam para normalizar todas as linhas das LB. Os pressupostos considerados são: as condições de iluminação, a altura das rampas, a altura da bancada/linha, a largura e profundidade do tampo da mesa, a localização para as rampas de escoamento (para caixas vazias), bem como a localização do interruptor, tomadas e do quadro com a documentação de apoio.

Relativamente à iluminação, foi colocado um suporte para duas lâmpadas fluorescentes (30 mm × 125 mm), fixando a sua altura a 1000 mm da mesa da bancada e com incidência direta em cima dos postos onde são feitas as principais operações pelos operadores. Ao colocar-se a luz nesta posição, evita-se o encandeamento do operador (evitando que este sofra de problemas relacionados com as sombras), garantindo-se assim as melhores condições de intensidade de luz na linha de acordo com as regras de ergonomia. Podem-se verificar estas alterações nas bancadas de trabalho na Figura 97.



Figura 97 – Altura do suporte das lâmpadas até à bancada, implementadas nas LB

Para decidir sobre a altura das bancadas, seguiram-se os critérios mencionados por Grandjean (2004): “Em atividades manuais talvez seja necessário o devido espaço para recipientes, ferramentas e os bens do trabalho: a altura adequada seria 100 a 150 mm abaixo da altura do cotovelo”. É de salientar que dos cerca de 270 operadores que trabalham nas linhas de montagem apenas 8 (cerca de 3%) é do sexo masculino; por isso, o valor de referência considerado para dimensionar a bancada foi o obtido pelo estudo antropométrico

da população portuguesa relativamente à altura do cotovelo referente ao percentil 95º da população do sexo feminino, ou seja 1040 mm (ver Tabela 3). Posto isto, a medida escolhida para a altura da bancada ao chão foi de 900 mm, podendo esta, em casos excepcionais, variar entre os 850 mm e 900 mm, como se mostra na Figura 98.



Figura 98 – Altura da bancada até ao chão, implementada nas bancadas das linhas LB

De seguida foram definidas as alturas do chão até às rampas para a colocação de caixas. Estas alturas foram definidas como sendo de 800 mm e 1140 mm, respetivamente para as caixas do nível inferior e superior, apresentando ainda um ligeiro ângulo de inclinação para a frente de aproximadamente 5º e 10º, respetivamente. Apresenta-se esta implementação na Figura 99, sendo possível verificar que as caixas do nível inferior ficam ao nível do tampo da mesa e as caixas do nível superior ficam à altura mínima possível de forma a permitir aos operadores conseguirem retirar as caixas de baixo pelo lado da frente da linha quando estas estiverem vazias, fazendo-as sair do lado de dentro da linha em segundos, com recurso às rampas de escoamento.



Figura 99 – Alturas das rampas para colocação de caixas do nível inferior e superior

Relativamente à largura e profundidade do tampo das mesas, foi estipulada uma largura de 1650 mm e uma profundidade de 330 mm, considerando que estas seriam as medidas padrão mais adequadas a nível de ergonomia de forma a todas as caixas com componentes estarem a um alcance razoável para minimizar esforços corporais por parte dos operadores. Mostra-se esta configuração na Figura 100.



Figura 100 – Dimensionamento para o tampo da mesa para as LB

Quanto às rampas de escoamento para caixas vazias, todas as linhas irão agregá-las, e estas são as responsáveis por transportar, através de roldanas, as caixas vazias para a parte posterior da linha, podendo assim os operadores, em poucos segundos, fazer sair do lado de dentro da linha as caixas vazias e deixarem as caixas cheias rapidamente acessíveis, pois

essas também deslizam nas rampas por causa do peso que agregam com os componentes, e por as rampas apresentarem inclinação. Na Figura 101 mostra-se esta configuração.

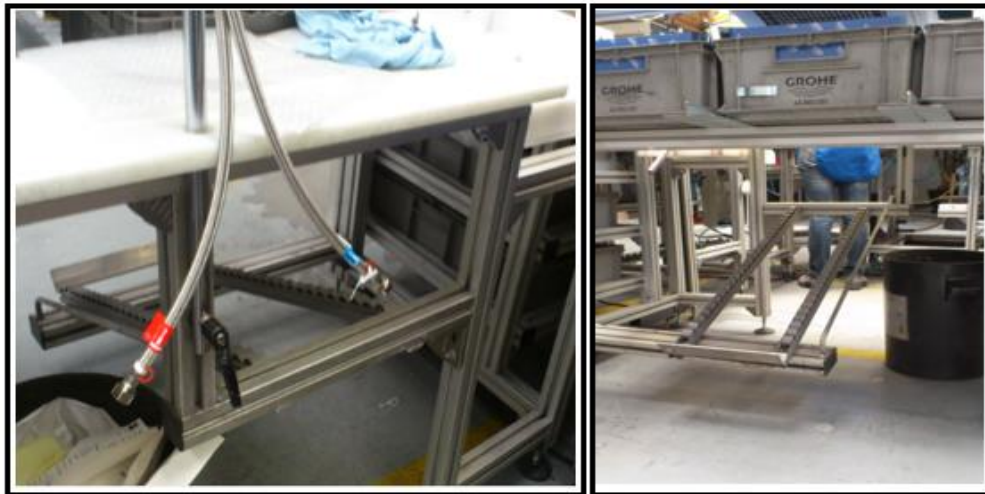


Figura 101 – Rampas de escoamento à frente da linha (à esquerda) e atrás da linha (à direita) implementadas nas LB

Cada uma das linhas possui também cinco tomadas, porque é necessário fazer a ligação elétrica do e-plant, da impressora para imprimir os manuais de utilização e da ventoinha, ficando ainda livres duas tomadas. Também se apresenta um interruptor individual por linha para fazer a ligação ON/OFF desta. Com as alterações efetuadas, uniformizou-se a altura do chão para estes componentes, e também para o quadro informativo, nos 1100 mm, ficando assim numa posição que garante um bom alcance por parte de todos os operadores. É possível observar estas configurações na Figura 102.

Por último, é de notar que este trabalho teve como objetivo tornar os postos de trabalho ergonómicos, adaptando-os ao maior número de pessoas possível, sendo impossível afirmar que o posto consegue satisfazer todos os colaboradores.

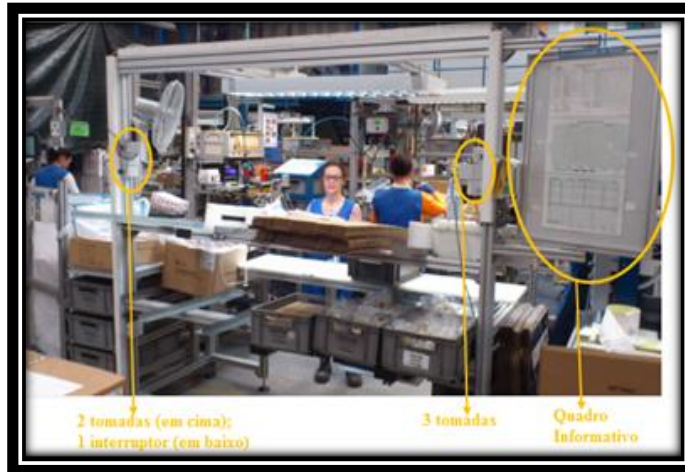


Figura 102 – Localização das tomadas, interruptor e do quadro informativo

7.1.3. FASE DE PROJETO

Antes de passar à realização prática das linhas, realizou-se um projeto (com recurso ao *software* SolidWorks) para se evitarem erros na parte prática de implementação (e os correspondentes custos de material), fazendo-se assim toda a modelação das linhas nesse *software*. Pode-se verificar na Figura 103 um dos projetos realizados para dimensionar uma das bancadas das embalagens das linhas das LB. É possível verificar nessa figura a adoção de todas as metodologias apresentadas anteriormente como, por exemplo, as gavetas implementadas nas linhas, o suporte da primeira peça numa zona de acesso ao operador, todas as rampas dimensionadas de forma a caberem sempre duas caixas, bem como a gaveta móvel para os sacos. No Anexo M podem ser consultados todos os projetos realizados nas diferentes bancadas alteradas.

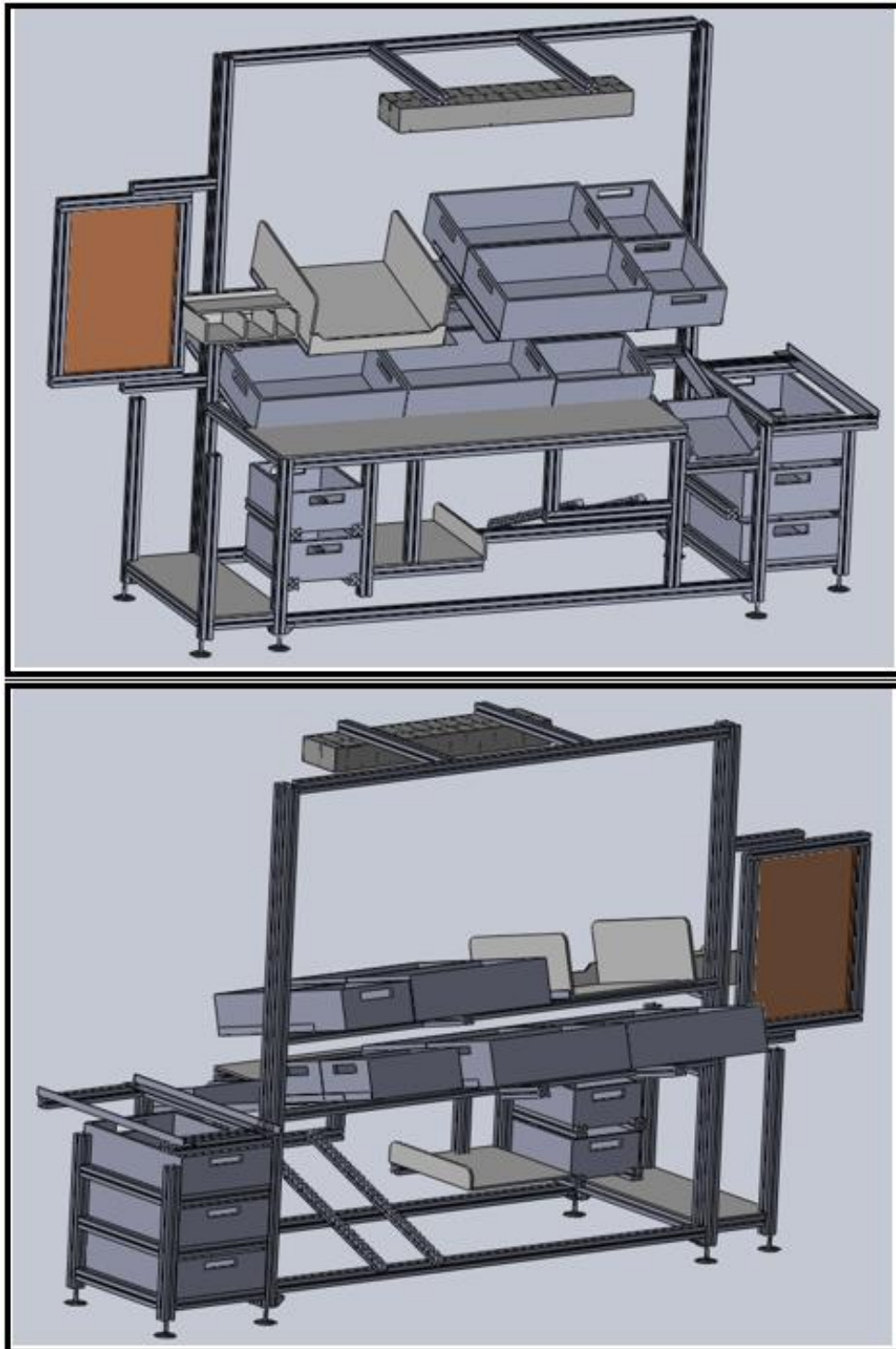


Figura 103 – Projeto em SolidWorks das bancadas das embalagens das LB

7.1.4. IMPLEMENTAÇÃO COM REPRESENTAÇÃO DAS SITUAÇÕES ANTERIORES E POSTERIORES DAS LB

Nesta secção são apresentadas fotografias das situações anteriores e posteriores à alteração de cada uma das linhas, para serem facilmente visíveis as principais diferenças com a implementação das novas bancadas, bem como para verificar a normalização de todas elas depois de implementadas.

7.1.4.1. Implementação da LB01

Relativamente à bancada de embalagem da LB01, apenas foram feitas algumas alterações na própria linha, não tendo sido necessário neste caso a construção de uma nova bancada. As principais questões que se levantaram para alteração foram a caixa para os sacos que antes estava fixa na mesa (impossibilitando que o abastecedor os conseguisse abastecer pelo lado de fora da linha), a caixa para as inserções que apresentava dimensões extremamente reduzidas, e o dimensionamento das rampas que apenas permitiam levar um tipo de caixa, levando a que em muitos casos só permitisse ao abastecedor colocar apenas uma caixa com componentes. Todos estes aspetos são mostrados na Figura 104, onde é possível ver a bancada da LB01 antes de efetuada qualquer alteração.



Figura 104 – Bancada de embalagem da LB01 antes das alterações

Foi proposta a alteração de todos estes aspetos e ainda a criação de gavetas alocadas na própria linha (que antes também não existiam) para que as operadoras aí pudessem guardar os seus valores. Estas alterações seguiram os conceitos explicados anteriormente na Subsecção 7.1.1, criando-se primeiro um projeto em SolidWorks (ver no Anexo M) para se

conseguir perceber o aspeto final de toda a linha depois de implementar todas estas alterações propostas. Depois de realizado todo o projeto, pediu-se a opinião às operadoras antes de avançar para as alterações na bancada. Depois disto, passou-se então às modificações práticas na linha, obtendo-se a bancada que se apresenta na Figura 105, com todas as oito metodologias apresentadas anteriormente aplicadas à bancada de embalagem desta linha.



Figura 105 – Bancada de embalagem da LB01 depois das alterações

7.1.4.2. Implementação da LB02

Na bancada da LB02, as alterações implementadas foram rigorosamente as mesmas que as apresentadas para a bancada de embalagem da LB01, uma vez que a bancada da LB02 apresentava-se igual à da LB01. Por este motivo, neste caso também não foi necessário construir uma bancada nova. Apresenta-se na Figura 106 a bancada de embalagem da LB02 depois de implementadas as alterações, onde se verifica que tem todas as metodologias descritas na Subsecção 7.1.1 aplicadas.



Figura 106 – Bancada de embalagem da LB02 depois das alterações

7.1.4.3. Implementação da LB03

No caso da bancada LB03, e devido ao fato de nesta linha se produzir um produto que necessita de mais componentes na linha (comparativamente às restantes), não foi possível implementar gaveta móvel para sacos plásticos (a metodologia 7), visto que, como já foi explicado anteriormente, atrás dessa gaveta é necessária uma caixa com componentes. Contudo, aplicaram-se também nesta linha todas as outras metodologias. De referir que não foi necessário fazer esta linha de novo, tendo sido também reaproveitada. Mostra-se na Figura 107 a bancada de embalagem da LB03 antes das alterações.

Fez-se então um projeto em SolidWorks (ver no Anexo M) para a normalização desta bancada de acordo com as metodologias referidas. Mais uma vez, depois de pedidas as opiniões às operadoras e depois da aprovação delas, avançou-se para as modificações nesta linha, obtendo-se a bancada que se apresenta na Figura 108, onde é possível comprovar a implementação das sete metodologias, normalizando assim também esta linha de acordo com as anteriores.



Figura 107 – Bancada de embalagem da LB03 antes das alterações



Figura 108 – Bancada de embalagem da LB03 depois das alterações

7.1.4.4. Implementação da LB04

Relativamente à bancada LB04, foi necessário construir uma bancada nova devido a esta apresentar um dimensionamento desadequado e desatualizado, pois apresentava 2200 mm de altura e 1600 mm de largura. Estas dimensões levavam a que nesta bancada não fosse

possível albergar todos os componentes necessários à montagem de algumas torneiras, sendo que por vezes existiam componentes que eram amontoados em cima da bancada.

Outra questão que se levantou foi referente ao tamanho do tampo da bancada. Este apresentava uma profundidade de 800 mm e uma largura de 1600 mm, e a zona de trabalho do operador era de cerca de 300 mm de profundidade, sendo que os restantes 500 mm eram usados para pousar caixas de componentes. Isto fazia com que as caixas ficassem alocadas na linha a uma altura muito alta, não cumprindo com as regras de ergonomia, nem com a altura idealizada para as rampas. No caso desta bancada, para os operadores chegarem aos componentes da parte de baixo tinham de elevar a mão a cerca de 250 mm do tampo, o que levava a fixar o segundo nível de componentes a uma altura de cerca de 500 mm do tampo. Na Figura 109 apresenta-se o aspeto inicial da linha LB04 antes das alterações. Para esta bancada foi então necessário recorrer-se à realização de uma nova linha.



Figura 109 – Bancada de embalagem da LB4 antes das alterações

Fez-se então um projeto em SolidWorks (que pode ser analisado no Anexo M) para a normalização desta bancada da linha LB04, considerando todas as metodologias já apresentadas. Depois de pedidas as opiniões às operadoras e da aprovação delas, avançou-se para a realização da nova linha, obtendo-se a bancada que se apresenta na Figura 110. É possível constatar nesta figura as oito metodologias implementadas, normalizando assim também esta linha de acordo com as anteriores.



Figura 110 – Implementação da nova bancada de embalagem da LB4

7.1.4.5. Implementação da LB05

As alterações implementadas na bancada da LB05 foram rigorosamente as mesmas que as apresentadas para a bancada de embalagem da LB04. Pode-se visualizar na Figura 111 a bancada da LB05 antes das alterações.

Fez-se então um projeto em SolidWorks (que pode ser visto no Anexo M) para a normalização desta bancada da linha LB05, considerando todas as metodologias já apresentadas. Depois de pedidas as opiniões às operadoras e da aprovação delas, avançou-se para a realização da nova linha, obtendo-se a bancada que se apresenta na Figura 112.



Figura 111 – Bancada de embalagem da LB5 antes das alterações



Figura 112 – Implementação da nova bancada de embalagem da LB5

7.2. PROJETO BANHEIRAS E CHUVEIROS (BC)

A família de linhas de montagem das Banheiras e Chuveiros inclui quatro linhas. Neste projeto apenas foi necessário proceder à alteração da linha BC03, visto que todas as outras linhas já teriam sido alteradas recentemente. Para a alteração desta bancada seguiram-se os mesmos princípios aplicados no projeto anteriormente apresentado das LB, visto que os produtos que aqui se produzem são muito semelhantes aos produzidos nas BC.

7.2.1. FASE DE PROJETO

Antes de passar à execução prática da linha, realizou-se um projeto com recurso ao *software* SolidWorks. Pode-se verificar na Figura 113 o projeto realizado para dimensionar a bancada da embalagem da BC03. É possível verificar nessa figura as grandes semelhanças que existem com as bancadas que foram implementadas no projeto das LB, sendo as únicas diferenças que na bancada da BC03, devido à necessidade de mais componentes para se fazerem os produtos, existem mais duas rampas para ser possível ao abastecedor colocar mais uma caixa com componentes, tornando assim a gaveta para os sacos fixa, não podendo ser móvel, como já se tinha verificado anteriormente na bancada da LB03. De notar que essa gaveta fixa para os sacos também é maior, porque os sacos plásticos aqui utilizados são maiores do que os que são utilizados na família das LB.

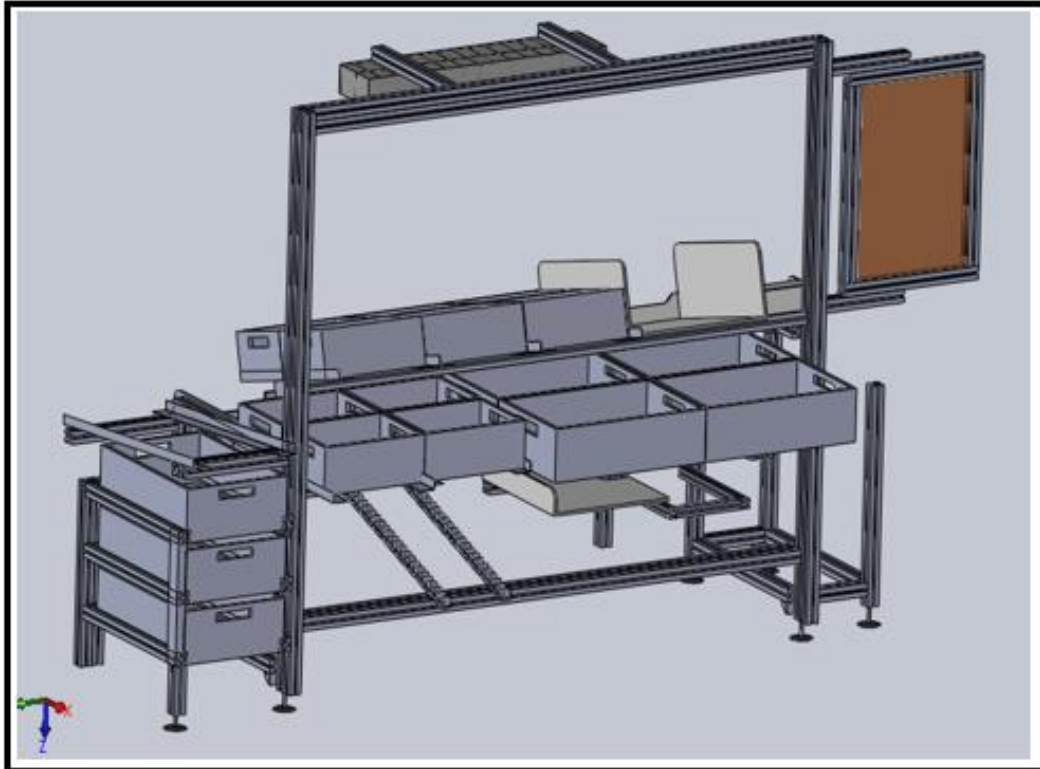
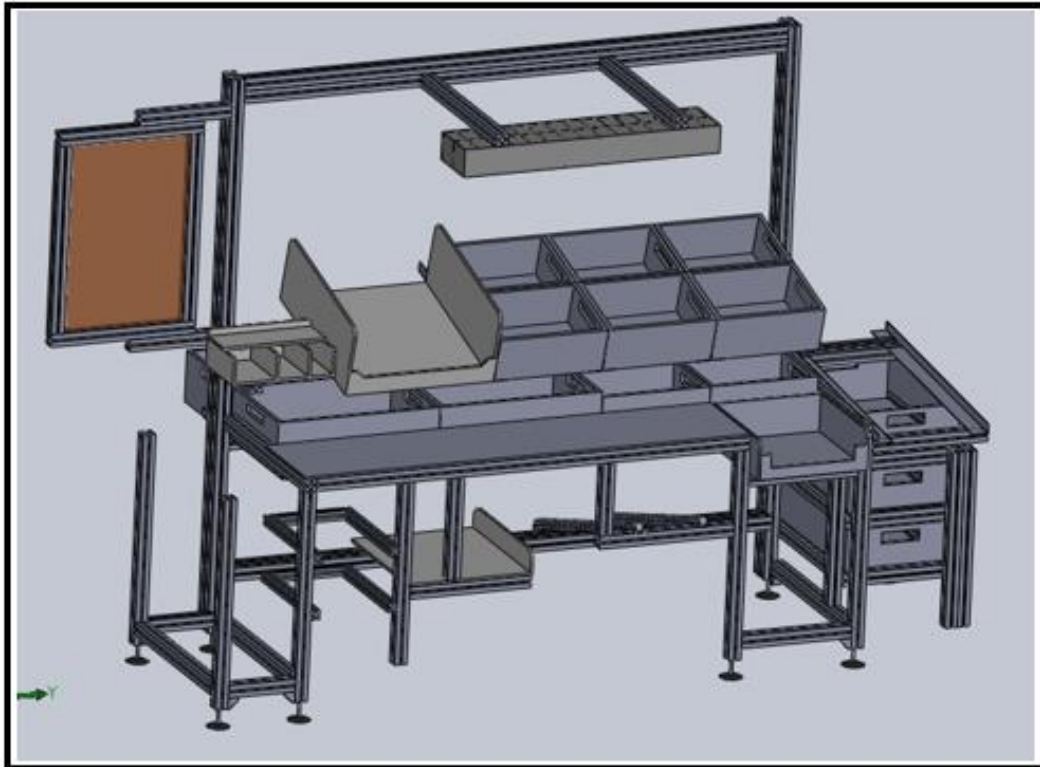


Figura 113 – Projeto em SolidWorks da bancada da embalagem da BC03

7.2.2. IMPLEMENTAÇÃO COM REPRESENTAÇÃO DAS SITUAÇÕES ANTERIORES E POSTERIORES DA BC03

Nesta subsecção são apresentadas fotografias com as situações anteriores e posteriores à alteração da linha BC03, para serem facilmente visíveis as principais diferenças com a implementação da nova bancada.

7.2.2.1. Implementação da BC03

Relativamente à bancada BC03, foi necessário construir uma bancada nova devido a esta apresentar um dimensionamento desadequado e desatualizado, pois apresentava 2200 mm de altura e 1500 mm de largura, como se mostra na Figura 114. Verifica-se que os principais problemas desta bancada são os mesmos que já foram apresentados anteriormente nas bancadas LB04 e LB05 (antes das alterações) e ainda que nesta bancada a localização dos sacos estava numa posição superior e ficavam em difícil acesso para os operadores. Por isso foi então necessário recorrer-se à realização de uma nova bancada, com a aplicação de todos os princípios apresentados no projeto das LB.



Figura 114 – Bancada de embalagem da BC03 antes das alterações

Depois de realizado o projeto em SolidWorks e de pedidas as opiniões às operadoras e da aprovação delas, avançou-se para a realização da nova linha, obtendo-se a bancada que se apresenta na Figura 115. É possível constatar nesta figura as oito metodologias implementadas, normalizando assim também esta linha de acordo com o projeto anterior das LB.



Figura 115 – Implementação da nova bancada BC03

8. IMPLEMENTAÇÃO DA AUTOMATIZAÇÃO DA LINHA DOS CARTUCHOS

O departamento da engenharia decidiu avançar, em meados de maio de 2015, com a proposta da empresa da EPL e adquirir um robô UR10, tendo internamente de se projetar todo o layout das linhas dos CTHx e do robô, bem como buffers/paletes de entrada e saída de cartuchos (incluindo uma bancada para colocação destes), decidir sobre garras a utilizar e projeto dos seus dedos, da flange de agregação das garras ao robô e da base de fixação do robô, poupando assim a Grohe a mais custos. Neste capítulo apresentam-se todos os passos relativos aos projetos realizados até à programação do robô.

8.1. FASE DE PROJETO PARA ENSAIO 1

Como o investimento da Grohe passou apenas por adquirir um robô UR10, todos os restantes componentes tiveram de ser pensados, nomeadamente: uma base de fixação para o robô; as garras, bem como, o projeto de dedos a utilizar; o desenvolvimento de uma flange de adaptação da garra escolhida ao punho do robô e o projeto das paletes/*buffers* de entrada que permitam orientar os cartuchos sempre da mesma forma, incluindo, ainda, uma bancada para

a sua colocação. Depois de tudo isto projetado e construído, planeou-se numa primeira fase efetuar ensaios, fora das linhas de montagem, para não influenciar a produção.

No ensaio 1 decidiu-se utilizar uma garra da Bosch que existia na Grohe, apenas para um ensaio inicial, para verificar se o robô conseguia colocar e retirar os cartuchos da máquina do teste de água. Para se realizar este ensaio foi necessário proceder à realização de uma flange de agregação da garra Bosch ao robô, bem como de dois dedos adequados para manipularem os cartuchos e, ainda, uma base de fixação para o robô e duas paletes com a função de permitir a orientação dos cartuchos, incluindo uma bancada para colocação destas.

8.1.1. PROJETO PARA A BASE DE FIXAÇÃO PARA O ROBÔ UR10

Numa primeira fase teve que ser feita uma base de fixação para o robô, em que fosse possível fixá-la ao chão. Definiu-se uma altura a 600 mm do chão para a base (isto com o tampo de alumínio em cima), sendo escolhida esta porque se trata de uma altura adequada, visto que o robô tem de operar nas máquinas cujas bancadas ficam a aproximadamente 850 mm do chão, e também porque existem bases normalizadas de fixação para os robôs da UR com 600 mm de altura, ou seja, com esta altura normalizada o robô consegue operar nas máquinas. Pensou-se que a forma mais adequada para a base deste robô seria um bloco retangular (600 mm × 800 mm), com uma porta de um dos lados para ser possível incluir dentro da base o controlador do robô, cujas dimensões são também um bloco retangular com (475 mm × 268 mm) e com a altura de 423 mm. Desta forma, este ficaria numa zona segura e bem guardado, não tirando portanto nenhum espaço à linha e aproveitando uma zona morta que seria a zona inferior ao robô. A base de fixação retangular iria ser em chapa de 2 mm de espessura, pintada de azul, e levaria em cima um tampo em alumínio com 12 mm de espessura, para ser possível fazer-se uma boa fixação do robô. Apresenta-se na Figura 116 o projeto desta base realizado em SolidWorks, que foi posteriormente mandada construir externamente. No Anexo N apresenta-se o desenho técnico (realizado no SolidWorks) desta base de fixação.

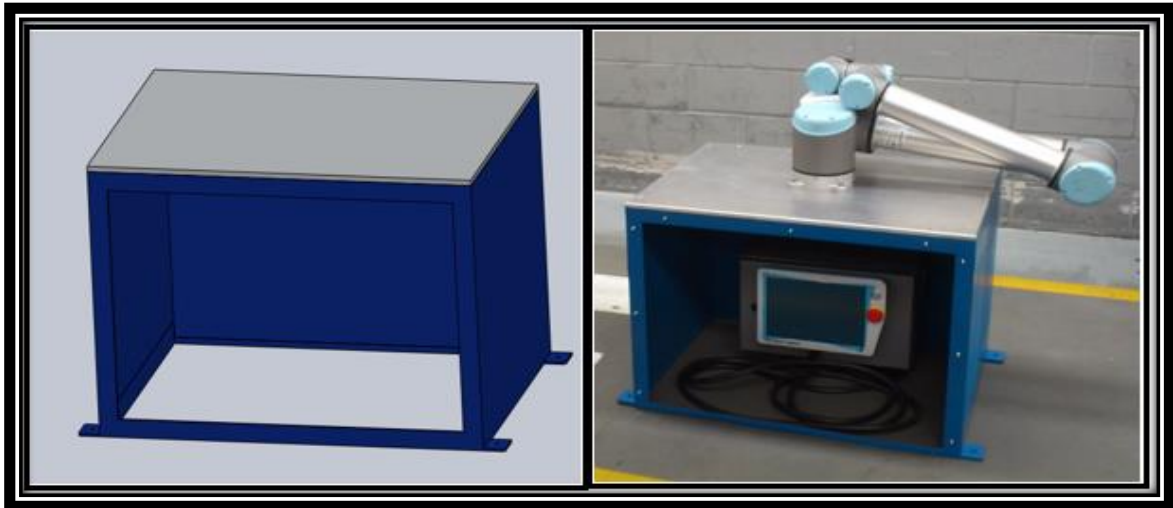


Figura 116 – Projeto da base de fixação do robô (à esquerda), e base de fixação do robô (à direita)

8.1.2. PROJETO PARA A BANCADA DE FIXAÇÃO PARA A PALETIZAÇÃO DE ENTRADA E SAÍDA

Depois de construída a bancada para fixação do robô, teve de se projetar uma bancada, fixa ao piso, onde o robô iria apanhar os cartuchos para testar e colocar os cartuchos testados. Para o efeito, nessa bancada existem duas zonas distintas, uma para colocação de duas paletes de entrada (que se descrevem de seguida na Subsecção 8.1.3) e outra zona para colocação de dois blisters (que são os blisters normais utilizados diariamente na Grohe), e que podem ser vistos na Figura 117.



Figura 117 – Blisters usados para colocação de cartuchos prontos

As paletes são estruturas com capacidade para 42 cartuchos que permitem orientá-los sempre da mesma forma. Será aqui que o robô vem pegar nos cartuchos a colocar na máquina do teste de água, para que estes possam ser testados. Por outro lado, os blisters (Figura 117) são estruturas já utilizadas na Grohe para transportar para o armazém os cartuchos já testados e produzidos. Será aqui que o robô terá de largar os cartuchos depois de testados.

Avançou-se então para o projeto da bancada de fixação para a paletização de entrada e saída. Decidiu construir-se a bancada com dois tampos em rilene, desnivelados, com alturas diferentes ao chão: um localizado a 910 mm e o outro a 995 mm do chão. Foram implementadas estas alturas na bancada por razões de ergonomia, uma vez que os operadores serão os responsáveis por abastecer esta bancada com paletes de cartuchos a testar.

A bancada de fixação para a paletização de entrada e saída foi construída em perfil de 90 mm, leva 2 tampos em rilene (de 2 mm de espessura) e estes apresentam um rasgo de 340 mm × 236 mm para permitir colocar os blisters, como se mostra na Figura 118. Apresenta-se na Figura 119 o projeto desta bancada (realizado em SolidWorks), que foi posteriormente construída internamente na Grohe. No Anexo O apresenta-se o desenho técnico desta bancada realizado no SolidWorks.

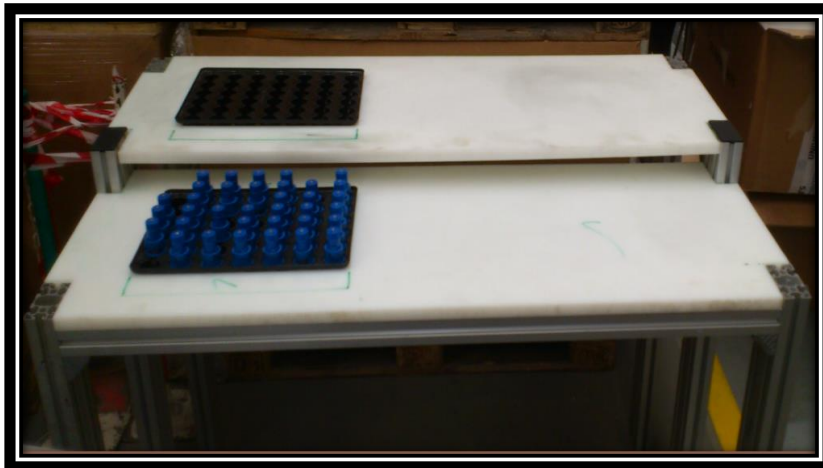


Figura 118 – Colocação dos dois blisters no rasgo existente na bancada de fixação

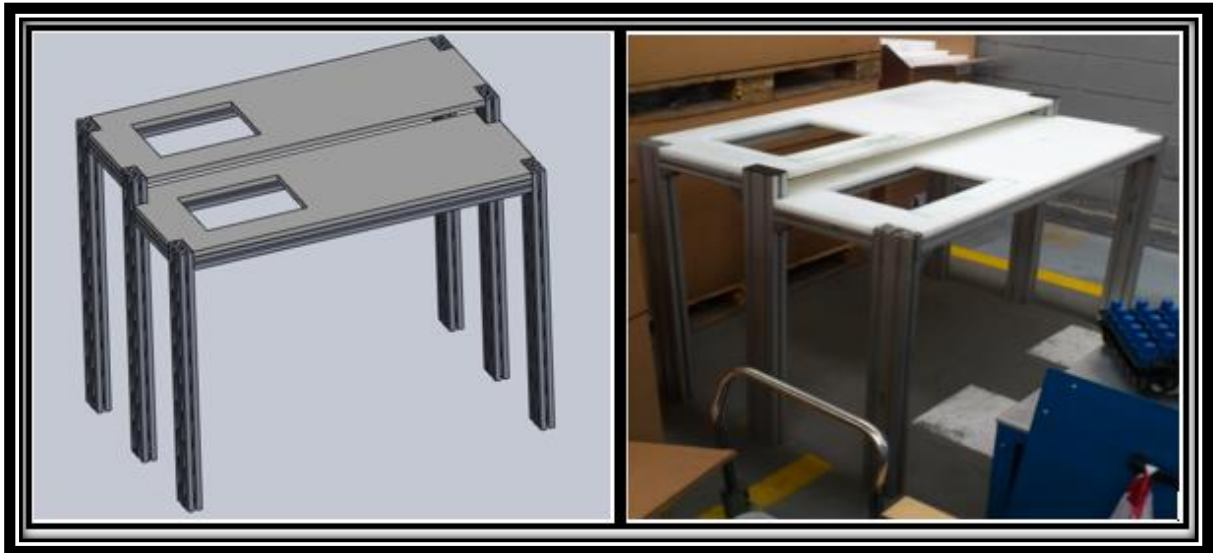


Figura 119 – Projeto da bancada de fixação para a paletização de entrada e saída (à esquerda), e bancada de paletização de entrada e saída (à direita)

8.1.3. PROJETO PARA PALETES DE ENTRADA QUE PERMITAM ORIENTAR OS CARTUCHOS

Relativamente às paletes de entrada de cartuchos, sabia-se que estas teriam de ter uma “guia” que permitisse orientar os cartuchos sempre da mesma forma e teriam de ter duas pegas para permitir ao operador poder deslocá-las da linha para a bancada de fixação quando estas estiverem cheias. Decidiu-se construir estas paletes em plástico resistente, sobre a forma de um bloco retangular, com as dimensões de 500 mm × 350 mm e com a altura de 15 mm, implementando assim posição para quarenta e dois cartuchos do tipo ½ normal. Estas paletes teriam ainda dois centradores (um de cada lado) para garantir que a paleta fica sempre na mesma posição. Pode-se ver o projeto destas paletes na Figura 120.

Estas quarenta e duas posições têm uma “guia” para orientar todos os cartuchos sempre da mesma forma. Implementou-se esta “guia” nas paletes com a forma de um semicírculo, pois é a forma que se encontra no anel que está montado nos cartuchos. Com esta “guia”, que se pode ver na Figura 121, consegue-se orientar os cartuchos sempre na mesma posição, permitindo que estes entrem posicionados da mesma forma na máquina do teste de água. No Anexo P apresenta-se o desenho técnico realizado no SolidWorks de uma paleta de entrada de cartuchos do tipo ½ normal.

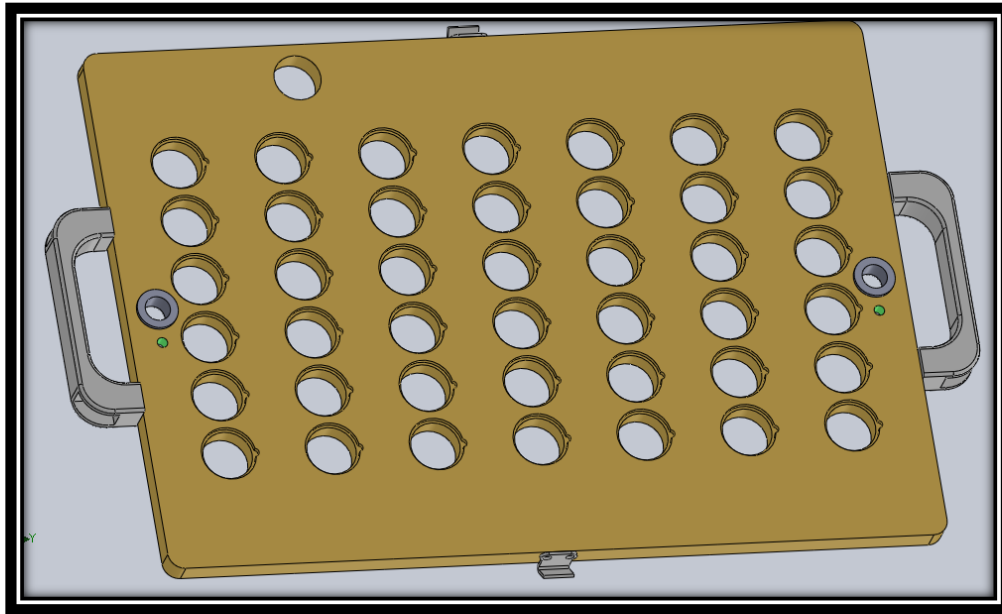


Figura 120 – Projeto em SolidWorks das paletes de entrada de cartuchos do tipo ½ normal

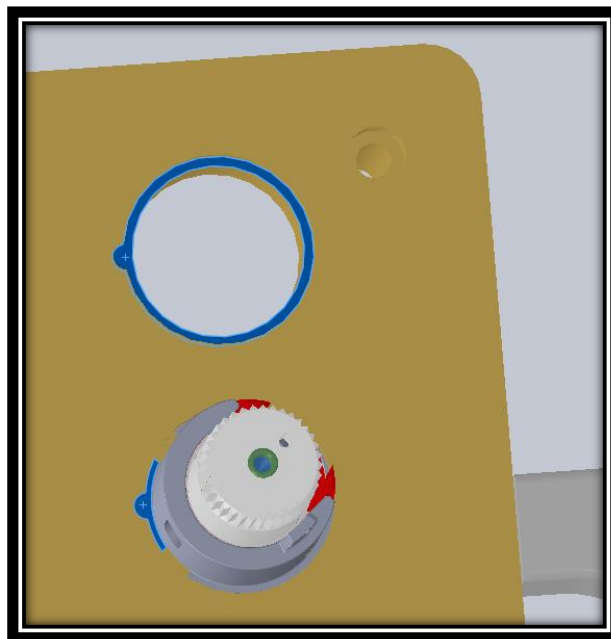


Figura 121 – Guia das paletes de entrada para orientação dos cartuchos do tipo ½ normal

8.1.4. PROJETO DOS DEDOS PARA A GARRA DA BOSCH DISPONÍVEL NA GROHE

Como existia na Grohe uma garra Bosch de dois dedos com movimentos angulares, decidiu-se fazer inicialmente um ensaio com esta garra antes de partir para a aquisição e realização da garra dupla. Para ser possível à garra conseguir manipular e agarrar nos cartuchos, teve inicialmente de se fabricar os dedos para a garra. O conceito foi realizar os dedos com a forma circular, com 16 mm de raio, pois é a dimensão disponível na peça anel dos cartuchos

(que tem 32 mm de diâmetro). Pode-se verificar o projeto dos dedos realizado em SolidWorks na Figura 122 (à esquerda) que, após serem projetados, foram maquinados em alumínio nas máquinas CNC disponíveis na Grohe. Na Figura 122 (à direita) pode-se verificar os dedos já incorporados na garra.

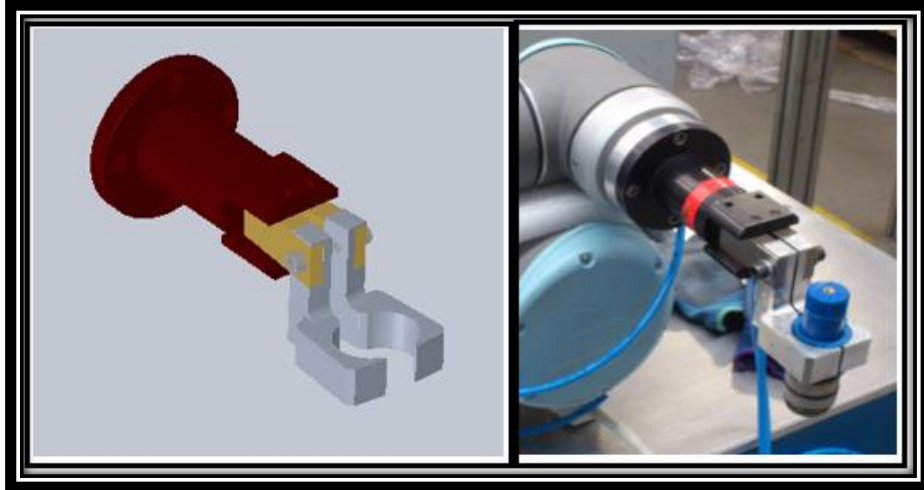


Figura 122 – Projeto dos dedos para a garra Bosch em SolidWorks (à esquerda) e garra Bosch com os dedos (à direita)

Decidiu-se também “deslocar” os dedos em 59 mm, face ao eixo z do TCP do punho do robô, de forma a garantir que o punho do robô não embate na paleta no momento em que tem de pegar nos cartuchos que aí se encontram, tal como se mostra na Figura 123. No Anexo Q apresenta-se o desenho técnico dos dedos que foram incorporados na garra Bosch, realizado no SolidWorks.

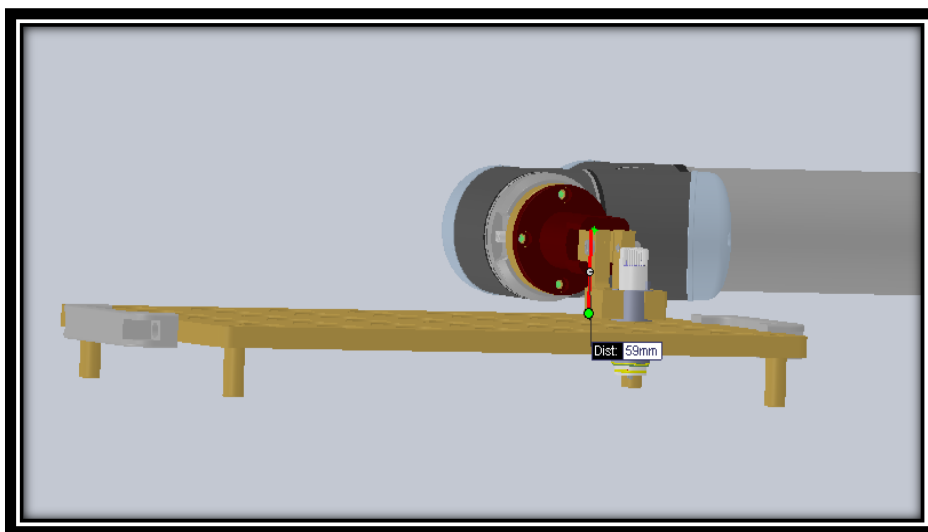


Figura 123 – Conjunto em SolidWorks do robô com a garra e dedos mais a paleta

8.1.5. PROJETO DA FLANGE QUE PERMITA ADAPTAR A GARRA DA BOSCH AO PUNHO DO ROBÔ

Com os dedos construídos e implementados na garra Bosch, faltava agora o elemento para permitir agregar a garra ao robô, ou seja faltava construir uma flange adaptadora. A flange adaptadora é uma peça que é aparafusada ao eixo 6 do robô e deixa disponíveis os furos para se aparafusar a garra pretendida, ou seja, é o elemento responsável por “colocar à disposição do robô”, a garra. No projeto que se realizou para essa flange, alguns aspetos tiveram de ser levados em conta: primeiro foram as furações existentes na flange de saída do eixo 6 do robô, cujas localizações podem ser consultadas na Figura 124. Todas estas furações teriam de estar implementadas num dos lados da flange, para ser possível aparafusar-se esta na extremidade do robô.

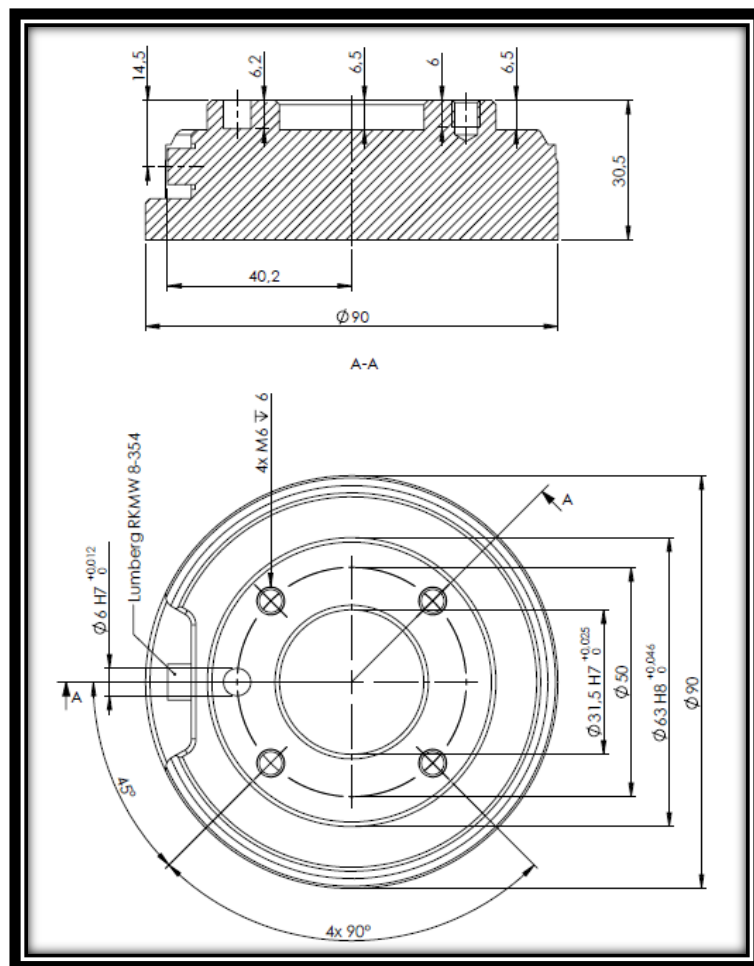


Figura 124 – Desenho cotado da flange de saída do robô UR10

No outro lado da flange teriam de estar agregadas as furações da garra da Bosch – neste caso seriam quatro furos para parafusos M6 e um realce de 2,4 mm, em forma de círculo e com um diâmetro de 49 mm, como se mostra na Figura 125.

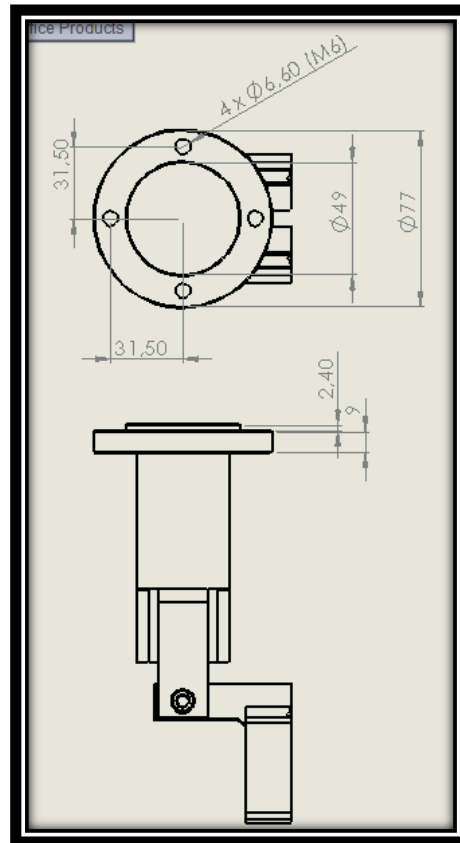


Figura 125 – Desenho cotado da flange de saída da garra da Bosch

Depois de definidas as furações necessárias para os dois lados da flange, realizou-se um projeto para a flange em SolidWorks para posteriormente ser construída nas máquinas CNC existentes na Grohe. Esse projeto, bem como a sua implementação, pode ser consultado na Figura 126. As duas imagens superiores correspondem ao lado de indexação da garra e as duas inferiores ao lado de indexação ao robô. No Anexo R pode ser consultado o desenho técnico desta flange realizado no SolidWorks.

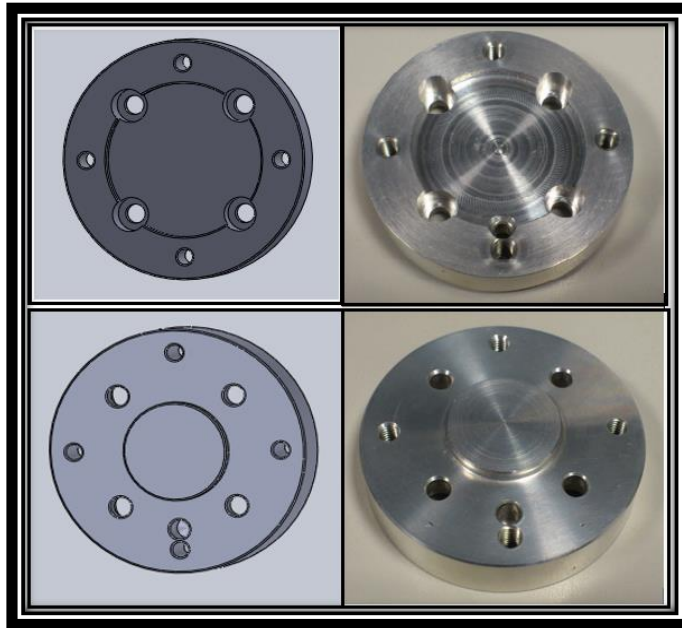


Figura 126 – Projeto da flange para a garra da Bosch em SolidWorks (à esquerda) e flange para a garra da Bosch (direita)

8.1.6. ENSAIO DE PROGRAMAÇÃO - 1

Depois dos elementos descritos estarem produzidos, aparafusaram-se todos, colocando à disposição do robô a garra da Bosch e os respectivos dedos para este poder manipular os cartuchos. Colocou-se a máquina do teste de água à frente do robô e a bancada de indexação para a paletização ao lado deste, colocando assim à disposição do robô alguns cartuchos, conforme mostra a Figura 127. De referir que, nesta fase, as paletes de entrada para orientar os cartuchos (caraterizadas anteriormente na Subsecção 8.1.3.) ainda não tinham sido realizadas. Considerou-se relevante fazer essas paletes apenas depois de realizados alguns ensaios, e também quando o robô estivesse equipado com a garra dupla, para decidir sobre o melhor ângulo a implementar na “guia” para a orientação dos cartuchos nessas paletes.

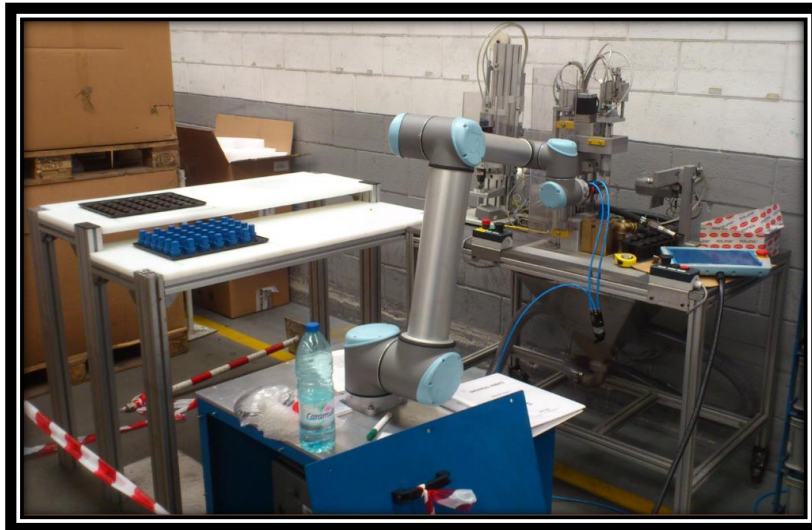


Figura 127 – Disposição do robô, bancada de paletização e máquina do teste de água no ensaio 1

Com todas as condições criadas para se fazer uma programação no robô, fez-se então um primeiro ensaio. Este ensaio baseou-se apenas em avaliar se o robô e a garra conseguiam colocar e retirar os cartuchos na máquina do teste de água, visto que nestas posições o robô teria de exercer alguma força para conseguir realizar essas tarefas. Mostra-se na Figura 128 o robô a deslocar-se para ir retirar o cartucho da máquina do teste de água durante o ensaio 1.

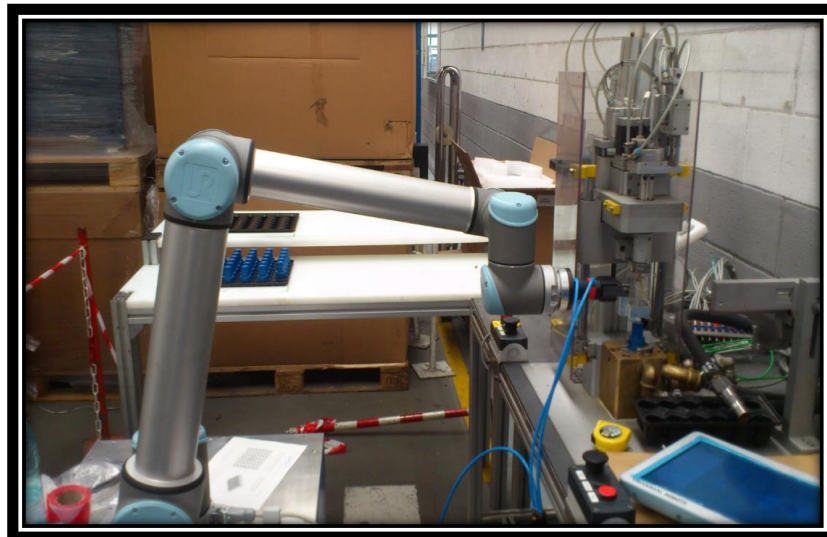


Figura 128 – Robô a deslocar-se para retirar o cartucho da máquina do teste de água

Neste ensaio, a programação que se realizou no robô seguiu a seguinte sequência de programação:

1. O robô vai buscar um cartucho ao blister localizado no tampo mais abaixo;
2. Depois de chegar a esse ponto, o robô fecha a garra;
3. O robô desloca-se para a máquina do teste de água;
4. O robô coloca lá o cartucho e abre a garra;
5. O robô sai da máquina e espera 20 segundos;
6. Após esse tempo, volta à máquina de teste de água para retirar o cartucho;
7. O robô coloca o cartucho no blister localizado no tampo mais acima.

Depois de realizada esta programação para o primeiro cartucho, a programação utilizada para os restantes quarenta e um cartuchos foi “equivalente”, seguindo a sequência de pontos do robô mostrada na Figura 129, quer para o blister localizado mais abaixo, como para o blister localizado mais acima.

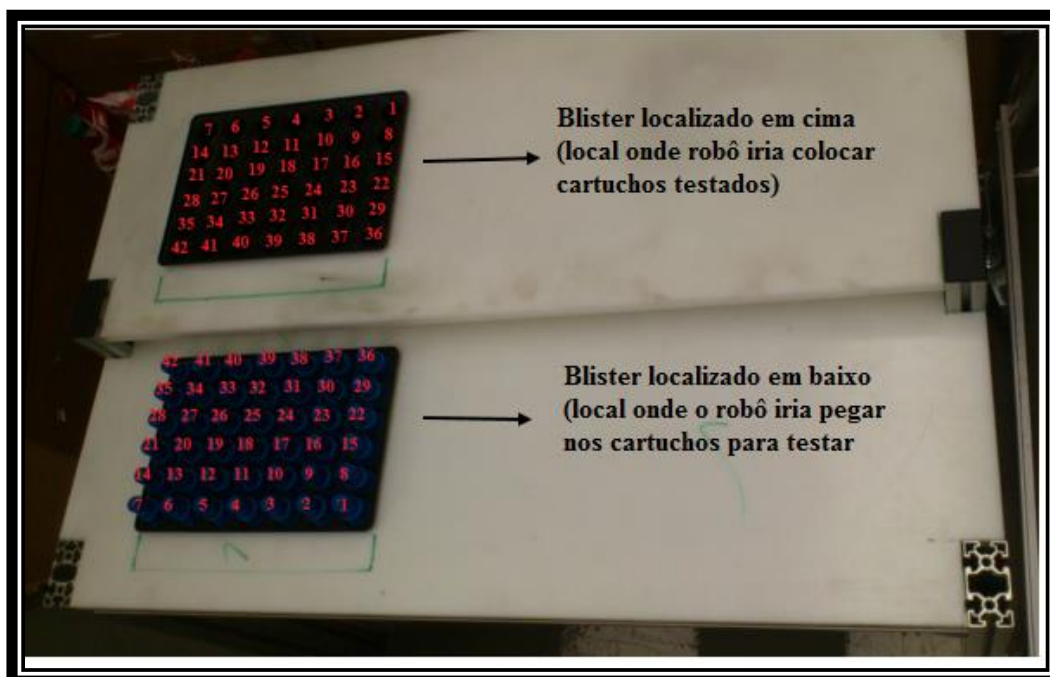


Figura 129 – Sequência de pontos do robô para pegar (blister abaixo) e largar os cartuchos (blister acima) utilizados no ensaio 1

Concluiu-se este ensaio com sucesso, tendo-se conseguido programar o robô a colocar e retirar os quarenta e dois cartuchos na máquina do teste de água, sempre com sucesso. É importante referir que neste ensaio 1, a programação do robô foi toda ela realizada sem sinais I/O porque a garra Bosch utilizada é um equipamento com cerca de 15 anos, não conseguindo receber/transmitir sinais I/O entre o robô, ou seja, a abertura e fecho da garra foi realizada manualmente, com recurso a um botão que controlava a entrada de ar na garra.

Posto isto, e com o sucesso obtido neste ensaio, o próximo passo da automatização da operação de teste do cartucho passou por escolher duas garras recentes e adequadas para a aplicação e projetar a garra dupla da aplicação a ser implementada no robô.

8.2. FASE DE PROJETO PARA ENSAIO 2

Para realizar o ensaio 2 foi necessário projetar, para depois ser possível implementar no robô, uma garra dupla. Como primeiro passo foi importante decidir quais as garras a utilizar, sendo escolhida a garra da Festo DHPS-20-A. Esta decisão baseou-se no facto de esta apresentar uma força de fecho total de 290 N, tendo assim a força de aperto necessária para não escorregar no momento de retirar os cartuchos da máquina do teste de água, onde o robô terá de exercer uma força para cima. Pode-se verificar as especificações desta garra no Anexo J.

Para se conseguir produzir esta garra dupla foi necessário projetar os dedos a implementar nas garras Festo DHPS-20-A e uma nova flange para ser possível agregar no robô as duas garras. De seguida são apresentados os projetos destes componentes.

8.2.1. PROJETO DOS DEDOS PARA AS GARRAS DHPS-20-A DA FESTO

Depois de se tomar a decisão sobre as garras a adquirir para a construção da garra dupla, decidiu-se projetar em SolidWorks os dedos a utilizar nestas garras, de forma a ser possível manipular os cartuchos. O conceito foi realizar os dedos com a forma circular, com cerca de 17,5 mm de raio. Decidiu-se aumentar este raio em 1,5 mm, comparativamente aos dedos anteriores, para ser possível implementar no interior destes dedos (no local de prensão do cartucho) uma película de borracha, com cerca de 1,5 mm de espessura, de forma a conseguir-se aumentar o atrito entre os dedos e os cartuchos no momento do fecho dos dedos. Pode-se ver o projeto destes dedos na Figura 130.

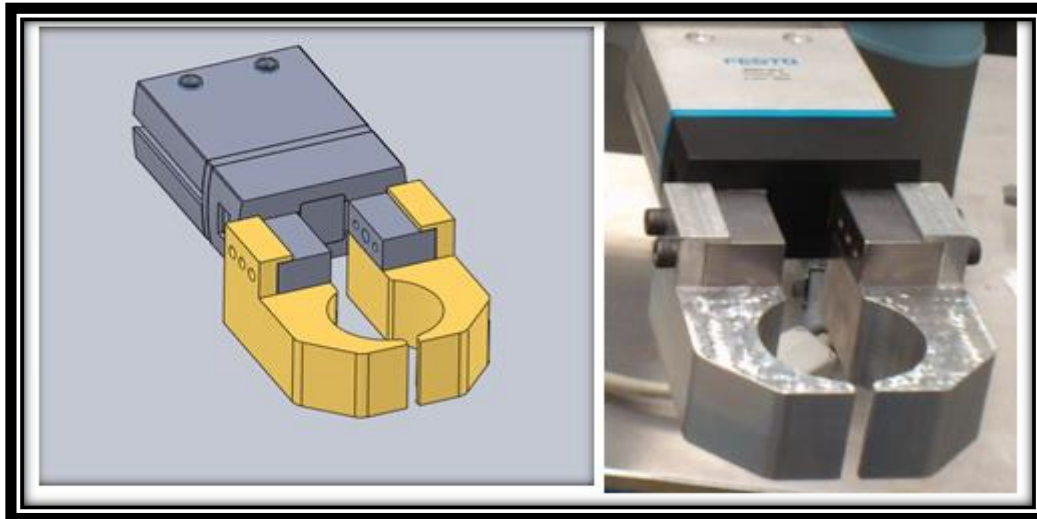


Figura 130 – Projeto dos dedos para a garra Festo DHPS-20-A em SolidWorks (à esquerda) e garra Festo DHPS-20-A com os dedos (à direita)

Nestas garras decidiu-se rebaixar os dedos para 37 mm (conforme se mostra na Figura 131), para assim garantir que o punho do robô não embate com a paleta no momento em que tem de pegar nos cartuchos que aí se encontram.

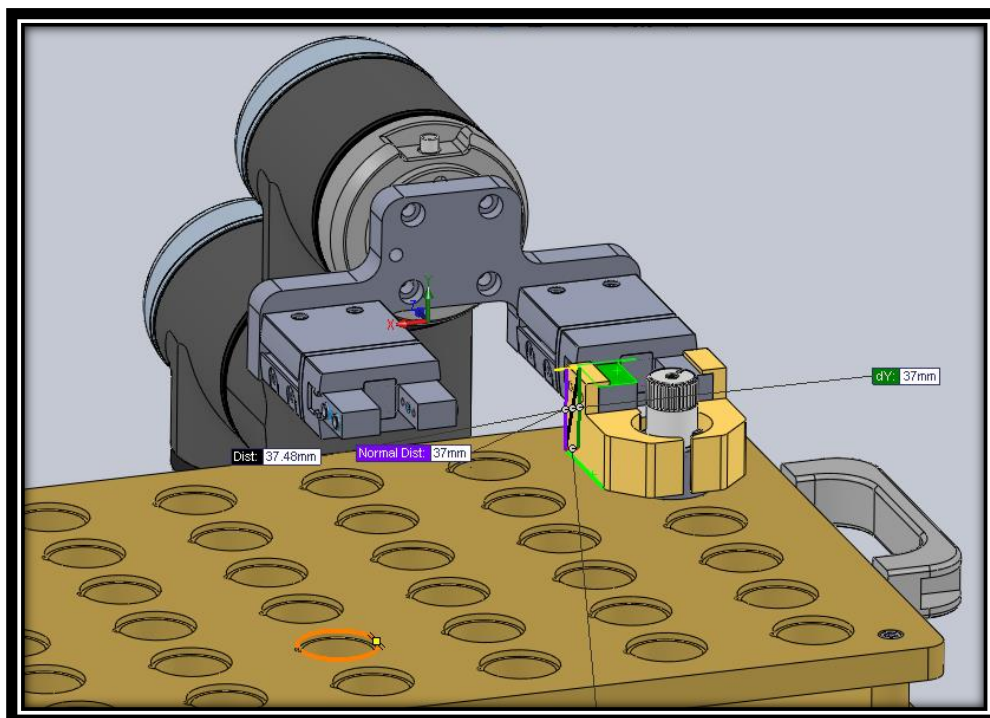


Figura 131 – Rebaixamento aplicado nos dedos para as garras Festo DHPS-20-A

Decidiu-se diminuir este rebaixamento comparativamente aos dedos utilizados anteriormente porque, neste caso, como a flange teria de ser alterada, as garras já iriam ser

rebaixadas através dessa flange, permitindo rebaixar menos os dedos incorporados nas garras. A implementação desta medida foi importante porque, quanto mais próximos os dedos estiverem do local de aperto da garra, maior é a força exercida por eles no momento de agarrar nos cartuchos, como se pode verificar no exemplo apresentado na Figura 132. No Anexo S apresenta-se o desenho técnico destes dedos, realizado no SolidWorks, que foi útil para depois os fabricar internamente na Grohe, com recurso às máquinas CNC.

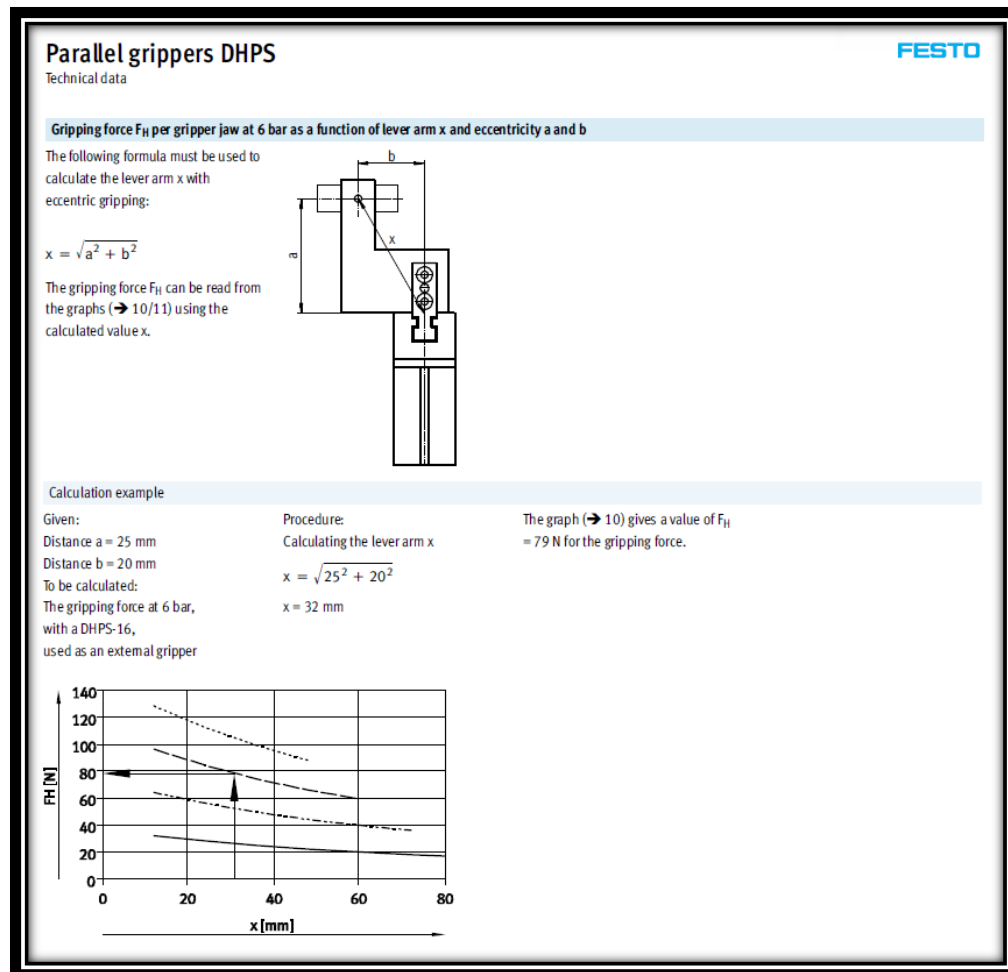


Figura 132 – Exemplo de cálculo da força real exercida pelo robô dependendo do tipo de dedos

8.2.2. PROJETO DA FLANGE PARA ADAPTAR DUAS GARRAS FESTO DHPS-20-A AO PUNHO DO ROBÔ

Com os dedos construídos e implementados nas garras Festo, faltava o elemento para permitir agregar essas garras ao robô, ou seja faltava a nova flange adaptadora. No projeto que se realizou para essa flange, tiveram de ser levados em conta alguns aspetos. Primeiro foram as furações existentes na flange de saída do eixo 6 do robô (ver Figura 124). Todas

estas furações teriam de estar implementadas num dos lados da flange, para ser possível aparafusar-se esta no robô.

No outro lado da flange teriam de estar agregadas as furações das garras da Festo, que neste caso seriam (para cada uma delas) dois furos com diâmetro de 4,3 mm para parafusos M4. Nesses furos foi ainda realizada uma furação de 1,65 mm, com um diâmetro de 7,10 mm (para permitir encaixar os centradores das garras), e do outro lado uma furação com 8 mm (para permitir encaixar a cabeça dos parafusos M4), conseguindo-se assim aparafusar as duas garras na flange. Depois de definidas as furações necessárias para os dois lados da flange, realizou-se um projeto para esta em SolidWorks para posteriormente ser construída internamente nas máquinas CNC existentes na Grohe. Esse projeto pode ser consultado na Figura 133, em que a imagem superior corresponde ao lado de indexação do robô e a imagem inferior ao lado de indexação das duas garras. No Anexo T pode ser consultado o desenho técnico desta flange realizado em SolidWorks.

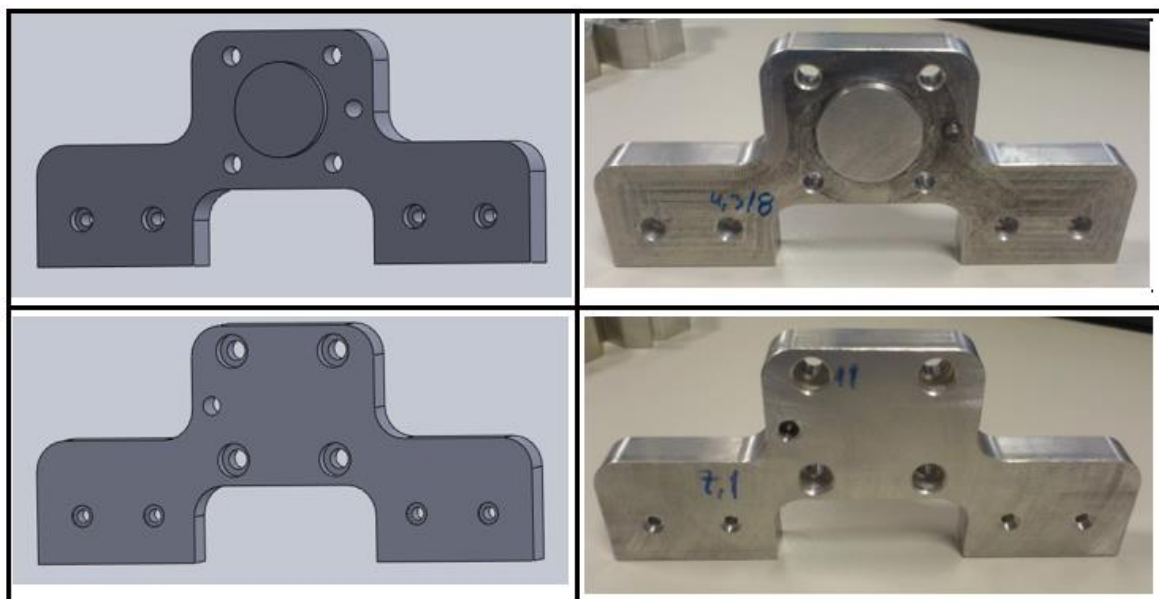


Figura 133 – Projeto em SolidWorks da flange para implementar no robô a garra dupla (à esquerda) e flange para implementar no robô a garra dupla (à direita)

Depois de concluídos todos os projetos em SolidWorks, realizou-se a montagem de todos estes componentes para ser possível verificar todo o ambiente (robô e garra dupla com a palete) a nível de espaçamentos e de espaços de trabalho. Pode-se visualizar esse ambiente na Figura 134.

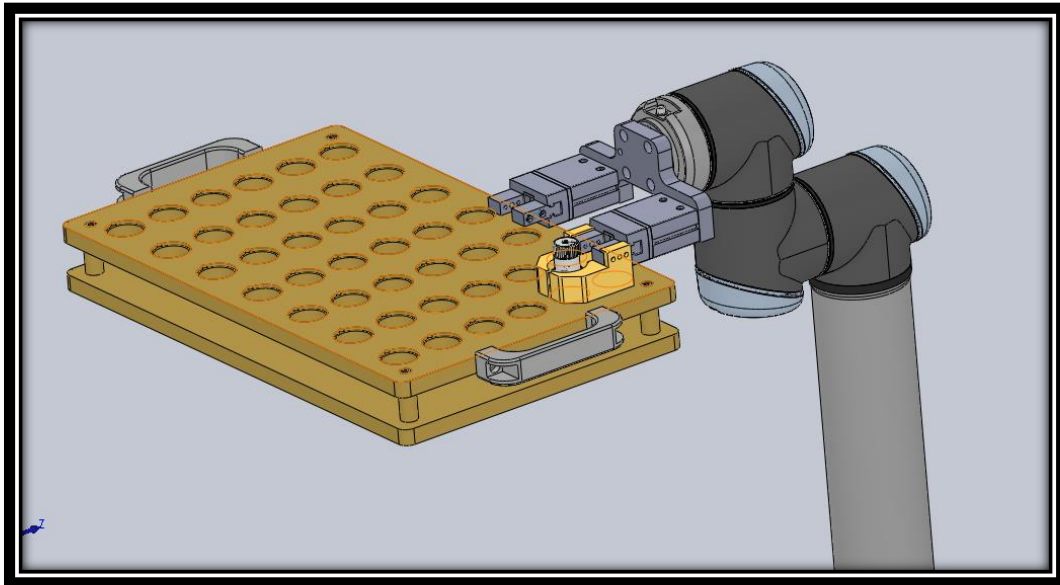


Figura 134 – Ambiente em SolidWorks do robô com garra dupla, a pegar num cartucho na paleta

8.2.3. ENSAIO DE PROGRAMAÇÃO - 2

Para se realizar o ensaio 2 de programação do robô, aparafusaram-se todos os elementos (nova flange, as duas garras Festo e os dedos) colocando à disposição do robô as duas garras da Festo, bem como os dedos (para cada uma das garras) para estas conseguirem manipular os cartuchos, como se mostra na Figura 135.



Figura 135 – Garra dupla agregada no robô UR10

Tal como no ensaio 1, colocou-se a máquina do teste de água à frente do robô e a bancada de indexação para a paletização ao lado deste, colocando à disposição do robô um blister cheio de cartuchos (para o robô pegar e colocar na máquina do teste de água) e o outro vazio (para o robô os pousar depois de retirá-los da máquina), conforme mostra a Figura 136. De referir que, nesta fase, as paletes de entrada para orientar os cartuchos (caraterizadas anteriormente na Subsecção 8.1.3.) ainda não tinham sido realizadas (pelas razões já apresentadas anteriormente), pelo que esta orientação foi realizada manualmente nos blisters.

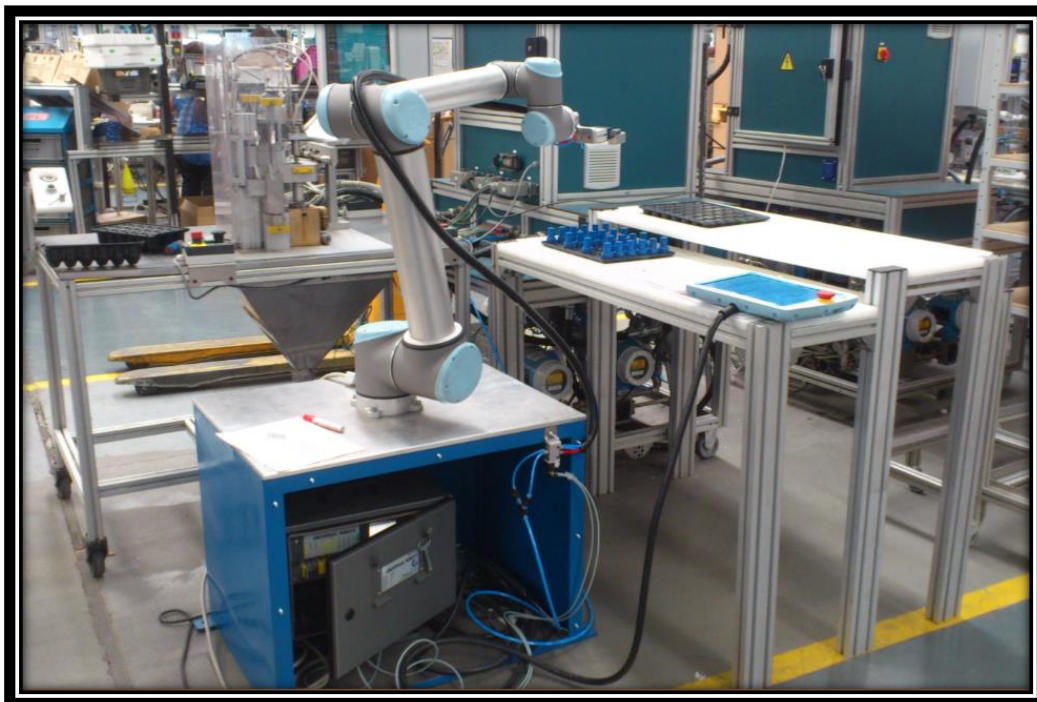


Figura 136 – Disposição do robô, bancada de paletização e máquina do teste de água no ensaio 2

Com todas as condições criadas para se fazer uma programação no robô, procedeu-se então ao segundo ensaio, e a uma segunda programação no robô. Neste ensaio, visto que o robô já tinha uma garra dupla ao seu dispor, os principais resultados a retirar foram verificar se o robô conseguia cumprir com os tempos estimados anteriormente (quatro segundos para a troca de cartuchos, dois segundos para colocar e retirar os cartuchos da máquina e um segundo para as viagens que o robô terá de realizar entre blister e máquinas). Também foi importante verificar, tal como no ensaio 1, se as garras funcionavam adequadamente no momento de colocar e retirar os cartuchos. Mostra-se na Figura 137 o robô a deslocar-se para ir realizar a troca de um cartucho testado por um a testar, durante este ensaio.

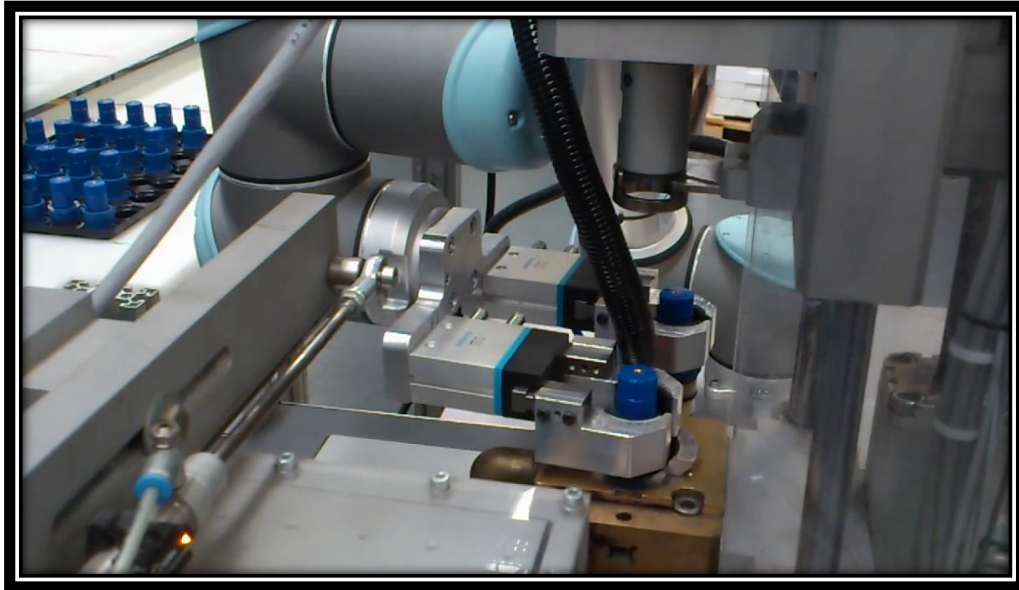


Figura 137 – Robô a retirar o cartucho da máquina do teste de água

Neste ensaio, a programação que se realizou no robô seguiu a seguinte sequência de programação:

1. O robô vai buscar um cartucho ao blister localizado no tampo mais abaixo com a garra esquerda;
2. Depois de chegar a esse ponto, o robô fecha a garra esquerda;
3. O robô desloca-se para a máquina do teste de água;
4. Coloca o cartucho que tem na garra esquerda na máquina abrindo a garra esquerda;
5. O robô volta ao blister localizado no tampo abaixo e novamente com a garra esquerda vai buscar outro cartucho, fechando essa mesma garra;
6. O robô desloca-se para a máquina do teste de água;
7. O robô retira o cartucho que está na máquina com a garra direita, fechando essa garra;
8. O robô afasta-se 20 mm da máquina e roda a garra dupla;
9. O robô coloca na máquina o cartucho que tem disponível na garra esquerda, abrindo essa garra;

10. O robô desloca-se para o blister localizado no tampo mais acima e coloca lá o cartucho (supostamente já testado) abrindo a garra direita.

Depois de chegar ao décimo passo, o robô irá repetir sempre o mesmo ciclo do 5º ao 10º passo. A sequência de pontos utilizada para esta programação do robô seguiu a sequência de pontos realizada no ensaio 1 e pode ser consultada na Figura 129, quer para o blister localizado mais abaixo, como para o blister localizado mais acima.

Concluiu-se este ensaio com sucesso, tendo-se conseguido programar o robô a colocar e retirar os quarenta e dois cartuchos na máquina do teste de água, sempre com sucesso. Também se cumpriram todos os tempos que foram estimados inicialmente, sendo isto muito importante para se conseguir o aumento de *output*/produtividade calculado anteriormente.

Neste segundo ensaio a programação do robô foi realizada considerando os sinais de saída do robô para atuar as garras. Desta forma foi possível na programação do robô conseguir controlar a abertura e fecho de cada uma das garras, num dado ponto pretendido, com recurso a uma válvula que faz o controlo da passagem do ar. A garra esquerda foi ligada à saída digital 4 e a garra direita à saída digital 0 do controlador do robô, tal como se apresenta na Figura 138.

Optou-se por atribuir “nomes” a essas saídas digitais, dando o “nome” de “garra esquerda” à saída digital 4 e “garra direita” à saída digital 0, como se verifica na Figura 139, tornando assim a tarefa de programação mais simples e intuitiva. Por exemplo, quando se pretende abrir a garra direita, basta escolher o comando “definir”, na janela que surge escolher “garra direita” e, depois, escolher a opção “desligar” e a garra abre. Pode-se verificar este comando de programação na Figura 140.

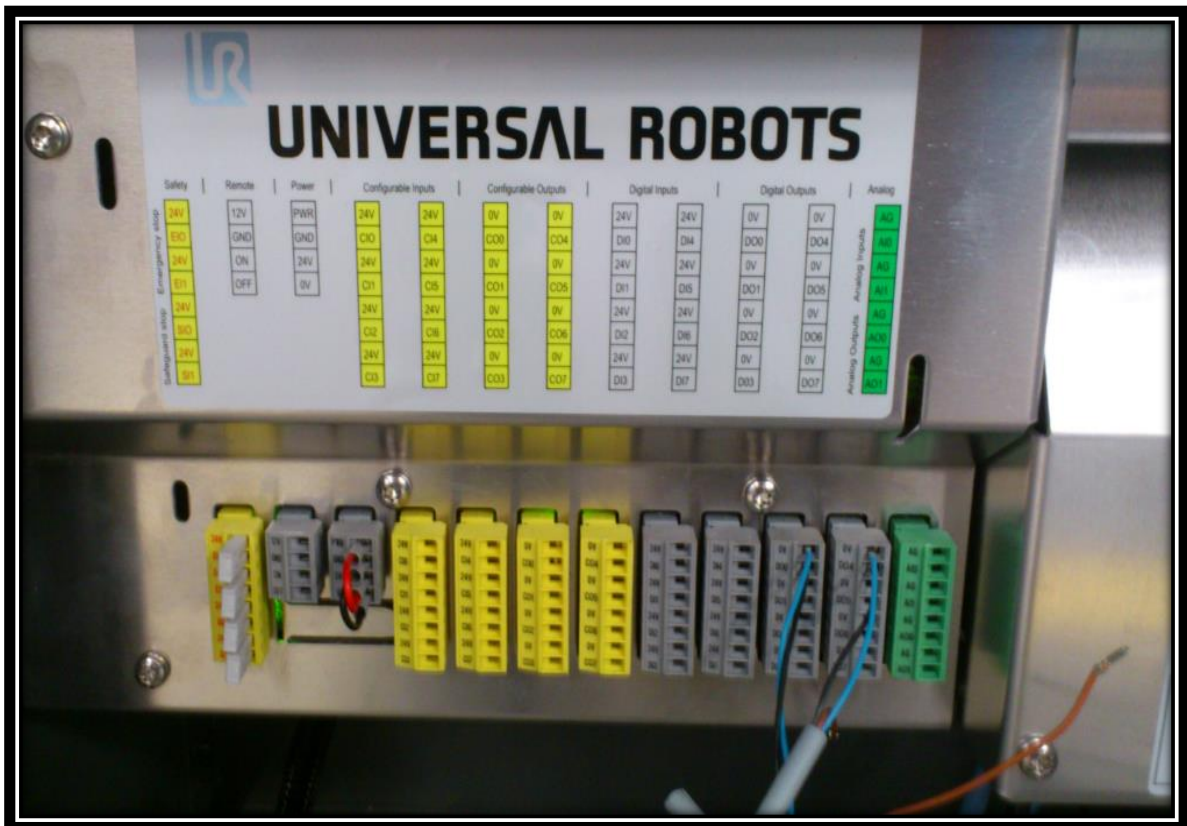


Figura 138 - Ligação das garras às saídas digitais 0 e 4, no controlador do robô

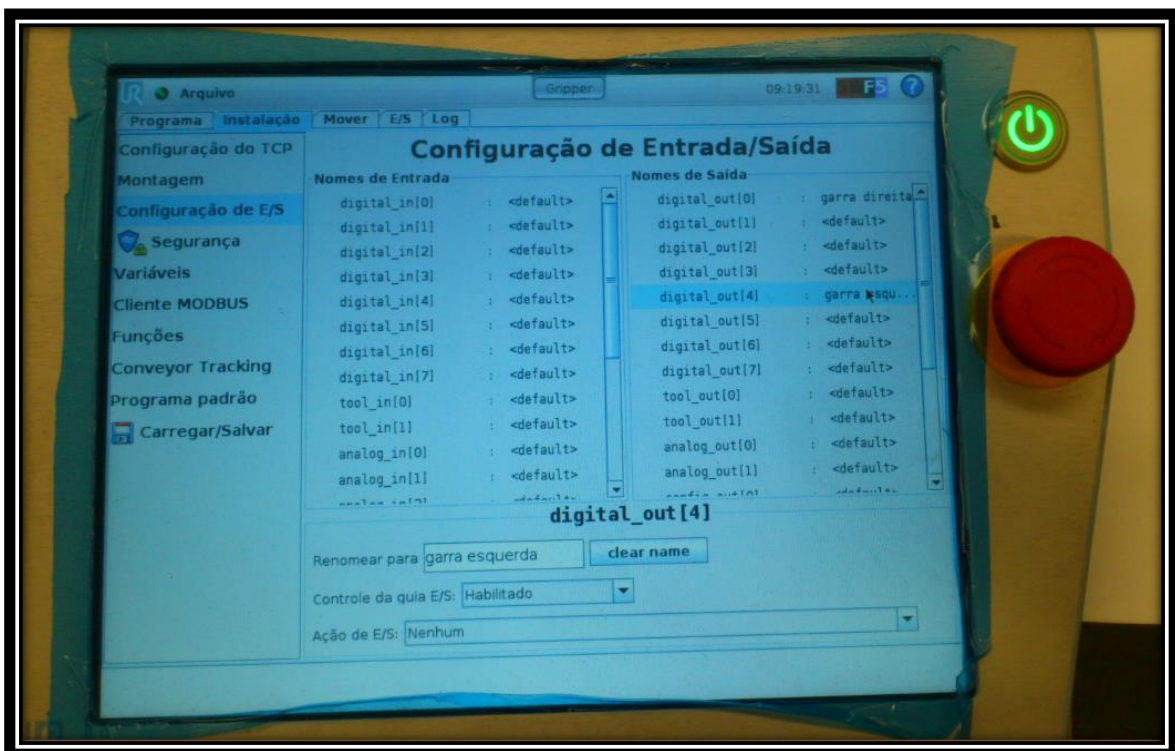


Figura 139 – Configuração dos sinais de saída digitais, dando o “nome” “garra direita” à saída 0 e o “nome” “garra esquerda” à saída digital 4, no teach pendant do robô

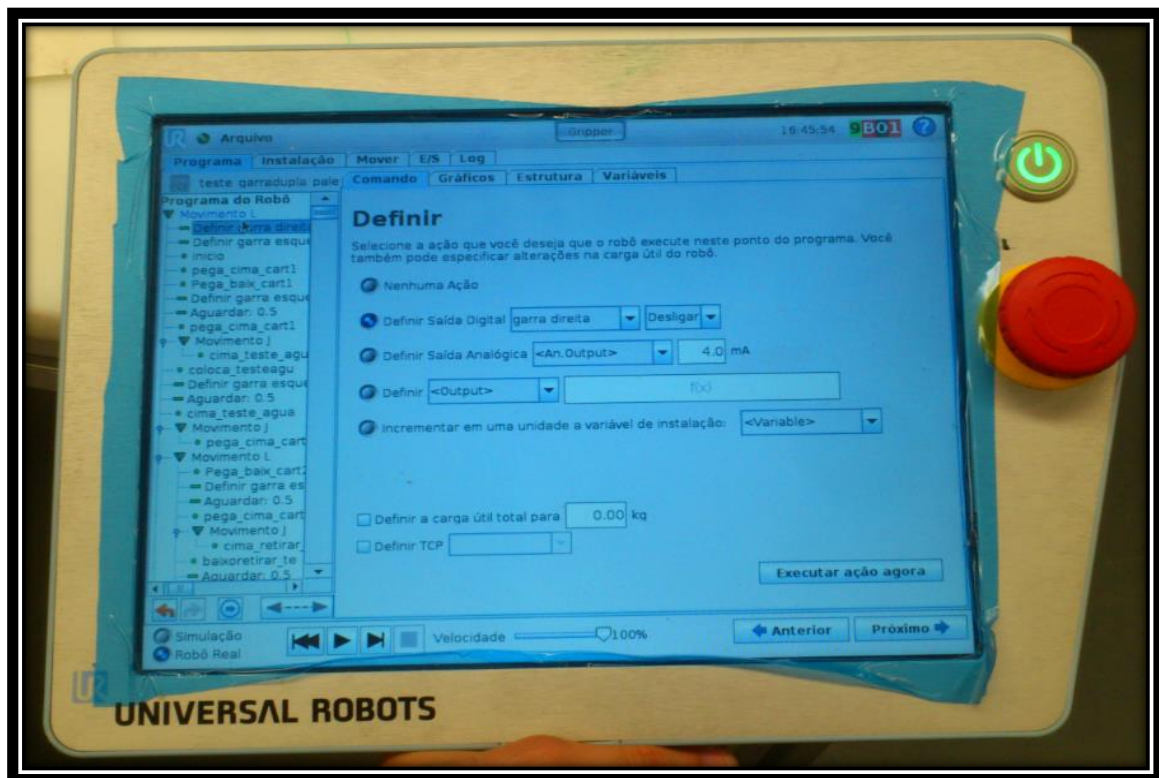


Figura 140 – Janela do comando “definir”, no *teach pendant* do robô, para se abrir a garra direita no ponto programado

Posto isto, e com o sucesso obtido neste ensaio, o passo seguinte da automatização da operação do teste do cartucho passa por realizar as paletes com a função de orientar os cartuchos. Concluiu-se neste ensaio que estas poderiam ser feitas conforme apresentado anteriormente (na subsecção 8.1.3), e considerou-se também implementar algumas alterações na bancada de fixação para a paletização de entrada e saída. Estas alterações serão descritas de seguida.

8.2.4. PROJETO DE MELHORIA DA BANCADA DE FIXAÇÃO PARA A PALETIZAÇÃO DE ENTRADA E SAÍDA

Depois de realizado o segundo ensaio, foram retiradas algumas conclusões importantes. Uma delas foi que o robô consegue colocar os cartuchos na máquina com a mesma orientação com que pega neles, ou seja, as paletes para a entrada podem ser concebidas da forma apresentada anteriormente na subsecção 8.1.3 (o correspondente projeto pode ser consultado no Anexo P).

Outro aspeto importante que teve que ser pensado nesta altura, passa por arranjar um mecanismo para tornar essas paletes móveis, ou seja, dar possibilidade ao operador de ter

uma paleta na linha, para a poder encher com cartuchos sem fazer movimentações desnecessárias. Quando este preencher as quarenta e duas posições com cartuchos irá transportar essa paleta para a bancada de paletização, e terá de a colocar num local próprio, de uma forma rápida e com precisão. Para se conseguir esta precisão realizou-se uma peça em alumínio, fixa à bancada de paletização com seis parafusos M8 com cabeça de martelo que rodam e ficam fixos no perfil. Essa peça leva três cavilhas de 10 mm de diâmetro, encaixadas à pressão, para garantir um posicionamento correto no momento de colocação da paleta por parte dos operadores. Pode-se visualizar o projeto desta peça na Figura 141, podendo os correspondentes desenhos técnicos ser consultados no Anexo P, denominada como “base para a paleta”.

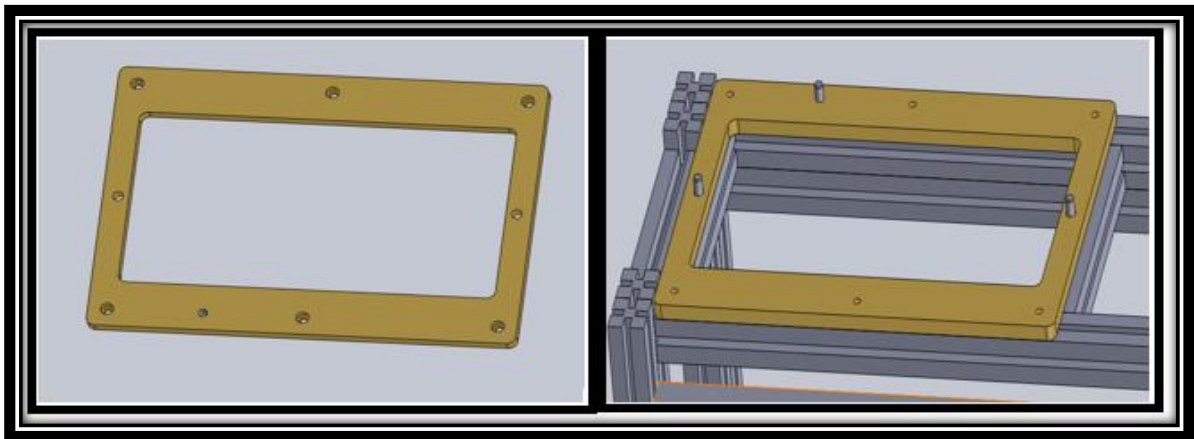


Figura 141 – Projeto de peça em alumínio para garantir o posicionamento das paletes na bancada de paletização

Foi efetuada outra alteração nos tampos rylene, pois os blisters de saída vão estar no nível mais abaixo da bancada e as paletes de entrada no nível mais acima. O aspeto final da bancada será agora igual ao projeto que se apresenta na Figura 142, realizado em SolidWorks.

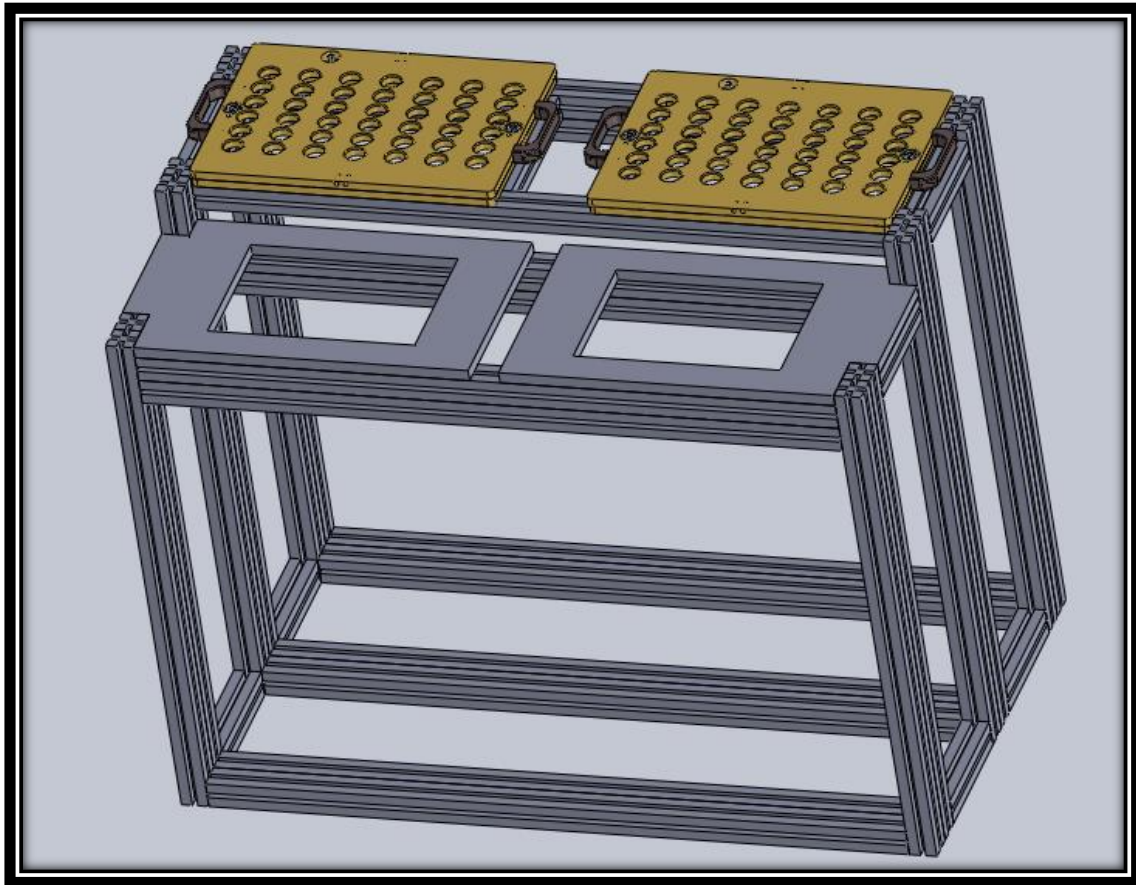


Figura 142 – Projeto da bancada de paletização final realizado em SolidWorks

9. CONCLUSÕES

Neste nono, e último, capítulo pretende-se fazer um balanço entre o trabalho proposto e os resultados obtidos com os projetos implementados. São também aqui referidas quais as principais dificuldades sentidas ao longo do projeto, bem como algumas propostas para trabalhos futuros a desenvolver pela Grohe.

9.1. CONCLUSÕES DA AUTOMATIZAÇÃO DAS LINHAS DOS CARTUCHOS

Em relação ao projeto da automatização das linhas dos cartuchos, e visto que o robô só chegou à Grohe na última semana de Maio, não foi possível concluir toda a implementação prática pretendida, apenas tendo sido possível chegar-se à fase de ensaios, e fazer-se uma programação no robô daquilo que ele terá de fazer no momento da sua implementação final no novo *layout*. Conseguiu-se, ainda assim, avaliar e verificar que o robô consegue garantir os tempos estimados inicialmente, no momento dos cálculos do aumento do *output*, sendo o mais importante o de quatro segundos para a troca de cartuchos na máquina do teste de água.

Contudo, o trabalho desenvolvido durante o estágio, apesar de não concluído, foi bastante satisfatório, porque com a implementação das ideias apresentadas neste projeto a Grohe terá um ganho significativo ao nível da produtividade e uma diminuição acentuada das paragens das máquinas do teste de água. Atualmente as linhas ainda funcionam sem recurso a robôs,

verificando-se claramente, uma paragem das máquinas do teste de água, que são o *bottleneck* destas linhas.

Para este projeto, a ideia da Grohe foi apenas realizar a compra do robô e das garras, e fazer tudo o resto com recursos próprios, tornando o projeto mais rentável. Para isso, investiu-se muito tempo a trabalhar e a projetar todo o ambiente para o robô, como por exemplo, a sua base de fixação, uma mesa para a paletização (onde o robô irá colocar e pegar em cartuchos), as paletes para permitir orientar os cartuchos antes da sua alimentação à máquina do teste de água, e a flange para depois se anexar uma garra dupla ao robô (bem como os respetivos dedos), para este realizar a troca de cartuchos de uma forma mais rápida. Todos estes elementos foram concretizados com sucesso, dentro das instalações da Grohe (excluindo a base de fixação, que foi construída externamente). Depois de tudo isto foi possível fazer-se alguns ensaios de programação, tendo-se chegado a uma solução mais avançada no ensaio 2.

Este ensaio foi muito importante porque foi aquele onde se realizou uma programação próxima da que se espera implementar no robô quando este for implementado no novo *layout*. Nesta situação, o robô encontra-se a assistir sempre as máquinas, rodando a garra e trocando o cartucho testado por um a testar, em quatro segundos.

9.1.1. TRABALHO FUTURO NA AUTOMATIZAÇÃO DAS LINHAS DOS CARTUCHOS

O segundo ensaio foi a última fase do projeto desenvolvida, isto porque para melhorar a programação e para ser possível implementar o robô no novo *layout*, terão de ser “retirados” das máquinas alguns sinais, para assim se fazer a comunicação com o robô (para este saber qual das máquinas terminou de realizar o teste a um dado cartucho em primeiro lugar). Este será um trabalho futuro a ser desenvolvido pelos técnicos de manutenção da Grohe, já que só com estes sinais é que é possível colocar o robô a funcionar corretamente no novo *layout*. Para o ambiente robô - duas máquinas funcionar corretamente, pensa-se ser necessário adicionar à programação do robô a lista de sinais apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 - Sinais de I/O necessários para a programação final do robô

Sinais I/O			
	STM Teste de água	Robô	Garra
OUTPUT	Teste acabou, cartucho OK, máquina 1 abriu	Colocou peça na máq. 1, arrancar teste de água 1	Garra 1 aberta (0)
	Teste acabou, cartucho NOK, máquina 1 abriu	Colocou peça na máq. 2, arrancar teste de água 2	Garra 1 fechada (1)
	Teste acabou, cartucho OK, máquina 2 abriu		Garra 2 aberta (0)
	Teste acabou, cartucho NOK, máquina 2 abriu		Garra 2 fechada (1)
	Teste em processo, ainda não acabou (máquina 1) Teste em processo, ainda não acabou (máquina 2)		
INPUT	Arrancar teste de água 1 após sinal do robô	Teste acabou, cartucho OK, máquina 1 abriu	
	Arrancar teste de água 2 após sinal do robô	Teste acabou, cartucho NOK, máquina 1 abriu	
		Teste acabou, cartucho OK, máquina 2 abriu	
		Teste acabou, cartucho NOK, máquina 2 abriu	
		Teste em processo, ainda não acabou (máquina 1)	
		Teste em processo, ainda não acabou (máquina 2)	
		Garra 1 aberta (0)	
		Garra 1 fechada (1)	
		Garra 1 fechada (1), com cartucho	
		Garra 2 aberta (0)	
	Garra 2 fechada (1)		
	Garra 2 fechada (1), com cartucho		

Depois de todos os sinais estarem disponíveis, têm de ser adicionados na programação do robô e, só depois, este poderá ser deslocado para as linhas dos cartuchos. Depois de tudo isto, o próximo passo será fixar o robô ao chão bem como dispor ao seu redor todo o restante ambiente. Depois basta editar e corrigir todos os pontos para o ambiente atual, estando assim o projeto concluído. O *layout* final após estas alterações será o apresentado na Figura 143.

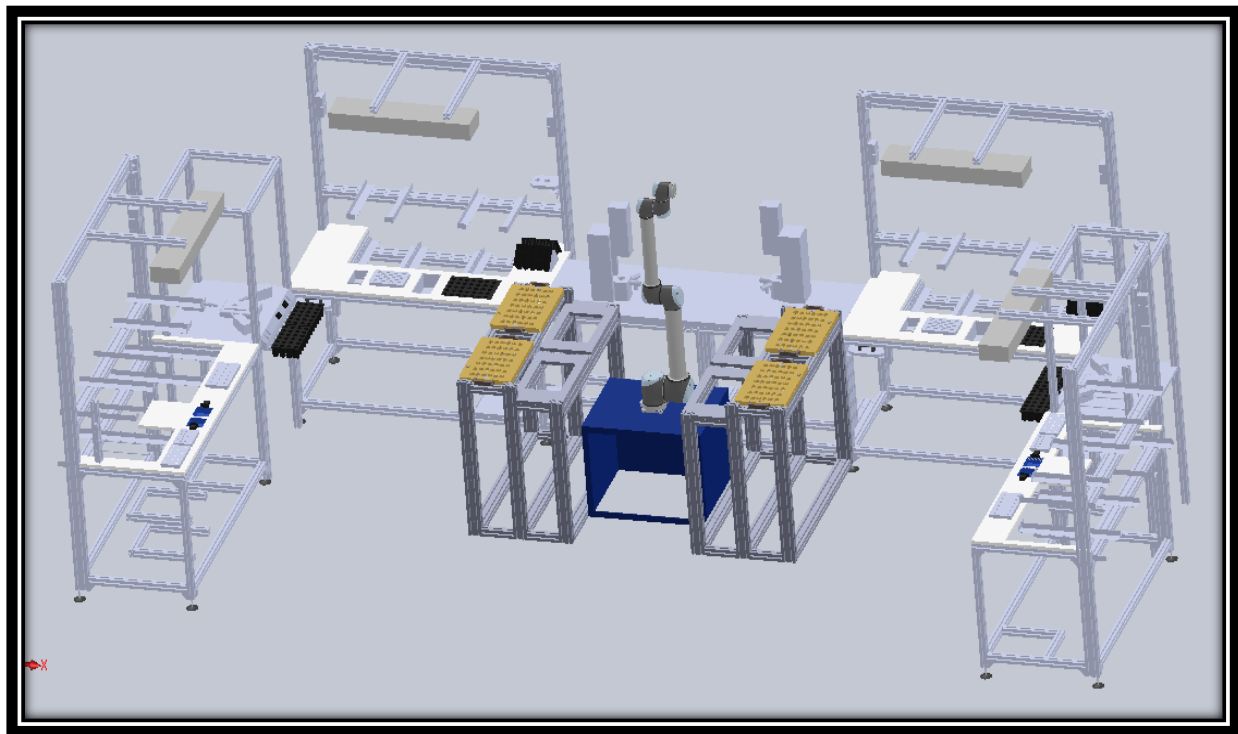


Figura 143 - Layout final em 3D das linhas dos cartuchos realizado em SolidWorks

9.2. CONCLUSÕES DA MELHORIA DE LINHAS DE MONTAGEM

Durante o estágio, a Grohe sentiu a necessidade de realizar um projeto para melhorar e uniformizar algumas linhas de montagem, dentro das famílias das LB e das BC.

Dentro da família das LB, conseguiu-se uniformizar as cinco linhas pertencentes a esta família, estando neste momento as cinco praticamente iguais, pois os mesmos princípios foram aplicados em todas elas. De igual forma, conseguiu-se definir um método de funcionamento específico para cada produto, normalizando assim os aspetos relativos à disposição e organização dos componentes na linha.

Dentro da família das BC, conseguiu-se uniformizar uma das linhas pertencentes a esta família, seguindo as mesmas metodologias da família das LB.

A realização dos diferentes projetos permitiu ao departamento de montagem, além de melhorar as condições de trabalho de alguns dos seus postos, normalizar as linhas de montagem e definir padrões que podem ser aplicados na maioria dos postos.

Com a normalização dos postos conseguiu-se uma melhor organização do trabalho, sendo que nas linhas onde ocorreu a intervenção os colaboradores ficaram com um método de

trabalho definido e uniforme que se traduziu, em alguns casos, em melhorias, quer no abastecimento, quer nos índices de qualidade relativos aos produtos das linhas em questão.

Com a aplicação dos princípios da ergonomia às linhas, foram corrigidas situações de más posturas, conseguindo-se melhorias principalmente ao nível da altura a que os componentes estavam dispostos na linha, o que se traduziu numa redução do esforço exercido pelos colaboradores ao longo do turno, e num conseqüente aumento da satisfação dos mesmos em relação ao seu posto de trabalho.

Pessoalmente, esta oportunidade de estágio na Grohe Portugal representou não só um primeiro contacto com a indústria, mas também uma oportunidade de aplicação dos conhecimentos adquiridos durante o percurso académico e de desenvolvimento de competências transversais e profissionais relacionadas com temas com os quais ainda não tinha havido oportunidade de contactar.

Referências Documentais

AMARO, Cristina. 2012. Estudo de tempos e métodos no setor de paisagem na CIN – Corporação Industrial do Norte, Porto, Tese: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

AREZES, Pedro; BARROSO, Mónica; CORDEIRO, Patrício; COSTA, Luís Gomes da; MIGUEL, Sérgio. 2006. Estudo Antropométrico da População Portuguesa, Lisboa.

FELISBERTO, Luís Carlos; PASCHOARELLI, Luís Carlos. 2001. Dimensionamento preliminar de postos de trabalho e produtos – modelos antropométricos em escala, Salvador.

GONÇALVES, Maria Antónia. 2013. Análise Ergonómica de Postos de Trabalho, VLM Consultores.

GRANDJEAN, Etienne. 2004. Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem, Bookman.

HOUAISS, Instituto. 2001. Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa, Lisboa, Círculo de leitores.

IEA. 2014. International Ergonomics Association [Online] Available: <http://www.iea.cc> [Accessed 21/04/2014].

IIDA, Itiro. 2005. Ergonomia – Projeto e produção, Editora Edgard Blücher

IST, I. S. T. 2004. Engenharia dos Métodos [Online]. Universidade Técnica de Lisboa. Available: <https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/71877/1/diagram%20homemmaquina%20e%20curvas%20experienca.pdf> [Accessed 27/12/2014].

JOSÉ, Rui. 2010. Página pessoal de Rui José [Online]. Available: <http://ruijose.com/pt/> [Accessed 20/04/2014].

PANERO, Julius; ZELNIK, Martin. 2006. Dimensionamento humano para espaços interiores: um livro de consulta e referência para projetos, GG.

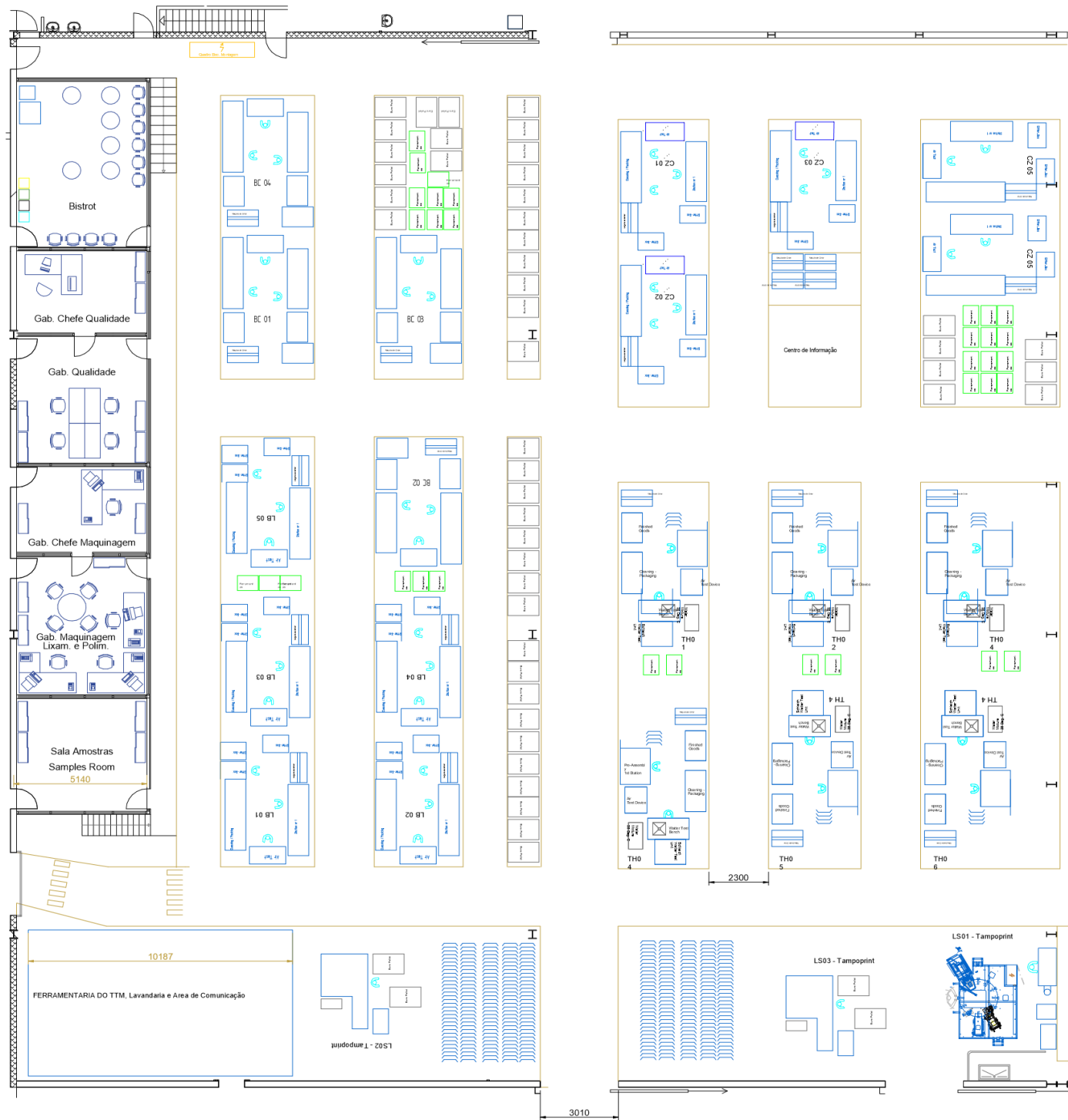
REBELO, Francisco. 2004. Ergonomia no dia a dia, Lisboa, Edições Sílabo.

SILVA, Aurora; FREITAS, Isabel; LACOMBLEZ, Marianne. 1996. Ergonomia e Antropometria, Universidade Aberta.

SILVA, Manuel. 2012a. Estudo dos Métodos e Simplificação do trabalho, Porto, Instituto Superior de Engenharia do Porto.



SILVA, Manuel. 2012b. A medida do trabalho, Porto, Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Anexo A. Novo layout do departamento da montagem



Anexo B. *Check List* para a análise das operações

Check List para a Análise das Operações

- **Materiais**
 - pode-se substituir o material por outro mais barato?
 - o material encontra-se uniforme e nas condições adequadas quando chega ao operador?
 - o material é do tamanho, peso e acabamento ideal para a sua utilização mais económica?
 - o material é utilizado na sua extensão máxima?
 - pode ser encontrada alguma utilização para a sucata e para as peças rejeitadas?
 - pode o número de armazenamentos de materiais e partes do processo ser reduzido?

ETEME – Estudos de Tempos e Métodos ISEP – Ano Lectivo 2007 / 2008 Manuel Silva: mss@isep.lpp.pt

Check List para a Análise das Operações



- **Manuseamento de materiais**
 - pode o número de vezes que o material é manuseado ser reduzido?
 - podem as distâncias envolvidas ser diminuídas?
 - o material é recebido, movimentado e armazenado em contentores adequados?
 - os contentores são mantidos limpos?
 - existem atrasos na entrega dos materiais ao operador?
 - o operador pode ser libertado do manuseamento de materiais através da utilização de tapetes?
 - é possível reduzir ou eliminar o retrocesso de materiais?
 - é possível através de uma alteração de layout ou recombinação de operações eliminar a necessidade de movimentar os materiais?

Check List para a Análise das Operações



- **Ferramentas, grampos e fixações**
 - as ferramentas são as mais adequadas para este trabalho?
 - as ferramentas encontram-se em boas condições?
 - se são ferramentas de corte de metal, os ângulos de corte das ferramentas são os correctos e encontram-se localizadas num departamento central de afiar as ferramentas?
 - podem as ferramentas ou as fixações ser alteradas de forma a que seja necessário menos perícia para realizar a operação?
 - as duas mãos encontram-se ocupadas com trabalho produtivo ao utilizar as ferramentas ou fixações?
 - é possível utilizar alimentadores, sistemas de ejeção, sistemas de fixação automáticos, etc.?
 - é possível realizar uma alteração de engenharia sobre o produto de forma a simplificar o projecto?

Check List para a Análise das Operações



- Máquinas- setup
 - deve o operador efectuar o setup da sua própria máquina?
 - pode o número de setups ser reduzido através de uma escolha adequada do tamanho do lote?
 - é possível obter os desenhos, ferramentas e demais equipamentos sem demoras?
 - existem demoras para efectuar a inspecção das primeiras peças produzidas?

Check List para a Análise das Operações



- Máquinas- operação
 - pode a operação ser eliminada?
 - pode o trabalho ser efectuado em múltiplos?
 - podem a velocidade ou o avanço da máquina ser aumentados?
 - é possível utilizar um avanço automático?
 - pode a operação ser dividida em duas operações mais curtas (ou mais)?
 - podem duas ou mais operações ser combinadas numa única? Deve-se considerar o efeito das combinações no período de treino dos operadores.

Check List para a Análise das Operações



- Máquinas- operação

- pode a sequência da operação ser alterada?
- pode a quantidade de sucata ou trabalho defeituoso ser reduzido?
- pode a peça ser pré-posicionada para a próxima operação?
- podem as interrupções ser reduzidas ou eliminadas?
- podem uma inspeção ser combinada com uma operação?
- a máquina encontra-se em boas condições?

Check List para a Análise das Operações



- Operadores

- o operador é qualificado mental e fisicamente para desempenhar esta operação?
- é possível eliminar fadiga desnecessária através de uma alteração nas ferramentas, fixações, layout ou condições de trabalho?
- o salário base é o adequado para este tipo de trabalho?
- a supervisão é satisfatória?
- é possível melhorar o desempenho do trabalhador através de formação adicional?

Check List para a Análise das Operações




- **Condições de trabalho**

- a iluminação, aquecimento e ventilação são as adequadas para o trabalho?
- as instalações sanitárias, cacifos, vestiários e áreas de descanso são as mais adequadas?
- existem perigos desnecessários envolvidos na operação?
- existe a possibilidade de o operador desempenhar a sua tarefa quer sentado, quer de pé?
- a duração do dia de trabalho e dos períodos de descanso encontram-se otimizados?
- a instalação fabril encontra-se em boas condições de limpeza e organização?

Anexo C. *Check List* para o Estudo de Micromovimentos

Estudo de Micromovimentos

***Check List* para Seleccionar**



- o layout encontra-se organizado de forma a eliminar a procura de artigos?
- é possível normalizar as ferramentas e os materiais?
- os componentes e os materiais encontram-se adequadamente referenciados e etiquetados?
- é possível arranjar disposições melhores de forma a facilitar ou eliminar a selecção, tais como recipientes com prateleiras compridas, bandejas que pré-posicionam os componentes e contentores transparentes?
- os componentes comuns são intercambiáveis?
- os componentes e os materiais encontram-se misturados?
- a iluminação é satisfatória?
- os componentes podem ser pré-posicionadas durante as operações anteriores?
- é possível utilizar cores para facilitar a selecção de componentes?

ETEME – Estudos de Tempos e MétodosISEP – Ano Lectivo 2007 / 2008Manuel Silva: mss@isep.lpp.pt

Estudo de Micromovimentos *Check List* para Agarrar



- é possível agarrar mais do que um objecto ao mesmo tempo?
- os objectos podem ser empurrados (e deslizar) em vez de carregados?
- uma reentrância na frente do contentor vai permitir facilitar agarrar componentes pequenos?
- é possível pré-posicionar as ferramentas e os componentes para facilitar o agarramento?
- é possível usar chaves especiais ou ferramentas combinadas?
- é possível utilizar com vantagem uma ponta do dedo de borracha, ou outro dispositivo, por exemplo, magnético ou por vácuo?
- o artigo é transferido de uma mão para a outra?
- o projecto adequado de um grampo ou fixação permite agarrar facilmente o componente para o remover?

Estudo de Micromovimentos *Check List* para Transporte



- pode algum destes movimentos ser completamente eliminado?
- a distância percorrida é a melhor?
- são utilizados os meios adequados (mãos, tenazes, tapetes, etc.)?
- são utilizados os membros (e músculos) correctos do corpo (dedos, antebraços, ombros, etc.)?
- é possível utilizar um transportador?
- é possível efectuar os transportes de forma mais satisfatória em quantidade maiores?
- é possível efectuar os transportes através de dispositivos operados pelos pés?

Estudo de Micromovimentos *Check List* para Transporte



- os transportes são mais demorados devido à necessidade de existir um posicionamento delicado a seguir?
- os transportes podem ser eliminados disponibilizando pequenas ferramentas adicionais e localizando-as perto do local de utilização?
- os componentes mais frequentemente utilizados encontram-se localizados perto do ponto de utilização?
- são utilizados contentores ou bandejas adequados, e a operação encontra-se com a disposição mais adequada?
- as operações anterior e posterior encontram-se adequadamente relacionadas com esta?

Estudo de Micromovimentos *Check List* para Transporte



- é possível eliminar alterações bruscas de direcção?
- é possível eliminar eventuais barreiras?
- para o peso do material transportado, é utilizado o membro do corpo mais rápido?
- existem alguns movimentos do corpo que podem ser eliminados?
- é possível efectuar os movimentos dos braços simultaneamente, de forma simétrica e em direcções opostas?
- os objectos podem ser empurrados (e deslizar) em vez de carregados?
- os movimentos dos olhos encontram-se correctamente coordenados com os movimentos das mãos?

Estudo de Micromovimentos *Check List* para Segurar



- pode-se utilizar um grampo, clip, vácuo, gancho, rack, fixação ou outro dispositivo mecânico?
- pode-se usar um adesivo ou o atrito?
- é possível utilizar um stop mecânico para evitar segurar?
- quando a operação de segurar não for possível de eliminar, pode-se usar um apoio para os braços?

Estudo de Micromovimentos *Check List* para Largar



- pode-se eliminar este movimento?
- pode-se utilizar uma largada por queda?
- a largada pode ser efectuada em trânsito?
- é necessário uma largada cuidadosa? Isto pode ser evitado?
- pode ser utilizado algum tipo de ejector (mecânico, ar comprimido, gravidade)?
- os contentores de material têm o formato adequado?
- no final da largada, a mão ou o meio de transporte já se encontram na posição mais adequada para iniciar o movimento seguinte?
- pode ser utilizado um tapete transportador?

Estudo de Micromovimentos *Check List* para Posicionar



- o posicionamento é necessário?
- as tolerâncias podem ser aumentadas?
- podem ser eliminadas arestas vivas e cantos?
- é possível utilizar uma guia, chanfres, funil, batente, encaixe, etc.?
- é possível utilizar apoios para os braços para ajudar a firmar as mãos e reduzir o tempo de posicionamento?
- o objecto foi agarrado tendo em vista o posicionamento mais fácil?
- é possível utilizar um dispositivo operado pelo pé para ajudar no posicionamento?

Estudo de Micromovimentos *Check List* para Pré-Posicionar



- é possível pré-posicionar o objecto em trânsito?
- a ferramenta pode ser equilibrada de forma a manter a pega na posição vertical?
- é possível arranjar um dispositivo de apoio de forma a que a pega da ferramenta fique na posição adequada?
- as ferramentas podem ser suspensas?
- as ferramentas podem ser armazenadas na localização correcta para trabalhar?
- pode ser utilizada uma guia?
- é possível projectar o objecto de forma a que todos os lados sejam iguais?
- é possível utilizar um armazém de ferramentas?
- é possível utilizar um dispositivo para empilhar?
- é possível utilizar uma fixação rotativa?

Estudo de Micromovimentos *Check List* para Inspeccionar



- é possível eliminar a inspecção ou combiná-la com outra operação?
- é possível utilizar múltiplos testes?
- é possível utilizar um teste de vibração, pressão, rigidez, etc.?
- a intensidade da iluminação pode ser aumentada, ou as fontes de iluminação ser rearranjadas, para facilitar a tarefa e reduzir o tempo de inspecção?
- é possível que a inspecção através de uma máquina substitua a inspecção visual?
- é vantajoso o operador usar óculos para a inspecção?

Estudo de Micromovimentos *Check List* para Montar, Desmontar e Utilizar



- é possível utilizar um grampo ou fixação?
- é possível utilizar um dispositivo automático ou máquina?
- a montagem pode ser efectuada em múltiplos? Ou pode o processamento ser efectuado em múltiplos?
- é possível utilizar uma ferramenta mais adequada?
- é possível utilizar batentes?
- é possível efectuar outro trabalho enquanto a máquina se encontra a trabalhar?
- deve ser utilizada uma ferramenta motorizada?
- pode ser utilizada uma fixação operada por ar comprimido?

Anexo D. Estudo de tempos com as cronometragens correspondentes às equipas 1, 2, 3, 4, 5 e 6

Equipa 1:

Operador / Máquina teste de água

	T troca	T execução máquina	T espera máquina
	1.47	22.23	0.32
	1.24	20.25	0.00
	1.26	21.97	0.00
	1.42	22.28	67.31
	1.44	19.19	0.00
	1.28	19.41	0.00
	1.74	20.16	0.00
	1.87	20.63	0.11
	2.31	21.9	6.62
	1.87	23.93	0.36
	1.64	20.19	2.44
	1.74	19.98	1.68
	1.27	19.69	0.90
	1.46	19.84	3.01
	1.97	19.69	4.43
	1.73	21.41	3.06
	1.64	20.33	0.83
	2.00	19.5	1.22
	1.87	15.53	1.33
	1.51	21.56	0.00
	1.82	20.58	0.00
	1.34	20.25	0.00
	1.89	18.72	1.07
	1.56	18.33	0.00
	1.88	21.17	0.21
	1.65	21.41	0.00
Médias	1.65	20.39	3.65
Concessões (18%)	1.94	24.06	4.31

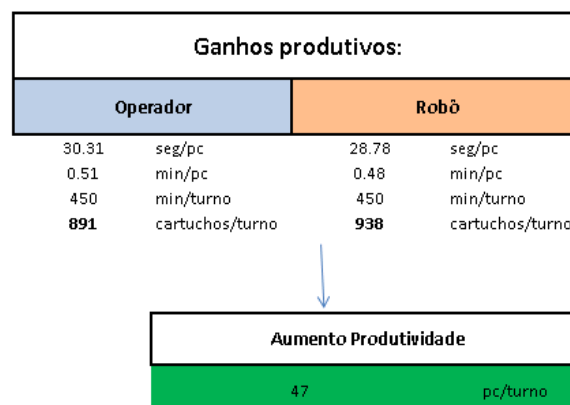
Somatório 30.31

Robô / Máquina teste de água

T troca 4 seg
T paragem 0 seg

	T troca	T execução máquina	T espera máquina
	4	22.23	0
	4	20.25	0
	4	21.97	0
	4	22.28	0
	4	19.19	0
	4	19.41	0
	4	20.16	0
	4	20.63	0
	4	21.9	0
	4	23.93	0
	4	20.19	0
	4	19.98	0
	4	19.69	0
	4	20.19	0
	4	19.98	0
	4	19.69	0
	4	19.84	0
	4	19.69	0
	4	21.41	0
	4	20.33	0
	4	19.5	0
	4	15.53	0
	4	21.56	0
	4	20.58	0
	4	20.25	0
	4	18.72	0
	4	18.33	0
	4	21.17	0
	4	21.41	0
Médias	4	20.39	0
Concessões (18%)	4.72	24.06	0

Somatório 28.78



Equipa 2:

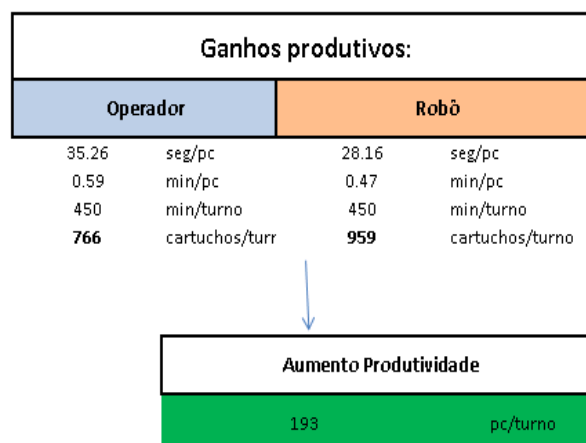
Operador / Máquina teste de água

	T troca	T execução máquina	T espera máquina
	2.20	22.68	1.08
	2.50	21.63	0.82
	2.35	17.59	1.25
	3.11	20.84	0.00
	2.03	21.03	1.42
	3.22	15.28	18.40
	2.70	19.56	5.47
	1.93	19.53	1.70
	1.79	21.13	5.08
	3.16	20.28	4.57
	2.46	21.47	9.54
	3.26	16.38	4.85
	2.12	22.97	6.16
	2.87	18.97	4.63
	2.33	23.69	5.32
	1.54	21.59	5.73
	1.99	19.94	9.42
	2.90	19.41	9.25
	1.95	21.63	79.06
	2.12	21.81	2.20
	2.77	19.56	3.37
	1.85	15.38	3.11
	1.87	15.22	2.72
	1.80	19.31	2.69
	1.94	19.64	3.99
Médias	2.35	19.86	7.67
Concessões (18%)	2.77	23.44	9.05
Somatório	35.26		

Robô / Máquina teste de água

T troca 4 seg
T paragem 0 seg

	T troca	T execução máquina	T espera máquina
	4	22.68	0
	4	21.63	0
	4	17.59	0
	4	20.84	0
	4	21.03	0
	4	15.28	0
	4	19.56	0
	4	19.53	0
	4	21.13	0
	4	20.28	0
	4	21.47	0
	4	16.38	0
	4	22.97	0
	4	18.97	0
	4	23.69	0
	4	21.59	0
	4	19.94	0
	4	19.41	0
	4	21.63	0
	4	21.81	0
	4	19.56	0
	4	15.38	0
	4	15.22	0
	4	19.31	0
	4	19.64	0
Médias	4	19.86	0
Concessões (18%)	4.72	23.44	0
Somatório	28.16		



Equipa 3:

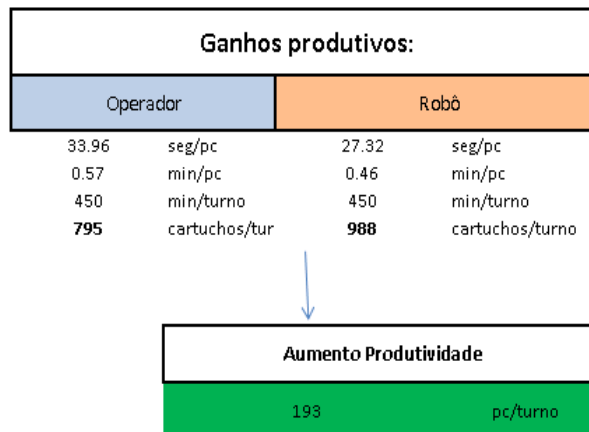
Operador / Máquina teste de água

	T troca	T execução máquina	T espera máquina
	2.74	18.60	3.03
	2.66	16.07	3.79
	2.86	20.70	1.03
	3.03	29.99	1.07
	2.34	18.65	6.67
	2.67	18.67	0.00
	2.87	20.55	3.73
	2.79	19.20	3.93
	2.99	19.64	1.29
	2.82	21.85	0.95
	3.02	16.84	3.43
	2.80	18.50	2.09
	2.59	18.70	2.64
	2.47	18.90	1.03
	2.79	18.90	0.00
	3.37	16.30	3.11
	3.05	21.90	1.49
	3.05	16.09	0.00
	3.29	18.30	7.23
	3.32	19.90	3.59
	2.90	16.50	2.79
	3.39	20.70	8.81
	2.88	17.82	33.96
	3.27	16.70	23.19
	3.41	18.80	48.48
Médias	2.93	19.15	6.69
Concessões (18%)	3.46	22.60	7.90
Somatório	33.96		

Robô / Máquina teste de água

T troca 4 seg
T paragem 0 seg

	T troca	T execução máquina	T espera máquina
	4	18.6	0
	4	16.07	0
	4	20.7	0
	4	29.99	0
	4	18.65	0
	4	18.67	0
	4	20.55	0
	4	19.2	0
	4	19.64	0
	4	21.85	0
	4	16.84	0
	4	18.5	0
	4	18.7	0
	4	18.9	0
	4	18.9	0
	4	16.3	0
	4	21.9	0
	4	16.09	0
	4	18.3	0
	4	19.9	0
	4	16.5	0
	4	20.7	0
	4	17.82	0
	4	16.7	0
	4	18.8	0
Médias	4	19.15	0
Concessões (18%)	4.72	22.60	0
Somatório	27.32		



Equipa 4:

Operador / Máquina teste de água			
	T troca	T execução máquina	T espera máquina
	2.52	32.86	3.95
	2.76	30.09	0.00
	2.92	30.14	4.62
	5.68	27.67	0.58
	4.75	28.96	5.35
	2.23	30.52	1.66
	3.27	25.34	3.66
	3.54	26.44	1.02
	3.06	26.64	2.06
	2.67	29.23	0.54
	4.79	24.97	3.00
	2.61	29.05	1.37
	2.55	30.37	3.09
	2.40	30.82	3.87
	2.59	40.95	0.23
	4.50	28.53	1.68
	3.04	30.17	1.02
	3.83	29.87	2.36
	3.97	28.98	2.00
	2.60	28.42	0.44
	3.62	29.79	0.51
	5.68	30.66	18.92
	4.04	31.57	2.13
	4.56	29.84	2.40
	3.20	29.93	1.80
Médias	3.49	29.67	2.73
Concessões (18%)	4.12	35.01	3.22
Somatório	42.36		

Robô / Máquina teste de água			
T troca	4	seg	
T paragem	0	seg	
	T troca	T execução máquina	T espera máquina
	4	32.86	0
	4	30.09	0
	4	30.14	0
	4	27.67	0
	4	28.96	0
	4	30.52	0
	4	25.34	0
	4	26.44	0
	4	26.64	0
	4	29.23	0
	4	24.97	0
	4	29.05	0
	4	30.37	0
	4	30.82	0
	4	40.95	0
	4	28.53	0
	4	30.17	0
	4	29.87	0
	4	28.98	0
	4	28.42	0
	4	29.79	0
	4	30.66	0
	4	31.57	0
	4	29.84	0
	4	29.93	0
Médias	4.00	29.67	0.00
Concessões (18%)	4.72	35.01	0.00
Somatório	39.73		

Ganhos produtivos:			
Operador		Robô	
42.36	seg/pc	39.73	seg/pc
0.71	min/pc	0.66	min/pc
450	min/turno	450	min/turno
637	cartuchos/turno	680	cartuchos/turno

↓

Aumento Produtividade	
42	pc/turno

Equipa 5:

Operador / Máquina teste de água			
	T troca	T execução máquina	T espera máquina
	2.85	36.80	1.41
	3.58	29.58	1.09
	3.39	30.33	3.05
	2.95	33.06	3.93
	2.89	27.95	3.82
	2.88	30.23	1.79
	2.59	29.75	4.22
	2.70	32.56	1.03
	2.82	30.19	1.65
	3.25	26.02	0.90
	2.79	30.25	1.21
	3.66	32.80	1.05
	2.72	30.36	3.46
	3.12	30.92	1.67
	3.01	28.59	2.32
	2.93	28.75	1.78
	3.33	28.94	2.59
	3.21	28.64	3.12
	3.17	28.42	1.90
	3.62	30.13	1.92
	2.96	28.33	1.48
	3.03	27.27	1.15
	2.97	30.03	3.45
	3.19	31.20	2.67
	2.84	28.33	2.08
Médias	3.06	29.98	2.19
Concessões (18%)	3.61	35.37	2.58
Somatório	41.56		

Robô / Máquina teste de água			
T troca	4	seg	
T paragem	0	seg	
	T troca	T execução máquina	T espera máquina
	4	36.8	0
	4	29.58	0
	4	30.33	0
	4	33.06	0
	4	27.95	0
	4	30.23	0
	4	29.75	0
	4	32.56	0
	4	30.19	0
	4	26.02	0
	4	30.25	0
	4	32.8	0
	4	30.36	0
	4	30.92	0
	4	28.59	0
	4	28.75	0
	4	28.94	0
	4	28.64	0
	4	28.42	0
	4	30.13	0
	4	28.33	0
	4	27.27	0
	4	30.03	0
	4	31.2	0
	4	28.33	0
Médias	4.00	29.98	0.00
Concessões (18%)	4.72	35.37	0.00
Somatório	40.09		

Ganhos produtivos:			
Operador		Robô	
41.56	seg/pc	40.09	seg/pc
0.69	min/pc	0.67	min/pc
450	min/turno	450	min/turno
650	cartuchos/turn	673	cartuchos/turno

↓

Aumento Produtividade	
24	pc/turno

Equipa 6:

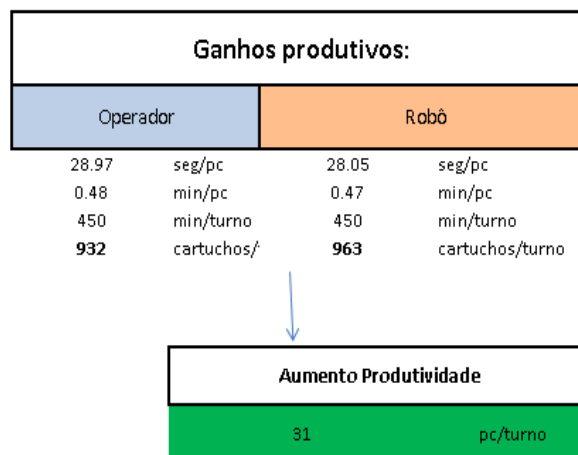
Operador / Máquina teste de água

	<i>T troca</i>	<i>T execução máquina</i>	<i>T espera máquina</i>
	2.29	18.70	0.93
	6.53	19.20	0.71
	2.46	20.00	1.25
	2.77	17.90	1.46
	3.20	20.60	0.24
	2.85	20.00	1.97
	3.07	20.40	1.16
	2.51	19.50	0.90
	3.42	21.20	1.18
	3.19	19.70	1.02
	3.87	19.80	1.11
	2.91	20.70	0.93
	3.25	20.20	0.64
	3.14	23.30	1.07
	3.44	20.30	2.09
	4.61	18.40	1.13
	5.39	18.10	2.04
	2.78	21.50	1.63
	3.22	19.50	1.74
	4.08	19.00	1.22
	2.99	17.70	1.19
	3.80	21.90	1.80
	4.93	18.60	1.58
	3.02	20.50	1.58
	2.37	17.50	2.94
Médias	3.44	19.77	1.34
Concessões (18%)	4.06	23.33	1.58
Somatório	28.97		

Robô / Máquina teste de água

T troca 4 seg
T paragem 0 seg

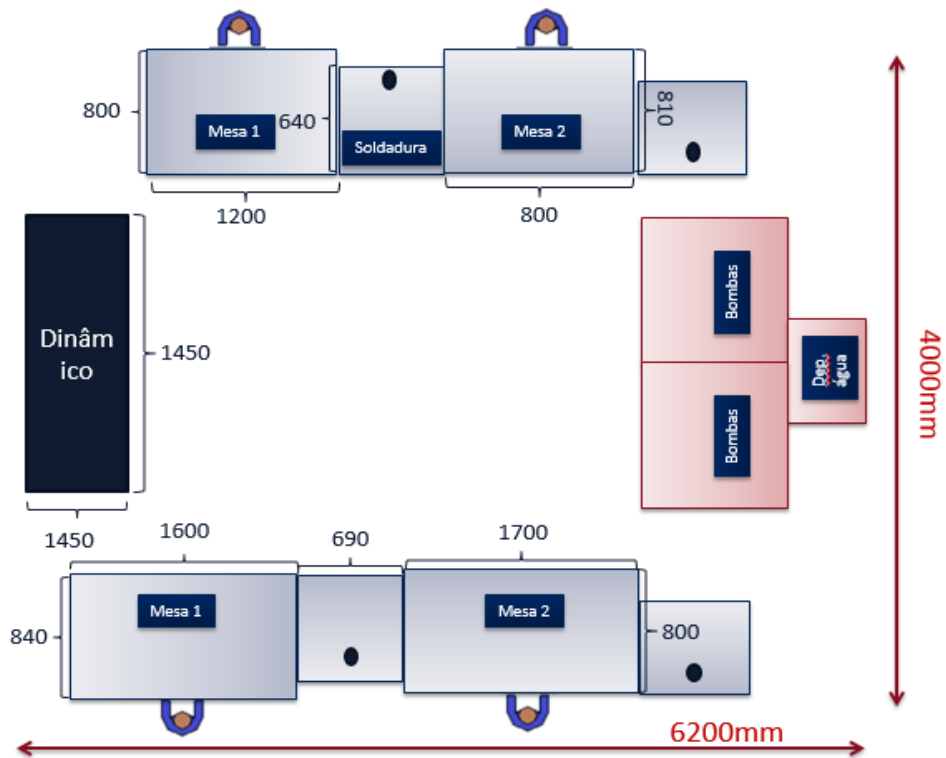
	<i>T troca</i>	<i>T execução máquina</i>	<i>T espera máquina</i>
	4	18.7	0
	4	19.2	0
	4	20	0
	4	17.9	0
	4	20.6	0
	4	20	0
	4	20.4	0
	4	19.5	0
	4	21.2	0
	4	19.7	0
	4	19.8	0
	4	20.7	0
	4	20.2	0
	4	23.3	0
	4	20.3	0
	4	18.4	0
	4	18.1	0
	4	21.5	0
	4	19.5	0
	4	19	0
	4	17.7	0
	4	21.9	0
	4	18.6	0
	4	20.5	0
	4	17.5	0
Médias	4.00	19.77	0.00
Concessões (18%)	4.72	23.33	0.00
Somatório	28.05		



Anexo E. Principais *layouts* considerados para a automatização da linha dos cartuchos

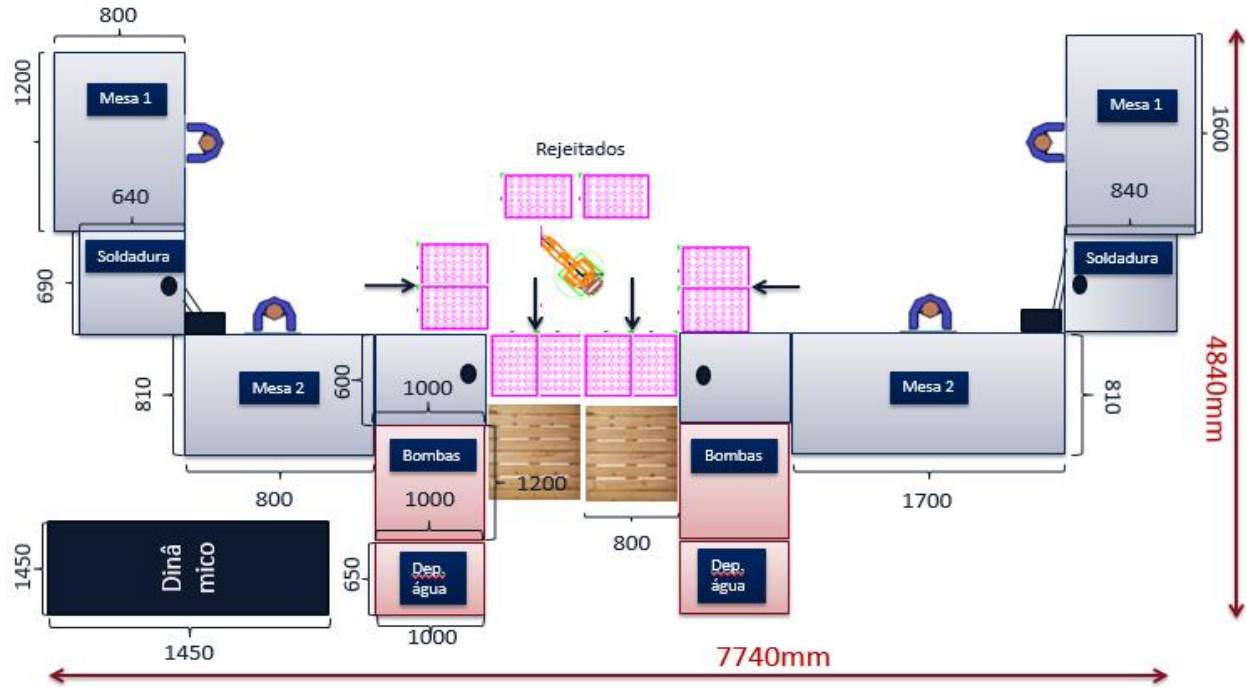
Layout atual:

ESTRUTURA E DIMENSÕES ATUALMENTE



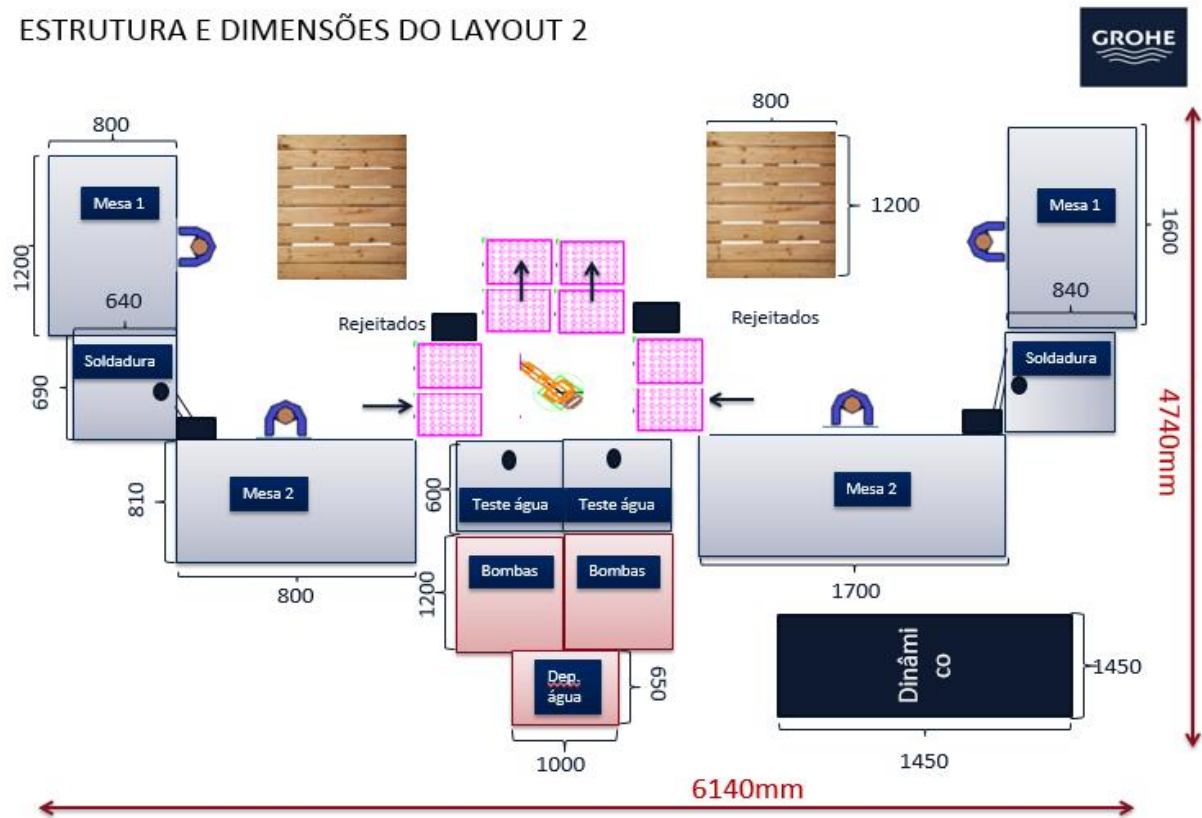
Possibilidade 1:

ESTRUTURA E DIMENSÕES DO LAYOUT 1



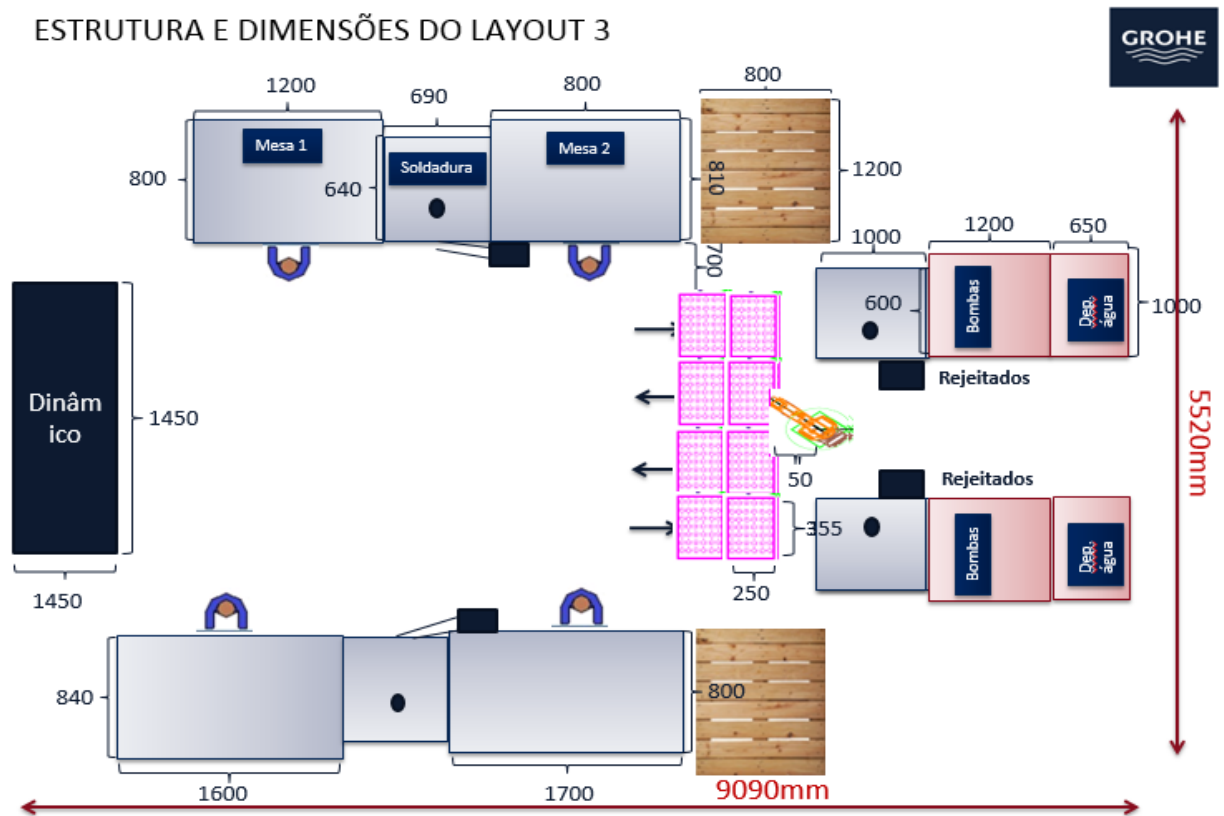
Possibilidade 2:

ESTRUTURA E DIMENSÕES DO LAYOUT 2

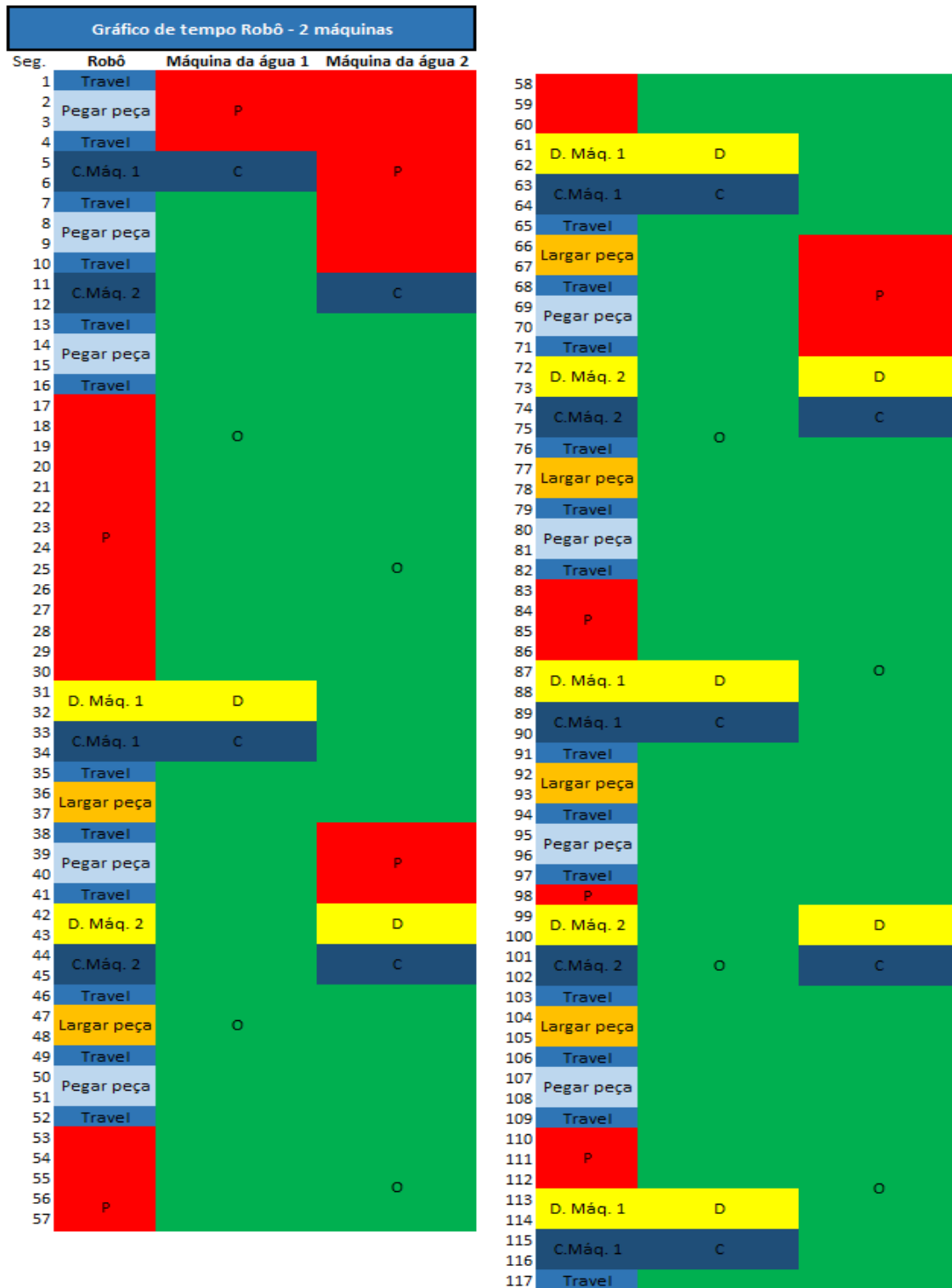


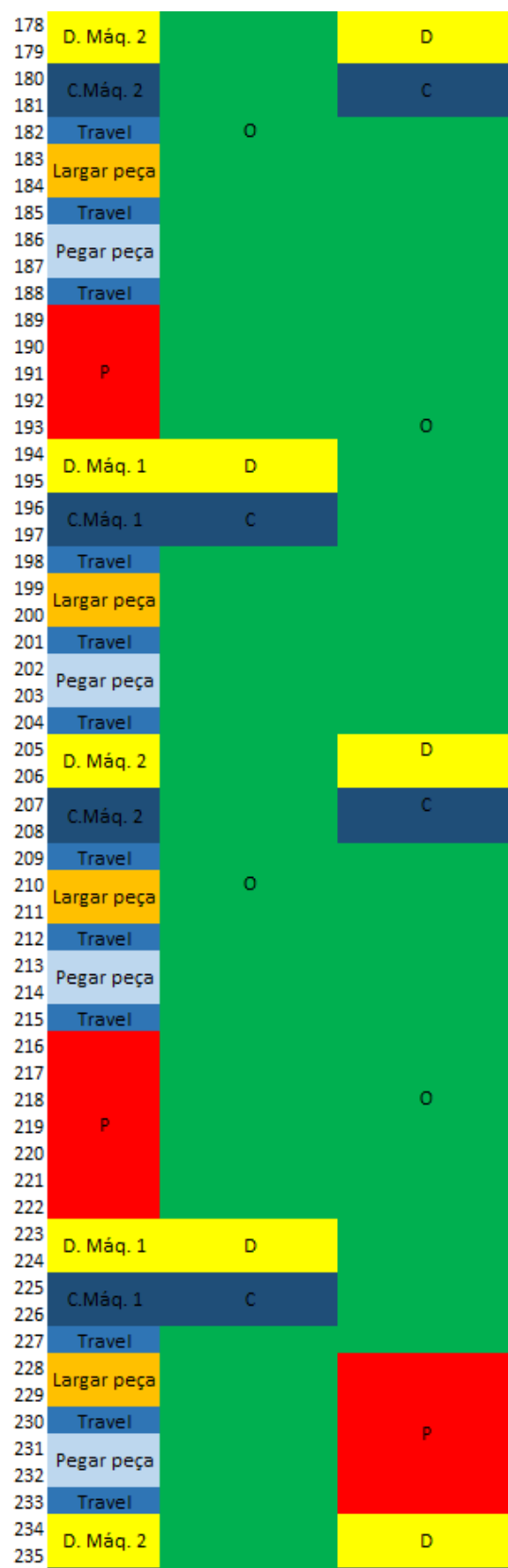
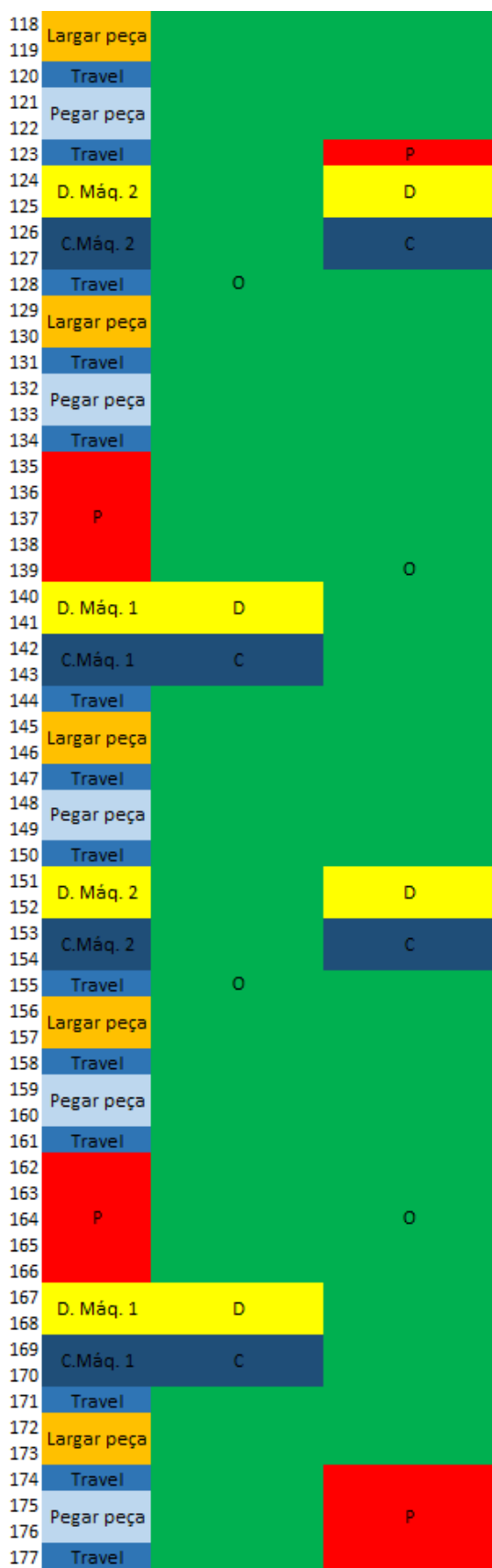
Possibilidade 3:

ESTRUTURA E DIMENSÕES DO LAYOUT 3



Anexo F. Gráfico Robô – 2 Máquinas (máquinas do teste de água CTHx01 e CTHx02)





236	C.Mâq. 2		C
237	Travel		
238	Travel	O	
239	Largar peça		
240	Travel		
241	Travel		
242	Pegar peça		
243	Travel		
244	Travel		
245	P		
246	P		
247	P		
248	P		
249	P		O
250	P		
251	D. Mâq. 1	D	
252	D. Mâq. 1	D	
253	C.Mâq. 1	C	
254	C.Mâq. 1	C	
255	Travel		
256	Largar peça		
257	Travel		
258	Travel		
259	Pegar peça		
260	Pegar peça		
261	Travel		P
262	D. Mâq. 2		D
263	D. Mâq. 2		D
264	C.Mâq. 2		C
265	C.Mâq. 2		C
266	Travel	O	
267	Travel		
268	Largar peça		
269	Travel		
270	Pegar peça		
271	Pegar peça		
272	Travel		
273	Travel		
274	P		
275	P		
276	P		
277	D. Mâq. 1	D	O
278	D. Mâq. 1	D	O
279	C.Mâq. 1	C	
280	C.Mâq. 1	C	
281	Travel		
282	Largar peça		
283	Largar peça		
284	Travel		
285	Pegar peça		
286	Pegar peça		
287	Travel		
288	P		
289	D. Mâq. 2		D
290	D. Mâq. 2		D
291	C.Mâq. 2		C
292	C.Mâq. 2	O	C
293	Travel		
294	Largar peça		
295	Largar peça		
296	Travel		

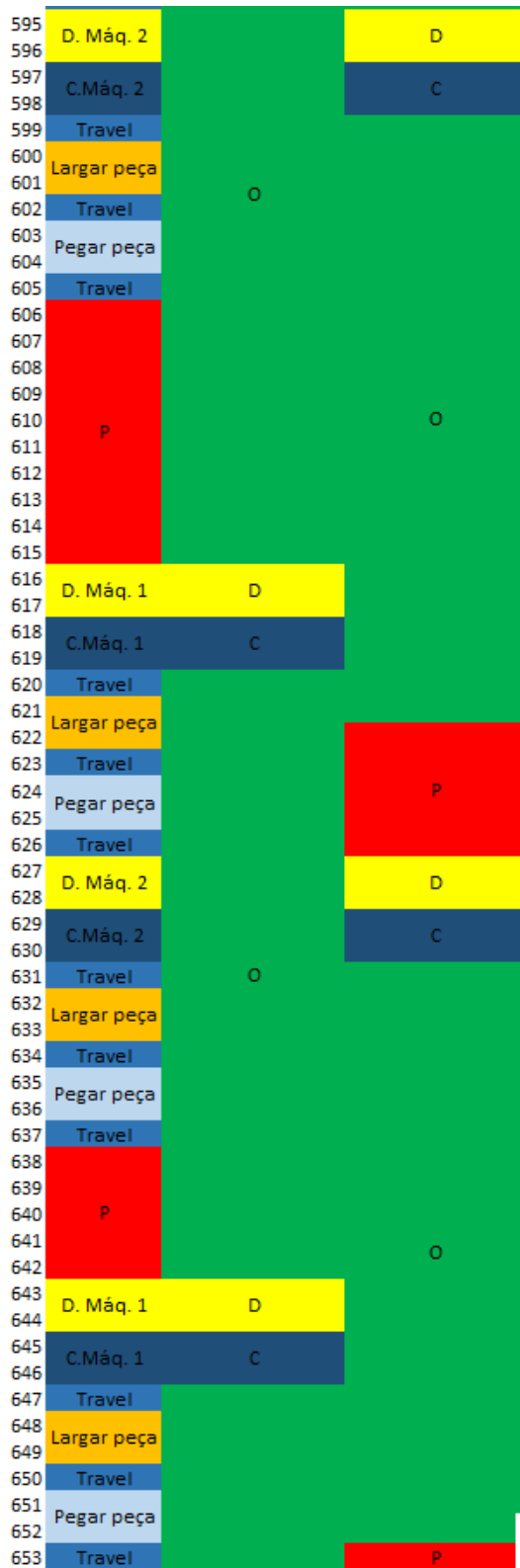
297	Pegar peça		
298	Pegar peça		
299	Travel		
300	Travel		
301	P		
302	P		
303	P		O
304	D. Mâq. 1	D	
305	D. Mâq. 1	D	
306	C.Mâq. 1	C	
307	C.Mâq. 1	C	
308	Travel		
309	Largar peça		
310	Largar peça		
311	Travel		
312	Pegar peça		
313	Pegar peça		
314	Travel		
315	D. Mâq. 2		D
316	D. Mâq. 2		D
317	C.Mâq. 2		C
318	C.Mâq. 2		C
319	Travel	O	
320	Largar peça		
321	Largar peça		
322	Travel		
323	Pegar peça		
324	Pegar peça		
325	Travel		
326	P		
327	P		
328	P		
329	P		
330	P		
331	P		
332	D. Mâq. 1	D	
333	D. Mâq. 1	D	O
334	C.Mâq. 1	C	
335	C.Mâq. 1	C	
336	Travel		
337	Largar peça		
338	Largar peça		
339	Travel		
340	Pegar peça		
341	Pegar peça		
342	Travel		
343	P		
344	P		
345	P		
346	P		
347	P	O	
348	P		
349	D. Mâq. 2		D
350	D. Mâq. 2		D
351	C.Mâq. 2		C
352	C.Mâq. 2		C
353	Travel		
354	Largar peça		
355	Largar peça		

356	Travel		
357	Pegar peça		
358			
359	Travel	P	
360	D. Máq. 1	D	
361			
362	C.Máq. 1	C	
363			
364	Travel		O
365	Largar peça		
366			
367	Travel		
368	Pegar peça		
369			
370	Travel		
371			
372			
373	P		
374			
375		O	
376	D. Máq. 2		D
377			
378	C.Máq. 2		C
379			
380	Travel		
381	Largar peça		
382			
383	Travel		
384	Pegar peça		
385			
386	Travel		
387	P		
388	D. Máq. 1	D	
389			
390	C.Máq. 1	C	O
391			
392	Travel		
393	Largar peça		
394			
395	Travel		
396	Pegar peça		
397			
398	Travel		
399	P		
400			
401	D. Máq. 2		D
402			
403	C.Máq. 2	O	C
404			
405	Travel		
406	Largar peça		
407			
408	Travel		
409	Pegar peça		
410			
411	Travel		
412			
413	P		
414			
415			

416	D. Máq. 1	D	O
417			
418	C.Máq. 1	C	
419			
420	Travel		
421	Largar peça		
422			
423	Travel		
424	Pegar peça		
425			
426	Travel		
427	P		
428			
429	D. Máq. 2		D
430			
431	C.Máq. 2	O	C
432			
433	Travel		
434	Largar peça		
435			
436	Travel		
437	Pegar peça		
438			
439	Travel		
440	P		
441			
442			
443	D. Máq. 1	D	
444			
445	C.Máq. 1	C	
446			O
447	Travel		
448	Largar peça		
449			
450	Travel		
451	Pegar peça		
452			
453	Travel		
454			
455			
456			
457	P	O	
458			
459			
460			
461	D. Máq. 2		D
462			
463	C.Máq. 2		C
464			
465	Travel		
466	Largar peça		
467			
468	Travel		
469	Pegar peça	P	
470			
471	Travel		
472	D. Máq. 1	D	
473			
474	C.Máq. 1	C	
475			

476	Travel			O
477	Largar peça			
478	Travel			
479	Travel			
480	Pegar peça			
481	Travel			
482	Travel			
483	P			
484	P			
485	P			
486	P			
487	P			
488	D. Máq. 2	O		D
489	D. Máq. 2			D
490	C.Máq. 2			C
491	C.Máq. 2			C
492	Travel			
493	Largar peça			
494	Travel			
495	Travel			
496	Pegar peça			
497	Travel			
498	Travel			
499	P			
500	D. Máq. 1		D	
501	D. Máq. 1		D	
502	C.Máq. 1		C	
503	C.Máq. 1		C	O
504	Travel			
505	Largar peça			
506	Travel			
507	Travel			
508	Pegar peça			
509	Travel			
510	Travel			
511	P			
512	P			
513	P			
514	P			
515	D. Máq. 2	O		D
516	D. Máq. 2			D
517	C.Máq. 2			C
518	C.Máq. 2			C
519	Travel			
520	Largar peça			
521	Travel			
522	Travel			
523	Pegar peça			
524	Travel			
525	Travel			
526	P			
527	P			
528	D. Máq. 1		D	
529	D. Máq. 1		D	O
530	C.Máq. 1		C	
531	C.Máq. 1		C	
532	Travel			
533	Largar peça			
534	Largar peça			
535	Travel			

536	Pegar peça			
537	Pegar peça			
538	Travel			
539	P			
540	P			
541	D. Máq. 2			D
542	D. Máq. 2			D
543	C.Máq. 2	O		C
544	C.Máq. 2			C
545	Travel			
546	Largar peça			
547	Largar peça			
548	Travel			
549	Pegar peça			
550	Pegar peça			
551	Travel			
552	P			
553	P			
554	P			
555	P			
556	D. Máq. 1		D	
557	D. Máq. 1		D	O
558	C.Máq. 1		C	
559	C.Máq. 1		C	
560	Travel			
561	Largar peça			
562	Largar peça			
563	Travel			
564	Pegar peça			
565	Pegar peça			
566	Travel			
567	P			
568	P			
569	P			
570	P			
571	D. Máq. 2	O		D
572	D. Máq. 2			D
573	C.Máq. 2			C
574	C.Máq. 2			C
575	Travel			
576	Largar peça			
577	Largar peça			
578	Travel			
579	Pegar peça			
580	Pegar peça			
581	Travel			
582	P			
583	P			
584	D. Máq. 1		D	O
585	D. Máq. 1		D	O
586	C.Máq. 1		C	
587	C.Máq. 1		C	
588	Travel			
589	Largar peça			
590	Largar peça			
591	Travel			
592	Pegar peça			
593	Pegar peça			
594	Travel			



712 seg
11,8667 min




paragem (seg.)

8

47

Anexo G. Caderno de encargos para a automatização de duas linhas de cartuchos

Regra de Implementação		Estado do Processo de Revisão Versão 1.0 de 26.09.2013 Folha 1 de 35
<h3>Lista Geral de Especificação de Máquinas e Equipamentos</h3> <p>Ref. nosso pedido de: _____</p> <p>ou encomenda número: _____</p> <p>Designação da máquina: Alimetação automática teste STM</p> <p>Local / fábrica: Albergaria-a-Velha</p> <p>Fabricante, tipo de máquina: _____</p> <p>Número da máquina: _____</p> <p>Ano de fabrico: _____</p> <p>Projeto: Automação de alimentação de 2 testes STM</p> <p>Número do projeto: (Data 6/3/2015)</p> <p>Gestor do projeto: Celso Mais / Ralph Hirner</p>		

A.	Descrição pormenorizada da performance do equipamento
A1	<p>Função principal:</p> <p>1) Paletização/buffer:</p> <p>- A paletização/buffer na entrada (cartuchos a testar) deve possuir uma autonomia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cartuchos ½" 14010xxx / 406488xxx: cerca de 80-90 cartuchos; • Cartuchos ¾" 05717xxx / 406487xx: cerca de 50 cartuchos <p>- Os cartuchos a testar necessitam de ser introduzidos na máquina do teste de água com uma determinada orientação, desta forma a paletização na entrada deve ser específica de forma a orientar os cartuchos sempre da mesma forma, para facilitarem o trabalho do robô a introduzirem estes de forma correta na máquina do teste de água. Este sistema de paletização deve ainda possuir sensores de forma a detetarem e transmitirem ao operador quando um cartucho está mal posicionado no buffer;</p> <p>- Na paletização na saída (colocação de cartuchos testados pelo robô), deve existir um tapete que reconheça que quando um blister está cheio avance para a frente e apareça um blister vazio (deve existir capacidade para 5 blisters/linha). Quando estes 5 blisters estiverem cheios, o operador deve receber um sinal sonoro/luminoso, para se deslocar ao tapete e substituir os blisters cheios por vazios. É importante referir que cada blister leva 42 cartuchos ½" ou 30 cartuchos ¾".</p> <p>2) Local de carga da operadora no buffer:</p> <p>- O abastecimento do buffer pela operadora deve ser fácil e ergonómico, o local de colocação dos cartuchos a testar deve estar a uma distância de aproximadamente 20-40cm e a um raio máximo de 20cm da operadora.</p> <p>3) Forças:</p> <p>- Na máquina do teste de água, o robô necessita de fazer uma força para baixo de forma a "encaixar" o cartucho e uma força para cima para retirar o cartucho testado (essas forças são de 200N e 80N, respetivamente);</p> <p>4) Programas das máquinas de estanquidade:</p> <p>- As máquinas podem trabalhar com diferentes programas, são eles:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Programa curto (steps 1,2,6,9) -> tempo médio/cartucho = entre 18 a 25seg; • Programa completo (steps (1,2,3,4,5,6,9) -> tempo médio/cartucho = entre 30 a 45 seg) <p>5) Programação do robô:</p> <p>- Os tempos de execução das máquinas nunca são os mesmos (existem diferenças até 5 ou 10 segundos), ou seja, para mitigar esta situação, o robô deverá ser capaz de receber sinais das duas máquinas de forma a assistir a que ficar desocupada em primeiro lugar no menor tempo possível;</p> <p>- O robô deve conseguir trabalhar individualmente com cada uma das linhas, bem como, trabalhar com as duas em simultâneo;</p>

- Pode haver necessidade de trabalhar numa linha com o programa curto e na outra com o programa completo, então a programação do robô tem de permitir:

- gerir 2 linhas com programas diferentes;
- gerir 1 linha em modo robot e outra manual;

- O tempo de troca do robô de um cartucho testado por um novo, terá de ser inferior a 4 segundos, para se conseguir este tempo considera-se a utilização de um gripper duplo;

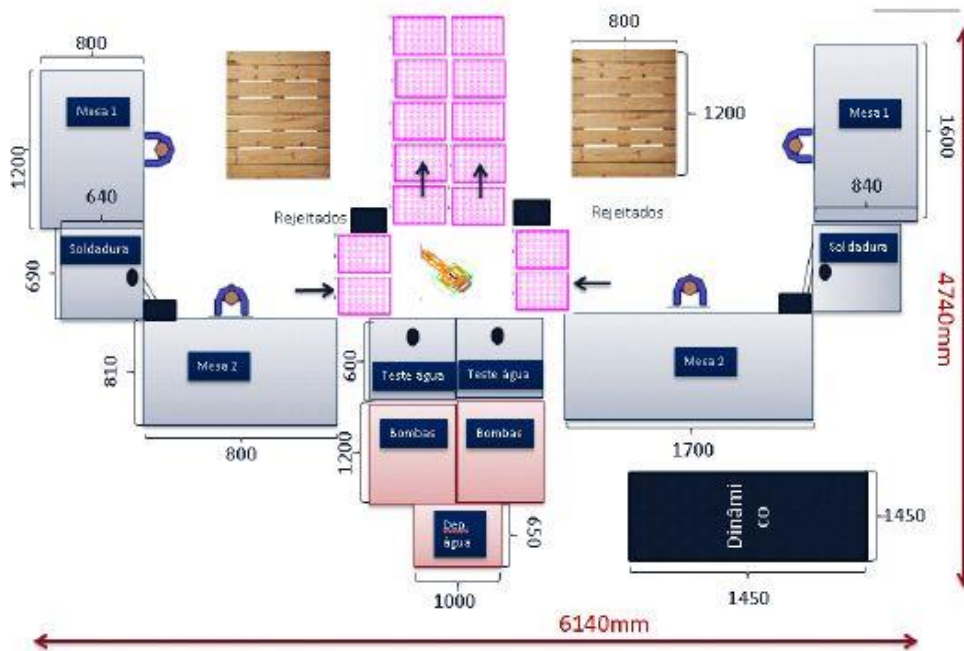
6) Robô:

- O robô deve ser introduzido numa base móvel (no máximo 500mmx700mm), que permita uma fácil e rápida remoção e introdução do robô na linha (máximo 5 minutos);

- Considerando o conjunto (o "punho" do robô, mais a garra dupla deste, mais os dois cartuchos que este terá de manipular), não devem ser mais altos do que a altura da abertura das máquinas (essa altura é 155mm), como se verifica na figura.



7) Possível Layout, mas podem e devem sugerir alternativas;



8) Objetivos de Output, no caso de as operadores conseguirem garantir sempre cartuchos no buffer:

- Para programa curto: entre 820 a 860 cartuchos;
- Para programa completo: entre 460 a 500 cartuchos

9) Interface entre sistema de automação de alimentação com a máquina do teste de água ainda a definir

A2 Produtos de trabalho e taxas de performance:

Cartucho 3/4 Normal

95 mm



Peso: 103 g

90 mm



Peso: 86,5 g

Cartucho 1/2 Normal

- Desenhos em anexo

(1) Esta regra de implementação faz parte das condições de compra de maquinaria e equipamento da GROHE

Anexo H. Características, volume de trabalho e dimensões do robô UR10

Especificações técnicas

Não nos responsabilizamos por erros de impressão ou alterações técnicas.

	UR5 Braço robótico de 6 eixos com um raio de alcance de 850 mm	UR10 Braço robótico de 6 eixos com um raio de alcance de 1300 mm
Peso:	18,4 kg	28,9 kg
Carga útil:	5 kg	10 kg
Alcance:	850 mm	1.300 mm
Mobilidade das articulações:	+/- 360° em todas as articulações	+/- 360° em todas as articulações
Velocidade:	Articulação: No máx. 180°/s Ferramenta: Aprox. 1 m/s	Articulação: No máx. 120/180°/s Ferramenta: Aprox. 1 m/s
Repetibilidade:	+/- 0,1 mm	+/- 0,1 mm
Base:	Ø149 mm	Ø190 mm
Graus de liberdade de movimento:	6 articulações rotatórias	6 articulações rotatórias
Dimensões da caixa de controle (comprimento x altura x largura):	475 mm x 423 mm x 268 mm	475 mm x 423 mm x 268 mm
I/O's (Entrada e saídas digitais e analógicas)	10 entradas digitais, 10 saídas digitais, 4 entradas analógicas, 2 saídas analógicas	10 entradas digitais, 10 saídas digitais, 4 entradas analógicas, 2 saídas analógicas
Fonte de alimentação elétrica de I/O's:	24 V 1200 mA na caixa de controle e 12 V/24 V 600 mA na ferramenta	24 V 1200 mA na caixa de controle e 12 V/24 V 600 mA na ferramenta
Comunicação:	TCP/IP 100 Mbit: IEEE 802.3u, 100BASE-TX Ethernet socket e TCP Modbus	TCP/IP 100 Mbit: IEEE 802.3u, 100BASE-TX Ethernet socket e TCP Modbus
Programação:	Interface gráfica de usuário Polyscope com tela touchscreen de 12 polegadas com suporte	Interface gráfica de usuário Polyscope com tela touchscreen de 12 polegadas com suporte
Ruído:	Comparativamente sem ruído	Comparativamente sem ruído
Classificação IP:	IP54	IP54
Consumo de energia:	Aprox. 200 watts utilizando um programa típico	Aprox. 350 watts utilizando um programa típico
Funcionamento Colaborativo (de acordo com norma de segurança para robôs colaborativos)	Testado de acordo com seções 5.10.1 e 5.10.5 de EN ISO 10218-1:2006	Testado de acordo com seções 5.10.1 e 5.10.5 de EN ISO 10218-1:2006
Materiais:	Alumínio, plástico ABS	Alumínio, plástico ABS
Temperatura:	O robô pode operar em uma faixa de temperatura de 0-50°C	O robô pode operar em uma faixa de temperatura de 0-50°C
Fonte de alimentação elétrica:	100-240 V AC, 50-60 Hz	100-240 V AC, 50-60 Hz
Vida útil calculada:	35.000 horas	35.000 horas

Cabo de 6 metros entre o robô e a caixa de controle
Cabo de 4,5 metros entre a tela touchscreen e a caixa de controle

Configurações Avançadas

Arquivo 12:26:49 CCCC ?

Programa Instalação Mover E/S Log

Configuração do TCP

Montagem

Configuração de E/S

Segurança

Variáveis

Cliente MODBUS

Funções

Conveyor Tracking

Programa padrão

Carregar/Salvar

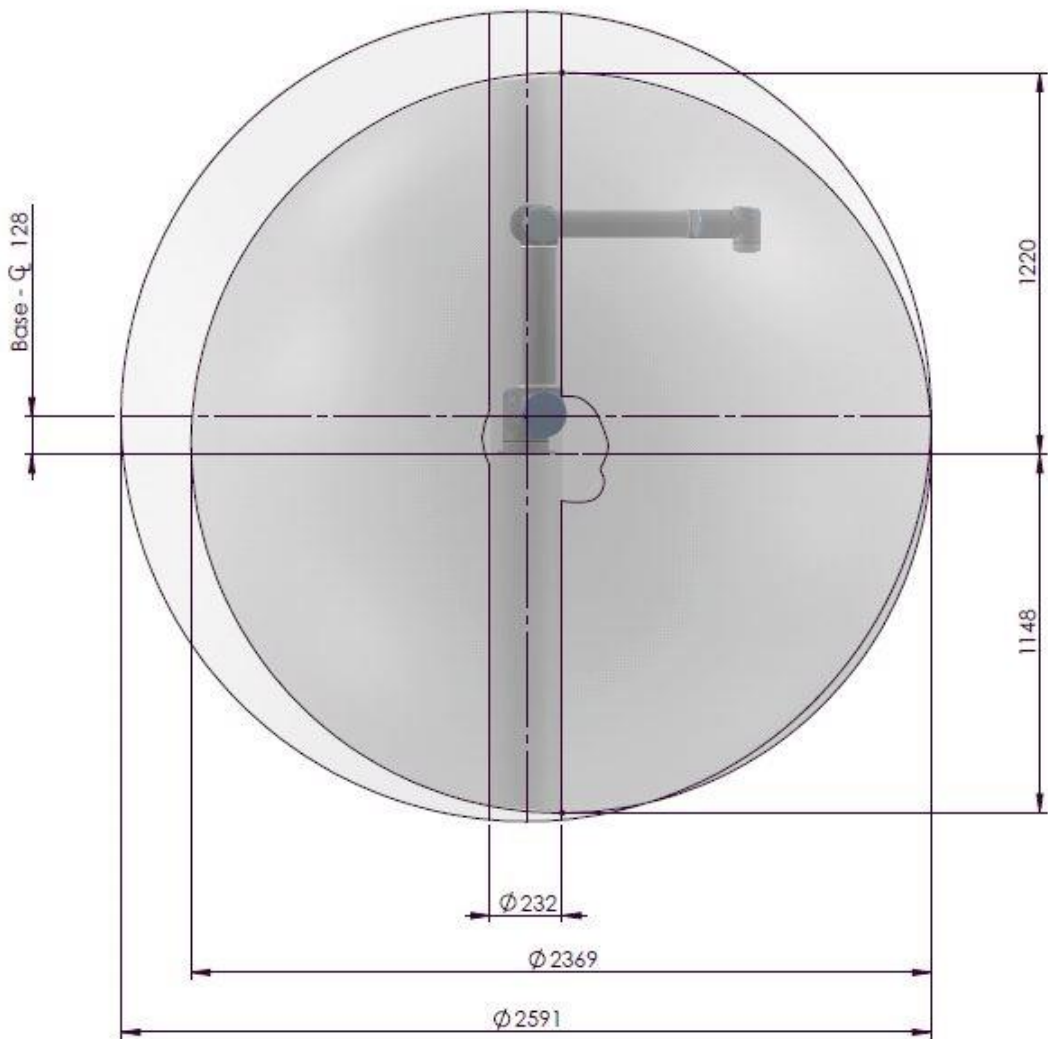
Configuração de Segurança

Limites Gerais Limites das Articulações Limites E/S de Segurança

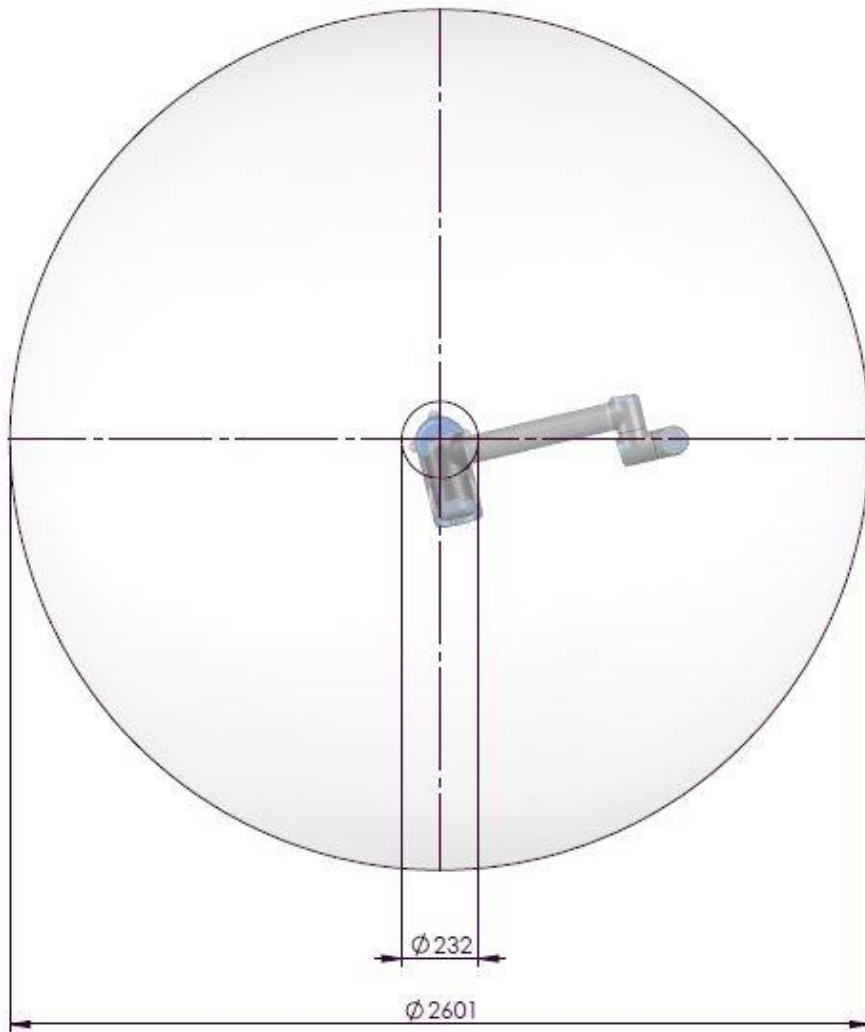
Limites	Máximo	Modo Normal	Modo Reduzido	
Força	máx.: 250 N	<input type="text" value="150"/>	<input type="text" value="120"/>	-0 N
Potência	máx.: 1000 W	<input type="text" value="300"/>	<input type="text" value="200"/>	-0 W
Velocidade	máx.: 5000 mm/s	<input type="text" value="1500"/>	<input type="text" value="750"/>	-150 mm/s
Impulso	máx.: 1.00 kg m/s	<input type="text" value="25"/>	<input type="text" value="10"/>	-3 kg m/s

Configurações Básicas...

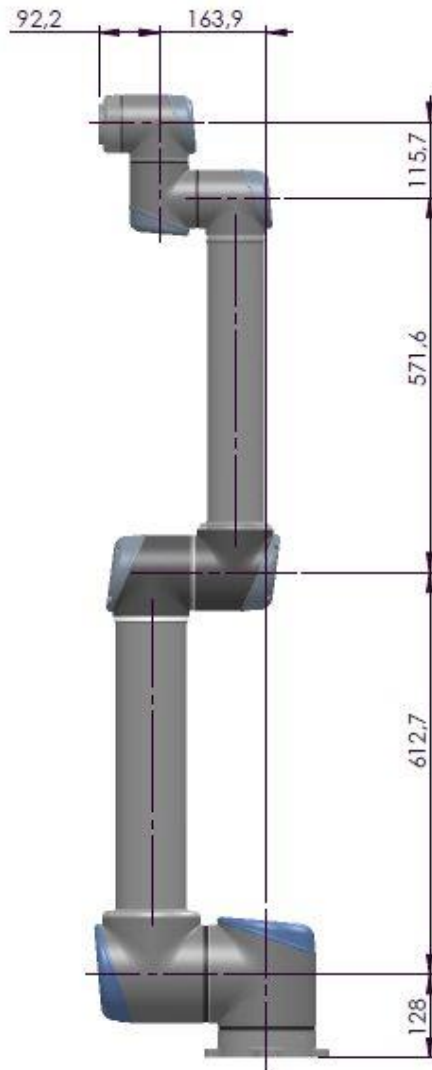
Senha de segurança Desbloquear Bloquear Aplicar



		NAME	DATE	 UNIVERSAL ROBOTS TEL: +45 89 93 89 89 FAX: +45 38 79 89 89 WEB: universal-robots.com
	DRAWN	WML	29-06-2012	
	APPR	STS	24-08-2012	
PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF UNIVERSAL ROBOTS. ANY REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF UNIVERSAL ROBOTS IS PROHIBITED.				TITLE:
				UR10 working area, side view
				LAST SAVED: 24. august 2012 11:00:03
			MATERIAL:	DWG NO.
			WEIGHT:	



		NAME	DATE	 UNIVERSAL ROBOTS TEL: +45 89 93 89 89 FAX: +45 38 79 89 89 WEB: universal-robots.com
	DRAWN	WML	29-06-2012	
	APPR	STS	24-08-2012	
PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF UNIVERSAL ROBOTS. ANY REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF UNIVERSAL ROBOTS IS PROHIBITED.				TITLE:
				UR10 working area, top view
			LAST SAVED: 24. august 2012 11:00:03	DWG NO.
MATERIAL:				
WEIGHT:				



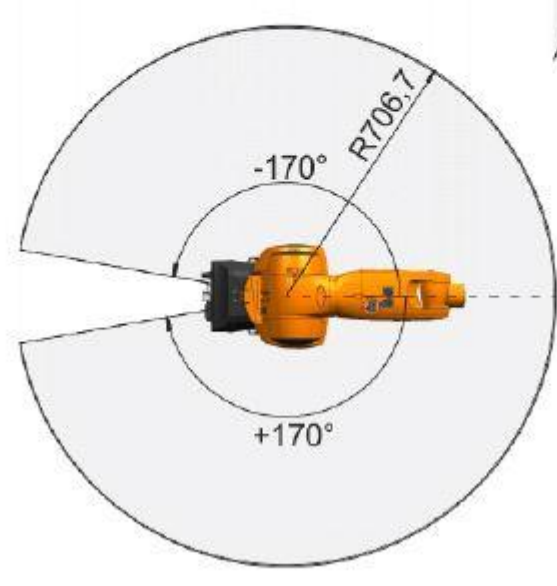
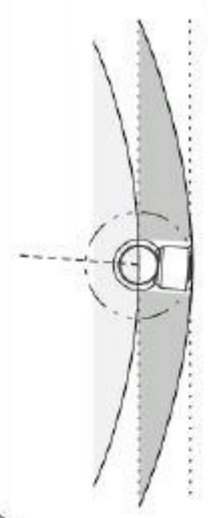
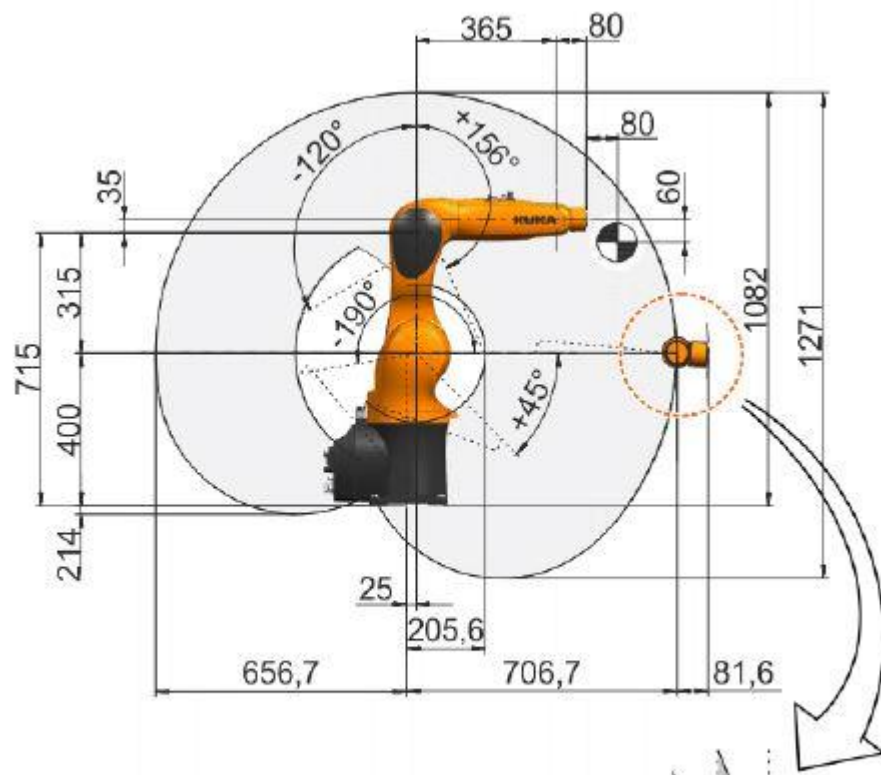
		NAME	DATE	 UNIVERSAL ROBOTS TEL: +45 89 93 89 89 FAX: +45 38 79 89 89 WEB: universal-robots.com	
	DRAWN	WML	29-06-2012		TITLE:
	APPR	STS	24-08-2012		UR10 Robotarm, dimensions
PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF UNIVERSAL ROBOTS. ANY REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF UNIVERSAL ROBOTS IS PROHIBITED.	MATERIAL:			LAST SAVED: 24. august 2012 11:00:03	
	WEIGHT:			DWG NO.	

Anexo I. Características, volume de trabalho e dimensões do robô KUKA KR10



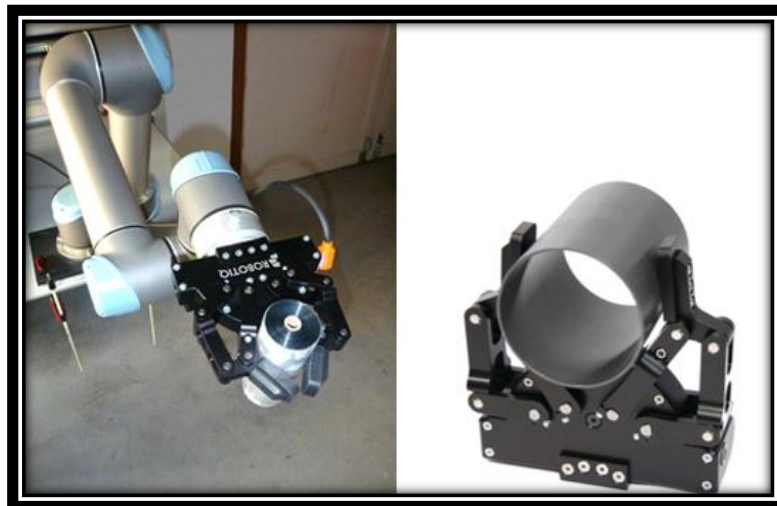
KR 10 R1100 sixx

Max. reach	1,101 mm
Max. payload	10 kg
Pose repeatability	±0.03 mm
Number of axes	6
Mounting position	Floor, ceiling, wall
Variant	
Robot footprint	209 mm × 207 mm
Weight (excluding controller), approx.	54 kg



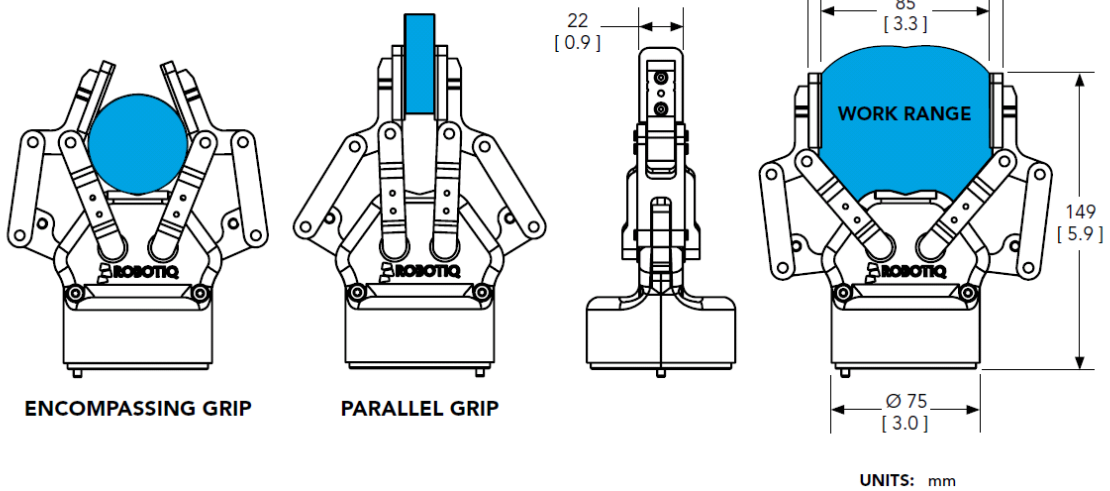
Anexo J. Características e dimensões de garras de dois dedos da Robotiq e Festo.

Robotiq adaptive gripper:



ADAPTIVE GRIPPER

2-FINGER 85



TECHNICAL DATA

[in.]

MECHANICAL SPECIFICATIONS*

Gripper opening (see figure)	0 to 85 mm	0 to 3.3 in
Object diameter for encompassing grip	43 to 85 mm	1.7 to 3.3 in
Gripper weight with mechanical coupling	850 g	1.9 lbs
Maximum recommended payload 0.3 friction coefficient between finger and steel part, safety factor of 2.4	5 kg	11 lbs
Grip force	60 to 200 N	13.5 to 45 lbf
Closing speed	20 to 150 mm/s	0.8 to 5.9 in/s
Operating temperature	-10°C to 50°C	14°F to 122°F
Parallel grip repeatability	0.05 mm	0.002 in

*Using Flat Silicone Fingertips for 2-Finger 85 Adaptive Gripper

ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Nominal supply voltage	24 VDC \pm 10%
Absolute maximum supply voltage	28 VDC
Quiescent power (minimum power consumption)	<1 W
Peak current	1 A

CONTROL

Communication protocol	Modbus RTU (RS-485, Half-duplex)
Communication protocol options with controller	Ethernet/IP, TCP/IP, DeviceNet, CANopen, EtherCAT, Modbus RTU (USB)
Programmable gripping parameters	Position, speed and force control
Status LED	Power, communication and fault status
Feedback	Grip detection, gripper position and motor current

robotiq.com
info@robotiq.com
T: 1.418.380.2788

Updated on November 4, 2014
Specifications subject to change without notice

Festo DHPS-16-A e DHPS-20-A:

Parallel grippers DHPS

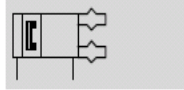
Technical data

FESTO

Function

Double-acting

DHPS-...A



Size
6 ... 35 mm



Total stroke
4 ... 25 mm



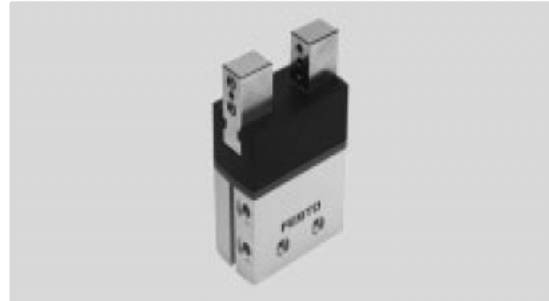
www.festo.com

Function – Variants

Single-acting or
with gripping force retention ...
... opening DHPS-...-NO



... closing DHPS-...-NC



General technical data						
Size	6	10	16	20	25	35
Design	Lever Forced motion sequence					
Mode of operation	Double-acting					
Gripper function	Parallel					
Guide	Plain-bearing guide					
Gripping force retention	–	NO, NC	NO, NC	NO, NC	NO, NC	NO, NC
Number of gripper jaws	2					
Max. load per external gripper finger ¹⁾ [g]	10	60	150	250	350	450
Stroke per gripper jaw [mm]	2	3	5	6.5	7.5	12.5
Pneumatic connection	M3	M3	M3	M5	G $\frac{1}{8}$	G $\frac{1}{8}$
Repetition accuracy ²⁾ [mm]	≤ 0.02					
Max. interchangeability [mm]	≤ ±0.2					
Max. operating frequency [Hz]	4		3		2	
Rotational symmetry [mm]	< ∅ 0.2					
Position sensing	Via position sensor		Via proximity sensor, position transmitter			
Type of mounting	Via through-hole and centring sleeve Via female thread and centring sleeve					
Mounting position	Any					

1) Valid for unthrottled operation

2) End-position drift under constant conditions of use with 100 consecutive strokes in the direction of movement of the gripper jaws

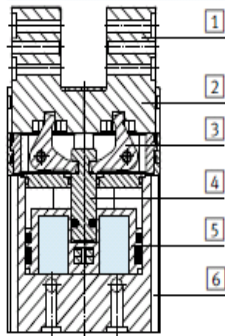
Parallel grippers DHPS

Technical data

Weight [g]						
Size	6	10	16	20	25	35
DHPS-...-A	19	67	184	380	700	1285
DHPS-...-A-N	-	68	188	387	713	1345

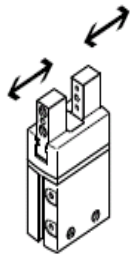
Materials

Sectional view



Parallel gripper		
1	Gripper jaw	High-alloy stainless steel
2	Cover cap	Polyamide
3	Reversing lever	Hardened sintered steel
4	Piston rod	Tempered steel
5	Piston	Polyacetal
6	Housing	Hard anodised wrought aluminium alloy
-	Seals	Nitrile rubber
-	Note on materials	Free of copper and PTFE RoHS-compliant

Gripping force [N] at 6 bar

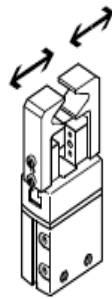
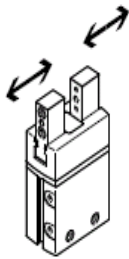


Size		6	10	16	20	25	35
Gripping force per gripper jaw							
DHPS-...-A	Opening	15	39	105	162	249	483
	Closing	13.5	34.5	96	147	228	450
Total gripping force							
DHPS-...-A	Opening	30	80	210	320	500	970
	Closing	25	70	190	290	450	910

Opening and closing times [ms] at 6 bar

Without external gripper fingers

With external gripper fingers



The indicated opening and closing times [ms] were measured at room temperature at an operating pressure of 6 bar with horizontally mounted grippers without additional gripper

fingers. The grippers must be throttled for greater loads [g]. Opening and closing times must then be adjusted accordingly.

Size		6	10	16	20	25	35
Without external gripper fingers							
DHPS-...-A	Opening	8	21	33	59	48	95
	Closing	17	28	41	87	63	123
DHPS-...-A-NO	Opening	-	19	32	58	45	88
	Closing	-	30	50	97	78	151
DHPS-...-A-NC	Opening	-	58	48	72	68	131
	Closing	-	24	37	62	52	99
With external gripper fingers (as a function of the load)							
DHPS-...	20 g	50	-	-	-	-	-
	100 g	-	50	-	-	-	-
	125 g	-	100	-	-	-	-
	150 g	-	200	-	-	-	-
	200 g	-	-	100	-	-	-
	250 g	-	-	200	-	-	-
	300 g	-	-	300	100	-	-
	350 g	-	-	-	200	-	-
	400 g	-	-	-	300	100	-
	500 g	-	-	-	-	200	-
	600 g	-	-	-	-	300	200
	750 g	-	-	-	-	-	300

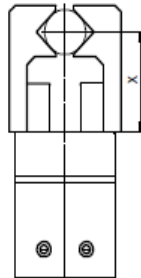
Parallel grippers DHPS

Technical data



Gripping force F_H per gripper jaw as a function of operating pressure and lever arm x

The gripping forces as a function of operating pressure and lever arm can be determined from the following graphs.

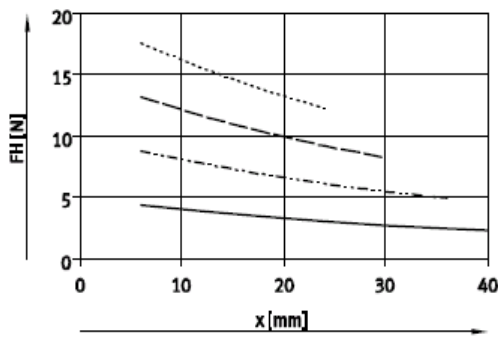


- 2 bar
- - - 4 bar
- · - 6 bar
- · · 8 bar

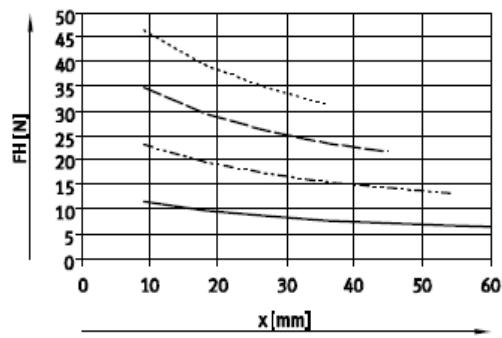
Note
Gripper selection
sizing software
→ www.festo.com

External gripping (closing)

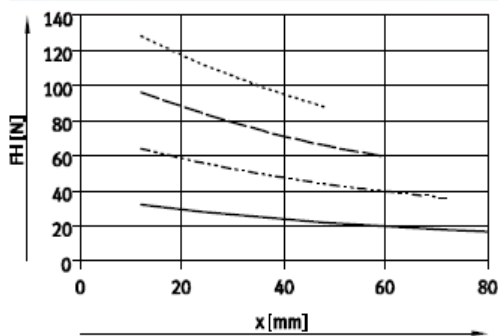
DHPS-06



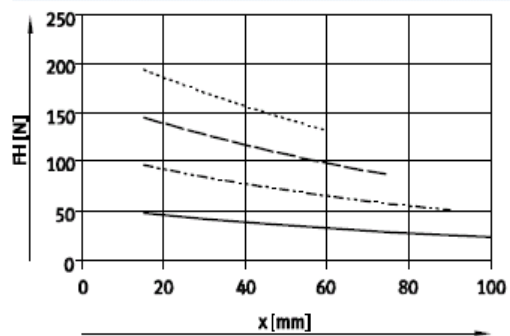
DHPS-10



DHPS-16



DHPS-20



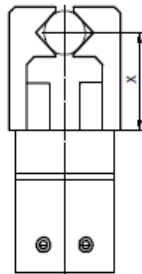
Parallel grippers DHPS

Technical data



Gripping force F_H per gripper jaw as a function of operating pressure and lever arm x

The gripping forces as a function of operating pressure and lever arm can be determined from the following graphs.

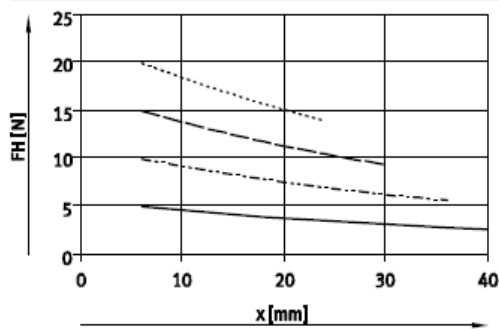


Note
Gripper selection
sizing software
→ www.festo.com

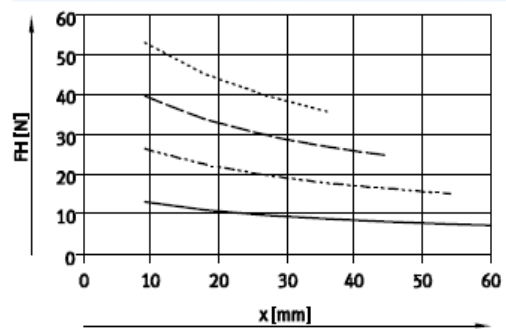
- 2 bar
- - - 4 bar
- · - · 6 bar
- · · · 8 bar

Internal gripping (opening)

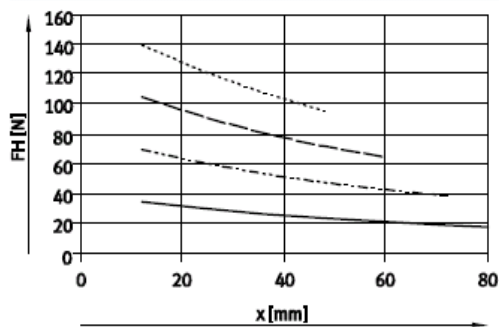
DHPS-06



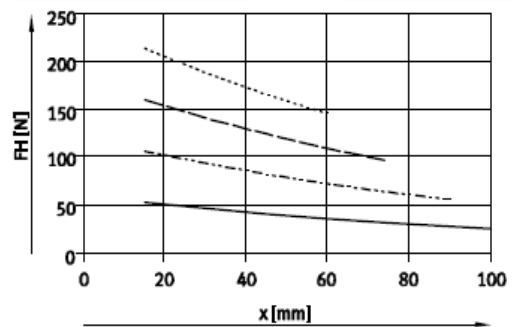
DHPS-10



DHPS-16



DHPS-20



Parallel grippers DHPS

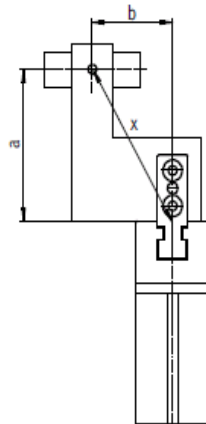
Technical data

Gripping force F_H per gripper jaw at 6 bar as a function of lever arm x and eccentricity a and b

The following formula must be used to calculate the lever arm x with eccentric gripping:

$$x = \sqrt{a^2 + b^2}$$

The gripping force F_H can be read from the graphs (→ 10/11) using the calculated value x .



Calculation example

Given:

Distance $a = 25 \text{ mm}$

Distance $b = 20 \text{ mm}$

To be calculated:

The gripping force at 6 bar, with a DHPS-16, used as an external gripper

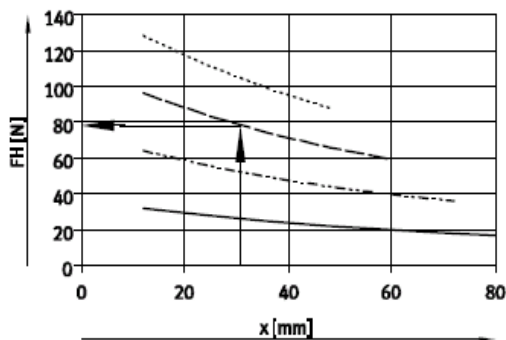
Procedure:

Calculating the lever arm x

$$x = \sqrt{25^2 + 20^2}$$

$x = 32 \text{ mm}$

The graph (→ 10) gives a value of $F_H = 79 \text{ N}$ for the gripping force.



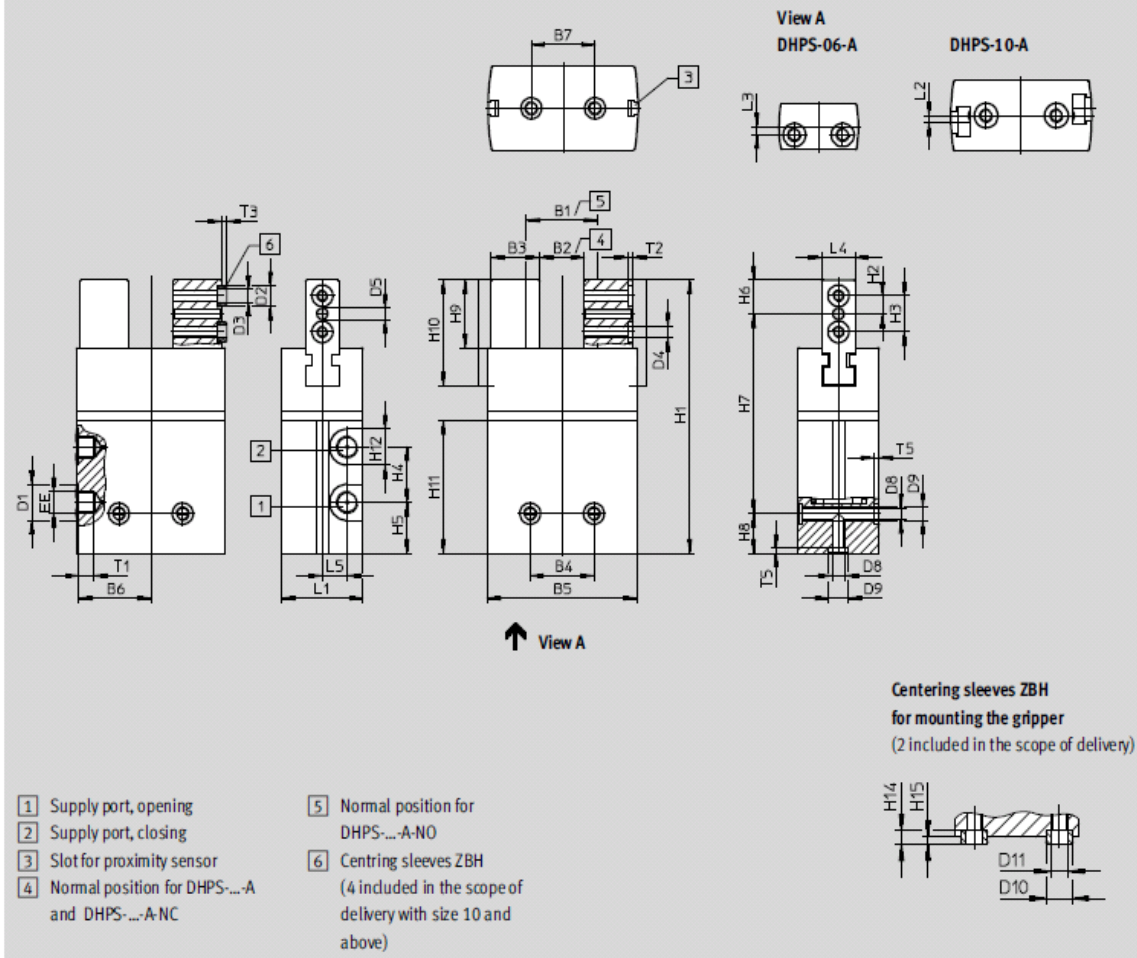
Parallel grippers DHPS

Technical data

FESTO

Dimensions

Download CAD data → www.festo.com



Size	B1	B2	B3	B4 ¹⁾	B5	B6	B7 ¹⁾	D1	D2	D3	D4	D5	D8	D9
[mm]	±0.5	±0.5	-0.03		±0.1			∅	∅	∅		∅	∅	
6	10	6	5.5	11	18	8.65	11	7	-	-	M2	1.5	2.5	M3
10	21.8	15.8	7	16	32	15.4	16	7	5	3.2	M3	2	2.5	M3
16	27.8	17.8	13	25	47	22.65	25	7	7	5.3	M4	3	3.3	M4
20	30	17	17.5	25	55.6	26.65	25	10	7	5.3	M4	4	3.3	M4
25	35.4	20.4	22	29	68.2	32.65	29	16	9	6.4	M5	4	5.1	M6
35	56	31	27	33	88	42.25	33	16	9	6.4	M6	5	6.4	M8

1) Tolerance for centring hole ±0.02 mm; tolerance for thread ±0.1 mm

Parallel grippers DHPS

FESTO

Technical data

Size [mm]	D10 ∅ h7	D11 ∅	EE	H1	H2	H3 ¹⁾	H4	H5	H6	H7 ±0.2	H8 ²⁾	H9	H10
6	–	–	M3	45.5	2.9	5.8	15	4	5	33	7.5	9.55	15.8
10	5	3.2	M3	66	4	8	15.5	10.5	7.5	51	7.5	15.2	23
16	7	5.3	M3	80	5.5	11	18	11	10	62.5	7.5	20	32.5
20	7	5.3	M5	101	7	14	23	16	12.5	81	7.5	25	39.5
25	9	6.4	G $\frac{1}{8}$	121	8	16	24.5	22.5	15	88.5	17.5	30	47
35	9	6.4	G $\frac{1}{8}$	142	8.5	17	29	24	16	108.5	17.5	32	53

Size [mm]	H11	H12	H14 –0.2	H15 –0.3	L1	L2	L3 ¹⁾	L4 –0.05	L5	T1 +0.5	T2 +0.1	T3 –0.2	T5 +0.1
6	25.3	7	–	–	10 ^{+0,1}	–	1.8	5	1.5	3.5	–	–	1.2
10	35	7	2.4	1.2	15.5 ^{+0,1}	1.5	–	7	5	5	1.2	1.2	1.2
16	38.1	7	3	1.4	22 ^{+0,1}	–	–	10	7	6	1.6	1.4	1.6
20	50	10	3	1.4	30 ^{±0,1}	–	–	12	9	6	1.6	1.4	1.6
25	58.8	16	4	1.9	37 ^{±0,1}	–	–	15	11.3	6.5	2.1	1.9	2.1
35	65.3	16	4	1.9	45 ^{+0,1}	–	–	20	13.5	6.5	2.1	1.9	2.6

1) Tolerance for centring hole ±0.02 mm; tolerance for thread ±0.1 mm

2) Tolerance for centring hole –0.05 mm; tolerance for thread ±0.1 mm

Anexo K. *Payback* referente às propostas das empresas da EPL, Make Industry e RobotSol

Cálculo do *Payback* relativamente à proposta da empresa EPL:

Cálculos do PAYBACK		
Atual		
Necessidades de produção interna das linhas CTHx1 e CTHx2		
		Produção em 2014
Necessidade total de cartuchos		1200000 cartuchos/ano
Semanas em 2014		48 sem/ano
Volume em média/sem		25000 cartuchos/sem
Produção média por turno - 1 linha (atual)		750 cartuchos/1 linha
Necessidade de turnos/sem (nas 2 linhas)		33,3 turnos/sem
Necessidade de turnos/ano (nas 2 linhas)		1600 turnos/ano
Custo da mão de obra		
FTE (custo anual/operador)		15000 euros/ano
1 turno ou linha		2 FTE's /linha
Custo anual/linha		30000 euros/linha/ano
Capacidade (dias de trabalho/ano)		
		48 semanas/ano2014
		5 dias_de_trabalho/semana
		240 dias_de_trabalho/ano2014
		Custo euros/turno 125 euros/linha/dia
Robótica		
Redução da perda com aplicação do robot		Rácio (atual vs robótica)
Aumento produtividade em 100 cartuchos/turno	Aumento da produção em	100 cartuchos/linha/turno
	Produção média por turno/linha	850 cartuchos/linha/turno
	Necessidade de turnos/semana/2linhas	29,4 turnos/semana
	Necessidade de turnos/ano/2linhas	1411,8 turnos/ano
		100 ganhos cartuchos/linha/turno
		3,9 ganhos de turno/semana c/ aplicação de robô
		188,2 ganhos de turno/ano c/ aplicação de robô
		RENTABILIDADE/ano 23 529 € euros
Payback para orçamentação da EPL		1,21 anos
Orçamento de 1 robô UR10 para fazer o Load & Unload da máquina do teste de água + formação incluída		28 500 € euros
Rentabilidade/ano para aumento da produção em 100 cartuchos/turno		23 529 € euros

Cálculo do Payback relativamente à proposta da empresa Make Industry:

Cálculos do PAYBACK

Atual

Necessidades de produção interna das linhas CTHx1 e CTHx2	
	Produção em 2014
Necessidade total de cartuchos	1200000 cartuchos/ano

Semanas em 2014 48 sem/ano
 Volume em média/sem 25000 cartuchos/sem

Produção média por turno - 1 linha (atual) 750 cartuchos/1 linha
 Necessidade de turnos/sem (nas 2 linhas) 33,3 turnos/sem
 Necessidade de turnos/ano (nas 2 linhas) 1600 turnos/ano

Custo da mão de obra

FTE (custo anual/operador) 15000 euros/ano
 1 turno ou linha 2 FTE's /linha
 Custo anual/linha 30000 euros/linha/ano

Capacidade (dias de trabalho/ano)
 48 semanas/ano2014
 5 dias_de_trabalho/semana
 240 dias_de_trabalho/ano2014

Custo euros/turno 125 euros/linha/dia

Robótica

Redução da perda com aplicação do robot

Rácio (atual vs robótica)

Aumento produtividade em 100 cartuchos/turno

Aumento da produção em 100 cartuchos/linha/turno
 Produção média por turno/linha 850 cartuchos/linha/turno
 Necessidade de turnos/semana/2linhas 29,4 turnos/semana
 Necessidade de turnos/ano/2linhas 1411,8 turnos/ano

100 ganhos cartuchos/linha/turno
 3,9 ganhos de turno/semana c/ aplicação de robô
 188,2 ganhos de turno/ano c/ aplicação de robô

RENTABILIDADE/ano 23 529 € euros

Payback para orçamentação da Make Industry 3,13 anos

Orçamento de 1 robô UR10 para fazer o Load & Unload da máquina do teste de água + formação incluída 73 710,00 € euros
 Rentabilidade/ano para aumento da produção em 100 cartuchos/turno 23 529 € euros

Cálculo do *Payback* relativamente à proposta da empresa RobotSol:

Cálculos do PAYBACK

Atual

Necessidades de produção interna das linhas CTHx1 e CTHx2	
	Produção em 2014
Necessidade total de cartuchos	1200000 cartuchos/ano

Semanas em 2014 48 sem/ano
 Volume em média/sem 25000 cartuchos/sem

Produção média por turno - 1 linha (atual) 750 cartuchos/1 linha
 Necessidade de turnos/sem (nas 2 linhas) 33,3 turnos/sem
 Necessidade de turnos/ano (nas 2 linhas) 1600 turnos/ano

Custo da mão de obra

FTE (custo anual/operador) 15000 euros/ano
 1 turno ou linha 2 FTE's /linha
 Custo anual/linha 30000 euros/linha/ano

Capacidade (dias de trabalho/ano) 48 semanas/ano2014
 5 dias_de_trabalho/semana
 240 dias_de_trabalho/ano2014

Custo euros/turno 125 euros/linha/dia

Robótica

Redução da perda com aplicação do robot

Rácio (atual vs robótica)

Aumento produtividade em 100 cartuchos/turno

Aumento da produção em	100 cartuchos/linha/turno
Produção média por turno/linha	850 cartuchos/linha/turno
Necessidade de turnos/semana/2linhas	29,4 turnos/semana
Necessidade de turnos/ano/2linhas	1411,8 turnos/ano

100 ganhos cartuchos/linha/turno
 3,9 ganhos de turno/semana c/ aplicação de robô
 188,2 ganhos de turno/ano c/ aplicação de robô

RENTABILIDADE/ano 23 529 € euros

Payback para orçamentação da RobotSol 2,59 anos

Orçamento de 1 robô UR10 para fazer o Load & Unload da máquina do teste de água + formação incluída 60 900,00 € euros
 Rentabilidade/ano para aumento da produção em 100 cartuchos/turno 23 529 € euros

Anexo L. Proposta técnico-comercial da empresa Make Industry



MAKE INDUSTRY – Engenharia de Máquinas, Lda.
Avenida Professor Orlando Ribeiro, 452
4400-467 Canidelo | Vila Nova de Gaia
nuno.teixeira@make-industry.pt | Tlm. 918 725 641
NIF: 513 007 253

GROHE PORTUGAL – Componentes Sanitários, Lda.
A/C Engº. Ralph Himer
Zona Industrial Areeiros
3850-200 Albergaria-a-Velha
NIF: 503 611 905

Orçamento Nr.: 073-2015

Referência: Alimentação automática teste STM

V. N. de Gaia, 18-03-2015

Exmos. Senhores,

Agradecendo a vossa prezada consulta, vimos pela presente oferecer a nossa melhor cotação para o eventual fornecimento do seguinte material:

1. ROBOT UNIVERSAL ROBOTS – UR10



 **UNIVERSAL ROBOTS**



Especificações técnicas:

Braço robótico: 6 eixos controlados

Peso: 28,9 kg



MAKE INDUSTRY – Engenharia de Máquinas, Lda.

Avenida Professor Orlando Ribeiro, 452

4400-467 Canidelo | Vila Nova de Gaia

nuno.teixeira@make-industry.pt | Tlm. 918 725 641

NIF: 513 007 253

Carga útil: 10 kg

Alcance: 1.300 mm

Mobilidade das articulações: +/- 360° em todas as articulações

Velocidade: na Articulação 180°/s no máximo e na ferramenta aproximadamente 1m/s

Repetibilidade: +/- 0,1 mm

Base: Ø190 mm

Dimensões do controlador: 475 mm x 423 mm x 268 mm (C x A x L)

I/O's: 16 entradas e 16 saídas digitais, 4 entradas analógicas e 2 saídas analógicas

Fonte de alimentação elétrica: 24 V 1200 mA no controlador e 12 V/24 V 600 mA na ferramenta

Comunicação: TCP/IP 100 Mbit, Ethernet socket e TCP Modbus

Programação: Interface gráfica de usuário Polyscope com consola táctil de 12 polegadas

Ruído: Comparativamente baixo

Classificação IP: IP54

Consumo de energia: Aprox. 350 watts utilizando um programa típico

Normas de segurança: EN ISO 10218-1:2006

Materiais: Alumínio e plástico ABS

Temperatura: 0-50°C

Fonte de alimentação elétrica: 100-240 V AC, 50-60 Hz

Cablagem: Cabo de 6 metros entre o robot e o controlador, cabo de 4,5 metros entre a consola e o controlador.

2. DISPOSITIVO COM PINÇA PNEUMÁTICA DUPLA

O robot terá na sua extremidade uma garra com duas pinças pneumáticas para alimentação e extração de peças, desde o buffer de alimentação até ao equipamento de teste de estanquidade e deste para o blister de saída.

O facto de se utilizar uma pinça dupla permitirá manter o tempo de ciclo dentro do expectável.



MAKE INDUSTRY – Engenharia de Máquinas, Lda.

Avenida Professor Orlando Ribeiro, 452

4400-467 Canidelo | Vila Nova de Gaia

nuno.teixeira@make-industry.pt | Tlm. 918 725 641

NIF: 513 007 253

3. PLATAFORMA CENTRAL

Está prevista uma base móvel para fixação do robot, esta plataforma terá um sistema de indexação á mesa de trabalho garantindo sempre o seu correto posicionamento.

Nota: Desaconselhamos a constante colocação e retirada do robot deste posto de trabalho, apesar de estarem consideradas indexações da base móvel do robot á mesa de trabalho, se a frequencia de montagem e desmontagem for elevada, devido ao desgaste dos componentes torna-se difícil garantir a fiabilidade de posicionamento do refencial robot relativamente aos demais dispositivos com os quais tem que interagir.

4. ALIMENTADORES DE CARTUCHOS A TESTAR

Foram consideradas duas plataformas metálicas, uma por linha de montagem, cada uma destas plataformas terá um sistema de alimentação de cartuchos com a autonomia referida no vosso caderno de encargos.

Estes buffers serão construídos com mecanismos que só admitem uma única orientação do cartucho e toda a gestão será automática (presença de peça, buffer cheio/vazio, etc).

5. TRANSPORTADORES

Nesta proposta estão considerados dois pares de transportadores de tela motorizados, cada linha de montagem terá um transportador de saída de blisters cheios e um outro de entrada de blisters vazios, haverá um dispositivo pneumático que lateralizará o blister vazio dando entrada deste no transportador adjacente posicionando-o de forma a que o robot inicie nova colocação de cartuchos testados.

Estes transportadores de tela são construídos com base numa estrutura metálica soldada e incluem pés com afinação em altura.

6. AUTOMAÇÃO, PROGRAMAÇÃO E FORMAÇÃO

A Make Industry será responsável pela instalação dum quadro elétrico com todas as proteções, ligações Harting e o PLC que irá servir de comando à célula.

Programação específica de peças já considerada neste orçamento.

Formação após a instalação final do equipamento e posta em marcha, previsão de 2 a 3 dias para este efeito.

Preço: 73.710,00€

IVA: não incluído, à taxa em vigor

Prazo de entrega: A acordar.



MAKE INDUSTRY – Engenharia de Máquinas, Lda.

Avenida Professor Orlando Ribeiro, 452

4400-467 Canidelo | Vila Nova de Gaia

nuno.teixeira@make-industry.pt | Tlm. 918 725 641

NIF: 513 007 253

Condições de pagamento: 60% junto com a adjudicação
30% na entrega do equipamento
10% após conclusão dos trabalhos (instalação e formação)

Dados bancários: NIB 0035 0193 0000 201 49 30 03

Validade do orçamento: 30 dias.

Transporte e seguro: Incluídos.

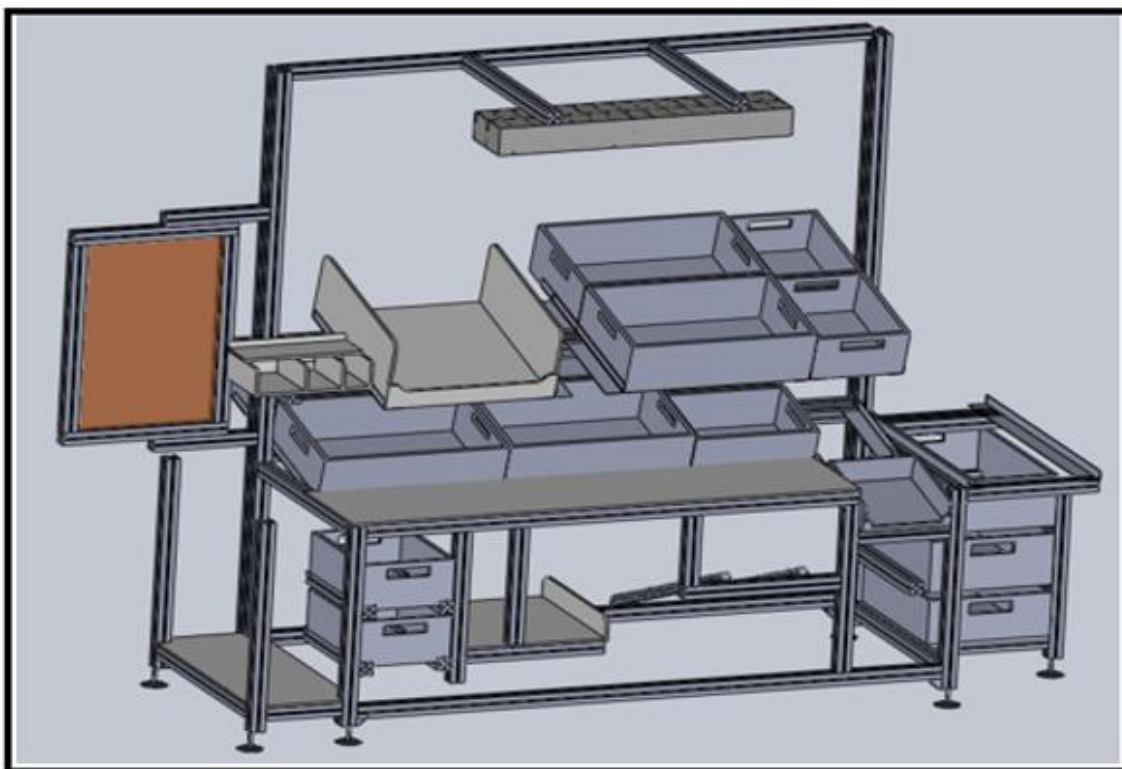
Exclusões: Blisters;
Contentores de rejeitados;
Todos os elementos não considerados neste orçamento.

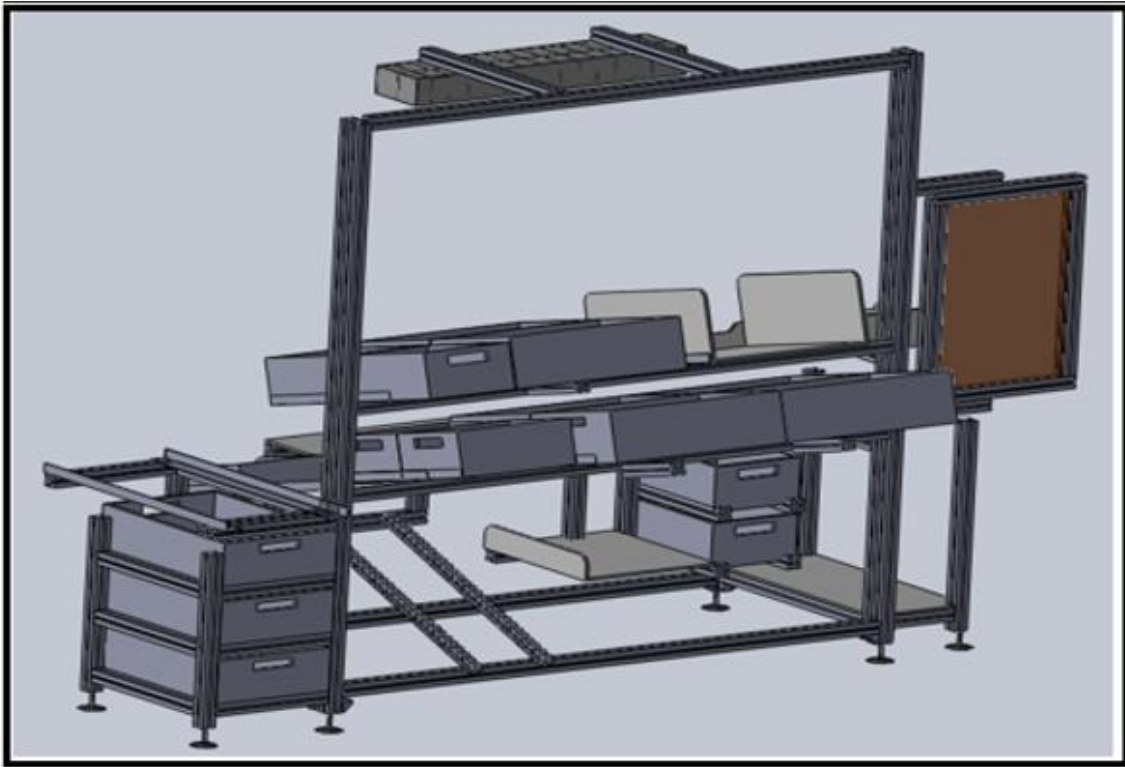
Atenciosamente,

Nuno Teixeira.

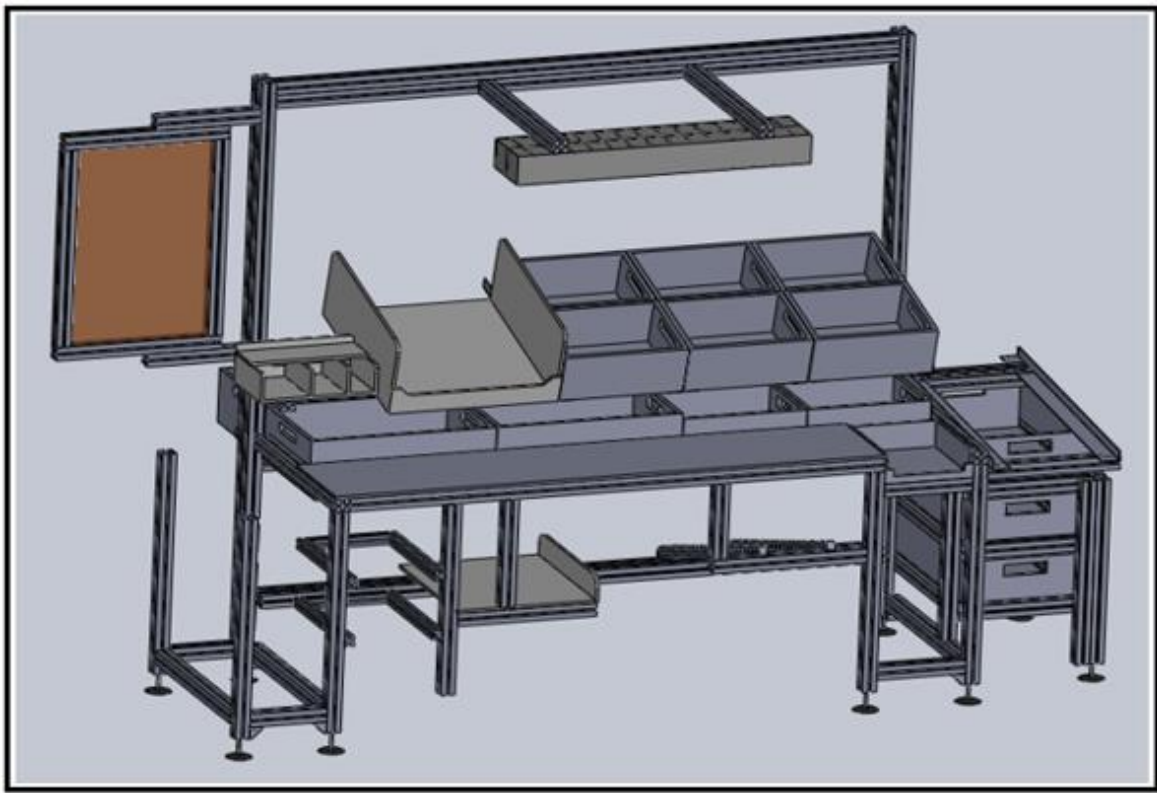
Anexo M. Projetos em SolidWorks das linhas das embalagens das LB

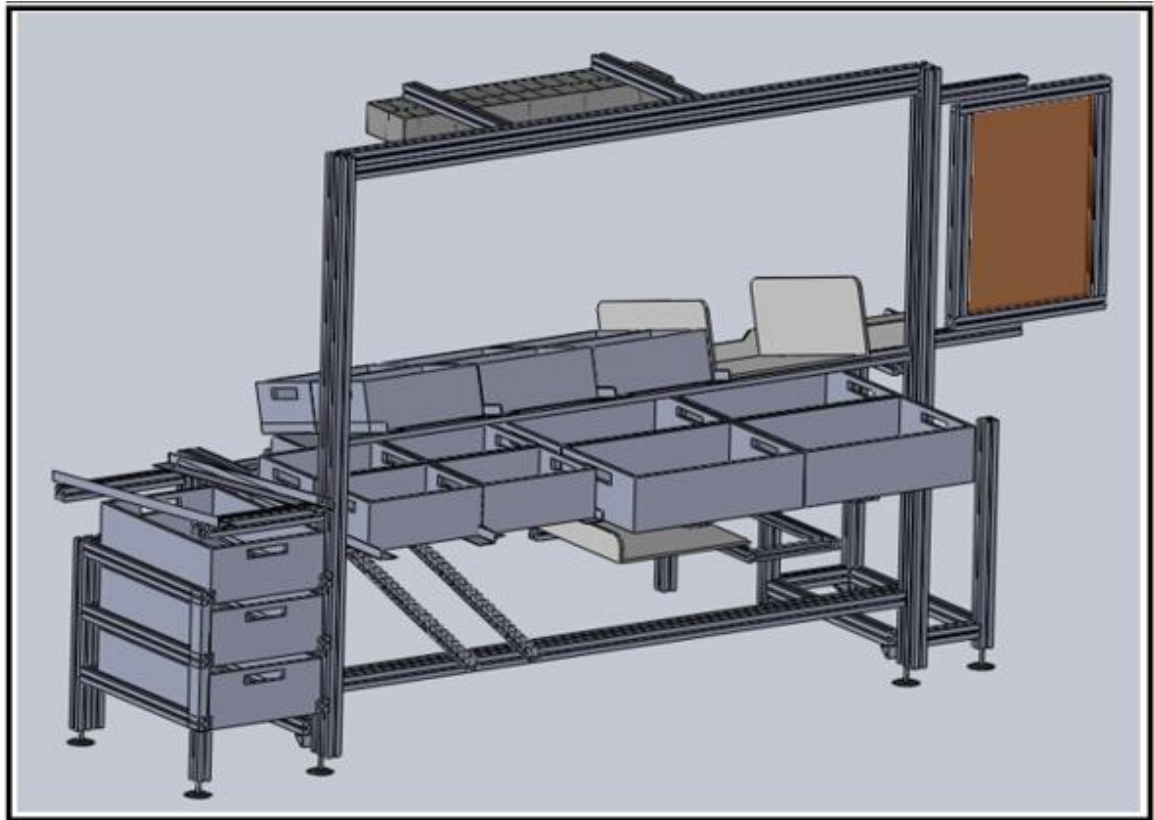
LB01 e LB02:



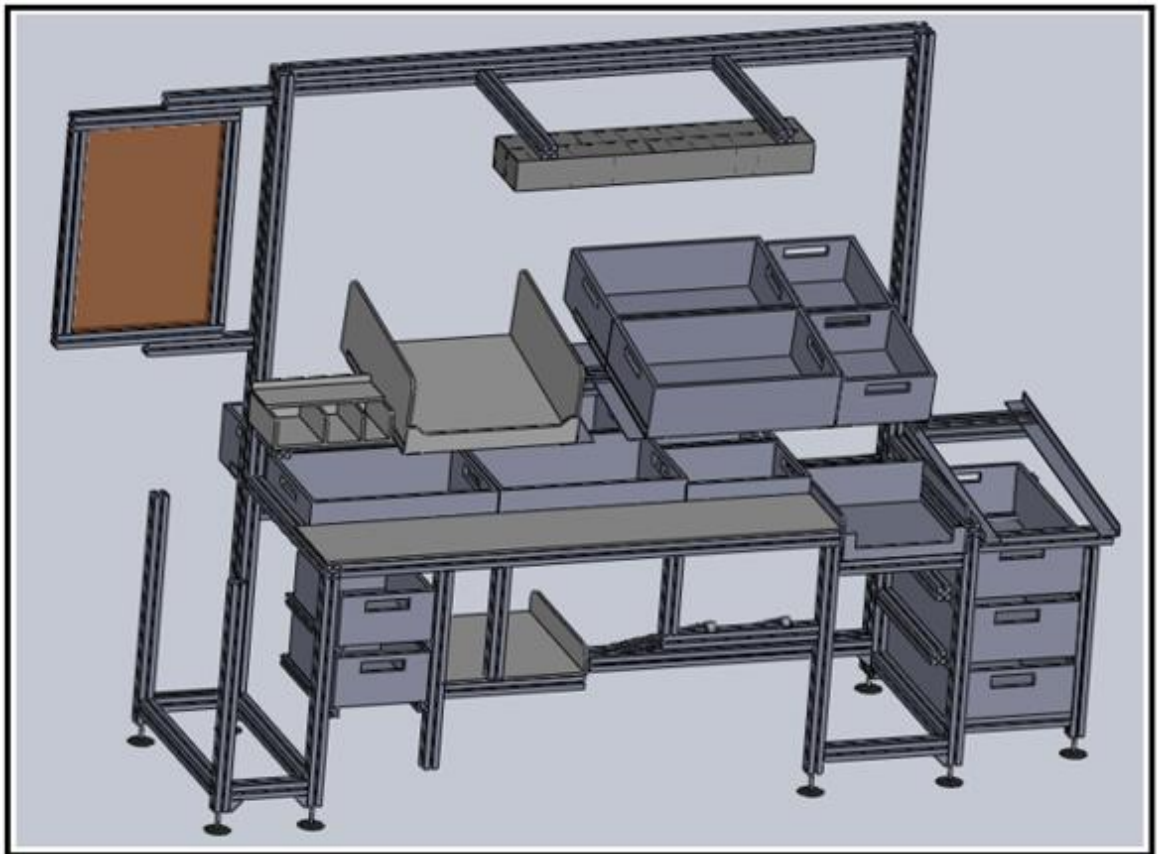


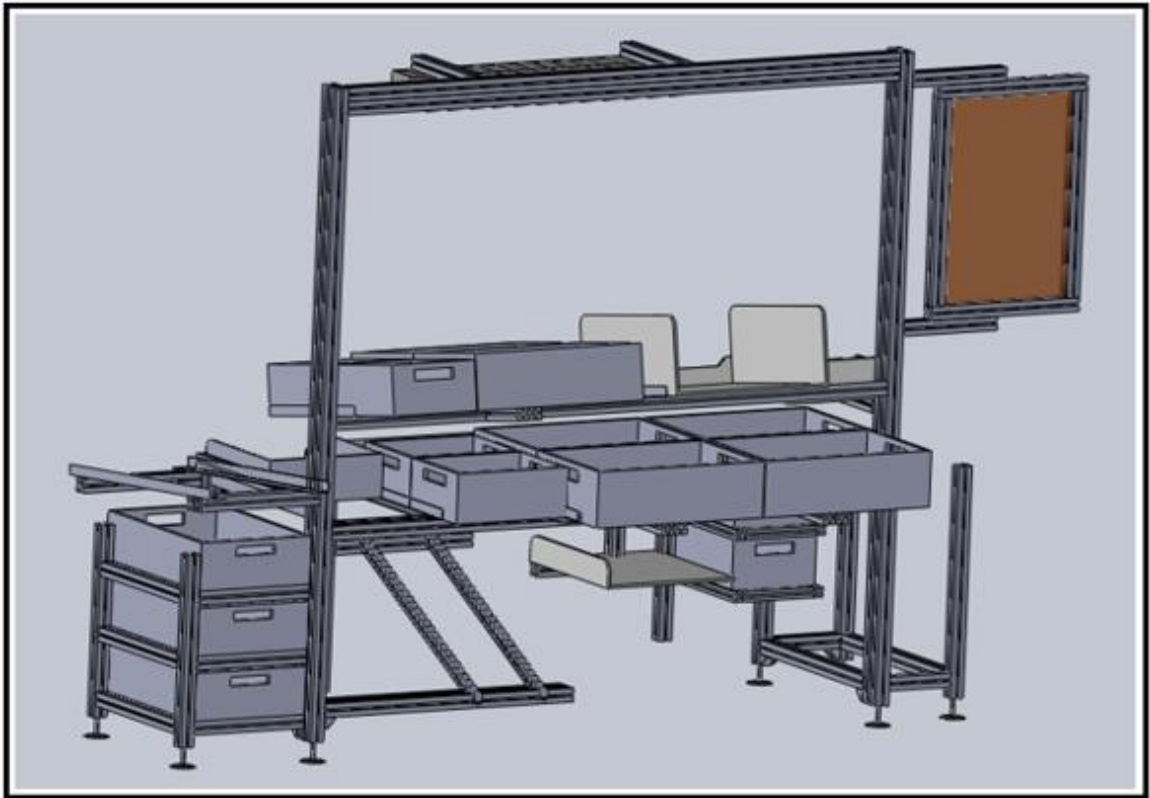
LB03:



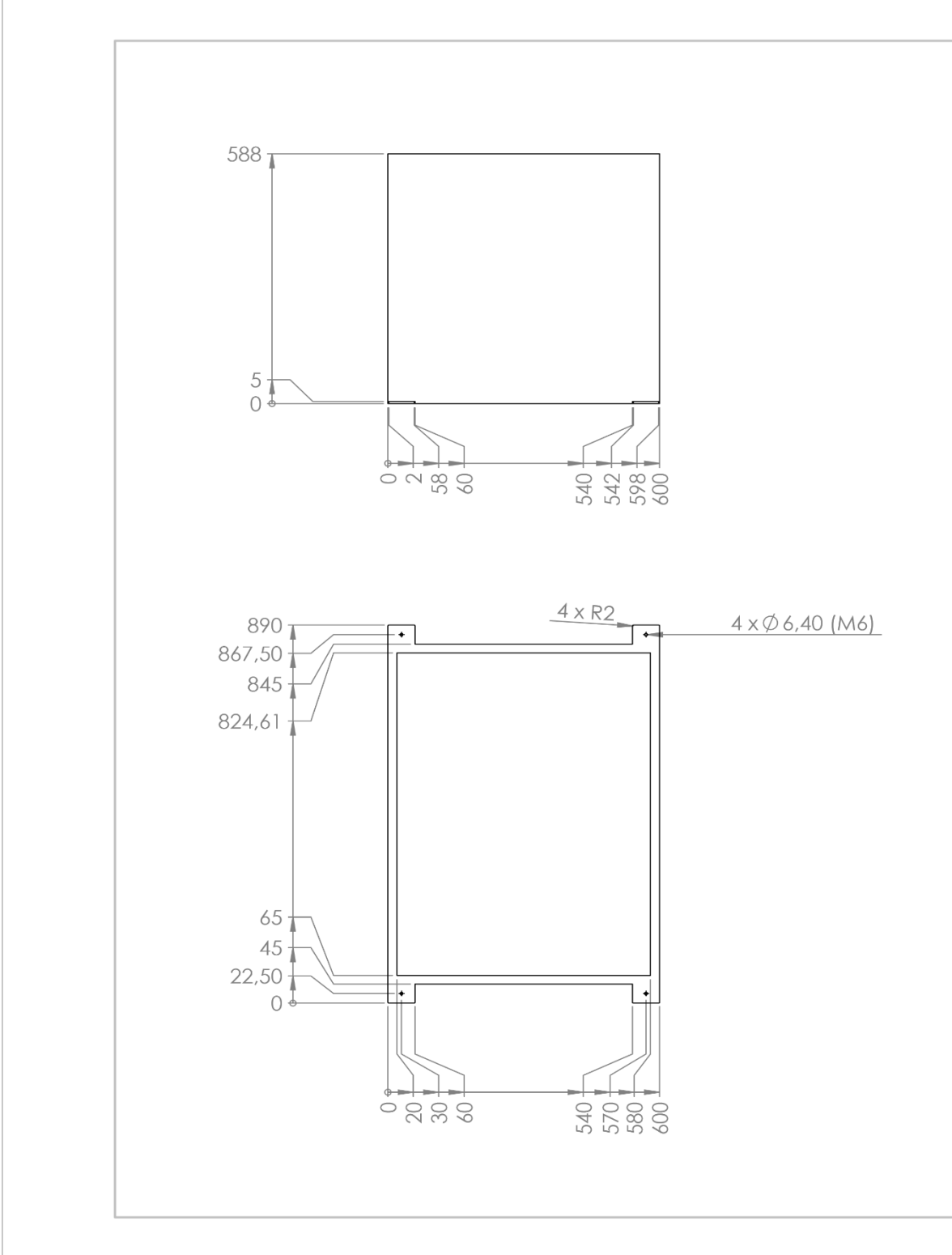


LB04 e LB05:



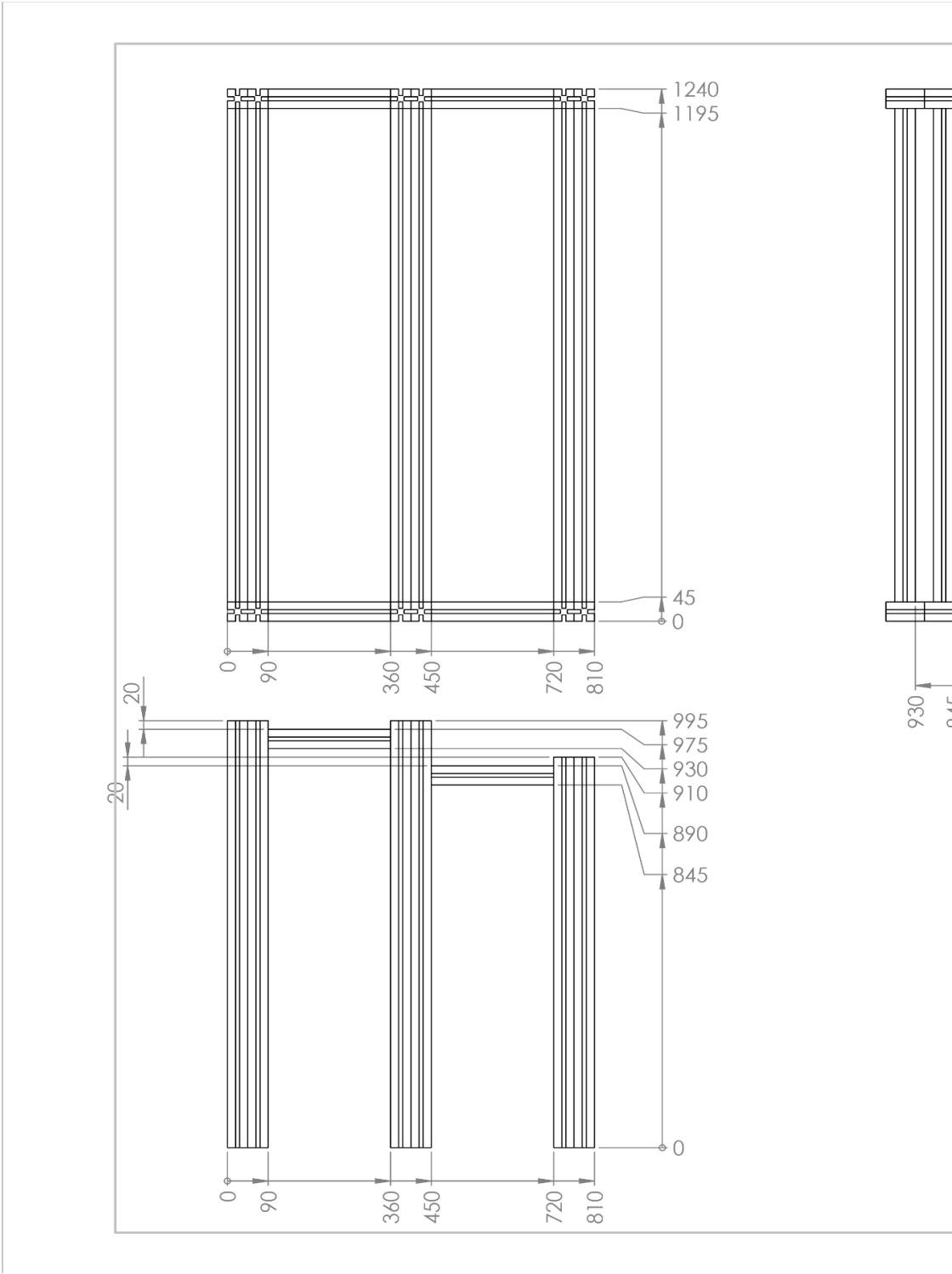


Anexo N. Projeto para a base de fixação para o robô

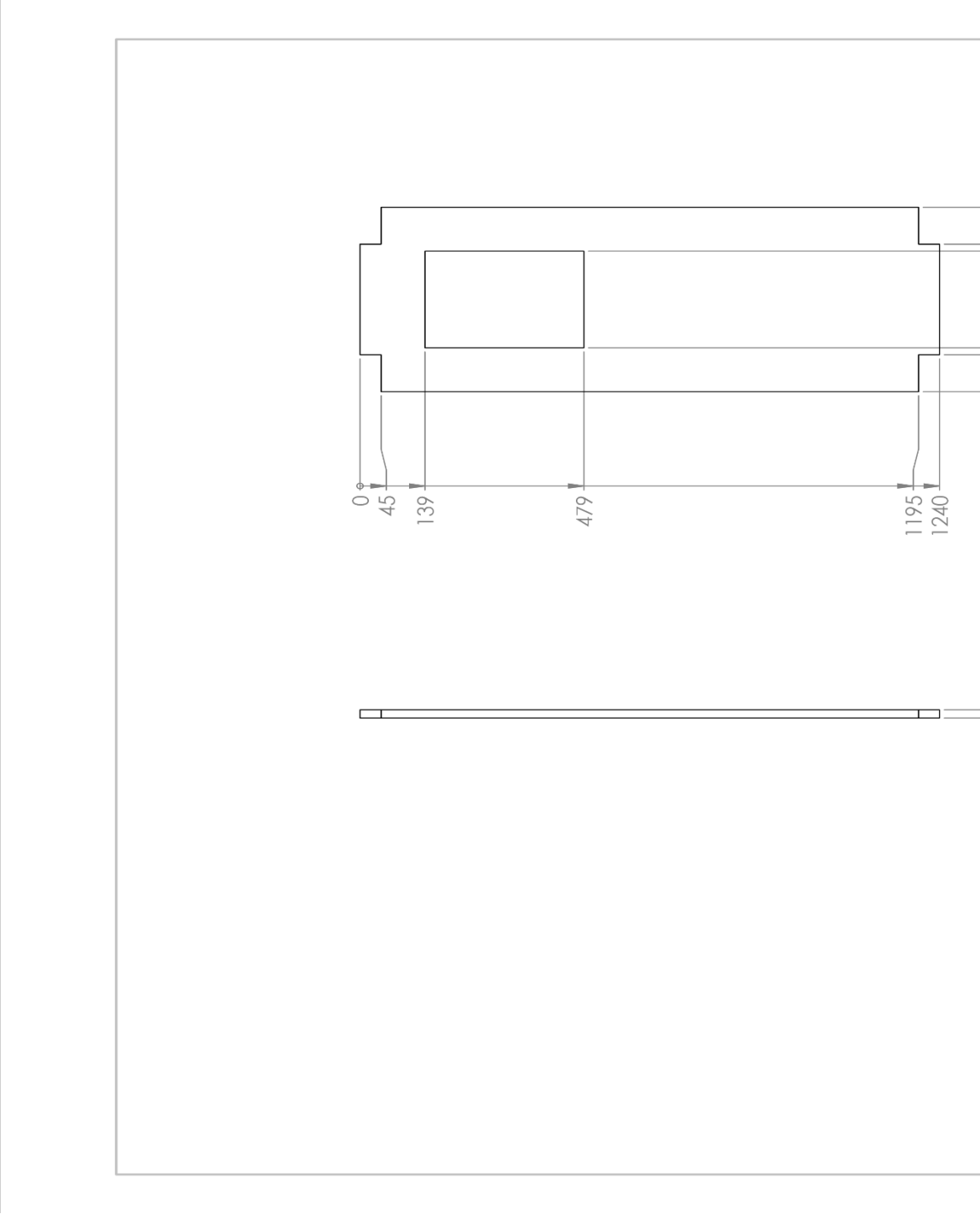


Anexo O. Projeto para a bancada de fixação para a paletização de

Projeto do esqueleto em perfil da bancada:

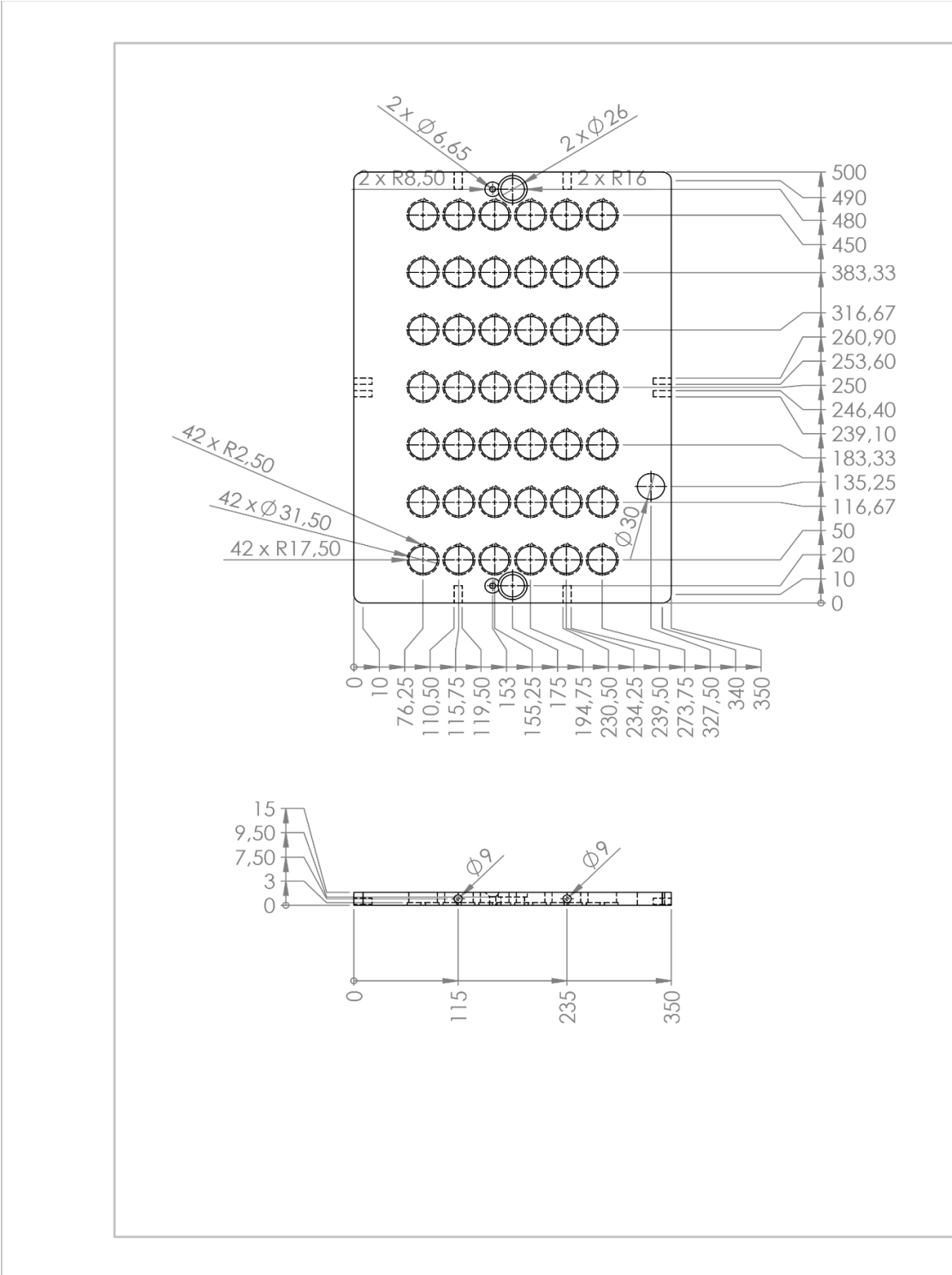


Projeto do tampo em rylene da bancada:

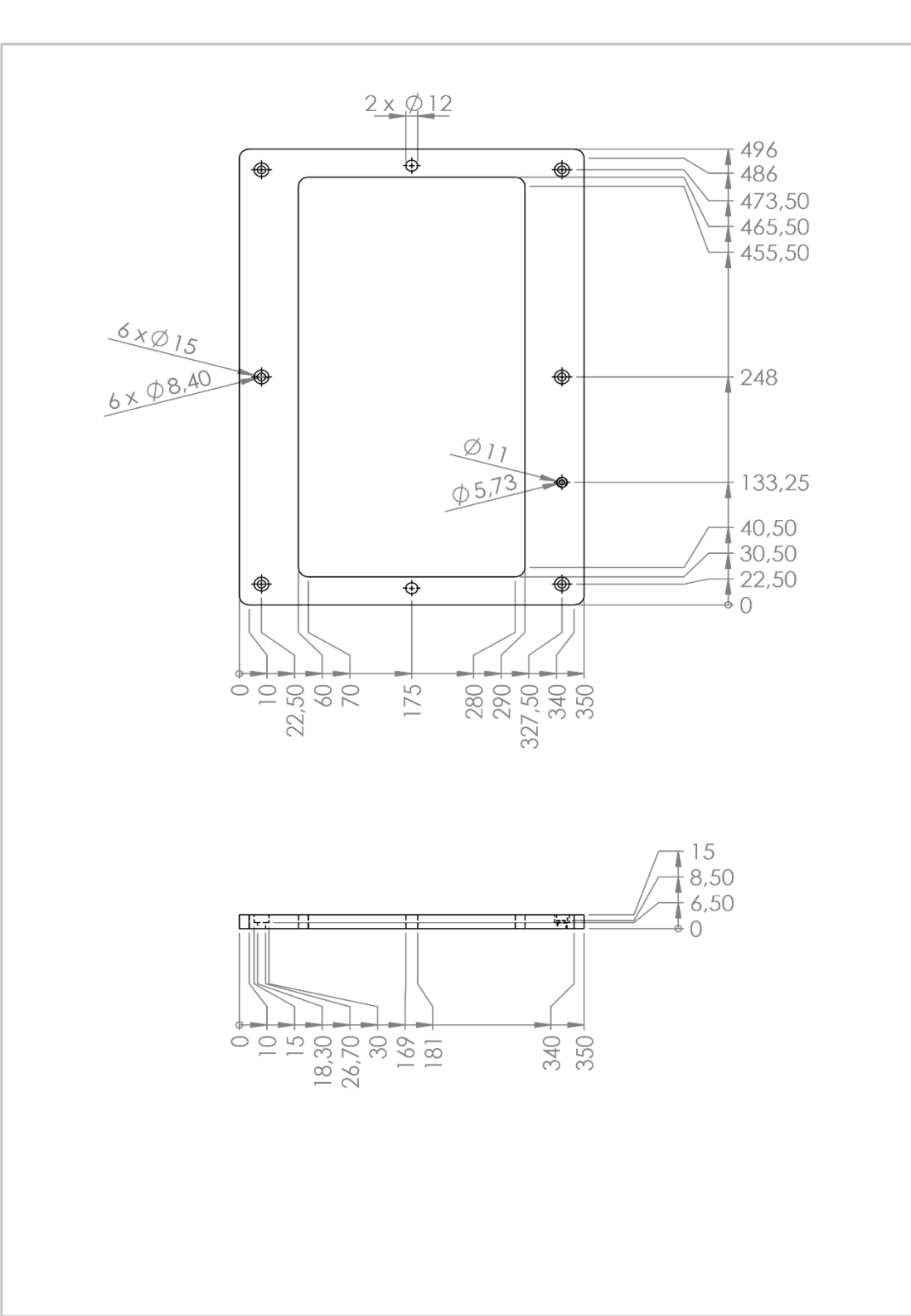


Anexo P. Projeto para a paleta e a respetiva base que permita orie

Projeto da paleta para orientar os cartuchos:

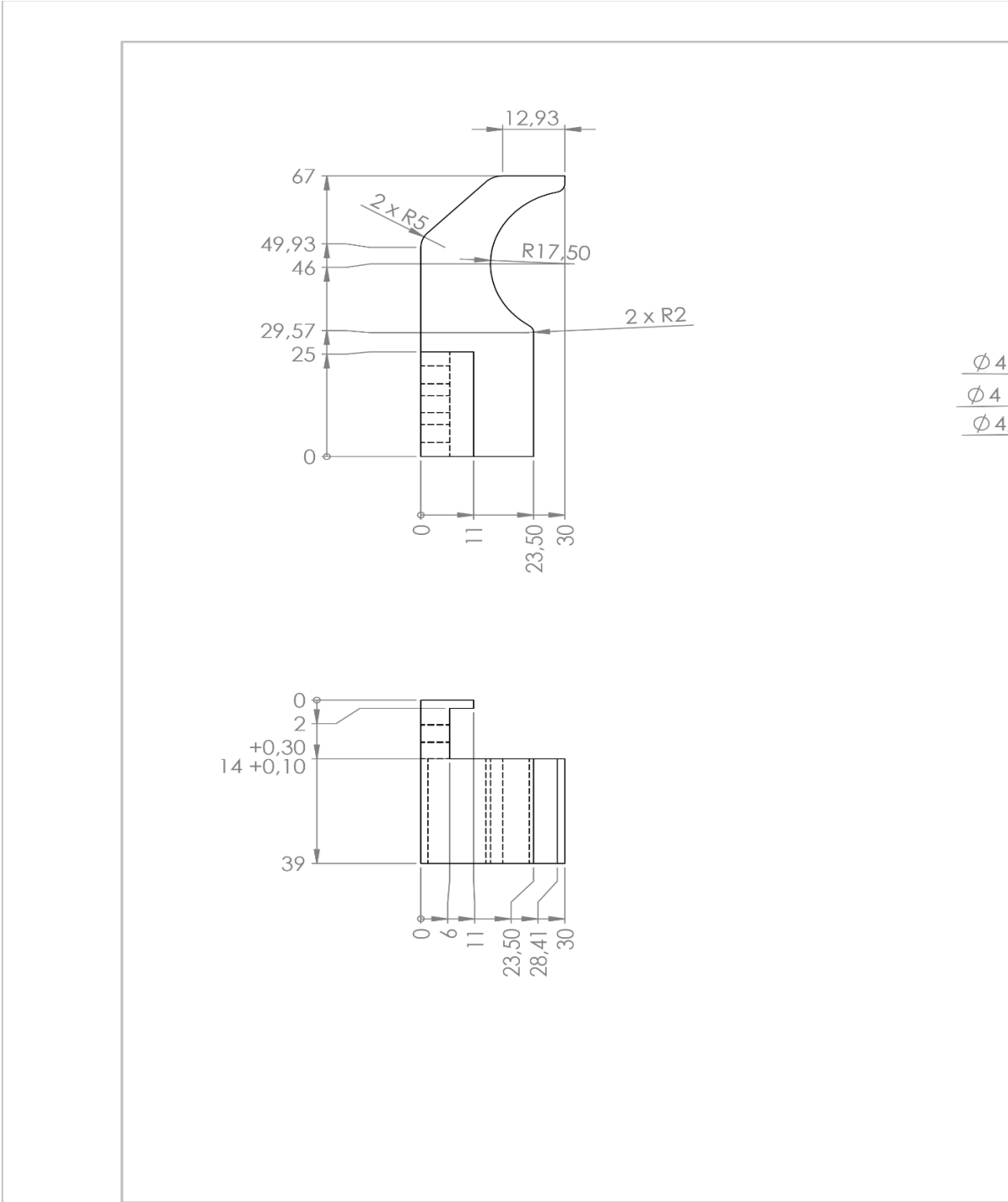


Projeto da base da paleta para garantir o seu posicionamento:

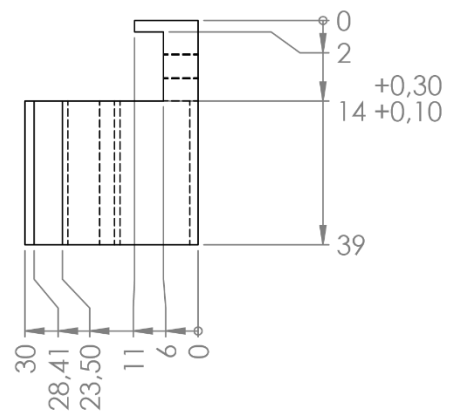
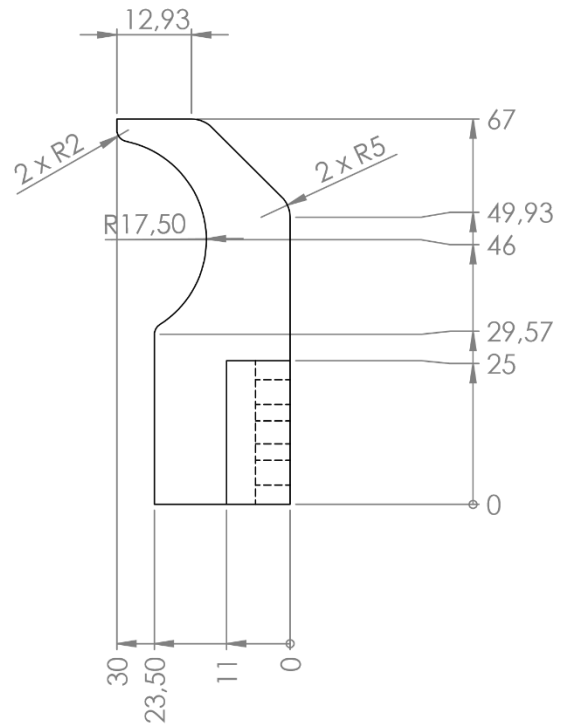


Anexo Q. Projeto dos dedos para incorporar na garra da Bosch

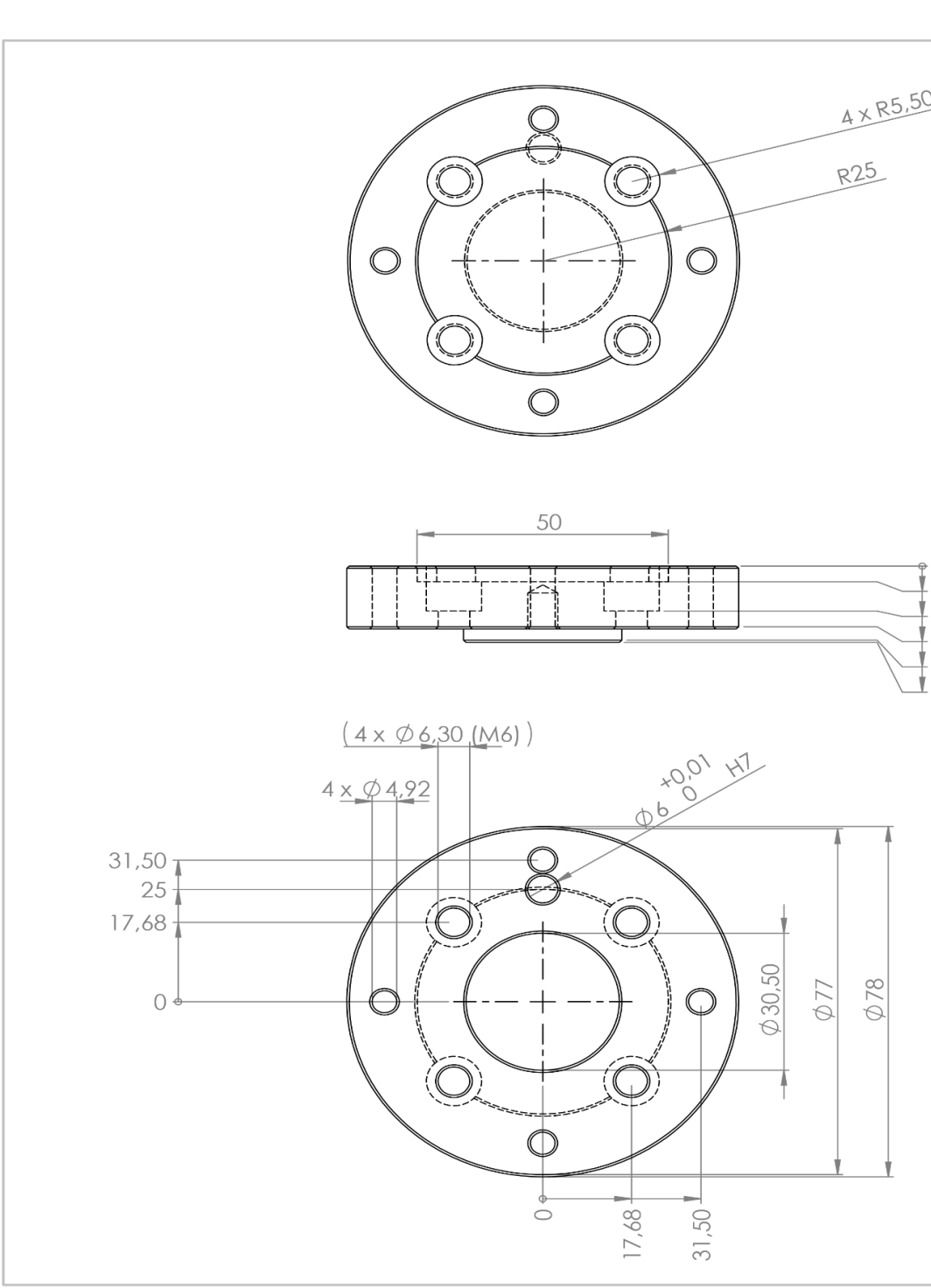
Projeto do dedo esquerdo para garra Bosch:



Projeto do dedo direito para garra Bosch:

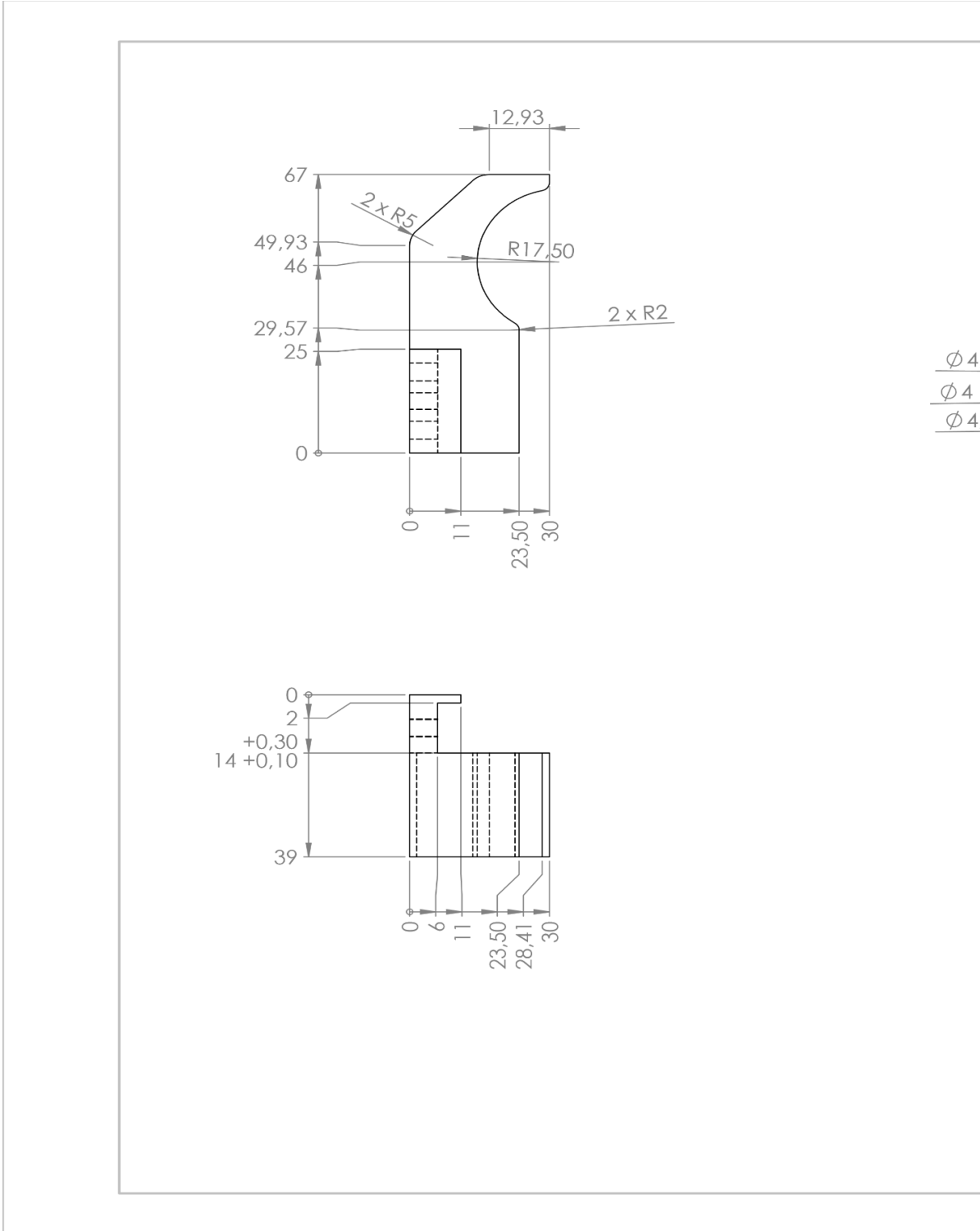


Anexo R. Projeto da flange para indexação da garra Bosch ao rob

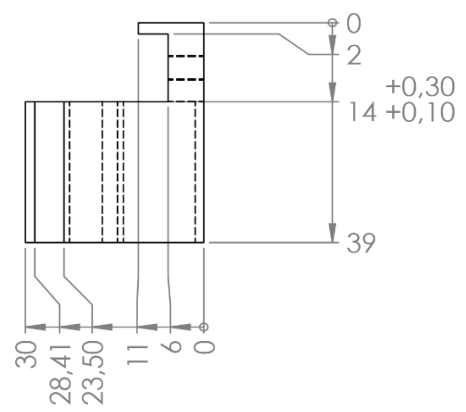
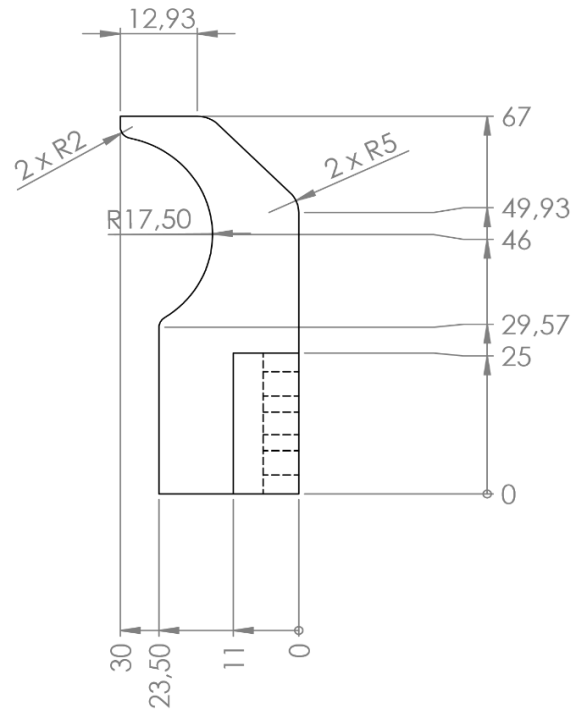


Anexo S. Projeto dos dedos para incorporar nas garras da Festo D

Projeto do dedo esquerdo para garra Festo:



Projeto do dedo direito para garra Festo:



Anexo T. Projeto da flange para agregar duas garras Festo ao robô

