

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia Mecânica
Projeto Mecânico

Desenvolvimento de um Processo em Comando Numérico

Autor: João Carlos C.S.A.Boaventura

Orientador: NICOLA GETSCHKO

1986

Í N D I C E :

Sumário.....	01
I. Introdução ao CAD/CAM.....	03
II. Participação do computador em um projeto	06
II.1 Arquitetura de um sistema CAD.....	09
II.2 Software de um sistema CAD.....	11
III. Metodologia de projeto em sistemas CAD..	13
III.1 Análise computadorizada de elementos de máquinas.....	15
III.2 Elementos da biblioteca.....	15
III.3 Modos de transmissão.....	16
IV. Considerações sobre comando numérico....	19
V. Vantagens do uso do comando numérico....	20
VI. Descrição da máquina de usinagem.....	22
VI.1 Especificações do controle numérico.....	24
VII. Descrição resumida do TNC 145.....	27
VIII. Características da peça.....	31
IX. Dimensões do chassi.....	32
X. Justificativa das tolerancias geométricas	34
XI. Dispositivos de fixação.....	35
XII. Processo de usinagem.....	38
XII.1 Pré furação da peça.....	38
XII.2 Usinagem da face inferior.....	44
XII.3 Usinagem da face superior.....	47
XII.4 Programa de usinagem(face inferior).....	50
XII.5 Programa de usinagem(face superior).....	52
XIII. Conclusões finais.....	56
Apendice A	57
Apendice B.....	59

SUMÁRIO

O uso de novas tecnologias nos processos de produção têm fundamental importância para elevar os níveis de produtividade e qualidade.

A evolução dos métodos e processos produtivos tradicionais para os automatizados deve-se processar lenta e gradualmente. Os passos iniciais para essa evolução foram a introdução de sistemas computadorizados de apoio, controle e gerencialmente nas diversas áreas das empresas, visando melhorar de alguma forma os processos já existentes. Um bom exemplo são os sistemas de controle de estoque. / Com a aceitação destes sistemas, passaram a ser introduzidos no mercado recursos produtivos mais flexíveis que foram gradativamente substituindo os recursos tradicionais. Entre estes podem ser citados os sistemas CAD (Computer aided design), CAM (Computer aided manufacture) e as máquinas de controle numérico.

Assim, a proposta de se desenvolver um projeto cujo desenvolvimento se desse dentro da área de CAD-CAM, situa-se dentro de uma realidade que dando ainda os passos iniciais, apresenta um potencial de desenvolvimento enorme.

Apesar de seu enorme potencial, a implantação de sistemas de CAD-CAM por parte das indústrias deverá ser lenta, uma vez que este apresenta um custo inicial muito elevado.

Devido ao reduzido número de sistemas CAD-CAM instalados, não foi possível obter acesso a um sistema, no qual seria desenvolvido e processado um elemento exemplificador, que seria a base do estudo a ser desenvolvido.

Assim faremos uma introdução à metodologia de projeto em um sistema CAD.

Seguindo um encadeamento, chegaremos ao tema que, devi-

do ao fato de estar intimamente relacionado com o projeto inicialmente proposto, foi escolhido como alternativa: o comando numérico de máquinas operatrizes.

Um outro fator preponderante na escolha do tema alternativo do projeto foi a chegada de uma fresadora universal com comando numérico às instalações do laboratório de Engenharia Mecânica.

Isto porque o objetivo inicial era desenvolver um projeto com o qual se pudesse obter resultados práticos e concretos, não apenas desenvolvimento da teoria.

O projeto consistirá basicamente na análise e desenvolvimento do processo de manufatura de um produto em uma máquina de comando numérico. Ou seja, estabelecido um produto, com todas as suas características definidas, será desenvolvido todo o processo de manufatura e de controle do produto.

I. INTRODUÇÃO AO CAD/CAM

A área abrangida pelo CAD (Computer Aided Design) é composta por qualquer atividade que utilize o computador para desenvolver, analisar ou modificar um projeto de engenharia.

Atualmente os sistemas de CAD baseiam-se em seções interativas gráficas através dos quais o usuário se comunica diretamente com o sistema. O usuário deste sistema é o próprio projetista que, fornecendo dados e comandos para o computador, orienta-o para criar, transformar e mostrar desenhos e especificações em uma tela de vídeo gráfica.

Um sistema interativo típico é uma combinação de hardware e software. O Hardware é composto basicamente por uma unidade de processamento central (CPU), algumas estações gráficas (que são terminais gráficos de alta resolução), terminais alfanuméricos, e outros dispositivos periféricos para saída de dados e desenhos, tais como impressoras e platters. O Software é composto de programas aplicativos destinados a receber e analisar os comandos e dados fornecidos pelo projetista, compondo-os de acordo com as necessidades que foram estabelecidas pelo usuário.

Assim como o sistema interativo gráfico interativo, o projetista também é um dos componentes do CAD.

Durante o desenvolvimento de um projeto, as capacidades de um projetista são sensivelmente melhoradas através das interações com o computador.

Estas são algumas das vantagens da utilização de um sistema CAD em um projeto:

1º. Aumento da produtividade de um projetista - O Sistema faz isto auxiliando o projetista a visualizar o produto e suas partes; também reduz o tempo necessário para sintetizar, anali

sar e documentar projetos. E a melhora da produtividade não é apenas sobre o ponto de vista de custo, mas também sob o ponto de vista do tempo necessário para completar um projeto, que certamente é menor.

2º. Melhoria da qualidade do projeto - Um sistema CAD permite análises de engenharia mais elaboradas, além de verificações de uma série de alternativas de projeto. Os erros de projetos também são reduzidos, porque um sistema CAD fornece uma precisão maior.

3º. Melhoria de comunicação - Um sistema CAD gera desenhos de projetos de maior qualidade, maior padronização de desenhos, melhor documentação, menor erros de desenhos e grande legibilidade.

4º. Criação de um banco de dados - No processo de criação de um documento de um produto (geometria e dimensões de produtos e sua montagem, especificação de materiais necessários etc), é criado também uma base de dados para ser utilizada na fabricação do produto. Daí surge o termo CAM ("Computer Aided Manufacturing"). E devido a estes vínculos, entre o projeto e a fabricação, proporcionados pelas informações contidas na base de dados, os sistemas CAD atuais são denominados também de sistemas CAD/CAM.

Perspectivas Históricas

A evolução de sistemas CAD está bastante relacionada com o desenvolvimento em computação gráfica. A área de CAD engloba muito mais detalhes do que a computação gráfica em si.

Um dos projetos iniciais, marcantes da área de computação gráfica, foi o desenvolvimento da linguagem APT ("Automatically Programmed Tools") no Massachusetts Institute of Technology / (MIT) em meados de 1950. O projeto foi concebido para o desenvolvi-

mento de um meio conveniente de definir elementos geométricos para programação de máquinas de controle numérico usando o computador.

Outro conceito que tomou forma na década de 1950 foi o "light pen". A idéia de dispositivo aparece durante pesquisas sobre processamento de dados de radar de um projeto de defesa, denominado SAGE ("Semi-Automatic Ground Environment System"). O objetivo do projeto era desenvolver um sistema de dados de análise de radar, e apresentar os possíveis alvos para as bombas na tela de um CRT. E para economizar tempo de amostragem de toda uma imagem, usou-se a noção do "light-pen" para identificar um setor particular da tela de CRT.

Durante a década de 1960, Ivan Sutherland trabalhou em um projeto do MIT denominado "sketchpad" e apresentou um artigo sobre seus resultados no Fall Joint Computer Conference em 1963. Este projeto é bastante significativo porque representa uma das primeiras demonstrações de criação e manipulação de imagens em tempo real numa tela CRT. Para muitos, este trabalho marca o início da computação gráfica interativa.

II. PARTICIPAÇÃO DO COMPUTADOR EM UM PROJETO

Durante o desenvolvimento de um projeto, os pontos de participação ativa de um sistema CAD podem se agrupados em quatro áreas funcionais:

- 1- Modelamento geométrico
- 2- Análise de engenharia
- 3- Revisão de projeto e avaliação
- 4- Desenhos automatizados

Na figura 1, o lado esquerdo representa esquematicamente o ciclo de desenvolvimento de um projeto segundo Shingley.

O lado direito mostra a esquematização das áreas de CAD e a sua interligação com o ciclo de projeto.

Cada uma das quatro áreas funcionais de participação de um sistema CAD possui métodos e características próprias que a distingue e diferencia das outras.

No ciclo de projeto, o reconhecimento das necessidades e a definição do problema consistem na percepção de um problema e na especificação das características funcionais e físicas, custo, qualidade e performance de operação do item a ser projetado.

1. Em CAD, o modelamento geométrico está ligado com a descrição matemática, compatível com o computador, da geometria de um objeto. A descrição matemática possibilita que uma imagem de um objeto seja mostrado e manipulado no terminal gráfico do sistema CAD. O software de modelamento geométrico deve ser projetado para utilização eficiente tanto pelo computador como pelo projetista.

2. A análise de engenharia pode desenvolver cálculos estruturais, cálculos de transferência de calor, ou o uso de equações diferenciais para descrever o comportamento dinâmico de um sistema sendo projetado. Certos pacotes de software de sistemas CAD/

CAM contém operadores sobre modelos, tais como a análise de propriedades de massa, que é capaz de analisar áreas de superfície, peso, volume, centro de gravidade e momento de inércia; Análise de elemento finito que é uma técnica bastante potente. Nesta técnica, o objetivo é dividido em grande número de elementos finitos (geralmente formas retangulares ou triangulares) que forma uma rede ligada destes elementos concentrados para formar um corpo. Assim, aproveitando a grande capacidade de cálculo de um computador, todo o objeto pode ser analisado em força, transferência de calor, e outras características para o cálculo de comportamento de cada nó. E através da determinação do relacionamento de comportamento entre todos os nós do sistema, o comportamento entre todos os nós do sistema, o comportamento de todo o objeto pode ser conhecido ou calculado.

3. A revisão de projeto e avaliação estão relacionados com a verificação do comportamento do sistema, sob o ponto de vista das especificações estabelecidas, na fase inicial de definição do projeto. E na avaliação do sistema, onde há necessidade de verificação de precisão de um projeto pode ser convenientemente efetuado sobre um terminal gráfico.

O computador pode ajudar com rotinas de dimensionamentos e tolerâncias que, com base nas especificações de superfícies fornecidas pelo usuário, ajudam a reduzir as possibilidades de erros de dimensionamento. Um outro procedimento é o "check" de interferência que envolve a análise de uma estrutura partilhada, na qual existe a possibilidade de que componentes da estrutura podem ocupar o mesmo espaço físico. Uma outra característica bastante interessante, que um sistema CAD pode oferecer para auxiliar a avaliação do produto, é a cinemática. Pacotes de cinemática fornecem a capacidade de animar e ilustrar o movimento de mecanismos que têm estas características tais como estruturas articuladas, dobradiças etc.

4. Automatização de Desenhos

O processo de automatização dos desenhos envolve a criação de desenhos por hard-copy, plotters etc. diretamente do banco de dados do produto final criada pela CAD. Assim há uma melhora sensível na apresentação final do projeto, já que os documentos serão menos sujeitos a erros, com facilidade de atualização, e o que é mais importante, com menor tempo para preparação da documentação final do produto.

II.1 Arquitetura de um Sistema CAD

A configuração de um sistema de CAD em uma firma depende das necessidades e dos recursos disponíveis da mesma. É importante observar que um sistema CAD também inclui aplicações não gráficas do computador. São os resultados de análise de engenharia, que são apresentados mais eficientemente numa forma não gráfica.

Um sistema CAD é composto, basicamente por:

- Uma ou mais "workstation" consistindo de
 - .. Terminal gráfico
 - .. Dispositivos de entrada
- Dispositivos de saída
 - .. um ou mais plotters
- Unidade Central de Processamento (UCP)
- Armazenamento secundário

A estação de trabalho de um sistema CAD é a interface do sistema com o mundo externo. É por onde o projetista tem acesso aos recursos do sistema. Ela representa um fator bastante significativa, que faz com que o usuário decida o quanto é conveniente e eficiente o uso de um sistema CAD. Uma estação de trabalho deve efetuar as seguintes funções:

- Interfaceamento com a CPU
- Geração de imagens gráficas para o usuário

- Descrições funcionais da imagem gráfica
- Enviar comandos à CPU em função das operações requisitadas pelo usuário.

Uma estação de trabalho gráfica e interativa é composta pelos seguintes componentes:

- Um terminal gráfico: onde são geradas as imagens (por exemplo os "raster scan" ou os DVSTs).
- Dispositivos de entrada: São os dispositivos através dos quais o usuário entra com os comandos de operação ao sistema, tais como o teclado, o "joystick", o tablete digitalizador.

Dispositivos de saída

Dentro de um sistema CAD, estes dispositivos são responsáveis pela geração das saídas gráficas ou não gráficas para o papel. São os traçadores gráficos (plotter); os dispositivos de "hard-copy", plotter eletrostáticos e até mesmo as impressoras.

Unidade Central de Processamento

A CPU opera como o cérebro de um sistema CAD. É ele quem executa os cálculos matemáticos, e supervisiona várias atividades dentro do sistema tais como o gerenciamento de estações de trabalho, controle de plotters, geração de "backups", lendo dados de fitas magnéticas, transmitindo e recebendo dados de outros computadores.

Armazenamento secundário

Conjuntamente com o armazenamento primário, a capacidade de armazenamento secundário é bastante importante num sistema CAD, visto que os volumes de informações são bastante grandes. Geralmente são constituídos de discos magnéticos e/ou fitas magnéticas. A finalidade principal, de utilizar o armazenamento secundário-

o, é a economia de memória principal do computador.

II.2 Software de um sistema CAD

O software de um sistema CAD é composto basicamente por dois tipos de programas: o primeiro é o software gráfico, que é uma coleção de programas escritos para tornar conveniente ao usuário, a operação de um sistema gráfico. Ele inclui programas para geração de imagens na tela gráfica, manipulação de imagens, e realização de vários tipos de operações entre o usuário e o sistema; o segundo tipo é um conjunto de programas tais como os de análises (por exemplo, análise de elementos finitos e simulação de cinemática), os de planejamento de fabricação de um produto (por exemplo, o processo de planejamento e programação de controle numérico).

Configuração do Software de um Sistema Gráfico

A operação de sistemas gráficos apresenta uma variedade de atividades que podem ser agrupadas em três categorias:

1. Interação com o terminal gráfico para criar e alterar imagens na tela.
2. Construção de modelos de objetos físicos independentemente das imagens da tela. São modelos denominados modelos de aplicação.
3. Entrada do modelo no banco de dados do sistema.

O software gráfico pode ser dividido em três módulos de acordo com o modelo conceitual sugerido por Van Dan:

- Pacote Gráfico
- Programa de Aplicação
- Base de Dados de Aplicação

O módulo central é o programa de aplicação. Ele controla o armazenamento e recuperação de dados para a base de dados / da aplicação. O programa de aplicação se comunica com o usuário a-

través do pacote gráfico, sempre levando em conta as aplicações específicas em questão.

Para cumprir as regras básicas de configuração de software gráfico, o pacote gráfico deve executar uma variedade de funções diferentes. Estas funções podem ser agrupadas em conjunto; cada qual com um certo tipo de interação entre o usuário e o sistema. Os conjuntos mais comuns são:

- Geração de elementos gráficos
- Transformações
- Controle de tela e funções de janelamento
- Funções de segmentação (manipulação de segmentos)
- Funções de entrada

O banco de dados é essencial em quase todas as funções de um sistema CAD. O banco de dados de um sistema CAD contém os modelos de aplicação, projetos, desenhos, listagens de montagens, e informações alfanúmericas. O seguinte modelo de estrutura é bastante conveniente como organização de uma base de dados:

1. Elementos Gráficos Básicos (Pontos e outros elementos).
2. Geometria (Forma) dos componentes do modelo e seu lay-out espacial.
3. Topologia ou estrutura de modelos. A forma na qual os componentes são interligados para formar um modelo.
4. Dados específicos da aplicação tais como as propriedades dos materiais.
5. Dados de análise específica. A serem utilizados / pelos programas de análise tais como elementos finitos.

III. METODOLOGIA DE PROJETO EM SISTEMAS CAD/CAM

O desenvolvimento de um projeto de engenharia pode ser dividido em dois procedimentos distintos. Primeiro, os elementos que compõem uma máquina têm que ser posicionados e relacionados entre si. Segundo, cada elemento tem que ser dimensionado para suportar as forças que lhe serão impostas. A natureza da parte cinemática não depende das forças nem das dimensões absoluta dos elementos.

O dimensionamento e a análise cinemática do modelo devem ser efetuados separadamente, dividindo a CAD em duas ciências.

1. Análise cinemática- na qual o computador estuda o movimento e as formas dos elementos, e o método de suporte e guia dos elementos.

2. Dimensionamento- que envolve o cálculo e posicionamento das forças atuantes nos diversos elementos da máquina. A seleção dos materiais, baseada nas forças atuantes e outras características pode, a critério do projetista, ser efetuada pelo computador.

Existem diversas maneiras de adaptar o problema de projeto de uma máquina de forma a utilizar o computador como ferramenta para a solução do problema.

1. Fazer uma descrição completa daquilo a que se destina a máquina a ser projetada.

2. Selecionar ou montar as bibliotecas de mecanismos adequadas.

3. Colocar os mecanismos num dispositivo de saída para um estudo das forças atuantes em cada componente do mecanismo selecionado.

4. Selecionar o mecanismo e utilizá-lo num programa de comparação de materiais para auxílio na seleção do material mais adequado a cada componente do mecanismo.

5. Dimensionar cada elemento através da execução de um programa desenvolvido para considerar as forças, tensões admissíveis para o material selecionado, as defleções e as deformações.

6. Modificar os elementos do mecanismo através de um método interativo com o computador de forma a facilitar a sua manufatura.

7. Utilizar os dados coletados nas etapas de 1 a 6 para elaborar plantas do mecanismo, incluindo especificações dos materiais e instruções para a manufatura.

Entretanto, surgem situações em que as dimensões dos componentes possuem limitações físicas, devido à sua aplicação ou ao seu movimento. Um engenheiro mecânico deve usar, sempre que possível dimensões padronizadas, mudando as dimensões fornecidas pelo computador, de forma a diminuir os custos de produção.

Para poder desenvolver elementos de máquinas com o auxílio de um computador, o projetista deve estar familiarizado com as técnicas de computação gráfica.

Tabela 1.1 - notação CAD

caracter desenhado	interpretação para projeto
a	aceleração angular
A	aceleração linear
"	ponto em um membro
T	tempo
Ω (omega)	fixa eixos
V	velocidade linear
o	junta de articulação
θ (teta)	deslocamento angular
W	velocidade angular

III.1 ANÁLISE COMPUTADORIZADA DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS

Uma análise computadorizada de uma estrutura de máquinas inclui dados de dureza, ductilidade, tensões admissíveis, resistência à fadiga e outras características dos materiais a serem selecionados. Estes dados são armazenados e devem ser permanentemente atualizados.

Usando o computador, o projetista pode dispor de várias tabelas das mais importantes propriedades de materiais comumente usados no projeto de máquinas. O computador não seleciona os materiais, ele apenas auxilia. A biblioteca de elementos do computador deve ser utilizada para referenciar elementos por ser extremamente rápida para consulta.

III.2 ELEMENTOS DA BIBLIOTECA

ESTRUTURAS

Uma estrutura é uma combinação de elementos capaz de transmitir forças ou carregar cargas mas sem movimento relativo entre os seus componentes. O projetista deve selecionar o material apropriado para cada elemento da estrutura. Isto envolve considerações quanto ao peso e tamanho assim como a carga a ser suportada por cada elemento; o custo do material e fabricação; e as propriedades do material utilizado na estrutura. Um exemplo de uma estrutura é a base de uma máquina, constituída de diversas partes presas, ligadas ou fabricadas de maneira a não permitir movimentos entre membros da estrutura.

MECANISMOS

Um mecanismo é uma combinação de corpos rígidos, montados de forma que o movimento de um provoca o movimento dos outros. Em

CADM, uma máquina é composta por uma série de mecanismos, mas um mecanismo não é necessariamente uma máquina.

BASE

A base de uma máquina é a estrutura que suporta os mecanismos (partes moveis e outros componentes). As bases podem ser fixas no lugar ou estarem em movimento relativo com relação à terra. Para se analisar uma base é mais conveniente usar o CADM para determinar as forças máximas e as tensões limites. Devido ao fato da base sustentar os mecanismos, é necessário considerar o seguinte:

1. Partículas, a menor parte de um display de computador. Uma partícula representa um ponto simples e foi referenciada anteriormente como um "ponto". Uma linha é composta por uma série de partículas dispostas lado a lado.

2. Corpos rígidos, nos quais as partículas mantêm constante a distância entre elas, O computador assume que um corpo rígido não sofre distorções decorrentes das forças que atuam nele.

3. Motora e movida, parte do mecanismo que provoca o movimento (motora) e aquela que o movimento da motora afeta (movida).

III.3 MODOS DE TRANSMISSÃO

Para o computador, a ação das forças naturais de atração e repulsão não estão definidas. Uma seção de um mecanismo não pode ser movida até estar em contato direto ou conectada a outra por um método intermediário capaz de transmitir o movimento. Assim o movimento só pode ser transmitido entre motor para o ente movido por contato direto ou por conectores, que podem ser rígidos, flexíveis ou fluídos.

INVERSÃO

O movimento relativo dos elementos de máquinas podem ser estudados em pares. Um dos elementos do par é geralmente fixo. / Quando ocorre uma inversão, o elemento que anteriormente era fixo passa a ser o elemento não fixo. Isto é, mudamos o eixo de referência da peça movida para a peça motora. O par de elementos pode ser modificado através da inserção de novos dados.

ROLAMENTOS

O computador coloca rolamentos entre elementos que possuem movimento relativo e ocorre uma das seguintes situações: um dos elementos tem que suportar o outro, um dos componentes tem que permanecer estacionário ou ambos têm movimento próprio mas independente.

JUNTAS E CHAVETAS

O computador dispõe juntas ou chavetas onde for indicado pelo projetista.

MANIVELAS

Uma manivela pode ser definida como um braço rodando ou oscilando em torno de um eixo. Quando duas ou mais manivelas do mesmo eixo estão rigidamente conectadas entre si, podem receber o nome de alavanca.

Ações- Uma manivela é definida como um elemento rígido conectando um par de elementos girantes a um elemento de um outro par. O eixo de um par é assumido como estacionário enquanto o eixo do outro é conduzido pela manivela ao longo de uma trajetória circular em torno do eixo estacionário.

Biela-manivela- Esta composição é uma variação do mecanismo de quatro barras.

Através da edição gráfica, são projetadas peças e compo

nentes mecânicos isolados ou em subconjuntos montados. Concluído o projeto e feita a verificação final, através do sistema CAD, as informações a respeito de determinado detalhes e contornos a serem usinados, estão disponíveis nos bancos de dados.

Para que estas informações sejam utilizadas na produção de elementos com máquinas de comando numérico, são determinadas as dimensões e as especificações tecnológicas do material a partir da qual a peça será usinada e as características das ferramentas e dos elementos de fixação que serão utilizados.

Aqui inicia-se a interação do sistema CAD com o sistema CAM. Com as informações de produção da disponibilidade e carga das máquinas de comando numérico, é determinado o equipamento no qual será executada a usinagem.

Em função do equipamento escolhido, é selecionado um arquivo especial, contendo informações a respeito da máquina operatriz do comando numérico e das capacidades e limitações do conjunto produtivo, denominado Pós-processador.

Estes pós-processadores, específicos para cada conjunto controle-numérico-máquina operatriz, são fornecidos pelos próprios fabricantes dos sistemas de CAD/CAM, e se constituem na interface lógica entre os sistemas e a produção com máquinas de controle numérico.

Os dados gerados pelo pós-processador devem ser transmitidos para a máquina de controle numérico.

Esta transmissão de dados é feita através de fita perfurada, de discos flexíveis ou são transmitidas diretamente do banco de dados do computador para a memória da máquina de comando numérico.

IV. CONSIDERAÇÕES SOBRE COMANDO NUMÉRICO

Define-se como "Comando Numérico" o equipamento eletrônico capaz de receber informações por meio de uma entrada característica, compilar estas informações e transmiti-las em forma de comando à máquina operatriz, de modo que esta, sem a intervenção do operador, realize as operações na sequência programada.

A unidade de recepção de informações pode ser uma leitora de fitas, fitas magnéticas, unidades de discos ou pode ser alimentada com dados diretamente de uma central de computação.

Os equipamentos comandados com controle numérico se diferenciam basicamente dos convencionais, uma vez que não necessita de acessórios que proporcionem o controle dos movimentos da máquina.

Estes movimentos são comandados através de dados de entrada que determinam os movimentos a serem executados.

As máquinas de controle numérico, além do objetivo inicial de solucionar a usinagem de peças de grande complexidade, vieram auxiliar na redução de tempo improdutivo, no posicionamento e retirada de ferramentas.

É de fundamental importância a diferenciação entre a usinagem convencional e a com controle numérico, uma vez que o adequado / selecionamento das peças que deverão ser usinadas em controle numérico, proporcionarão a utilização de todos os recursos técnicos disponíveis nestes equipamentos, possibilitando, portanto, rápido retorno do investimento.

Como regra geral, a seleção das peças para usinagem com controle numérico pode-se enquadrar nos seguintes requisitos básicos:

- peças geometricamente complexas e de precisão;
- peças com pequenos lotes de produção;
- menor espaço de tempo entre projeto e fabricação;
- produtos com vida curta.

V. VANTAGEM DO USO DO COMANDO NUMÉRICO

As máquinas de comando numérico levam uma grande vantagem sobre os outros sistemas convencionais quanto à velocidade de produção, influenciando diretamente nos tempos de execução.

O porquê da redução do tempo de execução está fundamentado em dois pontos:

Primeiro - A redução direta do tempo de execução pela eliminação dos tempos manuais, onde o operador é chamado a intervir, além da vantagem de que o comando numérico induz na utilização do melhor ciclo.

Segundo - As máquinas de controle numérico devido a sua alta versatilidade englobam operações diminuindo mais ainda os tempos mortos intermediários.

Para ilustrar essa parte podemos citar como exemplo alguns dos recursos que contribuem para este decréscimo de tempo:

- Alta rigidez de construção;
- Velocidades e avanços quase sempre contínuos ou com grande variação. Permite sempre trabalhar nas condições ideais de cálculo;
- Possibilidade de troca de ferramenta automática;
- Mesa com indexação automática;
- Ferramentas múltiplas

Estes itens se constituem em uma das maiores vantagens do comando numérico aplicado às máquinas operatrizes de usinagem, o que leva à conclusão da viabilidade da aplicação deste, mesmo em lotes de pequenas quantidades.

As vantagens inerentes à preparação estão diretamente ligadas à simplicidade da troca de serviços na própria máquina.

Levando isto em termos comparativos de tempo, podemos

dizer que o ganho de tempo chega facilmente a um para dez, e raramente atinge o limite mínimo de um para tres.

Este tipo de máquina possibilita ainda uma maior versatililidade de produção. Por isso, a engenharia de produto pode lançar mão de modificações significativos, às vezes, nos produtos lançados para melhorá-los, sem causar perdas de ferramental, dispositivos ou demanda de muito tempo para se ter a nova resposta com o produto modificado.

Grande parte das peças que são fabricadas para a confecção de um protótipo, podem ser feitos em máquinas de comando numérico, devido a não necessidade de dispositivo e ferramentas especiais.

Cada vez mais o mercado exige uma maior velocidade de modificação do produto, devido ao desenvolvimento tecnológico, principalmente na indústria eletrônica. Para acompanhar esta exigência a aplicação de máquinas com contróle numérico é a que melhor se enquadra.

VI. DESCRIÇÃO DA MÁQUINA DE USINAGEM

A máquina a ser utilizada no processo de usinagem é uma fresadora universal com comando numérico para produção e ferramentaria SHW - UF 11, da TRAUB.

Ela possui guias verticais largos, podendo-se executar fresamentos em direção paralela ou contrária em todo o campo de aplicação. O escalonamento das velocidades se dá desde 36 rpm até 1800 rpm segundo DIN.804-R20/2, subdividida em 18 escalonamentos. O acionamento da árvore principal pode ser feito através de motor de corrente contínua.

A precisão da máquina é garantida por guias retificadas e resqueadas, moldadas com matéria plástica resistente. A árvore principal possui rolamentos cônicos de precisão. Os avanços são feitos sem escalonamentos e possui botão de avanço micrométrico.

O acionamento dos avanços é independente e feito através de motores de corrente contínua de reação imediata. O avanço horizontal é rápido, podendo atingir 4000 mm/min. O avanço vertical pode ser de até 2000 mm/min.

O grande espaço disponível entre a ferramenta e a superfície de sujeição da mesa além de um cabeçote revolver de basculamento rápido da posição vertical de fresamento para a posição horizontal, dão uma grande versatilidade à máquina. Outros fatores que contribuem para essa versatilidade são a sujeição hidráulica da ferramenta e o fornecimento das mesas de fresamento em função do campo de aplicação.

Para o processo de usinagem, esta máquina possui algumas características.

O tombamento da mesa de coordenados ou o giro do cabeçote de fresamento vertical permitem o fresamento de superfícies incli-

nadas ou o fresamento com fresas cilíndricas frontais em material cheio.

A superfície de sujeição pode ser regulada através da movimentação universal da mesa de coordenadas ou pela mesa circular universal.

Através dos fusos de avanço, torna-se possível a usinagem de superfícies inclinadas.

Para usinagem circelares ou divisórias, é oferecido pelo fabricante um aparelho divisor montável sobre a mesa.

A mesa circular montável é equipada com um visor ótico, o qual possibilita uma precisão de divisão de $\pm 4''$. No fresamento circular a mesa é acionada manualmente.

Através da pínola de fresamento vertical móvel e da mesa de coordenadas com movimento manual em dois eixos, possibilita a execução rápida e sem problemas da usinagem de perfil e contornos.

O espaço incomum entre a ferramenta e a mesa de fresamento possibilitam uma grande capacidade de adaptação da máquina à forma da peça.

A mesa angular fixa permite o fresamento de contornos e a furação por coordenadas em peças de superfícies perpendiculares.

Esta fresadora universal possui um vasto campo de aplicação que engloba desde usinagem de formas e moldes (usinagens difíceis com fresa cilíndrica frontal, superfícies inclinadas e de contornos complexos), até construção de ferramentas e dispositivos (peças geometricamente difíceis, dos mais variados materiais), exigindo grande precisão na execução. Esta capacidade de usinagem dos mais variados tipos de peças, expressam a flexibilidade da máquina.

Furação por coordenadas com a árvore vertical e o fresamento em direção paralela de uma cremalheira inclinada com a árvore horizontal; são dois itens importantes do largo conjunto de aplicação desta máquina.

O comando de programação de dados foi concebido como auxílio para o operador da máquina. Ele executa o rápido posicionamento das ferramentas. As cotas a serem usinadas podem ser digitadas pelo operador em forma de medidas absolutas ou sequenciais.

ESPECIFICAÇÕES DO CONTRÔLE NUMÉRICO

Comando Numérico com entrada manual de dados em 3 eixos, possibilidade de interpolação linear em 3 eixos e interpolação circular em 2 eixos.

Velocidade de deslocamento:

(dependentes do tipo de servomecanismo e da construção mecânica).

Servomecanismos independentes: 10 m/min.

Memória: para 1.000 passos de programa (pilha para retenção do programa, incorporada).

Busca automática do ponto de referência com memorização dos valores de referência anteriores.

3 displays:

- alfanumérico para diálogo e blocos de programa;
- 8 dígitos para valores entrados;
- 3 x 7.1/2 dígitos para coordenadas (posição da máquina).

Programação através de diálogos em português.

Entrada de valores de coordenadas em absoluto ou incremental.

Conversor milímetros/polegadas (resolução 5um/0,0002").

Potenciômetro OVERRIDE

incorporado (0-150%).

Compensação de ferramenta (raio e comprimento).

Chamada de ferramenta - função T saída codificada compa

tível com trocadores automáticos (2 décadas BCD).

Avanço programado diretamente em milímetros/min. (polegadas/min.).

9 funções auxiliares M disponíveis diretamente por saída de relê e

90 funções M codificadas (2 décadas BCD).

Velocidade da árvore programada diretamente em RPM com saída codificada (2 décadas BCD).

STOP programável via teclado ou função auxiliar.

Programação de sub-rotinas até 8 níveis.

Ciclos fixos (até 10 possíveis).

Correção do programa e partes de programa e inserção de blocos.

Rotinas de busca para blocos com características especiais.

Auto-diagnóstico em português para erros de operação e falhas.

Teclado seletor do modo de operação

1. Manual - (contrôle inoperante: simples visualização de cotas).

2. Operação automática, via entrada manual de dados.

3. Operação automática bloco a bloco, via programa.

4. Operação automática contínua, via programa.

5. Programação com máquina parada ou com movimentação simultânea.

Saída/entrada de dados (RS 232 C para ligação a gravador cassete).

Sinais de entrada:

- Partida, parada, rápido, FEED HOLD.

- Chaves de fim de curso, função auxiliar executada.

Sinais de saída:

- Tensão analógica $\pm$ 10 V em 20 KOhm.
- 1 contato por eixo para liberação.
- 1 contato manual automático.
- 1 contato emergência.
- 1 contato "segurança de fuso".

Tensão de alimentação: 220 V, + 10% - 15%, 50-60Hz (110 V sob encomenda).

Temperatura de trabalho: 0° a 45° C.

Peso aproximado: 7,3 Kg.

VII. DESCRIÇÃO RESUMIDA DO TNC 145

O comando HEIDENHAIN TNC 145 é um aparelho de controle e comando numérico contínuo para três eixos com percurso de 3 1/2D e interpolação linear (significa que a interpolação pode ser programada em quaisquer dois eixos).

Como todos os comandos HEIDENHAIN, o TNC 145 é projetado para a programação direta na própria máquina. Para a simplificação das operações, sua programação difere em alguns pormenores dos padrões estabelecidos.

O sistema de programação é feito por "diálogo orientado", ou seja, os necessários dados de entrada são solicitados pelo comando - na correta sequência - através do display de diálogo, em linguagem simples, clara e direta.

O aparelho possui uma tela CRT (VDU - unidade de display visual) para diálogo e programação da máquina, bem como outros displays para a leitura dos valores de entrada e o de posição real desejada.

O menor valor de entrada de posicionamento em coordenadas cartesianas é de 0,001 mm ou 0,0001 polegadas. Para entradas em coordenadas polares, o raio vai até 0,001 mm ou 0,0001 pol (PR), enquanto que o ângulo polar (RA) vai em graus até 0,001 graus.

ALIMENTAÇÃO DE PROGRAMAS COM INTERPOLAÇÃO LINEAR OU CIRCULAR

manualmente por acionamento de teclas

- com máquina parada (conforme listagem do programa ou desenho da peça)

- ou extremamente

- através de aparelho periférico V. 24 com conexão

compatível (por exemplo, a unidade gravadora de fita magnética cas sete ME 101/102 da HEIDENHAIN ou qualquer outro dispositivo periférico de alimentação de dados disponível no mercado).

Um programa de trabalho da máquina, que tenha sido programado externamente, ou preparado em uma unidade externa de programação, pode ser transferido para o TNC 145.

com operação de sobrepassagem de eixos

manualmente, com acionamento de teclas

- com máquina parada (conforme listagem do programa' ou desenho da peça), ou

- durante a operação convencional da máquina, pela / transferência para o programa dos valores de posicionamento correspondentes com valores desejados (playback), ou externamente

- pela unidade gravadora de fita magnética cassete V. 24 já mencionada.

As unidades armazenadoras de dados HEIDENHAIN ME 101 e ME 102 foram especialmente projetadas para o armazenamento externo de programas para o comando TNC. Na parte posterior das mesmas existem conexões para a entrada e a saída de dados (V. 24 ou RS-232 -D compatíveis, de maneira que a eles é possível conectar simultaneamente um aparelho TNC 145 e uma unidade impressora.

Programas entrados de fonte externa, podem ser corrigidos ou otimizados.

OBSERVAÇÃO

A firma HEIDENHAIN elabora constantemente novos desenvolvimentos de sua linha de comandos TNC. É portanto possível / que pormenores determinados de um certo comando venham a diferir ligeiramente dos aqui descritos. Pelo fato porém de o operador estar sendo orientado pela linguagem do diálogo, tais diferenças se mostrarão irrelevantes.

FUNÇÕES PRINCIPAIS DO TNC 145

O aparelho controla e comanda a usinagem automática de uma peça conforme um programa que lhe foi fornecido e nele armazenado. O programa contém todos os elementos requeridos para tanto, como as características das ferramentas, velocidades do fuso, mudanças de eixos de coordenadas e procedimentos de trabalho (meio refrigerante ligado ou desligado, direção de rotação do fuso, parada de fuso, etc).

Um programa de usinagem consiste em blocos individuais de sentença-informação, como veremos mais para a frente. Para a execução de um programa armazenado, é possível selecionar o modo de trabalho como desenvolvimento automático do programa ou desenvolvimento do programa passo por passo.

Para operações com apenas sobrepassagem de eixos, a alimentação e execução do programa pode ser feita passo por passo com a operação "Entrada manual de dado", por acionamento da tecla apropriada.

O ajuste da operação da máquina pode ser feito por meio da alavanca giratória eletrônica.

A determinação da origem e aproximação das marcas de referência são feitas manualmente. Este modo é aliás sómente para a operação da simples leitura de coordenadas.

A ferramenta indicada para a operação é selecionada por meio de uma chamada de ferramenta, antes de se iniciar o funcionamento da máquina (tecla

TOOL
CALL

).

Para a programação do percurso da ferramenta deve-se dar entrada apenas com contorno e as dimensões da peça, tiradas do desenho respectivo; o comprimento e raio da ferramenta serão automaticamente definidos pelo comando. Para definir o contorno, deve-se entrar com a posição real desejada para a qual a máquina deve ser sobrepassa -

da. Se a máquina deve apresentar sómente avanço transversal axial, o que constitui a maioria dos casos, a programação pode ser feita com grande facilidade pelas teclas X, Y e Z. A programação da posição real desejada, pode ser feita não apenas em coordenada cartesia nas mas também em coordenadas polares, o que não acontece com a mai oria dos controles, pode ser feita em valores absolutos ou incremen tais e em milímetros ou polegadas.

Além disso, com sobrepassagem de eixos, a transposi ção dos valores atuais com execução simultânea da primeira peça é também possível.

A velocidade de sobrepassagem é definida em mm/pol ou 0,1 pol/min. Uma redução substancial de programação é também viá vel, por meio dos ciclos fixos de programação:

- fresamento de ranhuras
- fresamento retangular
- fresamento circular
- furação em profundidade
- rosqueamento
- determinação da origem
- imagem espelho

Os parâmetros de ciclo requeridos são determinados' através da determinação do ciclo (definição) podendo ser repetida.

Um substancial auxílio se obtém nas programações pelas ditas subrotinas e repetições de partes do programa.

Seções do programa podem ser "retuladas" usando a te cla LBL
SET e chamadas tantas vezes quantas necessitar através da tecla LBL
CALL.

Correções, modificações ou otimizações de programas' ou sentenças podem ser obtidas pelas modificações de sentenças ou de blocos. Isto é feito usando as teclas



VIII. CARACTERÍSTICA DA PEÇA

A peça escolhida para ser objeto de estudo do presente trabalho pode ser considerada uma peça bem representativa do setor de mecânica da indústria de informática.

A peça é o chassis do disk drive de 5 1/4", de baixo perfil. Ela é uma peça única, composta de alumínio SAE 306 W, fundido.

A função da peça é servir de base para todo o sistema de movimentação e leitura de disketes de 5 1/4".

A peça apresenta uma certa complexidade de traçado, com uma tolerância considerada média. Pelo fato de ser uma peça da indústria de informática, ela se encontra em constante evolução e, conforme a exigência do mercado, pode ter uma vida curta, sendo substituído por um outro elemento.

Esta característica de flexibilidade exige da indústria de informática, aliada à relativa complexidade e tolerâncias exigidas pela peça, permite enquadrar esta peça naquelas em que a manufatura do produto justifica o uso de máquinas de comando numérico.

IX. DIMENSÕES DO CHASSIS

Inicialmente, por motivos de ordem tecnológica foram estabelecidas dimensões para o chassis. As restrições impostas inicialmente eram:

o chassis seria o suporte para a leitura de diskets 5 $\frac{1}{4}$ ". O motor de movimentação do cabeçote de leitura tinha um certo tamanho que era um fator preponderante na fixação da dimensão de fundo.

Com as posteriores evoluções da tecnologia o tamanho dos componentes foi diminuindo.

Quando por fatores de concorrência de mercado foi necessário diminuir o tamanho do chassis, apesar de, tecnologicamente fosse possível até estabelecer dimensões menores, optou-se por um chassis cujas dimensões fossem as mesmas anteriores, entretanto com metade da altura.

O estabelecimento destas dimensões do ponto de vista comercial é o mais adequado, uma vez que onde antes se posicionava apenas um drive, agora posicionam-se dois drives, sem folgas e sem quebra na estética do conjunto.

Na figura numero 1 são mostradas simplifiadamente as dimensões máximas do chassi e as dimensões do disco de 5 $\frac{1}{4}$ ".

Pela comparação das medidas verificamos que a medida na direção do eixo X do chassi é aquela necessária e suficiente para que o disco nele seja introduzido, acrescida da dimensão dos suportes mais a folga entre o suporte e o disco. A medida do chassi na direção do eixo Y é determinada pelo comprimento do disco, acrescido do comprimento do motor de

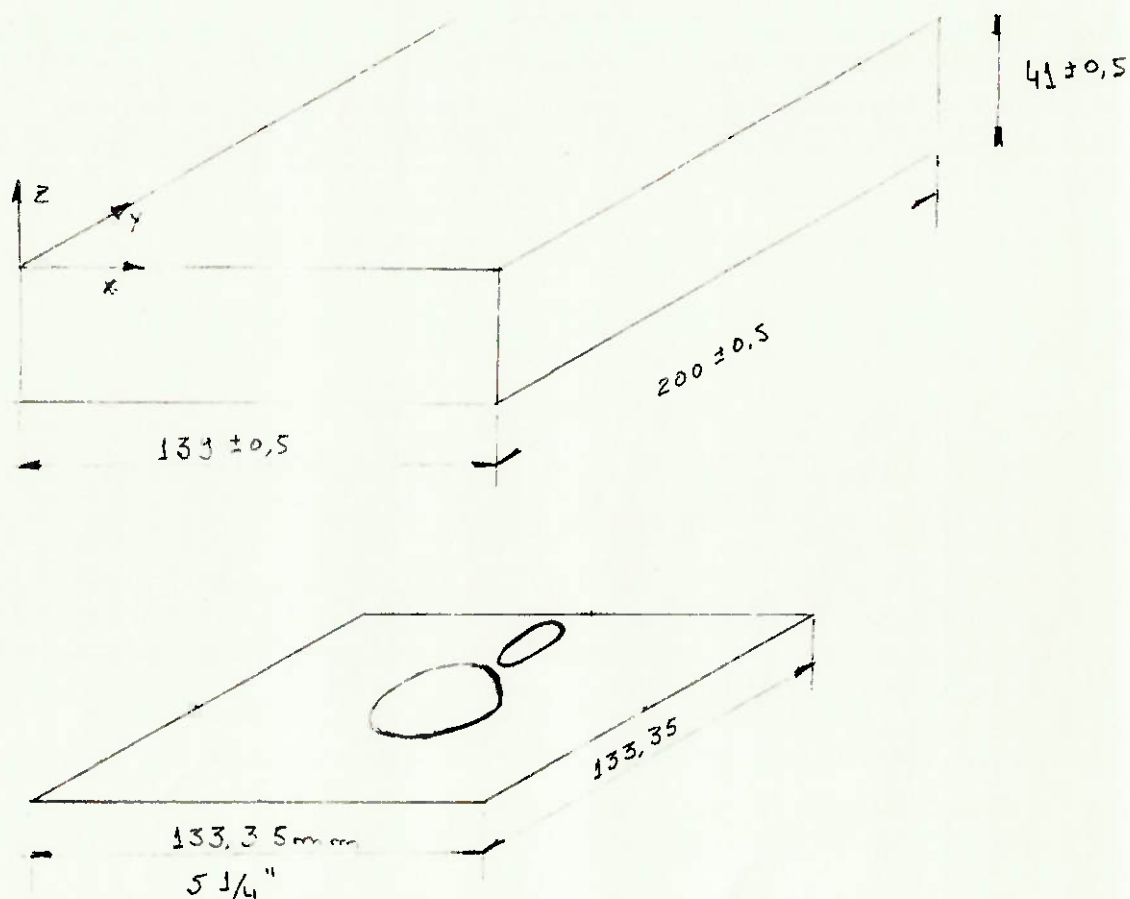


Figura nº1 - comparação entre as dimensões do chassi e as dimensões do disco de 5 1/4 "

passo que é de aproximadamente 62 mm. Este motor é posicionado paralelamente ao eixo Y do chassi. Este motor vai movimentar o cabeçote de leitura das trilhas do disco. Assim ele fica posicionado depois da localização do disco quando em posição de leitura. A altura do chassi é determinada basicamente pela altura do motor de passo que movimenta o cabeçote de leitura. Outro fator importante na determinação da altura é o posicionamento do motor que vai ser responsável pela movimentação do disco.

O fato das paredes do chassi serem inteiriças se deve ao fato de que é requerida uma boa rigidez do conjunto, uma vez que as tolerâncias geométricas da peça é que são o fator de peso na fabricação.

X. JUSTIFICATIVA DAS TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS

Pela característica da peça de servir de base para conjuntos que vão possuir movimentos em relação a esta, as tolerâncias mais estreitas são as tolerâncias geométricas.

A tolerância de paralelismo e de planeza exigidas das superfícies fresadas se deve ao fato de que é nestas superfícies que vai ser fixado o conjunto de suporte acionador do cabeçote de leitura e é nelas também que vai se dar o movimento do cabeçote.

A tolerância de posição dos furos laterais se deve ao fato de estes serem os guias para a fixação do conjunto motor que possibilitará o movimento de rotação do disket.

As tolerâncias dimensionais da peça não exigem maiores preocupações.

Com isto concluímos que na produção da peça, a operação que exige cuidados é a fresagem.

O desenho da peça, com todas as dimensões e tolerâncias, encontra-se em anexo.

- Dispositivo de fixação para a usinagem da face inferior

Para a usinagem da face inferior foi elaborado um dispositivo que possui três suportes para a peça, que são indicados no desenho pela letra "A" e sobre os quais é colocada a peça.

A peça é então colocada no dispositivo e o parafuso indicado no desenho pela letra "B" é apertado, garantindo o posicionamento da peça.

Então, os parafusos indicados no desenho pelas letras "C" e "D" são apertados. Estes parafusos é que vão garantir que a posição da peça não se desvie da orientação inicial durante a usinagem.

Neste dispositivo temos um apoio móvel "F". Este apoio é composto por duas peças, indicadas no desenho por "G" e "H", com ranhuras conforme o desenho que possibilitam que ele tenha um grau de liberdade na vertical. Este apoio tem a função de evitar que a peça vibre durante a usinagem e, conseqüentemente saia do lugar.

Depois que a peça está posicionada e presa, o apoio móvel é encostado na peça através do movimento combinado de aperto e desaperto dos parafusos indicados no desenho pelas letras "K" e "L".

Para a confecção do dispositivo e fixação da peça foram utilizados parafusos de cabeça cilíndrica com sextavado interno tipo Hallen, segundo DIN 912. A tabela de referência destes parafusos é apresentada em anexo (tabela T-1).

Os parafusos utilizados são de rosca M5 e o seu comprimento varia: são ao todo 12 parafusos sendo 3 parafusos de 20 mm de comprimento e os outros 9 parafusos de comprimento de 25 mm.

As outras dimensões e tolerâncias do dispositivo são dadas no desenho anexo nº 5, e nos desenhos nºs 6 e 7.

- Dispositivo de fixação para usinagem da face superior

O dispositivo consiste basicamente de uma base cujas dimensões e tolerâncias são indicadas no desenho anexo nº 8.

Para o posicionamento da peça para a usinagem da face superior foi feito um furo de 3,0 mm de diametro durante a usinagem da face inferior, indicado no desenho pela letra "p".

Após a peça estar posicionada aperta-se o parafuso indicado pela letra "A" no desenho; parafuso este que garantirá o posicionamento da peça no plano XY. Estando a peça posicionada, os parafusos indicados pela letra "G" são apertados. Este aperto é que vai garantir o posicionamento da peça durante a usinagem.

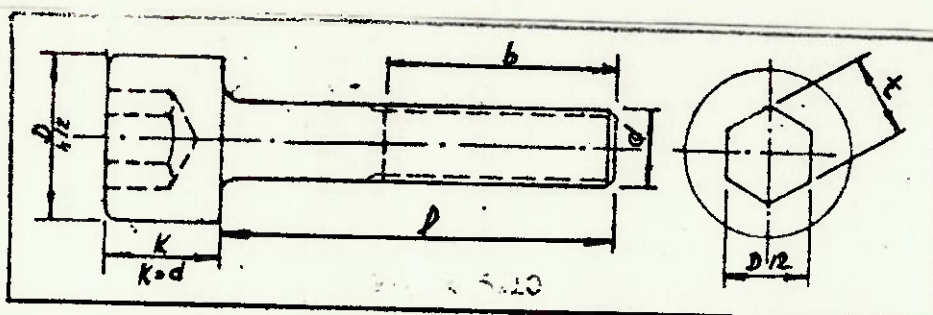
Os parafusos utilizados na confecção do dispositivo e fixação da peça foram utilizados parafusos de cabeça cilíndrica com sextavado interno tipo Hallen, segundo DIN 912, conforme é mostrado na tabela anexa T-1. Estes parafusos tem rosca M5 e o seu comprimento é variado. São ao todo 8 parafusos e destes 8, 2 têm comprimento de 25 mm e 6 têm 20 mm de comprimento.

As outras medidas e tolerâncias são mostradas no desenho nº 8, e nos desenhos nºs 9 e 10.

Observação: no dispositivo de usinagem da face inferior, o apoio móvel "F" é soldado na base.

Tabela T-1

DIN 912: Parafuso de cabeça cilíndrica
com sextavado interno



Dimensões:

d	comum	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16
	fina				M8x1	M10x1	M12x1,5	M16x1,5
b		12	15	18	22	25	28	35
D		7	9	10	13	16	18	24
t		3	4	5	6	8	10	14
l	de	6	10	12	15	15	20	30
	até	50	60	60	100	120	120	150

d	comum	M20	M24	M30	M36	M42	M48
	fina	M20x2	M24x2	M30x2	M36x3	M42x3	M48x3
b		40	50	60	70	80	85
D		30	36	45	54	63	72
t		17	19	22	27	32	36
l	de	40	60	80	100	120	140
	até	180	250	250	250	250	250

XII. PROCESSO DE USINAGEM

A usinagem da peça foi dividida em duas etapas: a usinagem da face superior e da face inferior.

A usinagem da face superior é feita por último devido à melhor precisão requerida nesta face.

XII.1 - Pré furação da peça

Tanto para a usinagem da face superior como para a usinagem da face inferior foi feita uma pré-furação que servirá para referenciar a peça em relação à máquina de usinagem.

A localização do pré-furo no plano XY da face inferior está indicada no desenho nº 1. Assim, teremos as coordenadas (x,y) para podermos referenciar o ponto "zero" da peça, que é o centro da cavidade circular, em relação à máquina. A coordenada $Z = 0$ é indicada no desenho nº 10 pela superfície "K". ?

As coordenadas da pré-furação no plano XY da face superior são indicadas no desenho nº 2 e a coordenada $Z=0$ é indicada no desenho nº 16 pela superfície "D".

A pré-furação da face inferior é feita com uma broca de 2,75 mm de diâmetro, em uma furadeira.

A escolha deste diâmetro da broca se deve ao fato de que posteriormente será feita nele uma rosca tipo "6.32 UNC". Esta numeração representa uma rosca nº 6 com 32 fios por polegada. Conforme podemos observar na tabela U-1, esta rosca apresenta as seguintes características:

- diâmetro externo = 3,505 mm

- diâmetro interno = 2,989 mm

Desta tabela obtemos que o diâmetro da broca recomendada para furação é:

- diâmetro da broca = 2,75 mm

A velocidade de corte e o avanço da broca é obtido com o auxílio da tabela U-3.

De posse dos seguintes parâmetros:

- material a ser usinado : alumínio
- diâmetro da broca : 2,75 mm
- material da broca : aço rápido

entramos na tabela U-2 e dela obtemos:

- velocidade de corte : 45 metros por minuto
- avanço : 0,05 mm

Para termos esta velocidade de corte, devemos fazer o cálculo da RPM a ser fornecida à broca:

$$V = D \cdot \pi \cdot n \quad n = (40) / (\pi \cdot 0,00275)$$

$$n = 4600 \text{ rpm}$$

A pré-furação da face superior da peça é feita com uma broca de 3 mm de diâmetro. Esta deverá ser a dimensão final do furo no qual vai ser cravado com interferência um pino de 3,1 mm de diâmetro.

Sabendo-se que:

- material a ser usinado : alumínio
- diâmetro da broca : 3,0 mm
- material da broca : aço rápido

obtemos da tabela U-2:

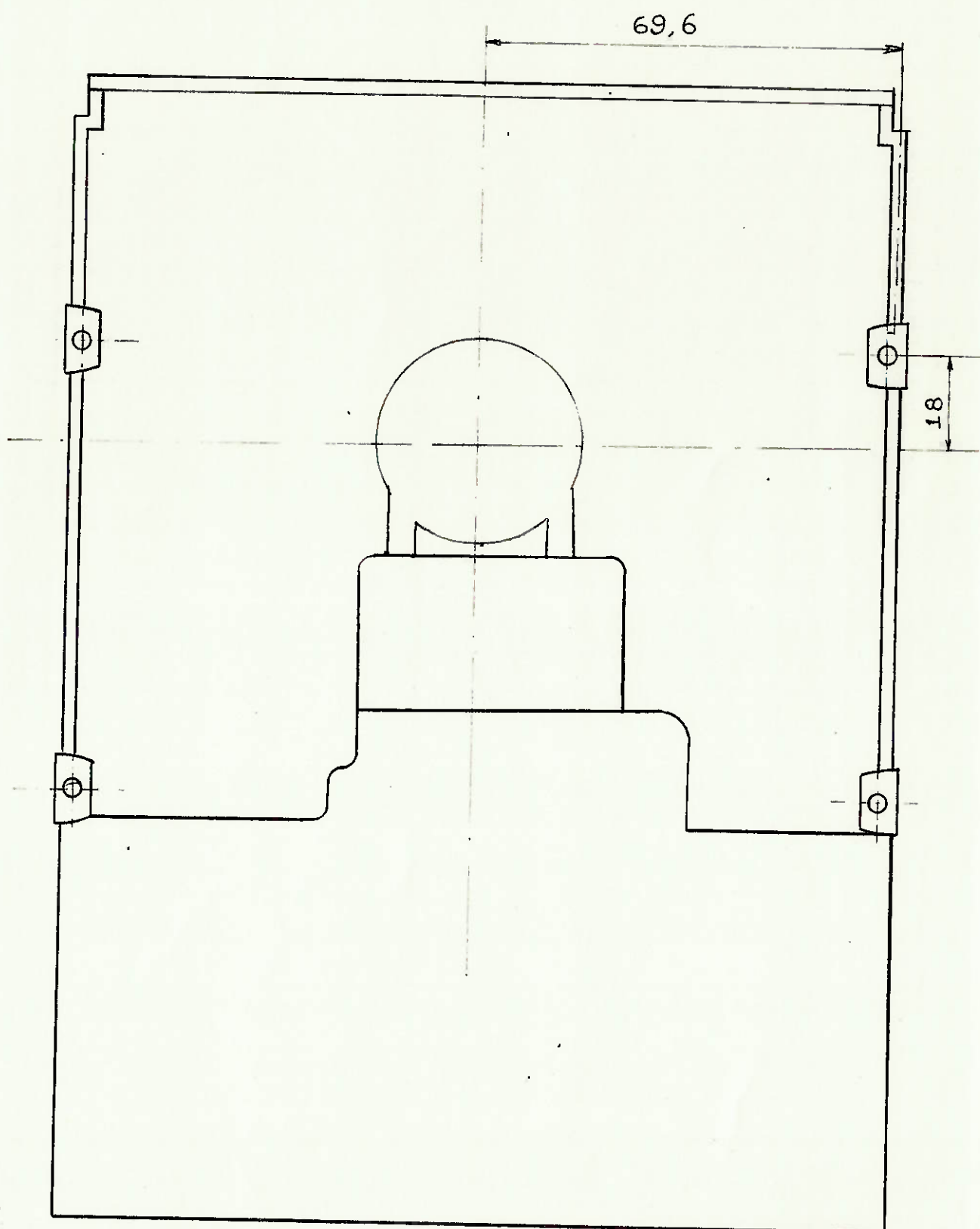
- velocidade de corte : 45 metros por minuto
- avanço : 0,05

e a rotação da furadeira será:

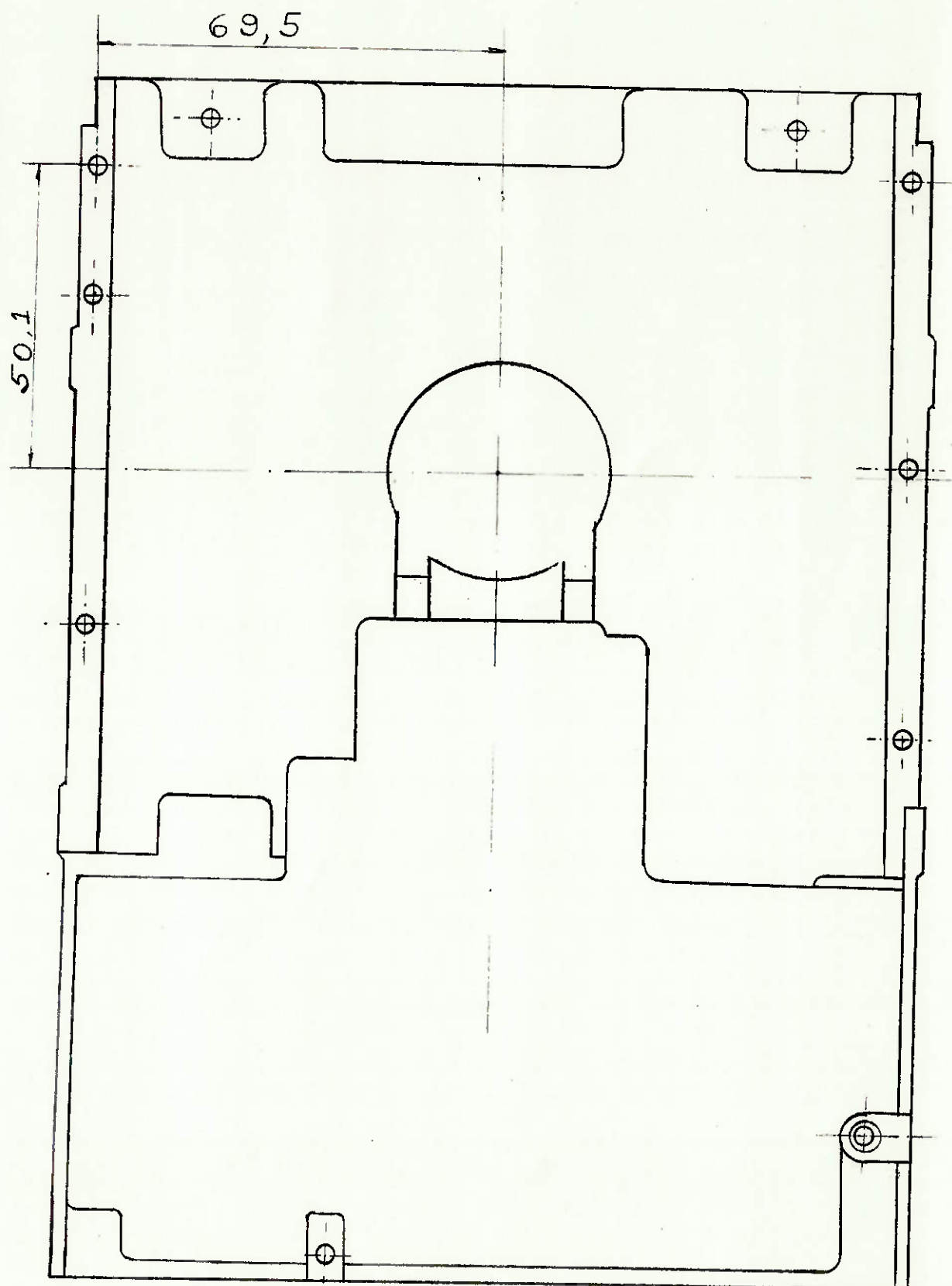
$$V = D \cdot \pi \cdot n \quad n = 45 / (\pi \cdot 0,003)$$

$$n = 4200 \text{ rpm}$$

DESENHO Nº 1 - PRÉFURO DA FACE INFERIOR



DESENHO Nº 2 - PRÉ FURO DA FACE SUPERIOR



ROSCA AMERICANA GROSSA NC e UNC e BROCA P/O FURO

N.º	Fios Polegada	DIAMETROS mm			
		Externo	Médio	Núcleo	Broca
1	64	1,854	1,596	1,338	1,5
2	56	2,184	1,889	1,594	1,75
3	48	2,515	2,171	1,827	2,0
4	40	2,845	2,433	2,021	2,25
5	40	3,175	2,763	2,351	2,6
6	32	3,505	2,989	2,473	2,75
8	32	4,166	3,650	3,134	3,4
10	24	4,826	4,138	3,450	3,8
12	24	5,486	4,798	4,110	4,5
1 1/4	20	6,350	5,525	4,700	5,1
5/16	18	7,938	7,021	6,104	6,6
3/8	16	9,525	8,494	7,463	8,0
7/16	14	11,113	9,934	8,755	9,4
1/2	13	12,700	11,431	10,162	10,5
9/16	12	14,288	12,913	11,538	12,0
5/8	11	15,875	14,375	12,875	13,5
3/4	10	19,050	17,400	15,750	16,5
7/8	9	22,225	20,392	18,559	19,5
1	8	25,400	23,338	21,276	22,5
1 1/8	7	28,575	26,218	23,861	25,0
1 1/4	7	31,750	29,393	27,036	28,0
1 3/8	6	34,925	32,174	29,426	31,0
1 1/2	6	38,100	35,350	32,600	34,0
1 3/4	5	44,450	41,150	37,850	40,5
2	4 1/2	50,800	47,134	43,468	46,5

Tabela U-2

ROSCA MÉTRICA FINA

Diâmetro mm	Passo mm	DIAMETROS mm			Diâmetro mm	Passo mm	DIAMETROS mm		
		Médio	Núcleo	Broca			Médio	Núcleo	Broca
1	0,2	1,07	0,74	0,75	22	1,5	21,026	20,052	20,5
1,2	0,2	0,87	0,94	0,95	22	2	20,701	19,402	20
1,4	0,2	1,27	1,14	1,15	24	1,5	23,026	22,052	22,5
1,7	0,2	1,57	1,44	1,5	24	2	22,701	21,402	22
2	0,25	1,838	1,676	1,75	26	1,5	25,026	24,052	24,5
2,3	0,25	2,138	1,976	2,1	27	2	25,701	24,402	25
2,6	0,35	2,373	2,146	2,25	28	1,5	27,026	26,052	26,5
3	0,35	2,733	2,546	2,65	30	1,5	29,026	28,052	28,5
3,5	0,35	3,273	3,046	3,1	30	2	28,701	27,402	28
4	0,5	3,675	3,350	3,5	32	1,5	31,026	30,052	30,5
5	0,5	4,675	4,350	4,5	33	1,5	32,026	31,052	31,5
6	0,5	5,675	5,350	5,3	33	2	31,701	30,402	31
6	0,75	5,513	5,026	5,2	35	1,5	34,026	33,052	33,5
7	0,75	6,513	6,026	6,2	36	1,5	35,026	34,052	34,5
8	0,75	7,513	7,026	7,25	36	3	34,051	32,104	33
8	1	7,35	6,7	7	38	1,5	37,026	36,052	36,5
10	1	9,35	8,7	9	39	1,5	38,026	37,052	37,5
12	1	11,35	10,7	11	39	3	37,051	35,104	36
12	1,5	11,026	10,052	10,5	40	1,5	39,026	38,052	38,5
14	1,25	13,188	12,376	12,75	42	1,5	41,026	40,052	40,5
14	1,5	12,026	12,052	12,5	42	3	40,051	38,104	39
16	1	15,350	14,7	14,5	45	1,5	44,026	43,052	43,5
16	1,5	15,026	14,052	14,5	45	2	43,701	42,402	43
18	1,5	17,026	16,052	16,5	45	3	43,051	41,104	42
18	2	16,701	15,402	16	48	1,5	47,026	46,052	46,5
20	0,75	19,513	19,026	19,5	48	2	46,701	45,402	45
20	1	19,350	18,7	18,5	48	3	46,051	44,104	46
20	1,5	19,026	18,052	18,5	50	1,5	49,026	48,052	48,5
20	2	18,701	17,402	18	52	1,5	51,026	50,052	50,5

Tabela U-3

ORIENTAÇÃO PARA VELOCIDADE DE CORTE PARA BROCAS DE AÇO RÁPIDO

Diâmetros das Brocas de Aço rápido em Milímetros

Material		1 e 2	2 e 5	5 e 7	7 e 9	9 e 12	12 e 15	15 e 18	18 e 22	22 e 25	25 e 30	30 e 50	50 e 80
Aço macio 40 kg/mm ²	Velocidade Avanço	22 0,05	23 0,08	25 0,12	28 0,16	30 0,18	30 0,22	30 e 35 0,25	30 e 38 0,28	30 e 38 0,30	38 0,30	25 e 30 0,34	25 e 30 0,34
Aço média dureza 50 kg/mm ²	Velocidade Avanço	20 e 22 0,05	20 e 22 0,06	23 0,12	25 0,15	25 e 28 0,18	30 0,22	30 e 35 0,25	30 e 38 0,28	30 0,33	30 0,38	25 e 30 0,4	25 e 30 0,4
Aço média dureza 50 e 70 kg/mm ²	Velocidade Avanço	18 0,05	18 0,08	20 0,12	20 e 25 0,15	25 0,18	25 0,22	25 e 28 0,25	25 e 30 0,28	25 e 30 0,28	25 e 30 0,32	25 0,38	25 0,4
Aço duro 70 e 90 kg/mm ²	Velocidade Avanço	15 0,03	15 0,05	15 e 20 0,09	15 e 20 0,12	15 e 20 0,15	15 e 20 0,18	16 e 22 0,20	18 e 22 0,25	18 e 22 0,3	18 e 22 0,35	15 e 20 0,35	15 e 18 0,35
Ferro fundido macio 18 kg/mm ²	Velocidade Avanço	20 e 25 0,07	30 0,09	30 e 40 0,15	20 e 40 0,20	30 e 35 0,25	30 0,35	25 0,5	20 0,6	20 0,7	20 0,9	20 1,0	18 1,2
Ferro fundido duro 20 e 30 kg/mm ²	Velocidade Avanço	12 e 15 0,05	12 e 18 0,07	12 e 18 0,1	12 e 18 0,1	14 e 18 0,15	14 e 18 0,18	10 e 18 0,22	10 e 18 0,25	15 e 20 0,3	15 e 20 0,35	14 e 18 0,4	14 e 18 0,4
Latão até 40 kg/mm ²	Velocidade Avanço	40 0,05	40 0,08	50 0,1	60 0,1	60 0,15	60 0,18	60 0,22	65 0,22	70 0,25	70 0,28	65 0,32	60 0,32
Bronze até 30 kg/mm ²	Velocidade Avanço	18 0,05	20 0,08	20 0,1	30 0,1	30 0,15	30 0,18	35 0,22	35 0,22	35 0,25	40 0,28	40 0,32	35 0,32
Alumínio	Velocidade Avanço	40 0,05	45 0,05	50 0,08	60 0,10	60 0,12	60 0,15	80 0,2	100 0,3	120 0,35	120 0,4	100 0,4	100 0,4
Ligas de alumínio e ligas macias	Velocidade Avanço	70 0,08	80 0,1	90 0,12	100 0,15	100 0,20	120 0,22	130 0,3	130 0,4	140 0,45	160 0,5	130 0,5	120 0,5
Ligas de magnésio	Velocidade Avanço	140 0,1	160 0,12	180 0,15	200 0,18	230 0,20	230 0,25	230 0,3	230 0,38	240 0,4	250 0,45	230 0,45	230 0,45
Aço inoxidável (duro)	Velocidade Avanço	6 0,02	6 0,03	7 0,05	8 0,08	9 0,10	9 0,12	10 0,12	10 0,15	9 0,18	9 0,18	8 0,15	8 0,15
Plásticos termo fixos	Velocidade	22	23	24	25	27	28	30	30	30	30	30	28
Termo plástico	Velocidade	34	35	36	37	37	38	38	37	37	37	36	36

Tabela U-4

NORMA PARA VELOCIDADE DE CORTE E AVANÇO PARA FRESAR – (Metros por minuto)

Materiais (Grupo 1)	Ferramentas							
	Aço			Aço rápido			Metal duro	
	desbastar	alisar	eixos rasgos engre- nagens	desbastar	acabar	eixos rasgos engre- nagens	desbastar	alisar
Aço 40 kg/mm ²	18	30	12	35	50	18	170	230
Aço 60 kg/mm ²	15	22	10	25	35	16	130	180
Aço 80 kg/mm ²	10	15	8	18	25	8	80	120
Aço de ferramenta	-	-	5	15	20	10	35	55
Aço fundido	12	18	10	20	30	18	110	150
Ferro fundido	15	22	12	25	38	22	130	180
Ferro fundido duro	-	-	5	12	18	10	50	75
Ferro fundido mole	12	18	12	18	28	22	75	120
(Grupo 2)								
Bronze mole	35	50	25	60	90	-	300	400
Bronze duro	20	30	18	30	50	-	150	200
Latão macio	30	40	30	60	90	-	300	400
Latão duro	25	35	25	40	60	-	200	300
(Grupo 3)								
Alumínio e metais leves	50 a 120	60 a 200	até 120	100 a 300	150 a 500	-	250 a 1200	300 a 2000
Avanço (mm/min) (Grupo 1)	15 a 150		12 a 70	25 a 250		15 a 70	25 a 400	
(Grupo 2)	20 a 200		20 a 100	30 a 300		-	50 a 500	
(Grupo 3)	até 200		até 200	até 500		-	2000	

Para a usinagem da face inferior da peça, a primeira ferramenta a ser utilizada é uma broca de 2,75 mm de diametro, que corresponde ao mesmo diâmetro da broca que foi utilizada para a pré-furação.

A broca é então posicionada no pré-furo e é feito um passe das coordenadas do ponto para a máquina. Assim, as coordenadas X,Y da origem da peça são referenciadas como a nova origem para a máquina. A coordenada Z=0 é definida encostando a broca na superfície já indicada e referenciada. Com a origem da peça definida, iniciamos a usinagem da peça.

Conforme já foi calculado anteriormente, a velocidade de rotação do fuso deveria ser de 4600 rpm, entretanto a velocidade mais próxima que pode ser programada na máquina é de 4500 rpm.

A fase inicial do programa orienta a furação de três furos, conforme é indicado no desenho nº3, pela letra "A".

Após a furação, a ferramenta é trocada. A nova ferramenta é uma broca de diametro 2,65 mm.

Esta broca é utilizada para promover a furação de dois furos que posteriormente receberão uma rosca M3 (métrica fina).

Este diametro para a broca foi obtido consultando-se a tabela U.2, conforme anexo.

Sabendo que a velocidade de corte para o aluminio é de aproximadamente 40 metros por minutos, com um avanço de 0,05 milímetros. Com a velocidade de corte, podemos calcular a rotação do fuso:

$$V=D.\pi.n \quad n=(40)/(\pi.0,00265)$$

$$n= 4800 \text{ rpm}$$

A velocidade do fuso mais próxima que pode ser programada é 5000 rpm.

Com esta ferramenta são feitos dois furos. Um destes furos que é indicado no desenho pela letra "G" servirá de guia para o posicionamento da peça quando esta for fixada para a usinagem da face superior. O outro furo é indicado pela letra "B".

A terceira ferramenta a ser utilizada é uma fresa de topo de diametro 12 mm. Este diametro da fresa foi escolhido de forma a permitir a usinagem da superficie em torno do orificio central em apenas um passe de usinagem. Esta superficie é indicada no desenho nº3 pela letra "S".

Além desta superficie, são usinadas pela fresa a face interior do orificio, indicada pela letra "I" e os pés que servirão de base para referenciar a usinagem da face superior. As bases são indicadas no desenho pela letra "D" no desenho.

Para a fresa, através da análise da tabela U-4 anexa, obtemos a velocidade de corte entre o aluminio e uma ferramenta de aço rápido:

- velocidade de corte : de 150 a 500 metros por minuto
- avanço : até 500 mm por minuto

Face a estes valores adotamos:

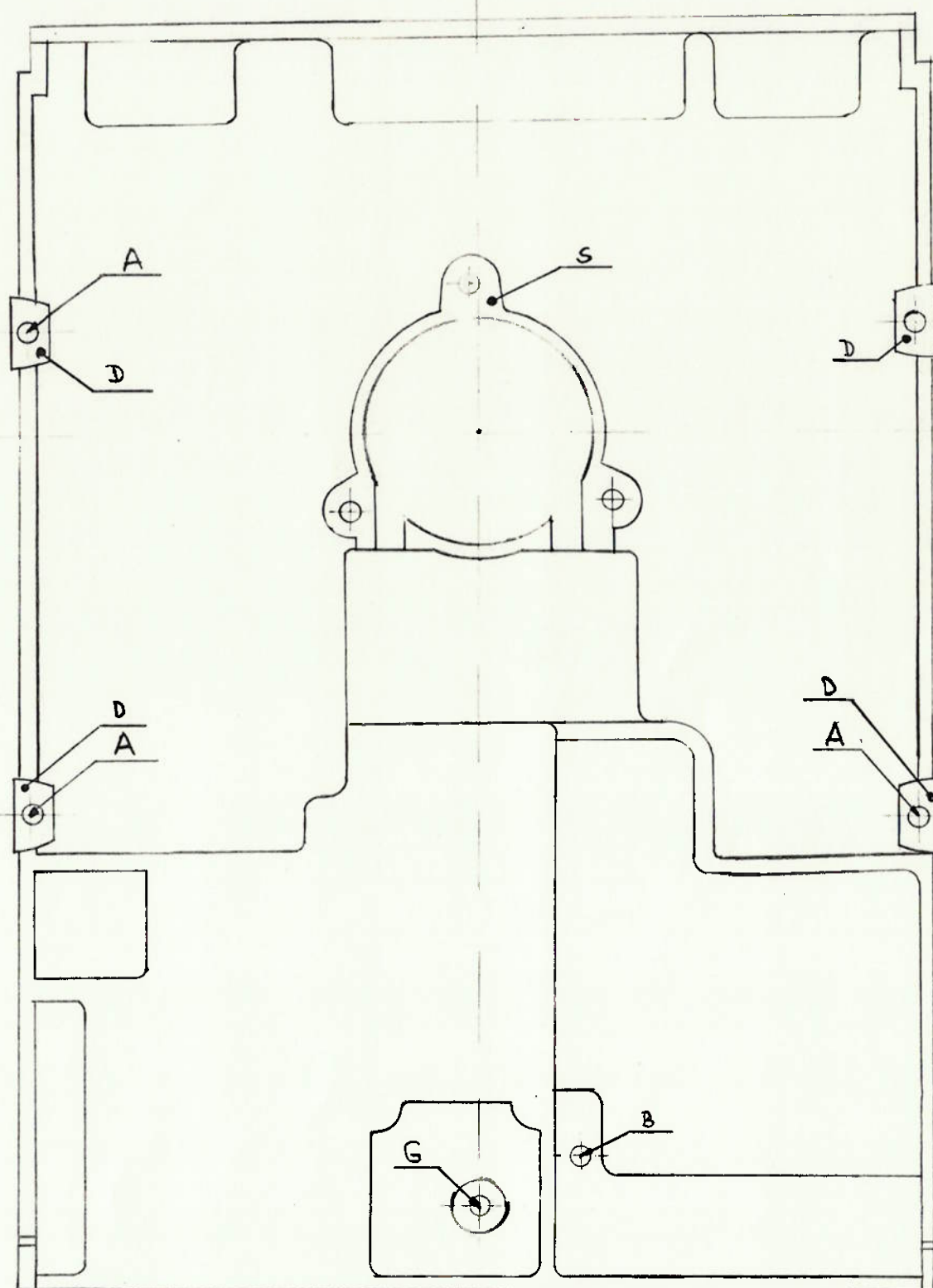
- velocidade de corte : 150 m/min
- avanço : 300 mm/min

$$n = V / (\pi \cdot D) \quad n = 3980 \text{ rpm}$$

A velocidade escalonada do fuso mais próxima deste valor é 4000 rpm que será adotada como rotação do fuso para a usinagem.

Uma observação importante a ser feita é que a cada troca de ferramenta deverá ser feito um novo passe da coordenada Z=0. Este passe da coordenada da origem é obtida em todos os casos da mesma forma, ou seja, encostando a ferramenta na superficie supracitada.

DESENHO Nº 3 - USINAGEM DA FACE INFERIOR



Na usinagem da face superior, a primeira ferramenta a ser utilizada é uma broca de 3,0 mm de diametro, para que se possa fazer o referenciamento da máquina em relação à origem da peça, uma vez que o pré-furo foi feito com uma broca de 3,0 mm de diametro.

Para fazermos o referenciamento da máquina, posicionamos a broca no pré-furo e fazemos então um passe das coordenadas XY do ponto em que a broca se encontra.

A coordenada Z=0 é obtida encostando a broca na superfície que é indicada no desenho nº 7 pela letra "D".

Conforme já foi calculado anteriormente, a rotação do fuso é de 4200 rpm. A rotação escalonada da máquina mais próxima deste valor é 4500 rpm, sendo então esta a rotação adotada.

Com esta broca são feitos três furos, cuja localização na peça é indicada no desenho nº 4 pela letra "F".

Após esta furação é trocada a ferramenta e aquela que vai ser utilizada nesta 2ª fase da usinagem da face superior é uma broca de diametro 3,5 mm, com a qual vão ser feitos 5 furos.

A velocidade de rotação do fuso é determinada pelo mesmo procedimento adotado anteriormente.

Temos os seguintes parametros:

- velocidade de corte : 40 metros por minuto
- avanço : 0,05 mm

Estes valores possibilitam o seguinte cálculo:

$$V = .D.n \quad n = 40 / (.0,0035) \\ n = 3600 \text{ rpm}$$

A velocidade escalonada de rotação do fuso mais próxima deste valor e que será adotada é de 3550 rpm.

Com esta broca são feitos 5 furos que estão indicados no desenho nº 4 pela letra "B".

A terceira fase da usinagem utiliza uma broca de diametro 2,65 mm que abrirá 12 furos que receberão posteriormente uma rosca métrica fina tipo M3.

Conforme já foi calculado anteriormente, a velocidade de rotação do fuso é de 5000 rpm e o avanço de 0,05 mm. Estes furos são representados no desenho nº 4 pela letra "C".

A quarta fase da usinagem da face superior é feita com uma fresa de 4 mm de diametro (fresa de topo).

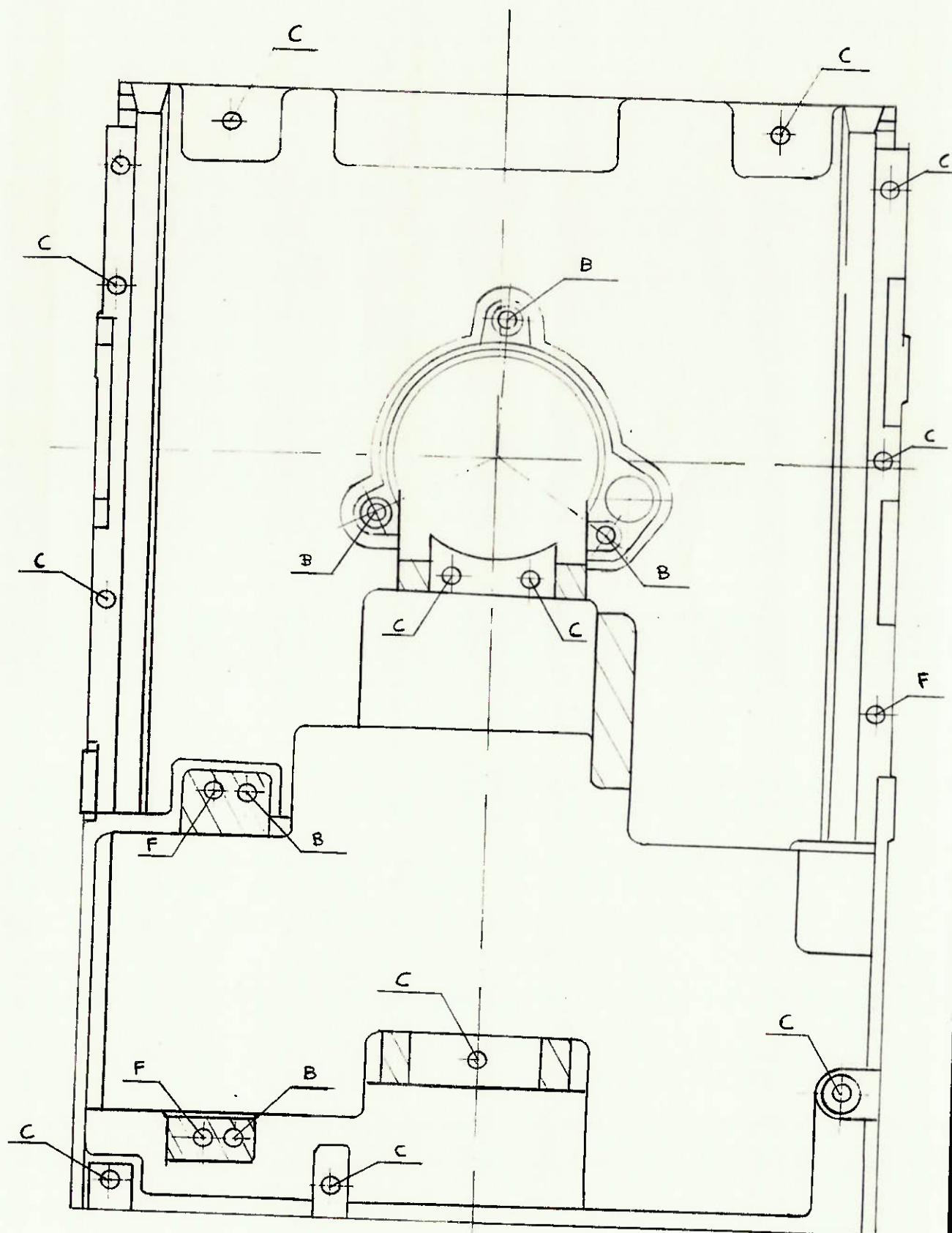
A razão pela qual esta fresa foi escolhida é porque os sulcos a serem usinados na peça possuem uma largura de 4mm. Para as outras superfícies a serem usinadas será utilizada a mesma fresa, uma vez que não compensa trocar a ferramenta, por uma de diametro maior para fazer a usinagem das superfícies restantes em um passe só. Assim, serão executados três passes nas superfícies, exceto nos sulcos.

Para esta fresa temos:

- velocidade de corte : 80 metros por minuto
- avanço : 300 mm por minuto (durante a usinagem)
- $D = 4 \text{ mm}$
- $n = V / (.0,004)$ $n = 6300 \text{ rpm}$

Esta rotação coincide com uma das rotações escalonadas da máquina. As superfícies a serem usinadas (fresadas) estão hachuradas no desenho nº4.

DESENHO Nº 4 - USINAGEM DA FACE SUPERIOR



XII.4 PROGRAMA DE USINAGEM (FACE INFERIOR)

```

1.    TOOL DEF 1    RØ    LØ    (broca de Ø 2,75 mm)
2.    STOP
3.    TOOL CALL 1    Z    S4500
4.    L    X 69,60    Y 18    RO    F9999
5.        Z 10,00    RO    F9999    M
6.        Z-10,00    RO    F100
7.        Z 10,00    RO    F100
8.        Y-61,20    RO    F9999
9.        Z-10,00    RO    F100
10.       Z 10,00    RO    F100
11.       X-69,90    RO    F9999
12.       Z-10,00    RO    F100
13.       Z 10,00    RO    F100
14.       Y 18,00    RO    F9999
15.       Z-10,00    RO    F100
16.       Z 10,00    RO    F100
17.       Z 100,00    RO    F9999
18.    TOOL DEF 2    RØ    LØ    (broca de Ø 2,25 mm)
19.    STOP
20.    TOOL CALL 2    Z    S5000
21.    L    X 0,00    Y-124,5    RO    F9999    M
22.        Z-20,00    RO    F100
23.        Z 10,00    RO    F100
24.    L    X 16,0    Y-115,0    RO    F9999
25.        Z-20,0    RO    F100
26.        Z 0,00    RO    F100
27.        Z 100,00    RO    F9999
28.    TOOL DEF 3    RØ    LØ    (fresa de Ø 12,00 mm)
29.    STOP
30.    TOOL CALL 3    Z    S4000
31.    L    X 69,6    Y 35,0    RO    F9999
32.        Z-0,50    RO    F9999    M
33.        Y-150,0    RO    F300
34.        X-69,6    RO    F9999

```

35.		Y 35,00		RO	F300
36.	L	X-30,00	Y-14,00	RO	F9999
37.		Z-18,80		RO	F300
38.		X 30,00		RO	F300
39.	L	X 21,00	Y-11,62	RO	F300
40.	CC	X 0,00	Y 0,00		
41.	C	X 0,00	Y 24,00		F300
				DR	RO
42.	CC	X 0,00	Y 0,00		
43.	C	X-21,00	Y-11,62		F300
				DR	RO
44.		Z-16,00		RO	F300
45.	L	X 0,00	Y 0,00	RO	F10000
46.		Y-13,00		RO	F300
47.	CC	X 0,00	Y 0,00		
48.	C	X 0,00	Y 13,00		F300
				DR -	RO
49.	CC	X 0,00	Y 0,00		
50.	C	X 0,00	Y-13,00		F300
				DR -	RO
51.	L	X 0,00	Y 0,00	RO	F1000
52.		Z 100,00		RO	F9999
53.	STOP				

XII.5 PROGRAMA DE USINAGEM (FACE SUPERIOR)

1.	TOOL DEF. 1	RØ	LØ	(broca de Ø 3,00 mm)
2.	STOP			
3.	TOLL CALL 1	Z	S4000	
4.	L	X 69,50	Y-44,40	RO F9999
5.		Z 5,00		RO F9999
6.		Z-10,00		RO F50
7.		Z 15,00		RO F150
8.	L	X-50,00	Y-124,00	RO F9999
9.		X- 5,00		RO F50
10.		Z 15,00		RO F150
11.		Y-64,00		RO F9999
12.		Z-55,00		RO F50
13.		Z 15,00		RO F150
14.	L	Z-100,00		RO F9999
15.	TOOL DEF. 2	RØ	LØ	(broca de Ø 3,5 mm)
16.	STOP			
17.	TOOL CALL 2	Z	S3550	
18.	L	X 11,18	Y 23,97	RO F9999
19.		Z 00,00		RO F9999
20.		Z-15,00		RO F50
21.		Z 00,00		RO F150
22.	L	X 20,85	Y-11,90	RO F9999
23.		Z 15,00		RO F50
24.		Z 00,00		RO F150
25.	L	X 21,873	Y- 9,88	RO F9999
26.		Z-15,00		RO F50
27.		Z 00,00		RO F150
28.		Z 15,00		RO F9999
29.	L	X-43,40	Y-64,00	RO F9999
30.		Z- 5,00		RO F50
31.		Z 15,00		RO F150
32.		Y-124,0		RO F9999
33.		Z-55,00		RO F50
34.		Z 15,00		RO F150
35.		Z 100,00		RO F9999

36.	TOOL DEF.	3	RØ	LØ (broca de Ø 2,65 mm)	
37.	STOP				
38.	TOOL CALL	3	Z	S50000.	
39.	L	X 65,90	Y-112,0	RO	F9999
40.		Z 10,00		RO	F9999
41.		Z- 5,00		RO	F50
42.		Z 10,00		RO	F150
43.	L	X 00,00	Y-109,0	RO	F9999
44.		Z-20,00		RO	F50
45.		Z 10,00		RO	F150
46.	L	X-25,50	Y-133,0	RO	F9999
47.		Z- 5,00		RO	F50
48.		Z 15,00		RO	F150
49.	L	X-65,00	Y-131,5	RO	F9999
50.		Z-10,00		RO	F50
51.		Z 20,00		RO	F150
52.	L	X-69,50	Y-28,20	RO	F9999
53.		Z-10,00		RO	F50
54.		Z 20,00		RO	F150
55.		Y 28,60		RO	F9999
56.		Z-10,00		RO	F50
57.		Z 20,00		RO	F150
58.	L	X-50,00	Y 60,00	RO	F9999
59.		Z-18,00		RO	F50
60.		Z 00,00		RO	F150
61.		X 50,00		RO	F9999
62.		Z-18,00		RO	F50
63.		Z 5,00		RO	F150
64.	L	X 69,50	Y 50,10	RO	F9999
65.		Z- 8,00		RO	F50
66.		Z 5,00		RO	F150
67.		Y 0,70		RO	F9999
68.		Z- 8,00		RO	F50
69.		Z 5,00		RO	F150
70.	L	X 8,00	Y-21,50	RO	F9999
71.		Z-20,00		RO	F50

72.	Z-	5,00		RO	F150	
73.	X-	8,00		RO	F9999	
74.	Z-	20,00		RO	F50	
75.	Z-	5,00		RO	F150	
76.	Z	100,00		RO	F9999	
77.	TOOL DEF;	4	RØ	LØ	(fresa de Ø 4,0 mm)	
78.	STOP					
79.	TOOL CALL	4	Z	S6300		
80.	L	X-15,00	Y-10,00	RO	F9999	
81.	CYCL DEF 7.0					
82.		7.1	X 00,00			
83.		7.2	Y 00,00			
84.		7.3	Z 13,50			
85.	CYCL CALL					
86.		Z-21,10		RO	F9999	M
87.		Y-40,00		RO	F300	
88.		Y-95,00		RO	F9999	
89.		Y-130,0		RO	F300	
90.		X 15,00		RO	F9999	
91.		Y-95,00		RO	F300	
92.		Y-40,00		RO	F9999	
93.		Y-10,00		RO	F300	
94.		Z-10,00		RO	F9999	
95.	L	X 21,00	Y-20,00	RO	F9999	
96.		Z-15,30		RO	F300	
97.		Y-70,00		RO	F300	
98.		X 24,00		RO	F9999	
99.		Y-20,00		RO	F300	
100.		X 27,00		RO	F9999	
101.		Y-70,00		RO	F300	
102.		Z 00,00		RO	F9999	
103.	L	X-30,00	Y-61,00	RO	F9999	
104.		Z-	4,60	RO	F1000	
105.		X-62,00		RO	F300	
106.		Y-64,00		RO	F300	
107.		X-30,00		RO	F300	

108.	Y-67,00	RO	F300
109.	X-64,00	RO	F300
110.	Y-70,00	RO	F300
111.	X-30,00	RO	F300
112.	Y-120,0	RO	F9999
113.	X-64,00	RO	F300
114.	Y-123,0	RO	F300
115.	X-30,00	RO	F300
116.	Y-126,0	RO	F300
117.	X-64,00	RO	F300
118.	Y-129,0	RO	F300
119.	X-30,00	RO	F300
120.	Z 100,0	RO	F9999
121.	STOP		

XIII. CONCLUSÕES FINAIS

A meta inicialmente estabelecida de se fazer a análise e desenvolvimento do processo de manufatura de um produto em uma fresadora de comando numérico foi alcançada.

Entretanto, um fato emergente durante o desenvolvimento do trabalho foi que em uma fresadora universal de apenas uma ferramenta o tempo gasto para a troca de ferramenta significativo, uma vez que a cada troca de ferramenta é necessário fazer-se um passe da coordenada "Z", fato este que prolonga demasiado o tempo de usinagem de uma peça que requer o uso de diversas ferramentas na sua usinagem.

Uma forma de se evitar essa perda de tempo seria fazer a usinagem da peça em um centro de usinagem, no qual são previamente colocadas todas as ferramentas a serem utilizadas durante a usinagem. Com as ferramentas já posicionadas, a sua chamada pelo programa já pode ser feita levando em conta o seu comprimento total. Só o fato de não ser necessário o passe de coordenadas a cada chamada de ferramenta por si só já reduz significamente o tempo de usinagem.

Como uma sugestão para uma futura complementação deste trabalho fica a adaptação do presente estudo para um centro de usinagem. Para tal seria necessário, numa adaptação simplificada, uma tradução do programa para uma linguagem acessível ao centro de usinagem. Os dispositivos de fixação a serem utilizados poderiam ser os aqui apresentados ou modificados de forma a aproveitar melhor o potencial do centro de usinagem.

Uma outra sugestão seria a elaboração de um dispositivo específico para o controle de qualidade da peça.

APENDICE "A" :

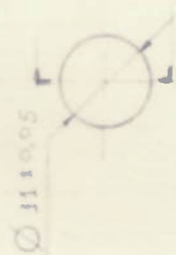
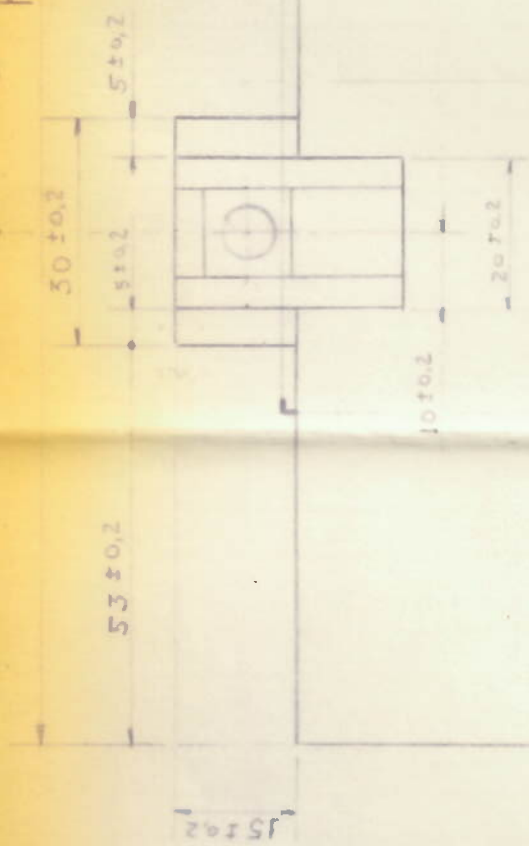
- Rotações de fuso programaveis

ROTACÕES DE FUSO PROGRAMAVEIS:

RPM	RPM	RPM	RPM	RPM
0,000	1,000	10,00	100,0	1000
0,112	1,120	11,20	112,0	1120
0,125	1,250	12,50	125,0	1250
0,140	1,400	14,00	140,0	1400
0,160	1,600	16,00	160,0	1600
0,180	1,800	18,00	180,0	1800
0,200	2,000	20,00	200,0	2000
0,224	2,240	22,40	224,0	2240
0,250	2,500	25,00	250,0	2500
0,280	2,800	28,00	280,0	2800
0,315	3,150	31,50	315,0	3150
0,355	3,550	35,50	355,0	3550
0,400	4,000	40,00	400,0	4000
0,450	4,500	45,00	450,0	4500
0,500	5,000	50,00	500,0	5000
0,560	5,600	56,00	560,0	5600
0,630	6,300	63,00	630,0	6300
0,710	7,100	71,00	710,0	7100
0,800	8,000	80,00	800,0	8000
0,900	9,000	90,00	900,0	9000

APENDICE "B" :

- Desenho de fabricação do chassi de 5 1/4 "



Ø 3 ± 0,05

150 ± 0,2

16 ± 0,2

14 ± 0,02

20 ± 0,2

10 ± 0,2

5 ± 0,2

53 ± 0,2

30 ± 0,2

128 ± 0,02

5 ± 0,1

27 ± 0,2

5 ± 0,1

34 ± 0,2

88 ± 0,2

24 ± 0,2

15 ± 0,2



DESIGNO Nº 8

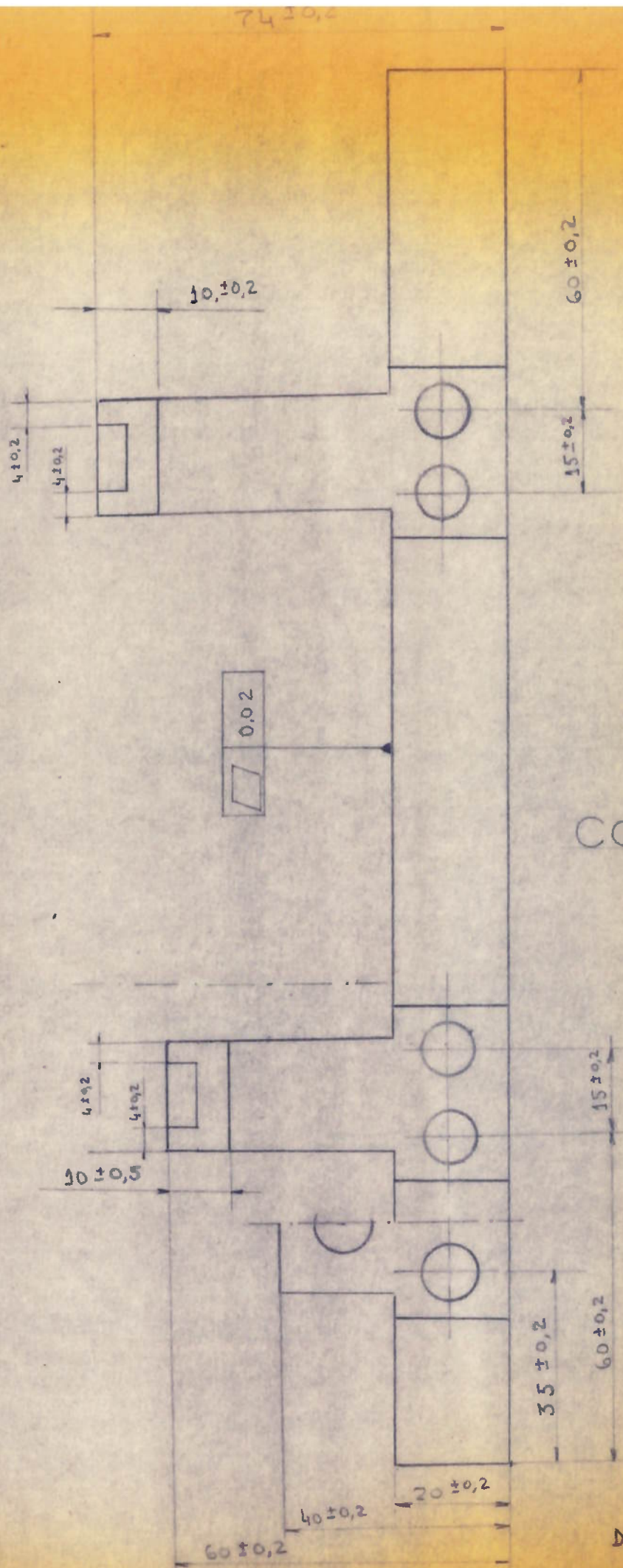
TÍTULO

DISPOSITIVO DE USINAGEM

DA FACE SUPERIOR

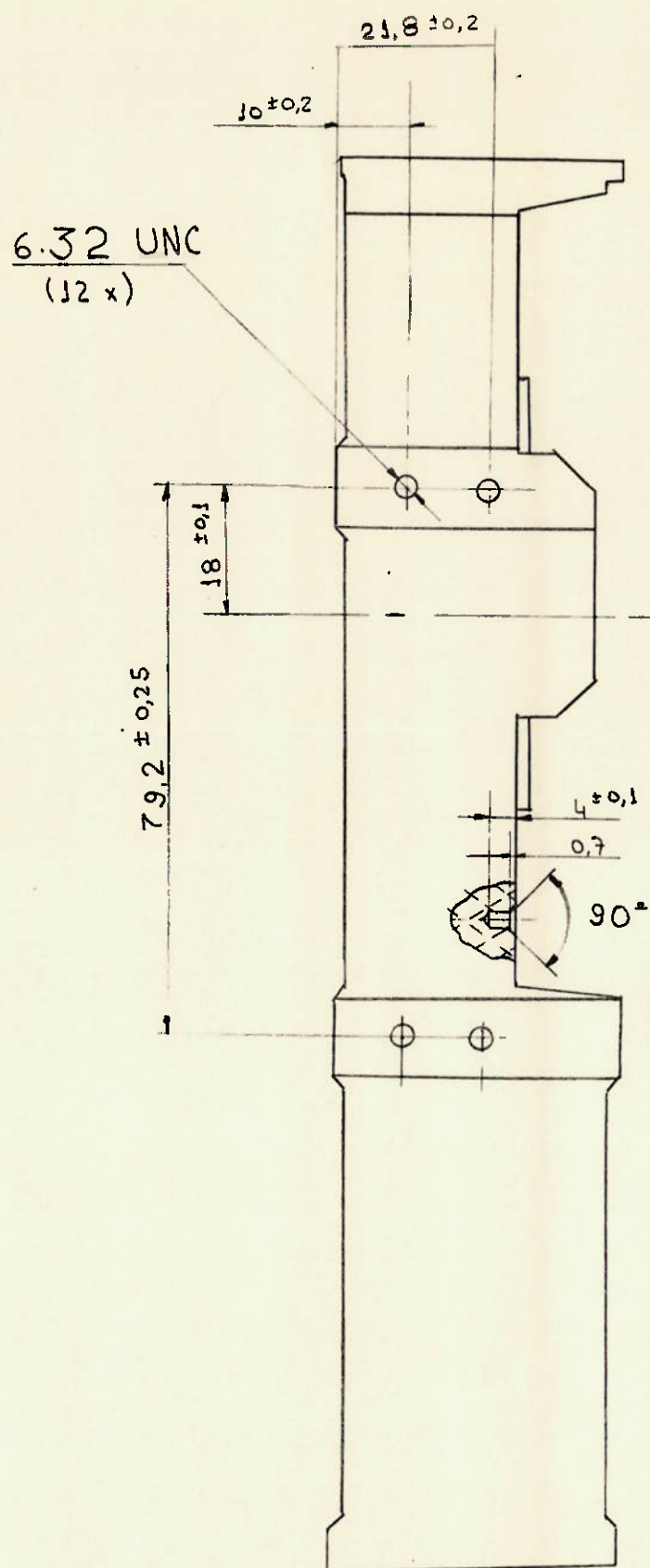
ESCALA: 1:1

DATA: 01-12-1986

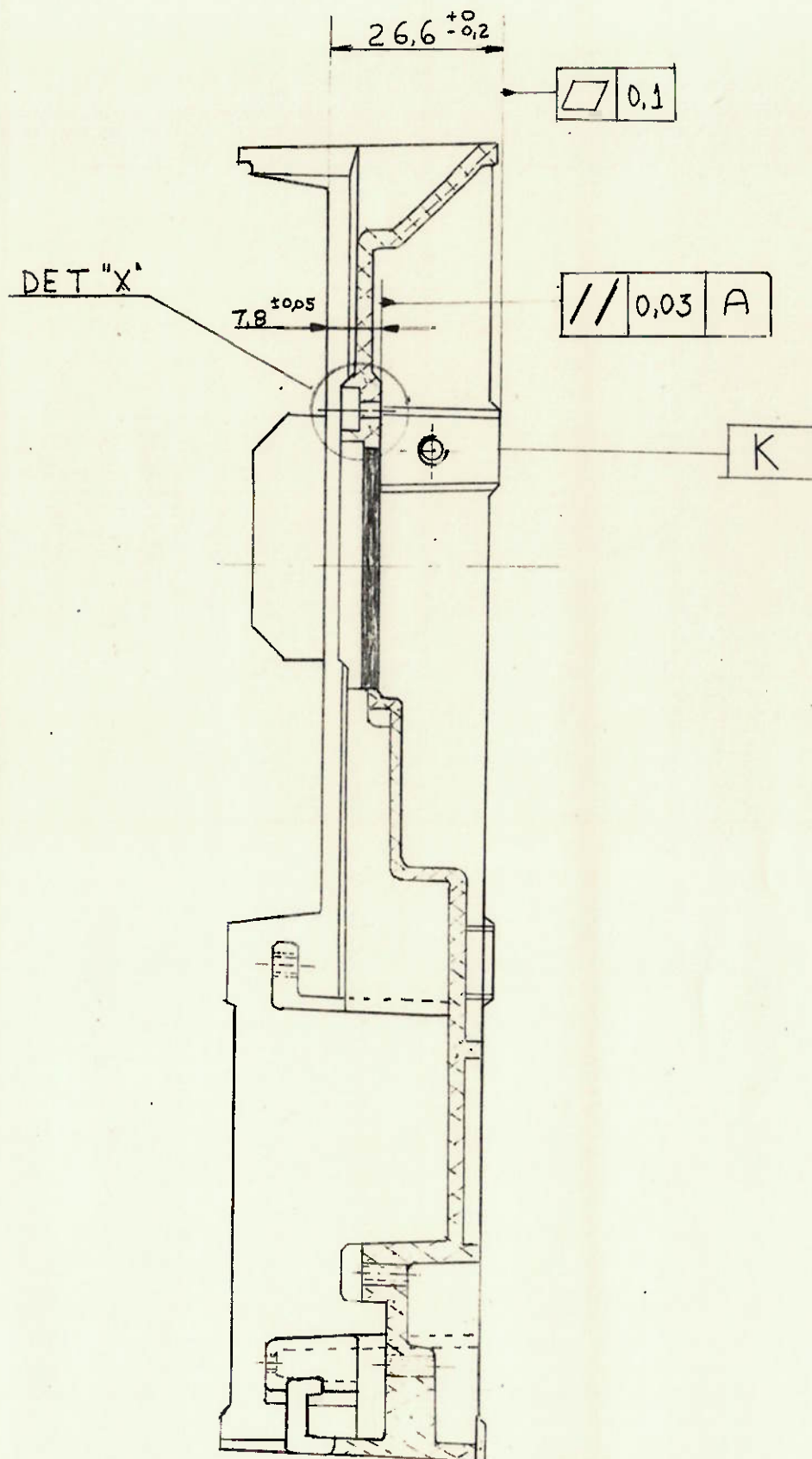


CORTE L-L

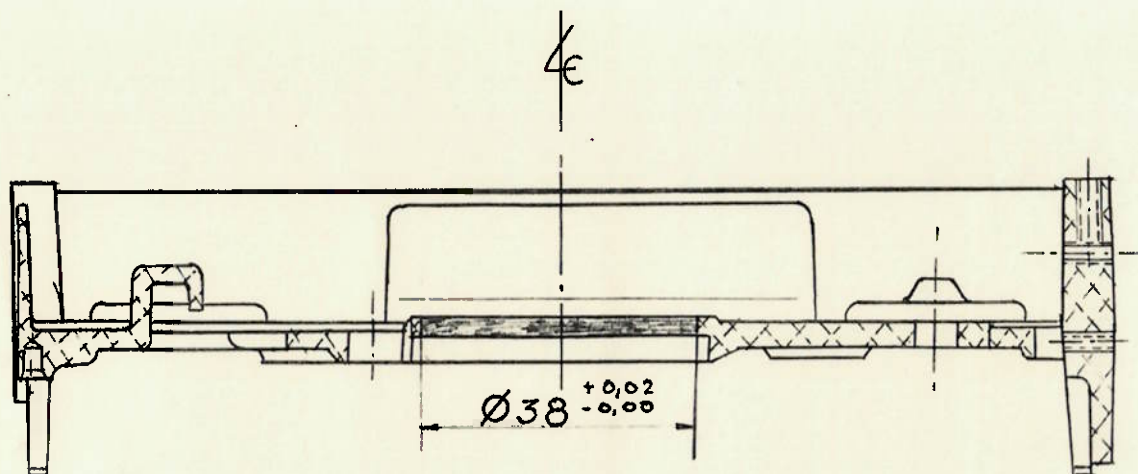
DESENHO N° 9



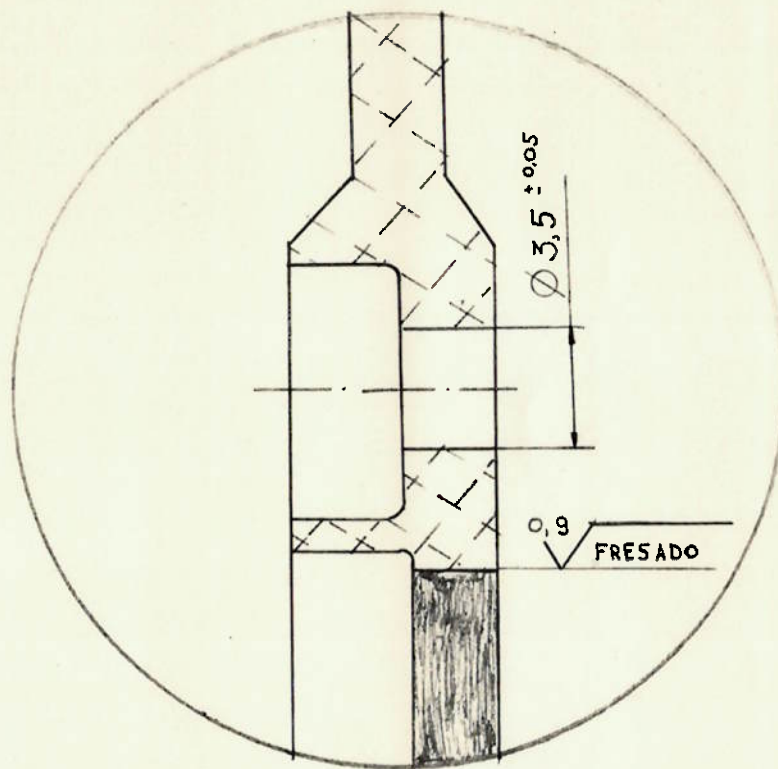
	escala: 1:1	data: 1.12.1986
DESENHO Nº 11	TITULO: DETALHE "A"	



	escala: 1:1	data: 01.12.1986
DESENHO Nº 12	título: CORTE A-A	

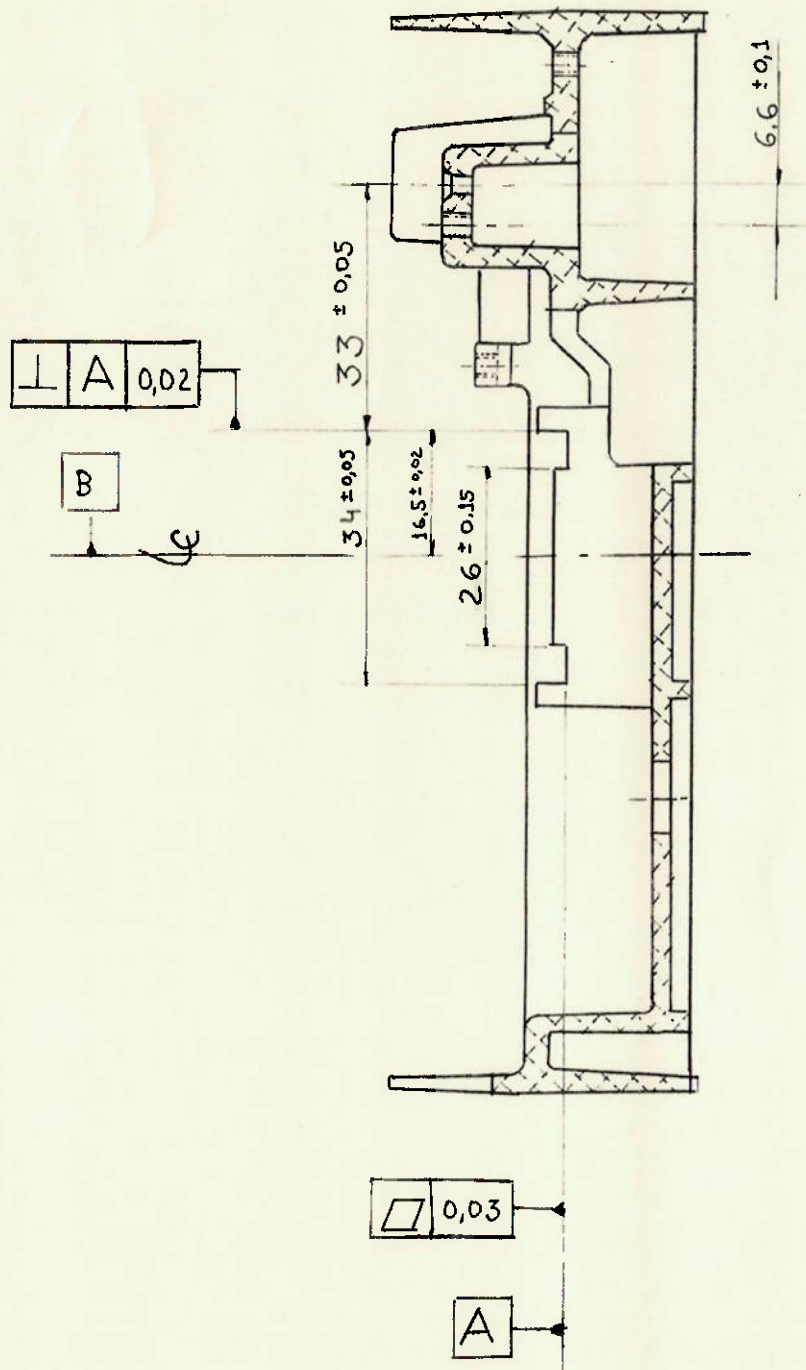


CORTE B·B

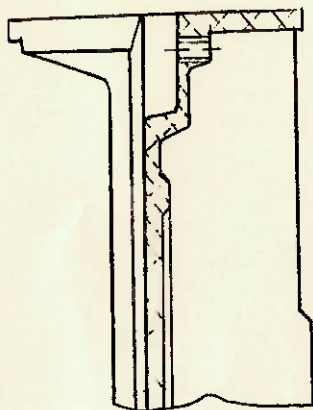


DETALHE "X"

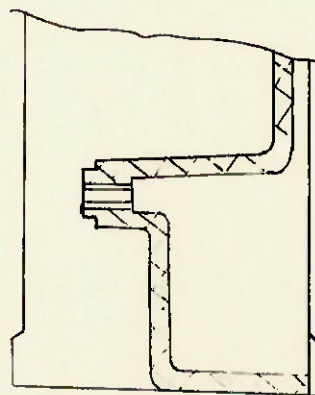
	escala: 1:1	data: 01.12.1986
DESENHO Nº 13	título: CORTE B·B e DETALHE "X"	



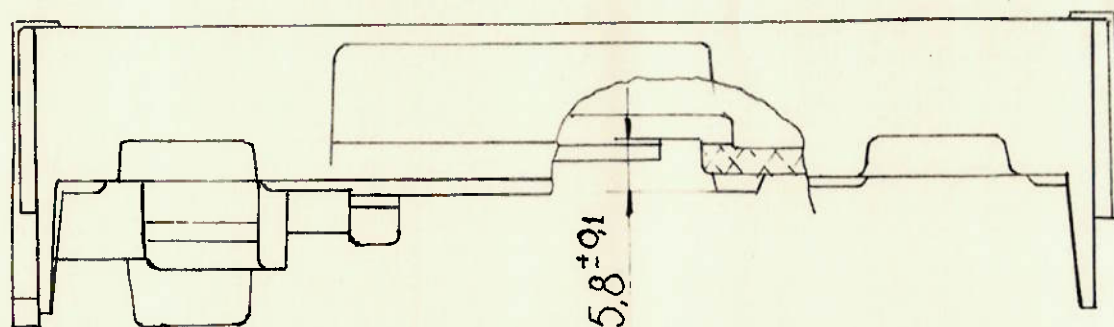
	escala: 1:1	data: 01.12.1986
DESENHO Nº 14	TÍTULO: CORTE C.C	



CORTE D-D



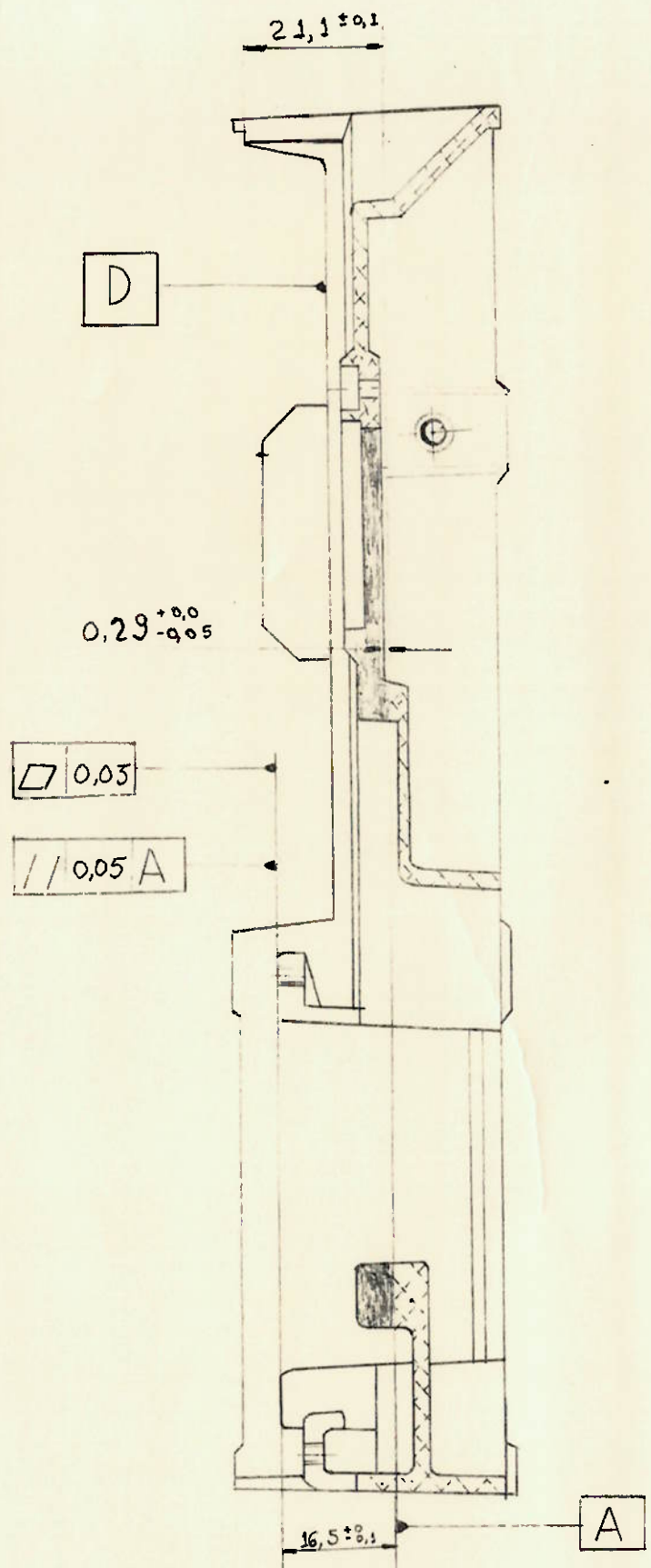
CORTE E-E



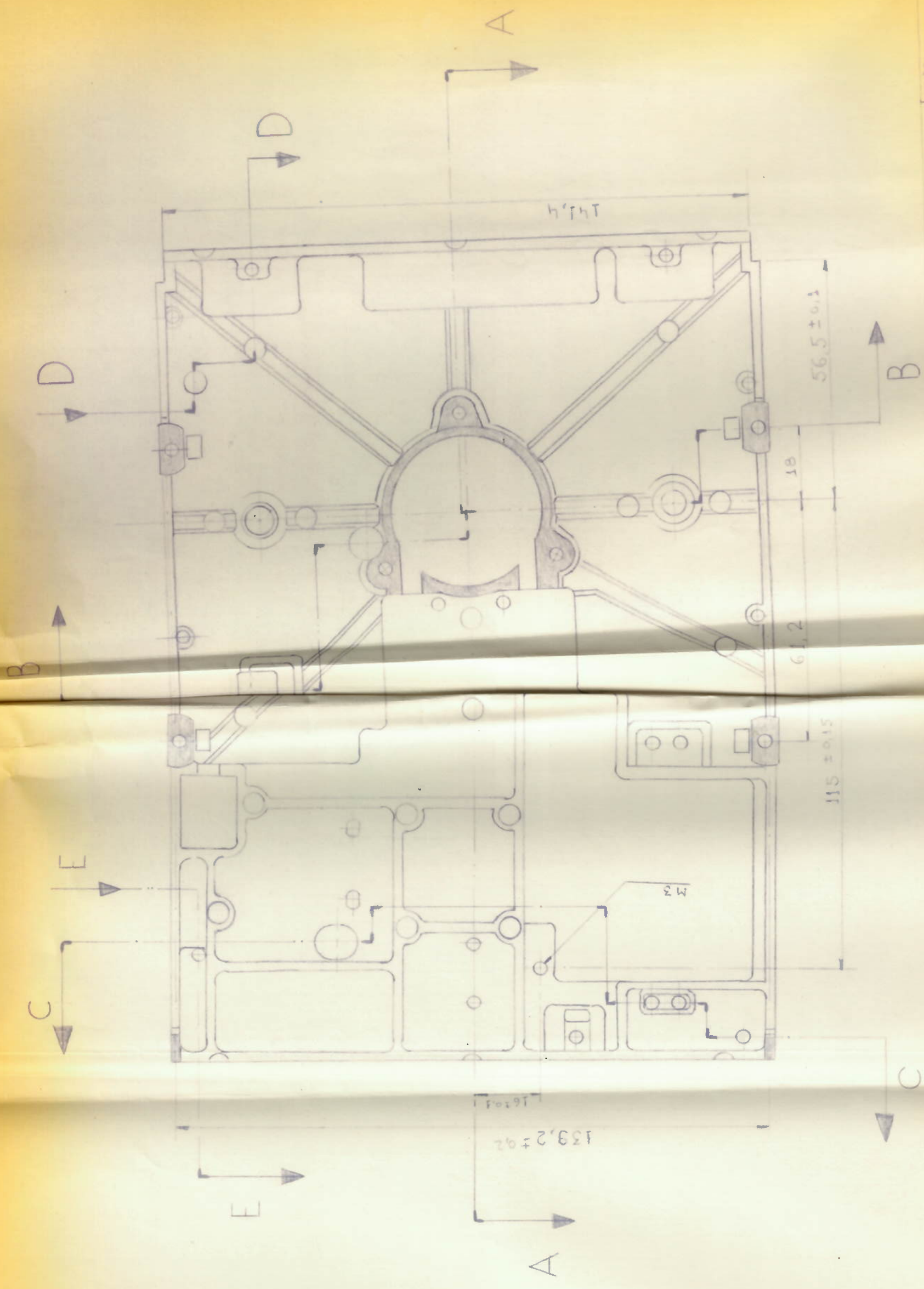
5,8 ± 0,1

// 0,05 A

	escala: 1:1	data: 01.12.1986
DESENHO Nº 15	TÍTULO: CORTES D-D e E-E	



	escala: 1:1	data: 01.12.1986
DESENHO N ^o : 16	TÍTULO: CORTE F.F	



escala	1:1	data	01-12-2006
desenho no	17	título	CHASSI USINADO TOLUÊ S 1/4"
		BAIXO	FECHIL
		CAIXA	INTERIOR

