



Instituto Superior de Engenharia

Politécnico de Coimbra

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Fabrico de betoneiras na empresa SIRL

Relatório de Estágio para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Mecânica

Especialização em Construção e Manutenção de Equipamentos
Mecânicos

Autor

Alexandre Pasqual de Jesus Luís

Orientador

Doutor Luís Filipe Pires Borrego

Supervisor na empresa SIRL, SA

Engenheiro João Mário Fonseca Rodrigues Simões

Coimbra, novembro e 2023



INSTITUTO POLITÉCNICO DE
COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

RESUMO

O presente trabalho tem por finalidade uma descrição abrangente daqueles que foram os vários pontos de trabalho de estágio curricular realizados na SIRL, no âmbito do mestrado em Engenharia Mecânica, mais propriamente na Especialização em Construção e Manutenção de Equipamentos Mecânicos.

Este relatório está dividido por vários capítulos que permitem uma melhor compreensão do que é enunciado, em que numa fase inicial pode-se compreender o funcionamento diário da empresa, desde o fluxo produtivo da mesma até às operações de planeamento da produção, da logística, dos recursos humanos, e numa fase final, a apresentação dos diversos trabalhos implementados ao longo do período de estágio.

Essencialmente a apresentação de dois modelos de betoneira modelados, tendo cada um motivações de projeto diferentes. Um com o objetivo de voltar a implementar a marca, fazendo atualizações em termos de design e de resistência estrutural, para um mercado em que no passado a empresa já tinha estado presente. O outro com ideais de entrada num mercado sem representação significativa atual sendo necessário por isso, o seu desenvolvimento desde o seu ponto zero. Assim, numa primeira parte procedeu-se à pesquisa junto do mercado atual para uma consequente modelação 3D peça a peça, de forma a obter-se um protótipo em contexto de simulação virtual para que, passada esta etapa, se proceda à produção do componente no seu todo, obtendo-se assim o produto final.

Palavras-chave: fluxo produtivo, betoneira, projeto, modelação 3D.

ABSTRACT

The present work aims to provide a comprehensive description of the various stages of the curricular internship carried out at SIRL, as part of the master's program in Mechanical Engineering, specifically specializing in the construction and maintenance of mechanical equipment.

This report is divided into several chapters that enable a better understanding of what is outlined. In the initial phase, you can gain insights into the company's daily operations, from its production workflow to production planning, logistics, and human resources operations. In the final phase, there is a presentation of the various projects undertaken during the internship.

Primarily, the report focuses on the presentation of two concrete mixer models, each with different project motivations. One aims to reintroduce the brand, making updates in terms of design and structural strength for a market in which the company had previously been present. The other model aims to enter a market with no significant representation, requiring its development from scratch. In the initial phase, market research was conducted to inform the 3D modeling of each component, resulting in a virtual simulation prototype. Following this stage, the entire component will be produced, leading to the final product.

Keywords: Production flow, concrete mixer, project, 3D modeling.

O sucesso é a soma de pequenos esforços repetidos dia após dia.

Robert Collier

AGRADECIMENTOS

Uma palavra de agradecimento a toda a equipa SIRL, desde logo ao Doutor Mário Simões pela oportunidade disponibilizada, bem como pela ajuda constante que foi sempre disponibilizada por cada colaborador quando o era pretendido.

Um agradecimento especial à equipa do departamento de planeamento, com a qual lidei diariamente e que me deu sempre as melhores condições para a aprendizagem constante e de qualidade.

Não querendo particularizar no sentido de que todos tiveram a sua relevância na aprendizagem, uma palavra em especial ao Engenheiro João Mário Simões, que como orientador de estágio proporcionou sempre pronta disponibilidade em transmitir os seus conhecimentos como base à minha aprendizagem e sem ele nada disto seria possível.

Ao professor Doutor Luís Filipe Pires Borrego que foi importante na realização do presente trabalho de estágio, deixar também uma palavra de reconhecimento.

Por fim, mas não menos importante um reconhecimento especial a todos aqueles que de algum modo contribuíram para que este trabalho fosse possível de realizar nas melhores condições, nomeadamente pais, familiares e amigos.

ÍNDICE

Resumo	i
<i>Abstract</i>	ii
Agradecimentos	iv
Índice.....	v
Índice de quadros	vii
Índice de figuras.....	viii
Lista de siglas e acrónimos	xii
Lista de símbolos	xiii
1 Introdução	14
1.1 Enquadramento	14
1.2 Escolha da empresa.....	14
1.3 Âmbito do estágio	15
1.4 Estrutura do relatório.....	16
2 Caracterização da Empresa.....	17
2.1 Apresentação da Organização.....	17
2.2 Oferta da Empresa	17
2.3 Instalações	19
2.4 A sua Imagem	20
2.5 Os Valores.....	20
2.6 Modernização da empresa.....	21
3 Estrutura organizacional	22
3.1 Organograma	22
3.2 Fluxo Produtivo da SIRL	24
3.2.1 Matéria-Prima:	24
3.2.2 Maquinação:	26
3.2.3 Linha da Soldadura:.....	36
3.2.4 Linhas de Produção:.....	38
3.2.5 Linha da Pintura:	40
3.2.6 Linha de Montagem:	44
3.2.7 Logística Expedição:	45
4 Articulação teórica e prática	46

4.1	Metrologia	46
4.2	Serragem	54
4.3	Furação	63
4.4	Roscagem.....	66
4.5	Processos de conformação Plástica.....	69
4.5.1	Forjamento (Forging):.....	69
4.5.2	Laminagem:.....	69
4.5.3	Extrusão:.....	70
4.5.4	Trefilagem:.....	71
4.5.5	Estiramento:.....	71
4.6	Tecnologias de Fabrico.....	72
4.6.1	Corte por jato de água:	72
4.6.2	Corte a laser:.....	76
4.7	Órgãos de máquinas.....	85
4.7.1	Elementos de fixação:.....	85
4.7.2	Elementos de transmissão:.....	86
5	Construção de equipamentos mecânicos.....	92
5.1	Betoneira Profissional 400 R EVO – Modelo Etiópia	92
5.1.1	Contextualização:.....	92
5.1.2	Estado da arte:	93
5.1.3	Resultados da modelação em ambiente tridimensional:	95
5.1.4	Análise mecânica do modelo:	98
5.2	Betoneira Fast Mix	101
5.2.1	Contextualização:.....	101
5.2.2	Estado da arte:	102
5.2.3	Resultados da modelação em ambiente tridimensional:	106
5.2.4	Análise mecânica do modelo:	107
6	Conclusões e trabalhos futuros	115
6.1	Conclusões	115
6.2	Trabalhos futuros	116
7	Referências bibliográficas:.....	117

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 – Oferta betoneiras.....	18
Quadro 2.2 – Oferta restante maquinaria.....	18
Quadro 2.3 – Oferta ferramentas.....	19
Quadro 3.1 – Perfis.....	25
Quadro 3.2 – Punções.....	29
Quadro 3.3 – Peças produzidas em cada robot.....	37
Quadro 4.1 – Tipos de correias.....	86
Quadro 4.2 – Algoritmo de seleção para cada tipo de correia.....	88
Quadro 4.3 – Algoritmo de seleção de uma corrente.....	89
Quadro 4.4 – Tipos de engrenagens.....	91
Quadro 5.1 – Características de cada componente.....	93
Quadro 5.2 – Processo de fabrico de cada componente.....	94
Quadro 5.3 – Características da correia usada.....	98
Quadro 5.4 – Características das engrenagens usadas.....	99
Quadro 5.5 – Características dos elementos constituintes.....	104
Quadro 5.6 – Processos de fabrico de cada elemento.....	105
Quadro 5.7 – Características nominais do elemento motriz usado neste modelo.....	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Logótipo da empresa.....	20
Figura 3.1 – Armazenamento da Matéria-Prima.....	24
Figura 3.2 – a) Componentes maquinados; b) Componentes elétricos.	25
Figura 3.3 – Serrote automático a disco.	26
Figura 3.4 – Máquina de corte a laser.	27
Figura 3.5 – Puncionadora.	28
Figura 3.6 – Aplicação Puncionadora - Chapa Puncionada.	29
Figura 3.7 – Engenho de furação.	30
Figura 3.8 – Balancé.	30
Figura 3.9 – Quinadora.....	31
Figura 3.10 – Aplicação Quinadora - Tampa quinada.	32
Figura 3.11 – Aplicação Quinadora - Capota quinada.....	32
Figura 3.12 – Aplicação Quinadora - Estrado quinado.	32
Figura 3.13 – Máquina de curvar tubo.....	33
Figura 3.14 – Cadeira Fast Mix - Representação 2D.	33
Figura 3.15 – Punções para fabrico de baldes.....	34
Figura 3.16 – Prensa mecânica.....	35
Figura 3.17 – Bocas para baldes.....	35
Figura 3.18 – Fundos para baldes.....	35
Figura 3.19 – Mesa de soldadura do Robot 1.	36
Figura 3.20 – Exemplo de peças obtidas: a) braços e volantes de betoneira no molde de soldadura; b) estruturas de betoneiras; c) alturas de betoneiras; d) braços de betoneiras obtidos.	37
Figura 3.21 – Linha de produção das betoneiras médias.....	38
Figura 3.22 – Linha de produção das betoneiras grandes.	39
Figura 3.23 – Colocação dos produtos na linha da pintura.....	40
Figura 3.24 – Lavagem dos componentes a pintar.....	41
Figura 3.25 – Secagem dos componentes saídos da lavagem.	42
Figura 3.26 – Entrada dos componentes na secção da pintura.	43
Figura 3.27 – Linha de montagem - Componentes acessórios.....	44

Figura 3.28 – Linha de montagem - Componentes principais.....	44
Figura 3.29 – Produtos prontos a expedir.....	45
Figura 4.1 – Constituição de um paquímetro.....	46
Figura 4.2 – Exemplos de medições no paquímetro.....	47
Figura 4.3 – Modos de medição do paquímetro.....	48
Figura 4.4 – Constituição de um micrómetro.	49
Figura 4.5 – Sistema parafuso-porca.	50
Figura 4.6 – Exemplos de medições no micrómetro.....	51
Figura 4.7 – Constituição de um goniómetro.	52
Figura 4.8 – Exemplos de medições no goniómetro.	53
Figura 4.9 – Tipos de perfis.	54
Figura 4.10 – Tipos de perfis.	54
Figura 4.11 – Tipos de perfis.	55
Figura 4.12 – Tipos de chapas.	55
Figura 4.13 – Constituição de um serrote manual.....	56
Figura 4.14 – Folhas de serrote - exemplos.	57
Figura 4.15 – Serrote alternativo.....	58
Figura 4.16 – Serrote de fita horizontal e vertical.....	59
Figura 4.17 – Constituição de uma folha de serra.....	59
Figura 4.18 – Representação de um passo de serra constante.....	60
Figura 4.19 – Representação de um passo de serra variável.	60
Figura 4.20 – Serrote de disco.....	61
Figura 4.21 – Modo de posicionamento de um componente a cortar.	62
Figura 4.22 – Constituição de um engenho de furar.....	63
Figura 4.23 – Variedade de aparelhos de furar.	63
Figura 4.24 – Tipos de brocas.....	64
Figura 4.25 – Refrigeração de brocas internamente.....	65
Figura 4.26 – Representação de parâmetros de roscagem.....	66
Figura 4.27 – Procedimento de abertura de roscas.	67
Figura 4.28 – Dispositivos para abertura de roscas.....	67
Figura 4.29 – Parâmetros de roscagem mecanizada.....	68
Figura 4.30 – Processo de conformação - Laminagem.....	69

Figura 4.31 – Processo de conformação - Extrusão.....	70
Figura 4.32 – Processo de conformação - Trefilagem.....	71
Figura 4.33 – Processo de conformação - Estiramento.	71
Figura 4.34 – Constituição de um sistema de corte por jato de água.	72
Figura 4.35 – Cabeça de corte - sistema jato de água.....	73
Figura 4.36 – Corte por jato de água pura.....	75
Figura 4.37 – Corte por jato de água com abrasivo.	75
Figura 4.38 – Cabeça de corte - sistema laser.	76
Figura 4.39 – Modelação tridimensional de um estrado universal.	79
Figura 4.40 – Largura da capota modelada - Representação CAD.....	80
Figura 4.41 – Base de barreira de segurança modelada - Representação CAD.....	80
Figura 4.42 – Curva do braço de uma betoneira - Representação CAD.....	80
Figura 4.43 – Exemplo das instruções de corte geradas.....	81
Figura 4.44 – Produção do componente na máquina de corte a laser.....	81
Figura 4.45 – Régua vibratória - Representação 2D.	82
Figura 4.46 – Modelação tridimensional do sistema mecânico projetado.....	83
Figura 4.47 – Representação 2D - Peça 1.....	83
Figura 4.48 – Representação 2D - Peça 2.....	84
Figura 4.49 – Representação 2D - Peça Principal.	84
Figura 4.50 – Sistema de transmissão por correia.	87
Figura 5.1 – Modelação 3D - Vista 1.	95
Figura 5.2 – Modelação 3D - Vista 2.	96
Figura 5.3 – Modelação 3D - Vista 3.....	96
Figura 5.4 – Exemplo do uso de uma correia como elemento de transmissão de potência.....	98
Figura 5.5 – Cremalheira e carroto do balde.	99
Figura 5.6 – Exemplo de transmissão de movimento através de engrenagens.	99
Figura 5.7 – Cremalheira e carroto da desmultiplicação.	100
Figura 5.8 – Exemplo da transmissão de movimento com recurso a engrenagens, fazendo a desmultiplicação de movimento.	100
Figura 5.9 – Fast Mix ao nível do solo.....	102
Figura 5.10 – Fast Mix sobre um tripé.....	103

Figura 5.11 – Modelação tridimensional Fast Mix - Representação 2D.....	106
Figura 5.12 – Cadeira Fast Mix - Representação 2D.	107
Figura 5.13 - Estrado da Fast Mix - Representação 3D.	108
Figura 5.14 – Sistema basculante da Fast Mix - Representação 2D.....	109
Figura 5.15 – Sistema mecânico Tripé - Representação 2D.	110
Figura 5.16 – Balde da respetiva betoneira - Representação 2D.....	111
Figura 5.17 – Sistema mecânico Capota - Representação 2D.....	112
Figura 5.18 – Motor Honda GX160.	113

LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS

B	Betoneira
BBH	Betoneira Rotativa com Carregador
BP	Betoneira Profissional
BR	Betoneira Bricolage
BRH	Betoneira Basculante com Carregador
BTCM	Betoneira Tripé Carro Mão
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
CNC	Controlo Numérico Computadorizado
2D	Dimensão bidimensional
DP	Diâmetro Primitivo
3D	Dimensão Tridimensional
GPS	Global Positioning System
IA	Inteligência Artificial
IOT	Internet of Things
LASER	Light Amplification simulated Emission Radiation
MM	Milímetros
PRO	Betoneira Profissional
RLAT	Betoneira Rebocável Lateral
TD	Travão Disco

LISTA DE SÍMBOLOS

i	Relação de transmissão
m	Módulo de uma engrenagem
p	Pressão(bar)
T	Binário (kgf.m)
ω	Velocidade angular (rad/s)
Z	Número de dentes de uma engrenagem

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

O trabalho realizado enquadra-se no âmbito do ciclo de estudos do mestrado em engenharia mecânica mais propriamente na especialização em construção e manutenção de equipamentos mecânicos.

Desta forma como plano de estudo de mestrado, o segundo ano assenta no desenvolvimento de uma das seguintes vertentes académicas: a realização de uma dissertação, um projeto ou um estágio curricular.

Neste sentido o trabalho que se segue centra-se na vertente de estágio curricular e assim o desenvolvimento de um relatório de estágio.

1.2 Escolha da empresa

O ponto de partida deu-se na escolha da empresa, ponto essencial para um bom desenvolvimento de estágio tendo-se como principal objetivo selecionar uma empresa em que a sua organização estivesse alinhada com os objetivos de estágio.

Desta forma surge a oportunidade de estágio na SIRL revelando-se desafiante, no sentido em que é uma empresa de referência a todos os níveis, primeiramente bem reconhecida a nível local e consequentemente reconhecida nacionalmente e internacionalmente (fator preponderante na escolha), bem como a proximidade das instalações da empresa em relação à zona de residência, o que torna a logística de estágio mais conveniente e maior a facilidade de integração e por fim mas não menos importante, o feedback positivo recebido após o envio do pedido de estágio sendo um elemento decisivo para a escolha, a forma como foi acolhido o pedido de estágio, demonstrou que seria um ambiente propício para o desenvolvimento das minhas competências e para se alcançarem os objetivos de estágio.

1.3 Âmbito do estágio

Numa fase inicial definiu-se o plano de trabalho em que se iria desenrolar o percurso de estágio durante os 8 meses, período sobre o qual assenta a duração do mesmo.

Desta forma e juntamente com o supervisor da empresa, definiu-se o plano de trabalho com o objetivo de se garantir que as atividades estivessem alinhadas com o ciclo de estudos do mestrado, proporcionando uma formação o mais relevante possível.

Os pontos do plano de trabalho de estágio são apresentados abaixo:

1. Compreensão e análise do processo operativo da empresa, ponto inicial de desenvolvimento centrado na compreensão e análise de todo o fluxo produtivo da empresa, envolvendo-se numa imersão em ambiente de trabalho e assim o acompanhamento das diferentes etapas da produção.

O objetivo por um lado, do conhecimento do processo produtivo e também otimização do mesmo, aliando os conhecimentos teóricos do aluno.

2. Modelação de componentes mecânicos com base em ferramentas computer aided design (CAD) para a criação de modelos tridimensionais dos componentes a serem produzidos. Além disto, a realização do computer aided manufacturing (CAM), a geração de trajetórias e instruções de corte para as máquinas-ferramentas implementarem os componentes com base nos modelos anteriormente modelados. A articulação entre a tecnologia CAD e CAM possibilita a fabricação precisa e eficiente dos componentes, posteriormente em chão de fábrica;
3. Projeto de componentes mecânicos, ponto importante de estágio em que o seu fundamento prende-se essencialmente, no desenvolvimento de um modelo daquele que é o produto estrela da empresa, a betoneira, projetando-se assim todos os seus componentes mecânicos, bem como saber identificar as relações funcionais existentes entre eles.

1.4 Estrutura do relatório

O presente documento assenta na seguinte estrutura, numa fase inicial tem-se a parte pré-textual que como o próprio nome indica, traduz uma serie de assuntos que antecedem o corpo do trabalho, nomeadamente toda a componente introdutória de um relatório escrito.

Concluída a parte pré-textual, tem-se um capítulo introdutório que pretende elucidar o leitor sobre o porquê da realização deste estágio curricular, os motivos da realização do mesmo na referida empresa, o plano de trabalho a realizar bem como compreender-se a estrutura do presente documento de uma forma clara e objetiva.

Já numa parte de desenvolvimento do trabalho, um primeiro capítulo em que se toma em linha de conta a caracterização da empresa, especificamente as instalações da mesma, os valores que a definem bem como a imagem que passa para todos os seus colaboradores, clientes e fornecedores, e numa fase final do capítulo a alusão do acompanhamento da empresa face à modernização da sociedade atual.

O capítulo seguinte assenta na compreensão de toda a estrutura organizacional da empresa, a apresentação do respetivo organograma bem como conhecer todo o fluxo produtivo da empresa.

Posteriormente o capítulo que faz uma correlação teórica com os assuntos práticos de todos os temas que foram abordados ao longo de todo o período de estágio, ou seja, por um lado relembrar os conceitos teóricos aprendidos durante o percurso académico e fazer uma relação prática daqueles que foram os trabalhos efetuados no dia a dia de estágio.

O quinto capítulo que se pode referir ser o capítulo central do trabalho, no sentido de ser aquele em que o período de estágio se centrou mais e também o facto de ser aquele que requereu maiores níveis de conhecimentos teóricos e neste aspeto foi claramente o mais desafiante e o que permitiu o maior desenvolvimento, capítulo este centrado no desenvolvimento de sistemas mecânicos.

Ainda na componente textual e finalmente, a conclusão como uma síntese dos elementos-chave do trabalho que de alguma forma pretende reforçar aspetos que são imprescindíveis para a boa compreensão do que foi realizado e a apresentação de trabalhos futuros.

2 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

2.1 Apresentação da Organização

A SIRL foi fundada em 1988, com a sua produção inicial focada em andaimes para o mercado da construção civil. Embora estes produtos tenham sido essenciais para a sua fundação, a empresa não se limitou apenas a esse segmento e demonstrou uma notável capacidade de adaptação ao longo do tempo.

Com o passar dos anos, a SIRL identificou uma oportunidade de crescimento através da produção de betoneiras, em que investindo em pesquisa e desenvolvimento, a empresa rapidamente tornou-se líder no mercado deste produto, essencial para o ramo da construção civil. Atualmente representa o produto estrela da empresa, símbolo da qualidade e eficiência em projetos de construção em todo o mundo.

Com uma dedicação constante à inovação e à qualidade, a SIRL expandiu os seus horizontes além-fronteiras. Atualmente com presença em 93 países nos cinco continentes, com chegada a mais de 2500 clientes, a empresa tornou-se um player global na indústria da construção civil, conquistando a confiança e lealdade de uma ampla base de parceiros internacionais.

De forma a responder às necessidades do mercado global, a SIRL tomou a decisão estratégica de oferecer uma ampla gama de betoneiras, com mais de 160 modelos distintos, conseguiu adaptar-se às especificidades de diferentes continentes e mercados, demonstrando a sua versatilidade e compromisso em fornecer soluções personalizadas.

A empresa não apenas se destaca pelo seu portfólio diversificado, mas também pela excelência na produção e pela adesão rigorosa às normas europeias de qualidade e segurança. Através de profissionais altamente qualificados, a empresa executa diariamente o seu ofício com um compromisso incansável em oferecer produtos confiáveis e seguros.

2.2 Oferta da Empresa

A SIRL tem como produto estrela, como imagem de marca a betoneira. Foi este o produto que esteve na génese da empresa e que até aos dias de hoje é claramente a sua aposta fulcral, ou seja, o produto que define a empresa, dando também jus ao logótipo da SIRL.

Por motivações do próprio mercado bem como para a própria evolução empresarial, a SIRL possui uma gama alargada de produtos que comercializa e que de um modo geral estão relacionados com o meio da construção civil, oferecendo assim uma gama o mais completa e alargada possível para este setor.

Desta forma é possível visualizar nos Quadros seguintes, a discriminação pormenorizada da gama de oferta de produtos da empresa, (SIRL, 2023).

Quadro 2.1 – Oferta betoneiras.

Designação	Modelo	Contexto de aplicação
Betoneiras Bricolage	B135, B165, B175.	Facilidade de movimentação, facilmente montável e desmontável.
Betoneiras semiprofissionais	B180, BR 170, BR190, PRO 160, PRO 190D, PRO 160 TD, PRO 190TD.	Modelos para consumidores semiprofissionais.
Betoneiras profissionais	BP 400 4R EVO, BP 400 R EVO, B200S, BP 400 S RLAT, BBH 400, BBH 500, BRH 600, BRH 1200.	Modelos associados a produções de betão em grandes quantidades, requisito essencial a produção em larga escala.

Quadro 2.2 – Oferta restante maquinaria.

Família	Subfamília	Aplicações
Compactação	Cilindro, placa vibratória, saltitão.	Campo de aplicação em aplicações de compactação de betão.
Alisamento e vibração	Helicóptero alisador, régua vibratória, agulha vibratória.	Aplicações de alisamento e vibração.
Corte e dobra de aço	Máquina de corte, máquina de dobra, máquina combinada.	Funções de corte e dobragem de elementos em aço.
Corte e pavimento	Máquinas cortadoras de asfalto, máquina corta pavé.	Aplicações de corte de asfalto.
Máquinas elevatórias	Elevador, máquina guincho, pórticos, porta palete.	Movimentações de carga, elevação de cargas.

Quadro 2.3 – Oferta ferramentas.

Família	Subfamília	Aplicações
Andaimes e pranchas	Andaime europeu, andaime tradicional, pranchas, acessórios.	Aplicabilidade na construção civil, construção de edifícios.
Carros e transporte	Carros de aterro, carro de lavrador, carro de armazém, carro porta-garrafa	Serviços de transporte, deslocações de cargas.
Cavaletes	Cavaletes, borriqueta	Construção civil.
Cofragem e segurança	Acessórios de cofragem, barreiras de segurança, acessórios de sinalização.	Construção civil.
Sistemas de elevação e descarga	Plataformas recetoras de paletes, acessórios para grua e sistema de elevação, sistema de descarga de entulho	Movimentação de carga.

2.3 Instalações

A organização está localizada na Zona Industrial de Penela. É composta por 3 grandes edifícios e atualmente um outro em construção, contendo toda a componente de produção, logística de receção e expedição e a parte reservada a gabinetes de planeamento, de contabilidade, de vendas e de compras.

As instalações estão situadas no concelho de Penela com as seguintes coordenadas de GPS: N 40.01865°, W -8. 371931°.

2.4 A sua Imagem



Figura 2.1 – Logótipo da empresa.

A representação simbólica (Figura 2.1), é uma prática comum pelas empresas, onde um símbolo é escolhido para representar visualmente a organização e os seus produtos ou serviços.

Neste contexto, a SIRL utiliza a betoneira como o elemento central da sua identidade corporativa, carregando assim uma carga simbólica relevante para a identificação da marca.

A cor laranja pretende evocar sensações de alegria, vitalidade, prosperidade e sucesso, essenciais a toda a identidade da organização.

2.5 Os Valores

A SIRL, uma empresa inovadora no mercado, tem pautado o seu trabalho por valores fundamentais, nomeadamente “Inovação, Rigor e Qualidade”. Busca soluções que atendam às necessidades dos seus parceiros, bem como demonstra um firme compromisso com os seus clientes internos e externos, baseado nos valores de “Respeito e Compromisso”, valores estes presentes para com todos os seus colaboradores.

Este comprometimento é evidenciado tanto na sua presença em feiras internacionais quanto na expansão da sua quota no mercado global bem como nas suas instalações laborais.

2.6 Modernização da empresa

A modernização das empresas e indústrias, em consonância com os princípios da indústria 4.0, é um processo fulcral para a adaptação das mesmas às condições em constante evolução da sociedade contemporânea(Xavier, 2023). Neste contexto, a SIRL busca acompanhar a atual revolução industrial, com o intuito de aproveitar as vantagens oferecidas pelo progresso tecnológico e assim manter-se atualizada no cenário competitivo vigente.

Ao longo dos últimos anos, diversas revoluções industriais alteraram profundamente o panorama económico e social.

Uma primeira revolução industrial, marcada pela transição da produção manual e artesanal para uma produção mecânica e industrializada, trouxe consigo o aparecimento de fábricas, promovendo uma transformação nas condições de trabalho e no modo de vida das pessoas.

A segunda revolução industrial, por sua vez, introduziu avanços tecnológicos significativos, como a eletricidade, o motor a combustão interna, a produção em massa e o aço em larga escala. Esses avanços impulsionaram uma explosão na produção industrial e na disseminação da eletricidade, promovendo um crescimento económico substancial e mudanças significativas nas cidades e nas fábricas.

A terceira revolução industrial, também conhecida como a revolução digital, foi caracterizada pelo advento da eletrónica, da computação e da automação. A disseminação de computadores, a expansão da internet e o desenvolvimento das telecomunicações desempenharam um papel central nessa transformação. A automação de processos industriais e o crescimento da indústria de tecnologia, da informação, redefiniram a maneira como as empresas operam e interagem com os seus mercados.

Atualmente, encontramos-nos imersos na quarta revolução industrial, a indústria 4.0, que é caracterizada pela fusão de tecnologias digitais, físicas e biológicas. Esta revolução engloba a internet das coisas (IoT), a inteligência artificial (IA), a impressão 3D, a nanotecnologia, entre outras áreas. Ela está redefinindo a forma como as empresas produzem, interagem com os seus clientes e gerem os seus recursos.

Em conclusão, esta modernização de acordo com os princípios da indústria 4.0 é imperativa para que as organizações possam prosperar e permanecer relevantes em um ambiente empresarial em constante evolução. O acompanhamento das revoluções industriais passadas e a adoção das inovações da indústria 4.0 são estratégias essenciais para enfrentar os desafios e aproveitar as oportunidades da economia moderna.

3 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL

3.1 Organograma

A SIRL desenvolve a sua atividade na base de áreas funcionais, assim como relações hierárquicas definidas no organograma que representa a forma como se relacionam os vários departamentos.

Organograma representa graficamente a estrutura organizacional de uma instituição/empresa. O principal propósito deste modelo estrutural é apresentar a hierarquização, relações e as funções entre os diferentes setores da organização. Existem diversos tipos de técnicas de representação: funcional, estrutural, circular ou radial, estrutural-funcional, matricular, entre outras.

O organograma que se segue é do tipo linear, constitui a forma mais simples e mais antiga. A denominação linear deve-se ao facto de, entre o superior e os subordinados, existe linhas diretas e únicas de autoridades e de responsabilidade. Uma organização simples e de forma piramidal, onde cada chefe recebe e transmite tudo o que se passa na sua área, uma vez que as linhas de comunicação são rigidamente estabelecidas.

As vantagens(Sólides, 2020) na sua apresentação são:

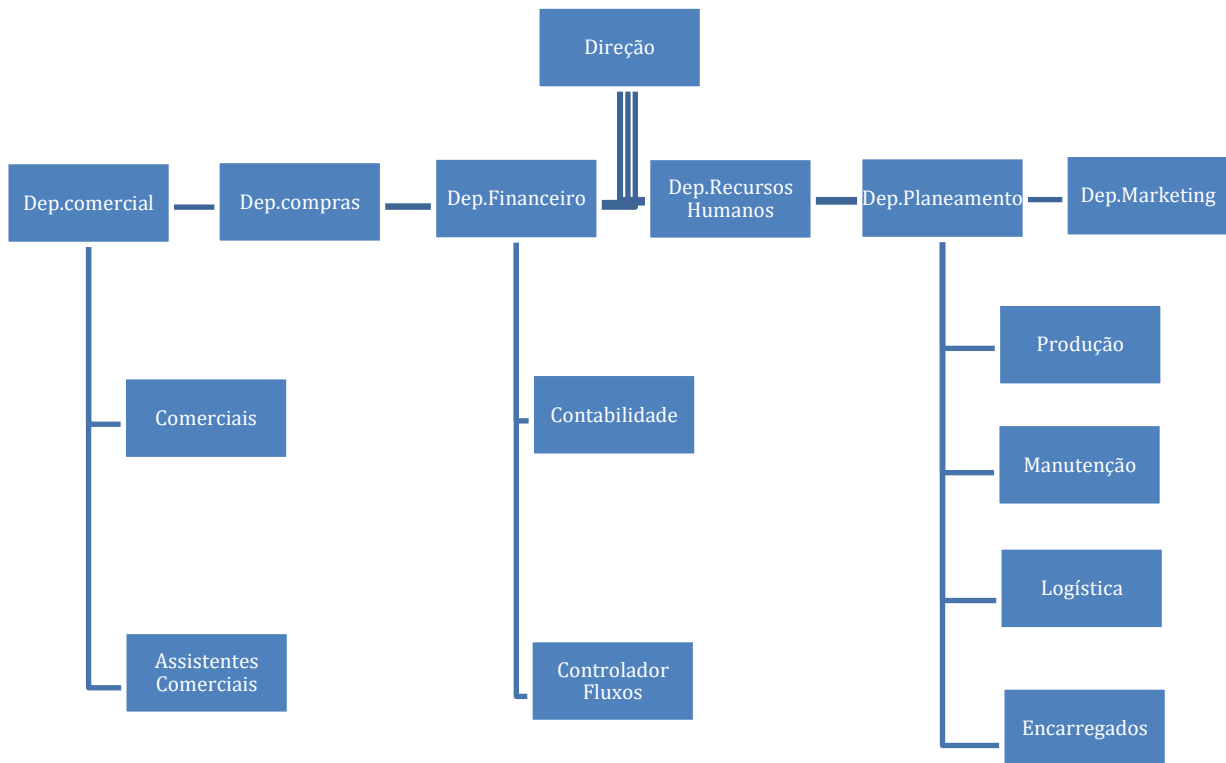
- Estrutura simples e de fácil compreensão;
- Clara delimitação das responsabilidades;
- Facilidade de implantação;
- É bastante estável.

Por conseguinte também possui algumas desvantagens, tais como:

- Autoridade linear baseada no comando único e direto;
- Exagera a função de chefia e de comando;
- A unidade de comando torna o chefe como um generalista;
- À medida que a empresa cresce, maior congestionamento na linha formal de comunicação.
- As comunicações por serem lineares, tornam-se demoradas.

O organograma abaixo mostra como se encontram divididos os diversos departamentos e setores da SIRL, adaptado de

Fabrico de betoneiras na empresa SIRL



Fonte: Adaptado de (Mendes, 2023).

3.2 Fluxo Produtivo da SIRL

Seguidamente apresenta-se uma descrição pormenorizada daquele que é o processo operativo/produtivo da empresa para aquele que é o seu produto chave, a betoneira. Neste sentido será possível conhecer e compreender de uma maneira concreta, todas as etapas que estão na génese da produção destes equipamentos, ou seja, desde a entrada da matéria-prima até à saída do produto final.

O objetivo consiste em proporcionar-se um entendimento sólido e concreto das complexidades inerentes à fabricação de betoneiras, destacando a importância da eficiência operacional e da qualidade do produto final bem como através desta análise, pretende-se oferecer uma visão aprofundada do funcionamento interno da empresa e das práticas que sustentam a sua produção.

3.2.1 Matéria-Prima:

O ponto de partida de todo o processo de produção reside na disponibilidade da matéria-prima necessária (por exemplo, perfis em aço, componentes eletrónicos, motores elétricos, entre tantas outras necessidades), e a partir desta etapa é possível que uma série de operações sejam iniciadas de forma à obtenção do produto final desejado.

A matéria-prima em questão é devidamente armazenada em um local designado para tal finalidade específica, conforme se ilustra na Figura 3.1. Nesse contexto, é possível visualizar uma variedade de perfis distintos, acompanhados pelas respectivas quantidades.



Figura 3.1 – Armazenamento da Matéria-Prima.

O Quadro 3.1 apresenta o conjunto de perfis usados na produção industrial bem como descreve as suas características, descrição esta essencial para capítulos seguintes.

Quadro 3.1 – Perfis.

Perfil	Tipo de perfil
Tubo	Quadrado
Tubo	Retangular
Tubo	Redondo
Varão	Redondo
Vergalhão	Quadrado
Barra	Retangular
Barra	Tipo “T”

A Figura 3.2 retrata o armazenamento de outros tipos de componentes básicos, para que se desenrolem as várias etapas da produção de uma maneira funcional.

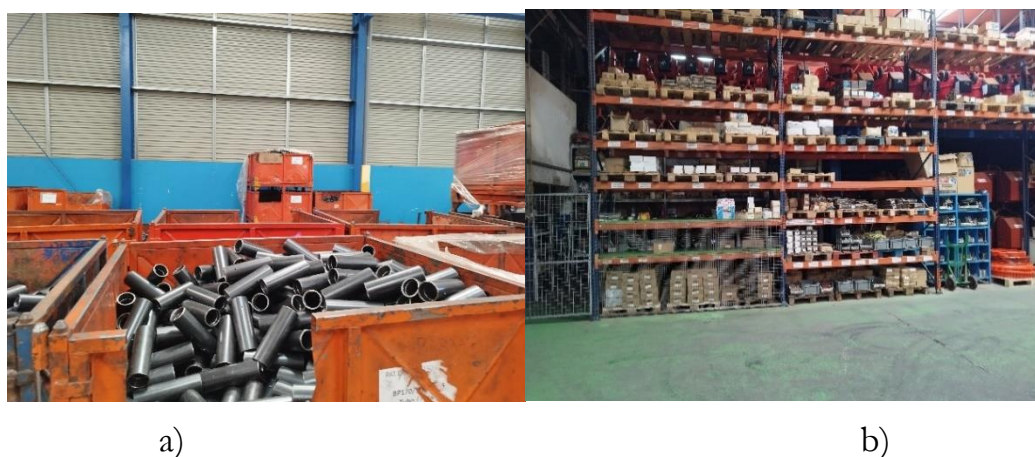


Figura 3.2 – a) Componentes maquinados; b) Componentes elétricos.

Realçar que esta fase constitui um elemento crucial para o assegurar do funcionamento harmonioso de toda a cadeia produtiva. A manutenção diária do stock é de importância vital, pois qualquer lacuna ou falha nesse ponto pode resultar na inviabilização do fluxo produtivo na sua totalidade, o que tem consequências danosas para o funcionamento da produção de um produto. Assim a gestão eficiente da matéria-prima não apenas garante a continuidade do processo produtivo, mas também sustenta a integridade e a eficácia de cada etapa subsequente.

3.2.2 Maquinação:

O setor da maquinação representa no seu todo, um conjunto de processos mecânicos de corte, furação, estampagem, dobragem a que cada componente é submetido para seguir para as operações fabris seguintes.

Para uma melhor compreensão faz-se uma subdivisão deste local fabril:

3.2.2.1 Máquinas de corte:

Nesta secção pode-se então aceder a um conjunto de dispositivos que permitem realizar as operações de corte de perfis perante as especificações(medidas) que são exigidas para a produção dos componentes.

Aborda-se duas principais tecnologias: o serrote automático a disco e a máquina de corte a laser.

Serrote automático a disco:

Esta tecnologia desempenha um papel preponderante na realização das operações de corte de perfis, conforme as especificações exigidas, permite cortes direitos nos perfis, com capacidade de pré-regulação dos comprimentos desejados. Na figura abaixo, pode-se visualizar o design da máquina de corte, cujo estudo teórico do processo de serragem será realizado no capítulo 4 (subcapítulo 4.2).



Figura 3.3 – Serrote automático a disco.

Máquina de corte a laser:

Uma aquisição recente e inovadora da empresa, é a máquina de corte a laser, que tem impulsionado a evolução dos processos de corte neste setor. A aquisição recente deste equipamento tem como principal objetivo, melhorar a eficiência e a versatilidade das operações de corte, em que ao contrário da máquina de serragem a disco, esta tecnologia oferece a capacidade de corte de diversas geometrias e também operações de furação.

A abordagem multifuncional resulta em ganhos significativos de tempo e recursos (Martins, 2012).

A Figura 3.4 retrata a máquina em questão.



Figura 3.4 – Máquina de corte a laser.

Puncionadora:

A puncionadora, uma inovação essencial na indústria do processamento de chapas metálicas (Figura 3.5), desempenha um papel fundamental na criação de produtos de alta qualidade e precisão, destacando-se assim a sua capacidade na realização de cortes precisos em chapas de acordo com requisitos específicos.

Utilizando uma variedade de punções de diferentes configurações, a puncionadora demonstra a sua utilidade prática em implementar geometrias complexas consoante os requisitos de produção para determinados componentes.



Figura 3.5 – Puncionadora.

O modelo existente apresenta na sua árvore de trabalho diversos tipos de punções que permitem então fazer as mais diversas formas nas chapas, características essas visíveis no quadro abaixo.

Quadro 3.2 – Punções.

Punções	Tipo de Chapa	Aplicações
Quadrados	Fina e Grossa	Geometrias quadradas
Retangulares	Fina e Grossa	Formas retangulares
Redondos	Fina e Grossa	Geometrias circulares
Oblongos	Grossa	Frisos elípticos
Triangulares	Fina e Grossa	Formas em triângulo
Especiais(janela)	Fina	Forma em janela

Desta forma é possível ter em conta o campo de aplicação dos vários punções da máquina em questão e assim o funcionamento conforme as geometrias a implementar nas chapas.

Esta tecnologia de fabrico é imprescindível no funcionamento da produção diária, sendo visualizada no fabrico essencialmente de tampas e capotas de betoneiras.

A seguinte imagem pretende apresentar aquele que é o resultado depois de terminada a operação de puncionamento sobre uma dada chapa e perante a geometria que se pretende obter. Tal como se demonstra na Figura 3.6, o uso de punções em janela, punções redondos, punções triangulares e retangulares para a geração do corte pretendido.

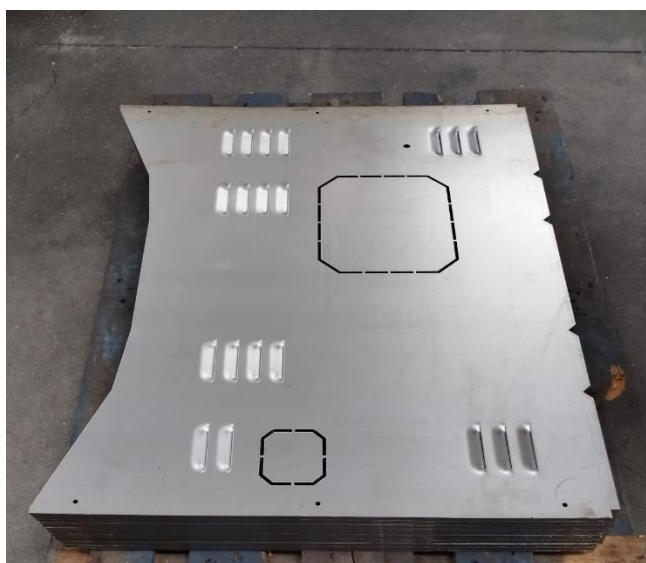


Figura 3.6 – Aplicação Puncionadora - Chapa Puncionada.

3.2.2.2 Máquinas de furação convencional:

A Figura 3.7 induz a utilidade prática dos engenhos de furar na produção diária.



Figura 3.7 – Engenho de furação.

Embora pouco utilizados devido à tecnologia da máquina laser, que permite efetuar processos de furação, também são necessários engenhos de furar nas atividades diárias da maquinação.

3.2.2.3 Máquinas especiais – Balancés:

A próxima imagem (Figura 3.8), ilustra uma tipologia de máquina com muita utilidade diária na produção, em que através da montagem de ferramentas próprias no corpo da máquina, permite obter uma gama diversificada de produtos, isto é, perante os componentes a fabricar é escolhida uma dada ferramenta que implementa as operações no material através do curso do balancé.



Figura 3.8 – Balancé.

3.2.2.4 Ferramentas de dobra de tubo e chapa:

Neste subcapítulo será possível conhecer os dispositivos de dobra de chapa e tubo, processos essenciais à produção de diversos componentes.

Quinadora:

Esta é uma máquina (Figura 3.9) que tem utilização imprescindível e que acompanha subsequentemente as etapas de corte na puncionadora no sentido em que, os componentes que saem da puncionadora vão sofrer etapas de conformação mecânica neste equipamento.

É uma ferramenta que realiza operações de quinagem, isto é, permite criar abas em peças perante determinadas medidas. Estas operações podem ser mais facilmente compreendidas com o recurso às imagens que se seguem.



Figura 3.9 – Quinadora.

As Figuras 3.10, 3.11 e 3.12 permitem apresentar aquele que é o resultado após a aplicação dos processos de quinagem, sendo essencialmente vistos na quinagem de tampas, de capotas e de estrados dos vários modelos de betoneira.



Figura 3.10 – Aplicação Quinadora - Tampa quinada.



Figura 3.11 – Aplicação Quinadora - Capota quinada.

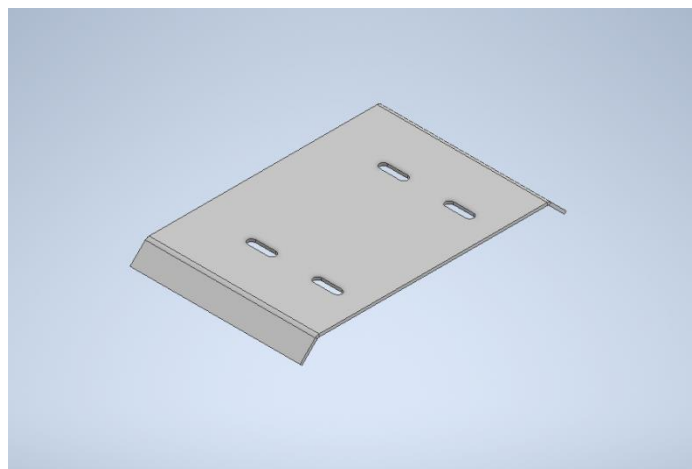


Figura 3.12 – Aplicação Quinadora - Estrado quinado.

Máquina de dobra de tubo:

Em modo de curiosidade referir-se que a empresa está prestes a adquirir um equipamento de atuação completamente automática, ou seja, através da geometria modelada em ambiente 3D CAD e consequente o CAM, a máquina lê todo o código da peça e fará toda a geometria conforme aquilo que é o pretendido. Tal máquina é possível ver na Figura 3.13 e mais uma vez se demonstra a sensibilização da empresa em acompanhar as tecnologias atuais existentes.

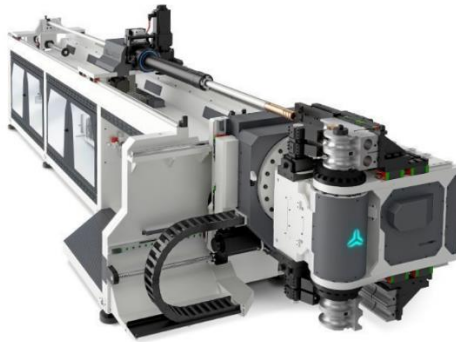


Figura 3.13 – Máquina de curvar tubo.

Fonte: Adaptado de (VLB, 2023).

Esta aquisição foi pensada para a produção de geometrias complexas, como a que se apresenta na figura abaixo (componente de um novo modelo de betoneira, referenciado no capítulo 5)

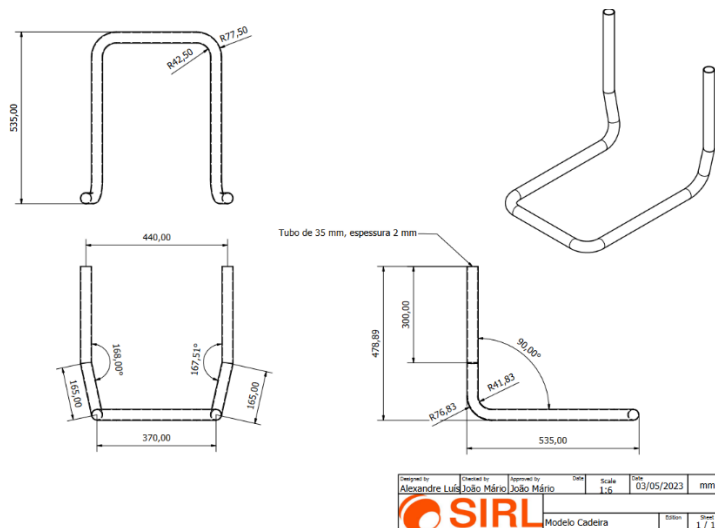


Figura 3.14 – Cadeira Fast Mix - Representação 2D.

3.2.2.5 Equipamentos de Estampagem:

Ainda dentro da secção da maquinaria, tem-se a parte de estampagem de chapa que permite fazer os baldes das betoneiras. É um processo complexo e essencial a toda a produção e pode ser resumido nas seguintes etapas:

- 1º. Através de prensas hidráulicas e perante os punções próprios para cada diâmetro de balde, faz-se separadamente a parte da boca e a parte do fundo do balde, ou seja, o balde é feito em duas partes separadas e sendo posteriormente unido;
- 2º. Portanto coloca-se a chapa na mesa de trabalho da prensa e devido a uma força de pressão desenvolvida entre a árvore da prensa mecânica e o punção, a chapa irá adquirir o formato do punção, isto é equivalente tanto na parte do fundo como na parte da boca do balde;
- 3º. Feitos os fundos e as bocas dos baldes, estes seguem para a máquina de corte permitindo remover/cortar os excessos de chapa;
- 4º. Feitas estas etapas, é possível seguir para a linha da soldadura para ser formado o balde no seu todo.

Descritas as etapas para a produção dos baldes das betoneiras, são apresentadas nas figuras 3.15 e 3.16, os diversos punções existentes (moldes para cada dimensão de balde dependendo do modelo que se pretende produzir) e a configuração das prensas mecânicas onde o processo é efetuado, respetivamente. Posteriormente nas Figuras 3.17 e 3.18 são apresentadas as bocas e os fundos do balde da betoneira.



Figura 3.15 – Punções para fabrico de baldes.



Figura 3.16 – Prensa mecânica.



Figura 3.17 – Bocas para baldes.



Figura 3.18 – Fundos para baldes.

3.2.3 Linha da Soldadura:

Seguidamente à maquinação advém toda a secção da soldadura, uma linha de soldadura totalmente robotizada e organizada de forma a elaborar as várias operações de soldadura para os vários componentes que se pretendem unir.

A Figura 3.19 representa um posto robótico de soldadura, sendo a configuração entre os 6 postos existentes semelhante, apenas mudando a estrutura da mesa do robot que influencia as peças obtidas em cada posto.



Figura 3.19 – Mesa de soldadura do Robot 1.

Fabrico de betoneiras na empresa SIRL

De seguida tem-se um quadro que descreve os componentes que são obtidos em cada posto de soldadura, dependendo da configuração da mesa do robot.

Quadro 3.3 – Peças produzidas em cada robot.

Identificação Robot	Produtos obtidos:
Robot 1	Volantes, eixos travão.
Robot 2	Estruturas, Braços.
Robot 3	Estrados.
Robot 4	Desmultiplicações; outros componentes.
Robot 5	Estruturas, volantes.
Robot 6	Braços, alturas frente/trás.

Alguns dos componentes obtidos nestes 6 postos robóticos:



a)



b)



c)



d)

Figura 3.20 – Exemplo de peças obtidas: a) braços e volantes de betoneira no molde de soldadura; b) estruturas de betoneiras; c) alturas de betoneiras; d) braços de betoneiras obtidos.

3.2.4 Linhas de Produção:

As linhas de produção propriamente ditas são subdivididas essencialmente por duas variantes, a linha de produção das betoneiras pequenas/médias e a linha de produção das grandes.

3.2.4.1 Linha de produção das betoneiras pequenas/médias:

A linha encontra-se organizada de forma que através dela, a betoneira vá ganhando a forma final de modelo para depois dar entrada na linha de pintura e seguidamente na linha da montagem.

Basicamente ao longo dos vários postos da linha, são realizadas um conjunto de operações que permitem ir acrescentando forma útil e também proceder a todo um conjunto de operações de montagem/afinações dos componentes mecânicos (por exemplo, cremalheiras, carretos, rodas dentadas, eixos de rotação, entre outros).

No final da linha então cada modelo de betoneira fabricado segue para a linha da pintura. Na imagem 3.21 é possível constatar a forma como a linha se encontra organizada.



Figura 3.21 – Linha de produção das betoneiras médias.

Modelos implementados nesta linha:

Vários são os modelos na linha obtidos, especialmente os modelos semiprofissionais (Quadro 2.1).

3.2.4.2 Linha de produção das betoneiras grandes:

A sua disposição é semelhante à linha das médias, apresentando essencialmente diferenças nas dimensões dos produtos produzidos, mas o princípio de funcionamento é fundamentalmente o mesmo.

Representação da linha de produção na imagem que se segue (Figura 3.22).



Figura 3.22 – Linha de produção das betoneiras grandes.

Modelos implementados nesta linha:

Nesta linha como o nome indica são produzidos os modelos de maiores dimensões, os modelos profissionais (Quadro 2.1).

3.2.5 Linha da Pintura:

Quando os componentes estão fisicamente fabricados, com operações de corte, de soldadura, entre tantas outras operações implementadas nas linhas de cada modelo, podem então seguir para a linha da pintura, que como o próprio nome indica, permite que os produtos ganhem a cor que é requisitada pelo cliente e daí terem de passar por este processo.

Princípio de funcionamento:

1. Colocação dos componentes na linha, ilustrada na figura abaixo;



Figura 3.23 – Colocação dos produtos na linha da pintura.

2. Lavagem dos produtos:

Como é previsível todos os componentes antes de serem propriamente pintados, têm de passar por processos auxiliares de forma que, a pintura fique em perfeitas condições. Neste sentido após os produtos colocados na linha, eles passam pelo posto de lavagem em que um conjunto de jatos de água a uma determinada pressão envia o líquido de limpeza na direção dos componentes e nesta interação são removidos detritos, sujidades, gorduras presentes nos produtos a pintar.

Na figura seguinte vê-se a representação gráfica desta etapa.



Figura 3.24 – Lavagem dos componentes a pintar.

3. Pré Secagem:

No seguimento da linha advém a posto da pré-secagem que tem como principal função secar os componentes que saem da lavagem para depois darem entrada na pintura propriamente dita e assim se ter os componentes a pintar nas perfeitas condições.



Figura 3.25 – Secagem dos componentes saídos da lavagem.

4. Pintura:

Este é o local onde o processo se centra principalmente no sentido de ser aqui que é aplicada a tinta sob a forma de um pó, e passando depois num forno a uma determinada temperatura permite que esta solidifique e após arrefecer, os produtos adquirem uma determinada cor, a Figura 3.26 representa a entrada dos componentes para serem pintados.



Figura 3.26 – Entrada dos componentes na secção da pintura.

Após os produtos terem a cor requisitada, então seguem-se as etapas de montagem na linha consignada para tal fim.

3.2.6 Linha de Montagem:

Depois de os componentes ganharem cor, podem então ser submetidos às operações subsequentes de montagem de elementos essenciais ao funcionamento da betoneira (por exemplo, motores elétricos, transmissões flexíveis, parafusos, proteções plásticas, entre outros elementos).

As imagens seguintes traduzem a evolução ao longo da linha e assim é possível ter a noção de como os elementos são adicionados sequencialmente à betoneira, ganhando assim a forma final para a expedição.



Figura 3.27 – Linha de montagem - Componentes acessórios.



Figura 3.28 – Linha de montagem - Componentes principais.

3.2.7 Logística Expedição:

Como é de fácil compreensão, já numa fase final de todo o processo produtivo em que temos os produtos no seu estado acabado, então pode-se proceder à fase de expedição do produto e assim garantir todos os lead time, adaptado de (Kaizen, sem data), de encomendas aos nossos parceiros/clientes.

Seguem-se ilustrações (Figura 3.29) dos produtos armazenados no local próprio para se efetuar o carregamento dos mesmos, nas datas agendadas.



Figura 3.29 – Produtos prontos a expedir.

4 ARTICULAÇÃO TEÓRICA E PRÁTICA

O capítulo que se segue pretende fazer uma articulação direta daqueles que foram os conhecimentos científicos e técnicos utilizados durante todo o período de estágio, nas várias experiências práticas realizadas. Neste contexto será feita uma relação direta entre os conhecimentos teóricos e as experiências práticas, respetivamente.

4.1 Metrologia

A instrumentação de medida desempenha um papel fundamental em várias áreas da ciência, engenharia e indústria, fornecendo assim a precisão necessária para a obtenção de resultados confiáveis e precisos.

Paquímetro:

Um dos instrumentos com larga utilização é o paquímetro, que desempenha um papel crucial na medição de dimensões lineares internas, externas e de profundidade de uma peça.

Constituição:

Como é possível visualizar na figura abaixo, este instrumento de medição é constituído por uma série de elementos distintos, cada um desempenhando um papel específico na realização de medições exatas. As suas partes essenciais incluem as hastes fixas e móveis, a escala principal, o nónio ou vernier, a haste de profundidade. A combinação de todas estas partes permite ao utilizador medir com precisão dimensões internas e externas, bem como determina a profundidade de orifícios ou ressalto, informações adaptadas de (Ferreira, 2020).

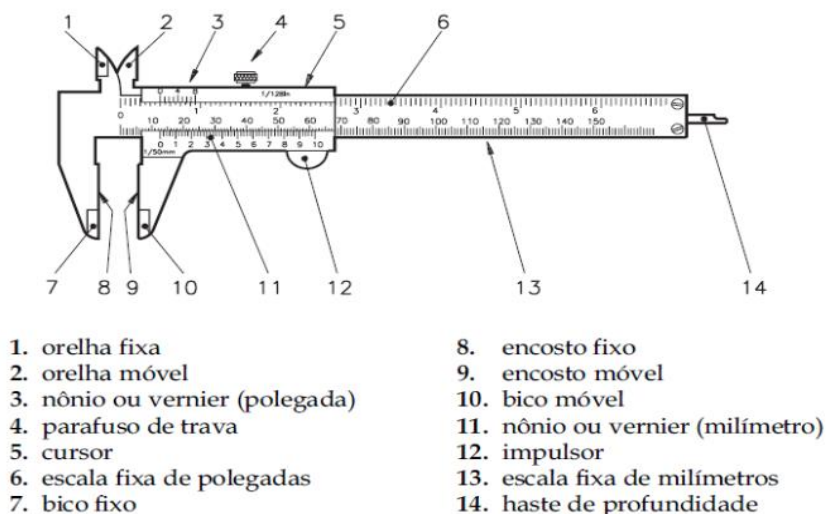


Figura 4.1 – Constituição de um paquímetro.

Princípio de funcionamento:

A utilização do paquímetro exige habilidade e destreza por parte do operador. O processo começa com a escolha do tipo apropriado de medição a efetuar (interna, externa ou em profundidade), e a inserção cuidadosa das hastes móveis e fixas do equipamento na peça a medir.

O movimento relativo do cursor sob a régua graduada permite obter a leitura na escala principal (retirando o valor inteiro), enquanto o nónio ou vernier oferece uma precisão ainda maior, permitindo a determinação dos valores decimais.

Na imagem seguinte é possível aferir alguns exemplos de medições tendo em conta o princípio de funcionamento acima mencionado.

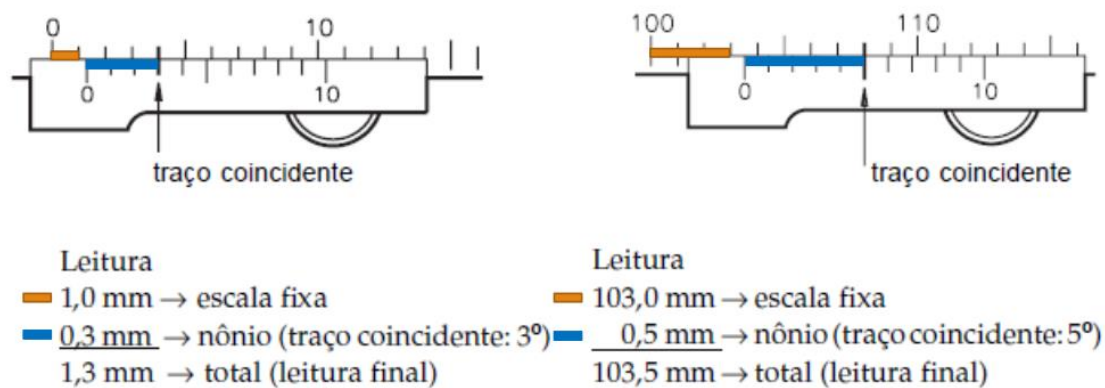


Figura 4.2 – Exemplos de medições no paquímetro.

Como se pode constar nos exemplos acima representados, vê-se num primeiro exemplo o valor inteiro de 1 mm na régua graduada e as casas decimais no cursor, valor esse retirado aquando se verifica uma coincidência entre um valor no nónio e na régua graduada, sendo para o primeiro exemplo o valor de 3 daí o resultado de leitura final ser 1,3 mm.

Já para o segundo exemplo constata-se que a parte inteira antes do zero do cursor é o valor de 103 mm a que acresce 0,5 mm da parte decimal, dando o resultado verificado.

Como foi anteriormente mencionado, na representação seguinte (Figura 4.3), vê-se as diversidades de operacionalidade do aparelho.

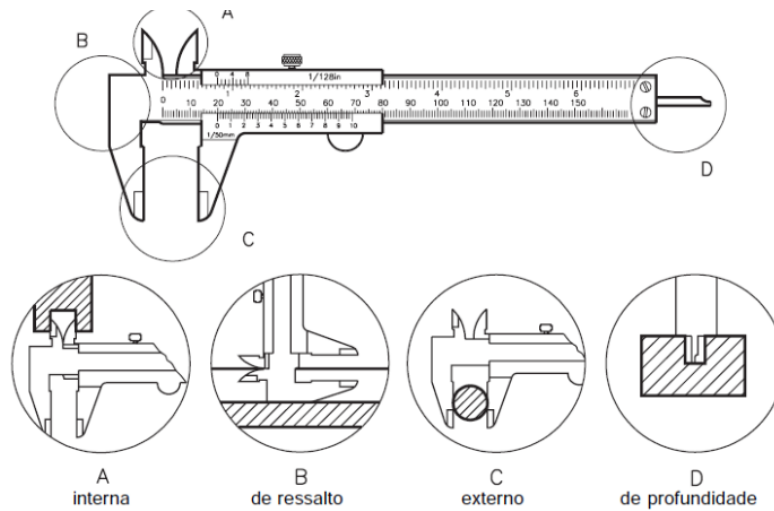


Figura 4.3 – Modos de medição do paquímetro.

Quando na sua utilização se pretende medir medidas internas é conveniente usar a componente das orelhas do paquímetro como se pode ver na anotação A, para medições externas recorre-se à componente dos bicos retirando assim o valor externo pretendido, como se pode verificar no caso C.

Por fim, caso o pretendido seja retirar medidas em profundidade, então usa-se a haste em profundidade até ao ponto a medir, retirando assim o valor, caso D.

Micrómetro:

O micrómetro caracteriza-se por efetuar medições mais rigorosas e mais exatas comparativamente ao paquímetro.

Constituição:

A representação do micrómetro bem como dos seus elementos constituintes pode visualizar-se na Figura 4.4.



Figura 4.4 – Constituição de um micrómetro.

O arco é constituído de aço especial ou fundido, tratado termicamente para eliminar tensões internas residuais que possam ser motivo de erro de resultado.

O isolamento térmico, fixado ao arco, evita a sua dilatação no sentido em que isola a transmissão de calor das mãos do operador para o equipamento, influenciando assim o valor da medição.

O tambor é onde está localizada a escala centesimal, ele roda e está ligado ao fuso micrométrico. Assim a cada volta, o seu deslocamento é equivalente ao passo do fuso micrométrico.

A embraiagem assegura uma pressão constante de medição, por equivalência semelhante ao parafuso de trava do paquímetro que permite reter o valor a medir com precisão.

Por fim, temos a trava que permite imobilizar o fuso micrométrico num valor pré-determinado.

Princípio de funcionamento:

O seu princípio de operação assemelha-se muito a um sistema parafuso-porca, em que existe uma porca fixa e o parafuso móvel que, se der uma volta completa, provocará um deslocamento igual ao seu passo.

Na imagem posterior é notória essa mesma representação.

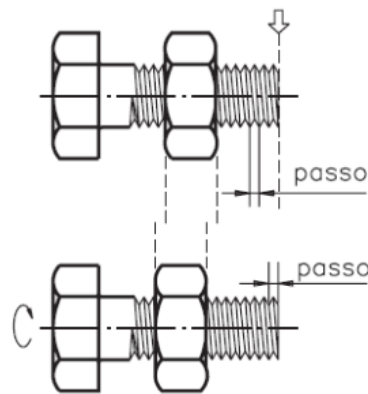


Figura 4.5 – Sistema parafuso-porca.

Exemplos de medições na figura imediatamente abaixo:

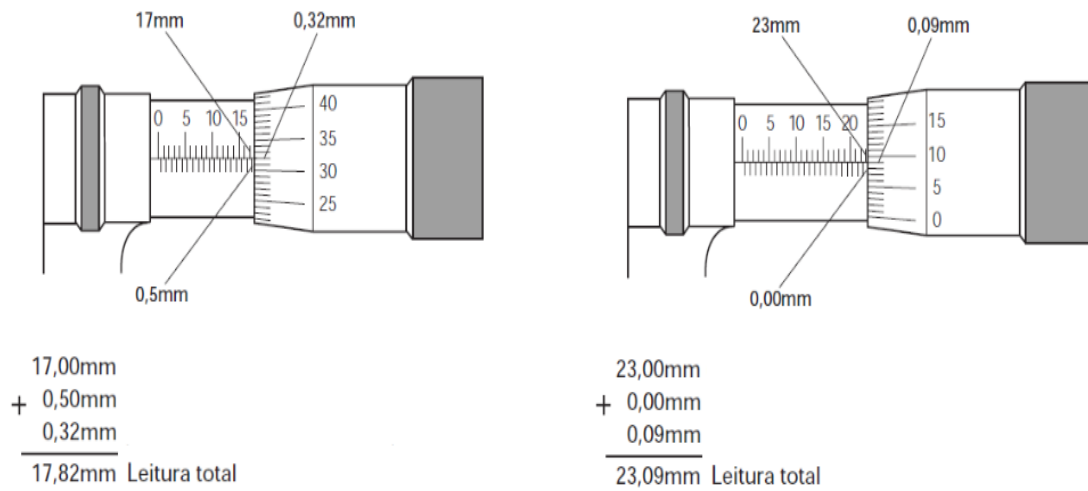


Figura 4.6 – Exemplos de medições no micrómetro.

Com base na figura acima e tendo o primeiro exemplo na base para se compreender o modo de leitura através do micrómetro, começa-se inicialmente por fazer a leitura dos milímetros inteiros na escala da régua, posteriormente a leitura dos meios milímetros também na escala da régua e por fim a leitura dos centésimos de milímetro na escala do tambor.

Desta forma se tem no primeiro exemplo o valor de 17,82 mm (17 mm na primeira leitura, na segunda leitura correspondente aos meios milímetros tem-se 0,5 mm e por fim na leitura dos centésimos tem-se 0,32 mm).

Já para o exemplo de 23,09 mm, na primeira leitura lê-se 23 mm, na segunda 0,0 mm e por fim na leitura centesimal o valor de 0,09 mm, daí se obter o valor de 23,09 mm.

De referir também o facto de este equipamento permitir a medição de medidas internas e externas tal como o paquímetro.

Goniómetro:

Este dispositivo permite efetuar medições/verificações angulares, tal como o próprio nome indica, ou seja, o termo deriva de duas palavras gregas, “gônia” que significa ângulo e “metron” que significa medida, daí a utilização deste instrumento para a medição de medidas angulares, definição segundo (Prestes, 2023).

Constituição:

Na imagem abaixo é possível verificar com algum pormenor os elementos constituintes do equipamento, informações adaptadas de (Prestes, 2023).

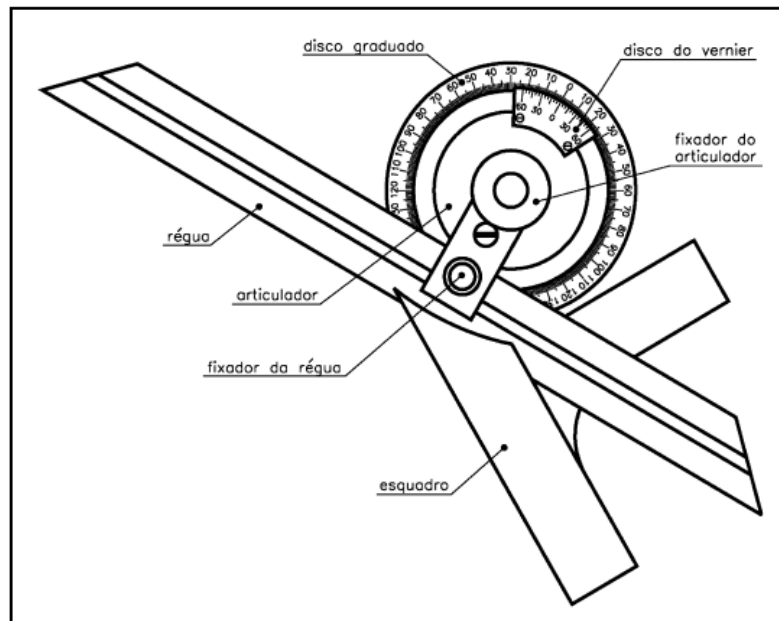


Figura 4.7 – Constituição de um goniómetro.

Princípio de funcionamento:

Os graus inteiros são lidos na graduação do disco, com o traço do zero do nônio. A leitura pode ser feita tanto no sentido horário como no sentido anti-horário. Posteriormente a leitura decimal faz-se a partir do zero do nônio do disco de Vernier.

Nas imagens seguintes, vê-se exemplos de medições que ajudam a compreender o modo de leitura acima mencionado.

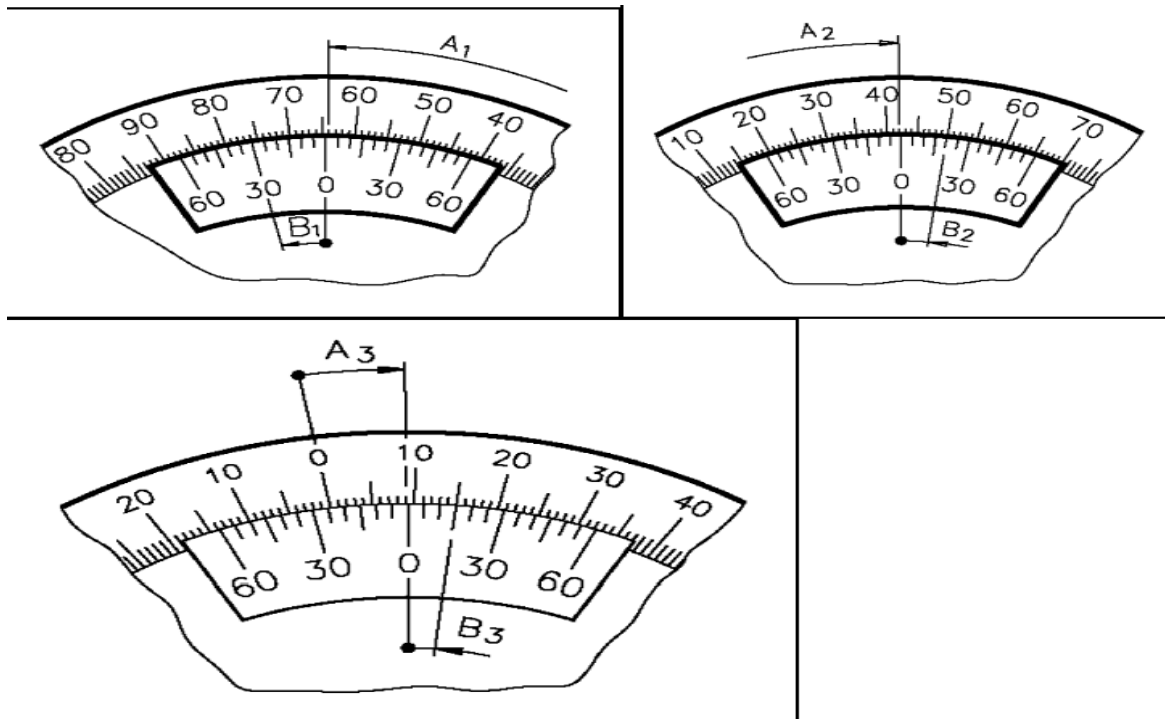


Figura 4.8 – Exemplos de medições no goniómetro.

No exemplo A1, lê-se na escala fixa no sentido anti-horário o valor de 64 graus e através do nônio o valor de 30, dando o valor final de 64,30 graus.

Exemplo A2 – 42,20 graus.

Exemplo A3 – 9,15 graus.

4.2 Serragem

O capítulo seguinte relativo aos processos e tecnologias de serragem existentes, traduzem um conjunto de conceitos essenciais em ambiente industrial.

Neste sentido uma breve introdução aos diversos tipos de secções que podem ser submetidas aos diferentes processos de corte.

Classificação das geometrias dos materiais, Figuras 4.9,4.10,4.11 e 4.12.

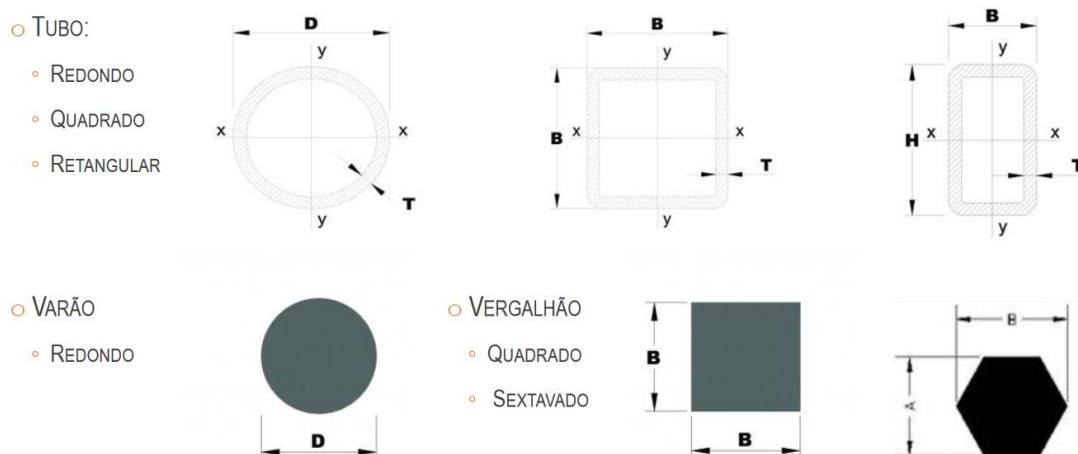


Figura 4.9 – Tipos de perfis.

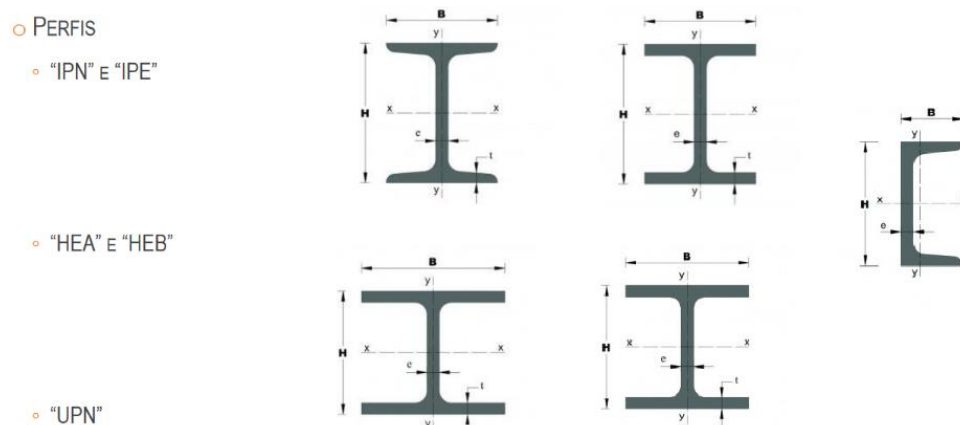
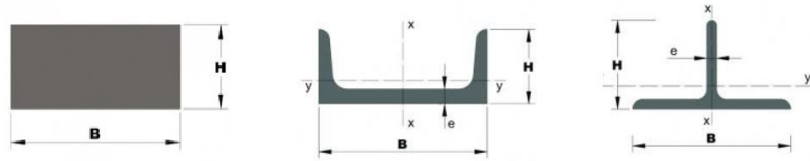


Figura 4.10 – Tipos de perfis.

○ BARRAS

- RETANGULAR
- "U"
- "T"



○ CANTONEIRAS

- ABAS IGUAIS
- ABAS DESIGUAIS

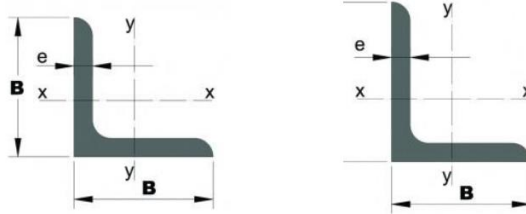


Figura 4.11 – Tipos de perfis.

○ CHAPAS

- INDUSTRIAL (LARGURA 1000, 1250, 1500, 2000, 2500 MM)
- NEGRA (LARGURA 1000, 1250, 1500, 2000 MM)
- DECAPADA (LARGURA 1000, 1250 MM)
- ELECTROZINCADA LISA (LARGURA 1000, 1250, 1500 MM)
- GALVANIZADA LISA (LARGURA 1000, 1250, 1500 MM)
- POLIDA (LARGURA 1000, 1250, 1500 MM)
- XADREZ (LARGURA 1000, 1250, 1500 MM)
- GOTA (LARGURA 1000, 1250, 1500 MM)

Figura 4.12 – Tipos de chapas.

Estas 4 figuras acima referidas são de extrema importância uma vez que ajudam a classificar os vários tipos de perfis que se pode ter num stock de uma unidade fabril e assim utilizar os nomes técnicos coerentes com aquilo que existe no mercado.

Feita esta introdução aos vários tipos de perfis presentes no inventário da empresa, é possível entrar num dos conceitos teóricos de maior abordagem prática ao longo de todo o período de estágio, a serragem.

Corte por Serragem:

Qualquer corpo metálico ou não metálico quando em bruto é submetido a uma série de operações mecânicas simples ou complexas de modo a obtermos uma peça com a forma pretendida através das operações de serragem, adaptado de (Ferreira, 2020).

Assim sendo no decorrer das várias operações mecânicas vai-se arrancando racionalmente o material em excesso, este arrancamento pode ser feito manualmente ou mecanicamente por meio de elementos tecnológicos que designamos de ferramentas de corte.

As operações de serragem podem então ser realizadas por meio de elementos manuais (serrotes manuais) ou elementos mecânicos (serrotes mecânicos).

Serrote Manual:

O serrote manual é uma ferramenta portátil que é utilizada para o corte de peças que não justifiquem o recurso a serrotes mecânicos e como tal, permite a operação em circunstâncias em que tal versatilidade se torna importante.

Na imagem seguinte vê-se a representação esquemática de um serrote manual.



Figura 4.13 – Constituição de um serrote manual.

Constituição:

O sistema é então formado por uma armação em arco dotada de um cabo para o seu manejo. Na armação coloca-se a folha de serrote que representa o elemento cortante e que pode ser sempre efetuada a troca assim que se verifique o seu desgaste.

Ela é colocada numa extremidade do serrote através de um encaixe e apertada na outra extremidade através de uma porca de orelhas que permite tensionar/esticar a folha de serra até ao limite suficiente para que se possa efetuar o corte nas condições plenas de funcionamento.

De referir que o valor de tensionamento da folha de serrote é de elevada relevância, pois um valor elevado pode danificar a mesma e um valor baixo pode revelar-se insuficiente para que se desenrole o corte.

As folhas de serrote manual são formadas por um aço mola resistente e flexível que permite o seu tensionamento e uma linha de ação de dentes feita de aço de alta liga, tal como se pode ver na figura 4.14.

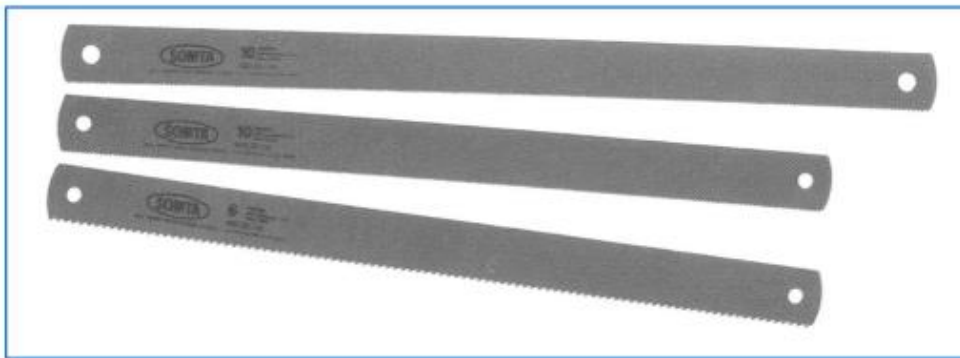


Figura 4.14 – Folhas de serrote - exemplos.

Referir também que quando se pretende o corte de peças de maiores secções usa-se folha de serrote com menor número de dentes por polegada e por oposição, para secções finas recorre-se a um maior número de dentes, para cortes mais finos.

Serrotes mecânicos:

Este tipo de serrotes também designados de máquinas de serrar são máquinas ferramenta que permitem efetuar o corte de materiais de diferentes dimensões, no qual a ferramenta (serra) está dotada de movimento contínuo ou alternativo.

Serrote Alternativo:

Estes tipos de serrotes são idênticos aos serrotes manuais, apenas de maiores dimensões, de maior robustez e de acionamento mecânico.

A armação em arco está presa a uma biela que por sua vez é acionada por um volante.

Quando esta roda, a armação é animada de movimento contínuo de vaivém, semelhante ao movimento de um serrote convencional/manual, como se pode verificar na imagem abaixo.



Figura 4.15 – Serrote alternativo.

Serrote de Fita:

Os serrotes de fita são máquinas constituídas por dois volantes sobre os quais é montada a fita de serra. O movimento é impelido por um motor elétrico que aciona diretamente um dos volantes, o outro roda por arrastamento e tem como objetivo suportar a serra e guiar-lhe o movimento.

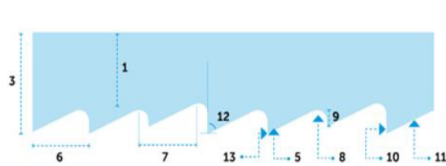
Pode-se verificar a existência tanto de serrotes de fita horizontais e verticais cuja classificação advém da direção de operação do elemento cortante, tal como se pode visualizar na imagem abaixo.



Figura 4.16 – Serrote de fita horizontal e vertical.

De forma que se tenha uma noção dos elementos constituintes de uma folha de serra, pode-se ver na imagem seguinte esses mesmos elementos:

○ A TERMINOLOGIA DE UMA FOLHA DE SERROTE É A SEGUINTE.



1. **CORPO DA FITA** (CORPO DA LÂMINA NÃO INCLUINDO A SECÇÃO DE DENTES DE CORTE);
2. **ESPESSURA** (ESPESSURA DO CORPO DA LÂMINA);
3. **LARGURA** (DISTÂNCIA MÁXIMA ENTRE A PONTA DO DENTE DE CORTE E O LIMITE SUPERIOR DA FITA DE SERRA);
4. **TRAVA** (INCLINAÇÃO LATERAL DOS DENTES, DIREITA OU ESQUERDA, PARA PERMITIR A PASSAGEM DO CORPO DA LÂMINA);
5. **DENTE** (ÁREA DE CORTE DA FITA DE SERRA);
6. **PASSO DE DENTES OU TAMANHO DO DENTE** (DISTÂNCIA ENTRE PONTA DE DOIS DENTES CONSECUTIVOS);

7. **T.P.I.** (DENTES POR POLEGADA, MEDIDO DE GARGANTA A GARGANTA);
8. **GARGANTA** (CURVA ENTRE DOIS DENTES DA LÂMINA);
9. **PROFUNDIDADE/ALTURA DA GARGANTA** (DISTÂNCIA ENTRE A PONTA DO DENTE À BASE DA CURVA);
10. **FACE DO DENTE** (SUPERFÍCIE ONDE SE FORMA A PONTA DO DENTE);
11. **FLANCO DE DENTE** (ÁREA INCLINADA DE SUPORTE AO DENTE);
12. **ÂNGULO DO DENTE*** (ÂNGULO ENTRE A FACE E O FLANCO DO DENTE, MEDIDO ATRAVÉS DA OBSERVAÇÃO DE UMA LINHA PERPENDICULAR LINHA DIRECIONAL DE CORTE DA FITA DE SERRA);
13. **PONTA DO DENTE** (PONTA DE CORTE DA FITA DE SERRA).

Figura 4.17 – Constituição de uma folha de serra.

Passo dos dentes:

Representa a distância entre a ponta de dois dentes consecutivos. Ele deve ser escolhido em função do tipo de secção que se tem para efetuar uma operação de corte.

Por exemplo: materiais de secção reduzida requerem uma folha de serra com um maior número de dentes por polegada (corte fino), enquanto para secções maiores um menor número de dentes (corte grosso). Assim sendo pode-se ter:

Passo constante – espaçamento uniforme entre as pontas dos dentes da serra, Figura 4.18.



Figura 4.18 – Representação de um passo de serra constante.

Passo variável – como a designação sugere, espaçamento variável entre as pontas dos dentes da serra, em que o passo vai progressivamente de um valor maior para menor, Figura 4.19.



Figura 4.19 – Representação de um passo de serra variável.

Importa realçar que na prática tem-se geometrias diversificadas para se efetuar o corte, daí ser mais conveniente ter uma folha de serra com passo variável.

Serrote de Disco:

Este tipo de serrote mecânico tem grande capacidade de corte sendo pouco usado em ambiente mecânico, onde não há a necessidade de se fazer muitos cortes. No entanto são usados com alguma frequência em ambiente de serralharia civil onde se corta diversos tipos de perfis. Na Figura 4.20 vê-se a representação deste equipamento.



Figura 4.20 – Serrote de disco.

A escolha do elemento cortante (disco) mais uma vez depende da secção e tipo de material que se tem para cortar, materiais de maior resistência, discos de alta liga.

Refrigeração:

Feita a introdução aos vários tipos existentes de serrotes mecânicos, entra-se na parte imprescindível para que se desenrole um corte eficiente e seguro, a componente da refrigeração ao longo da operação de corte.

As folhas de serra quando estão em pleno esforço de corte, libertam grandes quantidades de calor, que surgem devido ao atrito que existe entre a folha de serra e o material a cortar que advém da elevada velocidade de rotação.

Assim é imperativo o uso de elementos que reduzam este efeito, ou seja, uma refrigeração que garanta a maior vida da serra como evite que o calor chegue a provocar deformação microestrutural na peça que se está a cortar.

Ela pode ser garantida através do recurso a água com óleos solúveis (parafina) ou óleos de corte puros.

Outro elemento fulcral de uma operação de corte, traduz-se na fixação da peça a cortar. A peça deve ser colocada na mesa de corte da máquina e apertada através do sistema de aperto existente, dependendo do tipo construtivo da máquina de corte, mas sempre de tal forma que o corte se verifique pela **menor secção possível**.

Na figura que se encontra imediatamente abaixo é possível verificar um posicionamento correto e incorreto.

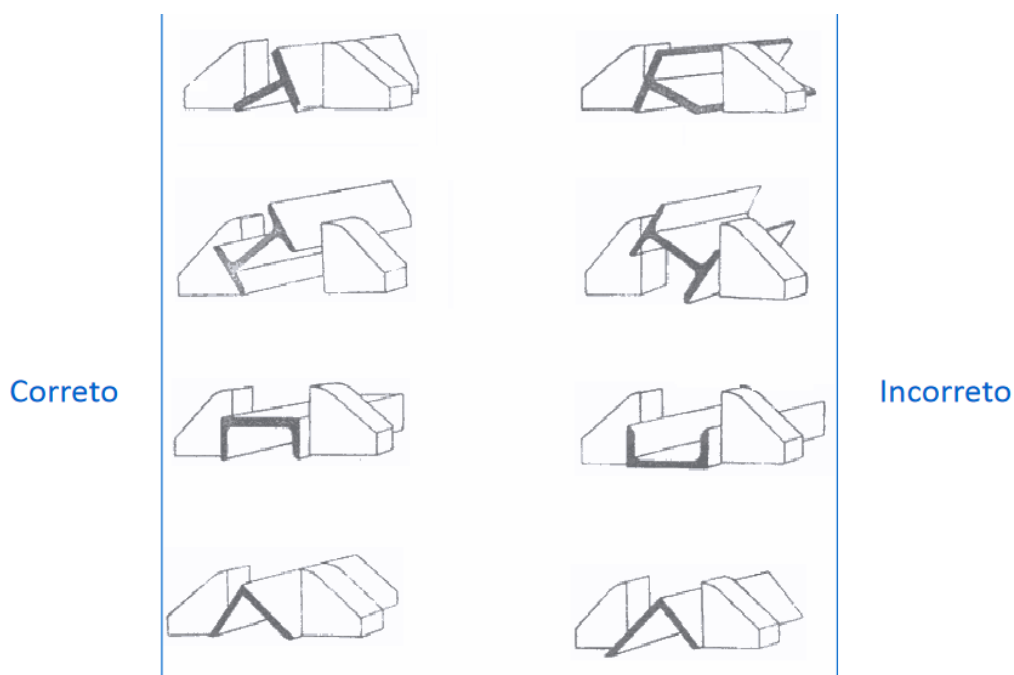


Figura 4.21 – Modo de posicionamento de um componente a cortar.

4.3 Furação

Outro processo de fabrico relevante no meio industrial, é a furação que pode ser feita em diversos tipos de equipamentos, normalmente implementado em máquinas de furar, também designadas de furadeiras ou engenhos de furar e a sua constituição traduz-se numa árvore onde se fixa a ferramenta que irá girar a uma determinada velocidade, informações segundo (Ferreira, 2020).

A árvore apresenta uma direção de trabalho que é no sentido do seu eixo, sendo que a peça a furar está fixa numa mesa podendo esta ser movimentada para o adequado posicionamento antes que se efetue o processo de furação.

A figura abaixo traduz esquematicamente a constituição de um engenho de furar.

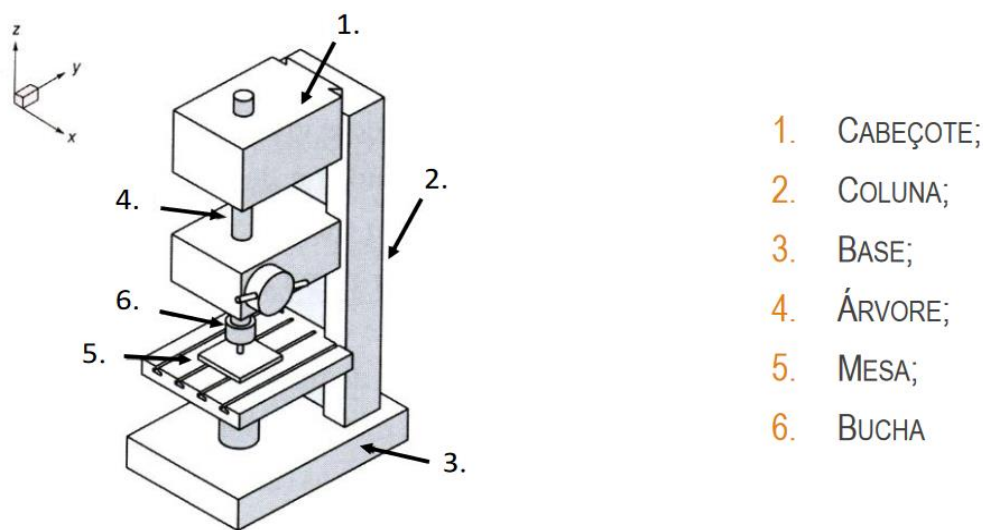


Figura 4.22 – Constituição de um engenho de furar.

No mercado é possível ter-se o acesso a diversos tipos de máquinas para esta finalidade tais como se pode ver seguidamente:



Figura 4.23 – Variedade de aparelhos de furar.

Elemento cortante – Brocas:

São os elementos ativos do processo de furação, isto é, permitem a abertura de furos, possuem duas arestas de corte e sulcos helicoidais por onde corre a apara.

O ângulo formado na ponta da broca varia entre 90 e 150 graus de acordo com a dureza do material a furar.

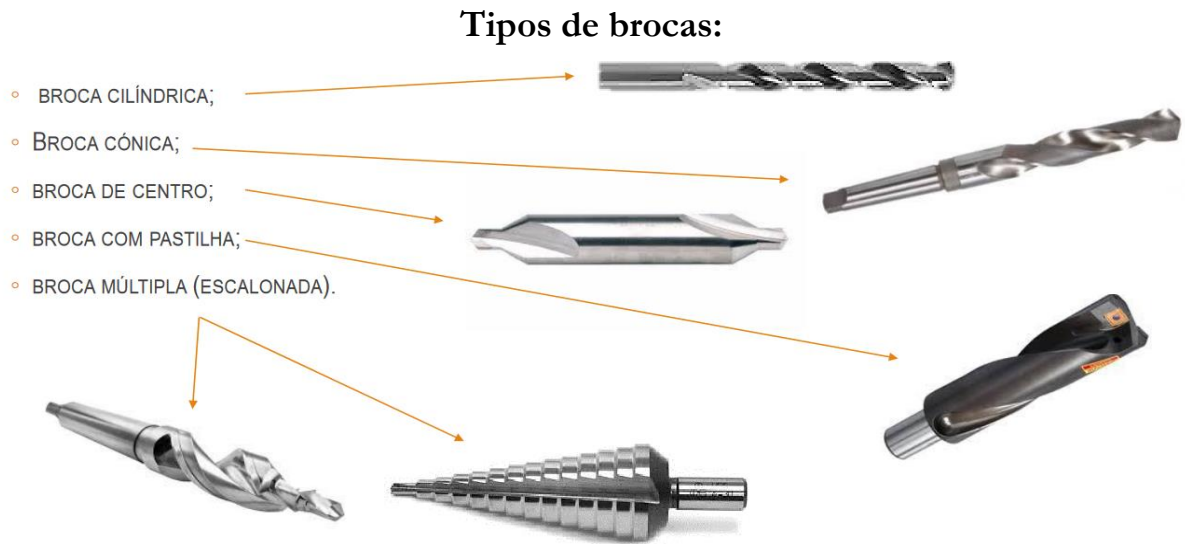


Figura 4.24 – Tipos de brocas.

Cada tipo de broca tem a sua utilização, por exemplo a broca de centro é uma broca curta e de diâmetro relativamente grande devido à sua elevada rigidez.

Impede assim que ocorra flexão ao furar um determinado material e que o furo seja executado no local correto, normalmente é uma broca de inicialização de furação.

As brocas de pastilha muita utilizadas em altas produções, nomeadamente em maquinação CNC, devido à rapidez e simplicidade em se manter a afiação do gume cortante e para maquinação de geometrias complexas.

As brocas múltiplas ou escalonadas são especialmente afiadas para executar furos complexos em apenas uma operação, sendo que a sua principal aplicação é voltada para grandes produções onde o custo de preparação de brocas especiais vai sendo atenuado na execução de grandes lotes em tempos mais reduzidos.

Refrigeração:

Tal como já tinha sido motivo de realce no processo de serragem, também na furação a questão da refrigeração é imprescindível não apenas ao nível de eficiência do processo, mas também em termos de garantia das propriedades microestruturais da peça submetida ao processo em questão.

Desta forma a refrigeração permite por um lado o não sobreaquecimento da ferramenta cortante bem como o auxílio na remoção da apara formada durante o processo de corte. Pode-se ter brocas com canais de passagem do elemento refrigerante que encaminha o fluido até ao local da furação ou até, quando não se possui tais canais, a furação tem de ser intercalada com a remoção da apara (furação por passagens).

Na imagem seguinte é possível verificar o processo de refrigeração em brocas com canais internos e assim implementar o furo numa única passagem.

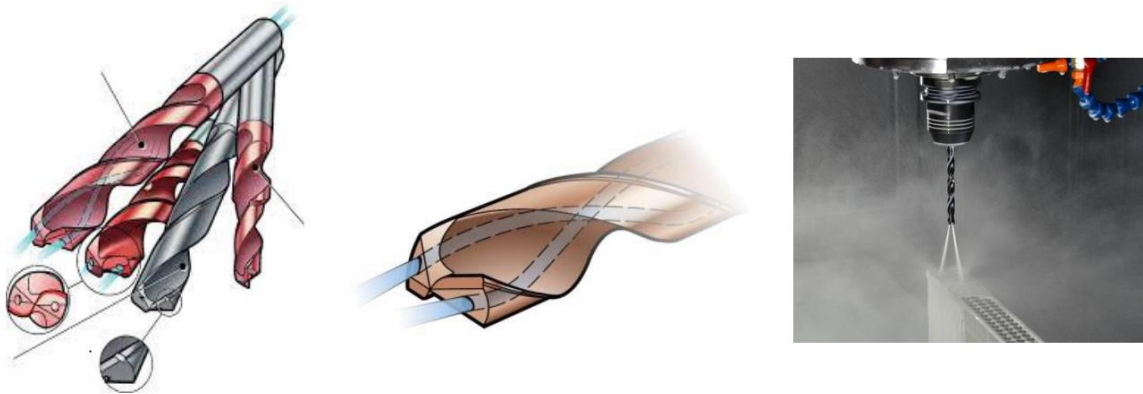


Figura 4.25 – Refrigeração de brocas internamente.

4.4 Roscagem

A roscagem surge como processo posterior à furação, no sentido em que quando para uma dada aplicação se pretende a abertura de uma determinada rosca, então primeiramente efetua-se o processo de furação e só depois a abertura da rosca.

Consiste num processo de fabrico complexo que resulta na abertura de roscas internas e/ou externas.

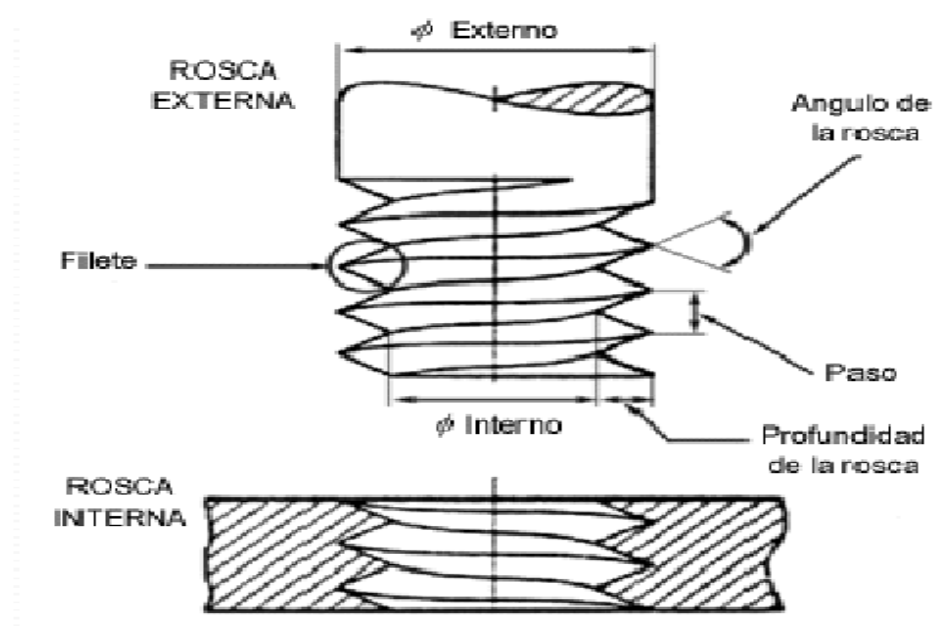


Figura 4.26 – Representação de parâmetros de roscagem.

Roscagem manual:

Metodologia de uma roscagem manual:



Figura 4.27 – Procedimento de abertura de roscas.

Desta forma num processo de **roscagem manual**, tanto o macho de roscar como o caçonete são manobrados manualmente e então é necessário montá-los num braço metálico com que se faz a rotação, braço esse que se designa de “**desandador**” no caso do **macho de roscar** (roscagem interior) e “**tarraxa**” no caso do **caçonete** (roscagem exterior).

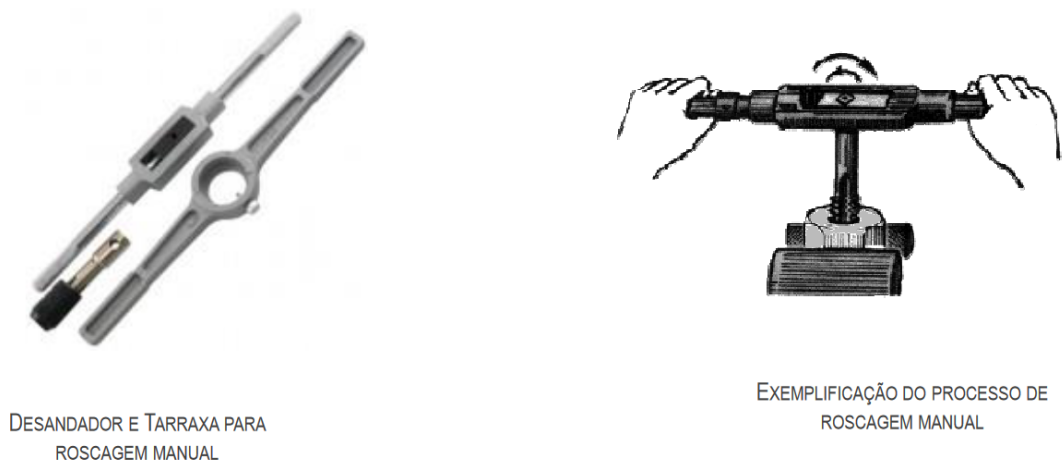


Figura 4.28 – Dispositivos para abertura de roscas.

Roscagem máquina:

Este tipo de operação pode ser efetuado de diferentes maneiras, tais como:

Torno mecânico;

Fresadoras;

Engenhos de furar

Assim sendo e como é de fácil associação são utilizados machos máquina, sendo estes de três tipos:

1º macho de desbaste

2º macho de pré acabamento

3º macho de acabamento

Tem sido uma forte aposta do meio industrial quer por razões de economia de tempo na execução, quer pelo facto de a máquina executar o furo prévio, posteriormente a rosca, usando a mesma montagem da peça na máquina.

É um tipo de roscagem relacionada com a componente CNC, um controlo numérico computadorizado em que diversos fatores entram em linha de conta, sendo eles:

MATERIAL DA PEÇA A ROSCAR

MATERIAL DO MACHO

FURO CEGO OU PASSANTE

VELOCIDADE DE CORTE

LUBRIFICANTE

GEOMETRIA DE CORTE

TIPO DE MÁQUINA E CABEÇA DE ROSCAR

PRECISÃO DA ROSCA OBTIDA

DIÂMETRO DO FURO PRÉVIO A ROSCAR

AFIAMENTO CORRETO DO MACHO

EMPREGO DO MACHO ADEQUADO

$$n = \frac{1000 \times V_c}{\pi \times D_c} \quad s = n \times p$$

N - NÚMERO DE ROTAÇÕES POR MINUTO (RPM)

V_c - VELOCIDADE DE CORTE (M/MIN)

D_c - DIÂMETRO DA ROSCA DO MACHO

S - AVANÇO (MM/MIN)

P - PASSO DA ROSCA

Figura 4.29 – Parâmetros de roscagem mecanizada.

4.5 Processos de conformação Plástica

4.5.1 Forjamento (Forging):

4.5.1.1 Conceito:

Consiste essencialmente na aplicação de forças de compressão sobre uma determinada peça de forma que ela adquira o perfil ou desenho da ferramenta de trabalho.

4.5.1.2 Tipos:

Existem dois tipos de processos de forjamento, pode-se ter:

Forjamento em matriz aberta:

O processo de fabrico dá-se entre uma matriz superior e uma matriz de base. As peças são então moldadas de forma constante na configuração seleccionada através do “martelamento” ou pressão da peça de trabalho.

Forjamento em matriz fechada:

Nesta modalidade o material é colocado em matrizes embutidas, sendo posteriormente pressionado hidraulicamente ou mecanicamente até se obter a forma desejada, imprimida pela forma das matrizes.

4.5.1.3 Aplicações:

Os processos de forjamento são essencialmente usados no mercado automóvel, indústria aeroespacial, eletrodomésticos, produtos médicos, entre outros, sendo por isso bastante utilizada, como tecnologia de fabrico.

4.5.2 Laminagem:

4.5.2.1 Conceito:

Essencialmente traduz-se em fazer passar uma determinada placa de material por entre dois rolos que giram em sentidos opostos. Durante a passagem, o material deforma-se ficando com menor espessura, maior largura e maior comprimento.

Na imagem abaixo é possível verificar a representação gráfica do processo acima descrito.

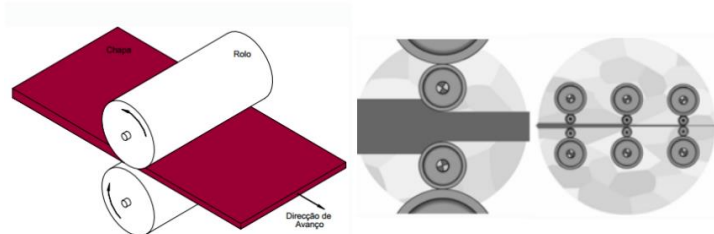


Figura 4.30 – Processo de conformação - Laminagem.

4.5.2.2 Aplicações:

É um processo muito usado na produção de produtos planos, nomeadamente chapas das mais variadas espessuras.

Pode ser realizada a frio ou a quente dependendo dos requisitos pretendidos para a peça final, em que a laminagem a frio confere um melhor acabamento superficial e também uma precisão dimensional boa, pois não existem problemas relacionados com a contração do material devido ao arrefecimento.

Por oposição quando se pretende uma maior redução de espessura de material ou para laminagem de materiais de maiores valores de dureza, é benéfico o recurso a uma laminagem a quente em que as forças de coesão microestruturais do material são menores e daí ser mais fácil reduzir a espessura do material.

4.5.3 Extrusão:

4.5.3.1 Definição:

O processo baseia-se em fazer passar material por entre uma matriz com uma determinada forma que será responsável pela geometria adquirida da peça final.

Como é possível visualizar na imagem abaixo, o princípio de funcionamento centra-se na ação de um pistão/êmbolo que quando acionado impele o material na direção da matriz fazendo com que se forme o perfil extrudido.

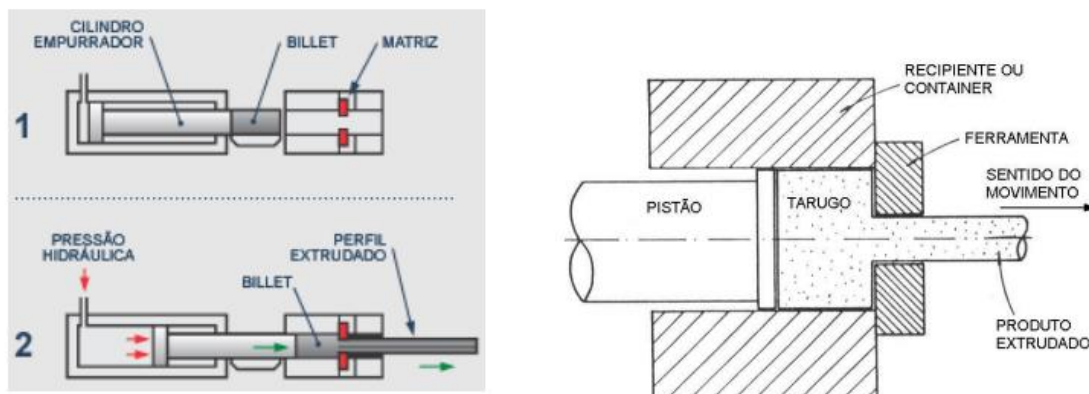


Figura 4.31 – Processo de conformação - Extrusão.

4.5.3.2 Aplicações:

Esta tecnologia é muito vista em estruturas perfiladas de diversas configurações em janelas de habitações, portas, perfis que apresentam características de terem sido obtidos pela passagem numa matriz própria daquela forma.

4.5.4 Trefilagem:

4.5.4.1 Definição:

Neste processo a matéria-prima é forçada a passar através de uma fieira (nome dado às matrizes de trefilagem), em que aplicando uma força de tração na saída o material vai sofrendo deformação plástica, dando origem a um produto de menor secção transversal e com maior comprimento.

Aplica-se fundamentalmente na concessão de peças que possuem simetria axial de revolução, destacando-se desde logo a produção de arame e também a produção de tubo que embora o processo primário de produção seja outro, a trefilagem assume especial relevância apenas para reduzir o diâmetro.

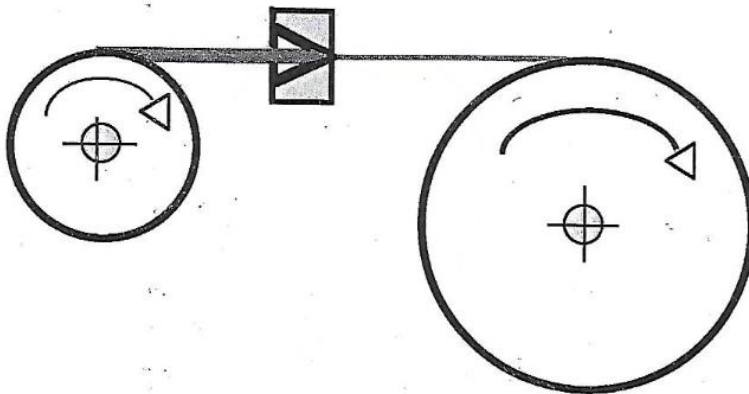


Figura 4.32 – Processo de conformação - Trefilagem.

4.5.5 Estiramento:

4.5.5.1 Definição:

O conceito base assemelha-se muito ao processo de trefilagem, com a diferença de o material passar por uma fieira com um furo no centro, adaptado de (Carrapichano, 2020).

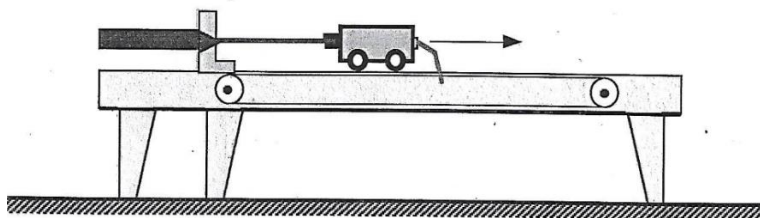


Figura 4.33 – Processo de conformação - Estiramento.

4.6 Tecnologias de Fabrico

Segue-se uma abordagem às várias tecnologias de fabrico existentes atualmente, que se centram essencialmente na base de processos subtrativos, processos aditivos e pela técnica da engenharia inversa sobre os materiais.

4.6.1 Corte por jato de água:

Contextualização:

Inicialmente foi desenvolvida para o corte de materiais com propriedades mecânicas mais vantajosas ao corte, ou seja, para o corte de materiais de menores valores de dureza, bem como resistência mecânica. Passados alguns anos e com a adição de certos elementos que permitissem o corte de materiais com propriedades mecânicas consideráveis, foi possível o corte de materiais de diversas classes não só para materiais não metálicos, como também para materiais metálicos, compósitos e outros tipos de elevada dureza e desta forma a tecnologia tornou-se competitiva no meio industrial devido essencialmente à sua versatilidade na sua utilização, (Ferreira, 2020).

Esta técnica de produção tem ganho cada vez mais utilidade pois apresenta vantagens técnicas, económicas e/ou ambientais em relação a outras tecnologias de corte.

Constituição:

Na Figura que se segue é possível visualizar a parte operacional de todo o sistema e ter assim uma noção da sua constituição.

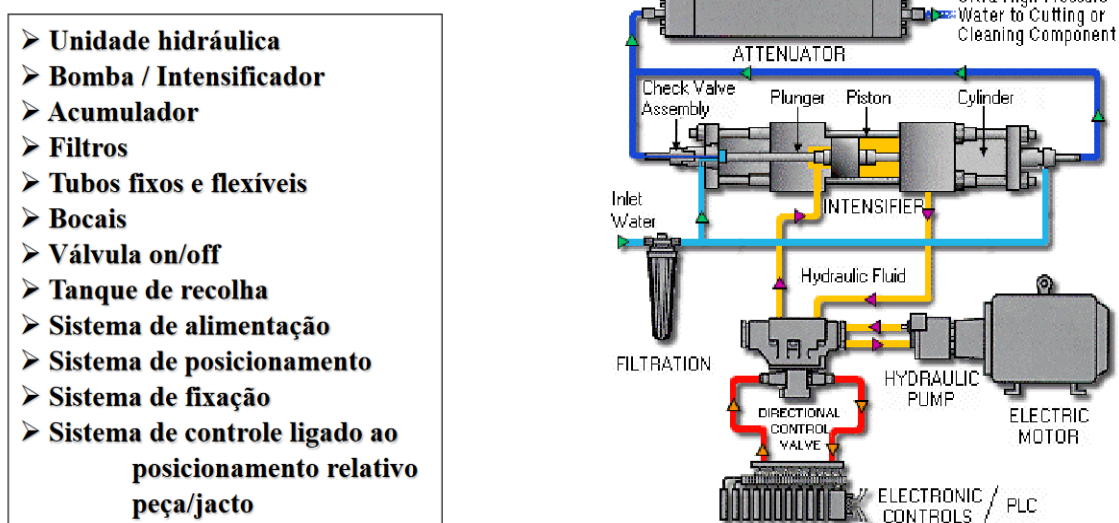


Figura 4.34 – Constituição de um sistema de corte por jato de água.

Unidade hidráulica – sistema de alimentação de água:

Recebe a água da rede pública que se encontra a sensivelmente 3-4 bar de pressão nominal, passa pela secção da filtragem através dos filtros;

Uma pré-bomba que permite uma primeira elevação do nível da pressão do sistema (6 bar);

Posteriormente ocorre deslocação do fluido até a uma bomba principal e é aí que ocorre a elevação da pressão até ao nível suficiente para que o processo decorra adequadamente, na ordem dos 3000 bar;

Intensificador que permite um bombeamento uniforme contínuo;

Acumulador que permite pequenas flutuações de pressão e assim regularizar o débito de saída do fluido.

Desta feita e por intermédio de tubos de alta pressão, ligações flexíveis e serpentinas, o líquido é propulsionado através de um bocal, usualmente em metal duro ou em safira que assegura a coerência e diâmetro do jato.

Parâmetros operatórios:

São diversos os parâmetros que influenciam a capacidade de corte desta tecnologia, tais como:

- Velocidade de translação do eixo da máquina;
- Número de passagens, jato abrasivo simples de múltiplas passagens ou jato abrasivo múltiplo de passagem única;
- O tipo de abrasivo, dimensão das partículas, a sua taxa de alimentação/débito;
- O ângulo de ataque geralmente 90 graus.
- Pressão e débito da água;
- Capacidade de mistura dos elementos abrasivos com a água, comprimento e diâmetro dos tubos de mistura essenciais ao transporte do jato com abrasivo, à aceleração do abrasivo e o “focar” do abrasivo;
- Distância bocal/peça (“Stand-off”);

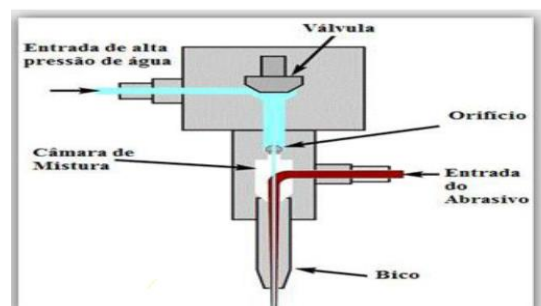


Figura 4.35 – Cabeça de corte - sistema jato de água.

Aplicações:

O processo de corte por jato de água pode ser realizado através de água no seu estado puro ou então com a introdução de elementos que ajudam na eficiência do corte, elementos estes que designamos de partículas abrasivas.

Podem ser essencialmente partículas de sílica e de granada que quando misturadas com a água, permitem uma capacidade de corte muito superior. O que se verifica de grosso modo é a transferência da energia da água para as partículas abrasivas, ocasionando um aumento exponencial da velocidade de corte.

Deste modo garante-se uma extensa área de aplicabilidade para esta tecnologia, tais como:

- Corte de materiais das mais variadas classes, quer do grupo dos materiais metálicos, quer de materiais cerâmicos;
- Corte de produtos alimentares, usado devido às suas características em ambientes alimentares;
- Furação de peças dos vários grupos de materiais;
- Limpeza com jato de água, dependendo do nível de pressão usado, pode-se usar para limpeza de condutas, esgotos, remoção de pinturas, entre outras.

Vantagens:

Praticamente todas as classes de materiais podem ser processadas por esta tecnologia de fabrico;

Não se verifica um aumento de temperatura na zona de contacto, evitando-se assim a alteração das propriedades dos materiais cortados, tais como deformações que possam ser introduzidas durante o processo de corte;

Não existe praticamente produção de poeiras ou gases tóxicos;

A largura de corte produzida é estreita e, portanto, os desperdícios de corte são pequenos;

Não existe contacto físico entre a ferramenta e o material;

Quando comparado com outros processos em termos energéticos, o consumo é relativamente baixo por oposição à tecnologia de corte a laser;

Não envolve trocas de calor nem faíscas, logo baixo risco de explosão.

Desvantagens:

Ter especial cuidado com a libertação de lama resultante do corte, devendo assim ter o cuidado da recolha para tanques próprios;

Nível de ruído elevado, especialmente devido ao sistema hidráulico.

Equipamento:

Relativamente à cabeça de corte tem-se:

Para jato de água pura:

JACTO DE ÁGUA PURA
➤INLET WATER – Tubo de admissão de água
➤JEWEL – Orifício constituído por uma pedra preciosa (diamante ou safira)

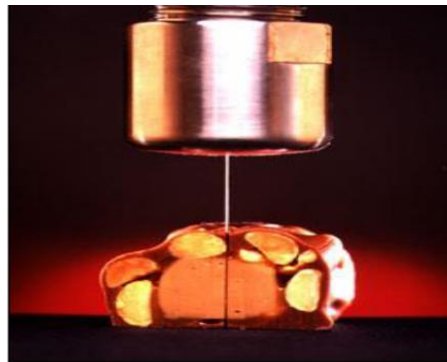


Figura 4.36 – Corte por jato de água pura.

Para jato de água com abrasivo:

JACTO DE ÁGUA COM ABRASIVO
➤INLET WATER – Tubo de admissão de água
➤JEWEL – Orifício constituído por uma pedra preciosa (diamante ou safira)
➤ABRASIVE – Entrada para as partículas abrasivas
➤GUARD – Protecção do bico da cabeça de corte
➤MIXING TUBE – Tubo de mistura

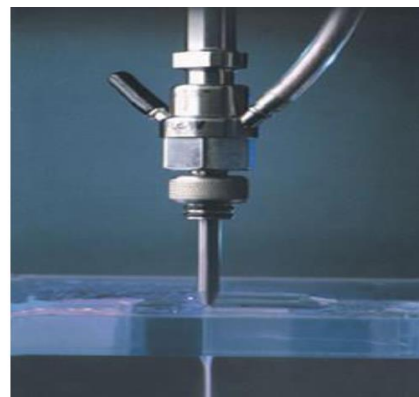


Figura 4.37 – Corte por jato de água com abrasivo.

4.6.2 Corte a laser:

Contextualização:

Esta modalidade de fabrico tem vindo a ganhar cada vez mais relevância no meio industrial tendo aplicações em diversas áreas, como na indústria aeroespacial, metalomecânica, indústria naval, automóvel, entre outras.

A precisão do corte a grandes velocidades e a ajustabilidade, sem que haja contacto físico com a peça, fazem do laser a ferramenta ideal para o corte de chapas finas.

Definição:

O LASER cujo acrónimo se designa por Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, ou seja, numa tradução literal tem-se amplificação da luz por emissão estimulada de radiação, retirado de (Ferreira, 2020).

Um feixe de laser consegue cortar, fundir, ligar através do uso de uma forma inteiramente nova capaz de produzir feixes de luz que atingem grandes quantidades de energia através de longas distâncias. Por esta razão os metais atingem temperaturas extremamente elevadas na zona de incidência do feixe.

Princípio de funcionamento:

Um feixe de luz de elevada intensidade é produzido numa fonte de energia, este feixe é focado na superfície do material através de um sistema ótico. Esta mancha focal é geralmente muito pequena produzindo assim densidades de energia muito elevadas num determinado ponto.

Este feixe de elevada densidade aquece rapidamente o material na zona de interação, acima do seu ponto de fusão, e em toda a sua espessura.

Através da injeção de gás coaxial pressurizado, dá-se a expelição do material fundido da zona de interação, obtendo-se assim a separação das partes.

Na imagem abaixo vê-se a representação da “cabeça de corte” de um determinado tipo de laser.

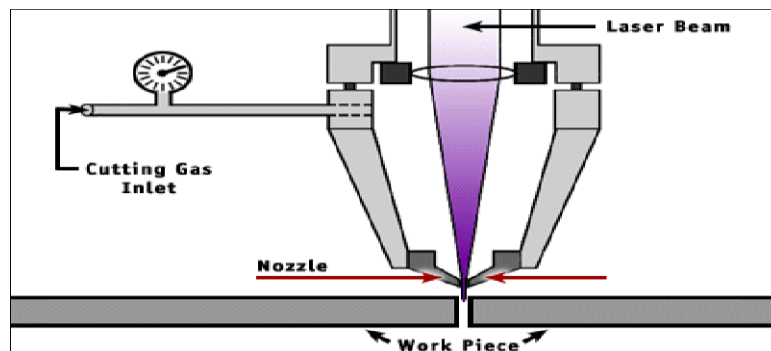


Figura 4.38 – Cabeça de corte - sistema laser.

No corte de metais por laser, tem-se normalmente o nitrogénio ou o oxigénio que serve de elemento do meio ativo.

Assim existe um gás suplementar injetado axialmente que tem como função remover o material acumulado.

Constituição:

Um laser é formado por 3 elementos principais, são eles:

Meio ativo – que contém os elementos responsáveis pela emissão estimulada;

Fonte de excitação – fornece energia ao meio e pode ser corrente elétrica, radiofrequência, um feixe de eletrões, outro feixe laser ou mesmo uma lâmpada flash;

Cavidade de ressonância – delimita o volume que contém os fótons ou a radiação laser produzida e é responsável pela manutenção da inversão da população, que é fundamental para assegurar que o número de átomos excitados seja maior que o número de átomos no estado fundamental, ou seja, para manter a emissão constante e continua de fótons.

Características do corte:

- As larguras de corte produzidas são muito pequenas, aumentando, contudo, com a espessura;
- As superfícies de corte apresentam geralmente estrias e rebarbas na face oposta à da incidência do feixe de luz;
- A extensão da zona termicamente afetada é mínima, não só porque a entrega térmica do processo é muito pequena como também porque o gás flui ao longo das paredes do material, levando assim à dissipação da energia térmica.

Aplicações:

O campo de aplicação é extenso devido às várias vantagens que traz no seu funcionamento, aplicações essas ao nível do corte e furação de materiais metálicos.

Vantagens:

- Baixa entrega térmica, consequentemente zonas termicamente afetadas baixas e com distorções mínimas;
- Larguras de corte pequenas, originando assim cortes muito precisos em que as tolerâncias geométricas e dimensionais podem ser perfeitamente controladas, mesmo em peças de geometrias complexas;
- Ausência de contacto físico entre a peça e a “ferramenta de corte”, tal conduz à ausência de deformação na superfície de corte;
- Flexibilidade, pois permite cortar uma grande diversidade de materiais, com espessuras diferentes e sem ser necessário mudar de “ferramenta de corte”;
- O processo pode ser completamente controlado por comando numérico computadorizado, ou seja, se o CNC estiver ligado a um sistema de desenho assistido por computador (CAD), qualquer peça desenhada em ambiente CAD é imediatamente transferida para o CNC e executado o corte.

A flexibilidade do laser enquanto ferramenta permite num tempo mínimo, cortar diferentes peças de acordo com as exigências da produção;

- Comparado com processos convencionais, o laser é muito mais rápido;
- Devido à pequena largura dos cortes, à automatização do processo e ao controlo numérico computadorizado, os desperdícios de material são mínimos. Traduz-se num processo silencioso, rápido e limpo podendo produzir formas complicadas, difíceis de executar por processos convencionais.

Desvantagens:

- Elevado custo inicial do sistema laser, o que requer um estudo económico cuidado para análise da viabilidade do investimento;
- As potências disponíveis limitam o corte a espessuras relativamente baixas e a materiais de baixa refletividade. No corte de materiais não metálicos pode ocorrer degradação química por efeito térmico da radiação;
- Formação de fumos tóxicos;
- Dificuldade de corte de materiais de elevada condutividade e refletividade, como exemplo o alumínio e o cobre.

4.6.2.1 Aplicabilidade Prática:

No que diz respeito à articulação dos conceitos da tecnologia laser com a experiência prática desenvolvida ao longo do período de estágio, teve um conjunto de trabalhos que merecem o realce e tais podem ser visualizados nas próximas figuras.

Figuras que demonstram a modelação tridimensional de componentes, para a sua otimização na sua produção fabril. Desta forma é possível verificar a articulação entre as tecnologias CAD e CAM e posteriormente a extração do ficheiro para a produção em ambiente fabril.

Desenvolvimento de um estrado universal:

Todos os modelos de betoneira tem associados um estrado que permite alojar o motor do equipamento. Neste sentido este estrado universal teve como requisito central, desenvolver uma geometria que permitisse suportar num mesmo modelo de betoneira, 4 tipos diferentes de motores.

Nesse sentido, fez-se uma pesquisa prévia de forma a chegar às medidas necessárias de fixação dos vários motores no respetivo estrado, e o resultado pode ser visualizado na Figura 4.39.

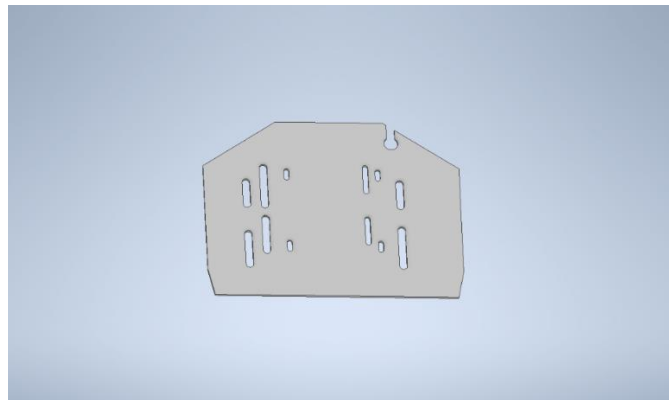


Figura 4.39 – Modelação tridimensional de um estrado universal.

Algoritmo para produção do componente:

- Desenho da geometria através de um software de modelação 3D;
- Geração do caminho da ferramenta de corte (código CNC), seguindo-se a extração do ficheiro com o respetivo código de corte;
- Produção da peça na puncionadora, obtendo-se assim o componente fisicamente.

Desenvolvimento de programas de corte para o laser:

Algoritmo:

- Desenho dos componentes a fabricar (ficheiros CAD, Figuras 4.40,4.41,4.42);
- Geração da trajetória de corte (ficheiro CAM);
- Extração do ficheiro para a máquina de corte (exemplo de código, Figura 4.43);
- Produção da peça no laser (figura 4.44).

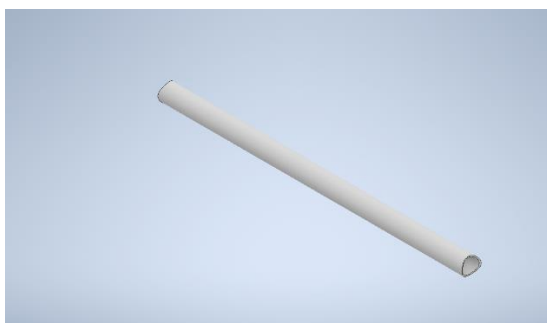


Figura 4.40 – Largura da capota modelada - Representação CAD.

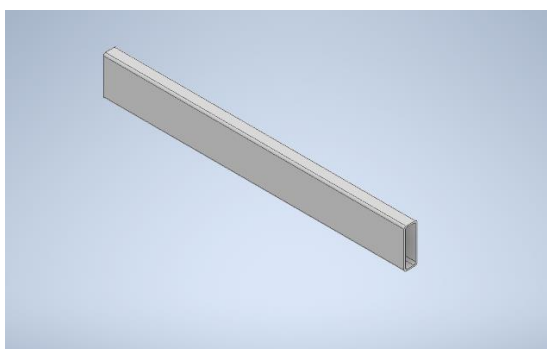


Figura 4.41 – Base de barreira de segurança modelada - Representação CAD.



Figura 4.42 – Curva do braço de uma betoneira - Representação CAD.

Depois de geradas as trajetórias de corte da ferramenta cortante, gera-se um ficheiro de código e a sua exportação para a máquina de produção, permite a respetiva leitura das instruções de corte e consequentemente a produção prática das peças pretendidas.

```
N515 (===== END HEADER =====)
N525(=====Assemble Part A1 =====)
N535 S1
*N545 P058 = 454.450
N555 G241L1
N565 G0 X8.866 Y0.000 A16.994
N575 G0 Z12.500
N585 G10
*N595 P316=605,P309=X-G54X,P310=Y-G54Y,P311=Z-H020,P312=A-G54A,P315=1
N605 G31
N615 Q=P301
N625 G4
N635 G1 X11.631 Y0.000 Z12.500 A11.653 F=P370
N645 G4 F15
N655 G1 X11.461 Y0.000 Z12.500 A9.780 F=P201
N665 G1 X11.304 Y0.000 Z12.500 A7.992
N675 G1 X11.160 Y0.000 Z12.500 A6.289
N685 G1 X11.028 Y0.000 Z12.500 A4.670
N695 G1 X10.956 Y0.000 Z12.500 A3.746
N705 G1 X10.886 Y0.000 Z12.500 A2.831
N715 G1 X10.819 Y0.000 Z12.500 A1.926
N725 G1 X10.755 Y0.000 Z12.500 A1.030
N735 G1 X10.693 Y0.000 Z12.500 A0.143
N745 G1 X10.635 Y0.000 Z12.500 A-0.734
N755 G1 X10.436 Y0.000 Z12.500 A-3.996
N765 G1 X10.276 Y0.000 Z12.500 A-7.121
```

Figura 4.43 – Exemplo das instruções de corte geradas.

Produção prática do componente (Figura 4.44).



Figura 4.44 – Produção do componente na máquina de corte a laser.

Desenvolvimento de uma régua vibratória:

Outro trabalho implementado, que teve como principal motivação a implementação de uma régua vibratória em 3D CAD para envio do ficheiro 2D, de forma à aquisição de um molde para a respetiva produção da régua.

Também neste trabalho, diversos foram os conceitos teóricos utilizados para alcançar o resultado pretendido, mas com especial relevância a componente de metrologia, no sentido de se retirar medidas o mais precisas possíveis, para não ocorrer erros de medidas no fabrico do molde.

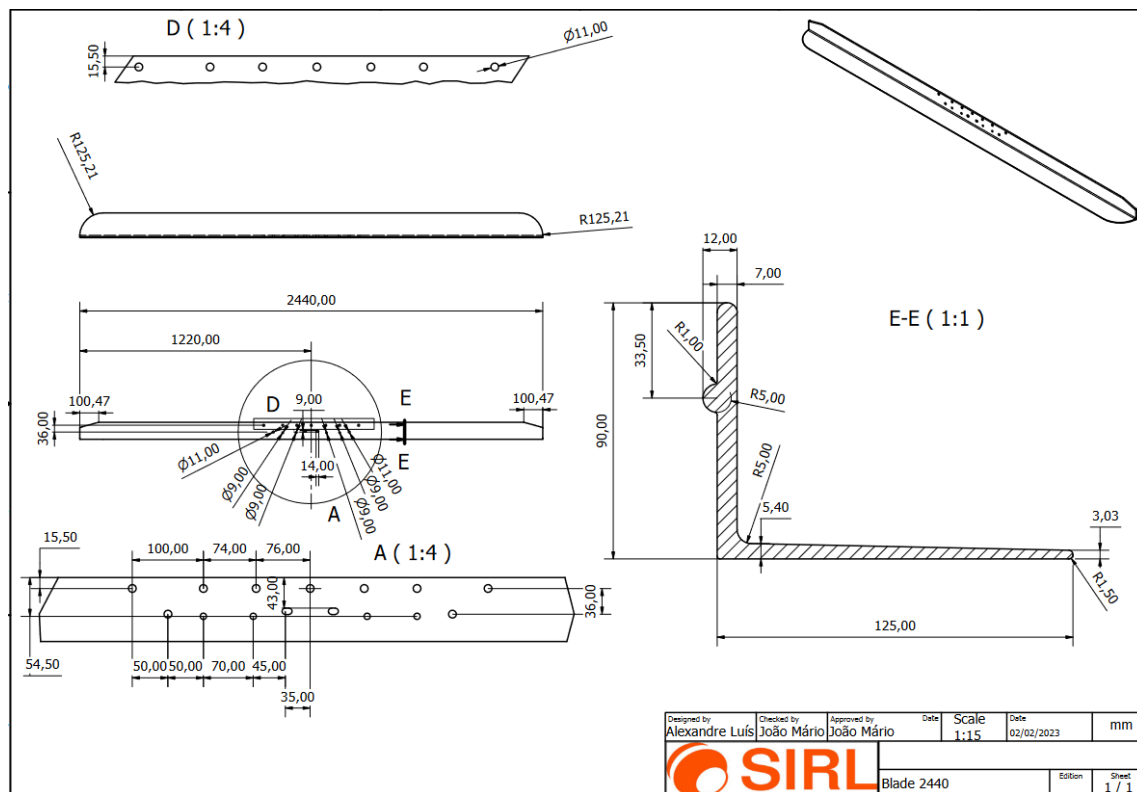


Figura 4.45 – Régua vibratória - Representação 2D.

Desenvolvimento de um sistema mecânico para um posto robótico:

A motivação deste trabalho foi o desenvolvimento de um sistema mecânico que permitisse por um lado o suporte da tocha de soldadura bem como o suporte da tocha de furação, para o robot responsável do fabrico dos baldes das betoneiras.

Na imagem seguinte é possível visualizar o sistema implementado depois de diversas fases de processo e ao que se sucedeu a geração dos ficheiros 2D (Figuras 4.47,4.48,4.49), com todas as medidas relevantes, para a obtenção do sistema na prática e consequentemente a testagem prática (componentes em alumínio, produzidos numa empresa parceira).

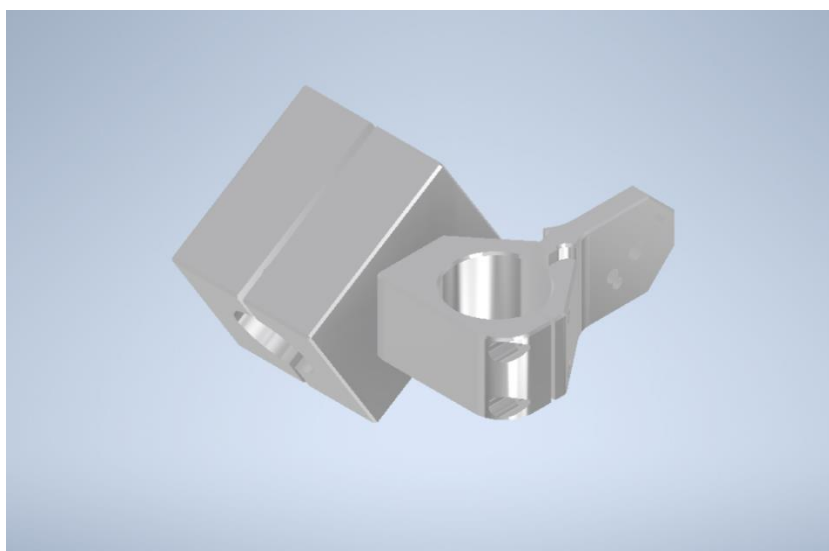


Figura 4.46 – Modelação tridimensional do sistema mecânico projetado.

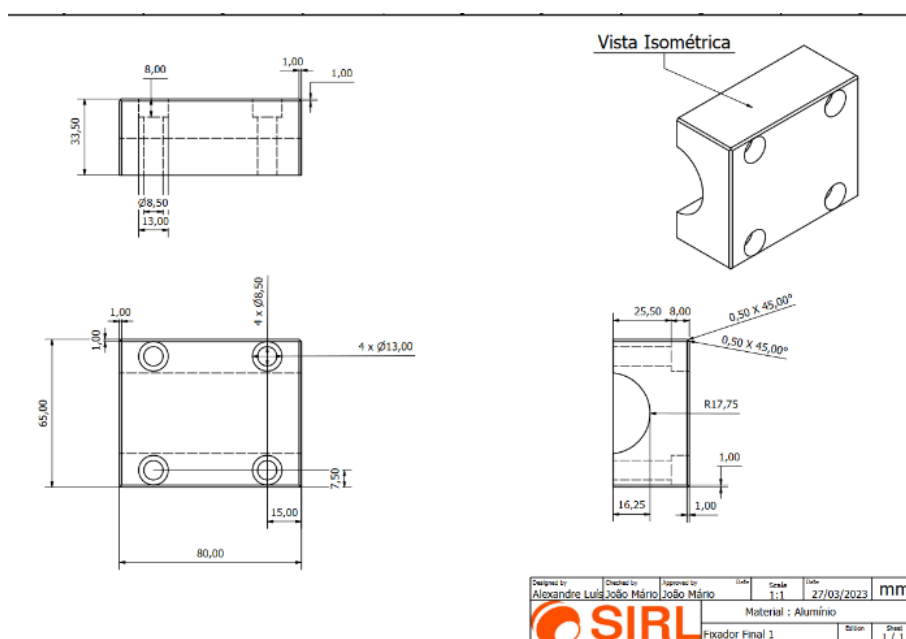


Figura 4.47 – Representação 2D - Peça 1.

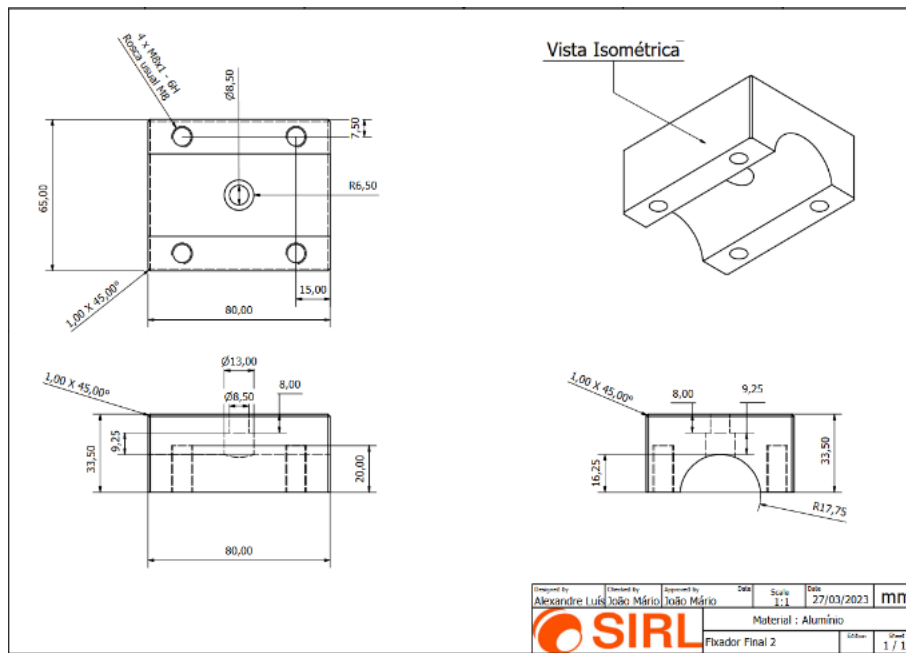


Figura 4.48 – Representação 2D - Peça 2.

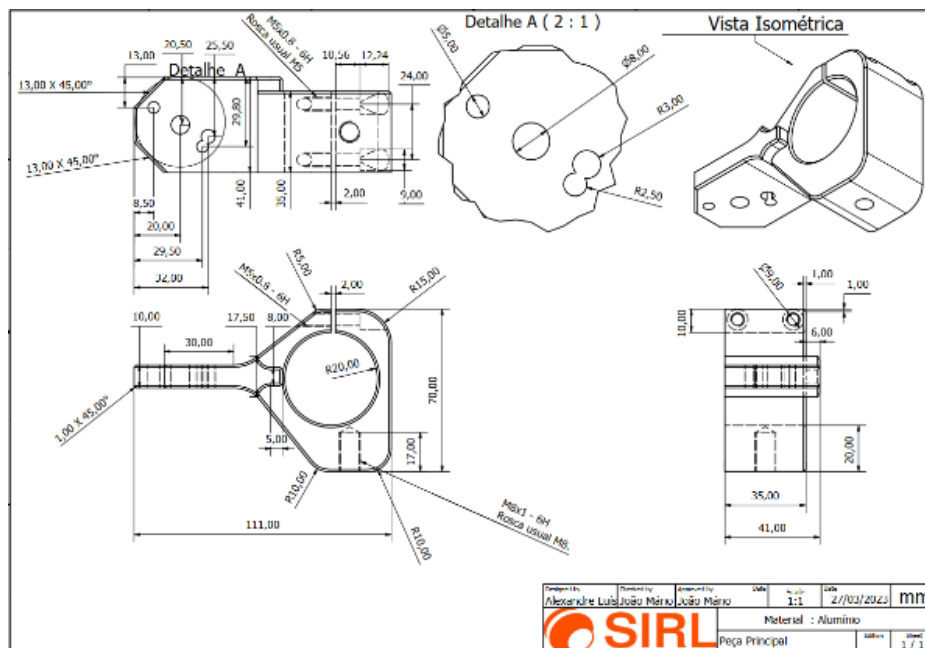


Figura 4.49 – Representação 2D - Peça Principal.

4.7 Órgãos de máquinas

Este subcapítulo referencia os elementos de máquinas existentes, em particular, as várias possibilidades de transmissões mecânicas existentes e todos os parâmetros que são úteis à sua compreensão.

4.7.1 Elementos de fixação:

Quando se tem como principal função unir peças/partes mecânicas recorre-se a elementos próprios para tal finalidade que designamos de elementos de fixação/união, tendo-se então uma enorme diversidade deste tipo de elementos.

Importa distinguir os elementos de união móveis de permanentes, em que a principal diferença esta na circunstância de os elementos de ligação permanentes uma vez instalados, não podem ser retirados sem que fiquem inutilizados, ou invés, dos componentes móveis que podem ser colocados e retirados sem qualquer tipo de inconveniente.

Tipo de elementos:

Rebite – elemento de ligação permanente, constituído por um corpo cilíndrico e uma cabeça arredondada;

Pino – elemento móvel, permite então a união de peças articuladas através dele, ideal quando se tem movimento de rotação em causa;

Cavilha – permite a ligação entre componentes não articulados entre si, podendo apresentar uma forma construtiva variada;

Contrapino ou cupilha - outra tipologia de ligação, que é uma haste ou arame dobrada sobre si, de forma a formar uma cabeça cilíndrica e tem a particularidade de ter as pernas desiguais. Após a sua colocação, vira-se uma perna da cupilha de forma a ficar imobilizada e não sair com possíveis vibrações do sistema;

Parafuso/porca – sistema de união muito usado, em que o parafuso pode apresentar a cabeça com formas variadas e o corpo cilíndrico roscado. A porca possui então rosca interna com o passo próprio para o aperto no parafuso;

Anel elástico – usado para impedir deslocamentos de eixos, servindo também para limitar o movimento de uma peça que desliza sobre um eixo.

4.7.2 Elementos de transmissão:

Como o próprio nome sugere, a finalidade deste tipo de sistemas consiste em transmitir movimento e potência a um outro sistema acoplado. Normalmente verifica-se a existência de um elemento recetor de potência e através de algum elemento transmissor, esta potência é transferida para um outro elemento, ficando este animado de movimento.

A transmissão pode ser efetuada tendo em conta a forma dos elementos acoplados que permite o encaixe e assim o perfeito acoplamento para a transmissão de movimento, ou então, através do atrito entre os elementos, mas aqui o inconveniente de este tipo de acoplamento, não possibilitar níveis elevados de esforços mecânicos ao contrário do que se verifica pela transmissão através da forma.

Elementos transmissores de movimento:

Correias: representam os elementos de máquinas que permitem efetuar a transmissão de movimento de rotação entre eixos por intermédio da ligação polias-correia. No Quadro seguinte a alusão aos tipos de correias existentes, adaptado de (Faria, 2020).

Quadro 4.1 – Tipos de correias.

Correias Trapezoidais	Correias Planas	Correias Dentadas
Transmissão do movimento pelo atrito/forma;	Transmissão do movimento pelo atrito entre correia-polia;	Transmissão do movimento pela forma da correia;
Relação de transmissão não é constante devido ao possível escorregamento entre as superfícies das polias e correias;	Relação de transmissão não é constante devido ao possível escorregamento entre as superfícies das polias e correias;	Ausência de escorregamento, relação de transmissão constante;
Funcionamento relativamente silencioso, e boa capacidade de absorção aos choques;	Funcionamento relativamente silencioso, e boa capacidade de absorção aos choques;	Funcionamento relativamente silencioso, e boa capacidade de absorção aos choques;
Custo baixo, mas durabilidade baixa quando comparada com as correntes;	Custo baixo, mas durabilidade baixa quando comparada com as correntes;	Custo superior aos outros tipos, mas durabilidade baixa quando comparada com as correntes;
Requerem o ajustamento do entre eixo e de uma pré-tensão adequada.	Requerem o ajustamento do entre eixo e de uma pré-tensão adequada.	Não necessitam de uma pré-tensão; Melhor compacidade.

No uso de transmissões de movimento através de correias é conveniente ter-se em mente noções básicas da constituição deste tipo de sistemas, de forma a se ter um ponto de partida para a análise de uma forma mais coerente (Figura 4.50).

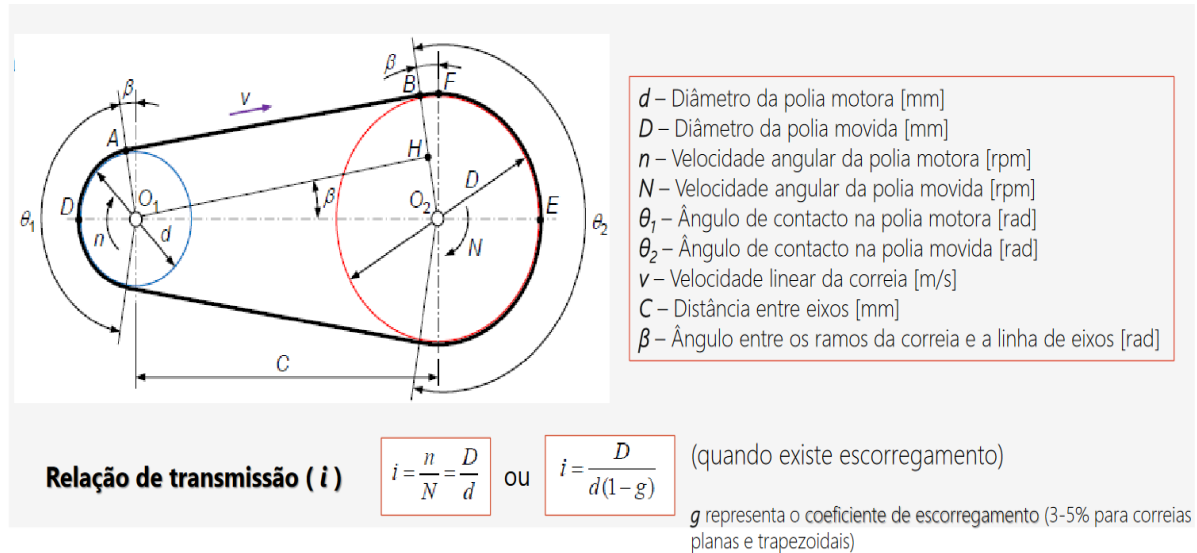


Figura 4.50 – Sistema de transmissão por correia.

Algoritmo para a seleção do tipo de correia para uma dada aplicação:

Quadro 4.2 – Algoritmo de seleção para cada tipo de correia.

Correias Trapezoidais	Correias Planas	Correias Dentadas
1º definir a vida pretendida para a correia;	1º definir a vida pretendida para a correia;	1º determinar o fator de serviço;
2º determinação da potência de seleção;	2º determinação da potência de seleção;	2º determinação da potência de seleção;
3º seleção do tipo de correia;	3º seleção do tipo de correia;	3º determinação do passo da correia;
4º determinação da relação de transmissão;	4º determinação da relação de transmissão;	4º seleção dos diâmetros das polias, comprimento da correia e entre-eixo;
5º seleção do diâmetro das polias;	5º seleção do diâmetro das polias;	5º seleção da largura da correia;
6º cálculo da velocidade linear da correia;	6º cálculo da velocidade linear da correia;	-----
7º seleção do entre-eixo e do comprimento das correias;	7º seleção do entre-eixo e do comprimento das correias;	-----
8º número de correias necessário à aplicação;	8º número de correias necessário à aplicação;	-----
9º determinação da pré-tensão por correia;	9º determinação da pré-tensão por correia;	-----

Para o dimensionamento do sistema de transmissão, tem-se de possuir os seguintes dados de inicialização:

- Potência a transmitir;
- Tipo de máquina motora e movida;
- Tipo de carga (uniforme, choques moderados, choques intensos);
- Velocidades angulares dos veios motor e movido (n , N);
- Condições de serviço/ambientais (horas de serviço/dia, ambiente, temperatura);
- Ter acesso a **catálogos de fabricantes** de forma a retirar os valores “tabela”, para cada tipo de correia.

Nota: no capítulo 5 serão referenciados estes conceitos teóricos.

Correntes: elementos de transmissão, geralmente metálicos, constituídos por uma série de anéis ou elos. Existem vários tipos e cada tipo com a sua especificidade. Como características gerais, a transmissão de movimento dá-se pela forma, verificando-se assim ausência de escorregamento (relação de transmissão constante), possuindo estes elementos de transmissão uma durabilidade elevada, apesar de ser um sistema barulhento.

Algoritmo da seleção da corrente para uma dada aplicação:

Quadro 4.3 – Algoritmo de seleção de uma corrente.

Correntes:
1º - Cálculo da relação de transmissão (relação entre o nº de dentes das rodas dentadas);
2º - Determinação dos fatores de serviço e consequentemente a potência de seleção;
3º - Seleção da transmissão (tipo de corrente, tipo de lubrificante);
4º - Determinação do comprimento da corrente (número de elos);
5º - Determinação do entre-eixo real.

Notas:

Para o dimensionamento do sistema de transmissão por corrente, tem-se de possuir os seguintes dados de inicialização:

- Potência a transmitir;
- Tipo de máquina motora e movida;
- Tipo de carga (uniforme, choques moderados, choques intensos);
- Velocidades angulares dos eixos motor e movido (n , N);
- Condições de serviço/ambientais (horas de serviço/dia, ambiente, temperatura);
- Ter acesso a **catálogos de fabricantes** de forma a retirar os valores “tabela”, para cada tipo de corrente.

Engrenagens: também denominadas por rodas dentadas, as engrenagens são órgãos de máquinas usadas na transmissão de movimento de um eixo rotativo para um outro ou de um eixo rotativo para um elemento animado de movimento de translação (sistema carreto-cremalheira).

São transmissões rígidas de movimento rotativo, apresentam uma relação de transmissão constante, transmissão pela forma do elemento (ausência de escorregamento), vida elevada, apesar do custo inicial alto.

A engrenagem tem extrema utilidade devido às suas características construtivas, permitem uma relação inversa de variação da velocidade angular em função do binário, através do engrenamento entre elas.

Parâmetros característicos:

Relação de transmissão (i) – representa a relação entre o número de dentes da engrenagem movida em relação à motora, por exemplo, um $i=1,5$, significa que para a roda dentada maior para completar uma volta completa, a engrenagem menor tem de rodar 1,5 a mais.

$$i = \frac{z_2}{z_1}$$

Diâmetro primito (dp) – representa o diâmetro que está em contacto com a outra engrenagem, durante o engrenamento;

Dentes da engrenagem(z) – número de dentes constituintes de cada roda dentada;

Módulo (m) – característica de uma engrenagem, e é determinado pela relação do diâmetro primitivo e o número de dentes da engrenagem;

$$m = \frac{dp}{z}$$

Relação velocidade angular(ω)/binário(T):

Através de um sistema de engrenagens, consegue-se obter uma relação inversa entre a velocidade angular e o binário e daí a relevância da utilização deste tipo de transmissões.

Neste sentido, o aumento do binário (designado de vantagem mecânica) e em oposição à diminuição da velocidade angular, é garantido pela associação entre uma roda dentada motora menor a uma roda dentada movida de maior diâmetro.

Desta forma se vê a importância deste tipo de transmissões, uma vez que bem dimensionados, consegue-se obter as características desejadas para a aplicação mecânica.

No capítulo 5 serão aplicados estes conceitos teóricos na abordagem aos elementos de transmissão presentes nos modelos modelados.

Quadro 4.4 – Tipos de engrenagens.

Tipos de engrenagens:	Características:
Engrenagens cilíndricas de dentes retos	Usado essencialmente na transmissão entre eixos paralelos, montagem e manutenção simples em relação aos outros tipos; Possui um rendimento alto, admite grandes relações de transmissão e a altas velocidades apresenta problema do ruído.
Engrenagens cilíndricas de dentes helicoidais	Também muito usado na transmissão de movimento entre eixos paralelos; Permite trabalhar com cargas e velocidades elevadas e de um modo mais suave do que os dentes retos; Rendimento elevado e pode então ser utilizada para elevadas relações de transmissão.
Engrenagens cónicas	Aplicadas para a transmissão entre eixos ortogonais ou concorrentes, com distintos ângulos entre eles; Esta modalidade de transmissão exige precisão na montagem; Dentes oblíquos ou retos; Relação transmissão é limitada.
Cremalheira de dentes retos	Sistema usado para transformar movimento rotativo em movimento linear; Dentes retos ou helicoidais.
Coroa e parafuso sem fim	Sistema empregue na transmissão de potência ou controle do movimento e principalmente como elemento redutor de velocidade, na transmissão de potência; Rendimento baixo e tem capacidade de amortecer vibrações
Engrenagens cilíndricas de dentes internos	Usadas quando há restrição de espaço ou quando se quer proteger os dentes da engrenagem; Eixos possuem o mesmo sentido de rotação.

Fonte: Adaptado de (Mecânica, 2023).

5 CONSTRUÇÃO DE EQUIPAMENTOS MECÂNICOS

Este capítulo enquadra o objetivo central de estágio, desenvolvimento de sistemas mecânicos, alinhados de maneira sinérgica com os conhecimentos adquiridos durante o percurso formativo. Com o propósito de se ilustrar a aplicabilidade destes conceitos, o capítulo desdobra-se no desenvolvimento de dois modelos emblemáticos daquele que é o componente central da empresa: a betoneira.

5.1 Betoneira Profissional 400 R EVO – Modelo Etiópia

5.1.1 Contextualização:

O presente modelo de betoneira foi desenvolvido para países menos desenvolvidos, essencialmente com pendor para o mercado do continente africano, que privilegiam não tanto a estética da betoneira, mas sim a capacidade da mesma. É um mercado em que os requisitos dos produtos são sempre na base das dimensões do equipamento, ou seja, de grosso modo requerem um modelo de “grande massa”, que seja robusto, digamos que seja um modelo sobredimensionado em termos de estrutura.

Quando se faz uma primeira observação verifica-se isso mesmo, isto é, um tipo de betoneira em que a estética assume um papel secundário e em que a parte de robustez/dimensão da estrutura assume a maior relevância, podendo então dizer-se que os produtos para este mercado por definição têm de ser “grandes”, têm de ser “robustos”.

Devido ao mencionado acima, verificou-se que, devido a ser um modelo de grande massa, verificava-se a fratura de certos componentes.

Fez-se assim uma nova modelação de forma a obter-se uma nova versão em que as dimensões do modelo inicial fossem aumentadas e que todos os componentes ficassem ajustados entre si, cumprindo os requisitos de resistência estrutural e otimizando assim a produção na fase seguinte.

Depois de obtido o modelo final atualizado, foi então submetido a condições de ensaio extremas para verificação do comportamento estrutural.

5.1.2 Estado da arte:

A modelação da betoneira iniciou-se através do estado da arte da constituição de todo o modelo, ou seja, saber quais os componentes que o constituem, os vários tipos de perfil associados aos componentes, as dimensões de cada peça bem como a forma como são produzidas em ambiente fabril.

Todas estas características podem então ser visualizadas nos quadros seguintes.

Quadro 5.1 – Características de cada componente.

Componentes	Perfil	Secção [mm]	Dimensões [mm]
Largura	Tubo Quadrado	80. 80. 2	1150
Altura frente	Tubo Quadrado	80. 80. 2	860
Altura trás	Tubo Quadrado	80. 80. 2	875
Patas	Chapa	2	430. 250
Eixo Rodas	Tubo Redondo	30. 2	860
Apoio altura Frente	Chapa	2	250. 150
Tubo lança tropical	Tubo redondo	24. 2	130
Pedal	Chapa	3	190.115
Volante	Tubo redondo	30. 2	570
Disco encaixe	Ferro(fundição)	-----	-----
Eixo travão	Vergalhão	16	680
Carreto desmultiplicação	Ferro(fundição)	-----	-----
Cremalheira desmultiplicação	Ferro (fundição)	-----	-----
Tubo desmultiplicação médio	Tubo quadrado	80. 80. 2	240
Braço	Tubo redondo	88,9. 4	1100
Cremalheira balde	Ferro (fundição)	-----	-----
Balde	Chapa	2	830.810
Amassadores	Barra retangular	35. 5	635
Veio balde	Varão	60	400
Capota	Chapa	1.5	700. 545
Tampa	Chapa	1.5	700. 550
Estrado inferior	Chapa	5	545. 370
Estrado superior	Chapa	5	370. 280
Tubo estrado	Tubo quadrado	70.70.2	340
Polia	Ferro (fundição)	-----	-----

(*----- representa campos de medidas variáveis face ao tipo de perfil);

Quadro 5.2 – Processo de fabrico de cada componente.

Componentes	Processo de fabrico
Largura	Corte de tubo a laser
Altura frente	Corte de tubo a laser
Altura trás	Corte de tubo a laser
Patas	*
Eixo rodas	Corte e furação a laser
Apoio altura frente	Corte e quinagem
Tubo lança tropical	Corte e furação a laser
Pedal	*
Volante	Corte e soldadura por resistência.
Disco encaixe	*
Eixo travão	Corte de varão a laser
Carreto desmultiplicação	*
Cremalheira desmultiplicação	*
Tubo desmultiplicação médio	Corte e furação a laser
Braço	Corte de tubo a laser
Cremalheira balde	*
Balde	Estampagem (prensas hidráulicas)
Amassadores	*
Veio balde	*
Capota	Puncionamento e quinagem
Tampa	Puncionamento e quinagem
Estrado inferior	Puncionamento e quinagem
Estrado superior	Puncionamento e quinagem
Tubo estrado	Corte na máquina de corte a laser
Polia	Fundição*

(*representa os componentes que são produzidos noutras unidades).

5.1.3 Resultados da modelação em ambiente tridimensional:

As imagens seguintes (Figura 5.1, Figura 5.2 e Figura 5.3), são então o resultado de toda a pesquisa de informação feita previamente, para a consequente modelação tridimensional do modelo a ser posteriormente implementado em contexto prático e assim obter o produto final atualizado para a sua comercialização (modelo em que apenas foram aumentadas dimensões de certos componentes).

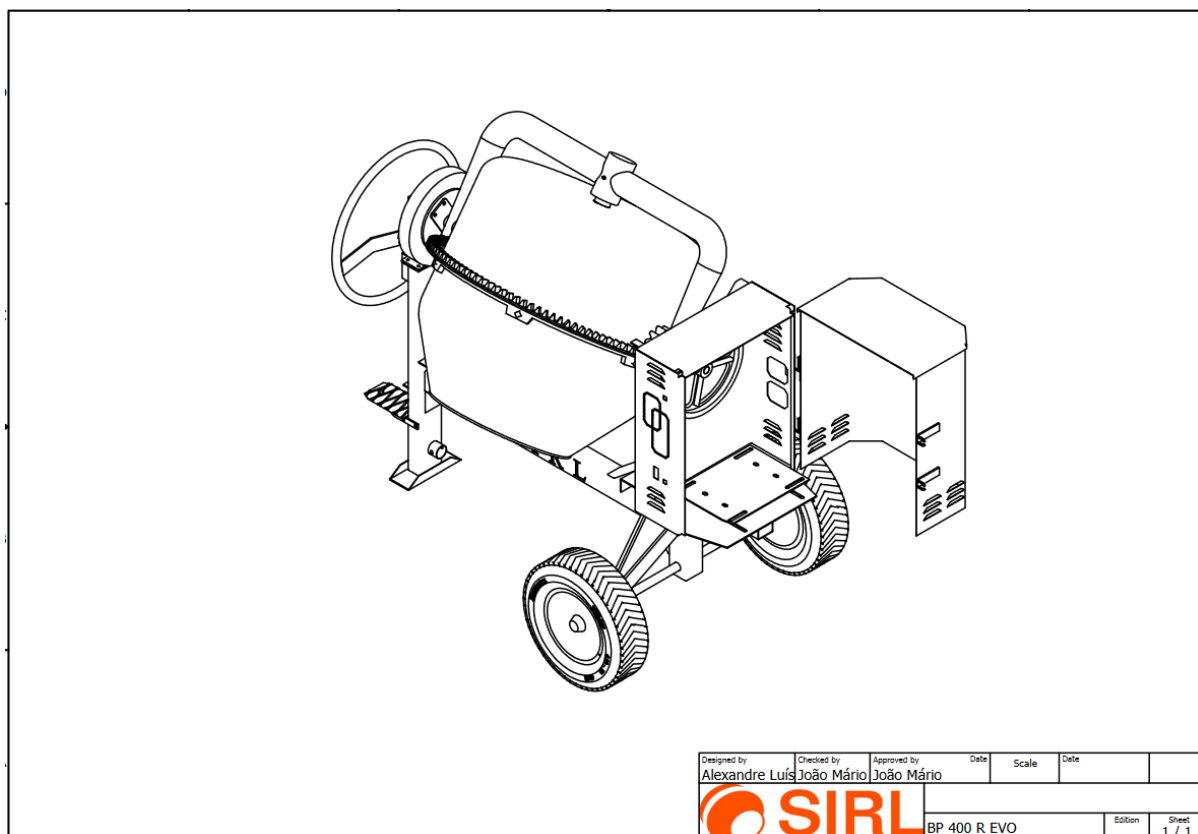
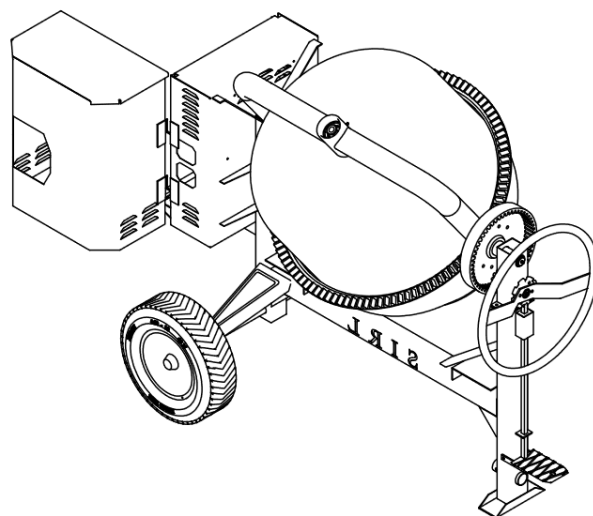
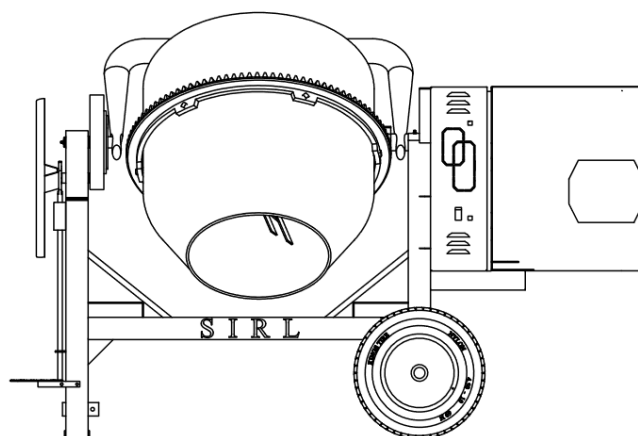


Figura 5.1 – Modelação 3D - Vista 1.



Designed by	Checked by	Approved by	Date	Scale	Date	
Alexandre Luís	João Mário	João Mário				
			BP 400 R EVO_2		Edition	Sheet
						1 / 1

Figura 5.2 – Modelação 3D - Vista 2.



Designed by	Checked by	Approved by	Date	Scale	Date	
Alexandre Luís	João Mário	João Mário				
			BP 400 R EVO_3		Edition	Sheet
						1 / 1

Figura 5.3 – Modelação 3D - Vista 3.

A modelação assume um papel central no sentido em que permite por um lado ter a representação de todos os componentes em contexto tridimensional e ver-se assim o modelo no seu todo, como também permite otimizar a produção de certos componentes na fase posterior em ambiente de fábrica, por exemplo, no corte de certos componentes na máquina de corte de tubo a laser.

Como anotação o facto de para a modelação feita, o objetivo de modelar apenas a componente estrutural, não interessando representar componentes elétricos bem como proteções poliméricas de certos elementos.

5.1.4 Análise mecânica do modelo:

Segue-se uma referência dos órgãos de máquina presentes no modelo em implementação, tendo em conta os conceitos teóricos mencionados no subcapítulo 4.7, bem como a referência a outros elementos do sistema mecânico.

O modelo apresenta elementos de máquinas, nomeadamente elementos que permitem fazer a transmissão de movimento entre eixos e desta forma são visíveis 3 níveis de transmissão:

1º nível – Transmissão do eixo do motor – eixo da polia:

Tal como se pode verificar pela Figura 5.4, o elemento que garante a transmissão de movimento entre os eixos é uma correia. Seguidamente surgem as características desse elemento (Quadro 5.3).

Quadro 5.3 – Características da correia usada.

Designação:	Definição:
Correia trapezoidal	Transmissão de movimento entre eixos
Número de correias usadas	2
Tipo	Correia Hi – Power A – 32 (850)



Figura 5.4 – Exemplo do uso de uma correia como elemento de transmissão de potência.

2º nível – eixo da polia (carreto) – cremalheira do balde:

Pelas imagens abaixo é possível compreender este nível de transmissão, o tipo de elementos que garante esta transmissão, bem como no Quadro 5.4, as características destes elementos.

Quadro 5.4 – Características das engrenagens usadas.

Designação:	Definição:
Nº dentes carreto	10 dentes
Nº dentes cremalheira	44 dentes
Relação de transmissão	$i = 4,4$

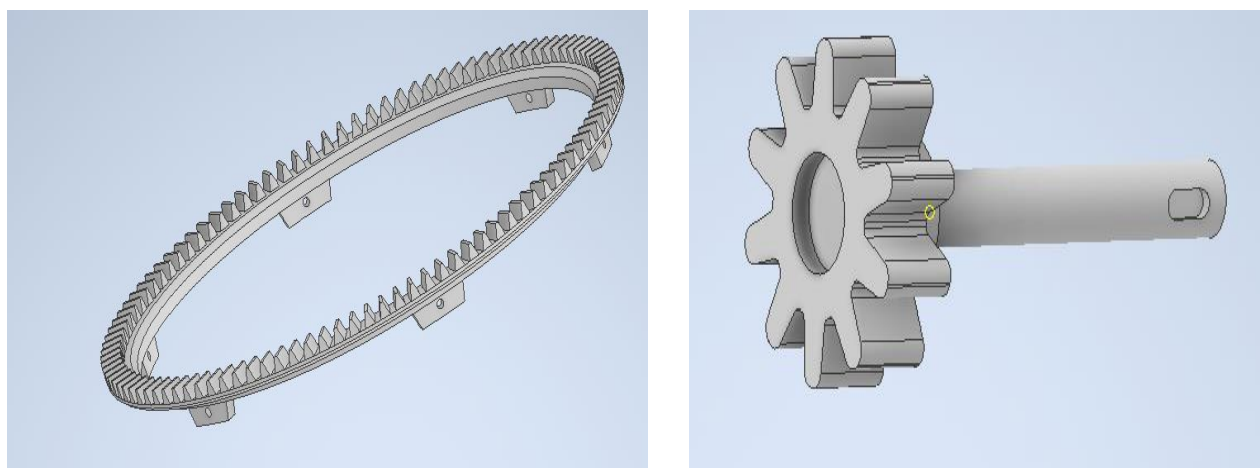


Figura 5.5 – Cremalheira e carreto do balde.

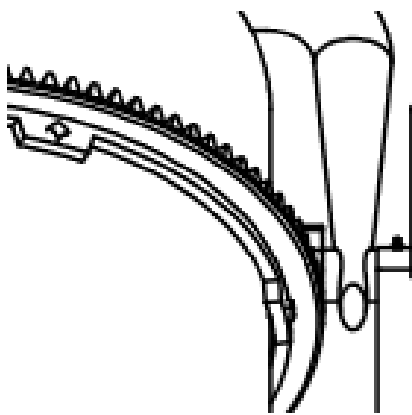


Figura 5.6 – Exemplo de transmissão de movimento através de engrenagens.

3º nível – eixo do volante (carreto desmultiplicação) – cremalheira da desmultiplicação:

Mais um exemplo em que é utilizado um sistema de transmissão por intermédio de rodas dentadas (engrenagens), e em que mais uma vez é feito a referência aos parâmetros de dimensionamento destes elementos.

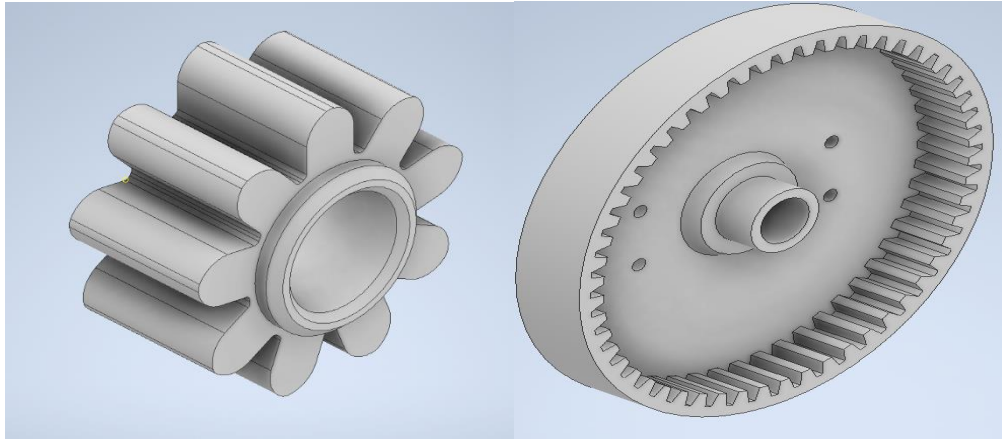


Figura 5.7 – Cremalheira e carreto da desmultiplicação.

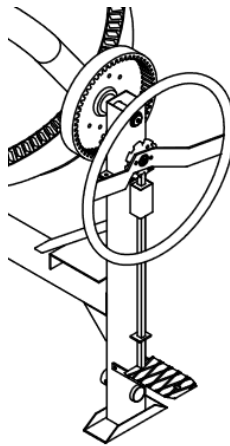


Figura 5.8 – Exemplo da transmissão de movimento com recurso a engrenagens, fazendo a desmultiplicação de movimento.

Características da transmissão de movimento:

Designação	Definição:
Nº dentes cremalheira desmultiplicação	54 dentes
Nº dentes do carreto	9 dentes
Relação de transmissão	$i = 6$

5.2 Betoneira Fast Mix

5.2.1 Contextualização:

O projeto que se segue representa uma iniciativa inovadora, na qual a motivação central foi a exploração de um novo mercado, os países anglo-saxónicos. Neste sentido, o produto foi desenvolvido completamente do zero, partindo-se de uma abordagem de engenharia mecânica que visasse atender às necessidades específicas e preferências desse mercado-alvo.

A empresa teve como foco principal desenvolver um modelo que se harmonizasse com as expectativas de um mercado desenvolvido, a fim de proporcionar aos usuários uma experiência otimizada durante a utilização do produto.

O desenvolvimento deste modelo consiste na articulação de duas tipologias de funcionamento, uma em que a betoneira está sobre um tripé (Figura 5.10), e outra em que se tem o equipamento a partir do solo (Figura 5.9). Também a componente estética assume um papel crucial, uma vez que a atratividade visual é essencial para se alcançar a aceitação e o apreço de potenciais adquiridores.

Desta forma a modelação 3D foi então etapa essencial para se obter uma representação virtual do modelo final a comercializar, podendo assim otimizar o processo de produção da Fast Mix.

5.2.2 Estado da arte:

Como estudo prévio fez-se uma análise teórica de como se pretendia construir o modelo, como requisito principal o facto de ser um modelo de betoneira em que, para a sua produção aproveitasse os recursos existentes na empresa, ser produzida com meios tecnológicos avançados de forma a garantir qualidade no seu fabrico e ser um modelo de betoneira de fácil manipulação.

Deste modo procedeu-se à modelação dos vários elementos constituintes da betoneira, elementos estes que cumprissem os requisitos exigidos e em que foram ajustadas várias características, de forma a no final se ter o modelo idealizado.

A betoneira é então dividida por duas modalidades de funcionamento:

1) Funcionamento no chão:

Nesta modalidade vê-se a betoneira a funcionar diretamente a partir do chão, isto é, parecendo algo minimalista, mas este tipo de betoneira tem a particularidade de operar a partir do chão ou então a partir de um tripé (explicado no ponto 2).

Nesta modalidade o processo de amassadura e despejo é feito ao nível do solo como consta na Figura 5.9, e quando se pretende deslocar a betoneira, tal tarefa assume-se de extrema facilidade pois as suas características de projeto foram pensadas para essa facilidade de movimentação.

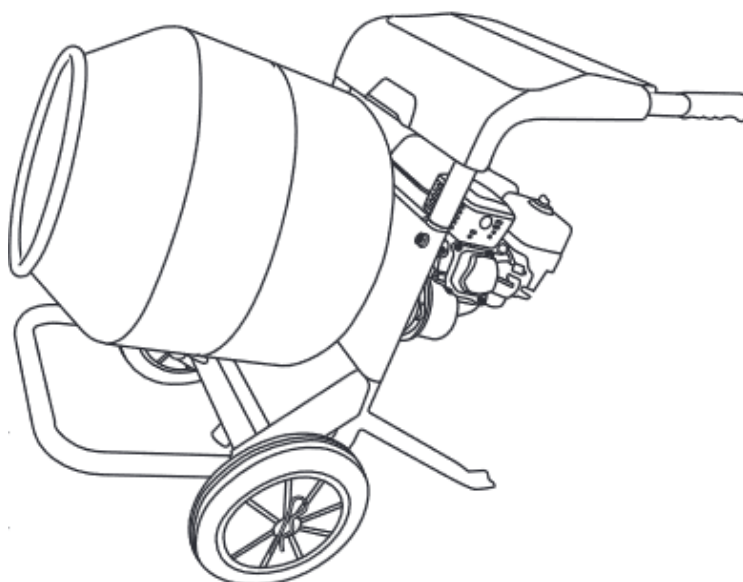


Figura 5.9 – Fast Mix ao nível do solo.

2) Funcionamento num tripé:

A modalidade de funcionamento da betoneira suportada por um tripé apresenta diversas vantagens que justificam a sua implementação construtiva ao se adotar este sistema, torna-se possível otimizar o processo de produção do equipamento e aprimorar a funcionalidade do produto final. Como principais vantagens tem-se:

- Facilidade de carregamento, o tripé proporciona uma base estável para a betoneira, permite assim que o operador tenha acesso à boca de carregamento da betoneira, tornando a tarefa de adição de material para a mistura mais eficiente e menos exigente em termos físicos para o operador;
- Melhoria no processo de despejo: a presença do tripé possibilita a implementação de um movimento basculante controlado na betoneira. Esse recurso é especialmente vantajoso ao esvaziar o conteúdo misturado, pois permite que o material seja despejado de forma precisa e direcionada, evitando-se assim possíveis desperdícios, especialmente em locais de despejo com espaço limitado;

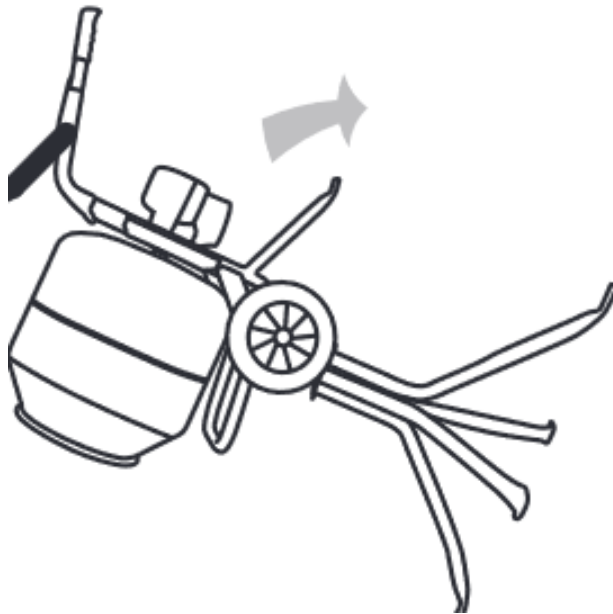


Figura 5.10 – Fast Mix sobre um tripé.

Seguem-se dois quadros, um que resume as características de cada elemento constituinte do modelo (Quadro 5.5), e o Quadro 5.6, que referencia os processos de fabrico associados a esses mesmos elementos.

Quadro 5.5 – Características dos elementos constituintes.

Componentes	Perfil	Secção [mm]	Dimensão [mm]
Pata tripé	Tubo redondo	42,4. 4	800
Acessório encaixe	Tubo redondo	42. 3	100
Eixo central	Tubo redondo	33. 2	274
Base parte superior	Chapa	4	340.282
Base parte inferior	Chapa	4	500.112
Eixo rodas	Tubo redondo	25. 2	585
Trancadores internos	Chapa	3	100.72
Eixo tripé	Tubo redondo	42,4. 4	86
Cadeira	Tubo redondo	35. 2	-----
Estrado motor reductora	Chapa	4	513.588
Braço capota	Tubo redondo	35. 2	700
Largura capota	Tubo redondo	25. 1,5	442
Pata cadeira	Tubo redondo	-----	400
Balde	Chapa	-----	-----
Amassadores	Barra retangular	-----	450
Veio	Varão	-----	120
Reforço interno balde	Chapa	-----	250
Proteções	-----	-----	-----

(*----- representa campos de medidas variáveis face ao tipo de perfil);

Fabrico de betoneiras na empresa SIRL

Quadro 5.6 – Processos de fabrico de cada elemento.

Componentes	Processos de fabrico
Pata tripé	Estampagem + curvatura
Acessório encaixe	Corte a laser
Eixo central	Corte a laser
Base parte superior	Corte + Puncionadora
Base parte inferior	Corte + puncionadora
Eixo rodas	Corte na máquina laser
Trancadores internos	puncionadora
Eixo tripé	Corte máquina laser
Cadeira	Corte + dobra
Estrado motor redutora	Corte + puncionamento
Braço capota	Corte + dobra
Largura capota	Corte
Pata cadeira	Corte + estampagem
Balde	estampagem
Amassadores	*
Veio	*
Reforço interno balde	Corte + estampagem
Proteções	*

(*representa os componentes que são produzidos noutras unidades).

5.2.3 Resultados da modelação em ambiente tridimensional:

A Figura 5.11 é o resultado da modelação implementada, em que se obteve o modelo idealizado, numa primeira fase em ambiente de simulação virtual e posteriormente produzido em ambiente prático, obtendo-se assim o modelo fisicamente.

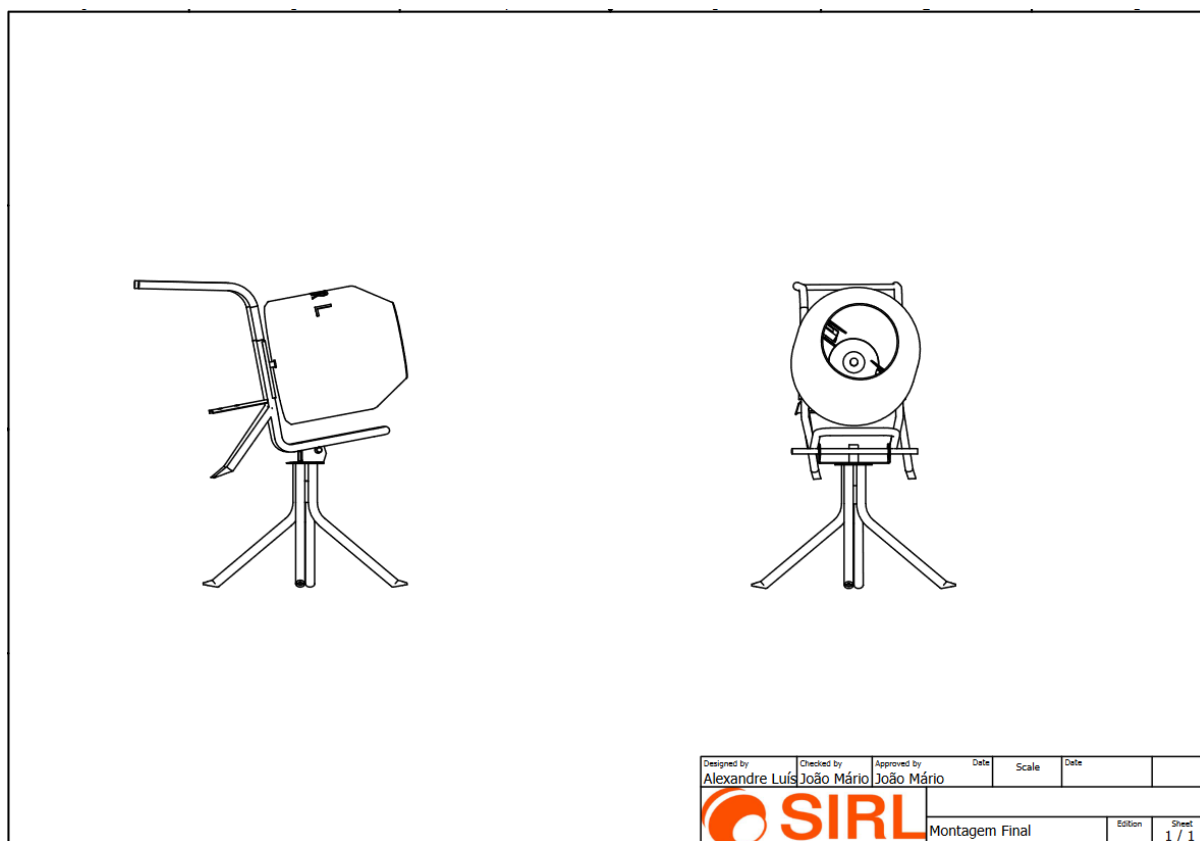


Figura 5.11 – Modelação tridimensional Fast Mix - Representação 2D.

Interessa realçar que o estudo foi assente apenas no dimensionamento estrutural da betoneira, não representando componentes elétricos, que já estavam definidos para o modelo em desenvolvimento.

5.2.4 Análise mecânica do modelo:

Como é de fácil compreensão o modelo final obtido passou por diversas operações de projeto, ou seja, cada sistema mecânico implementado na betoneira foi projetado de forma a se ter determinados requisitos verificados.

Também neste modelo fez-se uma abordagem teórica aos elementos de transmissão presentes.

Cadeira Fast Mix:

A Figura 5.12 representa a cadeira da betoneira (um dos vários elementos constituintes), e o seu processo de obtenção passou pela seguinte abordagem:

- Escolha do tipo de perfil a usar bem como as respetivas dimensões;
- Definição da geometria da cadeira, nomeadamente definir as medidas para a largura, para a profundidade, para a altura bem como dimensionar os ângulos de curvatura;
- Requisito essencial, desenvolver uma geometria que fosse implementada numa curvadora de tubo automática, privilegiando uma tecnologia de fabrico atual e de extrema eficiência (em termos de poupança de tempo e de recursos humanos e inexistência de erros humanos);
- Depois de reunidos todos estes requisitos, obteve-se então o primeiro modelo de cadeira, fez-se alguns ajustes chegando então ao resultado pretendido, como se ilustra na figura abaixo, através de um desenho 2D.

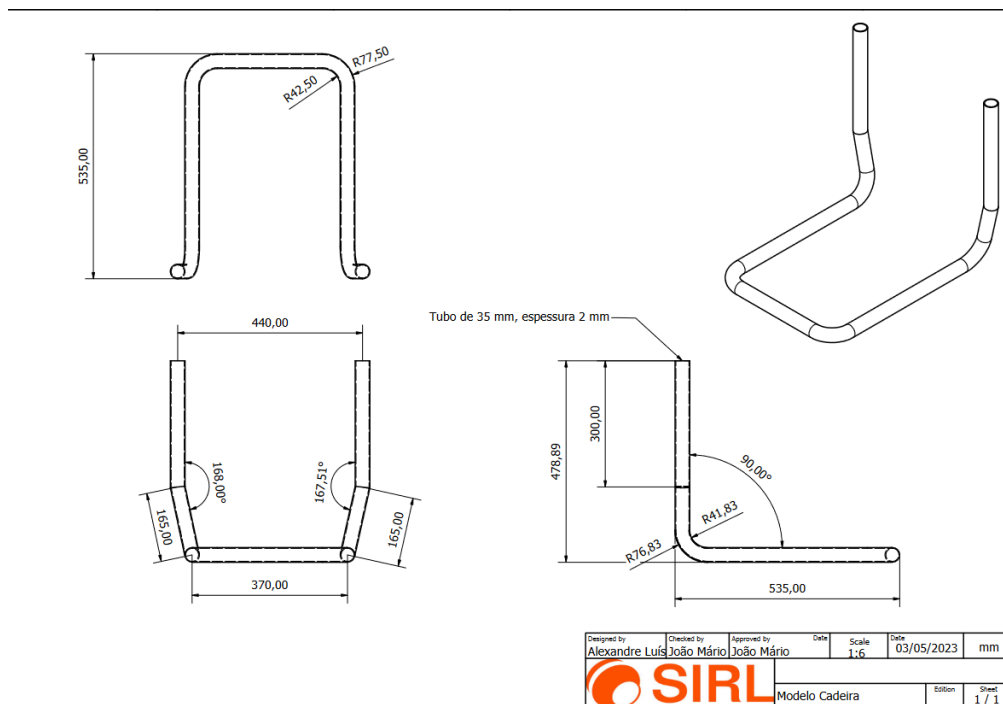


Figura 5.12 – Cadeira Fast Mix - Representação 2D.

Estrado motor-redutora:

O desenvolvimento deste sistema passou:

- Desenvolver uma configuração de estrutura que permitisse alojar por um lado o motor da betoneira, e por outro a redutora, elementos imprescindíveis para o bom funcionamento da máquina;
- Requisito essencial, implementação de uma geometria com um ângulo reto entre as faces, mas face às vibrações dos elementos aqui colocados, impedir possíveis oscilações da geometria, ser uma configuração estática;
- Definição da espessura da chapa, bem como medidas da largura, altura e profundidade do estrado;
- Ponto essencial de projeto, implementar neste sistema um tipo de furação ajustável, isto é, ao colocarmos o motor e a redutora existir a possibilidade de ajuste no aperto;
- Depois de reunidas todas estas premissas, o resultado perante alguns ajustes, pode ser visualizado na imagem 5.13.

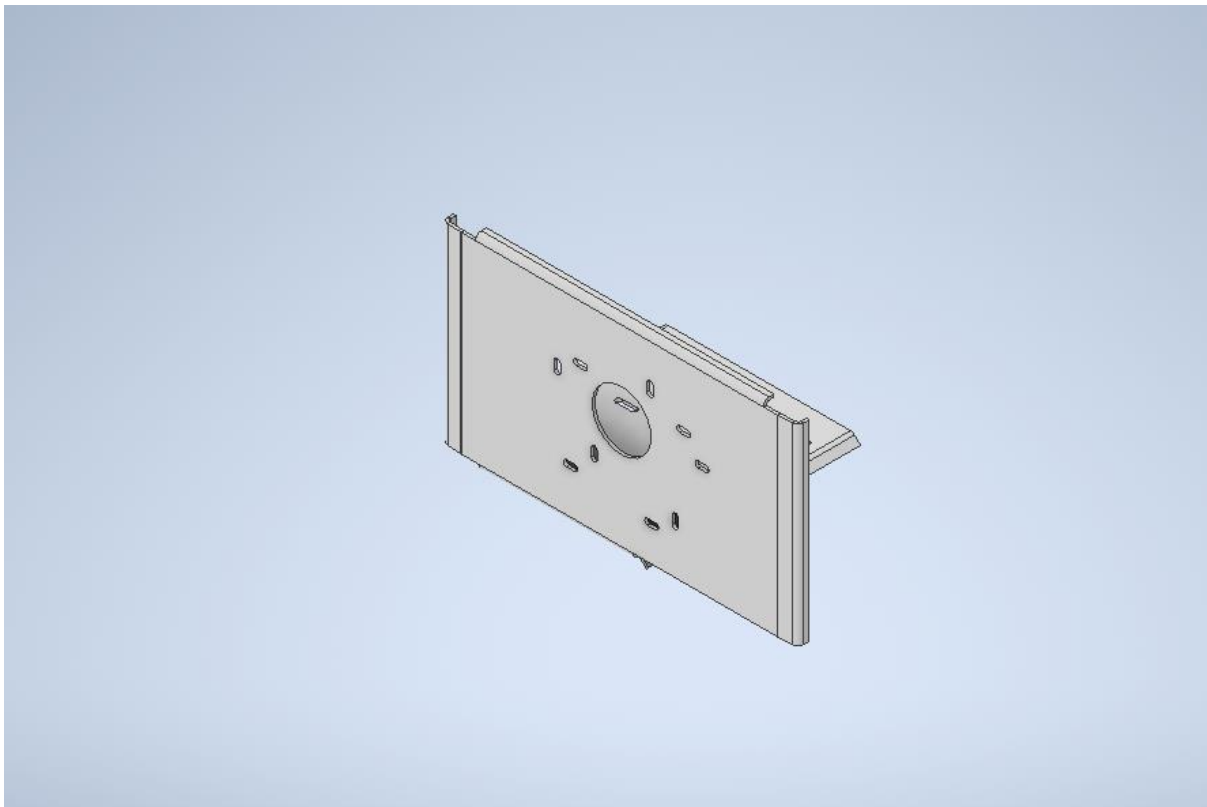


Figura 5.13 - Estrado da Fast Mix - Representação 3D.

Sistema basculante da betoneira:

A metodologia de projeto passou pelas seguintes premissas:

- Este sistema apenas é usado quando a betoneira está sobre o tripé, em que é necessário existir um movimento basculante para se ter por um lado, o processo de amassadura, e por outro, o processo de despejo de betão;
- Tendo em conta o mencionado no ponto anterior, o sistema tem de possuir interiormente um sistema alternativo que permita efetuar o fim de curso de cada movimento, seja ele parar o movimento de avanço ou de recuo;
- Desenvolvimento de uma configuração que cumpra as premissas acima enunciadas, ser um sistema basculante e que possua internamente trancadores que limitem o fim do movimento basculante;
- Definição da espessura da chapa bem como das respetivas medidas de largura, comprimento e altura das peças deste sistema;
- Existência de um eixo-rodas que é passante ao longo do sistema e sobre o qual, são soldados os trancadores internos de movimento;
- Depois de reunidos todos estes requisitos, obteve-se então o modelo final, tal como se demonstra na Figura 5.14.

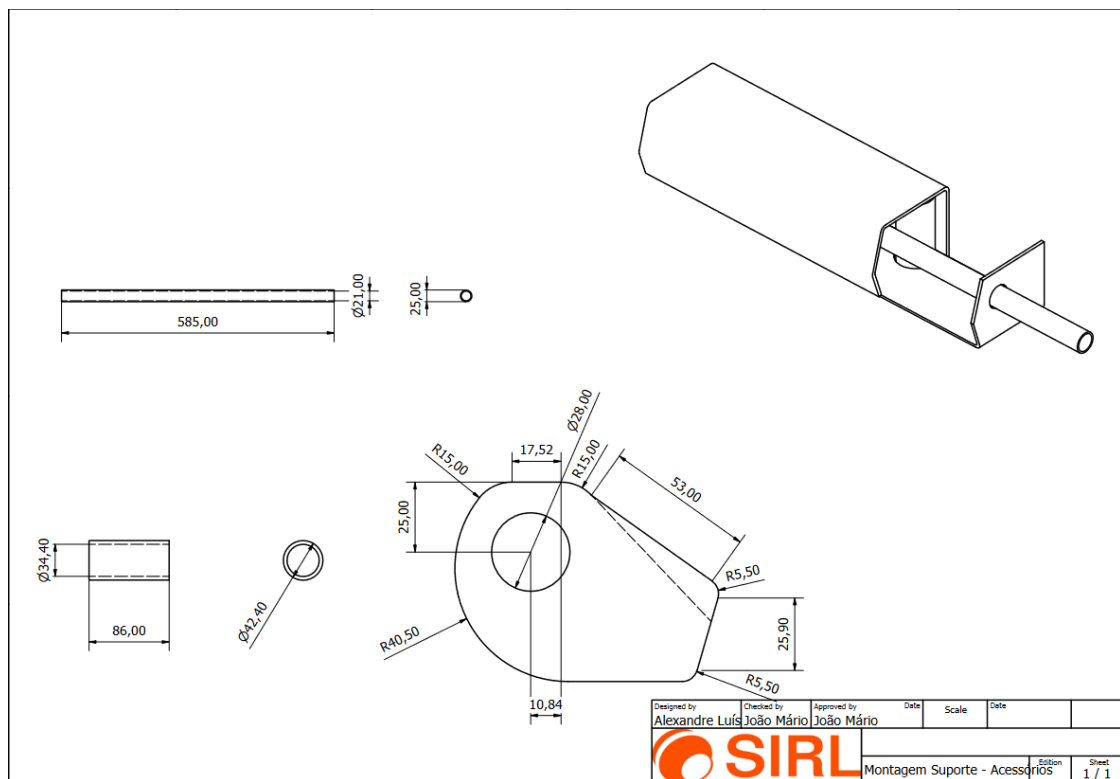


Figura 5.14 – Sistema basculante da Fast Mix - Representação 2D.

Sistema tripé:

O tripé da betoneira desenvolvido foi projetado pela seguinte base:

- Elemento formado por 4 apoios, com uma configuração esteticamente apelativa, com determinados ângulos de curvatura que torna o sistema atraente;
- Definição das dimensões da secção do perfil usado, bem como das respetivas medidas necessárias;
- Sistema auxiliar interno de encaixe das várias pernas do tripé, sistema este que permite agrupar todos os apoios do tripé;
- Após a modelação do sistema e na presença deste conjunto de requisitos, chega-se ao resultado (Figura 5.15).

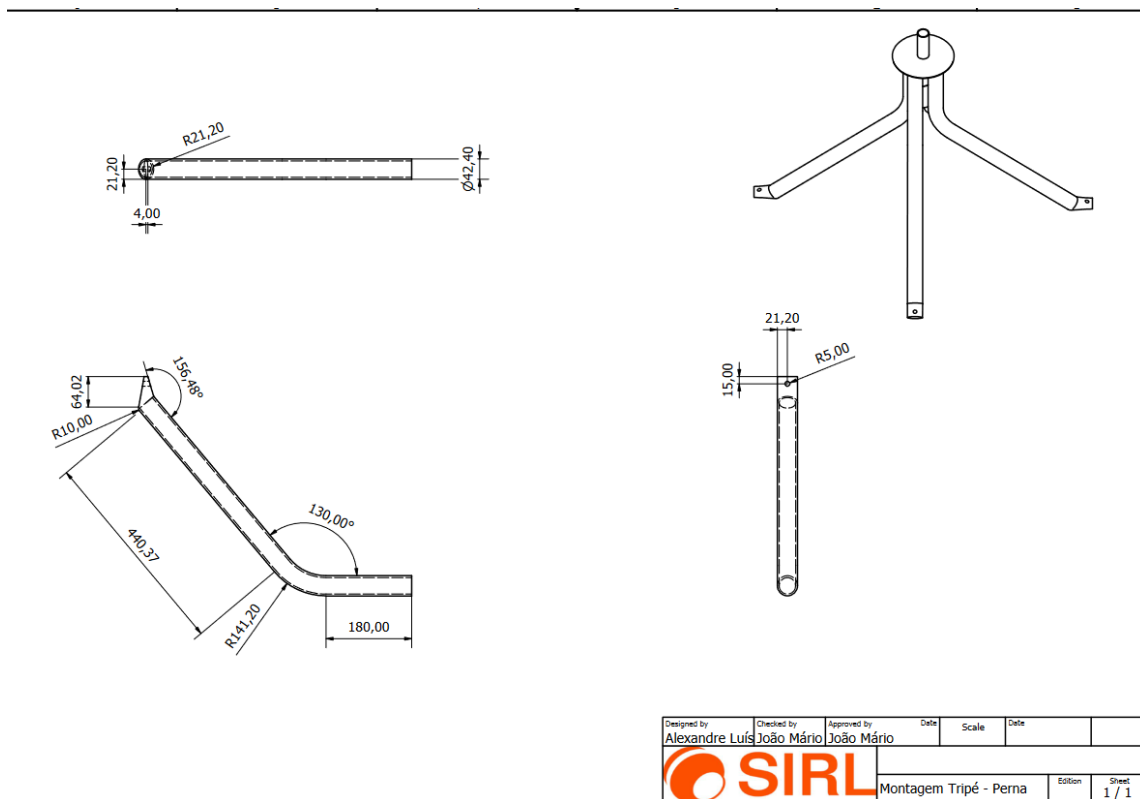


Figura 5.15 – Sistema mecânico Tripé - Representação 2D.

Balde:

Este sistema foi aproveitado de um outro modelo, e neste sentido nada de novo foi criado (Figura 5.16).

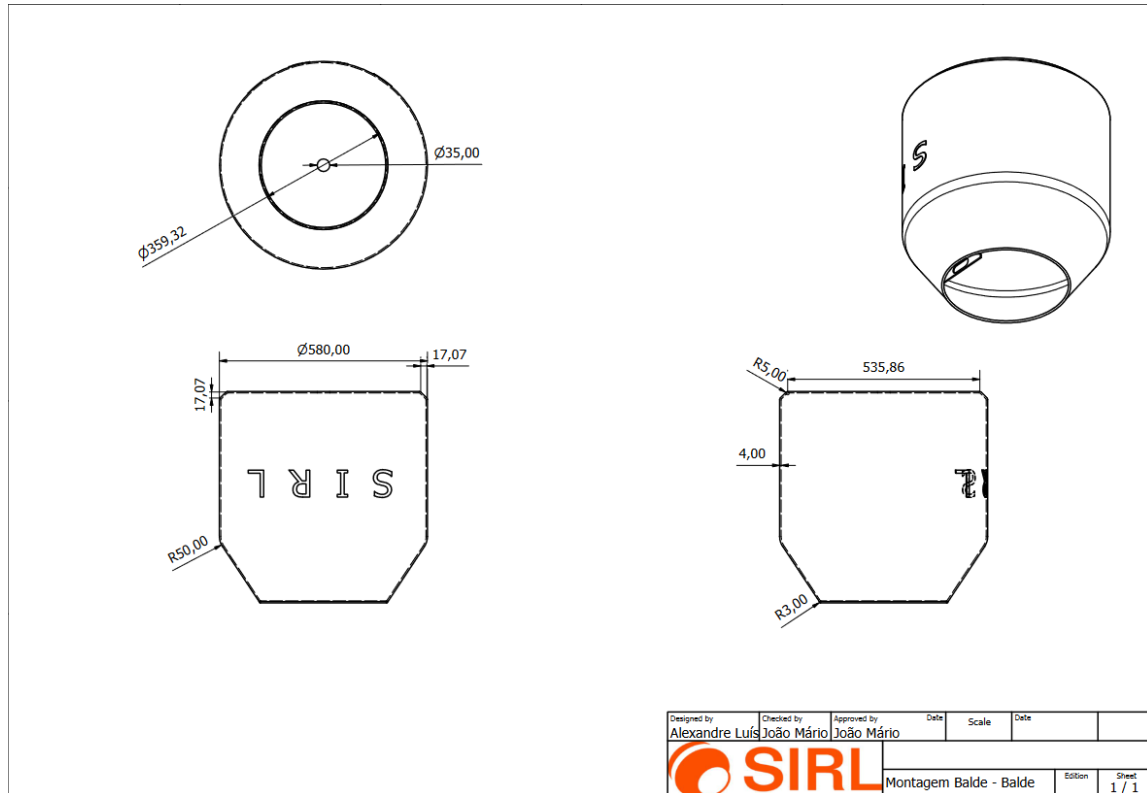


Figura 5.16 – Balde da respetiva betoneira - Representação 2D.

Capota da Fast Mix:

Este sistema foi dos últimos a ser projetado, uma vez que resultou das dimensões de sistemas anteriormente modelados, e seguiu a seguinte metodologia:

- Escolha das dimensões da secção do perfil a usar bem como outras medidas necessárias, largura entre os braços, comprimento dos braços bem como o ângulo de fecho destes elementos;
- Desenvolvimento da modelação 3D da largura da capota, em que se teve como principal preocupação desenvolver um elemento em que o corte nas extremidades deste tudo ficasse exatamente ajustado ao diâmetro do tudo dos braços da capota (corte da largura nas extremidades em “meia-lua” através da máquina de corte de tubo a laser, maximizando assim a tecnologia existente na empresa);
- Desta forma e pelo que foi referido, chegou-se ao sistema final pretendido (Figura 5.17).

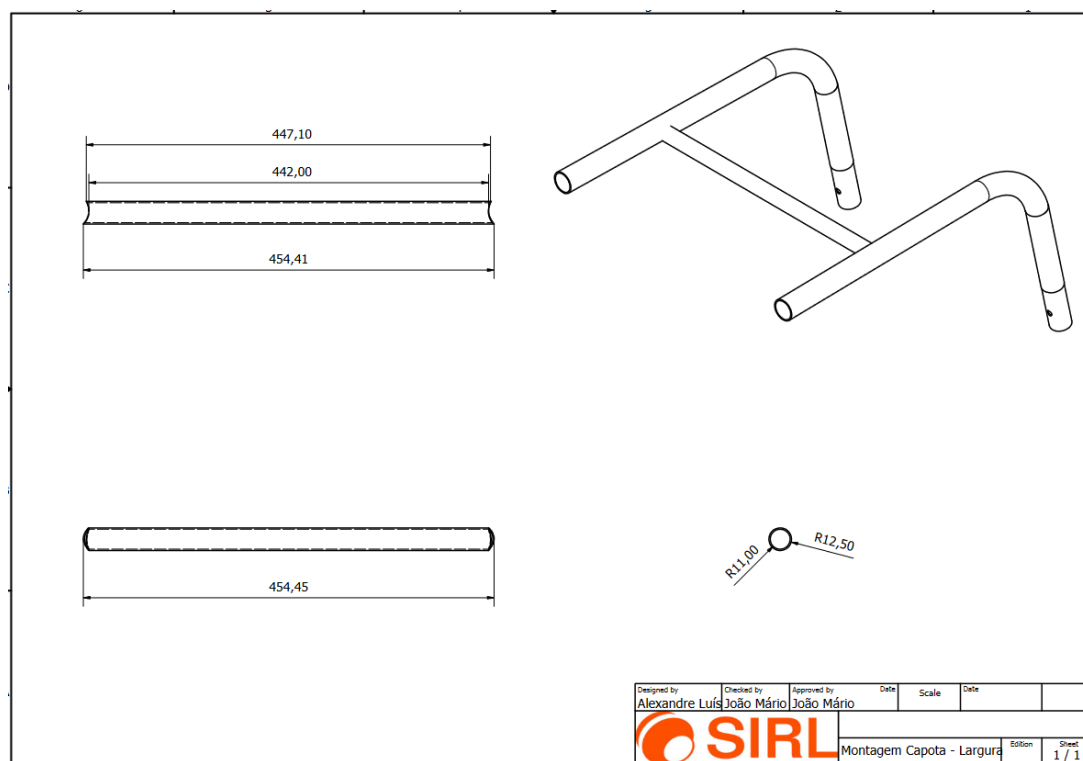


Figura 5.17 – Sistema mecânico Capota - Representação 2D.

Motor Honda GX160:

Relativamente ao componente motriz, não foi implementado nenhum tipo de dimensionamento, no sentido em que foi utilizado para este novo modelo de betoneira, um tipo de motor já usado noutras máquinas, presentes nas ofertas da empresa.

Trata-se de um motor com as seguintes características (Quadro 5.7), e o qual se pode ver na Figura 5.18.

Quadro 5.7 – Características nominais do elemento motriz usado neste modelo.

Comprimento*largura*altura	312*362*335 mm
Tipo de motor	4 tempos, monocilíndrico
Cilindrada	163 cm ³
Diâmetro*curso	68*45 mm
Potência máxima	5.5 cv /3600 rpm
Binário máximo	1.10 kgf.m
Sistema arrefecimento	Ar forçado

Fonte: dados de (SIRL, 2023).

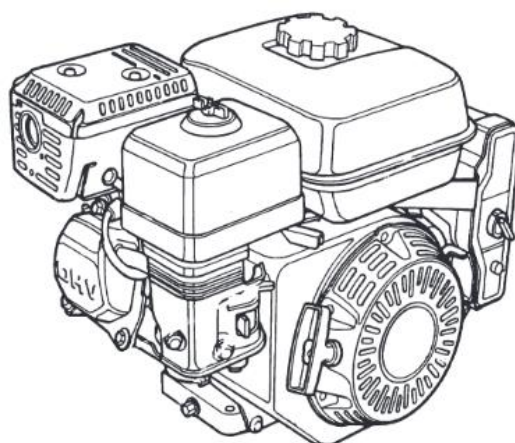


Figura 5.18 – Motor Honda GX160.

Redutora:

Sistema de transmissão de movimento incorporado neste modelo, com a finalidade de ajustar a rotação que se tem à saída do veio do motor para a entrada do veio do balde, ou seja, tendo em conta que a velocidade de rotação do balde deve estar compreendida no intervalo de [20-40]rpm para que a operação de amassadura de betão seja bem sucedida, e tendo em conta que a velocidade de rotação do motor está muito acima do intervalo mencionado acima, então o recurso à redutora que como o próprio nome indica, permite adaptar/reduzir a rotação do motor para, à entrada do veio do balde se ter um nível admissível de velocidade de rotação.

Importa referir que os vários sistemas mecânicos mencionados acima, que no seu todo formam a betoneira projetada, tem sempre em comum a circunstância de ser primeiramente implementado o sistema em 3D CAD para que seguidamente a produção seja otimizada, isto é, com o respetivo CAM do sistema mecânico e com a consequente extração do ficheiro de código, é possível chegar a chão de fábrica e produzir a peça mais facilmente (através de máquinas tecnologicamente evoluídas).

6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

6.1 Conclusões

Nesta fase de conclusão do relatório, gostaria de destacar os aspetos centrais deste documento, resultantes da experiência prática ao longo de oito meses na SIRL, no âmbito da conclusão do ciclo de estudos do mestrado em engenharia mecânica, na especialização em construção e manutenção de equipamentos mecânicos.

Um desafio enriquecedor e entusiasmante em que diversos são os fatores que sustentam esta ideia. Em primeiro lugar, a integração num contexto profissional, revelou-se de extrema importância, permitindo o desenvolvimento de habilidades essenciais, como o trabalho em equipa, a capacidade de ouvir e expressar pontos de vista, bem como a compreensão das responsabilidades associadas a um desafio profissional. Além disso, a oportunidade de trabalhar ao lado de profissionais com vasta experiência proporcionando acesso a conhecimentos, que em ambiente académico não se tem acesso.

Este estágio representou uma iniciativa ímpar, pois permitiu a ligação entre as aprendizagens adquiridas em ambiente letivo e a sua aplicação prática, nos problemas do dia a dia. Proporcionou uma visão detalhada do funcionamento diário de uma organização com níveis de produção elevados, uma experiência inestimável.

Destacar também a experiência gratificante de participar em diversos projetos empolgantes, com especial destaque para o desafio de projetar um equipamento a partir do seu ponto zero, uma iniciativa ambiciosa que a empresa decidiu empreender em um mercado até então desprovido de representação. A contribuição neste projeto, como estagiário, não apenas enriqueceu o meu nível de conhecimentos, mas também permitiu desempenhar um papel ativo no desenvolvimento e sucesso deste empreendimento.

Em síntese, afirmar que este estágio curricular com consequente elaboração do relatório de trabalhos, representou um marco fundamental na minha formação académica, enriquecendo-me tanto a nível pessoal como já numa perspetiva de entrada na atividade profissional.

6.2 Trabalhos futuros

No sentido de projetos futuros a serem implementados, a empresa tem como principais motivações, o desenvolvimento de modelos daquele que é o produto core da empresa, a betoneira, tecnologicamente mais evoluídos visando atender as necessidades do mercado, mais propriamente às necessidades dos seus parceiros.

Toma-se como exemplo do referido acima, o desenvolvimento recente do modelo “Fast Mix” efetuado no meu período de estágio, modelo este que representa uma aposta na modernização da empresa, com soluções para o mercado atual evoluído e continuar assim o desenvolvimento de modelos nesta linha, equipamentos o mais diferenciados possível e o mais modernizados possível.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Carrapichano, João. PowerPoint das aulas de Tecnologia Mecânica, ISEC, 2020.

Departamento de Engenharia Mecânica, 2023.

<http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM129/Prof.%20Pescador/Engrenagens1.pdf>

Etec Fernando Prestes, 2023.

<https://www.etecfernandoprestes.com.br/Uploads/Files/Courses/16/Downloads/195-Goniometro%20-%20Apost.pdf>

Faria, Raquel. PowerPoint das aulas de Órgãos de Máquinas, ISEC, 2020.

Ferreira, Pedro. PowerPoint das aulas de Fabrico Assistido por Computador, ISEC, 2020.

Goniômetro. (2020). Em Wikipédia, a enciclopédia livre. <https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Goni%C3%B4metro&oldid=58410732>

Kaizen. (sem data). O que é KAIZENTM. Obtido 20 de outubro de 2023, de <https://pt.kaizen.com/o-que-e-kaizen>

Martins, R. (2012, julho 9). Gestão da Qualidade Total (TQM): O que é e como aplicar na empresa? Blog da Qualidade. <https://blogdaqualidade.com.br/gestao-da-qualidade-total-tqm/>

Mendes, 2023.

[file:///C:/Users/alexa/Downloads/Relat%C3%B3rio%20\(1\)%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/alexa/Downloads/Relat%C3%B3rio%20(1)%20(3).pdf)

SIRL. (sem data). Produtos. SIRL. Obtido 11 de outubro de 2023, de <https://www.sirl.pt/pt/produtos>

Sólides. (2020, novembro 30). Organograma empresarial: 5 Benefícios, diferentes modelos e como criar. Portal Sólides | Os melhores conteúdos sobre gestão de pessoas. <https://blog.solides.com.br/organograma-empresarial/>

Vlb, 2023. <https://www.vlb-group.com/pt-pt/>

Xavier, B. (2023, janeiro 12). As 4 revoluções industriais e seus impactos na indústria. Blog Industrial Nomus. <https://www.nomus.com.br/blog-industrial/4-revolucoes-industriais/>