



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

Ramo : Construção Mecânica

## **TRABALHO DE LICENCIATURA**

### **Preparação Construtiva e Tecnológica de Fabricação de Válvula de Entrada de Água**

Estudante : Cumbane, Pedro Jeremias

Supervisor : Prof. Dr. Alexandre Kourbatov

Maputo, Novembro de 2005

## **Declaração**

Declaro por minha honra que este trabalho é legítimo e totalmente da minha autoria, sendo que nunca foi antes elaborado por outra pessoa.

O mesmo contou com ajuda através de consultas feitas ao supervisor do trabalho de licenciatura durante todo o processo da sua elaboração, contou também com consulta de diversa literatura conforme apresentada na bibliografia.

Maputo, aos 29 de Novembro de 2005

Assinatura

-----

## **Dedicatória**

Dedico a minha família pelo apoio material e moral prestado durante toda a fase de estudo que culminou com a conclusão deste curso.

## **Agradecimentos**

Agradeço a minha família pela paciência e apoio durante os meus estudos.

## **Resumo**

Este trabalho apresenta os processos tecnológicos de fabricação de corpo, cone e tampa de um tipo de válvula de entrada de água com cone truncado. Esta variante é resultado da simplificação de um outro modelo de válvula com rosca e cunha, com o objectivo de dar mais vida a válvula, simplificar o processo tecnológico de produção e por conseguinte reduzir os custos da sua produção.

A válvula em estudo será composto de 7 peças nomeadamente corpo, cone, tampa, parafuso, anilha, vedante e mola. Os componentes principais da válvula são feitos de latão sendo o corpo fundido e as restantes peças usinadas. A mola, o vedante, o parafuso e a porca são compradas no mercado.

**Lista de símbolos**

<b>Símbolo</b>	<b>Descrição</b>	<b>Unidades</b>
a	espessura menor da superfície concordante	mm
A	área	mm <sup>2</sup>
A <sub>i</sub>	área de cada um dos 3 rectângulos que formão a secção	mm <sup>2</sup>
A <sub>p</sub>	apótema do hexágono	mm
b´	espessura maior da superfície concordante	mm
b	largura	mm
C <sub>e</sub>	constante dependente da liga	
C <sub>m</sub> , q <sub>m</sub> , X <sub>m</sub> , y <sub>m</sub> , C <sub>p</sub> , q <sub>p</sub> , X <sub>p</sub> , y <sub>p</sub> , k <sub>ap</sub>	coeficientes e expoentes para o cálculo do momento torsor	
C <sub>uf</sub>	coeficiente de uso da ferramenta	
C <sub>um</sub>	coeficiente de uso da máquina	
C <sub>v</sub> , q <sub>v</sub> , X <sub>v</sub> , y <sub>v</sub> , m, K <sub>av</sub>	coeficientes e expoentes para o cálculo da velocidade de corte	
e	espessura mínima da peça	cm
F	força	N
F <sub>n</sub>	força normal	N
g	aceleração de gravidade	m/s <sup>2</sup>
h	altura do prisma, cone, ou cilindro	mm
I <sub>x</sub>	momento de inércia de cada rectângulo relativamente ao seu centro de gravidade	mm <sup>4</sup>
I <sub>x</sub>	momento de inércia em relação ao eixo x	mm <sup>4</sup>
K	coeficiente de consumo de metal	
K <sub>df</sub>	coeficiente de correcção da força de corte em função do nível de desgaste da ferramenta	
k <sub>esv</sub>	coeficiente de correcção da velocidade em função do estado	
k <sub>lv</sub>	coeficiente de correcção da velocidade de corte em função do comprimento do furo	
k <sub>mfv</sub>	coeficiente de correcção da velocidade de corte em função do material da ferramenta	
K <sub>mp</sub>	coeficiente de correcção da força de corte em função do material a trabalhar	
K <sub>mv</sub>	coeficiente de correcção da velocidade de corte em função do material a trabalhar	
K <sub>n</sub>	coeficiente de rugosidade	
K <sub>p</sub>	coeficiente de precisão	
K <sub>r</sub>	coeficiente de rugosidade	

$K_u$	coeficiente de unificação	
$K_{um}$	coeficiente de uso do material	
$k_v$	coeficiente de correcção da velocidade de corte	
$l'$	lado do hexágono	mm
$l$	braço da força $F$	mm
$M$	momento flector	Nm
$m$	massa	kg
$M_{pa}$	massa da peça acabada	kg
$M_{pb}$	massa da peça bruta	kg
$M_{pf}$	massa da peça fundida	Kg
$M_t$	momento torsor	Nm
$n$	número de superfícies que tem a mesma precisão	
$n'$	número de lados do hexágono	
$n_c$	frequência de rotação da árvore principal	rpm
$N_c$	potência de corte	kW
$N_m$	potência da máquina	kW
$n_m$	frequência de rotação da árvore principal pela máquina	rpm
$P$	peso	N
$P_a$	força axial	N
$Q_n$	número de superfícies normalizadas	
$Q_p$	precisão	
$Q_{pm}$	precisão média	
$Q_u$	número de superfícies unificadas	
$Q_{\Sigma}$	número total de superfícies	
$r'$	raio de concordância	mm
$R, r$	raios da circunferência do cilindro ou do cone	mm
$R_z$	Altura média das irregularidades numa superfície	$\mu\text{m}$
$R_{z_m}$	Altura média das irregularidades das superfícies	$\mu\text{m}$
$S$	secção mínima do sistema de fixação	$\text{mm}^2$
$S_{vc}$	avanço calculado	mm/volta
$S_{vm}$	avanço pela máquina	mm/volta
$S_{vt}$	avanço tabelado	mm/volta
$T$	camada defeituosa	$\mu\text{m}$
$t$	profundidade de corte	mm
$T''$	torque	Nm
$T_e$	duração da ferramenta	minutos

$t_p$	tempo de tratamento principal	minutos
$V$	volume	$\text{mm}^3$
$V_c$	velocidade de corte	m/min
$V_{pa}$	volume da peça acabada	$\text{dm}^3$
$V_{pb}$	volume da peça bruta	$\text{mm}^3$
$V_r$	velocidade real	m/min
$w_p$	momento de resistência polar	$\text{mm}^3$
$y$	distancia do centro de gravidade da secção aos centros de gravidade dos rectângulos	mm
$Y_i$	posição do centro de gravidade em relação aos eixos de referência	mm
$y_s$	posição do centro de gravidade em relação ao eixo x	mm
$Z_{\text{min,max}}$	sobressessuras mínima e máxima respectivamente	$\mu\text{m}$

$[\sigma]$	tensão normal admissível	$\text{N/mm}^2$
$f$	coeficiente de atrito	
$\alpha$	ângulo	$^\circ$
$\Delta_{ce}$	coeficiente de rigidez da broca	
$\epsilon$	coeficiente de contracção linear	
$\epsilon_a$	defeito de aperto	$\mu\text{m}$
$\epsilon_d$	defeito do dispositivo	$\mu\text{m}$
$\epsilon_i$	defeito de instalação	$\mu\text{m}$
$\epsilon_p$	defeito de posicionamento	$\mu\text{m}$
$\eta$	rendimento da máquina	
$\rho$	massa específica da latão	$\text{kg/dm}^3$
$\rho'$	deformação no espaço	$\mu\text{m}$
$\rho_c$	defeito de curvatura	$\mu\text{m}$
$\rho_d$	defeito de deslocamento da broca	$\mu\text{m}$
$\rho_e$	defeito de excentricidade	$\mu\text{m}$
$\sigma_{\text{max}}$	tensão normal máxima	$\text{N/mm}^2$
$\varphi$	ângulo de posição principal	$^\circ$
$\psi$	ângulo de inclinação da arresta cortante no núcleo	$^\circ$
$\omega$	ângulo de inclinação da arresta cortante auxiliar	$^\circ$
$\tau$	tensão tangencial máxima	$\text{N/mm}^2$
$[\tau]$	tensão admissível	$\text{N/mm}^2$

---

**Índice**

<b>DECLARAÇÃO .....</b>	<b>2</b>
<b>DEDICATÓRIA .....</b>	<b>3</b>
<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>3</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>1. PARTE CONSTRUTIVA.....</b>	<b>10</b>
1.1. ANÁLISE DAS CONSTRUÇÕES DE VÁLVULAS EXISTENTES NO MERCADO .....	10
1.2. DESCRIÇÃO DE CONSTRUÇÃO E FUNCIONAMENTO DA VÁLVULA PROPOSTA ..	12
1.3 ANÁLISE CONSTRUTIVA DAS PEÇAS DA VÁLVULA.....	13
1.4. CÁLCULO DA RESISTÊNCIA MECÂNICA DE ALGUMAS PEÇAS .....	22
<b>2. PARTE TECNOLÓGICA .....</b>	<b>25</b>
2.1. ELABORAÇÃO DO PROCESSO TECNOLÓGICO DE FABRICAÇÃO DO CORPO .....	26
2.1.1. Análise tecnológica do corpo da válvula .....	26
2.1.2. Escolha do tipo de produção e método de trabalho.....	32
2.1.3. Escolha da peça bruta .....	32
2.1.4. Escolha das bases tecnológicas .....	33
2.1.5. Escolha da sequência de tratamento das superfícies.....	37
2.1.6. Elaboração da rota de tratamento do corpo.....	39
2.1.7. Cálculo de sobresspessuras e cotas intermediárias.....	41
2.1.8. Elaboração das fases .....	44
2.1.9. Cálculo dos regimes para brocagem .....	48
2.1.10. Projecção do molde .....	52
2.2. ELABORAÇÃO DO PROCESSO TECNOLÓGICO DE FABRICAÇÃO DO CONE .....	59
2.2.1. Análise tecnológica do cone .....	59
2.2.2. Escolha da peça bruta .....	61
2.2.3. Escolha das bases tecnológicas.....	62
2.2.4. Escolha da sequencia de tratamento das superfícies.....	65
2.2.5. Elaboração da rota de tratamento .....	68
2.2.5. Elaboração das fases .....	70
2.2.6. Cálculo de regimes para fresagem .....	74
2.3. ELABORAÇÃO DO PROCESSO TECNOLÓGICO DE FABRICAÇÃO DA TAMPA.....	78
2.3.1. Análise tecnológica da tampa .....	78
2.3.2. Escolha da peça bruta .....	80
2.3.3. Escolha das bases tecnológicas.....	80
2.3.4. Escolha da sequencia de tratamento das superfícies.....	81
2.3.5. Elaboração da rota de tratamento das superfícies .....	84
2.3.6. Elaboração das fases .....	86
2.4. ANÁLISE TECNOLÓGICA DA ALAVANCA .....	88
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>90</b>
<b>RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>90</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>91</b>

## **ANEXOS**

1. Termo de atribuição do tema de trabalho de licenciatura
2. Desenho de montagem da válvula
3. Desenho do corpo
4. Desenho do cone truncado
5. Desenho da tampa
6. Desenho da alavanca
7. Cartões de rota
8. Cartas de fase
9. Desenho da moldação completa
10. Desenho da placa modelo
11. Desenho do macho e caixa de macho

## Introdução

O crescimento industrial no país é um dos principais factores indispensáveis para se atingir o nível de desenvolvimento sócio económico necessário para redução do desemprego no país e a erradicação da pobreza absoluta.

Moçambique continua a importar diversos bens de uso doméstico e industrial que poderiam ser fabricados localmente a custos razoáveis.

Com o actual estágio de crescimento urbanístico, justifica-se a produção de válvulas de entrada de água para abastecer o mercado nacional.

O objectivo do trabalho é elaborar os processos tecnológicos de fabricação de válvulas de entrada de água a serem usadas em instalações residenciais bem como em diversas aplicações industriais para a vedação de água à entrada das instalações.

Na sua parte textual o trabalho contém a análise das diferentes variantes de válvulas existentes no mercado, a análise detalhada da válvula escolhida, a elaboração do processo tecnológico de fabricação das peças, a projecção dos moldes para o corpo da válvula, o cálculo dos regimes de corte para uma das peças e a elaboração das fases para o corpo e o cone truncado.

A parte gráfica será composta pelos desenhos de montagem da válvula, desenhos das peças, alguns esquemas de tratamento, desenho do molde montado e desenho da peça bruta fundida.

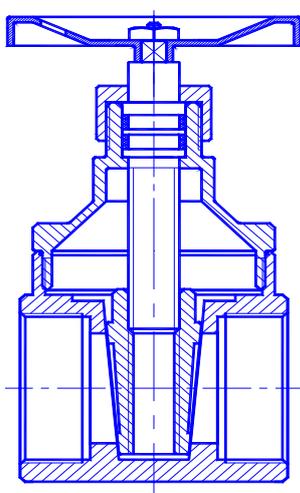
## 1. Parte construtiva

### 1.1. Análise das construções de válvulas existentes no mercado

O objectivo deste capítulo é analisar diferentes variantes de construções de válvulas existentes, a fim de escolher a melhor construção para que a produção da mesma seja feita com menores custos possíveis, com garantia da qualidade e vida útil razoável, com a simplificação dos processos de produção, economia de material, ergonomia, etc.

Neste momento no mercado existem 2 tipos de válvulas que se instalam na entrada do conduto de água; a válvula de cunha e de esfera.

A válvula de cunha é relativamente simples quando comparado com a válvula de esfera, mas tem a desvantagem de ter maior consumo de material tanto



em termos de quantidade assim como em termos de preço.

Para além disso tem maior número de componentes com construções diferentes, o que encarece a sua produção devido ao uso de várias máquinas, exigência de precisão na fabricação das superfícies planas da cunha do corpo e da válvula o que só é conseguido com uso de processos de fabricação caros. Ainda tem avaria constante devido o desgaste da rosca.

Figura 1. Válvula de cunha

A válvula de esfera (figura 2) tem a vantagem de ter menor consumo de material quando comparado com a construção anterior, é manipulado com menor esforço, quando é feito de ferro fundido torna-se ainda mais barato mas por outro lado exige grande precisão de fabricação da esfera, o que só se consegue envolvendo altos custos de produção.



---

## 1.2. Descrição de construção e funcionamento da válvula proposta

A válvula está constituída de 7 peças (veja figura 3):

**Corpo 1** de latão, tem 2 furos roscados para união de tubos pelos 2 lados e um furo cego cónico para instalação do cone truncado 2 que veda a água. Entre os dois furos roscados temos um furo passante para passagem da água.

**Cone truncado 2** de latão, serve para abrir ou fechar a passagem da água tem duas ranhuras para passagem da água, cabo de secção quadrada para encaixar alavanca 4 e furo roscado na parte superior para fixa-la. Tem ainda uma ranhura para instalação do vedante 6.

**Tampa 3** de latão, serve para fechar corpo 1 na parte superior, tem rosca interna para fixação no corpo e furo para passagem do cabo do cone 2.

**Alavanca 4** de alumínio, serve para fazer girar o cone 2, tem furo quadrado para ligação ao cabo do cone 2.

**Parafuso 5** de compra, serve para fixar a alavanca 4.

**Vedante 6** de compra que evita a fuga da água.

**Mola 7** de compra serve para pressionar o cone 2 para baixo para melhor vedação.

A válvula é montada no tubo de abastecimento de água.

O funcionamento desta válvula consiste em fazer girar num ângulo de 90° a alavanca 4 em qualquer sentido, este por sua vez roda o cone 2 que adquire nova posição no furo do corpo 1 (aberta - quando o alavanca estiver

direccionado ao longo da tubulação, ou fechada quando este estiver na posição perpendicular) . A água passa através das superfícies 2 do cone 2 (figura 5).

### 1.3 Análise construtiva das peças da válvula

#### Corpo 1

O corpo está constituído de 12 tipos de superfícies, sendo as superfícies mais importantes os furos roscados 3 (figura 4); que servem para união dos tubos, o furo cónico 12, que serve para entrada do cone truncado e o cilindro roscado 8, que serve para fixação da tampa. O furo cónico 12 por ter grande influencia no funcionamento da válvula (capacidade de vedação da água) é feita de alta precisão as superfícies roscadas de precisão elevada e as restantes de precisão normal (tabela 1).

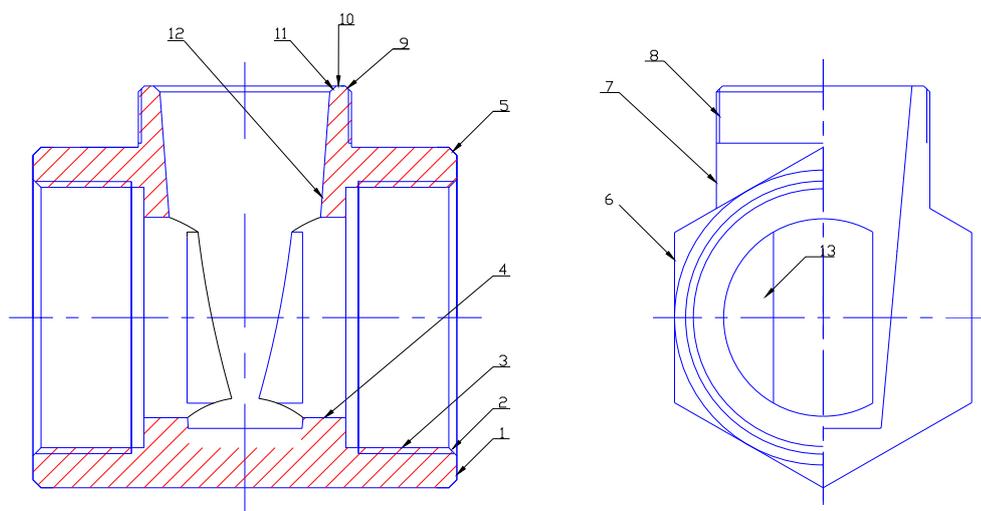


Figura 4. Corpo

Para dimensões externas toma-se  $h$ , para dimensões internas  $H$  e outras  $\pm IT14/2$ . Para dimensões livres escolhe se 14 grau grau de tolerância para reduzir preço.

**Dois faces 1 e face 10** servem para delimitar o corpo, têm dimensões  $l=42$  mm e  $l=22$  mm da série normalizada  $Ra40$  e  $Ra20$ . Estas dimensões podem ser feitas com 14 grau de tolerância pois são livres e com desvio fundamental

---

h pois são de tipo veio. As superfícies podem ter rugosidade Rz 40 que é  $< IT14/4=130 \mu\text{m}$ .

**Dois chanfros internos 2** servem para facilitar entrada do macho e do tubo, **dois chanfros 5** servem para evitar cortes, **chanfro 9** serve para facilitar entrada da fêmea e da tampa e **chanfro 11** serve para evitar cortes. Os chanfros nas roscas têm dimensão do cateto igual ao passo da rosca, todos chanfros são livres e tem dimensões na tabela 1.

**Dois furos roscados 3**, servem para união dos tubos, tem dimensão principal M27 da série das roscas normalizadas, o diâmetro médio pode ter 6 classe de precisão pois tem pequena influência no funcionamento (vedação da água), rugosidade dos filetes Ra2.5 para garantir boa vedação da água.

**Furo passante 4** serve para passagem da água, tem  $\varnothing 20$  da série Ra20, é livre (ver tabela 1).

**Faces sextavadas 6** servem para aperto dos tubos e tampa na válvula, por serem superfícies que tem pouca influência no funcionamento da válvula, escolhe se 12 grau de tolerância ( tabela1).

**Cilindro 7**, único, é livre, outras dimensões ver tabela 1.

**Rosca externa 8** serve para fixar tampa no corpo (tabela 1).

**Furo cônico 12**, é único, serve para acomodar o cone truncado, o diâmetro 17 por ter certa influência no funcionamento tem 9 grau de tolerância, o ângulo de conicidade  $\alpha$  é de alta precisão, tem desvio de cilindridade 0.01, e rugosidade Ra2.5 para garantir boa vedação e é normalizado segundo a série especial (tabela 1).

Tabela 1

N Rf	Nome	Destino	Q	Dim Ajust Precisão	Rug [µm]	Série Norm
1	Faces	Delimitar válvula, livres	2	42h14	Rz40	Ra40
2	Chanfro interno	Facilitar entrada do tubo , macho, livre	2	1.5±IT14/2 $\alpha=45^{\circ}\pm 1^{\circ}$	Rz40	Ra20 1
3a	Furo	Abertura da rosca	2	d=25.052H12 L=11±IT14/2 r=0.5±IT14/2	Rz40	Ra40 Ra40
3b	Rosca interna	União do tubo com corpo	2	M27x1.5-6H d <sub>i</sub> =25.052H12 d <sub>m</sub> =26.026H12 $\alpha=60^{\circ}\pm 1^{\circ}$ r=0.1623H12 p=1.5h11 h=0.9743±IT11/2 l =8±IT14/2	Ra2.5	Normas das roscas  Ra20
4	Furo passante	Passagem da água, livre	1	∅20H14	Rz40	Ra20
5	Chanfro externo	Evitar cortes, livre	2	1.5±IT14/2 $\alpha=45^{\circ}\pm 1^{\circ}$	Rz40	Ra20 1
6	Faces do sextavado	Entrada da chave para aperto da tampa e tubo	6	30h12	Rz40	Ra40
7	Cilindro externo	União com tampa	1	∅20H14 r=3h14 L=7±IT14/2	Rz40	Ra20 Ra20 Ra20
8a	Cilindro externo	União com tampa	1	d=20h12 L=6±IT14/2 r=0.5±IT14/2	Rz40	Ra40 Ra40 Ra20
8b	Rosca externa	União com tampa	1	M20x0.75-6H d <sub>i</sub> =19.026 h11 d <sub>m</sub> =19.513h11 r=0.081±IT11/2 p=0.75h11 $\alpha=60^{\circ}\pm 1^{\circ}$ h=0.4871±IT11/2 l=6±IT14/2	Ra2.5	Normas das roscas  Ra40
9	Chanfro externo	Facilitar entrada da fêmea e tampa, livre	2	0.75±IT14/2 $\alpha=45^{\circ}\pm 1^{\circ}$	Rz40	Ra40 1
10	Face superior	Assentar a tampa	1	22±IT14/2	Rz40	Ra20
11	Chanfro interno	Evitar cortes	1	1.5±IT14/2, $\alpha=45^{\circ}\pm 1^{\circ}$	Rz40	Ra20, 1
12	Cone interno	Entrada do cone truncado	1	∅17H9 r=0.5 $\alpha=10^{\circ}\pm 20''$ O0.01 -0.01 L=36±IT14/2	Ra1.5	Ra40, 1 Ra40
13	Nervuras	Fecho da válvula	2	B=12h14, l=10H14	Rz40	Ra40 Ra40

O corpo pela sua geometria é uma peça com elevada resistência, as principais solicitações mecânicas, trabalha com ligeiros choques, com desgaste do cone durante a abertura e fecho da válvula, as temperaturas de funcionamento oscilam entre 15 a 60° sendo que neste intervalo não ocorrem os fenómenos de fragilidade a frio e oxidação do material respectivamente.

A parte interna do corpo constantemente fica em água. O furo cónico trabalha com atrito, a parte sextavada trabalha com esmagamento e as roscas sofrem esmagamento.

A análise de construções similares existentes no mercado nacional e internacional deste tipo de válvulas (com cunha ou cone truncado) e tendo em conta as condições de funcionamento, vantagens tecnológicas, qualidade, aspecto, e outras nos permite escolher o latão da marca JI090-01 como material para o corpo. O latão de estanho é uma liga com grande resistência a corrosão aquosa, boa resistência a fricção, boas propriedades de fundição (fluidez) e fácil de maquinar.

## Cone 2

O cone truncado está constituído de 11 tipos de superfícies. A superfície mais importante desta peça é o cone 1 (figura 5) que serve para vedar a água e tem grande influência no funcionamento da válvula daí escolhe se para esta superfície alta precisão do ângulo de conicidade (10°). O cilindro 4, ranhura 3, faces quadradas 5 e rosca 8 são importantes e as restantes são livres (tabela 2).

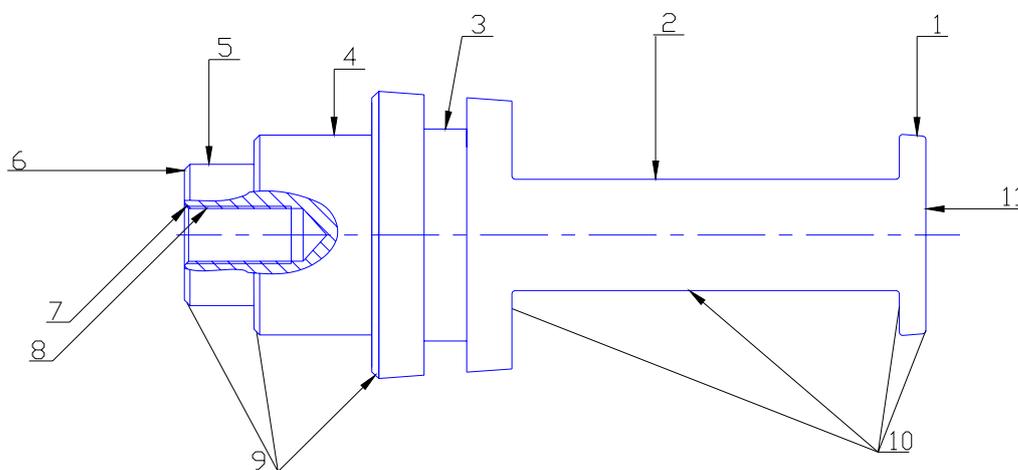


Figura 5 Superfícies do cone truncado

**Cone 1** serve para vedar a água, tem como dimensões principais a conicidade  $10^\circ$  por ter grande influência no funcionamento tem 7 grau de tolerância e diâmetro 11 por ter certa influência no funcionamento tem 9 grau de tolerância , os restantes parâmetros ver tabela 1.

**Duas ranhuras 2** rectilíneas servem para passagem da água quando válvula estiver aberta, são superfícies livres.

**Ranhura circular 3** serve para encaixar vedante mas como vedante é de borracha suas superfícies podem ser feitas com 12 grau de tolerância.

**Cilindro 4, Faces quadradas 5** servem para encaixar tampa e alavanca respectivamente (ver tabela 2).

**Furo roscado 8** serve para fixação da alavanca no cabo do cone truncado 2 ( tabela 2).

Tabela 2

N Rf	Nome	Destino	Q.	Dim Ajust Precisão	Rug [ $\mu$ m]	Série Norm
1	Cone	Abertura e fecho da água	1	$\varnothing 11h9$ $\alpha=10^\circ\pm 20''$ O 0.01 – 0.01	Ra1.2 5	Ra40 Ra40
2	Ranhura larga	Passagem da água	2	22H14 $6.7\pm IT14/2$ 8h14 $r=0.5\pm IT14/2$	Rz40	Ra40 Ra40 Ra40 Ra20
3	Ranhura	Montagem do vedante	1	2.5H12 $\varnothing 11h12$ 2.4h14	Rz40	Ra20 Ra20 Ra40
4	Cilindro externo	Orientação da mola e passagem da tampa	1	$\varnothing 11h12$ $r=0.5\pm IT14/2$ $L=10.5\pm IT14/2$	Ra2.5	Ra40 Ra40 Ra40

5	Faces do cabo quadradas	Instalação da alavanca	4	8h12 $r=0.5\pm IT14/2$ $4\pm IT14/2$	Rz40	Ra40 Ra40 Ra40
6	Face esquerda	Apoio da alavanca	1	42h14	Rz40	Ra20
7	Chanfro interno	Facilitar entrada do macho e parafuso livre	1	$0.35\pm IT14/2$ $\alpha=45^\circ\pm 1^\circ$	Rz40	Ra20 Ra40
8a	Furo	Fixação da alavanca	1	$d=2.546H11$ $L=6.7\pm IT14/2$	Rz40	Ra40 Ra40
8b	Rosca interna	Fixação da alavanca	1	M3x0.35-6H $d_i=2.546 H11$ $d_m=2.773H11$ $r =0.038$ $\pm IT11/2$ $p=0.35h11$ $h=0.303\pm IT11/2$ $l=6\pm IT14/2$	Ra2.5	Serie das rosca s  Ra 40
9	Chanfros externos	Evitar cortes	3	$1\pm IT14/2$ $\alpha=45^\circ\pm 1^\circ$	Rz40	Ra20 1
10	Superfícies de boleamento	Evitar cortes	4	$r=0,2\pm IT14/2$	Rz40	Ra20
11	Face direita	Delimitar válvula	1	42h14	Rz40	Ra20

As superfícies cónicas funcionam com desgaste, atrito e constantemente mergulhadas em água. Para além disto esta peça funciona com torque cujo valor pode ser relativamente grande se válvula encravar por isso será verificada resistência ao corte na secção mais perigosa e esmagamento das faces quadradas. Decidiu se usar mesma liga (latão JI090-01) para reduzir custos.

### Tampa 3

A tampa está constituído de 10 tipos de superfícies.

As superfícies mais importantes da tampa são o furo roscado 5 que serve para fixar tampa no corpo, tem dimensões principais a rosca M20x0.75 com  $d_m=19.513$   $p=0.75$  e  $\alpha=60^\circ$  tem pequena influência no funcionamento. O furo 3 serve para passagem do cabo do cone, seu diâmetro de 8 mm tem pequena influência no funcionamento. As outras superfícies são livres e seus parâmetros estão apresentados na tabela 3.

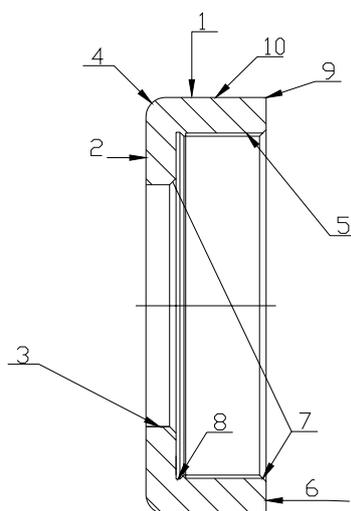


Figura 6. Tampa

Tabela 3

N Rf	Nome	Destino	Q.	Dim Ajust Precisão	Rug [ $\mu\text{m}$ ]	Série Norm
1	Cilindro externo	Aperto da tampa no corpo	1	$\varnothing 26h14$	Rz40	Ra40
2	Face superior	Delimita tampa	1	7.5h14	Rz40	Ra40
3	Furo passante	Passagem da válvula	1	$\varnothing 15H12$	Ra2.5	Ra40 0
4	Superfície de boleamento	Evitar cortes	1	$r=3\pm IT14/2$	Rz40	Ra40
5a	Furo	Abertura da rosca	1	$d_i=19.026H12$ $L=2.5\pm IT14/2$	Rz40	Ra20
5b	Rosca interna	União da tampa no	1	M20x0.75-6H $d_i=19.026H11$ $d_m=19.513 H1$ $r =0.081$	Ra2.5	Norm as das rosca

		corpo		$\pm IT14/2$ $p=0.75h11$ $h=0.487$ $\pm IT11/2$ $\alpha=60^\circ \pm 1^\circ$		s  1
6	Face inferior	Delimita tampa	1	7.5h14	Rz40	Ra40
7	Chanfros internos	Facilitar entrada do macho e do corpo, livre	2	$1 \pm IT14/2$ $\alpha=45^\circ \pm 1^\circ$	Rz40	Ra40 1
8	Ranhura	Saída da rosca	1	$d=21H14$ $L=1H12$ $\alpha=45^\circ \pm 1^\circ$ $r=0.5 \pm IT14/2$	Rz40	Ra40 Ra40 1 Ra20
9	Superfície de boleamento	Evitar cortes	1	$r=0.2^\circ \pm IT14/2$	Rz40	Ra40
10	Superfícies estriadas	Criar atrito para aperto da tampa	1	$B=1H14$ $H=0.5 \pm IT14/2$ $\alpha=\beta=45^\circ \pm 1^\circ$	Rz40	Ra40 Ra40 Ra40

A tampa funciona com esmagamento na rosca e para esta peça pode ser usado também latão marca JI090-01 para usar mesma liga e reduzir custos.

#### Alavanca 4

A alavanca é constituída de 5 tipos de superfícies sendo a mais importante o furo quadrado 3 que serve para transmitir torque da alavanca ao cabo do cone 3. Esta superfície é feita de 12 qualidade pois tem pequena influência no funcionamento da válvula. As restantes superfícies são livres e os seus parâmetros estão apresentados na tabela 4.

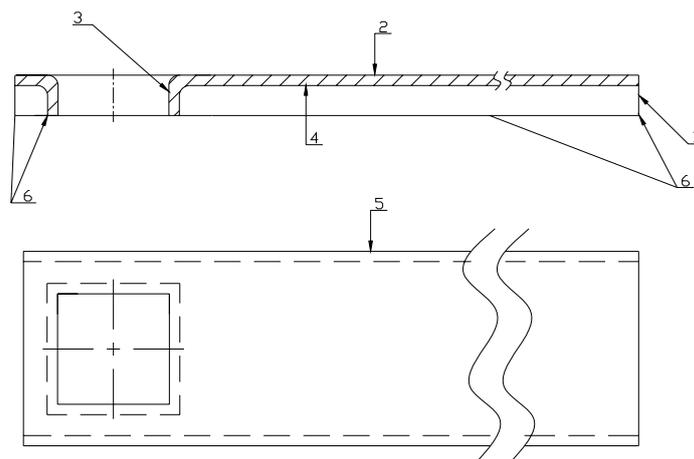


Figura 7. Alavanca

Tabela 4

N Rf	Nome	Destino	Q.	Dim Ajust Precisão	Rug [ $\mu\text{m}$ ]	Série Norm
1	Faces	Delimitar alavanca	2	80h14	Rz40	Ra20
2	Faces	Delimita alavanca	2	5h14	Rz40	Ra20
3	Furo quadrado	Apoio na válvula	1	9H12 l=5h14	Rz40	Ra20 Ra20
4	Ranhura	Delimitar alavanca	1	h=3 $\pm$ IT14/2 b=11H14 r=2 $\pm$ IT14/2	Rz40	Ra20 Ra40 Ra20
5	Faces laterais	Delimitar válvula	2	15h14	Rz40	Ra40
6	Superfícies de boleamento	Evitar cortes	4	r=0.5 $\pm$ IT14/2	Rz40	Ra40

A alavanca sofre esmagamento no furo quadrado, para minimizar isso propôs-se rasgo que da maior área de contacto da alavanca com cabo. Além disso, a alavanca sofre flexão, para aumentar sua resistência, o cabo faz-se de forma C.

A alavanca será feita de chapa de aço. Este material é resistente a corrosão e garante rigidez suficiente a flexão.

## 1.4. Cálculo da resistência mecânica de algumas peças

### Cálculo da resistência mecânica à torsão e esmagamento do cone

O atrito criado entre as superfícies cónicas apertados entre si devido ao peso do cone truncado 2, força da mola e da mão é capaz de transmitir torques com valores significativos. Esta força de aperto gera uma força normal  $F_n$  perpendicular a superfície cónica.

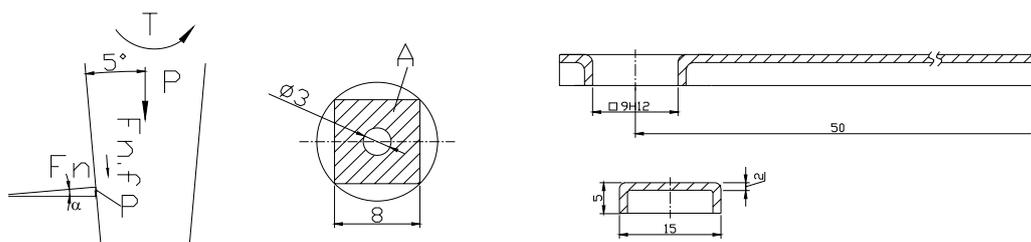


Figura 8. Esboço para o cálculo de resistência

A tensão tangencial devido a torsão  $\tau$  determina-se por:

$$\tau_{\max} = \frac{T}{W_p} \leq [\tau] \quad (1)$$

Onde: T- torque,  $W_p$  – momento de resistência polar [ $\text{mm}^3$ ],  $[\tau]$ - tensão tangencial admissível [MPa]

$$T = F_n \cdot f \cdot \frac{d}{2} \quad (2)$$

onde:  $f$  - coeficiente de atrito; d- diâmetro

A força normal  $F_n$  determina-se pela seguinte expressão:

$$F_n = \frac{P}{\text{Sen}(\alpha + 2\varphi)} \quad (3)$$

Onde:  $\alpha$ - ângulo da cunha,  $\varphi$  – ângulo de atrito

O efeito da compressão devido a mola e a mão P pode ser estimada em 5kg sendo a massa da peça 0,5 kg.

$$P = m \cdot g = 5,5 \cdot 10 = 55 \text{ N} \quad (4)$$

Onde g – aceleração de gravidade [ $\text{m/s}^2$ ], m – massa [kg]

$$d = 14 \text{ mm} \quad f = 0.06 \text{ (contacto superficial Ra2.5);}$$

$$\varphi = \arctan \alpha = 3^{\circ}26' ; \alpha = 5^{\circ}$$

Substituindo (3) em (2) teremos:

$$T = \frac{P}{\text{Sen}(\alpha + 2\varphi)} \cdot f \cdot \frac{d}{2} ; \quad T = \frac{55}{\text{Sen}(5^{\circ} + 2 \cdot 3^{\circ}26')} \cdot 0,06 \cdot \frac{14}{2} = 112,3 \text{ Nmm}$$

$$W_p = \frac{a^3}{6} - \frac{\pi \cdot D^3}{16} \quad (5)$$

$$W_p = \frac{8^3}{6} - \frac{\pi \cdot 3^3}{16} = 80,0 \text{ mm}^3$$

$$\tau_{\max} = \frac{112,3}{80} = 1,4 \text{ MPa}$$

A tensão admissível pode ser determinada pela seguinte expressão:

$$[\tau] \approx 0,5 \cdot [\sigma]_r ; \quad [\tau] = 0,5 \cdot 60 = 30 \text{ MPa} \quad (6)$$

A tensão calculada é muito menor que a admissível daí o cone resiste a torsão.

As faces do cone sofrem esmagamento cujo valor pode ser determinada por:

$$\sigma_e = \frac{F}{A} \leq [\sigma]_e \quad (7)$$

Onde:  $\sigma_e$  – tensão de esmagamento [N/mm<sup>2</sup>]

$[\sigma]_e$  - tensão admissível ao esmagamento [N/mm<sup>2</sup>]

A – área da secção transversal [mm<sup>2</sup>]

A força F pode ser determinada tomando o equilíbrio da alavanca.

$$\sum M_z = 0 \rightarrow F_n \cdot \frac{d}{2} = F \cdot \frac{a}{2} \rightarrow F = \frac{F_n \cdot d}{a} \quad (8) \text{ substituindo}$$

teremos:

$$F = \frac{267,4 \cdot 14}{8} = 468,0 \text{ N}$$

$$A = a \cdot h = 8 \cdot 4 = 32 \text{ mm}^2 \quad (9)$$

$$[\sigma]_e = 0,8 \cdot [\sigma]_r \quad (10)$$

$$[\sigma]_r = \frac{\sigma'_e}{K_s} \quad (11)$$

$$\sigma'_e = 120 \text{ MPa}$$

Onde:  $\sigma_e$  - tensão de escoamento [MPa] e  $K_s$ - coeficiente de segurança

$$K_s = 1,5 - 2,5 \text{ toma-se } K_s = 2$$

$$[\sigma]_r = \frac{120}{2} = 60 \text{ MPa}$$

$$[\sigma]_e = 0,8.60 = 48 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_e = \frac{468,0}{32} = 14,6 \text{ Mpa}$$

A tensão calculada e muito menor que a admissível daí as faces resistem ao esmagamento.

A alavanca sofre flexão cujo valor pode ser determinado por:

$$\sigma_f = \frac{T}{I_y} \cdot x \leq [\sigma]_f \quad (12)$$

onde:  $\sigma_f$  – tensão normal [N/mm<sup>2</sup>]

$I_x$  – momentos de inércia [mm<sup>4</sup>]

$x$  – distancia máxima do centro de gravidade a extremidade da secção [mm]

$[\sigma]_f$  – tensão normal admissível [N/mm<sup>2</sup>]

A secção é dividida em 3 rectângulos e usando o teorema de Steiner determina-se o momento de inércia da secção.

$$I_y = I_{y_i} + x^2 \cdot A \quad (13)$$

Tabela 5. Cálculo do momento de inércia

i	$Y_i$	$A_i$	$Y_i \cdot A_i$	$Y_s$	$I_x$	y	$y^2 \cdot A_i$	$I_x$
1	4	30	120		10	0,71	15,123	25,12
2	1,5	6	9		4,5	1,8	19,44	23,94
3	1,5	6	9		4,5	1,8	19,44	23,94
total		42	138	3,3				73

$Y_i$  – posição do centro de gravidade em relação aos eixos x y [mm]

$A_i$  – área de cada um dos 3 rectângulos que formão a secção [mm<sup>2</sup>]

$Y_s$  – posição do centro de gravidade em relação ao eixo x [mm]

$I_{y_i}$  – momento de nércia de cada rectângulo relativamente ao seu centro de gravidade [mm<sup>4</sup>]

---

Y – distancia do centro de gravidade da secção aos centros de gravidade dos rectângulos [mm]

$$\sigma_f = \frac{112,3}{73} \cdot 1 = 1,5 \text{ MPa}$$

$$[\sigma]_f = 0,8 \cdot [\sigma]_r \quad (14)$$

$$[\sigma]_f = 0,8 \cdot 60 = 48 \text{ MPa}$$

A tensão calculada e muito menor que a admissível daí o manípulo resiste a flexão.

onde:

## 2. Parte Tecnológica

A parte tecnológica consiste na análise da tecnologibilidade de produção das peças e trata dos aspectos ligados a fabricação de todas peças da válvula tais como, a análise tecnológica das peças, a escolha do tipo de produção e método de trabalho, escolha da peça bruta, escolha das bases tecnológicas, a escolha da sequência de tratamento das superfícies, a elaboração da rota de tratamento, o cálculo de sobressessuras, a elaboração das fases e cálculo dos regimes.

Esta parte comporta também a projecção do molde para o corpo que inclui a peça fundida , modelo e dimensionamento dos elementos do sistema de gitos e da caixa de moldação.

---

## **2.1. Elaboração do processo tecnológico de fabricação do corpo**

### **2.1.1. Análise tecnológica do corpo da válvula**

Os Parâmetros parciais qualitativos estão avaliados através de alguns coeficientes.

A peça é constituída de 25 superfícies sendo a maioria delas simples e de precisão normal , o furo cónico 12 tem o ângulo de alta precisão e as roscas 3 e 8 são superfícies de elevada precisão. A forma das roscas e do cone tem grande complexidade mas sua fabricação pode ser facilitada com o uso de mandril cónico e machos e fêmeas para roscas. Se a peça for fundida as faces 6 e cilindro 7 (ver figura 4) podem ser facilmente obtidas na fundição. Assim o corpo pode ser considerado peça de complexidade bastante simples.

Para o corpo poderá ser necessário usar dispositivo especial para apoiar a peça na máquina ferramenta para tratar algumas superfícies sem reinstalação usando como bases tecnológicas as faces 6.

Há necessidade de uso de ferramenta e medidor especial (broca cónica plana) para abrir o furo cónico 12

O furo cónico 12 e o chanfro 11, os furos 3 e chanfros 2 podem ser tratados simultaneamente para reduzir o tempo de tratamento e número das ferramentas, com o uso de broca e mandril combinados respectivamente.

Se se considerar o aperto da peça pelas faces 6 (usando o dispositivo especial mencionado atrás) o corpo comporta se como tubo curto quanto a sua resistência a deformação, sendo a parte menos rígida a rosca externa 8 por ter a menor espessura da parede e também por ter o maior braço. Devido ao facto do braço maior ser muito curto e a superfície em análise ser circular

---

a peça pode ser considerada de elevada rigidez, assim podem ser usados regimes altos.

Todas as superfícies tem dimensões normalizadas assim podem ser usadas ferramentas e medidores normalizados. Os chanfros na rosca podem ser obtidos simultaneamente com o alargamento dos furos para reduzir o tempo de tratamento. O acesso as diferentes superfícies para o tratamento é bom. A peça foi projectada de forma que não tenha problemas de saídas na moldação, estão previstas inclinações tecnológicas e raios de fundição para facilitar as saídas e evitar rotura nos cantos da mistura de moldação (no caso de fundição em areia). Poderá ser usado um macho circular para obter o furo passante 4, isto reduz o tratamento posterior.

Os Parâmetros parciais quantitativos estão avaliados através de alguns coeficientes.

O coeficiente de normalização  $K_n$  calcula-se pela formula:

$$K_n = \frac{Q_n}{Q_\Sigma} \quad (15)$$

Onde:  $Q_n$  - número de superfícies normalizadas;  $Q_\Sigma$  - número total de superfícies

$$K_n = \frac{25}{25} = 1$$

Sendo todas as superfícies normalizadas, vai permitir usar medidores e ferramentas normalizadas o que é económico.

O coeficiente de unificação  $K_u$  calcula-se pela formula:

$$K_u = \frac{Q_u}{Q_\Sigma} \quad (16)$$

Onde:  $Q_u$  – número de superfícies unificadas

Os 2 chanfros 2, 2 chanfros 5, chanfros 9 e 11, as 2 roscas 3, as 6 faces 6, 2 faces 1 e face 10 são unificadas e podem ser tratados com mesmas

ferramentas . As outras superfícies não são unificadas pois para o cone será usado mandril e para as roscas machos ou fêmeas.

$$K_u = \frac{2 + 2 + 1 + 1 + 2 + 6 + 2 + 1}{25} = \frac{17}{25} = 0.68$$

O valor de  $K_u$  bastante grande o que significa que para tratamentos serão usados pequenas quantidades das ferramentas.

O coeficiente de precisão  $K_p$  calcula-se pela formula:

$$K_p = 1 - \frac{1}{Q_{pm}} \quad (17)$$

Onde:  $Q_{pm}$  - precisão média ;

$$Q_{pm} = \frac{\sum Q_{p_i} . n}{\sum Q_{\Sigma}} \quad (18)$$

Onde:  $Q_{p_i}$  – precisão de dimensão  $i$ ;  $n$  - número de superfícies que tem a mesma qualidade;

$$Q_{pm} = \frac{14.12 + 12.6 + 11.6 + 9.1}{25} = 12.6 \quad K_p = 1 - \frac{1}{12.6} = 0.92$$

A precisão média das superfícies é normal e a produção do corpo tem pequena exigência em máquinas e ferramentas de alta precisão.

O coeficiente de rugosidade  $K_r$  pode ser determinado por:

$$K_r = \frac{1}{R_{zm}} \quad (19)$$

Onde:  $R_{zm}$ - Altura média das irregularidades das superfícies ( $\mu\text{m}$ )

$$R_{zm} = \frac{\sum Rz_i . n_i}{Q_{\Sigma}} \quad (20)$$

Onde: Rz – Altura média das irregularidades

$$R_{zm} = \frac{5.1 + 10.7 + 40.17}{25} = 30.2 \mu m$$

$$K_r = \frac{1}{30.2} = 0.033$$

A rugosidade média  $R_{zm} = 30,2\mu m$  significa que não haverá problemas com sua obtenção.

O coeficiente de uso do material  $K_{um}$  (essencial para a determinação da forma da peça bruta) pode ser determinada pela expressão:

$$K_{um} = \frac{V_{pa}}{V_{pb}} \quad (21)$$

onde:  $V_{pa}$  – volume da peça acabada;  $V_{pb}$  – volume da peça bruta

O volume da peça acabada pode ser determinada pela decomposição do corpo em cilindros, cone truncado e prisma hexagonal.

$$V_p = \frac{n' l A_p h}{2} \quad (22)$$

$$V_c = \pi r^2 h \quad (23)$$

$$V_{co} = \frac{\pi h}{3} (R^2 + Rr + r^2) \quad (24)$$

Onde :  $V_P, V_C, V_{CO}$  -são os volumes do prisma, cilindro e cone respectivamente [ $mm^3$ ];  $n'$  – número de lados do hexágono;  $l$  – lado do hexágono [ $mm$ ];  $A_p$  – apótema do hexágono [ $mm$ ];  $h$  - altura do prisma, cone, ou cilindro [ $mm$ ];  $r$ ,  $R$  – raios da circunferência [ $mm$ ].

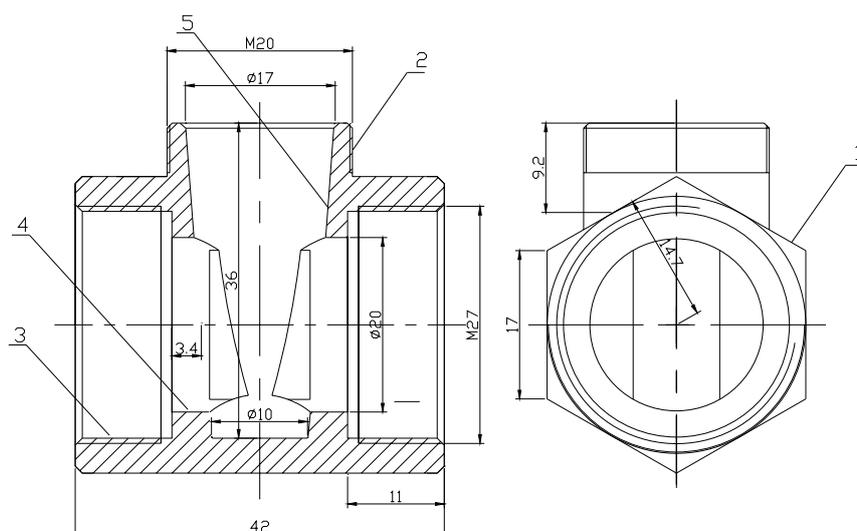


Figura 9. Volumes elementares da peça acabada

Tabela 6. Cálculo do volume da peça acabada

Nº	Quant	l	Ap	h	r	R	Volume	Coment.
1	1	17	14,8	42			31701,6	prisma
2	1			9,2	10		2888,8	cilindro
3	2			11	13,5		12589,8	cilindro
4	2			3,5	10		2198,0	cilindro
5	1			36	5	8,5	5282,6	cone tron
	Total						14520,0	

O volume da peça acabada  $V_{pa}$  calcula-se pela formula:

$$V_{pa} = V_1 + V_2 - V_3 - V_4 - V_5 \quad (25)$$

Onde:  $V_1, V_2, V_3, V_4$  e  $V_5$  – são os volumes elementares (ver figura 8) [ $\text{mm}^3$ ].

A massa da peça acabada  $M_{pa}$  será dada por:

$$M_{pa} = V_{pa} \cdot \rho \quad (26)$$

onde :  $V_{pa}$  – é o volume da peça acabada (tabela 5) [ $\text{dm}^3$ ];  $\rho$  – é a massa específica do latão [ $\text{kg}/\text{dm}^3$ ].

$$M_{pa} = 14520 \cdot 10^{-6} \cdot 8 = 0.12 \text{ kg}$$

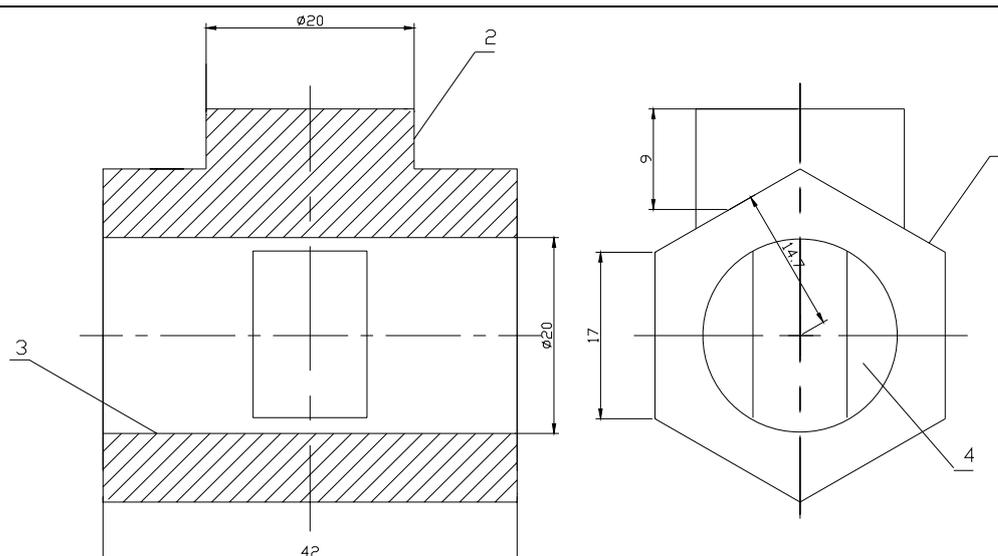


Figura 10. Volumes elementares da peça bruta (variante 1)

Tabela 7. Cálculo do volume da peça bruta (variante 1)

Nº	Quant	l	Ap	h	r	R	A	Volume
1	1	17	15	42				31701,6
2	1			9,2	10			2888,8
3	1			42	10			13188,0
4	2			12			69	1653,6
	Total							23056,0

O volume da peça bruta  $V_{pb}$  pode ser calculado pela expressão:

$$V_{pb} = V_1 + V_2 - V_3 + V_4 \quad (27)$$

$V_1, V_2, V_3, V_4$  – são os volumes elementares (ver figura 9)  $\text{mm}^3$

A massa da peça bruta  $M_{pb}$  será dada por:

$$M_{pb} = V_{pb} \cdot \rho \quad (28)$$

$$M_{pb} = 23056 \cdot 10^{-6} \cdot 8 = 0.20 \text{ kg}$$

Para esta variante temos o coeficiente de uso do material igual a  $C_{um} = 14520/23056 = 0.62$  que esta dentro dos limites recomendados para a

---

produção em série média tal como é o caso deste projecto. A fundição do corpo com apenas o furo passante vai simplificar a produção pois seria mais fácil fundir usando um macho simples.

### **2.1.2. Escolha do tipo de produção e método de trabalho**

Em função do tipo de produção se escolhem diferentes métodos de tratamento, máquinas, ferramentas, medidores, etc.

A necessidade do mercado em válvulas deste tipo não foi ainda investigada mas pode ser estimada com base em taxas de crescimento urbanístico e tomando em conta a existência de outros fornecedores e a possível exportação do produto.

Estima se que haja uma cobertura de procura de 3000 válvulas por ano (250/mês) para esta produção e tomando em conta as dimensões da peça (<500 mm) o tipo de produção será em série média.(segundo tabela [5]).

Na produção em série média, grande parte dos equipamentos como dispositivos de aperto e medição das peças, etc podem ser mecanizados e grande parte dos equipamentos como ferramentas e medidores pode ser especial e podem ser usados máquinas ferramentas automáticas de comando programado .

Na produção em série média o método de trabalho pode ser em ou sem cadeia assim, com o objectivo de tornar a produção mais rápida, decide se pelo método de produção em cadeia onde as diferentes máquinas serão dispostas segundo ordem do processo tecnológico e as fases serão sincronizadas.

### **2.1.3. Escolha da peça bruta**

Uma vez que peça é volumétrica, escolhe se peça bruta tipo fundida pois não vai precisar de levantamento de grande camada de material nos cavidades e

furos. Para além disso, o material escolhido apresenta boas propriedades de fundição.

O método de obtenção da peça bruta será por fundição em arreja mas como temos produção em série média vamos mecanizar o processo de obtenção dos moldes, o transporte dos mesmos e o vazamento para aumentar a produtividade. O modelo e respectiva placa modelo serão metálicos.

A forma da peça bruta é apresentada na figura 9.

#### 2.1.4. Escolha das bases tecnológicas

Da escolha das bases tecnológicas depende defeito de colocação das dimensões que se determina pela formula:

$$\varepsilon_c = \sqrt{\varepsilon_p^2 + \varepsilon_a^2 + \varepsilon_d^2} \quad (29)$$

onde:

$\varepsilon_p$  - defeito de posicionamento [ $\mu\text{m}$ ];

$\varepsilon_a$  – defeito de aperto [ $\mu\text{m}$ ];

$\varepsilon_d$  – defeito do dispositivo [ $\mu\text{m}$ ].

Os defeitos de posicionamento  $\varepsilon_p$  resultam da disposição da base de medição relativamente a ferramenta e podem ser eliminados fazendo coincidir estas bases de medição com as bases tecnológicas da peça ou reduzidos usando mesmas bases tecnológicas para tratamento de várias superfícies.

As bases construtivas desta peça são os furos roscados 3.

A instalação da peça na máquina ferramenta para trabalhar por alargamento os furos cegos 3, abertura dos chanfros 2 e 5 e roscas 3 , será feita por meio da superfície sextavada 6 como base tecnológica principal e face 1 como auxiliar, usando bucha de 3 grampos. Esta instalação não permite diminuir o defeito de posicionamento para os tratamentos posteriores (chanfro 2 e rosca 3) mas reduz significativamente os custos de produção através de redução do número de dispositivos necessários para produzir esta peça.

Para o tratamento desta peça há que eliminar 6 graus de liberdade por isso a peça tem 6 pontos de contacto com o dispositivo. Para estes pontos se escolhem a superfície sextavada 6 pois da maior área de contacto com o dispositivo e face 1.

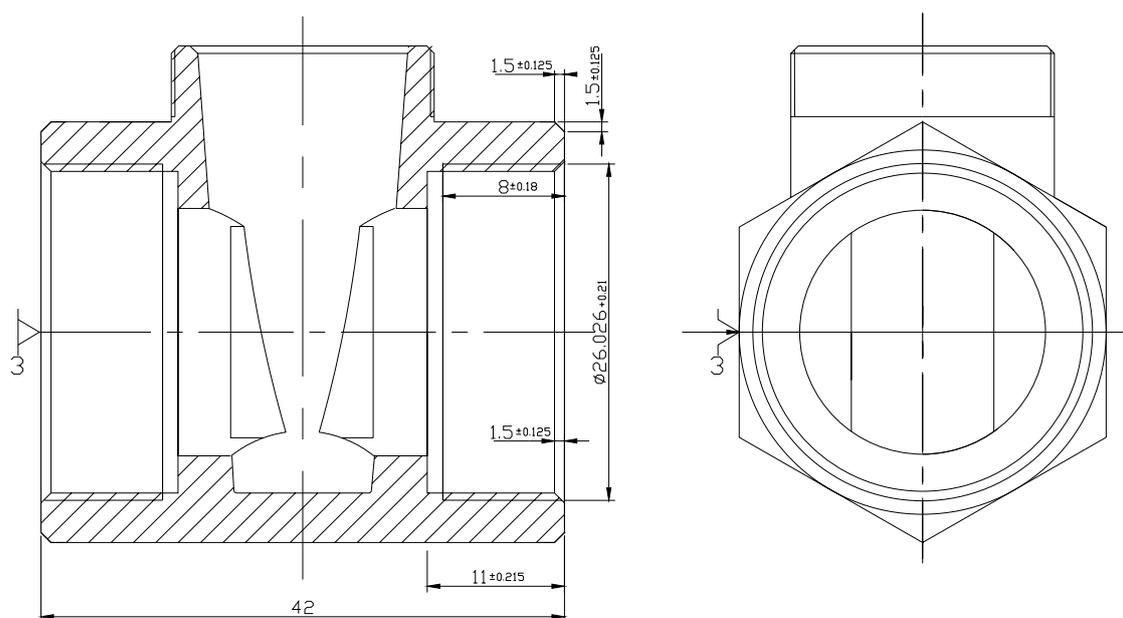


Figura 11. Esboço do aperto do corpo

$\epsilon_{p11} = \epsilon_{p8} = \epsilon_{p1.5} = \delta_{42} = 0.62 > IT_{11} = 0.43$ , ou  $IT_8 = 0.36$  por isso será preciso usar método individual de obtenção das dimensões observadas o que é mau pois aumenta o tempo de tratamento.

$\epsilon_{p26.026} = 0$  pois bucha de 3 grampos e auto-centrante.

$\epsilon_{a26.026} = 0$  pois bucha de 3 grampos é auto centrante

$\epsilon_{a11} = \epsilon_{a8} = \epsilon_{a1.5} = 0$  pois força de aperto é perpendicular a cota.

$\epsilon_d = (1/6 - 1/2)IT$  Assim, toma-se  $\epsilon_d = 1/4 IT$

$\epsilon_{d25.052} = \epsilon_{d11} = \epsilon_{d8} = \epsilon_{d1.5} = 1/4 \cdot 0.21 = 0.0525$  pois todas estas dimensões se recebem num mesmo dispositivo.

As bases construtivas (superfícies 3) podiam ser usadas como bases tecnológicas para a cilindragem da superfície 8, abertura dos chanfros 9 e 11, da rosca externa 8 e do cone 12. Mas esta instalação precisaria dum

---

dispositivo especial para instalação da peça o que tornaria a produção mais cara. A disposição das superfícies observadas (cone 12 e rosca 8) não tem nenhuma influência no funcionamento da válvula mas sim suas dimensões, o que não depende da forma de instalação do corpo.

Para este tratamento é preciso eliminar 4 graus de liberdade, para isso escolhe-se a superfície sextavada 6 que tem a vantagem de possuir maior área de contacto com o dispositivo.

Esta instalação permite tratar por algumas passagens o furo cónico 12, o chanfro 11 com a mesma instalação e a rosca externa 8.

Assim, pode-se instalar o corpo por uma face 6, um bordo entre duas faces 6 e faces 1 usando desta vez uma bucha de 4 grampos apesar de se gastar muito tempo para acertar a posição da peça. No início gasta-se muito tempo para acertar a disposição de grampos mas depois 2 grampos não se mexem e apertar faz-se deslocando outros 2 grampos o que é 2 vezes mais lento do que a bucha de 3 grampos.

Ao optarmos por usar dispositivos de aperto universais (buchas) ao invés de dispositivos especiais, reduzimos os custos em dispositivos mas aumentamos o tempo de fabricação e defeito de tratamento.

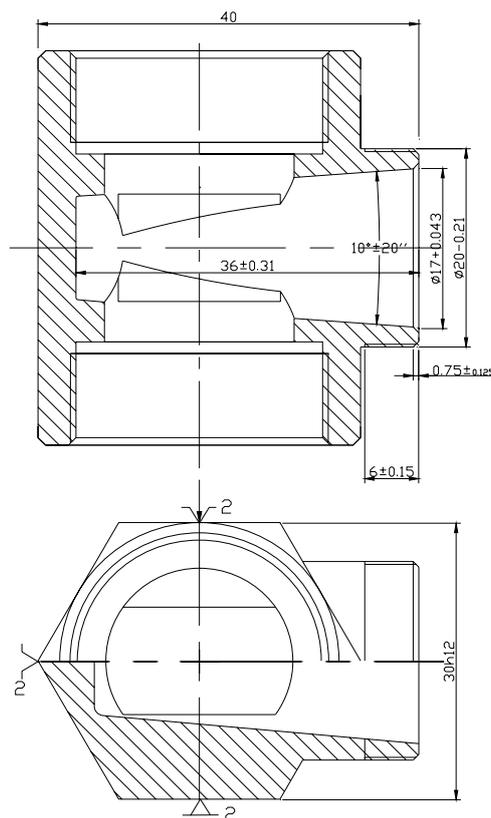


Figura 12. Esboço do aperto do corpo

$\epsilon_{p17} = 0$  pois dimensão é garantida pela ferramenta

$$\epsilon_{p6} = \bar{\delta}_{40} = 0.62 > IT_6 = 0.3\text{mm}$$

$$\epsilon_{p20} = \sqrt{\left(\frac{\delta_{30}}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_{42}}{2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{0.210}{2}\right)^2 + \left(\frac{0.620}{2}\right)^2} = 0.327 > IT_{20} = 0.21\text{mm}$$

Para estas dimensões será preciso usar método individual de obtenção das dimensões observadas o que é mau pois aumenta o tempo de tratamento.

$$\epsilon_{p36} = \bar{\delta}_{40} = 0.62 = IT_{36} = 0.62\text{ mm}$$

$\epsilon_{p10^\circ} = 0$  pois dimensão depende da precisão do ângulo da ferramenta

$\epsilon_{a17} = \bar{\delta}_{a10^\circ} = 0$  pois dimensão é garantida pela ferramenta

$\epsilon_{a20} = (\Delta F_a, j_c)$  o sistema tecnológico tem boa rigidez de contacto  $j_c$ , mas força de aperto não é constante daí toma-se  $\epsilon_{a20} = 0,5\text{ mm}$

$$\epsilon_{a36} = \epsilon_{a6} = \epsilon_{a0.75} = \bar{\delta}_{40} = 0.62\text{ mm}$$

$$\epsilon_d = \frac{1}{4} IT$$

$$\epsilon_{d20} = \frac{1}{4} \cdot 0,21 = 0.0525$$

$$\epsilon_{d36} = \frac{1}{4} \cdot 0,31 = 0.0775$$

$$\epsilon_{d6} = \frac{1}{4} \cdot 0,15 = 0.0375$$

$$\epsilon_{d36} = \frac{1}{4} \cdot 0,125 = 0.03125$$

### 2.1.5. Escolha da sequência de tratamento das superfícies

Segundo a semelhança da forma, precisão e rugosidade as superfícies a serem submetidas ao tratamento mecânico podem ser agrupadas da seguinte forma .

Chanfros 2, 5, 9 e 11 têm 14 grau de tolerância e rugosidade Rz40  $\mu\text{m}$ . Terão único método o torneamento de semi-acabamento pois esta variante permite trabalhar simultaneamente dois chanfros , usando ferramenta especial.

Chanfros 2, 5, 11 ; L= 1.5 mm, chanfro 9 L= 0.75 mm, todos  $\pm IT14/2$   
 $\alpha=45^\circ$  ; Rz40  $\mu\text{m}$

Nº	Método de tratamento	Qualidade de precisão	Rugosidade Rz, $\mu\text{m}$
1	Torneamento de semiacabamento	14	40

Furos roscados 3 têm furo com diâmetro 25,43H12 ,Rz40 e rosca M27x1.5-6H de 6 classe de precisão que equivale a 11 grau de tolerância pois rosca é fina e rugosidade Ra2.5  $\mu\text{m}$ . Primeiro método de obtenção dos furos 3 é fundição. Como segundo método pode ser broqueamento mas como da menor precisão, escolhe se alargamento e último método é abertura de rosca com macho (no torno) pois é mais produtivo para produção em série média que abertura com ferro cortante.

Furos roscados 3 M27-6H, Ra2.5  $\mu\text{m}$

Nº	Método de tratamento	Grau de precisão	Rugosidade Rz, $\mu\text{m}$
1	Fundição em arreja	14	40
2	Alargamento de desbastamento	12	40
3	Abertura de rosca com macho	6 classe	10

Cilindro externo roscado 8 tem como diâmetro 20 h12 , Rz40  $\mu\text{m}$  e rosca externa M20x0.75-6h 6 classe de precisão que equivale a 11 grau de tolerância pois rosca é fina e rugosidade Ra2.5  $\mu\text{m}$ .

Primeiro método de obtenção do cilindro 8 é fundição e último método é abertura de rosca com caçonete pois (para produção em série media) é mais produtivo que abertura com ferro cortante. Como método intermediário se escolhe torneamento.

Cilindro externo roscado 8  $d_e = 20 \text{ mm}$  h12 Rz40  $\mu\text{m}$ ; M20x0.75-6h Ra2.5  $\mu\text{m}$

Nº	Método de tratamento	Grau de precisão	Rugosidade Rz , $\mu\text{m}$
1	Fundição em areia	14	40
2	Torneamento de semiacabamento	12	40
3	Abertura de rosca com caçonete	6 classe	10

Furo cónico 12 tem dimensões  $\text{Ø}17 \text{ H}9$ ,  $\alpha=10^\circ\pm 20''$  Ra1.25  $\mu\text{m}$  circularidade e rectidão =0.01 de 9 grau de tolerância. O primeiro método será abertura do furo com broca cónica no torno.

O último método pode ser mandrilagem ou torneamento interno mas escolhe se mandrilagem pois mandril dá maior produtividade que torneamento.

Como método intermediário se escolhe também mandrilagem para usar mesmas máquinas .

Cone interno 12  $\text{Ø}17 \text{ H}9$  h=36 mm,  $\alpha=10^\circ\pm 20''$  circularidade e rectidão =0.01 Ra1.25

Nº	Método de tratamento	Grau de precisão dimen.	forma	Rugosidade Rz , $\mu\text{m}$
1	Brocagem	11	-- 11 O 10	20

2	Mandrilagem de desbastamento	10	-- 10 O 9	10
3	Mandrilagem de acabamento	9	-- 9 O 8	5

2 Faces 1, face 10, cilindro 4 e 7, 6 faces 6, não são submetidos ao tratamento mecânico. Seu único método de tratamento é fundição em areia. Tem Rz40 e 14 qualidade de precisão (ver tabela 1).

Nº	Método de tratamento	Grau de precisão	Rugosidade Rz , $\mu$ m
1	Fundição em areia	14	40

### 2.1.6. Elaboração da rota de tratamento do corpo

Segundo semelhança de métodos de tratamento, máquinas, precisão e instalação os diferentes tratamentos podem ser agrupadas da seguinte forma :

1º grupo

- Fundição

2º grupo

- Torneamento de semiacabamento dos chanfros 2 e 5 de dois lados;
- Alargamento de desbastamento do furo 3 de dois lados;
- Abertura da rosca 3 com macho de dois lados.

3º grupo

- Torneamento de semiacabamento dos chanfros 9 e 11
- Torneamento de semiacabamento do cilindro 8

- 
- Abertura da rosca 8 com caçonete
  - Centragem do furo 12
  - Brocagem do furo 12
  - Mandrilagem de desbastamento do cone 12
  - Mandrilagem de acabamento do cone 12

Tratando se de produção em série média as fases não podem ser muito complexas. O 2 grupo é ligeiramente complexo mas pode-se garantir rápida alteração das ferramentas usando cabeçote revolver. Assim, pode ser usada seguinte rota de tratamento.

A peça bruta é fundida. No inicio faz-se o desbastamento das bases tecnológicas que neste caso não se tratam, neste caso faz-se primeiro o alargamento dos furos, chanfros e abertura das roscas.

No fim se tratam as superfícies de alta precisão ( furo cónico 12).

A rota de tratamento esta apresentada nos cartões de rota.

### **10 Fundição**

Forno eléctrico, caixas de moldação, placa modelo com modelo, máquinas de moldar, colheres de vazamento, paquímetro 0,1; l=180.

### **20 Torneamento**

Torneamento de semiacabamento dos chanfros 2 e 5, alargamento de desbastamento do furo 3, abertura da rosca 3 de dois lados.

Torno paralelo Cadette

### **30 Torneamento**

Torneamento de semiacabamento do cilindro 8, dos chanfros 9 e 11, abertura da rosca 8, centragem e brocagem do furo 12, mandrilagem de desbastamento e acabamento do cone 12.

Torno paralelo Cadette

### 2.1.7. Cálculo de sobressessuras e cotas intermediárias

A sobressessura Z é necessária para eliminar a camada defeituosa. Este cálculo é feito com o objectivo de otimizar a sobressessura de modo a minimizar o tempo e os recursos necessários para o tratamento.

Tabela 8

Furo cónico 12 Ø17 H9 h=36 mm,  $\alpha=10^{\circ}\pm 20''$  circularidade e rectidão =0.01

Ra1.25

Nº	Met. de Trat	P r c	Rug Rz $\mu\text{m}$	Cam def T $\mu\text{m}$	Def esp $\rho$ $\mu\text{m}$	Def inst $\epsilon_i$ $\mu\text{m}$	Sob cal Zmin $\mu\text{m}$	Dim cal mm	Tol IT mm	Dimen calcul		Dimen arred.		Sobr arred.	
										mm max	mm min	mm max	mm min	mm max	mm min
1	Brocagem	11	20	80	72,69	7,2	—	16,62877	0,11	16,6288	16,5188	16,710	16,6	—	—
2	Mand desb	10	10	20	3,635	0	345,38	16,97547	0,07	16,9755	16,9055	16,970	16,90	0,30	0,260
3	Mand acab	9	5	7,5	0,073	0	67,269	17,043	0,043	17,0430	17,0000	17,043	17,00	0,10	0,073

Profundidade da camada defeituosa toma-se (1-2)Rz. No primeiro tratamento e no segundo tratamento toma-se  $T=2.Rz$  pois temos desbastamento no último tratamento toma-se igual a  $T=1,5.Rz$  pois no acabamento como se levanta menor camada de material da peça e forças são relativamente pequenas, há menor profundidade da camada defeituosa.

T – camada defeituosa [ $\mu\text{m}$ ]

A deformação no espaço  $\rho$  pode ser determinada pela seguinte expressão:

$$\rho = \sqrt{\rho_c^2 + \rho_d^2 + \rho_e^2} \quad (30)$$

onde:

$\rho_c$  – defeito de curvatura da broca [ $\mu\text{m}$ ]

$\rho_d$  – defeito de deslocamento numa parte da superfície relativamente a outra da mesma superfície [ $\mu\text{m}$ ]

$\rho_e$  – defeito de excentricidade do furo relativamente as bases tecnológicas  
[ $\mu\text{m}$ ]

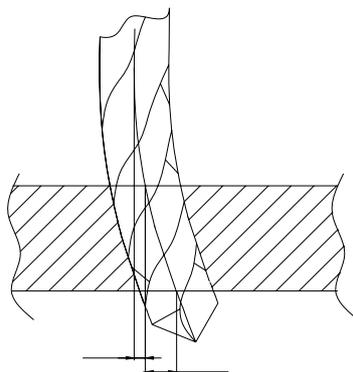


Figura 13. Deformação da broca

Durante a brocagem pode aparecer a curvatura do furo  $\rho_c = \Delta_{ce} \cdot l$  apesar de que a abertura do furo no torno da maior orientação da broca do que no engenho de furar.

$\Delta_{ce} = (0,2-5) \mu\text{m}/\text{mm}$  toma-se curvatura específica  $\Delta_{ce}=2$  pois broca é média e larga daí mais rígida

$$\rho_{c1} = \Delta_{ce} \cdot l = 2 \cdot 36 = 72 \mu\text{m}$$

Durante brocagem não temos defeito de deslocamento,  $\rho_{d1}=0$ .

Com o uso de brocas de centragem estima-se que o defeito de excentricidade seja  $\rho_{e1}=10 \mu\text{m}$ .

$\rho_1 = \sqrt{72^2 + 0^2 + 10^2} = 72.69$  Para tratamentos posteriores  $\rho_i = K_c \cdot \rho_{i-1}$ . Para desbastamento e acabamento toma-se  $K_c=0.05$  e  $0.02$  respectivamente.

O defeito de instalação  $\varepsilon_i$  pode ser determinado pela seguinte expressão:

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_p^2 + \varepsilon_a^2 + \varepsilon_d^2} \quad (31)$$

O defeito de posicionamento da dimensão do eixo do furo relativamente as bases tecnológicas (aperto com bucha de 4 grampos)  $\varepsilon_p=1/2$ .

$IT_{30} = 0,5.210=105 \mu\text{m}$ . Mas este posicionamento não é a dimensão mais importante (a de maior precisão) e não tem nenhuma influência no funcionamento da válvula para dimensão diametral  $\varepsilon_p = 0$ .

$\varepsilon_a = 0$  pois aperto é perpendicular a cota de maior precisão.

$$\varepsilon_d = 1/6 IT \quad \varepsilon_d = 1/6.43 = 7,2 \mu\text{m}$$

Para mandrilagem de desbastamento e acabamento  $\varepsilon_i = 0$  pois peça não é reinstalada.

$$2.Z_{\min i} = 2 ( Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{i_i}^2} ) \quad (32)$$

$Z_{\min, \max}$  – sobresspessuras mínimas e máximas respectivamente;  $\mu\text{m}$

$$d_{c3} = d_{\max}^{\text{lim}} = d_n + ES \quad (33)$$

$$D_{c i} = D_{c i+1} - 2.Z_{\min i+1}/\cos\alpha \quad (34)$$

sendo  $\alpha = 5^\circ$

$$D_{c l} = D_{c \max l}$$

$$D_{c \min l} = D_{c \max l} - IT_i \quad (35)$$

Arredonda-se com deficiência até ao nível da tolerância.

$$D_{\max l}^{\text{arre}} = D_{\min i}^{\text{arred}} + IT_i \quad (36)$$

$$2.Z_{\min i}^{\text{arred}} = D_{\max i}^{\text{arred}} - D_{\max i-1}^{\text{arred}} \text{ deve ser } \geq 2.Z_{\min c l} \quad (37)$$

$$2.Z_{\max i}^{\text{arred}} = D_{\min i}^{\text{arred}} - D_{\min i-1}^{\text{arred}} \quad (38)$$

Para todos os tratamentos verifica-se a condição em (37) ver tabela acima.

## 2.1.8. Elaboração das fases

### 10 Fundição

#### Escolha do forno

A electricidade é uma importante fonte de calor, e ultimamente esta fonte tem tido grande aplicação na fusão das ligas pois esta apresenta facilidade de transporte e armazenamento quando comparado com os combustíveis sólidos e líquidos e para além disso apresenta a vantagem de produzir um metal isento de gases, permitem melhor regulação da temperatura e apresenta mínimo de perdas na fusão.

Por isso escolhe-se para a fusão da liga em estudo forno eléctrico de arco com 3 eléctrodos, deflectido que tem a vantagem de aproveitar o efeito de sopro do arco para banhar o metal fundido. [2]

Segundo [3] temos os seguintes dados para a fase de fundição.

Tabela 9

Material	Temp.Fusão °C	Temp.vazam. °C	Consumo/1000Kg kWh	Rendimento %
Latão	900	1050	220	73

A escolha exacta da capacidade do forno dependerá da quantidade necessária de metal a ser vazado num determinado intervalo de tempo.

Para uma produção de 3000 peças/ano, a produção mensal será:

Produção mensal  $3000/12=250$  peças que corresponde a  $250/4$  peças fundidas (onde 4 é o número de peças que-se vazam simultaneamente):

Massa de metal =  $250/4 \times 1 = 62,5$  kg

Onde 1 é a massa de cada peça fundida constituída por 4 peças.

---

Tratando-se de peças de reduzidas dimensões, pretende-se vaziar em partidas mensalmente, isto é, o forno será ligado apenas uma vez por mês o que vai reduzir o consumo de energia. Apesar de esta opção exigir maior investimento em caixas e moldações, os custos globais serão mais reduzidos pela redução do número de vezes que se faz vazamento.

Com base nesta massa (62.5 kg) escolhe-se um forno com capacidade próxima de 100 kg que inclui uma margem para qualquer eventualidade (falhas nas moldações, etc ).

Para obtenção dos moldes, será usada uma máquina de moldar por compressão e desmoldar através de movimentos recíprocos vários do prato, da placa modelo e da caixa de moldação.

Como elementos auxiliares para produzir os moldes serão usadas carinhas para o transporte das moldações e do metal fundido, caixas da moldação e de macho, placas modelo, colheres de vazamento, equipamento de ar comprimido para limpeza. Como medidores serão usados paquímetros de baixa precisão (0,1; l=180) pois nesta fase não há muita exigência de precisão.

O tempo de enchimento T segundo Dietert [1] pode ser determinado por :

$$T=(1,4+0,68.e)\sqrt{P} \quad \text{para peças até 500 kg, em que: (39)}$$

T – tempo de enchimento [s]

e - espessura mínima da peça [cm]

P – massa do metal vazado [kg]

$$T=(1,4+0,68 \times 0,7)\sqrt{1} = 1,876 \text{ s}$$

O tempo de arrefecimento é tabelado em [1] em função da espessura da peça, metal vazado e sobreaquecimento (150°C), cujo valor será 325 s.

Segundo suas dimensões esta peça podia ser trabalhada no torno 1224B mas como levanta-se maior camada de material escolhe o torno Cadette.

## 20 Torneamento

Torno paralelo Cadette

Bucha de 3 grampos

A. Instalar peça na bucha de 3 grampos pelas faces 6, 1 e tirar

1. Alargar o furo 3 até  $\text{Ø}25.052-0.21$ ,  $l=11\pm 0.215$ ,  $r=0.5\pm 0.250$ ,  $Rz40\ \mu\text{m}$

Alargador P6M5

Calibre macho  $\text{Ø}25.052H12$  e escantilhão  $l=11\pm IT14/2$

2. Semiacabar os chanfros 2 e 5 até  $c=1.5\pm 0.125\ \text{mm}$ ,  $45^\circ\pm 1^\circ$ ,  $Rz40\ \mu\text{m}$

Ferro cortante para chanfrar especial P6M5

Escantilhão  $1.5\pm IT14/2 \times 45^\circ\pm 1^\circ$

3. Abrir rosca 3  $M27\times 1.5-6H$   $l=8\pm 0.18$   $Ra2.5$

Macho  $M27\times 1.5$  P6M5

Calibre para rosca  $M27\times 1.5-6H$  e escantilhão  $l=8\pm IT14/2$

B. Virar a peça

1. Alargar o furo 3 até  $\text{Ø}25.052-0.21$ ,  $l=11\pm 0.215$ ,  $r=0.5\pm 0.250$ ,  $Rz40\ \mu\text{m}$

2. Semiacabar os chanfros 2 e 5 até  $c=1.5\pm 0.125\ \text{mm}$ ,  $45^\circ\pm 1^\circ$ ,  $Rz40\ \mu\text{m}$

3. Abrir rosca 3  $M27\times 1.5-6H$ ,  $l=8\pm 0.18$ ,  $Ra2.5$

## 30 Torneamento

Torno paralelo Cadette

Bucha para brocas com cabeçote revolver

A. Instalar peça na bucha de 4 grampos e tirar

1. Semiacabar o cilindro 8 até  $\text{Ø}20-0.21\ \text{mm}$ ,  $l=6\pm 0.15$ ,  $r=0.5\pm 0.250$ ,  $Rz40\ \mu\text{m}$

Ferro cortante direito acotovelado de encoste para cilindrar P6M5

---

Calibre fêmea  $\varnothing 20h12$  e escantilhão  $l=6\pm IT14/2$

2. Abrir furo de centragem

Broca de centragem P6M5

3. Abrir furo 12 até  $\varnothing 16.5^{+0.11}$ ,  $\alpha=10^{\circ}\pm 40''$ ,  $r=0.5\pm 0.250$ ,  $l=36 \pm 0.31$ ,  $Rz20$ .

Broca cônica especial plana P6M5

Calibre macho cônico  $\varnothing 16.5H11$ ,  $\alpha=10^{\circ}\pm 40''$ ,  $r=0.5\pm 0.250$  e para  $36\pm IT14/2$

No capítulo 2.1.9. estão apresentados os parâmetros das ferramentas e dos regimes de tratamento.

4. Mandrilar furo 12 até  $\varnothing 16.9^{+0.07}$ ,  $\alpha=10^{\circ}\pm 30''$ ,  $r=0.5\pm 0.250$   $l=36 \pm 0.31$ ,  $Rz10$

Mandrill cônico P6M5

Calibre macho cônico  $\varnothing 16.9H10$   $\alpha=10^{\circ}\pm 30''$ ,  $r=0.5\pm 0.250$  e para  $l=36 \pm IT14/2$

5. Mandrilar furo 12 até  $\varnothing 17^{+0.43}$ ,  $\alpha=10^{\circ}\pm 20''$ ,  $r=0.5\pm 0.250$ ,  $l=36 \pm 0.31$ ,  $Ra1.25$

Mandrill cônico P6M5

Calibre macho  $\varnothing 17H9$ ,  $\alpha=10^{\circ}\pm 20''$ ,  $r=0.5\pm 0.250$  e para  $l=36 \pm IT14/2$

6. Semiacabar os chanfros 9 e 11 até  $c=0.75\pm 0.125$  mm,  $45^{\circ}\pm 1^{\circ}$ ,  $Rz40 \mu m$

Ferro cortante para chanfrar especial P6M5

Escantilhão  $0.75\pm IT14/2 \times 45^{\circ}\pm 1^{\circ}$

7. Abrir rosca 8 M20x0.75-6h,  $l=6\pm 0.15$ ,  $Ra2.5$

Caçonete M20x0.75 P6M5

Calibre para rosca M20x0.75-6h e escantilhão para  $l=6\pm 14/2$

### 2.1.9. Cálculo dos regimes para brocagem

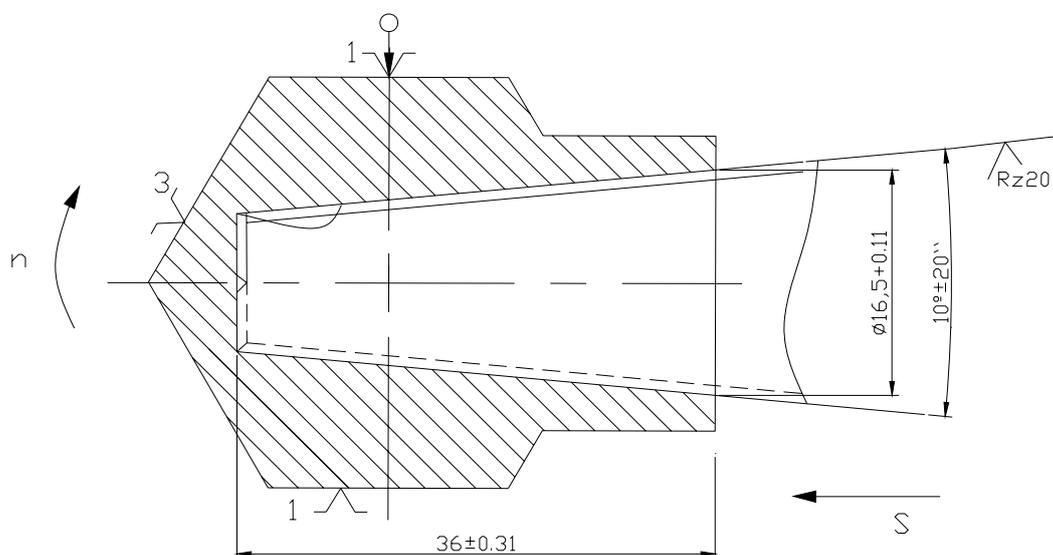


Figura 14. Esquema de brocamento do furo cônico

1. Material a trabalhar: Latão JI090-01 ,  $\sigma_r = 24 \text{ Kgf/mm}^2$ , HB165
2. Broca cônica especial plana  $d_1 \times \phi \times l = 10 \times 5^\circ \times 60$ ,  
Material da parte cortante, aço rápido P6M5
3. Geometria da broca: com afiação simples pois  $d < 25$  e sem dique afiado pois  $D < 15 \text{ mm}$   $2\phi = 180^\circ$   $\alpha = 12^\circ$   $\psi = 50^\circ$   $\omega = 0^\circ$  (página 25 tabela 44)  
onde:  
 $\phi$  – ângulo de posição principal  
 $\alpha$  – ângulo de folga  
 $\psi$  - ângulo de inclinação da arresta cortante no núcleo  
 $\omega$  – ângulo de inclinação da arresta cortante auxiliar
4. Para torno paralelo Cadette a potência da máquina  $N_m = 2.9 \text{ kW}$ , e o rendimento  $\eta = 0.7$
5. Profundidade de corte  $t = d/2 = 8.3 \text{ mm}$
6. O avanço tabelado  $S_{vt}$  é:  
 $S_{vt} = 0.76 \text{ mm/v}$  ( página 40 tabela 25 )  $K_{tps} = 0.5$  pois o furo é mandrilado depois,  $K_{rss} = 0,75$  pois a rigidez do sistema tecnológico é média

7. O avanço calculado  $S_{vc}=0,76.0,500,75=0.285\text{mm/v}$

8. O avanço pela máquina  $S_{vm}$  pelo catálogo da máquina toma se  $S_{vm}=0,275$

9.  $C_v = 28,1$   $q_v=0.25$   $x_v=0$  pois é brocagem.  $y_v=0.55$   $m=0.125$  ( página 41 tabela 28 )

Onde  $C_v$ ,  $q_v$ ,  $x_v$ ,  $y_v$ ,  $m$  – coeficientes e expoentes para o cálculo da velocidade de corte

10. A duração da ferramenta  $T_e= 60$  min (página 42 tabela 30)  $T = T_e \cdot K_{TF} \cdot K_{TM}$   
 $T= 60.1.1 = 60$  min

11.  $K_{mv}=0.7$  ( página 30 tabela 4 )

$k_{esv}=1$  pois face primeiro é facejada daí sem crosta ( página 30 tabela 4 )

$k_{mfv}=1$  pois material escolhido da ferramenta é material base ( página 30 tabela 6 )

$k_{lv} = 1$  pois o comprimento do furo é menor que 3D ( página 42 tabela 31 )

$k_{av} = 0.75$  pois broca tem afiação simples (página 41 nota da tabela 28)

12. Velocidade de corte  $V_c$

$$V_c = \frac{C_v \cdot D^{q_v}}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S_{vm}^{y_v}} \cdot K_v \quad \text{sendo } k_v = K_{mv} \cdot K_{esq} \cdot K_{mfv} \cdot K_{lv} \cdot K_{av} \quad (40)$$

Onde os coeficientes de correcção da velocidade de corte são:

$K_{mv}$  – coeficiente de correcção em função do material a trabalhar

$k_{esv}$  - coeficiente de correcção em função do estado

$k_{mfv}$  - coeficiente de correcção em função do material da ferramenta

$k_{lv}$  - coeficiente de correcção em função do comprimento do furo

$K_{av}$  – coeficiente de correcção em função do tipo de afiação

$$K_v = 0,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 = 0,525 \quad V_c = \frac{28,1 \cdot 16,5^{0,25}}{60^{0,125} \cdot 8,3^0 \cdot 0,275^{0,25}} \cdot 0,525 = 24,61 \text{ m / min}$$

13. A frequência de rotação da árvore principal  $n_c$  é:

$$n_c = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot D} \quad (41)$$

$$n_c = \frac{1000 \cdot 24,61}{\pi \cdot 16,5} = 474,76 \text{ rpm}$$

14. A frequência pela máquina  $n_m < 1,1.n_c = 360\text{rpm}$  ( página 10 tabela 2.1 )

15. A velocidade real  $V_r$  pode ser dado por:

$$V_r = \frac{\pi \cdot D \cdot n_m}{1000} \quad (42)$$

$$V_r = \frac{\pi \cdot 16,5 \cdot 360}{1000} = 18,7 \text{ m / min}$$

16.  $C_m=0.12$   $q_m=2.0$   $x_m=0$   $y_m=0.8$   $c_p=315$   $q_p=1.0$   $x_p=0$   $y_p=0.8$   
( página 42 tabela 32 )

17.  $K_{mp} = 1$  ( página 31 tabela 10 )

$K_{df} = 1.5$  página 31 notas

$K_{ap} = 1,33$  para dique não afiado ( página 42 tabela 32)

18. O momento torçor  $M_t$  pode ser calculado pela expressão:

$$M_t = C_m \cdot D^{q_m} \cdot f \cdot t^{x_m} \cdot S^{y_m} \cdot K_{mp} \cdot K_{ap} \cdot K_{df} \quad (43)$$

Onde:

$C_m$ ,  $q_m$ ,  $x_m$ ,  $y_m$ ,  $c_p$ ,  $q_p$ ,  $x_p$ ,  $y_p$ ,  $K_{ap}$  – coeficientes e expoentes para o cálculo do momento torsor

$K_{mp}$  – coeficiente de correcção do momento em função do material a trabalhar

$K_{df}$  - coeficiente de correcção em função do nível de desgaste da ferramenta

$K_{ap}$  – coeficiente de correcção em função da afiação da broca

$$M_t = 0,12 \cdot 16,5^{2,0} \cdot 8,3^0 \cdot 0,275^{0,8} \cdot 1 \cdot 1,33 \cdot 1,5 = 23,2 \text{ Nm}$$

19. A força axial  $P_a$  é:

$$P_a = c_p \cdot D^{q_p} \cdot f \cdot t^{x_p} \cdot S^{y_p} \cdot K_p \text{ onde } K_p = K_{mp} \cdot K_{ap} \cdot K_{df} \quad (44)$$

$$P_a = 315 \cdot 16,5^1 \cdot 8,3^0 \cdot 0,275^{0,8} \cdot 1,995 = 3691,5 \text{ N} \quad K_p = 1 \cdot 1,33 \cdot 1,5 = 1,995$$

20. A potência de corte  $N_c$  é determinada pela expressão:

$$N_c = M_t \cdot n_m / 9550 \quad (45)$$

$$N_c = 23,2 \cdot 360 / 9550 = 0,87 \text{ kW}$$

21.  $N_c \leq N_m \cdot \eta$   $1,33 < 2,9 \cdot 0,7 = 2,03$  que verifica a condição

22. Resistência do sistema tecnológico ( torção da broca)

$$\sigma_t = M_t / [(b \cdot h^2) / 6] \quad (46)$$

$\sigma_t$  – tensão de ruptura [Mpa]

$$\sigma_t = 23,2 \cdot 10^3 / [(6 \cdot 17^2) / 6] = 80,2 \text{ Mpa} < [\sigma_t] = 100 \text{ MPa} \text{ resiste}$$

23. O coeficiente de uso da máquina  $C_{um}$  calcula-se pela formula:

$$C_{um} = \frac{N_c}{N_m \cdot \eta} \quad (47)$$

$C_{um} = \frac{0,87}{2,9 \cdot 0,7} = 0,43$  o que significa que a máquina ferramenta é usada em quase 50% da sua capacidade.

24. O coeficiente de uso da ferramenta  $C_{uf}$  calcula-se pela formula:

$$C_{uf} = \frac{V_r}{V_c} \quad (48)$$

$C_{uf} = \frac{18,7}{24,61} = 0,76$  isto significa que a ferrameta é aproveitada em 76% o que é razoável.

25. O tempo de tratamento principal  $t_p$  pode ser dado pela expressão:

$$t_p = \frac{c_f + l' + l_s}{s_{vm} \cdot n_m} \quad (49)$$

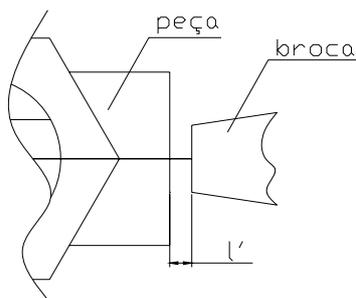


Figura 15. Esquema de cálculo para o tempo de tratamento principal onde:

$c_f$  – comprimento do furo

$l'$  – comprimento de entrada (1-3 mm)

$l_s$  – comprimento da saída da broca que =0 pois furo é cego

$$t_p = \frac{36 + 2 + 0}{0,275 \cdot 360} = 0,38 \text{ min}$$

## 26. Resultados do regimes de tratamento

Tabela 11

Ferramenta	norma	material	$d_1 \times \phi \times l$	$2\phi$	$\alpha$	$\psi$
Broca cónica	especial	P6M5	10x5°x60	180	12	50

Cuf	Torno	$N_m$	$C_{um}$	$t$	$S_{vm}$	$V_r$	$n_m$	$N_c$	$t_p$
0,76	Cadette	0.43	8,3	0,275	18,7	360	0,87	0.38	2,9

### 2.1.10. Projecção do molde

#### Determinação da massa da peça fundida

Conforme previsto inicialmente, a moldação será em areia usando modelo metálico e macho.

A massa da peça bruta é determinada tomando em conta o consumo de metal nos elementos do sistema de gitos por vazamento pela formula:

$$M_{pf} = (1+K) \cdot M_{pb} \quad (50)$$

---

Onde:

$M_{pf}$  - é a massa da peça fundida;

$M_{pa}$  - é a massa da peça acabada;

K - é o coeficiente de consumo de metal compreendido entre 20 a 35 % dependendo do tipo de fundição escolhido, do tipo de moldação, da forma e dimensões dos elementos de sistema de gitos.

O sistema de gitos não prevê alimentadores pois a peça bruta é fina por isso o coeficiente K pode ser tomado menor; o vazamento em grupo também reduz o consumo do metal; o vazamento em areia prevê sobresspessuras maiores para o tratamento mecânico devido a formação do cascão na superfície da peça daí maior consumo de metal; tomando em conta os três aspectos toma-se para o valor de  $K = 25\%$  e considerando o facto de serem vazadas 4 peças, resulta:

$$M_{pf} = (1 + 0.25) \cdot 0,24 = 1 \text{ kg}$$

### **Dimensionamento do modelo**

A função do modelo é de reproduzir fielmente na moldação, uma cavidade com dimensões e configurações que permitem obter uma peça com os parâmetros desejados.

Para facilitar a saída do modelo sem destruir o molde, devem ser previstas inclinações tecnológicas. Neste caso essas inclinações são garantidas pela geometria da própria peça nomeadamente: pelas faces sextavadas 6 e semi-cilindros externo 7 e interno 4 ao longo do plano de desmonte.

O modelo deve ter dimensões ligeiramente maiores das da peça bruta de modo a compensar o efeito da contracção do metal durante o arrefecimento do mesmo.

$$D_m = (1 + \epsilon) \cdot d_{pb} \quad (51)$$

Onde:

$D_m$  – é a dimensão no modelo ;

$d_{pb}$  - é a dimensão da peça bruta;

$\epsilon$  - é o coeficiente de contracção linear para latão 0,016

Tabela 12. Cálculo de sobressessuras de contracção

Referência	1	4	6	7	13
$d_{pb}$	42	20	30	20	12
$D_m$	42,672	20,32	30,48	20,32	12,192

Há que prever também concordâncias para evitar ruptura na mistura de moldação durante a retirada do modelo. Para uma junção entre duas superfícies em que a razão entre a espessura maior e menor é menor que 2, é válida a relação:

$$r = 1/6(a+b)/2 \quad (52)$$

onde:

$r$  - é o raio de concordância;  $a$  - espessura menor;  $b$  - espessura maior

$$r = 1/6.(5+8.5) / 2 = 1.3 \text{ mm para a concordância}$$

O modelo é apresentado nos desenhos em anexo.

### **Dimensionamento da caixa de moldação**

Para aumentar a produtividade na produção dos moldes, quatro peças serão simultaneamente vazadas pois a peça em estudo é de reduzidas dimensões.

Para peças com  $M_{pf}$  até 5 kg e uso de mistura a base de areia de moldação recomendam-se os seguintes valores mínimos de distâncias entre as paredes da peça e da caixa de moldação. Sendo a massa aproximada de uma peça fundida igual a 0.25 kg as quatro peças terão cerca de 1 kg que é menor que 5 kg, assim  $axdxh=30x30x40$ .

Onde:

$a'$ - distância entre a extremidade da peça e a parede da caixa de moldação medida horizontalmente;

$d'$  - menor distância entre as peças na mesma caixa;

$h'$  - menor distancia entre a peça o fundo ou superfície superior da caixa.

Com base na figura 12 teremos:

$$B = 2.a + 2.42 + d = 2.30 + 2.42 + 30 = 174 \text{ mm}$$

$$L = 2.a + 2.40 + 2.d = 2.30 + 2.40 + 2.30 = 200 \text{ mm}$$

$$H = h + 15 = 40 + 15 = 55 \text{ mm}$$

Com base nestas dimensões escolhem-se as caixas normalizadas que tenham dimensões iguais ou maiores que estas. Neste caso as caixas inferior e superior são iguais em dimensões.

Dimensões da caixa:  $B \times L \times H = 200 \times 250 \times 100$

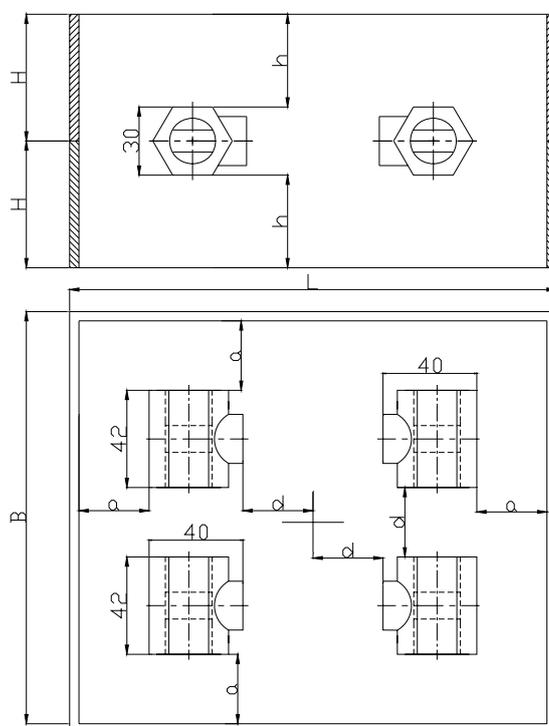


Figura 16. Disposição das peças na caixa de moldação

### **Dimensionamento dos elementos do sistema de gitos**

O sistema de gitagem é o conjunto de elementos destinados a levar o metal líquido até a cavidade que dará forma a peça.

O sistema de gitagem em estudo deve garantir :

- Um enchimento completo das cavidades da moldação;

- 
- Impedir a formação de películas soltas de óxido e a passagem destas para a peça;
  - Impedir o arrastamento de ar ou de gases no jacto metálico;
  - Não ocasionar erosão da moldação ou macho;
  - Criar condições favoráveis ao arrefecimento e alimentação da peça;
  - Garantir a produção de uma peça de boa qualidade com o mínimo gasto de metal em elementos do sistema de gitos.

A posição dos canais de ataque foi escolhida de tal maneira que a última parte a solidificar que é o sítio provável de conter o defeito de contracção, seja a mais maciço e esta parte será posteriormente maquinada.

A relação de gitagem é usada para definir a relação entre a área mínima da coluna de vazamento, área total dos canais de distribuição e a área total dos canais de ataque de modo que o escoamento do metal seja uniforme em todos os quatro canais de ataque. A relação de gitagem serve de base para o dimensionamento dos elementos do sistema de gitos.

Recomenda-se que a área total dos canais de ataque seja inferior a área total dos canais de distribuição pois assim se conseguem caudais iguais nos vários canais de ataque, maior velocidade de enchimento apesar de ter o inconveniente de aumentar a agitação.

Segundo o tipo e material da peça escolhe-se a relação de gitagem segundo Gabel [1]:

$$S_g : \Sigma S_c : \Sigma S_a = 1 : 1.2 : 1.4 \quad (53)$$

Onde:  $S_g$  – a área mínima da coluna de vazamento;  $\Sigma S_c$  - área total dos canais de distribuição;  $\Sigma S_a$  - área total dos canais de ataque.

O primeiro elemento a calcular será a secção mínima neste caso da coluna de vazamento que determina a velocidade de enchimento.

A área da secção mínima do sistema  $S$  [ $\text{cm}^2$ ] calcula-se pela seguinte fórmula:

$$S = C_e \sqrt{P} \quad (54)$$

Onde:  $C_e$  – é uma constante dependente da liga, para ligas de cobre  $C_e=0.8$

$P$  – é a massa do metal vazado [kg]

$$S = 0.8\sqrt{1} = 0.8 \text{ cm}^2$$

Determinada a secção mínima, pela relação de gítagem, determinam-se as restantes secções do sistema, considerando canais de ataque com secção constante.

A área total da secção transversal do canal de distribuição, sendo o sistema constituído de um só canal, será:

$$\Sigma S_c = 0,8.1,2 = 0,96 \text{ cm}^2$$

Para o caso em que os canais de distribuição e de ataque se localizam na caixa inferior, recomenda-se uma secção transversal trapezoidal sendo a base do trapézio com dimensão menor e o topo junto ao plano de desmonte com a dimensão maior.

Assim a secção transversal do canal de distribuição terá como base menor 1,3cm, base maior 1,6cm e altura de 1cm.

A área total da secção transversal dos canais de ataque, considerando quatros canais de ataque, será:

$$\Sigma S_a = 0,8.1,4 = 1,12 \text{ cm}^2$$

A área das secção transversal de cada canal será:  $S_a = \Sigma S_c / 4 = 0.28 \text{ cm}^2$

Assim a secção transversal dos canais de ataque terão cada um: como base menor 0,6cm, base maior 1,1cm e altura de 0,5cm.

As áreas das secções transversais da coluna de vazamento serão:

$S_g = 0,8 \text{ cm}^2$  sendo  $d=1,01\text{cm}$  e  $S'_g = 0,8.2 = 1,6 \text{ cm}^2$  sendo  $d'=1,43\text{cm}$  na base e no topo respectivamente(coluna cónica)

---

O poço terá as seguintes dimensões:

Área do poço = 5 x área da base da coluna =  $5 \times 0,8 = 4 \text{ cm}^2$

A altura será = 2 x altura do canal =  $2 \times 1 = 2 \text{ cm}$

O funil de vazamento tem configuração que permitir controlar facilmente o jacto de metal que sai da colher e evitar a formação de vórtices.

Recomenda-se que o diâmetro interno superior seja 2,5 vezes o diâmetro de entrada, neste caso  $2,5 \times 1,43 = 3,6 \text{ cm}$ .

A purga de escórias é necessária para evitar que os óxidos formados na primeira fase de escoamento não sejam arrastados para o interior das peças, alguns autores recomendam para este elemento o comprimento mínimo de 1,5 vezes a altura do canal de distribuição.

Os pormenores construtivos aqui analisados relativos ao dimensionamento do modelo, da caixa, do sistema de gito, traçado da peça e outros são apresentados nos respectivos desenhos em anexo.

---

## **2.2. Elaboração do processo tecnológico de fabricação do cone**

### **2.2.1. Análise tecnológica do cone**

A peça é constituída de 21 superfícies sendo as superfícies mais importantes o cone 1, que tem ângulo e forma de alta precisão, e a rosca 8 de elevada precisão. As outras superfícies são de precisão normal.

Para tratar as superfícies desta peça, não há necessidade de uso de dispositivos especiais pois as diferentes superfícies se conseguem obter com instalação usando dispositivos universais como bucha de 3 grampos.

Não há necessidade de uso de ferramentas e medidores especiais, podem ser usadas ferramentas normais.

O cilindro 4 e o chanfro 9 podem ser tratados simultaneamente, mas isso exigiria ferramenta mais complexa. O mesmo pode acontecer com o furo 8 e o chanfro 7 neste caso seria mais fácil fazer o tratamento simultâneo usando uma broca combinada.

Em geral as trajectórias seguidas pelas ferramentas são de complexidade baixa.

A rigidez da peça é elevada pois  $L/D = 42/11 = 4$ .

Todas as superfícies tem dimensões normalizadas e o acesso a diferentes superfícies é bom.

A seguir estão apresentados alguns coeficientes de tecnologibilidade.

O coeficiente de normalização  $K_n$  determina-se pela fórmula (15).

$$K_n = \frac{21}{21} = 1$$

Sendo todas as superfícies normalizadas, vai permitir usar medidores e ferramentas normalizadas o que é económico.

O Coeficiente de unificação determina-se pela fórmula (16)

As 2 ranhuras 2, as 4 faces 5, os 4 chanfros 7 e 9, os 4 raios de boleamento 10, as 2 faces 6 e 11 são superfícies unificadas .

$$K_u = \frac{2 + 4 + 4 + 4 + 2}{21} = \frac{16}{21} = 0.76$$

Sendo 76% das superfícies unificadas, vai permitir reduzir os custos em ferramentas.

O coeficiente de precisão é determinado pelas fórmulas (17) e (18)

$$Q_{pm} = \frac{14.12 + 12.7 + 11.1 + 9.1}{21} = 12.95 \quad K_p = 1 - \frac{1}{12.95} = 0.92$$

Só 1 superfície é de alta precisão as restantes são de precisão normal.

O coeficiente de rugosidade pode ser calculado pelas expressões (20) e (21)

$$R_{zm} = \frac{5.1 + 10.2 + 20.1 + 40.17}{21} = 34.5 \mu m \quad K_r = \frac{1}{34.5} = 0.29$$

Daí se conclui que a rugosidade média é 34.5 que é bastante grande e fácil de atingir.

O coeficiente de uso do material é determinado de forma semelhante ao apresentado no capítulo 2.1.1.

O volume da peça acabada pode ser determinada pela decomposição da peça em cone truncado, cilindro e prisma rectangular segundo a figura 13.

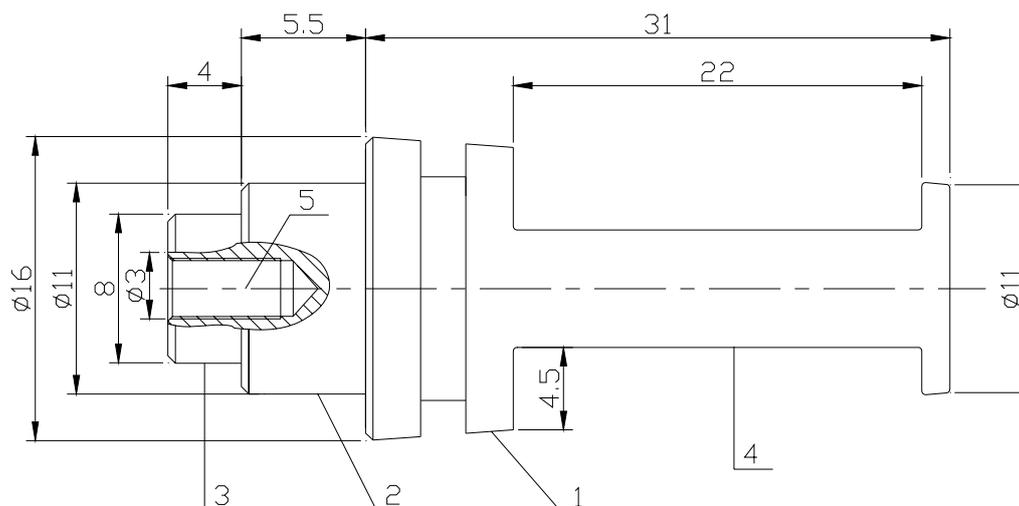


Figura 17. Volumes elementares do cone truncado

As fórmulas dos volumes elementares estão apresentados na pagina 30.

Tabela 13. Para o cálculo do volume do cone

1	1			31	5,5	8	4500,0	cone trun
2	1			5,5	5,5		522,4	cilindro
3	1	8		4			256,0	quadrad
4	1	22		5	2		220,0	pris rect
5	1			6,7	1,5		47,3	cilindro
	Total						5011,1	

No inicio admite-se que a peça bruta será em forma de cilindro de diâmetro 18mm e comprimento 44mm, assim o volume da peça bruta será dado pela fórmula (23).

$$V = 3,14.8^2.44 = 8842,2 \text{ mm}^3$$

Assim, o coeficiente de uso do material será  $C_{um}=5011,1/8842,2=0.6$  recomendado para produção em série média, assim o cone truncado será obtido a partir do varão.

## 2.2.2. Escolha da peça bruta

Tal como para a produção do corpo, o cone será produzido em cadeia sendo o tipo de produção em série média. A peça bruta será cilindro cortado do

varão pois a forma da peça é circular e oferece facilidade de ser trabalhada maior parte das suas superfícies no torno.

### 2.2.3. Escolha das bases tecnológicas

A base construtiva desta peça é o cone 1. No início, a peça será instalada na bucha de 3 grampos pelo cilindro 1 (antes de ser cone) para tratar o cilindro 4, abrir o furo e rosca 8, chanfros 7 e 9, faces 6 e 11, quadrados 5. Na segunda instalação a peça será instalada pelo cilindro 4 usando bucha de 3 grampos para tratar o cone 1, as ranhuras 2 e 3.

De seguida, o mesmo aperto pelo cilindro 4 permite fresar as ranhura 2 e usando um cone fêmea a peça será instalada através dum dispositivo especial no cabeçote divisor da fresadora para fresar as faces 5.

Para trabalhar o cilindro 4, o furo e rosca 8, chanfros 7, 9 temos que eliminar apenas 5 graus de liberdade conforme ilustra a figura. Esta instalação permite tratar algumas superfícies garantindo constancia das bases tecnológicas o que é económico. A base de medição da dimensão 42 coincide com a base tecnológica o que elimina o defeito de posicionamento desta dimensão.

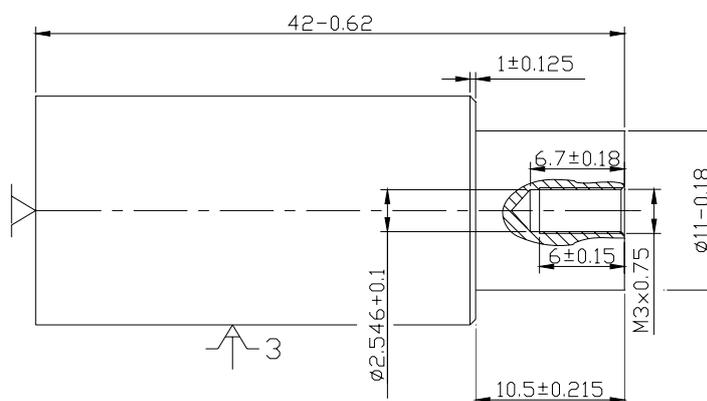


Figura 18. Esquema de instalação para tratamento das superfícies 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 11.

As parcelas dos defeitos de instalação neste caso serão:

$\epsilon_{p42} = 0$  pois base tecnológica coincide com base de medição.

$\epsilon_{p11} = \epsilon_{p2.546} = 0$  pois bucha de 3 grampos é auto centrante.

$\epsilon_{p6} = \epsilon_{p6.7} = \epsilon_{p10.5} = \delta_{42} = 0.62 \text{ mm}$

$$\varepsilon_{p1} = \bar{\delta}_{42} + \bar{\delta}_{10,5} = 0.62 + 0.215 = 0,835 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_{a11} = \varepsilon_{a2.546} = 0 \text{ mm pois bucha de 3 grampos é autocentrante}$$

$$\varepsilon_{a6} = \varepsilon_{a6.7} = \varepsilon_{a10.5} = \varepsilon_{a1} = 0 \text{ pois força de aperto é perpendicular a cota}$$

$$\varepsilon_d = 1/4IT = 1/4 \cdot 0,01 = 0.025 \text{ mm}$$

Para as dimensões 1; 6; 6,7 e 10,5 será preciso usar método individual de obtenção das superfícies pois os defeitos calculados são maiores que as respectivas tolerâncias.

Para o tratamento do cone e ranhura para vedante pode ser usada esquema apresentada na figura 19 que elimina 4 graus de liberdade.

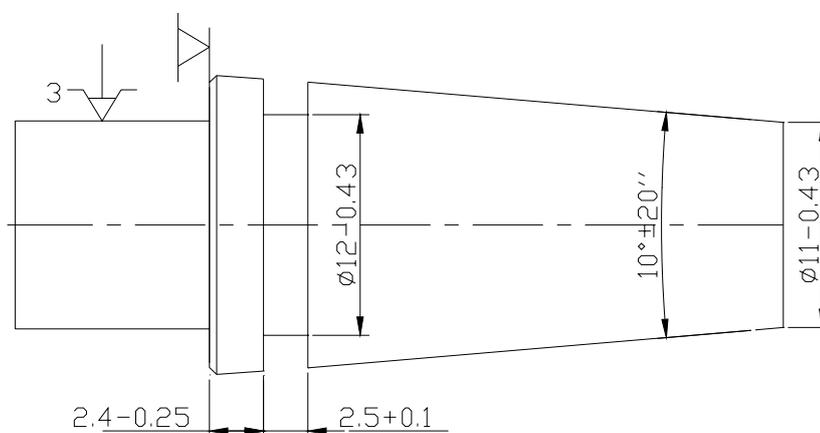


Figura 19. Esquema de instalação para o tratamento do cone 1 e ranhura 3

$$\varepsilon_{p10^\circ} = \varepsilon_{p11} = 0 \text{ pois bucha de 3 grampos é autocentrante}$$

$$\varepsilon_{p2.5} = 0 \text{ pois dimensão é garantida pela ferramenta}$$

$$\varepsilon_{p2.4} = 0 \text{ pois base tecnológica coincide com base de medição}$$

$$\varepsilon_{a11} = \varepsilon_{a10^\circ} = \varepsilon_{a13.5} = \varepsilon_{a1} = 0 \text{ pois bucha de 3 grampos é autocentrante}$$

$$\varepsilon_{a2.5} = \varepsilon_{a4.2} = 0 \text{ pois força de aperto é perpendicular às cotas}$$

$$\varepsilon_d = 1/4IT = 1/4 \cdot 0,1 = 0.025$$

Nenhuma dimensão exige método individual daí os tratamentos são mais rápidos.

Para tratar a ranhura 2 pode-se eliminar 5 graus de liberdade e esta instalação permite fazer coincidir a base de medição da dimensão 8 com a

base tecnológica anulando desta forma o respectivo defeito de posicionamento.

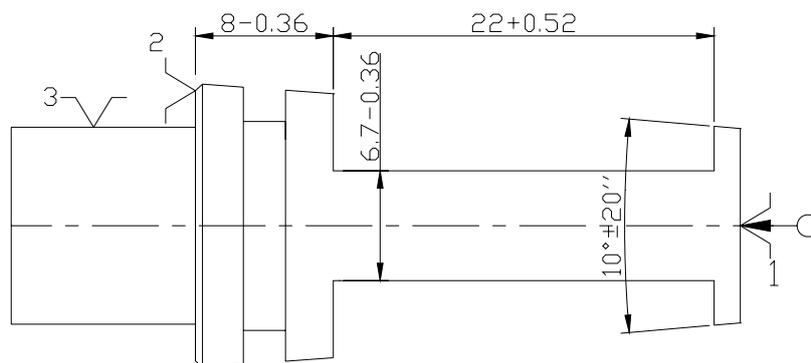


Figura 20. Esquema de instalação para o tratamento da ranhura 2

$\epsilon_{p22}=0$  pois dimensão é garantida pela ferramenta

$\epsilon_{p8}=0$  pois base de medição coincide com base tecnológica.

$\epsilon_{p4.5}=\delta_{10^\circ}=20''$

$\epsilon_{a4.5}=0$  pois bucha de 3 grampos é autocentrante

$\epsilon_{p8}=\epsilon_{p22}=0$  pois força de aperto é perpendicular a cota

$\epsilon_d=1/4 \cdot 0,36=0.09$  mm

Para este tratamento não é preciso usar método individual.

Para tratamento das faces do quadrado podem ser usada o esquema da figura 21.

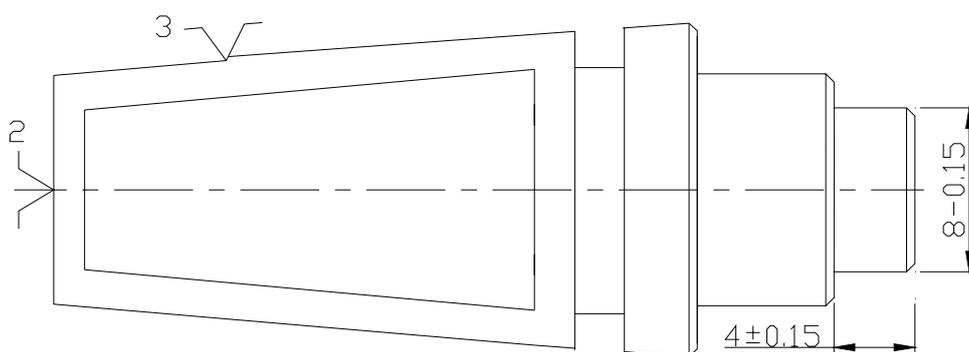


Figura 21. Esquema para o tratamento das faces 5 do quadrado

$\epsilon_{p8}=0$  pois bucha de 3 grampos é autocentrante

$\epsilon_{p4}=\delta_{42}=0.62$  mm

$\epsilon_{a8}=0$  pois bucha de 3 grampos é autocentrante

$\epsilon_{a4} = 0$  pois força de aperto é perpendicular a cota

$\epsilon_d = 1/4 \cdot 0,15 = 0,0375$  mm

Para a dimensão 4 será preciso usar método individual de obtenção das superfícies pois o defeito de posicionamento é maior que a tolerância.

#### 2.2.4. Escolha da sequencia de tratamento das superfícies

Segundo semelhança de forma, precisão e rugosidade as superfícies a serem submetidas ao tratamento mecânico podem ser agrupadas de seguinte maneira:

Cilindro 4 tem dimensões  $\varnothing 11h12$ ,  $l = 10,5 \pm IT14/2$  e  $r = 0,5 \pm IT14/2$ . O primeiro método de obtenção desta superfície pode ser torneamento de desbastamento e último método também vai ser torneamento para usar mesma máquina.

Cilindro 4  $\varnothing 11h12$  e  $l = 10,5 \pm IT14/2$ ,  $r = 0,5 \pm IT14/2$ , Ra2.5

Nº	Método de tratamento	Grau de tolerância	Rugosidade Rz , $\mu$ m
1	Torneamento de desbastamento	12	60
2	Torneamento de semiacabamento	12	20
3	Torneamento de acabamento	12	10

Chanfro 9 têm 14 grau de tolerância e rugosidade Rz40  $\mu$ m. Terão único método o torneamento de semi-acabamento pois esta variante permite usar a mesmas ferramentas .

Furo roscado 8 o furo têm diâmetro  $\varnothing 2,546H12$ , Rz40 e rosca M3x0.35-6H de 6 classe de precisão que equivale a 11 grau de tolerância pois rosca é fina e rugosidade Ra2.5  $\mu$ m. Primeiro método de obtenção do furo é brocagem e

último método é abertura de rosca com macho (no torno) pois é mais produtivo para produção em série média que abertura com ferro cortante.

Furo roscado 8 M3x0.35-6H, L=6.7±IT14/2, l=6±IT14/2, Ra2.5 µm

Nº	Método de tratamento	Grau de tolerância	Rugosidade Rz ,µm
1	Brocagem comum	12	40
2	Abertura de rosca com macho	6 classe	10

Cone externo 1 tem dimensões Ø11h9,  $\alpha=10^\circ\pm AT7/2$ , Ra1.25 µm circularidade e rectidão =0.01 de 7 grau de tolerância. Para o primeiro método escolhe se torneamento de desbastamento.

O último método pode ser rectificação de acabamento pois dá maior produtividade.

Como métodos intermediários se escolhem torneamento e rectificação para usar mesmas máquinas.

Cone externo 1 Ø11h7,  $\alpha=10^\circ\pm 20''$  circularidade e rectidão =0.01 Ra1.25

Nº	Método de tratamento	Grau de tolerância Dim (forma)	Rugosidade Rz ,µm
1	Torneamento de desbastamento	12 (12)	60
2	Torneamento de semiacabamento	11 (10)	20
3	Rectificação de desbastamento	10 (8)	10
4	Rectificação de acabamento	9 (7)	5

Ranhura 3 tem dimensões Ø12h12, b=2.5H12 x=4.2h14, Rz40

Para obtenção da ranhura o método usado pode ser torneamento.

Ranhura 3  $\varnothing 12h12$   $b=2.5H12$   $x=4.2h14$   $Rz40$ 

Nº	Método de tratamento	Grau de tolerância	Rugosidade Rz, $\mu\text{m}$
1	Torneamento de semiacabamento	12	40

Ranuras largas 2 tem dimensões  $b=22H14$ ,  $l=6.7\pm h14$ ,  $r=0.5$ ,  $Rz40$ 

Tem como primeiro método a fresagem de desbastamento e último semiacabamento.

Ranuras largas 2  $b=22H14$ ,  $l=6.7\pm IT14/2$ ,  $x=8h14$ ,  $r=0.5$ ,  $Rz40$ 

Nº	Método de tratamento	Grau de tolerância	Rugosidade Rz, $\mu\text{m}$
1	Fresagem de desbastamento	14	80
2	Fresagem de semiacabamento	14	40

Faces 5 tem dimensões  $l=8h12$  e  $4\pm IT14/2$ ,  $r=0.5$ ,  $Rz40$ 

Tem como primeiro método a fresagem de semiacabamento e acabamento como último .

Faces 5  $l=8h12$ ,  $4\pm IT14/2$ ,  $r=0.5$   $Ra2.5$ 

Nº	Método de tratamento	Grau de precisão	Rugosidade Rz , $\mu\text{m}$
1	Fresagem de semiacabamento	12	40

Todos os bordos agudos 10 serão arredondados para  $r=0,2$  usando lima.

---

### 2.2.5. Elaboração da rota de tratamento

Os diferentes tratamentos segundo semelhança de métodos de tratamento, máquinas, precisão e instalação podem ser agrupadas da seguinte maneira:

#### 1º grupo

- Torneamento de desbastamento do cilindro 4
- Torneamento de semiacabamento do cilindro 4
- Torneamento de semiacabamento chanfro 9
- Brocagem comum do furo 8 e abertura do chanfro 7
- Abertura de rosca com macho no furo 8
- Torneamento de desbastamento do cone 1
- Torneamento de semiacabamento do cone 1
- Torneamento de semiacabamento da ranhura 3

#### 2º grupo

- Rectificação de desbastamento do cone 1

#### 3º grupo

- Rectificação de acabamento do cone 1

#### 4º grupo

- Fresagem de desbastamento da ranhura 2

#### 5º grupo

- Fresagem de semiacabamento da ranhura 2

#### 6º grupo

- Fresagem de semiacabamento das faces 5

#### 7º grupo

- Fresagem de acabamento das faces 5

As fresagens de desbastamento e de semiacabamento para o tratamento das ranhuras 2 e faces 4, apesar de terem pequena diferença de precisão, ficam em diferentes grupos pois usam se ferramentas diferentes.

---

A peça bruta será facilmente obtida cortando cilindro do varão usando cerra mecânica para acelerar o processo.

Melhor tratar no início o cilindro 4 pois este é de menor precisão e rugosidade daí pode ser usado posteriormente como base tecnológica para tratar o cone 1 que exige maior grau de acabamento. Os chanfros 7, 9 e furo com rosca serão tratados na mesma fase para reduzir tempo de reinstalação.

É melhor tratar as faces 5 antes do cone 1 pois assim pode ser usado o cilindro 1(antes de ser cone) como base tecnológica que é mais fácil instalar na bucha de 3 grampos.

Melhor tratar o cone 1 antes das ranhuras pois caso inverso o corte seria interrompido e haveria vibração durante o tratamento.

A fresagem de desbastamento e de semiacabamento se fazem em diferentes fases apesar do pequeno salto de precisão pois neste caso usam se ferramentas diferentes.

O boleamento de bordos agudos pode ser feito manualmente com lima pois os bordos em questão exigiriam muitas fresas e fases para seu tratamento com máquina.

Analizados cuidadosamente os 5 aspectos apresentados acima teremos a seguinte rota de tratamento.

Os cartões de rota estão apresentados nos anexos.

## **10 Corte dum cilindro com serra de disco**

### **20 Torneamento** torno paralelo Cadette

Torneamento de desbastamento e semiacabamento do cilindro 4, semiacabamento do chanfro 9 (sobre o cone 1), brocagem do furo 8, abertura do chanfro 7 e da rosca 8.

---

**30 Fresagem** fresadora Milko 35r

Fresagem de semiacabamento das faces 5 do quadrado e dos chanfros 9 (sobre o cilindro 4 e faces 5).

**40 Torneamento** torno paralelo Cadette

Torneamento de desbastamento, semiacabamento do cone 1 e ranhura 3

**50 Fresagem** fresadora Milko 35r

Fresagem de desbastamento da ranhura 2

**60 Fresagem** fresadora Milko 35r

Fresagem de semiacabamento da ranhura 2

**70 Rectificação**

Rectificação de desbastamento do cone 1

**80 Rectificação**

Rectificação de acabamento do cone 1

**90 Serralharia**

Arredondamento dos bordos agudos 10

**2.2.5. Elaboração das fases****10 Corte serra de disco**

Serra de disco

A. Instalar peça no torninho pelo cilindro 1 e tirar

Torninho

1. Cortar cilindro até  $l=44h14$

Serra de disco

Paquímetro 0.1,  $l=180$

**20 Torneamento**

Torno paralelo Caddete

A. Instalar peça na bucha de 3 grampos pelo cilindro 1 e tirar

Bucha de 3 grampos

1. Desbastar o cilindro 4 até  $\varnothing 11,6-0.18$ ,  $l=10.5\pm 0.215$ ,  $r=0.5\pm 0.215$ ,  $Rz60\mu m$

---

Ferro cortante para cilindrar direito P6M5

Calibre fêmea  $\varnothing 11,6H12$  e escantilhão  $l=10.5\pm IT14/2$

2. Semiacabar o cilindro 4 até  $\varnothing 110-0.11$ ,  $l=10.5\pm 0.215$ ,  $r=0.5\pm 0.215$ ,  $Rz20 \mu m$

Ferro cortante para cilindrar P6M5

Calibre fêmea  $\varnothing 11H12$  e paquímetro 0.1;  $l=180$

3. Semiacabar o chanfro 9 (sobre o cilindro 1 antes de ser cone) até

$c=1\pm 0.125$ ,  $\alpha=45^\circ\pm 1^\circ$ ,  $Rz40 \mu m$

Ferro cortante para chanfrar P6M5

Escantilhão  $1\pm IT14/2$   $\alpha=45^\circ\pm 1^\circ$

4. Brocar o furo 8 até  $\varnothing 2.546+0.1$ ,  $h=6.7\pm 0.18$ ,  $Rz40 \mu m$  e abrir o chanfro 7 até  $c=0.75\pm IT14/2$ ,  $\alpha=45^\circ\pm 1^\circ$ ,  $Rz40 \mu m$

Broca combinada P6M5

Calibre macho  $\varnothing 2.546-01$ , paquímetro 0.01;  $l=180$

5. Abrir a rosca 8 até  $M3\times 0.35-6H$ ,  $l=6\pm 0.15$ ,  $Ra2,5 \mu m$

Macho  $M3\times 0.35$  P6M5

Calibre para rosca  $M3\times 0.35-6H$  e escantilhão  $l=6\pm 0.15$

### 30 Fresagem

Fresadora universal Milko 35r

A. Instalar a peça no cabeçote divisor pelo cilindro 1 e tirar

1. Semiacabar quatro faces 5 até  $l=8h12$ ,  $h=4\pm IT14/2$ ,  $r=0.5\pm IT14/2$ ,  $Rz40 \mu m$

Cabeçote divisor

Fresa de cabo P6M5

Calibre fêmea  $l=8h12$  e escantilhão  $r=0.5\pm IT14/2$

No capítulo 2.2.6. estão apresentados os parâmetros da ferramenta e regimes de tratamento das faces.

2. Abrir os chanfros 9 (sobre o cilindro 4 e faces 5) até  $c=1\pm 0.215$ ,  $\alpha=45^\circ\pm 1^\circ$ ,  $Rz40 \mu m$

Lima

---

Escantilhão  $1 \pm IT14/2$   $\alpha = 45^\circ \pm 1^\circ$

#### 40 Torneamento

Torno paralelo Caddete

A. Instalar peça na bucha de 3 grampos pelo cilindro 4 e face e tirar

Bucha de 3 grampos

1. Desbastar o cone 1 até  $\varnothing 14-0.18$ ,  $\alpha = 10^\circ \pm 60''$ ,  $Rz 60 \mu m$

Ferro cortante para cilindrar P6M5

Calibre fêmea  $\varnothing 14H12$ ,  $\alpha = 10^\circ \pm 60''$

2. Semiacabar o cone 1 até  $\varnothing 12h11$ ,  $\alpha = 10^\circ \pm 40''$ ,  $Rz 20 \mu m$

Calibre fêmea  $\varnothing 12H11$ ,  $\alpha = 10^\circ \pm 40''$

3. Semiacabar a ranhura 3 até  $\varnothing 12-0.18$ ,  $b = 2.5 + 0.1$ ,  $l = 2.4 - 0.25$ ,  $r = 0.5 \pm 0.215$ ,  
 $Rz 40 \mu m$

Ferro cortante para ranhurar P6M5

Calibres machos  $\varnothing 12h12$ ,  $b = 2.5H12$ ,  $l = 2.4 - 0.25$ ,  $r = 0.5 \pm 0.215$

#### 50 Fresagem

Fresadora universal Milko 35r

A. Instalar a peça no cabeçote divisor pelo cilindro 4 e face e tirar, virar a  
peça

Cabeçote divisor

1. Desbastar duas ranhuras 2 até  $b = 21 + 0.52$ ,  $h = 8 - 0.36$ ,  $r = 0.5 \pm 0.215$ ,  $Rz 80 \mu m$

Fresa de disco trilateral com furo central P6M5

Paquímetro 0.01;  $l = 125$

#### 60 Fresagem

Fresadora universal Milko 35r

A. Instalar a peça na bucha de 3 grampos pelo cilindro 4 e face, tirar, virar a  
peça

Cabeçote divisor

---

1. Semiacabar as ranhuras 2 até  $b=22+0.52$ ,  $h=6.7-0.36$ ,  $r=0.5\pm 0.215$  Rz40  $\mu\text{m}$

Fresa de disco trilateral com furo central P6M5

### 70 Rectificação

Rectificadora

A. Instalar peça na bucha de 3 grampos pelo cilindro 4 e face e tirar

Bucha de 3 grampos

1. Desbastar o cone 1 até  $\varnothing 11.2-0.7$ ,  $\alpha=10^\circ\pm 30''$ , Ra2.5  $\mu\text{m}$

Rebolo abrasivo

Calibre fêmea  $\varnothing 11.2\text{H}10$ ,  $\alpha=10^\circ\pm 30''$

### 80 Rectificação

Rectificadora

A. Instalar peça na bucha de 3 grampos pelo cilindro 4 e face e tirar

Bucha de 3 grampos

1. Acabar o cone 1 até  $\varnothing 11-0.043$ ,  $\alpha=10^\circ\pm 20''$ , Ra1.25  $\mu\text{m}$

Rebolo abrasivo

Calibre fêmea  $\varnothing 11\text{H}9$ ,  $\alpha=10^\circ\pm 20''$

### 90 Serralharia

Bancada de serralheiro

1. Limar os bordos agudos 10 até  $r=0.2\pm 0.125$ , Rz40  $\mu\text{m}$

Lima fina

Escantilhão  $r=0.2\pm \text{IT}14/2$

## 2.2.6. Cálculo de regimes para fresagem

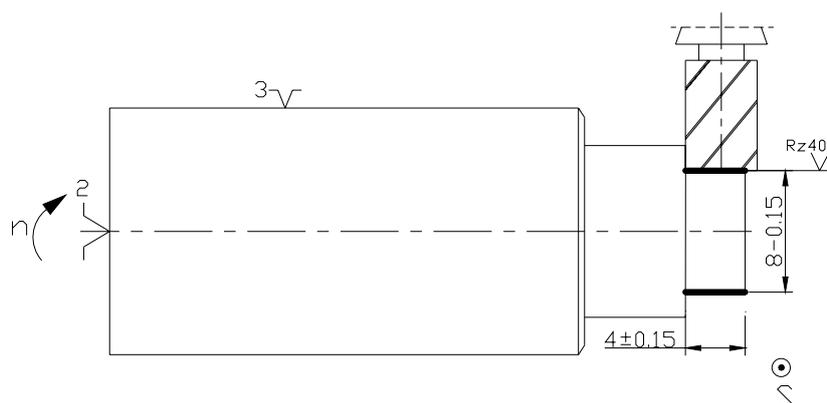


Figura 22. Esquema para o tratamento das faces 5

1. Material a trabalhar JI090-01,  $\sigma_r=24\text{kgf/mm}^2$ , HB165
2. Fresa de cabo com cabo cónico tipo Morse,  $D \times L \times z=10 \times 8 \times 5$ , aço rápido P6M5. Toma-se menor número dos dentes  $z$  pois temos semiacabamento.
3. A fresa terá dentes agudos com a seguinte geometria:  $\alpha=20^\circ$  na parte cilíndrica e  $\alpha'=8^\circ$  na face,  $\gamma=10^\circ$ ,  $\omega=45^\circ$ , (paginas 27 e 28, tabelas 78,79 e 83).
4. Fresadora universal Milko 35r,  $N=3\text{kW}$ ,  $\eta=0.75$ .
5. A profundidade de corte  $t=4\text{mm}$  e a largura de fresagem  $B=1,5\text{mm}$ .
6. O avanço  $S_z=0,07\text{mm/dente}$  (página 44 tabela 36 interpolado), este avanço é reduzido em 30% pois material a trabalhar é liga latão.  
 $S_z=0,7 \cdot 0,07=0,049\text{mm/dente}$ .
7.  $C_v=103$ ,  $q_v=0,45$ ,  $x_v=0,3$ ,  $y_v=0,2$ ,  $u_v=0,1$ ,  $p_v=0,1$ ,  $m=0.33$  (página 46 tabela 39).
8.  $T=60\text{min}$  (página 47 tabela 40)
9.  $K_{mv}=0.7$ ,  $K_{esv}=1$ ,  $K_{mtv}=1$  pois material da ferramenta escolhida é material base (página 30 tabelas 4, 5 e 6).
10. A velocidade de corte  $V_c$  determina-se pela seguinte formula:

$$V_c = \frac{C_v \cdot D^{q_v}}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S_z^{y_v} \cdot B^{u_v} \cdot z^{p_v}} \cdot K_{mv} \cdot K_{esv} \cdot K_{mtv} \quad (55)$$

$$V_c = \frac{103 \cdot 10^{0,45}}{60^{0,33} \cdot 4^{0,3} \cdot 0,049^{0,2} \cdot 1,5^{0,1} \cdot 4^{0,1}} \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 = 58,2 \text{ m/min}$$

11. A frequência de rotação  $n_c$  determina-se pela formula 40:

$$n_c = \frac{1000.58,2}{\pi.10} = 1852,6 \text{ rpm}$$

$$12. n_m = 1700 \text{ rpm}$$

13. A velocidade real é dada pela formula 41:

$$V_r = \frac{3,14.10.1700}{1000} = 53,4 \text{ m/min}$$

14. O avanço  $S_{mc}$  calcula-se pela seguinte formula:

$$S_{mc} = S_{zc} \cdot Z \cdot n_m \quad (56)$$

$$S_{mc} = 0,049.4.1700 = 333,2 \text{ mm/min}$$

15. O avanço pela máquina  $S_{mm} = 190 \text{ mm/min}$

Assegur verifica-se a possibilidade e eficácia de uso da ferramenta, da máquina e do regime de corte escolhidos, para isso calculam-se:

16.  $C_p = 226$ ,  $x_p = 0,86$ ,  $y_p = 0,72$ ,  $u_p = 1$ ,  $w_p = 0$ ,  $q_p = 0,86$  (página 48 tabela 41).

17.  $K_{mp} = 1$ ,  $K_{df} = 1,5$  pois material a trabalhar é macio (página 31 tabela 10 e notas).

18. O avanço real por dente é determinado por:

$$S_{ZR} = \frac{S_m}{z \cdot n_m} \quad (57)$$

$$S_{ZR} = \frac{190}{4.1700} = 0,028 \text{ / dente}$$

19. A força de corte  $P_z$  calcula-se pela formula:

$$P_z = \frac{C_p \cdot t^{x_p} \cdot S_{ZR}^{y_p} \cdot B^{u_p} \cdot z}{D^{q_p} \cdot n_m^{w_p}} \cdot K_{mp} \cdot K_{df} \quad (58)$$

$$P_z = \frac{226.4^{0,86} \cdot 0,028^{0,72} \cdot 1,5^1 \cdot 4}{10^{0,86} \cdot 1700^0} \cdot 1.1,5 = 70,6 \text{ N}$$

20. A potência de corte  $N_c$  calcula-se pela formula:

$$N_c = P_z \frac{V_r}{60000} \quad (59)$$

$$N_c = 70,6 \frac{53,4}{60000} = 0,06 \text{ kW}$$

A potência calculada  $N_c$  é menor que  $N_m \cdot \eta = 3,0,75 = 2,25$  kW, a máquina serve para este tratamento. Podia ser escolhida máquina de menor potencia para ser bem aproveitada, mas assume-se que esta é a disponível no momento.

21. Por ser semiacabamento onde as forças de corte são maiores, verifica se a resistência do sistema tecnológico, geralmente da parte mais fraca neste caso cabo da fresa à torsão, pela fórmula:

$$\sigma_t = \frac{P_z \cdot l}{0,2 \cdot d^3} \quad (60)$$

Onde:  $l$  - braço da força  $P_z$  até a secção transversal mais fina do cabo (mm).  
 $d$  - diâmetro do cabo (mm)

$$\sigma_t = \frac{70,6 \cdot 12}{0,2 \cdot 8^3} = 8,4 \text{ Mpa}$$

A tensão calculada é menor que a correspondente tensão do material do cabo, daí verifica-se a condição de resistência.

22. Os coeficientes de uso da máquina e da ferramenta determinam-se pelas formulas 46 e 47 respectivamente:

$$C_{um} = \frac{0,06}{3,0,75} = 0,03$$

$$C_{uf} = \frac{53,4}{58,2} = 0,92$$

O coeficiente de uso da máquina demonstra pouco uso da máquina, para efeito do presente projecto assume-se disponibilidade desta máquina apenas. A ferramenta é bem aproveitada.

23. O tempo de tratamento principal  $t_p$  determina-se pela formula:

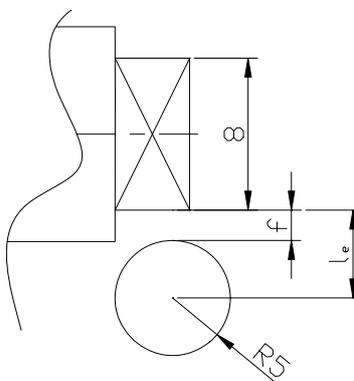


Figura 23. Esquema para cálculo do tempo de tratamento principal

$$t_p = \frac{c_s + l_e + l_s}{S_{mm}} \quad (61)$$

onde:

$c_s$  - comprimento da superfície trabalhada no sentido do avanço igual a 8mm;

$l_s$  – comprimento de saída da ferramenta toma-se 2mm pois superfície é aberta;

O comprimento de entrada da ferramenta  $l_e$  determina conforme ilustra a figura 18 por:

$$l_e = f + D/2 = 2 + 5 = 7 \text{ mm}$$

$$t_p = \frac{8 + 7 + 2}{190} = 0,09 \text{ min}$$

#### 24. Resultados

Ferramenta	Norma	Material	DxLxz	$\alpha$	$\alpha'$	$\gamma$	$\omega$
Fresa cilíndrica de cabo	GHOST	P6M5	10x8x5	20	8	10	45

$C_{uf}$	Fresadora	$N_m$	$C_{um}$	t	$S_{mm}$	$V_r$	$n_m$	$N_c$	$t_p$
0.92	Milko35r	3	0.03	4	190	53,4	1700	0,06	0.09

## **2.3. Elaboração do processo tecnológico de fabricação da tampa**

### **2.3.1. Análise tecnológica da tampa**

A peça é constituída de 7 superfícies sendo a mais precisa a rosca interna 5 que é uma superfície de elevada precisão, as restantes são de precisão normal . A forma da peça é muito simples e todas as suas superfícies podem ser facilmente tratadas usando como base tecnológica o cilindro 1 e face esquerda.

A tampa é uma peça de elevada rigidez por isso podem ser usados regimes altos. Todas as superfícies são normalizadas por isso podem ser usadas ferramentas e medidores normalizados e o acesso as superfícies é bastante fácil.

Com excepção das estrias, todas as superfícies podem ser facilmente tratadas usando instalação simples com dispositivos universais (bucha de 3 grampos), o mesmo acontece com medidores e 3 ferramentas.

Para o tratamento das estrias há necessidade dum dispositivo especial consistindo dum pino com rosca externa M20x0.75 que acopula sobre a rosca na tampa.

O furo 5 e chanfros 7 podem ser tratadas simultaneamente, mas para isso seria necessária uma ferramenta mais complexa daí prefere-se tratar separadamente.

As trajectórias seguidas pelas diferentes ferramentas são bastante simples.

A seguir se apresentam alguns coeficientes de tecnologibilidade:

O coeficiente de normalização  $K_n$  determina-se pela fórmula 15:

$$K_n = \frac{12}{12} = 1$$

Sendo todas as superfícies normalizadas, vai permitir usar medidores e ferramentas normalizadas o que é económico.

O coeficiente de unificação determina-se pela formula 16:

$$K_u = \frac{2+2}{12} = 0,3$$

O uso de 1 ferramentas para tratar 2 superfícies vai reduzir custos em ferramentas.

O coeficiente de precisão  $K_p$  determina-se pela combinação das formulas 17 e 18:

$$Q_{pm} = \frac{14.9+12.2+11.1}{12} = 13,4 \quad K_p = 1 - \frac{1}{13,4} = 0.93$$

Concluisse a produção do corpo tem menor exigência em máquinas e ferramentas de alta precisão.

O coeficiente de rugosidade  $K_r$  determina-se pela formula 19:

$$R_{zm} = \frac{10.2 + 40.10}{12} = 35 \mu m \quad K_r = \frac{1}{35} = 0,03$$

A rugosidade média 35 será facilmente obtida.

O coeficiente de uso do material  $K_{um}$  determina-se pela formula 21.

O volume da peça acabada pode ser determinada pela decomposição da peça em cilindros 1, 2 e 3.

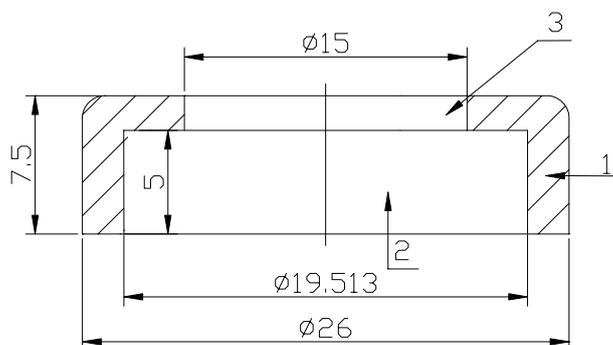


Figura 24. Volumes elementares da tampa

Tabela 14

Nº	h	r	Volume	Coment.
1	7,5	13	3980,0	cilindro
2	5	10	1570,0	cilindro
3	2,5	7,5	441,6	cilindro
			1968,4	Total
	10	14	6154,4	Peça bruta

A peça bruta é cilindro cortado do varão com  $d=28$  e  $l=10$ .

Desta forma teremos  $K_{um}=1968.4/6154.4=0,3$  este valor é menor relativamente aos valores recomendados para a produção em série média (0.6 - 0.8), mas toma-se peça bruta de forma mais simples que pode ser facilmente produzida a partir do varão apesar de assim aumentar o trabalho posterior e gastos de material.

### 2.3.2. Escolha da peça bruta

A tampa será produzido em cadeia sendo o tipo de produção em série média. A peça bruta será cilindro cortado de varão com  $d=28$  e  $l=10$ , pois a forma da peça é circular apesar de oferecer maior dificuldade de levantamento de 70% de camada de material.

### 2.3.3. Escolha das bases tecnológicas

A base construtiva da tampa é o furo roscado 5 que não pode ser usado como base tecnológica pois pretendemos tratar esta superfície.

A tampa pode ser apertada na bucha de 3 grampos pelo cilindro 1 e face esquerda para tratar no início o furo 3, alargar o furo cego 5 abrir os chanfros 7 e por fim abrir a rosca 5 (figura 25).

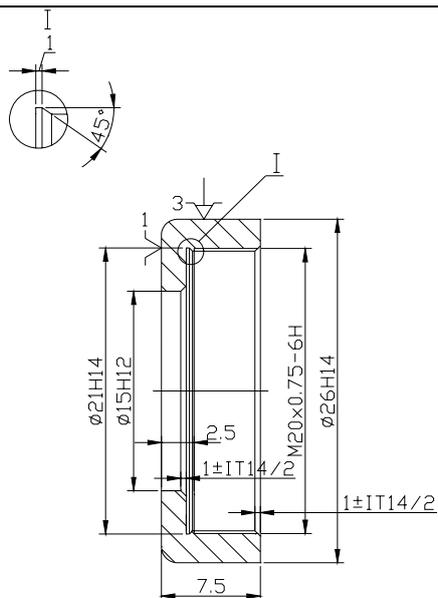


Figura 25. Esquema de instalação da tampa

As parcelas dos defeitos de posicionamento são:

$\varepsilon_{p19.026} = \varepsilon_{p15} = 0$  pois bucha de 3 grampos é autocentrante

$\varepsilon_{p2.5} = 0$  pois base de medição coincide com base tecnológica

$\varepsilon_{p7.5} = 0$  pois base de medição coincide com base tecnológica

$\varepsilon_{a19.026} = \varepsilon_{a15} = 0$  pois bucha de 3 grampos é autocentrante

$\varepsilon_{a2.5} = \varepsilon_{p7.5} = 0$  pois força de aperto é perpendicular a cota

$\varepsilon_d = 1/4IT = 1/4 \cdot 0,13 = 0,0325$

Não há necessidade de uso do método individual.

### 2.3.4. Escolha da sequencia de tratamento das superfícies

Segundo a semelhança de forma, precisão e rugosidade as superfícies a serem submetidas ao tratamento mecânico podem ser agrupadas de seguinte maneira.

Furo 3 tem dimensão  $\varnothing 15H12$ ,  $Ra 2.5 \mu m$ . Este furo terá como primeiro método de tratamento a brocagem comum como último método a mandrilagem.

## Furo 3 Ø15H12, Ra2.5 µm

Nº	Método de tratamento	Grau de tolerância	Rugosidade Rz ,µm
1	Brocagem comum	12	20
2	Mandrilagem de desbastamento	12	10

Furo roscado 5 tem dimensão do furo  $d=19,026H11$ ,  $L=5\pm IT14/2$ ,  $Rz40$  e rosca  $M20-6H$   $l=4,5\pm IT14/2$   $Ra2.5$  µm. Primeiro método de tratamento pode ser broqueamento, alargamento ou alisagem, mas toma-se alargamento pois da maior produtividade e levanta maior camada em relação a alisagem. O último método pode ser abertura de rosca com ferramenta cortante ou macho mas toma-se abertura da rosca com macho pois tem maior produtividade.

Furo roscado 5 M20-6H,  $l=6\pm IT14/2$ ,  $l=5\pm IT14/2$ ,  $Ra2.5$  µm

Nº	Método de tratamento	Grau de tolerância	Rugosidade Ri ,µm
1	Alargamento de desbastamento	12	40
2	Abertura de rosca com macho	10	10

Chanfros 7 têm 14 grau de tolerância e rugosidade  $Rz40$  µm. Terão único método o torneamento de semi-acabamento.

Chanfros 7  $L=0.75\pm IT14/2$   $\alpha=45^\circ$ ;  $Rz40$  µm

Nº	Método de tratamento	Qualidade de tolerância	Rugosidade Rz,µm
1	Torneamento de semiacabamento	14	40

Faces 2 e 6 tem 14 grau de tolerância e rugosidade  $Rz40$  µm, Terão único método o torneamento de semi-acabamento.

---

 Faces 2 e 6 L= 7,5h14; Rz40 µm

Nº	Método de tratamento	Qualidade de tolerância	Rugosidade Rz,µm
1	Torneamento de semiacabamento	14	40

Ranhura 8 tem diâmetro 21mm de 11 grau de tolerância e ângulo 45° Rz20, terá como único método de tratamento torneamento de semiacabamento.

Ranhura 8  $\Phi 21H14$   $\alpha=45^\circ \pm IT14/2$  ; Rz40 µm

Nº	Método de tratamento	Grau de tolerância	Rugosidade Rz,µm
1	Torneamento de semiacabamento	14	40

Bordos agudos 4 e 9 tem 14 grau de tolerância e rugosidade Rz40 µm, Terão único método o boleamento com lixa no torno com peça a girar.

Bordos 4 e 9  $r=3 \pm IT14/2$ ,  $r=0.2 \pm IT14/2$ , respectivamente Rz40 µm

Nº	Método de tratamento	grau de tolerância	Rugosidade Rz,µm
1	Boleamento	14	40

Cilindro 1 tem 14 grau de tolerância e rugosidade Rz40 µm, Terão único método o torneamento.

Cilindro 1 ,  $\Phi 26h14$ , Rz40 µm

Nº	Método de tratamento	grau de tolerância	Rugosidade Rz,µm
1	Torneamento de semiacabamento	14	40

Estrias 10 tem 14 grau de tolerância e rugosidade Rz40 µm,

---

 Estrias 10 , B=1H14, H=0.5±IT14/2,  $\alpha=\beta =45^\circ\pm 1^\circ$ , Rz40  $\mu\text{m}$ 

Nº	Método de tratamento	grau de tolerância	Rugosidade Rz, $\mu\text{m}$
1	Abertura de estrias	14	40

### 2.3.5. Elaboração da rota de tratamento das superfícies

Os diferentes tratamento são agrupados em:

#### 1º Grupo

- Torneamento de desbastamento das faces 2 e 6
- Brocagem comum do furo 3
- Alargamento de desbastamento do furo 5
- Abertura da ranhura 8
- Torneamento de semiacabamento dos chanfros 7
- Abertura de rosca com macho
- Arredondamento dos bordos agudos 4 e 9

#### 2º Grupo

- Abertura de estrias 10

#### 3º Grupo

- Torneamento do cilindro 1

No início deve se facejar superfície 6 para servir de base de medição, pois peça bruta é irregular. Assegurar pode-se abrir o furo 3.

Depois de aberto o furo 3 e seu posterior alargamento para furo 5, deve ser aberto o chanfro 7 sobre a face 6 e a ranhura 8 para que dê entrada e saída do macho respectivamente, aproveita-se a mesma instalação para abrir o chanfro 7 sobre o furo 3 e bolear os raios 9 para reduzir o tempo de reinstalação da peça.

Depois a peça é virada para tratar a face 2 e bolear o raio 4.

A abertura das estrias toma-se como último tratamento pois caso contrario os grampos da bucha iriam danificar as estrias por tratar de material bastante macio. Para este tratamento a tampa é comprimida sobre rolos de material mais duro que calcam sobre o cilindro 1 as estrias nelas feita.

Para o torneamento usa-se bucha de 3 grampos pois peça é facilmente instalada nela para tratamento de todas as superficies. Seram usadas ferramentas e medidores normais.

### **10 Corte**

Serra de disco

### **20 Torneamento**

Torno paralelo Cadette

Torneamento de desbastamento da face 6, brocagem comum do furo 3, alargamento de desbastamento do furo 5, abertura da ranhura 8, torneamento de semiacabamento dos chanfros 7, abertura de rosca com macho, arredondamento do bordo 9.

### **30 Torneamento**

Torno paralelo Cadette

Torneamento de semiacabamento face 2, arredondamento do bordo 4

### **40 Torneamento**

Torno paralelo Cadette

Torneamento de semiacabamento do cilindro 1

### **50 Estriagem**

Abertura das estrias 10

### 2.3.6. Elaboração das fases

#### 10 Corte

Serra de disco

A. Instalar a peça no torninho pelo cilindro 1 e tirar

1. Cortar varão até  $l=10-0.36$ ,  $Rz40$

Torninho, serra de disco

Calibre fêmea  $l=10h14$

#### 20 Torneamento

Torno paralelo Caddete

A. Instalar a peça na bucha de 3 grampos pelo cilindro 1 e tirar

1. Desbastar a face 6 até  $7.5-0.36$ ,  $Rz40 \mu m$

Bucha de 3 grampos

Ferro cortante para facejar P6M5

Paquímetro 0.1;  $l=180$

2. Brocar o furo 3 até  $\varnothing 15+0.18$ ,  $Rz20 \mu m$

Broca helicoidal P6M5

Calibre macho  $\varnothing 15H12$

3. Mandrilar o furo 5 até  $\varnothing 19.026+0.21$ ,  $l=2.5\pm 0.125$ ,  $r=0.5\pm 0.125$ ,  $Rz40 \mu m$

Alargador P6M5

Calibre macho  $\varnothing 19,026h12$  e escantilhão  $l=5\pm IT14/2$

4. Abrir ranhura 8 até  $\varnothing 21+0.52$ ,  $l=1+0.25$ ,  $r=0.5\pm 0.125$ ,  $\alpha=45^\circ\pm 1^\circ$ ,  $Rz40 \mu m$

Ferro cortante para ranhurar interno P6M5

Calibre  $\varnothing 21H14$ , escantilhão  $l=1H14$ ,  $r=0.5\pm IT14/$ ,  $\alpha=45^\circ\pm 1^\circ$

5. Semi-acabar o chanfro 7 até  $c=1\pm 0.125$ ,  $\alpha=45^\circ\pm 1^\circ$ ,  $Rz40 \mu m$

Ferro cortante para chanfrar P6M5

Escantilhão  $1\pm 14/2$ ,  $\alpha=45^\circ\pm 1^\circ$

6. Abrir rosca 5 M20x0.75-6H, Ra2.5  $\mu\text{m}$   
Macho M20x0.75 P6M5  
Calibre para rosca interna M20x0.75-6H
7. Arredondar o bordo 9 até  $r=0.2\pm 0.125$ , Rz40  $\mu\text{m}$   
Lima  
Escantilhão  $r=0.2\pm IT14/2$

### 30 Torneamento

Torno paralelo Caddete

- A. Instalar a peça na bucha de 3 grampos pelo cilindro 1 e tirar  
Bucha de 3 grampos
1. Desbastar a face 2 até 7.5-0.36, Rz40  $\mu\text{m}$   
Ferro cortante para facejar P6M5  
Paquímetro 0.1; l=180
2. Arredondar bordo 4 até  $r=3\pm 0.125$ , Rz40  $\mu\text{m}$   
Ferro cortante para cilindrar P6M5  
Escantilhão  $r=3\pm IT14/2$

### 40 Torneamento

Torno paralelo Caddete

- A. Instalar a peça no dispositivo especial pelo furo 5 e tirar  
Dispositivo especial
1. Semi-acabar o cilindro 1 até  $\varnothing 26-0.52$ , Rz40  $\mu\text{m}$   
Ferro cortante para cilindrar P6M5  
Calibre fêmea  $\varnothing 26h14$

### 50 Estriagem

Maquina para abrir estrias

- 1) Abrir as estrias 10 até  $b=1H14$ ,  $h=0.5\pm IT14/2$ , Rz40  
Planos estriados P6M5  
Escantilhão  $b=1H14$ ,  $h=0.5\pm IT14/2$

## 2.4. Análise tecnológica da alavanca

O manípulo é constituído de 12 superfícies sendo a mais importante o furo quadrado 3. O furo quadrado é obtido no início abrindo um furo circular e de seguida faz se o rasgo do mesmo até obter se o furo quadrado. Os furos serão abertos simultaneamente em 6 peças para aumentar a produtividade, para isso as 6 chapas serão soldadas juntas nas pontas.

A forma final da peça é obtida por quinagem em 90° como ilustrado na figura 20. A peça bruta é uma chapa cortada na guilhotina com dimensões planificadas.

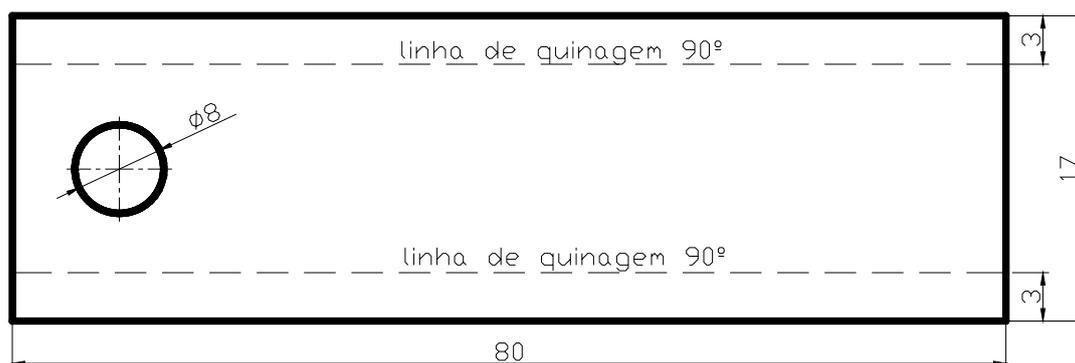


Figura 26. Alavanca planificada

As seguir-se apresentam alguns coeficientes de tecnologibilidade:

O coeficiente de normalização  $K_n$  é calculado pela fórmula 15:

$$K_n = \frac{12}{12} = 1$$

Sendo todas as superfícies normalizadas, permite usar medidores e ferramentas normalizadas.

O coeficiente de unificação  $K_u$  é calculado pela fórmula 16:

As 2 faces 1, 2,5, o escalão 4, os 4 bordos agudos 6 são unificadas.

$$K_u = \frac{2 + 2 + 2 + 1 + 4}{12} = 0.92$$

Sendo maior parte das superfícies unificadas, vai reduzir custo das ferramentas.

O coeficiente de precisão determina-se pelas formulas 17 e 18.

$$Q_{mp} = \frac{14.11 + 12.1}{12} = 13,8 \quad K_r = 1 - \frac{1}{13.8} = 0.93$$

Esta precisão é facilmente obtida na estampagem.

O coeficiente de rugosidade  $K_r$  calcula-se pelas formulas 19 e 20.

$$R_{zm} = \frac{40.12}{12} = 40 \quad K_r = \frac{1}{40} = 0.025$$

A rugosidade Rz40 é fácil manter pois é da chapa.

É dispensável calcular o coeficiente de uso de material pois da peça bruta apenas retira-se uma ínfima parte (o furo 3), assim este coeficiente será próximo de 1.

### **Escolha do processo de produção**

As alavancas serão produzidas em cadeia, a peça bruta será uma chapa como ilustra a figura 26 pois esta alavanca é facilmente obtida a partir da chapa.

A peça bruta será obtida por corte na guilhotina da chapa com dimensões planificadas na figura 26.

Será usada chapa de aço de 2 mm por ser mais resistente a flexão e sua boa disponibilidade no mercado.

As superfícies da alavanca serão obtidas por um passo, usando como bases tecnológicas a superfície 4.

## Conclusões

- Foi feita análise constructiva com desenho de montagem de todas as peças da válvula;
- Foram elaborados os processos tecnológicos de fabricação do corpo, do cone truncado, da tampa e da alavanca;
- Foi projectada placa modelo com sistema de gitos de fundição do corpo.

## Recomendações

- Usar este tipo de válvula em instalações residenciais;
- As válvulas podem ser fabricadas em empresas moçambicanas;
- Os desenhos e processos tecnológicos elaborados podem ser usados para organização da produção;
- O trabalho elaborado pode ser usado por estudantes para consulta;
- Algumas peças que aqui não foram elaborados podem ser usados por estudantes como temas para o trabalho do curso.

## **Bibliografia**

- 1- Eng. EDITHA MATTHES. Gitagem de peças vazadas em arreja, Conceitos base e métodos suscintos de cálculo. Instituto Nacional de Investigação Industrial . Lisboa, 1968
  
- 2- JOSÉ M. G. DE CARVALHO FERREIRA .Tecnologia da Fundição. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa, 1999
  
- 3- EDOARDO CAPELLO. Tecnología de La Fundicion. Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona, 1966
  
- 4- Normas Fundamentales para La Técnica Mecânica, Manual I, DIN, Editorial Balzola- Bilbao, 1963
  
- 5- ALEXANDRE KOURBATOV. Escolha da ferramenta, da maquina e do regime de corte. Metodologia e dados tabelados. Maputo, 2004

## **Anexos**

1. Termo de atribuição do tema de trabalho de licenciatura
2. Desenho de montagem da válvula
3. Desenho do corpo
4. Desenho do cone truncado
5. Desenho da tampa
6. Desenho da alavanca
7. Cartões de rota
8. Cartas de fase
9. Desenho da moldação completa
10. Desenho da placa modelo
11. Desenho do macho e caixa de macho