

Desenvolvimento de Equipamentos Industriais

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

Autor

Brian Dias Ferreira

Orientador

Doutor Luís Filipe Pires Borrego

Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Coimbra, maio, 2018

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao grupo SRAM, especialmente à SRAMPORT pela oportunidade de acolher o meu estágio e de ter proporcionado desde o primeiro dia todas as condições para a realização do mesmo.

Ao Engenheiro Paulo Carvalho pela orientação, apoio e conhecimentos transmitidos durante o estágio.

Ao Engenheiro David Oliveira e Renato Rodrigues pela disponibilidade e conhecimentos transmitidos.

Ao Sr. Manuel Duque por toda a disponibilidade e todo o conhecimento técnico transmitido durante o estágio.

Ao Professor Doutor Luís Borrego pela disponibilidade e orientação efetuada na realização do trabalho, e pela oportunidade que me ofereceu de estagiar no grupo SRAM.

A todos os colaboradores e membros da SRAMPORT pelo acolhimento e disponibilidade que sempre apresentaram durante o estágio.

Aos meus pais, por todo o apoio e motivação que sempre me prestaram.

Por fim agradeço a todos aqueles que diretamente ou indiretamente contribuíram para a minha formação académica e que incentivaram a atingir este objetivo

RESUMO

No âmbito do mestrado em Engenharia Mecânica, na área de Construção e Manutenção de Equipamentos Mecânicos, do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, foi realizado um estágio na Empresa SRAMPORT. Esta empresa é detida pelo grupo Norte-Americano SRAM que desenvolve e produz componentes para bicicletas, sendo a SRAMPORT responsável pelo desenvolvimento e fabricação de correntes e montagem de rodas da ZIPP.

Este estágio tem como objetivo principal o desenvolvimento de equipamentos e acessórios de forma a melhorar o processo produtivo com o objetivo de alcançar a produção desejada.

Estes projetos incluem desde a modelação 3D passando pela construção das mesmas até à sua montagem e aceitação por parte de todos os responsáveis envolventes. Devido à complexidade de alguns projetos foram criados grupos de trabalho multidisciplinares a fim de acompanhar os trabalhos desenvolvidos.

Dos projetos realizados destaca-se a máquina de escolha de eixos, no qual pretendia-se desenvolver um equipamento para realizar uma triagem de eixos com uma tolerância de 20 μ m a uma velocidade de 300 eixos por minuto.

Outro projeto desenvolvido com grande relevância pelo tempo despendido, recursos e complexidade é a máquina da *rim tape*. Neste projeto desenvolveu-se um posto de trabalho com um sistema semiautomático para a colocação da *rim tape* os aros da ZIPP.

No decorrer do estágio também foram desenvolvidos outros projetos de menor relevo como os *features* de gravação a laser, com o objetivo de aumentar a velocidade de gravação de *end caps*; a banca de embalamento de pneus que consistiu em desenvolver um posto de trabalho onde o operador possa proceder ao embalamento de pneus com todos os recursos sempre acessíveis; o suporte de rodas para aumentar a sua capacidade e universalidade.

Numa fase final do estágio ficaram ainda três projetos em fase de conclusão, nomeadamente o projeto do “Carneiro de choque”, da tampa do forno Aichelin e o alimentador de eixos.

No projeto do “Carneiro de choque” pretendia-se desenvolver um equipamento de ensaio de material com base num modelo já existente, corrigindo algumas falhas que este apresenta e abrir a possibilidade de realizar outros ensaios. No projeto da tampa do forno pretendia-se reduzir as perdas de calor do forno, quando este está descarregado com a montagem de uma tampa acoplada a um braço articulado fixo ao forno. Já projeto do alimentador de eixos estudou-se a alimentação deficitária da máquina de montagem de *Snap Locks* e formas de a melhorar.

Palavras-chave: Produtividade, Eficiência, Poka-yoke, Rendimento, Custo

ABSTRACT

This project is part of the Masters in Mechanical Engineering, in the Construction and Maintenance of Mechanical Equipment, of the Superior Engineering Institute of Coimbra, and report an internship was carried out at SRAMPORT Company. This company is owned by the North American group SRAM that develops and produces components for bicycles, with SRAMPORT being responsible for the development and manufacture of chains and wheel assembly of ZIPP.

This internship has as main objective the development of equipment and accessories to improve the productive process to achieve the desired production.

These projects include 3D modeling passing by construction to assembly and acceptance by all those involved. Due to the complexity of some projects, multidisciplinary working groups have been set up to monitor the work done.

Of the projects carried out, the axle selection machine stands out, in which it was intended to develop an equipment to carry out a sorting of axes with a tolerance of 20 μ m at a speed of 300 axes per minute.

Another project developed with great relevance for time spent, resources and complexity is the rim tape machine. In this project was developed a work station with a semi-automatic system for the placement of the rim tape in the ZIPP wheels.

During the internship were also developed other projects of less importance as the features of laser engraving, aiming to increase the speed of recording of end caps; the tire packaging bank which consisted in developing a work station where the operator can carry out the tire packing with all the resources always accessible; the wheel support to increase its capacity and universality.

In the final phase of the internship, three projects were still in the final stages, namely the "Carneiro de choque", the Aichelin furnace lid and the axle feeder.

In the "Carneiro de choque" project, it was intended to develop a material testing equipment based on an existing model, correcting some faults that it presents and opening the possibility of performing other tests. In the design of the furnace lid it was intended to reduce the heat losses of the oven when it is unloaded by mounting a lid coupled to an articulated arm fixed to the oven. The axle feeder design was used to study the deficient feeding of the Snap Locks assembly machine and ways to improve it.

Keywords: Productivity, Efficiency, Poka-yoke, Yield, Cost

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	v
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ABREVIATURAS.....	xi
1 Introdução	1
2 Empresa de acolhimento.....	3
2.1 Apresentação da empresa	3
2.1.1 SRAM.....	3
2.1.2 SRAMPORT	4
2.1.3 Produtos SRAM	5
3 Correntes de rolos e produção	7
3.1 Corrente de rolos	7
3.2 Fluxo de produção de corrente de rolos.....	8
4 Projetos desenvolvidos	11
4.1 Máquina de Escolha de eixos	11
4.1.1 Funcionamento da Máquina de Escolha de Eixos I.....	13
4.1.2 Problemas da Máquina de Escolha de Eixos I.....	14
4.1.3 Projeto da Máquina de Escolha de Eixos II	14
4.1.4 Calibração da máquina	19
4.1.5 Melhorias do projeto	20
4.1.6 Aprovação da máquina.....	23
4.2 Rim Tape Machine	24
4.2.1 Projeto Rim Tape Machine	25
4.2.2 Aprovação da máquina.....	30
4.2.3 Layout.....	31
4.3 Suporte de rodas	32
4.4 Banca de embalamento.....	34
4.5 Tampa do forno Aichelin.....	35
4.5.1 Projeto da tampa.....	36
4.6 Features de gravação no laser.....	38
4.6.1 Aceitação e resultados.....	41
4.7 Carneiro de choque.....	42

4.7.1	Projeto do “Carneiro de Choque”.....	43
4.7.2	Validação.....	46
4.8	Alimentador de eixos.....	47
5	Conclusão.....	51
6	Referências Bibliográficas.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 - Sistema Grip Shift de 1988.....	3
Figura 2-2 – Marcas da empresa SRAM.....	3
Figura 2-3 - Localização dos vários escritórios e fabricas da SRAM.....	4
Figura 2-4 - Exemplo de um cubo e uma roda ZIPP	5
Figura 2-5 - Representação das diversas marcas e seus componentes.....	5
Figura 2-6 - Desviador traseiro do sistema RED eTap	6
Figura 2-7 - Grupo de transmissão Eagle.....	6
Figura 3-1 - Constituintes de uma corrente de rolos.....	7
Figura 3-2 – Exemplo de corrente de rolos da SRAM.....	8
Figura 3-3 - Máquina CHC	10
Figura 4-1 - Cassete XG-1150 utiliza cerca de 120 eixos.....	11
Figura 4-2 - Cisão	12
Figura 4-3 - Planeamento do projeto da Máquina de Escolha de Eixos	12
Figura 4-4 -Máquina de escolha de eixos I e os seus principais componentes.....	13
Figura 4-5 - Alteração à base da máquina de escolha de eixo	15
Figura 4-6 - Suporte do sensor de medida com o respetivo guia.....	16
Figura 4-7 - Soprador de extração (A) e o soprador de limpeza (B)	17
Figura 4-8 – Primeiro protótipo da máquina de escolha de eixos.....	18
Figura 4-9 - Representação do funcionamento do encoder.....	19
Figura 4-10 - Gráfico da reta de calibração e a tabela dos dados registados	20
Figura 4-11 -"Overshoot" detetado no servomotor.....	21
Figura 4-12- Versão melhorada da máquina de escolha de eixos.....	21
Figura 4-13 - Modelo final da cabine da máquina de escolha de eixos	22
Figura 4-14 - Protótipo da Rim Tape Machine	24
Figura 4-15 - Planeamento da Rim Tape	25
Figura 4-16 – Novo suporte de rolo da tape	26
Figura 4-17 - Cilindros dos rolos e seus guias	27
Figura 4-18 - Pormenor do sistema de embraiagem	27
Figura 4-19 - Trancador utilizado no protótipo (A) e o trancador pneumático da Rim Tape (B).....	28
Figura 4-20 - Vista de frente da Rim Tape Machine	29
Figura 4-21 - Exemplo da tabela auxiliar	30
Figura 4-22 - Layout antigo	31
Figura 4-23 - Suporte de rodas existente	32
Figura 4-24 - Suporte de rodas desenvolvido	33
Figura 4-25 - Ensaaios ao protótipo do gancho com diversos modelos de aro	33
Figura 4-26 - Banca de embalamento de pneus e as diversas zonas.....	34
Figura 4-27 - Forno Aichelin	35

Figura 4-28 - Tampas dos fornos Aichelin	36
Figura 4-29 - Forno de FHC com tampa.....	37
Figura 4-30 - Modelo de tampa desenvolvido para o forno Aichelin.....	37
Figura 4-31 - Mesa de gravação do laser	38
Figura 4-32 - Tabuleiro com os end caps gravados	39
Figura 4-33 - Tabuleiro para gravação de latas.....	39
Figura 4-34 - Tabuleiro de gravação de frascos.....	40
Figura 4-35 - Parâmetros corrigidos no texto gravado	40
Figura 4-36 - "Carneiro de choque"	42
Figura 4-37 - Punções e bases do carneiro de choque.....	43
Figura 4-38 - Modelo proposto do carneiro de choque.....	44
Figura 4-39 Pormenor da base do carneiro de choque.....	45
Figura 4-40 - Pormenor dos guias lineares	46
Figura 4-41 - Alimentação da máquina de Snap Locks	47
Figura 4-42 - Seletor de eixos	48
Figura 4-43 - Alimentador de eixos para Snap Locks e suas fases.....	49
Figura 4-44 - Proposta para os alimentadores de 4 pistas e 2 pistas.....	50

ABREVIATURAS

BTT – Bicicleta Todo-o-Terreno

RIV – Rebitagem de Corrente

LDF – Máquina de Corte de Corrente

CHC – Máquina de Montar Corrente em Contínuo

BAR - Bariagem

1 Introdução

Num mundo globalizado como o que vivemos atualmente e com o mercado em constante inovação, existe uma forte necessidade de investir constantemente na melhoria dos processos de fabrico para que seja possível fazer produtos com boa qualidade e a um preço competitivo, sob pena de as empresas deslocarem as suas unidades fabris para outros países onde a mão de obra é mais barata. Outra necessidade que as empresas precisam para se manter nos mercados é a constate inovação e desenvolvimento de produtos para fazer face à concorrência dos mercados onde estão inseridas. Esses novos produtos levam a que as unidades fabris estejam constantemente a evoluir, quer na atualização do seu parque de máquinas existentes, quer outras adquiridas especialmente para fabricar os novos componentes.

O presente trabalho insere-se no âmbito do mestrado Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, na área de Construção e Manutenção de Sistemas Mecânicos, tendo como o principal objetivo fazer uma ponte entre o ambiente académico e o ambiente industrial, permitindo a consolidação da formação académica e o desenvolvimento de competências técnicas e profissionais em contexto real de trabalho através de um estágio na empresa SRAMPORT.

A SRAMPORT é uma empresa adquirida pelo grupo Norte Americano SRAM, que se dedica ao desenvolvimento e produção de uma vasta gama de componentes para bicicletas. A SRAMPORT dedica-se á produção e desenvolvimento de correntes para bicicletas e montagem de rodas e cubos da marca ZIPP, também pertencente ao grupo SRAM.

O presente estágio decorreu-se no departamento do *Manufacturing Engineering*, com o objetivo de desenvolver novos equipamentos e alterar alguns existentes de forma a produzir novos produtos ou melhorar a produtividade de alguns já existentes.

2 Empresa de acolhimento

2.1 Apresentação da empresa

2.1.1 SRAM

A SRAM é uma empresa de origem Norte-americana e dedica-se ao desenvolvimento e produção de componentes para bicicletas, fundada em 1987, em Chicago. O nome da empresa é um acrónimo formado pelas letras dos nomes dos três fundadores: Scott, Ray e Sam, inicialmente apenas empregava 6 colaboradores num pequeno armazém. Nesta altura uma grande inovação desenvolvida pelos fundadores foi o “grip shift”. Este sistema veio revolucionar a forma que os ciclistas trocavam as mudanças, evitando que estes retirem as mãos do guiador para fazer a troca das mudanças que até à data seria através de uma alavanca no quadro.



Figura 2-1 - Sistema *Grip Shift* de 1988

Devido a este sucesso e outros permitiram à empresa, nestes últimos 20anos, adquirir outras marcas que contribuíram para o seu crescimento e consolidação no mercado. Atualmente o grupo SRAM possui seis marcas e dois projetos de carater social e humanitário.



Figura 2-2 – Marcas da empresa SRAM

Atualmente é o segundo maior fabricante mundial de componentes de bicicletas e encontra-se espalhado por todo o mundo, no total de 13 países com 17 fabricas e escritórios,

empregando cerca de 3800 trabalhadores que se dedicam ao desenvolvimento, produção e comercialização dos produtos do grupo.

A figura seguinte mostra a localização dos varias fabricas e escritórios do grupo.



Figura 2-3 - Localização dos vários escritórios e fabricas da SRAM

2.1.2 SRAMPORT

A SRAMPORT foi fundada em 1968, com a denominação Transmeca – Transmissões Mecânicas, Lda. Inicialmente a empresa era detida pelo grupo Peugeot e pelo empresário Armando Simões, detendo ambos 50% do seu capital. Em 1980 o grupo Peugeot adquiriu a totalidade da empresa.

Em 1987, a empresa é vendida ao grupo Fichtel & Sachs (Mannesmann). Em 1997, seguindo a sua estratégia de crescimento e expansão, a empresa SRAM adquire parte da empresa Fichtel & Sachs (segmento de bicicletas). Com esta aquisição, a empresa situada em Coimbra passou a ser detida pelo grupo Norte-americano e iniciou o processo de alteração da sua denominação social para SRAMPORT que só veio concretizar-se anos mais tarde, em 2008.

Atualmente é a única unidade fabril do grupo na Europa e um dos maiores produtores de correntes do mundo. A organização em Portugal tem como objetivo principal o desenvolvimento e produção de correntes, cubos e rodas para bicicletas.



Figura 2-4 - Exemplo de um cubo e uma roda ZIPP

2.1.3 Produtos SRAM

O grupo SRAM desenvolve e produz grande parte dos componentes para bicicletas, à exceção do quadro. Cada marca do grupo desenvolve determinados tipos de componentes, como ilustra a figura 2-5.



Figura 2-5 - Representação das diversas marcas e seus componentes

- SRAM – Marca principal do grupo que desenvolve a maioria dos componentes, desde todos os elementos constituintes da transmissão da bicicleta, passando pelas rodas de BTT e relativamente recente: travões;
- ROCKSHOX – Esta é responsável pelo desenvolvimento de suspensões, amortecedores e espigões de selim telescópicos;
- AVID – Esta marca tem como objetivo o desenvolvimento de sistemas de travão.
- TRUVATIV – Esta marca dedica-se ao desenvolvimento de produtos direcionados ao BTT, produzindo guiadores, avanços, entre outros;
- ZIPP – Esta marca é especializada em componentes de bicicletas de estrada, desenvolve grande parte dos componentes desta vertente do ciclismo, sendo as rodas em carbono o produto mais reconhecido;
- QUARQ – Esta marca desenvolve medidores de potência instalados em pedaleiros específicos para ciclistas que pretendem analisar o rendimento durante os treinos e provas.

Dos seus produtos apresentados pela SRAM, destacam-se 2 grupos de transmissão um para bicicletas de estrada e mais recente para bicicletas de BTT.

No mercado do das bicicletas de estrada revolucionaram o sistema de transmissão ao desenvolverem o primeiro sistema de mudanças sem fios, trata-se do sistema *RED eTap* que permite a troca de mudanças sem necessidade de utilizar cabos, reduzindo os problemas a eles associados.



Figura 2-6 - Desviador traseiro do sistema *RED eTap*

Outro grupo com bastante destaque no mercado de bicicletas de BTT é o grupo de transmissão *Eagle*. Este grupo caracteriza-se por possuir 12 velocidades na roda traseira e apenas uma à frente, sendo o primeiro sistema deste género no mercado, e tem como objetivo resolver problemas detetados nos sistemas de 11 velocidades já existentes no mercado.



Figura 2-7 - Grupo de transmissão *Eagle*

3 CORRENTES DE ROLOS E PRODUÇÃO

3.1 Corrente de rolos

Como já foi aqui referido aqui anteriormente, um dos principais produtos desenvolvidos e produzidos pela SRAMPOR são correntes de rolos para bicicletas.

Em órgãos de máquinas existe muitas vezes a necessidade de transmitir energia mecânica entre diversos elementos. Geralmente essa transmissão pode ser feita através de elementos rotativos, tais como engrenagens, polias com correias e carretos com correntes.

As correntes de rolos são utilizadas, frequentemente, em diversas aplicações em construção de máquinas e equipamentos industriais. Dos fatores que contribuem para a sua utilização são: o elevado rendimento que ronda os 98%, a facilidade de montagem e manutenção relativamente simples. Contudo devido à sua constituição é possível verifica um efeito poligonal, pelo que o movimento transmitido torna-se não linear e contribui para o desgaste da corrente e carretos.

As correntes de rolos são compostas por diversos elos, estes por sua vez são constituídos por duas placas exteriores onde estão fixos os pinos, e duas placas interiores onde estão alojadas as buchas, em alguns tipos de correntes poderão ter rolos a envolver as buchas. As correntes com rolos são mais tolerantes ao alongamento, enquanto as correntes de buchas são mais resistentes.



Figura 3-1 - Constituintes de uma corrente de rolos

Atualmente, embora existam outras soluções no mercado, ainda é o sistema de transmissão por corrente o mais usual na indústria das bicicletas devido aos fatores acima enumerados.

Embora este tipo de correntes, representado na figura 3.1 seja bastante utilizado na indústria, no setor automóvel, em motocicletas, entre outros. Nas bicicletas, devido às condições

que estas correntes estão sujeitas, os fabricantes foram obrigados a desenvolver um tipo de corrente de rolos que permita uma flexa mais elevada, provocada pelo elevado número de carretos utilizados na roda traseira, que no caso do sistema *Eagle* apresenta 12 carretos.



Figura 3-2 – Exemplo de corrente de rolos da SRAM

Na figura 3.2 é possível observar os componentes de uma corrente de rolos utilizada atualmente nas bicicletas. A principal diferença é a ausência da bucha, existindo apenas placas exteriores e interiores, os eixos e eixos. Para compensar a ausência da bucha, a placa interior apresenta um anel criado pela deformação do material causada pela execução do furo. Em alguns casos, este tipo de corrente também permite que os eixos sejam ocos, o que permite reduzir o peso da corrente. São estas alterações, entre outras que têm permitido as correntes sejam utilizadas ainda nos dias de hoje no sector do ciclismo, cada vez mais exigente.

3.2 Fluxo de produção de corrente de rolos

Nos mercados competitivos, nos dias de hoje, é necessário produzir muito, em pouco tempo com boa qualidade de produtos para que as empresas possam garantir o seu futuro, para tal é necessário reduzir todas as deslocações e tempos não produtivos na produção dos componentes. Para tal é necessário planificar o layout das unidades fabris de forma ao fluxo de produção seja o mais contínuo e próximo da operação seguinte caso esta seja realizada noutro equipamento ou área diferente.

No caso da unidade fabril da SRAMPORT, a área de produção de correntes está dividida em dois setores, nos quais desenrolam três processos. Seguindo o processo de produção, inicialmente encontramos o setor das “Peças Soltas”. Neste setor estão presentes dois processos: o corte e o tratamento térmico e de superfície, que se realiza após o corte. O outro setor é o da

“Montagem”, onde se realiza o processo de montagem da corrente, onde seguindo uma determinada ordem, são unidas as diversas peças soltas formando o produto final – a corrente.

O processo de produção da corrente de rolos começa com a chegada da matéria-prima, que neste caso pode chegar de duas formas, laminado em rolos de aço em formato de fita, de onde serão cortadas as chapas exteriores e interiores ou em bobines de arame trefilado para a produção de eixos.

O processo inicial a produção da corrente decorre no setor das “peças soltas” onde se procede ao corte das placas e dos eixos. As placas são produzidas através do corte por estampagem com o recurso a prensas mecânicas, que utilizam ferramentas progressivas, e são responsáveis por dar o respetivo formato às placas. O corte dos eixos é executado por cisalhamento com cisalhas rotativas. Os rolos da corrente são fornecidos já com a forma final, sendo submetidos apenas aos tratamentos térmicos nas instalações da SRAMPOR.

Após ao processo de corte, as peças sofrem alguns tratamentos de superfície, como o polimento e rebarbagem. A rebarbagem é realizada através da operação, denominada na empresa, de BAR, nesta fase são eliminadas todas as rebarbas existentes e os óxidos que tenham acumulado na superfície, sendo também removido quaisquer resíduos de óleo proveniente dos processos de corte.

Depois do tratamento superficial, as peças são sujeitas aos tratamentos térmicos, como têmpera, cementação e revenido, que irão conferir às peças as propriedades de dureza e tenacidade pretendidas, de forma a estas peças resistirem melhor ao desgaste e às duras condições exigidas às correntes durante a utilização das correntes.

No seguimento dos tratamentos térmicos, as peças são sujeitas à operação de BAR para remover toda a sujidade existente e retirar os óxidos, que concedem um tom acastanhado às peças, provenientes dos tratamentos térmicos.

A próxima operação e última no sector das “peças soltas” é, dependendo do modelo da corrente, a niquelagem. As restantes seguem diretamente para a montagem. Na operação de niquelagem as peças são submersas em num eletrólito que contém níquel, que acaba por ficar depositado na superfície da peça, conferindo-lhe uma elevada resistência ao desgaste e à corrosão e melhora o aspeto visual ao proporcionar um elevado brilho metálico, característico de correntes de alta gama.

No sector da montagem, as peças aguardam, nos respetivos contentores, pelo tempo de montar a corrente correspondente a essas peças. Após a ordem de início de produção da corrente essas peças seguem para a linha de montagem adequado ao determinado modelo da corrente a produzir. As operações iniciais na linha de montagem da corrente, consistem num processo complexo que, segundo determinada ordem, irá juntar os diversos componentes, formando assim a corrente. As estas máquinas onde decorre este processo são denominadas de CHC.



Figura 3-3 - Máquina CHC

A CHC poder dividida em seis módulos, cada um com uma respetiva função. No primeiro módulo são cravados os dois eixos na placa inferior, no próximo módulo os elos são ligados entre si através da placa interior inferior, o terceiro módulo são colocados os rolos nos diversos eixos, no módulo seguinte é montada a outra placa interior, faltando apenas a placa exterior superior que será colocada no quinto módulo, por último o sexto módulo regula a cota do eixo que sai para fora das placas. De assinalar que estas diversas operações descritas anteriormente acontecem em pequenas frações de segundos.

Agora com a corrente já montada, a próxima operação na linha de montagem é a rebitagem da corrente, denominada de RIV, isto é, a deformação da extremidade do eixo e forma a garantir que os componentes não se separem. Esta operação pode ser efetuada por esmagamento através de discos para os eixos sólidos, ou por pancada para os eixos perfurados. De seguida a corrente é tensionada a 1/3 da sua carga nominal de rotura, garantido a qualidade desejada da corrente.

Após o anterior processo de controlo, as correntes de gamas superiores são sujeitas a um controlo visual de todos os elos com o recurso a uma máquina com visão artificial, onde câmaras de alta velocidade inspecionam a corrente em busca de possíveis erros ou defeitos que possam existir.

De seguida, com a corrente montada e verificada, esta é lubrificada. Para terminar, são efetuados o corte e o embalamento da corrente num equipamento designado de LDF. Esta máquina a corrente é cortada e embalada conforme as especificações do cliente, ou seja, em bobines ou em caixas de 25 ou 50 correntes.

Depois de concluído todo o processo anteriormente descrito, as correntes, agora já embaladas, são colocadas em paletes e enviadas para o armazém de expedição para serem enviadas para os clientes

4 PROJETOS DESENVOLVIDOS

4.1 Máquina de Escolha de eixos

Com o mercado do cada vez mais exigente em relação ao peso das bicicletas, os fabricantes de componentes têm vindo a desenvolver soluções que visam reduzir o peso aos seus componentes substituindo os materiais por outras soluções mais leves, como utilização de compósitos ou ligas de metais leves, ou pela redução de material, otimizando os componentes.

No caso das cassetes traseiras das bicicletas a SRAM desenvolveu uma solução para reduzir o peso deste componente em que consiste em ligar os diversos pratos através de eixos em aço inoxidável. Esta solução encontrada permite reduzir o peso e ter um baixo custo, sem comprometer a sua rigidez, precisão e permite também reduzir a lama depositada na cassette.



Figura 4-1 - Cassete XG-1150 utiliza cerca de 120 eixos

Embora as cassetes não sejam produzidas na SRAMPORT, os eixos utilizados na montagem das cassetes são produzidos na empresa e posteriormente exportados. Para realizar o corte dos eixos recorre-se às cisalhas rotativas da empresa. Trata-se de um processo bastante rápido, contudo a precisão dos eixos cortados é inferior à precisão exigida pelo cliente que é de apenas 20 μ m, o que torna obrigatório a utilização de sistemas de triagem para garantir que os eixos enviados estão dentro de aceitação.

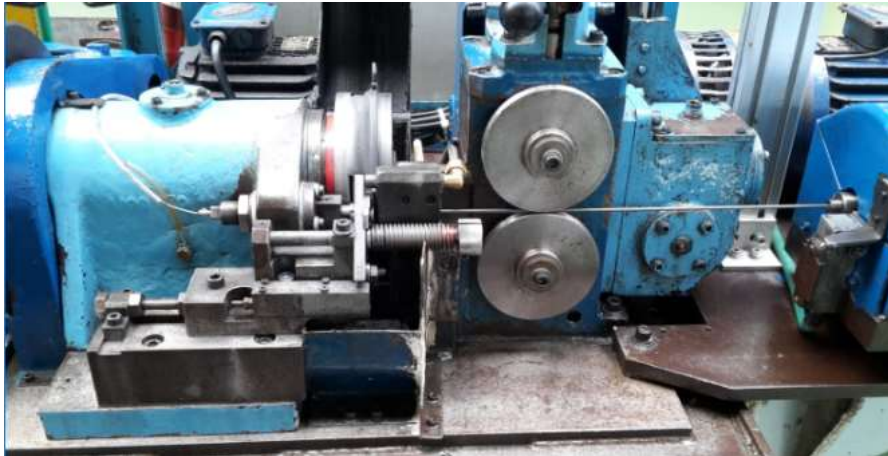


Figura 4-2 - Cisalha

Para tal empresa utilizou uma máquina de triagem para realizar a escolha dos eixos. Com a previsão do aumento da produção exigida, devido ao lançamento de novos grupos de transmissão era necessário investir numa solução capaz de satisfazer a procura. Nesse sentido colocou-se a hipótese de desenvolver uma máquina na própria empresa. Para estudar a viabilidade do mesmo iniciou-se um planeamento de todas as atividades.

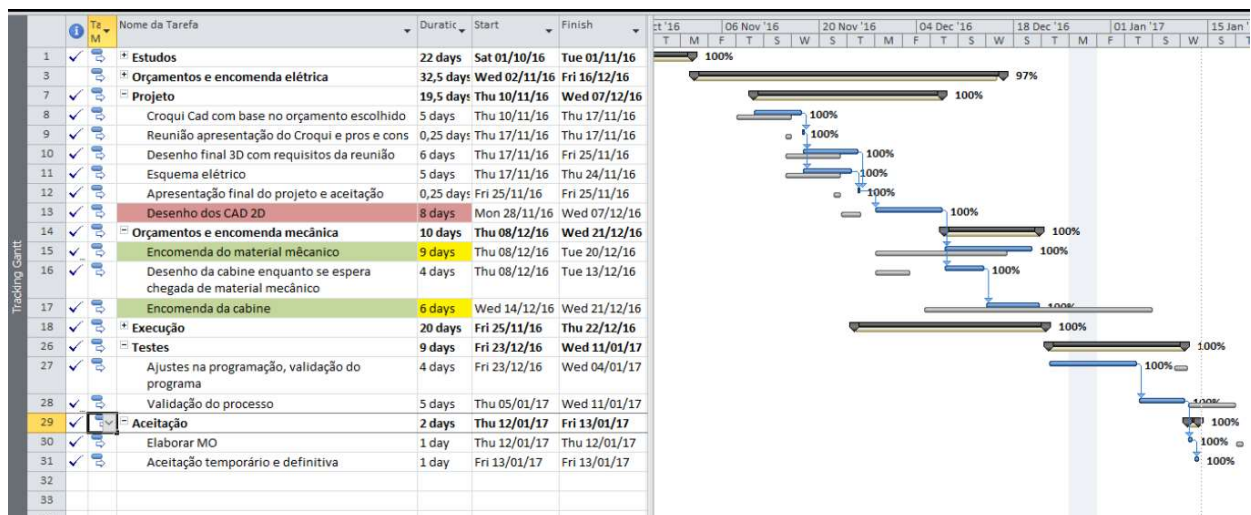


Figura 4-3 - Planeamento do projeto da Máquina de Escolha de Eixos

Numa primeira fase, com base na outra máquina utilizada e nas necessidades de produção previstas, fez -se um levantamento do material necessário para a sua construção assim como os custos estimados para tomar a decisão de avançar com o projeto.

No projeto inicial, era previsto esta nova máquina ser capaz de triar 300 eixos por minuto, um número um pouco acima do requerido por questões de segurança. Pretendia-se também melhorar e reduzir os diversos problemas identificados na já existente.

4.1.1 Funcionamento da Máquina de Escolha de Eixos I

A máquina de escolha de eixos existente na SRAMPOR tem, resumidamente, o seguinte funcionamento:

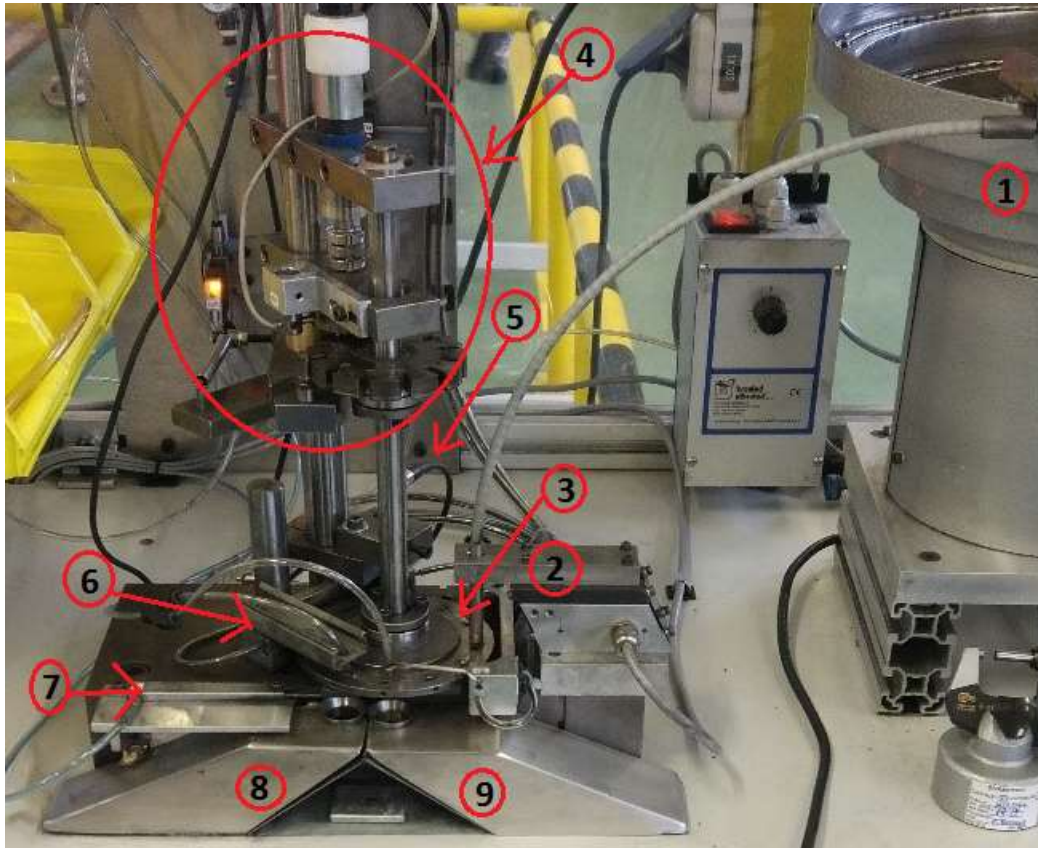


Figura 4-4 -Máquina de escolha de eixos I e os seus principais componentes

Os eixos são colocados no alimentador rotativo **1**, responsável por alimentar a máquina e orientar os eixos da forma correta. Assim que estes tenham a devida orientação são canalizados até ao alimentador linear **2**, este alimentador cria pequenas vibrações lineares com o objetivo de facilitar a entrada nas matrizes instaladas no disco das matrizes **3**. Assim que o sistema reconhece a presença de um eixo na matriz o mecanismo **4** roda o disco de matrizes para a posição seguinte e assim sucessivamente. A medição do comprimento dos eixos é realizada através de um sensor eletromagnético de caneta **5**. O resultado da medição é registado no sistema da máquina para estatística da produção e para selecionar a saída que esse eixo deverá sair, uma vez que os eixos são expelidos mais à frente. Para fazer esta seleção, a máquina avança ou recua o cilindro **7**, segundo a medição memorizada. No caso de os eixos não estarem dentro das cotas pretendidas o cilindro recua e os eixos são expedidos através da gravidade e com o auxílio de ar comprimido através do soprador **6** para a saída **8**, se os eixos estiverem dentro das cotas corretas a máquina avança o cilindro para os eixos caírem para a saída **9**.

4.1.2 Problemas da Máquina de Escolha de Eixos I

Além do aumento da velocidade de produção, esta máquina apresentava alguns aspetos a corrigir e melhorar, como por exemplo a troca do disco de matrizes, quer por desgaste ou mudança de produção, deveria ser um processo mais simplificado e rápido, uma vez que na máquina I seria necessário desmontar todo o mecanismo 4, da figura acima, para substituir o disco. Esse mecanismo também ele representava um problema, trata-se de um sistema complexo e demasiado arcaico, sendo difícil de encontrar peças de substituição para este mecanismo em caso de falha.

Outro aspeto a melhorar seria as saídas dos eixos, assim como a sua canalização até a caixa de recolha, pois na máquina I por vezes os eixos ficam preso no interior das passagens.

A nova máquina também deveria ter menos espaços onde se poderiam alojar eixos de diferentes lotes e assim contaminar o lote a atual além de facilitar a sua limpeza.

4.1.3 Projeto da Máquina de Escolha de Eixos II

Na primeira reunião foram discutidos todos os problemas a resolver ou melhorar com a nova máquina, assim como o material elétrico já selecionado. Outro assunto abordado nessa reunião foi o planeamento previsto para este projeto. Devido à pressão por parte da produção em atingir os objetivos requeridos esta máquina teria de estar a funcionar em meados de janeiro tendo por isso, cerca de 7 semanas para idealizar, projetar, e elaborar os desenhos 2D, para conseguir realizar as restantes tarefas, como a montagem, calibração, etc., dentro do prazo previsto.

Entre o material elétrico previamente selecionado destaca-se o atuador giratório ERMO 25, da Festo. Este servomotor seria, de acordo com a sugestão do fabricante, suficiente para a aplicação em questão, pois permitiria atingir velocidades satisfatórias e seria possível fazer a indexação dos eixos nas devidas matrizes. Outro material também apresentado e de grande importância para o projeto foi o sensor de medida. Inicialmente o sensor de medida a utilizar seria o Solartron DK, este sensor possuía a precisão necessária e a sua construção tornava-o bastante resistente aos esforços que a seria sujeito, contudo foi posto de parte devido ao mecanismo utilizado não conseguir atingir o tempo mínimo necessário de estabilização de leitura, visto que a velocidade pretendida para este projeto seria elevada este tempo de estabilização deveria ser muito inferior ao fornecido pelo fabricante sendo necessário selecionar outro que conseguisse estabilizar dentro do tempo exigido. Ainda existiu um outro sensor que também teve ser substituído, ainda em fase do projeto, trata-se do sensor que responsável por detetar a presença de eixos na matriz para assim poder avançar para a posição seguinte. Este sensor SICK WTB25 trata-se de um sensor fotoelétrico, em que na mesma unidade existe um emissor de feixe laser e respetivo recetor. Devido às dimensões do eixo e precisões pretendidas tornava o diâmetro do feixe de laser demasiado grande para este projeto sendo substituído por um sensor de forquilha também por feixe laser, mas com um diâmetro inferior. Ambos os

sensores foram substituídos em fase de projeto sendo apenas necessário desenvolver novas formas para os colocar, pois ambos possuíam geometrias bastantes distintas dos seus substitutos, atrasando o projeto.

Para acelerar o processo de construção optou-se por desenvolver um modulo independente da estrutura da máquina para que fosse possível fazer as montagens e calibrações dos componentes elétricos, sem necessidade de aguardar por todos os componentes. Para tal idealizou-se uma base em alumínio onde seria acoplado todos os restantes componentes, trata-se de uma chapa de alumínio onde foram criados diversos furos e cavidades afim de acoplar os restantes componentes na mesma, o material selecionado recaiu para o alumínio devido às suas propriedades anticorrosivas e devido aos baixos esforços e desgaste a que estariam sujeitos. Esta seleção foi utilizada também a outros componentes em condições semelhantes. As diversas posições dos componentes foram obtidas através de diversas simulações com os diversos modelos 3D dos componentes, fornecidos pelos fabricantes, de forma a encontrar a melhor solução do ponto de vista do projeto e de fabricação, pois tratando-se de uma produção em pequena escala grande parte dos componentes mecânicos deveriam ser maquinados. Embora a modelações 3D sejam uma grande ajuda no projeto mecânico, uma vez que se trata de modelos simplificados, foi necessário alterar a base da máquina, pois ao fazer a montagem do motor observou-se que devido conetores elétricos não seria possível montar este componente.



Figura 4-5 - Alteração à base da máquina de escolha de eixo

Para garantir que o motor esteja sempre na mesma posição utilizou-se cavilhas embutidas na base para posicionar o mesmo, sendo os suportes apenas para manter o motor fixo na base. Ao contrario do motor os restantes componentes como o alimentador linear e o sensor de

medida teriam de permitir algum ajuste, para tal foram criados diversos furos rasgados, tanto na chapa da base da máquina, quer nos próprios suportes.

No caso do suporte para o sensor de medida, para garantir o paralelismo entre a cabeça do sensor de mediada e eixo foi criado um guia com um ajuste deslizante à mão.

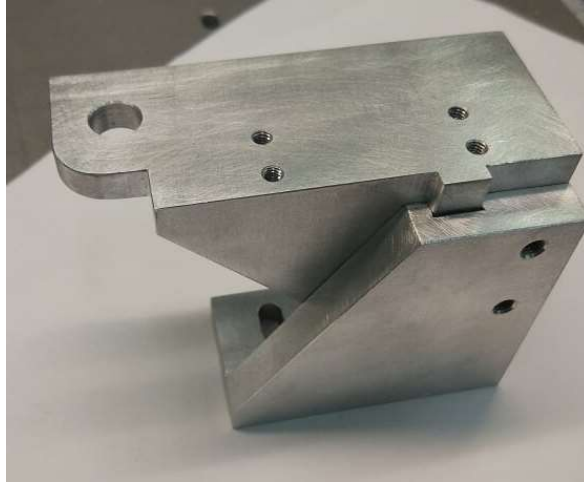


Figura 4-6 - Suporte do sensor de medida com o respetivo guia

O disco de matrizes embora seja semelhante ao da máquina já existente sofreu algumas modificações como por exemplo o número de matrizes do disco. Para tornar a máquina mais rápida optou-se por adicionar mais 4 furos, passando a ter 16 matrizes. Esta pequena alteração permite reduzir o tempo necessário de rotação do motor, sendo sido limitado por questões de espaço. Para ser possível fixar o disco ao servomotor, também foi necessário desenhar outra forma de o fixar. Na nova máquina este disco também ganhou outra função. Para garantir a posição correta de leitura e de entrada dos eixos na matriz, o disco de matrizes era dotado de uma parte dentada, para que através de um sensor indutivo o controlador determinar o “ponto 0”, é a partir desta posição que este irá mover, no caso desta aplicação, $22,5^\circ$ até à posição seguinte. Embora este disco tenha sido, inicialmente, idealizado como sendo apenas uma peça, optou-se por dividir esta peça em duas por se tratar de uma peça de desgaste e ao seu elevado custo de produção. A divisão consistiu em separar o disco das matrizes da “roseta” dentada e para garantir a sua posição utilizou-se 4 cavilhas, duas para posicionara roseta no servomotor e outras duas para posicionar o disco na roseta, a sua fixação é feita através de 4 parafusos M4 FHC. Com esta divisão optou-se por construir a roseta em alumínio e o disco, numa fase inicial em aço temperado, existindo a possibilidade de substituir o material por outro mais duro, devido ao desgaste a que estaria sujeito. Um aspeto a estar contemplado no projeto era a possibilidade de o disco ser retificado, permitindo o aumento da vida útil deste componente.

Assim como este disco de matrizes, a chapa de seleção da saída e a pista onde os eixos percorrem da entrada até à saída é feita do mesmo material, tendo ainda esta última, pastilhas de “metal duro” nos postos de entrada dos eixos e de medição, por se tratar de locais mais críticos.

A expulsão dos eixos das matrizes também foram alvo de melhoria, nomeadamente o soprador dos eixos à saída, para ajudar a expulsar os eixos das matrizes. Este sistema já existia na máquina I, porém nessa máquina esse soprador foi posteriormente instalado e tem pouco controlo, para tal e recorrendo à modelação 3D desenvolveu-se um soprador capaz de desviar em caso de avaria e de fácil reposição no local exato de funcionamento. Devido a estas estas avarias serem constantes na máquina I este soprador e o seu suporte também foram contruídos em aço. Mais tarde, após a máquina estar em funcionamento, por vezes em alguns lotes surgiram eixos encravados no interior das matrizes, devido a impurezas presentes nos eixos, o que provoca outros problemas acrescidos. Para reduzir as consequências resultantes destes eixos redesenhou-se este soprador para acoplar um sensor ótico que conseguisse verificar a ausência de eixos na matriz. No que diz respeito aos sopradores também foi desenvolvido um soprador para limpar o pó que fica depositado entre o disco das matrizes e a pista dos eixos.

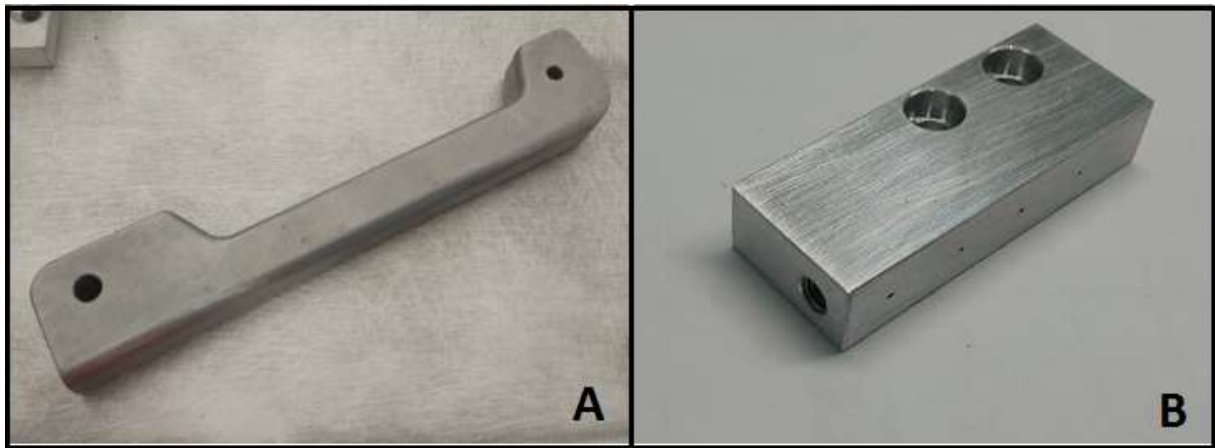


Figura 4-7 - Soprador de extração (A) e o soprador de limpeza (B)

Para resolver a questão da saída dos eixos, optou-se por utilizar um bloco de material em maciço em alumínio apenas com os respetivos canais de saída e uma caixa onde fosse possível instalar dois sensores indutivos de anel para fazer a contagem dos eixos. Devido à medida do anel deste sensor e para os eixos não ficarem retidos no interior destes canais as dimensões destes varia. Para facilitar a entrada dos eixos nestes canais inicialmente foi idealizado dois funis iguais em aço inoxidável, mas devido à imprecisão da sua construção estes não funcionaram como o previsto, sendo por isso, necessário desenvolver outro tipo de funis para reduzir os eixos caídos no tampo da máquina. Desta solução resultaram dois funis maquinados e de geometrias diferentes sempre com a condição de não permitir a entrada de eixos maus na saída errada. Após a passagem dos eixos pelo sensor, estes são canalizados por uns tubos em policarbonato, pois permitem observar a existência de eixos presos no interior, para as suas respetivas caixas que serão enviadas para o processo seguinte.



Figura 4-8 – Primeiro protótipo da máquina de escolha de eixos

A cabeça do sensor de medida também foi redesenhada para aumentar a área de contato com o eixo, pretendia-se conjuntamente que esta tivesse mais massa para que o sensor conseguisse estabilizar a leitura mais rapidamente. Esta também deveria ter uma geometria que facilitasse a entrada dos eixos para a zona de leitura. Devido ao desgaste associado a esta peça o material selecionado também foi o “metal duro”.

Outra peça que também foi necessário desenvolver foi a saída do alimentador rotativo. Esta peça é responsável pela orientação dos eixos no alimentador para o interior do tubo de alimentação. Inicialmente construiu-se um modelo experimental para testar a sua eficiência, sendo que mais tarde fabricada em aço temperado para resistir ao desgaste já presente no primeiro modelo. Esta peça também possuía um canal interno, onde seriam injetados jatos de ar para libertar eixos presos na sua entrada e ajudar a limpar os mesmos.

Com os componentes do módulo encomendado, as atenções viraram-se para a construção da cabine. Para a sua construção, inicialmente, recorreu-se a uma ferramenta do sitio da BOSCH REXROTH, onde nos permite introduzir algumas cotas e assim obter um modelo da cabine aproximado composto por perfis normalizados. As restantes alterações à estrutura da cabine foram realizadas com o software de CAD da empresa. Por questões de estética a parte inferior foi revestida com chapas com as cores respetivas da secção onde a máquina seria instalada. Ainda na parte inferior foi criada uma caixa embutida na cabine para deforma a instalar os diversos componentes pneumáticos, junto ao quadro elétrico que também ficou instalado na parte inferior da cabine. As caixas de recolha dos eixos também ficaram instaladas na parte inferior e separadas por placas de acrílico (PMMA) para garantir que os eixos bons não sejam contaminados. Na parte superior da cabine para permitir a visualização da máquina em funcionamento utilizou-se placas de acrílico, no interior dos perfis para reduzir as cavidades

onde possam ficar retidos os eixos. Foi adicionado também dois pequenos perfis para o suporte do display de controlo da máquina, junto à porta. Esta porta por motivos de segurança também está dotada com um sensor que interrompe o funcionamento da máquina assim que esta seja aberta.

Após concluída a montagem da mecânica e elétrica da máquina, procedeu-se à programação da mesma e aos seus primeiros testes. Assim que esta fase foi concluída realizou-se o manual operatório da máquina, para que operador conheça o funcionamento da mesma e os procedimentos que deverá fazer sempre que necessário.

4.1.4 Calibração da máquina

O sensor de medição selecionado, como já mencionado, trata-se do GT2-P12F. Este sensor da Keyence, tem uma precisão de $2\ \mu\text{m}$ e, a razão principal de este ser o sensor escolhido, tem um tempo de 4ms de estabilização. Este sensor possuiu uma cabeça na extremidade inferior da haste e na outra extremidade possui um encoder linear. Este encoder permite saber com precisão a posição em que se encontra a cabeça do mesmo através da emissão e receção de um feixe de luz. A receção desta luz nas células recetoras é convertida num sinal digital. Contudo os valores obtidos após a sua ligação não representam o valor da grandeza que se deseja obter, é necessário calibrar o sensor através de uma reta de calibração.

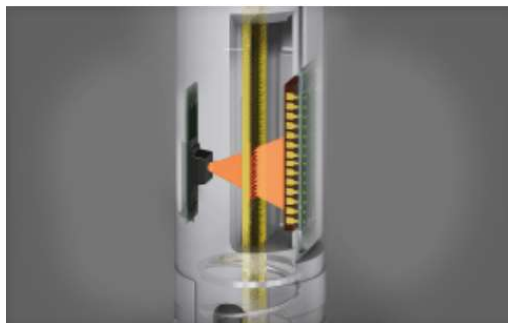


Figura 4-9 - Representação do funcionamento do encoder

Para realizar a calibração realizou-se um conjunto de padrões normalizados da empresa, próximos da medida pretendida, e registou-se os valores das cotas desses padrões e do valor de bits lidos no amplificador do sensor numa folha de Excel. Após concluir o registo realizou-se o calculo da regressão linear dos pontos obtidos. Destes cálculos conseguimos obter uma reta de calibração precisa no intervalo pretendido de leitura. O Excel também permite conhecer o coeficiente de determinação (r^2), que nos dá uma ideia de quão precisa é a reta, variando entre 0 e 1, em que para o valor 1, a reta é 100% precisa. No caso calculado a reta o r^2 obtido é de 0,9999... o que traduz numa precisão de, praticamente, 100%. Este processo deverá ser repetido sempre que seja necessário substituir o sensor ou mudar a sua posição de trabalho.

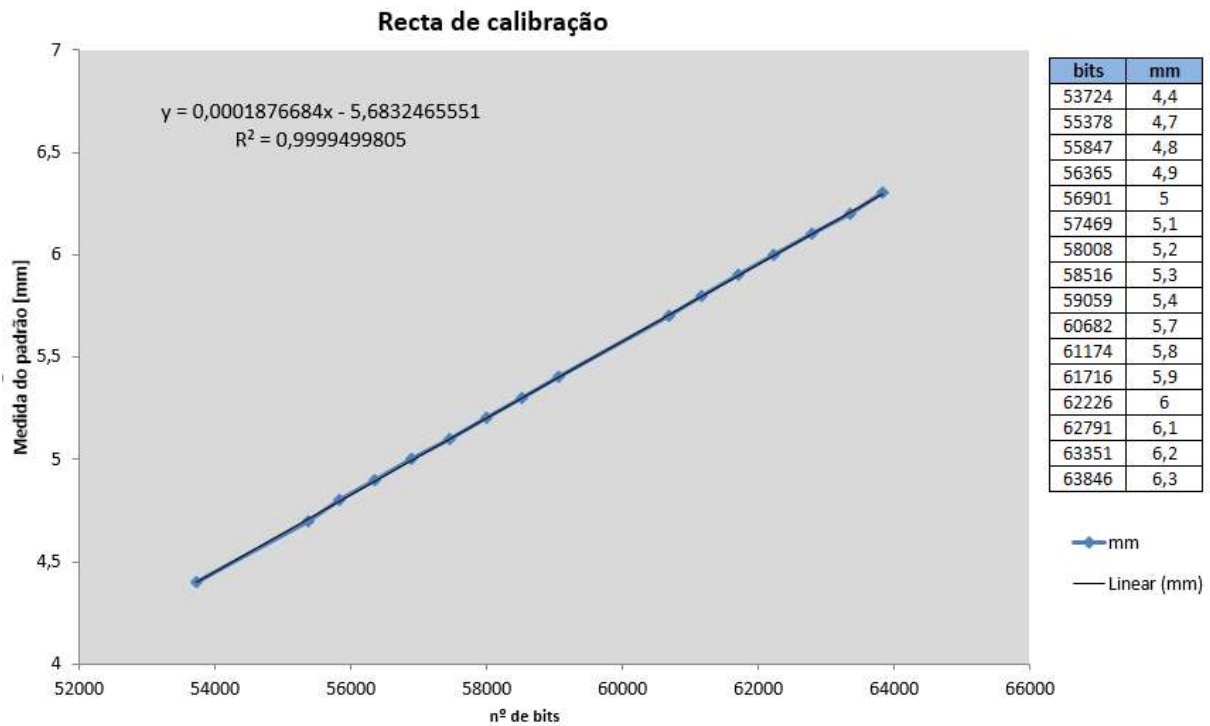


Figura 4-10 - Gráfico da reta de calibração e a tabela dos dados registados

Para garantir que as medições dos eixos se mantêm corretas foram maquinados eixos padrão, com as cotas pretendidas para que o operador possa realizar um auto-zero das medições e confirmar sempre que surja alguma dúvida quanto à veracidade das leituras realizadas.

4.1.5 Melhorias do projeto

Com o início do funcionamento da máquina verificou-se algumas falhas como foi o caso dos funis que, com a velocidade dos eixos a sair batiam no funil e caíam no tampo da máquina, e o sensor de eixos presos devido à sujidade dos mesmos. Além destes já anteriormente tratados surgiram outras situações que voltaram a merecer atenção. Numa destas situações verificou-se que os eixos no interior das caixas estavam carregados de eletricidade estática. Esta falha foi reportada pela operadora durante uma operação de controlo onde sentiu as descargas, que embora o funcionamento seja similar a máquina I este efeito não se verifica. Para corrigir esta situação colocou-se umas tiras metálicas no fundo da caixa para que os eixos pudessem descarregar para a estrutura.

Também foi detetada um movimento oscilatório do disco de matrizes, “overshoot” devido à sua massa e do conjunto do motor que associado às velocidades de angulares provocava a rotura de órgãos internos do motor. Após a visita de um representante da marca a velocidade do motor foi reduzida e instalou-se um cilindro com um calço para reduzir essas oscilações.

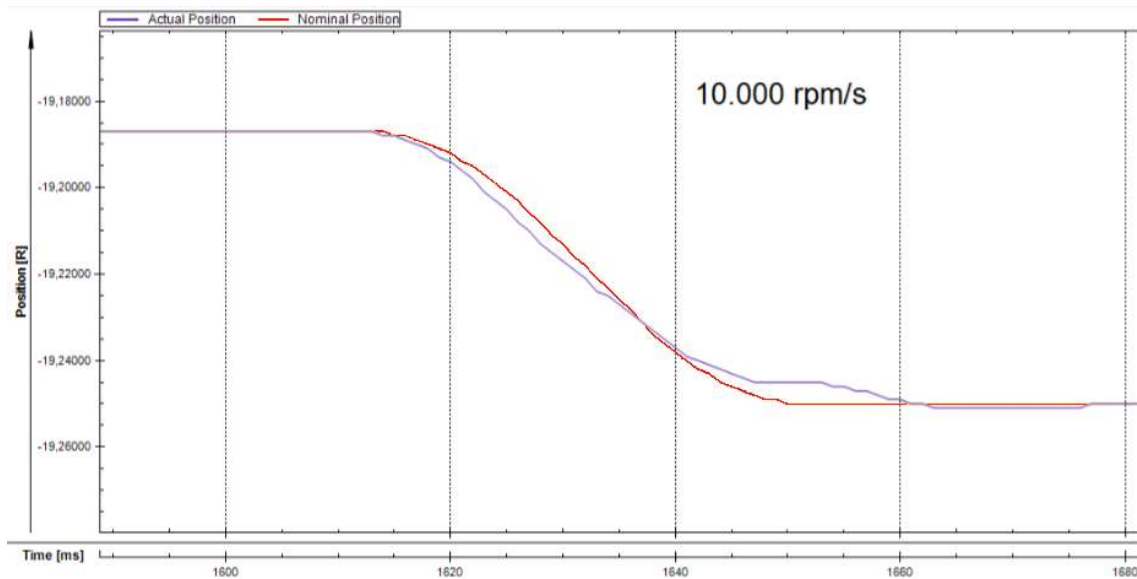


Figura 4-11 - "Overshoot" detetado no servomotor

O funil de entrada dos eixos também sofreu algumas alterações para que os eixos pudessem cair livremente e para garantir a posição exata do mesmo. Inicialmente devido à rugosidade no interior do funil os eixos tinham dificuldade em passar. Após o melhoramento do acabamento no interior do funil, embora tenha melhorado em lote com mais impurezas os eixos bloqueavam o funil, para corrigir este problema resolveu-se aumentar o diâmetro interno em 0,05mm. Para facilitar a sua colocação também foi criada uma secção de maior diâmetro para servir de batente.



Figura 4-12- Versão melhorada da máquina de escolha de eixos

A cabine também foi alvo de correções, após relatos de que o alimentador estaria a fazer demasiado ruído, foi desenvolvida uma cabine para o alimentador. Uma vez que a base já estaria construída deixou poucas soluções disponíveis para a sua realização, pois a base tinha as dimensões próximas das dimensões do alimentador. Para permitir que a operadora consiga abastecer o alimentador e o técnico de reparação o consiga remover em caso de avaria optou-se por uma solução não muito convencional, uma porta em L rígida.



Figura 4-13 - Modelo final da cabine da máquina de escolha de eixos

4.1.6 Aprovação da máquina

Após a máquina estar concluída era necessário obter aprovação para que a mesma possa operar. Esta aprovação é dividida em duas partes, numa primeira fase a máquina feita pelo departamento da qualidade para garantir a exatidão da máquina. Para efetuar este teste foram recolhidas amostras em todas as horas durante um turno de ambas as caixas (eixos bons e maus). Estas amostras voltaram a ser medidas no laboratório de controlo de qualidade para verificar se duas condições: a presença de eixos maus na caixa dos bons e vice-versa.

Devido às condições impostas pela programação, devido ao erro de leitura do sensor de medida e para garantir que os eixos enviados estariam dentro das especificações, o intervalo de aceitação foi reduzido, como tal os eixos que estariam nas extremidades são considerados como maus. O mesmo não se verificou na outra caixa existindo apenas eixos dentro do intervalo desejado dando assim a máquina como aprovada, na parte técnica.

Após a sua primeira aprovação dos resultados obtidos, a fase seguinte será a apresentação aos vários elementos responsáveis da fábrica para darem o seu parecer acerca da mesma e do seu funcionamento, aprovando definitivamente a máquina para produção.

4.2 Rim Tape Machine

Com o mercado a começar a pedir rodas tubeless nas rodas das bicicletas de estrada a ZIPP não se deixou ficar para trás e também desenvolveu os seus próprios modelos de rodas tubeless.

Esta tecnologia, embora seja recente nas bicicletas de estrada, tem vindo a ser amplamente utilizado em bicicletas de montanha. Esta tecnologia prescinde do uso de câmara de ar no interior do pneu e para garantir que não exista vazamento da pressão para o exterior, para além de o pneu ser construído para este fim, é adicionado um líquido selante para tapar qualquer fuga que possa existir entre o pneu e o aro. Este líquido também é capaz de resolver pequenos furos que possam surgir durante o trajeto.

Para tornar o aro estanque é aplicada uma fita (“rim *tape*”) na face interior do perfil do aro junto à superfície de assentamento do pneu, tapando os furos dos raios.

Inicialmente com a reduzida procura destes produtos, a aplicação destas “tapes” era colocada à mão pela operadora, sendo esta responsável por tensionar a fita de forma a deformar-se com a forma do aro e de garantir um contacto, sem bolha de ar entre a “tape” e o aro.

Com o aumento desta procura e para reduzir o tempo de produção a SRAMPORT desenvolveu um sistema, instalado noutra máquina existente, capaz de tensionar a “tape” e premir a mesma na zona central da fita. Neste caso a operadora apenas teria de colar a “tape” nas laterais da fita e verificar a existência de bolhas de ar.



Figura 4-14 - Protótipo da Rim Tape Machine

Este sistema possuía um suporte de rolo de fita e um cilindro com um embolo de 20mm, com a pressão de ar comprimido de 6 bar, controlada por uma válvula pressostática, aplicava uma força de 188,5N, ou seja, aproximadamente, 19 kg. Esta força podia ser regulada na válvula. A tensão da fita era criada pelo atrito entre o suporte do rolo e a sua fixação e por um cilindro com um embolo de 16mm. Este cilindro estava ligado juntamente com o cilindro anterior e aplicava uma força de 120N.

Contudo, estava longe de ser perfeito pois apenas funcionava para um modelo de roda específico e o processo requer a passagem de dois rolos para colar a fita, sendo que nesta solução apenas era possível utilizar um. Com um aumento de produção previsto e com um aumento de modelos a utilizar “tape” era necessário desenvolver um equipamento capaz de colar a “tape” nos diversos modelos e em menor tempo possível.

4.2.1 Projeto Rim Tape Machine

Uma vez que o conceito utilizado pela empresa funcionava, pretendia-se desenvolver um equipamento com um funcionamento similar, mas com os 2 rolos de pressão. Adicionalmente, para reduzir as deslocamentos das rodas na linha de produção, existia a necessidade de criar um posto para aplicação das válvulas em alguns modelos de rodas.

Para iniciar o projeto, mais uma vez iniciou-se por criar um planeamento de tarefas para definir as tarefas necessárias para realizar o projeto, assim como o tempo necessário para a realização das mesmas. Este planeamento também ajuda na disponibilização de recursos na empresa assim como na programação de prazos a serem respeitados a fim de conseguir realizar o projeto dentro do para o exigido.

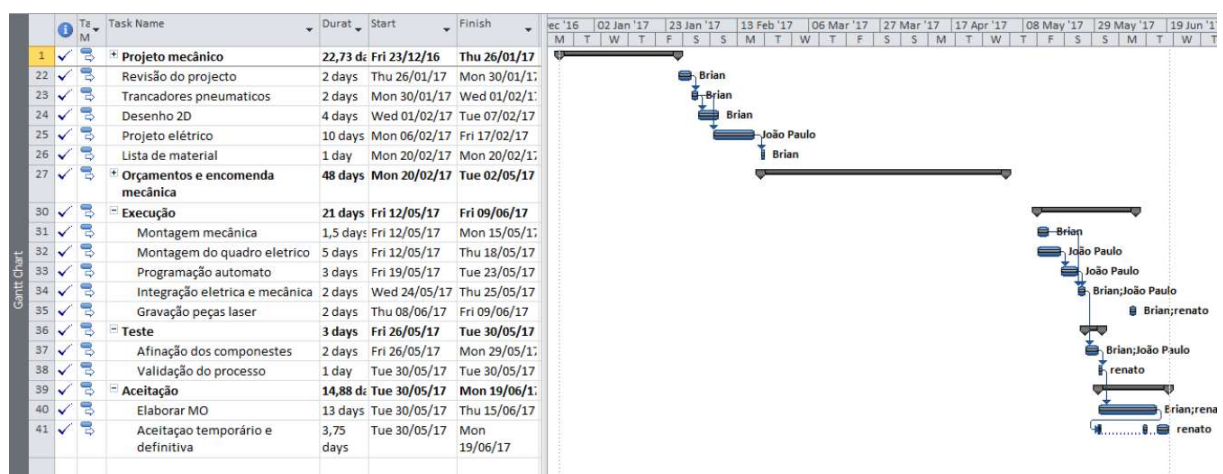


Figura 4-15 - Planeamento da Rim Tape

A primeira tarefa consistia em fazer o levantamento do sistema já utilizado para o sistema informático, pois trata-se de um sistema obtido através de vários ensaios e apresentava bons resultados. Neste levantamento apurou-se também os principais defeitos a melhorar no novo equipamento, entre os quais, o suporte do rolo da “tape” e o espaço disponível para iniciar a aplicação da “tape” era demasiado pequeno.

Ainda antes de começar o projeto da máquina, desenvolveu-se o suporte do rolo da “tape”, de forma a estar o novo suporte já na máquina em utilização. No modelo inicial, pertencia um suporte comum utilizado em diversos aplicadores de fita industrial, porem devido à sua forma triangular, com a aplicação da “tape” a espessura total do rolo também diminuía deformando o

mesmo, devido à pressão do cilindro responsável pela tensão da “tape”, para resolver este problema foi desenvolvido um suporte com uma forma mais próxima do rolo de forma ao rolo não deformar com a pressão do cilindro. Este problema ficou resolvido com esta solução, porém devido ao curso do cilindro responsável pela tensão da “tape” ser inferior à espessura do rolo, continuava a não conseguir utilizar toda a “tape” do rolo. Esta contudo apresentava uma particularidade, devido aos rolos da tape serem feitos de cartão, estes não possuem grande rigor dimensional, o que provoca em alguns rolos dificuldades em colocar o rolo na posição correta. Para resolver este problema e a falta de espaço para iniciar a aplicação da tape, decidiu-se selecionar cilindros com um curso superiores aos existentes, para no caso do cilindro da “tape” o material de atrito conseguir avançar e ser possível utilizar toda a “tape” e nos cilindros dos rolos permitiu recuar a posição dos cilindros e assim ganhar espaço para aplicar a “tape”



Figura 4-16 – Novo suporte de rolo da tape

Visto que os cilindros selecionados não possuíam guias, foi adicionado à cabeça do cilindro, local onde será aplicado os rolos de pressão, um guia para garantir o alinhamento do perfil com o aro constante.

Com a variedade de rodas existentes, estes rolos deveriam ser substituídos constantemente pelo operador, consoante o modelo de roda a produzir. Para realizar a troca dos rolos nesta máquina, ao invés de utilizar um veio com uma cavilha elástica utilizada no modelo já existente, o que torna este processo bastante demorado e com alguma complexidade, optou-se por utilizar um veio roscado com um manipulador para facilitar a operação, eliminando a necessidade de ferramentas e redução do tempo de troca.



Figura 4-17 - Cilindros dos rolos e seus guias

Para fixar a roda na correta utilizou-se a mesma filosofia utilizada no equipamento anterior, em que o operador avança um carro deslizante, com o acionamento de um manipulô acoplado a um veio roscado. Por sua vez este movimento é transmitido a um outro carro simétrico do lado oposto por meio de um veio e de correias dentadas para garantir o sincronismo entre os dois carros, desta forma é possível garantir que independentemente da dimensão do cubo, a roda estará sempre centrada. O manipulô também possuiu uma embraiagem para evitar que o cubo seja danificado por excesso de pressão. Este sistema de embraiagem é composto por dois disco serrilhados, um fixo ao manipulô e o outro deslizante num veio cavilhado



Figura 4-18 - Pormenor do sistema de embraiagem

Para impedir que a roda seja lançada para fora quando os cilindros exercem pressão no aro foi desenvolvido um sistema pneumático de trancador das rodas. Este trancador é um conjunto articulado acionado por um cilindro pneumático que exerce uma força de 100N, aproximadamente, quando abastecido com ar comprimido a 3bar. Desta forma permite que todos os cilindros presentes nesta máquina sejam controlados por um autômato, adicionando assim uma componente de segurança inexistente na máquina anterior. Este sistema também obriga ao operador a utilizar ambas as mãos reduzindo a probabilidade de esmagamento dos dedos e apenas liberta a roda após os cilindros de pressão recuarem.

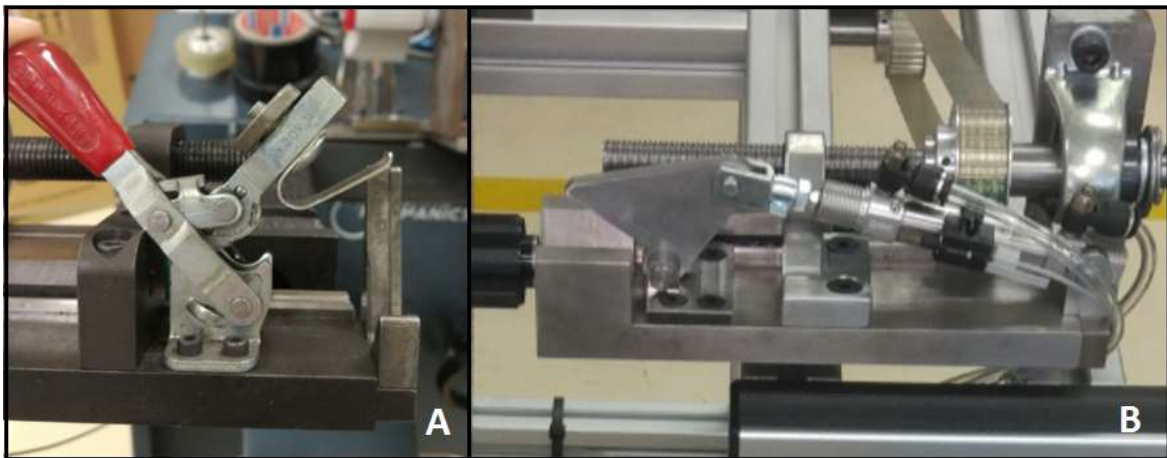


Figura 4-19 - Trancador utilizado no protótipo (A) e o trancador pneumático da Rim Tape (B)

A máquina também possui um botão de emergência que retira toda a pressão de ar comprimido da rede da máquina. Esta emergência não realiza nenhum movimento nos cilindros, mas permite que estes sejam movimentados à mão livremente.

O lado direito da máquina, como se pode ver na figura 4-20, está preparado para a eventualidade de o modelo assim o exigir, furar a “rim tape” e motar a válvula. Para facilitar a operação de furação foi desenvolvido um suporte para fixar o mecanismo de furação à bancada. Para suportar a roda durante a montagem válvula desenvolveu-se um conjunto de três apoios que permitisse funcionar com todos os modelos de rodas 700 e também 650.



Figura 4-20 - Vista de frente da Rim Tape Machine

Após a receção de todo o material procedeu-se à montagem dos diversos componentes assim como os primeiros ensaios. Nestes ensaios foi necessário corrigir alguns alinhamentos e pequenas correções na programação do autómato de modo a simplificar o processo e a obter os resultados pretendidos.

Para que os operadores possam utilizar a máquina foi criado um manual operatório, para que estes possam consultar sempre que surja alguma dúvida sobre o funcionamento da máquina. Como já aqui foi referido esta máquina deveria estar preparada para diversos tipos de rodas, mas os rolos deverão ser substituídos segundo o modelo da roda em produção, nesse sentido também foi elaborado um modelo de tabela onde estão listados os diversos modelos de rodas e os seus respetivos parâmetros correspondentes, tais como a referência dos rolos de pressão, a referência da tape a utilizar ou mesmo o número de voltas de tape necessárias.

SRAP		TABELA AUXILIAR							PORTUGAL			
TB. 0000		Listas de Rodas (30 Course)							DATA:	02/06/2017		
REVISÃO 00									PÁGINA:	2/5		
Part Number	Descrição	Rolos		Espaçadores		Regulação de pressões				Tape	Nº rol	Válvula
		Pos.	Qt.	P1	P2	P3	P4					
00.000.000	WH 30COURSE DE C. 1.000	MWL 000366 A	MWL 000292	2	5	5	5	3	80.000.000	2	n.a.	
		MWL 000363 B	MWL 000368	2								
00.000.000	WH 30COURSE DE C. 1.000	MWL 000366 A	MWL 000292	2	5	5	5	3	80.000.000	2	n.a.	
		MWL 000363 B	MWL 000368	2								
00.000.001	WH 30COURSE DE C. 1.000	MWL 000366 A	MWL 000292	2	5	5	5	3	80.000.000	2	n.a.	
		MWL 000363 B	MWL 000368	2								
00.000.003	WH 30COURSE DE C. 1.000	MWL 000366 A	MWL 000292	2	5	5	5	3	80.000.000	2	n.a.	
		MWL 000363 B	MWL 000368	2								
00.000.000	WH 30COURSE DE C. 1.000	MWL 000366 A	MWL 000292	2	5	5	5	3	80.000.000	2	n.a.	
		MWL 000363 B	MWL 000368	2								
00.000.000	WH 30COURSE DE C. 1.000	MWL 000366 A	MWL 000292	2	5	5	5	3	80.000.000	2	n.a.	
		MWL 000363 B	MWL 000368	2								
00.000.001	WH 30COURSE DE C. 1.000	MWL 000366 A	MWL 000292	2	5	5	5	3	80.000.000	2	n.a.	
		MWL 000363 B	MWL 000368	2								
00.000.002	WH 30COURSE DE C. 1.000	MWL 000366 A	MWL 000292	2	5	5	5	3	80.000.000	2	n.a.	
		MWL 000363 B	MWL 000368	2								
Indice												
Elaboração:		Brian Ferreira							Ap Paulo			

Figura 4-21 - Exemplo da tabela auxiliar

4.2.2 Aprovação da máquina

Para que esta máquina seja dada como apta para desenvolver a sua função, esta foi submetida a uma aprovação provisória por parte dos responsáveis envoltentes do seu funcionamento. Desta aprovação, surgiram algumas sugestões de alteração da mesma.

Após efetuar as alterações propostas durante a aprovação provisória, era necessário comprovar que esta máquina conseguiria aplicar a “tape” em diversas rodas da forma correta. Para tal, aplicou-se a “tape” a dois pares de rodas (traseiras e dianteiras) e após uma inspeção visual, em busca de bolhas de ar e realizou-se um teste de estanquicidade das mesmas. Estes testes também foram utilizados para dar formação aos operadores sobre o funcionamento da máquina.

4.2.3 Layout

Para acolher Rim Tape, era necessário conseguir arranjar um espaço na secção respetiva de forma a manter o fluxo de produção o mais linear possível para evitar as distancias percorridas pelas rodas. Embora esta máquina permitisse realizar a operação em menor tempo, quando comparado com antigo modelo, com o aumento de produção esta não seria suficiente para as necessidades. Esse fator foi tido em conta na alteração do layout deste setor na fábrica. Para além destas duas máquinas pretendia-se adicionar mais uma máquina de lacing, para que seja possível aumentar a produção das rodas, a banca de embalagem de pneus e os novos suportes de rodas que irão ser tratados mais à frente.

Para realizar esta tarefa, numa primeira fase, fez-se um levantamento de todos os equipamentos existentes assim como a posição exata dos mesmos, porque embora a empresa disponibiliza-se um modelo do layout, este estava desatualizado. Com o layout corrigido foram estudadas e manipuladas diversas opções de disposição de equipamentos, através do programa *Draftsight*. Posteriormente estas proposta foram discutidas com os responsáveis envolvidos e obtendo assim um modelo funcional para acolher os novos equipamentos.



Figura 4-22 - Layout antigo

4.3 Suporte de rodas

Embora hoje em dia exista uma política de uniformização de determinados componentes, ainda surgem algumas situações criadas pelos novos produtos ou utilizações específicas que dificultam o processo de fabrico ao obrigar o fabricante utilizar exclusivamente determinado equipamento para um certo produto.

No caso das rodas ZIPP, surgiu a necessidade de redesenhar o suporte de rodas, devido às diferentes medidas de cubos que podem variar entre 100 e 180 milímetros.

O suporte utilizado suporta a roda pelo centro do cubo, como já aqui referido esta medida tem uma grande variação, para minimizar este problema os suportes existentes foram ajustados para suportar rodas dianteiras, geralmente com o cubo menor, na parte superior e as rodas traseiras na parte inferior. Contudo esta medida, com o aumento de produção tornou-se ineficiente, pois além de limitar o número de rodas dianteiras e traseiras produzidas, no caso dos cubos de maiores dimensões estes não ficavam fixos de forma segura.



Figura 4-23 - Suporte de rodas existente

Para resolver este problema desenvolveu-se um suporte em que a roda fique suspensa pelo aro, um conceito já utilizado em outras fabricas da ZIPP. Com este conceito seria possível usar todos os espaços tanto com rodas dianteiras como traseiras. Eliminado a limitação existente no suporte anterior. Afim de sustentar a roda pelo aro, idealizou-se uma estrutura com perfis de alumínio normalizados onde seriam acoplados ganchos em aço distanciados uns dos outros a uma distância que permitisse acomodar todas as rodas, independentemente, da medida dos cubos. Para aumentar a sua capacidade e uma vez que o comprimento da estrutura estava limitado pelo espaço existente, optou-se por adicionar uma segunda fila desfasada uma da outra.

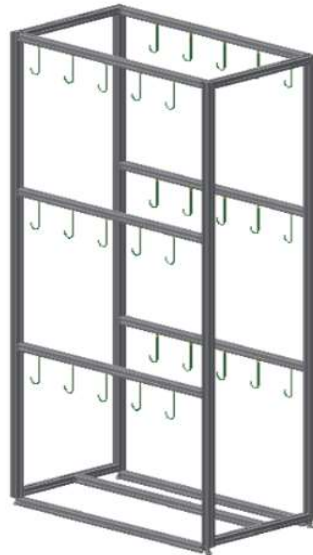


Figura 4-24 - Suporte de rodas desenvolvido

Embora a ideia do gancho seja bastante simples este deveria ser compatível com os diversos perfis existentes em que podem ter desde 26 até 108mm de altura. Para garantir esta condição após a elaboração de uma simulação com recurso ao software de desenho, construiu-se um primeiro protótipo do gancho e testou-se o mesmo com as diferentes rodas, deste estudo resultou na correção de algumas cotas do mesmo e alteração nas alturas da estrutura, para permitir a entrada de aros mais altos, como por exemplo as ZIPP 808, assim como os mais finos, tais como as ZIPP 30 Course, que desceriam mais em relação aos outros havendo o risco de estes rasparem na base do suporte.

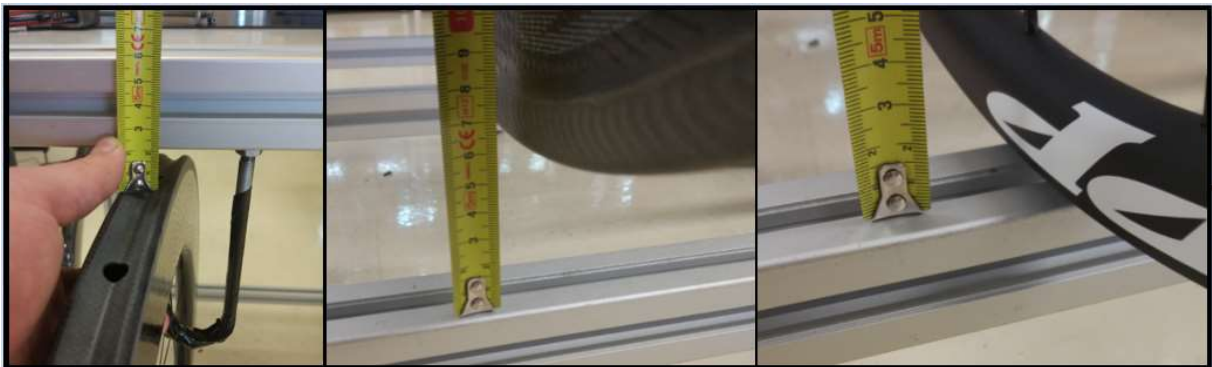


Figura 4-25 - Ensaio ao protótipo do gancho com diversos modelos de aro

Uma vez que o gancho seria fabricado por aço, para não danificar os aros, houve necessidade de revestir o gancho com um material polimérico. No caso do protótipo apenas se utilizou a “tape” para evitar o contacto do gancho com o aro enquanto os ganhos definitivos seriam revestidos a silicone.

4.4 Banca de embalagem

Num mercado cada vez mais dinâmico é importante as empresas abrirem o leque de ofertas de produtos aos consumidores. A SRAMPOR recentemente iniciou um novo processo na sua unidade fabril, o embalagem de pneus ZIPP.

Pretendia-se desenvolver uma banca onde permitisse o operador embalar os pneus em caixas individuais e, posteriormente, em caixas maiores para expedição. Para isso havia necessidade de disponibilizar todo o material necessário próximo do operador e de fácil acesso para reduzir os tempos de embalagem.



Figura 4-26 - Banca de embalagem de pneus e as diversas zonas

Através do modelo obtido na plataforma da Bosch Rexroth e algumas modificações no software 3D, obteve-se o modelo na figura em cima. Como é possível observar neste modelo a banca pode ser dividida em 4 zonas distintas: a zona é **A** onde estão os pneus importados da fábrica, a zona **B** onde estão depositadas as caixas de expedição com varias medidas, enquanto que as caixas individuais estão na zona **C**, a montagem das caixas pode ser realizada na área de trabalho **D**.

Também foi instalada uma iluminaria para utilizar sempre que as condições de iluminação assim o exija.

4.5 Tampa do forno Aichelin

Num mundo cada vez mais marcado pelas alterações climáticas e pela escassez de recursos, é de extrema necessidade que as indústrias se torne mais eficientes reduzindo, assim a sua pegada ecológica e os custos energéticos.

Neste projeto pretendia-se reduzir as perdas de calor de um forno elétrico Aichelin, utilizado para realizar tratamentos térmicos. Devido às altas temperaturas necessária atingir para realizar estes tratamentos, este forno tem de funcionar constantemente, sendo apenas desligado ao fim-de-semana.



Figura 4-27 - Forno Aichelin

Este forno é utilizado para tratar alguns componentes das correntes. Estes são introduzidos no forno no interior da *cornue*. A *cornue* é introduzida num cilindro rotativo presente no forno. O seu movimento rotativo permite uma melhor mistura dos elementos no seu interior e uma homogeneização da temperatura entre as peças no seu interior. Mesmo com o forno descarregado é necessário manter a sua rotação para evitar deformar o cilindro, uma vez que o material no interior está incandescente.

A SRAMPORT possui 4 fornos deste tipo para conseguir responder às suas necessidades, contudo existem por vezes situações de quebra na produção ou falta de matéria-prima, ficando os fornos ligados a libertar o calor para o ambiente envolvente. Para reduzir esse calor desperdiçado a empresa desenvolveu uma tampa para obstruir a saída do calor.



Figura 4-28 - Tampas dos fornos Aichelin

As tampas embora consigam reduzir estas perdas têm alguns aspetos mais negativos, como por exemplo a sua colocação e o manuseamento. Estas tampas em aço são colocadas à mão, pelo operador, no interior do cilindro e devido á rotação constante do cilindro estas têm de ser forçadas. Mesmo assim devido ás dilatações térmicas não é suficiente e as tampas podem mesmo cair. Outro aspeto negativo é aquando a sua remoção, porque esta está demasiado quente, o que obriga o operador utilizar luvas de proteção térmicas e a parte interior da tampa está incandescente havendo o risco de queimadura caso exista contato entre a tampa e operador.

4.5.1 Projeto da tampa

Com este projeto procurava-se encontrar uma solução já existente em outros fornos existentes na SRAMPORT. Neste modelo o forno possui uma tampa rotativa com um braço instalado no próprio forno. Este braço contém uma massa para contrabalançar com o peso da tampa, para que esta se mantenha fechada.

Numa primeira fase foi feito o levantamento do modelo 3D aproximado do forno e o estudo das possíveis fixações do braço. De seguida realizou-se um estudo de como funciona o braço no outro modelo de forno existente na empresa.

Com o levantamento concluído, começou-se a desenvolver alguns modelos de braço e de tampas para o projeto. O modelo da tampa escolhido sofreu algumas alterações para utilizar as mesmas peças de desgaste que os outros fornos, facilitando a manutenção e a logística das peças de substituição. Uma vez que existia pouca informação relativa a esses fornos fez-se o acompanhamento de se uma operação de manutenção onde substituíram os componentes de desgaste, para assim compreender a sua fixação.



Figura 4-29 - Forno de FHC com tampa

Efetuiu-se outra alteração para que seja revestida no seu interior com manta térmica para reduzir o calor transmitido para o exterior.

No projeto do braço, pretendia-se que este permitisse algum ajuste para compensar os desgastes do forno e facilitar o alinhamento na montagem. Este também devia ter os mesmos graus de liberdade que os braços já existentes. Para baixar o custo de produção tentou-se utilizar estrutura soldada com recurso de perfis normalizados, esta opção obrigou a uma nova seleção de materias após um primeiro contato com um possível fornecedor.

Com este modelo de tampa deixaria de ser necessário, o operador levantar a tampa do chão e esta manter-se-ia fechada sempre que necessário, devido à massa em contrabalanço.

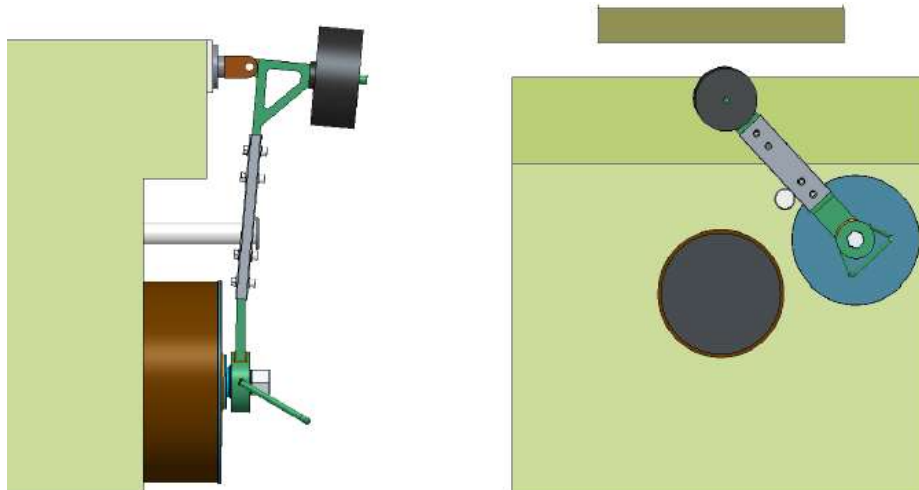


Figura 4-30 - Modelo de tampa desenvolvido para o forno Aichelin

Este projeto se desenvolveu perto do final do estágio, não foi possível verificar como se comportaria em funcionamento, ficando ainda em fase de orçamentação

4.6 Features de gravação no laser

Com a grande quantidade de peças e modelos existentes no mercado é de extrema importância que estas estejam corretamente identificadas. Estes métodos de gravação podem variar, desde gravação a frio no material, por serigrafia ou mesmo por gravação a laser.

Neste projeto pretendia-se desenvolver um suporte para gravar diversos componentes no laser da empresa. O laser apresenta na empresa trata-se de um TruMark Station 5000 e permite gravar superfícies planas com uma área de 100x100mm ou superfícies redondas utilizando uma cabeça rotativa. No caso deste projeto apenas se pretendia tratar de peças para gravar no plano, entre as quais *end caps*, latas para massa e garrafas para óleo.

A gravação é gravada através de um feixe laser emitido a partir de um emissor. Neste caso em particular o emissor é estático, sendo apenas possível mover no eixo z, alterando assim a altura de foco. Este parâmetro deve ser configurado após a seleção do programa a utilizar e a altura de foco deverá estar presente no mesmo.

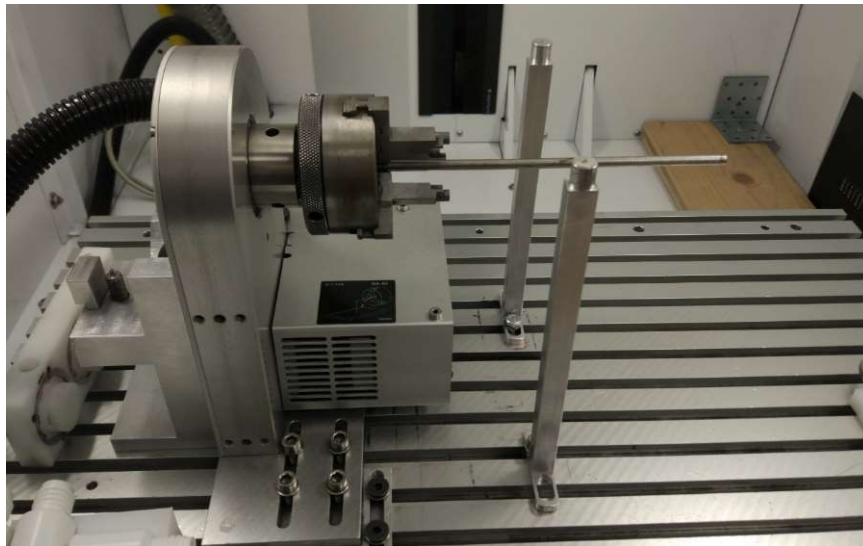


Figura 4-31 - Mesa de gravação do laser

Os *end caps* são as peças nas extremidades dos cubos das rodas. Estes conseguem alterar a largura do cubo e mesmo a fixação da roda, devendo por isso ser corretamente identificado para que quer na montagem, quer no após-venda não surjam equívocos de que tipo de roda se trata. Sendo, por isso exigido que a sua gravação deva ser a correta para evitar esses problemas. Para garantir a sua correta foram idealizados diversos tabuleiros onde seja possível gravar diversas unidades e de forma inequívoca através de um sistema com *poka-yoke*. O *poka-yoke*, é um sistema, desenvolvido no Japão, à prova de erro, isto é, o sistema é capaz de evitar que o operador, neste caso, que este consiga gravar o *end cap* com a referência errada. Embora sejam semelhantes, os diferentes *end caps* possuem algumas cotas diferentes. Após a análise dos vários desenhos técnicos dos mesmos, chegou-se à conclusão que a principal característica presente que os diferencia, entre todos eles, seria o comprimento. Assim sendo desenvolveu-se diversos tabuleiros, um modelo para cada referência de *end cap*, e conjugando os mesmos em

diferentes posições, orientações e alturas para em caso de erro seja facilmente detetado pelo operador, pois caso o laser grave a referencia esta não estará no local devido. Estes tabuleiros são posicionados através de dois pontos elevados e é simétrico em relação ao centro dos dois pontos, não havendo problema com a orientação do tabuleiro. Para rentabilizar a utilização do laser estaria previsto construir dois tabuleiros para cada modelo, para que o operador possa colocar os *end caps* num tabuleiro enquanto o outro está a gravar. No entanto, inicialmente, seriam construídos apenas um exemplar para testar o conceito.



Figura 4-32 - Tabuleiro com os *end caps* gravados

No caso da gravação das latas de massa, para rentabilizar o custo dos tabuleiros, realizou-se uma pequena alteração num modelo de tabuleiro para tornar possível gravar quatro latas de uma vez.



Figura 4-33 - Tabuleiro para gravação de latas

Os frascos do óleo seguiram também a filosofia dos tabuleiros dos *end caps*, tentando aproveitar ao máximo a área de gravação.

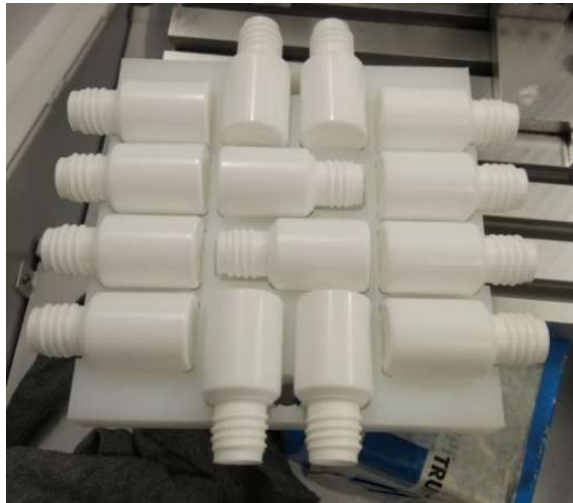


Figura 4-34 - Tabuleiro de gravação de frascos

Após a conclusão dos tabuleiros procedeu-se a criação do programa de gravação. Devido à distorção provocada pelo laser este processo teve de ser realizado por interações, corrigindo a posição e a forma do texto para os *end caps* e as imagens para as latas e os frascos.

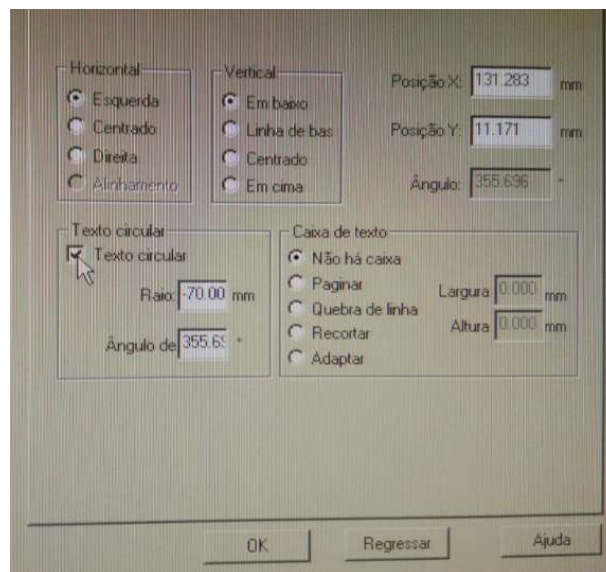


Figura 4-35 - Parâmetros corrigidos no texto gravado

4.6.1 Aceitação e resultados

Após a programação da gravação dos diversos end caps segundo as cotas impostas nos seus respectivos desenhos realizou-se uma inspeção visual comparativa entre os end caps gravados com o tabuleiro e os seus respetivos elementos padrão do departamento da qualidade.

Comparando o novo processo de gravação com o processo anterior é possível verificar um aumento de velocidade no processo de gravação. Para o operador gravar apenas um end cap de cada vez, em media, necessita de 19 segundos. Com o tabuleiro, embora o operador necessite cerca de 5 minutos para repor os end caps, ao gravar os 30 de uma vez, consegue aumentar a taxa de gravação, conseguindo atingir um tempo de gravação individual equivalente de 11,5 segundos, ou seja, neste caso, é possível reduzir 3 minutos e 42 segundos por cada 30 end caps gravados com o tabuleiro, quando comparado com a gravação individual. Esta grande diferença de tempos deve-se ao tempo necessário para o laser abrir e fechar a porta de segurança.

No caso das latas da massa e dos frascos, embora não tenham sido medidos os tempos, espera-se diferenças de tempos inferiores devido ao baixo numero de elementos a gravar, contudo estes sistemas permite a colocação das peças mais rápido e de forma mais fácil.

Onde se verificou um resultado menos positivo foi nos frascos de óleo, onde estava previsto gravar 14 frascos de uma vez, mas devido à forma do frasco e da gravação a realizar, apenas é possível gravar dois, junto ao centro, devido à distorção causada pelo laser em superfícies curvas. Este problema também surgiu nos end caps e foi solucionado através de curvaturas e ângulos dos textos a gravar. Esta solução não pode ser utilizada neste caso pois a gravação que se pretende realizar está num formato de imagem.

4.7 Carneiro de choque

Em componentes expostos por vezes a condições extremas é necessário monitorizar, constantemente, as propriedades do material, que podem variar entre diversos lotes e outros fatores. Esta monitorização permite um melhor controlo no material vendido ao cliente reduzindo a probabilidade de este apresentar uma reclamação em relação ao produto.

Estes processos de controlo decorrem desde a entrada da matéria-prima, pelos técnicos da qualidade, até ao produto final. Em diversos processos intermédios, por vezes os próprios trabalhador é responsável por realizar determinados testes.

Um destes teste, aplicado após o tratamento térmico de eixos e rolo, realiza-se pelo operador num equipamento, que se designa na empresa de “Carneiro de choque”. O seu nome provem do termo utilizado pelo antigo proprietário Peugeot, de origem francesa, que seria *Mouton de Choc*. O objetivo deste equipamento é semelhante ao ensaio de Charpy ou Izod, onde se pretende conhecer a resiliência de determinado material. Contudo este equipamento não consegue medir esta grandeza, em vez disso, são utilizados valores padrão pretendidos, caso o material esteja fora deste padrão é necessário corrigir as durezas de material ou no pior dos casos rejeitar o material.



Figura 4-36 - "Carneiro de choque"

O “carneiro de choque” consiste em libertar uma massa em queda livre contra a peça a testar e repete-se este ensaio em 10 peças do mesmo lote. Tanto os eixos como os rolos, são

esperados que se deformem, embora o lote seja apenas dado como material não conforme se a peça partir. A altura e massa a utilizar no ensaio são definidos pelo departamento de qualidade. Embora seja um teste simples e se muito rigor ainda é utilizado diariamente para controlar tanto o material a produzir como em desenvolvimento de novos produtos.

Pretende-se com este projeto avaliar o existente e construir um novo modelo para realizar o mesmo tipo de ensaio e novos ensaios. Após uma análise inicial ao equipamento existente, verificou-se que devido à folga do sistema de guiamento, o impacto entre o punção existente na massa e a peça a testar era bastante irregular. Este caso é mais crítico, pois, os eixos tem em torno de 5mm, o que limita a região onde se pode aplicar o choque. Outra falha encontrada é no caso de as peças estarem fora das especificações e partirem, neste caso, estas estilhaçam e a restante energia é dissipada entre o punção e o suporte do material, danificando ambos. Também se verificou no ensaio dos rolos estes têm uma grande tendência em saltar do apoio após o primeiro contacto com o punção. Devido à configuração do mesmo, qualquer análise mais pormenorizada a estas peças torna-se difícil, visto que as peças testadas ficam amontoadas na base da estrutura. O processo de configuração da altura do teste também necessitava de melhorias por se tratar de um processo demoroso também existia erros de leitura devido à distancia que situava entre a régua e a massa.



Figura 4-37 - Punções e bases do carneiro de choque atual

4.7.1 Projeto do “Carneiro de Choque”

Para acomodar o novo equipamento foi idealizado uma estrutura formada por perfis de alumínio com as dimensões gerais do modelo anterior. Por motivos de segurança em todas as faces superiores, exceto o lado do operador, seriam aplicadas placas de acrílico para absorver o impacto das peças testadas. O tampo da estrutura foi substituído por um aparador afunilado para recolher as peças ensaiadas, sendo recolhidas numa pequena caixa para futura análise se necessário.



Figura 4-38 - Modelo proposto do carneiro de choque

Para garantir que a energia é transmitida à peça e não à estrutura, desenvolveu-se uma base com massa e muita inércia para obrigar a peça a absorver energia. É nesta base que estão alojados os suportes das peças para ensaio. Para facilitar o ensaio optou-se por possibilitar a realização do ensaio sem troca de punções, para isto ser possível a base possui duas localizações para os dois suportes em simultâneo. Estes suportes para baixar o custo de produção, uma vez que se trata de uma peça de desgaste, foi desenvolvida com uma geometria o mais simples possível de maquinar. São também estas peças por compensar as diferenças de alturas de ensaio entre os rolos e os eixos.

Na base para evitar danificar os punções e os suportes adicionou-se dois parafusos M10 para absorver, em caso de necessidade, a energia restante do carro.

Junto à base também foi instalado uma pequena proteção em acrílico para proteger o operador durante o ensaio sem prejudicar o manuseamento das peças e a realização do mesmo.

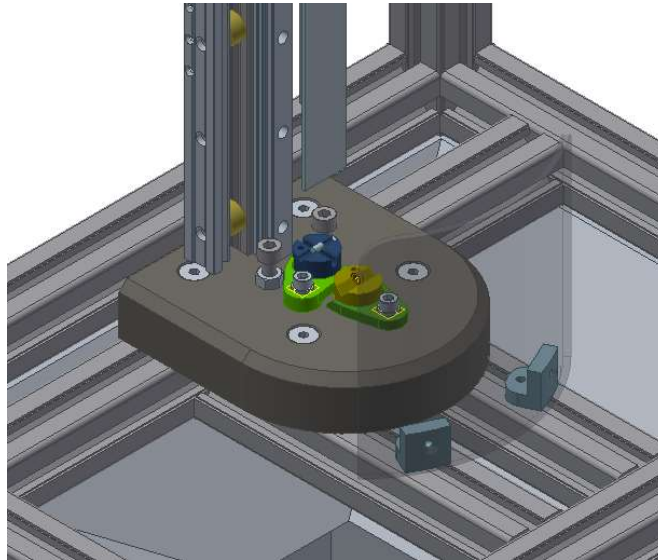


Figura 4-39 Pormenor da base do carneiro de choque

Após algumas propostas de soluções para corrigir as folgas existentes no sistema de guiamento anterior, devido ao rigor do alinhamento dos veios e ao custo a isso associado, optou-se por utilizar apenas um guia linear INA KUBE 15 B. Trata-se de guia linear com rolamentos de esferas de baixo atrito e segundo os esforços máximos previstos este seria suficiente, pois trata-se de baixas cargas e um braço pequeno. A principal preocupação seria se este suportaria a velocidade terminal, esta velocidade foi calculada aplicando a lei da conservação da energia mecânica:

$$m \times g \times h_i = \frac{1}{2} \times m \times v_f^2$$

(v_f - velocidade final; g – aceleração da gravidade; h_i - altura inicial)

Considerando uma altura inicial de 1m, a partir desta fórmula obtém-se a velocidade máxima de:

$$\begin{aligned} v_f &= \sqrt{2 \times g \times h_i} \\ v_f &= \sqrt{2 \times 9,81 \times 1} \\ v_f &= 4,29\text{m/s} \end{aligned}$$

Visto que o fabricante garante velocidades até 5m/s, não haveria problema. Este sistema, com apenas um carril, tem vindo a ser utilizado, embora a uma escala superior, por outros colegas do grupo SRAM, garantindo assim a viabilidade desta solução.

Este guia seria aparafusado a um perfil vertical. Neste perfil é também utilizado para fixar a régua de medição e outro guia para acoplar o limitador/posicionador.

No carro do guia INA foi desenvolvido um suporte para instalar os dois punções, um para os rolos e outro para eixos. Para ser possível variar a carga entre os ensaios foi idealizado um sistema neste carro onde o operador facilmente adicionaria o peso necessário. Este sistema consiste em adicionar ou remover vários discos com diferentes massas. Os discos são fixos

através de uma porca e devido ao seu formato e ao formato dos discos permite fixar os pesos da forma correta. Além das massas dos discos também se deve considerar a massa do próprio carro. O seu desenho foi obtido através da manipulação da sua massa de forma ao centro de gravidade coincidir com o eixo do punção dos eixos. É este o ensaio que requer mais energia e desta forma é possível reduzir os esforços transmitidos aos rolamentos do carro linear.

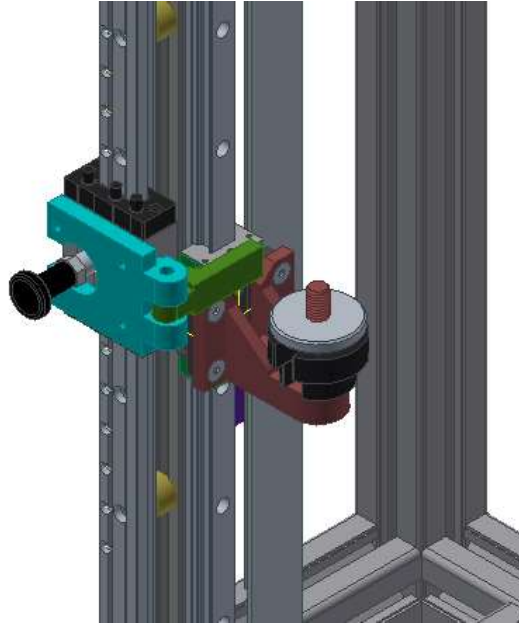


Figura 4-40 - Pormenor dos guias lineares

No modelo atual, existe um mecanismo que o operador fixa no guia para limitar a altura do ensaio. Devido a erros de leitura na régua não é possível garantir as mesmas alturas em diferentes ensaios. Para solucionar este problema recorreu-se a um outro guia. Trata-se de um guia linear da IGUS, mas ao invés do anterior, utiliza um material polimérico de baixo atrito para deslizar o carro no guia. Desta forma é possível criar indentações no guia para normalizar as diversas posições.

No carro deste segundo guia foi desenvolvido um mecanismo com articulação que permitisse ser utilizado como limitador de altura máxima do ensaio, assim como para suportar o carro dos punções em caso de substituição dos suportes das peças a ensaiar.

4.7.2 Validação

Uma vez que as massas envolvidas serem diferentes das massas utilizadas atualmente, para obter resultados equivalentes irá ser necessário efetuar diversos ensaios com diferentes alturas e diferentes massas. Para além das massas este novo equipamento, embora reduzido, apresenta uma força de atrito causada pelos rolamentos que não está presente no modelo atual.

4.8 Alimentador de eixos

Para atingir a produtividade máxima de um equipamento é necessário que este esteja opere sem interrupções durante o seu funcionamento. Essa condição não se verifica na máquina dos *Snap Locks*.

Os *Snap Locks* são um sistema, desenvolvido pela SRAM que permite o fecho da corrente. Embora existam outras soluções no mercado, este sistema continua em utilização em correntes de gama inferior. Atualmente, são produzidos em média 30000 *Snap Locks* por mês, caso a máquina que os fabrica funciona-se a um rendimento 100%, esta quase que conseguiria atingir os objetivos de produção mensais em apenas um turno (cerca de 27000/turno). Contudo devido a problemas na alimentação que os compõem esta máquina exige a presença constante da operadora para funcionar. Esta solução não é viável, pois a mesma operadora tem outras máquinas, com produções mais elevadas, a carecer da sua atenção.



Figura 4-41 - Alimentação da máquina de Snap Locks

O ponto fraco da máquina em questão é na alimentação dos eixos. A operadora coloca os eixos numa tina superior e por gravidade estes entram para dentro de um tambor e, através de um mecanismo rotativo, os eixos são orientados para os tubos. Devido ao desgaste do equipamento e maus alinhamentos a passagem dos eixos do tambor para os tubos não é eficaz. Após os eixos estarem dentro dos tubos ainda é necessário garantir que a pequena ranhura do eixo se situa na parte superior. Essa seleção é feita através de um mecanismo com auxílio a um cilindro pneumático. Nesta fase também existe problemas, nomeadamente a afinação das chapas selecionadoras que se não estiverem corretas pode encravar os eixos, e o movimento alternativo constante do cilindro permite a passagem de eixos bem orientados para o refugo.

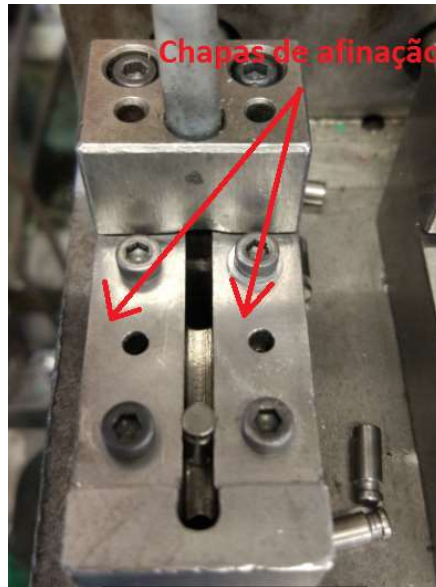


Figura 4-42 - Seletor de eixos

Para solucionar este problema equacionou-se alterar a alimentação da máquina e a sua velocidade.

Na questão da alimentação, a empresa dispõe de uma outra máquina onde se monta os *Power Link*, outra forma de fecho da corrente desenvolvida pela SRAM, que utilizam os mesmos eixos. Esta máquina, mais recente, possui um alimentador vibratório rotativo capaz de orientar os eixos na vertical e selecionar eixos com a orientação correta. Para fazer esta orientação e seleção o alimentador possui um sistema que pode ser dividido em 4 fases. Inicialmente este sistema apenas permite a passagem de eixos na horizontal através quatro canais gravados na base no início e numa estrutura formadas por perfis U onde os eixos em excesso e os não orientados voltam para o alimentador. Na segunda fase os eixos provenientes dos perfis são colocados na vertical e assim orientados até à próxima fase. Nesta os eixos passam por uma estrutura onde existe uma chapas finas na cota do entalhe do eixo, todos os eixos que não estejam bem orientados deslocar-se-ão ligeiramente, mas o suficiente para sofrerem a influência de um soprador que os expulsará. Por último os eixos são orientados, na vertical, para apenas uma fila de eixos para a saída do alimentador. Na saída existe, também, as chapas finas para garantir que apenas passam os eixos orientados corretamente.

Desde que os eixos são colocados na vertical existem vários pontos onde os eixos tombados possam sair.

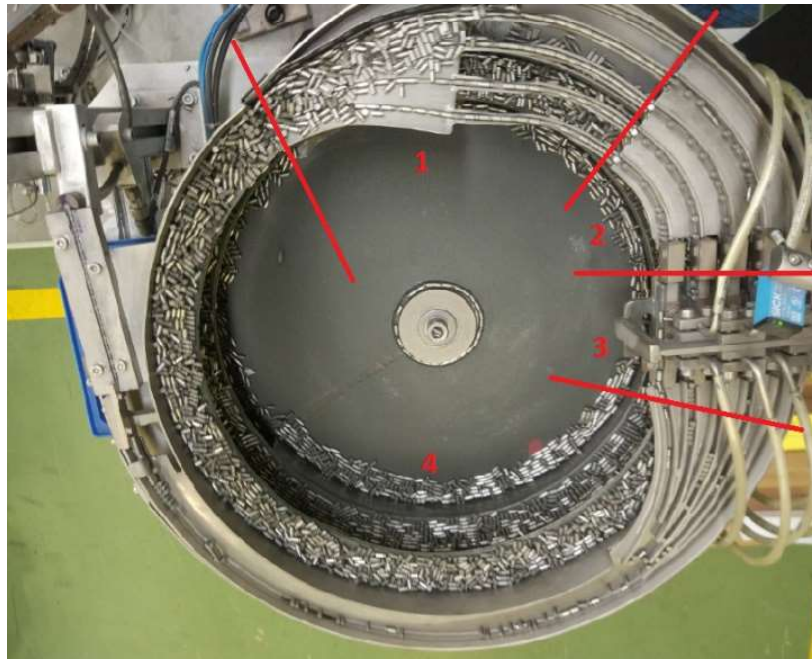


Figura 4-43 - Alimentador de eixos para Snap Locks e suas fases

Para melhorar a alimentação da máquina dos *Snap Locks* colocou-se a hipótese de desenvolver um alimentador com as mesmas características. Esta solução também levantava um problema pois enquanto o *Power Link* apenas utiliza um eixo por placa o *Snap Lock* necessita de dois. Para resolver esse problema equacionou-se utilizar dois alimentadores ou apenas um, mas com duas saídas, como esta última apresentava um custo inferior e mais simples foi a escolhida.

Com esta ideia em mente foi criado dois modelos de alimentadores com um sistema semelhante ao anterior, com a particularidade de estes possuírem duas saídas. A principal diferença entre os dois alimentadores baseava-se no número de canais, em que um apenas teria um canal, o que tornaria o processo de fabricação mais fácil enquanto que o outro teria quatro canais, dois para cada saída.

Para poder selecionar qual a melhor opção efetuou-se várias medições ao alimentador dos *Power Links*. Nesse estudo verificou-se embora o alimentador tenha 4 pistas em funcionamento, apenas as pistas exteriores possuem uma taxa de eixos por minuto razoável, com a alteração da frequência de vibração era possível mudar os resultados assim como a variação da amplitude causada pela variação de carga do alimentador. O próprio lote de eixos era responsável por melhores ou piores resultados, para corrigir este fator era adicionado um para criar mais atrito e outro para reduzir.

Segundo essas medições, este alimentador conseguiria, em média 0,96 eixos/segundo por pista. Considerando um rendimento de 70%, ou seja, em 100 eixos apenas 30 não estariam bem orientados, e duas pistas com condições idênticas seria possível orientar 18000 eixos por turno, em cada pista.

A máquina responsável pela montagem dos Snap Locks funciona a uma velocidade de 60 peças/minuto, ou seja, produziria 27000 peças por turno, para tal a máquina iria necessitar de 54000 eixos, divididos em dois canais separados.

Uma vez que quanto maior o número de pista mais complexo seria o alimentador, o que traduz num custo superior, equacionou-se reduzir a velocidade de produção da máquina para 50 peças por minuto. Com esta alteração a máquina conseguiria produzir, com o rendimento de 70%, 15750 peças por turno, ou seja, em apenas dois turnos seria possível atingir a produção média. Devido a estes fatores chegou-se ao consenso que o alimentador de dois canais serviria. Contudo através deste estudo verificou-se que a construção destes canais assim como a sua geometria poderiam alterar a taxa de eixos selecionados, devendo a velocidade da máquina ser ajustada à taxa de alimentação do futuro alimentador, para que esta funcione continuamente sem paragens durante o tempo de produção. Para corrigir a velocidade da máquina dever-se-á dimensionar uma nova polia.

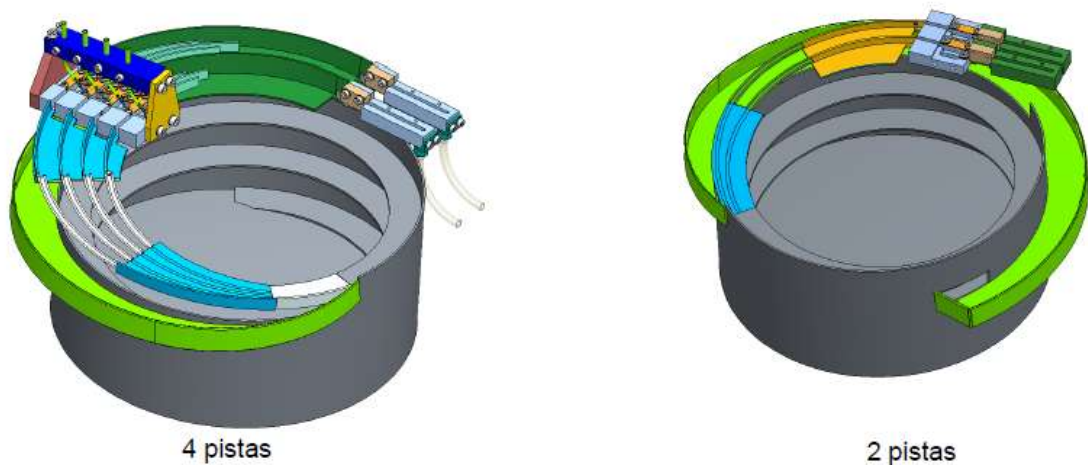


Figura 4-44 - Proposta para os alimentadores de 4 pistas e 2 pistas

5 CONCLUSÃO

O trabalho desenvolvido durante o estágio na SRAMPOR incidiu, sobretudo no desenvolvimento e construção de máquinas equipamentos de forma a empresa produzir novos produtos e melhorar o processo de produtos já existentes de forma a atingir os novos objetivos de produção.

Devido aos curtos prazos disponíveis para desenvolver os equipamentos, estes nunca foram alvo de grandes estudos, tendo os equipamentos desenvolvidos de forma a facilitar o seu processo de construção e recorrendo ao “*know-how*” da empresa sempre que necessário.

Dos projetos desenvolvidos destaca-se a Máquina de Escolha de Eixos e a *Rim Tape Machine*, pela complexidade dos equipamentos, que só foi possível graças anos equipa multidisciplinar que esteve envolvida.

No projeto da Máquina de Escolha de Eixos, embora consiga atingir um rendimento de 98% e com uma taxa de rejeição a variar entre os 15 a 30% foi necessário construir uma segunda máquina devido à velocidade atingida ser inferior ao inicialmente idealizado, 170/min em vez de 300/min. Esta redução de velocidade deve-se a limitações do motor e do tempo leitura no sensor de medida. A segunda máquina já foi encomendada com as melhorias efetuadas na primeira unidade e já se encontra em funcionamento.

A *Rim Tape Machine* também foi um projeto concluído com sucesso e aprovado para produção, embora apenas para as rodas 303 da ZIPP. Esta limitação deve-se a inexistência de rolos para os outros modelos de rodas, contudo os restantes rolos deverão ser compatíveis com a máquina, sendo apenas necessário comprovar a sua eficácia assim que disponíveis.

Inicialmente apenas se construiu uma máquina afim de testar o conceito desenvolvido. Com esta máquina foi possível reduzir, aproximadamente, 3 minutos por roda, só na aplicação da tape. As melhorias de tempo da aplicação da válvula não foram ainda contabilizadas, mas prevê-se também uma redução uma vez que existe menos movimentação de rodas na fabrica além de facilitar o seu processo. Porém, pela análise efetuada aos tempos de produção no equipamento anterior e face às necessidades estimadas de produção seriam necessárias 2 unidades. Devido ao surgimento de novos modelos de rodas lançados recentemente será necessário desenvolver um novo suporte de rolos de tape para acolher os novos rolos de tape.

No caso dos *features* de gravação a laser, com a aprovação do modelo de ensaio, os restantes também foram encomendados. À exceção do *feature* dos frascos do óleo, nos restantes *features* foi possível aumentar a capacidade de gravação, no caso dos frascos do óleo, visto que a gravação pretendida é uma imagem e o software não permite manipular imagens, então apenas é possível gravar 2 frascos de uma só vez, os restantes apresentavam curvatura na gravação.

E por último, a banca de pneus também se encontra em funcionamento. Os restantes projetos, não foi possível testar a sua eficiência pois apenas foram concluídos no final de estágio. Enquanto a tampa dos fornos Aichelin já se encontra em fase de orçamento, o projeto do alimentador e do carneiro de choque ficaram em fase final de projeto, mas ainda deverá requerer alguma atenção para a conclusão os mesmos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ramos, S. (2016). *Manual de Acolhimento*. SRAMPort - Transmissões Mecânicas, Lda.
- Malça, C. (2014). *Transmissões por correntes*. Documentação de Apoio à Unidade Curricular “Órgãos de Máquinas I” da Licenciatura em Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra.
- SHINGO, S. *A revolution in manufacturing: The SMED System*. Productivity Press. 1985.
- Rodrigues, F. Carvalho – *Física Química*. FGP, cop. 1995. ISBN 972-8332-04-1
- Levy, Mike (2014). From The Top - SRAM CEO Stan Day. disponível em www.pinkbike.com/news/sram-ceo-stan-day-interview-2014.html /7 abril 2014
- Redazione, (2017). SRAM ROAD COMPONENTS TURNS 30! disponível em <http://www.pro-bike.it/2017/01/27/sram-road-components-turns-30/>
- Ramalho, Luiz (2011) VALOR DE R2 E A QUALIDADE DE UMA CURVA ANALÍTICA disponível em <http://consultorluiz.blogspot.pt/2011/11/valor-de-r2-e-qualidade-de-uma-curva.html>
- Kazimer, M. (2016). *First Ride: SRAM’s 12-Speed Eagle Drivetrain*. Pinkbike. Disponível em <https://www.pinkbike.com/news/sram-eagle-12-speed-drivetrain-first-ride-2016.html>
- SRAM (2017) SRAM: Tweak. Refine. Tweak. Refine. Leap Ahead. disponível em <https://www.sram.com/company/about#sm.0001vqxikok5edy9xgl15mur0f5e9>
- Keyence, Stylus type General-purpose Flange Attachment Sensor head. disponível em <https://www.keyence.com/products/measure/contact-distance-lvdt/gt2/models/gt2-p12f/index.jsp>
- Keyence, Sensor digital de Medição por Contato de alta precisão Série GT2 disponível em <https://www.keyence.com.br/products/measure/contact-distance-lvdt/gt2/index.jsp>
- Turman, B. (2016). *First Look, First Ride: SRAM Eagle 1x12 Drivetrain | The Front Derailleur Killer*. VitalMTB. Disponível em <http://www.vitalmtb.com/features/First-Look-First-Ride-SRAM-Eagle-1x12-Drivetrain-The-Front-Derailleur-Killer,1335>.
- Delaney, Ben (2015) SRAM Red eTap review, disponível em <http://www.bikeradar.com/road/gear/category/components/groupsets/groupset-road/product/sram-red-etap-49810/>