



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**CADERNO DE AULA PRÁTICA NO LABTECMEC
Disciplina de Processos de Usinagem**

Profa. Dra. Patrícia Alves Barbosa

Prof. Dr. Marcelo Bertolete Carneiro

Técnico Mecânico: Eduardo Sigler Junior

Monitores: Fabiano Gonçalves Coelho Junior e Vanessa Gomes Valadão

**VITÓRIA
2019**

Sumário

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	4
2. PLANO DE PROCESSO.....	5
3. TORNEAMENTO	6
3.1 ASPECTOS BÁSICOS DA MÁQUINA	6
3.1.1 <i>Cabeçote</i>	8
3.1.2 <i>Caixa de roscas e avanços</i>	9
3.1.3 <i>Mesa</i>	10
3.1.4 <i>Avental (carro principal)</i>	11
3.1.5 <i>Cabeçote móvel</i>	12
3.2 PARÂMETROS	12
3.2.1 <i>Tipos de ferramenta</i>	12
3.2.2 <i>Velocidade de corte</i>	14
3.3 OPERAÇÕES	15
3.3.1 <i>Fixação da peça no cabeçote fixo (placa de castanhas)</i>	16
3.3.2 <i>Centralização da ferramenta</i>	16
3.3.3 <i>Regulagens necessárias</i>	17
3.3.4 <i>Zerando a ferramenta (referenciamento).....</i>	17
3.3.5 <i>Faceamento</i>	17
3.3.6 <i>Execução da peça</i>	17
3.3.7 <i>Finalizando a operação no torno</i>	18
4. APLAINAMENTO	19
4.1 ASPECTOS BÁSICOS DA MÁQUINA	19
4.2 PARÂMETROS	20
4.2.1 <i>Tipos de ferramenta</i>	20
4.2.2 <i>Velocidade de corte</i>	20
4.3 OPERAÇÕES	21
4.3.1 <i>Fixação da peça</i>	21
4.3.2 <i>Regulagens necessárias</i>	22
4.3.3 <i>Zerando a ferramenta (referenciamento).....</i>	25
4.3.4 <i>Iniciando o processo de aplainamento</i>	26
4.3.5 <i>Finalizando a peça e a operação na plaina.....</i>	27
5. FRESAMENTO	28
5.1 ASPECTOS BÁSICOS DA MÁQUINA.....	28
5.1.1 <i>Cabeçote</i>	29
5.1.2 <i>Caixa de avanços</i>	30
5.1.3 <i>Mesa</i>	31
5.1.4 <i>Cabeçote divisor.....</i>	31
5.2 PARÂMETROS	32
5.2.1 <i>Tipos de ferramenta</i>	32
5.2.2 <i>Velocidade de corte</i>	33
5.2.3 <i>Velocidade de avanço</i>	34
5.3 OPERAÇÕES.....	35
5.3.1 <i>Fixação da peça</i>	35
5.3.2 <i>Regulagens necessárias</i>	35
5.3.3 <i>Zerando a ferramenta (referenciamento).....</i>	35

5.3.4	<i>Execução do fresamento</i>	36
5.3.5	<i>Operando o cabeçote divisor</i>	36
5.3.6	<i>Finalizando a operação na fresadora</i>	37

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Para iniciar a realização das atividades no Laboratório de Tecnologia Mecânica (LabTecMec), o operador fazer o uso de **roupas adequadas** (calça jeans, camisa e sapato fechado) e dos **EPI's** (Equipamentos de Proteção Individual) para minimizar os possíveis riscos de danos à sua saúde e à sua segurança, dentre eles: óculos de segurança, protetor auricular (dependendo do tempo de exposição e do grau de ruído). Pessoas de **cabelo comprido** devem manter os cabelos presos para que não enrosquem nas partes móveis da máquina.

Dentre outros aspectos importantes no que se diz respeito às operações realizadas nas aulas práticas, deve-se:

- Conhecer bem a localização do botão de emergência para acioná-lo a qualquer momento;
- Não realizar mudanças de velocidade, trocas de ferramentas, medições da peça com a máquina em funcionamento;
- Nunca acionar um comando elétrico com as mãos molhadas;
- Na falta de energia elétrica desligar a máquina.

Em caso de dúvidas quanto a operação da máquina, deve-se contatar as pessoas habilitadas a ensinar e operar as máquinas (monitores, técnicos e professores).

2. PLANO DE PROCESSO

O Planejamento do processo é a ligação entre a engenharia do produto e a manufatura. O planejamento do processo pode então ser definido como um procedimento de determinação dos métodos e da sequência de fabricação para produzir um componente com as especificações de projeto. Antes de realizar as operações alguns parâmetros devem estar bem definidos, como:

- Seleção das peças em bruto;
- Seleção dos processos, ferramentas e dispositivos;
- Seleção das máquinas-ferramentas;
- Seleção das condições de processo;
- Seleção dos instrumentos de medição;
- Determinação das dimensões intermediárias e das tolerâncias de produção;
- Determinação dos tempos ativos e passivos.

A partir desses parâmetros pode-se definir através de um processo lógico a sucessão de passos que transformem o material bruto em produto acabado. Para a execução do plano de processo, é disponibilizada uma folha padrão onde devem ser descritos todos as operações que serão realizadas assim como os parâmetros adotados e os tempos calculados e medidos para cada operação realizada na peça.

3. TORNEAMENTO

O processo de torneamento, se dá pelo uso da máquina operatriz denominada Torno cujo resultado final são peças de revolução cilíndricas, cônicas, furos e roscas. A peça possui movimento de rotação e a ferramenta de corte possui movimentos de avanço longitudinal e transversal podendo ser manual ou automático.

3.1 ASPECTOS BÁSICOS DA MÁQUINA

O torno universal, no qual irá se trabalhar ao longo das atividades de usinagem na disciplina de processos de usinagem, é da marca Nardini modelo Mascote e apresenta especificamente a seguinte configuração e disposição de botões:

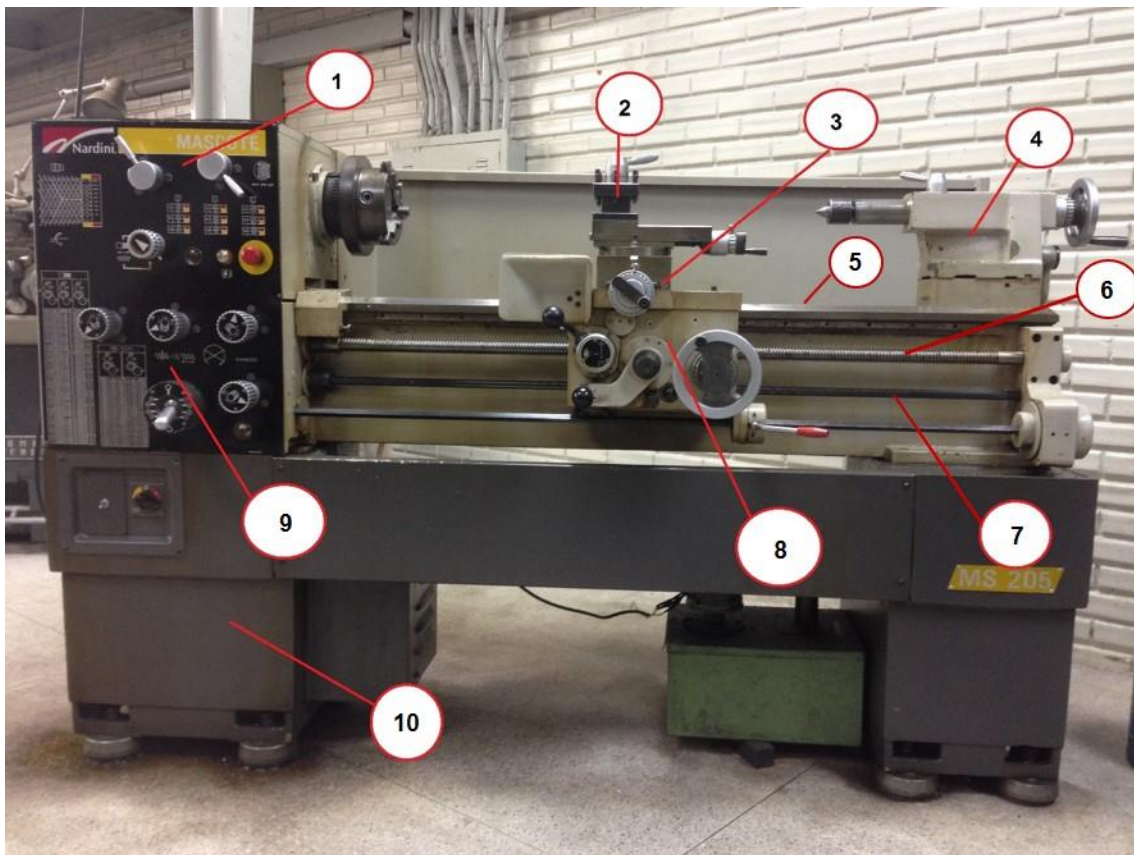


Figura 1 - Aspectos gerais da máquina Nardini Mascote

Onde os principais componentes descritos na Figura 1 são:

- 1 - Cabeçote Fixo
- 2 - Torreta para fixar até 4 ferramentas
- 3 - Mesa (Carro transversal)
- 4 - Cabeçote móvel

5 - Barramento

6 - Fuso

7 - Vara

8 - Avental (Carro principal)

9 - Caixa de roscas e avanços

10 - Motorização

Os elementos de comando da máquina, são mostrados na Figura 2.

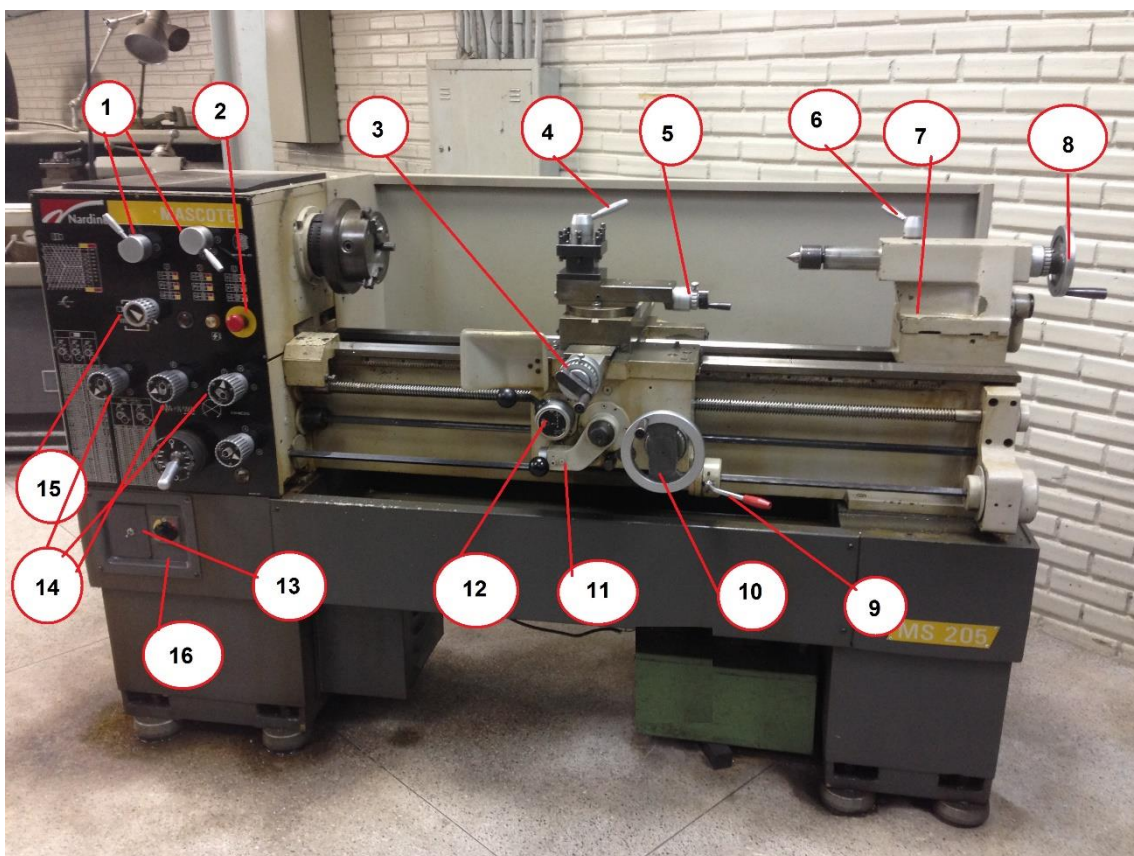


Figura 2 - Comandos gerais da máquina

Onde:

1 - Alavancas de seleção de velocidades

2 - Botão de liga comando e emergência

3 - Manípulo do carro transversal

4 - Alavanca de fixação da torreta

- 5 - Manípulo do carro longitudinal
- 6 - Alavanca de fixação do cabeçote móvel
- 7 - Porca de fixação do cabeçote móvel
- 8 - Manípulo do volante do cabeçote móvel
- 9 - Alavanca de comando do eixo árvore - Rotação (partida, reversão e parada)
- 10 - Manípulo do volante do avental (avanço longitudinal)
- 11 - Alavanca de engate e desengate automático – avanço automático
- 12 - Alavanca de engate da porca de duas metades dos avanços longitudinais e transversais
- 13 - Botões de liga e desliga refrigeração
- 14 - Alavanca de seleção de roscas e avanços (passe liso)
- 15 - Manípulo de inversão do fuso e vara do passe liso
- 16 - Chave de acionamento da baixa e alta rotação do motor (MODELOS COM AVENTAÇÃO VOLANTE À ESQUERDA)

3.1.1 Cabeçote

A seleção da rotação é efetuada pelas alavancas (1) da Figura 2. Através destes dois comandos obtém-se 9 rotações diferentes. Mudando-se a rotação do motor de baixa para alta, ou vice-versa, através da chave (16), obteremos outras 9 rotações, totalizando 18. Puxando-se o botão de liga comando e emergência (2), todos os comandos elétricos da máquina serão energizados. Empurrando-o acontecerá o inverso.

O sentido de rotação e parada do eixo árvore são obtidos através da alavanca (9) que possui 3 posições:

- Posição inferior: O eixo árvore gira em sentido de trabalho (anti-horário)
- Posição superior: O eixo árvore gira em sentido contrário (horário)
- Posição central: O eixo árvore se mantém parado.

3.1.2 Caixa de roscas e avanços



Figura 3 - Detalhe dos comandos de rosca e avanço.

A seleção de roscas e avanços é feita através dos manípulos (1, 2, 3 e 4), e da alavanca (5) da Figura 3.

Desejando executar um determinado passo de rosca ou avanço, procure na tabela o valor deste e, na mesma linha, encontrará as letras e numeros que posicionam os comandos (1, 2, 3, 4 e 5) (NARDINI).

Exemplo: Usinagem de uma rosca métrica de passo 2 mm

- Localize o passo na tabela
- Posicione as alavancas de acordo com as letras e os numeros correspondentes ao passo 2,00 (CDNH2)

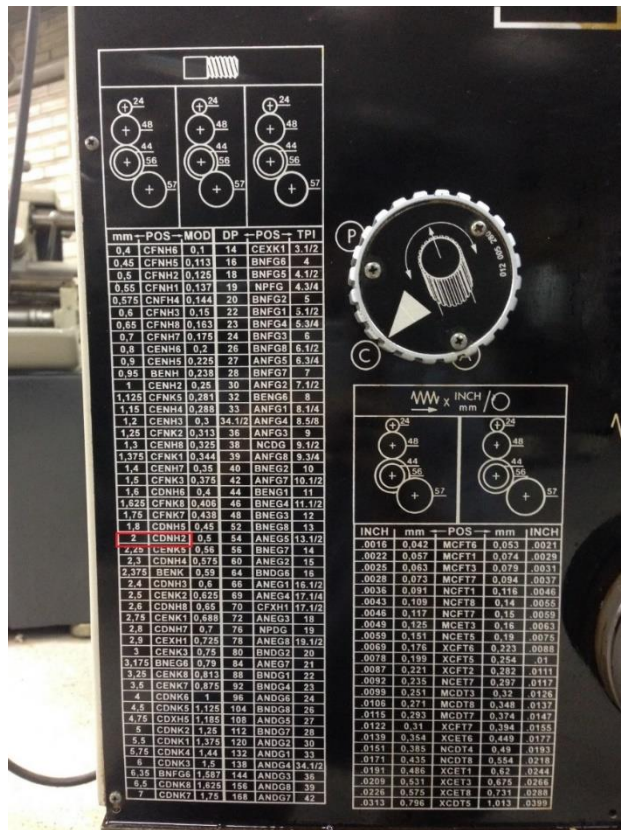


Figura 4 - Tabela de roscas e avanços.

Desta forma o conjunto já estará preparado para usinar com o passo 2 mm. Para se conseguir uma usinagem com avanços longitudinais e transversais, proceda da mesma forma descrita acima.

3.1.3 Mesa

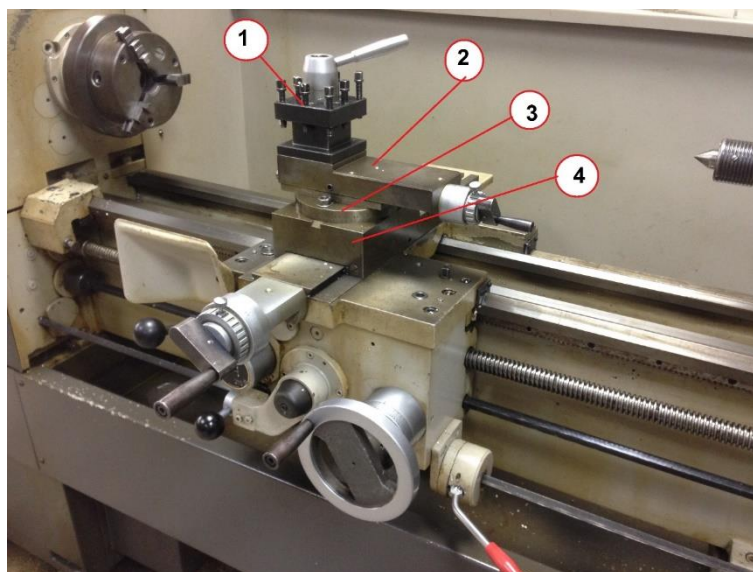


Figura 5 - Detalhe da mesa.

Este conjunto é composto por uma torreta (1), um carro longitudinal (2), uma base giratória (3), um carro transversal (4) e o corpo da mesa. Foi projetado objetivando um fácil manuseio, sendo leve e preciso em seus movimentos.

3.1.4 Avental (carro principal)

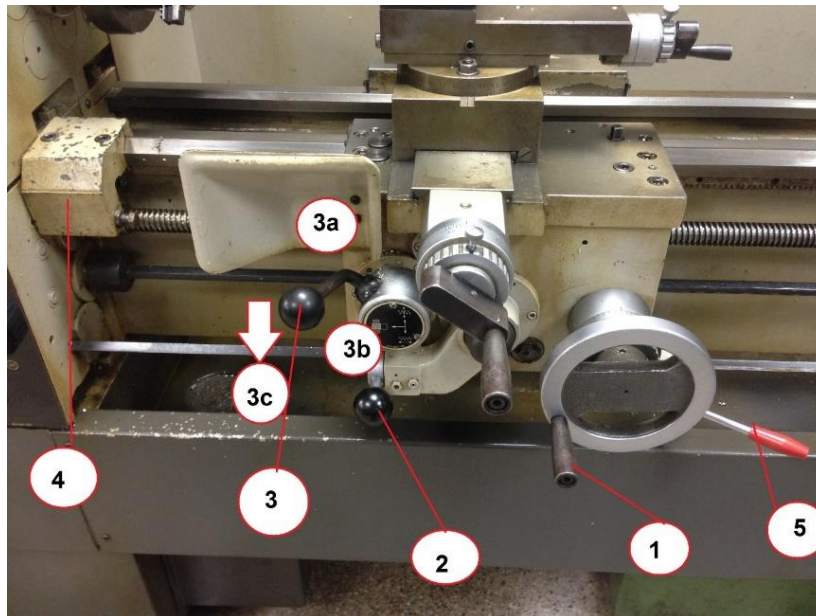


Figura 6 - Detalhe do avental.

A movimentação do avental é feita através do manípulo (1).

O engate dos avanços transversais, longitudinais e a porca de duas metades é feito por uma só alavanca (3) de três posições:

- Posição 3a: Engate para avanço transversal.
- Posição 3b: Engate para avanço longitudinal.
- Posição 3c: Engate para avanço de porca.

Através da alavanca (2), é acionado o engate ou desengate automático dos avanços.

A lubrificação é efetuada por uma bomba localizada no interior da caixa, com reservatórios e canais de óleo distribuídos dentro da caixa, fazendo com que todas as partes do conjunto tenham uma perfeita lubrificação.

O sentido de rotação e parada do eixo árvore são obtidos através da alavanca (5) que possui três posições:

- Posição inferior: O eixo árvore gira no sentido de trabalho
- Posição superior: O eixo árvore gira no sentido contrário
- Posição central: O eixo árvore se mantém parado

O conjunto do batente (4) aciona o sistema de desengate automático longitudinal, o qual pode ser fixado em qualquer posição ao longo do barramento.

3.1.5 Cabeçote móvel

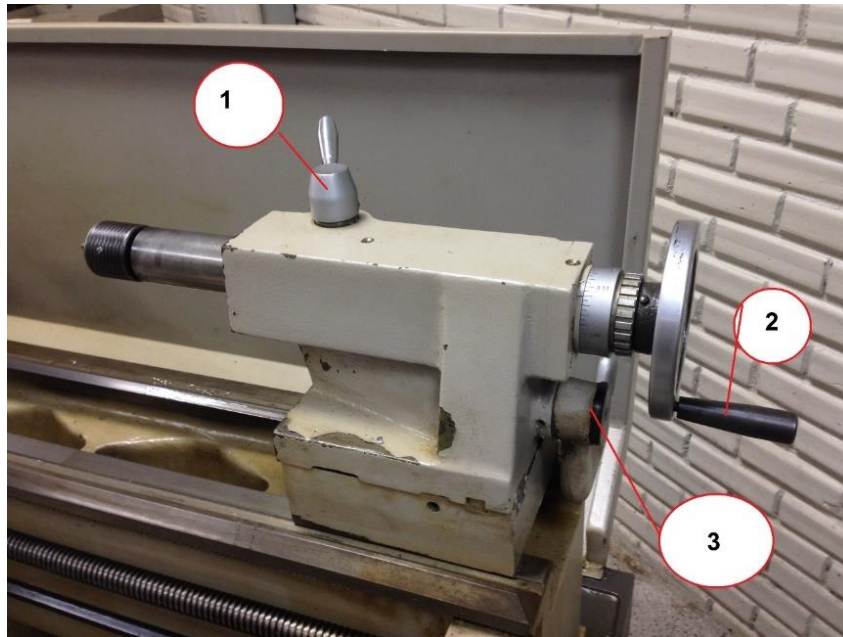


Figura 7 - detalhe do cabeçote móvel.

O cabeçote móvel desloca-se sobre o barramento através de movimento manual e é fixado pela alavanca (3). Através do manípulo (2) tem-se o avanço da contra-ponta e sua alavanca de fixação está representada por (1). Cada divisão corresponde a 1mm.

3.2 PARÂMETROS

3.2.1 Tipos de ferramenta

Para a execução das principais operações de torneamento descritas pela norma DIN 8589, parte delas a serem executadas durante as aulas de processos de usinagem, usam-se as ferramentas de corte para torneamento.



Figura 8 - Tipos de pastilhas normatizadas para uso em usinagem.

A maioria dos processos de torneamento faz uso de ferramentas simples, tendo todas elas um formato semelhante. Em geral são compostas de uma parte cortante e de uma haste para fixação. As ferramentas podem ser integrais (Ferramentas de aço rápido/Bites), ou com insertos (Pastilhas).

As ferramentas integrais de aço rápido (Bites) possuem, além do carbono, vários elementos de liga, tais como tungstênio (W), cobalto (Co), cromo (Cr), vanádio (Va), molibdênio (Mo) e boro (B), que são responsáveis pelas propriedades de resistência ao desgaste e aumentam a resistência de corte a quente até 550° C. Reafiáveis, e possibilitam que um grande número de arestas de corte seja produzido numa mesma ferramenta. As ferramentas de aço rápido são comercializadas em forma de bastões de perfis quadrados, redondos ou lâminas, conhecidos como Bites.

Os insertos (Pastilhas) podem ser fixados à haste mecanicamente ou por brasagem. Dentre os vários tipos de insertos, os intercambiáveis têm hoje ampla aplicação no torneamento.

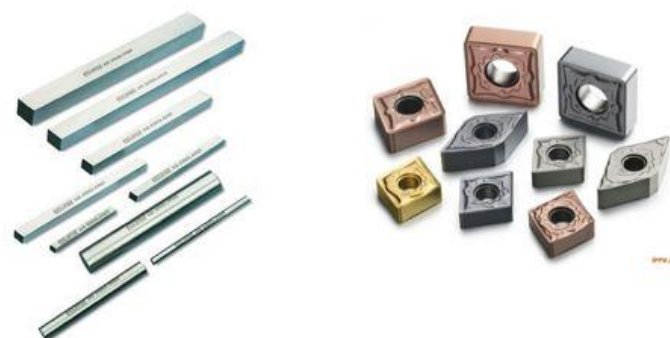


Figura 9 - Bits de aço rápido e pastilhas intercambiáveis.

3.2.2 Velocidade de corte

A velocidade de corte no torno é a que tem um ponto da superfície que se corta quando esta gira. Mede-se em metros por minuto e o valor correto se consegue fazendo com que o torno gire nas rotações adequadas. A velocidade de corte depende entre outros, dos seguintes fatores:

- Tipo de material a ser torneado
- Diâmetro desse material
- Material da Ferramenta
- Operação a ser executada

A tabela a seguir apresenta as velocidades de corte, de acordo com os fatores citados acima.

TABELA DE VELOCIDADE DE CORTE (V) PARA O TORNO (EM METROS POR MINUTO)					
MATERIAIS	FERRAMENTAS DE AÇO RÁPIDO			FERRAMENTAS DE CARBONETO-METÁLICO	
	DESBASTE	ACABAMENTO	ROSCAR RECARILHAR	DESBASTE	ACABAMENTO
AÇO 1020	25	30	10	200	300
AÇO 1045	20	25	8	120	160
AÇO EXTRADURO 1060	15	20	6	40	60
FERRO FUNDIDO MALEÁVEL	20	25	8	70	85
FERRO FUNDIDO GRIS	15	20	8	65	95
FERRO FUNDIDO DURO	10	15	6	30	50
BRONZE	30	40	10-25	300	380
LATÃO E COBRE	40	50	10-25	350	400
ALUMÍNIO	60	90	15-35	500	700
FIBRA E EBONITE	25	40	10-20	120	150

Figura 10 - Tabela genérica para velocidade de corte.

O cálculo dos parâmetros que influenciam na velocidade de corte pode ser calculado da seguinte forma:

$$V_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ (m/mim)}$$

d: diâmetro da peça em mm

n: rotação em rpm

Entretanto, como a velocidade de corte pode ser obtida em tabela, o que interessa calcular é a rotação da máquina para que a velocidade de corte não seja excedida. Como alternativa, pode-se obter a rotação através da seguinte expressão:

$$n = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot d} \text{ (rpm)}$$

Caso o torno não tenha a rotação encontrada no cálculo, deve-se utilizar a rotação oferecida pelo torno, logo abaixo da rotação encontrada no cálculo.

Existe no torno um quadro onde através o diâmetro da peça e da velocidade de corte escolhe-se uma rotação. Por exemplo, ao se usinar uma peça com 40mm de diâmetro e utilizando uma velocidade de corte de 25m/min temos que pôr uma rotação no torno de 200rpm.

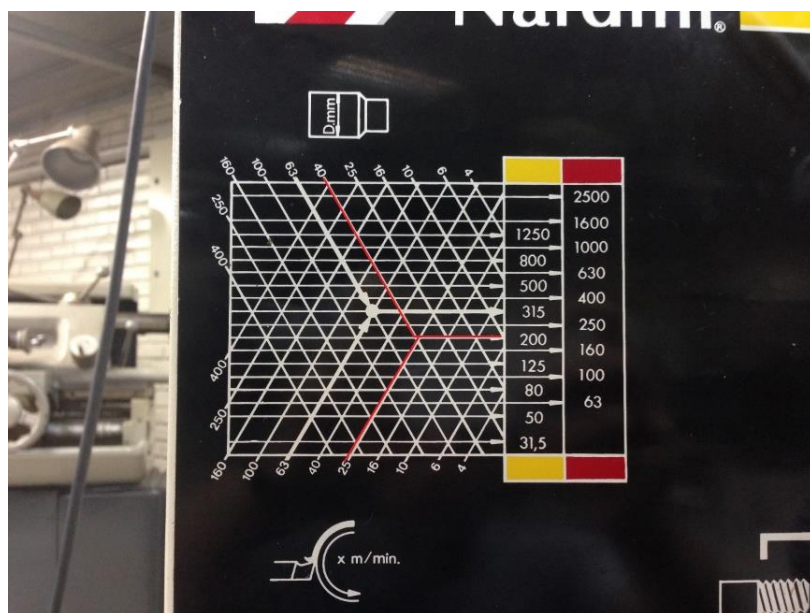


Figura 11 - Ábaco de rotações do torno.

3.3 OPERAÇÕES

Antes de iniciar a alguma operação deve-se observar os seguintes pontos:

- Todo ferramental deve estar de acordo com as capacidades, dimensões e tipo da máquina;
- Certificar se as castanhas da placa estão fixando a peça com a pressão adequada;

- Sempre faça um teste após instalar uma ferramenta

3.3.1 Fixação da peça no cabeçote fixo (placa de castanhas)

A peça deve ser fixada na placa do torno de maneira tal que não apresente folga e se encaixe perfeitamente nas castanhas da placa. Este procedimento deve ser revisado, pois a fixação incorreta da peça na placa além de comprometer a operação pode gerar um grave acidente caso a peça se solte da placa quando esta estiver em uma determinada rotação.

OBS: Deve-se também, lembrar de tirar a chave usada para apertar as castanhas de cima da placa pois esse erro também pode causar acidente.

3.3.2 Centralização da ferramenta

A ferramenta deve ser centralizada com a contraponta (geralmente usada como referência) do torno. Este procedimento visa prover o alinhamento da ponta da ferramenta com o centro da peça a ser usinada. Utilize se necessário calços para deixar a ponta da ferramenta alinhada com a contraponta, como indicado na Figura 12.



Figura 12 - Forma de centralizar a ferramenta de corte.

3.3.3 Regulagens necessárias

As regulagens necessárias relativas às configurações de avanço e rotação do torno, devem ser feitas com o torno **desligado**. Estas regulagens devem seguir o que foi calculado no plano de processo.

3.3.4 Zerando a ferramenta (referenciamento)

O zeramento/referenciamento da ferramenta deve ser feito sempre que a peça é colocada ou recolocada, e é feito com o torno **ligado**. Basta aproximar a ferramenta na peça através dos movimentos do carro longitudinal e/ou transversal até a ponta da ferramenta encostar na superfície cilíndrica da peça e causar um pequeno risco, após isso deve-se zerar o anel graduado. Tem-se então a ferramenta zerada.

3.3.5 Faceamento

O faceamento no torno (Figura 13), também chamado de torneamento radial, é geralmente a primeira operação realizada em uma peça. No faceamento, a ferramenta se desloca segundo uma trajetória retilínea, perpendicular ao eixo de rotação da máquina. O objetivo dessa operação é obter uma face plana de referência em um cilindro usinado no torno.

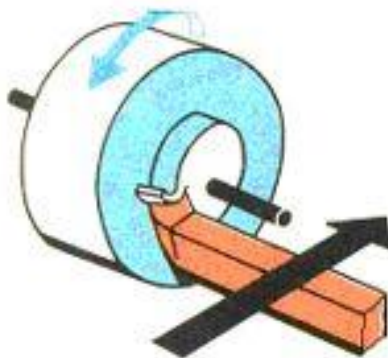


Figura 13 - Operação de faceamento.

Para a velocidade de corte (RPM) dessa operação, deve ser de duas vezes maior que a velocidade de desbaste (RPM), quanto ao avanço da mesa, deve ser correspondente ao mesmo usado no desbaste.

3.3.6 Execução da peça

Para a devida execução da peça, em todas as aulas que serão utilizadas para isto é importante para manter a ordem e o devido andamento do processo de

fabricação que as operações executadas devam ter sido calculadas e organizadas no plano de processo.

As operações de desbaste e acabamento podem ser realizadas manualmente através do movimento dos manípulos do carro longitudinal e transversal, ou automaticamente através das alavancas de avanço automático.

3.3.7 Finalizando a operação no torno

Ao final de cada dia/aula de operação no torno, o mesmo deve ser limpo e lubrificado. O cavaco deve ser varrido do chão e colocado nos barris de lixo específicos (observar as etiquetas dos barris) disponíveis no laboratório. Os cavacos depositados sobre o torno, devem ser expelidos com auxílio dos pinceis de limpeza disponibilizados no laboratório e devem ser despejados na bandeja de retenção de cavaco localizada na parte inferior do torno. Com o auxílio de um colega, a bandeja deve ser retirada do torno e o lixo contido nela deve ser despejado no barril de lixo.

Após a retirada de todo o cavaco da superfície da máquina, a mesma deve ser lubrificada com o óleo disponibilizado para isso. Após borrifar pequenas quantidades de óleo sobre o torno, com o auxílio de um pincel, o óleo deve ser espalhado por toda a superfície da máquina, exceto nos botões e alavancas.

4. APLAINAMENTO

Aplainamento é uma operação que consiste basicamente de movimentos retilíneos sobre a superfície de um material onde há a remoção de cavacos, gerando-se superfícies planas regradas, rasgos e rebaixas.

4.1 ASPECTOS BÁSICOS DA MÁQUINA

A Figura 14 mostra a plaina ROCCO JUNIOR 650 disponível no laboratório, e seus componentes principais são:

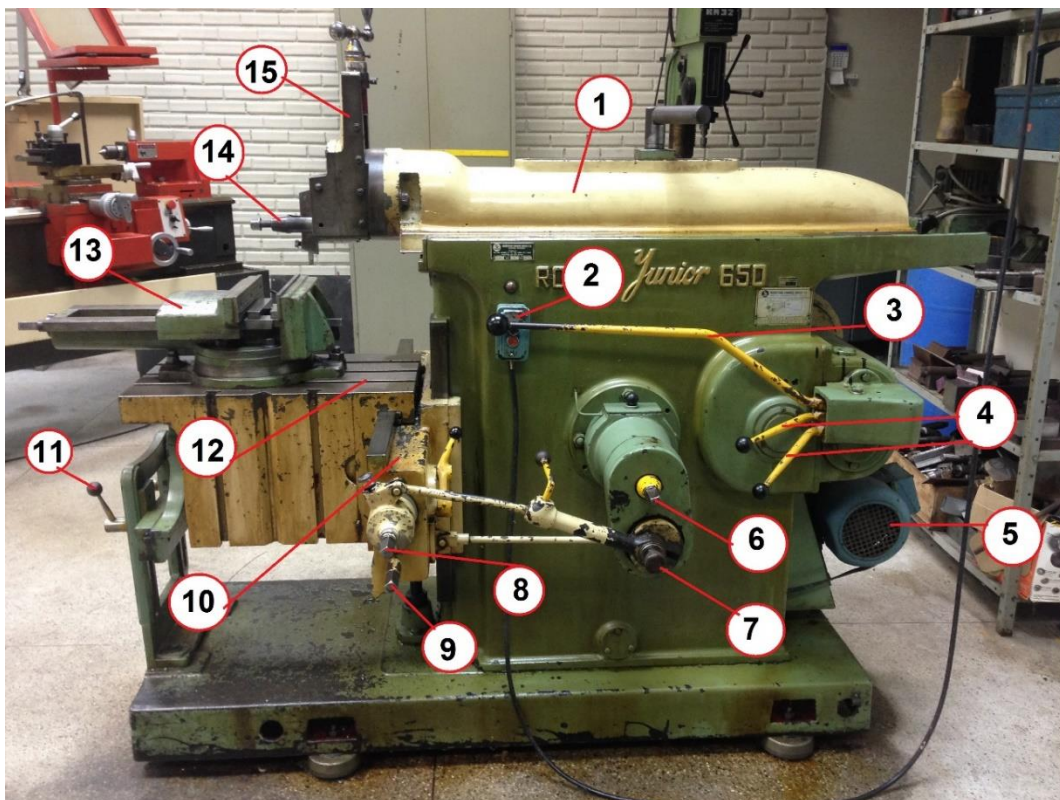


Figura 14 - Visão geral da plaina.

- 1 - Torpedo
- 2 - Botão liga/desliga
- 3 - Alavanca de acionamento
- 4 - Alavancas de velocidade
- 5 - Motor elétrico
- 6 - Parafuso de controle da amplitude do torpedo
- 7 - Parafuso de controle do avanço
- 8 - Parafuso do movimento horizontal da mesa
- 9 - Parafuso do movimento vertical da mesa
- 10 - Suporte para movimento vertical da mesa
- 11 - Alavanca de trava da mesa
- 12 - Mesa
- 13 - Mosa de fixação

- 14 - Porta ferramenta
- 15 - Parafuso de ajusta de profundidade

4.2 PARÂMETROS

4.2.1 Tipos de ferramenta

As ferramentas de aplainar são fabricadas de preferência em aço rápido. Muitas vezes as pontas de corte são também constituídas por pastilhas de metal duro.

A forma da ponta de corte da ferramenta é escolhida de acordo com o trabalho de aplainamento a executar. Somente em casos excepcionais se diferenciam as ferramentas de aplainar das ferramentas de torneiar.

4.2.2 Velocidade de corte

O valor da velocidade de corte depende do material da peça a ser aplainada e do material da ferramenta de corte. A seguir, temos uma tabela de valores recomendados de velocidade de corte para diversos materiais.

TABELA DE VELOCIDADE DE CORTE NA PLAINA LIMADORA (VELOCIDADE DE CORTE EM METROS POR MINUTO)				
DESIGNAÇÃO ABNT	MATERIAL	% CARBONO	VELOCIDADE DE CORTE (m/min)	
			FERRAMENTA DE AÇO RÁPIDO	FERRAMENTA DE METAL DURO
1010	Aço-carbono extramacio	0,08 - 0,13	16	80
1020 1030	Aço-carbono macio	0,18 - 0,23 0,28 - 0,44	12	60
1035 1040	Aço-carbono meio duro	0,32 - 0,38 0,37 - 0,44	10	50
1045 1050	Aço-carbono duro	0,43 - 0,50 0,48 - 0,55	8	40
1055 1060	Aço-carbono muito duro	0,50 - 0,60 0,55 - 0,65	6	25
1070 1095	Aço-carbono extraduro	0,65 - 0,75 0,90 - 1,03	5	20
SAE 63	Bronze comum	-	32	150
SAE 64 e 65	Bronze fosforoso	-	12	60
SAE 68	Bronze de alumínio	-	8	30
-	Aço inoxidável	-	5	20
-	Ferro fundido cinzento	-	15	60
-	Ferro fundido duro	-	12	50
-	Alumínio e latão mole	-	100	300
-	Ligas de alumínio Latão duro	-	60	350
-	Cobre	-	26	100
-	Materiais plásticos	-	26	120

Figura 15 - Tabela de velocidades de corte na plaina limadora.

Identificado o valor da velocidade de corte, pode-se então calcular o número de golpes duplos por minuto (gdpm), utilizando a seguinte equação:

$$n = \frac{V_c * 1000}{2 * c}$$

Onde n é o número de cursos duplos por minuto, Vc é a velocidade de corte (m/min). 1000 é a constante de conversão de 1m para 1000mm. c é a extensão do curso útil (mm), que é igual ao comprimento da peça acrescido de 30 mm (somatório dos comprimentos anterior e posterior), por fim, 2 é o valor que determina o curso duplo na operação de aplainamento.

4.3 OPERAÇÕES

4.3.1 Fixação da peça

A peça deve ser firmemente fixada na morsa (Figura 16) com a face a ser desbastada voltada para cima, de preferência centralizada. Para apertar o parafuso da morsa, indicado pela seta vermelha na Figura 16, deve-se usar uma manivela que pode ser vista na Figura 17.

Caso a altura da peça não seja suficiente, a mesma deve ser calçada para que fique com uma altura maior que a da superfície da morsa, evitando que esta seja desbastada durante o processo de “aplainamento”. Os calços podem ser observados na Figura 17.

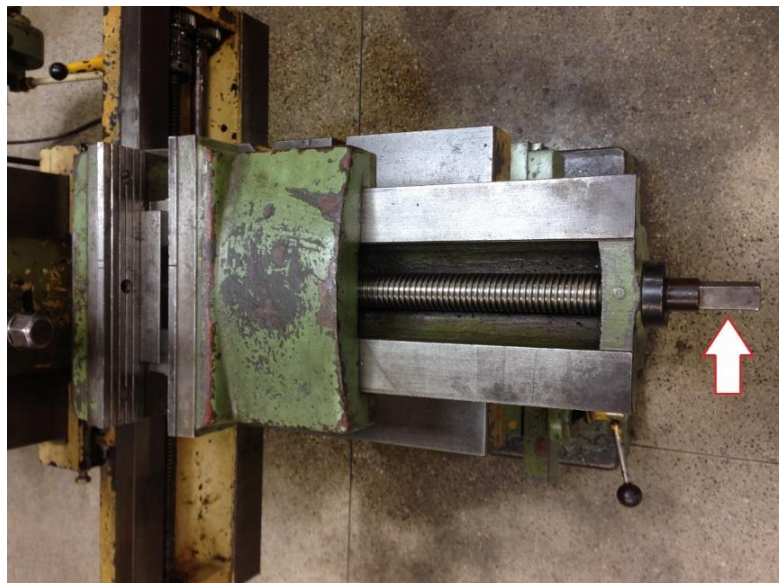


Figura 16 - Morsa para fixação da peça.



Figura 17 - Ferramentas e calços.

4.3.2 Regulagens necessárias

A mesa deve ser ajustada para que a peça se aproxime do porta ferramenta. O movimento vertical da mesa deve ser travado após o ajuste, apertando as alavancas indicadas na Figura 18.



Figura 18 - Alavancas de fixação vertical da mesa.

Na Figura 19, pode-se observar os parafusos de movimento vertical e horizontal da mesa. Girando o parafuso A no sentido horário, a mesa se move para a direita.

Ao girar no sentido anti-horário, ela se move para a esquerda. Ao girar o parafuso B no sentido horário, a mesa sobe. Ao girar no sentido anti-horário, ela desce.

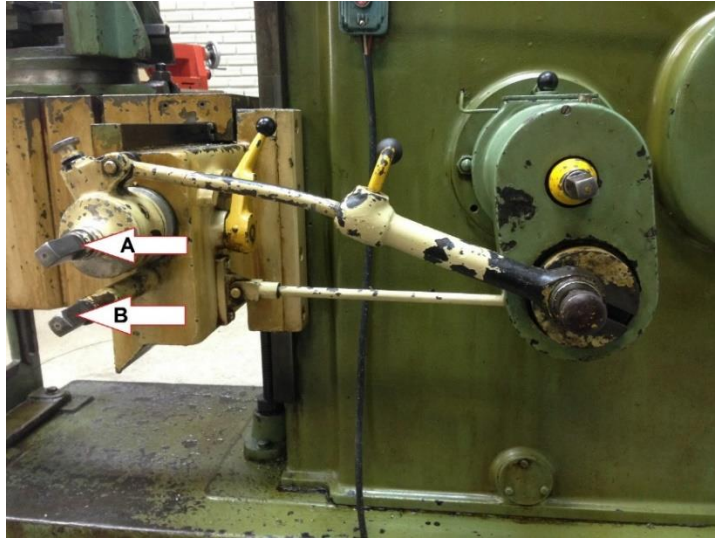


Figura 19 – Parafusos de movimento vertical e horizontal da mesa.

A ferramenta, adequada para o aplainamento, deve ser fixada no porta ferramentas. Coloque a ferramenta no orifício, posicione com a angulação desejada e aperte o parafuso para fixar a ferramenta.

Obs: Verifique se a ferramenta está afastada da verticalmente da superfície da peça, pois caso não esteja, a ferramenta pode colidir com a peça ao ligar a máquina, quebrando assim a ferramenta.

Agora, deve-se ligar a máquina acionando o botão preto atrás da alavanca de embreagem (Figura 20).

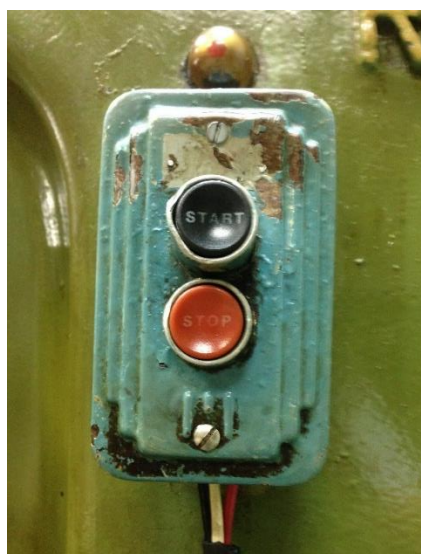


Figura 20 - Botão de acionamento da máquina.

A plaina realiza um movimento alternado e a velocidade desse movimento é dada em GDPM (golpes duplos por minuto). O golpe é o que ocorre cada vez que a ferramenta atinge a peça removendo material e recua. O número de golpes duplos por minuto é calculado a partir da velocidade de corte.

Na lateral direita da plaina, existem duas alavancas e uma tabela para ajustar o número de golpes. A alavanca de cima representa os números 1, 2 e 3 e a alavanca de baixo representa as letras A e B. Para ajustar o número de GDPM, deve-se conferir na tabela o código correspondente e ajustar as alavancas nas posições referentes a esse código. Caso a alavanca não engate na posição correta, deve se dar um pequeno toque na alavanca de embreagem para que as engrenagens girem e os dentes possam se acoplar.

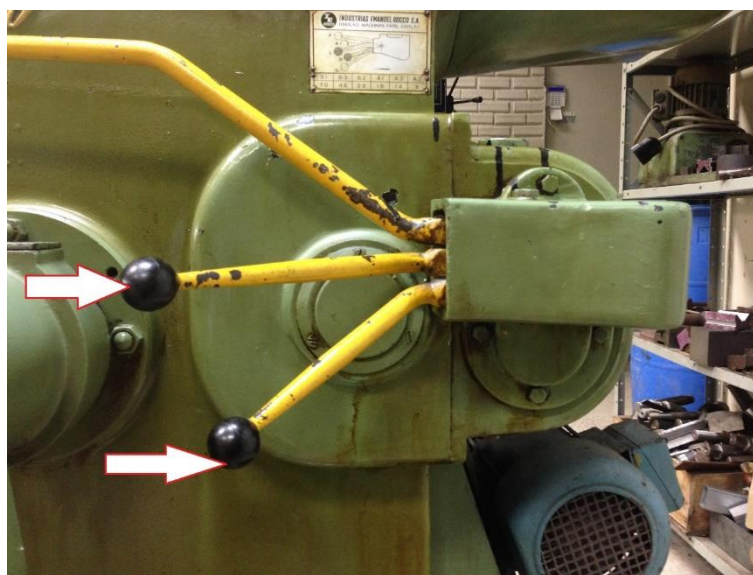


Figura 21 - Alavancas para ajuste do número de golpes.



Figura 22 - Tabela para ajuste do número de GPM

Com o número de golpes ajustado, vamos ajustar o curso de trabalho da plaina. Puxe a alavanca de embreagem e verifique se a ferramenta percorre um curso maior que o comprimento da peça tanto para frente como para trás. Caso o curso esteja muito alto, gire o parafuso da imagem abaixo no sentido horário. Caso contrário, gire o parafuso no sentido anti-horário. Uma folga de aproximadamente 2cm para frente e para trás é suficiente.

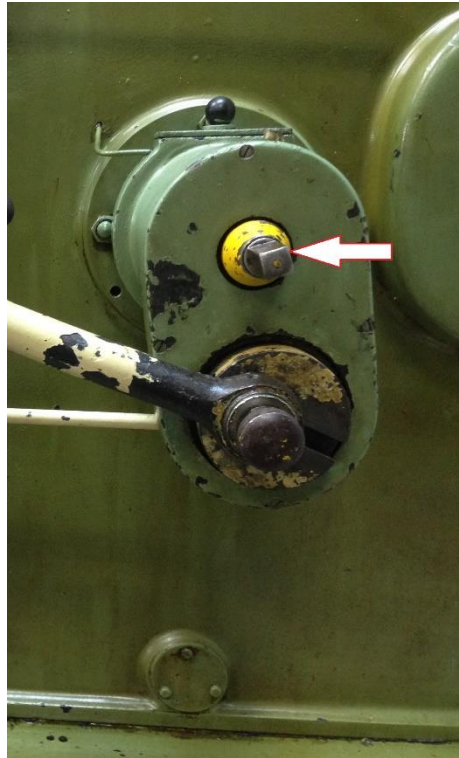


Figura 23 - Parafuso de ajuste do curso.

4.3.3 Zerando a ferramenta (referenciamento)

Agora, deve ser feito o tangenciamento da ferramenta com a peça, para se ter a referência e conseqüentemente conseguir retirar a medida certa de material da peça. Posicione a ferramenta horizontalmente sobre a peça. Acione a embreagem e gire o parafuso (Figura 24) no sentido horário cuidadosamente, até que a ferramenta de corte arranhe suavemente a superfície da peça. Afrouxe com uma chave de fenda o parafuso indicado e gire até que o zero coincida com o traço.



Figura 24 - Parafuso de ajuste de profundidade.

4.3.4 Iniciando o processo de aplainamento

Posicione a ferramenta de corte do lado da peça, com a aresta de corte próxima a lateral da peça. Verifique se a aresta de corte está do lado certo. No parafuso de ajuste, coloque a profundidade a ser removida na primeira passada e trave-o. Cada traço corresponde a 0.05mm.

Acione a embreagem e ative o avanço, levantando e girando o pino (Figura 25), de modo que a seta aponte para o sentido em que deve ser feito o avanço.



Figura 25 - Pino de acionamento do avanço.

Ao acionar esse pino, a mesa da plaina começara a se movimentar lateralmente, realizando o avanço. O corpo onde se encontra esse pino realizará um movimento alternativo e o pino se movimentará dando pequenos pulos. Quanto maior o número de pulos, maior o avanço. Para realizar o ajuste do avanço, deve-se desligar a máquina, afrouxar o parafuso que segura a haste que realiza o avanço e deslocá-la em seu trilho, afastando do centro para aumentar o avanço ou aproximando do centro para diminuir o avanço. A Figura 26 indica o parafuso a ser afrouxado para realização do ajuste do avanço.

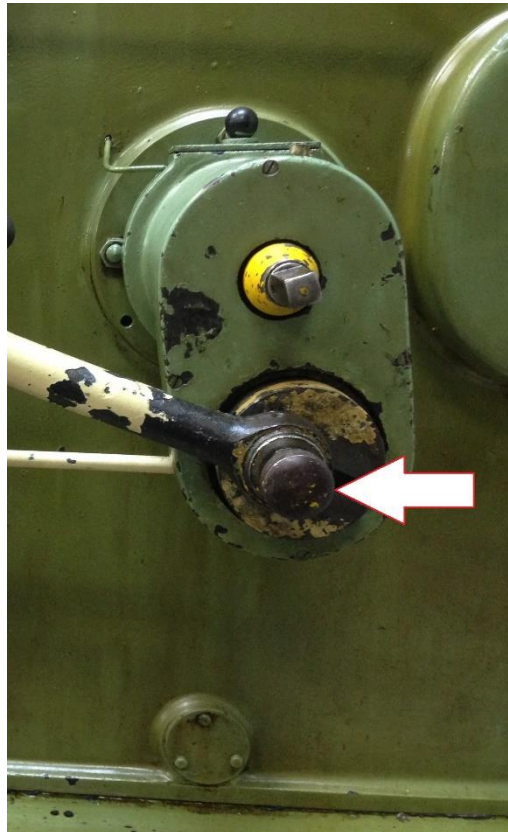


Figura 26 - Regulagem do avanço.

Após o processo de aplainamento, o avanço deve ser desativado antes de desengatar a embreagem.

4.3.5 Finalizando a peça e a operação na plaina

Ao final de cada dia/aula de operação na plaina, a mesma deve ser limpa. O cavaco deve ser varrido do chão e colocado nos barris de lixo. Os cavacos depositados sobre a plaina, devem ser expelidos com auxílio dos pincéis de limpeza disponibilizados no laboratório.

5. FRESAMENTO

O fresamento consiste em um processo mecânico de usinagem destinado à obtenção de superfícies quaisquer (planas e curvas) com o auxílio de ferramentas multicortantes.

5.1 ASPECTOS BÁSICOS DA MÁQUINA

O LABTECMEC está equipado com uma fresadora universal modelo FRESAR TSJ 1100. Os principais componentes desta máquina-ferramenta estão apresentados na Figura 27.

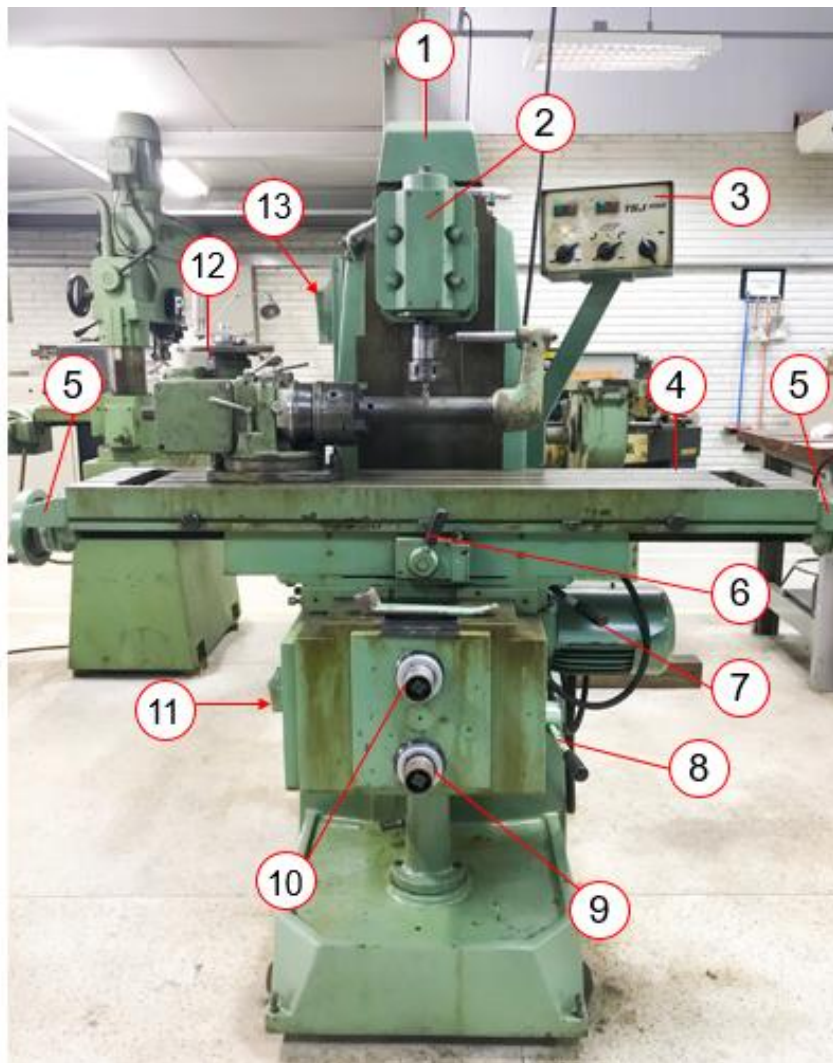


Figura 27 - Aspectos gerais da máquina FRESAR TSJ 1100

- 1 - Cabeçote horizontal
- 2 - Cabeçote vertical
- 3 - Painel de controle de sentido de rotação e avanço da mesa
- 4 - Mesa
- 5 - Manivela de movimentação do eixo x

- 6 - Alavanca de avanço automático no eixo x
- 7 - Alavanca de avanço automático no eixo y
- 8 - Alavanca de avanço automático no eixo z
- 9 - Manivela de movimentação do eixo z
- 10 - Manivela de movimentação do eixo y
- 11 - Controle da velocidade de avanço
- 12 - Cabeçote divisor
- 13 - Controle da velocidade de rotação do eixo

5.1.1 Cabeçote

A fresadora universal pode ser configurada como horizontal ou vertical. A rotação do eixo é selecionada pelo painel localizado na lateral da máquina (item 13 da Figura 27). Neste painel (Figura 28) a chave é usada para indicar a coluna referente à velocidade de rotação desejada.



Figura 28 - Seletor de velocidade de rotação do eixo-árvore

A seleção da linha é feita pela parte A do painel apresentado na Figura 29. Por meio da chave, pode-se escolher o sentido de rotação (A1: horário e A2: anti-horário) e selecionar a cor referente à velocidade de rotação desejada.



Figura 29 - Painel de controle de sentido de rotação e avanço da mesa

Tomando como exemplo a Figura 28 e Figura 29, a configuração indica rotação de 336 rpm no sentido horário.

5.1.2 Caixa de avanços

A regulagem do avanço automático é feita pela combinação da seleção das chaves 1 e 2 mostradas na Figura 30 com a seleção da parte B do painel da Figura 29.



Figura 30 - Seletor de velocidade de avanço da mesa

Uma vez calculada a velocidade de avanço da operação, a chave 2 da Figura 30 determina o conjunto que contém a velocidade desejada. Em seguida, ajusta-se a chave 1 da mesma figura para selecionar a linha na qual a velocidade se encontra. Enfim, pela Figura 29 utiliza-se a chave da parte B para escolher a cor da coluna (amarela ou vermelha). Além disso, a combinação B3 e B4 também determinará o sentido de movimento da mesa.

Pelas configurações mostradas na Figura 29 e Figura 30, o avanço automático da mesa corresponde a 138 mm/min.

5.1.3 Mesa

A mesa da fresadora (indicada pelo item 4 da Figura 27) é onde a peça será fixada, seja por meio de uma morsa ou algum acessório da fresadora, como o cabeçote divisor.

Durante a operação de fresagem, é a mesa que realizará o movimento ou de forma manual (itens 5, 9 e 10 da Figura 27) ou automática (itens 6, 7 e 8 da Figura 27).

5.1.4 Cabeçote divisor

O cabeçote divisor é um acessório utilizado na máquina fresadora para fazer divisões no movimento de giro da peça. Como este acessório permite virar a peça sucessivamente em determinado ângulo, ele pode ser utilizado na fabricação de polígonos regulares, dentes de engrenagens, furos equidistantes, etc.

Para determinar o número de voltas na manivela do cabeçote que corresponda a certo ângulo, deve-se utilizar uma equação referente ao tipo de divisão – direta, indireta ou diferencial. A divisão indireta é a mais comum e sua fórmula está apresentada abaixo.

$$N = \frac{K}{n}$$

Onde N é o número de voltas, K é a constante do cabeçote divisor e n é o número de faces/dentes.

É importante lembrar que a parte inteira da divisão se refere ao número de voltas completas para realizar cada ranhura, e o resto da divisão será o número de furos a serem avançados no disco divisor. Assim, recomenda-se deixar o resto da divisão em forma de fração, para que se possa, caso necessário, multiplicar o numerador e o denominador por um mesmo número a fim de encontrar um denominador correspondente ao número de furos de uma das carreiras do disco divisor.

A constante do cabeçote divisor compatível com a máquina TSJ 1100 é igual a 40 e o prato divisor possui carreiras contendo: 15, 16, 17, 18, 19, 21, 23, 27 e 29 furos.

Na Figura 31 é possível observar os números de furos de cada carreira do disco (1) e o compasso ajustável (2) para facilitar a operação do cabeçote. Antes da operação, a manivela (3) é ajustada para coincidir com o raio correto da fileira de furos desejada.

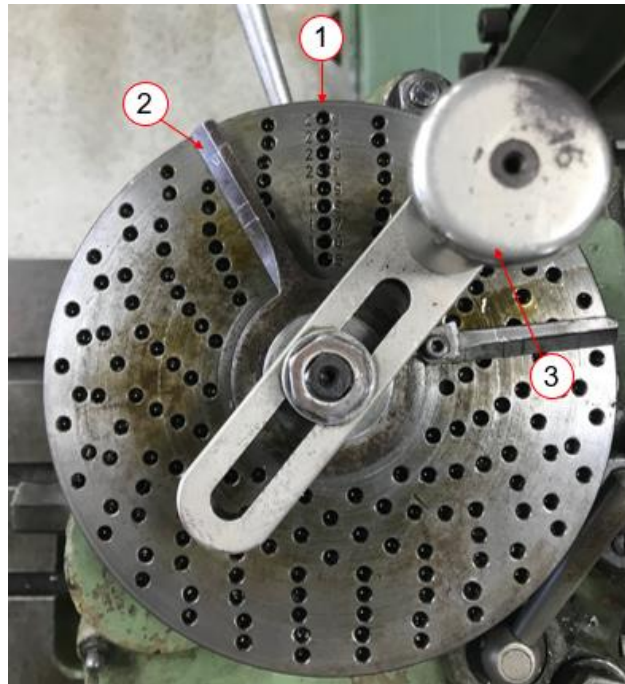


Figura 31 - Disco divisor

5.2 PARÂMETROS

5.2.1 Tipos de ferramenta

A ferramenta utilizada nas operações de fresamento é denominada fresa. As fresas são ferramentas rotativas providas de múltiplas arestas de corte dispostas simetricamente ao redor de um eixo, a qual remove material de forma intermitente. A escolha do tipo de ferramenta está atrelada ao tipo de operação desejada.

As fresas podem ser classificadas de acordo com sua geometria, sentido de corte, forma dos dentes, construção, fixação e aplicação. Além da escolha do tipo correto de fresa para a operação desejada, deve-se escolher o material da fresa, como aço rápido, metal duro ou com determinado revestimento.

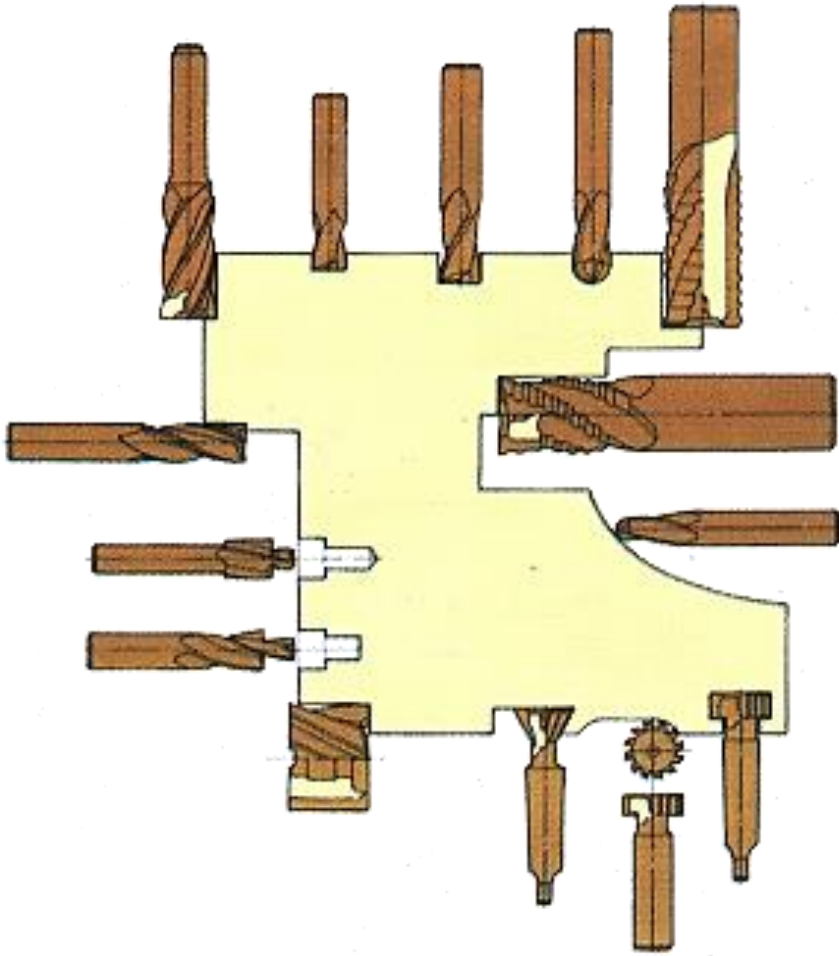


Figura 32 - Diferentes tipos de fresa

5.2.2 Velocidade de corte

A velocidade de corte é influenciada por diversos fatores, como: tipo de operação, tipo de fresa, material da peça a ser usinada, material da fresa, geometria da fresa, entre outros.

O cálculo para obtenção da velocidade de corte está exposto a seguir.

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$$

Onde V_c é a velocidade de corte em m/min, D é o diâmetro da fresa e n é a rotação em rpm.

A Figura 33 apresenta valores de referência para a velocidade de corte na fresadora para diferentes tipos de ferramentas e operações.

VELOCIDADE DE CORTE NA FRESADORA (EM METROS POR MINUTO)				
NOTA 1 – VELOCIDADES DE CORTE RECOMENDADAS, SEGUNDO O MATERIAL E O TIPO DA FRESA.				
NOTA 2 – PARA FRESAS DE CARBONETO, A VELOCIDADE DE CORTE DEVE SER 3 (TRÊS) VEZES MAIOR.				
OPERAÇÃO	DESBASTE		ACABAMENTO	
	DE	ATÉ	DE	ATÉ
FRESAS E MATERIAIS				
FRESAS CILÍNDRICAS				
AÇO DURO	8	10	10	14
AÇO SEMIDURO	10	12	14	18
AÇO DOCE	12	14	18	22
FERRO FUNDIDO	10	12	14	18
METAIS LEVES	150	200	200	300
BRONZE	30	40	40	60
FRESAS COM HASTE				
AÇO DURO	12	14	16	18
AÇO SEMIDURO	14	16	18	20
AÇO DOCE	16	18	20	24
FERRO FUNDIDO	14	16	18	20
METAIS LEVES	140	180	150	180
BRONZE	30	40	50	60
FRESAS CILÍNDRICAS FRONTAIS				
AÇO DURO	8	10	12	40
AÇO SEMIDURO	10	12	16	18
AÇO DOCE	12	14	20	22
FERRO FUNDIDO	10	12	16	18
METAIS LEVES	150	250	200	300
BRONZE	30	40	40	60
FRESAS COM DENTES POSTIÇOS				
AÇO DURO	10	12	15	20
AÇO SEMIDURO	12	15	20	25
AÇO DOCE	15	20	25	30
FERRO FUNDIDO	12	18	20	25
METAIS LEVES	200	300	200	400
BRONZE	40	60	50	80
FRESAS DE DISCO				
AÇO DURO	8	10	10	14
AÇO SEMIDURO	10	18	14	18
AÇO DOCE	12	14	18	22
FERRO FUNDIDO	10	12	14	18
METAIS LEVES	150	200	200	300
BRONZE	30	40	40	60
FRESAS - SERRA				
AÇO DURO	15	20	25	30
AÇO SEMIDURO	25	30	35	40
AÇO DOCE	35	40	45	50
FERRO FUNDIDO	20	30	30	40
METAIS LEVES	200	300	300	400
BRONZE	40	60	30	40

Figura 33 - Referência para determinação da velocidade de corte para fresagem

5.2.3 Velocidade de avanço

A velocidade de avanço também é outro parâmetro importante que deve ser determinado nas operações de fresamento. Para calculá-lo utiliza-se as seguintes equações:

$$V_z = n \cdot z \cdot f_z$$

$$f_z = \frac{f}{z}$$

Sendo:

V_z a velocidade de avanço [mm/min];

n a velocidade de rotação do eixo [rpm];

z o número de dentes da fresa;

f_z o avanço por dente por revolução;

f o avanço da mesa por revolução [mm/volta].

5.3 OPERAÇÕES

5.3.1 Fixação da peça

Uma das formas de fixar a peça é utilizando uma morsa. Neste caso, deve-se atentar para que a parte a ser usinada esteja mais alta que os mordentes da morsa, podendo fazer uso de calços. Assim, a peça deve ser fixada com certa pressão, que evite movimentação dela durante o processo de fresamento.

Caso seja utilizado o cabeçote divisor, a peça será encaixada entre a placa de castanhas do cabeçote e a ponteira. Esse posicionamento garantirá o alinhamento da peça, para que seu eixo se esteja paralelo ao plano da mesa. Novamente, é preciso verificar se a peça está bem apoiada na ponteira e se a pressão exercida pelas castanhas é suficiente para impedir movimentos durante a fresagem.

Esta etapa deve ser feita com muita atenção pois a má fixação poderá ocasionar graves acidentes caso a peça se movimente ou se solte durante a usinagem.

5.3.2 Regulagens necessárias

Os parâmetros calculados que constam no plano de processo – velocidade de rotação e velocidade de avanço – devem ser configurados com a máquina **desligada**, conforme apresentado nas seções 5.1.1 e 5.1.2.

5.3.3 Zerando a ferramenta (referenciamento)

O zeramento/referenciamento da ferramenta deve ser feito sempre que a peça é colocada ou recolocada, a fim de minimizar erros. A fresadora permite fazer o zeramento nos três eixos, e isso dependerá da face da peça que será usinada.

Com a peça fixada corretamente, a máquina é ligada e movimenta-se a mesa cuidadosamente até que a ferramenta encoste levemente em uma das faces, removendo um pouco de material – esse contato marca o zero. Cada um dos

manípulos possui um anel graduado ajustável, que deverá ser posicionado para coincidir no zero nesta posição em que a ferramenta toca a superfície. Repete-se o procedimento para cada eixo.



Figura 34 - Referenciamento nos três eixos

5.3.4 Execução do fresamento

O processo de fresagem deve ser realizado conforme definido no plano de processo. Assim, com a peça devidamente fixada e com a ferramenta referenciada, ajusta-se a profundidade do passe segundo os cálculos realizados.

O botão verde da parte A, mostrado na Figura 29 aciona a rotação da ferramenta. As operações de desbaste e acabamento podem ser realizadas manualmente – através dos manípulos dos eixos X, Y e Z – ou de forma automática. O avanço automático requer o acionamento do botão verde da parte B (Figura 29) e o acionamento da alavanca do movimento desejado (itens 6, 7 e 8 da Figura 27).

5.3.5 Operando o cabeçote divisor

Tendo realizado o cálculo do número de voltas de acordo com as definições da peça em questão, inicialmente ajusta-se a manivela do cabeçote divisor para coincidir com a fileira de número de furos adequada. Ao final dos passes em cada superfície, desliga-se a rotação da ferramenta e ela é afastada da peça. Assim, pode-se dar as voltas necessárias no disco e andar os furos de acordo com os cálculos feitos previamente. O compasso ajustável pode ser usado para marcar a posição inicial e a posição final, a fim de facilitar o processo.

Obs.: o cabeçote divisor deve ser rotacionado sempre no mesmo sentido. Em caso de movimentação no sentido contrário, é recomendado voltar a manivela aproximadamente uma volta para que a folga não interfira no ângulo final.

5.3.6 Finalizando a operação na fresadora

Ao final de cada dia/aula de operação na fresadora, ela deve ser higienizada. O cavaco deve ser varrido do chão e colocado nos barris de lixo específicos (observar as etiquetas dos barris) disponíveis no laboratório. Os cavacos depositados sobre a mesa e acessórios da fresadora devem ser removidos com auxílio dos pinceis de limpeza disponibilizados no laboratório. Caso haja fluido de corte acumulado, utiliza-se estopa para limpar e secar essas partes da máquina.