



FEUP

Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia

PROJECTO DE FIM DE CURSO

Projecto realizado por:

Frederico Filipe Carvalho Monteiro

Supervisor na FEUP:

Eng. Joaquim de Oliveira Fonseca

Orientador na Simoldes Aços Lda.:

Eng. Vítor Costa



SIMOLDES AÇOS

621(047.3)
LEM 2001/MONf

Julho 2002



Agradecimentos

Quero agradecer à empresa Simoldes Aços Lda. pela disponibilidade prestada na realização do meu projecto de fim de curso. Quero agradecer a todos os que de uma forma directa me apoiaram ao longo do meu projecto, mas em especial ao meu orientador Eng. Vítor Costa, ao Eng. Noites, ao Sr. Sílvio, ao Sr. Paulo, e ao Sr. Mário por toda a atenção que me deram, bem como por terem partilhado comigo os seus conhecimentos.

Agradeço também ao Eng. Fonseca a orientação dada ao longo de todo o projecto, que me proporcionou um melhor entendimento do mesmo.

Quero agradecer ao programa PRODEP que financiou este estágio.

A TODOS O MEU OBRIGADO

621 (047.3)/LEM 2001/MONT

Universidade do Porto	
Faculdade de Engenharia	
Biblioteca	
Nº	71221
CDU	621 (047.3)
Data	16/4/2007

Índice

ÍNDICE DE FIGURAS.....	4
OBJECTIVO	6
INDÚSTRIA DE MOLDES PORTUGUESA	7
GRUPO SIMOLDES	11
<i>Simoldes Aços.....</i>	15
PROJECTO	17
SITUAÇÃO ENCONTRADA.....	19
COBRE	19
<i>Principais características:</i>	19
ELÉCTRODOS DE COBRE COM 9.5 MM DE ESPESSURA.....	21
ELÉCTRODOS DE COBRE COM MAIS DE 9.5 MM DE ESPESSURA	23
MÁQUINA UTILIZADA NA MAQUINAÇÃO DOS ELÉCTRODOS.....	25
MÁQUINAS DE ELECTROEROSÃO	26
PESQUISA.....	27
TESTES DE METROLOGIA	27
<i>Eléctrodo 1</i>	27
<i>Eléctrodo 2</i>	28
TESTES DE VIBRAÇÃO	28
<i>Eléctrodo 1</i>	28
<i>Eléctrodo 2</i>	29
CONTROLE A DOIS ELÉCTRODOS COM 19 MM DE ESPESSURA	29
ESTUDO A ELÉCTRODOS REALIZADOS NA EMPRESA.....	30
A ALTA VELOCIDADE NA MAQUINAÇÃO DE ELÉCTRODOS	32
QUAIS AS VANTAGENS DA HSM?	33
SITUAÇÃO ENCONTRADA NOUTRAS EMPRESAS DO GRUPO.....	34
IMA	34
IGM	34
MDA.....	34
MECAMOLDES.....	34
GRAMAQ.....	35

ALTERAÇÕES PROPOSTAS.....	37
SUPORTES	38
Maquinar directamente “rasgos” nos eléctrodos.....	38
Suporte H 5.51.12 da Hirschmann.....	40
Suporte H 5.50.3	42
Suporte H 5.51.17	43
Suporte H 5.50	43
Suporte H 5.50.35	44
Suporte em alumínio feito numa empresa	45
PALETES	47
Paletes H 8.320MF9 da Hirschmann	47
Paleta feita na empresa	48
Paleta H 8.320PS5 da Hirschmann	50
CENTRALIZAÇÃO DA MAQUINAÇÃO DE ELÉCTRODOS	51
CONCLUSÃO	52
ESTRUTURA DO ESTÁGIO	55
BIBLIOGRAFIA	57
ANEXOS	58
Anexo 1	Recursos Humanos
Anexo 2	Mercado de vendas por sector
Anexo 3	Vendas por país
Anexo 4	Descrição do Processo Produtivo
Anexo 5	Propriedades do cobre
Anexo 6	Pastilhas utilizadas na maquinação
Anexo 7	Eléctrodo 1 Testado na Metrologia
Anexo 8	Eléctrodo 2 Testado na Metrologia
Anexo 9	Recolha histórica de eléctrodos
Anexo 10	Cálculo do tempo de maquinação dos rasgos

Índice de figuras

Figura 1	Peso relativo dos mercados clientes.....	8
Figura 2	Balança comercial.....	9
Figura 3	Principais clientes da Simoldes.....	11
Figura 4	Principais componentes de moldes na indústria automóvel.....	13
Figura 5	Bloco de cobre.....	19
Figura 6	Serra de fita de cortar o cobre.....	20
Figura 7	Suporte H 50/50	21
Figura 8	Suporte H 50/50 depois de maquinado.....	21
Figura 9	Eléctrodo de cobre com respectivo suporte.....	21
Figura 10	Bloco de aperto hidráulico H 83.20.....	21
Figura 11	Eléctrodo Maquinado com a ajuda de um grampo.....	22
Figura 12	Suporte H 50.30.....	23
Figura 13	Suporte <i>Erowa</i>	23
Figura 14	Punção da marcar o cobre.....	23
Figura 15	Suporte H 50.50 utilizado em electroerosão	23
Figura 16	Marcas no eléctrodo de cobre.....	24
Figura 17	Desalinhamento do eixo do Z	24
Figura 18	Torcimento em torno de Z	24
Figura 19	Máquina utilizada na maquinação de eléctrodos.....	25
Figura 20	Máquina de electroerosão.....	26
Figura 21	Máquina de electroerosão por fio.....	26
Figura 22	Teste na metrologia.....	27
Figura 23	Eléctrodo 1 testado na metrologia.....	27
Figura 24	Eléctrodo 2 testado na metrologia.....	28
Figura 25	Teste de vibração com comparador.....	28
Figura 26	Linhas comparadas.....	29
Figura 27	Eléctrodo de grafite com o suporte H 5.49A.....	35
Figura 28	Eléctrodo de grafite com rasgos em cruz.....	36
Figura 29	Suporte minifix.....	38

Figura 30	Rasgos num eléctrodo de cobre.....	38
Figura 31	– Marcas dos rasgos no bloco de cobre.....	39
Figura 32	Suporte H 5.51.12.....	40
Figura 33	Parafuso empresado na empresa.....	40
Figura 34	Desenho do parafuso empresado na empresa.....	40
Figura 35	Suporte H 5.51.12.....	41
Figura 36	Suporte H 5.51.12 com eléctrodo.....	41
Figura 37	Suporte H 5.50.3.....	42
Figura 38	Suporte H5.51.17.....	43
Figura 39	Suporte H 5.50.....	43
Figura 40	Suporte H 5.50.35.....	44
Figura 41	Suporte de alumínio com sistema de fixação U-holder....	45
Figura 42	Suporte de alumínio existente na empresa.....	45
Figura 43	Adaptador U-holer para palete.....	45
Figura 44	Palete H 8.320MF9 da <i>Hirschmann</i>	46
Figura 45	Palete H 8.320P da <i>Hirschmann</i>	46
Figura 46	Palete H 8.11.32.....	46
Figura 47	Eléctrodo de grafite com rasgos em cruz.....	48
Figura 48	Palete vista de traz.....	49
Figura 49	Pontos comparados.....	49
Figura 50	Palete H 8.320PS5 da <i>Hirschmann</i>	50
Figura 51	Esquema de fixação das paletes.....	50

Objectivo

O objectivo que me propuseram neste projecto foi o de desenvolver o sistema de paletização na maquinação de eléctrodos e sua utilização na electroerosão (EDM) usando como base os recursos existentes.

Indústria de Moldes Portuguesa

Portugal ocupa um lugar cimeiro, a nível mundial, no âmbito da Indústria de Moldes para plásticos. Cada vez mais, grandes multinacionais (indústria automóvel, embalagem, electrónica/telecomunicações, electrodomésticos, etc.) seleccionam empresas nacionais para o fabrico dos seus moldes, destinados a alguns dos melhores produtos de grandes marcas internacionais. A sua escolha baseia-se na perícia e experiência dos fabricantes de moldes portugueses, ao nível das normas de qualidade, assistência técnica, prazos de entrega, preços praticados e capacidade tecnológica.

A Indústria de Moldes para matérias plásticas teve o seu início em 1943, na Marinha Grande, numa pequena empresa de moldes para vidro, por iniciativa de Aníbal H. Abrantes mas sem a concordância do sócio e irmão Aires Roque, que por isso vendeu a sua posição na empresa, continuando a sua actividade na indústria vidreira. Dois anos mais tarde, Abrantes produziu o primeiro molde de injeção para plástico.

Neste seguimento, começaram a estabelecer-se outras empresas produtoras de moldes para plásticos, nas cidades da Marinha Grande e Oliveira de Azeméis, outro centro tradicional da indústria de vidro. A indústria desenvolveu-se com a importação de tecnologia estrangeira e, em 1955, iniciou-se a exportação com a venda dos primeiros moldes à Grã-Bretanha. Em 1980, a indústria já exportava para mais de 50 países e só na área da Marinha Grande existiam 54 empresas em laboração, empregando cerca de 2000 pessoas.

A indústria portuguesa de moldes tem vindo a crescer e a ganhar projecção, impulsionada, não pela procura interna, mas sim, por uma procura externa interessada numa relação qualidade do produto interessante a preço

reduzido. Actualmente, o sector de moldes em Portugal possui cerca de 250 empresas com a dimensão típica de PME's (Pequenas e Médias Empresas), situadas na sua maioria na Marinha Grande e em Oliveira de Azeméis, empregando cerca de 7500 pessoas.

Actualmente, as empresas portuguesas de moldes encontram-se na vanguarda da utilização de máquinas- ferramentas de precisão inovadoras, controladas informaticamente, sendo vulgar a utilização de sistemas CAD/CAM/CAE na concepção e fabrico de moldes. Conceitos como Engenharia Simultânea ou Concorrente e Qualidade Total, por exemplo, são conceitos que se começam a generalizar em algumas empresas do sector.

Estimulado pela procura externa, este sector tornou-se claramente sobredimensionado para o número de empresas transformadoras de plástico existentes no nosso país, necessitando sempre de manter uma elevada expressão nos mercados internacionais capazes de absorver a sua capacidade de produção.

Portugal encontra-se em décimo lugar entre os maiores fabricantes mundiais de moldes, e em nono nos moldes para plásticos, exportando cerca de 90% da sua produção.

Deste modo, Portugal tem demonstrado, ao longo dos anos, uma elevada capacidade de adaptação às evoluções, quer dos mercados quer das tecnologias. Portugal é um dos maiores fornecedores mundiais de moldes de precisão para a indústria do plástico e teve em

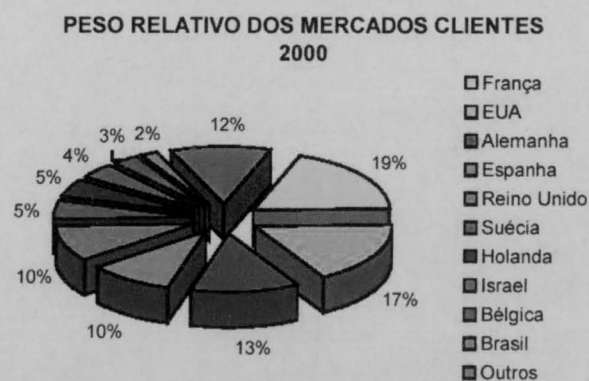


Figura 1 – Peso relativo dos mercados clientes

2000, como principais mercados, a França, Estados Unidos.

Alemanha, Espanha e Reino Unido. Desde a entrada de Portugal em 1986 na União Europeia, os mercados europeus passaram a ser os principais clientes dos moldes portugueses.

O futuro desta indústria está assegurado através do seu desenvolvimento tecnológico, do correcto planeamento da produção e controle de qualidade, da modernização constante dos equipamentos em utilização e do investimento na formação profissional.

A transmissão recíproca de dados relacionados com o projecto e a produção de moldes, fruto dos excelentes suportes informáticos em curso na indústria portuguesa, tem vindo a fortalecer a relação cliente/fornecedor.

As empresas portuguesas de moldes têm vindo a desenvolver alguma especialização em áreas específicas. Algumas trabalham somente com cavidades ou bases de moldes, polimentos, moldes de grande porte e outras em moldes de maior precisão.

O saldo da balança comercial registou uma tendência crescente nos anos considerados, tendo passado de 80,8 milhões de euros em 1990 para 230,9 milhões em 2000, o que equivale a um aumento de 186% correspondendo a uma taxa média de crescimento anual de 18,6%.

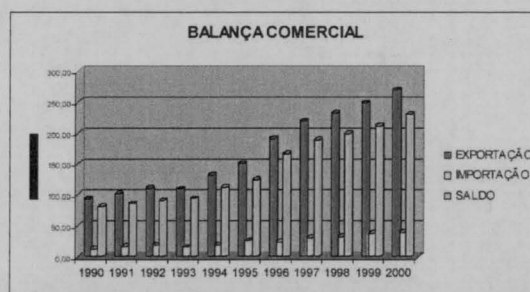


Figura 2 – Balança comercial

Ao longo dos anos a indústria portuguesa tem vindo a apostar na qualificação e especialização de técnicos profissionais. Institutos especializados



concentraram-se na Marinha Grande e em Oliveira de Azeméis, evidenciando o desejo das empresas portuguesas de moldes reunirem os seus esforços num objectivo comum. Exemplo desta conjugação de esforços é a promoção de imagem do sector a nível externo, desenvolvida através da colaboração entre a CEFAMOL - Associação Nacional da Indústria de Moldes e o ICEP - Investimentos, Comércio e Turismo de Portugal.

O progresso e a vanguarda desta indústria deve-se, para além da sólida experiência e Know-how, ao cumprimento dos prazos de entrega, ao rigoroso controlo de qualidade, à elevada experiência, à competitividade, ao investimento em alta tecnologia, factores que asseguram a continuidade do fornecimento de moldes portugueses aos mercados mais exigentes no mundo.

Grupo Simoldes

Em Portugal, Simoldes é um nome que a indústria automóvel conhece bem. Lá fora, os investimentos sucedem-se e os grandes construtores já não ignoram este fabricante.

Brasil, França, Espanha, Polónia e Roménia. Estes são os tentáculos de um polvo chamado Simoldes, cuja cabeça se encontra em Portugal, em Oliveira de Azeméis.

O início do grupo remonta a 1959 com a Simoldes Aço, mas hoje em dia divide-se entre a divisão de moldes e a divisão de plásticos, nascida nos anos 80 com a empresa Simoldes Plásticos, através da MDA, com capacidade instalada de moldes até 100 toneladas, a IMA e a IGM com capacidade para moldes entre as 20 e as 25 toneladas e a Mecamolde, que comprou no final de 2000, para fazer o pequeno e o médio molde.

Vinte camiões TIR carregados de componentes saem diariamente das empresas da Simoldes, em Oliveira de Azeméis, para unidades do sector



Figura 3 – Principais clientes da Simoldes

automóvel na Europa. Espanha e França são os principais destinos da produção deste grupo português, que trabalha para as mais importantes marcas mundiais e conseguiu surpreender os franceses da Renault, nos anos 80, pela sua capacidade de resposta «just in time».

Apesar de Oliveira de Azeméis estar afastada das rotas da indústria automóvel, a Simoldes conseguiu garantir resposta «just in time» à procura, através da aproximação das empresas de moldes e de injeção, sempre lado a lado, e da transformação dos camiões numa espécie de armazéns sobre

rodas. Contactos via fax para os postos de abastecimento nas estradas europeias permitiram antecipar entregas.

Igualmente importante para o sucesso da Simoldes tem sido o desenvolvimento de novas tecnologias. Com uma equipa de perto de 100 engenheiros e de um total de 2500 trabalhadores, a R&D (*Research & Devellopment*) é uma actividade levada muito a sério pela Simoldes, onde investe cinco por cento do volume de facturação.

À custa disso, está a ser fabricado um novo Clio onde foi introduzido um conceito novo de injeção de plástico sob os tecidos que foi o resultado de um projecto de R&D. No ano 2000, eram a única empresa no mundo a desenvolver tal tecnologia.

O volume de facturação global do grupo de 200 milhões de euros, e uma produção diária de peças injectadas para mais de 10 modelos de automóvel, alguns com cadência superior a dois mil veículos, fazem do grupo o maior fabricante nacional de moldes e injeção de plásticos e garantem-lhe uma posição confortável entre os maiores centros de produção da Europa. Actualmente, a Simoldes é o maior produtor mundial de moldes para a indústria automóvel, e representa entre 15 a 20 por cento das exportações nacionais do sector. Nos próximos anos espera-se que a estratégia de crescimento leve a Simoldes a atingir a bonita soma de 500 milhões de euros, em 2004.

A este disparo da Simoldes em termos de facturação não será alheia a estratégia fortemente investidora desta empresa, que para além das unidades de produção já implantadas no Brasil (3) e em França (1), conta arrancar com novas empresas na Polónia, Roménia e em Espanha.

Este esforço expansionista reflecte não só uma estratégia de crescimento mas também uma tentativa de acompanhar a “pedalada” dos construtores, já que sem esses investimentos seria impossível garantir o seu fornecimento, houve uma aproximação a esses construtores e à filosofia que eles agora impõem aos seus fornecedores, através da implantação directa de unidades de produção ou de parcerias.

Assim nasceram os projectos de criação de duas unidades produtivas, na Polónia e em Espanha. No caso espanhol, a implantação desta empresa tem directamente a ver com uma proposta de fornecimento à nova unidade da Seat, do Grupo Volkswagen, a instalar em Barcelona. Este investimento torna-se uma prioridade porque a curto prazo prevê-se que a SEAT seja um dos seus principais clientes.

O caso romeno tem contornos ligeiramente diferentes: a Simoldes foi escolhida para desenvolver todos os módulos em moldes (desde o *tablier* de bordo e painéis de porta aos revestimentos, tectos e pára-choques) de um novo carro de raiz para a Renault, o Dacia. Neste caso, o Grupo Simoldes entra numa parceria com a Renault e um grupo croata, com capital tripartido.

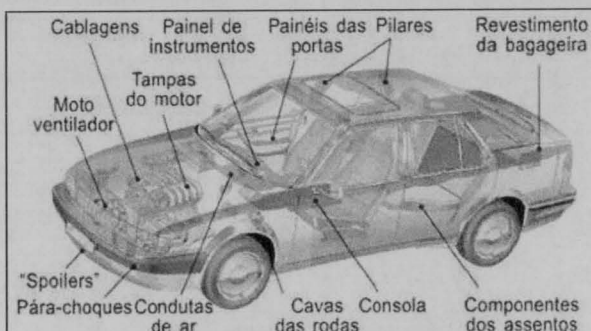


Figura 4 – Principais componentes de moldes na indústria automóvel

A estratégia de aproximação aos grandes construtores mundiais, no sentido de se tornar num fornecedor de primeira linha, tem sido marcada pelo sucesso.

Na gestão, no entanto, o grupo não segue as últimas tendências. Longe da Bolsa, sem cair na tentação de criar uma «holding» e já a preparar a

passagem de testemunho ao filho, António Rodrigues prefere manter a autonomia das suas empresas, que integram, também, uma mediadora de seguros e uma unidade de reciclagem. A ideia é aproveitar sinergias em unidades fabris com dimensão de autocontrolo, porque as estruturas leves - até 10 pessoas na direcção - evitam a burocracia e revelam-se mais eficientes. Com todas as empresas de Oliveira de Azeméis construídas na mesma rua, à excepção da Plastaze, a dois quilómetros do núcleo, o grupo aposta na capacidade de decisão rápida, num ambiente unifamiliar, sem conflitos nem dependências do exterior.

Os componentes automóveis representam 90% da produção do grupo Simoldes, que optou por especializar-se na produção de painéis de portas laterais, por vantagens comparativas no transporte, mas trabalha numa base alargada, tendo desenvolvido, por exemplo, quase todo o interior do Clio II.

Noutra plataforma, a Simoldes posiciona-se também como uma das maiores candidatas ao estabelecimento de uma parceria para o projecto da Pininfarina, quer este venha a deslocar-se para Portugal ou para a Galiza.

Com cerca de 95 por cento da sua facturação dependente do sector automóvel, a Simoldes terá atingido no ano passado os 10 milhões de euros de lucro. O grupo tem alguns negócios ainda pouco significativos na área dos electrodomésticos e electrónica mas que, em caso de crise no sector automóvel pode bem ser uma boa escapatória. Mas isso não preocupa, para já, a maior empresa nacional do sector. Pelo contrário, a estratégia anti-crise é o reforço das competências tecnológicas e de inovação, procurando integrar os produtos em módulos e não em componentes.

Simoldes Aços

A Simoldes Aços Lda. é uma empresa que se dedica ao ramo de concepção e fabrico de moldes para injeção de termoplásticos que, iniciou a sua actividade para fabrico de pequenos moldes para artigos domésticos e brinquedos.

Fundada em 30 de Novembro de 1959, por Manuel da S. Carreira, Nelson P. Lemos e J. M. Santos Godinho, com o capital de 200 milhões de euros, a Simoldes Aços Lda. é actualmente liderada pelos Sócios, António da Silva Rodrigues, Maria Aldina F. Valente e Rui Paulo Valente Rodrigues.

Possui actualmente 15.725 m² de terreno, no qual estão implantadas as suas instalações administrativas e fabris, numa área coberta de 12.200 m² sendo 7.500 m² afectos directamente constituída por 186 trabalhadores, maioritariamente do sexo masculino e que apresentam uma média de idades que rondam os 30 anos e as habilitações são, em média bastante baixas. É na produção que se encontram a maioria dos trabalhadores com baixas habilitações, devido a não haver formação específica. Isto deve-se ao facto da maioria do trabalho feito no molde ser artesanal que, no entanto, é colmatado com acções de formação que complementam os conhecimentos adquiridos ao longo dos anos anexo 1.

A qualidade é assumida na Simoldes Aços Lda., não como uma obrigação, mas como uma necessidade do mercado onde se inserem, e por isso, para todos os colaboradores qualidade não é uma palavra vã. A empresa é certificada pelo Instituto Português da Qualidade pela norma ISO 9001 e pondera-se a possibilidade de caminharem para o prémio de excelência.

A empresa, de acordo com a sua política, faz investimentos que lhe permitam estar a par dos seus concorrentes neste sector. Para tal dispõe por ano, de

cerca de 10% (em média) do seu volume de negócios para investimentos corpóreos.

De destacar o investimento feito em equipamento básico (68% do total do investimento corpóreo), baseado nessa mesma política para aquisição de equipamento tecnológico ou industrial, necessário para a constante actualização da Simoldes Aços Lda., em relação ao que de melhor existe a nível mundial, para equipar a indústria de moldes.

O sector automóvel é o destino por excelência das vendas da empresa, sendo este o nicho de actividade da empresa – moldes de alto rigor técnico.

Conta habitualmente na sua carteira de encomendas projectos destinados a marcas como: Renault, Volvo, BMW, VW, Saab, Mitsubishi, Peugeot, Philips, Hoover, Nokia, Thomson, IBM, Grundig anexo 2.

Estas empresas, extremamente exigentes, estabelecem com a Simoldes Aços Lda., verdadeiras relações de parceria, permitindo cada vez mais melhorar os seus produtos, produzindo-os com maior qualidade e com prazos mais reduzidos.

À semelhança da totalidade da indústria de moles Portuguesa a empresa exporta maior parte da sua produção – cerca de 80%. Dos mercados de exportação, a França é o maior com cerca de 43%, mas é de realçar a presença de exportações para o mercado sul americano, normalmente Brasil e Argentina. Dentro da U.E. os maiores países clientes são a França o Reino unido e a Alemanha anexo 3.

No anexo 4 está descrito o processo produtivo da empresa.

Projecto

O processo de electroerosão por penetração é um processo onde se retira material devido a uma série de descargas eléctricas, separadas por um certo intervalo de tempo, que ocorrem entre dois pólos, sendo um dos pólos a peça que se quer maquinar e o outro, o eléctrodo, que é uma ferramenta cuja forma é inversa à que se pretende obter. A sua dimensão é, no entanto, inferior à forma que se pretende realizar, devido à existência do gap, sendo este o espaço entre o eléctrodo e a peça no qual ocorre as descargas eléctricas.

Este processo de maquinação é bastante mais lento que o processo de maquinação convencional. No entanto, há diversas formas que são impossíveis de realizar por qualquer outro processo. Assim, sempre que possível, desbasta-se primeiro com um processo de arranque de apara e apenas se utiliza a electroerosão para execução dos pormenores de acabamento de modo a reduzir o tempo total de erosão.

Os eléctrodos são realizados pela tecnologia de corte por arranque de apara, e muitas vezes com trabalho manual para cantos interiores com raios de concordância muito pequenos ou nulos, por exemplo. Os eléctrodos devem ser preparados antes das peças a erodir irem para as máquinas de electroerosão de modo a não prolongarem ainda mais o processo de electroerosão. Para isso o ideal seria fazer os eléctrodos com muita antecedência, no entanto com um maior encurtamento dos prazos de entrega, muitas das vezes o projecto dos moldes são realizados em paralelo com a produção dos mesmos e cada vez mais em cima da hora que são pedidos os eléctrodos.

Na Simoldes Aços Lda. a electroerosão é feita por eléctrodos em cobre ou em grafite, sendo, no entanto, apenas os de cobre maquinados na empresa. Assim, será a maquinação destes últimos que irá ser tratada neste relatório.

Inicialmente os eléctrodos de grafite também eram maquinados na empresa, mas devido ao facto de as máquinas existentes na mesma não terem condições de aspiração nem velocidade necessárias para a respectiva maquinação, estes passaram a ser subcontratados. Opta-se pela realização de eléctrodos em grafite sempre que estes são de elevadas dimensões, quando há excesso de eléctrodos para maquinar na empresa, ou quando a empresa não tem disponibilidade para desenhar os eléctrodos, sendo a empresa subcontratada responsável pelo estudo e execução dos mesmos.

A maquinação dos eléctrodos de cobre inicialmente era realizada apertando o bloco de cobre na prensa, depois de galgadas todas as suas faces, sendo posteriormente comparados e referenciados quando fossem para a máquina de electroerosão. No entanto, este era um processo muito demorado, pelo que, por forma a torná-lo mais rápido, foram criados suportes para substituir a prensa. A principal vantagem deste suportes era referenciar os eléctrodos, não se perdendo, assim, tanto tempo de preparação na máquina de electroerosão.

No sentido de melhorar ainda mais as performances e diminuir o tempo do ciclo da produção e controlo do eléctrodo, muitas empresas estão a aplicar novas metodologias de trabalho e a utilizar acessórios e equipamentos no sentido de automatizar ainda mais a produção.

Assim esta tecnologia está a tornar-se cada vez mais atractiva para a indústria de moldes na obtenção de geometrias complexas ou com formas que continuam a ser demasiado difíceis de executar pelas tecnologias de corte por arranque de apara.

Situação Encontrada

Cobre

O cobre usado para a realização de eléctrodos é o cobre telco, que é uma liga de cobre e telúrio, de fácil maquinação e especialmente produzido para uso em electroerosão. A sua composição e propriedades encontram-se no anexo 5.

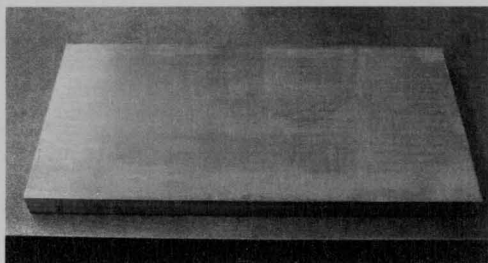


Figura 5 – Bloco de cobre telco

Principais características:

- Tem uma grande resistência à formação de carvão, sendo recomendado para trabalhos onde não seja possível uma boa limpeza.
 - A sua facilidade de maquinação permite uma grande redução nos custos de fabricação dos eléctrodos, relativamente aos de cobre electrolítico.
 - É muito resistente ao desgaste mesmo em condições de fraca limpeza.
- Não aquece excessivamente ao maquinar e, consequentemente, reduz as deformações.
- A apara separa-se facilmente da ferramenta de corte.
 - Embora não tendo em erosão tão boas performances como o grafite, não quebra tão facilmente durante o manuseamento dos eléctrodos e não produz qualquer tipo de poeira na sua maquinação.

A espessura dos eléctrodos é igual à espessura do bloco de cobre que lhes dá origem, sendo a sua largura e altura definidas conforme se corta o bloco de cobre, corte esse realizado por uma serra de fita, como se pode ver na fig. 6.

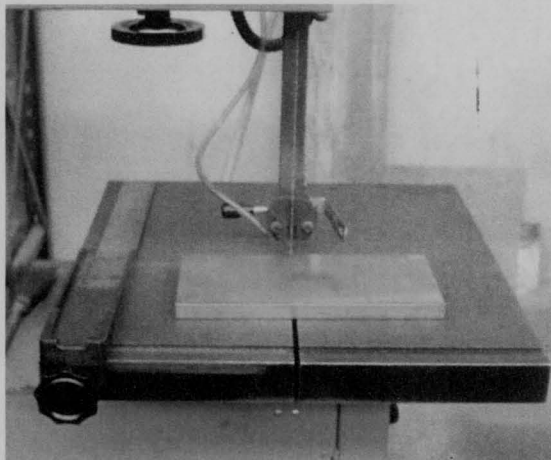


Figura 6 – Serra de fita de cortar o cobre

Assim, a espessura dos eléctrodos de cobre é limitada às espessuras dos blocos de cobre existentes no mercado, que são 9,5 mm; 12,7 mm; 19 mm; 25 mm; 30 mm; 38 mm e 50 mm. Os eléctrodos com a espessura de 12,7 mm não são usados na empresa, uma vez que, quase sempre, os que se fazem com esta espessura também podem ser feitos com a espessura de 9,5 mm.

Irei fazer a análise separando os eléctrodos em dois grandes grupos, devido à existência de grandes diferenças entre ambos, sendo eles:

- Eléctrodos com espessura igual a 9.5 mm
- Eléctrodos com espessura superior a 9.5 mm

A principal diferença entre estes os dois tipos de suporte reside no facto do cobre de 9,5 mm não ter uma base suficiente, devido à sua pequena espessura, para assegurar o apoio.

Eléctrodos de cobre com 9.5 mm de espessura

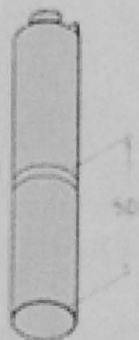


Figura 7 – Suporte H 50/50

Os suportes existentes na Simoldes Aços para eléctrodos com 9,5 mm de espessura são os H 50/50 da *Hirschmann*. Estes foram adquiridos com a forma que se pode ver na fig. 7 e posteriormente maquinados na empresa, sendo feito um furo no seu interior de forma a permitir o eléctrodo fixo ao suporte através de um parafuso. É também feito um “rasgo” no topo do suporte, impedindo assim o eléctrodo de rodar durante a

maquinação e conferindo-lhe

mais estabilidade. A única coisa que impede o eléctrodo de sair da sua posição é então o parafuso

que o prende ao suporte, assim, este tipo de eléctrodos não podem ser



Figura 8 – Suporte H 50/50 depois de maquinado

retirados dos seus suportes para não perderem as suas referências. Por este motivo existem vários suportes deste tipo.

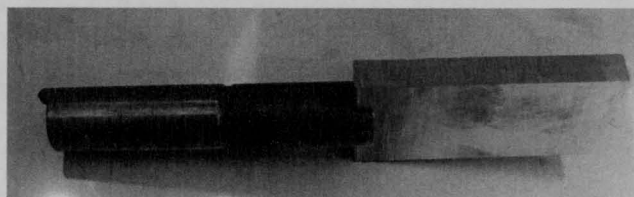


Figura 9 – Eléctrodo de cobre com respectivo suporte

Estes suportes H 50/50 são fixos à mesa da máquina através do bloco de aperto H 83.20 (fig. 10). Este suporte, como se pode facilmente concluir pelas suas dimensões, não é viável para paletizar, facto este que levou a Hirschmann a pô-lo um pouco de parte hoje em dia.

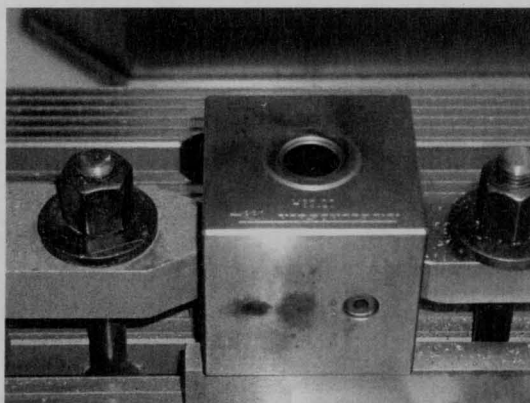


Figura 10 – Bloco de aperto hidráulico H 83.20

Como o eléctrodo está sujeito a vibrações durante a maquinação, recorre-se a um grampo para minimizar esse problema. No entanto, esta solução não é compatível com a paletização/automatização.

Uma maneira possível de reduzir a vibração seria mudar a máquina para uma máquina de maior velocidade, de modo a se reduzir a força de corte. Outra forma seria a de substituir o suporte por um mais resistente à vibração, ou ainda, diminuir o incremento e/ou a velocidade de avanço o que levaria a uma indesejada diminuição da produtividade.



Figura 11 – Eléctrodo Maquinado com a ajuda de um grampo

Eléctrodos de cobre com mais de 9.5 mm de espessura

Os eléctrodos de cobre com mais de 9,5 mm de espessura são maquinados nos suportes H 50.30 (figura 12) sendo estes também fixos nos cubos H 83.20 e depois retirados deste suporte e fixos em suportes H50/50 na electroerosão.

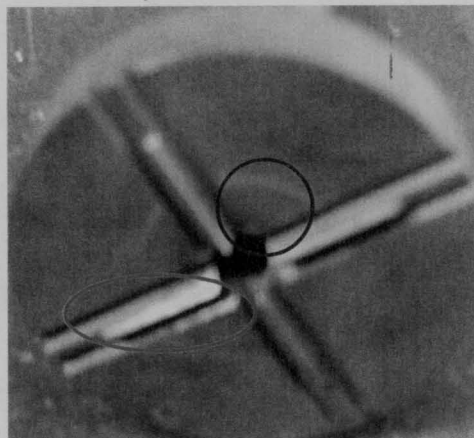


Figura 12 – Suporte H 50.30

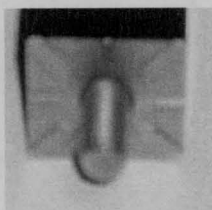


Figura 13 – Suporte Erowa

Este sistema de fixação suporte/eléctrodo utilizado na empresa foi inspirado no sistema utilizado pela EROWA (figura 13), mas fabricado internamente (figura 15). A principal vantagem deste sistema é a facilidade de realizar no cobre os rasgos necessários para este encaixar no suporte, bastando para tal puncionar (punção da fig. 14) o eléctrodo e fazer um furo roscado.

As partes assinaladas com a elipse verde nas figuras 12 e 15 têm como função impedir o eléctrodo de rodar em torno do parafuso, enquanto que os planos assinalados a azul garantem o assentamento do eléctrodo. A

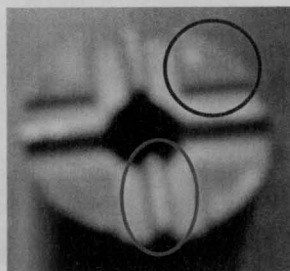


Figura 15 – Suporte H 50.50 utilizado em electroerosão

repetibilidade deste suporte reside no bom funcionamento destes dois factores. No entanto os problemas começam



Figura 14 – Punção da marcar o cobre

a surgir logo na base dos eléctrodos que deveria ter uma boa planeza mas está longe de a ter, apesar dos eléctrodos serem prensados contra os suportes de maquinação, durante a fixação de maneira a ficarem com as marcas bem

definidas e que se podem ver na figura 16. Os quatro planos assinalados a azul na fig. 15 deveriam ser também rectificados e ter uma rugosidade baixa o que também não acontece. Isto pode originar a ocorrência de um desalinhamento do eixo dos Z (Fig. 17) não sendo estas normalmente controladas na preparação da electroerosão.

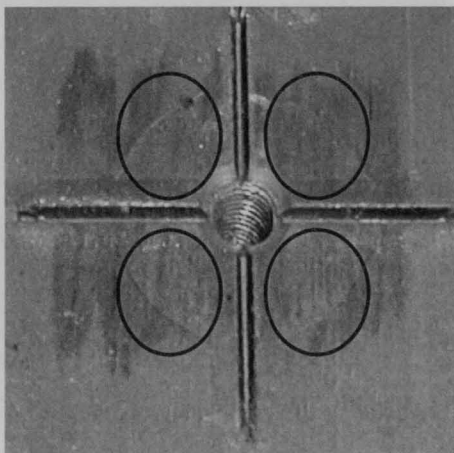


Figura 16 – Marcas no eléctrodo de cobre

Quanto às partes assinaladas a verde as do suporte H 50.30 são mais estreitas do que

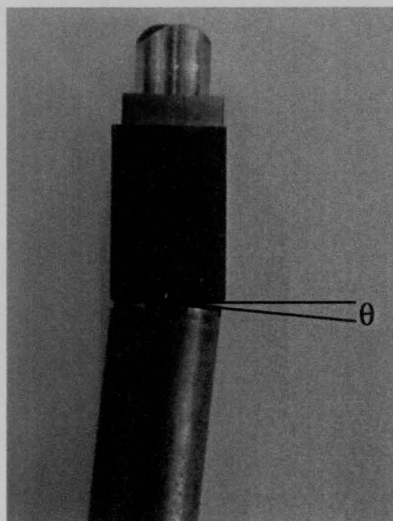


Figura 17 – Desalinhamento do eixo do Z.

no suporte H 50.50 com o objectivo de reduzir as folgas possíveis. No entanto, por vezes, a espessura dos rasgos feitos manualmente é maior do que a dos suportes de maquinação, devido à força humana não ser facilmente controlável, que é muitas vezes excessiva, e que pode levar a que ocorra um torcimento em torno de Z (Figura 18). Assim, e antes de cada erosão, quando são usados estes suportes, o operador compara uma face, maquinada especificamente para o efeito, para verificar se esta está paralela com o eixo de movimento da

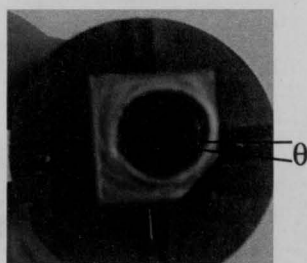


Figura 18 – Torcimento em torno de Z

mesa. Caso contrário, é então, feita a respectiva correcção. Segundo um dos operadores das máquinas de electroerosão, os eléctrodos com este tipo de suporte têm de ser corrigidos por várias vezes. Este procedimento demora tempo que deveria ser evitado na máquina de electroerosão, que é o ponto crítico de todo o processo e dificulta

também a automatização do próprio processo.

Máquina utilizada na maquinação dos eléctrodos

A máquina utilizada na maquinação de eléctrodos é uma Rambaudi Versamatic 400, sendo a sua velocidade de avanço e rotação máxima, respectivamente, 15 m/min e 4500 rpm. As suas principais características encontram-se na tabela 1.

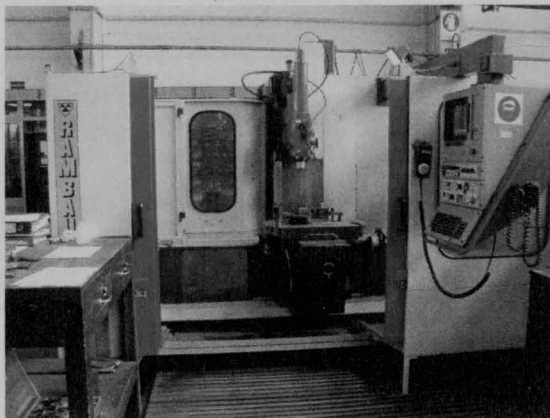


Figura 19 – Máquina utilizada na maquinação de eléctrodos

Altura Max. Árvore Mesa	Cursos				Cabeça			Avanço Trabalho	Mesa rotativa	Peso (t)
	Long.	Trans	Verti.	IV	Kw	rpm	Inclinação			
655	800	400	550	90	10	40/4500	90/-90	7500	Não	0,7

Tabela 1: Características da máquina utilizada

As pastilhas utilizadas para maquinar o cobre são as KENNAMETAL DCGT070202HP cujas características se podem observar no anexo 6. A velocidade de avanço recomendada é de 600 m/min, que é muito maior do que a possível pela máquina. A velocidade de rotação recomendada, tendo a fresa 16 mm de diâmetro, é de aproximadamente 12000 rpm. Como se pode ver, só utilizando maquinação de alta velocidade é que se poderia tirar o melhor proveito das capacidades das pastilhas.

Máquinas de electroerosão

Na Simoldes Aços Lda. existem 9 máquinas de electroerosão por penetração e uma por fio, listadas no quadro seguinte:

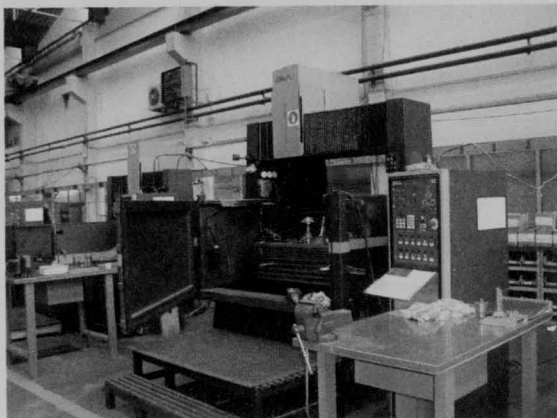


Figura 20 – Máquina de electroerosão por penetração

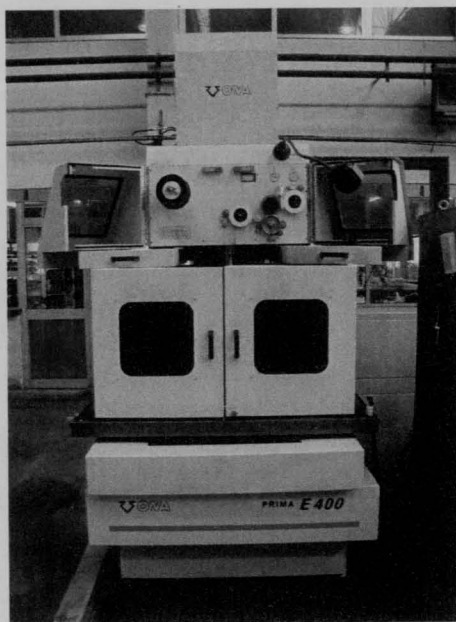


Figura 21 – Máquina de electroerosão por fio

Marca	Modelo	Controlo Numérico	Curso (mm x mm)
Charmilles	Roboform 400		1000 x 600
Charmilles	Roboform 400		1000 x 600
ONA	PD4.120.S1	OnaDatic	2500 x 1500
ONA	P-520	OnaMatic 60	2500 x 1500
ONA	P-520	OnaProgram	2500 x 1500
ONA	PD.4.60.EO	OnaDatic	1700 x 1000
ONA	Zazpi	Poli-Spark S2000	1600 x 900
ONA	S320	Poli-Spark S2000	1000 x 600
ONA	IN 460	Poli-Spark S2000	490 x 300
ONA	Prima		600 x 400 x 500

Tabela 2 – Máquinas de electroerosão

Pesquisa

Testes de metrologia

Foram realizados testes na metrologia para verificar o erro encontrado nos sistemas de fixação existentes.

Eléctrodo 1

O primeiro eléctrodo testado foi um eléctrodo com um sistema de suporte H 5.51.17 da *Hirschmann* (figura 23), estando representados no anexo 6 as diferenças entre as dimensões do eléctrodo e do modelo. De referir que apenas as cotas do plano horizontal, assinalado com uma elipse verde na figura 23, apresentavam diferenças de cerca de uma décima das cotas do modelo, apresentando as res-



Figura 22 – Teste na metrologia

tantes cotas uma diferença inferior a oito centésimas. A explicação dada pelo operador para tal facto, foi que o raio de canto da pastilha de corte poderia estar gasto na sua parte lateral e, nos planos, tenha passado uma parte do raio menos gasto, que reduziu assim o tamanho do eléctrodo.

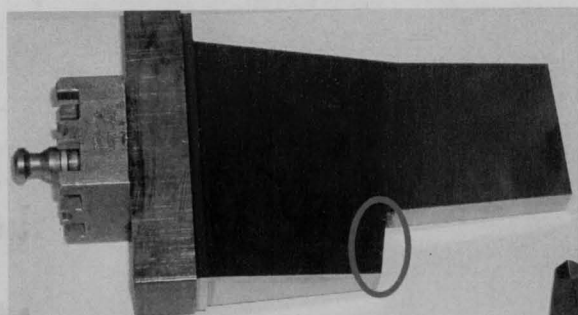


Figura 23 – Eléctrodo 1 testado na metrologia

Tal como o esperado, este suporte, não deu problemas, visto ser original da *Hirschmann*, que garante a sua estabilidade, e como nunca chega a ser separado do eléctrodo, este nunca perde as referências.

Eléctrodo 2

Para o eléctrodo com o sistema de fixação de 9,5 mm, representado na figura 24, todas as cotas testadas se encontravam dentro da tolerância de 8 centésimas, como se pode ver no anexo 8.

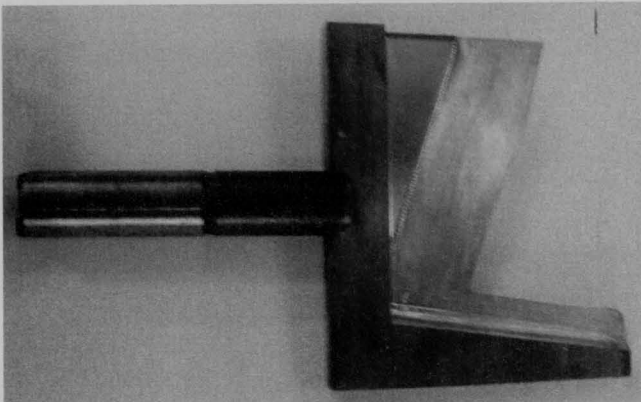


Figura 24 – Eléctrodo 2 testado na metrologia

Neste eléctrodo, tal como no anterior, o suporte nunca se separa do eléctrodo, garantindo sempre suas as referências. É no entanto maquinado com a ajuda do grampo, devido à sua elevada altura e ao tipo de suporte utilizado.

Testes de Vibração

Eléctrodo 1

Num eléctrodo com as dimensões de 75x70x25, em situação de desbaste com um incremento de 0,5 mm e a ser maquinado com uma fresa de 10 mm de diâmetro, foi encostado à peça um comparador fixo à mesa da máquina de modo a obter as respectivas vibrações horizontais, obtendo vibrações com uma amplitude de 0,1 mm. De seguida repetiu-se a experiência usando grampo e as vibrações foram um pouco menores.

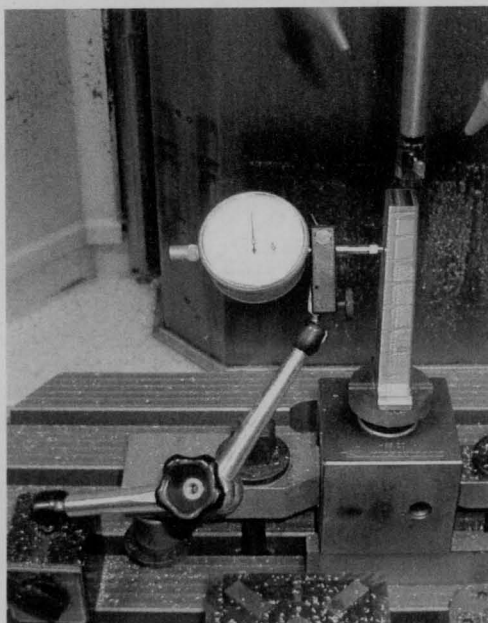


Figura 25 – Teste de vibração com comparador

Eléctrodo 2

Foi testado um eléctrodo com as dimensões 100x45x9.5 com o objectivo de medir a amplitude das vibrações horizontais do mesmo. Os parâmetros de maquinação e resultados dessa experiência estão representados na tabela 3.

	Increm. (mm)	Vel. de avanço (mm/min)	Diâmetro da fresa (mm)	Rotação (rpm)	Uso de grampo	Amplitude das vibrações (mm)
1ª Experiência	0,5	1150	10	3000	Sim	0,3
2ª Experiência	0,5	1150	10	3000	Não	0,6
3ª Experiência	0,5	800	10	3000	Não	0,4
4ª Experiência	0,2	1150	10	3000	Não	0,3

Tabela 3 – Parâmetros de maquinação e resultados das experiências realizadas

Controle a dois eléctrodos com 19 mm de espessura

Realizou-se um controle a dois eléctrodos de 19 mm de espessura que consistiu no seguinte: os eléctrodos foram colocados nos respectivos suportes de maquinação e foram para a CNC onde se maquinou em ambos uma face superior e uma face lateral. Posteriormente fixamos os mesmos eléctrodos no suporte de erosão e voltamos a colocar na máquina CNC para comparar as faces que tinham sido maquinadas. Os resultados estão expressos na tabela 4. Sendo X, Y e Z as diferenças que ocorreram percorrendo o comparador segundo a linha as linhas verde, vermelha e azul respectivamente (fig. 26).

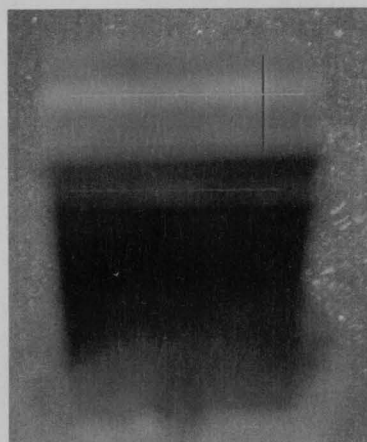


Figura 26 – Linhas comparadas

	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
Eléctrodo A	0,02	0,005	0,1
Eléctrodo B	0,05	0,01	0,015
Eléctrodo A	0,03	0,01	0,06

Tabela 4 – Desvios nos eléctrodos testados

As dimensões dos dois eléctrodos encontram-se na tabela 5

	Largura (mm)	Espessura (mm)	Altura (mm)
Eléctrodo A	30,46	18,89	49,62
Eléctrodo B	35,48	19,01	49,91

Tabela 5 – Dimensões dos eléctrodos testados

Estudo a eléctrodos realizados na empresa

Através de um estudo realizado e pela consulta dos próprios operadores das fresadoras, constatou-se que cada eléctrodo demora, em média, 40 minutos a ser produzido. Assim sendo, e tendo em conta que, com as horas extra, cada fresador trabalha, em média, 10 horas por dia, poderiam ser feitos 15 eléctrodos por dia, por cada operador, o que não se verifica na prática. Verifica-se que, só se produzem pouco mais de metade dos eléctrodos que teoricamente poderiam ser feitos.

Para este facto admito que as causas sejam as seguintes:

- Tempos mortos: nem sempre quando a máquina pára a maquinação o operador está presente para a recolocar em funcionamento (pode estar por exemplo, a criar o programa para o eléctrodo seguinte).
- Troca de ferramenta: quando, para o mesmo eléctrodo, é preciso utilizar mais do que uma fresa, esta tem de se retirada manualmente do porta-

ferramentas com a máquina parada, por apenas existir um disponível, tendo também de ser controlada a cota em Z.

- Tempo que se demora a retirar um eléctrodo da máquina e a colocar outro.
- Quando se utiliza grampo para diminuir a vibração, a colocação deste também demora tempo e, posteriormente, tem de se parar periodicamente a máquina para o ir colocando mais abaixo.
- Tempo para acertar o centro do suporte devido às dilatações térmicas da máquina ao longo do dia.

Depois de contabilizar os eléctrodos executados pela empresa durante os primeiros 4 meses de 2002, verificou-se que tinham sido realizados na empresa 1137 eléctrodos, dos quais, 63% foram realizados por um dos operadores. Esta diferença de quantidade de eléctrodos realizados pelos operadores deve-se, essencialmente, ao facto da máquina desse operador ter dois blocos de aperto, podendo, assim executar dois eléctrodos em vez de apenas um. Este operador deixa frequentemente dois eléctrodos a maquinar fora da sua hora de trabalho. Constatando-se este facto, é fácil de perceber que a vantagem da paletização é real, e se obtém esta diferença aumentando a capacidade de fixação de apenas um eléctrodo, o que não se poderia obter por exemplo aumentando para 9 o número de eléctrodos deixados a maquinar durante a noite.

A alta velocidade na maquinação de eléctrodos

A maquinação de alta velocidade (HSM), apesar de poder parecer desenquadrada com o objectivo em questão, não podia deixar de ser referida, tendo em consideração a sua importância quer na paletização, quer na optimização global do processo, reduzindo o acabamento manual.

A eliminação da maior parte do trabalho manual significa que a geometria maquinada não vai ser perdida, porque no trabalho manual nunca se sabe quais são as dimensões que de lá irão sair.

O HSM permite à empresa produzir eléctrodos que são virtualmente idênticos ao modelo pretendido. Com o aumento da velocidade de avanço durante a fase de acabamento, o incremento pode ser muito reduzido sem se aumentar o tempo de maquinação.

Se tiver de ser produzido mais do que um eléctrodo, cada cópia será mais idêntica quando o trabalho manual for reduzido ou eliminado. Duas pessoas nunca conseguem polir exactamente da mesma maneira, e também a mesma pessoa não consegue obter, exactamente, os mesmos resultados duas vezes, enquanto que uma máquina controlada por computador introduz erros reduzidíssimos.

Com estes eléctrodos, que são virtualmente semelhantes, conseguem-se obter cavidades idênticas por electroerosão. Este facto é muito importante para moldes com multicavidades para produzir peças de plástico idênticas.

A maquinação de alta velocidade é uma nova abordagem à fabricação de peças. É uma convergência de várias tecnologias, certamente mais que a simples convergência de altas velocidades de rotação com ferramentas mais rápidas e precisas. Para suportar este tipo de máquina, a empresa deve criar

outro tipo de convergência, tendo de introduzir novos conhecimentos e capacidades essenciais. Tanto os hábitos de produção como as infra-estruturas têm que sofrer uma mudança substancial.

No entanto, a HSM é apenas um meio para um fim, na medida em que contribui para tempos e custos menores. Qualquer empresa que adquira máquinas de alta velocidade é aconselhada a considerar todas as outras alternativas que acelerem o ciclo de produção.

Utilizando elevadas velocidades de corte na superfície, as componentes tangenciais e radiais das forças de corte descem significativamente por alteração do comportamento plástico dos materiais. Forças laterais mais baixas terão uma influência negligenciável no processamento de paredes finas e na flexão das ferramentas, o que é particularmente interessante na fabricação de eléctrodos.

Quais as vantagens da HSM?

- Redução dos tempos de execução e, conseqüentemente, dos custos;
- Maior quantidade de material removido por unidade de tempo;
- Diminuição na vibração;
- Bom acabamento superficial, implicando uma redução ou mesmo eliminação do trabalho manual de acabamento;
- Calor dissipado pela apara, resultando numa maquinação quase sem distorção;
- Baixas forças de corte, que é uma característica muito importante quando se fala em maquinação de partes com paredes finas;
- Rigor dimensional ou de forma;

Situação encontrada noutras empresas do grupo

IMA

A IMA está bastante bem organizada a nível da electroerosão e respectiva maquinaria de eléctrodos. Nesta empresa opta-se também por maquinar eléctrodos de cobre. No entanto, tem o mesmo problema de outras empresas do grupo, ou seja, o de duas das suas máquinas, uma ser muito antiga e outra, apesar de mais moderna, é ainda bastante lenta. A nível da paletização parece estar no bom caminho. No entanto, tive a oportunidade de testar uma das suas paletes, feita internamente, apresentando esta alguns desvios. Esta empresa possui também uma fresadora convencional para fazer os rasgos nos eléctrodos, o que a meu ver poderia ser feito, em série, por uma CNC, criando-se Stocks de eléctrodos.

IGM

Na IGM também se maquinam eléctrodos de cobre, mas com uma máquina comum e não utilizam qualquer sistema de paletização.

MDA

Na MDA opta-se por eléctrodos em grafite. No entanto, as duas máquinas lá existentes não são apropriadas para a maquinaria de grafite, quer a nível de velocidade de rotação, quer do seu sistema de aspiração. Já usam um sistema de paletização pelo menos numa das máquinas, mas pareceu estar numa fase de implementação.

Mecamoldes

A Mecamoldes, de todas, é a empresa que tem a melhor máquina para maquinar eléctrodos. No entanto, deve ser das que têm menos eléctrodos para produzir, tendo também um sistema de paletes feita internamente, mas que, para além de não ter a precisão desejada, é raramente utilizada.

Gramaq

No âmbito de melhor conhecer o sistema de paletização da Hirschmann realizei uma visita à empresa Gramaq, na Marinha Grande, que se dedica à produção de eléctrodos em grafite.

Esta empresa está muito bem estruturada; na sala de projecto estudam-se quais os eléctrodos necessários à maquinação de determinadas peças e desenham-se os respectivos eléctrodos. A sequência de maquinação é feita no programa WorkNc, tendo-se sempre o cuidado de escolher as fresas mais pequenas possíveis para a realização do trabalho. A empresa criou um software que faz a paletização virtual dos eléctrodos, ou seja, distribui-os pelas paletes do modo que se querem maquinar. Esse software diz também o tempo que demora a maquinação de cada palete, bem como as fresas necessárias e o seu respectivo comprimento mínimo.



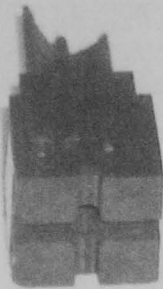
Figura 27 – Eléctrodo de grafite com o suporte H 5.49A

Esta empresa dispõe de duas máquinas de alta velocidade, com velocidades de rotação máxima de 10000 rpm e de 18000 rpm, ambas com troca automática de ferramenta, sistema de retracção térmica da fresa, sistema de compensar as alterações térmicas da máquina e verificação automática da cota Z e do diâmetro de cada fresa.

Estas máquinas estão também equipadas com um bom sistema de aspiração, que é fundamental quando se trata da maquinação de grafite, cujas poeiras libertadas são bastante prejudiciais à saúde.

O único operador das máquinas apenas tem de verificar se as fresas a ser usadas têm o comprimento mínimo necessário, colocar os blocos de grafite na paleta e esta por sua vez na máquina.

As paletes utilizadas são da Hirschmann com fixação hidráulica e são escolhidas em função da dimensão do eléctrodo.



Para eléctrodos pequenos utiliza-se o sistema minifix, com rasgos anteriormente maquinados nos blocos de grafite, e para eléctrodos grandes, os suportes H 5.50 fixos ao bloco de grafite por 3 parafusos e entregues ao cliente apertados ao

Figura 28 – Eléctrodo de grafite com rasgos em cruz

eléctrodo, para não se perder as referências. Os rasgos realizados nos blocos de grafite são feitos na própria CNC que maquina os eléctrodos, sendo interrompida a produção destes. Os blocos são, no entanto, produzidos em grandes quantidades de uma vez, existindo dimensões de blocos Standard. Partindo de um bloco de grafite vindo do fornecedor, fazem-se nele os rasgos para vários eléctrodos e só posteriormente estes serão separados do bloco à medida das necessidades.

Recentemente a Gramaq adquiriu uma nova máquina com uma velocidade de rotação máxima de 42000 rpm e com substituição automática de paletes, para poder trabalhar ao fim de semana sem necessidade de intervenção humana.

Alterações propostas

Devido ao facto dos suportes usados recentemente estarem sujeitos a muitas vibrações durante a maquinação, e serem incompatíveis com a paletização levou à procura de alternativas no mercado. Para isso tive dois encontros com o fornecedor da Hirschmann para ficar a conhecer melhor os seus produtos. Contactou-se também os fornecedores da 3R, que gentilmente se deslocou à empresa e visitamos também a Graphite Technologies, representante dos produtos Erowa, onde se realizou uma visita às suas instalações na Marinha Grande.

Quanto aos produtos Erowa, os seus sistemas de paletização e fixação são mais vocacionados para a maquinação de apenas um eléctrodo na mesa de cada vez, sendo estes retirados por um braço automático e armazenados num armário também automático. Este sistema de robotização não parece ser vantajoso para a empresa, visto que, seria um investimento muito grande e os ganhos relativamente ao sistema de paletes seriam poucos. Convém também salientar que, tendo em conta que os suportes teriam também de ser adquiridos, uma vez a empresa apenas possuir material Hirschmann, o investimento seria ainda maior.

A 3R está mais vocacionada para a paletização de blocos com maiores dimensões, onde nesse campo, a meu ver, se apresenta à frente da concorrência. Quanto aos eléctrodos o que me foi proposto foi um robô que controlaria duas máquinas em simultâneo. No entanto, e pelo que já referido anteriormente, essa hipótese não é considerada vantajosa.

No grupo Simoldes, há alguns anos, as empresas tinham diferentes fornecedores de suportes, mas decidiram uniformizar as empresas com o mesmo fornecedor e optaram por serem clientes da Hirschmann. Devido a este facto e como as diferenças entre os fornecedores não são muito significativas, centra-se o estudo nos produtos Hirschmann.

Suportes

Fiz uma recolha de informação sobre os eléctrodos que se realizaram na empresa no ano de 2002 (anexo 8) e obtive os seguintes resultados.

- Eléctrodos de 9,5 mm de espessura 48%
- Eléctrodos que foram maquinados com o uso de grampo 27%
- Eléctrodos que foram maquinados apenas com 1 fresa 65%

Maquinar directamente “rasgos” nos eléctrodos

Depois da visita realizada à IMA, outra empresa do grupo, verifica-se que esta realiza rasgos nos eléctrodos, para posteriormente serem colocados nos suportes minifix da Hirschmann.

Tentou-se adaptar este processo para a maquinação de eléctrodos de 9,5 mm de espessura, utilizando-se, como alternativa a estes, eléctrodos com espessura de 12,7 mm, mas

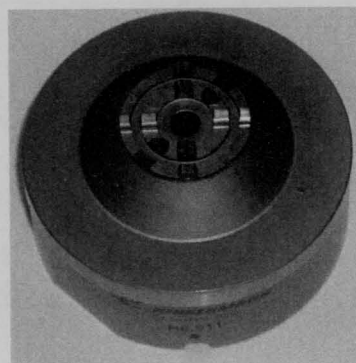


Figura 29 – Suporte minifix

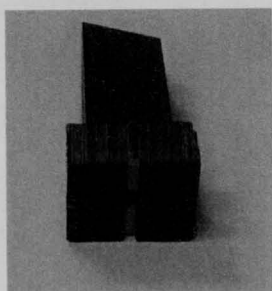


Figura 30 Rasgos num eléctrodo de cobre

mesmo assim verificou-se não ter espessura suficiente para os suportes da Hirschmann. A alternativa seria usar cobre de 19 mm para fazer eléctrodos em que bastava cobre de 9,5 mm. Como esta hipótese se torna desvantajosa pelo cobre extra que gasta, desistiu-se desta ideia de substituição dos eléctrodos de 9,5 mm de

espessura.

Para os eléctrodos de cobre de 19 mm de espessura, por seu lado, este método é já bastante interessante. O único problema reside no facto de haver

necessidade de ter um operador a realizou-se os respectivos rasgos numa

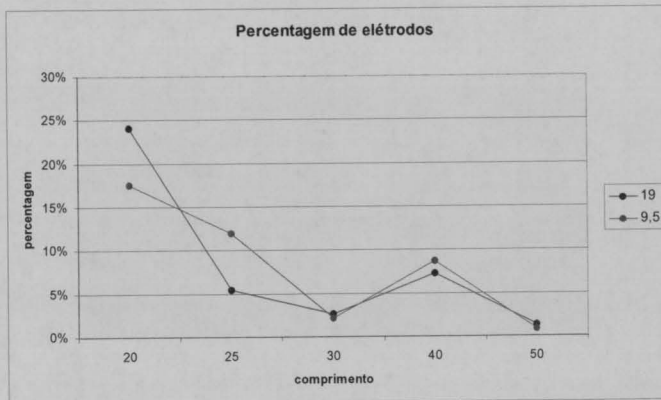


Gráfico 1 – Percentagem de eléctrodos

fresadora, sempre que surge o pedido de um novo eléctrodo, o que torna este processo dispendioso. Na tentativa de solucionar o problema realizei um estudo com 240 eléctrodos onde se verificou que 82% dos mesmos se podiam

agrupar em cinco classes, como se pode ver no gráfico 1.

Poder-se-ia então fazer stock de cobre com estes tamanhos, que são os mais requisitados.

Assim, em vez de se fazer os rasgos nos eléctrodos à medida das necessidades, poder-se-ia executá-los directamente no bloco de cobre vindo do fornecedor e, só posteriormente, cortar o cobre para dar origem aos eléctrodos. Pode-se assim também maquinar a base do eléctrodo, de modo a diminuir os erros de planeza da mesma. Desta forma, poder-se-ia reduzir, para apenas uma manhã por semana, a necessidade de ir à máquina CNC realizar essa preparação do cobre, segundo os cálculos que realizados, e apresentados no anexo 10.



Figura 31 – Marcas dos rasgos no bloco de cobre

Vantagens

- Não tem qualquer custo inicial a não ser a preparação;
- Os eléctrodos podem ser reutilizados passado o tempo que se quiser, visto que não utiliza qualquer suporte e que precise de ser retirado para utilizar noutro eléctrodo;
- Diminuição da vibração e consequente eliminação da utilização de grampo para a maquinação de eléctrodos;
- Redução do tempo de execução.

Desvantagens

- Exige um maior tempo de preparação dos eléctrodos;
- Obriga a ter uma máquina CNC disponível durante um certo período de tempo;
- Pequena base de apoio para os eléctrodos com 9,5 mm de espessura.

Suporte H 5.51.12 da *Hirschmann*

Para se encontrar uma alternativa aos “rasgos” nos eléctrodos de 9,5 mm de espessura, depois de uma das reuniões que houve



Figura 32 – Suporte H 5.51.12

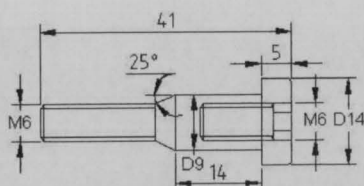


Figura 34 – Desenho do parafuso fabricado na empresa

com o fornecedor da *Hirschmann* pensou-se em usar como suporte os H 5.51.12 da *Hirschmann*, com uns parafusos especiais que

permitem por um lado fixar o suporte ao eléctrodo, e por

outro, apertar e desapertar o

suporte nas paletes, as vezes que for preciso, mantendo sempre o eléctrodo apertado ao suporte.

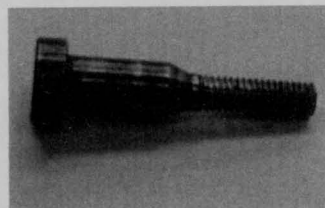


Figura 33 – Parafuso fabricado na empresa

Para a realização destes parafusos especiais, fez-se um pequeno estudo para determinar as suas dimensões e realizou-se o desenho do mesmo (Fig. 34) que foi para o torneiro para ser executado.

Futuramente, caso se venha a optar por esta solução, estes parafusos teriam de ser subcontratados ou verificar se o mercado teria uma solução próxima. Tentou-se entrar em contacto com algumas empresas da especialidade para saber qual o preço da sua realização mas infelizmente não se obteve qualquer resposta de nenhuma delas.

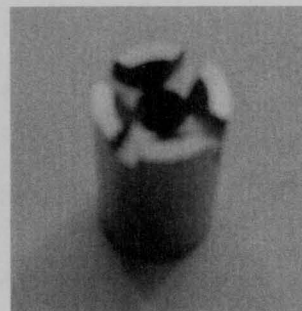


Figura 35 – Suporte
H 5.51.12

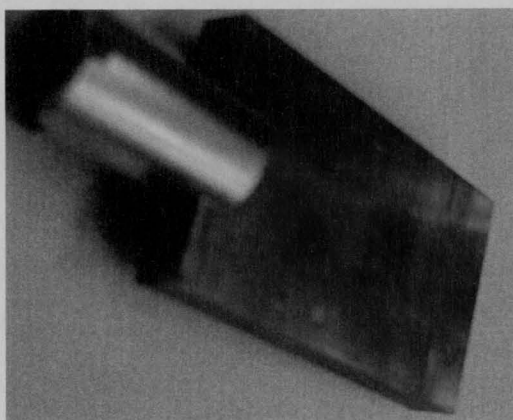


Figura 36 – Suporte H 5.51.12 com eléctrodo

O suporte teve de ser maquinado para se poder instalar o parafuso no seu interior, sem interferir com a sua correcta fixação na paleta, e foi feito um rasgo equivalente ao que existe nos actuais suportes de eléctrodos de 9,5 mm, que os impede de rodar durante a maquinação.

Vantagens

- Nenhum investimento posterior ao inicial;
- Exige pouco tempo de preparação do eléctrodo;
- Possibilidade de ser usado em eléctrodos de 9,5 mm sem ocupar muito espaço, o que é fundamental em muitos trabalhos devido à falta de acessibilidade a certas zonas do aço;
- Reduz a vibração relativamente ao sistema usado anteriormente pela empresa.

Desvantagens

- Investimento inicial elevado;
- Antes de se poder utilizar os suportes, estes têm de ser maquinados, o que demora o seu tempo;
- Depois de retirar o eléctrodo do suporte não se garante o posicionamento. Este só pode ser reutilizado se as suas faces tiverem sido maquinadas, para daí se tirar as referências.

Suporte H 5.50.3

Apesar do sistema de fixação H 5.51.12 ser melhor do que o sistema usado actualmente para eléctrodos de 9,5 mm, continua a não ser eficaz para eléctrodos de grandes dimensões. Para este tipo de eléctrodos pode-se usar o suporte H 5.50.3. Este suporte, como se pode ver pela figura 37, tem três parafusos sem cabeça que empurram o eléctrodo contra a parede oposta do suporte, fixando-o assim.

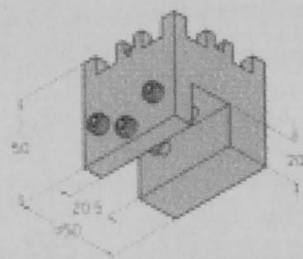


Figura 37 – Suporte H 5.50.3

Vantagens

- Nenhum investimento posterior ao inicial;
- Não exige tempo nenhum de preparação do eléctrodo;
- Reduz muito a vibração relativamente ao sistema usado anteriormente.

Desvantagens

- Ocupar muito espaço, o que é prejudicial em muitos trabalhos devido à falta de acessibilidade a certas zonas do aço;
- Depois de se retirar o suporte não é garantido o posicionamento;
- Investimento inicial considerável.

Suporte H 5.51.17

Para os eléctrodos com espessura superior a 19 mm, devido à relativamente pequena quantidade produzida, não se justifica a existência de eléctrodos com rasgos em stock. Assim, e desde que o tamanho dos eléctrodos não seja muito elevado, os suportes H 5.51.17 são uma adaptação ao sistema minifix. Este é um tipo de suporte de alumínio com 38 mm de diâmetro e com um sistema de fixação ao eléctrodo por 4 parafusos.

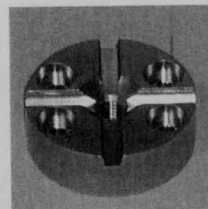


Figura 38 – Suporte H5.51.17

Vantagens

- Não necessita de grande preparação do eléctrodo, bastando fazer 4 furos roscados.

Desvantagens

- Devido à posição dos eléctrodos, só é conveniente usar para eléctrodos com espessura superior a 19 mm.
- Retirando do suporte perde as referências, o que obriga a ter o suporte agarrado ao eléctrodo durante todo o processo.

Suporte H 5.50

Existem, ainda, eléctrodos com espessura superior a 25 mm. Para estes pode-se usar o suporte H 5.50, visto que tem uma maior área de contacto com a base do eléctrodo, do que a do suporte anterior e o sistema de fixação é igual ao usado pelo suporte H 5.50.3. Este é

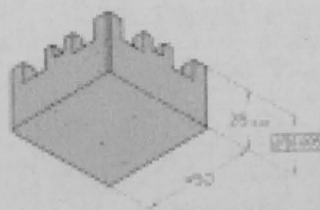


Figura 39 – Suporte H 5.50

um tipo de suporte, em alumínio, com 50 mm de lado e com um sistema de fixação ao eléctrodo por 4 parafusos.

Vantagens

- Não necessita de grande preparação do eléctrodo, bastando fazer 4 furos roscados;
- Maior base de suporte para eléctrodos de grandes dimensões.

Desvantagens

- Devido à posição dos furos para os parafusos, só é conveniente usar para eléctrodos com espessura superior a 25 mm;
- Retirando do suporte perde as referências, o que obriga também a ter o suporte agarrado ao eléctrodo durante todo o processo.

Suporte H 5.50.35

Para se poder utilizar o suporte H 5.50.3, o cobre tem de ter um comprimento mínimo. Assim, para cobres mais curtos, pode-se usar o suporte H 5.50.35. Este suporte têm dois parafusos, como se pode ver na figura 38, que prendem o cobre entre as duas “paredes”.

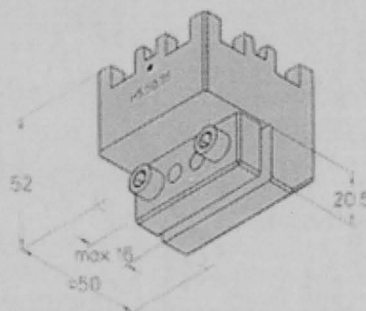


Figura 40 – Suporte H 5.50.35

Vantagens

- Nenhum investimento posterior ao inicial;
- Não exige tempo nenhum de preparação do eléctrodo;
- Reduz muito a vibração relativamente ao sistema H 5.51.12 e permite colocar eléctrodos com um comprimento reduzido, que não são possíveis de colocar no suporte H 50.3.

Desvantagens

- Ocupa muito espaço, o que é prejudicial na maior parte dos trabalhos, devido à falta de acessibilidade a certas zonas do aço;
- Depois de ser retirado do suporte não é garantido o posicionamento;
- Existem poucos eléctrodos onde se possam usar este suporte devido a ele limitar o comprimento do cobre a menos de 24 mm;
- Investimento inicial elevado.

Suporte em alumínio feito numa empresa

Este suporte foi comprado a uma empresa da Marinha Grande para a maquinação de uns frisos pouco espessos e muito compridos, para este tipo de eléctrodos este tipo de suporte é o aconselhável. O seu sistema de fixação U-Holder, que é no entanto o mais caro de todos os referidos anteriormente mas existem na empresa 3 adaptadores do sistema U-holder para o sistema de paletes. Estes podem ser utilizados

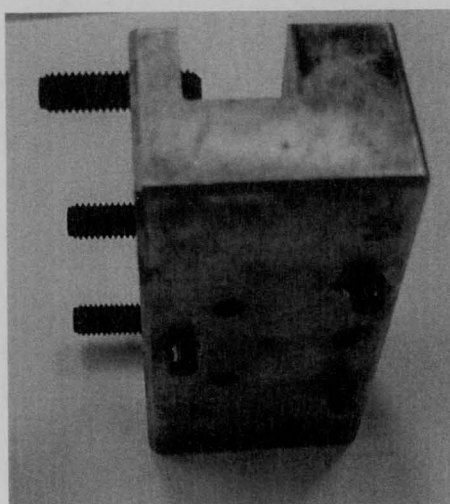


Figura 41 – Suporte de alumínio com sistema de fixação U-holder

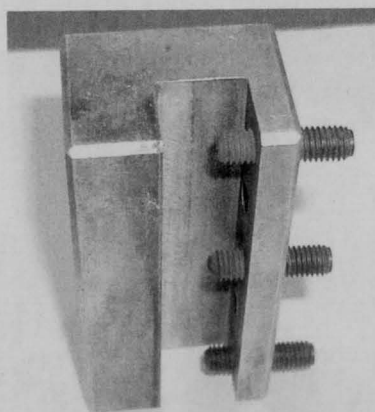


Figura 42 – Suporte de alumínio existente na empresa

nestes suportes de alumínio existentes na empresa. As dimensões destes suportes estão representadas na tabela 6 e existem na empresa 9 suportes grandes e 9 pequenos.

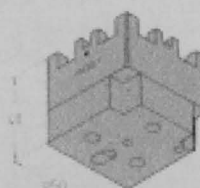


Figura 43 – Adaptador U-holer para paleta

	Comprimento (mm)	Espessura (mm)	Altura (mm)
Sup. Pequenos	100	50	40
Sup. Grandes	200	50	40

Tabela 6 – Dimensões dos suportes existentes na empresa

Vantagem

- É muito bom para eléctrodos fino e muito compridos.

Desvantagens

- Ocupar muito espaço, o que é prejudicial em muitos trabalhos devido à falta de acessibilidade a certas zonas do aço;
- Depois de se retirar o suporte não se garante o posicionamento.

Paletes

Paletes H 8.320MF9 da *Hirschmann*

As paletes H 8.320MF9 da *Hirschmann* (Figura 44) corresponde a o sistema de paletes que parece mais indicado para o tipo de eléctrodos produzidos na empresa.

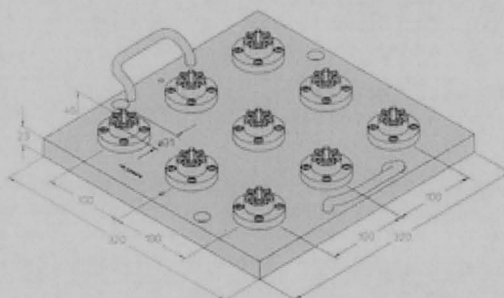


Figura 44 – Paleta H 8.320MF9 da *Hirschmann*

Como a fixação dos eléctrodos na paleta é feita por aperto de um parafuso por baixo da mesma, existe a paleta H 8.320P (Fig. 45) onde se vai encaixar a paleta H 8.320MF9, para esta se poder trocar rapidamente conservando as referências.

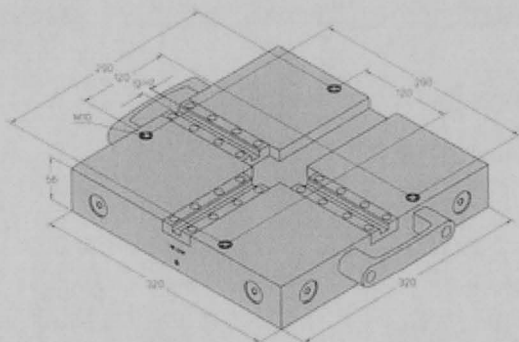


Figura 45 – Paleta H 8.320P da *Hirschmann*

Por sua vez, a paleta deveria ser colocada em cima da paleta H 8.11.32 (Fig. 46), que deverá ficar sempre fixa à mesa da máquina, onde todas as outras paletes *Hirschmann* deveriam encaixar. Esta fixação das outras paletes pode ser manual ou hidráulica.

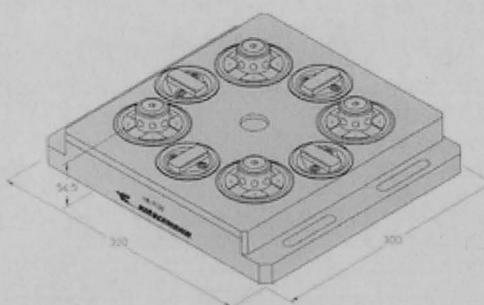


Figura 46 – Paleta H 8.11.32

As últimas duas paletes poderão, no entanto, ser dispensáveis, obrigando, neste caso, a sempre que se utilizar a paleta H 8.320MF9, ter o trabalho de a comparar e referenciar, o que pode ser até favorável, devido ao facto da

temperatura da máquina mudar ao longo do dia e não ter sistema de compensação automática. Assim, se for referenciada sempre que se usar a paleta, poder-se-ia reduzir aos efeitos de variação da temperatura da máquina.

Vantagens

- Grande versatilidade;
- Nove eléctrodos podem ser maquinados sem intervenção humana durante o processo, possibilitando o funcionamento da máquina a realização de eléctrodos toda a noite (se for apenas necessário uma ferramenta);
- É melhor do que o actual, visto que permite a realização de mais eléctrodos de cada vez.

Desvantagem

- Elevado investimento inicial (o custo das paletes, H 8.320MF9 H 8.320P e H 8.11.32 é, no momento de respectivamente, 4185 euros, 2190 euros e 5340 euros, aproximadamente).

Paleta feita na empresa

Como alternativa à paleta H 8.320MF9, poder-se-ia fazer na empresa uma paleta como as que foram feitas na IMA, noutra empresa do grupo.

O número de horas de maquinação total numa CNC para a execução das paletes foi de aproximadamente de 20 horas. Assim, se o custo estimado da hora de trabalho na máquina, por, corresponder a 50 euros, e o aço, tal como no caso da IMA, for aproveitado

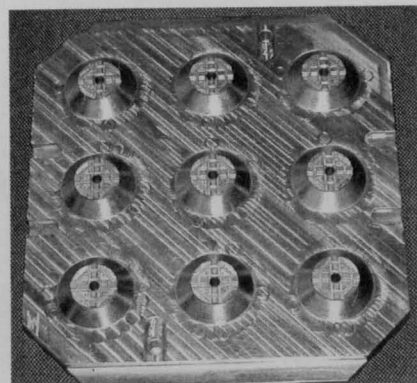


Figura 47 – Eléctrodo de grafite com rasgos em cruz

de restos de um molde, a placa acabaria por custar à empresa aproximadamente 1000 euros. Este facto levou a considerar esta hipótese



Figura 48 – Paleta vista de traz

como aceitável, visto que a placa comprada na *Hirschmann* custa 4466 euros.

Devido à impossibilidade de testar esta paleta na metrologia realizou-se o seguinte teste na máquina CNC:

apertaram-se à paleta nove suportes H 5.51.17 (Fig. 48) e com um comparador anotou-se as suas diferenças de posicionamento como se pode ver no gráfico 2, sendo X1, X2, Y1 e Y2 os valores lidos no comparador dos respectivos pontos assinalados na figura 48.

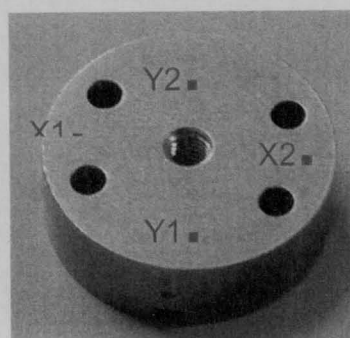


Figura 49 – Pontos comparados

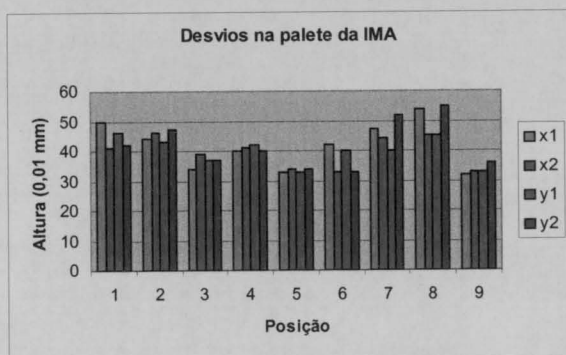


Gráfico 2 – Desvios na paleta da IMA

Como se

pode ver pelo gráfico, os resultados não foram satisfatórios, porque, para além dos suportes se encontrarem a alturas diferentes uns dos outros, também tinham alguma inclinação segundo X e Y.

Vantagens

- Grande versatilidade;
- Baixo custo de aplicação.

Desvantagem

- Menor precisão do que a paleta da *Hirschmann*.

Paleta H 8.320PS5 da *Hirschmann*

As paletes H 8.320PS5 da *Hirschmann* (Figura 49) é o sistema de paletes que parece mais indicado para os eléctrodos de grandes dimensões maquinados na empresa. Esta paleta seria fixa à mesa da máquina através da paleta H 8.11.32 (Fig. 46).

Pode também, como referido para a paleta H 8.320MF9, ser usada sem o recurso à paleta H 8.11.32, sendo neste caso necessário referenciá-la e compará-la sempre que utilizada.

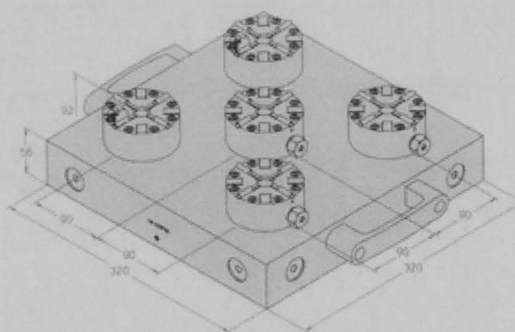


Figura 50 – Paleta H 8.320PS5 da *Hirschmann*

Vantagens

- Podem ser maquinados cinco eléctrodos sem intervenção humana (se for apenas necessário uma ferramenta), possibilitando que a máquina trabalhe durante a noite, se forem todos produzidos com a mesma fresa;
- É melhor que o actual, uma vez que permite a realização de mais eléctrodos de cada vez.

Desvantagens

- Investimento inicial (o seu custo é de aproximadamente 4590 euros)

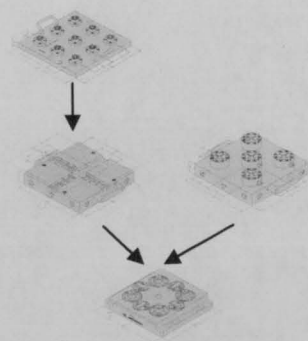


Figura 51 – Esquema de fixação das paletes

Centralização da Maquinação de Eléctrodos

Não se poderia deixar de referir a alternativa que considero ser a melhor para o grupo Simoldes, visto se tratar de um grupo de tão grande dimensão. Assim, e depois de ter visitado outras empresas do grupo e de ter ido fazer uma visita às empresas da Gramaq e da Graphit Technologies, cheguei à conclusão que seria vantajoso centralizar a maquinação de eléctrodos do grupo.

Desta forma, as 8 máquinas existentes no grupo para maquinar eléctrodos e os seus 8 respectivos operadores, poderiam ser substituídos por 3 máquinas de alta velocidade (para maquinar eléctrodos de grafite) com o respectivo sistema de paletização, que poderia ser da *HIRSCHMANN*. Assim, seriam necessários dois operadores, para montar as paletes, fazer as sequências de maquinação e controlar as alturas das fresas, e chegariam para pôr as 3 máquinas em funcionamento. Três máquinas de alta velocidade e o sistema de aspiração é um investimento inicial muito grande, mas em poucos anos, só com o que se pouparia em operadores, já seria bastante razoável, aliando a isto ainda o facto da qualidade dos eléctrodos melhorar substancialmente e de se reduzir a subcontratação.

Conclusão

É extremamente difícil, para quem trabalha numa máquina de electroerosão, saber se está a fazer um friso deslocado 5 décimas quando não se tem pontos de referência na peça a erodir. Se o eléctrodo vier com erros da maquinação, ou os próprios suportes provocarem esses erros, estes só poderiam ser detectados analisando o eléctrodo na metrologia. Esta solução, no entanto, não se pode aplicar a todos os eléctrodos, caso contrário teria de se estar a controlar eléctrodos durante todo o dia, o que é impensável. Por isso, a precisão na maquinação e a qualidade dos suportes é fundamental para o sucesso da electroerosão, e respectiva qualidade dimensional e de forma nas gravuras obtidas no molde.

A qualidade de uma peça erodida pode fazer a diferença na satisfação ou não dos clientes, Neste mundo competitivo, como é o dos moldes, onde todos os pormenores contam. A electroerosão tem como seu principal adversário o facto de o seu trabalho “não dar muito nas vistas” e, assim, pode não ser devidamente reconhecido o seu valor. Enquanto na electroerosão pode ser necessária uma hora para se tirar uns milímetros de aço, numa CNC, nesse intervalo de tempo, podem-se se tirar quilogramas. No entanto, são esses pequenos pormenores que podem fazer a diferença quando o objectivo é ser o melhor dos melhores.

Normalmente o acabamento dos eléctrodos é realizado pelos operadores das máquinas de electroerosão, devido ao facto da máquina que os maquina ter uma velocidade de corte reduzida, pelo que, para se melhorar o acabamento na máquina CNC, a maquinação demoraria bastante tempo. Este acabamento manual, no entanto, acaba por reduzir as dimensões do eléctrodo relativamente ao modelo. Com uma máquina de alta velocidade o trabalho manual seria substancialmente reduzido.

Com uma máquina com mudança automática da ferramenta, durante as noites, quando o operador não se encontra na máquina, poderiam ser feitos completamente 9 eléctrodos, que equivaleria a mais do que os eléctrodos que se fazem actualmente por dia, e isto apenas de noite, o que me leva a concluir que, com uma máquina com troca automática de ferramentas e com uma paleta de nove eléctrodos, uma máquina era suficiente para se maquinarem os mesmos eléctrodos maquinados hoje em dia em duas máquinas.

Os suportes para eléctrodos com mais de 9,5 mm de espessura usados actualmente não garantem a repetibilidade do processo. Esta só pode ser conseguida recorrendo ao comparador, mas utilizando 3 faces para comparar e não apenas uma, como se faz actualmente. No entanto, este procedimento demora tempo que poderia ser evitado na máquina de electroerosão, que é o ponto crítico em termos de tempo.

Os suportes utilizados para os eléctrodos de 9,5 mm de diâmetro garantem a repetibilidade do processo, mas estão muito sujeitos a vibrações durante a maquinação, e não são compatíveis com a paletização/automatização. Para o substituir encontrei um sistema parecido com o sistema de fixação minifix, que reduz um pouco a vibração e é, ao mesmo tempo, compatível com a paletização. Encontrei também um outro suporte que reduz bastante a vibração, mas ocupa muito espaço, o que é prejudicial em muitos trabalhos, devido à falta de acessibilidade a certas zonas do aço.

O grafite tem várias vantagens em relação ao cobre, sendo estas o preço da matéria prima, a maior facilidade a maquinar, o facto de não se deformar, ser melhor para erosão e de haver grafites diferentes para diferentes materiais. No entanto, na empresa, não há condições para este ser maquinado, uma vez que, para tal, seria necessário uma máquina de alta velocidade e um sistema de aspiração eficaz.

Devido ao facto de haver máquinas de electroerosão que desgastam mais os eléctrodos do que outras, actualmente, na empresa, o número de eléctrodos fabricado é em função da máquina que mais os desgasta. Assim poder-se-ia programar antecipadamente qual a máquina a ser utilizada e só se fazer os eléctrodos necessários, reduzindo-se assim o numero de eléctrodos.

Na minha opinião seria bastante vantajoso para o grupo criar uma empresa especializada na maquinação de eléctrodos. Depois de ter entrado em contacto com as várias empresas do grupo e com empresas produtoras de eléctrodos, constatei que isso reduziria o número de operadores a laborar na produção de eléctrodos, a qualidade dos eléctrodos melhoraria também substancialmente, reduzir-se-ia a subcontratação e o tempo de produção dos eléctrodos.

Estrutura do Estágio

Inicialmente tentei tomar conhecimento da estrutura geral da empresa e passei as primeiras semanas a aprender algumas coisas com um dos operadores da CNC, que se dedica exclusivamente à produção de eléctrodos, e com o operador da máquina de erosão por fio e de uma das de electroerosão por penetração. Aqui adquiri bastante informação que em muito contribuiu para o bom desenvolvimento deste projecto.

Seguidamente fiz pesquisa na Internet para obter informação quer sobre o processo de maquinação de eléctrodos, quer sobre electroerosão em geral.

Visitei outras empresas do grupo Simoldes, como a Mecamolde para ver a sua máquina de maquinar eléctrodos que tem uma velocidade de corte bastante razoável, a MDA, única empresa do grupo que produz eléctrodos de grafite, a IMA, que tem já um sistema de paletização implementado e a IGM, que ainda está a dar os primeiros passos.

Tive dois encontros com o fornecedor da Hirschmann que veio à empresa prestar esclarecimentos sobre seus produtos, muitos dos quais já existentes na empresa, visto serem fornecedores da mesma. De igual modo o representante da 3R também se dirigiu à empresa com o intuito de me apresentar os seus produtos. Fui também à Marinha Grande visitar a Graphite Technologies, representante de outra marca de paletes comercializada em Portugal, a Erowa, onde tive também oportunidade de ver a sua empresa de maquinar eléctrodos de grafite, bem como o seu sistema de paletização. Ainda na Marinha Grande visitei a Gramac, empresa à qual a Simoldes Aços subcontrata eléctrodos de grafite.

Fiz uma pesquisa ao histórico de todos os eléctrodos realizados no ano de 2002 de onde retirei informações importantes para complementar o meu



estudo, tais como dimensões dos mesmos e número de fresas utilizadas, operador que o realizou, etc.

Realizei alguns controlos dimensionais e respectivos suportes na metrologia para detectar os erros existentes no processo. Infelizmente foram menos do que os que gostaria de realizar, mas tentei compensar isso auscultando opiniões dos operadores das máquinas de electroerosão e alguns testes realizando alguns controlos na própria máquina CNC.

Foi encomendado à Hirschmann um suporte, que depois de maquinado foi fixado a um eléctrodo através de um parafuso especial, que teve de ser produzido para o efeito. O conjunto foi testado na maquinação de um eléctrodo com bons resultados.

Realizei um controlo dimensional a um suporte realizado pela IMA baseado na paleta H 8.320MF9 da *Hirschmann*, que poderia ser uma alternativa a esta, devido a ser bastante mais económico, mas onde obtive resultados menos animadores.

Bibliografia

Catalogo Hirschmann Fixturing System 5000

Catalogo Hirschmann Palletizing System 8000

Catalogo KENAMETAL HERTEL Moldes y Matrices

Catalogo EROWA

Catalogo 3R

O molde Nº50 Revista, cefamold

www.mecatoolch.com

www.mmsonline.com

Anexos

Anexo 1

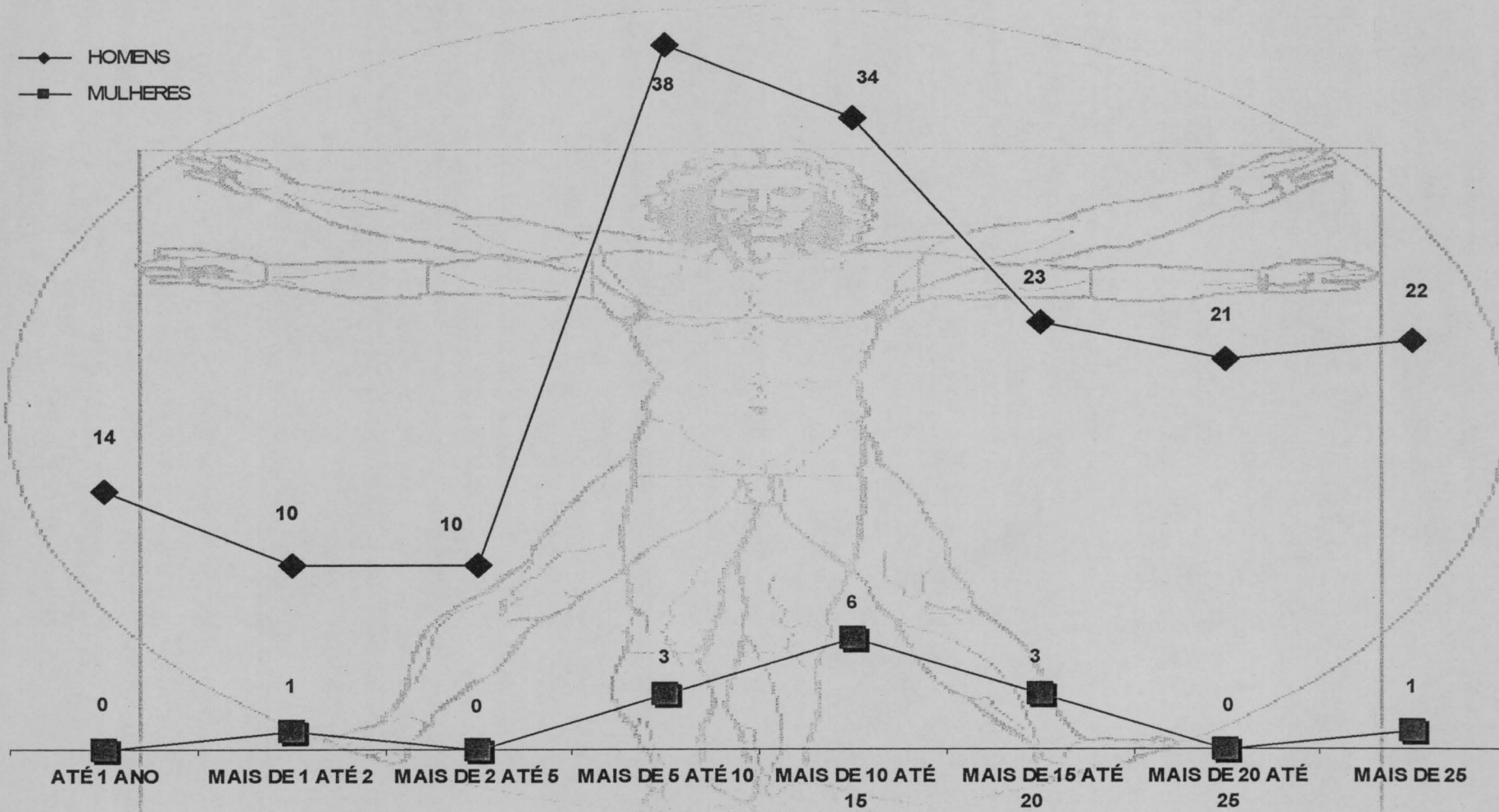
Recursos Humanos

NÍVEL ANTIGUIDADE



SIMOLDES AÇOS

◆ HOMENS
■ MULHERES

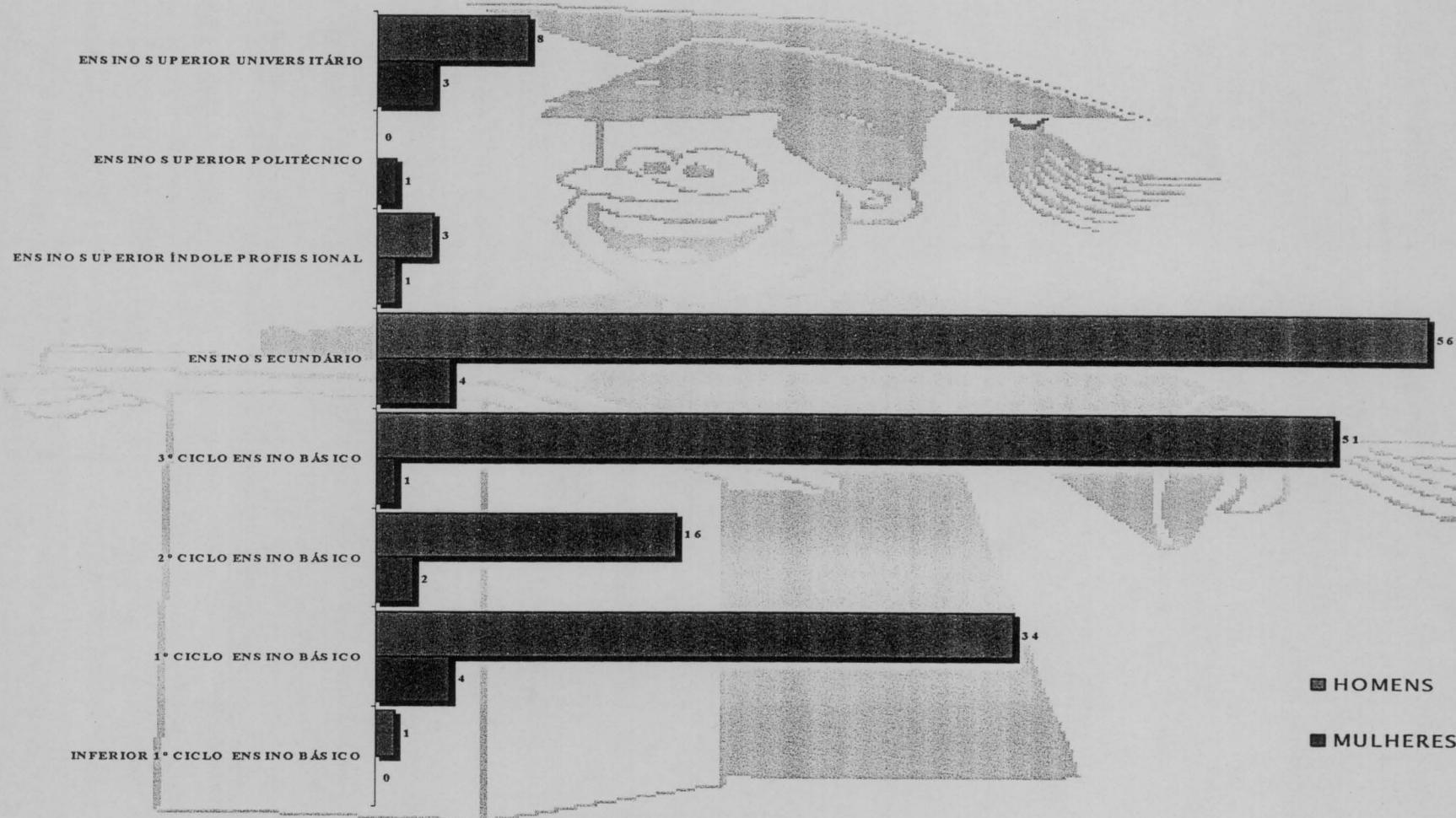


RECURSOS HUMANOS - 2000

NÍVEL HABILITAÇÕES



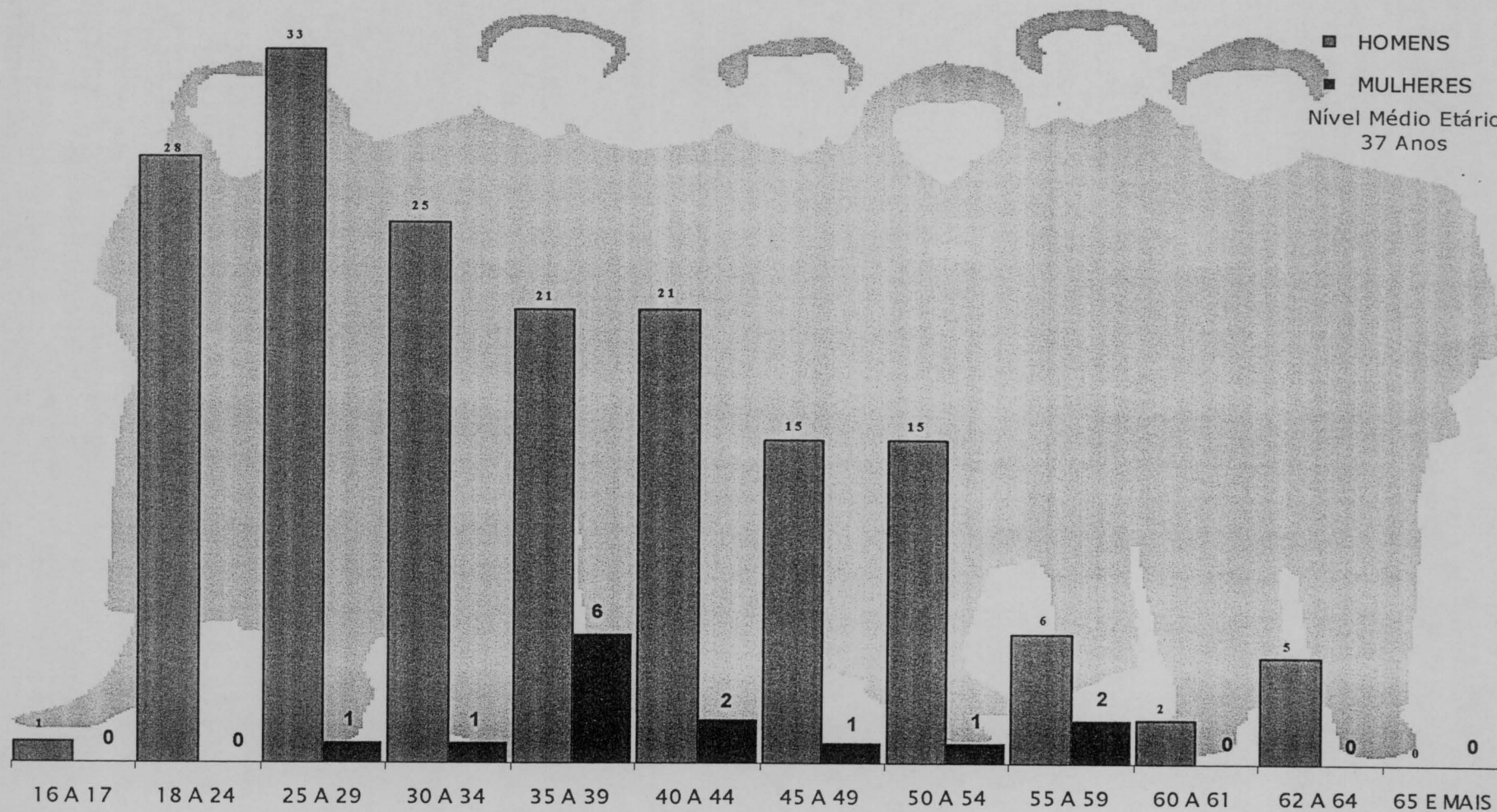
SIMOLDES AÇOS



NÍVEL ETÁRIO

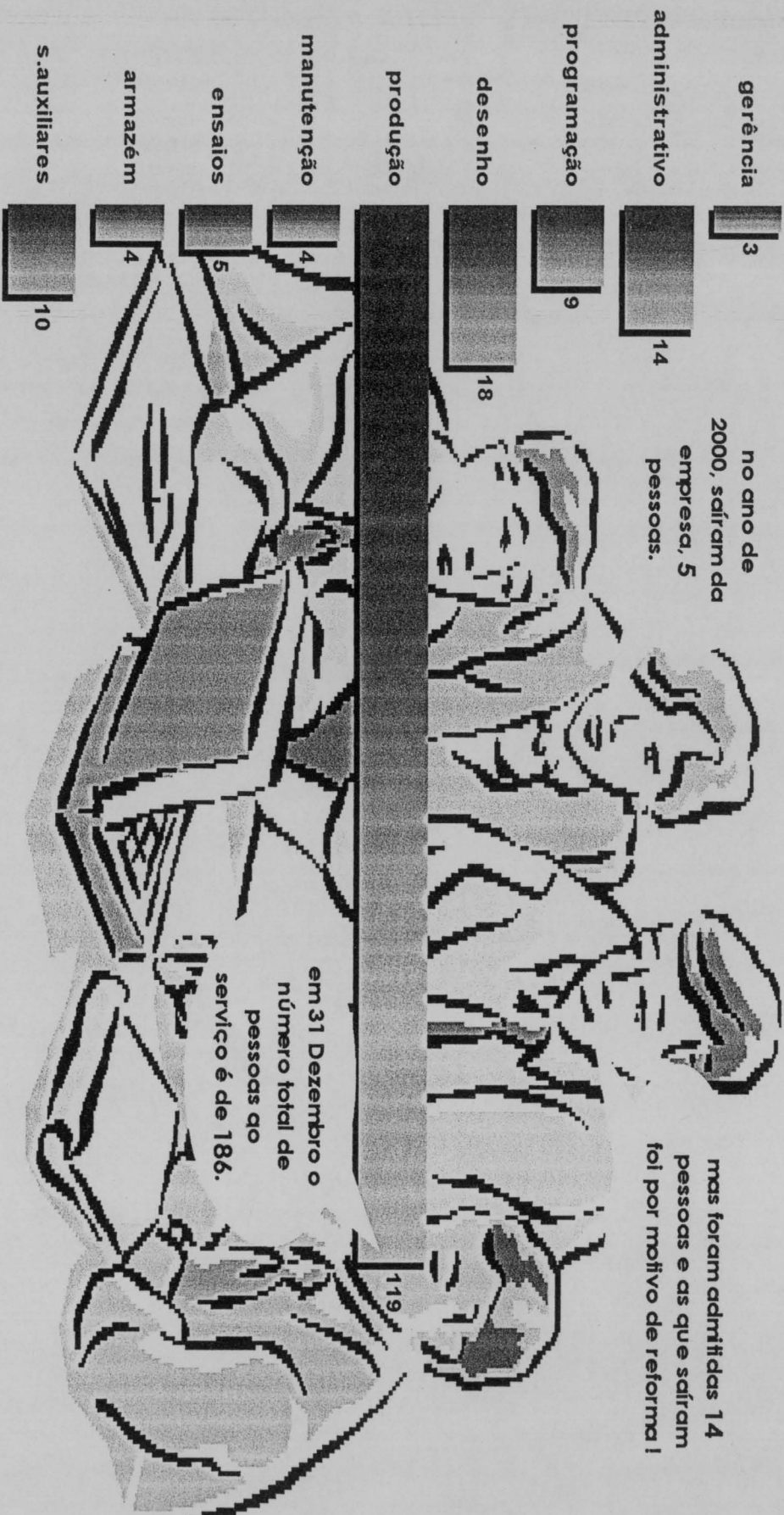


SIMOLDES AÇOS



RECURSOS HUMANOS - 2000

PESSOAL EM 31.12.00

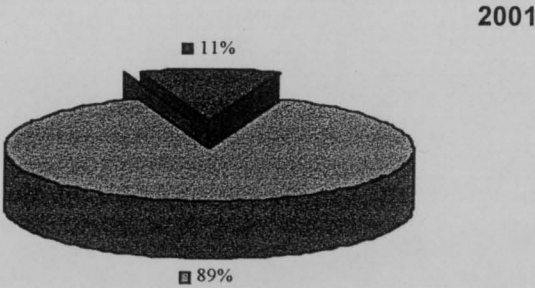
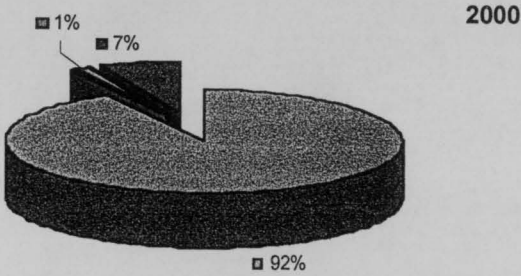
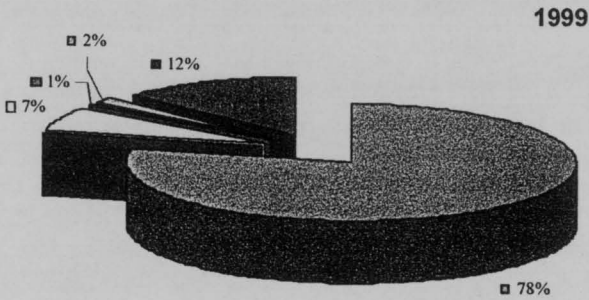
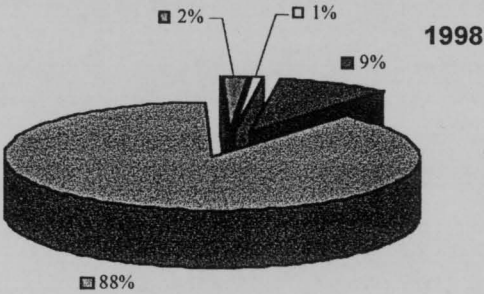


Anexo 2

Mercado de vendas por sector

Mercado de Vendas por Sectores

Sectores	1998		1999		2000		2001	
	Valor €	%	Valor €	%	Valor €	%	Valor €	%
Automóvel	11 583 403,81	88,3%	10 408 675,80	78,5%	11 876 824,49	92,1%	14 061 501,81	89,0%
Electrónica	0,00	0,0%	0,00	0,0%	0,00	0,0%	0,00	0,0%
Embalagem	0,00	0,0%	863 981,03	6,5%	5 982,11	0,1%	0,00	0,0%
Electrodomésticos	274 365,54	2,1%	71 477,74	0,5%	177 331,25	1,4%	0,00	0,0%
Util.Domésticas	109 632,09	0,8%	0,00	0,0%	0,00	0,0%	0,00	0,0%
Outros	0,00	0,0%	231 880,78	1,8%	0,00	0,0%	0,00	0,0%
P.Serviços	1 152 594,80	8,8%	1 678 628,67	12,7%	842 646,15	6,5%	1 742 675,20	11,0%
Total	13 119 996,24	100%	13 254 644,02	100%	12 902 784,00	100%	15 804 177,01	100%



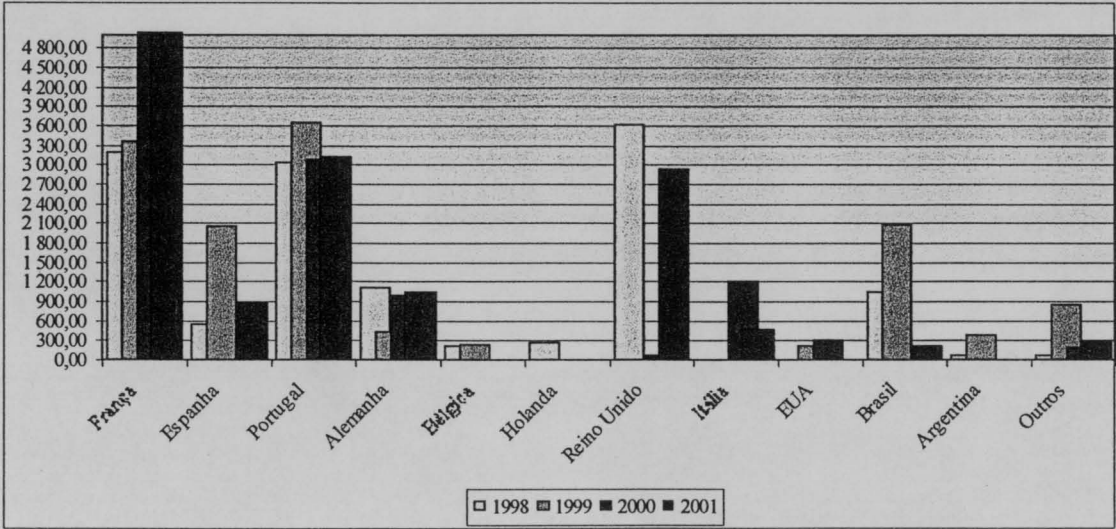
■ Automóvel	■ Electrónica	□ Embalagem
■ Electrodomésticos	□ Util.Domésticas	■ Outros
■ P.Serviços		

Anexo 3

Vendas por país

Vendas por País

Países	1998		1999		2000		2001	
	Valor €	%	Valor €	%	Valor €	%	Valor €	%
França	3 187 513,35	24,3%	3 355 554,00	25,3%	7 037 671,51	54,5%	6 833 603,81	43,3%
Espanha	547 548,34	4,2%	2 061 254,11	15,6%	0,00	0,0%	880 774,78	5,6%
Portugal	3 023 553,76	23,0%	3 641 101,37	27,5%	3 083 006,24	23,9%	3 125 058,24	19,8%
Alemanha	1 109 573,16	8,5%	428 481,24	3,2%	990 751,35	7,7%	1 033 063,41	6,6%
Bélgica	207 050,88	1,6%	234 624,53	1,8%	0,00	0,0%	0,00	0,0%
Holanda	251 474,99	1,9%	545,26	0,0%	0,00	0,0%	0,00	0,0%
Reino Unido	3 625 113,32	27,6%	0,00	0,0%	70 802,65	0,5%	2 937 399,35	18,6%
Itália	0,00	0,0%	0,00	0,0%	1 206 098,81	9,3%	470 651,98	3,0%
EUA	0,00	0,0%	214 719,43	1,6%	319 043,48	2,5%	0,00	0,0%
Brasil	1 039 592,64	7,9%	2 078 557,47	15,7%	0,00	0,0%	204 298,63	1,3%
Argentina	59 969,10	0,5%	375 825,58	2,8%	0,00	0,0%	0,00	0,0%
Outros	68 606,69	0,5%	863 981,03	6,5%	195 409,96	1,5%	283 055,49	1,8%
Total	13 119 996,24	100%	13 254 644,02	100%	12 902 784,00	100%	15 767 905,69	100%



Anexo 4

Descrição do Processo Produtivo

O processo produtivo, desde o primeiro contacto com o cliente até à entrega do molde, passa pelas seguintes fases que se passa a citar:

1ª fase: Anteprojecto

Após a apresentação do desenho ou peça, que o cliente pretende, é elaborado no departamento técnico um anteprojecto constando de um estudo preliminar de concepção do molde a produzir, dos materiais necessários, bem como uma estimativa das horas de trabalho necessárias em cada sector para a ultimate da produção do molde em estudo. Todos estes elementos são fornecidos ao sector comercial para elaboração e envio do orçamento ao cliente.

2ª fase: Projecto do molde

Uma vez confirmada a encomenda pelo cliente, o departamento técnico projecta o molde detalhadamente (com base num estudo realizado para o orçamento) e elabora a lista de matérias primas e de todos os acessórios necessários, sendo esta informação enviada de imediato ao cliente para comentários e aprovação.

Só mediante esta aprovação do cliente é permitida a admissão para a elaboração dum desenvolvimento mais específico do projecto, mesmo no campo informatizado pela concepção de algumas partes do molde.

3ª fase: Entrada em produção e aquisição de matérias primas

O sector de desenvolvimento e estudos define a integração da nova encomenda no escalonamento da produção, após ter efectuado a encomenda dos aços e obtido os respectivos prazos de entrega, rigorosamente definidos.

4ª fase: Início da produção

Preparação do aço para a execução da maquinação, ou seja executa-se todo o desbaste do aço para o molde utilizando para o efeito fresadoras ou até mandriladoras (estas são pouco utilizadas). Depois desta fase o aço tem de ir à rectificadora para reduzir as tensões internas originadas pelo desbaste.

5ª fase: Execução das gravuras no molde

Nesta operação desenvolve-se o trabalho de formatação, contornos e detalhes do modelo ou desenho. Os formatos informáticos dos modelos a 3D passam para os computadores da produção onde o operador das máquinas CNC que vai realizar a maquinação faz a escolha das fresas a utilizar e o respectivo programa da sequência de maquinação. Normalmente o desbaste é realizado numa fresadora convencional e o acabamento é realizado numa máquina de alta velocidade ou numa fresadora convencional com uma cabeça de alta velocidade adaptada. Durante esta fase são maquinados os eléctrodos que serão necessários à realização das tarefas impossíveis de executar por maquinação convencional. Normalmente depois de acabada a fresagem o molde passa para a electroerosão ou para a furadora (realização dos furos de arrefecimento).

6ª fase: Preparação para montagem/ajustamentos

Trabalho com grande aplicação manual, consistindo no posicionamento e conjugação das duas metades constituintes do molde, usualmente designadas por “macho” e “cavidade”, com controle de espessuras intermédias e de parede, constituindo-se o “emparelhamento”, ou seja, o espaço livre suficiente e pretendido para ser ocupado pelo material termoplástico a injectar, para obter a peça plástica pretendida.

Operações finais constituídas pela conjugação de várias peças em aço, projectadas e já trabalhadas, assim como a preparação de rectificação dos extractores e das placas porta-extractores, controlando os sistemas de:

- Extracção – pela instalação de extractores, laminas, barras ou aros extractores, destinados a expulsar a peça plástica após a injeção ;
- Refrigeração – execução no aço de furações com dimensões previamente estudadas, em áreas para arrefecimento rápido da peça plástica após a injeção, possibilitando a sua extracção no mais curto espaço de tempo, de modo a aumentar a rentabilidade da máquina de injeção (reduzindo o tempo por peça;
- Eléctrico – é cada vez maior a aplicação de componentes eléctricos incorporados no molde, para aquecimento da zona de injeção por intermédio de resistências cartuchos e abraçadeiras, barras de distribuição, bicos aquecidos, termo-acumuladores, etc.;
- Hidráulico – para auxilio da extracção e desmoldagem da peça plástica a obter, não possíveis por sistemas mecânicos, para suportar a força da injeção, etc., utilizando-se usualmente cilindros hidráulicos adaptados a cada caso específico;
- Polimento, acabamento final das “paredes” do molde, de acordo com as especificações da peça a produzir, consistindo em dar às superfícies da peça moldada determinado acabamento (polimento-espelho ou acabamento superficial por processo químico-texturização).

7ª fase: Montagem final

Controlo tridimensional de todas as peças componentes do molde, quer as de posicionamento estático quer, e fundamentalmente, as de movimentos lineares e/ou curvos.

8ª fase: Ensaio

Após a 8ª fase o molde será testado em máquina de injeção adequada às características de dimensão e concepção do molde verificando-se a peça, está de acordo com os requisitos do estudo técnico e especificações do cliente.

9ª fase: Controle pelo cliente

As peças plástica obtidas serão enviadas para o cliente, que as controlará. O molde aguarda o deferimento da peça pelo cliente ou a solicitação de possíveis alterações.

10ª Fase: Expedição

Com o a aprovação do cliente, o molde é acondicionado em embalagem própria e expedido por via terrestre, marítima ou aérea, conforme o país a que se destina e a necessidade de minimizar prazos de entrega em produção.

Anexo 5

Propriedades do cobre

Tellurium Copper

Corresponding National Designations

Material: Tellurium Copper					
OK-type	ISO	Composition %	USA UNS (CDA)- number	UK BS	Germany DIN
TeK 06	CuTe	Cu+Ag 99.4 Te 0.4 - 0.7 P 0.004 - 0.012	C14500	C109	17666 CuTeP W.nr 2.1546

Mechanical Properties

Standard		DIN 17672	BS 2874	ASTM B301	ASTM B301	ASTM B301
Temper		F26	M	Half Hard	Hard	Hard
Diameter		x < 50mm	6 < x £ 50mm	6.5 < x £ 65mm 1/4" < x £ 25/8"	6.5 < x £ 32mm 1/4" < x £ 1 1/4"	32 < x £ 50mm 1 1/4" < x £ 3"
Hardness	HV	95	95	90	100	95
	HB	85	85	80	90	85
	HR	38	38	33	44	38
	B					
Tensile Strength						
R _m N/mm ² (ksi)		min 260	min 260	min 260 (min 38)	min 305 (min 44)	min 275 (min 35)
0.2% proof stress						
R _p 0.2 N/mm ²		min 200	min 200**			
0.5% proof stress						
R _p 0.2 N/mm ² (ksi)				min 205 (min 30)	min 260 (min 38)	min 240 (min 35)
Elongation A ₅ %		min 7	min 8	min 12	min 8	min 8

- For round rods
- ** Not in standard, approximate values are for information only. Intermediate tempers are supplied on request for special purposes.

• Physical Properties

Electrical Conductivity	m	52
	mm ²	
	%IACS	90
Electrical Resistivity	n	m 19.2
Thermal Conductivity	W/Km	350

age hardened, typical values

Technical Properties

softening	temperature	approx	350	°C
hot	formability	good		
cold	formability	good		
machinability (free cutting brass=100)		90		
soldering		excellent		
brazing		good		
welding:				
	oxy-acetylene	welding	not	recommended
	metal-arc	welding	not	recommended
	gas-shielded-arc	welding	fair	
	resistance	welding	not	recommended
	resistance butt welding	fair		

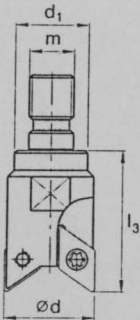
Anexo 6

Pastilhas utilizadas na maquinação

Fresas modulares para plaquitas intercambiables DCGT....



Fresas Modulares KMM



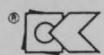
Fresa modular										
od	CODIGO	m	l ₂	l ₃	d ₁	z	 Tornillo de amarre	 Llave de amarre	Torx	M _{An} * Nm
16	16Y02R025M08SDC07	M8	-	25	13	2	MS-1153	FT-7	7	1
20	20Y03R030M10SDC07	M10	-	30	18	3	MS-1153	FT-7	7	1

Disponible a partir de Marzo de 2002

Ejemplo de pedido:
1 unidad 16Y02R025M08SDC07
10 unidades DCGT070204HP KC5410

* M_{An} = Par de torsión del tornillo de amarre en Nm



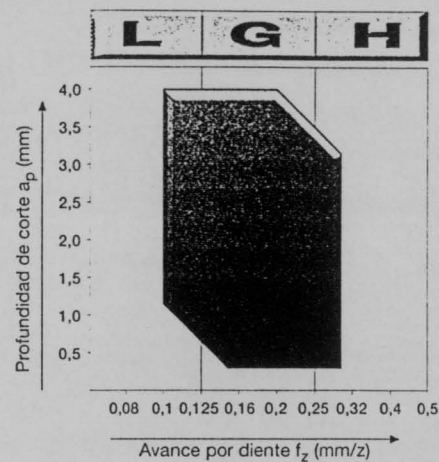
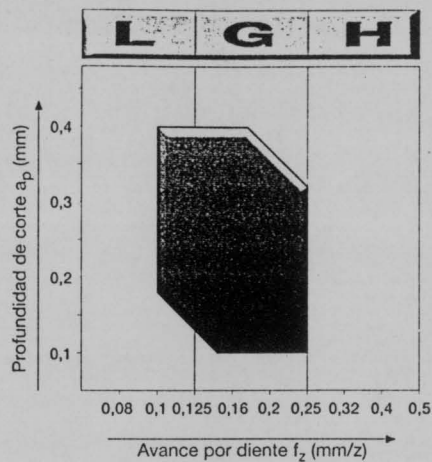
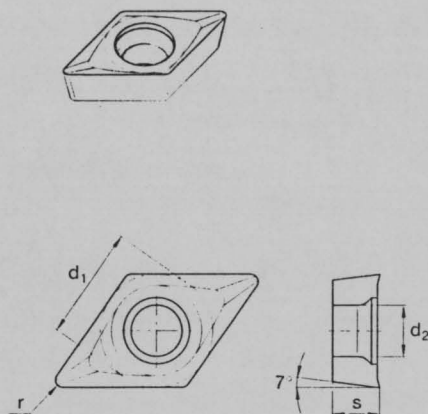


Plaquitas intercambiables DCGT... para fresa modular

DCGT...

Acabado

Desbaste



Plaquita intercambiable DCGT...

CODIGO	d ₁	d ₂	s	r	KC 5410
DCGT070202HP	6,35	2,95	2,38	0,2	●
DCGT070204HP	6,35	2,95	2,38	0,4	●
DCGT070208HP	6,35	2,95	2,38	0,8	●



Grupo	Material	Composición/estructura/ Tratamiento térmico	Rm (MPa)	HB	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	V _c 1)	
					Material de corte									
					◀ Tenacidad				Resistencia al desgaste ▶					
27 28 29 30	Cobre y aleaciones (bronce, latón)	Aleaciones libres, Ph>1%	130						KC510M	KC515M			450	
													3000	
		CuZn, CuSnZn	110					K110M	K115M				300	
									KC510M				550	
													3000	
								K110M	K115M				300	
	Materiales no metálicos	Cu, cobre sin plomo y electrolítico	90							KC510M				600
														3600
									K110M	K115M				300
		Duroplast, plásticos reforzados con fibra	90							KC510M				600
31 32 33 34 35 36 37	Aleaciones alta temperatura	Base Fe	recocido	200				KC735M	KC725M	KC925M	KC510M		55	
													35	
		Tratado térmicamente	230					KC735M	KC725M	KC925M	KC510M		55	
														30
		Base Ni o Co	recocido	250					KC735M	KC725M	KC925M	KC510M		55
														30
	Aleaciones de Titanio	Tratado térmicamente	350								KY4300		220	
									KC735M	KC725M	KC925M	KC510M		45
		Fundido	320											25
										KC735M	KC725M	KC925M	KC510M	
38 39 40 41	Acero endurecido	Endurecido y revenido	55 HRC							MC2	KY4300		120	
			60 HRC								MC2	KY4300		120
	Fundición y fundición endurecida	Endurecido y revenido	400								MC2	KY4300		120
			58 HRC									MC2	KY4300	

1) Vc = Velocidad de corte en m/min por factor 1.0

Anexo 7

Eléctrodo 1 Testado na Metrologia



Relatório Controlo Dimensional

RCD Nº

Pág.: 1 / 1

SIMOTRFS ACOS

Cliente:	Peça: Electrodo 7E200	Molde: 6472
----------	-----------------------	-------------

Controlo a: Electrodo	Suporte: 6472_7E200.igs	Contr.:
-----------------------	-------------------------	---------

Requisição cont. dim. nº 00000	Execurado por: Luis Almeida	Data: 18-03-2002
--------------------------------	-----------------------------	------------------

P1 PNT5	MS	NM	DV
X	-233.396	-233.396	-0.000
Y	119.054	119.054	-0.000
Z	-20.102	-20.150	0.048
T	0.048	0.000	0.048

P2 PNT6	MS	NM	DV
X	-233.783	-233.783	-0.000
Y	172.726	172.726	-0.000
Z	-20.101	-20.150	0.049
T	0.049	0.000	0.049

P16 PNT20	MS	NM	DV
X	-228.779	-228.750	-0.029
Y	169.492	169.492	-0.000
Z	-31.082	-31.082	0.000
T	-0.029	0.000	-0.029

P9 PNT13	MS	NM	DV
X	-228.768	-228.750	-0.018
Y	124.112	124.112	-0.000
Z	-25.858	-25.858	0.000
T	-0.018	0.000	-0.018

P17 PNT21	MS	NM	DV
X	-234.072	-234.072	-0.000
Y	114.403	114.406	-0.003
Z	-34.201	-34.202	0.000
T	0.003	0.000	0.003

P15 PNT19	MS	NM	DV
X	-228.772	-228.750	-0.022
Y	169.487	169.487	-0.000
Z	-88.991	-88.991	0.000
T	-0.022	0.000	-0.022

P18 PNT22	MS	NM	DV
X	-234.048	-234.048	-0.000
Y	111.678	111.671	0.006
Z	-86.385	-86.385	-0.000
T	-0.006	0.000	-0.006

P14 PNT18	MS	NM	DV
X	-226.437	-226.443	0.006
Y	193.407	193.407	0.000
Z	-112.777	-112.778	0.001
T	0.007	0.000	0.007

P19 PNT23	MS	NM	DV
X	-234.022	-234.022	-0.000
Y	108.552	108.546	0.006
Z	-146.009	-146.009	-0.000
T	-0.006	0.000	-0.006

P13 PNT17	MS	NM	DV
X	-220.066	-220.072	0.006
Y	193.450	193.450	0.000
Z	-149.473	-149.474	0.001
T	0.006	0.000	0.006

P11 PNT15	MS	NM	DV
X	-226.231	-226.236	0.005
Y	124.109	124.109	0.000
Z	-101.794	-101.795	0.001
T	0.006	0.000	0.006

P10 PNT14	MS	NM	DV
X	-228.770	-228.750	-0.020
Y	124.105	124.105	-0.000
Z	-70.648	-70.648	0.000
T	-0.020	0.000	-0.020

P12 PNT16	MS	NM	DV
X	-217.947	-217.958	0.011
Y	124.165	124.165	0.000
Z	-149.472	-149.473	0.002
T	0.011	0.000	0.011

Distribuição

- ☐ DED
- ☐ Dir. Produção
- ☐ Cliente
- ☐ DES
- ☐ Bancada
- ☐ Outro



SIMULDES ACOS

Relatório Controlo Dimensional

RCD Nº

Pág.: 1 / 1

Cliente:	Peça: Electrodo 7E200	Molde: 6472
----------	-----------------------	-------------

Controlo a: Electrodo	Suporte: 6472_7E200.igs	Contr.:
-----------------------	-------------------------	---------

Requisição cont. dim. nº 00000	Execurado por: Luis Almeida	Data: 18-03-2002
--------------------------------	-----------------------------	------------------

P3 PNT7			
	MS	NM	DV
X	-234.613	-234.613	0.000
Y	179.141	179.155	-0.014
Z	-25.817	-25.816	-0.001
T	-0.014	0.000	-0.014

P4 PNT8			
	MS	NM	DV
X	-234.630	-234.630	-0.000
Y	182.233	182.225	0.008
Z	-84.410	-84.410	0.000
T	0.008	0.000	0.008

P5 PNT9			
	MS	NM	DV
X	-234.658	-234.656	-0.002
Y	188.018	188.002	0.016
Z	-98.481	-98.571	0.090
T	0.091	0.000	0.091

P6 PNT10			
	MS	NM	DV
X	-234.774	-234.772	-0.002
Y	203.782	203.764	0.018
Z	-101.289	-101.389	0.100
T	0.101	0.000	0.101

P7 PNT11			
	MS	NM	DV
X	-234.832	-234.832	-0.000
Y	210.404	210.407	-0.003
Z	-106.752	-106.752	-0.000
T	-0.003	0.000	-0.003

P8 PNT12			
	MS	NM	DV
X	-234.846	-234.846	-0.000
Y	212.680	212.675	0.005
Z	-150.030	-150.030	0.000
T	0.005	0.000	0.005



Distribuição

- ☐ DED
- ☐ Dir. Produção
- ☐ Cliente
- ☐ DES
- ☐ Bancada
- ☐ Outro

Anexo 8

Eléctrodo 2 Testado na Metrologia



Relatório Controlo Dimensional

RCD Nº

Pág.: 1 / 1

SIMULDES AC05

Cliente:	Peça: Electrodo 7E200	Molde: 6472
Controlo a: Electrodo	Suporte: 6472_19E200.igs	Contr.:
Requisição cont. dim. nº 00000	Executado por: <i>Lis</i> Luis Almeida	Data: 25-03-2002

P6 PNT12			
	MS	NM	DV
X	457.066	457.066	0.000
Y	211.074	211.066	0.008
Z	-188.404	-188.428	0.024
T	0.025	0.000	0.025

P5 PNT11			
	MS	NM	DV
X	457.071	457.071	0.000
Y	197.548	197.542	0.005
Z	-183.786	-183.801	0.016
T	0.016	0.000	0.016

P22 PNT28			
	MS	NM	DV
X	457.669	457.666	0.003
Y	227.125	227.125	-0.000
Z	-142.758	-142.758	0.000
T	0.003	0.000	0.003

P4 PNT10			
	MS	NM	DV
X	457.093	457.093	-0.000
Y	174.806	174.800	0.006
Z	-173.894	-173.907	0.013
T	0.015	0.000	0.015

P21 PNT27			
	MS	NM	DV
X	457.696	457.701	-0.006
Y	221.527	221.527	0.000
Z	-181.521	-181.521	-0.000
T	-0.006	0.000	-0.006

P3 PNT9			
	MS	NM	DV
X	457.017	457.017	0.000
Y	162.031	162.028	0.002
Z	-168.649	-168.657	0.008
T	0.009	0.000	0.009

P20 PNT26			
	MS	NM	DV
X	457.632	457.638	-0.006
Y	211.930	211.930	-0.000
Z	-190.395	-190.395	-0.000
T	-0.006	0.000	-0.006

P2 PNT8			
	MS	NM	DV
X	457.009	457.009	0.000
Y	142.392	142.388	0.004
Z	-162.878	-162.891	0.013
T	0.014	0.000	0.014

P19 PNT25			
	MS	NM	DV
X	457.533	457.522	0.010
Y	164.792	164.792	0.000
Z	-171.176	-171.176	0.000
T	0.010	0.000	0.010

P18 PNT24			
	MS	NM	DV
X	457.522	457.517	0.005
Y	138.441	138.441	0.000
Z	-162.809	-162.809	0.000
T	0.005	0.000	0.005

Distribuição

☐ DED	☐ Dir. Produção	☐ Cliente
☐ .DES	☐ Bancada	☐ Outro



Relatório Controlo Dimensional

RCD Nº

Pág.: 1 / 1

SIMULDES AÇOS

Cliente:	Peça: Electrodo 7E200	Molde: 6472
Controlo a: Electrodo	Suporte: 6472_19E200.igs	Contr.:
Requisição cont. dim. nº 00000	Executado por: Luis Almeida	Data: 25-03-2002

P12 PNT18			
	MS	NM	DV
X	456.720	456.739	-0.019
Y	227.423	227.424	-0.001
Z	-139.906	-139.906	0.000
T	0.019	0.000	0.019

P11 PNT17			
	MS	NM	DV
X	456.863	456.863	0.000
Y	240.131	240.131	-0.000
Z	-134.743	-134.737	-0.006
T	-0.006	0.000	-0.006

P13 PNT19			
	MS	NM	DV
X	456.642	456.674	-0.032
Y	220.566	220.567	-0.001
Z	-190.786	-190.786	0.000
T	0.032	0.000	0.032

P10 PNT16			
	MS	NM	DV
X	457.147	457.147	0.000
Y	227.429	227.420	0.009
Z	-135.149	-135.129	-0.020
T	-0.022	0.000	-0.022

P14 PNT20			
	MS	NM	DV
X	456.726	456.758	-0.033
Y	211.516	211.516	0.000
Z	-191.053	-191.053	0.000
T	0.033	0.000	0.033

P9 PNT15			
	MS	NM	DV
X	457.218	457.218	0.000
Y	224.495	224.431	0.065
Z	-138.486	-138.461	-0.024
T	-0.069	0.000	-0.069

P15 PNT21			
	MS	NM	DV
X	456.782	456.797	-0.015
Y	183.031	183.031	-0.000
Z	-180.407	-180.407	0.000
T	0.015	0.000	0.015

P8 PNT14			
	MS	NM	DV
X	457.257	457.257	0.000
Y	222.751	222.691	0.060
Z	-155.781	-155.772	-0.009
T	-0.061	0.000	-0.061

P7 PNT13			
	MS	NM	DV
X	457.361	457.361	0.000
Y	218.216	218.161	0.055
Z	-183.062	-183.053	-0.010
T	-0.055	0.000	-0.055

P16 PNT22			
	MS	NM	DV
X	456.797	456.834	-0.038
Y	142.353	142.354	-0.000
Z	-180.399	-180.399	0.000
T	0.038	0.000	0.038

P17 PNT23			
	MS	NM	DV
X	456.850	456.880	-0.030
Y	142.350	142.350	0.000
Z	-164.376	-164.377	0.000
T	0.030	0.000	0.030

Distribuição

- ☐ DED ☐ Dir. Produção ☐ Cliente
☐ DES ☐ Bancada ☐ Outro

Anexo 9

Recolha histórica de eléctrodos

molde	quant	vezes	tipo	largura	comp	altura	Granpo	D/E	Nº fres	P	G	GRA.	Fresas=1	TOTAL
6463	2	2	P	9,5	20	10	0	0	2	4	0	0	0	4
6463	2	2	P	9,5	20	9	0	0	1	4	0	0	4	4
6461	4	2	G	19	19	30	0	1	1	0	8	0	8	8
6461	4	1	G	15	29	20	0	1	2	0	4	0	0	4
6461	4	1	P	9,5	9,5	16	0	1	2	4	0	0	0	4
6461	4	1	P	9,5	19	25	0	1	1	4	0	0	4	4
6461	4	1	G	19	19	15	0	1	2	0	4	0	0	4
6461	4	8	P	9,5	30	25	0	1	1	32	0	0	32	32
6480	2	1	P	9,5	45	23	0	0	1	2	0	0	2	2
6480	2	1	G	19	19	35	0	0	1	0	2	0	2	2
6480	2	1	P	9,5	19	20	0	0	1	2	0	0	2	2
6480	2	1	G	40	75	70	1	0	1	0	2	2	2	2
6480	2	1	G	19	19	45	0	0	1	0	2	0	2	2
6480	2	1	G	19	19	35	0	0	3	0	2	0	0	2
6480	2	1	G	19	19	45	1	0	1	0	2	2	2	2
6480	2	1	P	9	20	35	0	0	1	2	0	0	2	2
6471	2	1	P	9,5	9,5	15	0	0	1	2	0	0	2	2
6471	2	2	P	9,5	9,5	15	0	0	2	4	0	0	0	4
6471	2	1	P	9,5	14	12	0	0	2	2	0	0	0	2
6460	4	1	G	19	29	24	0	1	2	0	4	0	0	4
6460	4	1	G	45	48	20	0	1	2	0	4	0	0	4
6460	4	1	G	19	28	15	0	1	1	0	4	0	4	4
6329	2	1	G	15	18	30	0	0	2	0	2	0	0	2
6329	2	2	G	20	23	35	0	0	2	0	4	0	0	4
6329	2	1	G	15	20	35	0	0	2	0	2	0	0	2
6329	2	1	P	9,5	12	20	0	0	1	2	0	0	2	2
6329	2	1	G	15	25	55	1	0	2	0	2	2	0	2
6443	4	2	G	19	60	58	1	1	2	0	8	8	0	8
6443	4	1	G	30	30	43	0	1	1	0	4	0	4	4
6443	2	1	G	19	40	90	1	0	1	0	2	2	2	2
6443	2	1	G	19	45	19	0	0	2	0	2	0	0	2
6443	4	1	P	9,5	25	44	1	1	1	4	0	4	4	4
6441	1	1	P	9,5	15	11	0	0	1	1	0	0	1	1
6441	1	1	P	9,5	20	15	0	0	1	1	0	0	1	1
6441	1	1	P	9,5	11	28	0	0	1	1	0	0	1	1
6441	1	1	G	26	38	43	0	0	2	0	1	0	0	1
6441	2	1	P	9,5	16	14	0	0	2	2	0	0	0	2
6441	2	1	P	9,5	34	28	0	0	1	2	0	0	2	2
6441	1	1	G	42	70	70	1	0	2	0	1	1	0	1
6441	1	1	G	42	60	62	1	0	2	0	1	1	0	1
6441	1	1	P	9,5	20	22	0	0	1	1	0	0	1	1
6441	1	1	P	9,5	20	18	0	0	1	1	0	0	1	1
6441	2	1	G	16	43	20	0	0	1	0	2	0	2	2
6441	2	1	G	24	46	30	0	0	1	0	2	0	2	2
6441	2	1	G	30	60	51	1	0	1	0	2	2	2	2
6441	2	1	G	32	55	70	1	0	1	0	2	2	2	2
6441	2	1	G	30	48	58	1	0	1	0	2	2	2	2
6447	4	1	P	9,5	18	21	0	1	1	4	0	0	4	4
6447	2	1	G	18	20	33	0	0	1	0	2	0	2	2
6447	2	2	G	30	30	19	0	0	1	0	4	0	4	4
6447	4	1	G	11	11	17	0	1	2	0	4	0	0	4
6447	2	1	G	11	22	27	0	0	3	0	2	0	0	2
6447	2	1	P	9,5	13	10	0	0	2	2	0	0	0	2
6447	4	3	G	20	22	22	0	1	1	0	12	0	12	12

molde	quant	vezes	tipo	largura	comp	altura	Granpo	D/E	N° fres	P	G	GRA.	Fresas=1	TOTAL
6447	4	1	G	37	37	32	0	1	1	0	4	0	4	4
6444	2	1	G	39	39	34	0	0	2	0	2	0	0	2
6444	2	1	P	9,5	39	32	1	0	1	2	0	2	2	2
6444	2	1	P	9,5	49	50	1	0	1	2	0	2	2	2
6444	2	1	G	45	45	45	0	0	1	0	2	0	2	2
6444	4	1	G	29	43	31	0	1	1	0	4	0	4	4
6444	2	1	G	18	19	43	0	0	1	0	2	0	2	2
6444	2	1	G	48	48	37	0	0	2	0	2	0	0	2
6444	2	1	G	19	42	29	0	0	1	0	2	0	2	2
6444	2	1	G	18	24	40	0	0	2	0	2	0	0	2
6444	2	1	G	39	48	36	0	0	2	0	2	0	0	2
6444	2	1	G	39	39	19	0	0	2	0	2	0	0	2
6444	2	1	P	9,5	48	35	1	0	1	2	0	2	2	2
6444	2	1	G	39	48	30	0	0	2	0	2	0	0	2
6458	4	1	G	19	40	40	0	1	1	0	4	0	4	4
6458	4	1	G	30	30	15	0	1	2	0	4	0	0	4
6458	4	1	P	9,5	9	22	0	1	1	4	0	0	4	4
6458	4	1	P	9,5	19	65	1	1	1	4	0	4	4	4
6458	4	1	P	9,5	44	51	1	1	1	4	0	4	4	4
6458	4	1	G	16	19	24	0	1	2	0	4	0	0	4
6458	2	1	G	32	34	41	0	0	1	0	2	0	2	2
6458	4	1	G	30	40	18	0	1	2	0	4	0	0	4
6458	4	1	G	16	16	13	0	1	2	0	4	0	0	4
6458	4	1	G	15	48	65	1	1	1	0	4	4	4	4
6456	4	4	P	9,5	18	26	0	1	1	16	0	0	16	16
6456	6	1	P	9,5	18	26	0	1	1	6	0	0	6	6
6456	2	6	G	18	50	83	1	0	1	0	12	12	12	12
6456	4	8	P	9,5	20	38	1	1	1	32	0	32	32	32
6456	4	1	P	9,5	9,5	18	0	1	1	4	0	0	4	4
6456	2	1	G	19	20	56	1	0	1	0	2	2	2	2
6456	2	1	G	18	19	42	0	0	1	0	2	0	2	2
6456	2	2	P	9,5	11	25	0	0	1	4	0	0	4	4
6456	2	1	P	9,5	16	25	0	0	1	2	0	0	2	2
6456	2	1	P	9,5	9,5	31	1	0	1	2	0	2	2	2
6456	4	6	G	17	30	25	0	1	2	0	24	0	0	24
6456	4	1	P	7	9	16	0	1	2	4	0	0	0	4
6456	4	2	G	18	30	31	0	1	2	0	8	0	0	8
6456	4	1	P	9,5	19	18	0	1	2	4	0	0	0	4
6456	4	1	G	25	32	16	0	1	2	0	4	0	0	4
6463	2	1	P	9,5	28	35	1	0	1	2	0	2	2	2
6463	2	1	P	9,5	40	40	1	0	1	2	0	2	2	2
6463	2	1	P	9,5	26	33	1	0	1	2	0	2	2	2
6463	2	2	P	9,5	20	27	0	0	1	4	0	0	4	4
6463	2	1	P	9,5	30	31	1	0	1	2	0	2	2	2
6463	2	2	P	9,5	21	20	0	0	2	4	0	0	0	4
6463	2	1	P	9,5	30	44	1	0	1	2	0	2	2	2
6463	2	1	P	9,5	30	36	1	0	1	2	0	2	2	2
6463	2	1	P	9,5	20	15	0	0	2	2	0	0	0	2
6463	2	2	G	19	50	95	1	0	1	0	4	4	4	4
6462	2	1	G	40	52	62	1	0	1	0	2	2	2	2
6462	2	1	G	23	24	37	0	0	1	0	2	0	2	2
6462	1	1	G	19	24	37	0	0	1	0	1	0	1	1
6462	2	1	G	20	28	49	0	0	2	0	2	0	0	2
6462	1	1	G	27	35	37	0	0	1	0	1	0	1	1

molde	quant	vezes	tipo	largura	comp	altura	Granpo	D/E	Nº	fre	P	G	GRA.	Fresas=1	TOTAL
6462	2	1	G	19	27	51	1	0	2	0	2	2	2	0	2
6462	2	1	P	9,5	12	23	0	0	1	2	0	0	0	2	2
6462	1	1	G	18	33	35	0	0	1	0	1	0	0	1	1
6462	2	1	P	9,5	29	22	0	0	1	2	0	0	0	2	2
6462	2	1	P	9,5	16	24	0	0	1	2	0	0	0	2	2
6462	2	2	P	9,5	25	23	0	0	1	4	0	0	0	4	4
6462	1	3	G	25	25	30	0	0	3	0	3	0	0	0	3
										207	223	114		280	430
										48%	52%	27%		65%	

Anexo 10

Cálculo do tempo de maquinação dos rasgos

[illegible]



FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

BIBLIOTECA



0000091221