



**isec**  
**Engenharia**

MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

**Caracterização do Torneamento e  
Aplicação de Conhecimentos num Centro  
de Torneamento CNC Doosan na empresa  
Extra Motion**

Autor

**Pedro Miguel Carvalho Duarte**

Orientador

**Fernando António Gaspar Simões**

INSTITUTO POLITÉCNICO  
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR  
DE ENGENHARIA  
DE COIMBRA

Coimbra, julho de 2023



# isec

## Engenharia

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

### **Caracterização do Torneamento e Aplicação de Conhecimentos num Centro de Torneamento CNC Doosan na empresa Extra Motion**

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

Especialização em Construção e Manutenção de Equipamentos Mecânicos

Autor

**Pedro Miguel Carvalho Duarte**

Orientador

**Fernando António Gaspar Simões**

Supervisores na empresa Extra Motion

**Mário Ribeiro**

Coimbra, julho de 2023

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Professor Fernando Simões, meu orientador, pela partilha de conhecimento, por todas as correções e sugestões relevantes e, acima de tudo, pelo acompanhamento e paciência, sem os quais teria sido impossível realizar este trabalho.

À empresa Extra Motion, em especial ao engenheiro e CEO da empresa Mário Ribeiro, mas também aos restantes colaboradores pelo excelente ambiente proporcionado e orientação ao longo deste estágio e pela experiência enriquecedora que me proporcionaram, tornando-me uma pessoa mais apta e conhecedora.

Ao meu colega Tiago Neves, pela orientação no setor da maquinagem, transmitindo-me valiosos conhecimentos.

Aos meus pais, sem os quais não teria sido possível chegar até aqui. Agradeço por me terem proporcionado esta experiência, pelo apoio incondicional, por acreditarem em mim mais do que eu próprio, por me proporcionarem o melhor ambiente possível e terem estado sempre disponíveis para me ajudar e facilitar os meus dias mais complicados. Se hoje estou aqui, devo-vos isso.

## RESUMO

Atendendo ao dinamismo e constante evolução da indústria, esta tem vindo a ser alvo de inúmeras transformações ao longo dos anos, nomeadamente nas revoluções industriais, tendo como alvo o aumento da produtividade recorrendo às novas tecnologias. Neste contexto, surge a área da maquinagem, com uma ampla e diversa área de aplicação no mundo industrial, por exemplo através da utilização de tornos e fresadoras CNC que cada vez mais reduzem o tempo de produção de uma determinada peça, ou séries de peças que fazem com que as empresas cada vez tenham mais produtividade.

Dado o interesse por esta área, o estágio curricular do Mestrado em Engenharia Mecânica, especialização em Construção e Manutenção de Equipamentos Mecânicos foi desenvolvido na empresa Extra Motion, que tem como principal atividade a criação de componentes para a competição automóvel. O estágio teve inicialmente o objetivo de adquirir um conhecimento geral da atividade da empresa, das principais funções de cada setor. Posteriormente o estágio centrou-se no desenvolvimento de tarefas específicas na vertente da maquinagem no setor de torneamento colaborando na produção de projetos específicos necessários para a empresa.

Foram adquiridos conhecimentos sobre todos os procedimentos essenciais na criação de uma peça por torneamento, desde o projeto, à preparação da máquina, à escolha de ferramentas, até à maquinagem e obtenção do produto final. Considera-se que a realização do estágio curricular foi uma mais-valia em termos de aplicação e aquisição de conhecimentos na área da maquinagem CNC, assim como na obtenção de experiência profissional.

**Palavras-Chave:** CNC, Torneamento, Maquinagem, Controlador Fanuc

## ABSTRACT

Given the dynamism and constant evolution of the industry, it has been the subject of numerous transformations over the years, namely in the industrial revolutions, with the aim of increasing productivity using new technologies. In this context, the machining area emerges, with a wide and diverse area of application in the industrial world, for example through the use of CNC lathes and milling machines that increasingly reduce the production time of a particular part, or series of parts that make companies more productive.

Given the interest in this area, the curricular internship of the master's in mechanical engineering, specialization in Construction and Maintenance of Mechanical Equipment was developed at the company Extra Motion, whose main activity is the creation of components for motor racing. The main objectives of the internship were to acquire a general knowledge of the company's activity, the main functions of each sector, develop specific tasks in the field of machining, and collaborate in the production of specific projects for the company.

Knowledge about all the essential procedures in the creation of a component was acquired: from the project, to the preparation of the machine, to the choice of tools, to the machining and obtaining the final product. It is considered that the completion of the curricular internship was an asset in terms of application and acquisition of knowledge in the area of CNC machining as well as in obtaining professional experience.

**Keywords:** CNC, Turning, Machining, Fanuc Controller

## ÍNDICE

CAPÍTULO 1 – Introdução.....	1
1.1- Objetivos .....	1
1.2- Caraterização da empresa Extra Motion .....	2
1.2.1- Equipamentos ao dispor da empresa .....	3
1.2.2- Exemplos de trabalhos executados pela empresa .....	7
1.3- Estrutura do relatório .....	9
CAPÍTULO 2 – Máquinas-ferramentas de torneamento.....	10
2.1– Torneamento .....	10
2.1.1- Tipologia de Tornos .....	11
2.1.2- Eixos de torneamento CNC .....	16
2.1.3- Centros de torneamento com eixo Y e ferramenta motorizada .....	17
2.1.4- Eixo C .....	19
2.1.5- Ferramentas Axiais e Radiais .....	20
CAPÍTULO 3 - Operações de torneamento.....	23
3.1- Torneamento externo .....	23
3.1.1- Torneamento externo longitudinal .....	23
3.1.2- Torneamento de perfis externos .....	24
3.1.3- Facejamento .....	24
3.2- Torneamento interno .....	25
3.2.1- Torneamento longitudinal interno .....	25
3.2.2- Torneamento interno de perfis.....	26
3.3- Roscagem .....	26
3.3.1- Torneamento de roscas externas .....	27
3.3.2- Torneamento de roscas internas .....	28
3.3.3- Métodos de penetração em operações de torneamento de roscas .....	28
3.3.4- Roscagem com macho .....	31
3.4- Furação .....	32
3.5- Canais e Sangramentos.....	33
3.5.1- Sangramentos .....	33
3.5.2- Canais .....	34
CAPÍTULO 4 – Ferramentas de torneamento .....	36
4.1- Escolha de pastilhas para torneamento .....	36
4.1.1- Classe da pastilha de torneamento .....	36

4.1.2- Formato da pastilha de torneamento .....	36
4.1.3- Raio de Canto das pastilhas .....	37
4.2- Geometria dos porta-ferramenta segundo o catálogo Kyocera .....	40
4.2.1- Porta-ferramentas de torneamento externo .....	40
4.2.2- Porta-ferramentas de torneamento interno .....	43
CAPÍTULO 5 – Caracterização Torno Doosan Lynx 2100 LYB series .....	44
5.1- Torno Doosan Lynx 2100 LYB series .....	44
5.1.1- Especificações técnicas .....	44
5.2- Compreensão de algumas funções do controlador Fanuc .....	46
5.2.1- Medição e definição de ferramentas .....	48
5.2.2- Compreensão de alguns ciclos: .....	51
CAPÍTULO 6 – Trabalho desenvolvido na empresa .....	60
6.1- Procedimento de produção de uma peça .....	60
6.1.1- Operações de maquinagem necessárias para execução da peça .....	62
6.1.2- Elaboração de um programa CNC .....	62
6.2- Outros trabalhos projetados e maquinados na empresa .....	79
CAPÍTULO 7 – Operações de Manutenção efetuadas no torno Doosan .....	81
7.1 - Manutenção Preventiva .....	81
7.2 - Manutenção Corretiva .....	84
CONCLUSÃO .....	92

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Logótipo da empresa Extra Motion (Extra Motion, 2022) .....	2
Figura 2- Centro maquinagem Haas VF3.....	3
Figura 3- Centro maquinagem Haas VF2SS .....	3
Figura 4- Centro Torneamento Doosan Lynx 2100 LYB .....	4
Figura 5- Torno Convencional Fortex.....	4
Figura 6- Quinadeira Maqfort .....	5
Figura 7- Máquina de curvar tubo Amob e serrote Optimum.....	5
Figura 8- Tocha soldar MIG/MAG .....	6
Figura 9- Máquina de soldar MIG/MAG.....	6
Figura 10- Tocha de soldar a TIG .....	6
Figura 11- Máquina de Soldar a TIG .....	6
Figura 12- Varetas de material de adição TIG.....	6
Figura 13- Exemplo de uma peça Fresada e já soldada ao braço de suspensão dos veículos Can-Am X3.....	7
Figura 14- Exemplo de uma peça Torneada (a) e da quinagem de chapas (b) que incorporam o braço de suspensão dos veículos Can-Am X3.....	7
Figura 15- Braço suspensão do Chassi X-DK Produzido na Extra Motion que equipa os veículos Can-Am X3.....	7
Figura 16- Chassi XDK produzido pela empresa Extra Motion .....	8
Figura 17- Representação do movimento de rotação (cor azul), do movimento de avanço longitudinal (cor preta) numa operação de torneamento e do movimento de avanço transversal (cor branca) (Cursos, 2019) .....	10
Figura 18- Torno platô (mesindustrial, 2019).....	11
Figura 19- Torno Vertical (Haisen, 2021) .....	11
Figura 20- Torno Revólver (Soluções Industriais, 2019) .....	12
Figura 21- Torno Copiador (Maquituls, 2021).....	13
Figura 22- Torno Convencional (Mecânica Industrial, 2019).....	13
Figura 23- Centro de torneamento CNC Doosan Lynx 2100 LYB (Gotosellers, 2019) .....	14
Figura 24- Torneamento CNC permite obter geometrias complexas garantindo a comodidade do operador (Serviço Autorizado, 2021) .....	15
Figura 25- Representação dos eixos de um torno CNC (HAAS, 2021).....	16
Figura 26- Representação da movimentação do eixo Y resultante da conjugação dos movimentos lineares do eixo X e da guia auxiliar.....	17
Figura 27- Demonstração da utilização do eixo y num torno CNC (Quora, 2017, modificada).....	18
Figura 28- Representação de operações de fresagem com e sem necessidade de utilização do eixo Y .....	18
Figura 29- Tipos de operações possíveis de executar com o eixo C (Romi, 2020)...	19
Figura 30- Fresagens recorrendo ao eixo C (ShutterStock, 2023).....	20
Figura 31- Demonstração de montagem de ferramentas radiais e axiais (Izaro, 2011) .....	21

Figura 32- Ferramenta radial a executar uma operação de torneamento Axial (Swiss-turning, 2020) .....	21
Figura 33- Ferramenta radial a executar uma operação de torneamento radial (Swiss-turning, 2020) .....	21
Figura 34- Torno Doosan Com acessórios, sendo eles Contraponto (branco) e luneta (vermelho) para garantir uma grande estabilidade dado o comprimento da peça (Ellison Technologies, 2023) .....	22
Figura 35- Torno Doosan Com duas Buchas (Mills CNC, 2023) .....	22
Figura 36- Torno Com Torre de fresagem para operações de fresagem mais exigentes .....	22
Figura 37- Operações Torneamento externo (Sandvik C., 2019).....	23
Figura 38- Torneamento longitudinal Externo (Sandvik C., 2019).....	23
Figura 39- Torneamento de Perfis (Sandvik C., 2019) .....	24
Figura 40- Facejamento (Sandvik C., 2019).....	24
Figura 41- Torneamento Interno (Sandvik C., 2019) .....	25
Figura 42- Torneamento longitudinal Interno (Sandvik C., 2019).....	25
Figura 43- Torneamento Interno de Perfis (Sandvik C., 2019) .....	26
Figura 44- representação de Roscagem com diferentes tipos de ferramentas (Sandvik C., 2019).....	27
Figura 45- Roscagem Externa (Sandvik C., 2019) .....	27
Figura 46- Roscagem Interna (Sandvik C., 2019) .....	28
Figura 47- Diferentes métodos de penetração (Sandvik C., 2019).....	29
Figura 48- Penetração de flanco modificada (Sandvik C., 2019) .....	30
Figura 49- Penetração radial (Sandvik C., 2019) .....	30
Figura 50- Penetração Incremental (Sandvik C., 2019) .....	31
Figura 51- Machos (Sandvik C., 2019).....	32
Figura 52- Tipo de machos (Sandvik C., 2019) .....	32
Figura 53- Furação (Sandvik C., 2019, modificada) .....	33
Figura 54- Tipos de porta-ferramentas de Canais e sangramentos (Sandvik C., 2019) .....	34
Figura 55- Canal simples (Sandvik C., 2019).....	35
Figura 56- Canais em Mergulho (Sandvik C., 2019) .....	35
Figura 57- Canais Múltiplos (Sandvik C., 2019) .....	35
Figura 58- Formatos das pastilhas de Torneamento (Sandvik C., 2019) .....	37
Figura 59- Diferentes raios de Canto das pastilhas de torneamento (Sandvik C., 2019) .....	37
Figura 60- Informação sobre pastilhas de torneamento externo (Kyocera, 2021).....	38
Figura 61- Representação de diferentes geometrias de porta-ferramentas .....	40
Figura 62- Informações sobre porta-ferramentas de torneamento externo (Kyocera, 2021) .....	41
Figura 63- Informações sobre Porta-Ferramentas de torneamento interno (Kyocera, 2021) .....	43
Figura 64- Botões do Controlador Fanuc .....	47
Figura 65- Separador do corretor de ferramentas .....	49
Figura 66- Separador de definição de ferramentas .....	49

Figura 67- Indicação da posição da aresta de corte.....	50
Figura 68- Indicação do tipo de ferramenta.....	50
Figura 69- Indicação da orientação do Porta-Ferramentas .....	50
Figura 70- Indicação do ângulo de posição.....	50
Figura 71- Indicação do ângulo de Ponta da pastilha .....	50
Figura 72- Botões controlador Fanuc relativos à Programação .....	51
Figura 73- Ciclos de Torneamento .....	51
Figura 74- Ciclos de roscagem.....	52
Figura 75- Ciclos de Canais .....	52
Figura 76- Separador relativo às condições de corte .....	53
Figura 77- Separador relativo aos detalhes do movimento do Porta-Ferramentas ...	53
Figura 78- Definição do ponto inicial do desenho.....	54
Figura 79- "Softkeys" Para desenho do perfil a maquinar .....	54
Figura 80- Exemplo de figura de torneamento .....	54
Figura 81- Separador Ciclos de Fresagem.....	55
Figura 82- Separador relativo às condições de corte na furação .....	56
Figura 83- Diferentes opções para furação .....	56
Figura 84- Programação das posições dos furos .....	57
Figura 85- Condições de corte para roscagem com Machos .....	57
Figura 86- Separador para ciclos de fresagem .....	58
Figura 87- Parâmetros para realização de um ciclo de fresagem .....	59
Figura 88- Definição dos movimentos da fresa .....	59
Figura 89- Peça desenhada no software solidworks .....	60
Figura 90- Desenho 2D relativo à peça desenhada em Solidworks .....	61
Figura 91- Seleção da geometria do material a maquinar.....	64
Figura 92- Definição do tamanho do stock.....	64
Figura 93- Exemplo do método de medição através de sonda (HAAS, 2023) .....	65
Figura 94- Exemplo de um contorno externo a tornear .....	67
Figura 95- janela para de introdução do diâmetro da ferramenta.....	69
Figura 96- Condições de corte da peça apresentada.....	69
Figura 97- Detalhes do corte da peça apresentada na operação de fresagem.....	69
Figura 98- Informações para fresagem de um sextavado .....	70
Figura 99- condições de corte para operações de canais.....	71
Figura 100- Indicação do posicionamento do canal externo .....	71
Figura 101- Preparação do ciclo de roscagem.....	72
Figura 102- Definição das distâncias de segurança.....	73
Figura 103- Definição da rosca externa .....	73
Figura 104- Indicação das condições de corte para uma operação de furação .....	74
Figura 105- Indicação da profundidade do furo.....	74
Figura 106- Indicação das condições de corte para uma operação de furação com ferramenta rotativa .....	75
Figura 107- Posicionamento do furo .....	75
Figura 108- Indicação do deslocamento do eixo C para execução dos 2 furos .....	75
Figura 109- Condições de corte para execução do desbaste com ferro de canais...	76
Figura 110- Detalhes do movimento .....	76

Figura 111- Perfil para tornear com ferramenta de canais .....	77
Figura 112- 3D da peça simulada no controlador Fanuc.....	77
Figura 113- Trajetórias das ferramentas vistas no controlador Fanuc .....	78
Figura 114- Peça Torneado num centro de torneamento CNC Doosan Lynx 2100 LYB .....	78
Figura 115- Manga eixo traseira Can-Am X3 totalmente projetada e maquinada na empresa Extra Motion .....	79
Figura 116- Conjunto peças torneadas para mangas eixo traseiras .....	80
Figura 117- Conjunto peças torneadas para mangas eixo da frente.....	80
Figura 118-refratômetro (Joom,2022) .....	81
Figura 119-Lubrificantes torno CNC.....	82
Figura 120- Bucha Hidráulica (GMT, 2022).....	83
Figura 121- Porta-ferramentas Torneamento Externo.....	83
Figura 122- Cone para montagem de ferramentas .....	83
Figura 123- Sequência de Operações realizadas no controlador para resolução de erro (passo 1).....	84
Figura 124- Sequência de Operações realizadas no controlador para resolução de erro (passo 2).....	85
Figura 125- Sequência de Operações realizadas no controlador para resolução de erro (passo 3).....	85
Figura 126- Sequência de Operações realizadas no controlador para resolução de erro (passo 4).....	86
Figura 127- Sequência de Operações realizadas no controlador para resolução de erro (passo 5).....	86
Figura 128- Sequência de Operações realizadas no controlador para resolução de erro (passo 6).....	87
Figura 129- Sequência de Operações realizadas no controlador para resolução de erro (passo 7).....	87
Figura 130- Sequência de Operações realizadas no controlador para resolução de erro (passo 8).....	88
Figura 131- Sequência de Operações realizadas no controlador para resolução de erro (passo 9).....	88
Figura 132- Torreta .....	89
Figura 133- Marca de verificação do alinhamento.....	89
Figura 134- Sequência de Operações realizadas no controlador para resolução de erro (passo 10).....	90
Figura 135- Sequência de Operações realizadas no controlador para resolução de erro (passo 11).....	90
Figura 136- Variador Doosan .....	91

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Interpretação da referência da pastilha de torneamento de acordo com o fabricante Kyocera .....	39
Tabela 2- Informações sobre Porta-Ferramentas de Torneamento .....	42
Tabela 3- Informações sobre os eixos do torno Doosan .....	45
Tabela 4- Informações sobre os depósitos do torno Doosan .....	45

## **Simbologia**

H → Materiais endurecidos (Classificação do material a maquinar de acordo com a normalização ISO)

K → Ferros Fundidos (Classificação do material a maquinar de acordo com a normalização ISO)

kVA → quilovoltampere

kW → quilowatt

M → Aços Inoxidáveis (Classificação do material a maquinar de acordo com a normalização ISO)

N → Metais não ferrosos (Classificação do material a maquinar de acordo com a normalização ISO)

P → Aços (Classificação do material a maquinar de acordo com a normalização ISO)

S → Superligas e Ligas de titânio (Classificação do material a maquinar de acordo com a normalização ISO)

## **Abreviaturas**

CAM → *Computer Aided Manufacturing*

CNC → *Computer Numeric Control*

d → diâmetro da peça ou ferramenta (mm)

EOP → *Easy Operation Package*

FIA → *Federation Internationale de l'Automobile*

ISO → *International Organization for Standardization*

MIG/MAG → *Metal Inert Gas / Metal Active Gas*

n → número de rotações por minuto da peça ou ferramenta (rpm)

TIG → *Tungsten Inert Gas*

Vc → velocidade de corte (m/min)



## **CAPÍTULO 1 – Introdução**

### **1.1- Objetivos**

No contexto do plano curricular do Mestrado em Engenharia Mecânica, no Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC), optou-se por realizar um estágio curricular. O estágio foi concretizado numa empresa de desenvolvimento e produção de componentes para a área do desporto automóvel de competição, de seu nome Extra Motion. No decorrer do estágio, integrei a área de maquinagem em diferentes máquinas CNC (Computer Numeric Control ou Controlo Numérico Computorizado), sob a orientação do Eng. Mário Ribeiro. Os objetivos deste estágio passavam pelo apoio às necessidades da empresa na parte de programação. A opção por um estágio, em detrimento de uma tese ou de um projeto, deveu-se substancialmente a duas razões: a vontade de pôr em prática os conhecimentos adquiridos no mestrado e a vontade de iniciar o meu percurso profissional na área de engenharia, num contexto de aprendizagem laboral. Já a escolha do tema do relatório deve-se ao crescente interesse adquirido pelo tema da maquinagem sendo este um tema bastante desafiante, visto que está relacionado com tecnologias em desenvolvimento contínuo. Num ambiente de negócios, altamente competitivo, a maquinagem tem um papel muito importante já que a redução do tempo de produção é fundamental para qualquer empresa; assim sendo, têm de se criar métodos e estratégias de maquinagem que ajudem a acelerar o ritmo de produção. Em suma, o objetivo deste relatório é abordar os conhecimentos adquiridos na vertente da maquinagem num centro de torneamento CNC.

## 1.2- Caraterização da empresa Extra Motion

A Extra Motion, cujo logótipo está representado na figura 1, destaca-se pelo projeto e produção de componentes na vertente da engenharia mecânica para competição automóvel, e tem sede no parque industrial da Espinheira em Sazes do Lorvão. Neste momento conta com 8 colaboradores com ambição e dedicação para com a empresa. Dispõe de equipamentos específicos para todos os tipos de trabalhos desde o projeto, passando pela maquinagem, até à construção soldada.

No que diz respeito à fase de projeto, a Extra Motion tem à sua disposição o software Solidworks que funciona não só para executar o desenho, mas também para fazer um estudo completo sobre o comportamento da peça ou até mesmo de uma estrutura. Utiliza também processos de engenharia inversa, recorrendo a um braço de medição que recria o modelo 3D de uma peça já existente, através de scan e digitalização, originando assim os desenhos de fabrico.

Passando para a fase de produção, a empresa tem vários equipamentos que assistem os seus colaboradores, sendo alguns deles centros de maquinagem CNC, máquinas para curvatura de tubos, máquinas para quinar chapas, engenho de furar entre outros. Todos estes equipamentos contribuem para a produção de peças com diversas especificações, garantindo sempre qualidade e dimensões dos componentes com as tolerâncias adequadas a cada aplicação.

Relativamente à construção soldada, para além da mão de obra qualificada, dispõe também de equipamentos de soldadura MIG/MAG e de TIG, possibilitando a construção de estruturas com uma vasta gama de materiais. Também na construção soldada é possível a construção de chassis desenvolvidos pela própria empresa.



Figura 1- Logótipo da empresa Extra Motion (Extra Motion, 2022)

### 1.2.1- Equipamentos ao dispor da empresa

Relativamente aos equipamentos CNC, a empresa conta com dois centros de maquinagem HAAS e um torno Doosan. O centro de maquinagem HAAS VF3 (figura 2) possui três eixos lineares (X, Y e Z) e um eixo rotativo (A). Este equipamento está equipado com um sistema de troca de ferramentas automatizado designado “umbrella tool changer”, ou seja, um dispositivo semelhante a um chapéu de chuva onde as ferramentas ficam armazenadas, tendo cada ferramenta uma posição e um lugar pré-definido (por exemplo, a ferramenta que se encontra na posição T3 terá sempre de ir para o “pocket” 3). Esta situação já não acontece no outro centro de maquinagem HAAS VF2ss (figura 3), pois esta conta com um sistema de troca de ferramentas designado “Side-Mount tool changer” onde cada ferramenta tem uma posição definida mas a posição onde é colocada a ferramenta no armazém, o “pocket” é variável: por exemplo, se estamos a executar uma operação com a ferramenta T1 e em seguida pretendemos usar a ferramenta T2, o “pocket” onde se encontra a T2 vai passar a ser o “pocket” da T1 depois da troca de ferramentas. Esta é uma das vantagens deste tipo de centros de maquinagem, pois enquanto uma ferramenta está a maquinar, podemos logo preparar a ferramenta seguinte e assim trocar ferramenta mais rapidamente.



**Figura 2- Centro maquinagem Haas VF3**



**Figura 3- Centro maquinagem Haas VF2SS**

No que diz respeito ao torneamento, a empresa possui um centro de torneamento CNC Doosan Lynx 2100 LYB com ferramenta motorizada e eixo Y e um torno convencional. Para a execução de peças em séries ou com perfis complexos, o centro de torneamento CNC é uma mais-valia, porque este possui eixo Y e ferramenta motorizada tanto axiais como radiais com os quais se consegue obter muitas geometrias com tempos de maquinagem relativamente baixos. Na figura 4 encontra-se o centro de torneamento CNC que a empresa tem à sua disposição.



**Figura 4- Centro Torneamento Doosan Lynx 2100 LYB**

Relativamente ao torno convencional (figura 5), este está limitado aos eixos X e Z e todos os movimentos têm de ser executados pelo operador, o que só por si já reduz alguma da precisão dos movimentos efetuados, quando comparado com um centro de torneamento CNC.



**Figura 5- Torno Convencional Fortex**

Existem ainda equipamentos que não estão ligados diretamente ao setor da maquinagem, mas que ainda assim são importantes para muitos trabalhos realizados na empresa, tais como a quinagem de chapas (figura 6), a curvatura de tubos (figura 7) e a construção soldada.



**Figura 6- Quinadeira Maqfort**



**Figura 7- Máquina de curvar tubo Amob e serrote Optimum**

De seguida, temos a representação de uma máquina de soldar MIG/MAG (Metal Inert Gas / Metal Active Gas) e de uma máquina de soldar TIG (Tungsten Inert Gas) representadas nas figuras 8 a 12, respetivamente. Uma das diferenças principais é a tocha: na máquina de soldar MIG/MAG, é premido um gatilho que vai puxar o fio do metal de adição que se encontra enrolado numa bobine. Simultaneamente é libertado um gás que vai proteger a atmosfera onde se encontra o metal a adicionar à solda; na soldadura TIG, a tocha vai apenas promover a formação do arco e o material é adicionado manualmente pelo soldador usando as varetas representadas na figura 12.



**Figura 8- Tocha soldar MIG/MAG**



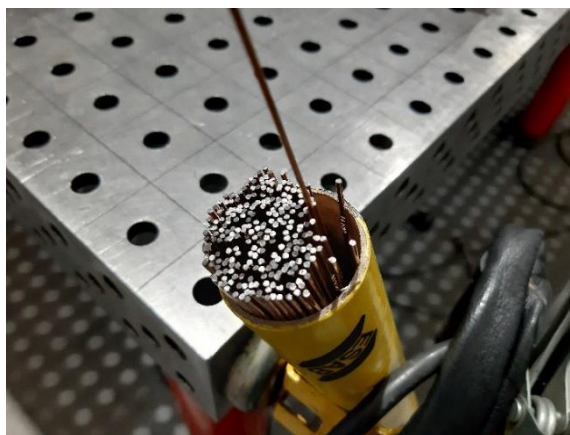
**Figura 9- Máquina de soldar MIG/MAG**



**Figura 10- Tocha de soldar a TIG**



**Figura 11- Máquina de Soldar a TIG**



**Figura 12- Varetas de material de adição TIG**

### 1.2.2- Exemplos de trabalhos executados pela empresa

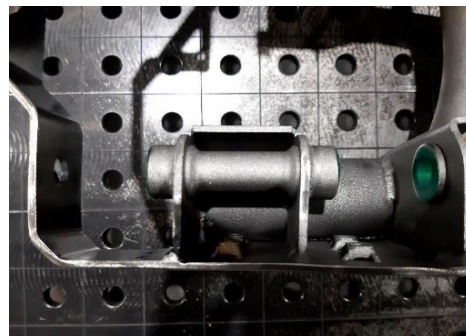
As figuras 13 e 14 mostram componentes maquinados nos centros de maquinagem CNC da empresa que incorporam o braço de suspensão dos modelos Can-Am X3 representado na figura 15, os quais passam por múltiplos setores de fabrico da empresa. Nomeadamente desenho e projeto, fresagem, torneamento, quinagem, dobragem e soldadura.



**Figura 13- Exemplo de uma peça Fresada e já soldada ao braço de suspensão dos veículos Can-Am X3**



(a)



(b)

**Figura 14- Exemplo de uma peça Torneada (a) e da quinagem de chapas (b) que incorporam o braço de suspensão dos veículos Can-Am X3**



**Figura 15- Braço suspensão do Chassi X-DK Produzido na Extra Motion que equipa os veículos Can-Am X3**

Na figura 16 podemos ver um dos principais produtos que a empresa tem para oferecer aos seus clientes. Este produto é denominado de XDK o chassi integralmente projetado e produzido na Extra Motion. Este chassi possui todos os pontos de montagem das peças do Can-Am X3 original de maneira a tornar a transformação e montagem mais fácil.

O chassi XDK é homologado pela FIA (Federation Internationale de l'Automobile) que é a organização que rege o desporto motorizado e que também tem como principais funções garantir a máxima segurança tanto para pilotos, como para oficiais de corrida e espectadores.



**Figura 16- Chassi XDK produzido pela empresa Extra Motion**

### **1.3- Estrutura do relatório**

Este relatório está estruturado de acordo com os principais objetivos delineados e encontra-se dividido em oito capítulos.

No Capítulo 1 encontram-se representados os objetivos e expectativas para o estágio curricular. É ainda feita uma breve descrição da empresa e da estrutura global do relatório.

No Capítulo 2 é apresentado o enquadramento teórico dos principais aspetos sobre o torneamento. Inicia-se com uma exposição de conteúdos teóricos sobre torneamento, desde os tipos de tornos à nomenclatura dos eixos num centro de torneamento CNC.

O Capítulo 3 está organizado de acordo com as várias operações de torneamento. Em cada subcapítulo é descrita cada operação e alguns métodos para executar essas operações, consoante cada situação.

No Capítulo 4 são descritas algumas geometrias das pastilhas de torneamento. Cada subcapítulo apresenta algumas informações sobre as principais diferenças entre as pastilhas e algumas comparações. Por fim, nos últimos subcapítulos damos indicações e exemplos de como ler a referência dos ferros e as informações que podemos tirar dessas mesmas referências.

O Capítulo 5 tem como principal objetivo apresentar a máquina com a qual tivemos mais contacto durante todo o estágio, desde as suas características aos comandos e ciclos principais.

No Capítulo 6 são dados alguns exemplos de trabalhos executados na empresa, sendo que nesses exemplos é feita uma descrição dos procedimentos implementados na empresa desde a parte de desenho até a parte de maquinagem. São também explicadas algumas operações mais detalhadamente, para que se perceba o que está por detrás de cada função interna do torno.

O Capítulo 7 aborda alguns cuidados a ter num centro de torneamento CNC, sendo que algumas também foram executadas nos centros de maquinagem CNC.

Por fim, no Capítulo 8 são apresentadas as principais conclusões retidas deste relatório e do período de estágio.

## CAPÍTULO 2 – Máquinas-ferramentas de torneamento

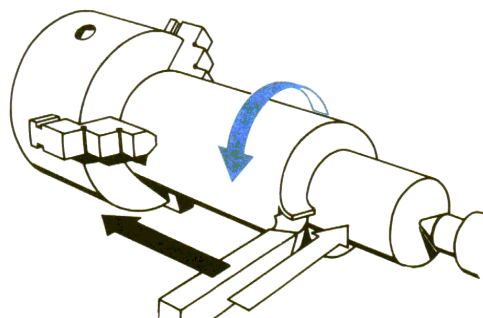
O corte por arranque de aparas é um processo tecnológico cujo objetivo é a obtenção de peças a partir de um material bruto, por diversas operações de corte em que se vai remover o material excedente para chegarmos à geometria final desejada.

A formação e arranque de cada aparas são consequência da ação mecânica da aresta de corte da ferramenta, cuja dureza é sempre superior à do material a maquinar.

A grande utilização dos processos de maquinagem deve-se à diversidade de geometrias que podem ser obtidas, ao alto grau de precisão dimensional e ao acabamento superficial. Estas características fazem com que, na grande maioria dos casos, os processos de maquinagem não possam ser substituídos por nenhum outro processo de fabrico. Embora existam diversos tipos de processos de maquinagem, iremos realizar uma breve abordagem ao torneamento.

### 2.1– Torneamento

O torneamento (figura 17) implica a combinação de dois tipos de movimentos na maquinagem, sendo estes o movimento de rotação da peça e o movimento de avanço da ferramenta, sobre os quais correm dois eixos. Um deles é o eixo X, que determina o diâmetro da peça, e o outro é o eixo Z, que determina o comprimento da peça. A função de um torno é produzir as chamadas peças de revolução ou cilíndricas. Devido à sua versatilidade, o torneamento é capaz de atender praticamente a todos os perfis existentes, dos mais complexos aos mais lineares. Neste processo, os eixos da máquina atuam de forma simultânea durante o processo de maquinagem, permitindo assim atingir o mais elevado grau de precisão e qualidade, no que diz respeito ao acabamento e também ao dimensionamento das peças. Podemos ter tornos dotados com outros eixos, como os eixos Y e C, e com ferramentas acionadas na torreta, que somam mais possibilidades de maquinagem de peças complexas num centro de torneamento CNC, como furos descentrados do eixo de rotação, faces planas fresadas utilizando o eixo Y e perfis mais complexos com a utilização do eixo C em sincronismo com os demais eixos.



**Figura 17- Representação do movimento de rotação (cor azul), do movimento de avanço longitudinal (cor preta) numa operação de torneamento e do movimento de avanço transversal (cor branca) (Cursos, 2019)**

### 2.1.1- Tipologia de Tornos

Torno de Platô:

O torno Platô, representado na figura 18, é utilizado para tornear peças de pequenos comprimentos, mas de grandes diâmetros como é o caso de polias, rodas dentadas, volantes, etc.

Este tipo de torno apresenta vantagens: ocupam pouco espaço, o operador tem fácil acesso à peça a ser maquinada e a remoção da apara é fácil.



**Figura 18- Torno platô (mesindustrial, 2019)**

Torno vertical:

Os tornos verticais (figura 19) possuem eixo de rotação vertical, são empregues para tornear peças de grande tamanho, como polias, rodas dentadas, jantes, etc., as quais, por causa do seu grande peso, podem ser montadas mais facilmente sobre a plataforma redonda horizontal do que sobre uma plataforma vertical.



**Figura 19- Torno Vertical (Haisen, 2021)**

### Torno Revólver:

Os tornos revólver (figura 20) apresentam uma característica fundamental que é a montagem de várias ferramentas convenientemente dispostas e preparadas para realizar as operações de forma ordenada e sucessiva, o que obriga à utilização de dispositivos especiais, um dos quais é o porta-ferramenta múltiplos, a “torre revólver”.

O revólver consiste numa torre indexável com seis ou mais porta-ferramentas para executar operações no sentido longitudinal como furações, mandrilamentos, roscagens com macho ou cassonete e outras.



**Figura 20- Torno Revólver (Soluções Industriais, 2019)**

### Caraterísticas de um torno revólver:

- As ferramentas trabalham segundo um ciclo pré-estabelecido;
- Preferencialmente empregam-se para obtenção de peças a partir de varões;
- Não possuem contraponto, luneta, etc.

### Torno copiador:

Os tornos copiadores (figura 21) permitem obter peças de revolução de vários perfis. Para poder realizar estes trabalhos, é necessário que a ferramenta seja provida de dois movimentos simultâneos: um de translação longitudinal e outro de translação transversal, em relação à peça que se trabalha.



**Figura 21- Torno Copiador (Maquituls, 2021)**

Torno mecânico convencional:

É composto por uma unidade em forma de caixa que sustenta uma estrutura chamada cabeçote fixo. A composição da máquina contém ainda duas superfícies orientadoras chamadas barramento que, por exigências de durabilidade e precisão, são temperadas e retificadas. O barramento é a base de um torno, pois sustenta a maioria dos seus acessórios, como lunetas, cabeçote móvel, carro longitudinal, entre outros. A figura 22 representa um torno convencional.



**Figura 22- Torno Convencional (Mecânica Industrial, 2019)**

### Centro de torneamento CNC:

Relativamente aos conceitos de programação e torneamento CNC, teve-se como fonte informação base o livro Programação de CNC para torno e fresadora (Rocha, 2016). O sistema de funcionamento deste tipo de tornos é muito semelhante ao de um torno convencional, sendo que a grande diferença e a principal é que todo o processo é feito de forma automatizada, pois o centro de torneamento CNC (figura 23) é programado a partir do controlador e através deste existem funções que permitem acionar os movimentos dos diversos eixos, que oferece grande capacidade de produção e precisão na maquinagem. O caminho da ferramenta de torneamento neste tipo de tornos é determinado através de programas CAM (Computer Aided Manufacturing), que posteriormente processam as ordens de execução contidas no software que foi previamente elaborado por um programador. Estes programas CAM têm por base um modelo 3D da peça a ser obtida e, para que o rigor da peça seja assegurado, tem de se ter em conta vários aspetos como, por exemplo, o diâmetro do material, as velocidades de avanço e de rotação, o material a maquinar e o material da ferramenta, ou pastilha, entre outros aspetos que vão garantir um bom acabamento na peça. É uma máquina que é lucrativa para a maquinagem de grandes séries, especialmente peças de revolução, e permite que superfícies curvas sejam fabricadas com precisão, coordenando movimentos axiais e radiais para avançar a ferramenta (figura 24).



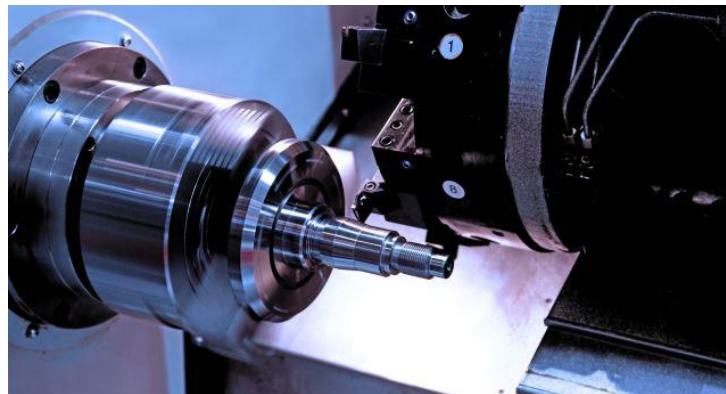
**Figura 23- Centro de torneamento CNC Doosan Lynx 2100 LYB (Gotosellers, 2019)**

Vantagens do Centro de torneamento CNC face ao Torno convencional:

- Alta flexibilidade no trabalho;
- Correção de medidas durante o processo;
- Trabalho com parâmetros de corte otimizados;
- Altas rotações do fuso principal;
- Altas velocidades de avanço rápido (G00);
- Aplicação de ferramentas de corte de alto rendimento;
- Conforto operacional;
- Menor necessidade de manutenção mecânica: como os acionamentos são feitos através de motores de eixo e servomotores de alto rendimento, fica dispensado o uso de caixas de Norton, engrenagens, embraiagens e outros elementos mecânicos.

Caraterísticas de um torneamento CNC:

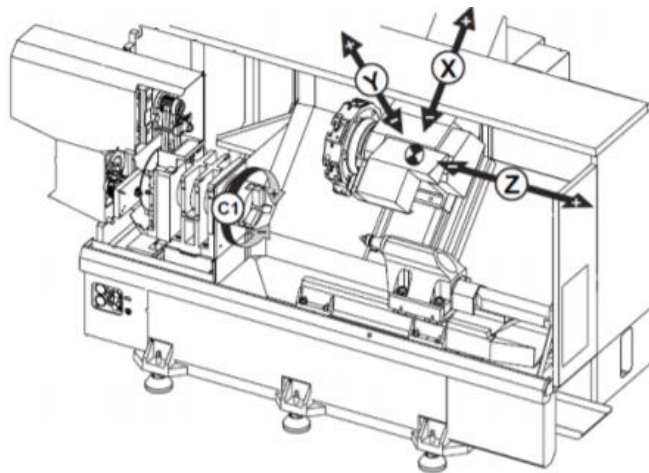
- Elevada precisão e acabamento impecável na produção das peças;
- Produção em série otimizada, uma vez que permite a repetibilidade;
- Minimiza o tempo de maquinagem comparativamente a um centro de torneamento mecânico convencional, devido à elevada velocidade de deslocamento.



**Figura 24- Torneamento CNC permite obter geometrias complexas garantindo a comodidade do operador (Serviço Autorizado, 2021)**

### 2.1.2- Eixos de torneamento CNC

Há nove eixos principais universalmente utilizados na maquinagem CNC. Três são os familiares eixos lineares primários X, Y e Z. Os três eixos de rotação primários A, B e C são eixos que rodam em torno dos eixos acima referidos, respetivamente. Por fim, temos três eixos secundários em linha reta, chamados de eixos lineares auxiliares U, V e W. Na figura 25 temos a representação dos eixos num centro de torneamento CNC com uma bucha e eixo Y.



**Figura 25- Representação dos eixos de um torno CNC  
(HAAS, 2021)**

Eixos lineares primários X, Y e Z:

Os eixos de base utilizados para definir um espaço de três dimensões (tridimensional) encontram-se situados a 90° uns em relação aos outros e, como tal, são chamados de um sistema de eixos ortogonais. O sistema é composto de linhas de eixo orientadas a 90° umas das outras e que se cruzam num ponto de referência comum.

Eixos de rotação primários A, B e C:

Alguns equipamentos CNC apresentam eixos programáveis quanto à rotação. Existem três eixos rotativos primários: A, B e C. Cada um é identificado pelo eixo linear primário em torno do qual gira:

- O eixo A gira em torno de uma linha paralela a X;
- O eixo B gira em torno de uma linha paralela a Y;
- O eixo C gira em torno de uma linha paralela a Z.

### 2.1.3- Centros de torneamento com eixo Y e ferramenta motorizada

Nos últimos anos, a maioria dos construtores de centros de torneamento adicionou "ferramentas dinâmicas" às suas linhas de produtos. A ideia começou de forma bastante simples com algumas estações na torreta, capazes de acionar um acessório de fresagem, furação ou macho. As oficinas perceberam rapidamente as vantagens da combinação das operações de fresagem e torneamento.

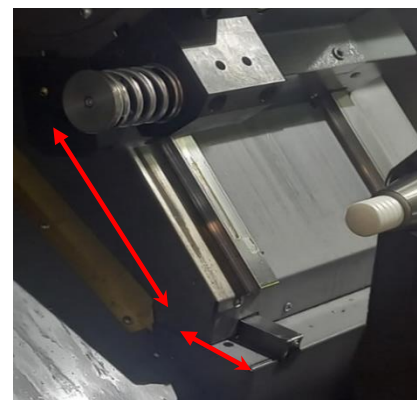
À medida que mais oficinas aplicavam centros de torneamento com ferramentas motorizadas, uma limitação no processo tornava-se aparente. Como na maioria dos projetos das máquinas as estações rotativas estavam localizadas na torre das ferramentas de torneamento, estas apenas se podiam movimentar nos mesmos dois eixos de movimento que as ferramentas de torneamento. Isto significa que qualquer movimento que não seja paralelo ou perpendicular à linha de centro do fuso não pode ser executado pelas brocas rotativas, fresas ou machos.

É aí que entra o eixo Y. Ele resolve o problema de acesso adicionando um terceiro eixo linear à torre do centro de torneamento, sendo este perpendicular ao eixo X.

Quando se pretende trabalhar com o torno sem recorrer ao eixo Y, a torreta movimenta-se apenas na direção do eixo X. O movimento do eixo Y é conseguido pela conjugação dos movimentos em simultâneo de uma guia auxiliar e da guia linear corresponde ao eixo X. A guia auxiliar dependendo do fabricante pode ter vários tipos de montagem. Na figura 26 (a) vemos a representação dos eixos que compõem o movimento do eixo Y num torno Doosan, onde ambas as guias estão num plano inclinado e na figura 26 (b) temos a representação desses mesmos eixos que geram o movimento do eixo Y num torno Haas, sendo que neste caso uma das guias encontra-se num plano horizontal e outra está num plano inclinado. A vantagem de ter duas guias em planos inclinados é economizar espaço.



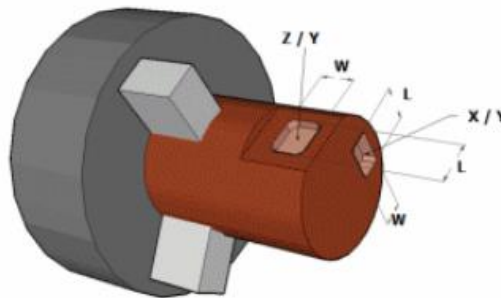
(a)



(b)

**Figura 26- Representação da movimentação do eixo Y resultante da conjugação dos movimentos lineares do eixo X e da guia auxiliar**

Na figura 27 temos um exemplo de uma peça que necessita do eixo Y.



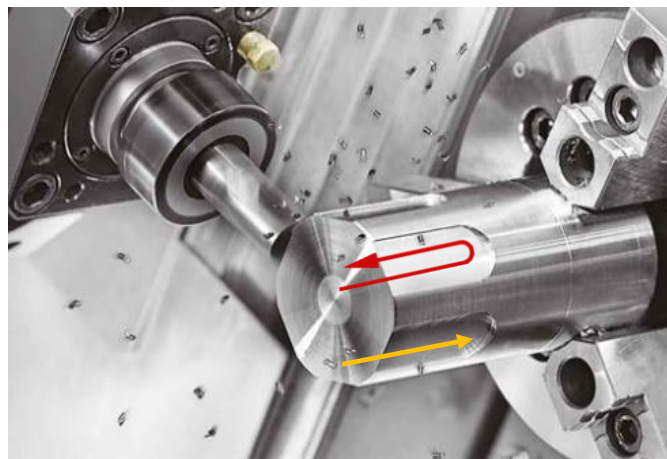
**Figura 27- Demonstração da utilização do eixo y num torno CNC (Quora, 2017, modificada)**

A caixa que se encontra no plano Z/Y e a caixa do plano X/Y têm de ser executadas com eixo Y, pois apenas com os movimentos lineares do eixo X e do eixo Z não é possível obter aquela geometria.

Na caixa do plano Z/Y, o eixo X vai dar a profundidade da caixa, o eixo Z vai gerar a dimensão representada pela letra W e o movimento do eixo Y irá gerar a dimensão representada pela letra L.

Já na caixa do eixo X/Y, o eixo Z vai dar a profundidade da caixa, o eixo X vai gerar a dimensão representada pela letra W já o eixo Y vai dar a altura representada pela letra L.

A figura 28 representa uma situação de maquinagem onde poderá ser ou não necessária a utilização do eixo Y. Caso o diâmetro da ferramenta utilizada seja igual à largura da caixa a ser fresada, posiciona-se a ferramenta à cota de X e executa-se um movimento com o eixo Z em direção à bucha (trajetória a laranja). Por outro lado, se for utilizada uma ferramenta de menor diâmetro terá de se recorrer ao eixo Y para acabar as faces laterais. Como exemplo, poder-se-ia fazer uma trajetória indicada a vermelho.



**Figura 28- Representação de operações de fresagem com e sem necessidade de utilização do eixo Y**

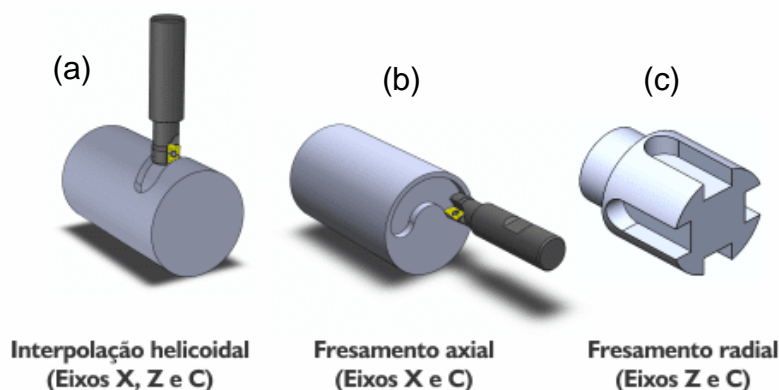
#### 2.1.4- Eixo C

Para que as ferramentas motorizadas sejam eficazes, é necessária uma orientação circular precisa da peça de trabalho. Essa orientação é realizada pelo fuso ou eixo C rotativo demonstrado na figura 29 onde se encontram várias operações possíveis de realizar com eixo C.

Antes de um torno poder executar um ciclo de fresagem, o mecanismo de acionamento do fuso principal é desconectado. Em seu lugar, um servo conversor auxiliar é acionado para girar com precisão o fuso.

Num centro de torneamento CNC, o servo conversor opera como um quarto eixo e pode ser usado para posicionamento que geralmente gira em incrementos de 0,001 graus (360.000 posições).

Não usar o travão mecânico e usar o servomotor para manter a posição permite ao eixo C ter duas funcionalidades, para posicionamento e movimento de contorno. O movimento de contorno completo da peça de trabalho permite que os cortes de perfil sejam feitos usando o movimento dos eixos XYZ simultâneos com o eixo C. Isso faz com que o centro de torneamento seja uma máquina de quatro eixos.

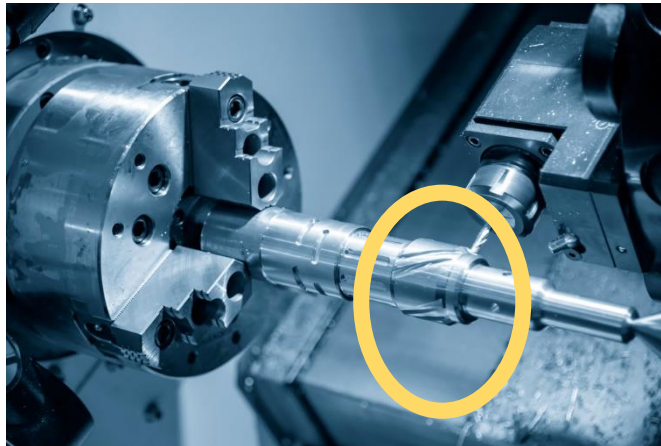


**Figura 29- Tipos de operações possíveis de executar com o eixo C (Romi, 2020)**

A figura 29 ilustra algumas operações possíveis de executar recorrendo ao eixo C.

Em todas elas é necessário o posicionamento correto dos eixos X e Z e em seguida acionar o movimento do eixo C. Na figura 29 (c) da fresagem radial a utilização do eixo C vai servir apenas para posicionamento da ferramenta para a execução da geometria pretendida.

Na figura 30 temos outros exemplos de fresagens com eixo C sendo que na zona realçada temos movimento do eixo Z e C em simultâneo. O eixo X novamente vai dar a profundidade do rasgo.



**Figura 30- Fresagens recorrendo ao eixo C (Shutterstock, 2023)**

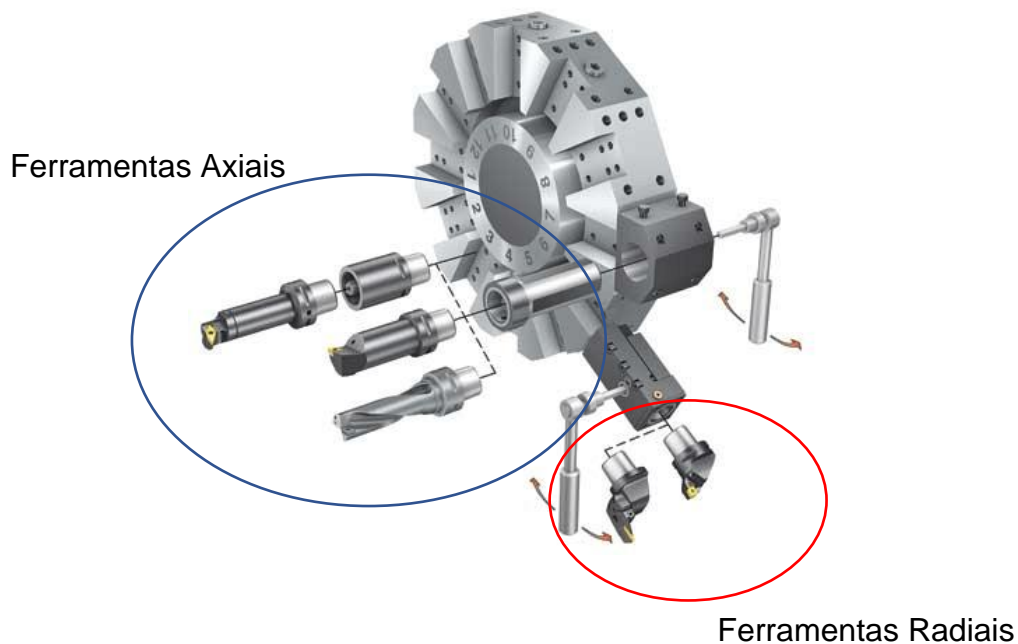
#### **2.1.5- Ferramentas Axiais e Radiais**

Uma ferramenta que se encontra montada paralelamente ao eixo de rotação designa-se por ferramenta axial.

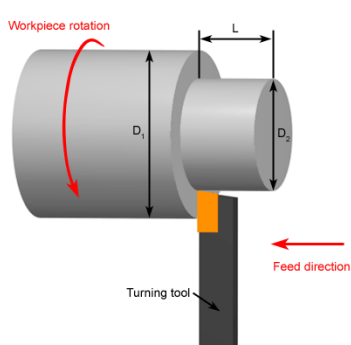
Uma ferramenta que se encontra montada perpendicularmente ao eixo de rotação designa-se por ferramenta radial.

Pela figura 31 conseguimos ter uma perceção da montagem das ferramentas radiais e axiais.

Sendo que uma ferramenta que se encontre montada radialmente consegue executar torneamentos axiais e ferramentas montadas axialmente conseguem fazer operações radiais. Por exemplo um ferro de toronar exteriores consegue fazer torneamentos axiais caso esteja a fazer um torneamento longitudinal, figura 32. Sendo o mesmo ferro montado numa posição radial consegue fazer torneamentos radiais (figura 33) caso esteja a fazer um facejamento. Já as brocas ou machos como apenas trabalham longitudinalmente ao seu eixo de rotação são consideradas ferramentas axiais caso estejam paralelas ao eixo de rotação da bucha e ferramentas radiais caso estejam montadas perpendicularmente ao eixo de rotação e só executam movimentos axiais e radiais respetivamente.

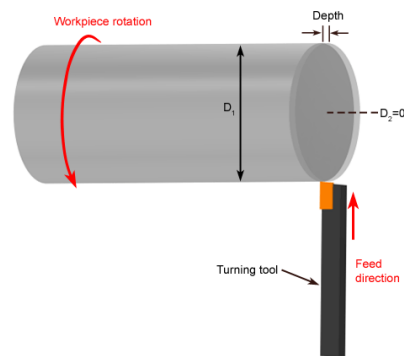


**Figura 31- Demonstração de montagem de ferramentas radiais e axiais (Izaro, 2011)**



Copyright © 2007 CustomPartNet

**Figura 32- Ferramenta radial a executar uma operação de torneamento Axial (Swiss-turning, 2020)**



Copyright © 2007 CustomPartNet

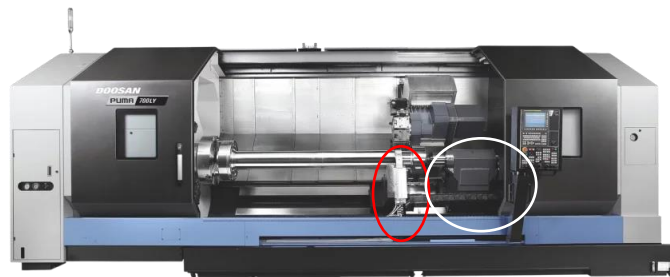
**Figura 33- Ferramenta radial a executar uma operação de torneamento radial (Swiss-turning, 2020)**

No passado, uma oficina comprava uma fresadora para fresar, um torno para toronar. Cada operação era uma etapa incremental no processo de fabrico até se ter uma peça totalmente maquinada.

Com o aparecimento de centros de maquinagem CNC e a aplicação de trocas de ferramentas automáticas, tornou-se possível (até preferível) combinar algumas operações que antes eram etapas de produção independentes numa única máquina-ferramenta.

Em vez de transformar uma peça torneada numa segunda máquina-ferramenta quando ela precisa de uma fresagem ou furação, os tornos equipados com ferramentas motorizadas podem fazer fresagem, furação ou roscagem.

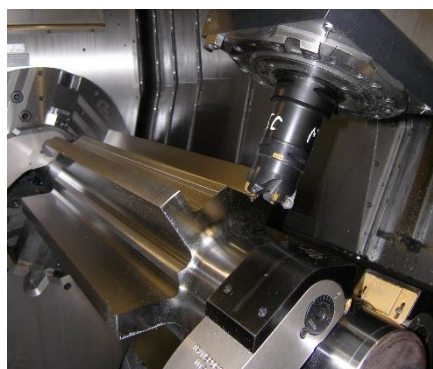
As figuras 34, 35 e 36 mostram exemplos de centros de maquinagem modernos que podem realizar em conjunto as operações de torneamento e de fresagem, sendo que estas máquinas podem variar nos tamanhos dependendo das necessidades da empresa, nos acessórios uma vez que há peças que necessitam de recorrer a uma luneta para a maquinagem ser mais estável, ou se a empresa produzir peças com muitas operações de fresagem o torno pode ter uma torre de fresagem fora da torreta, número de buchas e torretas e por consequência número de eixos, neste caso temos a possibilidade de executar várias peças de uma só vez.



**Figura 34- Torno Doosan Com acessórios, sendo eles Contraponto (branco) e luneta (vermelho) para garantir uma grande estabilidade dado o comprimento da peça (Ellison Technologies, 2023)**



**Figura 35- Torno Doosan Com duas Buchas (Mills CNC, 2023)**

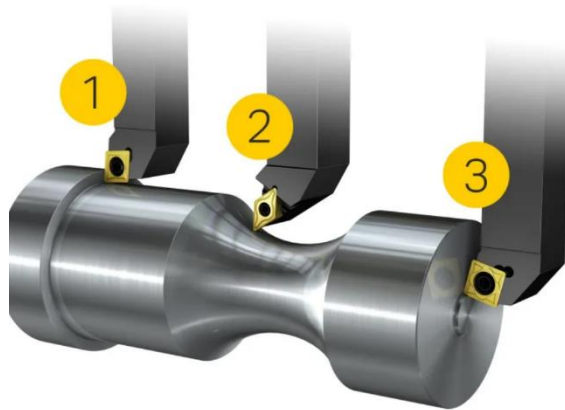


**Figura 36- Torno Com Torre de fresagem para operações de fresagem mais exigentes**

## CAPÍTULO 3 - Operações de torneamento

### 3.1- Torneamento externo

Relativamente aos conceitos de sobre as operações de torneamento, teve-se como fonte informação base o site da Sandvik (Sandvik C., 2019). As operações de torneamento externo que estão representadas na figura 37 dizem respeito à maquinação do diâmetro exterior da peça. Uma vez que o torneamento externo é um dos processos mais conhecidos e utilizados, as exigências quanto ao controlo de aparas, segurança do processo e qualidade da peça são elevadas. As áreas de aplicação básicas para o torneamento externo são o torneamento longitudinal, torneamento de perfil e facejamento.



**Figura 37- Operações Torneamento externo (Sandvik C., 2019)**

#### 3.1.1- Torneamento externo longitudinal

Para o torneamento longitudinal, demonstrado na figura 38, o movimento de avanço da ferramenta ocorre ao longo do eixo da peça, o que significa que o diâmetro da peça será maquinação até chegar a um tamanho menor. Esta é a operação de torneamento mais comum.



**Figura 38- Torneamento longitudinal Externo (Sandvik C., 2019)**

### 3.1.2- Torneamento de perfis externos

No torneamento de perfis, ilustrado na figura 39, o corte pode variar em relação à profundidade de corte, avanço e velocidade de corte, sendo que a ferramenta vai fazer o contorno de toda a parede externa. As ferramentas usadas para torneamento de perfis estão sujeitas a grandes variações quanto a tensões e forças de corte devido às diferentes direções de corte e mudanças de diâmetro. Uma das propriedades mais importantes de uma ferramenta para execução de perfis é a acessibilidade (capacidade da ferramenta elaborar certos contornos em comprimentos pequenos).



Figura 39- Torneamento de Perfis (Sandvik C., 2019)

### 3.1.3- Facejamento

No facejamento (figura 40), a ferramenta avança radialmente na direção do centro, ou seja, na direção do eixo de rotação da peça. As forças de corte radiais são altas e podem causar deflexão na peça e, algumas vezes, podem causar vibrações. Para reduzir a ocorrência destes problemas sempre que possível deve-se utilizar contraponto para dar uma maior estabilidade. Pode-se também utilizar uma pastilha com um raio de canto mais pequeno para diminuir as forças de corte e o incremento de corte deve ser inferior à dimensão do raio de canto.

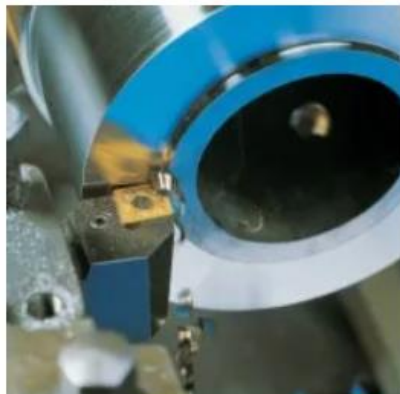
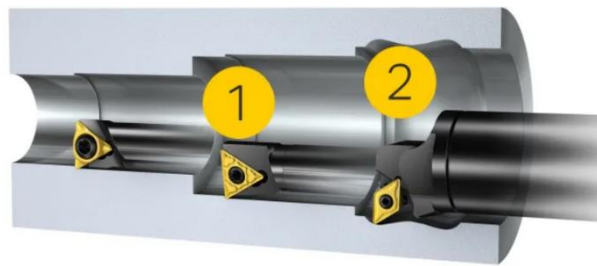


Figura 40- Facejamento (Sandvik C., 2019)

### 3.2- Torneamento interno

As operações de torneamento interno, representadas na figura 41, maquinam o diâmetro interno da peça. Os longos balanços do porta-ferramentas e o fraco escoamento de aparas são dois desafios na maquinagem de operações de torneamento interno. Os longos balanços podem causar problemas como deflexão e vibrações. A vibração e o fraco escoamento de aparas podem lascrar ou até mesmo partir a pastilha reduzindo assim a sua vida útil. A dificuldade no escoamento de aparas também pode levar a um acabamento superficial insatisfatório.

As áreas de aplicação básicas para o torneamento interno são o torneamento longitudinal e o torneamento de perfil.



**Figura 41- Torneamento Interno (Sandvik C., 2019)**

#### 3.2.1- Torneamento longitudinal interno

A escolha da ferramenta é muito limitada pelo diâmetro e pelo comprimento do furo da peça. Uma regra geral é selecionar uma ferramenta com o menor balanço e de maior seção possível.

Selecionar a ferramenta certa para a operação, aplicando-a e fixando-a corretamente, minimiza a deflexão da ferramenta e as vibrações.

No torneamento longitudinal interno (figura 42) o objetivo será aumentar o diâmetro de um furo previamente executado por uma broca. Um ângulo de ponta pequeno, tal como um raio de canto pequeno, contribuem para forças de corte reduzidas.



**Figura 42- Torneamento longitudinal Interno (Sandvik C., 2019)**

### 3.2.2- Torneamento interno de perfis

No perfilamento interno, tal como no perfilamento externo, o corte pode variar em relação à profundidade de corte, avanço e velocidade de corte, sendo que a ferramenta vai fazer o contorno de toda a parede interna numa só passagem (no acabamento), a ferramenta é exposta a forças de corte radiais e tangenciais. As forças de corte radiais irão defletir a ferramenta para fora da peça e as forças tangenciais forçarão a ferramenta para baixo e longe da linha de centro.

No torneamento de perfis, representado na figura 43, o corte pode variar em relação à profundidade, avanço e velocidade. Deve ser selecionado um bom ângulo de ponta da pastilha para uma boa relação custo/benefício e acessibilidade. Os ângulos de ponta mais comumente usados são 55° e 35°.

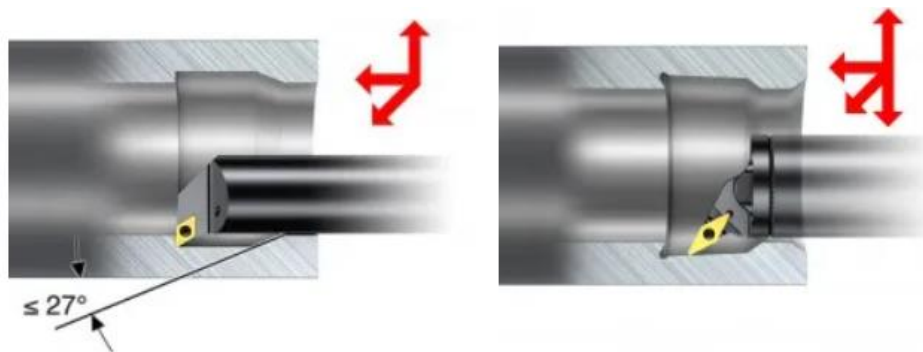


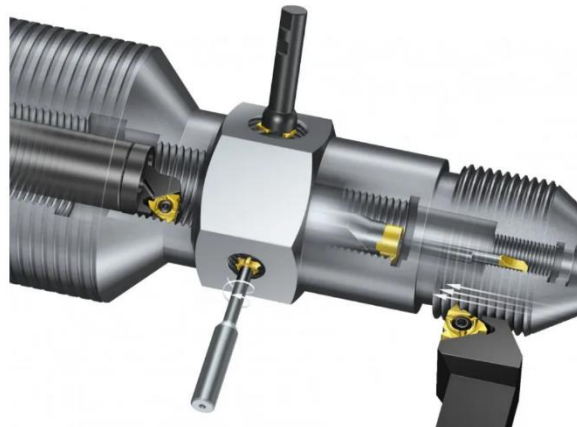
Figura 43- Torneamento Interno de Perfis (Sandvik C., 2019)

### 3.3- Roscagem

O torneamento de roscas é uma operação exigente em que pode ser difícil obter bom controlo das aparas, vida útil previsível da ferramenta e qualidade consistente da rosca.

A ferramenta para torneamento de roscas faz um determinado número de passes para gerar uma rosca na peça, ao dividir a profundidade de corte total da rosca em séries de cortes menores.

As roscas podem também ser obtidas através da utilização de machos ou até mesmo de fresas de roscar. Na figura 44 temos demonstrados várias maneiras de executar uma rosca sendo que se utilizar uma estratégia com interpolação a peça a maquinar deverá estar parada e a ferramenta a rodar.



**Figura 44- representação de Roscagem com diferentes tipos de ferramentas (Sandvik C., 2019)**

### 3.3.1- Torneamento de roscas externas

Geralmente, o torneamento de roscas externas ilustrado na figura 45 é executado com um porta-ferramentas com pastilha de roscar é mais fácil e exige menos da ferramenta que o torneamento de roscas internas. Além disso, há muitos métodos diferentes que podem ser usados para alcançar os resultados desejados.

Considerações sobre o torneamento de roscas externas:

- A faixa de avanço deve ser igual ao passo da rosca;
- Escolher um número de passes para o corte da rosca e profundidade de corte adequados (normalmente são indicados pelo fabricante da pastilha);
- Evitar formação de longas aparas para que estas não fiquem presas ao redor da ferramenta e/ou da peça;
- Evitar vibrações causadas por longos balanços da ferramenta e peças delgadas.



**Figura 45- Roscagem Externa (Sandvik C., 2019)**

### 3.3.2- Torneamento de roscas internas

O torneamento de roscas internas, representado na figura 46, pode ser obtido através da utilização de um macho ou recorrendo a um porta-ferramentas com uma pastilha de roscar. No torneamento de roscas internas com macho apenas é necessário escolher o macho adequado a fazer o trabalho e escolher a rotação e a profundidade de corte, ou seja, até onde se quer roscar. Já com um porta-ferramentas com pastilha de roscar temos de garantir que o porta ferramentas tem um diâmetro que consiga entrar no furo previamente feito, a pastilha tem de conseguir fazer o passo desejado (que depende da profundidade necessária para garantir que o último passe vai acabar a rosca). Este torneamento é mais difícil que o torneamento de roscas externas, devido à maior necessidade de um escoamento eficiente das aparas e porque as ferramentas geralmente precisam de ser mais longas e mais delgadas.

Considerações sobre o torneamento de roscas internas:

- Usar uma penetração de flanco modificada para gerar aparas helicoidais que sejam fáceis de direcionar para a entrada do furo;
- Escolher um número de passes para o corte da rosca e profundidade de corte adequados;
- Evitar vibrações causadas por longos balanços da ferramenta.



Figura 46- Roscagem Interna (Sandvik C., 2019)

### 3.3.3- Métodos de penetração em operações de torneamento de roscas

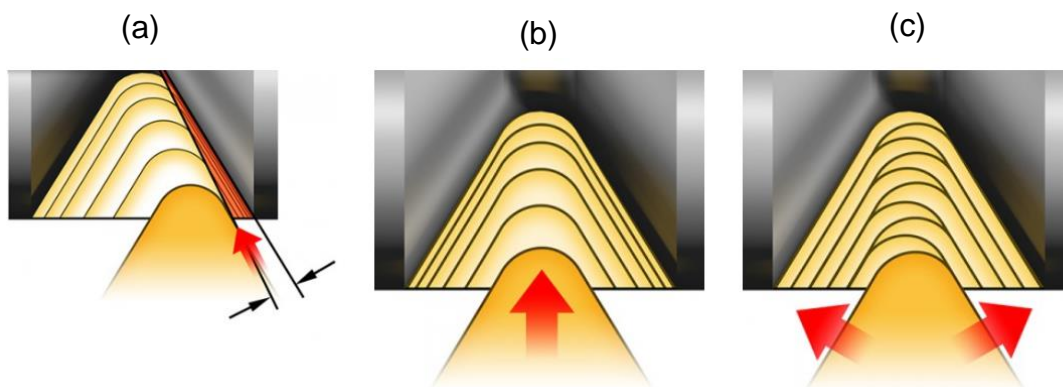
Os centros de torneamento CNC standard têm ciclos de torneamento de roscas dedicados em que o passo, a profundidade da rosca e o número de passagens podem ser ajustados de diferentes maneiras – incluindo a primeira e a última passagem.

Para a última passagem, não se deverá usar um passe em vazio (onde a profundidade de corte do último passe é igual à profundidade de corte do passe anterior). É mais benéfico usar os ciclos de penetração recomendados para assegurar a boa qualidade da rosca e prolongar a vida útil da pastilha.

Existem três principais métodos de penetração no torneamento de roscas, estando estes representados na figura 47: penetração de flanco modificada (a), penetração radial (b) e penetração incremental (c). O método de penetração determina como é que a pastilha se movimenta em relação à peça para criar o perfil da rosca.

A escolha do método de penetração é influenciada pela máquina-ferramenta, pela geometria da pastilha, pelo material da peça, pelo passo e pelo perfil da rosca e influenciará diretamente os seguintes itens:

- Controlo de aparas
- Qualidade da rosca
- Tipo de desgaste da pastilha
- Vida útil da ferramenta



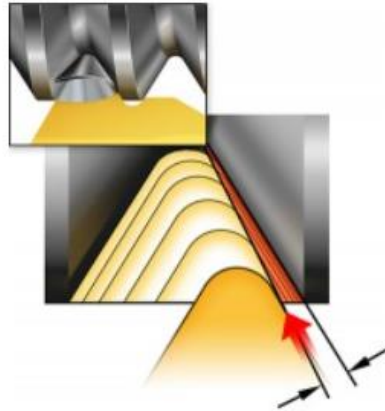
**Figura 47- Diferentes métodos de penetração (Sandvik C., 2019)**

#### Penetração de flanco modificada

A penetração de flanco modificada (figura 48) é um método que propicia uma vida útil mais longa para a ferramenta e melhor controlo de aparas. A maioria das máquinas CNC são pré-programadas para esse método que é ligeiramente modificado (inclinado) para evitar o atrito da aresta da pastilha na superfície da peça. Apresenta várias vantagens:

- É um método recomendado para todas as operações de torneamento de roscas e tipos de pastilhas;
- As aparas são mais espessas, mas geradas somente num dos lados da pastilha, facilitando o corte;
- São necessários menos passes porque irá ser transferido para a pastilha menos calor;

- Pode ser usada em ambos os flancos da rosca para direcionar a apara na melhor direção;
- É usada para roscas maiores e para eliminar problemas de vibração;
- Para pastilhas com geometria quebra-aparas, este é o método de penetração mais adequado.

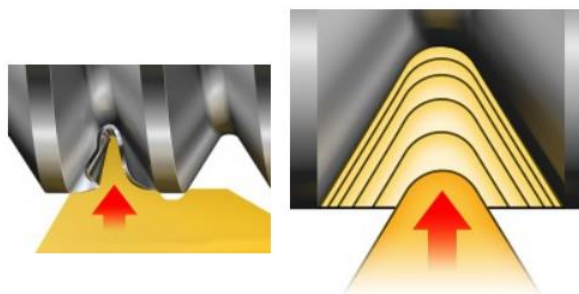


**Figura 48- Penetração de flanco modificada (Sandvik C., 2019)**

#### Penetração radial

Na figura 49 vemos uma representação da penetração radial que é o método de penetração usado com mais frequência e o único possível em muitos tornos convencionais. Salientam-se as seguintes características:

- Produz aparas rígidas, em forma de V que são difíceis de formar e controlar;
- O desgaste da pastilha é uniforme em ambos os flancos;
- É adequada para passos finos;
- A ponta da pastilha é exposta a altas temperaturas, restringindo a profundidade da penetração;
- Há risco de vibração elevado e fraco controlo de aparas em passos grandes;
- As geometrias quebra-aparas não são adequadas para a penetração radial.

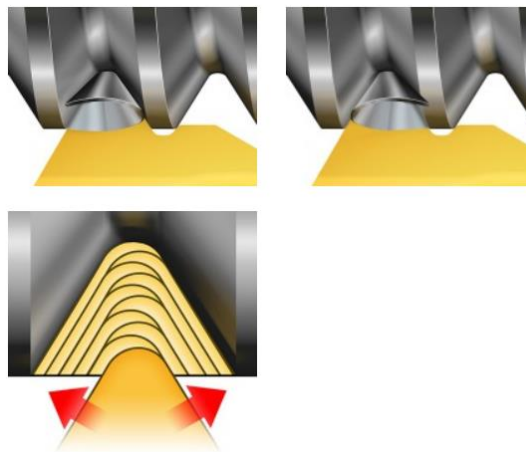


**Figura 49- Penetração radial (Sandvik C., 2019)**

### Penetração incremental

A penetração incremental, ilustrada na figura 50, é a primeira escolha para perfis de roscas maiores (recomendados para passos com mais de 5 mm). Destacam-se as seguintes propriedades:

- As aparas são direcionadas para ambos os lados, dificultando o controlo das mesmas;
- Proporciona um desgaste uniforme da pastilha e prolonga a vida útil da ferramenta em roscas muito grossas;
- Qualquer geometria pode ser obtida através da penetração incremental;
- Requer um programa especial da máquina CNC.



**Figura 50- Penetração Incremental (Sandvik C., 2019)**

#### 3.3.4- Roscagem com macho

A roscagem com macho, representados na figura 51, é um processo fácil, bem conhecido e altamente eficiente. Este método proporciona uma roscagem produtiva e económica; especialmente para roscas menores, consegue-se obter a rosca num só passe do macho. É utilizado em tornos CNC sendo montados numa posição rotativa à semelhança de uma broca.

O material, o tratamento e a geometria do macho são recursos muito importantes e a serem considerados para cada tipo de macho. Um desenho do macho para uma área específica que trabalha bem num material/aplicação pode não ser tão eficiente para outro material/aplicação. A roscagem de machos abrange os perfis de roscas mais comuns e é adequada para todos os tipos de máquinas em ambas as peças, rotativas e não rotativas.



**Figura 51- Machos (Sandvik C., 2019)**

Tipos de machos (figura 52):

- Macho com canal reto (machos utilizados para furos passantes pois a apana é evacuada para baixo) – figura 52 à esquerda
- Macho com ponta helicoidal- figura 52 ao centro
- Macho com canais helicoidais (macho apropriado para furos cegos pois a apana é longa e é removida para a zona de entrada do furo) – figura 52 à direita



**Figura 52- Tipo de machos (Sandvik C., 2019)**

### **3.4- Furação**

Geralmente, a furação é realizada posteriormente ao facejamento da face que vai ser furada, quando as operações anteriores já melhoraram o acabamento do bloco inicial.

Embora pareça simples, a furação é uma operação complexa e pode ter graves consequências se a ferramenta falhar ou trabalhar para além da sua capacidade.

A furação pode ser executada de duas formas, isto é, podemos ter furação com ferramenta rotativa ou furação com a peça a rodar, na figura 53 temos representadas as brocas rotativas (azul) e as brocas com pastilhas intercambiáveis (verde).



Figura 53- Furação (Sandvik C., 2019, modificada)

### 3.5- Canais e Sangramentos

Canais e sangramentos são operações onde se irá executar um corte perpendicularmente ao eixo de rotação. No caso do sangramento o objetivo será separar a peça do varão a maquinar, sendo que no caso dos canais o objetivo será como o nome indica executar um canal que poderá ser interno ou externo.

Nestas operações a segurança do processo é muito importante. É preferível escolher uma ferramenta com refrigeração de precisão, isto é, se possível um porta-ferramentas com refrigeração interna onde a saída do líquido de corte esteja bem direcionada para a ponta da pastilha. Isto irá ajudar a um melhor escoamento de aparas, reduzir a temperatura e o desgaste da pastilha e melhorar o acabamento superficial. Deve-se usar uma ferramenta com o balanço mais curto possível e uma fixação de pastilha segura para se obter uma melhor estabilidade. Ao sangrar uma peça, barra ou tubo, é importante economizar material e minimizar a força de corte. Uma pastilha estreita cria forças de corte baixas e economiza material. Estas pastilhas específicas produzem aparas que são mais estreitas do que o canal. Isso resulta em uma operação de corte com bom controlo de aparas e bom acabamento de superficial. Na figura 54 temos a representação dos tipos de ferros de canais e sangramento.

#### 3.5.1- Sangramentos

Sangramentos pequenos

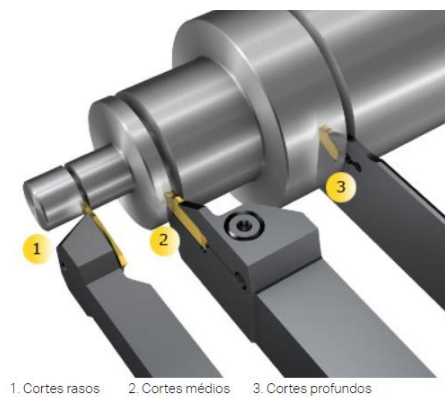
Para este tipo de corte (diâmetros  $\leq 12$  mm), deve-se usar pastilhas de 3 arestas para operações de corte económicas na produção em massa.

### Sangramento médios

Para o corte médio (diâmetros  $\leq 40$  mm) será melhor optar por um porta-ferramentas de fixação por parafuso e suportes com mecanismo de trava tipo mola com pastilhas de duas arestas.

### Sangramentos profundos

Para cortes profundos (diâmetros  $\leq 112$  mm), a estabilidade da pastilha é essencial, pois este tipo de corte coloca muita força na pastilha. Desta forma, a melhor escolha é uma lâmina com uma fixação estável por mecanismo tipo mola e uma pastilha de aresta única.



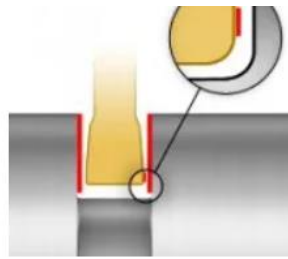
**Figura 54- Tipos de porta-ferramentas de Canais e sangramentos (Sandvik C., 2019)**

### 3.5.2- Canais

Para canais profundos, a segurança do processo pode ser um desafio devido aos longos balanços necessários, dificuldades tanto no escoamento de aparas quanto para garantir acesso da refrigeração à aresta de corte. A maquinagem de canais simples é o método mais económico e produtivo de produzir canais. Porém, se o comprimento do canal for maior que a largura da pastilha, o torneamento em mergulho e a maquinagem por múltiplos canais podem ser usados para produzir o canal. Os diferentes métodos de realização de canais estão representados nas figuras 55, 56 e 57.

#### Canais simples

Neste tipo de canais a espessura da pastilha é igual à dimensão do canal que queremos obter e para isso basta que a ferramenta faça apenas uma entrada à respetiva cota.



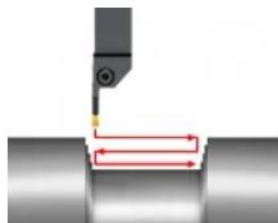
**Figura 55- Canal simples (Sandvik C., 2019)**

### Canais de múltiplas passagens

Estes canais, como o nome indica, serão realizados por várias passagens pois a largura do canal irá ser maior do que a largura da pastilha; deste modo, a ferramenta terá de em primeiro lugar fazer um desbaste e em seguida o acabamento desse mesmo canal. Para fazer este tipo de canais temos alguns métodos possíveis.

### Torneamento de canais em mergulho

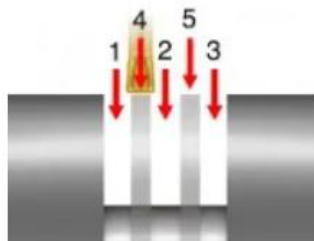
Quando a profundidade do canal é menor que a sua largura, este método é o mais utilizado.



**Figura 56- Canais em Mergulho (Sandvik C., 2019)**

### Torneamento de canais por múltiplos canais

Quando a profundidade do canal é maior que a sua largura, este método é o mais utilizado.



**Figura 57- Canais Múltiplos (Sandvik C., 2019)**

## **CAPÍTULO 4 – Ferramentas de torneamento**

### **4.1- Escolha de pastilhas para torneamento**

Relativamente aos conceitos sobre as ferramentas de torneamento, teve-se como fonte informação base o catálogo de ferramentas da Kyocera (Kyocera, 2021). Há muitos parâmetros a serem considerados ao escolher uma pastilha de torneamento. Deve-se selecionar cuidadosamente a geometria da pastilha, a classe da pastilha, o formato da pastilha (ângulo de ponta), o tamanho da pastilha, o raio de canto e o ângulo de posição (ataque), para obter um bom controlo de aparas e um bom desempenho da maquinagem. É importante ter em consideração as seguintes regras na seleção das pastilhas:

- Selecionar a geometria da pastilha com base na operação selecionada, por exemplo, acabamento;
- Selecionar a pastilha com o maior ângulo de ponta possível para resistência e economia;
- Selecionar o tamanho da pastilha de acordo com a profundidade do corte;
- Selecionar o maior raio de canto possível para resistência da pastilha;
- Selecionar o menor raio de canto se houver tendência a vibrações.

#### **4.1.1- Classe da pastilha de torneamento**

A classe da pastilha é selecionada principalmente de acordo com:

- o material da peça a toronar de acordo com a classificação ISO (P, M, K, N, S, H);
- tipo de método (operações de acabamentos, semi-acabamentos, desbastes);
- condições de maquinagem.

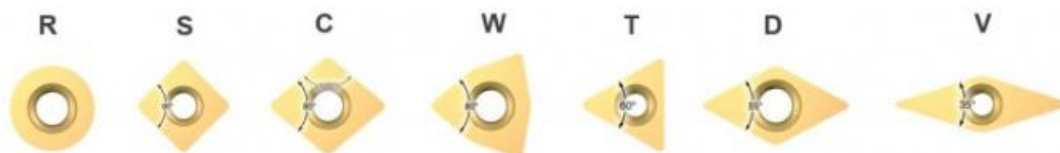
A geometria e a classe da pastilha complementam-se. Por exemplo, a tenacidade de uma classe pode compensar a falta de resistência de uma geometria.

#### **4.1.2- Formato da pastilha de torneamento**

Os formatos das pastilhas, representados na figura 58, devem ser selecionados em relação à acessibilidade do ângulo de posição da ferramenta. Quanto maior o ângulo de ponta maior resistência e confiabilidade terá a pastilha, tal como são exemplos as pastilhas S. Porém deve existir um equilíbrio, tendo em conta as variações de perfis que precisam de ser executadas durante a maquinagem.

Um ângulo de ponta grande é robusto, no entanto requer maior potência da máquina e tem maior tendência à vibração.

Um ângulo de ponta pequeno é mais fraco e tem menor contato da aresta de corte, o que pode tornar a pastilha mais sensível aos efeitos térmicos e propensão para a rotura, como é exemplo as pastilhas D e V.



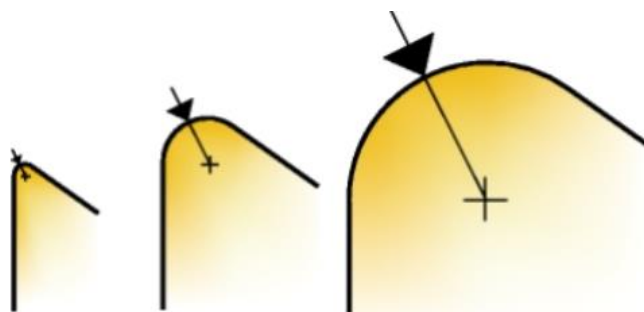
**Figura 58- Formatos das pastilhas de Torneamento (Sandvik C., 2019)**

#### 4.1.3- Raio de Canto das pastilhas

O raio de canto (figura 59) é um fator importante em operações de torneamento. As pastilhas estão disponíveis em vários tamanhos de raio de canto. A escolha depende da profundidade de corte e do avanço e influencia o acabamento superficial, a quebra de aparas e a resistência da pastilha.

O raio de canto pequeno é ideal para profundidades de corte menores, pois a aresta de corte é mais fraca; além disso, consegue-se ter um melhor controlo na quebra das aparas e também é melhor no que toca às vibrações por ter uma superfície de contacto menor.

O raio de canto maior permite utilizar uma gama de avanços mais elevada, pois tem maior robustez e consegue maquinar maiores profundidades de corte.



**Figura 59- Diferentes raios de Canto das pastilhas de torneamento (Sandvik C., 2019)**

Na figura 60 encontra-se um excerto do catálogo da Kyocera escolhido para exemplificar um fabricante de pastilhas para torneamento e que, podemos encontrar as referências das pastilhas de acordo com a classificação ISO. Assim temos uma maneira simples de perceber qual a informação que as referências das pastilhas nos transmitem.

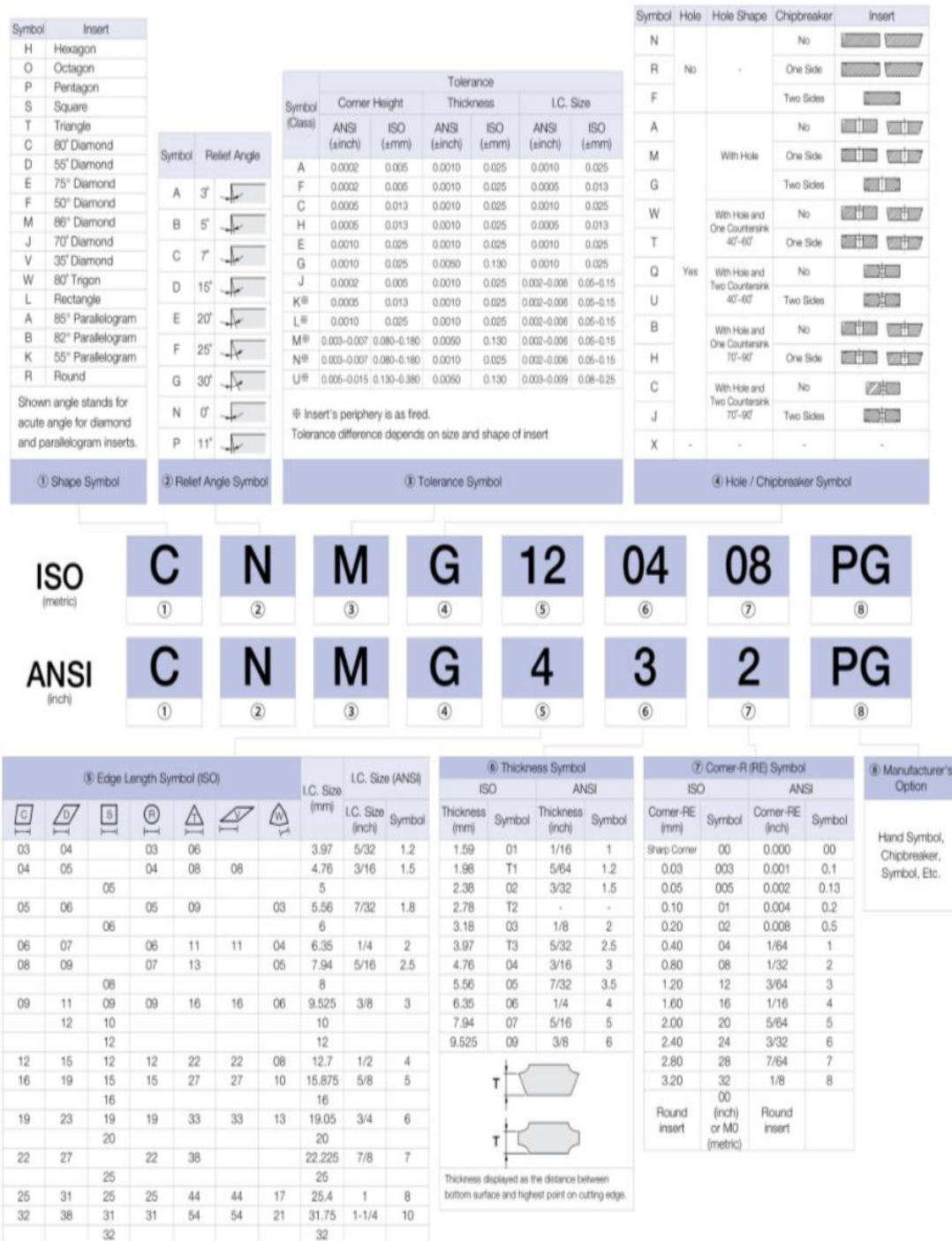


Figura 60- Informação sobre pastilhas de torneamento externo (Kyocera, 2021)

Na tabela 1 encontra-se um exemplo de codificação das referências deste fabricante. Por exemplo, tendo uma pastilha cuja referência é CNMG 120408, podemos identificar a sua forma, ângulo de folga, tolerância, furo e quebra-aperas, comprimento da aresta de corte, espessura, raio de canto.

**Tabela 1- Interpretação da referência da pastilha de torneamento de acordo com o fabricante Kyocera**

<b>POSIÇÃO DO CARACTER</b>	<b>CARACTER</b>	<b>SIGNIFICADO</b>	<b>INFORMAÇÃO OBTIDA</b>
<b>PRIMEIRA POSIÇÃO</b>	C	Forma	Ângulo de ponta de 80°
<b>SEGUNDA POSIÇÃO</b>	N	Ângulo de folga	Ângulo de folga de 0°
<b>TERCEIRA POSIÇÃO</b>	M	Tolerância	Tolerâncias da pastilha (altura, espessura)
<b>QUARTA POSIÇÃO</b>	G	Furo e quebra aperas	Com furo e quebra aperas dos dois lados
<b>PRIMEIRO PAR DE NÚMEROS</b>	12	Comprimento da aresta de corte	12,7 mm
<b>SEGUNDO PAR DE NÚMEROS</b>	04	Espessura da pastilha	4,76 mm
<b>TERCEIRO PAR DE NÚMEROS</b>	08	Raio de canto da pastilha	0,8 mm

## 4.2- Geometria dos porta-ferramenta segundo o catálogo Kyocera

A pastilha de corte é suportada num corpo que para além de a fixar, confere rigidez para a operação de torneamento. A figura 61 exemplifica a montagem de diferentes geometrias de pastilhas em suportes com diferentes geometrias, adequadas para a operação a realizar. Consegue-se ver que os porta-ferramentas da direita e ao centro da figura 61, têm uma maior acessibilidade durante a maquinagem o que permite obter geometrias mais complexas. Já o porta-ferramentas representado na figura 61 à esquerda poderá ser utilizado para trabalhos mais “pesados” dado à robustez da sua geometria, pois tem um ângulo de ponta superior.



**Figura 61- Representação de diferentes geometrias de porta-ferramentas**

### 4.2.1- Porta-ferramentas de torneamento externo

No catálogo da Kyocera podemos encontrar as referências dos porta-ferramentas de acordo com as suas classificações ISO (figura 62).

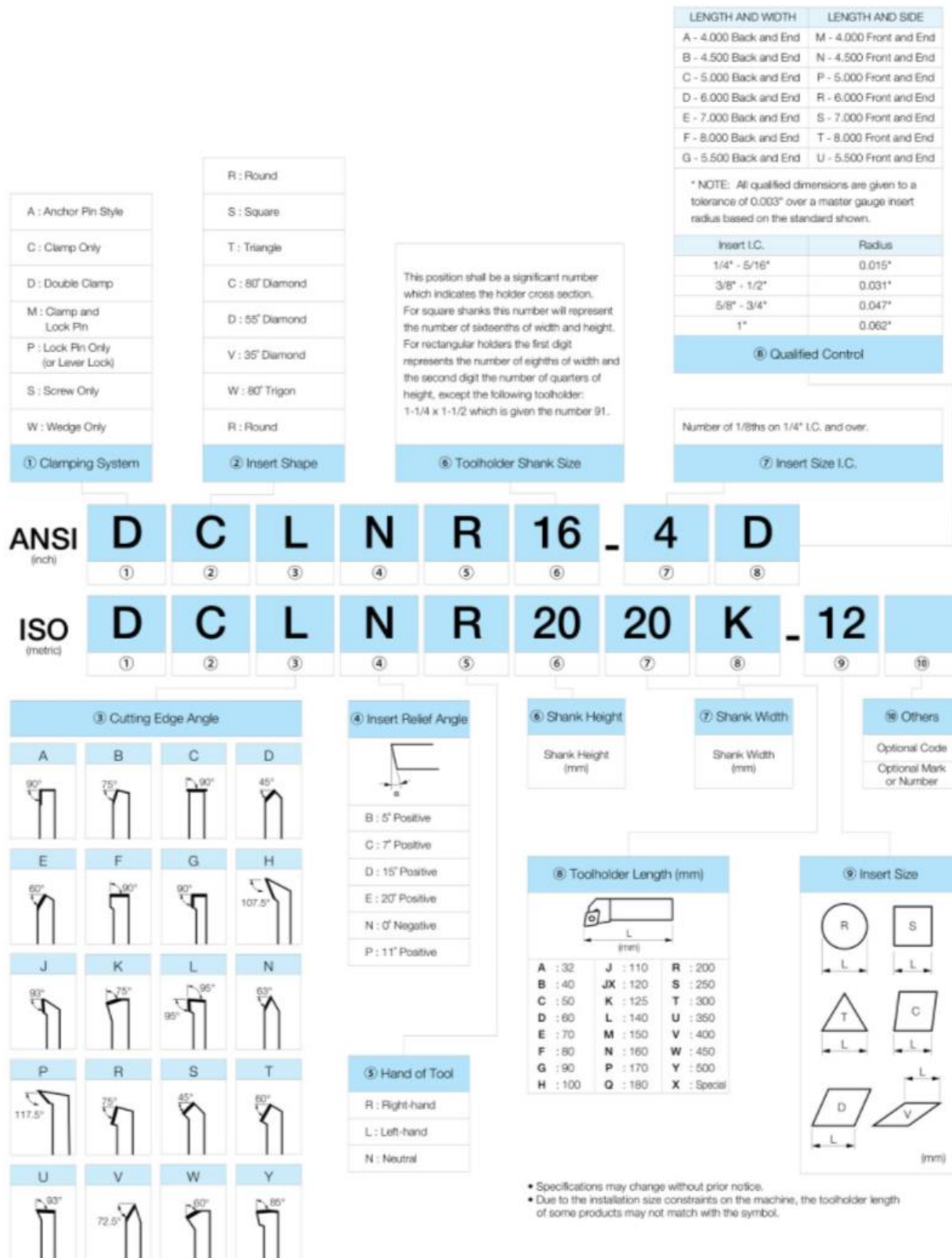


Figura 62- Informações sobre porta-ferramentas de torneamento externo (Kyocera, 2021)

Tendo um porta-ferramentas cuja referência é DCLNR 2020K-12, (tabela 2) podemos saber a forma de fixação da pastilha no porta-ferramentas, a forma da pastilha, ângulo da aresta de corte, ângulo de folga da pastilha, se a ferramenta é direita ou esquerda, largura e altura do porta-ferramentas, comprimento e comprimento da pastilha.

**Tabela 2- Informações sobre Porta-Ferramentas de Torneamento**

<b>POSIÇÃO DO CARACTER</b>	<b>CARACTER</b>	<b>SIGNIFICADO</b>	<b>INFORMAÇÃO OBTIDA</b>
<b>PRIMEIRA POSIÇÃO</b>	D	Forma de Fixação da pastilha	Parafuso
<b>SEGUNDA POSIÇÃO</b>	C	Forma da pastilha	Ângulo de ponta de 80°
<b>TERCEIRA POSIÇÃO</b>	L	Ângulo de posição	Ângulo de ataque de 95°
<b>QUARTA POSIÇÃO</b>	N	Ângulo de folga da pastilha	Ângulo de folga de 0°
<b>QUINTA POSIÇÃO</b>	R	Ferramenta direita ou esquerda	Ferramenta Direita
<b>PRIMEIRO PAR DE NÚMEROS</b>	20	Altura do porta-ferramentas	20 mm
<b>SEGUNDO PAR DE NÚMEROS</b>	20	Largura do porta-ferramentas	20 mm
<b>OITAVA POSIÇÃO</b>	K	Comprimento do porta-ferramentas	125 mm
<b>TERCEIRO PAR DE NÚMEROS</b>	12	Comprimento da aresta de corte	12,7 mm

#### 4.2.2- Porta-ferramentas de torneamento interno

Para o torneamento interno o princípio de seleção de porta-ferramentas é semelhante tendo em conta as especificidades destas operações conforme se apresenta na figura 63. No caso de porta-ferramentas para torneamento ou rosqueamento interno, é necessário ter em atenção também qual é o diâmetro mínimo que os porta-ferramentas necessitam que o furo tenha para maquinar em segurança.

Isto é, se tivermos um furo com 18 mm, temos de garantir que o nosso porta-ferramentas entra nesse mesmo diâmetro, ou seja, na parte final da referência do ferro o número que aparecer tem de ser inferior a 18, como está em baixo ilustrado.

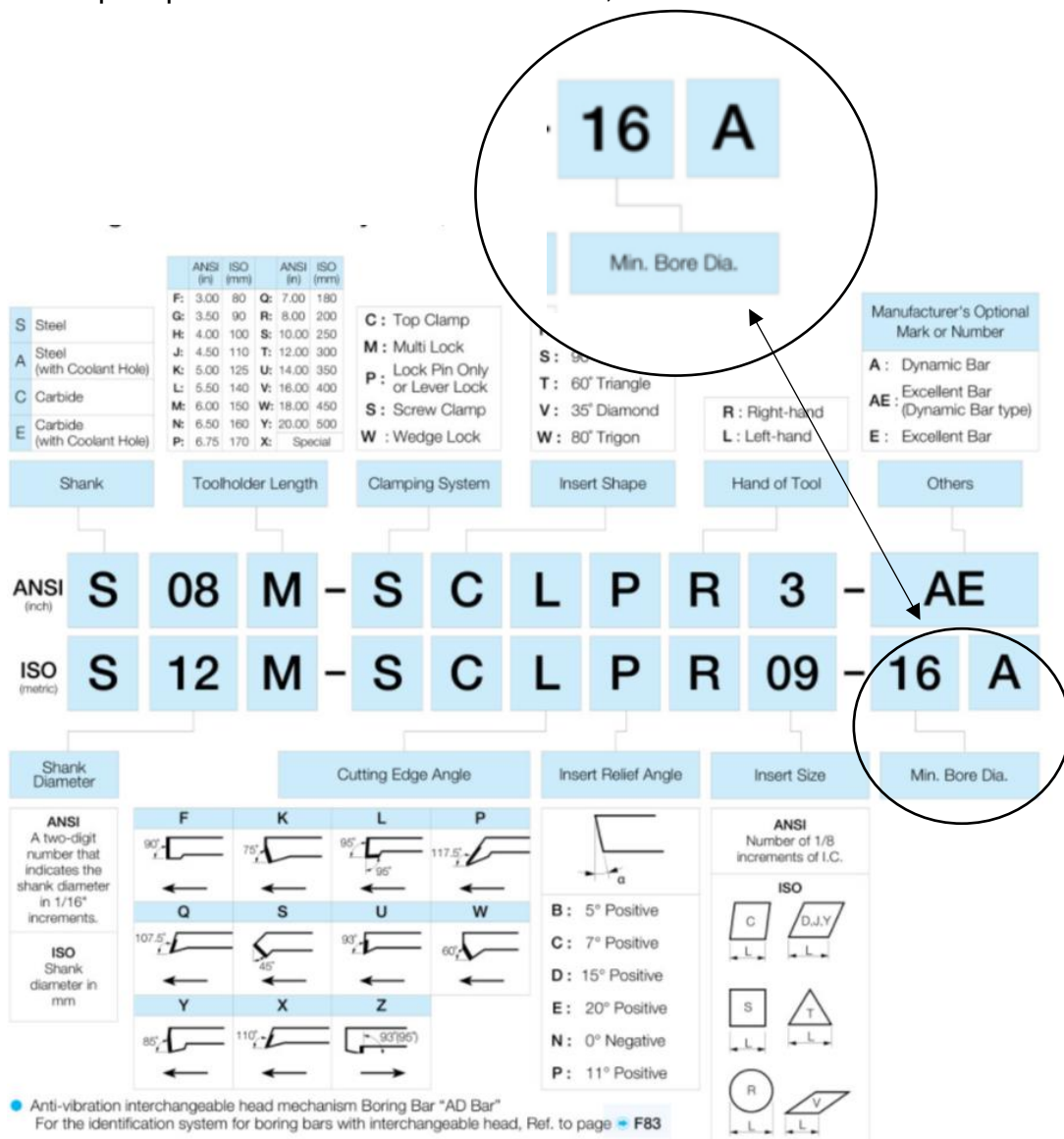


Figura 63- Informações sobre Porta-Ferramentas de torneamento interno (Kyocera, 2021)

## **CAPÍTULO 5 – Caracterização Torno Doosan Lynx 2100 LYB series**

### **5.1- Torno Doosan Lynx 2100 LYB series**

Relativamente aos conceitos de caracterização do torno Doosan, teve-se como fonte informação base o próprio manual do torno. Conforme foi referido anteriormente, na empresa onde foi realizado o estágio, o trabalho focou-se na secção da maquinagem, mais concretamente no torneamento CNC. Para isto, a empresa tem à sua disposição um centro de torneamento Doosan, modelo Lynx 2100 LYB, equipado com um controlador digital Fanuc i-series e que se encontra apresentado no capítulo 1, figura 4.

O torno em questão dispõe dos convencionais eixos X e Z, mas também conta com o eixo Y, o eixo C, ferramenta motorizada e contraponto que proporcionam a este centro de torneamento a produção de peças com geometrias mais complexas do que as geometrias possíveis de obter em centros de torneamento CNC mais simples, equipados somente os eixos X e Z.

#### **5.1.1- Especificações técnicas**

Se seguida são apresentadas as principais características do centro de torneamento Doosan modelo Lynx 2100 LYB, que constitui o principal elemento para desenvolver este trabalho.

Potência Necessária de alimentação de energia elétrica: 34 kVA

Comando Digital: Fanuc i-series

Capacidade de trabalho:

Comprimento máximo de torneamento: 510 mm

Diâmetro máximo de torneamento: 300 mm

Árvore:

Diâmetro da bucha: 210 mm

Diâmetro do furo: 76 mm

Passagem de barra: 65 mm

Potência do motor: 15 kW

Rotação máxima: 4500 rpm

Eixo C: 360° com resolução de 0,001°

Eixos:

**Tabela 3- Informações sobre os eixos do torno Doosan**

<b>EIXOS</b>	<b>CURSOS</b>	<b>AVANÇOS RÁPIDOS</b>	<b>AVANÇOS DE CORTE</b>	<b>POTÊNCIA MOTORES</b>
<b>X</b>	205 mm	30 m/min	500 mm/rot	2,8 kW
<b>Y</b>	105 mm	10 m/min		2,8 kW
<b>Z</b>	560 mm	36 m/min	500 mm/rot	2,8 kW
<b>C</b>	360°	200 rpm	4300°/min	

Torrete:

Número de Estações: 24

Suporte das Ferramentas (geometria quadrada): 20x20 mm

Suporte das Ferramentas (geometria redonda): ø32 e ø20 mm

Potência ferramentas motorizadas: 3,7 KW

Rotação máxima ferramentas motorizadas: 6000 rpm

Depósitos:

**Tabela 4- Informações sobre os depósitos do torno Doosan**

<b>DEPÓSITOS</b>	<b>CAPACIDADE</b>	<b>FLUXO</b>	<b>PRESSÃO</b>
<b>HIDRÁULICO</b>	20 Litros	25 Litros/min	1,5 kW x 4,0 MPa
<b>REFRIGERAÇÃO</b>	130 Litros	30 Litros /min	0,4 kWx 0,15 MPa

Dimensões:

Comprimento: 2880 mm

Largura: 1710 mm

Peso: 3900 Kg

Acessórios Incluídos:

- Bucha hidráulica de 3 grampos;
- Jogo de grampos macios e duros;
- Lubrificação automática;
- Iluminação área de trabalho;
- Pedal para fecho e abertura da bucha;
- Confirmação do fecho da bucha para início do trabalho;
- Transportador automático de aparas;
- Medidor automático de ferramentas;
- Duas ferramentas rotativas axiais e duas radiais.

## **5.2- Compreensão de algumas funções do controlador Fanuc**

Na abordagem da programação num controlador, tem de se entender de forma aprofundada as funcionalidades que esse controlador oferece, de modo a tirar o máximo proveito e produtividade do equipamento, bem como trabalhar de forma cuidada e responsável, para prolongar a vida do equipamento. No controlador Fanuc i-series existe a opção de utilizar o modo EOP (Easy Operation Package) onde estão disponíveis todos os ciclos de torneamento e de fresagem para executar as peças pretendidas com rigor e também aproveitando todo o potencial desta máquina. Este modo de programação reside na seleção de opções intuitivas com a necessidade de responder a um conjunto de questões que são apresentadas de modo sequencial e que são específicas de acordo com as operações de torneamento que se pretendem realizar.

Esta forma de programação é a mais utilizada em centros de torneamento CNC, na qual o controlador interpreta a informação e transforma-a de um modo não visível para o operador, em programação em código CNC.

Sendo assim, há um conjunto de botões, representados na figura 64, e funções que são importantes compreender e até mesmo dominar.



**Figura 64- Botões do Controlador Fanuc**

De modo resumido são descritas em seguida as principais funções disponíveis no controlador, parte destas apresentadas na figura 64.

NOVOPROG: Cria um novo programa.

OLIST: Lista os programas existentes na memória.

BUSCA ^: Procura algo que fica antes da posição atual do cursor.

BUSCA v: Procura algo que fica depois da posição atual do cursor.

BUSCA: Procura um programa pelo número.

COPIAR: Copia parte de um programa.

CORTAR: Corta parte de um programa.

APAGAR: Apaga parte de um programa.

CRLTCL: Copia código para o bloco de edição para facilitar a alteração.

COLAR: Cola a parte do programa que foi copiada.

INICIO: Abre a janela de opções iniciais que permite inserir o material bruto e a janela de formas fixas de iniciação de programas.

CICLO: Abre a janela de programação de ciclos de torneamento ou fresagem.

FIM: Abre a janela de opções de formas fixas de finalização de programas.

ALTER: Abre a janela de um ciclo que já está no programa para efetuar alterações.

FIGURA: Abre a tela para elaboração de perfis para ciclos de desbaste e fresagem.

REBOB: Volta com o cursor para o início do programa.

ALT DIM: Altera a dimensão da janela do programa (maximizar / minimizar).

NUM LIN: Mostra ou esconde a numeração sequencial de cada bloco.

G-CONT: Cria comandos “G” após realizar a elaboração de perfis.

UNDO: Desfaz uma operação.

REDO: Refaz uma operação.

AJ TRAB: Acede à janela de zero-peça (G54-G59).

CORR-F: Acede à janela de informações de ferramentas (Preset/ Desgaste/ Tipo).

AJUSTE: Acede à janela para elaboração de formas fixas.

EDIBKG: Inicia o modo de edição em background (edição simultânea).

BUSCA N: Procura o bloco do programa inserido.

BUSCA: Procura a informação inserida.

POS. AT: Altera as coordenadas (ABSOLUTA / MÁQUINA).

GRFMAQ: Acede à janela de simulação gráfica 2D.

SIMULA: Acede à janela de simulação gráfica 3D.

CNV CN: Converte um programa Guide para ISO.

TIPO-P: Reinicia no meio do programa.

TIPO-Q: Reinicia no meio do programa.

### **5.2.1- Medição e definição de ferramentas**

Depois da compreensão de alguns dos botões mais gerais utilizados, é necessário que, após a montagem de qualquer ferramenta na torreta, esta seja devidamente medida e definida. Para isso, carregamos na tecla “CORR\_F” que corresponde ao corretor de ferramentas (figura 65 e 66); neste separador temos uma tabela com as coordenadas relativas à medição das ferramentas, os respetivos raios de canto das pastilhas e a posição da ferramenta. É possível também usar a função do corretor de desgaste, pois numa produção em série com uma pastilha que tem vindo a maquinar há algum tempo é necessário corrigir as dimensões da pastilha devido ao desgaste que sofreu. Geralmente esta situações corresponde a situações que apresentam erros na casa das centésimas de milímetro e essa diferença terá de ser compensada.

NUM. :	EIXO-X	EIXO-Z	EIXO-Y	RAIO	FERR. VIRT.
001	130.000	76.074	0.000	0.000	3
002	130.000	113.674	0.000	0.400	3
003	246.224	45.478	0.000	0.000	3
004	214.214	52.013	0.000	0.000	3
005	281.208	45.323	0.000	12.500	7
006	0.000	0.000	0.000		2
007	0.000	0.000	0.000	6.000	0

Figura 65- Separador do corretor de ferramentas

NUM. :	FERR.	AJTFER	ÂNGULO DE POSIÇÃO DA FERRAMENTA	ANGULO DA FERRAMENTA
001	GERAL	1	93.0	55.0
002	GERAL	1	93.0	35.0
003	CANAL	1	3.	20.
004	ROSCA	1	60.0	
005	FURAR	2	118.0	
006	GERAL	2	93.0	55.0
007	FRES PL	2		

Figura 66- Separador de definição de ferramentas

Como exemplo, em seguida é descrito o procedimento para configurar uma ferramenta de torneamento externo, procedimento que é realizado com auxílio do medidor automático de ferramentas.

- Acionar a softkey [→] até encontrar a softkey [CORR-F].
- Acionar a softkey [CORR-F].
- Posicionar o cursor na linha da ferramenta a ser configurada.
- Posicionar o cursor na coluna “RAIO” e digitar o valor do raio da ferramenta, por exemplo: “0.8”.
- Posicionar o cursor no campo “FERR. VIRT” e digitar: “3” para ferramenta externa ou “2” para ferramenta interna, conforme simbologia representada na figura 67.



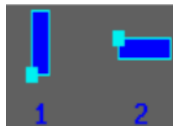
**Figura 67- Indicação da posição da aresta de corte**

- Posicionar o cursor no campo “TIPO DA FERRAMENTA”.
- Acionar a softkey [GERAL], como observado na figura 68.



**Figura 68- Indicação do tipo de ferramenta**

- Posicionar o cursor na coluna “AJTFER” e digitar: “1” para ferramenta externa ou “2” para ferramenta interna (figura 69).



**Figura 69- Indicação da orientação do Porta-Ferramentas**

- Posicionar o cursor na coluna “ANGCOR” e digitar o valor do ângulo de posição (A) da ferramenta, por exemplo: “93” (figura 70).



**Figura 70- Indicação do ângulo de posição**

- Posicionar o cursor na coluna “ANGPON” e digitar o valor do ângulo da ferramenta (B), por exemplo: “35” (figura 71).



**Figura 71- Indicação do ângulo de Ponta da pastilha**

### 5.2.2- Compreensão de alguns ciclos:

As “softkeys” demonstradas na figura 72 são os botões essenciais quando se pretende realizar um programa. Na primeira linha são apresentados os botões para realizar os ciclos de torneamento e na linha de baixo encontram-se as “softkeys” para os ciclos de fresagem. Sempre que se usa um ciclo de torneamento, o código M34 tem de estar ativo. Este código ativa o modo de torneamento. Caso se pretenda fazer um ciclo de fresagem, furação ou roscagem com macho, o código M35 tem de estar ativo, pois este código vai “trancar” a bucha e ativar a rotação nas ferramentas rotativas. Inicialmente chama-se a ferramenta com os parâmetros todos definidos, em seguida é escolhido que ciclo a executar.

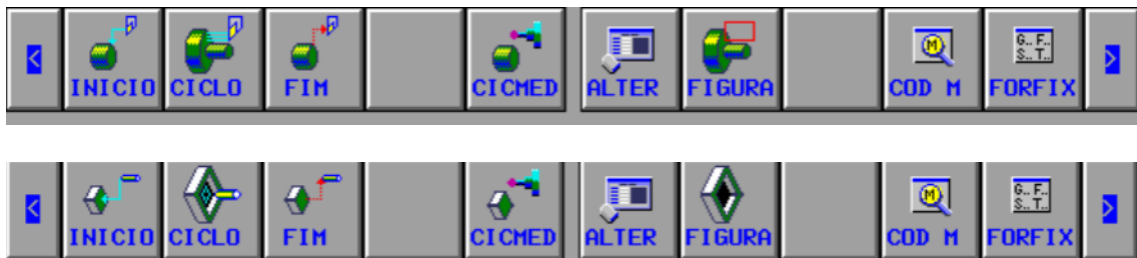


Figura 72- Botões controlador Fanuc relativos à Programação

### Ciclos de torneamento

Tendo como objetivo realizar um ciclo de torneamento, existem diversas possibilidades para executar, conforme a geometria da peça: Poderão ser escolhidos torneamentos externos, internos e desbastes frontais (facejamentos) (figura 73). Existem ciclos disponíveis para roscagem tanto interna como externa (figura 74) sendo que estas roscas serão executadas com pastilhas de roscar e não com machos, pois estes referem-se à operação de torneamento e também para canais e sangramentos (figura 75).

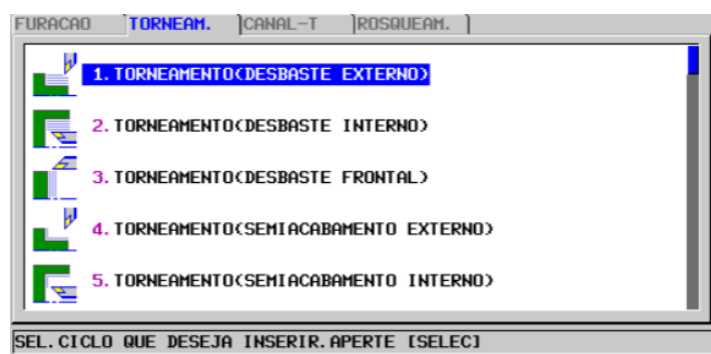
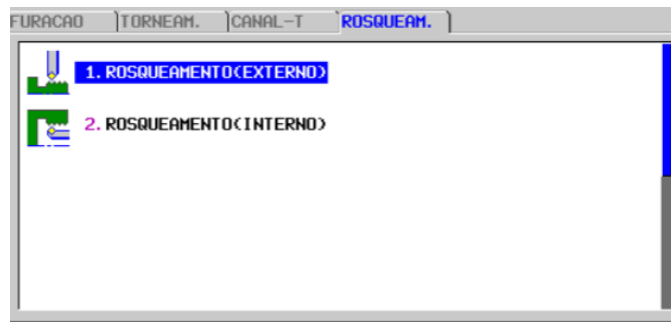
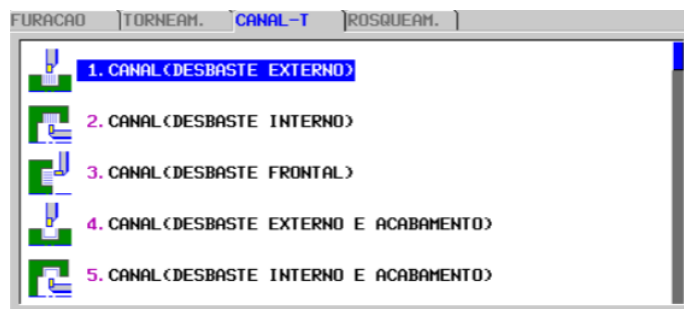


Figura 73- Ciclos de Torneamento



**Figura 74- Ciclos de roscagem**



**Figura 75- Ciclos de Canais**

Tendo como exemplo prático um dos ciclos de torneamento mais utilizado, sendo este um ciclo de torneamento de desbaste externo, é necessário informar o controlador sobre alguns parâmetros que estão em falta e que dependem não só da pastilha como do material. Em primeiro lugar, aparece uma janela com dois separadores que correspondem às duas figuras seguintes (figura 76). Nesta fase é necessário informar o controlador sobre as condições de corte, ou seja, como é que o desbaste externo vai ser executado.

Deve ser indicado o sentido de movimento para -Z já que o zero é a face do material bruto e as coordenadas Z negativo são em direção à bucha.

Em seguida, a profundidade de corte depende do material e da pastilha. Se for usada uma pastilha com um ângulo de ponta maior, essa pastilha vai ter maior resistência e, por sua vez, consegue remover mais material numa passagem. Deste modo, este campo tem de ser preenchido tendo por base parâmetros estabelecidos pelo fabricante.

Existem também os campos da espessura de acabamento no eixo X e no eixo Z; este vai ser o material que vai ficar excedente para a última passagem, a qual corresponde à passagem de acabamento.

Por último encontramos os valores do avanço da ferramenta tanto para movimentos de saída e aproximação como também o avanço durante o período de corte. Estes parâmetros devem ser definidos com base nas recomendações do fabricante das ferramentas.

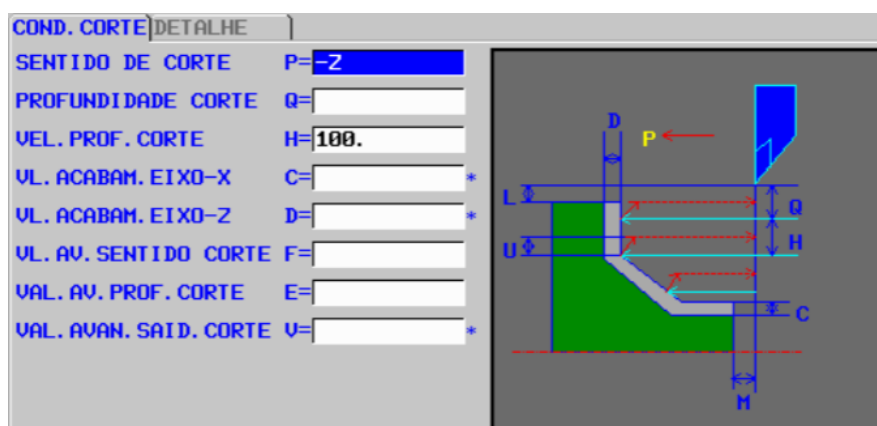


Figura 76- Separador relativo às condições de corte

No segundo separador (figura 77) inicia-se por definir o override, isto é, definido se a profundidade de corte vai ser sempre igual ou se vai diminuindo por cada passagem numa determinada percentagem.

Depois disso, o método de saída da ferramenta deve ser definido. Neste campo existem duas opções de saída controladas em velocidade. Como é observado na figura abaixo, a linha azul representa a ferramenta a cortar material e as linhas vermelhas a tracejado assinalam a saída. Nesta figura está representada a saída de corte em velocidade, ou seja, a ferramenta chega até ao Z respetivo e sai na diagonal, os valores de escape e as distâncias de segurança em X e Z representam o quanto a ferramenta vai retrainr para uma posição de segurança depois de cada passagem.

Por fim, o movimento de aproximação é a forma como a ferramenta se vai deslocar até chegar à primeira zona de corte. Pode-se movimentar em primeiro em Z e depois em X, primeiro em X e depois em Z ou em ambos os eixos ao mesmo tempo. Por exemplo, digamos que a nossa troca de ferramentas é feita a X200 e Z200 e a nossa posição inicial de corte é X55 e Z5; se estiver selecionado a opção MOV Z->X, a ferramenta vai de Z200 para Z5 primeiro e, em seguida, de X200 para X55.

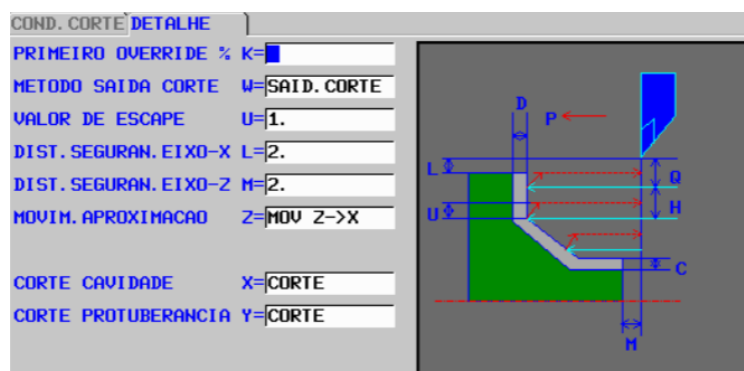


Figura 77- Separador relativo aos detalhes do movimento do Porta-Ferramentas

Já com o ciclo de torneamento definido e com os parâmetros de corte estabelecidos, falta agora transmitir ao controlador qual a geometria que a peça tem e para isso é necessário definir o contorno exterior da peça que se quer obter.

Com esse propósito, é introduzido o ponto inicial, tanto em X como em Z, como representado na figura 78.

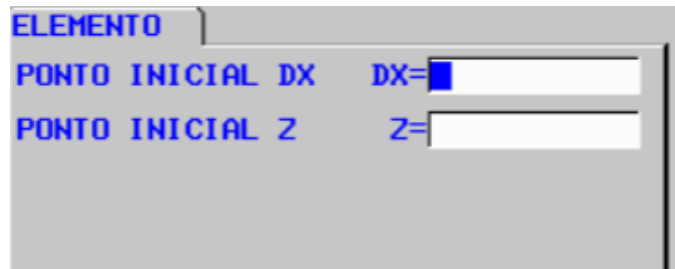


Figura 78- Definição do ponto inicial do desenho

Depois de estabelecer o ponto inicial, é definido o contorno. Para tal terá de se utilizar as “softkeys” representadas na figura 79 que possibilitam realizar esse mesmo processo. Seguidamente apresenta-se um exemplo do procedimento para definir o perfil geométrico do componente a torneiar.

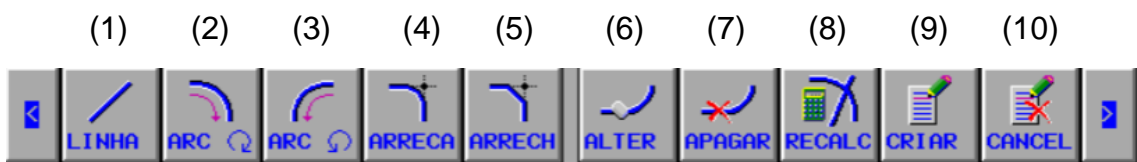


Figura 79- "Softkeys" Para desenho do perfil a maquinar

Exemplo:

Na figura 80 encontra-se representado o perfil externo e as respetivas coordenadas a inserir para criar o contorno externo da peça.

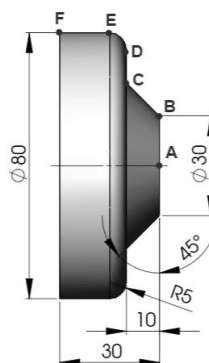


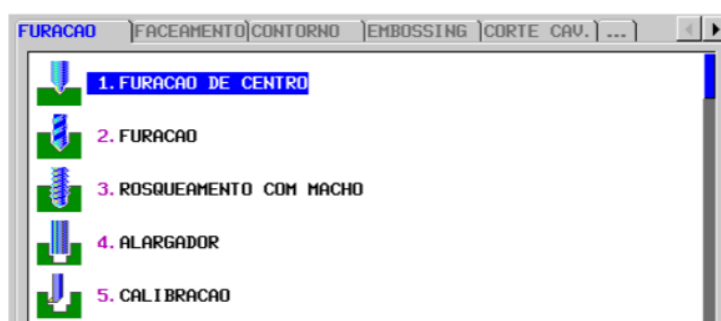
Figura 80- Exemplo de figura de torneamento

Para a realização deste contorno externo, primeiramente é indicado o ponto de origem, que neste caso seria  $DX=0$  e  $Z=0$  (ponto A). Em seguida será definida uma linha para unir o ponto A ao ponto B. Neste caso terá de se carregar na “softkey” representada pelo número (1) da figura 79, sendo que nesta altura o  $DX=30$  (diâmetro da peça) e o  $Z=0$ . Para o ponto C utiliza-se novamente a “softkey” (1). Uma vez que o declive é  $45^\circ$ , as coordenadas do ponto C serão  $DX=50$  e  $Z=-10$ .

De seguida será realizada uma linha vertical até às coordenadas  $DX=80$  e  $Z=-10$  e posteriormente uma linha horizontal até  $DX=80$  e  $Z=-30$ . Nesta altura não está definido o raio de concordância, sendo este realizado colocando o cursor na linha de interceção das últimas duas retas previamente descritas, selecionando a “softkey” representada pelo (4) para inserir um raio automático de 5 mm. Está assim o perfil externo da peça definido totalmente.

### Ciclos de Fresagem

Para os ciclos em que temos o acionamento da ferramenta rotativa, sem dúvida que os ciclos mais utilizados são os de furação e roscagem com macho (figura 81), sendo que também podemos executar operações de fresagem. Em seguida irá se compreender como criar os ciclos de furação e roscagem. Existem duas opções para a furação: a primeira opção corresponde a selecionar o ciclo de furação de centro, que é utilizado para fazer furos com broca de ponto e no qual a broca que se vai aproximar da peça faz o furo até à profundidade programada e depois sai para a posição de segurança. Em alternativa, caso seja utilizada uma broca de metal duro, a opção de furação feita é definida por “entradas”.



**Figura 81- Separador Ciclos de Fresagem**

No que toca aos ciclos de furação, os principais dados a introduzir são a profundidade do furo, a rotação e avanços adequados, tendo em conta o material e a broca a usar, como se pode verificar pela figura 82. Um dos fatores a ter em conta também é o incremento de corte na furação, ou seja, quanto é que a broca vai penetrar de cada vez, até perfazer a profundidade desejada.

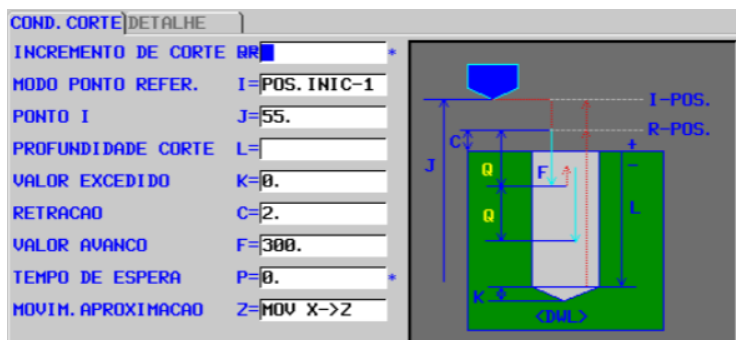


Figura 82- Separador relativo às condições de corte na furação

Depois de todos os parâmetros e do método de corte estar definido, é necessário informar o controlador que tipo de furos serão realizados. Existem várias possibilidades para a execução de um furo: furos espaçados igualmente entre si na face da peça, furos aleatórios na face da peça, furos igualmente espaçados em torno do eixo C, ou até mesmo furos aleatórios no eixo C, isto para além do furo na zona central da face da peça. Todos estes métodos estão demonstrados na figura 83.

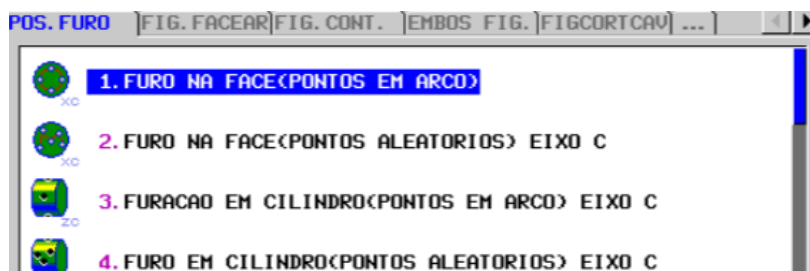


Figura 83- Diferentes opções para furação

Posteriormente à escolha do tipo de furo, é necessário indicar a posição, ou posições, dos furos (figura 84).

Exemplo 1: furo centrado na face

Posição Base seria  $Z=0$  (Ponto inicial da furação);

Posição eixo X seria  $X=0$  (Centro da peça);

Posição do eixo C é indiferente neste caso.

Exemplo 2: Furo descentrado na face

Posição Base seria  $Z=0$ ;

Posição eixo X seria  $X=3$  (para um furo localizado a um diâmetro de 6 mm);

Posição do eixo C é indiferente neste caso.

Exemplo 3: Furo ao longo do eixo C

Posição Base seria Z igual à distância entre a face do stock e o local da furação;

Posição em X seria o raio da peça que se estaria a maquinar;

Posição em C seria a orientação que se pretendia dar ao eixo C.

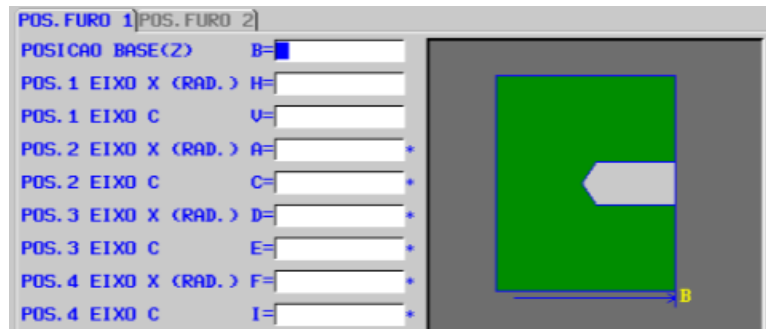


Figura 84- Programação das posições dos furos

Para a roscagem com macho, a diferença diz respeito à janela onde se escolhem o tipo de rosca e os parâmetros. Nesta janela (figura 84), para além de ser muito importante ter os parâmetros corretos e de garantir que o furo tem profundidade suficiente para que o macho realize a rosca na totalidade (isto para furos cegos), é necessário também garantir que é inserido corretamente o valor do passo do macho, pois caso esse dado não esteja correto, vai levar à má concretização da operação e, em último caso, pode mesmo levar ao fim de vida do macho.

A localização da rosca é feita do mesmo modo que nos furos (figura 85).

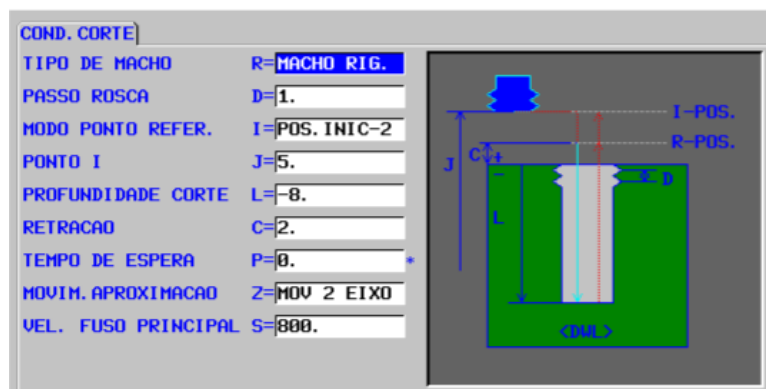
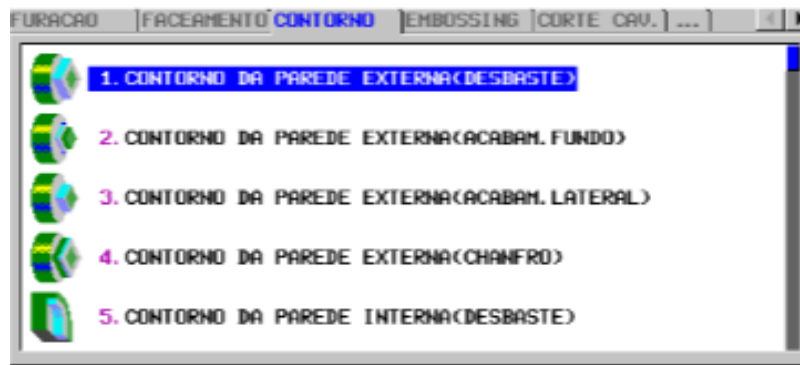


Figura 85- Condições de corte para roscagem com Machos

Como referido anteriormente, neste torno é possível executar operações de fresagem, desde contornos externos ou internos, fazer canais ou rasgos, chanfros e até gravações (figura 86). Os ciclos mais utilizados são os ciclos de contornos em que, a partir de uma figura previamente desenhada ou então definida automaticamente no controlador, podemos obter, por exemplo, uma geometria de uma quadra ou então de um sextavado no qual o movimento da ferramenta vai, como o nome indica, contornar essa mesma geometria até chegar à cota final.



**Figura 86- Separador para ciclos de fresagem**

Posteriormente a se escolher o ciclo de maquinagem, terá de se indicar o diâmetro da fresa que vamos utilizar. Em seguida, inicia-se a introdução dos parâmetros necessários para a maquinagem. Inicia-se com a “espessura fundo”, que corresponde ao valor da profundidade a ser maquinada, e com a “espessura lateral” na qual se indica que espessura terá de ser maquinada. “Prof. Corte raio” e “Prof. Corte do eixo” são respetivamente os incrementos de corte lateral e em profundidade. “Sobremetal lateral” e “sobremetal fundo” são respetivamente o valor para acabamento na lateral do contorno e na parte do fundo do contorno a ser maquinado. Nos campos “Val. Avan-corte.Uni”, “Val. Avan-dois Cort.” e “valor avanço eixo” deve ser inserida a velocidade de avanço durante a maquinagem, quer seja apenas com parte da fresa a tocar no material (parâmetro F), quer seja com toda a fresa em contacto com o material (parâmetro V). Além dos parâmetros já definidos, será necessário também indicar a velocidade durante o movimento de incremento na profundidade (parâmetro E) (figura 87).

Passando para o próximo separador, é indicado ao controlador qual a trajetória, qual a direção de corte e o método de aproximação que a ferramenta vai ter para com a peça. Por este motivo, terão então de ser preenchidos os campos como “primeiro override” onde o controlador é informado de qual a percentagem de avanço da primeira passagem em relação às demais, tipo de corte concordante ou discordante, distância, tipo e ângulo de aproximação bem como o método de saída (figura 88).

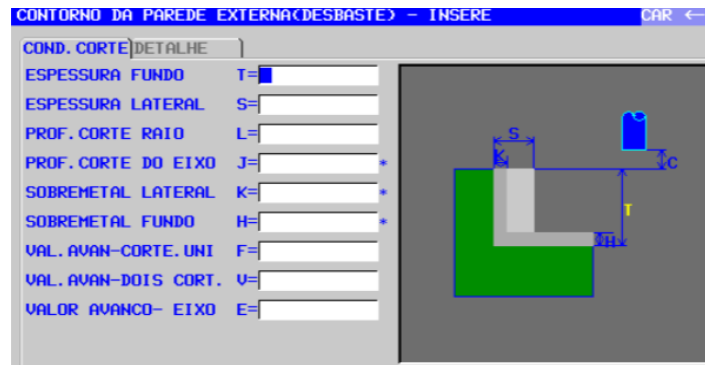


Figura 87- Parâmetros para realização de um ciclo de fresagem

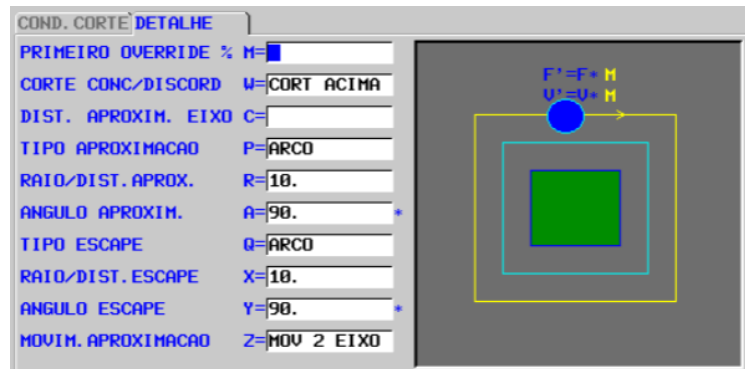


Figura 88- Definição dos movimentos da fresa

## CAPÍTULO 6 – Trabalho desenvolvido na empresa

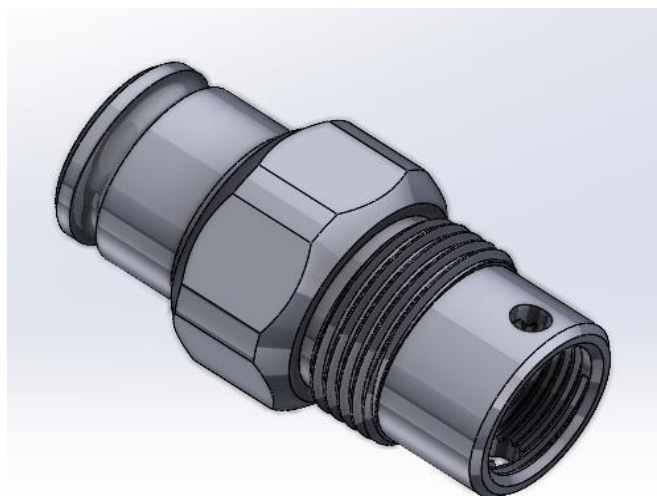
Neste capítulo serão apresentados alguns dos trabalhos que o estagiário desenvolveu de forma autónoma, após uma fase inicial em que desenvolveu trabalhos com maior supervisão. Os trabalhos confiados ao estagiário inserem-se na sua maioria na produção normal da empresa e, uma vez que uma parte dos trabalhos apresentam semelhanças significativas, selecionou-se apenas alguns exemplos demonstrativos para serem aqui descritos.

### 6.1- Procedimento de produção de uma peça

Em seguida será apresentado o procedimento para produzir o componente apresentado na figura 89. O primeiro passo será ter um modelo 3D da peça a produzir. Para isso é utilizado o software Solidworks com o qual é possível obter uma peça a três dimensões, que posteriormente pode ser estudada pelo seu desempenho quando sujeita a determinadas cargas que simulam o comportamento da mesma em condições de funcionamento. Tendo a peça desenhada em três dimensões, podemos em seguida obter o desenho 2D da peça que pode servir para verificar cotas das peças que estão a ser maquinadas ou para a própria programação.

Para esta peça de exemplo, o Solidworks foi apenas utilizado para obter o modelo 3D (figura 89) e a partir daí obter em seguida o desenho 2D (figura 90), para posterior programação no controlador Fanuc.

Esta peça em particular foi desenhada apenas com o propósito de demonstrar um número significativo de operações possíveis de serem realizadas apenas num único programa. Esta terá uma rosca exterior e uma outra rosca interior.



**Figura 89- Peça desenhada no software solidworks**

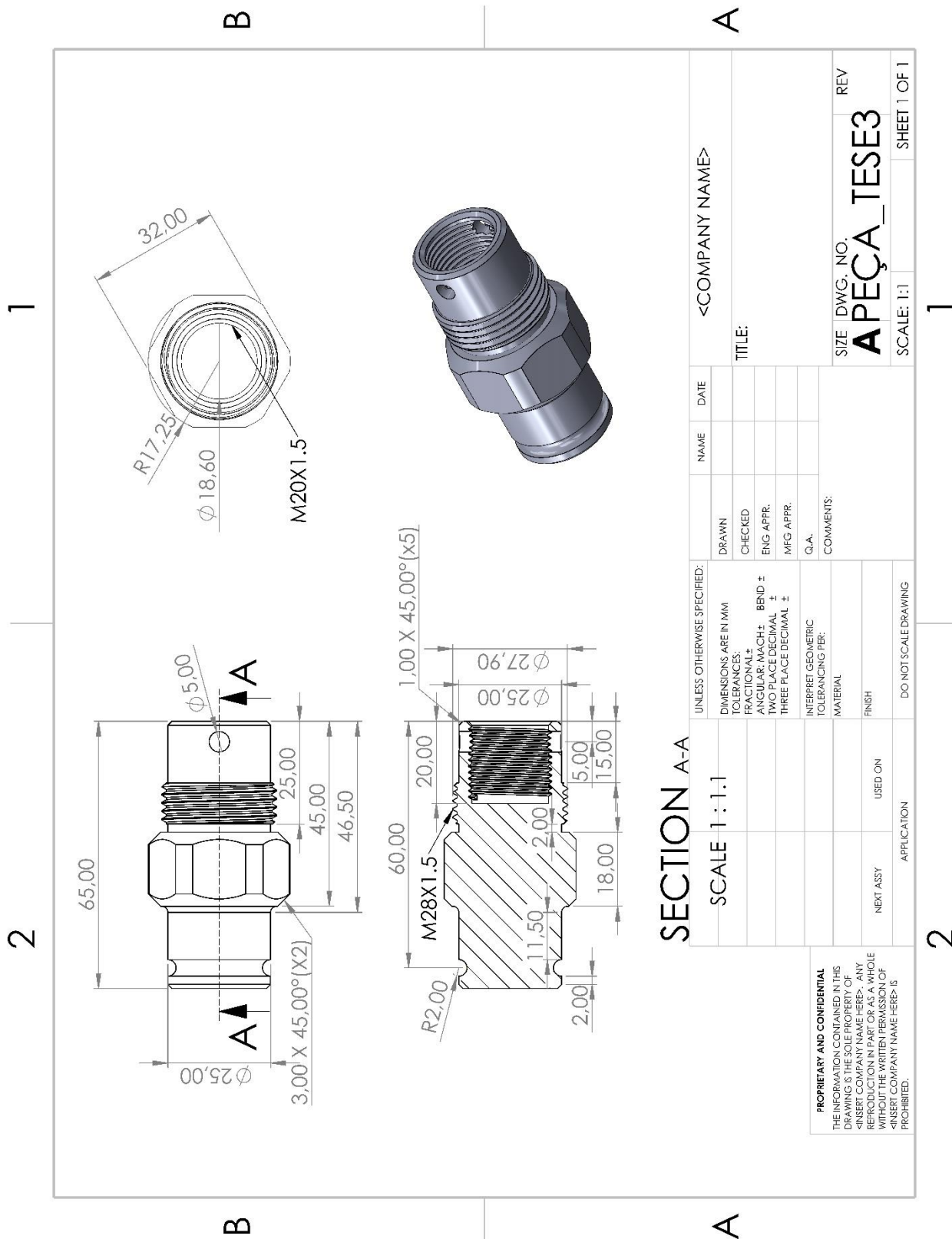


Figura 90- Desenho 2D relativo à peça desenhada em Solidworks

### 6.1.1-Operações de maquinagem necessárias para execução da peça

Como se pode observar nas figuras anteriores, a peça em questão necessita de ser dividida em diversas etapas de maquinagem, sendo enumeradas e descritas em seguida. O varão utilizado para produzir este componente tem um diâmetro de 40 mm e será apertado na bucha pela parte mais afastada dos furos existentes, perpendiculares ao eixo de rotação. Todo o programa encontra-se no Apêndice I.

- Primeiramente começa-se com um desbaste e acabamento da face perpendicular ao eixo de rotação para que a broca, quando for fazer o furo, tenha uma superfície adequada para iniciar a sua operação.
- Será feito em seguida um desbaste e acabamento externo que aproximam a geometria à geometria final.
- Posteriormente realiza-se a fresagem com o eixo C a rodar com um avanço controlado e a fresa apenas a subir e a descer junto ao material a ser maquinado.
- Será realizado um canal de alívio de rosca para, em seguida, se fazer a rosca exterior.
- Depois é executado o furo até uma cota de Z – 25,00 com uma broca não rotativa de pastilhas, com diâmetro 16 mm.
- Uma vez que existe no componente uma rosca de 20x1,5 interior, o furo terá de ser aberto até 18,50 mm. Por esse motivo, a operação seguinte consiste num desbaste e acabamento interno em que se faz também um chanfro à entrada do furo para facilitar a roscagem.
- A roscagem interna é a operação seguinte.
- Antes de se desbastar a região posterior à zona do sextavado, será realizado o furo com a ferramenta perpendicular ao eixo de rotação, ou seja, um furo no eixo y.
- Depois do furo feito, será acabada a zona posterior do sextavado com um porta-ferramenta com uma pastilha arredondada.

### 6.1.2-Elaboração de um programa CNC

Na elaboração do programa CNC poder-se-á separar os procedimentos em trechos, como por exemplo cabeçalho, perfil inicial, parâmetros de corte, definição de ferramentas e ciclos fixos. No anexo I, encontra-se uma listagem dos códigos G e M utilizados na programação CNC. O cabeçalho consiste numa sequência de códigos

obrigatórios, em que cada comando tem a sua função. No perfil inicial tem de se definir o diâmetro e o comprimento de material a maquinar. Os parâmetros de corte a definir, serão a Velocidade de Corte (VC), o avanço e a profundidade de corte da ferramenta. Estes dados são fornecidos pelos fabricantes das ferramentas e têm de ser ajustados ao trabalho em concreto, caso existam anomalias no decorrer da maquinação, tais como vibrações, superfícies mal acabadas e fraca evacuação da apana.

A escolha da ferramenta é determinada pelo material a ser maquinado, pela geometria da ferramenta ou até mesmo para redução no tempo de certos ciclos de maquinação. Os ciclos fixos facilitam a programação num centro de torneamento CNC, uma vez que o programador apenas seleciona o ciclo e fornece ao controlador todos os parâmetros e informações necessários para a maquinação, sendo no final o código CNC gerado automaticamente, sem ser necessária programação manual no tradicional código G.

### **Cabeçalho de um programa**

No cabeçalho do programa, como foi anteriormente referido, devem existir certos códigos que garantam a segurança e o bom desempenho da máquina no que diz respeito ao início de um programa. Entre outros, encontram-se aqui listados alguns exemplos dos códigos mais utilizados:

- G40 → Cancela a compensação de raio
- G80 → Cancela ciclos de furação e roscagem
- G00 → Avanço rápido
- G18 → Plano de trabalho XZ
- G13.1 → Desativa coordenadas polares
- G96 → Ativa velocidade de corte (m/min)
- G99 → Avanço em milímetros por minuto
- G54 → Ativa sistema de coordenadas de trabalho
- G50 → Limite de rotação
- M34 / M35 → Modo torno/ Modo fresagem
- G30 → Chamada ao segundo ponto de referência

## Perfil inicial

Nesta etapa terá de se informar o programa qual o tipo de geometria que vai ser maquinada (figura 91). Visto que se está a falar de um torno, o mais natural é trabalhar com varões; logo terá de ser indicado que se trata de um varão com um determinado diâmetro e onde se encontra o zero-peça desse stock (figura 92).

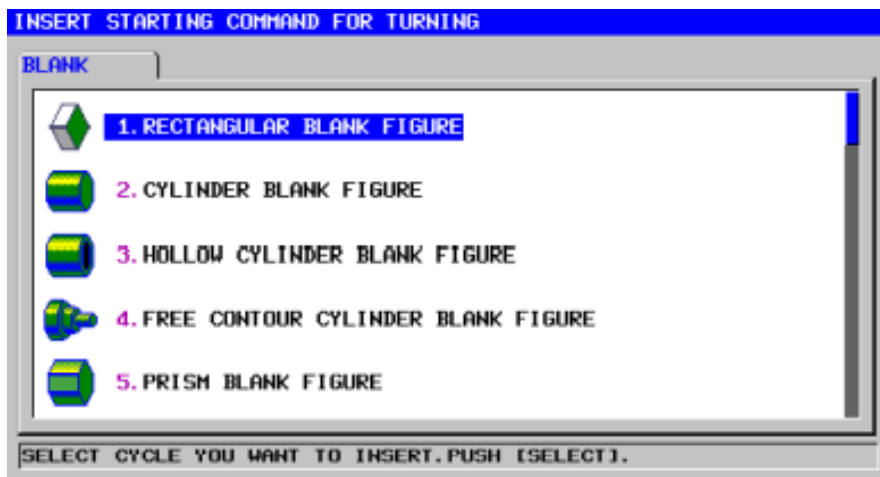


Figura 91- Seleção da geometria do material a maquinar

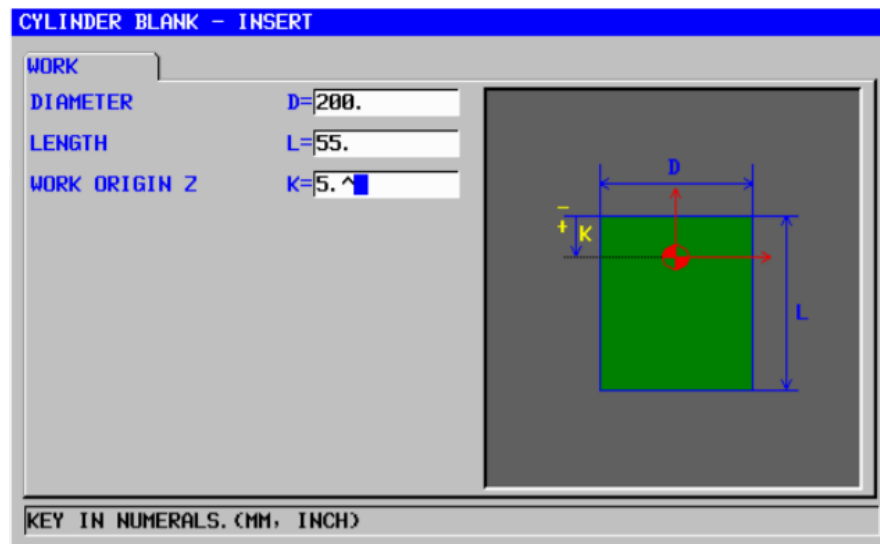
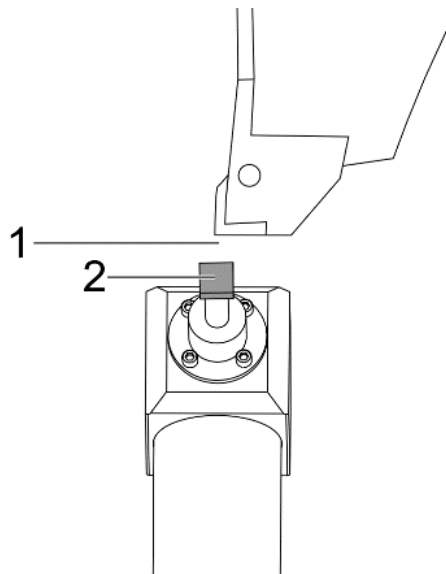


Figura 92- Definição do tamanho do stock

## Definição de ferramentas

No que diz respeito à definição de ferramentas, terá de ser garantido que quando uma dada ferramenta é chamada para maquinar, ela se encontre bem definida. Isto é, a máquina CNC tem de saber que tipo de ferramenta é e qual a posição da mesma em relação à própria maquinagem; a peça também tem de se encontrar devidamente medida e, caso a ferramenta recorra a pastilhas de corte, essas mesmas também têm de ser definidas com o seu raio de canto, comprimento de corte e ângulo de ponta. No que diz respeito à medição de ferramentas, tem de se chamar a ferramenta a ser medida e a sonda de medição. Em seguida, com um movimento controlado em Z e em X, faz-se que a ferramenta toque na sonda, tendo assim os valores da altura da ferramenta (figura 93).

1. Representa um porta-ferramentas e respetiva pastilha
2. Representa a sonda de medição



**Figura 93- Exemplo do método de medição através de sonda  
(HAAS, 2023)**

## Parâmetros de corte

Velocidade de corte:

Velocidade de corte é o espaço que a ferramenta percorre enquanto corta um material dentro de um determinado tempo.

Vários fatores influenciam a velocidade de corte:

- O tipo de material da ferramenta: no caso dos porta-ferramentas, esse material é dado pela classe da pastilha; no caso de brocas e fresas, é pelo material das mesmas;
- O tipo de material a ser maquinado (mais duros ou mais macios);
- Tipos de operações (desbaste e acabamentos).

Nas máquinas-ferramentas em que o movimento de corte é produzido pela rotação da ferramenta ou da peça, determina-se o número de rotações por minuto ( $n$ ) através de expressões matemáticas, ou com auxílio de gráficos ou diagramas. Estas expressões relacionam a velocidade de corte ( $V_c$ ) em m/min com a rotação ( $n$ ) em rpm para cada diâmetro ( $d$ ) em mm, do material a torneiar.

$$V_c = \frac{\pi * d * n}{1000}$$

$$n = \frac{V_c * 1000}{\pi * d}$$

**Fórmula 1- Fórmulas de Cálculo da velocidade de corte e Rotação**

Definição da Velocidade de corte a utilizar

Caso se use uma velocidade maior do que a recomendada, pode ocorrer um superaquecimento da ferramenta que pode levar à perda das suas características de dureza e tenacidade; pode também existir um superaquecimento da peça que pode gerar alteração das dimensões maquinadas e um desgaste prematuro da ferramenta.

Na utilização de velocidades de corte menores do que as recomendadas, existirá um sub-rendimento da máquina, pois está-se a usar uma velocidade menor, havendo maior dificuldade em quebrar as aparas.

Velocidade de Avanço definida

Uma vez estabelecida a velocidade de corte, o operador deve compatibilizá-la com o avanço da ferramenta. O avanço é a velocidade de deslocamento de uma ferramenta em relação a cada rotação do eixo da máquina (mm/rot). Esses valores são fornecidos nos catálogos dos fabricantes das ferramentas. É fundamental para a maquinagem que a ferramenta de corte seja mais dura do que o material.

### Ciclos Fixos

Com o método que o controlador utiliza para obter o código CNC, o programador tem uma maior facilidade em elaborar um programa num torno CNC, uma vez que em caso de desbastes e acabamentos, o operador apenas informa o perfil final da peça, enquanto o ciclo fixo se encarrega de converter a informação em código CNC para desbastar e acabar a peça até atingir o perfil final da peça maquinada. Quando se pretende furar, basta indicar a posição do mesmo. Em caso de fresagem, existem figuras pré-definidas que depois serão contornadas pela ferramenta. Assim, a elaboração do programa é mais intuitiva e mais rápida.

A figura 94 diz respeito ao ciclo fixo de desbaste e acabamento externo, no qual tem de ser indicada a geometria que se pretende para cada peça, sendo as linhas azuis a representação das linhas do contorno da peça e as linhas a verde delimitam a área de material que tem de ser removido.

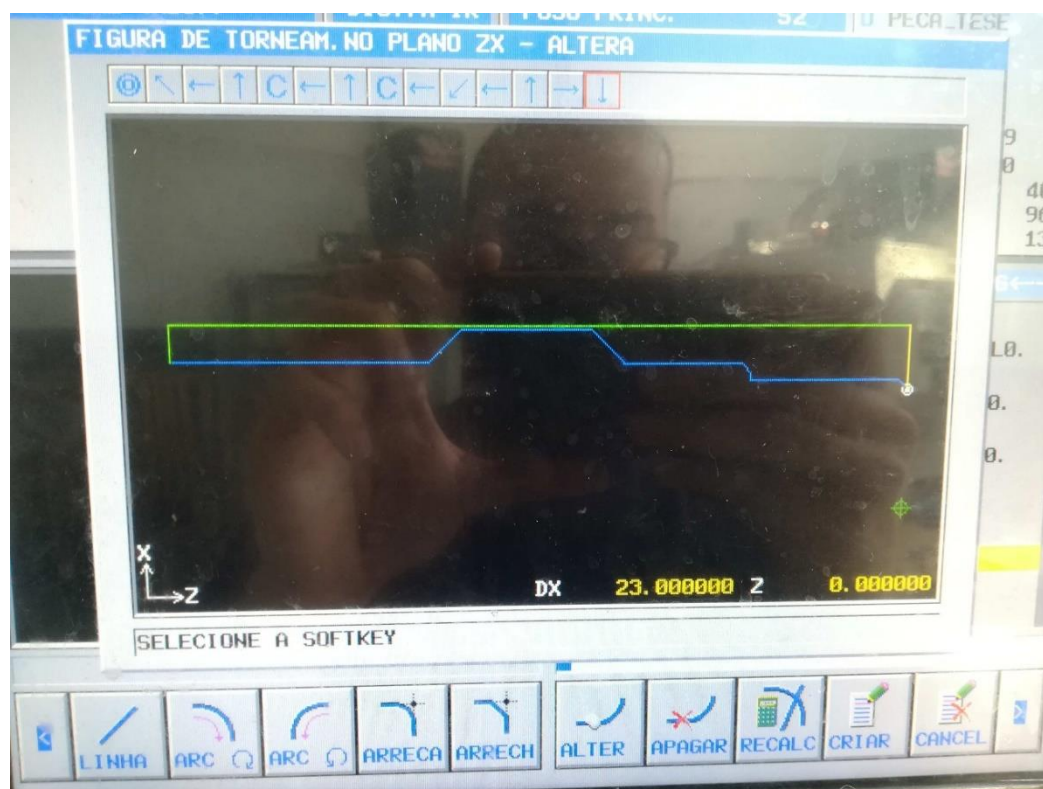


Figura 94- Exemplo de um contorno externo a tornear

No caso específico deste trabalho, é possível maquinar para a geometria final a área posterior da zona do sextavado, pois os chanfros (zonas em rampa) têm todos um ângulo de  $45^\circ$  e a empresa dispõe de um porta-ferramentas de torneamento externo que consegue fazer rampas com inclinações até  $47^\circ$ .

Posteriormente irá ser realizada a fresagem, pois ainda temos muito material que servirá de “suporte” para que a operação se realize sem quaisquer vibrações. Primeiramente terá de se indicar o diâmetro da fresa que vamos utilizar, como mostra a figura 95. Em seguida, inicia-se a introdução dos parâmetros necessários para a maquinagem.

Inicia-se com a “espessura fundo”, que corresponde ao valor da profundidade a ser maquinada, neste caso introduziu-se 21 mm pois o comprimento do sextavado é de 18 mm e damos uma folga para ter a certeza de que o sextavado fica acabado.

A “espessura lateral” indica que espessura terá de ser maquinada, na peça maquinada utilizou-se 1,5 mm. Sendo que a diferença entre o diâmetro exterior e a dimensão do sextavado é de 2,5 mm (34,5 mm-32 mm). Este valor de 2,5 mm tem de ser dividido por 2 pois o material vai ser removido dos dois lados do sextavado, logo a profundidade seria 1,25 mm. Ao indicar uma profundidade de corte de 1,5 mm garante-se que a primeira passagem tira menos material e assim caso tenha ocorrido algum erro anteriormente na programação dos diâmetros teremos uma ligeira margem para que não ocorra nenhuma quebra da ferramenta.

“Prof. Corte raio” e “Prof. Corte do eixo” são respetivamente os incrementos de corte lateral e em profundidade.

“Sobremetal lateral” e “sobremetal fundo” são respetivamente o valor para acabamento na lateral do contorno e na parte do fundo do contorno a ser maquinado. Nos campos “Val. Avan-corte.Uni”, “Val. Avan-dois Cort.” e “valor avanço eixo” deve ser inserida a velocidade de avanço durante a maquinagem, quer seja apenas com parte da fresa a tocar no material (parâmetro F), quer seja com toda a fresa em contacto com o material (parâmetro V). Além dos parâmetros já definidos, será necessário também indicar a velocidade durante o movimento de incremento na profundidade (parâmetro E).

Todos os campos acima descritos encontram-se na figura 96.

Passando para o próximo separador, é indicado ao controlador qual a trajetória, qual a direção de corte e o método de aproximação que a ferramenta vai ter para com a peça. Por este motivo, terão então de ser preenchidos os campos como “primeiro override” onde o controlador é informado de qual a percentagem de avanço da primeira passagem em relação às demais: tipo de corte concordante ou discordante, distância, tipo e ângulo de aproximação bem como o método de saída (figura 97).

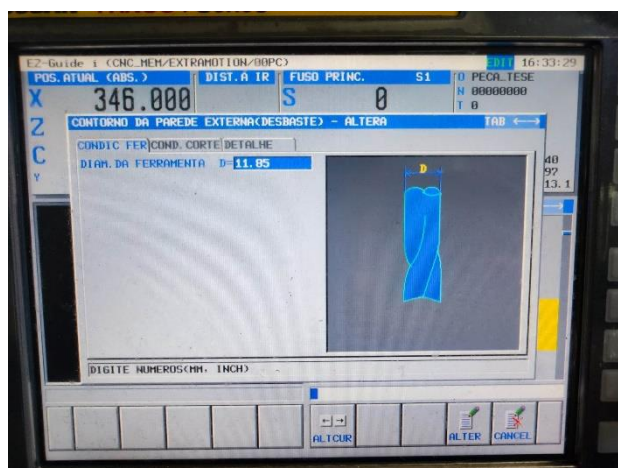


Figura 95- janela para de introdução do diâmetro da ferramenta

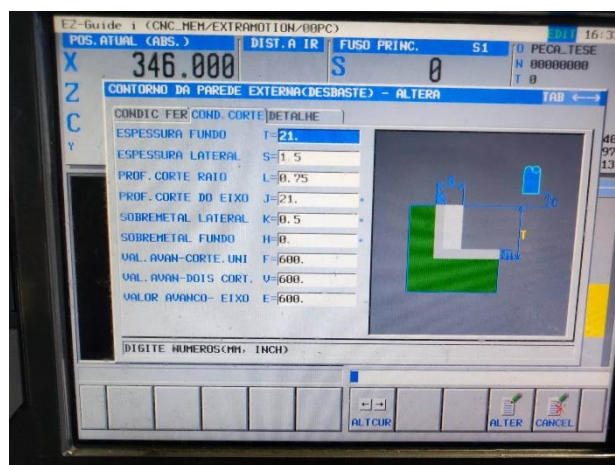


Figura 96- Condições de corte da peça apresentada

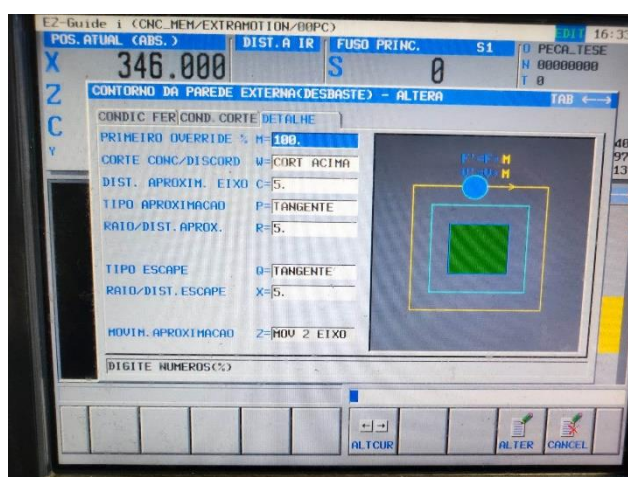


Figura 97- Detalhes do corte da peça apresentada na operação de fresagem

Por último no que toca à fresagem tem de se indicar a posição base, que neste caso foi definida para Z -27 mm pois o sextavado começa nesse mesmo ponto.

Mais uma vez a altura foi definida para 21 mm, mais 3 mm que a altura real para ter a certeza de que o sextavado fica acabado.

As posições do centro em X e em C. neste caso são os dois a zero pois o sextavado é centrado.

O “Num. do angulo” define a figura geométrica, neste caso um sextavado (hexágono) tem seis lados, ou seja, seis ângulos.

Em seguida dá-se a largura desse mesmo sextavado neste caso 32 mm.

Na figura 98 temos a representação da definição de uma fresagem para obtenção de um polígono.



**Figura 98- Informações para fresagem de um sextavado**

Antes de se realizar as roscas deve-se fazer um canal de alívio para que a ponta da pastilha do porta-ferramentas de roscar tenha o espaço suficiente para fazer a saída e acabar a profundidade desejada da rosca.

Depois de selecionar a operação de canal tem de se preencher vários campos como demonstrado na figura 99 e 100.

Valor de avanço em mm/min, retração que informa o controlador que a partir de 1mm neste caso pode utilizar os movimentos rápidos (G00), o tempo de espera em segundos, a forma como é feita a aproximação e a posição final de corte que neste caso fica ao centro pois a largura da pastilha coincide com a dimensão do canal.

No separador seguinte indicam-se as posições base a profundidade e a dimensão do canal.

O procedimento é semelhante para os canais internos.

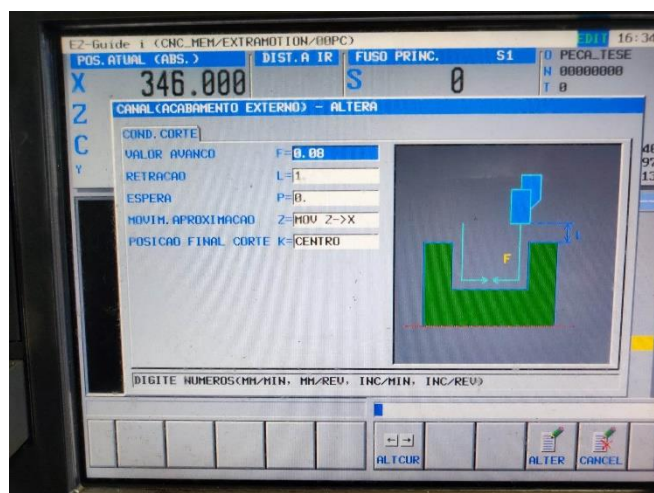


Figura 99- condições de corte para operações de canais

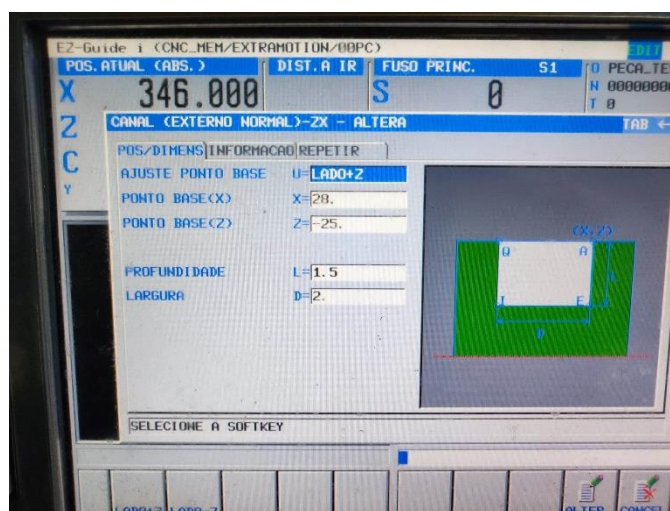


Figura 100- Indicação do posicionamento do canal externo

Atendendo que o componente a produzir possui uma rosca externa e outra interna, será exemplificada o procedimento de programação para roscagem de forma geral, assinalando as diferenças entre uma e outra nas alturas certas.

Em seguida, encontra-se representado um exemplo de como programar uma rosca externa, no qual a base de ideias é semelhante à roscagem interna (figura 101).

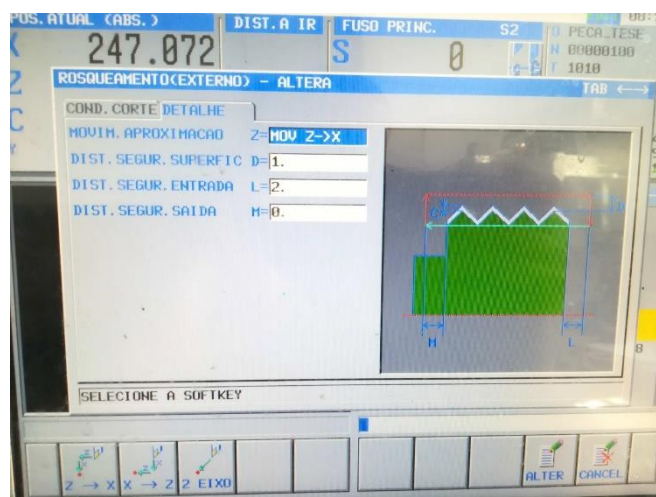


**Figura 101- Preparação do ciclo de roscagem**

Primeiramente escolhemos o método de corte. Optou-se neste caso por escolher o método de corte de incrementos radiais, pois é o mais adequado quando se está a lidar com roscas finas, sendo deste modo o desgaste da pastilha semelhante nos dois flancos. O valor de acabamento, que neste caso será o material a remover na última passagem pelo porta-ferramentas de roscar, está definido para 0,07 mm (em raio) uma vez que é recomendado que seja superior ao raio de canto da pastilha e no catálogo do fabricante temos a informação que o raio de canto da pastilha é de 0,06 mm. O número de passagens de acabamento são um valor escolhido pelo programador, em que normalmente não se dão menos de 5 passagens para garantir que a rosca fica bem acabada em todo o seu comprimento.

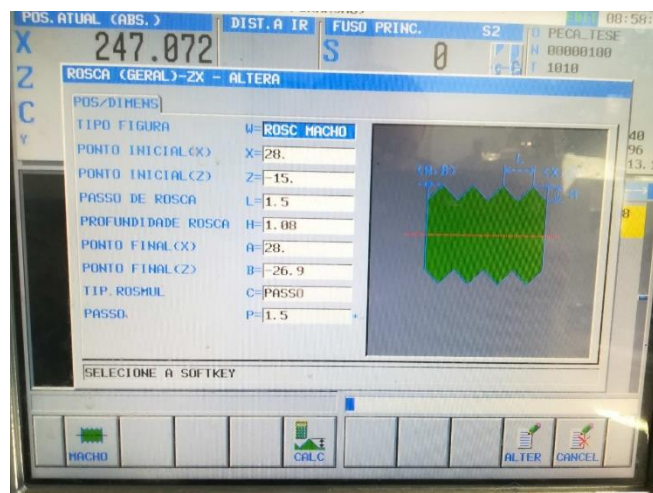
A escolha do movimento de aproximação da ferramenta à região de onde será efetuada a roscagem, depende de ser uma rosca externa, interna, ou ser necessário recorrer a um contraponto para conseguir uma maior estabilidade na maquinagem. Na roscagem externa sem contraponto, pode-se optar pelo movimento em dois eixos em simultâneo que fará uma aproximação mais rápida. Caso se tenha de utilizar contraponto, é usada uma aproximação de Z para X (isto é, em primeiro posiciona a ferramenta no eixo Z de início de rosca e só depois desce em X); caso seja uma rosca interna, em primeiro aproxima-se em X (para o valor de X da primeira passagem) e em seguida aproxima-se em Z.

As distâncias de segurança da superfície e da entrada são também parâmetros escolhidos pelo programador, sendo que se usam os valores mais baixos possíveis para diminuir o tempo de ciclo. Neste caso optou-se por 1 mm (em raio) da superfície e 2 mm da zona inicial da rosca. A distância de saída normalmente é definida para 0 mm, pois em seguida é dada uma compensação ao comprimento da rosca. Os parâmetros referentes às distâncias de segurança estão representados na figura 102.



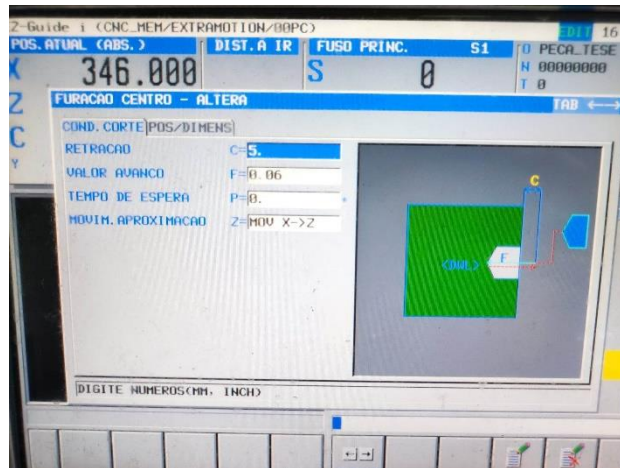
**Figura 102- Definição das distâncias de segurança**

Por último, é necessário definir qual o tipo de rosca que está a ser produzida, isto é, se se vai realizar uma rosca métrica, em polegadas ou até mesmo uma rosca cónica. Os pontos iniciais e finais, o passo de rosca e a profundidade da rosca. Quanto aos pontos iniciais e finais da rosca, tudo depende do desenho da peça, à exceção do ponto final em Z que é o ponto em que é dada a compensação acima mencionada para ter a distância de saída a 0 mm. Como o porta-ferramentas usado tem 1,7 mm de distância desde a lateral do mesmo até à ponta da pastilha (dados obtidos no catálogo), terá de dar uma dimensão extra (compensação de 1,7 mm no mínimo) para que a rosca fique acabada; neste caso, pode ser observado no desenho2D da peça que o fim da zona roscada era a Z – 25 mm e foi programado um Z final de -26,9 mm que já compensa os 1,7 mm que a lateral do porta-ferramentas tem para a ponta da pastilha. A profundidade da rosca é obtida no catálogo de roscas, sendo que, por vezes, tem de ser ajustada devido a algum desgaste na ponta da pastilha ou até mesmo pelo aquecimento da própria máquina. Na figura 103 encontra-se a representação dos parâmetros inseridos para realizar a operação de roscagem pretendida.

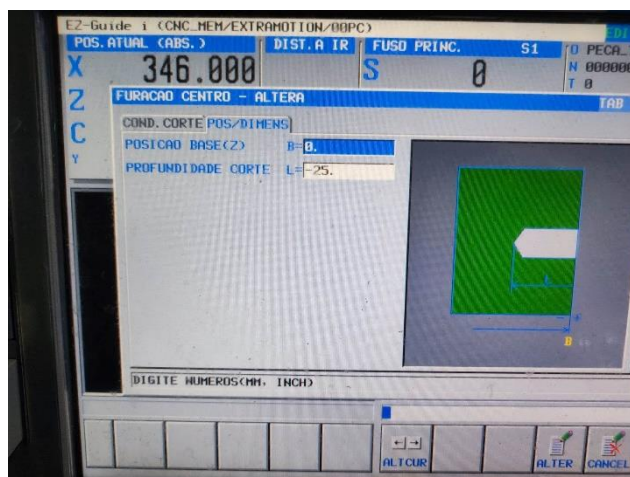


**Figura 103- Definição da rosca externa**

A operação que se segue é das mais simples. Na furação axial tem de se indicar a posição do furo, a profundidade e o avanço como representado nas figuras 104 e 105.



**Figura 104- Indicação das condições de corte para uma operação de furação**



**Figura 105- Indicação da profundidade do furo**

Já para a furação no eixo C neste caso teremos de indicar as posições dos furos para além dos parâmetros normais a preencher para uma rotação com broca rotativa representados nas figuras 106 a 108.



Figura 106- Indicação das condições de corte para uma operação de furação com ferramenta rotativa

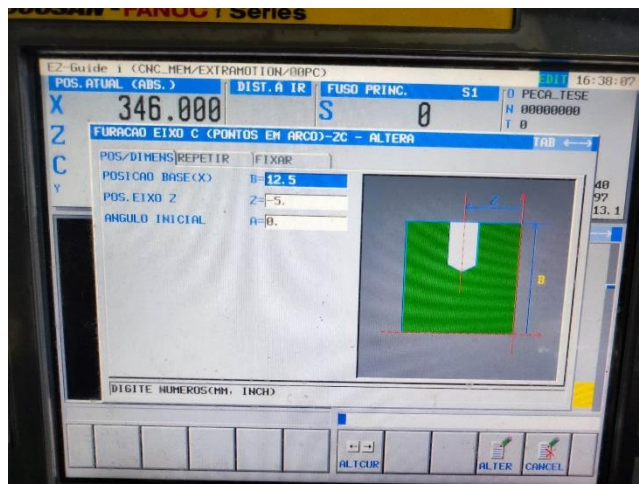


Figura 107- Posicionamento do furo

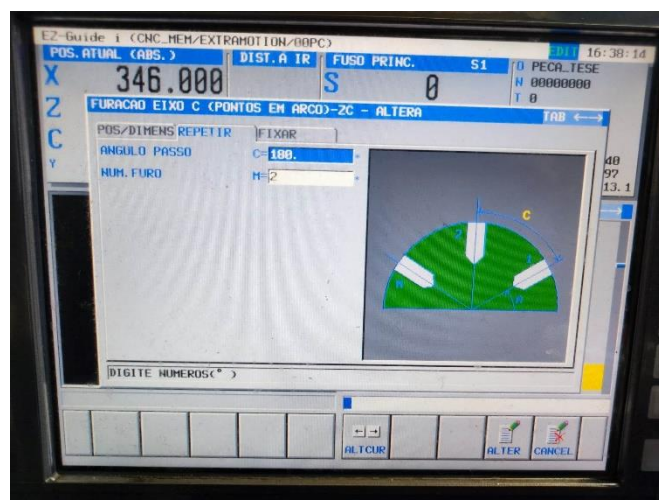


Figura 108- Indicação do deslocamento do eixo C para execução dos 2 furos

Já para a parte posterior à fresagem e que por consequência fica mais próxima da bucha temos uma operação por canais de múltiplas entradas. Esta operação vai acabar o restante da peça. Começamos por definir as condições de corte onde definimos o material que fica para acabamento e os valores de avanço, como se pode ver na figura 109. Os detalhes do corte acabam por se assemelhar ao da operação de um canal único, à exceção da largura de corte que se tem de definir consoante a largura da nossa pastilha (figura 110). Neste exemplo utilizou-se uma pastilha de 3 mm e lateralmente essa pastilha vai apenas remover 1 mm de cada passagem.

Falta por último desenhar o perfil que a ferramenta tem de criar sendo este representado na figura 111.

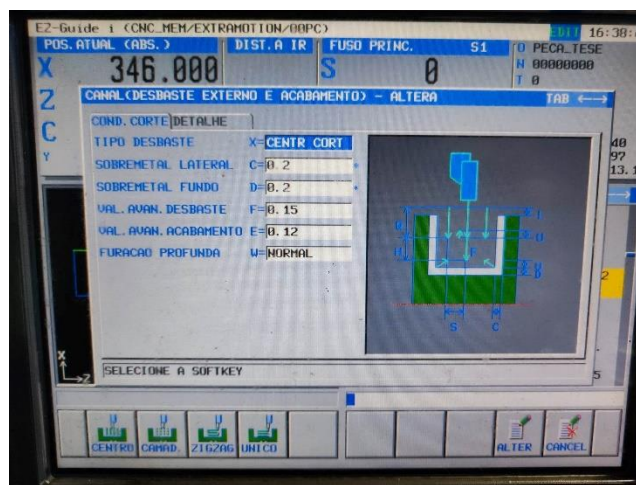


Figura 109- Condições de corte para execução do desbaste com ferro de canais

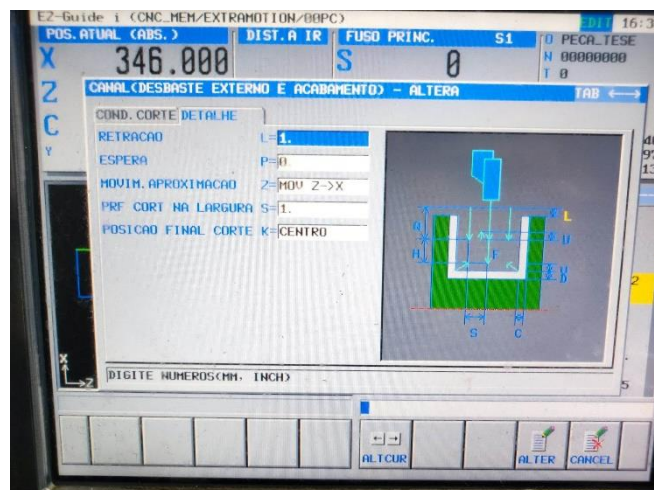
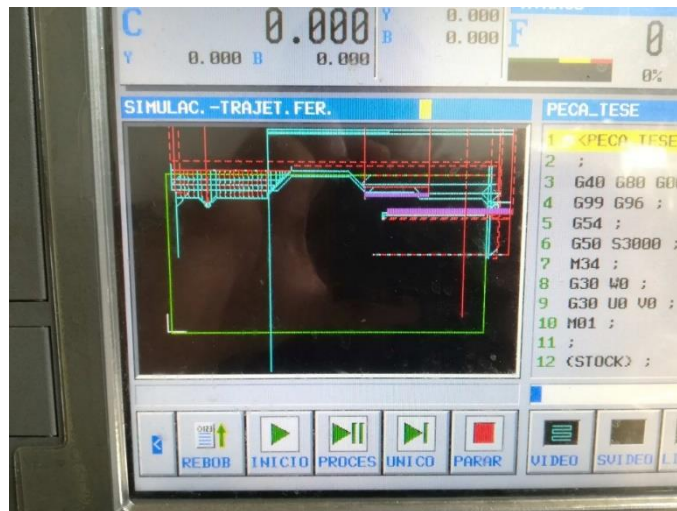


Figura 110- Detalhes do movimento





**Figura 113- Trajetórias das ferramentas vistas no controlador Fanuc**

Como é observado nas figuras anteriores, existem dois tipos de simulação: a simulação 3D que permite ver se a geometria vai estar aproximada à geometria final; e a simulação da trajetória das ferramentas que acaba por ser a mais útil, pois é nela que se pode confirmar se as entradas e saídas das ferramentas estão a ser feitas em segurança e se cada operação está a maquinar o material para a cota certa. As linhas a azul representam os movimentos com avanços controlados, as linhas a tracejado vermelho são os movimentos rápidos das ferramentas e as linhas a roxo são as operações de roscagem.

Nesta fase final falta apenas efetuar a separação do componente do material restante do varão que se encontra apertado na bucha, esta operação foi efetuada recorrendo a um porta-ferramentas de sangrar onde a ferramenta é colocada à cota de Z pretendida (cota igual ao comprimento da peça) e é executado um canal fazendo com que a ferramenta passe o centro do eixo de rotação de maneira a separar a peça do varão bruto.

O resultado final do trabalho realizado encontra-se apresentado na figura 114.



**Figura 114- Peça Torneado num centro de torneamento CNC Doosan Lynx 2100 LYB**

## 6.2- Outros trabalhos projetados e maquinados na empresa

Em seguida serão apresentados exemplos de alguns produtos que foram desenvolvidos e produzidos pela empresa Extra Motion com o intuito de fornecer aos clientes as melhores soluções do mercado no sector do desporto motorizado.

Uma parte significativa dos trabalhos desenvolvidos envolvem operações realizadas em diferentes setores da empresa, estando envolvido o sector de torneamento.

Na figura 115 encontra-se o componente designado mangas de eixo que equipam os Can-Am X3. Estas mangas de eixo são produzidas nos centros de fresagem Haas que a empresa tem ao seu dispor, sendo os restantes componentes que fazem parte do conjunto da manga de eixo produzidos no centro de torneamento Doosan.



**Figura 115- Manga eixo traseira Can-Am X3 totalmente projetada e maquinada na empresa Extra Motion**

Passando a enumerar os componentes torneados que compõe a manga de eixo e nos quais o aluno colaborou no fabrico, são os seguintes: uma porca e a respetiva chave de aperto (A), um parafuso (B) e casquilhos espaçadores (C), representados na figura 116. Este parafuso une a manga de eixo a um tirante e o conjunto de casquilhos ligam o braço traseiro aos braços de suspensão e o conjunto do pino (figura 117) que une a manga de eixo da frente ao triangulo de suspensão superior



(A)



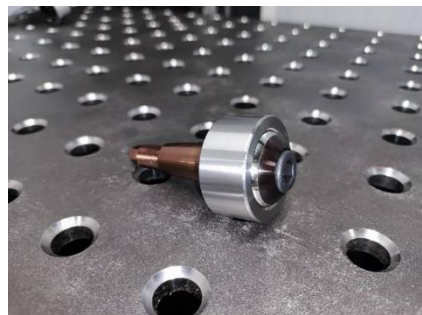
(B)



(C)



**Figura 116- Conjunto peças torneadas para mangas eixo traseiras**



**Figura 117- Conjunto peças torneadas para mangas eixo da frente**

## CAPÍTULO 7 – Operações de Manutenção efetuadas no torno Doosan

No que diz respeito ao centro de torneamento CNC, as manutenções executadas foram ou preventivas ou corretivas.

### 7.1 - Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva consiste em intervenções que previnem avarias e diminuem a probabilidade de um ativo falhar. Ou seja, é um tipo de manutenção planeada que se realiza mesmo quando um equipamento mantém a sua capacidade operacional. Pode ser algo tão simples como a limpeza dos filtros, uma inspeção visual ou uma lubrificação periódica, mas também inclui planos de inspeção mais complexos, planos de calibração, deteção de fugas de fluidos e outras revisões cíclicas.

Serão apresentadas as manutenções preventivas que acontecem mais frequentemente.

- São feitas medições à concentração do óleo de corte para garantir que este se encontre dentro dos valores de concentração aconselhados (entre 6 e 10 %). Para isso é utilizado um refratómetro e uma pipeta como demonstrado na figura 118. Com a pipeta retira-se uma amostra de líquido de corte do reservatório, esta é colocada no refratómetro e em seguida observado na escala qual a concentração do óleo existente no reservatório.



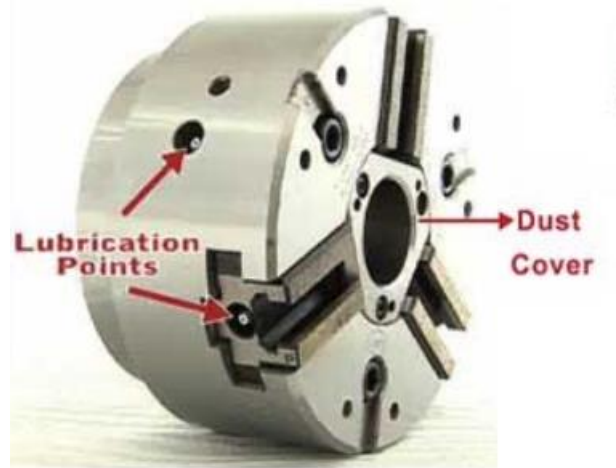
Figura 118-refratómetro (Joom,2022)

- Verificação do nível dos lubrificantes (figura 119). Esta operação consiste em observar os níveis de cada lubrificante existente no respetivo reservatório, e repor os níveis adequados, se necessário.



**Figura 119-Lubrificantes torno CNC**

- Adição de massa nos grampos da bucha hidráulica (figura 120), nos pontos indicados para abastecimento.



**Figura 120- Bucha Hidráulica (GMT, 2022)**

- Limpeza dos filtros e de aparas acumuladas no interior da máquina.
- Observação das ferramentas para detetar oxidação ou até mesmo danos nos encostos das pastilhas (figuras 121 e 122).



**Figura 121- Porta-ferramentas  
Torneamento Externo**



**Figura 122- Cone para montagem de  
ferramentas**

- Troca do óleo de corte e limpeza do reservatório.

## 7.2 - Manutenção Corretiva

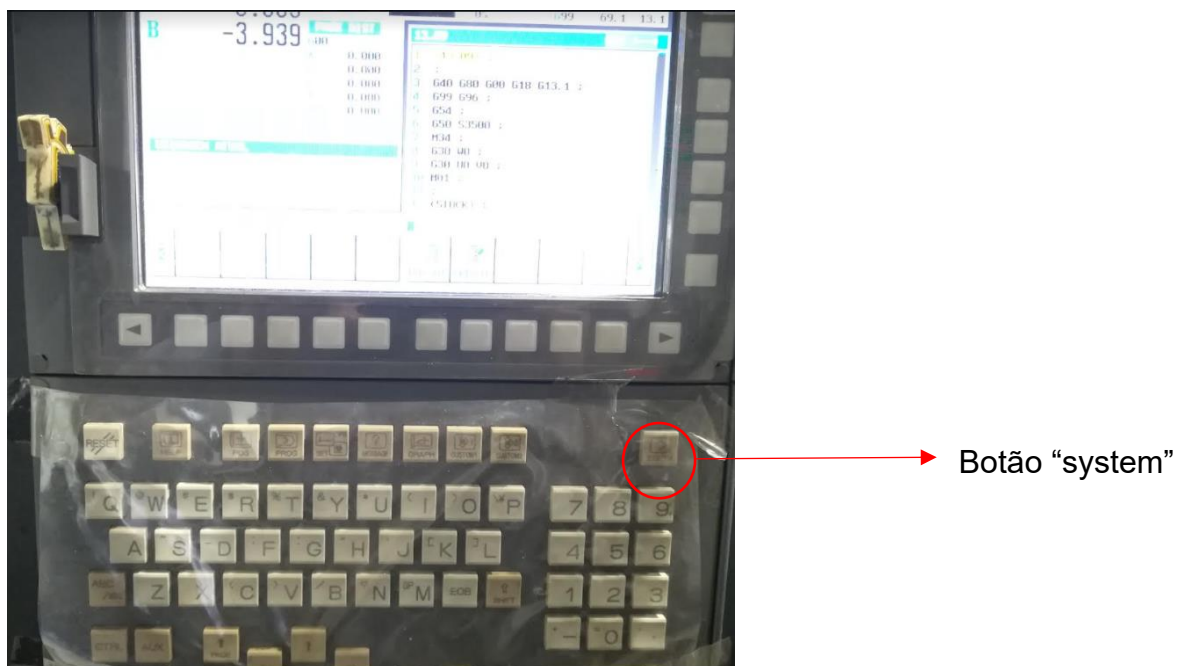
A manutenção corretiva é a atividade técnica executada depois da ocorrência de uma avaria e tem como objetivo restaurar o ativo para uma condição em que pode funcionar como pretendido, quer pela sua reparação ou por substituição.

Relativamente a operações de manutenção corretiva, será apresentado de seguida o exemplo de um erro que ocorreu no torno e o modo como esse erro foi resolvido. Da figura 123 à figura 135 podemos acompanhar o procedimento para a resolução do alarme 2118: “Turret clamp/unclamp switch alarm”. Este erro não permitia que uma ferramenta ao ser chamada se fixasse na torreta.

Procedimento para correção do alarme 2118

No controlador:

- Sair do “easy guide”; para isso basta carregar no botão “system” no controlador, tal como mostra a figura 123.



**Figura 123- Sequência de Operações realizadas no controlador para resolução de erro (passo 1)**

1. Uma vez fora do “easy guide” aparecerá a janela abaixo.

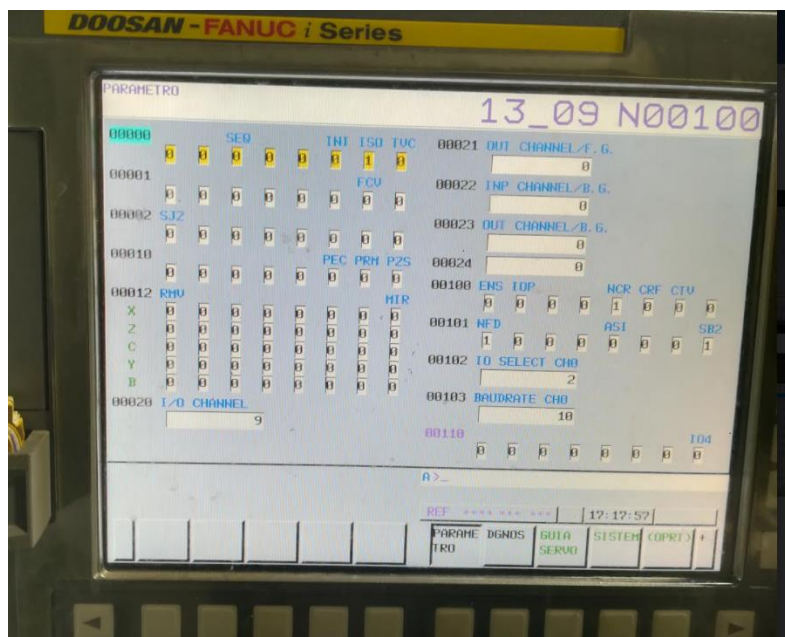


Figura 124- Sequência de Operações realizadas no controlador para resolução de erro (passo 2)

2. Carregar para o lado duas vezes até aparecer o separador “PMC MANUT”.

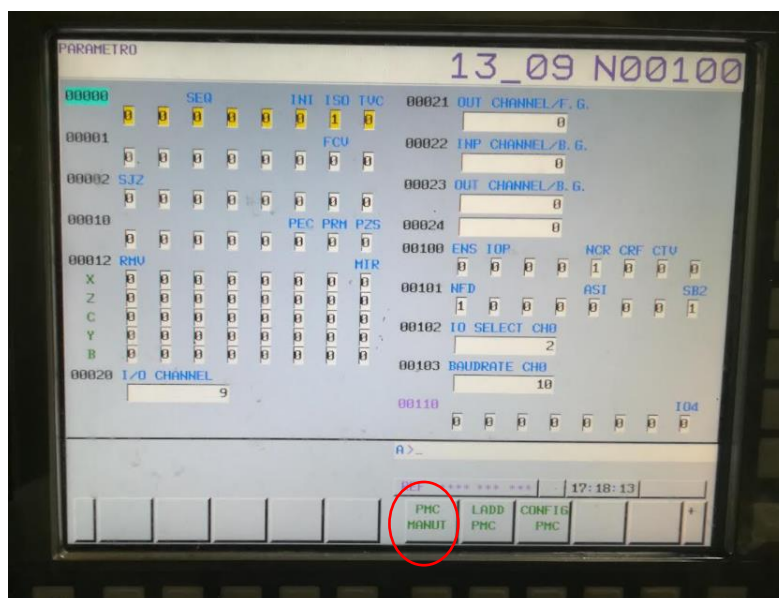
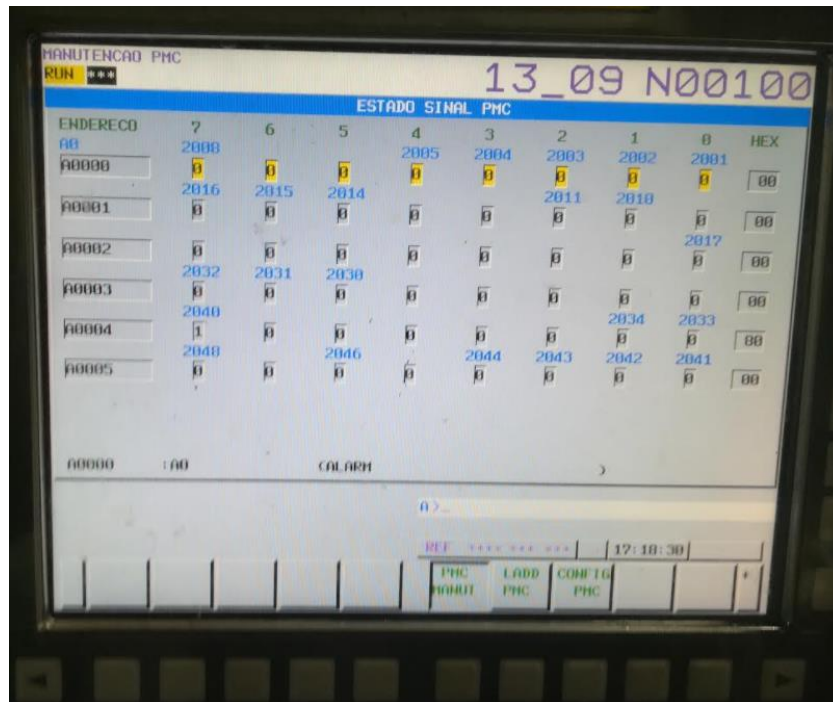


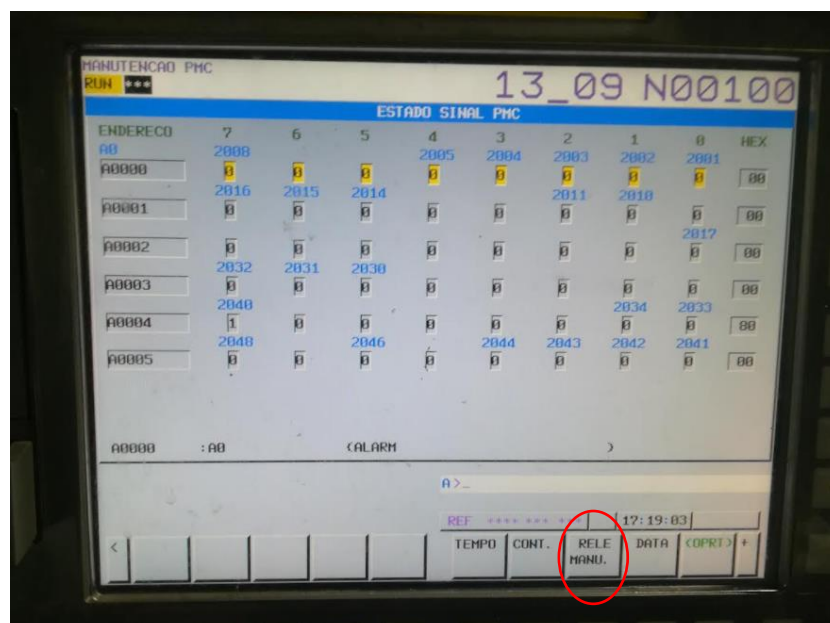
Figura 125- Sequência de Operações realizadas no controlador para resolução de erro (passo 3)

3. O separador tem de ter esta configuração.



**Figura 126- Sequência de Operações realizadas no controlador para resolução de erro (passo 4)**

4. Neste separador temos de carregar uma vez para o lado até aparecer “rele manu” e carregamos no mesmo.



**Figura 127- Sequência de Operações realizadas no controlador para resolução de erro (passo 5)**

- Nesta página aparecem os estados de todos os relés, sendo que o relé que se pretende ver é o relé k5.4 e este “valor” tem de estar a 0 (zero); isso indica que a torreta está presa, ou seja, não vai ser possível rodá-la manualmente.

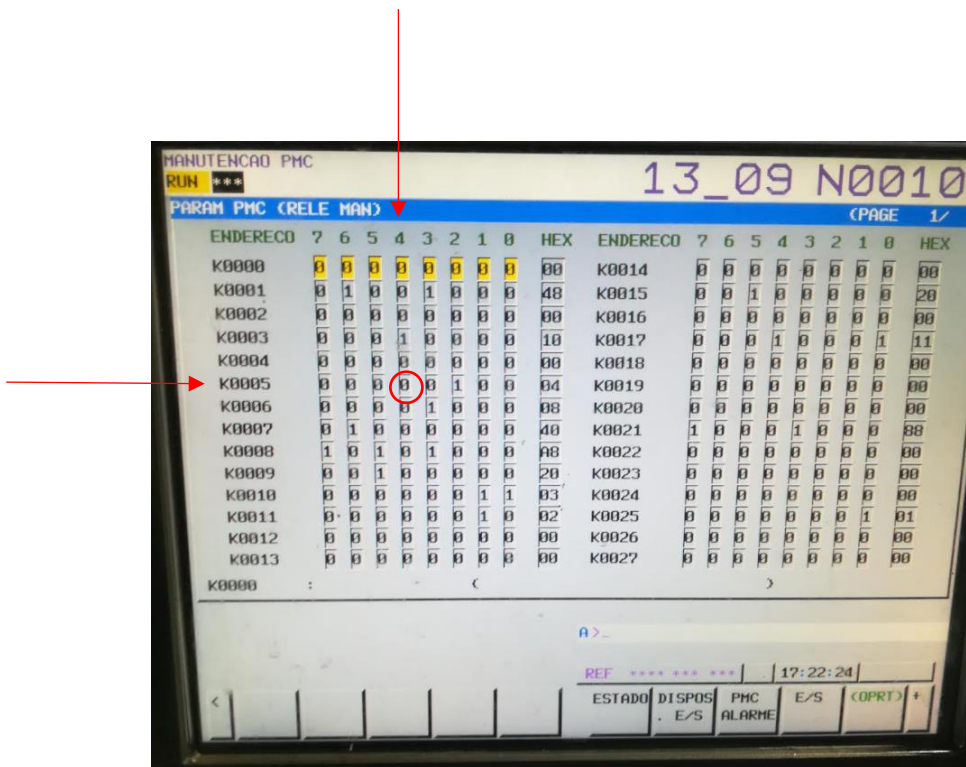
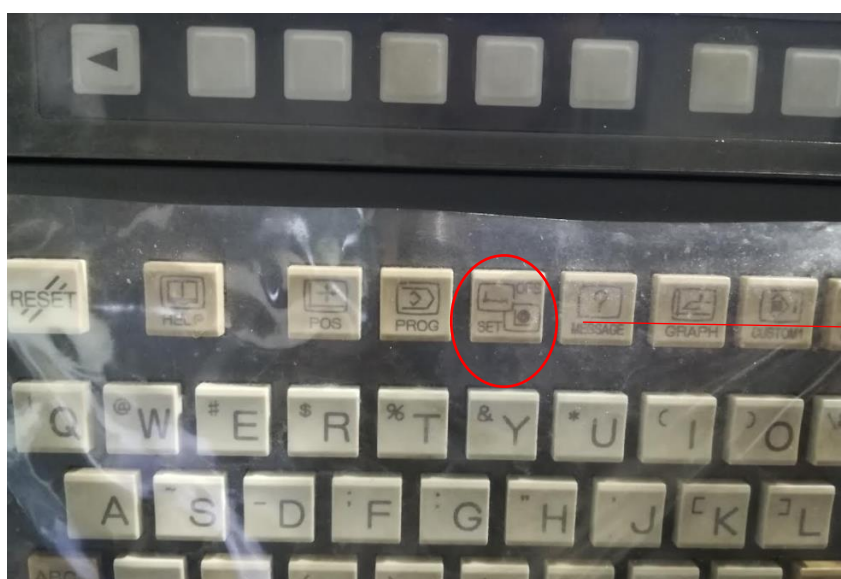


Figura 128- Sequência de Operações realizadas no controlador para resolução de erro (passo 6)

- Para rodar torreta manualmente, terá de se “desproteger” os parâmetros acima indicados e para isso é necessário carregar duas vezes em “Offset/Settings”.



Botão “Offset/settings”

Figura 129- Sequência de Operações realizadas no controlador para resolução de erro (passo 7)

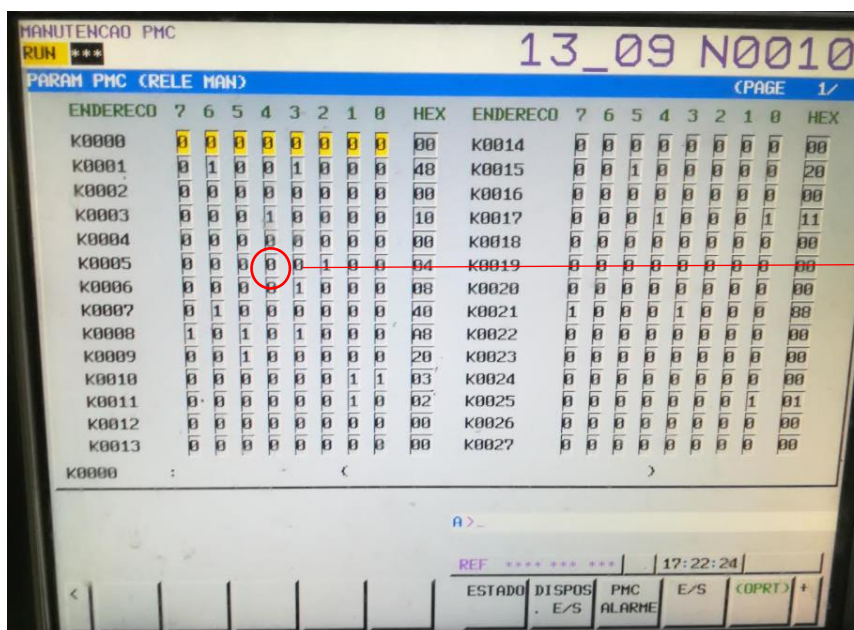
- Uma vez acionado o botão “Offset/Settings”, encontra-se a janela abaixo observada e nela é necessário alterar o campo de escrita de parâmetros para 1 (um) que vai permitir trocar os parâmetros dos relés.



Alterar parâmetro para 1 (um)

Figura 130- Sequência de Operações realizadas no controlador para resolução de erro (passo 8)

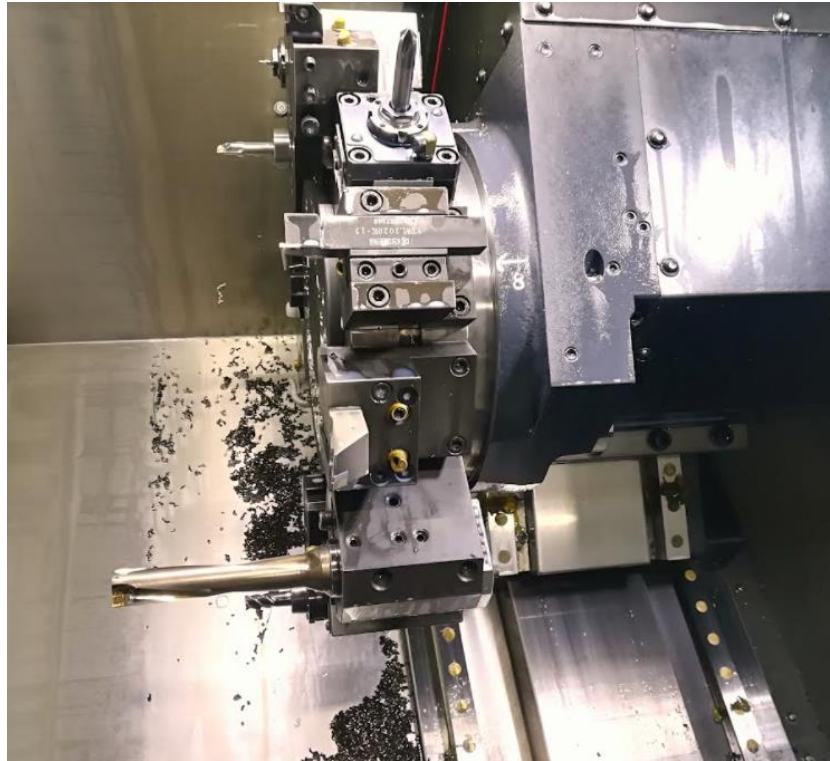
- Uma vez concluído o passo anterior, volta-se à tabela do ponto 6 e trocamos o valor do k5.4 de 0 (zero) para 1(um) e assim já podemos rodar a torreta manualmente.



Trocar o “valor” 0 (zero) pelo 1 (um)

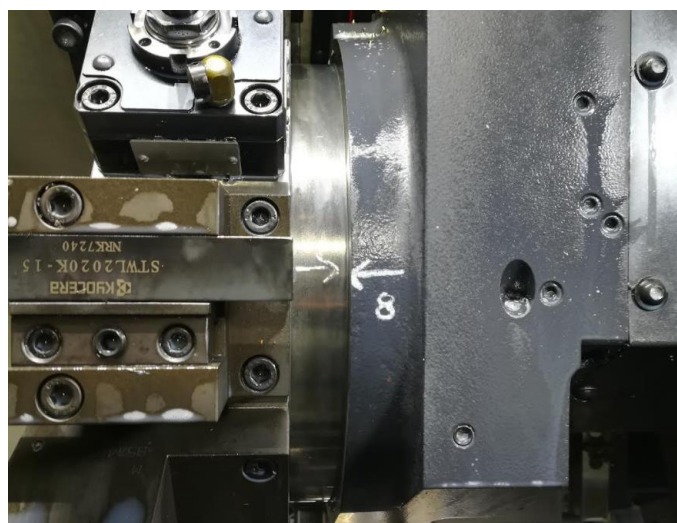
Figura 131- Sequência de Operações realizadas no controlador para resolução de erro (passo 9)

9. Neste passo devemos rodar a torreta para uma posição onde esteja uma broca montada, pois uma das maneiras de ver se a torreta fica “clamp” é garantir que o centro da broca está alinhado com o centro da bucha.



**Figura 132- Torreta**

10. Nesta fase devemos rodar a torreta lentamente e ir trocando os parâmetros do k5.4 (figura do ponto 6 e do ponto 9) entre 0 (zero) e 1 (um) até sentir a torreta fazer o acoplamento (“clamp”). A torreta deve fazer um barulho suave e prolongado. Depois da torreta estar devidamente acoplada na posição correta, deve-se fazer uma marca na torreta para possíveis manutenções futuras.



**Figura 133- Marca de verificação do alinhamento**

11. Para garantir que a torreta se encontra na posição certa, volta-se a carregar no botão “system” (ponto 1), indo para o separador “PMC MANUT” (ponto 3); no menu PMC carregamos 2 vezes para o lado e carrega-se em estado.

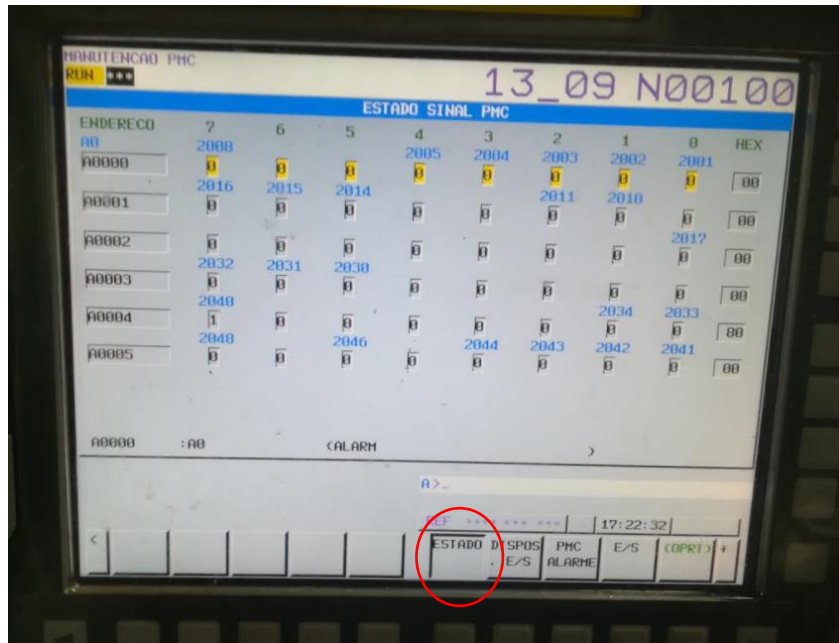


Figura 134- Sequência de Operações realizadas no controlador para resolução de erro (passo 10)

12. Neste separador devemos escrever X4.6 e carregar em “procur” e confirmar o estado do parâmetro TCP.M. Se estiver (1), quer dizer que a torreta está na posição correta (“clamp”); se estiver (0), quer dizer que a torreta está no sítio errado (“unclamp”).

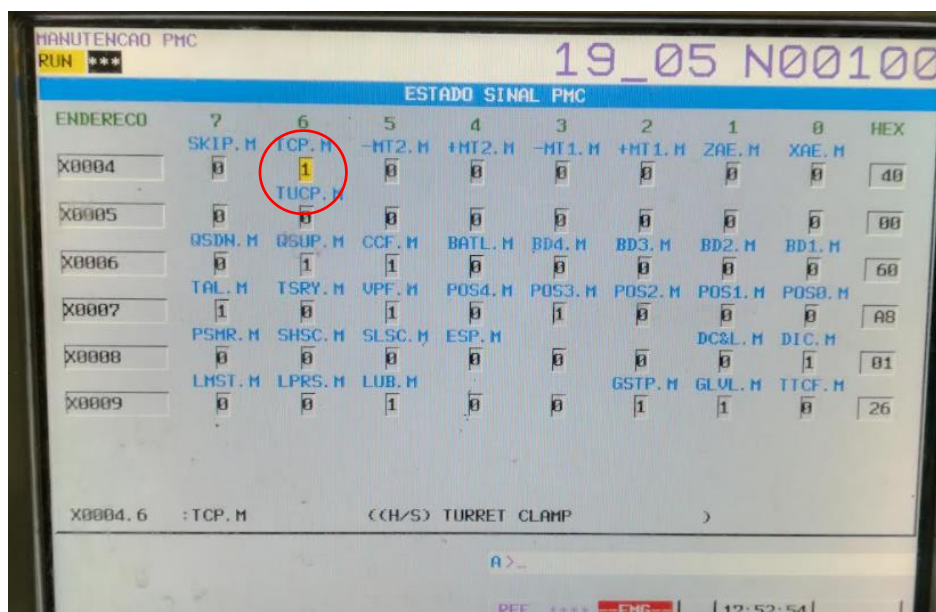


Figura 135- Sequência de Operações realizadas no controlador para resolução de erro (passo 11)

13. Antes de aceder ao variador da máquina, é necessário garantir que se repõem os parâmetros, tal como estavam inicialmente. Ou seja, (0) no parâmetro do ponto 6 e (0) no parâmetro do ponto 8.

No variador (“AC servo driver”):

O variador (figura 136) é um aparelho que vai receber um sinal de comando e o compara com o “feedback” de um servomecanismo para fornecer a tensão necessária a um servo motor de acordo com o comando dado.

No variador é verificado se o que se encontra no display é n0008 (que é o número da ferramenta que estava chamada, neste caso a broca).

Em seguida, é carregado duas vezes em “mode” até aparecer 0.0. (seguido de 4 dígitos).

Carrega-se na seta para cima até aparecer no display 0.0.0008 (pois é a ferramenta 8 que está carregada na torreta).

Posteriormente a obter 0.0.0008 no display, deve-se carregar 5 vezes em “set” (os números vão piscar e vão ser gravados).

Depois carrega-se 4 vezes no “mode” até aparecer “rd-off”.

Finalmente é pressionado continuamente para baixo o botão com o dedo no “set” até aparecer “set” no display. Também se pode desligar e ligar o interruptor Q11 ou tirar a ficha PCN1 e voltar a colocar.



**Figura 136- Variador Doosan**

## CONCLUSÃO

A Extra Motion é uma empresa com um vasto leque de clientes, trabalhando para mercados nacionais e internacionais em construção de componentes para competição automóvel. Tendo em conta que os serviços prestados pela empresa são vastos e baseados na necessidade do cliente, foi necessário abordar diversas temáticas no que diz respeito à maquinagem destes componentes de elevada complexidade e precisão, permitindo por este motivo consolidar os conhecimentos obtidos durante o percurso académico. Adicionalmente, um fator preponderante na escolha desta temática para realizar o estágio curricular inserido no Mestrado, em Engenharia Mecânica do ISEC, deve-se ao gosto desenvolvido durante o percurso académico sobre o tema de projeto e maquinagem, tendo como objetivo a construção de componentes mecânicos funcionais, de elevado rigor dimensional e elevada complexidade geométrica. O estágio realizado centrou-se no setor da empresa dedicado à maquinagem. Este sector reúne competências e equipamentos para fresagem e torneamento, embora as competências desenvolvidas aprofundadas tenham sido relativas ao torneamento. No entanto é de salientar que existe uma estreita colaboração entre a área de torneamento e a fresagem. Tendo em conta que o setor da maquinagem é apenas um dos setores da empresa e que todos os colaboradores têm de interagir entre si de forma a compreender e conhecer cada um dos setores e o modo como estes interagem entre si na fluidez da obtenção do produto final, bem como a qualidade do produto final. Na área de maquinagem o estagiário teve a oportunidade de ter contacto com diversos tipos de materiais e diversas técnicas de maquinagem e, principalmente, teve a oportunidade de colocar em prática diversos conceitos adquiridos no curso de Engenharia Mecânica, aquando da produção de diferentes peças. Nos processos de manutenção o estagiário teve a oportunidade de presenciar e colaborar no processo de manutenções preventivas e corretivas e compreender o processo, estando atento a eventuais falhas. Com a realização do estágio, concluiu-se que de facto a maquinagem CNC traz imensas vantagens tanto para pequenas como para médias empresas, dada a versatilidade, precisão e rapidez no processo. Em suma, a realização deste estágio correspondeu a uma experiência bastante enriquecedora a nível dos conhecimentos aplicados às necessidades da indústria, quer a nível das relações interpessoais e da interligação entre setores num ambiente empresarial.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

cursos. (2019). obtido em dezembro 2019 de <https://cad.cursosguru.com.br/torneamento-fresamento-quais-calculos-usados-nesses-processo/>.

Doosan Machine Tools. (2021). Manual Set. Obtido em abril 2022.

extra motion. (2022). logotipo. obtido em setembro 2022.

Elisson Technologies. (2023). Obtido em abril de 2023 de <https://www.ellisontechnologies.com/doosan/puma-series/puma-700l>.

GMT. (2022). guindy machine tools ltd. obtido em julho 2022 de <https://gmtmachinetools.blogspot.com/2013/06/chuck-lubrication-general-guidelines.html>.

gotosellers. (2019). obtido em dezembro 2019 de [https://www.gotosellers.com/?product\\_id=210449370\\_70](https://www.gotosellers.com/?product_id=210449370_70).

HAAS. (2021). Obtido a abril de 2023 de <https://www.haascnc.com/service/troubleshooting-and-how-to/how-to/st-25-30-35---automatic-tool-presetter--atp----installation.html>.

haisen. (2021). torno vertical manual de coluna dupla. obtido em julho 2021 de <http://pt.pipethreadlathe.com/vertical-lathe/manual-vertical-lathe/double-column-manual-vertical-lathe.html>.

Izaro. (2011). Obtido em abril de 2023 de <https://www.izaro.com/unidades-de-sujeccion-de-cambio-rapido-para-reducir-el-tiempo-de-inactividad/c-1321008596/>.

joom. (2022). obtido em julho 2022 de <https://www.joom.com/pt/products/5d5b9dee1436d40101dbd130>.

kyocera. (2021). kyocera unimerco tooling. obtido em julho 2020. catálogo kyocera.

maquituls. (2021). ¿qué es un torno copiado y cómo funciona?. obtido em julho 2021 de <https://www.maquituls.es/noticias/que-es-un-torno-copiador-y-como-funciona/>.

Mecânica Industrial. (2019). Torno Mecânico Horizontal. Obtido em dezembro 2019 de <https://www.mecanicaindustrial.com.br/463-torno-mecanico-horizantal/>.

Mesindustrial. (2019). Torno Platô. Obtido em dezembro 2019 de <https://mesindustrial.com.br/torno-plato/>.

Mills CNC. (2023). Obtido em abril de 2023 de <https://www.millscnc.co.uk/cnc-machines/lathes-turning-centres/single-turret-horizontal-lathe/puma-3100-series/>.

Quora. (2017). Obtido em abril de 2023 de <https://www.quora.com/What-is-the-purpose-of-Y-axis-in-CNC-lathe-machine>.

Rocha, Joaquim (2016). *Programação de CNC para torno e fresadora*.

Romi. (2020). Obtido em abril de 2023 de <https://www.romi.com/produzir-pecas-unico-setup/>.

Sandvik C. (2019). Ferramentas para usinagem. Obtido em dezembro 2019 de <https://www.sandvik.coromant.com/pt-pt/pages/default.aspx?country=pt&language=2070>.

Serviço Autorizado. (2021). Usinagem Torno CNC. Obtido em julho 2021 de <https://www.servicoautorizado.com.br/usinagem-torno-cnc>.

Shutterstock. (2023). Obtido em abril de 2023 de <https://www.shutterstock.com/pt/search/milling-parts>.

Soluções industriais. (2019). Serviço em torno revólver. Obtido em dezembro 2019 de <https://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/metal-mecanica-e-usinagem/ht-usinagem/produtos/maquinas-ferramenta/servico-em-torno-revolver>.

Swiss-Turning. (2020). Obtido em abril de 2023 de <https://turntechprecision.com/clueless-machinist>

## ANEXO I

### Lista de códigos utilizados na programação CNC

G code	Description
G00	Rapid traverse
G01	Linear interpolation
G02	Circular interpolation CW
G03	Circular interpolation CCW
G04	Dwell
G17	X Y plane selection
G18	Z X plane selection
G19	Y Z plane selection
G28	Return to reference position
G30	2nd, 3rd and 4th reference position return
G40	Cutter compensation cancel
G41	Cutter compensation left
G42	Cutter compensation right
G43	Tool length compensation + direction
G44	Tool length compensation – direction
G49	Tool length compensation cancel
G53	Machine coordinate system selection
G54	Workpiece coordinate system 1 selection
G55	Workpiece coordinate system 2 selection
G56	Workpiece coordinate system 3 selection
G57	Workpiece coordinate system 4 selection
G58	Workpiece coordinate system 5 selection
G59	Workpiece coordinate system 6 selection
G68	Coordinate rotation
G69	Coordinate rotation cancel
G73	Peck drilling cycle
G74	Left-spiral cutting circle
G76	Fine boring cycle
G80	Canned cycle cancel
G81	Drilling cycle, spot boring cycle
G82	Drilling cycle or counter boring cycle
G83	Peck drilling cycle
G84	Tapping cycle
G85	Boring cycle
G86	Boring cycle
G87	Back boring cycle
G88	Boring cycle
G89	Boring cycle
G90	Absolute command
G91	Increment command
G92	Setting for work coordinate system or clamp at maximum spindle speed
G98	Return to initial point in canned cycle
G99	Return to R point in canned cycle

<b>M code</b>	<b>Description</b>
<b>M00</b>	Program stop
<b>M01</b>	Optional program stop
<b>M02</b>	End of program
<b>M03</b>	Spindle start forward CW
<b>M04</b>	Spindle start reverse CCW
<b>M05</b>	Spindle stop
<b>M08</b>	Coolant on
<b>M09</b>	Coolant off
<b>M29</b>	Rigid tap mode
<b>M30</b>	End of program reset
<b>M40</b>	Spindle gear at middle
<b>M41</b>	Low Gear Select
<b>M42</b>	High Gear Select
<b>M68</b>	Hydraulic chuck close
<b>M69</b>	Hydraulic chuck open
<b>M78</b>	Tailstock advancing
<b>M79</b>	Tailstock reversing
<b>M94</b>	Mirror image cancel
<b>M95</b>	Mirror image of X axis
<b>M98</b>	Subprogram call
<b>M99</b>	End of subprogram

## Apêndice I

Programa elaborado no controlador Fanuc

<PECA\_TESE>

G40G80G00G18G13.1

G99G96

G54

G50S3000

M34

G30W0

G30U0V0

M01

(STOCK)

G1900D35.L70.K0.

(DESBASTE FACE)

(DVLNR2020K-16 R0.8)

(VNMG160408HQ)

G500T7.W7.R3.M11.S200.X55.Z5.C54.H96.B8.

G1122P3.Q0.5H100.C0.D0.F0.15E0.15V0.15K100.W2.U2.L2.M2.Z10.X2.Y2.

G1450H0.V17.5A0.

G1451H0.V0.K7.D0.L0.M0.T1.

G1451H0.8V0.K1.C0.8L0.M0.T2.

G1451H0.8V17.5K3.D17.5L0.M0.T2.

G1451H0.V17.5K5.C0.L0.M0.T2.

G1456

(DESBASTE E ACABAMENTO LATERAL)

G30U0

G30W0

M01

(DVLNR2020K-16 R0.8)

(VNMG160408HQ)

G500T7.W7.R3.M11.S200.X55.Z5.C54.H96.B8.

G1150P1.Q2.H100.C1.D0.2F0.2E0.15V0.15T0.15K100.W2.U2.L2.M2.Z10.X1.Y1.N1

.

G1450H0.V11.5A0.

G1451H-1.V12.5K4.C-1.D12.5L0.M0.T1.

G1451H-15.V12.5K5.C-15.L0.M0.T1.

G1451H-15.V13.05K3.D13.95L0.M0.T1.

G1454H-15.9V13.95C0.9T1.

G1451H-27.V13.95K5.C-27.L0.M0.T1.

G1451H-27.V14.25K3.D17.25L0.M0.T1.

G1454H-30.V17.25C3.T1.

G1451H-42.V17.25K5.C-42.L0.M0.T1.

G1451H-45.V14.25K6.C-45.D14.25L0.M0.T1.

G1451H-68.V14.25K5.C-68.L0.M0.T1.

G1451H-68.V17.5K3.D17.5L0.M0.T2.

G1451H0.V17.5K1.C0.L0.M0.T2.

G1451H0.V11.5K7.D11.5L0.M0.T2.

G1456

(FRESAGEM DESBASTE)

G30U0

G30W0

M01

M5P11

M35

G28H0

G600T3.W3.H98.F35.R3.S3500.X55.Z5.C54.B8.

G1060D11.85T21.S1.5L0.75J21.K0.5H0.F600.V600.E600.M100.W1.C5.P2.R5.Q2.X  
5.Z2.

G1525T2.B-27.L-21.H0.V0.E6.U3.W32.C1.Z1.I3.

(FRESAGEM ACABAMENTO)

G30U0

G30W0

M01

G600T3.W3.H98.F35.R3.S3000.X55.Z5.C54.B8.

G1061D11.85T21.S0.5K0.H0.L0.5F450.V450.E450.W1.C5.P2.R5.Q2.X5.Z2.

G1525T2.B-27.L-21.H0.V0.E6.U3.W32.C1.Z1.I3.

(CANAL ALÍVIO ROSCA)

G30U0

G30W0

M01

M5P12

M34

(KGBAR2020K-16 PAST R )

(PAST 2MM R0.2)

G500T16.W16.R3.M11.S60.X55.Z5.C54.H96.B8.

G1136F0.08L1.P0.Z10.K1.

G1470U1.X14.Z-25.L1.5D2.A2.B0.9E1.I1.Q1.M1.W1.

(ROSCAGEM EXTERNA)

G30U0

G30W0

M01

(KTNR2020K-16)

(16ERAG60-TF)

G500T4.W4.R3.M11.S80.X55.Z5.C54.H96.B8.

G1140W2.C0.07K6.S1.P9.Z10.D1.L2.M0.

G1460W1.X14.Z-15.L1.5H1.08A14.B-26.9C2.P1.5

(FURACAO)

G30U0

G30W0

M01

G500T8.W8.R3.M11.S2500.X55.Z5.C54.H97.B8.

G1100C5.F0.06P0.Z11.B0.L-25.

(DESBASTE E ACABAMENTO INTERNO)

G30U0

G30W0

M01

(A12M-SCLCR06-14AE R0.4)

(CCMT060204HQ)

G500T2.W2.R3.M11.S100.X55.Z5.C54.H96.B8.

G1151P1.Q1.H100.C0.5D0.2F0.12E0.12V0.12T0.1K100.W2.U0.1L0.1M5.Z10.X2.Y2  
.N1.

G1450H0.V10.3A0.

G1451H-1.V9.3K6.C-1.D9.3L0.M0.T1.

G1451H-23.V9.3K5.C-23.L0.M0.T1.

G1451H-23.V8.K7.D8.L0.M0.T1.

G1451H0.V8.K1.C0.L0.M0.T2.

G1451H0.V10.3K3.D10.3L0.M0.T2.

G1456

(ROSCAGEM INTERNA)

G30U0

G30W0

M01

(SIR0010H11)

(11IRA60P25C)

G500T12.W12.R3.M11.S80.X55.Z5.C54.H96.B8.

G1141W1.C0.07K6.S1.P11.Z11.D0.05L5.M0.

G1460W2.X10.1Z0.L1.5H1.08A10.1B-22.C2.P1.5

(FURO EIXO C)

G30U0

G30W0

M01

M5P11

M35

G28H0

G600T11.W11.H98.F35.R3.S3000.X55.Z5.C54.B8.

G1111Q2.I1.J14.L-3.25K1.C1.F180.P0.Z10.

G1672B12.5Z-5.A0.C180.M2.U1.

(DESBASTE E ACABAMENTO FERRO SANGRAR PASTILHA REDONDA)

G30U0

G30W0

M01

M5P12

M34

G500T10.W10.R3.M11.S150.X55.Z5.C54.H96.B8.

G1133X1.C0.2D0.2F0.15E0.12W1.L1.P0.Z10.S1.K1.

G1450H-42.V17.25A0.

G1451H-45.V14.25K6.C-45.D14.25L0.M0.T1.

G1451H-45.V12.5K7.D12.5L0.M0.T1.

G1451H-57.25V12.5K5.C-57.75L0.M0.T1.

G1454H-57.8125V12.003922C0.5T1.

G1452H-61.6875V12.003922R2.I-59.75J12.5C-61.75D12.5E2.L1.M0.T1.

G1454H-62.25V12.5C0.5T1.

G1451H-68.V12.5K5.C-68.L1.M0.T1.

G1451H-68.V15.5K3.D15.5L0.M0.T1.

G1451H-68.V17.25K3.D17.25L0.M0.T1.

G1451H-42.V17.25K1.C-42.L0.M0.T2.

G1456

(CHANFRO)

G30U0

G30W0

M01

G500T10.W10.R3.M11.S150.X55.Z5.C54.H96.B8.

G1136F0.12L1.P0.Z10.K1.

G1470U1.X12.5Z-65.L2.5D3.A2.B1.E1.I1.Q1.M1.W1.

(SANGRAMENTO)

G30U0

G30W0

M01

G50S1500

G500T10.W10.R3.M11.S150.X55.Z5.C54.H96.B8.

G1136F0.12L1.P0.Z10.K1.

G1470U1.X12.5Z-65.L13.D3.A1.E1.I1.Q1.M1.W1.

G30U0

G30W0

M5P11

M5P12

M9

M30

%