



**FEUP** Universidade do Porto  
Faculdade de Engenharia

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA  
E GESTÃO INDUSTRIAL

# OPTIMIZAÇÃO DAS PRÁTICAS DE PRODUÇÃO



**MDA**

MOLDES DE AZEMÉIS.

**Orientador:**

Eng. Joaquim Pereira

**Supervisor:**

Eng. Duarte Marafona

**Elaborado por:**

José Reis

621(047.3)  
LEM 2003/REIj

Julho 2004



**FEUP** Universidade do Porto  
Faculdade de Engenharia

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA  
E GESTÃO INDUSTRIAL

# OPTIMIZAÇÃO DAS PRÁTICAS DE PRODUÇÃO



**Orientador:**

Eng. Joaquim Pereira

**Supervisor:**

Eng. Duarte Marafona

**Elaborado por:**

José Reis

621 (047.3) / LEM 2003 / REIJ

Universidade do Porto	
Faculdade de Engenharia	
Biblioteca	
Nº	913127
CDU	519.8(047.3)
Data	22/08/2007

## Índice

1. INTRODUÇÃO .....	3
2. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA.....	5
3. INSTRUÇÕES DE TRABALHO.....	8
4. ENQUADRAMENTO DO PROJECTO NA ESTRUTURA DA EMPRESA.....	9
4.1 DESCRIÇÃO DA ACTIVIDADE DE PRODUÇÃO.....	10
5. LEVANTAMENTO DAS INSTRUÇÕES DE TRABALHO EXISTENTES.....	12
6. MÁQUINAS CNC .....	13
6.1 MÁQUINAS CNC GRANDES .....	13
6.1.1 PLACAS .....	14
6.1.2 BLOCOS DE GRAVAÇÃO.....	20
6.2 MÁQUINAS CNC PEQUENAS .....	30
7. FURAÇÃO .....	35
8. EROSIÃO.....	38
8.1 MAQUINAGEM DE ELÉCTRODOS .....	38
8.2 OPERAÇÕES DE EROSIÃO.....	41
9. BANCADA.....	43
10. CONCLUSÃO .....	51
11. BIBLIOGRAFIA .....	52

## Agradecimentos

Quero deixar bem expressos os meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que fizeram com que fosse possível a realização deste projecto, em especial ao Eng. Joaquim Pereira e à MDA por toda a disponibilidade e apoio à realização deste projecto.

Queria também deixar uma palavra especial ao Eng. Duarte Marafona da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto pelo acompanhamento fornecido a este projecto.

Gostava também de agradecer ao PRODEP o financiamento dado a este projecto.

## 1. Introdução

Este projecto nasceu de um protocolo estabelecido entre a Faculdade de Engenharia do Porto, e a empresa MDA.

No âmbito da opção “Tecnologia de Moldação por Injecção”, para projecto de fim de curso, da licenciatura em Engenharia Mecânica foi-me proposto melhorar/optimizar, documentar e uniformizar as práticas de produção do fabrico de moldes, da empresa MDA.

Este tema surgiu no âmbito de uma necessidade interna da MDA. Há já algum tempo que a equipa de produção da MDA se interroga sobre as práticas utilizadas pelos colaboradores da produção. Se um elemento A executar uma tarefa de uma forma e um elemento B executar essa mesma tarefa de outra forma, ambas correctas, qual será a prática a adoptar. Outro dos pontos a salientar é quando a empresa recebe um colaborador novo, sem experiência, vai receber formação e em breve encontra-se em fase de início de laboração, nesta fase o seu orientador pode não estar presente, e surge uma dúvida, questiona o seu chefe ou colega e verifica que a instrução não coincide com os ensinamentos que recebeu na formação, cria-se um impasse. Existiria mais um rol de argumentos que poderiam ser dados para chegarmos à conclusão sobre os objectivos da MDA ao sugerir este trabalho.

As instruções de trabalho a elaborar destinam-se a cinco sectores da produção de moldes:

- Maquinagem em CNC
  - Grandes
  - Pequenos
- Furação
- Erosão
- Operações de bancada

Em relação aos termos e designações utilizadas foi feito um esforço, para empregar os mais usais na produção, facilitando assim a assimilação das instruções de trabalho realizadas.

Para a realização deste projecto foi-me dada a oportunidade de conhecer os sectores alvo, com o apoio dos seus responsáveis.

## 2. Apresentação da Empresa

A MDA – Moldes de Azeméis, L.da. foi constituída por escritura pública no cartório notarial de Oliveira de Azeméis a 23 de Janeiro de 1991, tendo como objecto social a fabricação de moldes metálicos para a indústria de plásticos.

A MDA tem realizado moldes inovadores para as indústrias mais evoluídas tecnologicamente, nomeadamente a indústria automóvel (moldes para pára-choques, *tabliers* de bordo, consolas, ópticas, ou seja, para todo o tipo de peças interiores e exteriores de um automóvel, absorvendo a esmagadora maioria da produção da empresa), como se pode ver na figura 1.

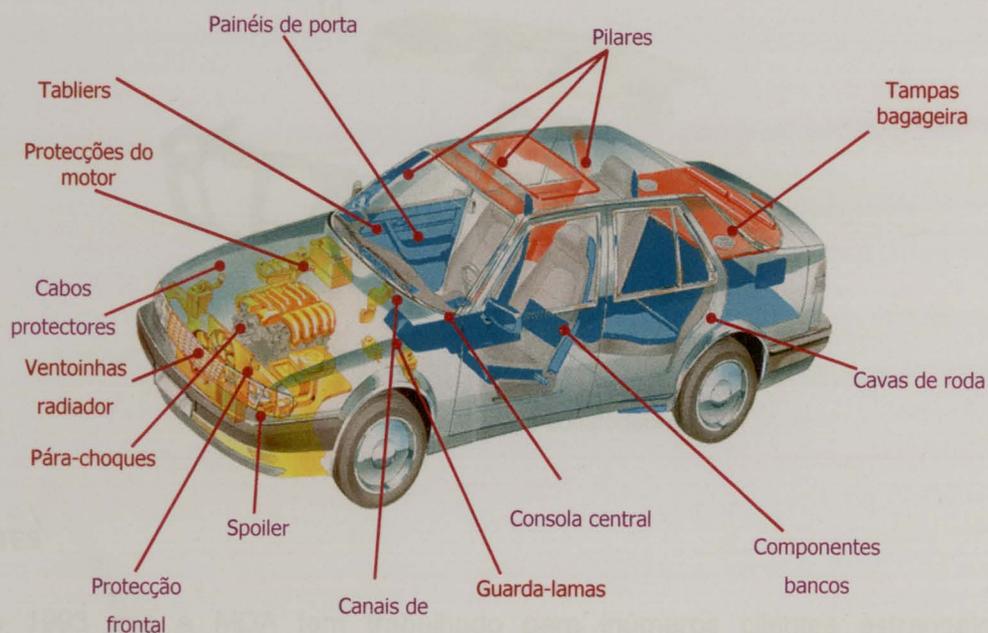


Figura1 – Produtos mais produzidos na MDA.

Para além da indústria automóvel, a produção da MDA fornece também a da electrónica (moldes para monitores de computadores, comandos, etc) e a dos electrodomésticos (moldes para frigoríficos, máquinas de lavar, aspiradores, etc).

A empresa fornece igualmente aos seus clientes novos serviços, como o fabrico de modelos em materiais resinosos para aprovação pelos estilistas das marcas automóveis, testes laboratoriais de controlo dimensional às peças resultantes de ensaios e execução de moldes protótipos para obtenção de peças para *crash-tests*.

Adicionalmente aos serviços mencionados, a organização adoptou muito recentemente uma nova estratégia que acrescenta maior competitividade à sua relação com o mercado. A empresa tem estabelecido acordos com clientes, responsabilizando-se por toda a gestão logística de uma multiplicidade de componentes (provenientes de diversas partes), para integrar em peças principais resultantes de moldes fabricados por si (ex.: painel de bordo produzido na MDA que recebe os elementos que o compõem para ser montado nas instalações da empresa, como mostra a figura 2).

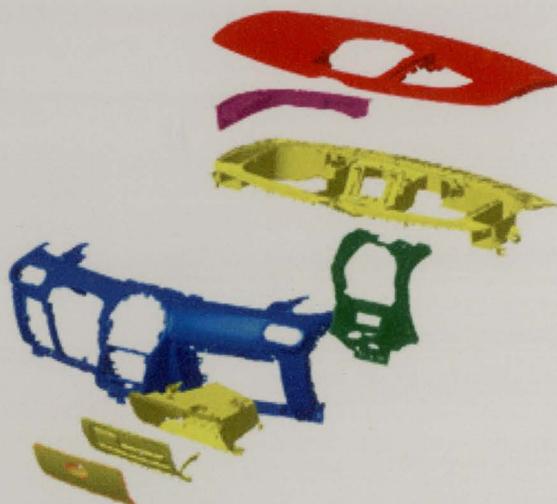


Figura 2 – Peça com vários componentes.

**CLIENTES**

Desde 1993 que a MDA tem trabalhado para inúmeros clientes estrangeiros, normalmente grandes grupos económicos europeus, dos quais se destacam actualmente, a *Faurecia*, a *Visteon*, a *Plastic Omnium*, a *Lear Corporation*, a *Decoma*, a *Eurostyle*, a *Linpac* e a *Rehau*.



Figura nº3 – Clientes da MDA

A MDA tem desenvolvido projectos de estudo, concepção e produção de moldes para as grandes marcas da indústria automóvel, nomeadamente a SAAB, a Volvo, a Audi, a Seat, a Mercedes, a BMW, a Ford, a VW, a Renault, a Rover, a Nissan, a Citroën e a Peugeot, da indústria dos electrodomésticos, como a Whirlpool, a Electrolux e a Hoover e da indústria electrónica e de telecomunicações como a Thompson, a Nokia e a Philips.

### 3. Instruções de Trabalho

As instruções de trabalho são documentos com uma linguagem de fácil compreensão, destinadas normalmente a um sector da empresa, e que podem ser solicitadas por qualquer colaborador da empresa.

Podem ser emitidas pelos seguintes departamentos:

- Qualidade
- Departamento de Estudos e Desenvolvimento
- Departamento de Engenharia e Sistemas
- Produção
- Manutenção
- Metrologia
- Recursos Humanos
- Compras
- Comercial
- Importação/Exportação
- Desenvolvimento informático

A sua principal função é descrever a forma como devem ser executadas algumas das tarefas mais usuais em cada sector.

## 4. Enquadramento do Projecto na Estrutura da Empresa

A empresa encontra-se dividida por processos. Em que um processo representa conjunto de actividades interrelacionadas e interactuantes que transformam “entradas” em “saídas”.



Nos processos de gestão temos:

- Gestão estratégica
- Gestão de sistemas

Dentro do processo de realização temos:

- Comercialização
- Concepção de desenvolvimento
- Produção

Para os processos de suporte temos:

- Aprovisionamento
- Gestão de recursos humanos
- Gestão de meios informáticos
- Metrologia
- Manutenção
- Gestão molde/produto

Este projecto vai centrar-se no processo de realização, mais propriamente na “Produção”.

## 4.1 Descrição da Actividade de Produção

### Objectivo:

- Produção dos moldes, tendo em consideração a preservação do Ambiente e a Saúde dos Colaboradores.

### Âmbito:

- Todos os moldes fornecidos pela MDA aos seus Clientes.

### Entradas:

- Matérias-primas
- Dados Concepção (desenhos/modelos/esquemas,...)
- Moldes para reparar/alterar
- Relatórios de Ensaio
- Ordem de execução de alterações
- Plano de Controlo
- Controlo de execução em curso de fabrico/verificação final
- Relatórios de Controlo Dimensional
- Relatórios de não conformidade produto
- Plano Manutenção
- Relatórios Calibração Máquinas
- Prazos Molde / Alterações
- Prazos realização de operações de outros sectores

**Saídas:**

- Produção de moldes
- Realização de Alterações/Correcções
- Expedição do molde
- Reparações
- Planeamento do molde
- Registo de inspecções
- Registo e tratamento de não conformidades

## 5. Levantamento das Instruções de Trabalho Existentes

A primeira tarefa deste projecto consistiu em fazer um levantamento das instruções de trabalho existentes agrupando-as por sectores, como se pode ver na tabela 1.

Tabela 1 – Instruções de trabalho existentes.

DESIGNAÇÃO	EROSÃO	CNC	BANCADA	FURAÇÃO	OUTROS
Erosão de Fio	♦				
Planificação dos trabalhos de erosão	♦				
Erosão de ataque - Manutenção	♦				
Limpeza do tanques de erosão	♦				
Cuidados a ter na bancada		♦	♦		
Controlo de modelos e ficheiros NC na produção	♦	♦			
Cuidados a ter na fresagem		♦			
Fresagem de eléctrodos	♦	♦			
Parâmetros de maquinação		♦			
Operações de rectificação		♦			♦
Cuidados a ter no torneamento				♦	
Soldadura – Enchimento até 3mm de espessura					♦
Soldadura – Enchimento superiores a 3mm de espessura					♦
Manuseamento, Armazenamento, Embalagem, Preservação e Expedição	♦	♦	♦	♦	
Bronzes grafitados autolubrificadas	♦		♦		
Marcação da Pínula e identificação dos componentes do molde		♦	♦	♦	
Limpeza e arrumação do local de trabalho	♦	♦	♦	♦	♦
Envio de material para o armazém dos aços	♦	♦	♦	♦	
Operações de roscagem		♦		♦	
Utilização de brocas canhão		♦		♦	
Afiamento de brocas canhão		♦			♦
Centramento de componentes	♦	♦		♦	
Referenciação de ferramentas		♦	♦	♦	
Diâmetro de ferramentas		♦	♦	♦	

## 6. Máquinas CNC

No sector da produção de moldes, o sector das máquinas CNC representa um dos sectores de maior importância. Existem muito poucos componentes no molde em que não conste no seu processo de produção uma passagem por este tipo de máquinas. Por este motivo e pela grande variedade de operações a realizar nas CNC decidiu-se dividir em dois sectores, máquinas grandes e pequenas. O que distingue estes sectores é a dimensão dos componentes a maquinar.

### 6.1 Máquinas CNC Grandes

Os principais componentes a maquinar neste sector são:

- Placas
- Blocos de gravação macho
- Blocos de gravação cavidade

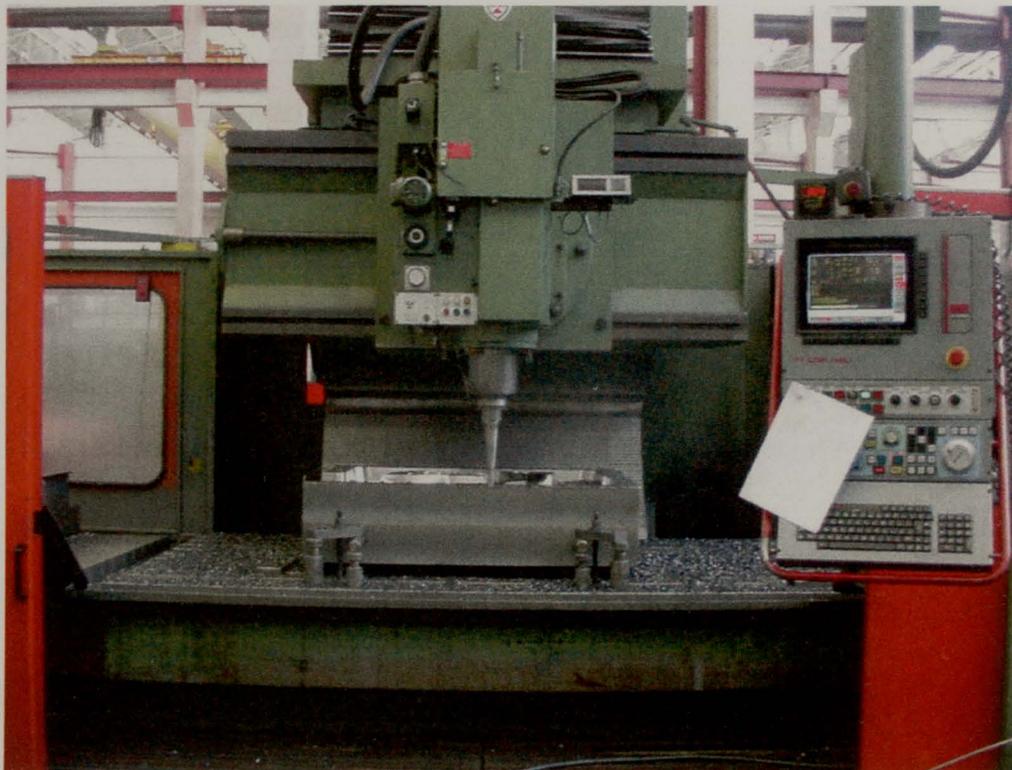


Figura 4 – Desbaste de um bloco de gravação cavidade.

### 6.1.1 Placas

Na maior parte dos moldes temos quatro tipos de placas, como mostra a figura 5.

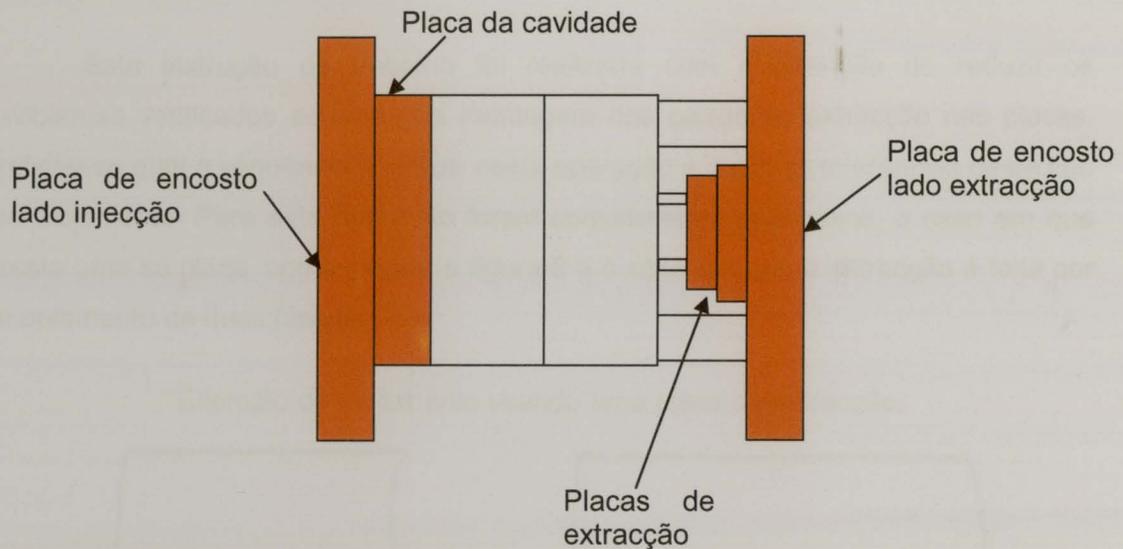


Figura 5 – Esquema das placas típicas de um molde.

Para este tipo de componentes, as operações seleccionadas como alvo de instruções de trabalho foram:

- Galgamento de placas vs aperto
- Rectificação das placas vs tolerância
- Identificação

Para a maquinagem consideramos:

- Orientação e aperto
- Furação vs furos toleranciados vs verificação
- Roscagem vs verificação
- Alojamento para anilha de centragem vs tolerância vs verificação
- Alojamentos/caixas vs tolerância
- Contorno limite

Em função dos tópicos fornecidos para este tipo de componente foram realizadas as seguintes instruções de trabalho:

### **Abertura das Caixas para os carros de Extracção**

Esta instrução de trabalho foi realizada com a intenção de reduzir os problemas verificados aquando da montagem dos carros de extracção nas placas. Indicou-se qual a sequência a utilizar nesta operação e quais as tolerâncias deste tipo de alojamento. Para esta operação foram considerados dois casos, o caso em que existe uma só placa, como mostra a figura 6 e o caso em que a extracção é feita por acoplamento de duas placas.

Exemplo do alojamento usando uma placa de extracção.

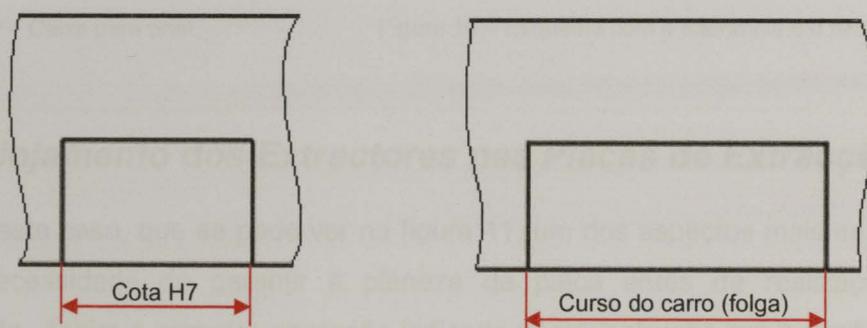


Figura 6 – Esquema do alojamento.

- Tolerância a usar (H7) para a altura da caixa e o raio máximo admitido na base.

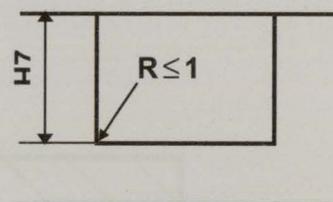


Figura 7 – Tolerância a usar na altura.

Foi feita também uma chamada de atenção para a rectificação das paredes da caixa. Esta operação deveria ser realizada com uma fresa de lâminas reservada a este efeito.

## Caixa para Anel de Centragem

Esta instrução de trabalho foi realizada para garantir o posicionamento do anel de centragem do molde e o assentamento do mesmo.



Figura 9 – Caixa para anel.

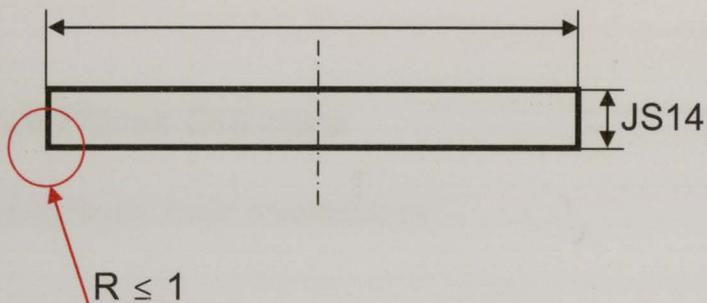


Figura 10 – Esquema com a tolerância e o raio admitido.

## Alojamento dos Extractores nas Placas de Extracção

Nesta caso, que se pode ver na figura 11, um dos aspectos mais importantes era a necessidade de garantir a planeza da placa antes da realização deste alojamento. Assim a primeira operação indicada nesta instrução era a verificação da planeza. Além disso foi também indicada uma tolerância para a altura do alojamento a realizar.

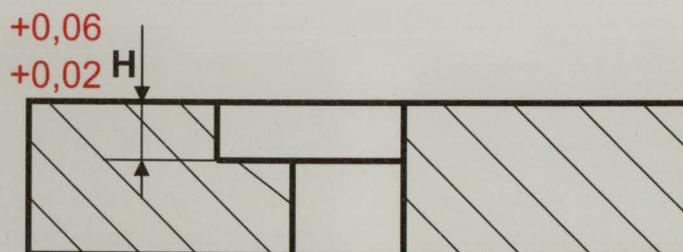


Figura 11 – Esquema com a tolerância admitida.

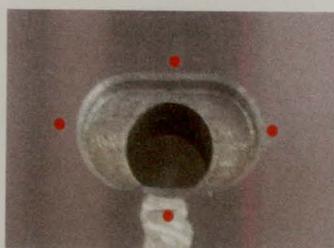


Figura 12 – Alojamento.

- Outros dos pontos a destacar foi que a medição da altura do alojamento deveria ser realizada em vários pontos ao longo do perímetro da caixa, como se pode ver na figura 12 e utilizando um paquímetro de interiores.

## ***Furos Passantes nas Placas Extracção para os Apoios***

Neste caso importava referir que devido às tolerâncias exigidas a este furo de passagem dos apoios, o furo deveria ser executado numa única passagem e usando uma broca do tipo **Hertel**. Esta instrução de trabalho foi complementada com a informação dos diâmetros disponíveis deste tipo de ferramenta.

## ***Galgamento de Placas Estrutura***

Esta operação foi dividida em várias fases. Assim considerou-se:

### Verificações

Nesta fase era executada a medição das dimensões máximas da placa verificando se estavam de acordo com o esquema de maquinagem fornecido.

### Aperto

No aperto deste tipo de componentes é importante garantir que a superfície a assentar na mesa da máquina se encontra limpa e que não possui rebarbas ou zonas amassadas. A maior dimensão da placa deve ficar paralela ao eixo **x** da máquina.

O aperto na mesa é feito com a placa entalada por barras fixas e barras ajustáveis, como se pode ver nas figuras 13 e 14.

**Barras Fixas**



Figura 13 – Barra de aperto fixa.

**Barras Ajustáveis**



Figura 14 – Barra de aperto ajustável.

### Facejamento

Para a primeira face a facejar a espessura a retirar deve ser a mínima que garanta a maquinagem de toda a face.

## Rodar a Placa

Para o facejamento da segunda face é necessário rodar a placa. Esta rotação deve ser feita de maneira a não danificar as arestas da mesma. No segundo facejamento a executar é dada a indicação que a última passagem a executar não deve ter uma espessura superior a 0,3mm.

## **Identificação de Placas**

Todas as placas de um molde devem ter assinalado na face o material em que foram executadas, o molde a que pertencem e a identificação do componente. A marcação pode ser feita com punção ou na fresadora.

## **Aperto das Placas de Extracção**

Nesta instrução de trabalho é feita a descrição de como o operador deve orientar as placas de extracção para a maquinaria.

Como nesta fase a fixação das duas placas de extracção já foi executada, a orientação é feita com base na vista do lado macho fornecida, como mostra a figura 15 e a disposição dos parafusos nas placas.

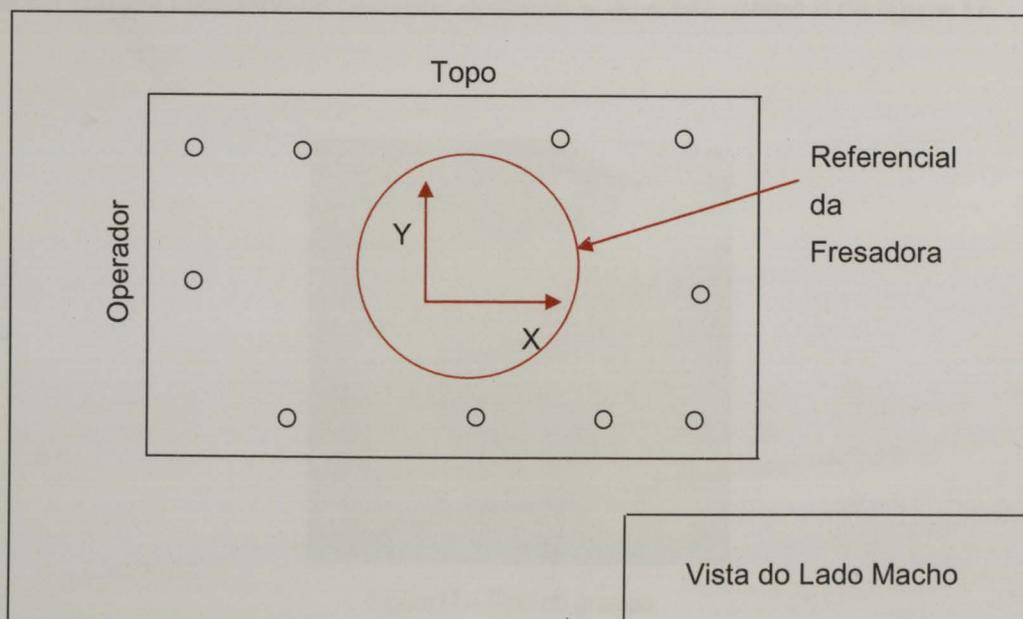


Figura 15 – Esquema da vista fornecida do lado macho do molde.

## 5.1.2 Bloco de Cravação **Rodar uma Placa**

O objectivo desta instrução de trabalho é informar o operador das ferramentas que deve utilizar nesta operação.

A primeira indicação é que sempre que uma placa tenha furos roscados para olhais, esta deve ser sempre manobrada usando argolas nos mesmos. Caso contrário deve-se usar o magneto, como se pode ver na figura 16.

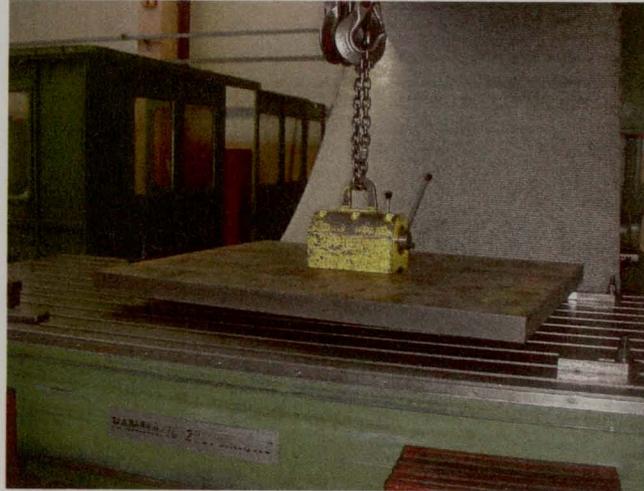


Figura16 – Placa suspensa com o magneto.

Para a rotação é dada a indicação de que esta deve ser feita utilizando barrotes em madeira para protecção das placas e do pavimento. Além disso a placa deve ser rodada utilizando os grampos destinados ao efeito, como o da figura 17.



Figura17 – Foto do grampo.

## 6.1.2 Blocos de Gravação

Temos dois tipos de blocos de gravação, o bloco macho e o bloco cavidade, como mostra a figura 18.

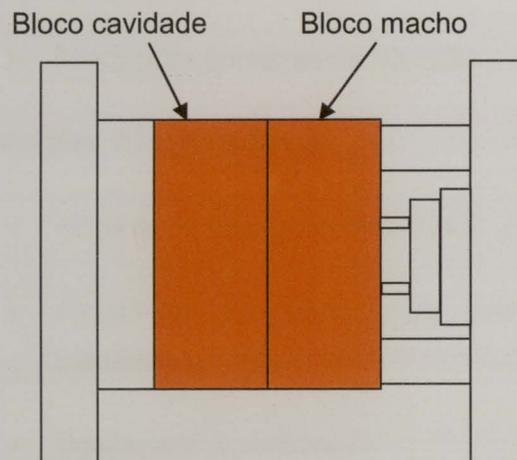


Figura18 – Esquema dos blocos de um molde

No caso dos blocos de gravação, as instruções de trabalho visam as seguintes operações:

- Desbaste vs aperto vs referenciação
- Pinúla provisória
- Rectificação da face traseira vs aperto
- Acabamento vs aperto
- Orientação da peça
- Pinúlas finais
- Mestra para orientação
- Identificação
- Mestra nos quatro cantos ou pinulas na diagonal

- Maquinagem 3D execução de programas e respectiva listagem
- Apontar extracção
- Furação vs furos tolerenciados vs verificação
- Roscagem vs verificação
- Furos para ponteiras de injeção

Para as maquinações 2D usuais temos:

- Alojamento de réguas de pressão vs tolerância
- Alojamento de réguas para deslize de movimentos vs tolerância
- Roscagem vs verificação
- Alojamentos vários vs tolerância

Para as maquinações 2D laterais usuais temos:

- Facejamento lateral
- Alojamento de guias prismáticas vs tolerância
- Alojamento dos pés do molde vs tolerância
- Alojamento da barra de segurança vs tolerância
- Alojamento/fixação e escatel para cilindro hidráulico vs tolerância

Para este tipo de componentes e em função dos tópicos fornecidos as instruções de trabalho realizadas foram:

### **Abertura do Alojamento para Corrediças das Guias Prismáticas**

No caso do alojamento para as guias prismáticas, como se pode ver na figura 19, importa referir a importância da cota onde vai ocorrer o deslize das guias prismáticas, assim como o correcto assentamento dos cilindros usados para a fixação dos granzepes.

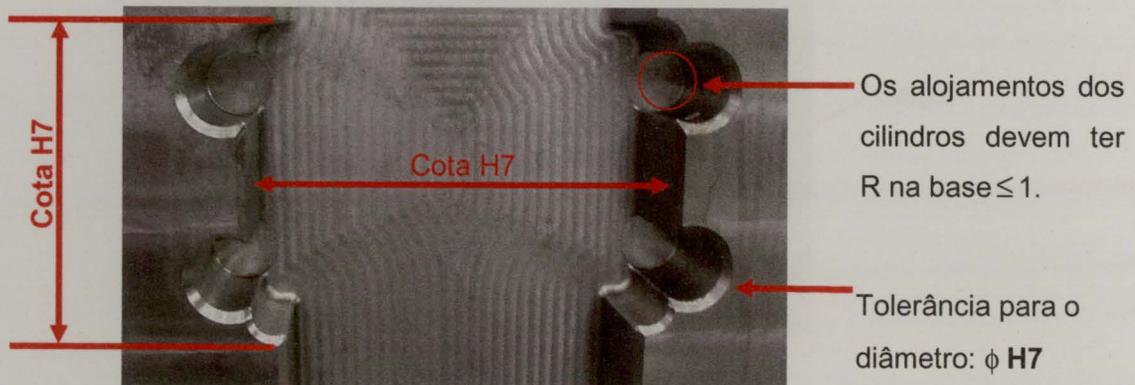


Figura 19 – Alojamento para a guia prismática.

### **Alojamento para o Pé do Molde**

O alojamento para o pé do molde, que se pode ver na figura 20 é daqueles casos em que não é exigido grande rigor para o diâmetro do alojamento, contudo é importante garantir a montagem do pé do molde. Para isso é necessário garantir que o alojamento tem uma cota no diâmetro superior a diâmetro do pé (com folga) e o raio da base do alojamento tem um raio inferior a 1mm.



Figura 20 – Pé do molde.

## Aperto de Blocos

Na operação de aperto de blocos de gravação macho/cavidade é importante garantir que a zona de assentamento se encontra limpa e sem zonas amassadas. Outro aspecto referido nesta instrução de trabalho foi o facto de as barras de aperto só deverem ser utilizadas em zonas de calços, como mostra a figura 21, para assim evitar a deformação do bloco.

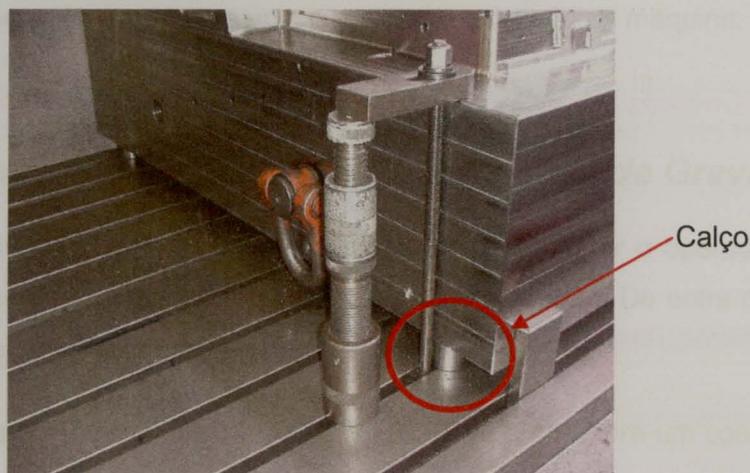


Figura 21 – Fixação de um bloco

## Apontar Extração no Bloco de Gravação Macho

A operação de abertura do alojamento, como mostra a figura 22, para os extractores no bloco de gravação macho é de grande precisão. O ajustamento do extractor na zona de gravação deve permitir o deslizamento do mesmo e ao mesmo tempo impedir a entrada do plástico na fase de injeção da peça.

$\phi$  = Cota Nominal com tolerância H7

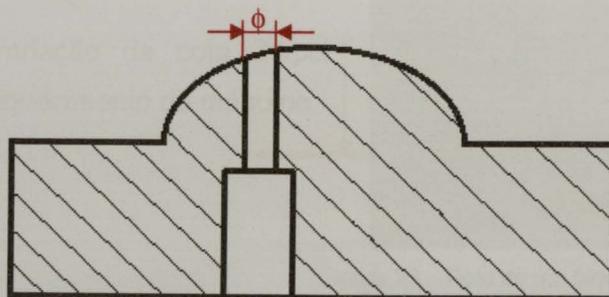


Figura 22 – Esquema do alojamento para extractor.

Para a rectificação do alojamento é dada indicação para o uso de um mandril cónico reservado a este tipo de operações.

## **Orientação e Centramento de Blocos**

Esta operação consiste na orientação do bloco na mesa da máquina CNC e na referenciação da ferramenta para maquinagem. A orientação deve ser feita utilizando uma face do bloco e comparando-a em relação a um eixo da máquina.

No caso da referenciação esta deve ser feita com a máquina no centro do bloco e introduzindo a cota fornecida no esquema de maquinagem com o centro do mesmo. Esta operação é realizada com o centrador montado na máquina.

## **Cuidados a Ter no Acabamento de Blocos de Gravação**

O objectivo desta instrução de trabalho era o de alertar o operador da CNC para os cuidados a ter no acabamento de blocos de gravação. De entre os cuidados mencionados podemos destacar:

- Na operação de acabamento, o operador deve ter sempre um contacto visual muito atento à sequência de maquinagem. Qualquer erro nesta operação pode resultar numa não conformidade.
- Sempre que se muda a ferramenta ou altera a inclinação do plano de trabalho, deve ser feita uma referenciação da ferramenta em três eixos.
- Nunca se deve iniciar uma operação de acabamento com a máquina fria. Durante a operação verificar a existência de dilatação térmica na máquina, e consequente alteração da altura da ferramenta.

Varição da cota Z por aquecimento da máquina.

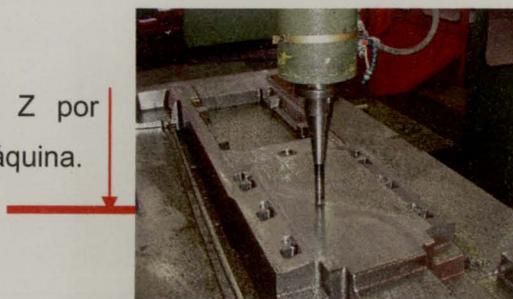


Figura 23 – Foto de um bloco em acabamento.

## Facejamento Lateral

Nesta instrução são dadas indicações para a orientação dos blocos e para a referenciação da ferramenta.

- A orientação do bloco deve ser feita na mestra previamente maquinada, como mostra a figura 24.

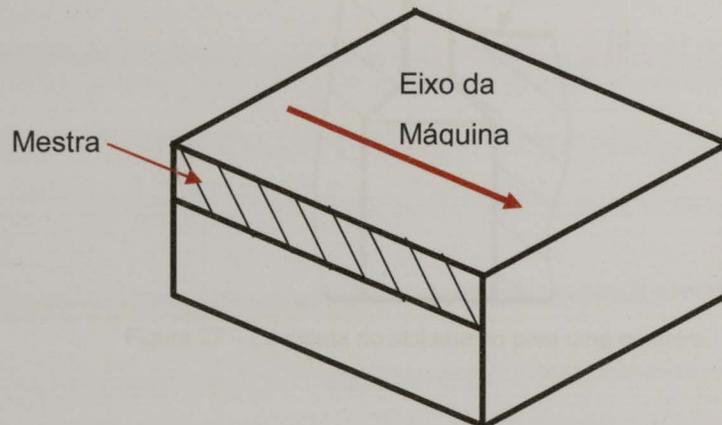


Figura 24 – Esquema de um bloco.

- A referenciação da ferramenta deve ser feita pelas pínulas na diagonal (ou mestras de canto) previamente maquinadas.

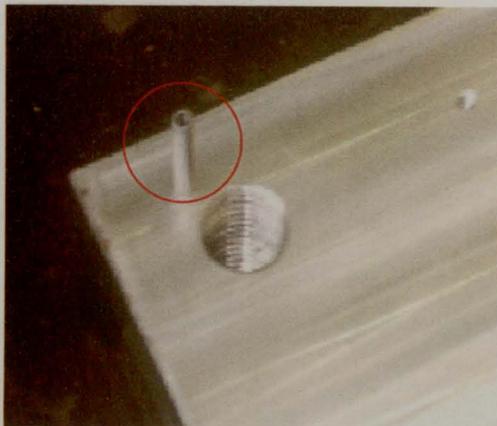


Figura 25 – Pínula na diagonal.



Figura 26 – Mestras de canto.

## Furos para Ponteiros de Injecção

A instrução de trabalho elaborada para a operação de maquinagem do alojamento para ponteiros de injecção, que se pode ver na figura 27. Tem como principal objectivo e à semelhança do caso do alojamento da extracção garantir o posicionamento da ponteira e impedir o aparecimento de rebarba na peça a injectar.

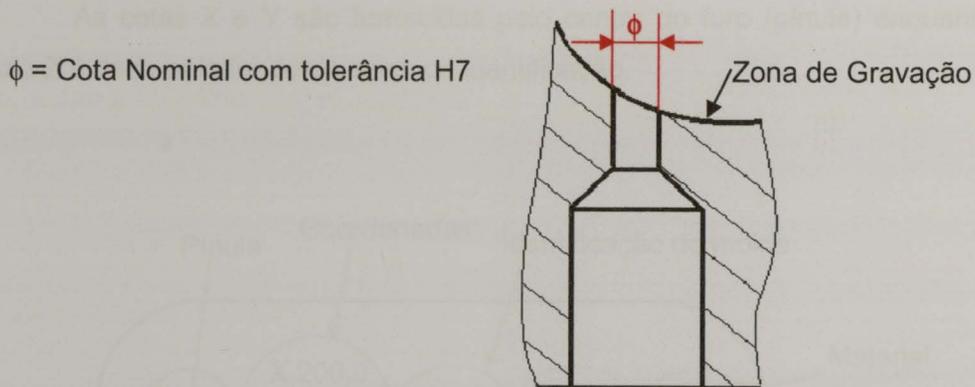


Figura 27 – Esquema do alojamento para uma ponteira.

## Furos Roscados para Olhais

Neste tipo de operação é importante garantir que a rosca executada, que se pode ver na figura 28, permite o aperto dos olhais. Assim para além da sequência de maquinagem para execução do furo roscado foi também referido que este tipo de furo deve ser verificado por calibres destinados ao efeito.

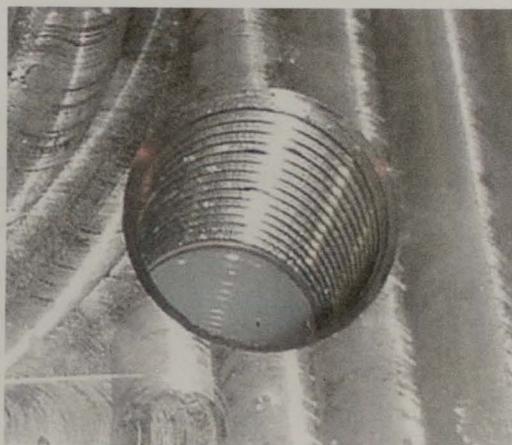


Figura 28 – Furo roscado para um olhal.

## Marcação da Pínula Definitiva

A pínula definitiva é feita para a referenciação da ferramenta em futuras operações de maquinagem a executar nos componentes. Além disso também é na zona da pínula que é feita a identificação do componente e o material em que este é feito, como se pode ver um exemplo na figura 29.

As cotas X e Y são fornecidas pelo centro do furo (pínula) enquanto que a cota Z é dada pelo fundo da caixa de identificação.

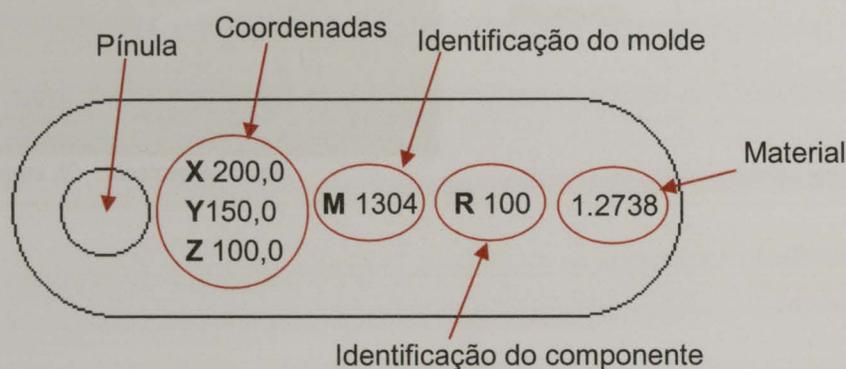


Figura 29 – Exemplo de uma caixa de identificação.

- O furo para a pínula é um furo mandrilado (diâmetro nominal de 10mm) e com uma altura de 30mm.

### ***Pínula Provisória***

A pínula provisória tem a mesma função da pínula definitiva que é a referenciação das ferramentas no componente a maquinar, a diferença reside no facto de o furo da pínula ter um diâmetro inferior ( $\phi < 9,5$  mm), para permitir a posterior realização de uma pínula definitiva. Este tipo de pínula é usado na fase de desbaste.

## ***Pinúlas na Diagonal e Mestra em Blocos de Gravação***

Todos os blocos quando terminam a fase de acabamento da gravação devem conter além da pínula, duas pínulas na diagonal e uma mestra de orientação. Quando não for possível a realização de pínulas estas devem ser substituídas por mestras de canto também na diagonal do bloco maquinado, como se pode ver na figura 30.



Figura 30 – Mestras de canto.

- As coordenadas à semelhança das pínulas não devem ter casas decimais.

### ***Preparação do Desbaste de Blocos de Gravação***

Esta instrução de trabalho tem como objectivo principal, o de alertar o operador para que antes de iniciar a maquinagem do bloco, se certifique que o mesmo corresponde ao pretendido.

As verificações indicadas ao operador são:

- Tipo de aço do bloco.
- Localização do olhais.
- Medição das cotas máximas.

## **Preparação para Acabamento de Blocos de Gravação**

Esta operação consiste na orientação e posicionamento de um bloco de gravação para acabamento. Na instrução de trabalho é feita a chamada de atenção ao facto do bloco ser posicionado sempre de acordo com o modelo de maquinagem, como se pode ver nas figuras 31 e 32.

**Modelo de Maquinagem**

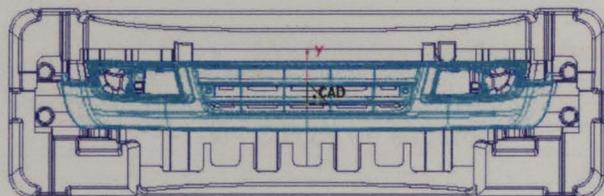


Figura 31 – Modelo de maquinagem.

**Bloco na Fase de Acabamento**



Figura 32 – Bloco em acabamento.

## **Rectificação da Face Traseira Após Desbaste da Gravação**

O objectivo da instrução de trabalho para a operação de rectificação da face traseira era o de reunir os cuidados mais importantes a ter neste tipo de operação. Entre os cuidados referidos podemos destacar:

- O bloco deve estar em repouso o tempo suficiente para se dar o arrefecimento até à temperatura ambiente.
- Caso exista a necessidade de desbaste, este deve ser feito de forma a evitar um aquecimento do bloco.
- A última passagem a efectuar, não deve retirar uma espessura superior a 0,3 mm, e deve ser efectuada com o bloco desapertado.
- Verificar sempre se a maquinagem cobriu por completo toda a face do bloco.
- Depois de maquinada a face, verificar a sua planeza com o auxílio de um comparador.

## 6.2 Máquinas CNC Pequenas

Para este tipo de máquinas os componentes mais usuais são:

- Postiços de gravação
- Movimentos à extracção
- Levantadores
- Movimentos mecânicos/hidráulicos
- Calços de estrutura.

Como a maquinagem dos postiços de gravação, dos movimentos à extracção e dos levantadores era muito idêntica decidiu-se realizar uma Instrução de Trabalho, para os três tipos de componentes.

### ***Movimentos à Extracção/Levantadores e Postiços de Gravação***

Esta instrução foi dividida nas várias etapas de maquinagem mais usuais para este componente. Assim temos:

#### **1. Galgamento**

Esta etapa consiste na preparação do bloco para a maquinagem da forma do componente. O mais importante a destacar é a forma como o componente vai ser posteriormente apertado para a maquinagem. As formas de aperto consideradas foram: O aperto na prensa, que se pode ver na figura 33 e o aperto com barras de fixação, que se pode ver na figura 34.

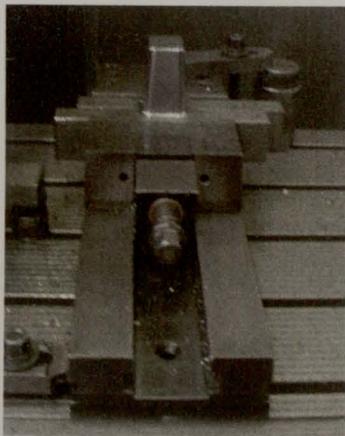


Figura 33 – Aperto na prensa.

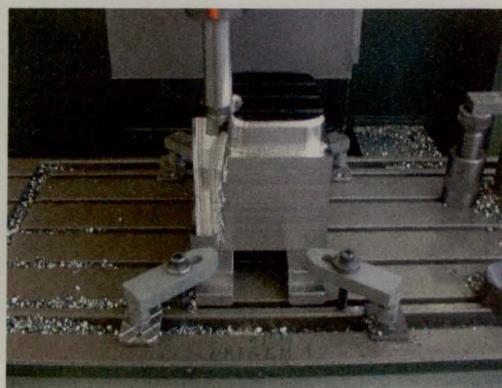


Figura 34 – Aperto com barras de fixação.

## 2. Orientação

A orientação do bloco deve ser de acordo com o modelo CAD fornecido, como mostra a figura 36.

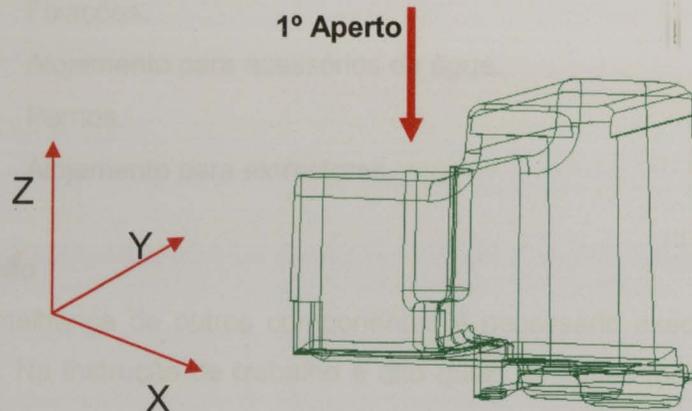


Figura 36 – Modelo de maquinação.

## 3. Maquinação da Gravação

Para a maquinação da gravação são referidas as sobreespessuras a utilizar. O operador é também alertado para o facto de uma operação deste tipo originar grande esforços na peça, assim após uma operação de desbaste é indicado executar uma nova referenciação da ferramenta e verificação da orientação da peça.

## 4. Pínula

No caso da pínula, que se pode ver na figura 37 é referido que esta deve realizar no segundo aperto da maquinação. A localização deve ser feita tendo em conta os seguintes pontos:

- Acesso em futuras operações.
- Linhas de água.
- Localização das zonas moldantes e de vedação.



Figura 37 – Pínula.

## 5. Maquinagem 2D

Nesta etapa são feitas referências às operações de maquinagem mais frequentes para cada tipo de componente.

Tomando como exemplo o caso dos postigos temos:

- Fixações.
- Alojamento para acessórios de água.
- Pernos.
- Alojamento para extractores.

## 6. Identificação

À semelhança de outros componentes é necessário executar uma caixa de identificação. Na instrução de trabalho é dito quais as zonas mais indicadas para a sua execução.

## *Movimentos mecânicos/hidráulicos*

Para este tipo de componentes, como o da figura 38 é também fornecida toda a sequência de maquinagem e os cuidados a ter. É dada especial atenção às faces onde vai existir o ajustamento com deslize no movimento e são fornecidas as tolerâncias a usar.

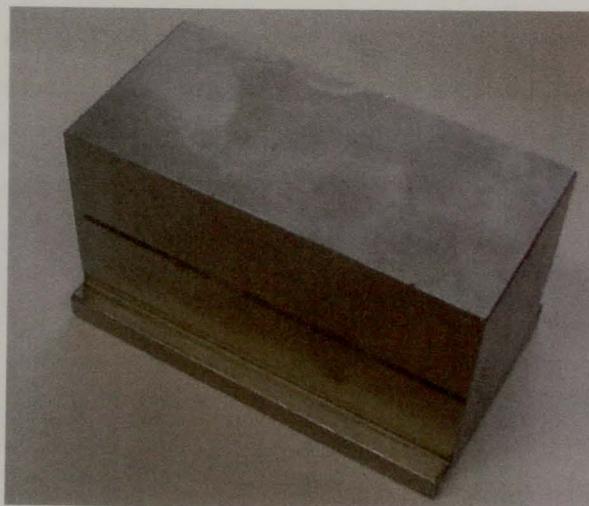


Figura 38 – Movimento mecânico pré-maquinado.

## Calços de Estrutura

Para os calços é indicada a tolerância a usar em todas as suas faces assim como os cuidados a ter na realização dos alojamentos para as cavilhas de centragem e os parafusos de fixação. Para assim garantir a montagem do mesmo, que se pode ver na figura 39 e um correcto funcionamento dos componentes associados.

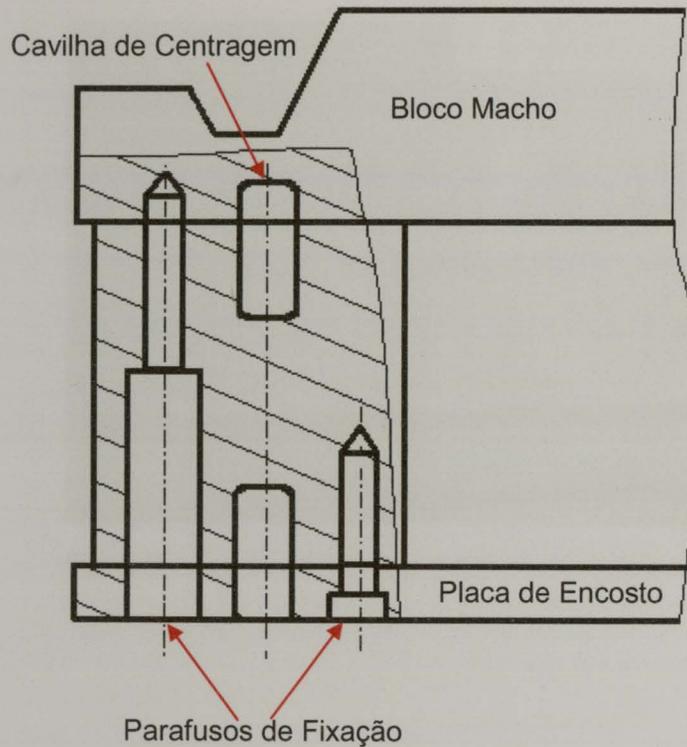


Figura 39 – Esquema de um calço no molde.

## Referenciação em Pínula Esférica

Para o tipo de componentes a maquinar nos **CNC Pequenos** é usual a rotação das peças entre diferentes apertos. Assim é muito frequente a necessidade de executar a referenciação da ferramenta usando a pínula esférica, como se pode ver na figura 40. Nesta instrução de trabalho são indicados os passos a seguir para uma correcta referenciação.



Figura 40 – Foto de referenciação em pínula esférica.

## ***Referenciação de Fresas Tóricas/Planas com Inclinação***

Neste caso, como mostra a figura 41, o objectivo é fornecer ao operador de uma maneira simples o cálculo da cota do centro da ferramenta em função do diâmetro da mesma e da inclinação do plano de trabalho.

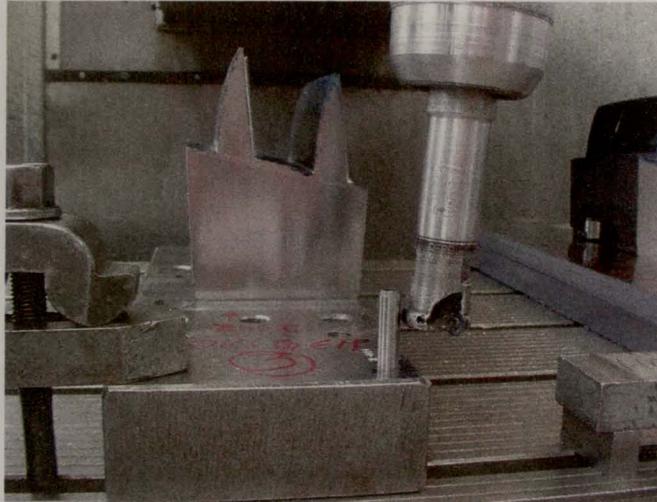


Figura 41 – Foto de referenciação com a ferramenta inclinada.

## 7. Furação

O sector das furadoras é responsável por várias operações no fabrico de moldes. As operações mais usuais são:

- Elaboração dos circuitos hidráulicos e de refrigeração.
- Alargamento dos furos da extracção.

Assim as instruções de trabalho elaboradas foram:

### ***Furação com Brocas Canhão***

Como geralmente as operações realizadas no sector da furação são feitas utilizando as Brocas Canhão, que se pode ver na figura 42. Decidiu-se elaborar uma instrução de trabalho, com o procedimento a adoptar para este tipo de ferramenta.



Figura 42 – Foto de furação com broca canhão.

Um dos pontos a salientar foi a inclusão dos parâmetros de maquinaria recomendados em função do material a trabalhar e do diâmetro da broca utilizada.

## **Furação para circuitos de água/óleo/ar**

Esta instrução de trabalho tem como destino a furação dos circuitos de refrigeração, como o da figura 43 e os circuitos hidráulicos do molde.

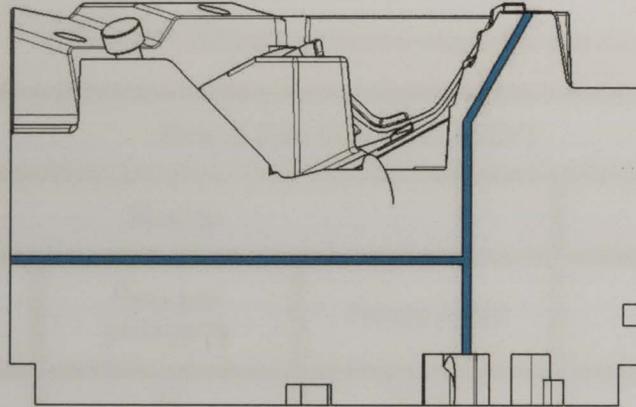


Figura 43 – Esquema de um furo para água.

Das várias etapas incluídas nesta instrução de trabalho podemos destacar duas. A fase de escariar, porque existe a ideia que todos os furos devem ser escariados, o que em alguns casos pode implicar uma deficiente vedação do componente a montar. Na fase de roscagem fornecemos uma tabela, com o objectivo de facilitar a consulta do diâmetro da broca a utilizar.

### **Escariar furos**

Todos os furos devem ser escariados à excepção de:

- Furos de “in/out” para óleo.
- Furos de passagem para posterior vedação com acostagem de o’ring.

## Roscagem

Normalmente nos circuitos de refrigeração e hidráulicos do molde os acessórios utilizam rosca (BSP). Na tabela seguinte temos os parâmetros a utilizar neste tipo de roscagem.

Tabela nº2 – Diâmetro da broca a utilizar para cada rosca.

Rosca Gás Cilíndrica (BSP)			
Macho			Broca
G	Fios por polegada	Passo (mm)	$\phi$ (mm)
1/8	28	0,907	8,75
1/4	19	1,337	11,75
3/8	19	1,337	15,25
1/2	14	1,814	19
5/8	14	1,814	21
3/4	14	1,814	24,5
7/8	14	1,814	28
1	11	2,309	30,5
1 1/4	11	2,309	39,5
1 1/2	11	2,309	45
1 3/4	11	2,309	51
2	11	2,309	57

## Alargar Extracção

Neste tipo de operação que é executada também com broca canhão, o aspecto mais importante é garantir o alinhamento da zona a alargar (zona de passagem, que se pode ver na figura 44) com o furo já executado.

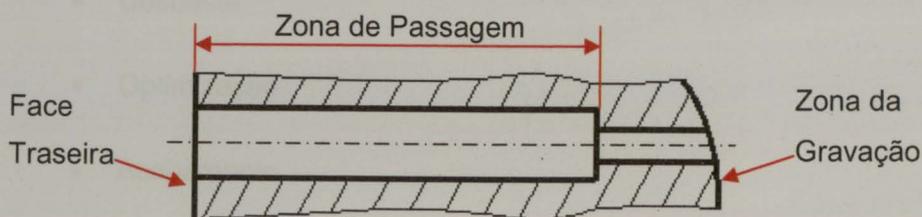


Figura 44 – Esquema de um furo de extracção.

## 8. Erosão

Neste sector temos as operações de erosão que são realizadas nas máquinas de erosão e temos as operações de maquinagem para preparação dos eléctrodos. Apesar da maquinagem dos eléctrodos ser feita em máquinas CNC, estas operações foram objecto de análise no âmbito da erosão.

### 8.1 Maquinagem de Eléctrodos

Para as operações de maquinagem forma realizadas as seguintes instruções de trabalho:

#### ***Maquinagem de Eléctrodos***

A operação de maquinagem de eléctrodos para erosão foi dividida nas seguintes etapas:

##### **Activar o Modelo CAD**

Para a activação do ficheiro de maquinagem foram fornecidas a localização deste tipo de ficheiros bem como os passos a seguir.

##### **Referenciar a ferramenta**

Para a referenciação da ferramenta no bloco a maquinar foi indicada a sobreesspura que o bloco deve ter assim como as zonas do bloco por onde se deve executar a referenciação.

##### **Maquinagem**

Na maquinagem foram fornecidos quais as ferramentas e parâmetros a adoptar em função do material do eléctrodo (Grafite ou Cobre).

A maquinagem foi dividida em três etapas:

- Desbaste
- Optimização
- Acabamento

## Identificação do Eléctrodo

Para a identificação foram indicadas as etiquetas usadas na empresa para o efeito e a zona onde estas deveriam ser coladas.

Por fim foi feita uma recomendação para o caso dos eléctrodos de pouca espessura ( $E < 1\text{mm}$ ), como o exemplo da figura 45. As operações de desbaste devem ser feitas com uma sobreespessura suficiente para permitir executar o acabamento.

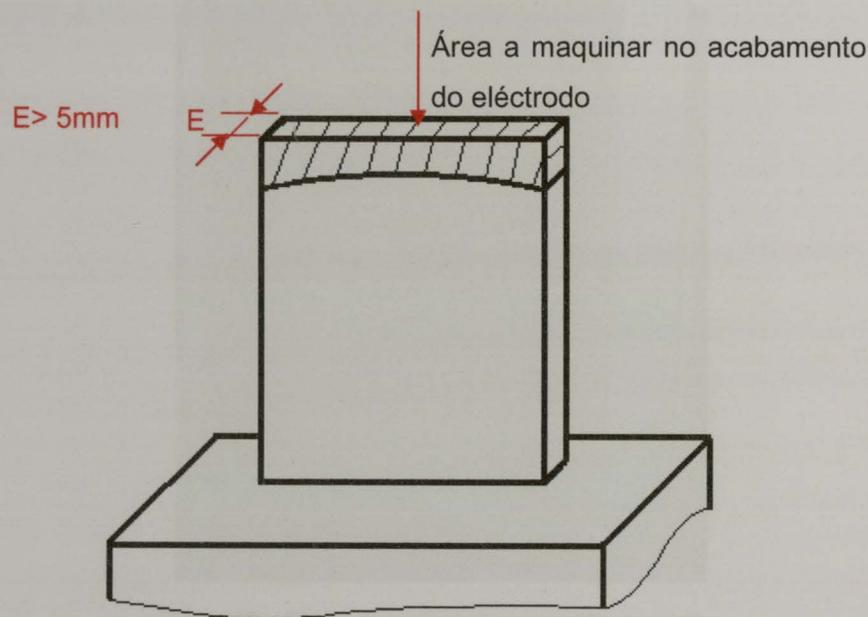


Figura 45 – Esquema de um eléctrodo.

## Fixação para Eléctrodos

Para a fixação do eléctrodo na máquina de erosão é necessário realizar a maquinagem do eléctrodo de acordo com o sistema adoptado pela empresa.

Neste trata-se de uma cruz com um furo roscado ( $\frac{1}{4}$  UNC) no centro, com se pode ver na figura 46. Para a maquinagem foi fornecido o programa em linguagem *isograph* para a *CNC*.

Broca de lâminas  $\varnothing 5$   
 $15 \leq \text{Altura do furo} \leq 20$

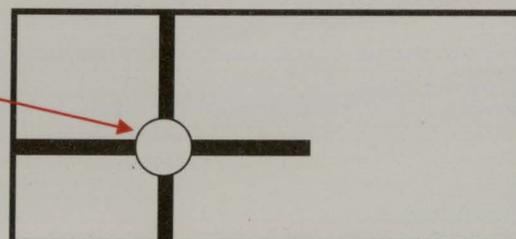


Figura 46 – Esquema da fixação de um eléctrodo.

## 3.2 Operação **Filtros para Maquinagem de Grafite**

Para um bom funcionamento das máquinas CNC destinadas à maquinagem dos eléctrodos em grafite é necessário assegurar a limpeza dos filtros de aspiração, como mostra a figura 47.



Figura 47 – Filtros do sistema de aspiração da grafite.

Assim foi feita uma instrução de trabalho com o procedimento correcto de limpeza assim como o destino a dar aos resíduos.

## 8.2 Operações de Erosão

Para as operações a realizar nas máquinas de erosão foram realizadas as seguintes instruções de trabalho:

### ***Orientação e Centramento***

Esta é a primeira operação a realizar na erosão e consiste na orientação da peça em relação aos eixos da máquina e no centramento da peça pela pínula existente, como mostra a figura 48.



Figura 48 – Foto do centramento numa máquina de erosão.

### ***Orientação e Referenciação de Eléctrodos***

A orientação do eléctrodo na máquina é feita com base num chanfro, como se pode ver na figura 49, previamente maquinado na base do eléctrodo e por comparação de uma face do eléctrodo relativamente a um dos eixos da máquina.

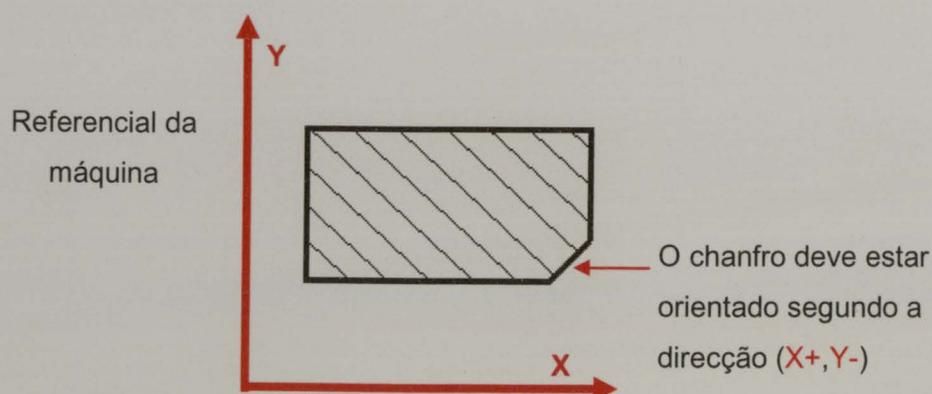


Figura 49 – Esquema do chanfro utilizado para orientação do eléctrodo.

## 3. Bancada

A referenciação para os eixos X e Y é feita através da fixação, enquanto que a referenciação em Z é feita na base do eléctrodo, como mostra a figura 50.



Figura 50 – Foto da referenciação em Z do eléctrodo.

Com base nos tópicos abordados e mediante outras necessidades que surgiram, foram elaboradas as seguintes instruções de trabalho:

### Afinação da Altura do Velos

Para garantir um bom funcionamento das montagens e minimizar avarias, é necessário garantir a afinação da altura dos velos.

## 9. Bancada

O sector da bancada é responsável pela montagem de todos os componentes do molde. As operações seleccionadas como alvo de instruções de trabalho foram as seguintes:

- Ajustamento dos veios de guiamento e dos extractores.
- Ajustamento de posições e movimentos.
- Implementação dos circuitos de água e de óleo.
- Ajustamento de movimentos.
- Pré-montagem do macho do molde.
- Aperto do molde na prensa.

Com base nos tópicos fornecidos e mediante outras necessidades que iam aparecendo. Foram elaboradas as seguintes instruções de trabalho:

### ***Afinação da Altura de Veios***

Para garantir um bom funcionamento dos movimentos à extracção/levantadores é necessário especial atenção à afinação da altura dos veios/hastes.

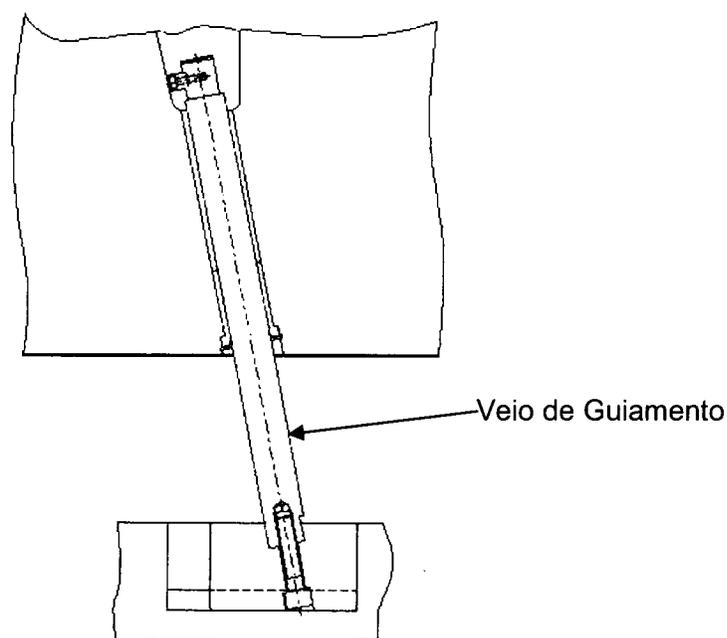


Figura 51 – Esquema de um veio de guiamento.

No caso de o veio ficar curto vai originar um estiramento do parafuso de fixação no recuo da extracção, o que pode após algumas injeções resultar numa ruptura por fadiga. Além disso na abertura de molde pode originar marcas na peça injectada. No caso do veio ficar com um comprimento superior à cota indicada vai originar marcas nas peças e o aparecimento de rebarbas.

Assim foi elaborado um procedimento de afinação com os cuidados a ter na afinação dos veios. Entre os fornecidos podemos destacar:

- A placa de extracção deve estar recuada e em contacto em toda a sua área na placa de encosto (ou batentes).
- A afinação final da altura deve ser feita com o veio fixo no movimento e na placa de extracção.

### ***Afinação da Extracção***

A zona com ajustamento nos furos de extracção chega à bancada com uma sobreespessura (normalmente 0,3mm) para afinação.

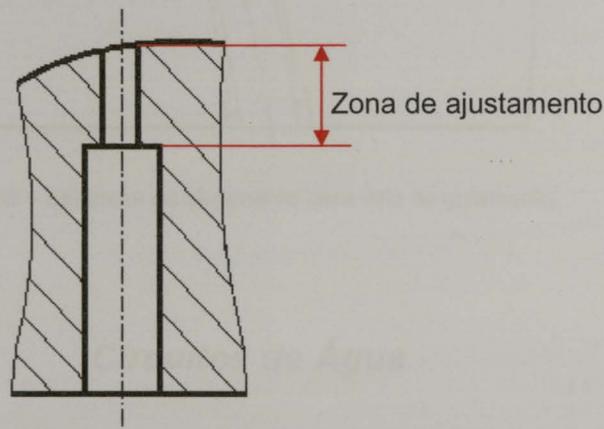


Figura 52 – Esquema do furo para extractor.

Assim é necessária executar a mandrilagem manual do furo na bancada até garantir o ajustamento de deslize ao extractor. Neste caso deve-se salientar que uma folga exagerada pode implicar a entrada de plástico no momento da injeção, daí a importância desta operação.

## **Mandrilar o Alojamento para Veios de Guiamento**

O alojamento para veios de guiamento em movimentos à extracção/levantadores chega à bancada com sobreespessura de 0,2 a 0,3 mm. Esta sobreespessura destina-se à correcção de desvios ocorridos na maquinagem dos alojamentos e nos furos de passagem do macho.

Assim nesta instrução foi indicado qual o procedimento mais correcto para a afinação do alojamento, como o caso da figura 53.

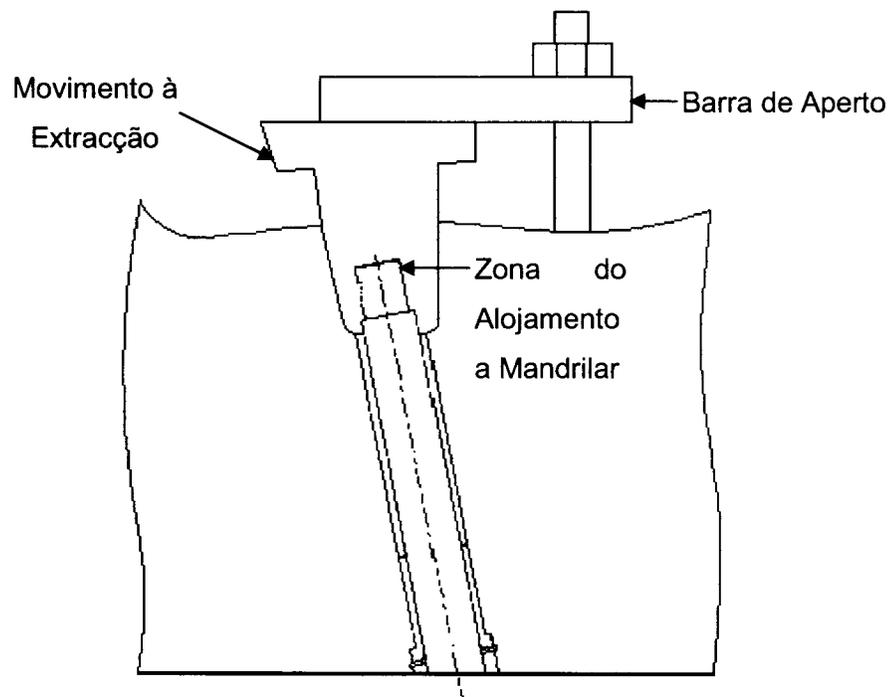


Figura 53 – Esquema do alojamento para veio de guiamento.

## **Circuitos de Água**

Nesta instrução de trabalho foi feita uma descrição das várias etapas de execução de um circuito de água. Assim temos:

1. A primeira operação a realizar é a identificação de cada circuito nos desenhos fornecidos.
2. Executar a limpeza dos circuitos.

3. Introdução dos tacos. A mudança de direcção nos circuitos de água é feita com estes elementos, como mostra a figura 54.

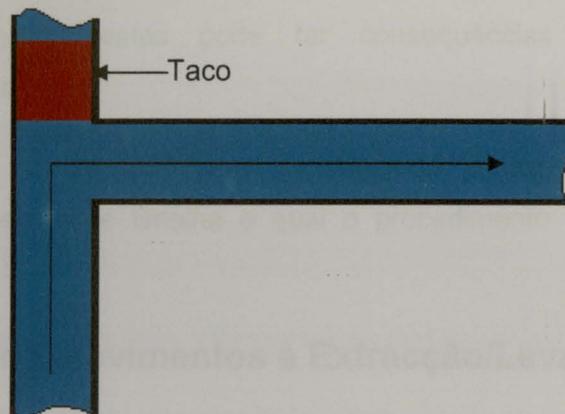


Figura 54 – Esquema da mudança de direcção em furo de água.

4. Colocação das palhetas para criar percursos no interior dos furos, como se pode ver na figura 55.



Figura 55 – Esquema de uma palheta.

5. Colocar bujões e acessórios in/out.
6. Testar os circuitos para as pressões indicadas.
7. Executar a medição do caudal.

## Limpeza de Circuitos para Ar/Água/Óleo

A operação de remoção das limalhas deixadas na furação é de grande importância, a presença destas pode ter consequências desastrosas no funcionamento do molde.

Assim nesta instrução de trabalho foram indicados as zonas onde existe maior probabilidade de deposição de limalha e qual o procedimento a adoptar para a remoção.

### Ajustamento de Movimentos à Extracção/Levantadores

Para a operação de ajustamento de movimentos à extracção/levantadores, como mostra a figura 56, foram indicadas as seguintes etapas de trabalho:

1. Verificar as dimensões do alojamento.
2. Eliminar marcas de fresagem nas superfícies do alojamento.
3. Ajustamento do movimento no alojamento. O ajustamento nesta fase (tipo preso) deve permitir um total assentamento da base do movimento no fundo do alojamento e garantir uma zona de vedação.
4. Com o movimento assente no alojamento mandrilar o alojamento do veio.
5. Retirar o conjunto movimento veio e executar a fixação.
6. Com o veio e o movimento na posição molde efectuar afinação até se conseguir um ajustamento deslizante.

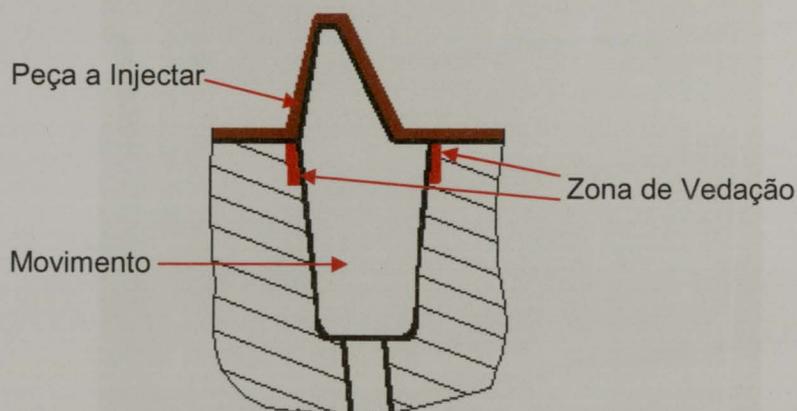


Figura 56 – Esquema de um movimento à extracção.

## **Ajustamento de Postiços**

Para o ajustamento de postiços a nota de maior destaque centra-se no facto de se tratar de um ajustamento do tipo preso. Este tipo de ajustamento dá-se como concluído quando a base do postiço assenta no alojamento e estiver garantida a área necessária à vedação.

Foi também foi introduzida uma nota de alerta para o caso das zonas com deficiente vedação o que implica o aparecimento de rebarba nas peças a injectar.

## **Afinação de Movimentos Mecânicos/Hidráulicos**

Esta operação de afinação dos movimentos com os respectivos acessórios (granzepes e réguas de deslize, como mostra a figura 57) foi dividida em três etapas. Assim temos:

1. Rectificação das réguas de deslize.
2. Rectificação dos granzepes.
3. Colocar o movimento na posição de funcionamento e afinar as orelhas ou granzepes de maneira a termos um ajustamento de deslize.



Figura 57 – Foto dos acessórios usados para o deslize de um movimento

## Pré – Montagem do Macho

A pré-montagem do molde é realizada para antecipar possíveis defeitos de componentes, em especial dos elementos de extracção e estruturais. Na figura 58 pode-se ver um exemplo de uma pré-montagem.



Figura 58 – Macho após a pré-montagem.

## Aperto do Molde na Prensa

Esta operação consiste na colocação e aperto do molde na prensa para se dar início ao seu ajustamento, como de pode ver na figura 59.

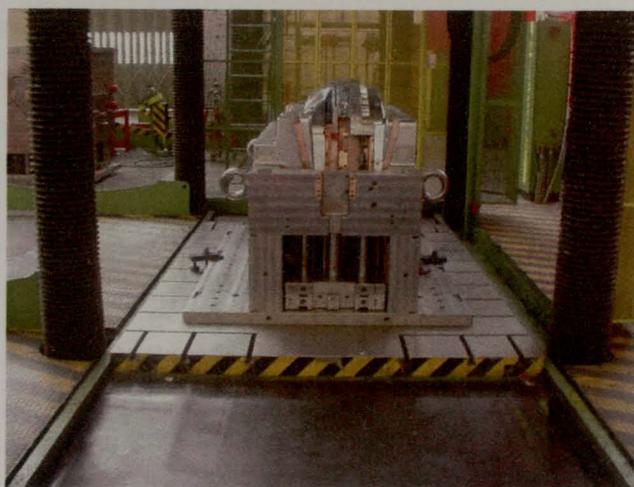


Figura 59 – Foto do lado macho do molde na prensa.

Das indicações fornecidas na instrução de trabalho, podemos destacar o facto de o lado do molde que fica no prato inferior não dever ser apertado. Desta forma é possível a correcção do seu posicionamento no momento de fecho do molde na prensa.

## ***Ajustamento do Molde na Prensa***

A operação de ajustamento do molde faz parte do seu processo de construção. É nesta fase que se garante que as partes moldantes principais (macho, cavidade, movimentos mecânicos) são trabalhadas de forma a garantir uma perfeita vedação entre elas. Esta operação foi dividida nas seguintes etapas:

1. Fecho do Molde.
2. Primeiros Fechos.
3. Fechos Intermédios
4. Ajustamento Final

## ***Cálculo Aproximado do Centro de Gravidade***

Devido a problemas na elevação do molde foi decidido elaborar uma instrução de trabalho com indicações para o respectivo cálculo aproximado do centro de gravidade do molde.

Para esta operação foi indicada o uso da ponte para elevação e pesagem do molde, assim como indicada uma fórmula de cálculo com base na lei dos momentos aplicada a um corpo estático.

## 10. Conclusão

Em primeiro lugar gostava de referir a implementação por parte da empresa das instruções de trabalho realizadas, pois estas mostraram-se de grande importância para o sector da produção de moldes.

Uma das maiores carências encontradas, especialmente nos operários com menor experiência foi a falta de informação sobre o funcionamento de um molde e a função dos componentes que tinham em mão no mesmo. Assim procurou-se que além da descrição das tarefas a realizar fosse também dada alguma informação sobre o funcionamento dos componentes, assim como as consequências provocadas pelos defeitos mais comuns.

Como a realização do projecto decorreu sempre em contacto directo com o sector da produção foi possível detectar inúmeras anomalias, que com uma leitura prévia das instruções de trabalho realizadas, poderiam ser evitadas.

## 11. Bibliografia

- MORAIS, Simões – Desenho Técnico básico
- FONSECA, Joaquim – Apontamentos da Cadeira de Fabrico de Moldes
- MARAFONA, Duarte – Apontamentos sobre Erosão
- Diversos catálogos de marcas de ferramentas



FACULDADE DE ENGENHARIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO

BIBLIOTECA



0000C91312



UNIÃO EUROPEIA  
Fundo Social Europeu



*Mais Educação*