



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

**TRABALHO DE LICENCIATURA**

**“ PROPOSTA DE MELHORAMENTO DO PROCESSO DE  
FABRICAÇÃO DAS CABEÇAS DE BOMBAS DE ÁGUA AFRIDEV  
NA AGRO ALFA, S.A.R.L. ”**

**AUTOR:** Feliciano Victória Augusto

**SUPERVISOR:** Prof. Doutor Eng<sup>o</sup> Alexander P. Kourbatov

Maputo, Dezembro de 2005

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

**TRABALHO DE LICENCIATURA**

**TEMA:** Proposta de melhoramento do processo de fabricação das cabeças de bombas de água AFRIDEV na AGRO ALFA

**AUTOR:** Feliciano Victória Augusto

**SUPERVISOR:** Prof. Doutor Eng<sup>o</sup> Alexander P. Kourbatov

Maputo, Dezembro de 2005

*À meu muito amado filho Kees, à Salva minha querida esposa e  
à memória de minha querida mãe Maria Victória Monteiro*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço inicialmente a Deus pela graça e luz que concede a mim, meus familiares e amigos. Agradeço em especial ao meu supervisor Dr. Eng<sup>o</sup> Alexander P. Kourbatov pelo incansável empenho na orientação do presente trabalho. Agradeço também os meus amigos que directa ou indirectamente contribuíram para a realização do trabalho, não esquecendo do pessoal da empresa AGRO ALFA que sempre esteve disponível nas consultas.

Ao meu pai, irmãos, tios, primos e sobrinhos agradeço em particular pela paciência e disponibilidade demonstrada durante toda a minha carreira estudantil e ao grande suporte emocional dedicado, principalmente na elaboração do presente trabalho. À Salva minha querida esposa pelo companheirismo e dedicação. À Maria minha mãe pela protecção e providência.

## DECLARAÇÃO SOB PALAVRA DE HONRA

Eu, **Feliciano Victória Augusto**, nascido em Maputo, a 25 de Abril de 1981, estudante finalista do curso de Licenciatura em Engenharia Mecânica, especialidade de Construção Mecânica da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Eduardo Mondlane, declaro sob Palavra de Honra, que o presente Trabalho de Diploma, foi da minha autoria, resultante de pesquisa bibliográfica e consultas a profissionais da área, sendo que todos os textos, fragmentos e informações de qualquer carácter pertencentes a diferentes autores ou organismos estão devidamente referenciados ao longo do relatório.

Maputo, 20 de Dezembro de 2005

---

( Feliciano Victória Augusto)

## Resumo

O sector industrial em Moçambique está correntemente a sofrer uma racionalização e reabilitação consideráveis, facto que força a evolução dos factores produtivos para níveis de qualidade e produtividade admissíveis no mercado dos produtos.

O presente trabalho enquadra-se nas iniciativas de melhoria de qualidade dos produtos fabricados pela empresa AGRO ALFA S.A.R.L., com o objectivo de melhoramento dos factores produtivos e aumento da sua produtividade, e é composto pelos capítulos de análise construtiva, análise tecnológica, análise dos dispositivos e anexos, segundo o que se apresenta a seguir.

A parte construtiva apresenta a descrição da construção da bomba, do destino e da constituição das peças do mecanismo. Faz-se também a descrição da construção da cabeça da bomba, das suas superfícies, seus parâmetros e condições de funcionamento.

A parte tecnológica apresenta a descrição dos processos tecnológicos de fabricação das peças que constituem a cabeça da bomba Afridev em uso na AGRO ALFA, realçando os procedimentos de maiores gastos e por fim apresentam-se as propostas de melhoramento dos processos existentes, com determinação de alguns regimes de corte, elaboração de rota de todas as peças do conjunto e de algumas fases, escolha das máquinas, ferramentas e medidores.

A seguir faz-se a apresentação dos dispositivos existentes, condutores, de soldadura e montagem das peças do conjunto cabeça. Faz-se a análise do seu funcionamento, seguindo-se das propostas de suas melhorias (no caso em que o actual careça de melhorias) e a apresentação de novos dispositivos (no caso em que seja necessário a projecção de um dispositivo). Faz-se também o cálculo da força de aperto dos dispositivos e verificação da resistência mecânica destes. Em anexos, apresentam-se os desenhos técnicos das peças do conjunto cabeça da bomba e as suas peças separadas, os esquemas de tratamento, desenhos de montagem, dispositivos auxiliares, cartões de rota e algumas fases de tratamento.

## Sumário

<b>Resumo</b> -----	<b>iv</b>
<b>Lista de figuras</b> -----	<b>vii</b>
<b>Lista de tabelas</b> -----	<b>ix</b>
<b>Lista de abreviaturas e siglas</b> -----	<b>x</b>
<b>Lista de símbolos</b> -----	<b>xi</b>
<b>INTRODUÇÃO</b> -----	<b>1</b>
<b>1. PARTE CONSTRUTIVA</b> -----	<b>3</b>
1.1 <i>Tipos de bombas de água</i> -----	3
1.2 <i>Breve referência à história da bomba Afridev</i> -----	5
1.3 <i>Descrição da construção da bomba Afridev</i> -----	6
1.4 <i>Descrição da construção da cabeça da bomba</i> -----	10
1.5 <i>Descrição da construção das peças da cabeça da bomba</i> -----	12
<b>2. PARTE TECNOLÓGICA</b> -----	<b>25</b>
2.1 <i>Escolha do tipo de produção</i> -----	25
2.2 <i>Escolha da peça bruta</i> -----	28
2.3 <i>Modernização do processo tecnológico de fabricação da flange 2</i> -----	28
2.3.1 <i>Análise tecnológica da flange 2</i> -----	28
2.3.2 <i>Descrição do processo de fabricação da flange 2 na AGRO ALFA</i> -----	31
2.3.3 <i>Propostas de melhoramento do processo de fabricação da flange 2</i> -----	34
2.4 <i>Modernização do processo tecnológico de fabricação do corpo 6</i> -----	51
2.4.1 <i>Análise tecnológica do corpo 6</i> -----	51
2.4.2 <i>Descrição do processo de fabricação dos corpos 6 na AGRO ALFA</i> -----	54
2.4.3 <i>Propostas de melhoramento do processo de fabricação do corpo 6</i> -----	56
2.5 <i>Modernização do processo tecnológico de fabricação do trapézio 3</i> -----	62
2.5.1 <i>Análise tecnológica do trapézio 3</i> -----	62
2.5.2 <i>Descrição do processo de fabricação do trapézio na AGRO ALFA</i> -----	66
2.5.3 <i>Propostas de melhoramento do processo de fabricação do trapézio 3</i> -----	67
2.6 <i>Modernização do processo tecnológico de fabricação da bica 1</i> -----	68
2.6.1 <i>Análise tecnológica da bica 1</i> -----	68
2.6.2 <i>Descrição do processo de fabricação da bica 1 na AGRO ALFA</i> -----	69
2.6.3 <i>Proposta de melhoramento do processo de fabricação da bica 1</i> -----	69
2.7 <i>Modernização do processo tecnológico de fabricação da tampa respirador 7</i> -----	71
2.7.1 <i>Análise tecnológica da tampa do respirador 7</i> -----	71
2.7.2 <i>Descrição do processo de fabricação da tampa do furo 7 na AGRO ALFA</i> -----	71
<b>3. PROJEÇÃO DOS DISPOSITIVOS ESPECIAIS PARA TRTAMENTO DA FLANGE 2</b> -----	<b>73</b>

3.1	<i>Projecção de alguns elementos da estampa</i>	73
3.1.1	Dimensionamento do punção	73
3.1.2	Dimensionamento da matriz	75
3.1.3	Dimensionamento da espiga	76
3.2	<i>Projecção do dispositivo condutor</i>	78
3.2.1	Descrição do funcionamento do dispositivo condutor	78
3.3	<i>Projecção do dispositivo para a abertura de furos de grandes diâmetros</i>	79
3.3.1	Descrição do funcionamento do dispositivo em compasso para a abertura dos furos $\varnothing 87^{+0,87}$ na flange 2 e $\varnothing 100$ no corpo 6	79
<b>4.</b>	<b>ANÁLISE ECONÓMICA DA PROPOSTA DE MELHORAMENTO DO SISTEMA DE FABRICAÇÃO</b>	<b>80</b>
4.1	<i>Cálculo prático do custo de fabricação da cabeça de bomba Afridev</i>	80
4.1.1	Cálculo do custo de fabricação considerando a produção em série pequena	80
4.1.2	Cálculo do custo de fabricação considerando a produção em série média	82
	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>83</b>
	<b>RECOMENDAÇÕES</b>	<b>84</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>85</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>87</b>

## Lista de figuras

Figura 1. Bomba de sucção .....	3
Figura 2. Bomba de acção directa de pequena profundidade.....	4
Figura 3. Bomba Afridev .....	4
Figura 4. Bomba Índia Mark II Extra Deep Well .....	5
Figura 5. Componentes da bomba Afridev .....	7
Figura 6. Construção da bomba Afridev.....	8
Figura 7. A cabeça da bomba Afridev.....	11
Figura 8. O corpo 6 .....	13
Figura 9. Planificação da chapa para as metades do corpo 6.....	13
Figura 10. A flange 2.....	16
Figura 11. A bica 1 .....	18
Figura 12. O trapézio 3.....	19
Figura 13. A chapa trapezoidal .....	20
Figura 14. A chapa rectangular do trapézio .....	22
Figura 15. A tampa do respirador 7 .....	23
Figura 16. Vendas de bombas na AGRO ALFA.....	26
Figura 17. Corte da folha em tiras .....	32
Figura 18. Dispositivo para a marcação dos furos na flange 2 .....	33
Figura 19. Corte da chapa em tiras de 230x2500 .....	36
Figura 20. Corte da chapa em tiras de 230x1250 .....	36
Figura 21. Corte das chapas em tiras de 200x2500 .....	36
Figura 22. Corte das chapas em tiras de 200x1250 .....	37
Figura 23. Esquema de instalação da chapa inicial na máquina .....	38
Figura 24. Esquema de instalação da chapa para o corte de 4 chanfros 15x45 <sup>0</sup> .....	39
Figura 25. Esquema de instalação para a abertura do furo central na flange 2.....	40
Figura 26. Corte da chapa em tiras 200h14, tiras em chapas 200x230h14 e 4 chanfros 15x45 <sup>0</sup> 42	
Figura 27. Abertura do furo Ø87H14 na furadora .....	43
Figura 28. Abertura dos 4 furos Ø13,5 na furadora .....	43
Figura 29. Secção da ferramenta para sangrar.....	48
Figura 30. Esquema de abertura dos furos da flange na estampa .....	50
Figura 31. Punção escalonado para a redução da força de corte.....	51
Figura 32. Corte da chapa em tiras de 459x1250 .....	57
Figura 33. Abertura dos 3 furos Ø25, furo Ø18 e furo Ø50.....	59
Figura 34. Fresagem da ranhura.....	60

---

Figura 35. Abertura dos 3 furos $\varnothing 25H14$ e $\varnothing 50H14$ por estampagem .....	61
Figura 36. Aproveitamento proveitoso da chapa para o trapézio .....	67
Figura 38. Corte do tubo para a bica.....	70
Figura 39. Os punções para os furos $\varnothing 13,5^{+0,5}$ e $\varnothing 87^{+0,87}$ .....	74
Figura 40. Diagrama para a determinação da espessura da matriz.....	75
Figura 41. Dimensões principais da matriz.....	76
Figura 42. A espiga da estampa .....	77
Figura 43. Dispositivo condutor para abertura dos 4 furos .....	78
Figura 44. Dispositivo em compasso para a abertura de furos de grandes diâmetros.....	79

## Lista de tabelas

Tabela 1. Composição química e propriedades mecânicas dos aços .....	10
Tabela 2. Parâmetros das superfícies do corpo 6.....	14
Tabela 3. Parâmetros das superfícies da flange 2.....	16
Tabela 4. Parâmetros das superfícies da bica 1 .....	18
Tabela 5. Parâmetros das superfícies da chapa trapezoidal .....	20
Tabela 6. Parâmetros das superfícies da chapa rectangular.....	22
Tabela 7. Parâmetros das superfícies da tampa do respirador 7 .....	23
Tabela 8. Quantidade de bombas produzidas na AGRO ALFA .....	25
Tabela 9. Tipos de produção .....	26
Tabela 10. Rota de fabricação das flanges 2 na AGRO ALFA .....	34
Tabela 11. Parâmetros do regime de corte para a brocagem.....	46
Tabela 12. Parâmetros do regime de corte para a sangramento .....	48
Tabela 13. Rota de fabricação da metade direita do corpo 6 na AGRO ALFA.....	55
Tabela 14. Rota de fabricação da metade esquerda do corpo 6 na AGRO ALFA.....	55
Tabela 15. Rota de fabricação da chapa trapezoidal na AGRO ALFA.....	66
Tabela 16. Rota de fabricação da bica 1 na AGRO ALFA .....	69
Tabela 17. Rota de fabricação da tampa do respirador 7 na AGRO ALFA .....	71
Tabela 18. Dimensões normalizadas da espiga .....	77
Tabela 19. Matéria-prima para a fabricação de 50 cabeças da bomba .....	81
Tabela 20. Custo da matéria-prima para a produção de 50 bombas cabeças de bomba .....	81

**Lista de abreviaturas e siglas**

AISI	- American Industrial Standards Institute
BS	- British Standards
CAD	- Computer Aided Design
CAM	- Computer Aided Machining
DIN	- Deutsche Industrien Normen
HB	- Hardness of Brinell
HRC	- Hardness of Rockwel
ISO	- International Standards Organization
MIG	- Metal Inert Gas
PRONAR	- Programa Nacional de Água Rural
SKAT	- Swiss Centre for Development Cooperation in Technology and Management
TIG	- Tungsten Inert Gas
UNDP	- United Nations Development Program
UNICEF	- United Nations Children's Fund
PVC	- Polyvinyl Chloride
UPVC	- Unplasticised Polyvinyl Chloride
VLOM	- Village Level Operation and Maintenance

**Lista de símbolos**

$\eta$	- rendimento da máquina
$\varepsilon_a$	- defeito de aperto, $\mu\text{m}$
$\varepsilon_c$	- defeito de colocação, $\mu\text{m}$
$\varepsilon_d$	- defeito de dispositivo, $\mu\text{m}$
$\varepsilon_p$	- defeito de posicionamento, $\mu\text{m}$
$\sigma_{f\text{máx}}$	- tensão de flexão máxima, $\frac{N}{\text{mm}^2}$
$\sigma_{r\text{máx}}$	- tensão máxima de rotura, $\frac{N}{\text{mm}^2}$
$\sigma_T$	- carga de rotura do material, $\frac{N}{\text{mm}^2}$
$A_{\text{nu}}$	- área do núcleo da rosca, $\text{mm}^2$
$C_{\text{ad}}$	- custos administrativos, Mts
$C_f$	- custos de fabricação, Mts
$C_f$	- custos de fabricação, Mts
$C_m$	- coeficiente de correcção para o cálculo da velocidade de corte
$C_{\text{mp}}$	- custo de matéria-prima, Mts
$C_p$	- custo de produção, Mts
$C_{\text{pz}}$	- coeficiente de correcção para o cálculo da força de corte
$C_u$	- custo unitário de fabricação da peça, Mts
$C_v$	- coeficiente de correcção da força de corte
$d$	- diâmetro do cilindro, mm
$D$	- diâmetro do furo maior, mm
$d$	- diâmetro do furo menor, mm
$d_e$	- diâmetro da espiga, mm
$D_f^{\text{max}}$	- diâmetro máximo do furo, mm
$D_f^{\text{nom}}$	- diâmetro nominal do furo, mm
$D_m^{\text{min}}$	- diâmetro mínimo da matriz, mm
$d_p^{\text{max}}$	- diâmetro máximo do punção, mm
$d_p^{\text{nom}}$	- diâmetro nominal do punção, mm

---

$d_r$	- diâmetro da rosca, mm
$E$	- módulo de elasticidade, MPa
$ES_f$	- desvio superior do furo, $\mu\text{m}$
$F_{ex}$	- força da extracção, N
$F_m$	- fundo de tempo mensal, horas
$f_{min}$	- folga mínima entre o punção e a matriz, mm
$F_p$	- força do peso da cabeçote, N
$F_Y$	- força na direcção Y, N
$IT_f$	- tolerância do furo, $\mu\text{m}$
$IT_p$	- tolerância do punção, $\mu\text{m}$
$J_x$	- Momento de inércia da secção considerada, $\text{mm}^3$
$k$	- coeficiente que toma em conta os custos de transporte, armazenamento do material e imprevistos
$K_{ap}$	- coeficiente de correcção da força de corte em função da afiação da ferramenta
$K_{av}$	- coeficiente de correcção da velocidade de corte que toma em conta a afiação da ferramenta
$K_{df}$	- coeficiente de correcção da força de corte em função do desgaste da ferramenta
$K_{dv}$	- coeficiente de despesas de venda
$K_{esv}$	- coeficiente de correcção da velocidade de corte que toma em o estado da superfície a trabalhar
$K_{ls}$	- coeficiente de correcção da velocidade de corte que toma em conta a razão entre o comprimento e o diâmetro do furo
$K_{lv}$	- coeficiente de correcção da velocidade de corte que toma em conta o comprimento do furo
$K_{mfv}$	- coeficiente de correcção da velocidade de corte que toma em conta o material da ferramenta
$K_{mp}$	- coeficiente de correcção da força de corte que toma em conta o material a trabalhar
$K_{mv}$	- coeficiente de correcção da velocidade de corte que toma em conta o material a trabalhar
$k_o$	- coeficiente de ocupação das máquinas

---

$K_p$	- coeficiente de precisão
$K_r$	- coeficiente de rugosidade
$K_{rss}$	- coeficiente de correcção da velocidade de corte que toma em conta a rigidez do sistema tecnológico
$K_{tps}$	- coeficiente de correcção da velocidade de corte que toma em conta o tratamento posterior da superfície
$K_{um}$	- coeficiente de uso de material
$K_v$	- coeficiente de correcção no cálculo da velocidade de corte
$l$	- comprimento do cilindro, mm
$l$	- comprimento do corpo a flambar, mm
$L_t$	- largura da tira, mm
$M_{f\text{máx}}$	- momento flector máximo, N
$m_{pa}$	- massa da peça acabada, kg
$m_{pb}$	- massa da peça bruta, kg
$m_{pb}$	- massa da peça bruta, kgs
$M_t$	- momento torçor, N·mm
$N_c$	- potência de corte, kW
$n_c$	- frequência de rotação calculada da máquina-ferramenta, rpm
$N_m$	- potência nominal, kW
$N_p$	- número de peças produzidas
$N_{pcr}$	- número crítico de peças produzidas
$N_{pm}$	- é o número de produção mensal
$N_{pst}$	- número de superfícies que precisam de tratamento;
$N_{sn}$	- número de superfícies normalizadas;
$N_{su}$	- número de superfícies unificadas
$N_{ts}$	- número total de superfícies;
$n_v$	- expoente para o cálculo da velocidade de corte
$p$	- perímetro da figura, mm
$P_a$	- força axial, N
$p_c$	- perímetro a cortar, mm
$P_{fi}$	- preço da i-ésima fase de tratamento da peça, Mts

---

$P_m$	- preço da matéria-prima, Mts
$P_v$	- preço de venda, Mts,;
$P_z$	- força de corte, N
$q_m$	- expoente para o cálculo do momento torçor na brocagem
$q_p$	- expoente para o cálculo da força axial na brocagem
$Q_{pm}$	- média aritmética da precisão
$q_v$	- coeficiente de correcção da velocidade de corte que toma em conta o diâmetro do furo
$R_m$	- altura da irregularidade média, $\mu\text{m}$
$s$	- espessura da chapa, mm
$S_b$	- espessura da base, mm
$S_m$	- espessura da matriz, mm
$S_v$	- avanço da máquina-ferramenta, mm/v
$S_{vc}$	- avanço calculado, mm/v
$t$	- profundidade de corte, mm
$T$	- duração da broca, min
$t_e$	- tempo de escape, min
$T_{fi}$	- tempo da i-ésima fase de tratamento, s
$T_{fm}$	- tempo de fase média, min
$t_p$	- tempo principal de tratamento da superfície, min
$V_c$	- velocidade de corte calculada, m/min
$V_{pa}$	- volume da peça acabada, $\text{mm}^3$
$V_{pb}$	- volume da peça bruta, $\text{mm}^3$
$V_r$	- velocidade de corte real, m/min
$Y$	- deformação na direcção Y sofrida pela peça, mm
$y_m$	- expoente para o cálculo do momento torçor na brocagem
$y_{m\acute{a}x}$	- distância máxima desde a linha neutra até ao ponto mais exterior da secção flectida
$y_p$	- expoente para o cálculo da força de corte na brocagem
$y_v$	- expoente para o cálculo da velocidade de corte na brocagem

## INTRODUÇÃO

A falta de água apropriada para o consumo é uma realidade mundial e sente-se a todos níveis principalmente no continente africano, sendo que desde muito tempo, países da África subsahariana como Moçambique têm vindo a enfrentar sérios problemas na disponibilização de água apropriada para o consumo para as populações tanto nas zonas rurais como nas urbanas.

Estima-se que mais de um sexto da população mundial não têm acesso a água potável e condições sanitárias mínimas, e que mais de um terço dos africanos são afectados directamente pela seca e problemas relacionados com a falta de água. Notar que em países africanos a densidade de bombas de água é de mais 500 pessoas por bomba, segundo o *Water Handbook* (1999) da UNICEF (*United Nations Children's Fund*), facto que viola a recomendação de 150 utentes por bomba.

Em Moçambique segundo o relatório do Programa Nacional de Água Rural (PRONAR) do ano de 2004, apenas cerca de 40% da população rural têm acesso a água potável, facto que é complementado pelo relatório da organização internacional *WaterAid* que segundo ao seu relatório, apenas 37% da população moçambicana têm acesso a água potável e que somente 25% da população rural e 40% da população urbana têm acesso a condições sanitárias mínimas.

Para responder a esta necessidade, o Governo moçambicano tem levado a cabo vários projectos de abastecimento de água principalmente nas zonas rurais, com o apoio de várias organizações humanitárias internacionais.

Nas comunidades rurais e suburbanas, a alternativa para o fornecimento de água potável é a abertura de poços e furos para a captação de água, que contemplam a posterior instalação da bomba de água, podendo esta ser manual (para furo normal ou profundo), pedestal ou outra.

Uma marca de bombas manuais muito utilizada no nosso país é a bomba manual AFRIDEV, pesquisada e desenvolvida com bastante qualidade pela firma SKAT da Holanda, sendo a bomba caracterizada pela sua facilidade de montagem, operação, manutenção, robustez, adicionado ao seu relativo baixo custo de aquisição. Este custo de aquisição é acrescido principalmente pelas taxas de importação das bombas, quando adquiridas no exterior e pelos custos de fabricação quando fabricadas pela indústria nacional.

A empresa AGRO ALFA, S.A.R.L. têm vindo desde 1995 a fabricar as bombas Afridev, na sua revisão 2, empregando para tal métodos de conformação de chapas como corte e quinagem, união de peças como soldadura, tratamento das superfícies por levantamento de aparas como torneamento e fresagem, acabamento superficial como a rebarbagem, dentre outros. Porém, estes processos de fabricação de bombas de água carecem da implementação de tecnologias e processos de fabricação mais rentáveis, que garantam melhor qualidade das peças, reduzam o tempo de fabricação, reduzido o custo de fabricação das peças e conseqüentemente o custo de aquisição das bombas, possibilitando a aquisição destas por parte das comunidades rurais.

O presente trabalho têm por objectivo estudar os processos de fabricação das cabeças de bombas Afridev em uso na empresa AGRO ALFA e propor os processos de fabricação melhorados nos casos em que verifica-se a possibilidade de implementação de melhorias, como por exemplo, o uso de processos de fabricação mais rentáveis como a estampagem na abertura de furos e conformação de chapas, cálculo de regimes de tratamento mais consistentes, modernização e projecção de dispositivos de aperto e montagem mais rápidos.

Com efeito, pretende-se reduzir as perdas de material em forma de aparas e desperdícios, perdas de tempo por utilização de processos de fabricação intermédios supérfluos, aumentando a qualidade das peças e baixando o seu custo de fabricação, que se reflectirá na redução do custo de aquisição pelo consumidor.

## 1. PARTE CONSTRUTIVA

Retirar água doce do subsolo por meio de poços foi sempre uma alternativa usada pelo homem quando as fontes superficiais se revelam inexistentes ou insuficientes. De início, os poços eram simples escavações manuais de onde a água era retirada por meio de baldes ou similares (provavelmente, ainda existentes em muitos locais). Actualmente, as técnicas e recursos da engenharia evoluíram bastante e actualmente, é possível perfurar furos de grandes profundidades e usar um sistema de bombeamento que permite a plena utilização da capacidade do poço.

De acordo com a natureza dos solos, a existência e profundidade do lençol de água escolhe-se um ou outro tipo de mecanismo de captação de água, mais propriamente bomba de água. Actualmente usam-se no mundo, diversos tipos de bombas de água, cada qual com a sua aplicação prática, segundo o que se passa a descrever.

### 1.1 Tipos de bombas de água

#### Bomba de sucção

A bomba de sucção usa-se para lençóis de água superficiais e de baixa profundidade, sendo recomendável para o uso em profundidades de 0 a 7 metros. É construída de ferro fundido e o seu princípio de funcionamento baseia-se na acção do par cilindro-pistão e a diferença de pressão (vácuo) que se cria entre o exterior e o lençol de água. Diferencia-se de outras bombas é o facto de todas as suas partes móveis (válvulas de entrada e saída) se encontram acima do nível do chão. Na figura abaixo se apresenta um modelo de bomba de sucção.



*Figura 1. Bomba de sucção*

### **Bomba de acção directa de pequena profundidade**

São bombas de pistão e construídas para operar de forma simples, por acção directa, sem o uso de uniões, apoios e outras peças intermédias. A eficácia na extracção de água nelas depende da força do operador. São usadas para profundidades de 0 a 25 metros e o princípio de funcionamento baseia-se na criação de uma força para a elevação de água usando um pistão de couro, borracha ou plástico localizado no cilindro, abaixo do nível do chão. O pistão executa o movimento alternativo de vai-vem, dentro do cilindro devido a acção directa na cabeça da bomba executada pelo utilizador da bomba. As marcas mais usadas para este tipo de bombas são: Tara na Índia, Maya-Yaku na Bolívia e Malda no Malawi. Na figura abaixo apresenta-se a marca Tara da Índia.



*Figura 2. Bomba de acção directa de pequena profundidade*

### **Bomba de acção directa de média profundidade**

Usada para profundidades de 25 a 50 metros, funciona igual às de pequena profundidade, mas com uma alavanca, possuindo um pistão suportado por uma vareta de pesca formada por um conjunto de varetas interligadas em forma de coluna. Suas marcas são Afridev, Índia Mark II e III e Vergnet. A Afridev na versão *Bottom Support*, possui uma vareta de pesca de aço inoxidável que permite a extracção de água de profundidades até 60 metros.



*Figura 3. Bomba Afridev*

### **Bomba de acção directa de grande profundidade**

São recomendáveis para profundidades de 50 a 90 metros possuindo uma construção diferenciada, com o objectivo de possibilitar a extracção de água nessas profundidades. Os exemplos deste tipo de bombas são a bomba Índia Mark II Extra Deep Well e Volanta. Na bomba Índia Mark II Extra Deep Well, as alterações principais na construção são: o maior comprimento da vareta de pesca, a colocação de contrapesos na alavanca para balancear a bomba e maiores dimensões do cilindro.



*Figura 4. Bomba Índia Mark II Extra Deep Well*

Pelas suas características e vantagens no uso, a bomba manual Afridev tornou-se recomendável pelo Governo Moçambicano, nos seus vários projectos, segundo sublinha o relatório do Programa Nacional de Água Rural PRONAR, como sendo o objectivo do governo, o de “ abastecer de água a população com fontes que garantam água potável durante todo o ano “. Outro factor que torna a bomba manual Afridev recomendada pelo governo é o facto de esta ser considerada pelas normas internacionais como uma bomba VLOM (*Village Level Operation and Maintenance*), que demonstra a sua facilidade de uso destas pelas populações, principalmente as menos instruídas.

#### **1.2 Breve referência à história da bomba Afridev**

Seu uso teve início em Malawi nos princípios de 1981. A meta era produzir uma bomba manual de fácil manutenção, pelas comunidades rurais em países onde os recursos e tecnologias industriais são limitados, como o Malawi. Assim, em 1982, começou a ser projectada a bomba Maldev, porém, nos testes de funcionalidade no local de instalação, a bomba Maldev demonstrou problemas principalmente nos apoios de rolamentos. Então, construiu-se a primeira bomba Afridev que usava casquilhos plásticos, e a sua instalação e aprovação final foi nos fins de 1982.

Desde então, têm sido desenvolvidas pesquisas no sentido de melhorar a construção desta e em 1983 foi desenvolvido um casquilho plástico mais eficiente. Daí, nos inícios de 1983, o centro de desenvolvimento da bomba Afridev passou a ser o país africano Kenya, apesar de algumas pesquisas no local de utilização das bombas terem continuado no Malawi.

Vários países africanos auxiliados por organizações ocidentais têm vindo a desenvolver pesquisas e fornecido contribuições importantes para a melhoria contínua da construção das bombas Afridev através de consultoria técnica, facilidades laboratoriais e treino de pessoal especializado. Para o efeito, foram organizados vários encontros internacionais sobre a modernização da bomba Afridev, tendo lugar no Kenya nos fins de 1984 e princípios de 1985. Actualmente a bomba manual Afridev é fabricada em vários países africanos como Moçambique, Kenya, Suazilândia e asiáticos como a Índia e o Paquistão.

### **1.3 Descrição da construção da bomba Afridev**

É um tipo de bomba de deslocamento positivo ou seja recíproca, cujo funcionamento baseia-se na acção do pistão dentro do cilindro. Nas figuras 5 e 6 apresentam-se os desenhos de montagem da bomba Afridev e de vista geral da bomba, respectivamente, das quais se descrevem os componentes principais.

O subconjunto pistão é provido com uma válvula de não retorno denominada de válvula de pistão 2, que desliza verticalmente de cima abaixo dentro de um cilindro 19, que também é provido com uma válvula de não retorno denominada de válvula de pé 1. A acção do utilizador da bomba, elevando e abaixando a alavanca 21 ou manivela em "T" da bomba, causam o movimento vertical da vareta de pesca 18, que se encontra conectada ao pistão e por depressão causa a elevação da água até a bica 14.

Quando o subconjunto pistão move-se acima, a válvula de pistão 2 fecha-se e um vácuo é criado na zona abaixo da válvula de pistão 2, ou seja, a tubagem de sucção 20, o que causa a elevação da água no cilindro 3 pela válvula de pé 1 que se abre. Simultaneamente, a água sobre o pistão, restringida pela válvula de pistão fechada, é deslocada acima e conduzida para o tubo elevador principal 3 até sair pela bica 14 da bomba. Quando o pistão move-se para baixo, a válvula de pé 1 fecha-se prevenindo a descida da água e a válvula de pistão 2 abre-se permitindo que o pistão se desloque pela água no cilindro 3.

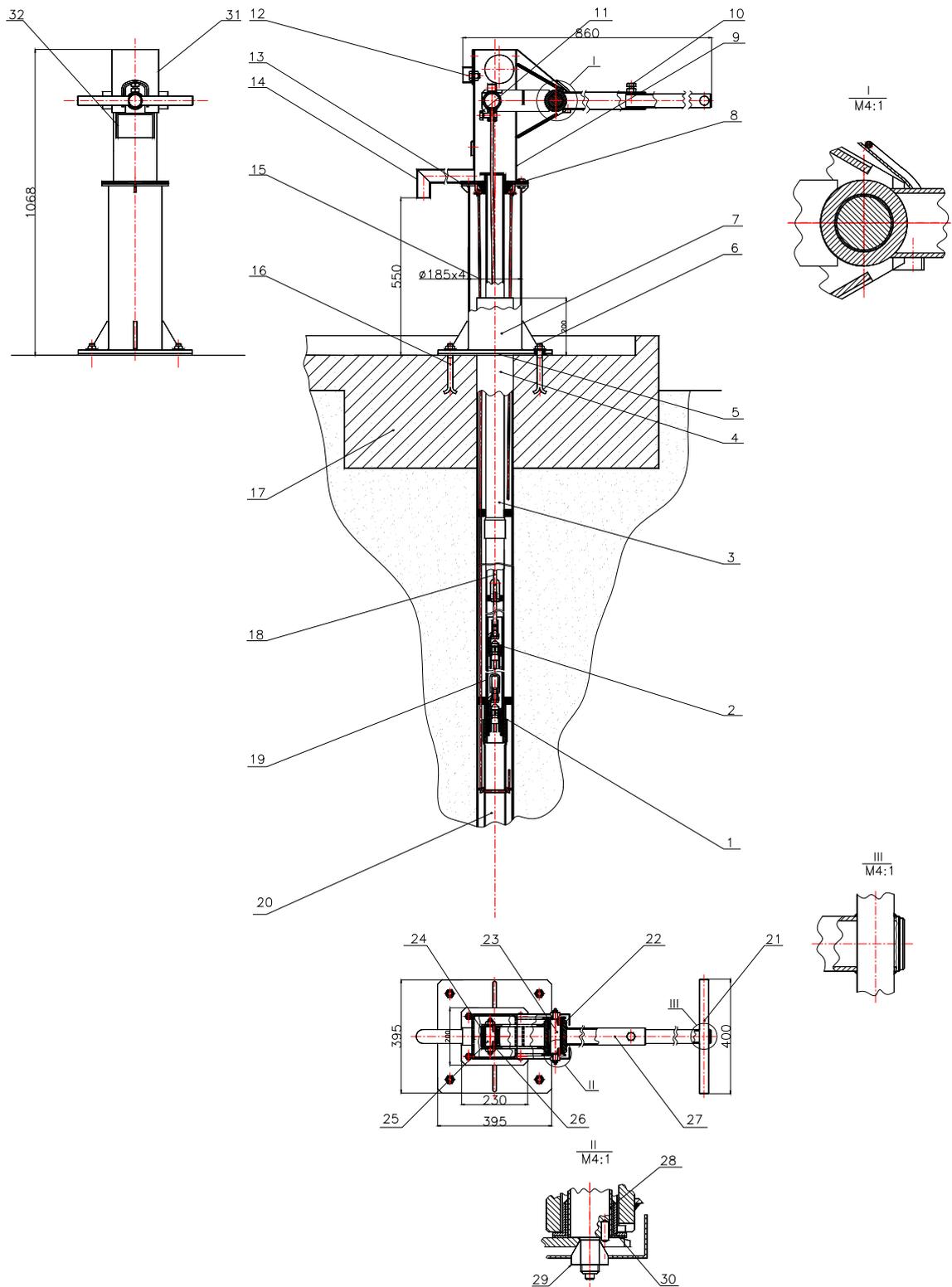


Figura 5. Componentes da bomba Afridev

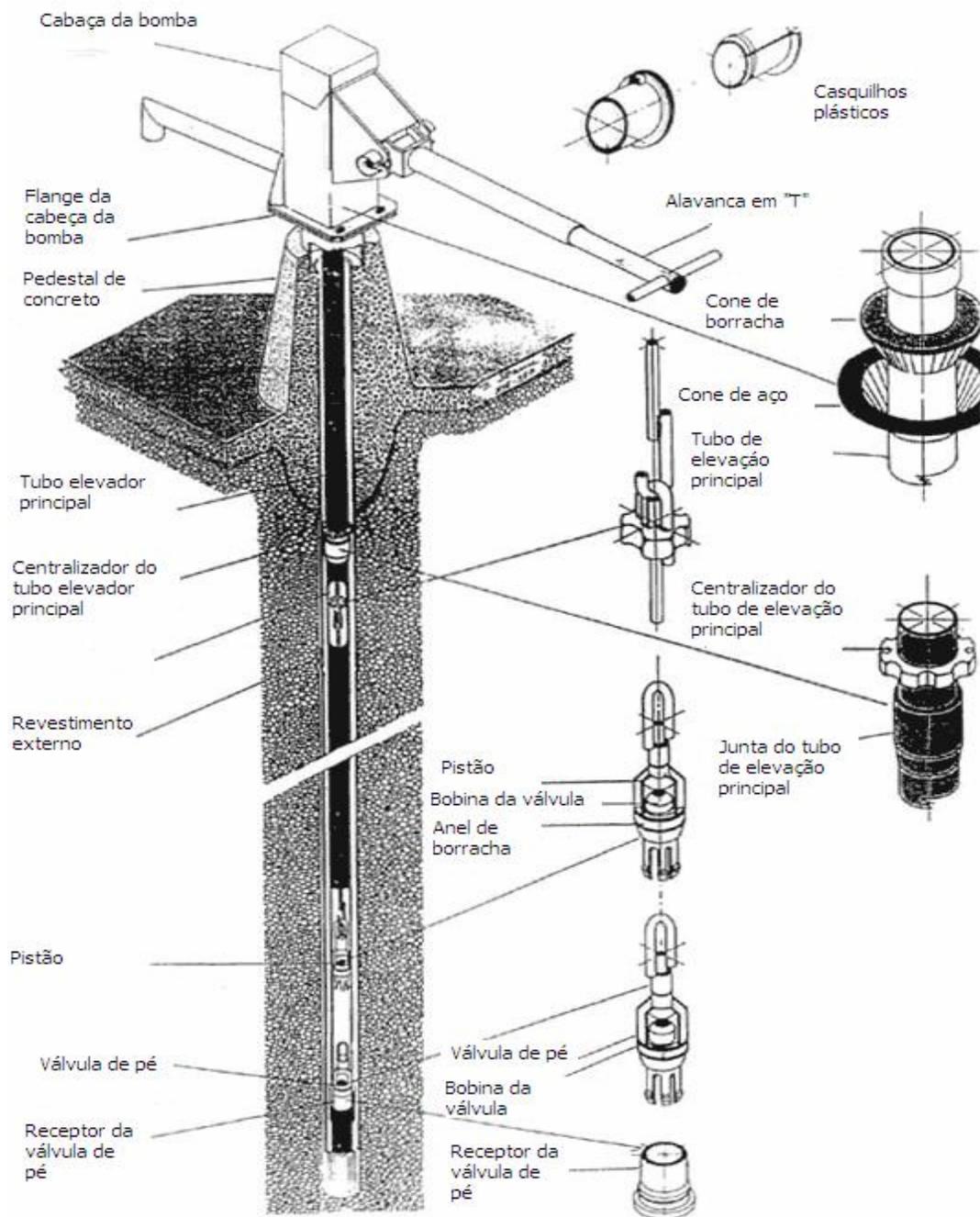


Figura 6. Construção da bomba Afridev

A bomba manual Afridev é constituída por quatro conjuntos principais, nomeadamente: a cabeça da bomba, incluindo a alavanca em "T", o pedestal da bomba, o cilindro, a vareta de pesca.

Na figura 5 apresenta-se a construção da bomba Afridev, com o objectivo de mostrar os principais componentes da bomba Afridev e no anexo I apresenta-se o desenho de montagem da bomba com os pormenores técnicos relevantes e a especificação.

A bomba Afridev é uma marca registada da firma SKAT/HTN, que vêm desenvolvendo a sua construção, otimizando os seus parâmetros de funcionamento e materiais de fabrico. Por esta razão, no presente trabalho, durante a análise construtiva da peça, irá fazer-se apenas menção da construção das peças da bomba, dimensões, materiais, composição química, propriedades mecânicas dos materiais, condições de funcionamento e tratamentos superficiais recomendados pela firma portadora dos direitos de autor, apresentando-se na análise tecnológica, as propostas de melhoramento dos processos de fabricação das cabeças das bombas .

Esta bomba é construída segundo normas internacionais, nomeadamente, normas AISI, DIN, BS e normas ISO, com o objectivo de facilitar a sua produção em qualquer país ou região que tenha implementado as normas internacionais no seu processo de fabrico.

A bomba possui componentes externas maioritariamente feitas de chapa de aço St 37 de espessuras que variam de 2 a 12 mm, tendo também alguns componentes de plástico, principalmente na tubagem de revestimento e de elevação principal. Possui também plástico melhorado nos apoios das partes móveis, funcionando como mancais.

Pela sua natureza, a bomba funciona com uma parte parcialmente submersa num lençol de água, sendo que o lençol de água deve ter características bacteriológicas e composição química testadas e aprovadas por um laboratório. Essas componentes que se encontram parcialmente submersas são o tubo de sucção, a válvula de pé, válvula de pistão, cilindro e uma parte da vareta de pesca.

O resto dos componentes da bomba se encontra exposto as condições ambientais normais, porém necessitando de uma protecção anti-corrosão devido ao contacto constante com a água.

O tubo elevador principal deve ser fabricado de PVC rígido (UPVC) classificado para equipamentos de fornecimento de água potável, segundo a norma DIN 19532, tendo o tubo, a referência DN 50 PN16. As soldaduras na montagem da bomba devem ser feitas de acordo com a norma DIN 8551, Parte I, que fornece o " Código de Procedimento para a Soldadura a Arco Manual de Metais".

Os componentes de aço inoxidável devem ser soldados usando a soldadura TIG de acordo com a norma DIN 8551, Parte II, que fornece o " Código de Procedimento para a Soldadura MIG e TIG". As chapas de aço, placas, cantoneiras e vergalhões usados na fabricação da bomba devem ser de acordo com a norma ISO 630 / DIN 17100.

Os tubos de aço para a fabricação de componentes da bomba devem ser de acordo com a norma DIN 1615 e para as peças e conjuntos que são de aço de construção e entram em contacto com água, devem-se fazer tratamentos anti-corrosão de galvanização. São os seguintes conjuntos: conjunto cabeça da bomba 9, tampa da cabeça da bomba 31, alavanca em " T" 21, o pedestal da bomba 7 e a vareta de pesca 18.

Na tabela 1 apresentam-se as propriedades químicas e algumas propriedades mecânicas dos materiais usados, sendo o aço St 37 para as chapas, St 37-2 para os tubos e aço inoxidável AISI 304 para a vareta de pesca.

*Tabela 1. Composição química e propriedades mecânicas dos aços*

Material	%C	%P	%S	%N	%Cr	%Si	%Mn	%Ni	$\sigma_r$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_e$ N/mm <sup>2</sup>
Aço St37	0,21 máx	0,065	0,065 máx	0,010	-	-	-	-	340-470	235
Aço St37-2 (chapas)	0,21 máx	0,065	0,065 máx	0,010	-	-	-	-	340-470	175
Aço St37-2 (tubos)	0,21 máx	0,065	0,065 máx	0,010	-	-	-	-	250-540	175
Aço AISI 304	0,08 máx	-	0,03 máx	-	18-20	1	-	8-12	590	240

*[Fonte: Afridev Handpump Specification, 1995]*

Os componentes de plástico serão fabricados dos materiais PA 6.6 NC, POM NC, UPVC conforme a norma DIN 7748, Parte I que refere a Materiais de moldação plástica. Os componentes de borracha devem ser fabricados de borracha de acrilonitrilo-butadieno (NBR) conforme as normas inglesas BS 2751 e BS 3222, ou outro material local que corresponda a estas especificações.

#### **1.4 Descrição da construção da cabeça da bomba**

A cabeça da bomba (figura 7) é inteiramente fabricada de aço St 37, usando-se chapa de espessura 6 mm para a flange 2 e o trapézio 3, chapa de 4 mm para o corpo 6 da cabeça da bomba, tubo de Ø 48.3x3 para a bica 1 e chapa de 2 mm para a tampa do respirador 7.

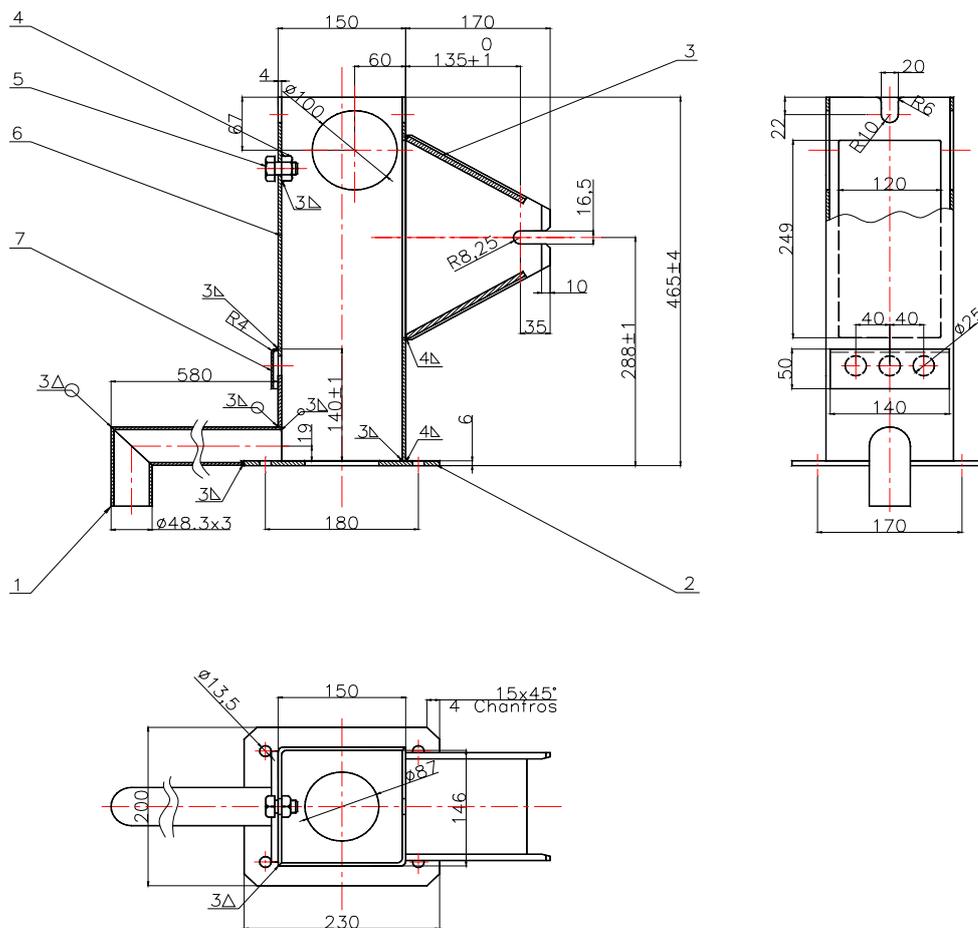


Figura 7. A cabeça da bomba Afridev

A construção da cabeça da bomba está apresentada na figura 7 e no anexo II. O corpo da cabeça da bomba 6 tem uma forma de uma caixa de secção transversal quadrada 150x150 feita de duas chapas de 4 mm de espessura, quinadas e soldadas, tendo o corpo a altura de 459 mm. Na base do corpo 6 se encontra a flange 2 que é uma chapa rectangular de 230x200x6 que se solda ao corpo e serve para unir a cabeça da bomba ao pedestal da bomba. Esta flange possui nos cantos, para tal quatro furos  $\varnothing 13.5$ , por onde passam igual número de parafusos M12. No centro da flange existe um furo  $\varnothing 87$  por onde passa o tubo elevador principal, que transporta a água até a saída.

Do lado direito do corpo 6 se encontra soldado o trapézio 3 que serve de apoio para a alavanca 5. O trapézio está constituído de duas chapas laterais trapezoidais com ranhuras de 16.5 mm por onde entra o eixo da alavanca. Entre estas duas chapas laterais se encontram soldadas duas chapas inclinadas por cima e por baixo que servem para aumentar a rigidez do trapézio e proteger o eixo da alavanca e outros elementos móveis da humidade e poeiras.

No corpo 6, no local de união com o trapézio 3, existe um furo rectangular de 250x120 por onde passa a alavanca. Por cima do corpo existem duas ranhuras de largura 20 mm que servem para centralizar a vareta de pesca no acto de instalação e manutenção da bomba e um pouco mais abaixo da ranhura esquerda, se encontra um furo por onde na parte interna do corpo se solda uma porca 5 e serve de fixação para a tampa da cabeça.

No lado esquerdo do corpo, em baixo se encontra a bica 1, que é feita de um tubo Ø48.3x3 cortado com a secção longitudinal em "L", por onde sai a água quando se opera a bomba. Um pouco acima da bica 1, se encontra a tampa do furo 7, que serve de protecção contra a poeira e outros objectos sólidos que poderiam passar pelos respiradores, que são três furos de Ø25, feitos na parte esquerda do corpo com o objectivo de facilitar a ventilação do interior da bomba.

O corpo possui na parte de cima, dois furos Ø100 por onde se ajustam os componentes da alavanca e da vareta de pesca durante a instalação e manutenção. As peças são ligadas entre si por soldadura TIG como já se referiu nas recomendações de normas DIN, não possuindo partes móveis relativamente ao conjunto. A cabeça da bomba se encontra exposta as condições ambientais correspondentes ao local de instalação, que normalmente se faz ao ar livre, por isso se encontra sujeita a pressões e temperaturas ambiente e por encontrar-se em contacto com água o corpo sofre o tratamento superficial de galvanização.

## **1.5 Descrição da construção das peças da cabeça da bomba**

### **Corpo 6**

O corpo da cabeça da bomba, segundo a figura 8 é uma peça composta por duas chapas quinadas em "L" e unidas por soldadura para formar uma caixa de 150x150x459. O seu destino é a ligação com a flange 2, a bica 1, o trapézio 3 e a tampa da cabeça 31, esta última, segundo a figura 5.

Numa das metades a direita possui um furo rectangular 6 de dimensões 249x120 por onde passa a manivela da bomba e é protegido pelo trapézio, mais o furo 10 que serve para facilitar a instalação dos componentes que se encontram dentro do corpo 6 e a ranhura 5 em cima que serve para orientar a instalação da tampa da cabeça. Noutra metade a esquerda, em baixo, possui também três furos 7 de Ø25 mm que servem de respirador para o funcionamento da bomba e um furo 9 para a bica da bomba por onde sai a água. O furo 4 em cima serve para a passagem do parafuso M16 que serve para fixar a tampa a cabeça. Noutro lado há o furo 10 de

Ø100 mm que serve para facilitar a instalação dos componentes que se encontram no interior do corpo. A peça é de baixa rigidez, possuindo a espessura de 4 mm. O corpo 6 é formado por duas metades quinadas e soldadas entre si, segundo se mostra na figura 9, onde também se mostra a linha neutra, cujo comprimento é  $139,12 \cdot 2 + \frac{16 \cdot \pi}{4} = 290,8$  mm. Notar que considera-se a folga de 1 mm entre as metades do corpo para a soldadura. Na figura 8 apresentam-se as superfícies do corpo 6 e na tabela 2, apresentam-se as superfícies que compõem o corpo 6, o seu destino e resultados da análise construtiva.

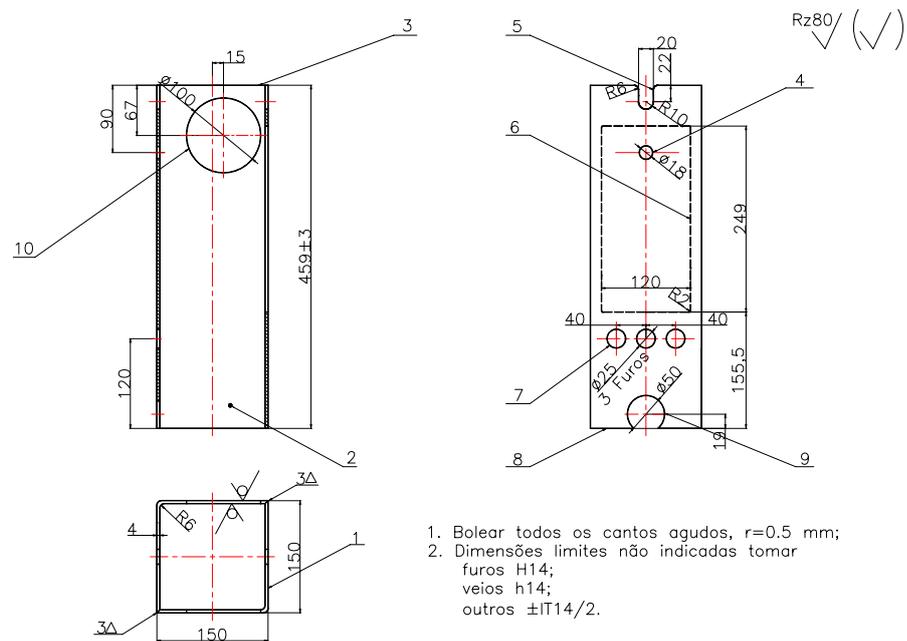


Figura 8. O corpo 6

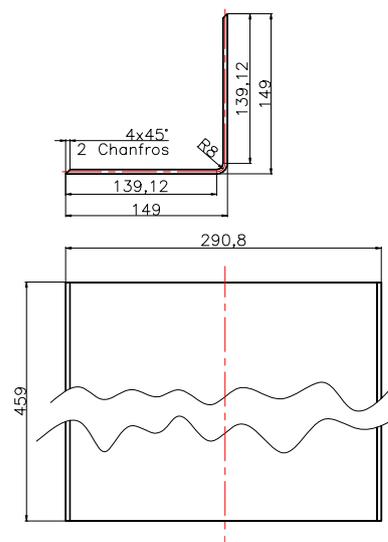


Figura 9. Planificação da chapa para as metades do corpo 6

Tabela 2. Parâmetros das superfícies do corpo 6

Nº	Tipo de superfície	Destino da superfície	Qdde	Dimensões (mm)	Desvio fundamental e grau de tolerância	Rz (µm)	Série normalizada
1	Face externa	Limita a dimensão exterior do corpo	4	150	$\pm \frac{IT14}{2} (\pm 0,5)$	150	Ra 40
2	Face interna	Superfície interior	4	4	$\pm \frac{IT14}{2} (\pm 0,15)$	150	Ra 40
				R6	$\pm \frac{IT14}{2} (\pm 0,15)$		Ra 5
				90°	$\pm \frac{AT14}{2} (\pm 1^0)$		
3	Face	Limita a altura do corpo	1	459*	$\approx h14 (\pm 3)$	80	-
4	Furo	Passagem do parafuso M16 que fixa a tampa	1	Ø18	$H14 (+0,43)$	80	Ra 20
				90	$\pm \frac{IT14}{2} (\pm 0,435)$		Ra 20
				75**	$\pm \frac{IT14}{2} (\pm 0,37)$		Ra 40
5	Ranhura	Centralização da manivela	2	20	$H14 (+0,52)$	80	Ra 10
				R6	$h14 (-0,3)$		Ra 5
				22	$\pm \frac{IT14}{2} (\pm 0,31)$		Ra 20
6	Furo rectangular	Passagem da manivela	1	249*	$H14 (+115)$	80	-
				120	$H14 (+0,87)$		Ra 40
				R2	$\pm \frac{IT14}{2} (\pm 0,125)$		Ra 10
				155.5*	$h14 (-)$		-
7	Furo	Respirador	3	Ø25	$H14 (+0,52)$	80	Ra 5
				120	$\pm \frac{IT14}{2} (\pm 0,435)$		Ra 40

				40	$\pm \frac{IT14}{2} (\pm 0,31)$		Ra 5
8	Face	Contacto com a flange 2	1	459*	$\approx h17 (\pm 3)$	80	-
9	Furo	Saída da água	1	Ø50	$H14^{(+0,62)}$	80	Ra 10
				75**	$\pm \frac{IT14}{2} (\pm 0,37)$		Ra 40
				19	$\pm \frac{IT14}{2} (\pm 0,26)$		
10	Furo	Facilita a instalação das componentes internas	2	Ø100	$H14^{(+0,87)}$	80	Ra 5
				67*	$\pm \frac{IT14}{2} (\pm 0,37)$		-
				15**	$\pm \frac{IT14}{2} (\pm 0,215)$		Ra 40
11	Superfícies de boleamento	Eliminar arestas vivas	38	R 0.5	$\pm \frac{IT14}{2} (\pm 0,125)$	80	Ra 10

(\*) Dimensão não normalizada, (\*\*) Dimensão de informação.

Como resultado principal da análise construtiva do corpo 6 apresentou-se a tabela 2 de onde se pode constatar a existência de 4 superfícies com dimensões não normalizadas, facto que dificulta o processo de obtenção da peça e a existência de grandes desvios nas dimensões facto que piora o grau de qualidade das superfícies. A isto adiciona-se ao facto de não de preverem superfícies de boleamento nos cantos agudos da peça e não se fornecer a informação sobre a rugosidade das superfícies

### **Flange 2**

A flange 2 segundo a figura 10 é uma peça simples que estando unida por soldadura ao corpo 6, tem o destino de fixar o corpo da cabeça da bomba ao pedestal da bomba ou "stand da bomba", que por sua vez se fixa ao fundamento. Possui superfícies maioritariamente livres, sendo planas e cinco superfícies cilíndricas internas. As superfícies principais são o furo 7 que aloja o tubo de revestimento do furo, os 4 furos 2, que servem de passagem para os parafusos M12 que fixam a cabeça da bomba ao pedestal da bomba e as restantes são livres.

A peça funciona ao ar livre estando sujeita a pressão atmosférica. Depois de unida ao conjunto cabeça sofre o tratamento anti-corrosão de galvanização, e sofre um regime de carregamento é estático não possuindo partes móveis durante o funcionamento da bomba.

Como resultado principal da análise construtiva pode-se afirmar que a peça possui 2 superfícies com dimensões não normalizadas, dificultando a obtenção destas, possui dimensões com grandes desvios, facto que piora o grau de qualidade das superfícies e o desenho da peça não respeita o princípio de coincidência das bases construtivas com as de medição, facto que origina erros durante o processo de fabricação pois cada vez o operário deve medir, traçar e marcar as dimensões desejadas.

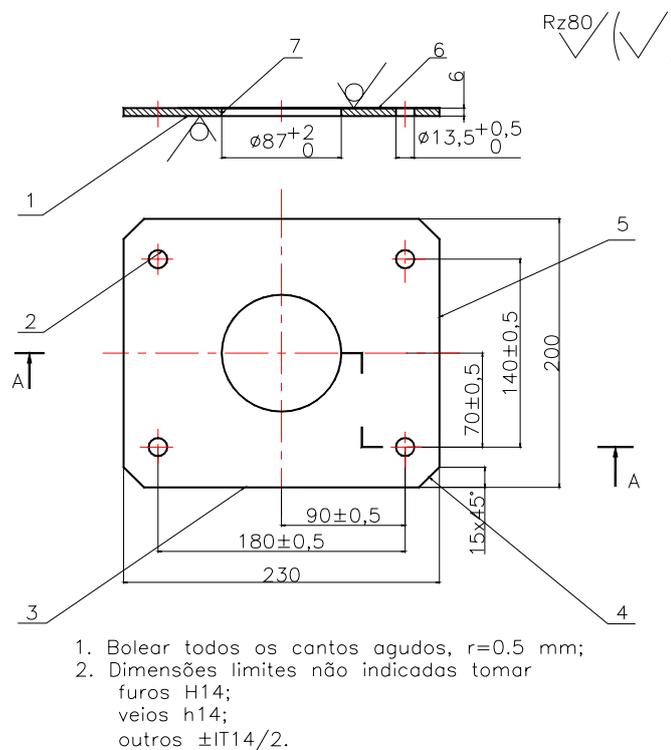


Figura 10. A flange 2

Na tabela 3, apresentam-se as superfícies que compõem a flange 2, seu destino, dimensões, precisão e rugosidade.

Tabela 3. Parâmetros das superfícies da flange 2

Nº	Tipo de Superfície	Destino da superfície	Qdde	Dimensões (mm)	Desvio fundamental e grau de tolerância	Rz ( $\mu\text{m}$ )	Série normalizada
1	Face	Contacto com o	1	6	$h14_{(-0,3)}$	150	Ra 5

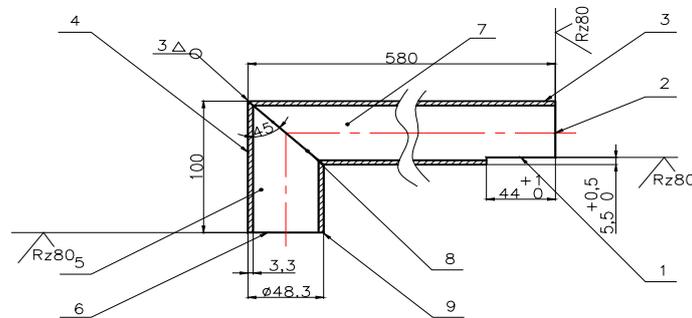
		pedestal, limita a altura da flange 2					
2	Furo	Passagem do parafuso M12 para a fixação da cabeça da bomba ao pedestal	4	$\varnothing 13.5^*$	$\approx H14^{(+0,5)}$	80	-
				70	$\approx \pm \frac{IT14}{2} (\pm 0,5)$		Ra 5
				140	$\pm \frac{IT14}{2} (\pm 0,5)$		Ra 20
				90	$\approx \pm \frac{IT14}{2} (\pm 0,5)$		Ra 20
				180	$\pm \frac{IT14}{2} (\pm 0,5)$		Ra 20
3	Face	Limita a largura	2	200	$h14_{(-1,15)}$	80	Ra 10
4	Chanfro	Eliminar arestas agudas	4	15	$\pm \frac{IT14}{2} (\pm 0,215)$	80	Ra 40
				$45^\circ$	$\pm \frac{AT14}{2} (\pm 1^0)$		1
5	Face	Limita o comprimento	2	$230^*$	$h14_{(-1,15)}$	80	-
6	Face	Contacto com o corpo 6 por soldadura	1	6	$h14$	150	Ra 5
7	Furo central	Alojar o tubo de revestimento do furo	1	$87^*$	$\approx H16^{(+2)}$	80	-
8	Superfícies de boleamento	Eliminar arestas vivas	26	R 0.5	$\pm \frac{IT14}{2} (\pm 0,125)$	80	Ra 10

(\*) Dimensão não normalizada. Notar que para o furo central  $\varnothing 87^{+2}$ , por razões construtivas, optou-se por lhe conferir um grau de tolerância menor, conforme se explica na página 28, sendo adoptado  $\varnothing 87H14^{(+0,87)}$

### **Bica 1**

A bica, segundo a figura 11, é uma peça de perfil tubular constituída de dois tubos de  $\varnothing 48,3 \times 3,3$  cortados numa das extremidades num ângulo de  $45^\circ$  e unidos por soldadura em forma de "L". É de forma geométrica simples e depois de formada é soldada a flange 2 e ao

corpo 6 e por fim galvanizada. Funciona ao ar livre estando exposta a pressão atmosférica e como superfícies mais importantes são a banqueta 1 que serve de contacto coma flange 2



1. Bolear todos os cantos agudos,  $r=0.5$  mm;
2. Dimensões limites não indicadas tomar furos H14; veios h14; outros  $\pm IT14/2$ .

Figura 11. A bica 1

As superfícies que entram em contacto com outras peças da bomba são a extremidade 2 e a ranhura 1, sendo a extremidade 2, a que é unida por soldadura a caixa da bomba e a ranhura 1 soldada a flange 2. A superfície interna 5 serve para conduzir a saída da água pela bica e as restantes superfícies são livres.

Tabela 4. Parâmetros das superfícies da bica 1

Nº	Tipo de Superfície	Destino da superfície	Odde	Dimensões (mm)	Desvio fundamental e grau de tolerância	Rz ( $\mu\text{m}$ )	Série normalizada
1	Banqueta	Contacto com a flange 2 por soldadura	1	44*	$H15^{+1}$	80	-
				5,5	$\approx H15^{+0,5}$		Ra 20
2	Face	Contacto com o interior da cabeça da bomba	1	580	$h14_{(-1,55)}$	80	Ra 40
3	Superfície cilíndrica externa	Limita o diâmetro exterior do tubo maior	1	$\varnothing 48,3^*$	$h14_{(-0,62)}$	150	-
4	Superfície cilíndrica externa	Limita o diâmetro exterior do tubo menor	1	$\varnothing 48,3^*$	$h14_{(-0,62)}$	150	-
5	Furo	Escoamento da água para fora da bomba	1	3,3*	$h14_{(-0,3)}$	150	-

6	Face	Extremidade da bica	1	99**	$h14_{(-0,87)}$	80	Ra 5
7	Furo	Escoamento da água que vem do corpo 6	1	3,3*	$h14_{(-0,3)}$	150	-
8	Superfície inclinada	União das duas partes da bica por soldadura	1	45°	$\pm \frac{AT14}{2} (\pm 1^0)$		1
9	Superfícies de boleamento	Eliminar arestas vivas	2	R 0,5	$\pm \frac{IT14}{2} (\pm 0,125)$	80	Ra 10

(\*) Dimensão não normalizada. (\*\*) Considera-se a folga de 1 mm para o cordão de soldadura, então fica  $99+1=100$  mm segundo a cota.

### Trapézio 3

O trapézio da bomba, segundo a figura 11, é uma peça inteiramente fabricada de chapas de aço St 37 de 8 e 6 mm de espessura, sendo estas para a chapa trapezoidal e rectangular respectivamente. É composto por quatro partes sendo duas chapas trapezoidais e duas chapas rectangulares, unidas por soldadura. O trapézio destina-se a servir de apoio (fulcro) para a manivela ou alavanca da bomba e proteger os rolamentos plásticos de poeiras, humidade e outras acções nefastas do meio ambiente.

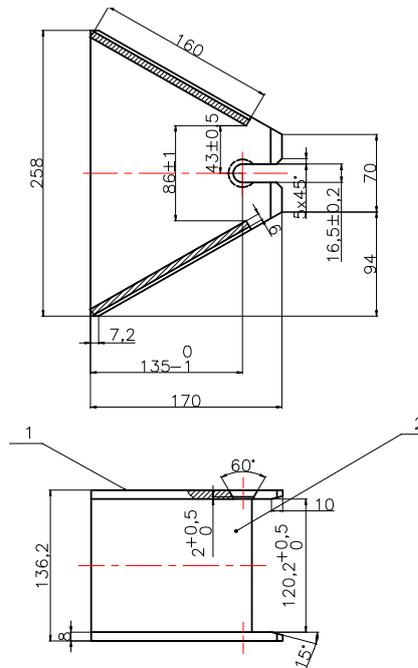


Figura 12. O trapézio 3

A **chapa trapezoidal** 1 do trapézio possui uma ranhura por onde passa o pino dos casquilhos plásticos 23 (veja a figura 5), servindo de fulcro para o movimento da alavanca em "T" durante a operação. Possui também uma superfície inclinada que serve para facilitar a montagem do casquilho plásticos. Na figura 13 se apresentam as superfícies da chapa trapezoidal e na tabela 5 os seus parâmetros.

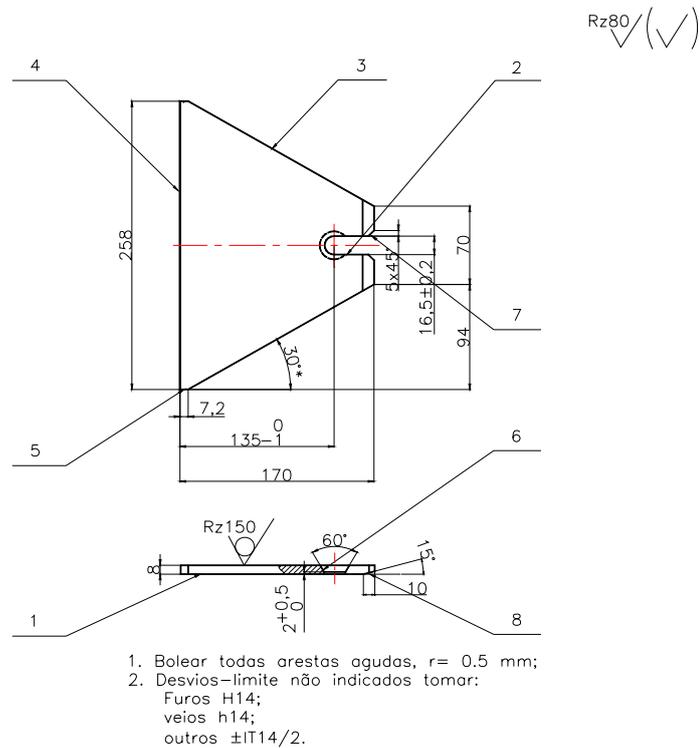


Figura 13. A chapa trapezoidal

Tabela 5. Parâmetros das superfícies da chapa trapezoidal

Nº	Tipo de superfície	Destino da superfície	Qdde	Dimensões (mm)	Desvio fundamental e grau de tolerância	Rz	Série normalizada
1	Face	Limita a espessura da chapa	2	8	$h14_{(-0,36)}$	150	Ra 10
2	Ranhura	Instalação dos casquilhos plásticos	1	16,5*	$\approx \pm \frac{IT14}{2} (\pm 0,2)$	80	-
				135*	$h14_{(-1)}^0$		-
				129*	$\pm \frac{IT14}{2} (\pm 0,5)$		-

3	Face	Limita dimensão lateral da chapa	2	7,2	$h14_{(-0,36)}$	80	-
				$30^{0^{**}}$	$\pm \frac{AT14}{2}(\pm 1^0)$		-
				70	$h14_{(-0,74)}$		Ra 5
4	Face	Contacto com o corpo por soldadura	1	170	$h14_{(-1)}$	80	Ra 40
5	Face	Alívio de tensões	2	$258^*$	$h14_{(-1,3)}$	80	-
6	Furo cónico	Recebe o perno do casquilho plástico	1	$\varnothing 16.5^*$	$\approx H14_{(-0,2)}^{+0,2}$	80	-
				2	$\approx H16_{(-0,5)}^{+0,5}$		Ra 10
				$60^0$	$\pm \frac{AT14}{2}(\pm 1^0)$		-
7	Chanfro	Centraliza o peno do casquilho durante a instalação, elimina cantos agudos	2	5	$\pm \frac{IT14}{2}(\pm 0,15)$	80	Ra 10
				$45^0$	$\pm \frac{AT14}{2}(\pm 1^0)$		1
8	Cunha	Facilita a montagem da alavanca	2	10	$H14_{(+0,36)}$	80	Ra 5
				$15^0$	$\pm \frac{AT14}{2}(\pm 0,2^0)$		
9	Superfícies de boleamento	Eliminar arestas vivas	26	R 0.5	$\pm \frac{IT14}{2}(\pm 0,125)$	80	Ra 10

(\*) Dimensão não normalizada, (\*\*) Dimensão de informação.

A **chapa rectangular** 2 é simples, e é fabricada de chapas de aço St 37 de 6 mm de espessura mm, em número de dois e destinam-se unir as duas chapas trapezoidais, formando o trapézio. São peças simples, tendo as suas superfícies apresentadas na figura 14 e os parâmetros das suas superfícies na tabela 6.

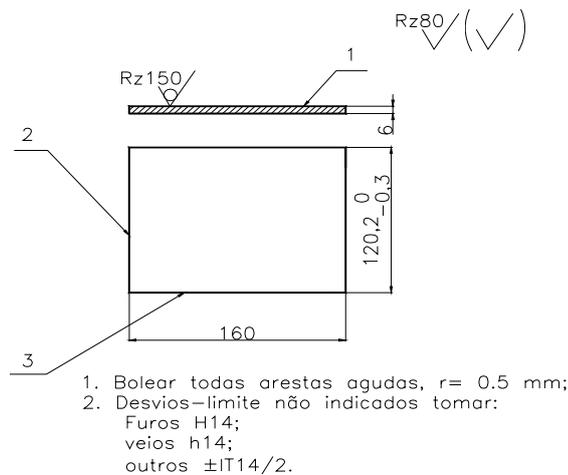


Figura 14. A chapa rectangular do trapézio

Tabela 6. Parâmetros das superfícies da chapa rectangular

Nº	Tipo de superfície	Destino da superfície	Qdde	Dimensões (mm)	Classe de tolerância	Rz	Série
1	Face	Limita a altura da chapa	2	6	$h14_{(-0,3)}$	150	Ra 5
2	Face	Limita o comprimento da chapa	2	160	$h14_{(-1)}$	80	Ra 5
3	Face	Limita a largura da chapa	2	120.2*	$h1_{(-0,3)}$	80	-
4	Superfícies de boleamento	Eliminar arestas vivas	12	R 0.5	$\pm \frac{IT14}{2} (\pm 0,125)$	80	Ra 10

(\*) Dimensão não normalizada.

As duas partes do trapézio depois de fabricadas individualmente são unidas por soldadura usando dispositivos de montagem especiais.

### Tampa do respirador 7

A tampa do respirador, segundo a figura 15 é uma peça de forma simples fabricada de chapa de aço de 2 mm de espessura, as suas superfícies estão apresentadas na figura 15, não possuindo nenhum requisito especial no fabrico ou montagem, visto não possuir nenhuma superfície que se monte com ajustamento qualquer peça da cabeça da bomba.

Esta peça após o fabrico por corte e quinagem da chapa ou estampagem a frio, é montada por soldadura em frente dos três furos  $\varnothing 25$  para respiração segundo a figura 7. O destino da tampa do respirador é proteger a bomba da entrada de poeiras, lixo e sujidade através dos furos de respiração.

Na tabela 7 apresentam-se os parâmetros das superfícies da tampa do respirador 7 e na figura 15 o desenho da tampa do respirador, notando que a construção da peça original não fornece dados sobre a rugosidade das superfícies.

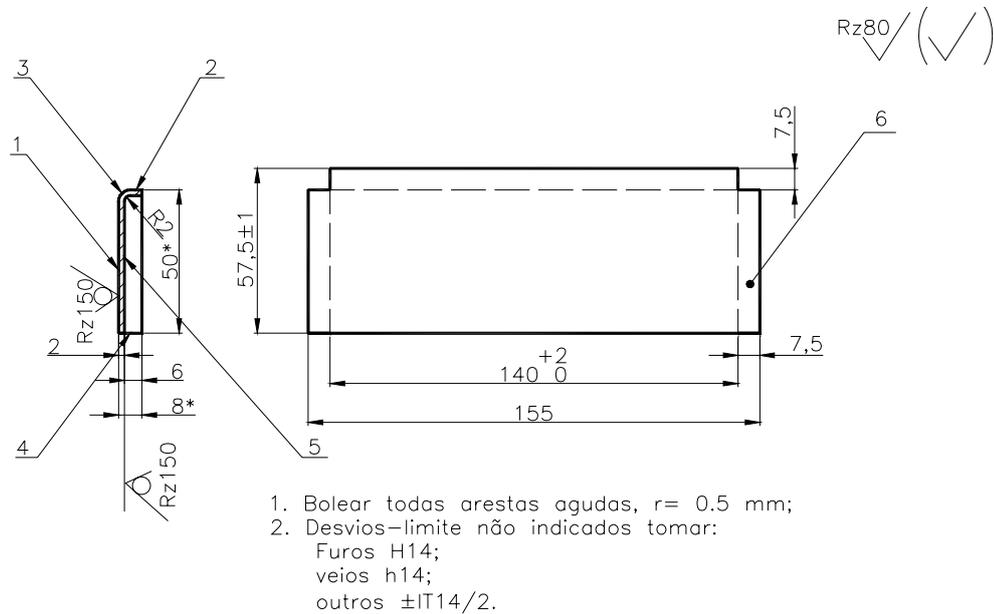


Figura 15. A tampa do respirador 7

Tabela 7. Parâmetros das superfícies da tampa do respirador 7

Nº	Tipo de superfície	Destino da superfície	Qdde	Dimensões (mm)	Desvio fundamental e grau de tolerância	Rz ( $\mu\text{m}$ )	Série normalizada
1	Face	Extremidade superior da chapa	1	140	$\approx H14^{(+2)}$	150	Ra 20
				50	$h14_{(-0,62)}$		Ra 10
2	Face	Extremidade lateral da chapa	1	8	$h14_{(-0,36)}$	150	Ra 10
3	Superfície de boleamento	Alívio de tensões	1	R 4	$\pm \frac{IT14}{2} (\pm 0,15)$	150	Ra 5
4	Face	Superfície livre	1	50	$\approx h14_{(-0,62)}$	80	Ra 20
5	Superfície	Passagem do ar	1	140	$H14^{(+1)}$	150	Ra 20

	perfilada interna	de respiração		50	$\pm \frac{IT14}{2}(\pm 0,31)$		Ra 10
				6	$\pm \frac{IT14}{2}(\pm 0,15)$		Ra 5
				R 2	$\pm \frac{IT14}{2}(\pm 0,125)$		Ra 10
6	Face	Limita a altura da tampa	2	8	$h14_{(-0,36)}$	150	Ra 10
7	Superfícies de boleamento	Eliminar arestas vivas	14	R 0.5	$\pm \frac{IT14}{2}(\pm 0,125)$	80	Ra 10

## 2. PARTE TECNOLÓGICA

Para o presente projecto, será feita a análise tecnológica peça por peça da cabeça da bomba e irá ser feita a descrição e análise dos processos de fabricação das peças actualmente em vigor na empresa AGRO ALFA, S.A.R.L. Posto isto será feita a análise tecnológica para a produção da flange 2 e o trapézio 3, sendo que as restantes peças obedecem a processos de fabricação que envolvem metodologias similares as das peças apresentadas, será apenas apresentada a proposta do processos de fabricação melhorados através da escolha de métodos e equipamentos que garantem maior produtividade e serão apresentados em forma de esquemas de tratamento, cartões de rota e fase das peças.

### 2.1 Escolha do tipo de produção

A escolha do tipo de produção é feita com base na quantidade de peças a produzir num determinado período de tempo, as dimensões e sua complexidade. A quantidade de bombas de água Afridev fabricadas pela empresa AGRO ALFA S.A.R.L. nos últimos anos se apresenta na tabela 8.

*Tabela 8. Quantidade de bombas produzidas na AGRO ALFA*

Ano	Quantidade de bombas
1999	352
2000	958
2001	835
2002	736
2003	437
2004	325
2005	510*
<b>Média</b>	<b>593</b>
<b>Min</b>	<b>352</b>
<b>Max</b>	<b>958</b>

*[Fonte: Departamento Comercial da AGRO ALFA, Outubro 2005]*

(\*) Previsão de vendas até Dezembro de 2005. Até a data de 17 de Outubro de 2005 já foram produzidas e comercializadas 370 bombas.

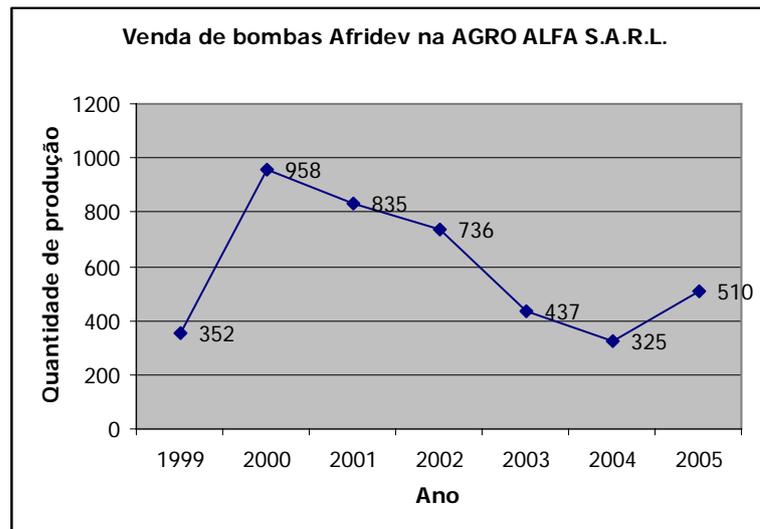


Figura 16. Vendas de bombas na AGRO ALFA

Podemos considerar que a produção média de bombas na AGRO ALFA é de 600 bombas por ano. Assim, usando como os dados de entrada na tabela 8, considerando a peça pequena e simples, para a produção de 50 bombas por surge a coincidência entre o tipo de produção em série pequena e em série média, devido ao caso fronteiro de 50 bombas por mês.

Tabela 9. Tipos de produção

Tipo de produção	Quantidade de peças			$k_o$
	Grande e complexas	Médias ( 500 – 2000 mm)	Pequenas e simples ( < 400 mm )	
Unitária	< 2	<5	<10	>40
Série pequena	2÷5	5÷25	10÷50	20÷40
Série média	25÷50	25÷150	<b>50÷300</b>	10÷20
Série grande	25÷150	150÷300	300÷1000	2÷10
<b>Em massa</b>	>150	>300	>1000	<2

Sendo o presente trabalho um caso prático de melhoramento do processo de fabricação existente numa empresa específica, com meios e limitações determinadas, e sendo a produção das bombas baseada principalmente na encomenda dos clientes, para o presente projecto serão considerados ambos casos de produção, ou seja, nas propostas de melhoramento, será feita, para cada peça, a elaboração do processo de fabricação, projecção de alguns dispositivos e nalguns casos, o preenchimento de cartões tecnológicos, considerando tanto a produção em série pequena como a produção em série média.

Na produção em série pequena, utilizam-se máquinas-ferramenta universais, dispositivos de medição também universais, sem recurso a automatização do processo. Para o caso de produção em série média, já se projectam alguns dispositivos especiais de fabricação das peças como estampas, medidores especiais, calibres e recorre-se ao uso de métodos de obtenção das peças de maior produtividade.

Mais exactamente, a escolha do tipo de produção pode ser feita através do **coeficiente de ocupação das máquinas  $K_o$**  dado por:

$$K_o = \frac{t_e}{T_{fm}} \quad (1)$$

Onde  $T_{fm}$  é o tempo de fase médio e  $t_e$  é o tempo de escape que corresponde ao tempo disponível para fabricar uma peça na máquina e é dado por:

$$t_e = \frac{F_m \cdot 60}{N_{pm}} \quad (2)$$

Onde  $F_m$  é o fundo de tempo mensal e  $N_{pm}$  é o programa de produção mensal. O  $F_m$  correspondente ao número de horas por mês que é dado por  $N^\circ$  de dias de trabalho por mês multiplicado pelo  $N^\circ$  de horas de trabalho por dia =  $22 \cdot 7 = 154$  horas, considerando o dia laboral tendo 8 horas e tendo em conta as paragens para as refeições e perdas de tempo em avarias. Considerando  $N_{pm} = 50$  bombas, usando a fórmula 2, têm-se:

$$t_e = \frac{154 \cdot 60}{50} = 184.8 \text{ minutos}$$

Dado que ainda não foi determinado o tempo de fases  $T_{fi}$  neste momento não podemos calcular o  $K_o$ , mas sabe-se que para produção em série média o  $K_o = 10 \div 20$ .

Os tipos de produção escolhidos para o presente trabalho serão os de série pequena e série média e as máquinas são universais, podendo no tratamento de algumas superfícies usarem-se dispositivos e ferramentas especiais, por exemplo, considerando a produção em série média, a estampagem das chapas, usarem-se estampas de substituição rápida, para poder dar a possibilidade de tratamento de várias superfícies na mesma máquina. Usam-se também tornos revólveres, fresadoras e furadoras universais, dispositivos de aperto e montagem, calibres, medidores e comparadores.

Pela natureza de funcionamento da empresa AGRO ALFA e pelos diversos tipos de produtos fabricados pela empresa, a organização da fábrica é por secções de acordo com o tipo de máquinas-ferramenta usado, existindo a estamperia onde estão instaladas as prensas de estampagem, a secção de torneamento e fresagem onde estão instaladas as fresadoras, limadoras, furadoras e tornos. Existe também a zona de corte de matéria-prima, onde estão

instaladas as tesouras mecânicas, guilhotinas, calandras e pantógrafo e por fim a secção de montagem onde estão instaladas as máquinas de soldar diversas e as secções de acabamento para o jacto de areia e estufa para pintura.

Assim sendo, não haverá possibilidade de organizar a produção em cadeia, pois necessitaria de reorganização do *layout* da fábrica, que poderia influenciar na produção de outros produtos da empresa. Este *re-layout* seria desejável se a fábrica produzisse as bombas em série grande ou em massa.

## 2.2 Escolha da peça bruta

O material para a execução das peças de formato plano da cabeça da bomba é chapa de aço St37, sendo esta chapa designada de *chapa inicial* e é obtida por laminação. As dimensões da chapa são 2500x1250. Os métodos possíveis de obtenção de peças brutas a partir de chapas laminadas são o corte, a quinagem, soldadura, e outros. A bica é fabricada inteiramente de tubo de aço St 37, de Ø48.3 mm. O corte da chapa pode ser feito na guilhotina e o corte do tubo na serra circular.

## 2.3 Modernização do processo tecnológico de fabricação da flange 2

### 2.3.1 Análise tecnológica da flange 2

Em análise qualitativa, pode-se afirmar que a flange 2, conforme a tabela 3 possui 41 superfícies maioritariamente livres, sendo apenas 2 superfícies, as faces 1 e 6, que têm contacto com o corpo e o pedestal da bomba respectivamente, mas as suas dimensões não têm nenhuma influência no funcionamento da bomba. Todas superfícies são de forma simples, sendo maioritariamente de dimensões normalizadas, mas 7 superfícies têm dimensões não normalizadas.

Embora para a abertura dos 4 furos Ø13.5 existem brocas normalizadas, será necessário projectar e fabricar um dispositivo condutor para garantir a disposição pretendida dos furos. A dimensão 230 das faces 5 recebe-se facilmente na guilhotina. Para trabalhar o furo central  $\text{Ø}87^{+2}$  será necessário projectar e fabricar um dispositivo especial. O desvio deste furo revela-se muito grande considerando que este furo será usado como base tecnológica para a obtenção dos 4 furos  $\text{Ø}13.5^{+0.5}$ , que possuem a localização  $70\pm 0.5$  e  $90\pm 0.5$  (página 43). Assim, propõe-se fabricar o furo  $\text{Ø}87\text{H}14^{(+0.87)}$ , resolvendo o inconveniente.

Quanto a precisão, as superfícies da flange 2 são de precisão normal (maioritariamente 14º grau de tolerância ou maior) e rugosidade Rz 80 µm. As faces 1 e 6 são não trabalhadas e têm

rugosidade Rz 150  $\mu\text{m}$ . A peça depois de unida ao conjunto formando a cabeça da bomba será galvanizada obtendo um aspecto visual melhorado.

Em termos de aspecto visual das superfícies, principalmente as não trabalhadas, nada existe de preocupante pois a peça depois de unida ao conjunto é galvanizada obtendo um aspecto visual melhorado. Existe alguma dificuldade em tratar as 26 superfícies de boleamento pela sua quantidade, porém pode se considerar o tratamento usando uma rebarbadeira se optar-se por uma produção em série pequena ou ainda recorrer-se ao tratamento num banho electrolítico se considerar-se um tratamento em série média ou em massa.

Quanto a rigidez da peça, podemos considerar que a chapa, sendo de 6 mm de espessura possui rigidez média, por isso deve ser bem apoiada nas faces 1 e 6 para o tratamento das superfícies na guilhotina, abertura de furos na furadora ou fresadora.

Podemos afirmar que a peça possui bases tecnológicas muito cómodas como sendo as bases principais, as faces 1 ou 6, 3 ou 5 e o furo 7. A trajectória das ferramentas é recta e simples, tanto no corte da chapa na guilhotina como na abertura de furos, existindo entradas e saídas livres das ferramentas

Existindo 4 furos  $\varnothing 13.5$  e 4 chanfros  $15 \times 45^0$  pode-se optar pelo tratamento simultâneo de várias superfícies, para aumentar a produtividade, e não só pode-se também optar pelo tratamento de várias peças, principalmente na abertura dos 4 furos  $\varnothing 13.5$  e do furo central  $\varnothing 87$ . A seguir, calculam-se os coeficientes de tecnologibilidade.

#### *Coeficiente de normalização $k_n$*

Calcula-se como sendo a razão entre o número de superfícies normalizadas e o número total de superfícies. Sendo que todas as superfícies da peças da cabeça da bomba são normalizadas, este coeficiente é igual a unidade em todas as peças, e por isso não será calculado..

#### *Coeficiente de unificação $k_{un}$*

Calcula-se como sendo a razão entre o número de superfícies unificadas,  $N_{su}$  pelo número total de superfícies,  $N_{ts}$  segundo a fórmula 3. Considerando todas as superfícies da flange unificadas (4 furos 2, 4 chanfros 4, 2 faces 1 e 6 e 26 superfícies de boleamento) com excepção do furo 7, então, o coeficiente de unificação resulta sendo:

$$k_{un} = \frac{N_{su}}{N_{ts}} \quad (3)$$

Assim, da fórmula 3,  $k_{un} = \frac{46}{47} = 0.979$ ;

O valor do coeficiente mostra que cerca de 98% das superfícies são unificadas e por isso há possibilidade de emprego de pequena quantidade de ferramentas e dispositivos.

*Coefficiente de superfícies que precisam de tratamento por corte  $k_{spt}$*

Calcula-se como sendo a razão entre o número de superfícies tratadas,  $N_{st}$  durante a obtenção da peça, pelo número total de superfícies, segundo a fórmula 4. As faces 1 e 6 não se tratam por corte por isso temos:

$$k_{spt} = \frac{N_{st}}{N_{ts}} \quad (4)$$

Assim, da fórmula 4,  $k_{spt} = \frac{39}{41} = 0.95$

O valor de  $k_{spt}$  mostra que quase todas superfícies da flange 2, mais propriamente, 95% destas precisam de tratamento, mostrando a necessidade de uso de métodos de produção mais produtivos e rentáveis.

*Coefficiente de precisão  $k_p$*

Determina-se da fórmula abaixo:

$$k_p = 1 - \frac{1}{Q_{pm}} \quad (5)$$

Considerando a precisão média  $Q_{pm}$  dada pela média aritmética do grau de tolerância de todas superfícies, como sendo:

$$Q_{pm} = \frac{14 + 4 \cdot 14 + 2 \cdot 14 + 4 \cdot 14 + 2 \cdot 14 + 14 + 16 + 26 \cdot 14}{41} = 14,05$$

Assim, o coeficiente de precisão, da fórmula 5, será:

$$k_p = 1 - \frac{1}{14,05} = 0,929$$

Conclui-se que as superfícies são maioritariamente de precisão normal ( $14^0$  grau de tolerância) dado pelo valor de  $Q_{pm}$  e que também esta precisão é a precisão da maioria das superfícies pois o valor de  $k_p$  é próximo de 1, facto que facilita o tratamento das superfícies pelo mesmo método de obtenção destas, não necessitando de ir para vários métodos de tratamento das várias superfícies para garantir a precisão destas.

*Coefficiente de rugosidade  $k_r$*

É calculado considerando a precisão média ( $R_m$ ), através da fórmula 6.

$$k_r = \frac{1}{R_m} \quad (6)$$

Assim, para as superfícies da flange 2, a rugosidade média será:

$$R_m = \frac{150 + 4 \cdot 80 + 2 \cdot 80 + 4 \cdot 80 + 2 \cdot 80 + 150 + 80 + 26 \cdot 80}{41} = 83,41$$

Daí, da fórmula 6, teremos o coeficiente de rugosidade:

$$k_r = \frac{1}{83,41} = 0,012$$

O coeficiente de rugosidade  $k_r$  infere sobre a rugosidade da peça e o valor de  $R_m = 83,41$  mostra que não existirão dificuldades em obter as superfícies

*Coefficiente de uso de material  $k_{um}$*

No geral, é calculado considerando o volume da peça acabada e da peça bruta. Para o caso de trabalho com chapas, pode-se calcular o coeficiente de uso do material considerando a área da paca acabada ( $A_{pa}$ ), o número de peças por chapa ou folha ( $N_{pf}$ ) e a área da chapa ou folha ( $A_f$ ), através da seguinte relação:

$$k_{um} = \frac{A_{pa} \cdot N_{pf}}{A_f} \quad (7)$$

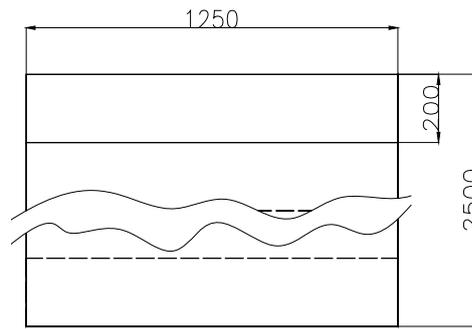
A área da peça acabada será  $A_{pa} = 230 \times 200 - \left( \frac{\pi \cdot 87^2}{4} + 4 \cdot \frac{\pi \cdot 13.5^2}{4} + 4 \cdot \frac{15 \cdot 15}{2} \right) = 39032,77$

$\text{mm}^2$ . O número de chapas por folha  $N_{pf} = 60$ , segundo se apresenta na página 54. A folha é de  $2500 \times 1250$ , daí calcula-se:

$$k_{um} = \frac{39032,77 \cdot 60}{2500 \cdot 1250} = 0,749$$

### 2.3.2 Descrição do processo de fabricação da flange 2 na AGRO ALFA

A matéria-prima para a fabricação das flanges é uma folha ou chapa de aço de dimensões  $2500 \times 1250 \times 6$  mm. A fabricação inicia-se pela marcação da chapa inicial e o corte na guilhotina em tiras de  $1250 \times 200 \times 6$  mm e depois em chapas  $200 \times 230 \times 6$  mm



*Figura 17. Corte da folha em tiras*

Notar que a operação de marcação da chapa é necessária pois apesar da guilhotina possuir o esbarro graduado para a obtenção automática da largura da tira, este se encontra avariado de momento, sendo por isso necessário marcar a largura a cortar. O tempo necessário para se cortarem as 60 chapas que se obtém de uma folha é apresentado na tabela 10, sendo usadas como equipamentos, a guilhotina eléctrica HELGA HYDRASHEAR, régua e esquadro e dois operários são necessários para desempenhar a função.

Notar que na empresa AGRO ALFA em virtude da guilhotina não possuir o dispositivo graduado para o corte de chanfros e por decisão do Departamento de Engenharia e Desenvolvimento do Produto, os chanfros 4 não são trabalhados, tendo se substituído por superfícies de boleamento de R 6 que são trabalhadas manualmente. Posto isto, as chapas são transportadas para a área de máquinas-ferramenta, onde se rebarbam as arestas agudas das peças e faz-se o boleamento dos raios de concordância, em vez dos chanfros da peça. Depois levam-se as peças à marcação, usando um dispositivo especial para marcar os cinco furos. O dispositivo orientador é uma chapa com dimensões iguais as apresentadas na figura 19 abaixo.

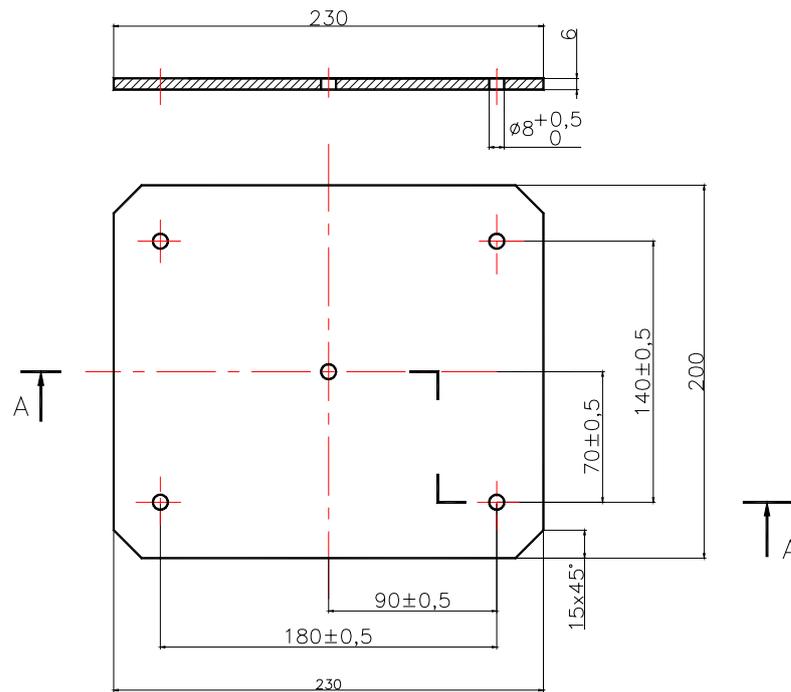


Figura 18. Dispositivo para a marcação dos furos na flange 2

Depois da marcação por punçoamento dos centros dos furos, com a ajuda de um transferidor se faz a circunferência para o furo central com diâmetro inferior,  $\text{Ø}65$  mm para o corte oxiacetilénico. Depois da marcação com o transferidor, faz-se o punçoamento de cavidades ao longo da circunferência  $\text{Ø}65$  (que facilitam a sua visualização durante o corte) e as peças são depois transportadas para a secção onde se faz o corte oxiacetilénico.

Depois da abertura do furo central, as peças são dirigidas a furadora, onde com uma broca de  $\text{Ø}8.5$  mm se faz abertura dos 4 furos laterais. Depois, por broqueamento, alargam-se os 4 furos dos cantos para a dimensão final de  $\text{Ø}13.5$  mm. Posto isto as peças são levadas a fresadora onde se faz o alargamento do furo central até a dimensão desejada  $\text{Ø}87^{+0.87}$ .

Depois de trabalhados todos furos, as peças são levadas para a esmeriladora onde são trabalhados os 4 cantos em superfícies de boleamento de R6 e depois na bancada de serralheiro, com rebarbadora manual se faz o boleamento dos cantos agudos da chapa. Os cantos agudos dos furos são boleados com uma lima circular. Na tabela 10 apresenta-se a rota de fabricação das flanges 2 na empresa AGRO ALFA.

Tabela 10. Rota de fabricação das flanges 2 na AGRO ALFA

<i>N/º</i>	<i>Fases de tratamento</i>	<i>Máquinas–ferramenta e dispositivos</i>	<i>Bases tecnológicas</i>	<i>T<sub>f</sub> (min)</i>
10	Marcação da chapa, corte da chapa em tiras e tiras em chapas de 230x200 mm	Bancada de serralheiro, paquímetro, régua, esquadro e fita métrica, guilhotina eléctrica, lâmina de cortar.	2 faces da folha	1,5
20	Marcação e punçoamento dos centros para os quatro furos laterais e circunferência para o furo central	Bancada de serralheiro, punção de bico e martelo, transferidor, dispositivos condutores	3 faces perpendiculares da chapa	4,0
30	Corte do furo central Ø65mm.	Posto de soldadura, maçarico oxi–acetilénico	-	4,0
40	Abertura de 4 furos Ø8.5 com broca e alargamento dos furos até Ø13.5mm	Furadora vertical, brocas Ø8.5mm, Ø13.5 mm P6M5	Faces 1, 3 e 5	2,0
50	Alargamento do furo central	Fresadora vertical, fresa de cabo, dispositivos especiais	Face 1 e 2 furos 2	4,0
60	Boleamento quatro cantos R6 e das arestas cortantes	Bancada de serralheiro, Amoladeira, pedra de amolar, rebarbadeira, lima circular	-	2,0
			<b>ΣT<sub>fi</sub></b>	<b>17,5</b>

Pode-se ver que o processo tecnológico de fabricação das flanges possui algumas etapas de baixa produtividade como são, a marcação, a rebarbagem, o corte no maçarico, o boleamento, que para além das perdas de tempo originam deformações da chapa devido a tensões térmicas que aparecem durante o corte com maçarico e não garantem a precisão das superfícies.

### 2.3.3 Propostas de melhoramento do processo de fabricação da flange 2

O tempo de fabricação das flange 2 em uso na AGRO ALFA é de aproximadamente 17,5 minutos. Este tempo pode ser reduzido significativamente através do uso de processos de fabricação de alta produtividade como é o caso da estampagem de chapas. Neste processo é possível obter todas as superfícies da peça por uma passagem da ferramenta, facto que reduzirá o tempo de fabricação para menos de 1 minuto.

Entre os processos de fabricação actuais, destacam-se os processos de conformação das chapas metálicas devido a sua produtividade, qualidade das peças e os seus relativamente

baixos custos de produção, principalmente quando se produz em série grande e em massa pois o custo de fabricação das estampas é rapidamente compensado pela diminuição do tempo de produção, facto este que é associado ao baixo consumo da matéria-prima e obtenção de produtos acabados por vezes por uma passagem da ferramenta de corte.

De acordo com o programa de produção, que por sua vez depende da demanda no mercado dos produtos, pode-se optar por uma produção em série pequena (que se pratica actualmente na AGRO ALFA), ou optar por produção em série média que consistiria basicamente na obtenção das superfícies principalmente furos e contornos através da estampagem. O boleamento dos cantos agudos poderá ser feito por imersão de uma partida de peças em banho electrolítico. Em qualquer uma das variantes de melhoramento do processo de fabricação, grandes ganhos são obtidos, principalmente pelo melhor aproveitamento do material, diminuição do tempo de tratamento das superfícies e aumento da qualidade das peças.

Na variante de estampagem das chapas, maximizam-se os ganhos pela optimização do aproveitamento do material, redução ao mínimo necessário do tempo de fabricação e melhoramento significativo da qualidade das peças. A seguir faz-se a elaboração das propostas feitas.

Caso se opte por uma produção em **série pequena** das peças, após o corte da chapa em tiras, necessita-se do corte das tiras em chapas 200x230, e corte dos chanfros 15x45<sup>0</sup> também na guilhotina. Abertura do furo central e depois dos 4 furos na furadora usando um dispositivo especial universal para a abertura de furos grandes nas chapas e dispositivo condutor para a abertura dos 4 furos nos cantos, logo em várias chapas. Por fim o boleamento dos cantos agudos por rebarbagem. Esta proposta inicia-se estudo para o aproveitamento máximo da folha, através do planeamento da folha.

### **Planeamento da folha**

Para a presente peça existem quatro variantes de corte da chapa laminada normal de dimensões 2500x1250 mm. As variantes são apresentadas de seguida:

*Variante 1. Corte da chapa ao longo do seu comprimento em tiras de largura 230 mm e comprimento 2500 mm (figura 19).*

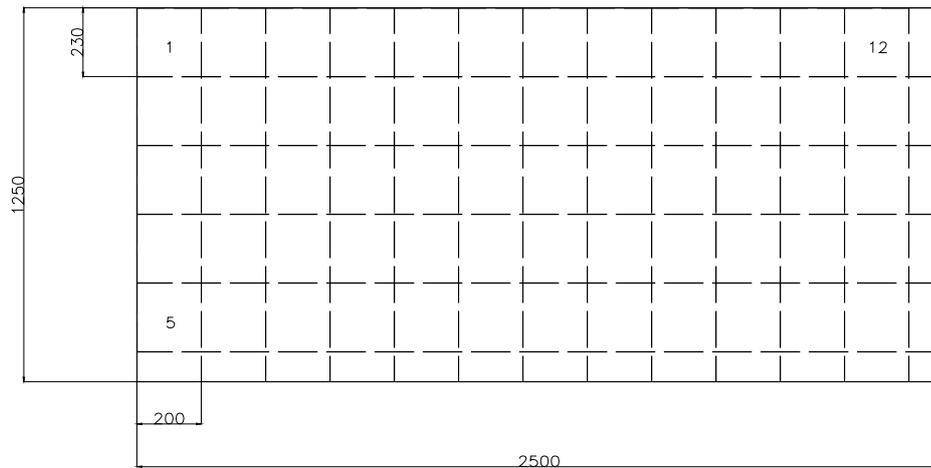


Figura 19. Corte da chapa em tiras de 230x2500

Variante II. Corte da chapa ao longo da sua largura em tiras de largura 230 mm e comprimento 1250 mm (figura 20).

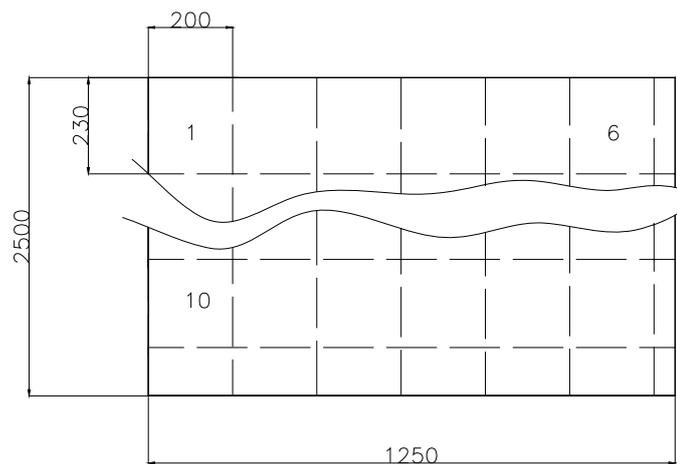


Figura 20. Corte da chapa em tiras de 230x1250

Variante III. Corte da chapa ao longo do seu comprimento em tiras de largura 200 mm e comprimento 2500 mm (figura 21)

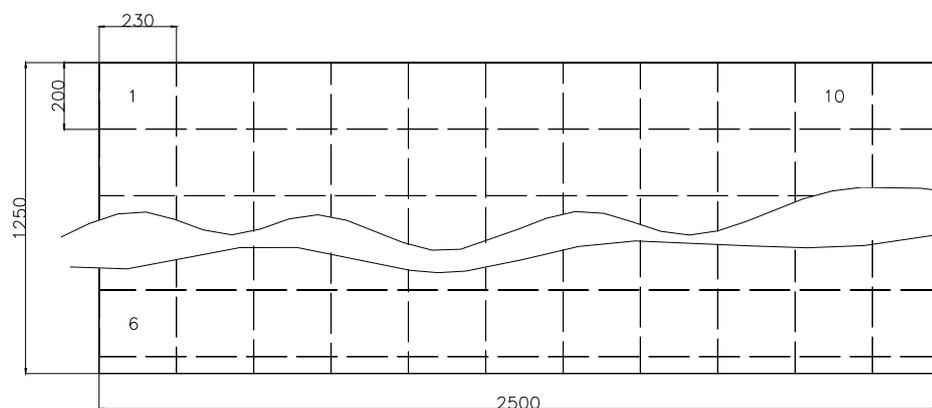
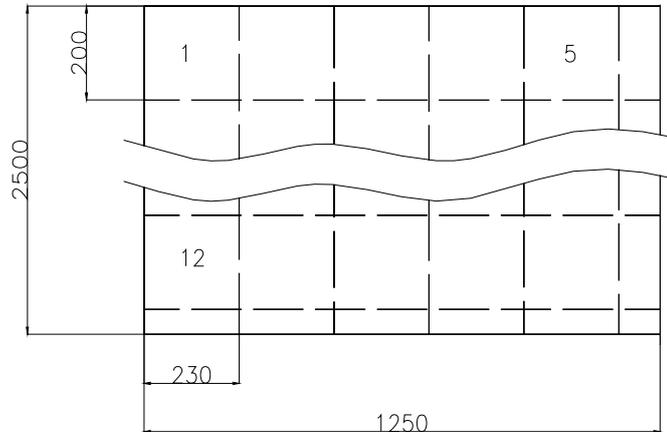


Figura 21. Corte das chapas em tiras de 200x2500

*Variante IV. Corte da chapa ao longo da sua largura em tiras de largura 200 mm e comprimento 1250 mm (figura 22).*



*Figura 22. Corte das chapas em tiras de 200x1250*

Para variante I se obtém 5 tiras de 230x2500 de onde se cortam 12 chapas 230x200 por cada tira, totalizando  $5 \cdot 12 = 60$  chapas por tira. Na variante II se obtém 10 tiras de 230x1250, de onde se cortam 6 chapas de 230x200, totalizando também 60 chapas por folha. Na variante III se obtém 6 tiras de 200x2500, de onde se cortam 10 chapas de 200x230, totalizando por sua vez 60 chapas por folha. Na variante IV de cortam-se 12 tiras de 200x1250, de onde se obtém 5 chapas de 200x230, totalizando 60 chapas por folha.

Pode-se ver para cada disposição obtém-se 60 chapas. Assim, pode-se ver que a alteração da disposição da peça na folha não resulta no melhor aproveitamento das chapas, mas dependendo da encomenda cada variante terá suas vantagens, como se pode ver que a variante I resulta melhor opção quando se deseja fabricar um número de peças que é múltiplo de 12, a variante II, múltiplo de 6, a variante III, múltiplo de 10 e a variante IV múltiplo de 5.

Para fabricar 50 flanges, opta-se em usar a variante III ou IV que garante a obtenção de 6 ou 12 tiras respectivamente, possibilitando em cada tira cortar 10 ou 5 chapas respectivamente. Assim, caso se deseje obter taxativamente 50 peças, na variante III cortam-se 5 tiras e na variante IV 10 tiras. A partir de cada tira cortam-se as chapas de 200x230 mm e existem melhores possibilidades de aproveitar as tiras que sobram para o fabrico de outras peças. A variante IV resulta ser a melhor pois não compromete a largura de trabalho da guilhotina. Será a variante a usar no presente trabalho.

### Escolha das bases tecnológicas da flange 2

Durante o tratamento da peça na máquina, a peça deve estar bem orientada no espaço, de modo a garantir, pelo tratamento das superfícies, a obtenção da forma e dimensões desejadas na peça. Para tal devem-se analisar os graus de liberdade da peça e eliminar os que podem interferir na obtenção das dimensões e forma desejadas. Para além disso será analisada a possibilidade das bases tecnológicas coincidirem com as bases de medição para reduzir defeitos de colocação que se determinam pela fórmula:

$$\varepsilon_c = \sqrt{(\varepsilon_p^2 + \varepsilon_a^2 + \varepsilon_d^2)} \quad (8)$$

Onde  $\varepsilon_c$  - defeito de colocação;  $\varepsilon_p$  - defeito de posicionamento;  $\varepsilon_a$  - defeito de aperto e  $\varepsilon_d$  - defeito do dispositivo.

#### Bases tecnológicas para o corte da chapa em tiras

Na guilhotina, a mesa funciona como um apoio plano de três pontos. O limitador na extremidade da guilhotina funciona como um apoio de dois pontos. Assim, a chapa fica com cinco graus de liberdade eliminados, o que é suficiente para o caso observado. Assim, para a dimensão linear=200 mm da tira, têm-se:

$\varepsilon_{pl=200} = 0$ , pois a base de medição coincide com a base tecnológica;

$\varepsilon_{al=200} = 0$ , pois a força de aperto é perpendicular a cota observada;

$$\varepsilon_{dl=200} = \left(\frac{1}{5} \div \frac{1}{3}\right) IT14 = \left(\frac{1}{5} \div \frac{1}{3}\right) \cdot 1150 = 230 \div 3833 \text{ } \mu\text{m}, \text{ toma-se o valor máximo de } 380 \text{ } \mu\text{m para}$$

a redução do custo de fabricação. Da fórmula 8 teremos:

$$\varepsilon_{cl=200} = \sqrt{\varepsilon_p^2 + \varepsilon_a^2 + \varepsilon_d^2} = \sqrt{0^2 + 0^2 + 380^2} = 380 \text{ } \mu\text{m} \text{ que é menor que } \frac{IT14}{3} = \frac{1150}{3} = 383 \text{ } \mu\text{m}, \text{ e por isso pode ser usado o método automático de obtenção da dimensão.}$$

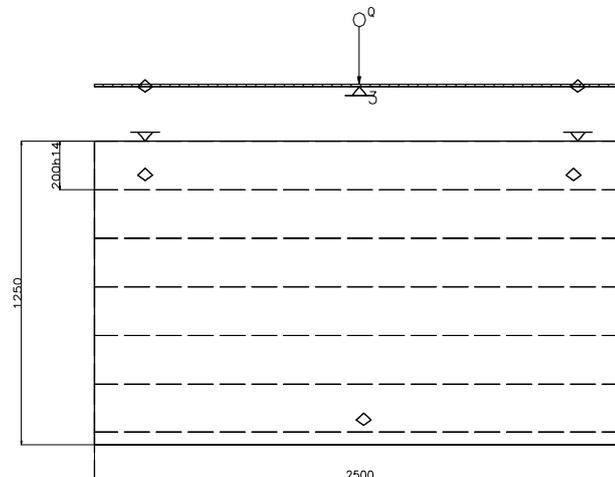


Figura 23. Esquema de instalação da chapa inicial na máquina

### Bases tecnológicas para o corte das tiras em chapas

Esta fase de tratamento também é feita na guilhotina e destina-se a cortar as tiras de 200 mm de larguras em chapas de 200x230 mm. A dimensão que se pretende obter aqui é 230 mm, sendo as condições de fixação as mesmas que para a dimensão 200 mm. Assim, por similaridade, o erro de colocação será 380  $\mu\text{m}$  e de novo pode ser usado o método de obtenção automático das dimensões.

### Bases tecnológicas para o corte dos chanfros

Nesta fase pretende-se obter a dimensão  $15 \times 45^0$  em 4 cantos da chapa. Deve-se projectar e fabricar um dispositivo especial para garantir a inclinação da chapa no ângulo desejado. Assim, os erros são:

$\varepsilon_{pl=15 \times 45^0} = 0$ , porque a base tecnológica coincide com a base de medição;

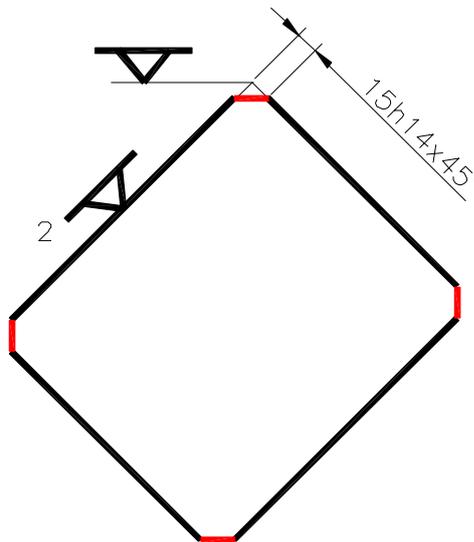


Figura 24. Esquema de instalação da chapa para o corte de 4 chanfros  $15 \times 45^0$

$\varepsilon_{al=15 \times 45^0} = 0$ , pois a força de aperto é perpendicular a cota observada;

$\varepsilon_{dl=15 \times 45^0} = \left(\frac{1}{5} \div \frac{1}{3}\right) IT14 = \left(\frac{1}{5} \div \frac{1}{3}\right) \cdot 430 = 86 \div 1433 \mu\text{m}$ , toma-se  $\varepsilon_{pl=15 \times 45^0} = 100 \mu\text{m}$ . Da fórmula 8

teremos:

$\varepsilon_{cl=15 \times 45^0} = \sqrt{\varepsilon_p^2 + \varepsilon_a^2 + \varepsilon_d^2} = \sqrt{0^2 + 0^2 + 100^2} = 100 \mu\text{m}$  que é menor que  $\frac{IT14}{3} = \frac{430}{3} = 143.3 \mu\text{m}$ ,

e por isso deve ser usado o método automático de obtenção da dimensão.

### Bases tecnológicas para a abertura do furo central $\varnothing 87^{+0.87}$

Para a abertura do furo central  $\varnothing 87^{+0.87}$  e os quatro furos  $\varnothing 13.5$  é necessário eliminar 6 graus de liberdade, embora o deslocamento ao longo do eixo Z não afecta a precisão do tratamento

dos furos. No início, na abertura do furo central, para orientar a chapa na bancada da furadora pode ser usada a face inferior apoiada em três pontos e um dispositivo especial que utiliza mais duas faces perpendiculares para orientação conforme a figura 24 que elimina os 6 graus de liberdade.

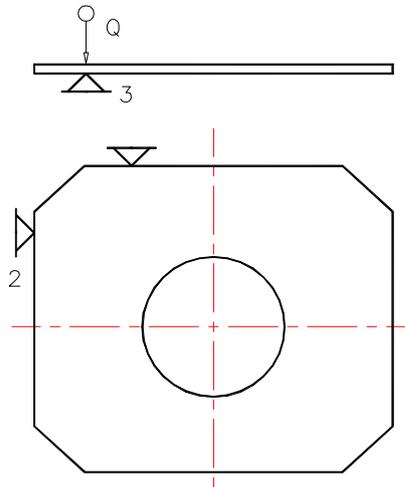


Figura 25. Esquema de instalação para a abertura do furo central na flange 2

Assim, para o furo central calculam-se os erros:

$\varepsilon_{cD=87} = 0$ , pois o diâmetro do furo não depende da disposição da peça. Mas esta instalação não garante a disposição do furo no centro da chapa.

Os defeitos de posicionamento do furo serão iguais a metade da tolerância das dimensões 230

e 200 mm, isto é  $\varepsilon_{p200,230} = \frac{IT14}{2} = \frac{1150}{2} = 575 \mu m$

$\varepsilon_{a200,230} = 0$ , pois a força de aperto é perpendicular a cota observada;

$\varepsilon_{d200,230} = \left(\frac{1}{5} \div \frac{1}{3}\right) IT14 = \left(\frac{1}{5} \div \frac{1}{3}\right) \cdot 1150 = 230 \div 3833 \mu m$ , toma-se o valor de 380 mm. O erro de

colocação será  $\varepsilon_{c200,230} = \sqrt{575^2 + 0^2 + 380^2} = 6892 \mu m > \frac{IT14}{2} = 435 \mu m$  por isso pode-se optar por um método semi-automático de obtenção da dimensão.

#### Bases tecnológicas para a abertura dos 4 furos Ø13.5

Para a dimensão diametral  $\varepsilon_{c\emptyset 13.5} = 0$  pois esta é garantida pela broca. Para as dimensões de disposição dos furos temos,  $\varepsilon_{a70,90} = 0$ , pois a força de aperto é perpendicular a cota observada.

$\varepsilon_{p70,90}$  será igual a metade da tolerância da cota, ou seja  $\frac{500}{2} = 250 \mu m$ .

$\varepsilon_{d70,90} = \left(\frac{1}{5} \div \frac{1}{3}\right) IT14 = \left(\frac{1}{5} \div \frac{1}{3}\right) \cdot 1000 = 200 \div 3333 \mu m$ . Assim, para a abertura dos 4 furos Ø13.5,

o defeito de colocação será  $\varepsilon_{c70,90} = \sqrt{0^2 + 250^2 + 333.3^2} = 416.6 \mu m$ .

### Rota de tratamento proposta para a produção em série pequena

A rota de tratamento da flange 2 considerando série pequena fica constituída pelas seguintes fases:

- 10 *Corte da chapa em tiras, tiras em chapas 200x230 e de 4 chanfros 15x45<sup>0</sup>*  
 Guilhotina hidráulica ELGA HYDRASHEAR Modelo 2513, força 110 t  
 Reguladores de largura e de ângulos de inclinação, paquímetro 250x0.1
- 20 *Abertura de 4 furos Ø13.5 e um furo Ø 87*  
 Furadora vertical Modelo ARBOGA MASKINER  
 Conductor, dispositivos especiais, broca, ferro cortante, paquímetro 250x0.1
- 30 *Arredondamento dos bordos agudos*  
 Rebarbadeira eléctrica  
 Torninho, disco abrasivo e lima circular

### Fases de tratamento proposta para a produção em série pequena

#### 10 Corte da chapa em tiras, tiras em chapas e de 4 chanfros 15x45<sup>0</sup>

Guilhotina hidráulica, ELGA HYDRASHEAR Modelo 2513, força 110 t

- A. Instalar a chapa 2500x1250x6 na mesa da guilhotina pela face inferior e face vertical curta;
1. Cortar a chapa ao longo do comprimento em tiras com largura  $200h14\left(-1,15\right)$ , Rz80.  
 Lâmina P6M5, reguladores de largura, paquímetro 250x0,1;
- B. Instalar a tira na mesa da guilhotina pela face inferior e duas faces verticais perpendiculares;
2. Cortar a tira em chapas com dimensão  $200x230h14\left(-1,15\right)$ , Rz80.
- C. Instalar a chapa na mesa da guilhotina sob 45<sup>0</sup> pela face inferior e duas faces verticais perpendiculares através dos reguladores de inclinação
3. Cortar 4 chanfros  $15\pm 0.215x45^0\pm 1^0$ , Rz80.

Determina-se a força de corte através de:

$$F_c = 0,5 \frac{e^2}{\operatorname{tg} \varphi} \tau_c \cdot k, \text{ N} \quad (9)$$

Onde:

$F_c$  é a força de corte em kN,  $e$  é a espessura da chapa a cortar em mm,  $\tau_c$  a tensão limite de resistência ao cisalhamento do material dada por  $\tau_c = 0,8 \cdot \sigma_r$ ,  $k$  o coeficiente

que toma em conta o desgaste da ferramenta tomado como  $k = 1,5$  e  $\varphi$ -ângulo de inclinação da aresta cortante, toma-se entre 1 a  $2^\circ$ . O material a trabalhar aço St 37, com  $\sigma_{\text{rmax}} = 470$  MPa, então  $\tau_c = 0,8 \cdot 470 = 376$  MPa

Da fórmula 9 tira-se:

$$F_c = 0,5 \frac{6^2}{\text{tg} 2^\circ} 376 \cdot 1,5 = 290715,2 \text{ N} = 29,07 \text{ t}$$

A guilhotina disponível tem capacidade de corte de chapas até 11 mm de espessura e comprimento até 3 m e possui uma força máxima de 110 t. Esta pode efectuar tal trabalho. Na figura 25 se apresenta o esquema de corte da chapa 2500x1250x6 em tiras 1250x200, tiras em chapas 230x200 e chanfros 15x45°.

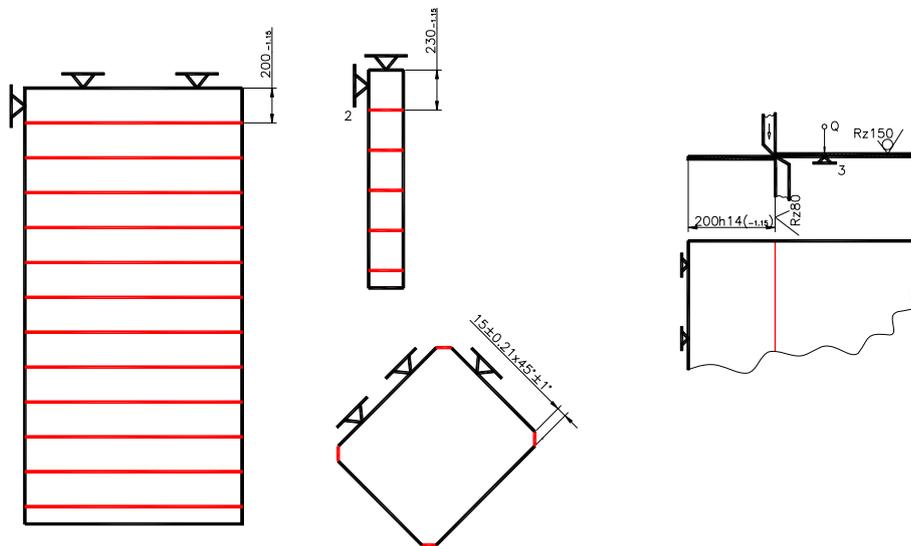


Figura 26. Corte da chapa em tiras 200h14, tiras em chapas 200x230h14 e 4 chanfros 15x45°

## 20 Abertura de 4 furos Ø13.5 e furo Ø87

Furadora vertical modelo ARBOGA MASKINER, 1,6 kW

A. Instalar duas chapas no dispositivo especial pela face inferior e duas faces perpendiculares

1. Abrir o furo Ø87H14<sup>(+0,87)</sup>, Rz80 no centro da chapa

Dispositivo especial, ferro cortante P6M5, paquímetro 250x0,1

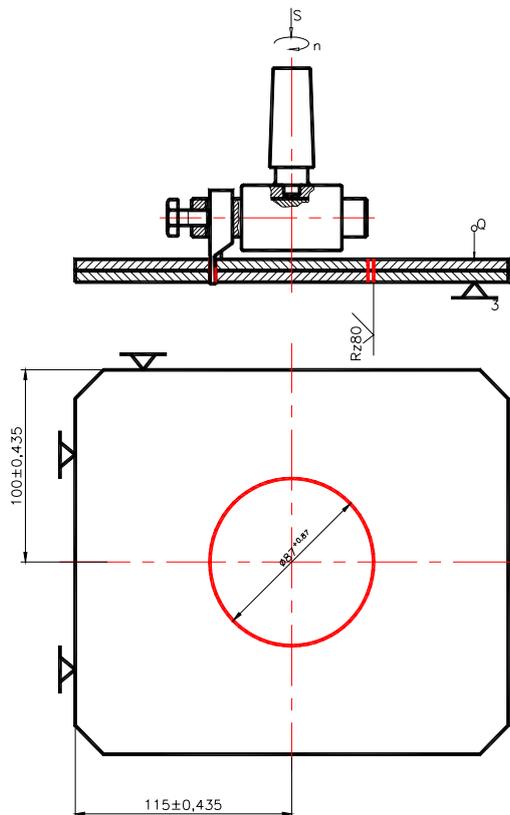


Figura 27. Abertura do furo  $\varnothing 87H14$  na furadora

- B. Instalar duas chapas no condutor;
2. Abrir 4 furos  $\varnothing 13,5H14(+0,43)$ , nas distâncias  $140\pm 0,5$ ,  $70\pm 0,5$ ,  $180\pm 0,5$  e  $90\pm 0,5$ ;  
Broca  $\varnothing 13,5$  P6M5, paquímetro  $250\times 0,1$ , calibre macho  $\varnothing 13,5H14$ , Rz80;

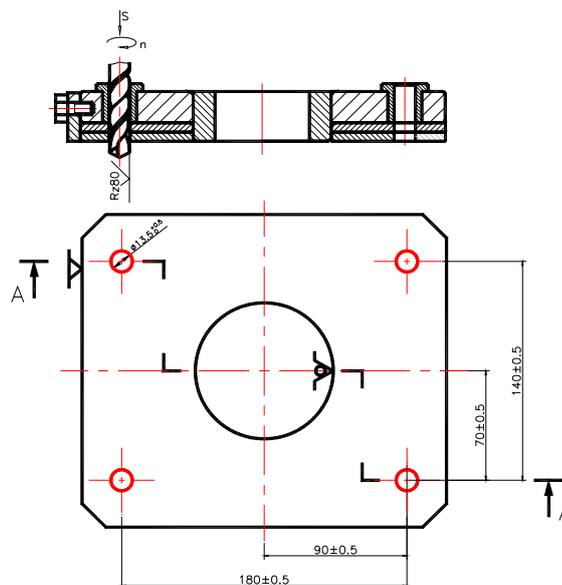


Figura 28. Abertura dos 4 furos  $\varnothing 13,5$  na furadora

*Determinação dos regimes de corte para a brocagem dos furos Ø13.5*

NOTA: os dados tabelados são tirados de [21]

Material a trabalhar, aço St37,  $\sigma_{\text{máx}} = 470$  MPa

Tipo de ferramenta: broca helicoidal. Material da ferramenta: aço rápido marca P6M5.

Diâmetro: 13,5 mm série curta, para maior rigidez.

A geometria da parte cortante toma-se da tabela 44 de [21]:  $2\varphi=118^\circ$ ,  $\psi=50^\circ$ ,  $\alpha=12^\circ$ ,  $\omega=24^\circ$ . Tipo de afiação: simples pois  $l > 10$  mm, profundidade de corte  $t = 6,75$  mm, Máquina-ferramenta: Furadora vertical ARBOGA MASKINER, potência nominal:  $N_m = 1,6$  kW; rendimento:  $\eta=0,7$

Escolhe-se o avanço em função do diâmetro da broca  $S_v = 0,4$  mm/v (tabela 25, página 27, para dureza HB 142). Os coeficientes de correcção:  $K_{\text{Is}} = 1$ ,  $K_{\text{tps}} = 1$  (o furo não sofre tratamento posterior),  $K_{\text{rSS}} = 1$  (a rigidez do sistema tecnológico é alta),  $K_{\text{mfs}} = 1$  (a broca é de aço rápido).

$S_{\text{vc}} = 0,4 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,4$  mm/v. Da máquina escolhe-se  $S_{\text{vm}} = 0,25$  mm/v. A duração da broca  $T = 45$  min (tabela 30, página 29). Os coeficientes e expoentes para a força de corte tiram-se da tabela 32, como sendo:  $C_v = 9,8$ ,  $q_v = 0,4$ ,  $y_v = 0,5$ ,  $m = 0,2$ . A velocidade de corte é dada por:

$$V_c = \frac{C_v \cdot D_f^{q_v}}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S_{vm}^{y_v}} \cdot K_v \cdot \frac{m}{\text{min}} \quad (10)$$

Onde  $K_v = K_{mv} \cdot K_{mfv} \cdot K_{av} \cdot K_{esv} \cdot K_{lv}$  é o coeficiente de correcção da velocidade. Para aços:

$$K_{mv} = C_m \cdot \left( \frac{750}{\sigma_t} \right)^{n_v} \quad (11)$$

Da tabela 2, página 18,  $C_m = 1,0$ ;  $n_v = -0,9$ ;  $C_{cv} = 1$ ;

$$\text{Assim, da fórmula 11 } K_{mv} = 1 \cdot \left( \frac{750}{470} \right)^{-0,9} = 0,657$$

Das tabelas da página 19, tiram-se os coeficientes  $K_{esv} = 0,9$  para chapa laminada,  $K_{mfv} = 1$ ,  $K_{av} = 0,75$ , para afiação simples,  $K_{lv} = 1$  para comprimento do furo  $< 3D$ ;

$$V_c = \frac{9,8 \cdot 13,5^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 6,75^0 \cdot 0,25^{0,5}} \cdot 0,657 \cdot 0,9 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1 = 11,5 \text{ m/min}$$

Então, a frequência de corte será tirado da fórmula:

$$n_c = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot D} \quad (12)$$

Então, da fórmula 12:

$$n_c = \frac{1000 \cdot 11,5}{\pi \cdot 13,5} = 271,15 \text{ rpm}$$

Da máquina escolhe-se  $n_m = 260$  rpm. Então, a velocidade de corte real será calculada pela fórmula:

$$V_r = \frac{\pi \cdot D \cdot n_m}{1000} \quad (13)$$

$$\text{Da fórmula 13: } V_r = \frac{\pi \cdot 13,5 \cdot 260}{1000} = 11,03 \text{ m/min}$$

Cálculo da força de corte: determinam-se inicialmente os coeficientes e expoentes  $C_m = 0,345$ ;  $q_m = 2$ ;  $y_m = 0,8$ ,  $C_{pz} = 680$ ;  $q_p = 1$ ;  $y_p = 0,7$  (tabela 32, página 29),  $k_{df} = (1,7 \div 1,9) = 1,8$ —material com certa plasticidade. O coeficiente de correção da força de corte em função do material a trabalhar obtém-se de:

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_t}{750} \right)^n \quad (14)$$

Onde  $n = 0,75$  da tabela 9, página 20, então, da fórmula 14:

$$K_{mp} = \left( \frac{470}{750} \right)^{0,75} = 0,704$$

O momento torçor calcula-se pela fórmula:

$$M_t = C_m \cdot D_f^{q_m} \cdot t^{x_m} \cdot S_{v_m}^{y_m} \cdot K_{m_p} \cdot K_{ap} \cdot K_{df} \quad (15)$$

$K_{ap} = 1,33$  para dique não afiado. Assim, da fórmula 15,

$$M_t = 0,345 \cdot 13,5^2 \cdot 6,75^0 \cdot 0,25^{0,8} \cdot 0,704 \cdot 1,33 \cdot 1,8 = 34,96 \text{ Nm}$$

A força axial calcula-se da fórmula:

$$P_a = C_p \cdot D_f^{q_p} \cdot t^{x_p} \cdot S_{v_m}^{y_p} \cdot K_{mp} \quad (16)$$

$$\text{Da fórmula 16 têm-se } P_a = 680 \cdot 13,5^1 \cdot 6,75^0 \cdot 0,25^{0,7} \cdot 0,704 \cdot 1,33 \cdot 1,8 = 5862,7 \text{ N}$$

A potência de corte calcula-se pela fórmula:

$$N_c = \frac{M_t \cdot n_m}{9550} \quad (17)$$

$$\text{Da fórmula 17, têm-se } N_c = \frac{34,96 \cdot 260}{9550} = 0,952 \text{ kW}$$

Verifica-se a condição:  $0,952 < 1,6 \cdot 0,7 = 1,12$ ;

Então conclui-se que a máquina serve. Calcula-se o tempo de tratamento principal através da fórmula:

$$t_p = \frac{n_p \cdot C_f + (1 \div 3) + t \cdot \text{ctg } \varphi}{S_{vm} \cdot n_m \cdot n_p} \quad (18)$$

$$\text{Assim, da fórmula 18, } t_p = \frac{2 \cdot 6 + 2 + 6.75 \cdot \text{ctg} 56^\circ}{0.25 \cdot 260 \cdot 2} = 4,73 \text{ min}$$

Os resultados finais se encontram na tabela:

Tabela 11. Parâmetros do regime de corte para a brocagem

t	S <sub>vm</sub>	n <sub>m</sub>	V <sub>r</sub>	N <sub>c</sub>	t <sub>p</sub>
6,75 mm	0,25m/min	260 rpm	11,03 m/min	0,952 kW	4,73 min

*Determinação dos regimes de corte para a abertura do furo Ø87<sup>+0,87</sup> com ferro cortante*

O tratamento aqui proposto é semelhante ao sangramento no torno, porém com a diferença que a peça se encontra fixa e a ferramenta executa dois movimentos, o de rotação no perímetro do furo e de translação, penetrando na peça. Assim, trata-se de uma variante de sangramento no torno e os regimes a calcular são baseados na metodologia de torneamento.

Tipo de ferramenta: ferro cortante para sangrar especial, material da ferramenta: aço rápido marca P6M5. A geometria da parte cortante tira-se da tabela 31 de [21], sendo  $\varphi=90^\circ$  e  $\varphi_1=2^\circ$ ,  $\alpha=10^\circ$ ,  $\gamma=25^\circ$ ,  $r=0,6$  mm. Dimensões da secção do cabo 12x12 mm.

Profundidade de corte  $t=3$  mm toma-se igual a largura da parte cortante. O avanço é tirado da tabela 15 de [21] como sendo  $S_v = 0,06-0,08 \frac{mm}{v}$ . Da furadora escolhe-se o  $S_{vm} = 0,06 \frac{mm}{v}$ .

A velocidade de corte é dada por:

$$V_c = \frac{C_v \cdot C_{cv}}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S_{vm}^{y_v}} \cdot K_v \cdot \frac{m}{\text{min}} \quad (19)$$

Onde  $K_v = K_{mv} \cdot K_{esv} \cdot K_{fv} \cdot K_{\varphi} \cdot K_{\varphi 1} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv} \cdot K_{mtv}$ ; para aços:

$$K_{mv} = C_m \cdot \left( \frac{750}{\sigma_t} \right)^{n_v} \quad (20)$$

onde  $C_m = 1$ ,  $n_v=1,75$  tiram-se da tabela 21.

$$\text{Da fórmula 18, } K_{mv} = \left( \frac{750}{470} \right)^{1,75} = 2,27$$

Os coeficientes de correcção  $K_{esv} = 0,9$  para chapa laminada,  $K_{fv} = 1$  (aço rápido),  $K_{\varphi} = 0,7$  ( $\varphi = 90^\circ$ ),  $K_{\varphi 1} = 1,05$  (por extrapolação para  $\varphi_1=2^\circ$ ),  $K_{rv}=0,94$  ( $r = 1$ ),  $K_{qv}=0,93$  (cabo 12x12) e  $K_{mtv}=1,0$  (sangramento). O período de resistência da ferramenta é  $T=45$  minutos. Os coeficientes  $K_{Tf}=1$  e  $K_{Tm}=1$ . Os coeficientes e expoentes são:  $C_{cv} = 1$ ;  $C_v = 23,7$ ;  $x_v = 0$ ;

$y_v = 0,66$  e  $m = 0,25$ ; para truncamento com aço rápido. Assim, calcula-se a velocidade de corte através da fórmula 15:

$$V_c = \frac{23,7 \cdot 1}{45^{0,25} \cdot 3^0 \cdot 0,06^{0,66}} \cdot 2,27 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1,05 \cdot 0,94 \cdot 0,93 \cdot 1 = 76,92 \frac{m}{\text{min}}$$

Da fórmula 10:

$$n_c = \frac{1000 \cdot 76,92}{\pi \cdot 87} = 281,43 \text{ rpm}$$

Da máquina escolhe-se  $n_m = 260$  rpm. Então, a velocidade de corte real será tirada fórmula 13:

$$V_r = \frac{\pi \cdot 87 \cdot 260}{1000} = 71,06 \frac{m}{\text{min}}$$

A força de corte calcula-se da fórmula:

$$P_z = C_p \cdot t^{x_p} \cdot S_{vm}^{y_p} \cdot V_r^{n_p} \cdot K_p \quad (21)$$

onde  $K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{r p} \cdot K_{\lambda p}$ ; para aços:

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_t}{750} \right)^n \quad (22)$$

Da tabela 9 de [21] tira-se  $n = 0,75$ , e da fórmula 20,  $K_{mp} = \left( \frac{470}{750} \right)^{0,75} = 0,704$ . Os coeficientes

de correcção são tirados da tabela 23 de [21]  $K_{\phi p} = 1,08$ ;  $K_{\gamma p} = 1,0$ ;  $K_{r p} = 0,88$  e  $K_{\lambda p} = 1$ . Os coeficientes e expoentes para a força de corte são tirados da tabela 22 de [21], como sendo:  $C_{pz} = 2470$ ,  $x_{pz} = 1,0$ ;  $y_{pz} = 1,0$  e  $n_{pz} = 0$ . Assim, da fórmula 19:

$$P_z = 2470 \cdot 3^1 \cdot 0,06^1 \cdot 71,06^0 \cdot 0,704 \cdot 1,08 \cdot 1,08 \cdot 0,88 \cdot 1 = 312,45 \text{ N}$$

A potência de corte será calculada de:

$$N_c = \frac{P_z \cdot V_r}{60000} \quad (23)$$

$$N_c = \frac{312,45 \cdot 71,06}{60000} = 0,37 \text{ kW.}$$

Verifica-se a condição:  $0,37 < 1,6 \cdot 0,7 = 1,12$ . A máquina serve. Verifica-se a resistência da ferramenta, através das tensões máximas de flexão:

$$\sigma_{f_{\max}} = \frac{M_{f_{\max}}}{W_x} \quad (24a)$$

sendo  $M_{f_{\max}}$  o momento flector máximo e  $W_x$  o momento de resistência dado por:

$$W_x = \frac{J_x}{y_{\max}} \quad (24b)$$

Onde  $J_x$  é o momento de inércia da secção flectida e  $y_{máx}$  é a distância máxima desde a linha neutra até ao ponto mais exterior da secção flectida.

O momento flector é dado por:

$$M_{f_{máx}} = P_z \cdot l_{máx} \quad (24c)$$

Onde  $l_{máx}$  é o braço máximo de flexão, determinado geometricamente como sendo 35 mm. Assim, da fórmula 24c  $M_{f_{máx}} = 312,45 \cdot 35 = 10935,75 \text{ N}\cdot\text{mm}$ . O momento de resistência é da secção crítica da ferramenta determina-se considerando a secção apresentada na figura 29.

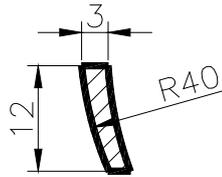


Figura 29. Secção da ferramenta para sangrar

Sendo a secção da ferramenta de configuração complexa, para efeitos práticos, faz-se uma aproximação bastante boa a uma secção de perfil rectangular  $a \times b = 3 \times 12$ , cujo momento de inércia será menor ao real, causando maiores tensões. Assim, se for verificada a resistência desta secção aproximada, verifica-se com segurança a resistência da secção real. Assim, sendo de 24a:

$$\sigma_{f_{máx}} = \frac{10935,75}{\frac{3 \cdot 12^3}{12}} \cdot \frac{12}{2} = 152 \frac{N}{mm^2}$$

O material da ferramenta após têmpera em óleo (1200 °C) atinge uma dureza HRC 62-64,  $\sigma_r = 1800 \text{ MPa}$  [19]. Assim, sendo  $\sigma_{f_{máx}} = 152 < 1800 \text{ MPa}$ , a resistência da ferramenta é verificada.

Então conclui-se que a máquina e a ferramenta servem. Calcula-se o tempo de tratamento

principal através da fórmula 16,  $t_p = \frac{2 \cdot 6 + 2 + 3 \cdot \text{ctg} 90^\circ}{0,06 \cdot 260 \cdot 2} = 9,04 \text{ min}$

Os resultados finais se encontram na tabela:

Tabela 12. Parâmetros do regime de corte para a sangramento

t	$S_{vm}$	$n_m$	$V_r$	$N_c$	$t_p$
3 mm	0,06m/min	260 rpm	71,06 m/min	0,37 kW	9,04 min

### 30 Arredondamento dos bordos agudos

Rebarbadeira eléctrica

A. Instalar a chapa no torninho

1. Rebarbar todos cantos agudos externos, R1, Rz 80;  
Torninho, disco abrasivo, escantilhão R1;
2. Rebarbar todos os cantos agudos dos furos, R1, Rz80;  
Lima circular Ø10.

### **Rota de tratamento considerando a produção em série média**

No caso de se considerar a produção em **série média** propõe-se que os furos sejam abertos por estampagem, sendo a folha cortada na guilhotina, inicialmente em tiras e depois em chapas cortados os chanfros. Na prensa de estampagem faz-se a abertura dos 5 furos da flange 2.

Em princípio a 1ª fase de tratamento da peça será a mesma que na variante de produção em série pequena. Assim sendo somente de apresentará a proposta das fases diferentes.

#### Bases tecnológicas para a abertura de furos por estampagem

Esta fase de tratamento é feita na prensa excêntrica e destina-se a abrir o furo central da flange e os quatro furos laterais sucessivamente. O furo central tem basicamente de 3 dimensões: 2 de localização do furo e o diâmetro do furo. Sendo assim, dois grupos de defeitos podem ser introduzidos durante a abertura do furo.

É necessário eliminar 6 graus de liberdade, embora o deslocamento no eixo Z não afecta a precisão do tratamento. Para orientar a chapa na prensa, como base tecnológicas podem ser usadas a face inferior apoiada em três pontos, um apoio de dois pontos para uma face 3 e um ponto para a face 5 (figura 25). Os erros de colocação para o furo central estão apresentados nas páginas 39 e 40.

Os defeitos para o furo Ø13,5<sup>+0,5</sup> são seguintes:

A dimensão diametral  $\varepsilon_{c\phi 13,5}=0$  pois esta é garantida pelo punção. Para as dimensões de disposição dos furos temos,  $\varepsilon_{a70,90}=0$ , pois a força de aperto é perpendicular a cota observada.

$$\varepsilon_{d70,90} = \left(\frac{1}{5} \div \frac{1}{3}\right) IT14 = \left(\frac{1}{5} \div \frac{1}{3}\right) \cdot 1000 = 200 \div 3333 \mu m. \text{ Assim, para a abertura dos 4 furos } \phi 13,5;$$

$$\text{o defeito de colocação será } \varepsilon_{c70,90} = \sqrt{0^2 + 0^2 + 333.3^2} = 333.3 \mu m.$$

### **Fases de tratamento para a produção em série média**

As fases 20 e 30 serão seguintes:

## 20 Estampagem dos furos

Prensa excêntrica WEINGARTEN, força normal 60 t, 115 golpes por minuto,

A. Instalar a chapa na estampa pela face inferior e duas faces perpendiculares;

1. Perfurar 4 furos de  $\text{Ø}13,5\text{H}14(+0,5)$ , Rz80 na distância  $90\pm 0,5$ ,  $180\pm 0,5$ ,  $70\pm 0,5$  e  $140\pm 0,5$  e o furo  $\text{Ø}87^{+0,87}$  no centro da chapa,

Estampa, paquímetro 250x0,1, calibre macho  $\text{Ø}13,5\text{H}14(+0,5)$ ;

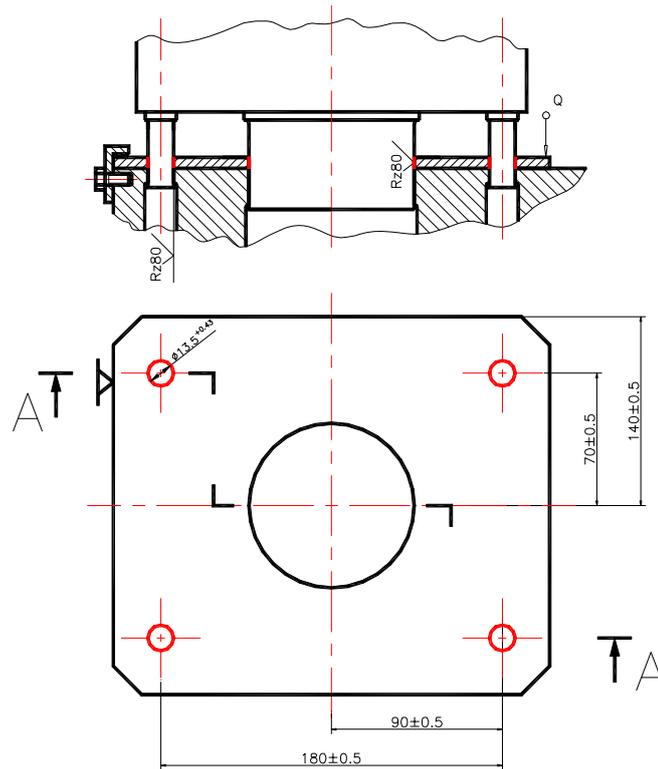


Figura 30. Esquema de abertura dos furos da flange na estampa

A força de corte determina-se de:

$$F_c = P \cdot e \cdot \tau_c \cdot K_{df} \quad (25)$$

Onde:

P – perímetro de corte;

$K_{df}$  – coeficiente de desgaste da ferramenta. Toma-se de 1,2 ÷ 1,4;

Para furos,  $P = \pi \cdot D$ , assim, para o furo central de  $\text{Ø}87$  mm, usando a fórmula 25, têm-se:

$$F_c = \pi \cdot 87 \cdot 6 \cdot 0,8 \cdot 470 \cdot 1,4 = 863249,3 \text{ N}$$

Para abrir os quatro furos laterais de  $\text{Ø}13,5$  mm, da fórmula 25, têm-se:

$$F_c = 4 \cdot \pi \cdot 13,5 \cdot 6 \cdot 0,8 \cdot 470 \cdot 1,4 = 535810,0 \text{ N}$$

Verifica-se que a força de corte na abertura do furo central é superior a força normal da prensa, por isso se deve usar um punção escalonado, segundo a figura 31, reduzindo a força de corte em 35%. Assim,  $F_c = 0,65 \cdot P \cdot e \cdot \tau_c \cdot k_{df}$ , sendo  $h = 1,2 \cdot e$ , se conseguindo uma força de corte igual a  $0,65 \cdot 863249,3 = 561112,0 \text{ N}$

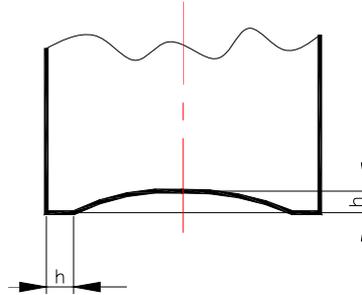


Figura 31. Punção escalonado para a redução da força de corte

### 30 Arredondamento dos bordos agudos

Aparato electrolítico

1. Mergulhar o jogo de peças no banho de solução de ácidos e fazer exposição de alguns minutos;

Banho de  $\text{H}_2\text{PO}_4$  32% +  $\text{H}_2\text{SO}_4$  17÷50% +  $\text{HNO}_3$  7÷15% +  $\text{HCl}$  1.5% e o resto água, luvas de borracha e suporte;

2. Lavar as peças num banho de água;

Banho de água corrente;

3. Secar as peças;

Secador eléctrico.

## 2.4 Modernização do processo tecnológico de fabricação do corpo 6

### 2.4.1 Análise tecnológica do corpo 6

Em análise tecnológica podemos afirmar que a peça possui 58 superfícies, segundo a tabela 2, dentro das quais três furos 7, de  $\varnothing 25 \text{ mm}$ , um furo 4 de  $\varnothing 18 \text{ mm}$ , dois furos 10 de  $\varnothing 100 \text{ mm}$  e duas ranhuras 5 de  $20 \text{ mm}$ . Possui também um furo rectangular 6 de  $249 \times 120 \text{ mm}$  e um furo 9 de  $\varnothing 50 \text{ mm}$ . Possui 38 superfícies de boleamento para eliminar os bordos agudos. O tratamento dos furos precisa de dispositivos especiais para garantir a sua disposição, especialmente para os 2 furos  $\varnothing 100$  e o furo rectangular.

Quanto a precisão das superfícies, estas são de precisão normal de 14º grau de tolerância, e rugosidade das superfícies trabalhadas Rz 80 µm. Possui também 3 superfícies não normalizadas, mas as faces 3 e 8 podem ser facilmente obtidas. Para o furo rectangular será necessário projectar um dispositivo especial. Possui algumas bases tecnológicas cómodas como sendo as faces. A trajectória das ferramentas é simples com entradas e saídas livres pois são superfícies abertas, excepto o tratamento do furo rectangular, onde somente por estampagem, o seu tratamento se torna simples.

Em termos de rigidez da peça podemos afirmar que considerando que sendo a chapa de 4 mm de espessura, a rigidez é baixa, sendo necessário prever bom apoio na face da chapa e aperto nas máquinas.

Existe grande possibilidade de tratamento simultâneo de várias superfícies como são os 3 furos Ø25 mm, as duas ranhuras 5 e os dois furos 10 de Ø100. Existe também a possibilidade de tratar várias peças em simultâneo, principalmente na brocagem e fresagem. Em análise quantitativa, calculam-se a seguir os coeficientes de tecnologibilidade.

#### *Coeficiente de unificação $k_u$*

Calcula-se da fórmula 3, consideram-se na maioria das superfícies do corpo como unificadas, excepto o furo rectangular 6 e o furo 4. Assim, são  $58-2 = 56$  superfícies unificadas;

$$k_{un} = \frac{56}{58} = 0,966$$

O valor do coeficiente mostra que cerca de 97% das superfícies são unificadas e por isso há possibilidade de emprego de pequena quantidade de ferramentas e dispositivos.

#### *Coeficiente de superfícies que precisam de tratamento por corte $k_{spt}$*

Calcula-se pela fórmula 4, considerando a peça bruta, que como foi referido anteriormente é uma chapa de aço cortada na guilhotina, obtida da chapa inicial laminada, todas superfícies precisam de tratamento.

$$k_{spt} = 1$$

O valor de  $k_{spt}$  mostra que todas superfícies do corpo 6, precisam de tratamento, mostrando a necessidade de uso de métodos de produção mais produtivos e rentáveis.

#### *Coeficiente de precisão $k_p$*

É determinado da fórmula 5, considerando a precisão média  $Q_{pm}$  dada pela média aritmética da precisão de todas superfícies, como sendo:

$$Q_{pm} = \frac{4 \cdot 14 + 4 \cdot 14 + 14 + 17 + 2 \cdot 14 + 14 + 3 \cdot 14 + 14 + 14 + 2 \cdot 14 + 38 \cdot 14}{58} = 14,05$$

Assim, o coeficiente de precisão, da fórmula 5, será:

$$k_p = 1 - \frac{1}{14,05} = 0,929$$

Conclui-se que as superfícies são maioritariamente de precisão normal (14<sup>o</sup> grau de tolerância) dado pelo valor de  $Q_{pm}$  e que também esta precisão é a precisão da maioria das superfícies pois o valor de  $k_p$  é próximo de 1, facto que facilita o tratamento das superfícies pelo mesmo método de obtenção destas, não necessitando de ir para vários métodos de tratamento das várias superfícies para garantir a precisão destas.

*Coeficiente de rugosidade  $k_r$*

É calculado considerando a precisão média  $R_m$ , através da fórmula 6.

$$R_m = \frac{4 \cdot 150 + 4 \cdot 150 + 80 + 80 + 2 \cdot 80 + 80 + 3 \cdot 80 + 80 + 80 + 2 \cdot 80 + 38 \cdot 80}{58} = 71,0 \mu\text{m}$$

Daí, da fórmula 6, teremos o coeficiente de rugosidade:

$$k_r = \frac{1}{71,0} = 0,014$$

O valor de  $R_m=71 \mu\text{m}$ , mostra que a rugosidade é bastante grande e por isso não haverão dificuldades em obter as superfícies.

*Coeficiente de uso de material  $k_{um}$*

Calcula-se através da fórmula 7. Considerando que em cada folha se obtém 20 chapas (veja a página 81). Assim, têm-se:

$$k_{um} = \frac{\left[ 290,8 \cdot 459 - \left( 249 \cdot 120 + \frac{\pi}{4} \cdot (2 \cdot 100^2 + 3 \cdot 25^2 + 18^2 + 50^2) + 22 \cdot 20 \cdot 2 + \frac{\pi}{4} \cdot 20^2 \right) \right] \cdot 20}{1250 \cdot 2500}$$

$$k_{um} = 0,53$$

O coeficiente de uso do material  $k_{um} = 0,53$  fica fora dos limites recomendados para a produção em série média, porém se explica pelo número e tamanho dos furos que possui. Para o presente trabalho não se tomará em conta essa inconveniência. Além disso, o rombo do furo rectangular 249x120 e dos dois furos  $\varnothing 100$  podem ser reaproveitados para a fabricação de outras peças.

#### 2.4.2 Descrição do processo de fabricação dos corpos 6 na AGRO ALFA

A matéria-prima para a fabricação do corpo 6 é uma chapa de aço de dimensões 2500x1250x4 mm. O processo de fabricação inicia-se pela marcação da chapa para o corte de tiras com largura da tira  $L_t=290,8$  mm. Após o corte da chapa em tiras, mesmo na guilhotina é feito o corte da tira em chapas de 290,8x459 mm. São usados como equipamentos, a guilhotina eléctrica HYDRASHEAR, régua e esquadro, paquímetro e dois operários são necessários para desempenhar a função. Posto isto, as chapas são transportadas para a mesa de trabalho de serralheiro, onde se agrupam as chapas em grupos de dois, um lado direito e outro o esquerdo do corpo.

Nas *chapas do lado direito*, faz-se a marcação por punçoamento dos centros de todos os furos e do contorno do furo rectangular. Posto isto, são agrupadas em grupos de 10 unidades e na secção de soldadura são pingadas em dois cantos opostos para formar um pequeno conjunto para a abertura simultânea dos furos. Este conjunto é levado a furadora para serem abertos os 3 furos 7 de Ø25, o furo 4 de Ø18, o furo 9 de Ø50 e o furo 10 de Ø100, sendo este último aberto usando uma broca de Ø12, e alarga-se com brocas de Ø25 e de Ø50. A seguir, na alarga-se o furo 10 até Ø100 mm e abre-se a ranhura 5. Posto isto, na bancada de serralheiro se desfaz a união das 10 peças por corte com rebarbadeira dos pingos de soldadura e depois em cada peça se faz o arredondamento dos bordos agudos e de seguida faz-se a marcação para a quinagem da chapa.

Para a *chapa do lado esquerdo*, faz-se a marcação do centro da ranhura 5, do furo 10 de Ø100 e do contorno do furo rectangular 6, e a seguir, as chapas são conduzidas para a furadora onde se abre o furo 10 com broca de Ø 12 e depòs alarga-se com broca de Ø20. Com a mesma broca se faz o furo da ranhura 5. De seguida as chapas são transportadas para bancada de soldadura onde se faz o corte oxi-acetilénico do contorno do furo rectangular 6, deixando uma sobreesspessura de 3 mm para a fresagem do furo. A seguir, na fresadora abre-se a ranhura 5 e alarga-se o furo quadrado até a dimensão final de 249x120 mm. De seguida, a chapa da esquerda é conduzida a bancada de serralheiro, onde se faz o arredondamento de todos bordos agudos e a marcação para a quinagem. Tendo sido marcadas para a quinagem ambas chapas, estas são conduzidas a quinadeira onde se faz a quinagem a frio das chapas, e depois conduzidas a bancada de soldadura para a montagem. Depois de trabalhadas ambas metades, a direita e a esquerda, as chapas são levadas a zona de montagem onde com um dispositivo de montagem se pingam as duas metades formando o corpo e depois na bancada de soldadura se faz o cordão definitivo e solda-se depois a porca adjacente ao furo 4. Posto isto se faz a rebarbagem das arestas cortantes e por fim, o corpo 6 se encontra pronto para montar as

restantes peças formando a cabeça da bomba. Na tabela 13 se apresenta a rota de fabricação da metade direita do corpo 6 e na tabela 14 a metade esquerda.

*Tabela 13. Rota de fabricação da metade direita do corpo 6 na AGRO ALFA*

<i>N/o</i>	<i>Fases de tratamento</i>	<i>Máquinas-ferramenta e dispositivos</i>	<i>Bases tecnológicas</i>	<i>T<sub>f</sub> (min)</i>
10	Marcação, corte da chapa em tiras, corte das tiras em chapas de 290.8x459 mm	Bancada de serralheiro, régua, esquadro, fita métrica, paquímetro, guilhotina eléctrica, lâmina de cortar	2 faces da folha	1,5
20	Marcação dos centros dos furos 4,7,9 e 10	Bancada de serralheiro, punção de bico e martelo.	-	2,0
30	Soldadura em dois pontos de uma pilha de 10 peças	Posto de soldadura, máquina de soldar MIG, eléctrodo		1,0
40	Abertura e alargamento de 3 furos Ø25 de Ø12 até Ø25, furo Ø18 de Ø12 até Ø18; furo Ø50 de Ø12 até Ø50 e furo Ø100 de Ø12 até Ø50	Furadora vertical, broca Ø12mm, Ø18, Ø25 e Ø50 mm P6M5	Faces 3 e 8	2,0
50	Abertura da ranhura 5 e alargamento do furo 10 de Ø50 até Ø100.	Fresadora vertical, fresa de cabo Ø20, alargador até Ø100 de P6M5	Faces 3 e 8	2,0
60	Corte dos pingos de soldadura e rebarbagem dos bordos agudos, marcação para a quinagem	Bancada de serralheiro, rebarbadeira manual, disco abrasivo de corundo	-	1,5
70	Quinagem da chapa em L149x149	Quinadeira	Face 1	0,,5
			<b>ΣT<sub>fi</sub></b>	<b>10,5</b>

A metade esquerda é trabalhada, segundo a sequência na rota apresetada na tabela 14.

*Tabela 14. Rota de fabricação da metade esquerda do corpo 6 na AGRO ALFA*

<i>N/o</i>	<i>Fases de tratamento</i>	<i>Máquinas-ferramenta e dispositivos</i>	<i>Bases tecnológicas</i>	<i>T<sub>f</sub> (min)</i>
10	Marcação, corte da chapa em tiras, corte das tiras em chapas de 290,8x459 mm	Bancada de serralheiro, régua, esquadro e fita métrica, paquímetro, guilhotina eléctrica, lâmina	2 faces da folha	1,5

		de cortar		
20	Abertura e alargamento do furo Ø100 de Ø12 até Ø20, abertura do furo Ø20 da ranhura 5	Furadora vertical, broca Ø12mm, Ø20 mm P6M5	Faces 3 e 8	2,0
30	Punçoamento do contorno do furo 249x120	Bancada de serralheiro, punção de bico e martelo	-	1,5
40	Corte do furo rectangular 245x115	Posto de soldadura, maçarico oxi-acetilénico	-	2,0
50	Fresagem da ranhura 5 e alargamento do furo Ø100 e rectangular até 249x120	Fresadora vertical, fresa cilíndrica de cabo Ø20	Faces 1, 3 e 8	2,5
60	Marcação para a quinagem	Bancada de serralheiro, paquímetro, esquadro	-	0,5
70	Quinagem da chapa em L150x150	Quinadeira	-	0,5
			<b>ΣT<sub>fi</sub></b>	<b>10,5</b>

Pode-se ver que o processo tecnológico de fabricação do corpo 6 possui umas etapas de baixa produtividade como é a marcação, o corte no maçarico, a fresagem para melhoramento da qualidade da superfície obtida por corte oxi-acetilénico, abertura de furos de Ø100 com broca de Ø 12 mm e depois o alargamento com broca e alargadores. Todas estas etapas concorrem para grandes perdas de tempo e material e baixa de qualidade do produto acabado.

#### 2.4.3 Propostas de melhoramento do processo de fabricação do corpo 6

Como foi anteriormente exposto existem duas variantes de propostas de melhoramento, considerando o tipo de produção, em série pequena ou média. Com efeito, para a fabricação do corpo 6, para ambas variantes inicialmente faz-se o corte das chapas em tiras de largura 290,8 e depois as tiras serão cortadas em chapas 290,8x459.

Para garantir a disposição pretendida entre os furos, podem ser usados dispositivos condutores e também podem ser usados dispositivos que facilitam o tratamento simultâneo de várias peças, sem necessidade de soldadura destas. Na produção em série média, os furos podem ser estampados.

### Planificação da chapa

A chapa inicial possui dimensões 2500x1250x4 mm. Pretendendo-se obter chapas de 290,8x459 mm, opta-se por cortar inicialmente em tiras de 459x1250 e depois em chapas 459x290,8, por se mostrar mais produtiva, garantindo a obtenção de 20 chapas e tiras que são múltiplos de 5, mais apropriadas para a produção de 50 peças.

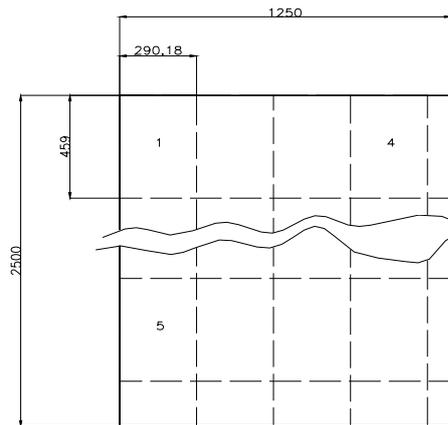


Figura 32. Corte da chapa em tiras de 459x1250

Caso se opte por uma produção em **série pequena**, propõe-se o uso de dispositivos condutores que permitem o trabalho de furos em algumas peças simultaneamente. O furo  $\varnothing 100$  pode ser aberto pelo dispositivo para a abertura de furos de grandes diâmetros descrito na abertura do furo  $\varnothing 87^{+2}$  da flange 2. O furo rectangular pode ser aberto usando a máquina de corte oxi-acetilénico inteligente, denominada pantógrafo, podendo cortar várias peças sobrepostas e intercaladas com um separador para evitar a coesão das moléculas fundidas entre chapas. Caso de opte por uma produção em **série média**, os furos e ranhuras serão obtidos por estampagem. De seguida será feito o estudo de Ambas metades do corpo e as fases serão apresentadas apenas para a metade direita em virtude de possuir maior quantidade de superfícies a trabalhar.

### Escolha das bases tecnológicas do corpo 6

As bases tecnológicas para o corte da chapa e tiras e tiras em chapas são semelhantes as bases tecnológicas para a flange 2, descritas nas páginas 39 e 40. A metodologia é mesma pelo que não necessita de nova demonstração.

### Rota de tratamento proposta para a produção em série pequena

A rota de tratamento da metade direita do corpo 6 considerando série pequena fica constituída pelas seguintes fases.

- 10 *Corte da chapa em tiras 290,8h14, tiras em chapas 290.8x459*  
Guilhotina hidráulica ELGA HYDRASHEAR Modelo 2513, força 110 t  
Lâmina de cortar, reguladores de largura, paquímetro 250x0,1
- 20 *Abertura de 3 furos Ø25, furo Ø18, furo Ø50 e furo Ø 100*  
Furadora vertical Modelo ARBOGA MASKINER  
Conductor, dispositivo especial, brocas Ø18, Ø25, Ø50, ferro cortante para sangrar, paquímetro 250x0,1
- 30 *Fresagem da ranhura*  
Fresadora vertical SAJO 1956  
Fresa cilíndrica de cabo Ø20, paquímetro 250x0,1
- 40 *Arredondamento dos bordos agudos*  
Rebarbadeira eléctrica  
Torninho, disco abrasivo e lima circular
- 50 *Quinagem em L149x149*  
Quinadeira PROMECAN  
Esquadro, paquímetro, escantilhão R6

### **Fases de tratamento proposta para a produção em série pequena**

#### **10 Corte de chapas em tiras e tiras em chapas de 459x290,8**

Guilhotina hidráulica, ELGA HYDRASHEAR Modelo 2513, força 110 t

A. Instalar a chapa 2500x1250x4 na mesa da guilhotina pela face inferior e face vertical

1. Cortar a chapa ao longo da largura em tiras com largura  $459h14 \left( \begin{smallmatrix} - \\ -1,55 \end{smallmatrix} \right)$ , Rz80.

Lâmina P6M5, reguladores de largura, paquímetro 250x0,1;

B. Instalar a tira na mesa da guilhotina pela face inferior orientada por uma face horizontal;

2. Cortar chapas com dimensão  $459 h14 \left( \begin{smallmatrix} - \\ -1,55 \end{smallmatrix} \right) \times 290,8h14 \left( \begin{smallmatrix} - \\ -1,15 \end{smallmatrix} \right)$ , Rz80.

#### **20 Abertura de 3 furos Ø 25, furo Ø18, furo Ø50 e furo Ø100**

Furadora vertical modelo ARBOGA MASKINER, 1.6 kW,

A. Instalar 3 chapas no dispositivo especial pela face inferior e duas faces perpendiculares;

1. Abrir o furo  $\text{Ø}100H14 \left( \begin{smallmatrix} + \\ +0,87 \end{smallmatrix} \right)$ , Rz80 na distância  $15 \pm 0,215$  e  $67 \pm 0,37$ ;

Dispositivos especiais, ferro cortante P6M5, paquímetro 250x0,1;

- B. Instalar a chapa no condutor pela face inferior e duas faces perpendiculares;
2. Abrir 3 furos  $\varnothing 25H14^{(+0,52)}$ , Rz80, na distância  $40\pm 0,31$  e  $120\pm 0,435$  e um furo  $\varnothing 25H14^{(+0,52)}$  na distância  $74,5\pm 0,37$  e  $19\pm 0,26$ ;
- Condutor, broca de  $\varnothing 25$  de P6M5, calibre macho  $\varnothing 25H14$  e paquímetro 250x0,1;
3. Abrir o furo  $\varnothing 18H14^{(+0,43)}$ , Rz80 na distância  $74,5\pm 0,37$  e  $90\pm 0,435$
- C. Reinstalar as chapas orientadas pela face inferior e por duas faces perpendiculares.
4. Alargar o furo  $\varnothing 25H14^{(+0,52)}$ , Rz80 até  $\varnothing 50H14^{(+0,62)}$ , Rz80 na distância  $74,5\pm 0,37$  e  $19\pm 0,26$ ;
- Alargador  $\varnothing 50H14$ , calibre macho  $\varnothing 25H14$  e paquímetro 250x0,1;

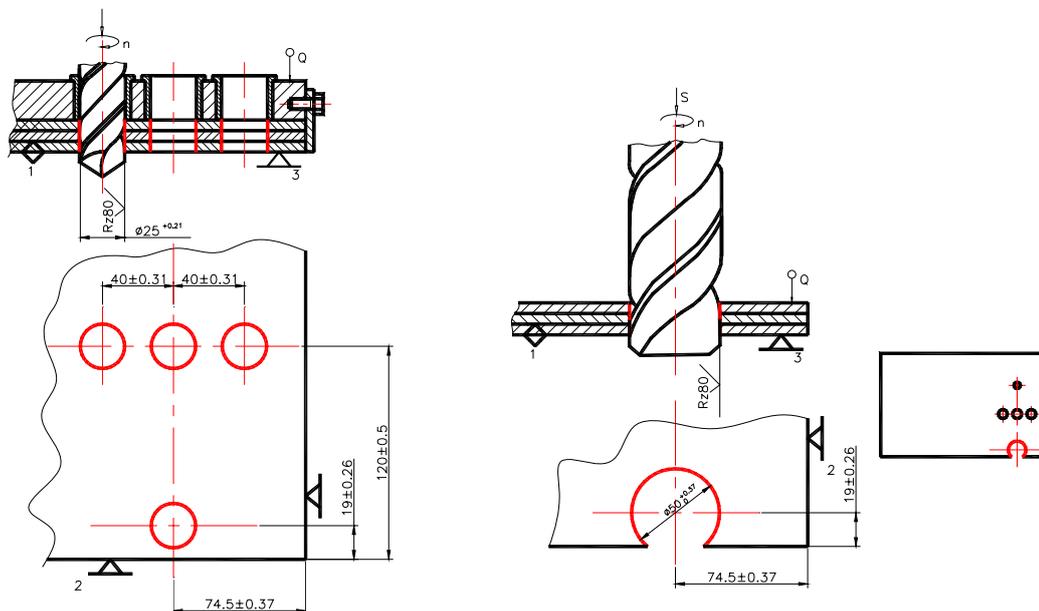


Figura 33. Abertura dos 3 furos  $\varnothing 25$ , furo  $\varnothing 18$  e furo  $\varnothing 50$

### 30 Fresagem da ranhura 22x20

Fresadora vertical SAJO 1956

- A. Instalar 3 chapas na fresadora, orientadas pela face inferior e duas faces perpendiculares;
1. Abrir a ranhura  $20\times 22H14^{(+0,52)}$ , Rz80 na distância  $74,5\pm 0,37$
- Fresa cilíndrica de cabo  $\varnothing 20\times 20H14$ , paquímetro 250x0,1.

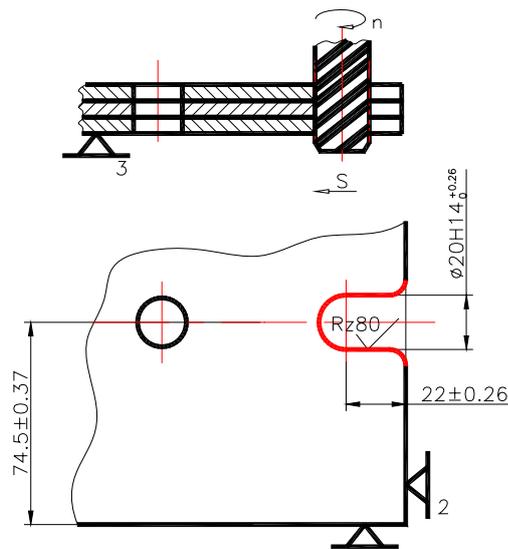


Figura 34. Fresagem da ranhura

## 50 Quinagem da chapa em L149x149, 90°

Quinadeira PROMECAN

A. Instalar a peça na quinadeira pela face inferior orientada por duas faces perpendiculares;

1. Quinar a chapa em L149x149±0,5, 90°±1°

Esquadro, paquímetro 250x0,1 e escantilhão R6;

A rota de tratamento da metade esquerda do corpo 6 considerando série pequena é semelhante a da metade direita, diferenciando-se pela fase 20 e introdução do corte oxi-acetilénico no pantógrafo e será constituída pelas seguintes fases.

20 *Abertura do furo Ø 100*

Furadora vertical Modelo ARBOGA MASKINER

Dispositivo especial, ferro cortante, paquímetro 250x0,1

35 *Corte oxi-acetilénico do furo rectangular*

Pantógrafo, modelo

## Rota de tratamento proposta para a produção em série média

A rota de tratamento da metade direita do corpo 6 considerando série média diferencia-se pelas seguintes fases:

20 *Estampagem de 3 furos Ø25 e furo Ø50*

Prensa excêntrica WEINGARTEN, força normal 60 t, 115 golpes por minuto

Estampa, calibre macho  $\varnothing 25$  e  $\varnothing 50$ , paquímetro 250x0,1;

30 *Estampagem do furo  $\varnothing 18$  e ranhura 20x22*

Prensa excêntrica WEINGARTEN, força normal 60 t, 115 golpes por minuto

Estampa, calibre macho  $\varnothing 18$ , escantilhão 20x22 e paquímetro 250x0,1;

40 *Estampagem do furo  $\varnothing 100$*

Prensa excêntrica WEINGARTEN, força normal 60 t, 115 golpes por minuto

Estampa, calibre macho  $\varnothing 100$  e paquímetro 250x0,1

50 *Arredondamento dos bordos agudos*

Solução de ácidos, banho de água, secador eléctrico

### Fases de tratamento considerando a produção em série média

#### 20 **Abertura de 3 furos $\varnothing 25$ e furo $\varnothing 50$**

Prensa excêntrica WEINGARTEN, força normal 60 t, 115 golpes por minuto

A. Instalar a chapa na estampa pela face inferior e duas faces perpendiculares;

- 1 Perfurar 3 furos de  $\varnothing 25H14^{(+0,52)}$ , Rz80 na distância  $120 \pm 0,435$  e  $40 \pm 0,31$  e o furo  $\varnothing 50H14^{(+0,62)}$ , Rz80 na distância  $74,5 \pm 0,37$  e  $19 \pm 0,42$ .

Estampa, paquímetro 250x0,1 e calibres macho  $\varnothing 25H14$  e  $\varnothing 50H14$ ;

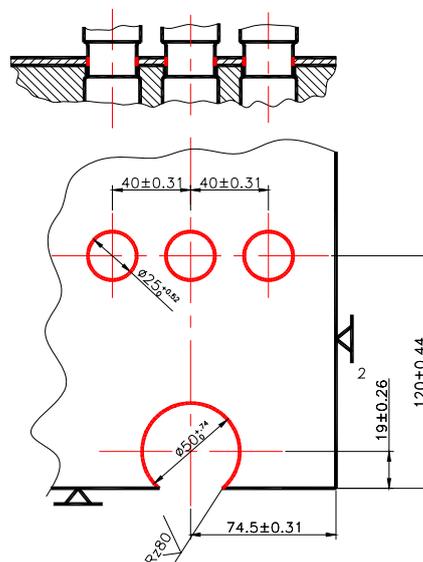


Figura 35. Abertura dos 3 furos  $\varnothing 25H14$  e  $\varnothing 50H14$  por estampagem

#### 30 **Abertura de furo $\varnothing 18$ e ranhura 20x22**

Prensa excêntrica WEINGARTEN, força normal 60 t, 115 golpes por minuto

A. Instalar a peça na estampa pela face inferior e duas faces perpendiculares;

1. Perfurar o furo  $\varnothing 18H14(^{+0,43})$ , Rz80 na distância  $67\pm 0,37$  e  $15\pm 0,215$  e ranhura  $20x22H14(^{+0,52})$ , Rz80 na distância  $74,5\pm 0,37$ ;  
Estampa, paquímetro 250x0,1 e calibre macho  $\varnothing 18H14$  e escantilhão 20x22H14;

#### 40 Abertura de furo $\varnothing 100$

Prensa excêntrica WEINGARTEN, força normal 60 t, 115 golpes por minuto

A. Instalar a chapa na estampa pela face inferior e duas faces perpendiculares

1. Perfurar o furo  $\varnothing 100H14(^{+0,87})$ , Rz80 na distância  $74,5\pm 0,37$ ,  $90\pm 0,435$ ;

Estampa, paquímetro 250x0,1 e calibre macho  $\varnothing 100H14$  ;

O cálculo da força de corte é feito através da fórmula 25. Para os 3 furos  $\varnothing 25$ ,  $F_c = 3 \cdot \pi \cdot 25 \cdot 4 \cdot 0.8 \cdot 470 \cdot 1.4 = 496,120.0$  N. Para o furo  $\varnothing 100$   $F_c = \pi \cdot 100 \cdot 4 \cdot 0.8 \cdot 470 \cdot 1.4 = 826,867.0$  N. Para este punção recomenda-se a construção com escalonamento para reduzir a força de corte. Assim,  $F_c = 0.65\pi \cdot 100 \cdot 4 \cdot 0.8 \cdot 470 \cdot 1.4 = 537,463.7$  N, que poderá utilizar a prensa disponível.

## 2.5 Modernização do processo tecnológico de fabricação do trapézio 3

### 2.5.1 Análise tecnológica do trapézio 3

Como se pode ver, o trapézio é de forma simples, formado por 4 chapas, duas trapezoidais e 2 rectangulares, soldadas entre si, segundo a figura 12. Possui poucas superfícies, não necessitando por isso de uma análise tecnológica exaustiva. A análise tecnológica será feita separadamente para a chapa trapezoidal do trapézio e a chapa rectangular.

#### Chapa trapezoidal

A peça é fabricada de uma chapa de 8 mm de espessura, de forma trapezoidal possuindo 39 superfícies, sendo 26 superfícies de boleamento. A chapa trapezoidal possui superfícies maioritariamente livres sendo o furo cónico 6 o que entra em contacto com a porca cónica 29, dos casquilhos plásticos, segundo a figura 5. A chapa trapezoidal possui também uma ranhura com fundo cilíndrico e chanfros rectilíneos. Para tal contacto se recomenda um ajustamento incerto Js14 e qualidade de superfícies Rz 80. As restantes superfícies trabalhadas podem possuir a qualidade de superfícies Rz 80 e as duas faces 1 não sendo trabalhadas terão a qualidade de superfície Rz 150. As superfícies da chapa trapezoidal possuem precisão normal com o grau de tolerância 14<sup>o</sup>.

Possuindo uma espessura de 8 mm, a chapa trapezoidal é de rigidez elevada e tendo superfícies simples, na maioria, não necessita da projecção de dispositivos especiais, apenas no tratamento do furo cónico 6. A trajectória das ferramentas é simples com entradas e saídas abertas. Existe a possibilidade de tratamento simultâneo da ranhura. As bases tecnológicas são bastantes cómodas constituídas principalmente por faces planas perpendiculares. A seguir, calculam-se os coeficientes de tecnologibilidade.

*Coeficiente de unificação  $k_u$*

Calcula-se segundo a fórmula 3, considerando superfícies não unificadas a ranhura 2, o furo cónico 6, a cunha 8, perfazendo  $39-3 = 36$  superfícies unificadas.

$$\text{Daí, da fórmula 3, } k_{un} = \frac{36}{39} = 0,923;$$

O valor do coeficiente mostra que cerca de 92% das superfícies são unificadas e por isso há possibilidade de emprego de pequena quantidade de ferramentas e dispositivos.

*Coeficiente de superfícies que precisam de tratamento por corte  $k_{spt}$*

Calcula-se através da fórmula 4, considerando que todas as superfícies precisam de tratamento, com excepção das duas faces 1.

$$\text{Assim, da fórmula 4, } k_{spt} = \frac{37}{39} = 0,949$$

O valor de  $k_{spt}$  mostra que quase todas superfícies da chapa trapezoidal, mais propriamente, 95% destas precisam de tratamento, mostrando a necessidade de uso de métodos de produção mais produtivos e rentáveis.

*Coeficiente de precisão  $k_p$*

É determinado da fórmula 5 considerando que existe apenas uma superfície com a 16<sup>o</sup> grau de precisão e as restantes são de 14<sup>o</sup> grau de precisão. Daí a precisão média  $Q_{pm}$ :

$$Q_{pm} = \frac{16 + 38 \cdot 14}{39} = 14,05$$

Assim, o coeficiente de precisão, da fórmula 5, será:

$$k_o = 1 - \frac{1}{14,05} = 0,929$$

Conclui-se que as superfícies são maioritariamente de precisão normal (14<sup>o</sup> grau de tolerância) dado pelo valor de  $Q_{pm}$  e que também esta precisão é a precisão da maioria das superfícies pois o valor de  $k_p$  é próximo de 1, facto que facilita o tratamento das superfícies.

*Coeficiente de rugosidade  $k_r$*

É calculado considerando a rugosidade média ( $R_m$ ), sendo que apenas as duas faces 1 possuem a  $R_z$  150. Assim,

$$R_m = \frac{150 \cdot 2 + 80 \cdot 37}{39} = 83,6$$

Daí, da fórmula 6, teremos o coeficiente de rugosidade:

$$k_r = \frac{1}{83,6} = 0,012$$

O coeficiente de rugosidade  $k_r$  infere sobre a rugosidade da peça e o valor de  $R_m = 83,6$  mostra que não existirão dificuldades em obter as superfícies.

*Coeficiente de uso de material  $k_{um}$*

No geral, é calculado através da fórmula 7. A área da peça acabada é

$$A_{pa} = \frac{258 + 70}{2} \cdot 170 - \left( \frac{\pi \cdot 16,5^2}{4} \cdot \frac{1}{2} + 16,5 \cdot 35 \right) = 27,195.6 \text{ mm}^2. \text{ O número de chapas por}$$

folha  $N_{pf} = 98$ , segundo se apresenta na tabela 19. A folha é de 2500x1250, daí calcula-se:

$$k_{um} = \frac{27,195.6 \cdot 98}{2500 \cdot 1250} = 0,853$$

O valor do  $k_{um}$  serve bem para a produção em série média!

### **Chapa rectangular**

A chapa é de 6 mm de espessura fabrica sob forma rectangular conforme a figura 14, sendo por isso fácil obter na guilhotina. Possui também bases tecnológicas muito cómodas, que são as faces perpendiculares, que irão servir na orientação da peça na máquina.

Possui 18 superfícies, sendo 12 superfícies de boleamento e as restantes faces. A trajectória das ferramentas é simples com entradas e saídas abertas e as suas dimensões são livres, podendo por isso ser fabricadas com precisão normal, tendo apenas duas faces que serão soldadas a chapa trapezoidal, e sendo estas faces obtidas por corte na guilhotina, a precisão obtida já é suficiente para o fim que se deseja.

A seguir, calculam-se os coeficientes de tecnologibilidade:

*Coeficiente de unificação  $k_u$*

Calcula-se segundo a fórmula 3, considerando que a chapa rectangular possui 6 faces e 12 superfícies de boleamento, todas são unificadas e por isso:

$$k_{un} = 1;$$

O valor do coeficiente mostra que cerca de todas superfícies são unificadas e por isso pode-se empregar uma única ferramenta, neste a lâmina da guilhotina.

*Coefficiente de superfícies que precisam de tratamento por corte  $k_{spt}$*

Calcula-se através da fórmula 4, considerando que todas as superfícies precisam de tratamento, com excepção das duas faces 1.

$$\text{Assim, da fórmula 4, } k_{spt} = \frac{16}{18} = 0,89$$

O valor de  $k_{spt}$  mostra que quase todas superfícies da chapa rectangular, mais propriamente, 89% destas precisam de tratamento, mostrando a necessidade de uso de métodos de produção mais produtivos e rentáveis.

*Coefficiente de precisão  $k_p$* : é determinado da fórmula 5 considerando que existe apenas duas faces com a 11<sup>o</sup> grau de precisão e as restantes são de 14<sup>o</sup> grau de precisão. Daí a precisão média  $Q_{pm}$ :

$$Q_{pm} = \frac{11 \cdot 2 + 16 \cdot 14}{18} = 13,67$$

Assim, o coeficiente de precisão, da fórmula 5, será:

$$k_o = 1 - \frac{1}{13,67} = 0,927$$

Conclui-se que as superfícies são maioritariamente de precisão normal (14<sup>o</sup> grau de tolerância) dado pelo valor de  $Q_{pm}$  e que também esta precisão é a precisão da maioria das superfícies pois o valor de  $k_p$  é próximo de 1, facto que facilita o tratamento das superfícies.

*Coefficiente de rugosidade  $k_r$*

É calculado considerando a precisão média ( $R_m$ ), sendo que apenas as duas faces 1 possuem a Rz 150. Assim,

$$R_m = \frac{150 \cdot 2 + 80 \cdot 16}{18} = 87,78$$

Daí, da fórmula 6, teremos o coeficiente de rugosidade:

$$k_r = \frac{1}{83,6} = 0,011$$

O coeficiente de rugosidade  $k_r$  infere sobre a rugosidade da peça e o valor de  $R_m = 87,78$  mostra que não existirão dificuldades em obter as superfícies.

*Coefficiente de uso de material  $k_{um}$*

No geral, é calculado através da fórmula 7. A área da peça acabada é

$A_{pa} = 160 \cdot 120,2 = 19232 \text{ mm}^2$ . O número de chapas por folha  $N_{pf} = 130$ , segundo se apresenta na tabela 19. A folha é de 2500x1250, daí calcula-se:

$$k_{um} = \frac{19232 \cdot 130}{2500 \cdot 1250} = 0,8$$

O valor do  $k_{um}$  serve para produção em série média!

### 2.5.2 Descrição do processo de fabricação do trapézio na AGRO ALFA

Sendo o trapézio composto de 2 tipos de chapas, a trapezoidal e a rectangular será necessário fazer a descrição dos processos de fabricação em separado, porém a fabricação da chapa rectangular é tão simples, envolvendo somente o corte na guilhotina e o boleamento dos cantos agudos, fases que já foram anteriormente estudadas em outras peças, por isso não será feita descrição do processo de fabricação para a chapa rectangular.

O processo de fabricação das chapas trapezoidais na AGRO ALFA inicia-se pela marcação para o corte na guilhotina da chapa inicial, em tiras de 170 mm de largura e depois o corte das tiras em chapas rectangulares de 170x265 mm, sendo a segunda dimensão correspondente a base maior do trapézio. Após o corte da chapa rectangular, faz-se a marcação para o corte inclinado em cada chapa e assim se produzem as chapas trapezoidais.

Posto isto, as chapas cortadas em forma de trapézio são levadas a tesoura mecânica onde se cortam os cantos agudos, garantindo a dimensão final da base maior do trapézio. Após a obtenção da chapa com configuração trapezoidal, esta é levada para a fresadora onde se abre a ranhura central na base menor do trapézio com fresa cilíndrica de cabo e depois se trabalha a cunha 1 com uma fresa de topo, garantindo a o ângulo da cunha através da inclinação da chapa num dispositivo especial. Na fresadora também se fazem os chanfros 3. O furo cónico 2 é trabalhado na furadora com uma broca  $\varnothing 20$  e  $2\varphi = 60^\circ$ . Posto isto, a chapa trapezoidal é levada a bancada de serralheiro onde se rebarbam todos cantos agudos e a chapa trapezoidal se encontra pronta para ser soldada a chapa rectangular, formando o trapézio.

*Tabela 15. Rota de fabricação da chapa trapezoidal na AGRO ALFA*

<i>N/o</i>	<i>Fases de tratamento</i>	<i>Máquinas-ferramenta e dispositivos</i>	<i>Bases tecnológicas</i>	<i>T<sub>f</sub> (min)</i>
10	Marcação da chapa, corte da chapa em tiras e tiras em chapas de 170x265 mm. Corte do contorno trapezoidal	Bancada de serralheiro, paquímetro, régua, esquadro e fita métrica, guilhotina eléctrica, lâmina de cortar.	2 faces da folha	2,0

20	Corte de dois cantos agudos	Tesoura mecânica, lâmina de cortar	3 faces perpendiculares da chapa	1,0
30	Abertura do furo cónico Ø16,5; $\alpha=60^{\circ}$	Furadora vertical, broca Ø20 mm de P6M5 e paquímetro	3 faces perpendiculares da chapa	0,5
40	Fresagem da ranhura central, cunha 1 e de dois chanfros	Fresadora vertical, fresa cilíndrica de cabo e de topo, dispositivo especial.	Faces 1, 4 e 5	3,0
50	Arredondamento dos bordos agudos	Bancada de serralheiro, rebarbadeira eléctrica, lima circular	-	2,0
			$\Sigma T_{fi}$	<b>8,5</b>

### 2.5.3 Propostas de melhoramento do processo de fabricação do trapézio 3

O processo de fabricação do trapézio 3 na AGRO ALFA pode ser melhorado através da eliminação de passos supérfluos de marcação, fazendo na guilhotina logo a tira de 170 mm de largura de onde se cortam as chapas trapezoidais, segundo a figura 36. Pode-se melhorar também fazendo a abertura do furo cónico 6 na furadora com uma broca-escareador para contrapunçar, que abre o furo Ø16,5 e faz o escareamento do furo cónico 6. A fresagem da ranhura é feita com fresa cilíndrica de cabo e os dois chanfros, com uma fresa bi-angular. Trabalham-se em simultâneo algumas peças. Se for considerada a produção em série média, a ranhura poderá ser estampada.

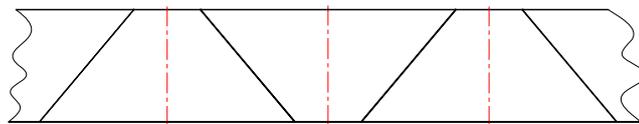


Figura 36. Aproveitamento proveitoso da chapa para o trapézio

Se forem feitas a tiras ao longo da largura da folha se obterão 14 tiras de 6 peças cada, perfazendo 84 peças. Por outro lado, se forem feitas ao longo do comprimento da folha se obtém 7 tiras de 14 peças cada de onde fabricam-se 98 chapas trapezoidais. É a melhor variante. As fases modificadas serão as seguintes:

#### 10 Corte da chapa em tiras 2500x170 e tiras em chapas trapezoidais 258x70x170

Guilhotina hidráulica, ELGA HYDRASHEAR Modelo 2513, força 110 t

- A. Instalar a chapa 2500x1250x8 na mesa da guilhotina pela face inferior e face vertical
- 1. Cortar a chapa ao longo do comprimento em tiras com largura  $170h14\left(\begin{smallmatrix} - \\ -1 \end{smallmatrix}\right)$ , Rz80.  
Lâmina P6M5, reguladores de largura, paquímetro 250x0,1;
- B. Instalar a tira na mesa da guilhotina pela face inferior orientada por uma face horizontal no dispositivo orientador de inclinação;
- 2. Cortar chapas com dimensão  $258h14\left(\begin{smallmatrix} - \\ -1,3 \end{smallmatrix}\right)x70h14\left(\begin{smallmatrix} - \\ -0,74 \end{smallmatrix}\right)x170h14\left(\begin{smallmatrix} - \\ -1 \end{smallmatrix}\right)$ , Rz80  
Lâmina P6M5, reguladores de largura, paquímetro 350x0,1;

#### 40 Fresagem da ranhura central 16,5x35, cunha 10x15° e de 2 chanfros 5x45°

Fresadora vertical SAJO

- A. Instalar 4 chapas na fresadora pela face inferior através dos prendedores
- 1. Abrir a ranhura  $16,5H14\left(\begin{smallmatrix} + \\ +0,52 \end{smallmatrix}\right)x35H14\left(\begin{smallmatrix} + \\ +0,62 \end{smallmatrix}\right)$ , Rz80 na distância  $135^{-1}$  e  $129\pm 0,5$   
Fresa cilíndrica de cabo Ø16,5 de P6M5, prendedores universais, paquímetro 250x0,1;
- B. Reinstalar a chapa na fresas;
- 2. Fresar a cunha  $10h14\left(\begin{smallmatrix} - \\ -0,36 \end{smallmatrix}\right)x15^0(\pm 0,5^0)$ , Rz80 na distância  $170\pm 0,5$ ;  
Fresa de topo, chapa giratória universal, paquímetro 250x0,1;

#### 50 Fresagem dos 2 chanfros 5x45°

Fresadora horizontal

- A. Instalar 4 chapas na fresadora pelas faces perpendiculares através das placas angulares;
- 1. Fresar o chanfro  $5h14\left(\begin{smallmatrix} - \\ -0,3 \end{smallmatrix}\right)x45^0(\pm 0,5)$ , Rz80 na distância  $170\pm 0,5$  e  $129\pm 0,5$ ;  
Fresa bi-angular de P6M5, placas angulares, calibre passa não passa, paquímetro 250x0,1;

Caso se opte por um programa de produção em série média, pode-se introduzir uma etapa de estampagem para a obtenção da ranhura 2 e dos chanfros 7, porém não será feito o estudo das fases de estampagem por ser semelhantes as já apresentada.

## 2.6 Modernização do processo tecnológico de fabricação da bica 1

### 2.6.1 Análise tecnológica da bica 1

A bica 1 é tubular sob a forma de "L", obtida por corte em 45° e soldadura de 2 tubos Ø48.3x3.3. Possui um total de 10 superfícies, sendo duas superfícies de boleamento e as restantes entre faces, banquetas e superfícies cilíndricas internas e externas. As superfícies que

entram em contacto com a flange 2 e o corpo 6 são a banquetta 1 que se solda a flange 2, a face 2 que entra no interior do furo Ø50 no corpo 6. A superfície cilíndrica externa 3 penetra 4 mm no furo Ø50 mm do corpo 6 e é soldada ao exterior do corpo 6. Não necessita de ajustamento recomendados entre as superfícies da bica e da flange 2 e corpo 6 em virtude das superfícies conjugadas serem todas fixas.

As ferramentas possuem trajetórias simples, com entradas e saídas abertas e como bases tecnológicas podem ser usados o cilindro externo e faces perpendiculares.

### 2.6.2 Descrição do processo de fabricação da bica 1 na AGRO ALFA

O material do tubo é aço St 37 e a matéria-prima para a fabricação é um tubo de 6000 mm de comprimento e dimensões Ø48.3x3.3 que é cortado na serra de disco nos comprimentos  $L_1=580$  mm e  $L_2=100$  mm. Dum tubo fazem-se 8 conjuntos dos dois comprimentos. Posto isto, na serra de disco faz-se o corte de  $45^\circ$  nos dois tubos e depois, no tubo de comprimento maior faz-se a banquetta 1, também na serra de disco. Depois de ser feita a banquetta, faz-se a união das duas partes por soldadura e a peça se encontra pronta para a união com outra peças da cabeça da bomba. De seguida se apresenta o cartão de rota para a fabricação da bica 1 em uso na AGRO ALFA.

Tabela 16. Rota de fabricação da bica 1 na AGRO ALFA

<i>N/o</i>	<i>Fases de tratamento</i>	<i>Máquinas-ferramenta e dispositivos</i>	<i>Bases tecnológicas</i>	<i>T<sub>f</sub> (min)</i>
10	Marcação do tubo, corte do tubo comprimentos 580 e 100mm, corte da face inclinada em $45^\circ$ , corte da banquetta	Bancada de serralheiro, paquímetro, régua, esquadro e fita métrica, serra de disco, folha de P6M5.	Cilindro externo do tubo	2.5
20	Boleamento das arestas agudas	Bancada de serralheiro, torninho, rebarbadeira, lima circular	-	2.0
			$\Sigma T_{fi}$	<b>4.5</b>

### 2.6.3 Proposta de melhoramento do processo de fabricação da bica 1

O processo de fabricação das bicas na AGRO ALFA é, em comparação com os processos de fabricação das peças vistas, de relativa produtividade pois faz o uso de máquinas de alta produtividade como é o caso da serra de disco com a bancada ajustável. O processo é de relativa simplicidade pois limita-se ao corte e a abertura da banquetta 1, feita com a ajuda de um dispositivo especial.

Propõe-se o corte do tubo na seguinte sequência:

- inicialmente cortam-se os tubos no comprimento  $L = 631,7$  mm, que será usado para obter tanto o pedaço de  $L_1 = 580$  mm como o de  $L_2 = 100$  mm. Notar que se corta  $L_2 = 97$  mm considerando a espessura do disco de corte igual a 3 mm.
- seguidamente, por um único corte inclinado fazem-se ambas peças da bica, segundo a figura 35:

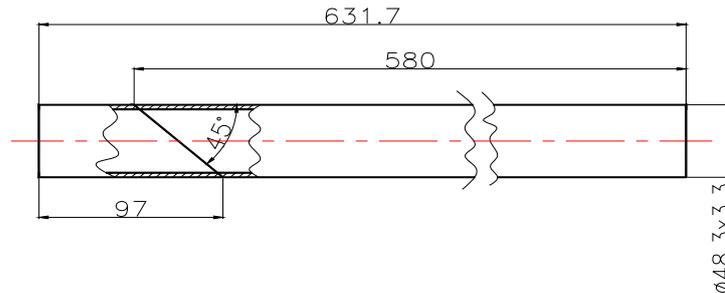


Figura 37. Corte do tubo para a bica

Este procedimento garante melhor aproveitamento do material pois, da mesma matéria-prima,

o número de peças que se obtém é  $\frac{6000}{631,7} = 9,206$ , que corresponde a 9 unidades inteiras,

representando um acréscimo de 12,5% no aproveitamento do material. Outra melhoria significativa é no número de passos no corte das peças, de 5 para 2:

- no processo existente, inicialmente cortam-se 2 tubos por 2 cortes que garantem os comprimentos  $L_1$  e  $L_2$  e depois cortam-se as faces inclinadas de 2 tubos em  $45^\circ$ . Assim, totalizam 4 cortes;

Na proposta melhorada corta-se o tubo no comprimento  $L = 631,7h14$  mm e depois por um corte fazem-se as faces inclinadas nas duas partes da bica. Este método garante uma economia de 50% do tempo de tratamento, adicionada a economia de material, revela-se bastante recomendável. A fase 10 será a seguinte.

## 10 Corte do tubo em partes de comprimento 631,7h14 e corte inclinado 97h14x45°

Serrote de disco

1. Instalar o tubo 6000x48,3x3,3 no serrote de disco pela face exterior na morse e cortar em partes de comprimento  $631,7h14_{(-1,55)}$ , Rz80;

Disco de corte, morse, fita métrica;

2. Instalar o tubo no serrote de disco e fazer corte inclinado na distância  $97h14_{(-0,87)}x45^\circ$ , Rz80, abertura no sentido anti-horário;

Disco de corte, morse, fita métrica;

## 2.7 Modernização do processo tecnológico de fabricação da tampa respirador7

### 2.7.1 Análise tecnológica da tampa do respirador 7

A tampa do furo 7 segundo a figura 15, é fabricada de aço St 37 de 2 mm de espessura e é constituída por 21 superfícies, sendo 14 de boleamento. Estas superfícies são maioritariamente livres com excepção da face 2 que fica soldada em canto com o corpo 6.

Sendo de espessura 2 mm é de baixa rigidez e por isso deve ser bem apoiada no tratamento das superfícies e possui entradas e saída para a ferramentas livre. As bases tecnológicas são cómodas constituídas por faces e superfícies perpendiculares a estas. As superfícies podem ser obtidas por corte na guilhotina, dobragem das faces e soldadura ou pela simples estampagem.

Em virtude da peça ser simples adicionado ao facto de o processo de fabricação da tampa do respirador em uso na AGRO ALFA ser bastante produtivo não será feita a análise quantitativa da tampa, pois não será proposta nova rota de fabricação.

### 2.7.2 Descrição do processo de fabricação da tampa do furo 7 na AGRO ALFA

O processo de fabricação das tampas do respirador 7 na AGRO ALFA pelo corte da chapa em tiras e depois o corte das tiras em chapas. Posto isto, as chapas são levada a prensa de estampagem onde por um passo são estampadas, obtendo-se a forma final da peça. Este processo se encontra descrito no cartão de rota que se apresenta na tabela 17.

Tabela 17. Rota de fabricação da tampa do respirador 7 na AGRO ALFA

<i>N/o</i>	<i>Fases de tratamento</i>	<i>Máquinas-ferramenta e dispositivos</i>	<i>Bases tecnológicas</i>	<i>T<sub>f</sub> (min)</i>
10	Marcação da chapa, corte da chapa em tiras e tira em chapas	Bancada de serralheiro, paquímetro, régua, esquadro e fita métrica, guilhotina eléctrica, lâmina P6M5.	3 faces da folha	1.5
20	Estampagem da chapa	Prensa excêntrica, paquímetro 250x0.1	3 faces perpendiculares da chapa	0.5

20	Boleamento das arestas agudas	Bancada de serralheiro, torninho, rebarbadeira, lima circular	-	2.0
			$\Sigma T_{fi}$	<b>4.0</b>

Apesar de se adoptar um processo de grande produtividade com o de estampagem na fabricação das tampas do respirador, ainda se pode melhorar o processo, pois, como se pode ver, a fabricação da tampa do respirador 7 na AGRO ALFA, obedece a passos de baixa produtividade, de marcação e estampagem peça-por-peça. das chapas.

Na proposta de melhoramento se considera apenas o corte da chapa em tiras e depois a estampagem das tiras continuamente, obtendo-se por dois passos a peça acabada, diminuindo as perdas de tempo e optimizando o consumo de material.

### 3. PROJECÇÃO DOS DISPOSITIVOS ESPECIAIS PARA TRTAMENTO DA FLANGE 2

#### 3.1 Projecção de alguns elementos da estampa

##### 3.1.1 Dimensionamento do punção

O dimensionamento da matriz e do punção é feito através das seguintes fórmulas:

$$d_p^{nom} = d_p^{max} = D_f^{max} = D_f^{nom} + ES_f \quad (26)$$

$$IT_p = \left( \frac{1}{5} \div \frac{1}{3} \right) IT_f \quad (27)$$

Onde:

$d_p^{nom}$ ,  $d_p^{max}$  – dimensões nominal e máxima do punção;

$D_f^{nom}$ ,  $D_f^{max}$  – dimensões nominal e máxima do furo;

$IT_p$  – tolerância do punção;

$IT_f$  – tolerância do furo;

$ES_f$  – desvio superior do furo

Assim, para o furo  $\varnothing 13,5^{0,5}$ , temos:

$$d_{P\varnothing 13,5}^{nom} = 13,5 + 0,5 = 14 \text{ mm} . IT_p = \left( \frac{1}{5} \div \frac{1}{3} \right) 0,5 = 0,1 \div 0,17 \text{ mm} . \text{ Tomamos } IT_p = 0,11$$

mm que corresponde 11<sup>o</sup> grau de tolerância. Assim,  $d_{P\varnothing 13,5}^{nom} = 14_{-0,11} \text{ mm}$

Para o furo  $\varnothing 87^{+0,87}$ , temos:

$$d_{P\varnothing 87}^{nom} = 87 + 0,87 = 87,87 \text{ mm} . IT_p = \left( \frac{1}{5} \div \frac{1}{3} \right) 0,87 = 0,174 \div 0,29 \text{ mm} . \text{ Tomamos } IT_p =$$

0,22 mm que corresponde 11<sup>o</sup> grau de tolerância. Assim,  $d_{P\varnothing 87}^{nom} = 87,87_{-0,22} \text{ mm}$ .

De [12] escolhe-se o punção para porta-punções universais, fabricado de aço UX200Cr13 (2,1%C; 1,0% Cr; 0,35% Si; 0,3% Mn e 0,25%V), temperado a 1000 °C, arrefecido em óleo, revenimento baixo a 200 °C, atingindo a dureza HRC 62 - 64. Na figura 36 apresentam-se as dimensões dos punções.

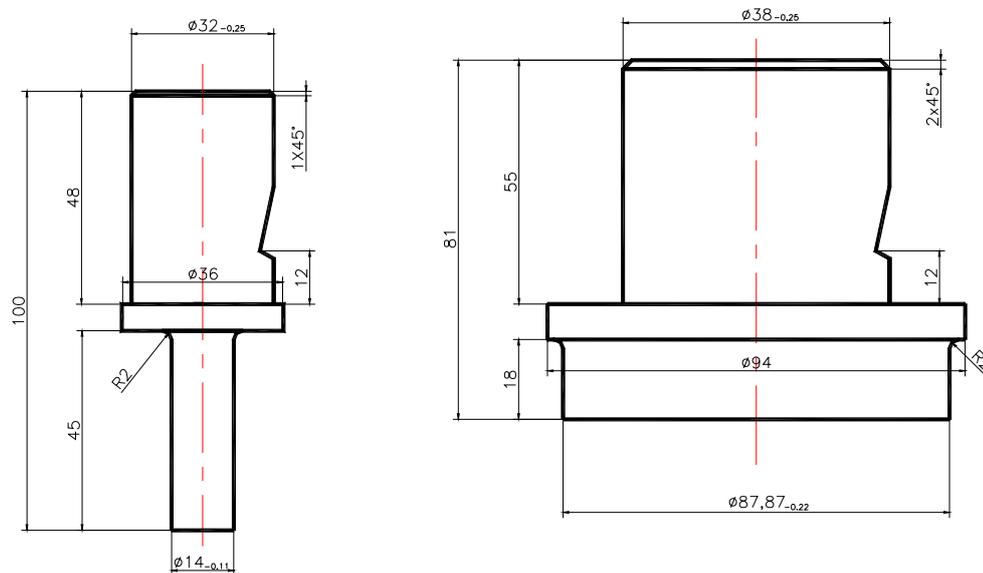


Figura 38. Os punções para os furos  $\varnothing 13,5^{+0,5}$  e  $\varnothing 87^{+0,87}$

Após o dimensionamento construtivo do punção é necessário verificar a carga que provoca a flambagem nos punções, determinada pela fórmula de Euler. Assim, têm-se:

$$F_c = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{\mu \cdot l^2} \cdot k_c \quad (28)$$

Onde: E – módulo de elasticidade, MPa; J – Momento de inércia da secção considerada,  $\text{mm}^3$ ; l – comprimento do corpo a flambar, mm. Assim calcula-se o comprimento máximo da secção a flambar, considerando o coeficiente  $\mu = 2$  para o encastramento e o coeficiente de segurança  $k_c = 1,1$  para a força de corte;

$$l = \sqrt{\frac{2\pi^2 \cdot E \cdot J}{1,1F_c}}$$

Sendo o material do punção, aço para ferramentas,  $E = 2,5 \cdot 10^5$  MPa, para  $\varnothing 14$ ,  $F_c = 535,810,0$  N (calculado anteriormente na página 71, para 4 punções), têm-se o comprimento:

$$l = \sqrt{\frac{2\pi^2 \cdot 2,5 \cdot 10^5 \cdot \pi \frac{14^4}{64}}{1,1 \cdot \frac{535810,0}{4}}} = 251,31 \text{ mm} \gg l_{\text{punção}} = 45 \text{ mm}$$

Para o punção  $\varnothing 87,78$  não se fará o cálculo à flambagem pois este é bastante grosso. Pelo cálculo de controlo, verifica-se que os punções irão suportar o corte sem flambagem.

### 3.1.2 Dimensionamento da matriz

O dimensionamento da matriz é feito segundo as fórmulas seguintes:

$$D_m^{nom} = D_m^{min} = d_p^{max} + 2 \cdot f_{min}$$

(29)

$$IT_m = IT_p \quad (30)$$

Para o furo  $\varnothing 13,5^{+0,5}$  temos:  $D_{m_{\varnothing 13,5}}^{nom} = 14 + 2 \cdot 0,11 = 14,22^{+0,11} \text{ mm}$ . Para o furo  $\varnothing 87^{+0,87}$ ,

temos:  $D_{m_{\varnothing 87}}^{nom} = 87,87 + 2 \cdot 0,22 = 88,31^{+0,22} \text{ mm}$

Das recomendações de [12] calcula-se a espessura da matriz  $s_m$  como sendo função do perímetro a parte a cortar. Assim, considerando os dois passos no corte da flange 2, calcula-se o perímetro a cortar  $p_c$  para cada furo, sendo, para o furo  $\varnothing 87^{+0,8}$   $p_{cD} = \pi \cdot 87,87 = 276,05 \text{ mm}$  e para o furo  $\varnothing 13,5^{+0,5}$   $p_{cD} = 4 \cdot \pi \cdot 14 = 175,93 \text{ mm}$ . Verifica-se que no primeiro passo se corta um perímetro maior e por isso este valor é usado na escolha da espessura da matriz através do gráfico 34 [12]: entra-se pela espessura da chapa a trabalhar e pelo perímetro de corte. No cruzamento das duas linhas se tira a espessura da matriz  $s_m = 46 \text{ mm}$ . A este valor adiciona-se 2 mm para a afiação, resultando  $S_m = 48 \text{ mm}$ . Os furos de trabalho fabricam-se escalonados para reduzir o atrito na saída dos rombos.

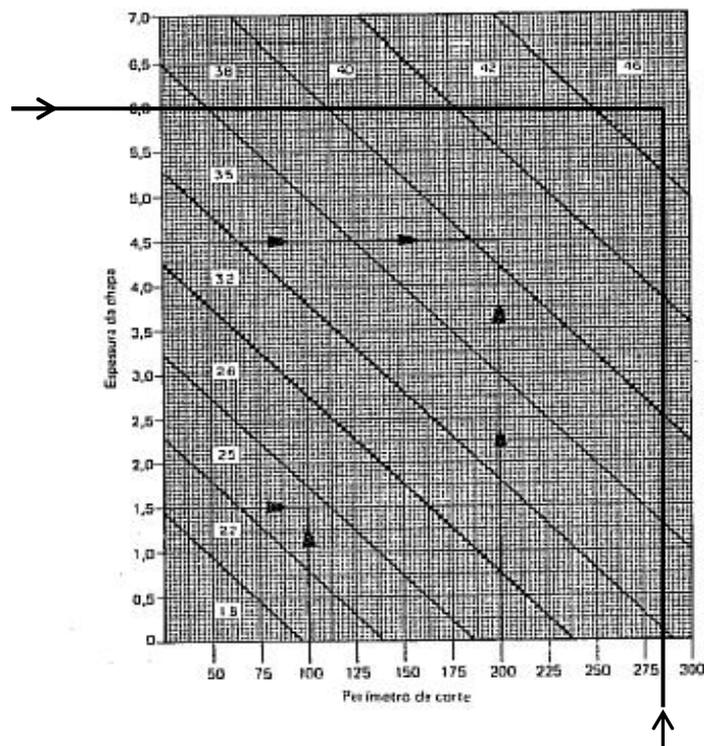
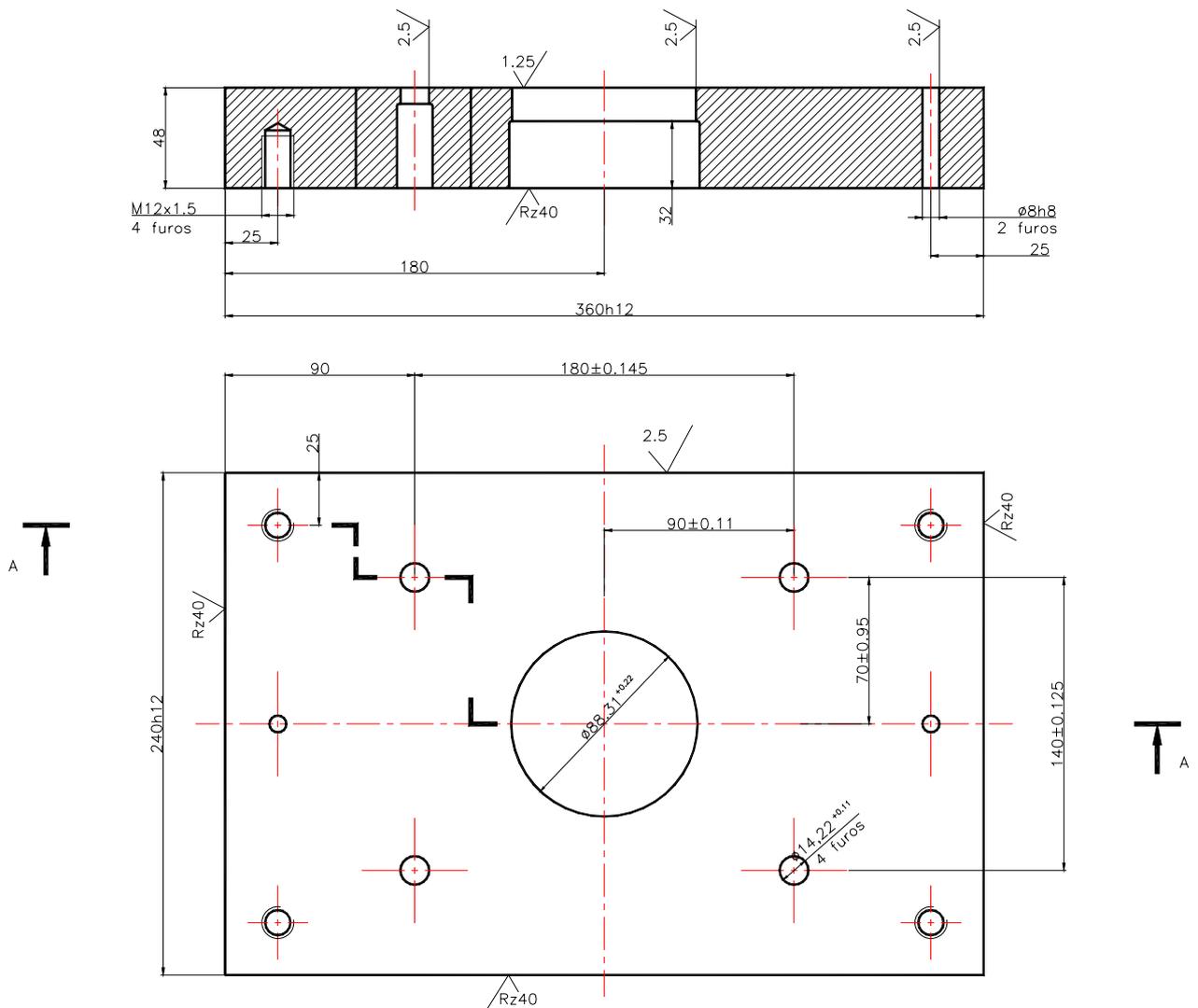


Figura 39. Diagrama para a determinação da espessura da matriz

Para o presente projecto, propõe-se uma matriz totalmente apoiada e adopta-se um corte progressivo que garante a redução do custo da matriz. Assim, inicialmente cortam-se por um passo escalonado o furo central e depois os quatro furos laterais.



- NOTAS:
1. Bolear bordos agudos,  $r=1\text{mm}$
  2. Desvios-limite não indicados tomar;  
furos: H14  
veios: h14 lineares:  $\pm IT14/2$
  3. Raios de concordância:  $r=1\text{mm}$

Figura 40. Dimensões principais da matriz

### 3.1.3 Dimensionamento da espiga

A espiga é um elemento da estampa que é introduzido no furo existente no martelo e por intermédio da sua rosca fixa-se ao conjunto. Na figura 36 apresenta-se a espiga, segundo recomenda [12].

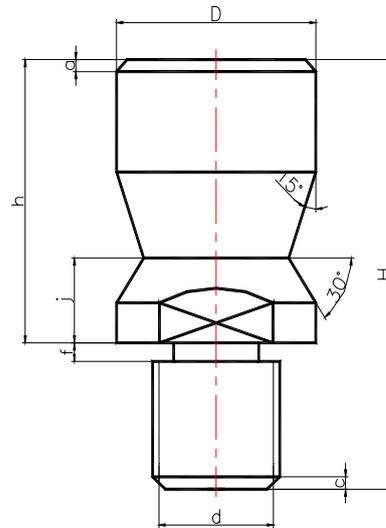


Figura 41. A espiga da estampa

Por recomendações construtivas, a espiga deve ser dimensionada de forma a resistir ao peso da parte móvel e ao esforço de extracção e sendo a secção crítica, a da rosca, a espiga é dimensionada pelo diâmetro da rosca, através da fórmula [12]:

$$A_{nu} = \frac{F_{ex} + F_p}{\sigma_r} \cdot 2,5 \quad (31)$$

Onde:  $A_{nu}$ —área do núcleo da rosca;  $F_{ex}$ —força da extracção;  $F_p$ —força do peso da cabeçote;  $\sigma_r$ —tensão limite de resistência a tracção do material da espiga. Para o aço 1045 tomamos 680 MPa. O termo 2,5 corresponde ao coeficiente de segurança. A força de extracção é cerca de 10 a 20% da força de corte total. Assim,  $0,20 \cdot (535810,0 + 561112,0) = 219384,4$  N. O peso da parte móvel é estimada como sendo 25 kg, correspondendo a uma força gravitacional de 250 N. Assim, a área do núcleo será:

$$A_{nu} = \frac{219384,0 + 250}{680} \cdot 2,5 = 807,47 \text{ mm}^2$$

Então, o diâmetro da rosca  $d_r$  será:

$$d_r = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{nu}}{\pi}}$$

$$d_r = \sqrt{\frac{4 \cdot 807,47}{\pi}} = 32,06 \text{ mm} \approx 32 \text{ mm!}$$

Assim, da tabela 13 de [12], tiram-se as dimensões da espiga:

Tabela 18. Dimensões normalizadas da espiga

D	D <sub>3</sub>	d	d <sub>2</sub>	h	H	a	c	f	j
50	38	M32x2	12	75	108	6	41	2	12

Recomenda-se que a espiga seja montada no centro de aplicação das forças para evitar o surgimento de binários nocivos ao funcionamento da estampa, que conduzem ao desgaste e destruição da estampa. Este inconveniente é resolvido pois estampa é bi-simétrica, podendo se montar a espiga no centro do furo  $\varnothing 87$ .

### 3.2 Projecção do dispositivo condutor

#### 3.2.1 Descrição do funcionamento do dispositivo condutor

É um dispositivo simples de forma rectangular, segundo a figura 43, de dimensões iguais as dimensões da flange 2, constituído por um corpo 1, fabricado de aço 20, de espessura 30 mm, sem tratamento térmico. Possui 4 buchas condutoras 2 de aço UX200Cr13 temperado e um casquilho 3 que se instalam no corpo por aperto. O casquilho 3 se ajusta com pequena folga no furo central da flange. Possui também um apoio lateral 4 fabricado de uma chapa de aço 20 apertado ao corpo por um parafuso M8x1.5, servindo de apoio de um ponto.

O seu funcionamento consiste na colocação do dispositivo por cima de duas flanges, orientandas pelo furo central e na sua colocação na bancada da furadora para a abertura dos 4 furos orientando-se pelas 4 buchas condutoras e o calço no canto superior esquerdo impede a rotação relativa da peça ao dispositivo. Após a abertura dos furos faz-se a separação manual das peças acabadas do dispositivo e passa-se ao tratamento de outras peças.

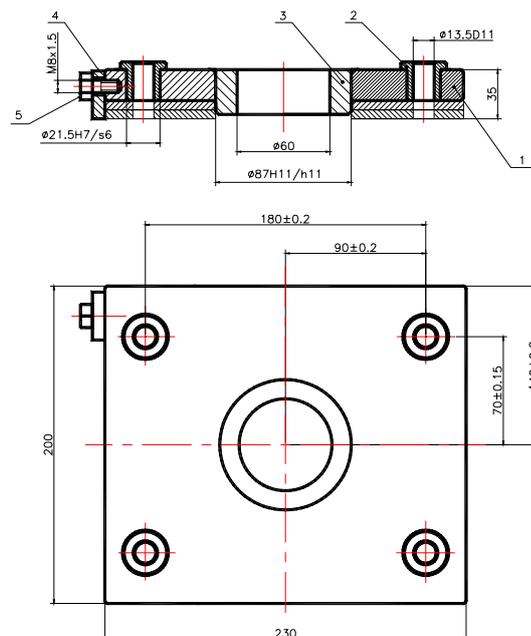


Figura 42. Dispositivo condutor para abertura dos 4 furos

### 3.3 Projecção do dispositivo para a abertura de furos de grandes diâmetros

#### 3.3.1 Descrição do funcionamento do dispositivo em compasso para a abertura dos furos $\varnothing 87^{+0,87}$ na flange 2 e $\varnothing 100$ no corpo 6

O dispositivo de abertura de furos de grandes diâmetros apresentado na figura 42 é um dispositivo de extrema utilidade na abertura de furos de grandes diâmetros pois permite a abrir furos de diâmetros variáveis dentro de um intervalo determinado. É de forma simples, constituído por um cone morse 2 que permite a instalação no furo da árvore principal da furadora, um canhão que permite a variação do diâmetro através do parafuso de aperto que grampeia e solta a o porta-ferro.

O seu funcionamento baseia-se na instalação do cone morse 2 na árvore principal da furadora e com o ferro cortante instalado no porta-ferro e fixo pelo parafuso 6. A variação do diâmetro faz-se por desaperto do parafuso 5 e deslocamento do cilindro 3 dentro do canhão 1. Após determinação do diâmetro desejado aperta-se o parafuso 5 assim pode se trabalhar a peça desejada.

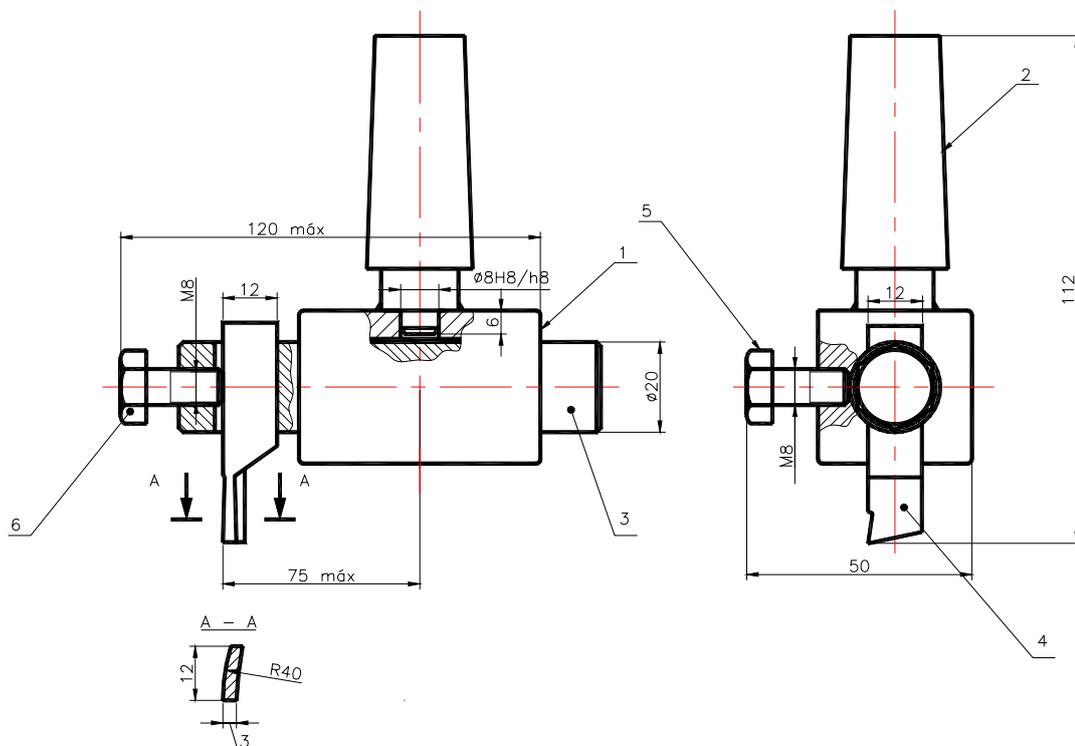


Figura 43. Dispositivo em compasso para a abertura de furos de grandes diâmetros

## **4. ANÁLISE ECONÓMICA DA PROPOSTA DE MELHORAMENTO DO SISTEMA DE FABRICAÇÃO**

### **4.1 Cálculo prático do custo de fabricação da cabeça de bomba Afridev**

Para o presente trabalho será apresentada uma aproximação do cálculo dos custos de fabricação da cabeça da bomba Afridev na variante proposta e será comparada com o preço da cabeça da bomba praticado na empresa AGRO ALFA, que é de 2,201,205.00 Mts (dois milhões, duzentos e um mil e duzentos e cinco mil meticais), segundo o anexo 7.

Na empresa AGRO ALFA, o cálculo do preço do produto manufacturado é feito com base em aproximações considerando o custo de matéria-prima pelo cálculo da massa do produto acabado, considerando a planificação da superfícies, principalmente quando a superfície possui contornos complexos ou dobras e utilizando os preços de produtos siderúrgicos no mercado. No caso de necessitar de pintura calcula-se a área de pintura e depois baseando-se nos preços das tintas no mercado, faz-se o cálculo custo de pintura e adicionando ao custo da matéria-prima (USD 2.00/kg de aço) e tomando em conta coeficientes que consideram as fases de tratamento da peça, obtêm-se o preço do produto.

No caso em que a manufactura do produto necessita operações ou peças de serviços de terceiros, este também é incluído na factura final, como no caso prático de fabrico das cabeças de bombas de água Afridev que necessita de galvanização, toma-se em conta os custos de galvanização.

Assim, o preço da cabeça da bomba não sofrerá variação pelo melhoramento do processo de fabricação visto que este depende apenas do peso da cabeça da bomba e a proposta de melhoramento do processo não tem em vista a alteração da construção da bomba.

#### **4.1.1 Cálculo do custo de fabricação considerando a produção em série pequena**

O custo de fabricação será avaliado utilizando a metodologia de cálculo do custo de matéria-prima, custo das fases de fabricação e acabamento superficial da peças, tendo em conta também os coeficientes que levam em conta custos fixos e capitais. Não existindo tabelas de custos homem-hora por máquina, na simulação do cálculo do custo de fabricação que serão apresentadas tabelas em vigor na empresa ERMOTO, visto utilizar processos de fabricação semelhantes a empresa AGRO ALFA. Para a produção de um lote mensal de 50 cabeças de bombas de água Afridev são necessárias as seguintes matérias-primas:

Tabela 19. Matéria-prima para a fabricação de 50 cabeças da bomba

Peça	Matéria – prima	Dimensões	Área	Nº de peças por chapa	Total de chapas
Corpo 6	Chapa de 4 mm	290,8x459	533908,8	20 peças	5 chapas
Flange 2	Chapa de 6 mm	230x200	46000,0	60 peças	1 chapa
Bica 1	Tubo Ø48,3x3,3	631,7	95853,5	9 peças	6 tubos
Tampa do respirador 7	Chapa de 2 mm	155x57,5	17825,0	344 peças	1 chapa
Trapézio 3	Chapa 8 mm	70x258x170	27880,0	98 peças	1 chapa
	Chapa 6 mm	180x120,2	21636,0	130 peças	1 chapa

Após o cálculo da quantidade de matéria-prima, faz-se o cálculo do custo de matéria-prima considerando os preços praticados pelos comerciantes.

Tabela 20. Custo da matéria-prima para a produção de 50 bombas cabeças de bomba

	Matéria-prima	Qdde de matéria-prima	Preço unitário (Mts)	Custo total (Mts)
Corpo 6	Chapa de aço de 4 mm	5	2460500.0	12302500.0
Flange 2	Chapa de aço de 6 mm	1	3577700.0	3577700.0
Bica 1	Tubo Ø48.3x3.3 mm	6	850000.0	5100000.0
Tampa do respirador 7	Chapa de aço de 2 mm	1	1350000.0	1350000.0
Trapézio 3	Chapa de aço de 8 mm	1	4549500.0	4549500.0
	Chapa de aço de 6 mm	1	3577700.0	3577700.0
			<b>TOTAL</b>	<b>30457400.0</b>

O preço de venda de cada cabeça de bomba será dado pela relação:  $P_v = (1 + k_{dv} + M_{lc} + IVA) \cdot C_u$ , onde:  $P_v$  – preço de venda,  $C_u$  – custo unitário. Sendo que  $C_u = C_{mp} + C_f + C_{ad}$  onde:  $C_{mp}$  – custo de matéria-prima,  $C_f$  – custos de fabricação,  $C_{ad}$  – custos administrativos;  $k_{dv}$  – coeficiente de despesas de venda, tomado com 15 a 20% do custo de fabricação e  $M_{lc}$  é a margem de lucro que depende do fabricante, mas adopta-se para o caso 15% do custo unitário.

O custo de matéria-prima é obtido de  $C_{mp} = m_{pb} \cdot P_m \cdot k$ , sendo  $P_m$  o preço da matéria-prima e  $k$  um coeficiente que toma em conta os custos de transporte, armazenamento do material e imprevistos ( $k = 1,1$ ). Os custos administrativos são relacionados aos custos de fabricação, sendo considerados 10 a 15% destes. Assim, o preço unitário será:  $C_u = C_{mp} + 1,1 \cdot C_f$ ; Os custos de fabricação serão  $C_f = \sum P_{fi} \cdot t_{fi}$ , onde  $P_{fi}$  é o preço das  $i$ -ésima fase de tratamento e  $t_{fi}$  é o tempo

em minutos da  $i$ -ésima fase de tratamento. Assim, calculamos os custos de fabricação na tabela abaixo.

	Massa da peça acabada	Qdde de matéria-prima	Preço unitário (Mts)	Tempos de fase (minutos)								Custo unitário
				Corte	Torneamento	Fresação	Brocação	Quinação	Boleamento	Soldadura	Estampagem	
Corpo 6	2.61	5	2460500	62.0	27	2	8	1.2	15	4		211114.9
Flange 2	1.84	1	3577700	55.0	23		16		15			150115.9
Bica 1	2.3	6	850000	55.0	23		6		15			145285.0
Tampa do respirador 7	0.14	1	1350000	15.0							8	33973.8
Trapézio 3	Chapa trapezoidal	3.42	1	4549500	78.0	3	2				4	113847.7
	Chapa rectangular	1.208	1	3577700	32.0							36510.4
<b>TOTAL</b>	<b>11.518</b>										<b>TOTAL</b>	<b>690847.8</b>

A galvanização é cotada à razão de 21000,0 Mts por kg de aço. Assim, o custo de galvanização será  $11,518 \cdot 22500 = 259155.0$  Mts. O preço de venda  $P_v = (1 + 0.15 + 0.2 + 0.17) \cdot 690847.8 + 259155 = 1309243,66$  Mts.

#### 4.1.2 Cálculo do custo de fabricação considerando a produção em série média

Na produção em série média, devem ser considerados dois grandes factores: o custo de ferramentas e o número de peças produzidas, pois devem ser empregues métodos automáticos de obtenção da superfícies, que exigem ferramentas como estampas que têm o seu custo de fabricação a considerar, as máquinas devem ser específicas para o tipo de tratamento e têm também o seu custo. Por outro lado, quanto maior for o número de peças a produzir, menor será o custo de fabricação. De qualquer forma, o custo de fabricação em série média é na prática menor que na série pequena e para o presente caso não será feito o cálculo por ser considerado como inferior a 1309243,66 Mts.

## CONCLUSÕES

Após a elaboração do presente trabalho, o autor conclui o seguinte:

1. O trabalho alcançou os objectivos previstos inicialmente, dentro das circunstâncias especificadas. A produção de cabeças de bombas de água na AGRO ALFA pode ser consideravelmente melhorada.

*Considerando a produção em série pequena:*

- para fabricação da flange 2, pode-se fabricar o dispositivo em compasso para abertura do furo Ø87, conforme se apresenta na figura 42 e um condutor para a abertura dos 4 furos Ø13.5, segundo a figura 41. Para o corte dos 4 chanfros  $15 \times 45^0$ , pode-se fabricar um dispositivo condutor para o corte na guilhotina. Na abertura dos furos, podem ser tratadas simultaneamente 2 peças;
- para a fabricação do corpo 6 pode-se fabricar o condutor para a abertura dos 3 furos Ø25, furo Ø18 e inicialmente abrir o furo Ø25 e depois alargar até Ø50. Podem ser tratadas 3 peças em simultâneo;
- para a fabricação do trapézio 3, pode-se inicialmente cortar a chapa em tiras e depois as tiras em chapas trapezoidais conforme a figura 34;
- para a fabricação da bica 1, pode-se cortar o tubo segundo a figura 36.

*Considerando a produção em série média:*

- para a fabricação da flange 2, pode-se fabricar a estampa apresentada no presente trabalho;
- para a fabricação do corpo 6 pode-se projectar e fabricar uma estampa para a abertura dos furos e ranhuras. Esta estampa deve ter punções de troca rápida ou devem ser usada várias prensas para o tratamento de várias superfícies

Ambas variantes melhoram significativamente a qualidade do produto final, reduzem o tempo de ciclo, o consumo de material e conseqüentemente, os custos de fabricação criando a possibilidade da baixa do preço para o consumidor.

2. Pela análise financeira prova-se a viabilidade da proposta de melhoramento garantida através da economia no processo, facto que reverte directamente no custo de aquisição do produto para bem do consumidor, pois o preço de venda da cabeça da bomba passa de 2,201,205.00 Mts para 1,298,232.96 Mts, correspondente a uma economia de cerca de 41%.

## RECOMENDAÇÕES

Após a elaboração da presente proposta de melhoramento do sistema de fabricação das cabeças de bombas de água na AGRO ALFA, cabe ao autor recomendar o seguinte:

1. A empresa AGRO ALFA e outras empresas nacionais ou estrangeiras que fabriquem a bomba AFRIDEV, implementem o processo de fabricação proposto no presente trabalho através do uso dos cartões de rota e esquemas de tratamento apresentados nos anexos e descritos no texto. Estas empresas devem fabricar os condutores, dispositivos especiais e estampas projectadas para o tratamento das superfícies referenciadas.
2. A empresa AGRO ALFA e outras organizações interessadas devem fomentar o estudo para o melhoramento do processo de fabricação de outros componentes da bomba AFRIDEV segundo a metodologia apresentada no presente trabalho.
3. A metodologia de estudo apresentada no presente trabalho e os resultados podem ser usados como fonte bibliográfica para instituições de ensino e organizações de pesquisa e desenvolvimento de processos de fabricação, especialmente para a fabricação das bombas de água.

**REFERÊNCIAS**

1. PRONAR, *Manual de Instalação e Manutenção da Bomba Manual Afridev–Revisão 2*, Apollo Printers, Maputo, 1995
2. SKAT Foundation, *Installation and Maintenance Manual for Afridev Handpump–Revision 1*, 1995
3. SKAT Foundation, *Afridev Handpump Specification – Revision 2*, 1994
4. UNICEF, *A Water Handbook*, Water, Environment and Sanitation Section Programme Division, New York, 1999 disponível online em [www.unicef.org](http://www.unicef.org)
5. PARRY–JONES et al *Sustainable Handpump Projects in Africa*, WEDC, Loughborough University, UK, 2001 disponível online em <http://www.lboro.ac.uk/departments/cv/wedc/projects/shp/index.htm>
6. ROSSI, M. *Utilajes Mecánicos Y Fabricaciones en Série–Tercera Edicion*, Editorial Científico–Médica, Barcelona, 1971
7. ROSSI, M. *Estampado en Frio de la Chapa–Nona Edicion*, Editorial Científico–Médica, Barcelona, 1971
8. ALÍ, A. C. " *O Futuro da Indústria Moçambicana Requer Novo Tipo de Graduados* ", Maputo, 2002
9. KALPAKJIAN, S. *Manufacturing Engineering and Technology*, Addison-Wesley Publishing Company, New York, 1989
10. EVANGELISTA, S. H. *Diagramas de Limite de Conformação Aplicados à Análise por Elementos Finitos de um Processo de Estampagem em Chapas Metálicas*, Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000
11. CHIAVERINI, V. *Tecnologia Mecânica*, Vol II, 2ª edição, Editora McGraw-Hill, São Paulo, 1999
12. De BRITO, O. *Estampos de Corte*, Editora Hemus, São Paulo, 1999
13. De GARMO, E. P. *Materials and Processes in Manufacturing*, 5<sup>th</sup> Edition, Macmillan Publishing Co., New York, 1979
14. AVALONE-BAUMESTER et al *Marks' Standard Handbook for Mechanical Engineers*, 10<sup>th</sup> Edition, McGraw-Hill, New York, 1996
15. COTTRELL, A. H *Introdução à metalurgia*, 2ª edição, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1975
16. SACHS, G. *Principles and Methods of Sheet-Metal Fabricating*, 2<sup>nd</sup> Edition, Reinhold Publishing Corporation, New York, 1966
17. AMSTEAD et al, *Manufacturing Processes*, 8<sup>th</sup> Edition, John Wiley & Sons, USA, 1987

18. WICK *et al* *Tools and Manufacturing Engineers Handbook*, Volume 2, 4<sup>th</sup> Edition, USA, 1984
19. GULHAÉV, A. P. *Metais e suas Ligas*, tomo 2, Editora Mir, Moscovo, 1981
20. BREZINA, R. *Teorie tvárení*, Fakulta Strojní a Elektrotechnická, Ostrava, 1983 (livro em Checo)
21. KOURBATOV, A. P. *Escolha da ferramenta e do regime de corte*, Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Eduardo Mondlane, Maputo, 2001
22. IATSINA, I. V. e SITOIE, R. V. *Cálculo de transmissões por engrenagens*, Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Eduardo Mondlane, Maputo, 1991
23. CHAQUISSE, H. E. *Preparação Construtivo–Tecnológica da produção de filtros de automóveis*, Trabalho de Licenciatura em Engenharia Mecânica, Universidade Eduardo Mondlane, Maputo, 2005
24. VYCHNEPOLSKI, I. e Vychnepolski, V. *Desenho técnico*, Editora Mir Moscovo, 1987
25. MAKIENKO, N. *Manual do Serralheiro*, Editora Mir Moscovo, 1988
26. DOYLE *et al* *Manufacturing Processes and Materials for Engineers*, 2<sup>nd</sup> Edition, Prentice Hall, 1988
27. KOURBATOV, A. P. *Guia das oficinas mecânicas e oficinas gerais*, Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane, 1998
28. MOLIIVKO, N. e SITOIE, R. V. *Guia para Projecto de Tecnologia Mecânica*, Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane, 1991
29. STRANEO, S. L. e CONSORTI, R. *El dibujo técnico mecánico*, Instituto del Libro, Havana, 1971
30. BARBACHOV, F. A. *Manual do fresador*, Editora Mir Moscovo, 1981

## **ANEXOS**







Flange 2 – Produção em série média

Duplicado																			
Alterado																			
	Nome	Assinatura	Data																
Elaborado	Augusto																		
Verificado	Dr. Kourbatov																		
Aprovado																			
M01	Aço St 37																		
M02	Código da peça	Pos.	M <sub>p</sub>	Q <sub>pa</sub>	K <sub>Um</sub>	Código peça bruta	Perfil e dimensões			Q <sub>pb</sub>	M <sub>pb</sub>	CARTÃO DE ROTA							
	DEMA TL 100100	A1	1.84 kg	50	0.75	DEMA TL 100100A1	Chapa 230x200x6			50	2.09kg								
Ofic.	Secç	Fase	Nome e conteúdo da fase				Designação de documento												
							T <sub>f</sub>	Data	Chefe	Assinatura	Data	Operário	Assinatura	Data	Controlador	Assinatura			
	10		Corte da chapa em tiras 200h14, tiras em chapas de 200x230h14 e corte de 4 chanfros 15x45°				1.5												
			Guilhotina hidráulica ELGA HYDRASHEAR																
			Lâmina de cortar P6M5, paquímetro 250x0.1																
	20		Estampagem de 4 furos Ø13.5H14 e furo Ø87 <sup>+0.87</sup>				0.52												
			Prensa excêntrica WEINGARTEN,																
			Estampa, paquímetro 250x0.1																
	30		Arredondamento dos bordos agudos				2.5												
			Aparato electrolítico																
			Solução de ácidos, banho de água, secador eléctrico																
			-trico																







--

Duplicado				Corpo 6 – Produção em série pequena														
Alterado																		
	Nome	Assinatura	Data															
	Nome		Assinatura	Data														
Elaborado	Augusto					EMPRESA												
Verificado	Dr. Kourbatov																	
Aprovado	CORPO 6																	
M01	Aço St 37													CARTÃO DE ROTA				
M02	Código da peça		Pos.	M <sub>p</sub>	Q <sub>pa</sub>	K <sub>um</sub>	Código peça bruta		Perfil e dimensões			Q <sub>pb</sub>	M <sub>pb</sub>					
	DEMA TL 100100		A1	4.19 kg	50	0.53	DEMA TL 100100A1		Chapa 290.8x459x4			50	2.61kg					
Ofic.	Secç	Fase	Nome e conteúdo da fase				Designação de documento											
							T <sub>f</sub>	Data	Chefe	Assinatura	Data	Operário	Assinatura	Data	Controlador	Assinatura		
		10	Corte da chapa em tiras 200h14, tiras em chapas 290.8x459bh14				1.5											
			Guilhotina hidráulica ELGA HYDRASHEAR															
			Lâmina de cortar P6M5, reguladores de largura paquímetro 250x0.1															
		20	Abertura de 3 furos Ø25, furo Ø18, furo Ø50 e furo Ø 100				0.52											
			Furadora vertical Modelo ARBOGA MASKINER															
			Condutor, dispositivo especial, brocas Ø18, Ø25, Ø50, ferro cortante para sangrar, paquímetro 250x0,1				2.5											
		30	Fresagem da ranhura															
			Fresadora vertical SAJO 1956															
			Fresa cilíndrica de cabo Ø20, paquímetro 250x0, 1															
		40	Arredondamento dos bordos agudos															



Duplicado				Corpo 6_Metade direita- Produção em série pequena																	
Alterado																					
	Nome	Assinatura	Data																		
	Nome		Assinatura	Data																	
Elaborado	Augusto					EMPRESA															
Verificado	Dr. Kourbatov																				
Aprovado									CORPO 6												
M01	Aço St 37																				
M02	Código da peça		Pos	M <sub>p</sub>	Q <sub>pa</sub>	K <sub>Um</sub>	Código peça bruta	Perfil e dimensões da P <sub>b</sub>				Q <sub>pb</sub>	M <sub>pB</sub>	CARTÃO DE FASE							
	DEMA TL 100100		A1	1.84 kg	50	0.75	DEMA TL 100100A1	Chapa 230x200x6				50	2.09kg								
Ofic.	Secç	Fase	Pass	Nome e conteúdo da fase								Designação de documento									
												t	i	S	V	n	Ct	T <sub>b</sub>	T <sub>a</sub>	T <sub>pr</sub>	T <sub>f</sub>
	10	Corte da chapa em tiras 459h14, tiras em chapas 290.8x459h14								0.5	1.0	1.5									
	Guilhotina hidráulica, ELGA HYDRASHEAR Modelo 2513, força 110 t																				
	A	Instalar a chapa 2500x1250x4 na mesa da guilhotina pela face inferior e face vertical																			
	1	Cortar a chapa ao longo da largura em tiras com largura 459h14 $\left(-1,55\right)$ , Rz80.																			
	Lâmina P6M5, reguladores de largura, paquímetro 250x0,1;																				
	B	Instalar a tira na mesa da guilhotina pela face inferior orientada por uma face horizontal;																			
	2	Cortar chapas com dimensão 459 h14 $\left(-1,55\right)$ x 290,8h14 $\left(-1,15\right)$ , Rz80.																			
	20	Abertura de 3 furos Ø 25, furo Ø18, furo Ø50 e furo Ø100																			
	Furadora vertical modelo ARBOGA MASKINER, 1.6 kW,																				
	A	Instalar 3 chapas no dispositivo especial pela face inferior e duas faces perpendiculares;																			
	1	Abrir o furo Ø100H14 <sup>(+0,87)</sup> , Rz80 na distância 15±0,215 e 67±0,37																			
	Dispositivos especiais, ferro cortante P6M5, paquímetro 250x0,1;																				
	B	Instalar 3 chapas no condutor pela face inferior e duas faces perpendiculares;																			

2	Abrir 3 furos $\varnothing 25H14^{(+0,52)}$ , Rz80, na distância $40\pm 0,31$ e $120\pm 0,435$ e um furo $\varnothing 25H14^{(+0,52)}$ na distância $74,5\pm 0,37$ e $19\pm 0,26$ ;
	Condutor, broca de $\varnothing 25$ de P6M5, calibre macho $\varnothing 25H14$ e paquímetro 250x0,1
3	Abrir o furo $\varnothing 18H14^{(-0,43)}$ , Rz80 na distância $74,5\pm 0,37$ e $90\pm 0,435$
C	Reinstalar as chapas orientadas pela face inferior e por duas faces perpendiculares.
4	Alargar o furo $\varnothing 25H14^{(+0,52)}$ , Rz80 até $\varnothing 50H14^{(+0,62)}$ , Rz80 na distância $74,5\pm 0,37$ e $19\pm 0,26$ ;
	Alargador $\varnothing 50H14$ , calibre macho $\varnothing 25H14$ e paquímetro 250x0,1;
30	Fresagem da ranhura 22x20
	Fresadora vertical SAJO 1956
A	Instalar 3 chapas na fresadora, orientadas pela face inferior e duas faces perpendiculares;
1	Abrir a ranhura $20x22H14^{(+0,52)}$ , Rz80 na distância $74,5\pm 0,37$
	Fresa cilíndrica de cabo $\varnothing 20x20H14$ , paquímetro 250x0,1.
40	Arredondamento dos bordos agudos
	Rebarbadeira eléctrica
A	Instalar a chapa no torninho
1	Rebarbar os cantos agudos externos, R1, Rz80;
	Torninho, disco abrasivo, escantilhão R1;
2	Rebarbar os cantos agudos dos furos
	Lima circular $\varnothing 10$ .
50	Quinagem da chapa em L149x149, $90^\circ$
	Quinadeira PROMECAN
A	Instalar a peça na quinadeira pela face inferior orientada por duas faces perpendiculares;
1	Quinar a chapa em $L149x149\pm 0,5$ , $90^\circ\pm 1^\circ$
	Esquadro, paquímetro 250x0,1 e escantilhão R6;





Duplicado				Corpo 6_Metade direita-Produção em série média																					
Alterado																									
	Nome	Assinatura	Data																						
	Nome	Assinatura	Data																						
Elaborado	Augusto			EMPRESA																					
Verificado	Dr. Korbatov																								
Aprovado				CORPO 6																					
M01	Aço St 37										CARTÃO DE FASE														
M02	Código da peça	Pos	M <sub>p</sub>	Q <sub>pa</sub>	K <sub>Um</sub>	Código peça bruta	Perfil e dimensões	Q <sub>pb</sub>	M <sub>pB</sub>																
	DEMA TL 100100	A1	4.19 kg	50	0.53	DEMA TL 100100A1	Chapa 290.8x459x4	50	2.61kg																
Ofic.	Secç	Fase	Pass	Nome e conteúdo da fase							Designação de documento														
										t	i	S	V	n	Ct	T <sub>b</sub>	T <sub>a</sub>	T <sub>pr</sub>	T <sub>f</sub>						
	10			Corte da chapa em tiras 290.8h14, tiras em chapas 290.8x459h14							0.5	1.0								1.5					
				Guilhotina hidráulica, ELGA HYDRASHEAR Modelo 2513, força 110 t																					
	A			Instalar a chapa 2500x1250x4 na mesa da guilhotina pela face inferior e face vertical																					
	1			Cortar a chapa ao longo da largura em tiras com largura 459h14 $\left(-1,55\right)$ , Rz80.																					
				Lâmina P6M5, reguladores de largura, paquímetro 250x0,1;																					
				cortar P6M5, paquímetro 250x0.1																					
	B			Instalar a tira na mesa da guilhotina pela face inferior orientada por uma face horizontal;																					
	2			Cortar chapas com dimensão 459 h14 $\left(-1,55\right)$ x 290,8h14 $\left(-1,15\right)$ , Rz80.																					
	20			Estampagem de 3 furos Ø25H14 e furo Ø50H14																					
				Prensa excêntrica WEINGARTEN, força normal 60 t, 115 golpes por minuto																					
	A			Instalar a chapa na estampa pela face inferior e duas faces perpendiculares;																					
	1			Perfurar 3 furos de Ø25H14 $\left(+0,52\right)$ , Rz80 na distância 120±0,435 e 40±0,31 e o furo Ø50H14 $\left(+0,62\right)$ , Rz80 na distância 74,5±0,37 e 19±0,42.																					
				Estampa, paquímetro 250x0,1 e calibres macho Ø25H14 e Ø50H14;																					

30	Estampagem do furo Ø18H14 e da ranhura 20x22
	Prensa excêntrica WEINGARTEN, força normal 60 t, 115 golpes por minuto
A	Instalar a chapa na estampa pela face inferior e duas faces perpendiculares;
1	Perfurar o furo Ø18H14( <sup>+0,43</sup> ), Rz80 na distância 74,5±0,37 e 90±0,87 e ranhura 20x22H14( <sup>+0,52</sup> ), Rz80 na distância 74,5±0,37;
	Estampa, paquímetro 250x0,1 e calibre macho Ø18H14 e escantilhão 20x22H14;
40	Estampagem do furo Ø100H14
	Prensa excêntrica WEINGARTEN, força normal 60 t, 115 golpes por minuto
A	Instalar a chapa na estampa pela face inferior e duas faces perpendiculares;
1	Perfurar o furo Ø100H14( <sup>+0,87</sup> ), Rz80 na distância 67±0,37 e 15±0,215
	Estampa, calibre macho Ø100H14 e paquímetro 250x0,1;
50	Arredondamento dos bordos agudos
	Aparato electrolítico
1	Mergulhar o jogo de peças e fazer exposição de alguns minutos
	Banho de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 32%+H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 17÷50%+HNO <sub>3</sub> 7÷15%+HCl 1.5% e o resto água, luvas de borracha;
2	Lavar as peças num banho de água,
	Banho de água corrente
3	Secar as peças
	Secador eléctrico
60	Quinagem da chapa em L149x149, 90°
	Quinadeira PROMECAN
A	Instalar a peça na quinadeira pela face inferior orientada por duas faces perpendiculares;
1	Quinar a chapa em L149x149±0,5, 90°±1°
	Esquadro, paquímetro 250x0,1 e escantilhão R6;