

2299035

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Departamento de Engenharia Mecânica

Trabalho de Formatura

- DISPOSITIVO AUTOMÁTICO PARA -

- CORTE E DOBRA DE ARAME -

Autor: NICOLA GETSCHKO

Orientador: Prof. MARCO STIPKOVIC F.

- 1981 -

_ PREFÁCIO _

O presente trabalho tem por objetivo a elaboração de um projeto de dispositivo automático básico para a fabricação de grampos de arame. Sendo destinado a atender às necessidades industriais, procurou-se dar um tratamento bastante objetivo e prático aos problemas, tornando-o também útil para a iniciação do leitor neste campo de atividades.

Estão aqui representadas as principais fases de um projeto de engenharia, desde o estudo de viabilidade até o detalhamento da solução, permitindo uma visão geral de todo o processo teórico de elaboração de um mecanismo deste tipo.

Convém ressaltar entretanto, que todo estudo aqui apresentado, é apenas uma introdução ao dimensionamento de máquinas automáticas, e tem por escopo fornecer ao leitor subsídios básicos para iniciar-se em um campo de tão grande amplitude na Engenharia Mecânica.

Nicola Getschko

Nicola Getschko

São Paulo, 10 de dezembro de 1981

CAPÍTULO	página
1)-Objetivos Básicos	1
2)-Dados Técnicos	3
3)-Tipos de Acionamento	6
4)-Soluções Propostas	9
4-1) Solução 1	9
4-2) Solução 2	13
4-3) Solução 3	17
4-4) Escolha da Solução	20
5)-Detalhamento da Solução	21
5-1) Etapas do Processo de Fabricação	21
5-2) Cálculo do Esforço de Corte, Dobramento das extremidades e Dobramento central.	29
6)-Dimensionamento e Verificação	34
6-1) Facas de Corte	34
6-2) Punção de Dobramento Central	37
6-3) Colunas-Guia da Matriz móvel	38
6-4) Solenoides	39
6-5) Dimensionamento do "Puxador" do arame	45
7)-Dimensionamento do Camo de Acionamento	48
7-1) Equacionamento Geral	48
7-2) Tabela das Variáveis e Traçado do Perfil do Camo	62
Bibliografia	64

Anexo 1

IV

Endireitador de Arame - Detalhamento

Desenho 1 - Conjunto

Desenho 2 - Corte B-B e Peça 1 (vista lateral)

Desenho 3 - Lista de Peças

Desenho 4 - Peça 1 (vista frontal)

Desenho 5 - Peças 2 e 3

Anexo 2

Programa para tabelamento da Variáveis
principais do Camo

Anexo 3

Programa para obter o traçado do
Perfil do Camo

- INTRODUÇÃO -

Cada vez mais, nos dias de hoje, o tempo é um parâmetro fundamental em toda a atividade humana, esteja ela ligada a setores produtivos ou não. No entanto, este aspecto é ainda mais marcante quando analisamos sua influência sobre os meios de produção. Assim, para uma indústria, o velho e surrado chavão "tempo é dinheiro", transcende seu mero sentido de frase de efeito e assume a feição de uma dura realidade a ser encarada com descortínio e dinamismo.

Por outro lado, afóra os aspectos puramente financeiros e econômicos da questão, a preocupação com o ser humano é fundamental. A procura de uma nova ordem social e econômica que libere o homem de sub-serviços, preservando-o para tarefas cujo aspecto intelectual o exijam, leva a que dia a dia busque-se a implementação de mecanismos automatizados para a execução das mais variadas operações.

Neste trabalho, apresentaremos o projeto de um mecanismo automático destinado à fabricação de grampos de arame. Muito embora, as soluções encontradas resultem em máquinas razoavelmente simples, este projeto é de fundamental importância para o dimensionamento de equipamentos automáticos, para produção de peças de arame, mais complexas, pois pode ser considerado como básico em todos os processos de produção já citados.

Convém ressaltar ainda que, como soi acontecer, cada projeto destina-se a suprir as deficiências ou necessidades manifestas por alguém ou por algum setor da sociedade. É portanto fundamental, ter sempre em

mente a quem ou a que destina-se o projeto e assim, poder adequa-lo da melhor maneira possível a suprir a necessidade a que se propoz.

- OBJETIVOS BÁSICOS -

O mecanismo, objeto de nosso projeto, tem como função precípua produzir um tipo de grampo utilizado pelas indústrias de bijuterias, se é que assim podem ser chamadas, notadamente para prendedores de cabelos.

É importante ressaltar, que procuraremos enfo_{car} este projeto de modo a resultar em uma solução simples, que possa ser viabilizada na prática, sem a necessidade de utilização de equipamentos sofisticados ou técnicas arrojadas, possibilitando sua execução inclusive em oficinas acadêmicas, como as do Depto. de Engenharia Mecânica da EFUSP.

O formato final aproximado do grampo, pode ser visto na figura 1-1.

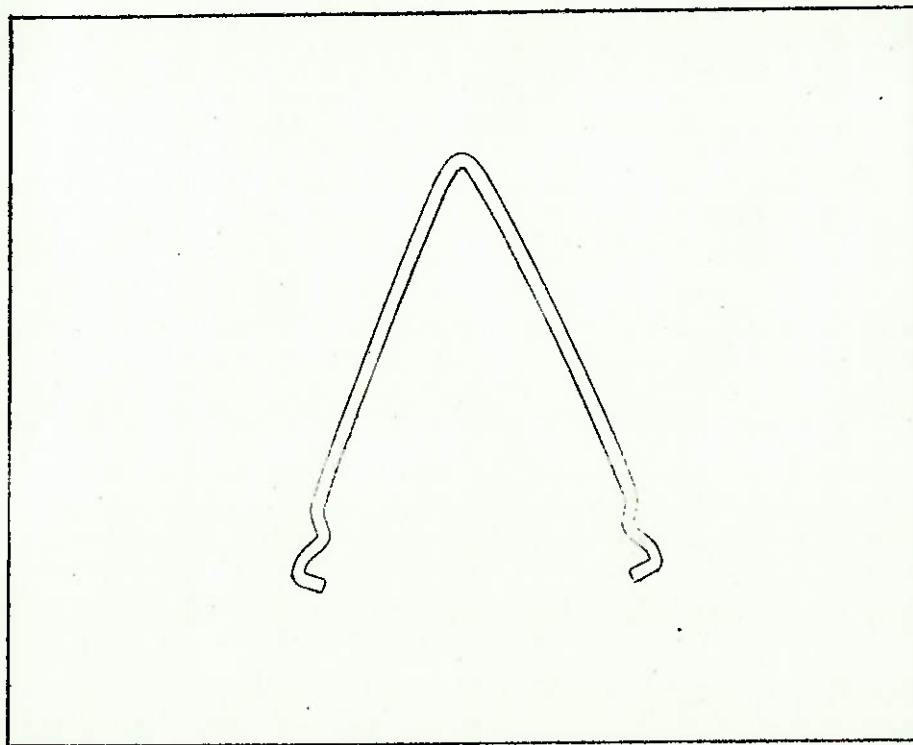


FIGURA 1-1

O ciclo de produção da máquina inicia-se a partir da bobina de arame, até a obtenção da peça pronta. Listando a sequência de operações necessárias para a conformação final do grampo, temos:

operação 1) Desembobinamento do arame

operação 2) Endireitamento do arame

operação 3) Corte das extremidades do arame

operação 4) Dobramento das extremidades

operação 5) Dobramento central

As operações descritas acima, de modo individual, não implicam que devam ser realizadas também separadamente pelo mecanismo, pois este aspecto é função de cada solução proposta. Assim, duas ou mais operações poderão ser aglutinadas em uma, sempre que esta prática mostre-se vantajosa para a configuração final do equipamento.

Resumindo-se, poder-se-ia dizer que a função primordial do mecanismo é obter a peça pronta, a partir da bobina de arame, automaticamente.

- DADOS TÉCNICOS -

Outro parâmetro básico de qualquer projeto, são as condições de funcionamento.

O projeto ideal, seria aquele que atendendo a sua função principal, possibilita-se ainda uma infinidade de condições de operação de modo a permitir uma versatilidade bastante grande. Mas, este aumento da versatilidade leva inexoravelmente a um aumento da complexidade do projetu e assim de seu custo final de produção. Assim, temos que avaliar o compromisso entre estes dois itens de modo a alcançar um ponto ótimo de trabalho.

Para o nosso caso, em particular, as condições de funcionamento são ditadas diretamente pelas exigências de mercado, uma vez que a teoria sobre este assunto é bem pouco desenvolvida, não existindo uma bibliografia específica e adequada ou algum tipo de normalização.

Por todos estes fatores, os dados de projeto tiveram de ser levantados tanto junto aos fabricantes nacionais de equipamentos semelhantes, como aos eventuais consumidores destes produtos, quais sejam, as indústrias de bijuterias.

Os dados de projeto são:

- a) Curso de alimentação de arame:
 - de 90mm até 170mm:

- b) Diâmetro utilizável de arame:
 - de 0,8mm (AWG 20) até 1,0mm (AWG 18)

- c) Tipo de arame utilizado:
 - de aço galvanizado (ABNT 1010-1020), ou latão

- d) Produção básica:
 - 60 peças por minuto

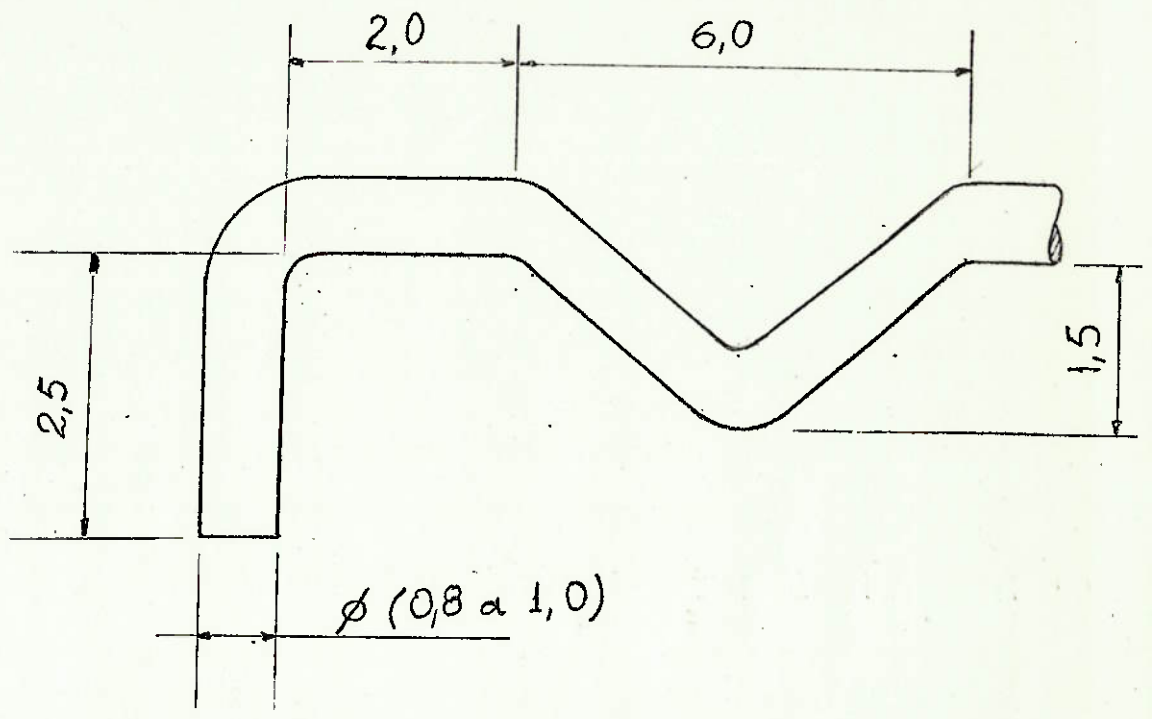
- e) Energia de acionamento:
 - elétrica

Convém ainda fazer alguns comentários a respeito dos dados de projeto:

1) Não foi encontrada entre as especificações das máquinas automáticas para arame, existentes no mercado, nenhuma que operasse com um curso de alimentação superior a 120mm para diâmetros em torno de 1,0mm, a não ser em máquinas de alimentação contínua, como as utilizadas para a fabricação de molas. Este fato é importante pois implicará em um projeto e dimensionamento mais cuidadoso do endireitador, uma vez que os dados práticos existentes não são suficientes para tanto.

2) A produção de peças é relativamente pequena, face aos equipamentos similares, mas é plenamente justificada em razão ao tipo de indústria que visa atender, onde a produção por ter um caráter quase artesanal é também, comparativamente, pequena. Logo torna-se desnecessário e até desaconselhável projetar a máquina para operar com grandes produções, fato que só elevaria sua complexidade e custo final.

3) As dimensões principais e suas tolerâncias constam da figura 2-1, onde o grampo está representado em escala ampliada.



tolerância geral - $\pm 0,2 \text{ mm}$

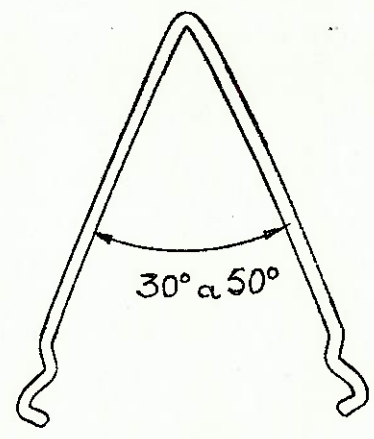


FIGURA 2-1

- TIPOS DE ACIONAMENTO -

Para qualquer tipo de mecanismo automático, podemos definir quatro campos fundamentais de acionamento, sendo que a escolha deverá recair sobre o que melhor se adapte às condições de operação como: velocidade, magnitude dos esforços envolvidos, cursos das partes móveis, disponibilidade de atuadores no mercado, grau de controle alcançável, custos, etc.

Assim, a escolha deverá ser feita entre um destes tipos de acionamento:

- 1) Acionamento Mecânico
- 2) Acionamento Pneumático
- 3) Acionamento Hidráulico
- 4) Acionamento Eletro-magnético

Descrevendo rapidamente cada um dos tipos, temos:

1) Acionamento Mecânico -

Nas aplicações mais comuns, temos grande predominância de atuadores mecânicos, por meio de dispositivos de alavancas, como o seguidor, biela-manivela ou outros. Esta preferência tem seu porque, pois este tipo de acionamento oferece uma boa precisão, altas velocidades de operação, ótimas possibilidades de programação de des

locamento e de controle, além de alta durabilidade,

Seus maiores inconvenientes consistem em uma certa dificuldade posicional para montagens mais complexas e em um custo de fabricação e projeto relativamente alto, já que praticamente não há condições de fabricar as peças necessárias ao mecanismo em série.

2) Acionamento Pneumático -

O segundo tipo de atuador, pistões pneumáticos, tem também larga aplicação em sistemas onde a precisão dimensional não seja muito alta, e as velocidades envolvidas também não. Assim, estes dispositivos são comumente utilizados em tarefas auxiliares, e onde o esforço exigido não seja muito alto. Quanto a seu custo, é bastante variável sendo inferior ao mecânico para pequenas aplicações, pois a pré-fabricação dos elementos pneumáticos é bem maior, mas chegando a equivalê-los em máquinas de maior porte.

Convém também ressaltar que este tipo de acionamento exige a instalação de uma unidade de fornecimento de ar comprimido que, dependendo das dimensões, pode onerar sobremaneira o equipamento.

3) Acionamento Hidráulico -

O acionamento por meio de pistões hidráulicos raramente é utilizado como dispositivo principal em máquinas automáticas. Sendo seu funcionamento similar ao pneumático, este apresenta maior precisão, já que trabalha com um fluido incompressível (óleo), e um esforço resultante maior, tendo porém velocidades de operação bem mais baixas e um custo maior. Sua principal utilização dá-se como dispositivo auxiliar.

4) Acionamento Eletro-magnético -

Um tipo de atuador mais raramente empregado é o eletro-magnético. Embora reúna características de um relativamente alto esforço resultante e alta velocidade, sua grande desvantagem é o pequeno curso de operação. Este curso resulta diretamente de seu princípio de fun-

acionamento, pois a força resultante de um campo magnético que age sobre um material ferromagnético é inversamente proporcional à distância, no caso, entre solenoide e atuador. Seu custo é relativamente baixo, comparado aos outros tipos de acionamento, o que leva-o a ter características interessantes para executar tarefas específicas e auxiliares. Um inconveniente ao uso de solenoides é o pequeno número de modelos encontrados no mercado, bem como sua correta especificação, já que os catálogos de fabricantes são bastante incompletos.

Apresentadas estas características introdutórias, a escolha do tipo de acionamento fica claramente ligada a todo o conjunto do processo e equipamento a que se destina. Para cada máquina, ou melhor, para cada processo teremos um acionamento que adaptar-se-a melhor.

Em nosso caso, temos uma máquina que deve operar uma boa precisão, velocidades altas, esforços baixos, um pequeno número de operações e possivelmente com um bom controle de velocidade, deslocamento e aceleração das partes móveis.

Estas hipóteses levam-nos diretamente à escolha do acionamento mecânico.

Por outro lado, alguns movimentos auxiliares, como abaixamento de pinos, guias, etc, que feitos mecanicamente levariam a uma tal complexidade de projeto e construtiva se realizados por outro tipo de atuador, resultariam em simplificações bastante proveitosas. Como tais movimentos, em nosso projeto, tem um curso bastante reduzido e alta velocidade, optaremos por atuadores eletro-magnéticos.

Portanto, a escolha final do acionamento levou-nos a decidir em favor do mecânico, como principal, e pelo eletro-magnético para operações auxiliares e específicas.

- SOLUÇÕES PROPOSTAS -

É fundamental para o êxito de um projeto, que sempre sejam analisadas a maior quantidade de soluções possíveis pois deste modo, estaremos mais aptos a chegar a escolha mais adequada. Por outro lado, quando o número de soluções é considerável, uma pré-seleção torna-se necessária para permitir um estudo melhor e mais detalhado de cada possibilidade.

Apresentaremos agora, três soluções consideradas viáveis para nosso projeto, dentre as quais uma será escolhida e posteriormente detalhada.

4-1) Solução 1

a) Aspectos gerais -

Esta solução tem como característica básica a utilização de um único camo de acionamento, um atuador eletro-magnético para extração da peça e possuir uma sequência de operações praticamente contínuas, quais sejam:

1º) Endireitamento do arame

2º) Alimentação

3º) Corte das extremidades do arame

4º) Dobramento central e dobramento das extremidades

b) Esquema geral

A seguir apresentaremos um esquema da parte principal do mecanismo proposto por esta solução.

(cf. figura 4-1)

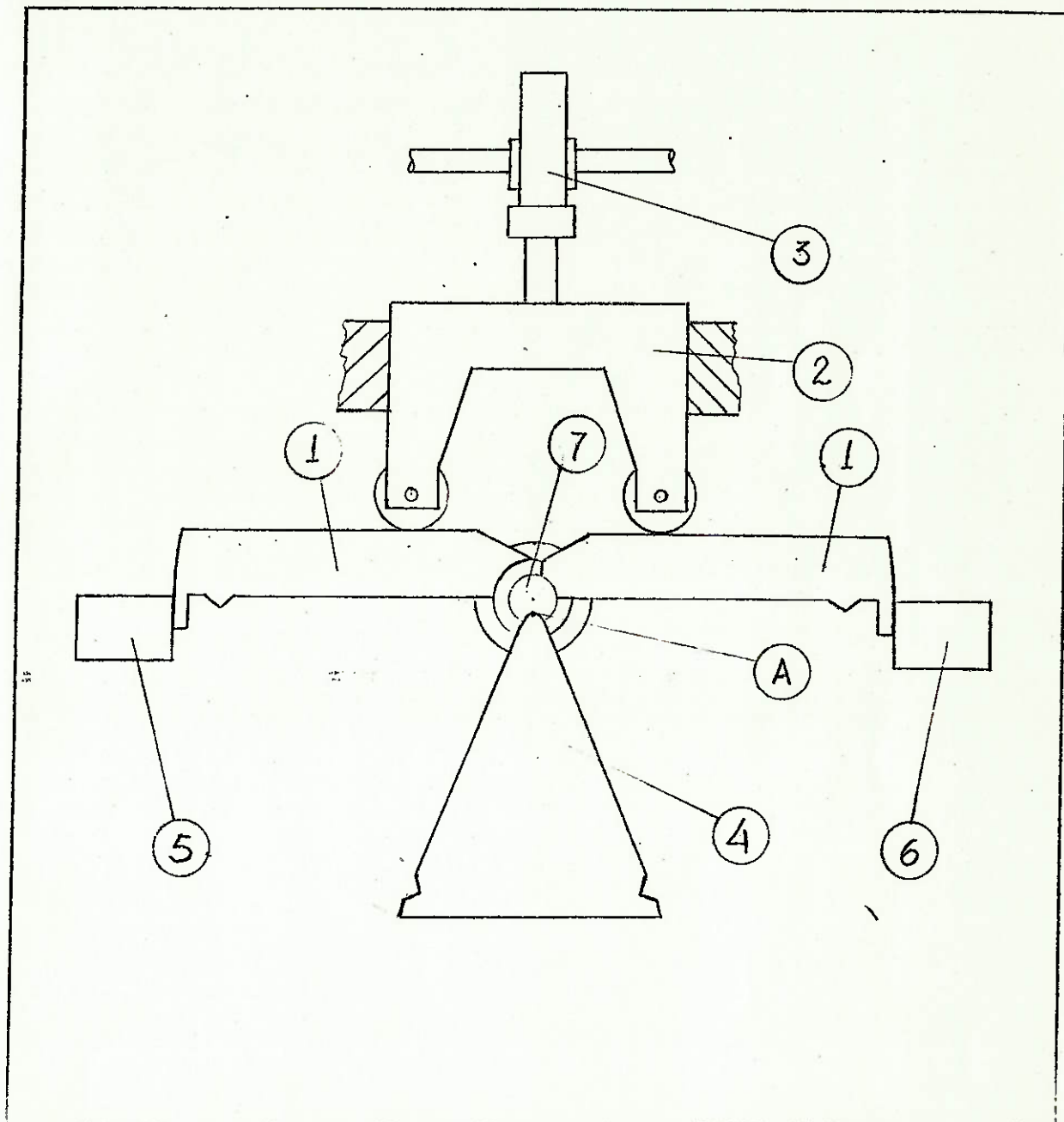


FIGURA 4-1

De acordo com o que foi visto na figura 4-1, temos a seguinte lista de peças:

Peça nº	Denominação
01	- Porta-punções giratório
02	- Martelo
03	- Camo de acionamento do martelo
04	- Matriz de dobramento
05	- Guia de entrada do arame e faca de apoio
06	- Guia final do arame e faca de apoio
07	- Articulação principal

= c) Descrição do funcionamento -

O arame vindo do endireitador, penetra na zona de conformação (fig. 4-1) pelo orifício existente na peça 5, a qual juntamente com a peça 6 serve de faca de apoio para corte do mesmo.

Uma vez completada a fase de alimentação, o martelo 2 inicia seu curso de avanço (em sentido da peça 4) de modo a provocar o fechamento dos dois punções articulados da peça 1. Nas extremidades desta peça, encontram-se as facas que irão cortar o arame na medida correta. Note-se que para garantir uma boa precisão dimensional, ao invés do uso de um "top" de fim de curso, serão utilizados dois cortes, um em cada extremidade. Este método leva invariavelmente a perda de um retalho de material que, no entanto, é insignificante economicamente em face às vantagens advenientes de uma boa precisão dimensional.

Feitos os dois cortes, o martelo (2) continua a seu curso de avanço, forçando o fechamento da peça 1 e com isto obtendo o dobramento central do arame.

Ao final, quando a peça 1 alcançar sua condição de máximo fechamento, ditado pelo ângulo α da peça 4, será realizada a operação de dobramento das extremidades. Depois desta fase, o grampo já encontra-se inteiramente conformado, restando apenas a operação de extração e o reinício do curso de alimentação.

d) Análise da solução

Como pudemos observar, esta solução uma sequência de operações bastante simples e praticamente contínua, já que depois de completada a fase de alimentação, todas as operações seguintes são interligadas, sem a necessidade de períodos de repouso no programa de movimentos do camo.

Temos um número reduzido de peças móveis, três ao todo, tendo as peças 3 e 1 movimentos rotativos e a peça 2 de translação o que, sem dúvida, é uma vantagem significativa.

Os pontos mais críticos desta proposta consistem, em nosso entendimento, no projeto e confecção da articulação 7, no fato de ser necessário fazer a extremidade superior da peça 4 (ponto A) coincidir com o centro de giro da peça 1 e o grande curso de deslocamento das peças 1 e 2.

O primeiro ponto crítico, decorre dos esforços que atuarão na articulação 7, e na necessidade desta apresentar dimensões reduzidas para permitir a fabricação de grampos de pequeno tamanho.

O segundo ponto crítico é devido ao fato de que se o ponto A, da peça 4, não coincidir com o centro de giro de 1, haverá uma diferença entre o raio de giro da extremidade do arame e o da peça 1, causando uma tal diferença de comprimento que poderá impedir a operação de dobramento das extremidades do arame.

O terceiro ponto crítico é a grande amplitude do movimento das peças 1 e 2. Isto nos leva a um camo de acionamento (peça 3) de grandes dimensões e, a altas velocidades de 1 e 2 durante seu deslocamento, o que acarretará o aparecimento de grandes forças dinâmicas.

Há ainda outro aspecto negativo que é a presença da peça 4 (fixa) em torno da qual fica retido o grampo, dificultando assim sua extração.

4-2) Solução 2

a) Aspectos gerais -

O princípio de funcionamento desta solução, baseia-se na execução praticamente independente de cada operação, utilizando para tal três camos de acionamento, com períodos de repouso, no programa de movimentos, bastante acentuados. Para a extração da peça é utilizado um atuador eletro-magnético, como na solução 1.

A seqüência de operações é a seguinte:

- 1º) Endireitamento do arame
- 2º) Alimentação
- 3º) Corte das extremidades e dobramento central do arame
- 4º) Dobramento das extremidades do arame

b) Esquema geral -

Na figura 4-2, está esboçado um esquema geral das partes mais importantes propostas pela solução 2.

Como podemos notar, esta solução tem alguns aspectos bastante semelhantes aos da anterior, fato já esperado depois da fase de pré-seleção.

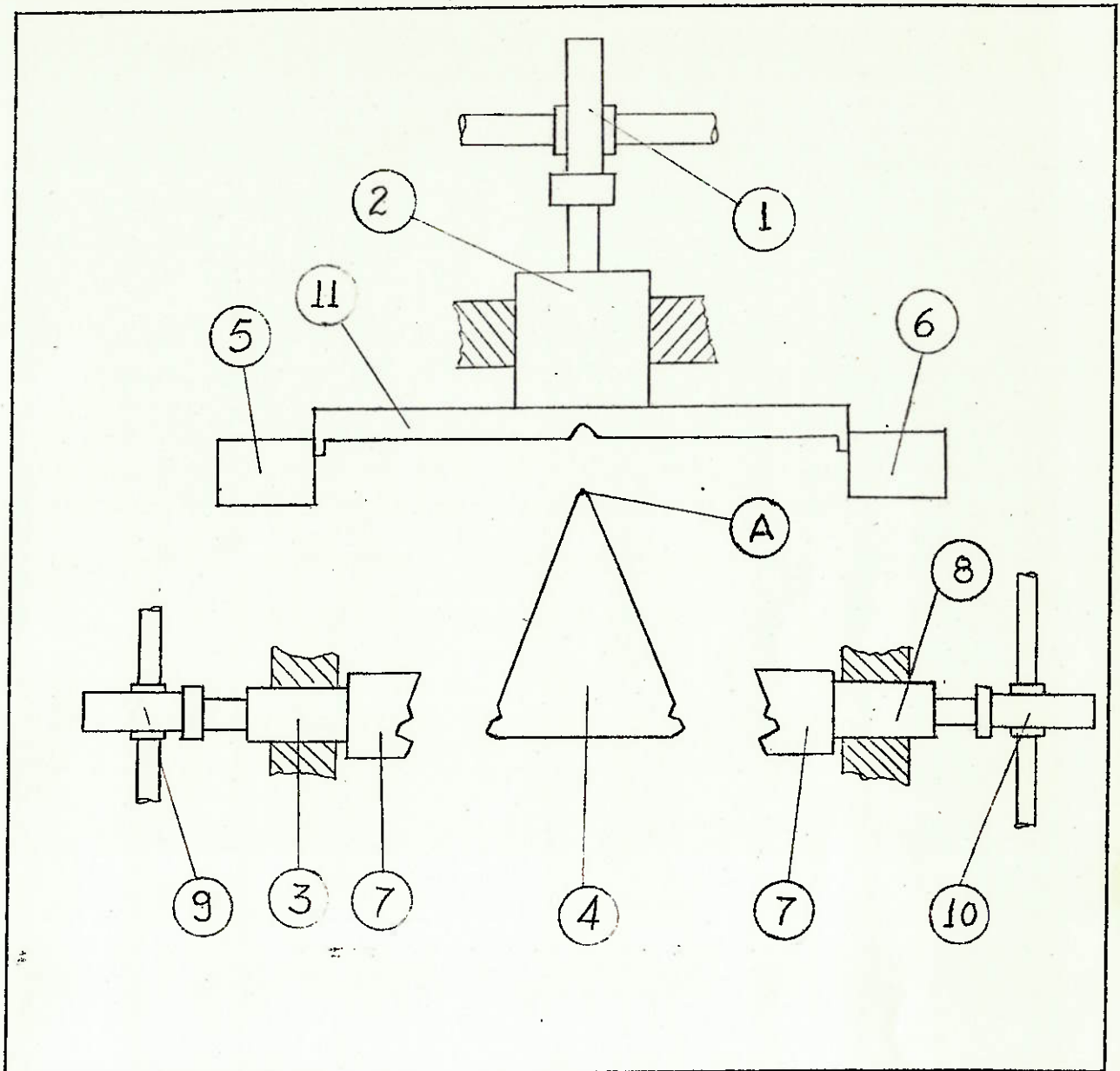


FIGURA 4-2

De acordo com a disposição na figura 4-2 , te
mos a seguinte lista de peças:

Peça nº	Denominação
01	- Camo de acionamento do martelo principal
02	- Martelo principal

Peça nº	Denominação
03	- Martelo secundário esquerdo
04	- Matriz de dobramento
05	- Guia de entrada do arame e faca de apoio
06	- Guia final e faca de apoio
07	- Funções de dobramento das extremidades
08	- Martelo secundário direito
09	- Camo de acionamento da peça 03
10	- Porta-punções
11	- Camo de acionamento da peça 08

c) Descrição do funcionamento -

Depois de passar pelo endireitador, o arame penetra na zona de conformação pelo orifício da peça 5, a qual juntamente com a peça 6 serve de faca de apoio, como ocorria na solução 1.

Finda a alimentação, o martelo 2, acionado pelo camo 1, inicia seu movimento de avanço, cortando as duas extremidades do arame e em seguida dobrando-o em torno do ponto A da peça 4. Aqui novamente, são cortadas ambas as extremidades do arame, pelas mesmas razões expostas na solução 1.

Neste ponto, o martelo 2 passa por um período de repouso, mantendo o arame retido entre as matrizes 10 e 4, já dobrado.

Inicia-se então o avanço dos martelos 3 e 8 , simultaneamente para poupar tempo, que por meio das matrizes 7 conformam as extremidades do grampo, dando-o o aspecto final. A partir do momento em que inicia-se a conformação das extremidades, pelas matrizes 7 e 4, o martelo 2 começa seu curso de retorno para a posição inicial.

Terminada a operação de dobramento das extremidades, os martelos 3 e 8 recuam possibilitando a extração do grampo.

d) Análise da Solução -

Esta proposta aproxima-se bastante da de outras máquinas já existentes no mercado, utilizadas para a fabricação de artefatos de arame como molas, clips, grampos, pois como conta com três camos de acionamento, ou seja, três operações independentes, torna-se bastante versátil e funcional.

No entanto, como vimos no capítulo 2 deste trabalho, uma solução muito versátil leva, em geral, a uma maior grau de complexidade operacional e construtiva. De fato, a presença de três camos aumenta bastante as dificuldades de projeto e construtivas pois passamos a ter três eixos ortogonais e sincronizados, três martelos e seis peças em movimento, 1,2,3,8,9,10 .

Os cursos necessários de cada martelo são bastante pequenos, em virtude da própria disposição geométrica destes, o que resultará em camos pequenos e baixas velocidades de translação.

Estes fatores possibilitam à máquina poder operar em altas produções (peças/min) com uma confiabilidade bastante boa. Embora esta qualidade seja bastante importante e até imprescindível para alguns usos, para o nosso, ela não desempenha um papel fundamental.

Como na solução 1, a presença da peça 4, à qual o grampo fica preso ao final do processo de conformação, também dificulta a operação de extração deste.

4-3) Solução 3

a) Aspectos gerais -

Nesta proposta, encontramos um camo de acionamento principal, e dois conjuntos de atuadores eletromagnéticos utilizados nos movimentos auxiliares. A sequência de operações é a seguinte:

1ª) Endireitamento do arame

2ª) Alimentação

3ª) Corte e dobramento das extremidades do arame

4ª) Dobramento central

b) Esquema geral

A figura 4-3 mostra-nos um esboço do esquema das partes principais da solução 3.

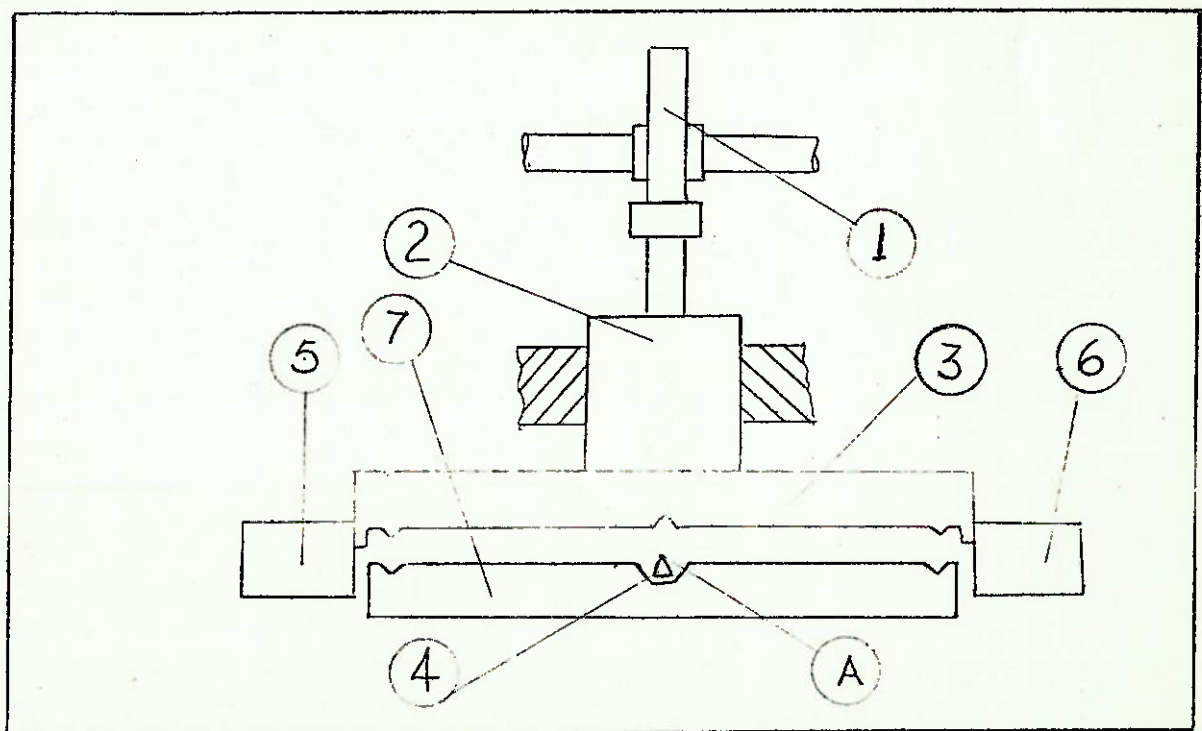


FIGURA 4-3

A lista de peças referente à figura 4-3 é a seguinte:

Peça nº	Denominação
01	- Camo de acionamento da martelo(2)
02	- Martelo
03	- Porta-punções
04	- Punção de dobramento central
05	- Guia de entrada do arame e faca de apoio
06	- Guia final e faca de apoio
07	- Matriz móvel

c) Descrição do funcionamento

Uma vez completada a fase de endireitamento, como nas outras soluções, o arame penetra pelo orifício da peça 5 que junto com a peça 6 servem também de facas de apoio.

Iniciado o curso de avanço do martelo 2, acionado pelo camo 1, primeiramente é feito o corte das duas extremidades do arame (são cortadas as duas extremidades pelas razões expostas na solução 1). Ato contínuo, o martelo prossegue em seu curso até obter-se o dobramento das extremidades pela compressão entre as matrizes 3 e 7. Neste ponto, o martelo 2 entra em um trecho de repouso.

Convém ressaltar que o ponto A, do punção de dobramento 4, esta um pouco acima da matriz 7, de modo que ainda na fase de dobramento das extremidades, já ocorre o primeiro vinco central no arame.

O martelo 2 então, alivia a compressão sobre a matriz 7, mantendo-a ainda sobre a peça 4 (devido a elasticidade do arame). A matriz 7 é agora recuada, num movimento perpendicular ao plano de funcionamento do martelo 2. A compressão entre as peças 3 e 4, obtida pelo vinco central no arame, serve para reter o grampo enquanto é abaixada a matriz 7.

Assim, a matriz 3 fica liberada para prosseguir no movimento de avanço, obtendo o dobramento central final do grampo. A partir daí, o martelo 2 recua até sua posição inicial e o punção 4 também é abaixado, num movimento com direção perpendicular ao plano de funcionamento do martelo, realizando a extração do grampo que a ele estava preso.

O fato do plano de trabalho da peça 2 ser vertical, facilita a extração do grampo pela ação de seu peso próprio.

Assim, o movimento de avanço e recuo das peças 4 e 7, acionadas por solenoides, tem direção perpendicular ao plano de trabalho do martelo 2, ou seja, são horizontais.

O controle de acionamento dos solenoides é obtido por meio de micro-chaves (micro-switch) que são comandadas por dois pequenos camos ajustáveis, e solidários ao eixo do camo 1 (ver figura 4-4)

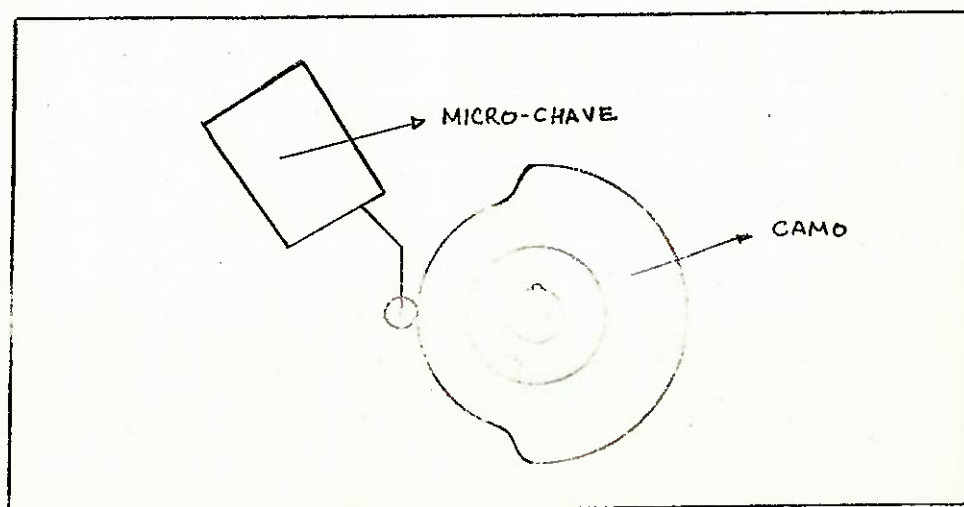


FIGURA 4-4

d) Análise da solução -

Esta terceira proposta de mecanismo, consegue reunir algumas das características das duas anteriores, quais sejam: um único eixo de acionamento e pequenos deslocamentos das peças móveis. Tem-se, portanto, uma solução de relativa simplicidade e adequada a um nível de produção médio, entre o da primeira e o da segunda propostas.

Se por um lado temos um número pequeno de peças móveis, sendo elas as de números 1,2,3,4 e 7, a responsabilidade dos atuadores eletro-magnéticos aumenta, pois passam a executar tarefas ligadas diretamente com o processo de conformação do grampo, devendo então ser dimensionados com maior cuidado e margem de segurança.

Outro ponto a ser discutido, é o fato de que tanto a matriz 7, como o punção de dobramento 4 são móveis, o que implica em um estudo mais cuidadoso dos sistemas de movimentação (guias, alavancas, colunas, etc) já que terão de suportar os esforços de conformação.

O custo final desta solução é inferior ao da segunda e praticamente equivalente ao da primeira.

4-4) Escolha da Solução

Com base nas três propostas apresentadas, e tendo sempre em mente os dados básicos de projeto, a escolha natural recai sobre a proposta 3. Esta solução além de conseguir reunir os fatores positivos das duas anteriores, apresenta inconvenientes pequenos, quando não, superáveis. É o caso da mobilidade das peças 7 e 4, em razão dos esforços de conformação que sobre elas atuam. Na realidade, a movimentação da matriz 7 e do punção 4 não se constituem em problema pois os esforços resultantes, em nosso caso, são pequenos.

- DETALHAMENTO DA SOLUÇÃO -

5-1) Etapas do Processo de Fabricação -

a) Endireitamento do Arame -

Uma vez que o arame é recebido em forma de bobinas ou rolos, a fase de desempenamento é indispensável e fundamental, pois de uma boa retidão do fio depende todo o funcionamento da máquina.

Será adotado um endireitador de roletes, com dois jogos de cinco roletes perpendiculares.

Dada a condição de dimensionamento prática,

$$D = (0,7 \text{ a } 0,9) t , \quad (\text{cf. Stipkovic, M.})$$

onde, D = diâmetro do rolete

t = distância entre roletes

como os diâmetros dos roletes, para este tipo de arame, variam em geral de 20mm a 50mm em máquinas já existentes, utilizaremos:

$$D = 30 \text{ mm} ,$$

e

$$t = 40 \text{ mm}$$

A figura 5-1 mostra um esquema do endireitador e do rolo de arame. O seu detalhamento final, com as dimensões definitivas pode ser visto nos Desenhos 1 a 5, contidos no anexo I.

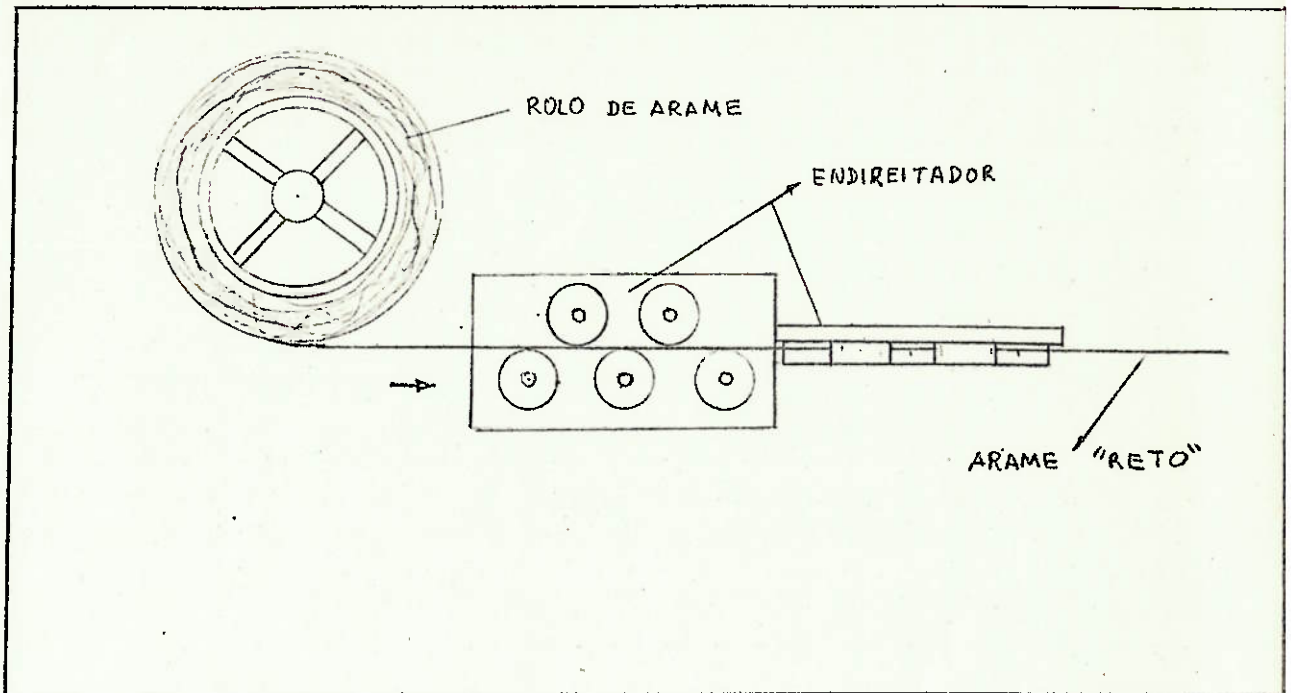


FIGURA 5-1

b) Alimentação

A alimentação de arame, será feita por um dispositivo alternativo, do tipo biela-manivela. Como o comprimento de alimentação é bastante grande (máx. 170mm), o deslocamento resultante do mecanismo de biela-manivela será ampliado por meio de um sistema de alavanca (fig. 5-2).

Como foi visto na descrição da solução, no capítulo 4, durante o curso de alimentação, todas as outras partes da máquina encontram-se em repouso. Interessamos, portanto, reduzir ao máximo o tempo de alimentação pois ele constitui-se na maior parcela do período da produção de cada peça.

Um sistema de biela-manivela normal, tem um tempo de avanço (alimentação) igual ao tempo de recuo e, por sua vez, igual a metade do período total T .

Assim, todas as operações de conformação devem ser executadas em um tempo igual a $T/2$, já que o restante do tempo, é gasto com a alimentação (avanço)

Uma alternativa para aumentar o tempo de re-
cuo e diminuir, conseqüentemente, o tempo de alimentação
consiste em impor uma decalagem entre o centro de giro
da biela, e a corredeira (figura 5-3).

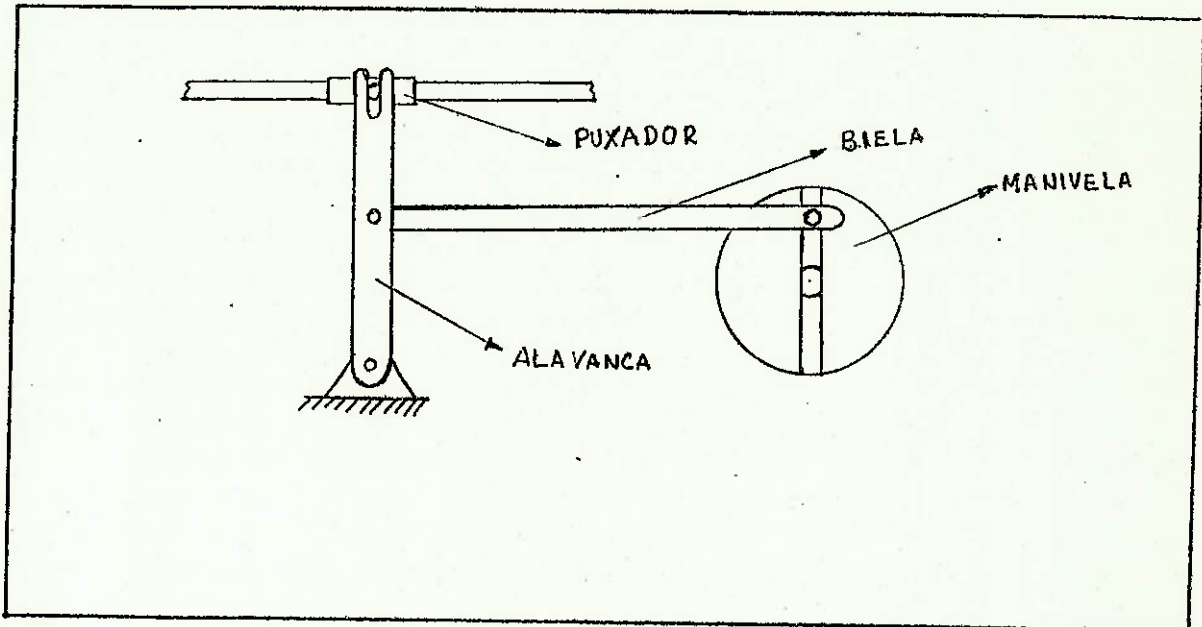


FIGURA 5-2

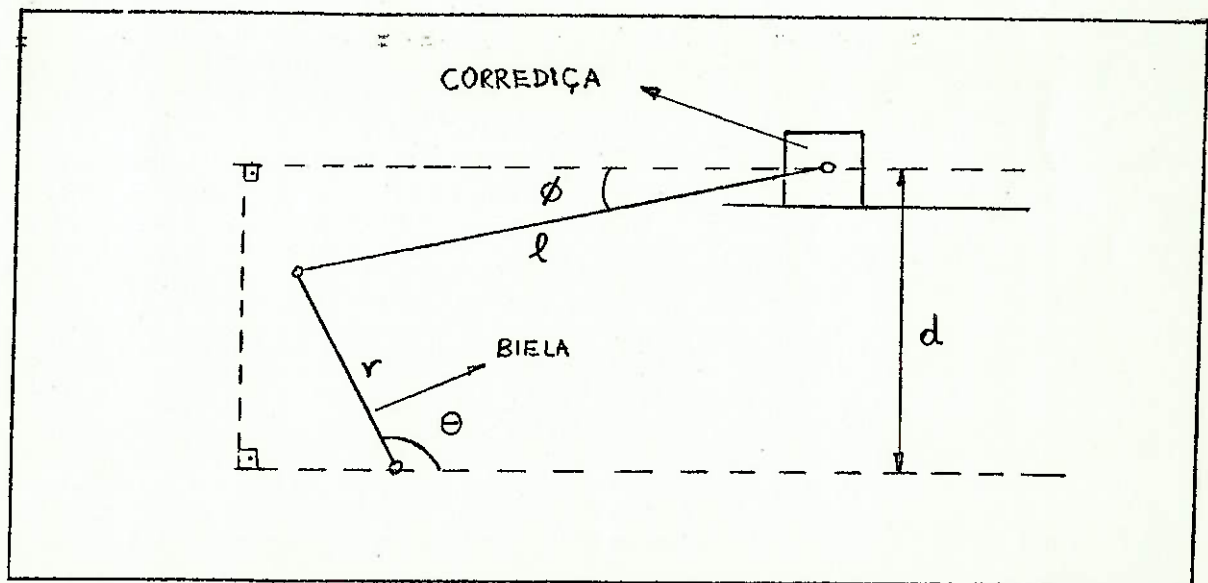


FIGURA 5-3

Adotando alguns valores numéricos para as grandezas representadas na fig. 5-3, podemos calcular a diferença resultante nos tempos de alimentação e recuo. Assim temos:

$$x = r \cdot \cos \theta - l \cdot \cos \phi \quad (\text{I})$$

$$r \cdot \sin \theta = d - l \sin \phi \quad (\text{II})$$

de II temos:

$$-l \sin \phi = r \cdot \sin \theta - d$$

$$\sin \phi = \frac{d - r \cdot \sin \theta}{l}$$

logo:

$$\cos \phi = \sqrt{1 - \left(\frac{d - r \cdot \sin \theta}{l} \right)^2}$$

em I vem:

$$x = r \cdot \cos \theta - l \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{d - r \cdot \sin \theta}{l} \right)^2}$$

para:

$$r = 100 \text{ mm}$$

$$l = 210 \text{ mm}$$

$$d = 100 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} x = x_{\text{mín}}, \rho / \theta = 67^\circ \\ x = x_{\text{máx}}, \rho / \theta = 293^\circ \end{cases}$$

logo a variação de tempo, em cada fase é de $\frac{1}{8}$

Como podemos verificar, para uma decalagem bastante grande (100 mm) a diferença de tempos resultou pequena e não justifica a adoção desta modificação.

c) Corte do arame no tamanho necessário -

Depois de sofrer o endireitamento, o fio penetra na zona de conformação, onde inicialmente deve ser cortado no comprimento exato. Para garantir uma boa precisão dimensional, ao invés do uso de um "top" de fim de curso, serão utilizados dois cortes simultâneos, um em cada extremidade. Como vimos anteriormente, este método leva a perda de um retalho de material, que todavia é insignificante economicamente. A figura 5-4 mostra um esboço das facas de corte do arame.

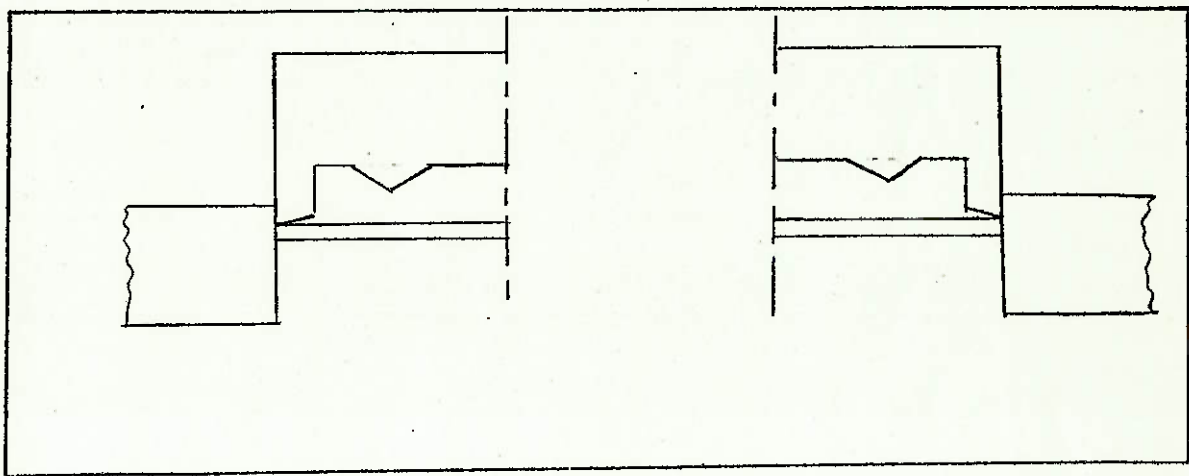


FIGURA 5-4

d) Primeira fase de conformação -

Nesta fase, sucessiva aos cortes, ocorre o dobramento das extremidades do grampo, formadas por meio de um par de punções e matrizes, conforme mostrado na figura 5-5.

e) Dobramento central -

Uma vez completa a conformação das extremidades do grampo, a fase seguinte é o dobramento central da peça, conferindo-lhe seu aspecto final, conforme é mostrado na figura 5-6.

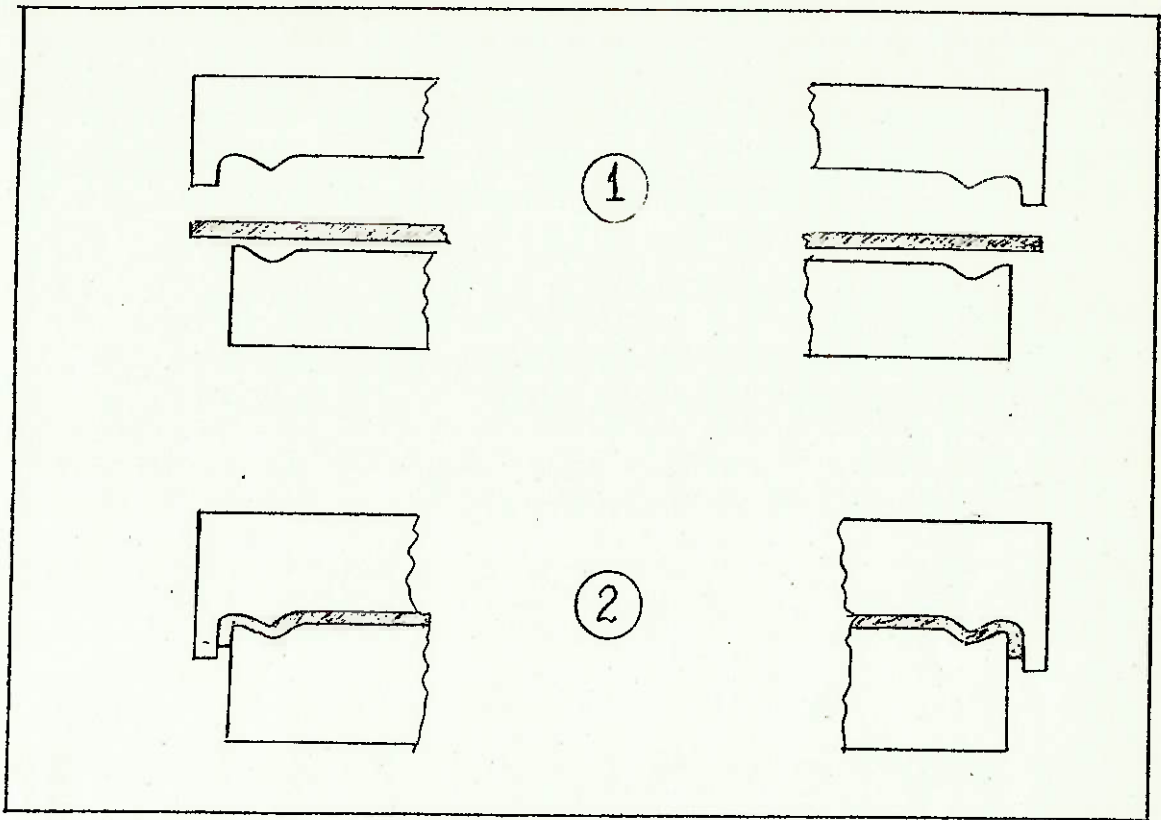


FIGURA 5-5

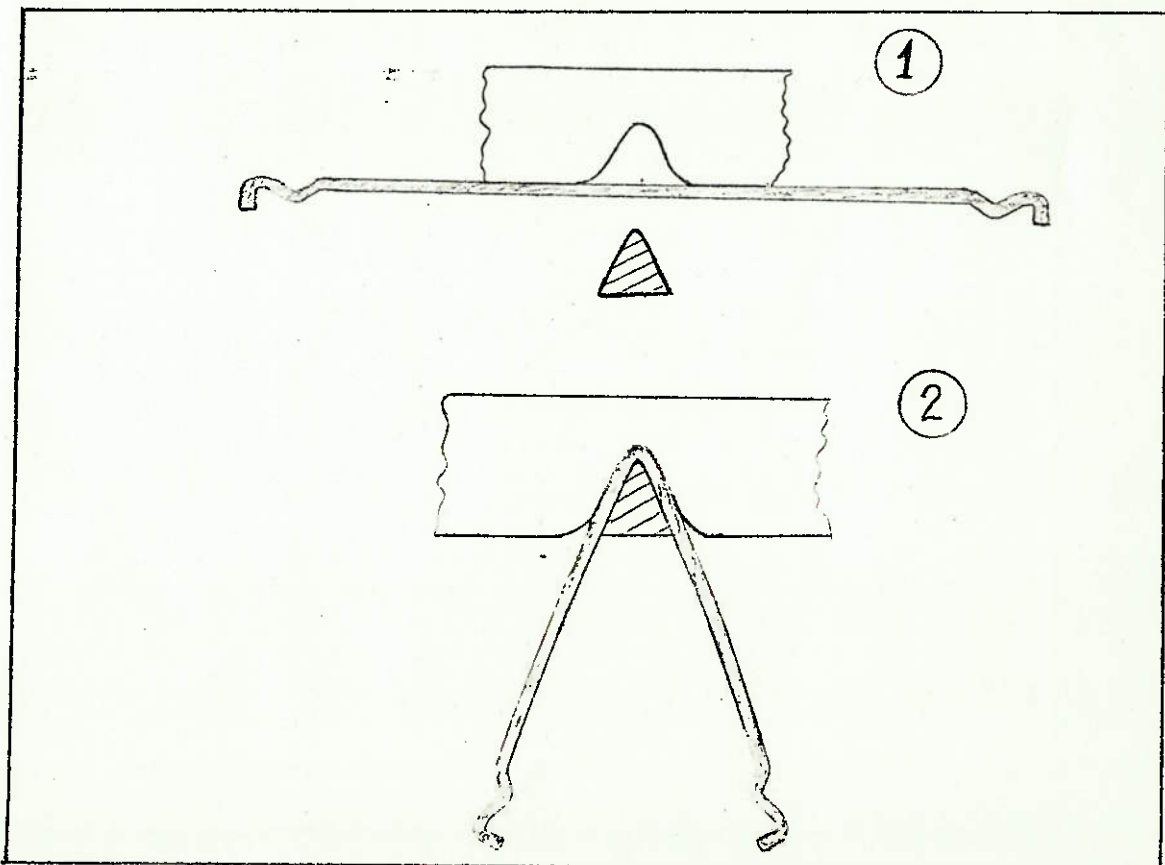


FIGURA 5-6

f) Extração da peça pronta -

Depois de pronto, o grampo deve deixar o mais rápido possível a zona de conformação, de modo a liberá-la para a entrada de material novo, fechando assim o ciclo de produção. A sequência de extração está representada na figura 5-7.

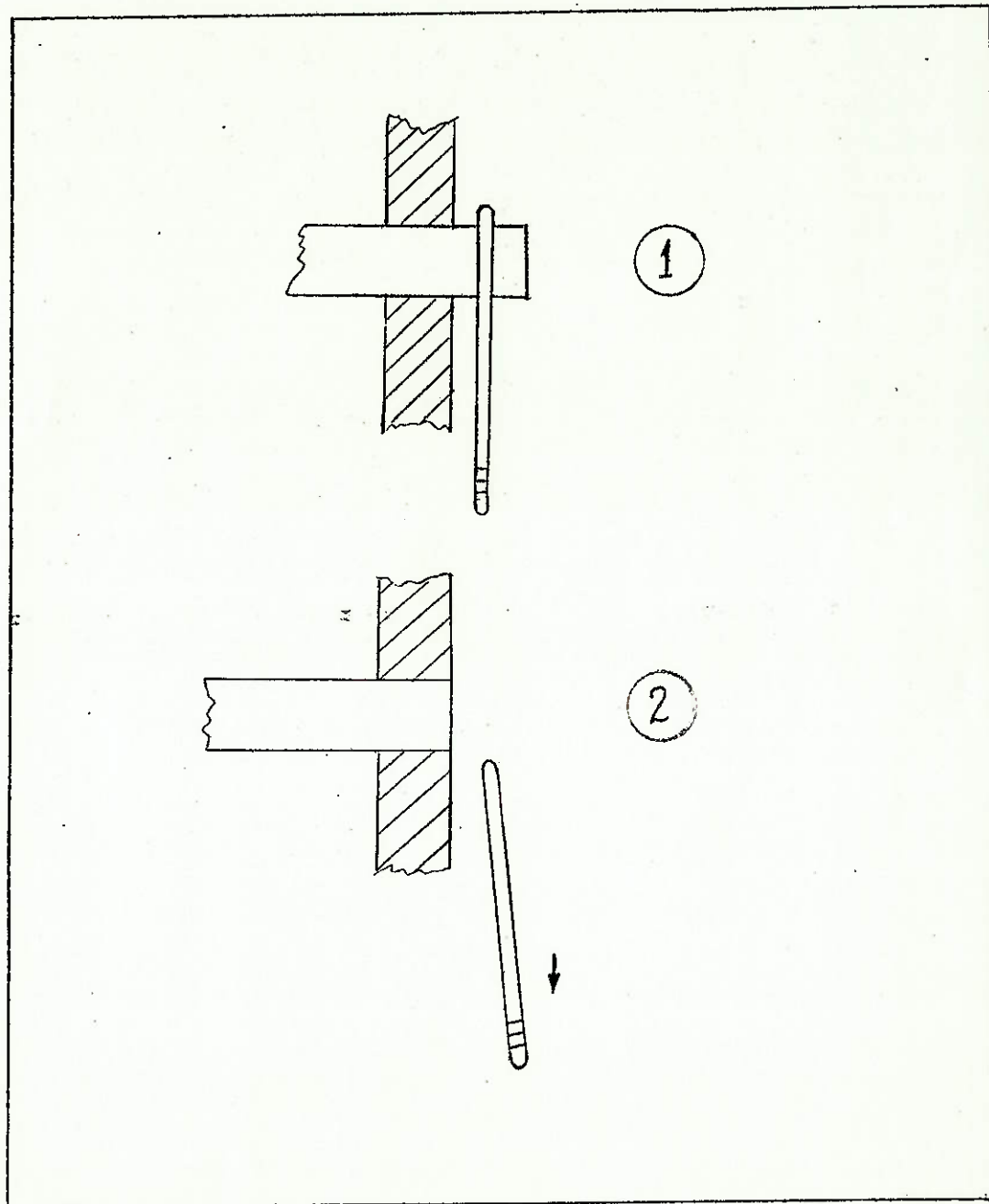
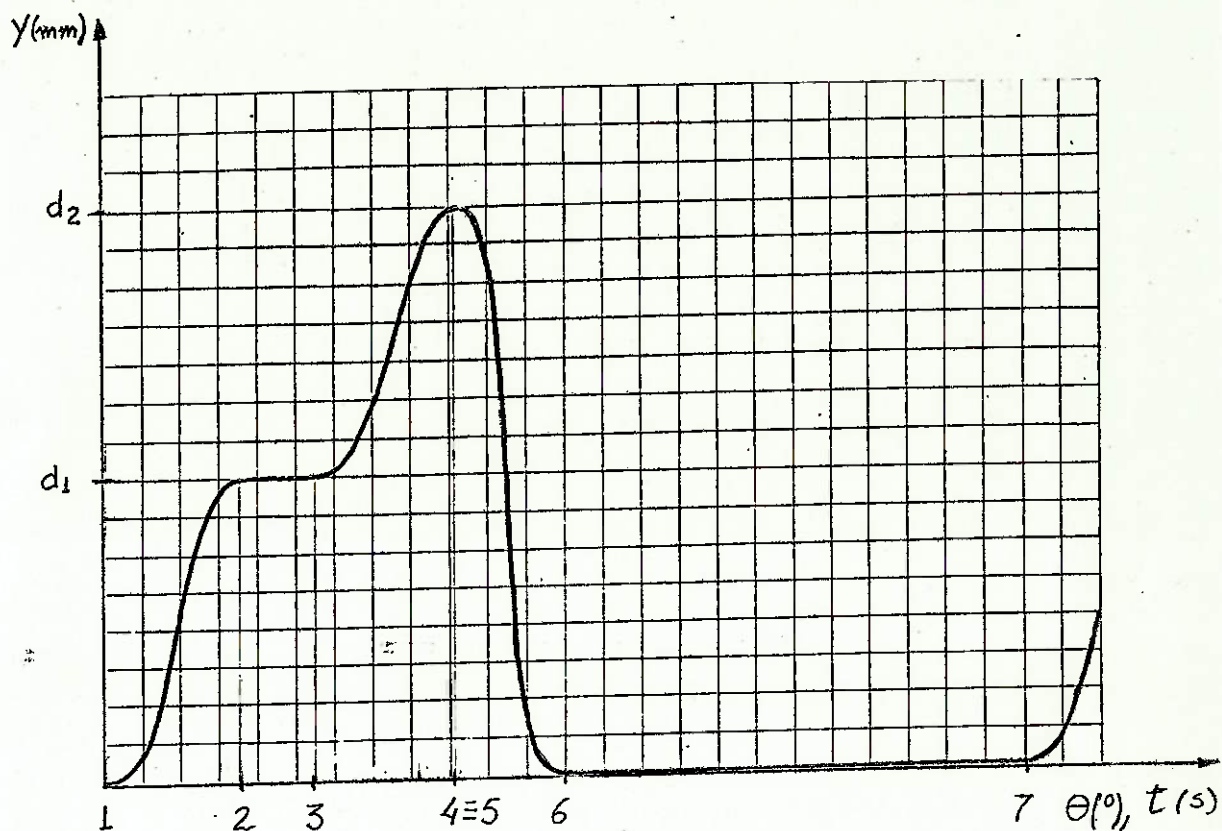


FIGURA 5-7

g) Programa de Movimento do Seguidor

A figura 5-7A mostra um diagrama do deslocamento do seguidor (y) em função do ângulo de giro θ . Como a velocidade angular do camo é constante, este diagrama pode ser interpretado como do deslocamento em função do tempo.

Em nosso caso, o seguidor é o próprio martelo.



- $\theta_1 = 0^\circ$ - avanço de corte (1-2) , $\omega = 2\pi \text{ rd/s}$
 $\theta_2 = 54^\circ$ - repouso (2-3)
 $\theta_3 = 82,8^\circ$ - avanço de dobra (3-4)
 $\theta_5 = 136,8^\circ$ - retorno (5-6)
 $\theta_6 = 180^\circ$ - alimentação (6-7)
 $\theta_7 = 360^\circ$

FIGURA 5-7A

5-2) Cálculo dos Esforços de Corte, dobramento das extremidades e dobramento central do arame .

a) Esforço de corte

Como foi visto no item 5-1, o corte das extremidades do arame é feito por um sistema de facas paralelas. Assim, o esforço de corte será:

arame - aço ABNT 1020

Profundidade relativa de corte $\epsilon_v = 0,35$
(cf. Stipkovic, M.)

o esforço de corte será dado por :

$P = K.A$, onde A é a área da secção transversal do arame

$$K = f(\epsilon_v)$$

para um arame AWG 18, com diâmetro de 1,0mm, temos:

$$A = \pi . R^2 = 3,14 . 0,5^2 = 0,79 \text{ mm}^2$$

$$\text{logo, } A = 0,79 \text{ mm}^2$$

e

$K = 28 \text{ kgf/mm}^2$, valor obtido a partir do gráfico da figura 6, página 7 da apostila de Máquinas Operatrizes, Stipkovic, M.

então, $P = 28 . 0,79$, $P = 22,12 \text{ kgf}$
e adotaremos.

$$P = 23 \text{ kgf}$$

Sendo que serão realizados dois cortes simultâneos, um em cada extremidade do arame, temos:

$$P_c = 46 \text{ kgf}$$

b) Esforço de Dobramento das Extremidades

A conformação das extremidades visa obter o seguinte perfil final (figura 5-8) :

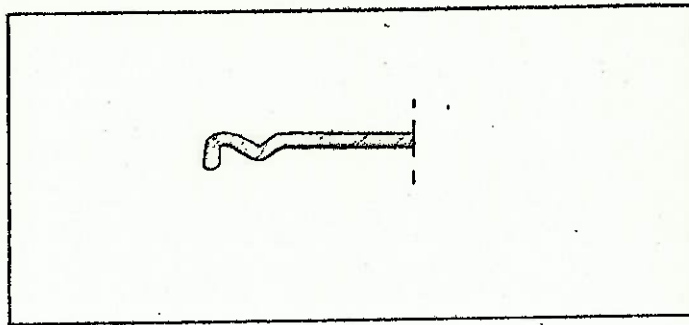


FIGURA 5-8

deste modo, podemos aproximar o processo de dobra, por outros três simultâneos, ou seja, uma dobra em "U" e duas dobras em "L", conforme é indicado pela figura 5-9 :

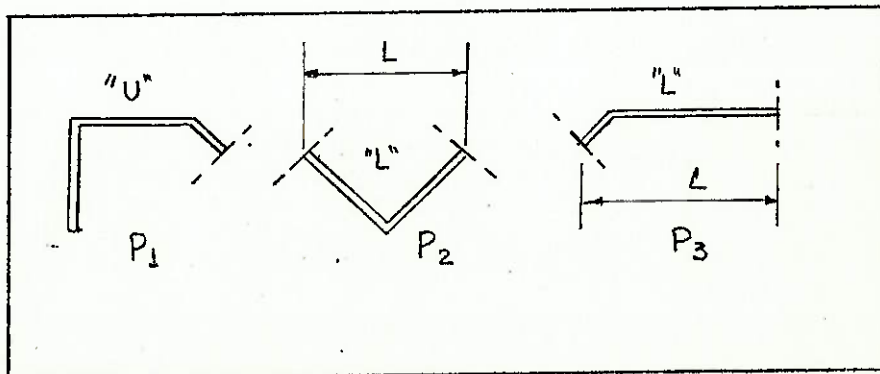


FIGURA 5-9

O esforço decorrente de cada dobramento será:

dobra em "U" -

$$P_1 = K_d \cdot b \cdot h / 3$$

onde, $b = 1\text{mm}$

$h = 1\text{mm}$

e
 $K_d = 3 \cdot \sigma_R$, sendo $\sigma_R = 10 \text{ kgf/mm}^2$ para
 aço ABNT 1020

logo, $K_d = 30 \text{ kgf/mm}^2$

o valor de P_1 será :

$$P_1 = 30 \cdot 1 \cdot 1 / 3, \quad P_1 = 10 \text{ kgf}$$

dobra em "L" -

$$P_2 = P_3 = 2 \cdot K_d \cdot b \cdot h^3 / 3L$$

onde, $b = 1\text{mm}$

$h = 1\text{mm}$

$L = 4\text{mm}$

e
 $K_d = 3 \cdot \sigma_R$, sendo $\sigma_R = 10 \text{ kgf/mm}^2$ para
 aço ABNT 1020

$$K_d = 3 \cdot 10 = K_d = 30 \text{ kgf/mm}^2$$

Assim resulta:

$$P_2 = P_3 = 60.1.1^3/3.4$$

$$P_2 = P_3 = 5 \text{ kgf}$$

como todo o processo ocorre nas duas extremidades do grampo, temos:

$$P_d = 2.(P_1 + P_2 + P_3)$$

$$P_d = 40 \text{ kgf}$$

c) Esforço do Dobramento Central

Neste caso, podemos aproximar esta conformação por um processo de dobra em "L", como pode ser visto na figura 5-10 :

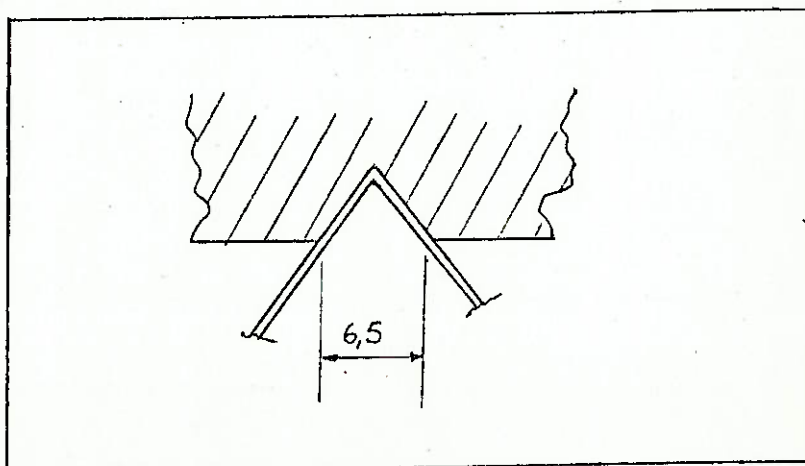


FIGURA 5-10

De acordo com o item 5-2,b , temos, para do-
bramento em "L" :

$$P_{dc} = 2.K_d.b.h^3/3L , \text{ onde o \u00fanico valor}$$

diferente, \u00e9 o relativo a L,

$$L = 7,5 \text{ mm}$$

logo

$$P_{dc} = 2.30.1.1^3/3.7,5$$

$P_{dc} = 2,67 \text{ kgf}$ e adotaremos:

$$P_{dc} = 3 \text{ kgf}$$

- DIMENSIONAMENTO E VERIFICAÇÃO -

Em nosso projeto, muitas vêzes, os parâmetros dimensionais geométricos sobrepõe-se, prioritariamente, às exigências impostas pelas condições de resistência das peças. Assim, ao invés de dimensionar todas as peças em função de suas solicitações, algumas delas serão apenas verificadas, já que seu dimensionamento foi feito a partir de condições geométricas pré-estabelecidas.

6-1) Facas de Corte-

A verificação de resistência das facas de corte, será feita tomando como modelo um sistema de facas paralelas, e com base nos esforços resultantes calculados no capítulo anterior

a) Modelo de resistência (figura 6-1)

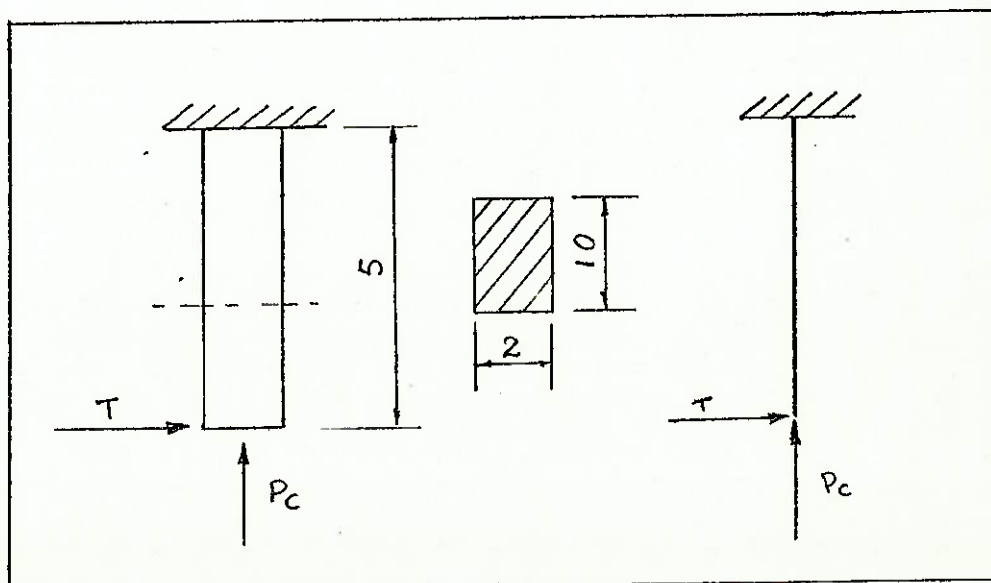


FIGURA 6-1

b) Verificação da Resistência

Como foi visto na figura 6-1, atuam duas forças sobre a faca, P_c e T . A força P_c é o esforço resultante de corte, já calculado no capítulo anterior, e a força tangencial T é dada por:

$$T = P_c \cdot \operatorname{tg} \gamma \quad \text{onde } \gamma \text{ é o ângulo de giro do arame, ao ser cortado.}$$

Sendo o arame guiado pelo furo existente na peça 5 (fig.4-3), mas com certa folga, vamos considerá-lo, para efeito de cálculo, sem fixação. Assim, temos:

$$\gamma = 10^\circ \text{ a } 20^\circ \quad \text{donde } T = (0,18 \text{ a } 0,35) \cdot P_c$$

tomando o pior caso:

$$T = 0,35 \cdot P_c \quad , \quad T = 0,35 \cdot 23$$

$$T = 8 \text{ kgf}$$

- resistência à flexão

$$M_f = T \cdot L \quad , \quad \text{na base do engastamento}$$

$$M_f = 8 \cdot 5 = 40 \text{ kgf} \cdot \text{mm}$$

a tensão na faca será:

$$\sigma = M_f / W \quad , \quad \text{onde } W \text{ é o módulo de resistência da secção}$$

$$\text{para uma secção retangular, } W = b \cdot h^2 / 6$$

e como: $b = 3\text{mm}$ e $h = 2\text{mm}$, temos

$$W = 5,33\text{mm}^3 \quad \text{logo,}$$

$$\sigma = 40/5,33, \quad \sigma = 7,5 \text{ kgf/mm}^2 \quad \text{ou seja:}$$

$\sigma < \sigma_{adm} = 10 \text{ kgf/mm}^2$, a faca suportará o esforço.

- resistência à flambagem

Da fórmula de Euler temos:

$$P_{cr} = \pi^2 \cdot E \cdot J / L_f^2$$

onde, $E = 21000 \text{ kgf/mm}^2$

$$J = bh^3/12 = 5,33 \text{ mm}^4$$

$$L_f = 2 \cdot L, \text{ para viga engastada em somente uma extremidade}$$

$$P_{cr} = (3,14)^2 \cdot 21000 \cdot 5,33 / (10)^2$$

$$P_{cr} = 11053,96 \text{ kgf} \quad \text{ou seja,}$$

$$P \ll P_{cr}, \quad (P = 23 \text{ Kgf})$$

logo a faca suportará o esforço.

- resistência à compressão

Embora certamente, a tensão de compressão re-

sulte em um valor bastante baixo, inferior ao admissível, faremos sua verificação com vistas a tornar mais didático o presente trabalho.

a tensão de compressão é dada por:

$$\sigma_c = P_c/S, \text{ onde } S \text{ é a área da secção transversal}$$

$$S = b.h, \quad S = 2.8 = 16\text{mm}^2$$

$$\sigma_c = 23/16, \quad \sigma_c = 1,44 \text{ kgf/mm}^2 \ll \sigma_{adm.c} \approx 170 \text{ kg/mm}^2$$

ou seja, a faca resistirá à compressão.

6-2) Função de Dobramento central

As dimensões principais do punção e o modelo de resistência, são mostrados na figura 6-2 :

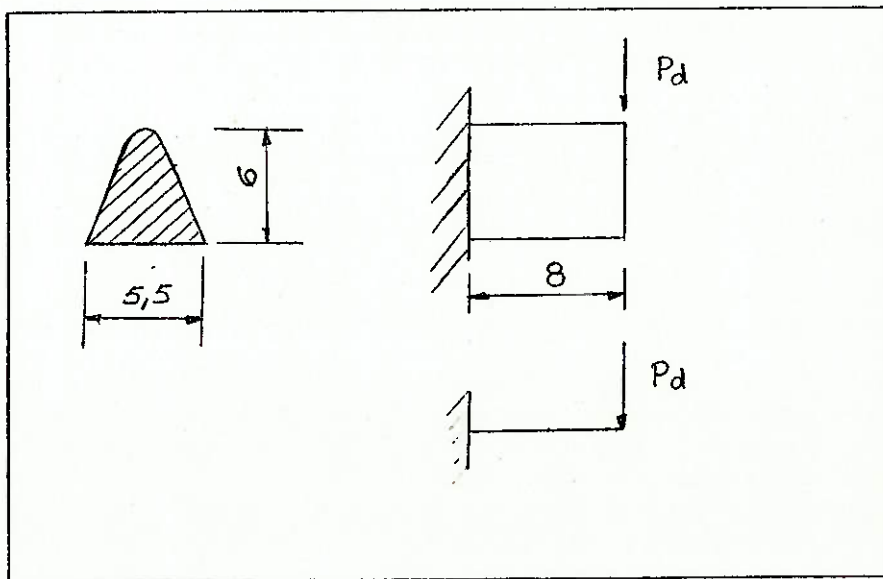


FIGURA 6-2

- resistência à flexão

O momento fletor máximo, ocorrerá na base do engastamento, logo:

$$M_f = P_d \cdot L = 3.8$$

$$M_f = 24 \text{ kgf}\cdot\text{mm}$$

a tensão será:

$\sigma = M_f/W$, onde W é o módulo de resistência da secção e vale:

$W = b \cdot h^2/24$, para secção triangular e tração no vértice superior.

$$\sigma = 24/8,25, \quad \sigma = 2,91 \text{ kgf}/\text{mm}^2 \text{ ou seja}$$

$$\sigma < \sigma_{adm} = 10 \text{ kgf}/\text{mm}^2$$

portanto o punção resistirá.

6-3) Colunas-Guia da Matriz móvel

Esta matriz (peça 7, fig.4-3) deverá suportar o esforço de dobramento das extremidades, já calculado anteriormente. Como ela é guiada por duas colunas, estas terão de resistir à força vertical resultante.

Na figura 6-3, está esquematizado o modelo de cálculo:

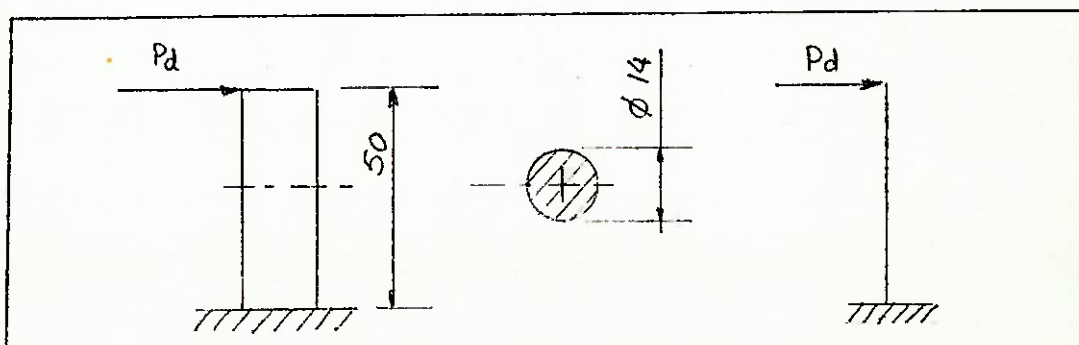


FIGURA 6-3

- resistência à flexão

O momento fletor máximo ocorrerá na base do engastamento, logo:

$$M_f = P_d \cdot L = 20.50 \text{ kgf.mm}$$

$$M_f = 1000 \text{ kgf.mm}$$

a tensão resultante será:

$$\sigma = M_f / W, \text{ onde } W = \pi \cdot d^3 / 32, \text{ para secção circular}$$

$$W = 269,39 \text{ mm}^3, \text{ logo}$$

$$\sigma = 1000 / 269,39, \sigma = 3,71 \text{ kgf/mm}^2 < \sigma_{adm}$$

a coluna suporta a carga.

6-4) Solenoides

Neste item, far-se-á o dimensionamento dos solenoides de acionamento da matriz móvel e do punção de dobramento central.

Como vimos nas disposições iniciais deste projeto, foi feita a opção de executar os movimentos auxiliares por meio de atuadores eletro-magnéticos. No entanto, este tipo de atuador carece de uma fabricação em série que permita, ao invés de dimensioná-los, apenas escolher um modelo ou tipo adequado às nossas exigências.

Procuraremos então, calcular todos os parâmetros necessários para a fabricação destes atuadores.

a) Matriz móvel

- Tempo de recuo

No programa de movimentos, o tempo de repouso do corte T_{23} foi estipulado como $T_{23}=0,08s$. Este é o tempo máximo para que a matriz seja recolhida, pois caso contrário, ocorrerá o choque entre os punções de corte, presos ao martelo, e esta.

- Cálculo da força de recuo

$$F_r = M_{tot} \cdot a + F_{at} \quad \text{onde:}$$

a = aceleração média para o percurso

M_{tot} = massa total deslocada

F_{at} = força de atrito entre matriz e coluna-guia

considerando que não seja aliviado o esforço de dobramento na descida da matriz:

$$F_{at} = (2P_d + M_{tot} \cdot g) \cdot u, \quad \text{onde}$$

g = aceleração da gravidade

u = coeficiente de atrito matriz/coluna

Assim temos:

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$u = 0,1$$

$$M_{tot} = 1,525 \text{ kg} \quad \text{logo,}$$

$$F_{at} = 4,15 \text{ kgf}$$

O espaço a ser percorrido pela matriz é de 8 milímetros e tempo máximo de 0,08s. A aceleração, considerando um movimento retilíneo uniformemente acelerado é:

$$S = a \cdot t^2 / 2, \text{ para condições iniciais de repouso}$$

tomando um tempo $t = 0,06$ s temos:

$$a = 4,44 \text{ m/s}^2$$

Deste modo, a força F_r será:

$$F_r = 1,525 \cdot 4,44 / 9,81 + 4,15$$

$$F_r = 4,84 \text{ kgf} \text{ ou } F_r = 47,48 \text{ N}$$

adotaremos $F_r = 50 \text{ N}$

- Cálculo da Força de Avanço

Para o avanço da matriz móvel, p tempo máximo será de 1/4 do tempo de alimentação T_{67} , e conforme o programa de movimento:

$$T_{67} = 0,5 \text{ s} \quad \text{logo} \quad T_a = 0,125 \text{ s}$$

Neste caso, a força de atrito se reduz ao valor:

$F_{at} = (M_{tot} \cdot g) \cdot u$, então a força final de avanço F_a será inferior a força de recuo F_r , já calculada, pois tanto M_{tot} como F_{at} tem valor menor que no caso anterior, e:

$$F_a = M_{tot} \cdot a + F_{at}$$

Por questões de padronização, utilizaremos dois solenoides iguais, dimensionados segundo F_r .

- Dimensionamento do Solenoide

Uma montagem bastante simples, compacta e funcional de dois solenoides, consiste em montá-los coaxialmente, tendo cada um deles diâmetro diferente, de modo que um possa alojar-se no interior do outro. Assim o de menor diâmetro estaria solidário à matriz móvel, e o de maior diâmetro à estrutura da máquina.

Quando as correntes que os percorrem tiverem o mesmo sentido, gerando campos magnéticos de igual módulo, direção e sentido, eles repelir-se-ão, resultando na força de avanço da matriz, F_a .

Por outro lado, quando as correntes tiverem sentidos opostos, os solenoides irão se atrair, "gerando" a força de recuo F_r .

A montagem esquemática dos solenoides, está indicada na figura 6-4.

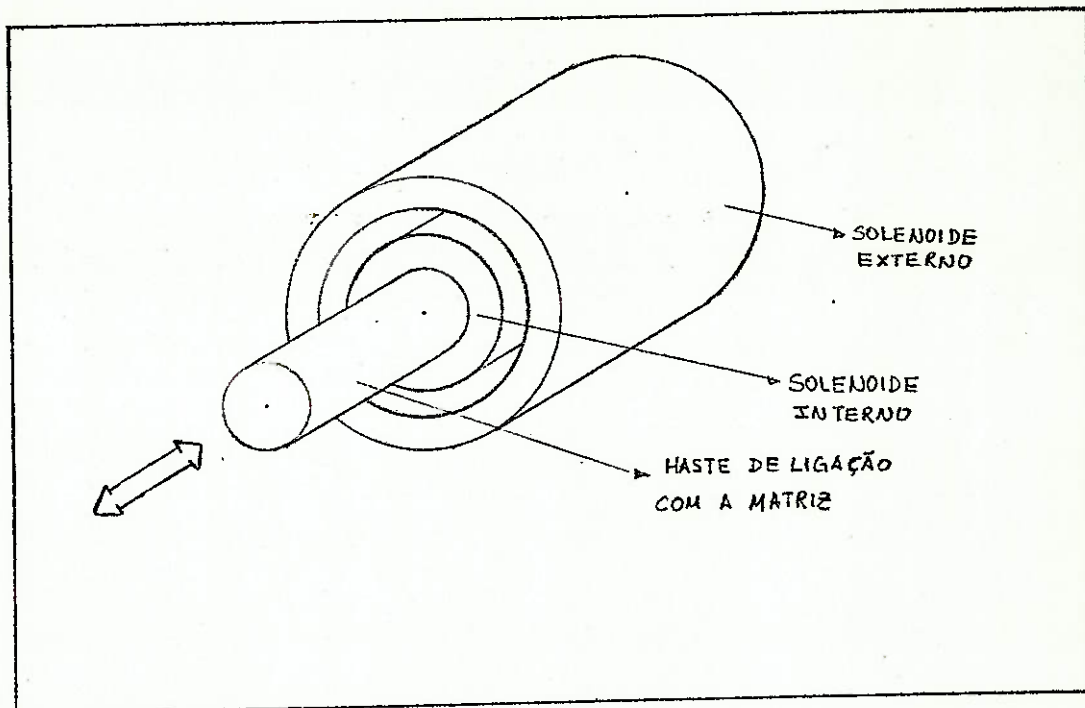


FIGURA 6-4

Do eletro-magnetismo temos:

o campo no interior do solenoide vale $B = \mu_0 \cdot N \cdot i / L$

onde $N =$ número de espiras

$i =$ corrente que percorre cada espira

$L =$ comprimento do solenoide (axial)

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T.m/A}$$

e, a força de atração ou repulsão é dada por:

$$F = N \cdot B \cdot i \cdot L' \cdot \sin\theta \quad (\text{N})$$

onde $B =$ vetor campo magnético

$\theta =$ ângulo entre i e B

$L' =$ comprimento de cada espira

para o nosso caso, $\theta = 90^\circ$ e $L' = 2\pi \cdot r$

logo

$$F = \mu_0 \cdot N^2 \cdot i^2 \cdot 2\pi \cdot r / L$$

adotando $L = 0,02 \text{ m}$

$$r = 0,02 \text{ m}$$

$$N = 1000 \text{ espiras}$$

e como $F = 50 \text{ N}$ vem:

$$i = \sqrt{(F \cdot L) / (\mu_0 \cdot 2\pi \cdot r \cdot N^2)}$$

$$i = 2,52 \text{ A}$$

b) Função de Dobramento Central

O procedimento de cálculo será análogo ao fe para a matriz móvel, no item anterior.

- Tempo de recuo:

Do programa de movimento temos:

$$T_r = T_{56} = 0,12 \text{ s}, \text{ estipulando } T_r = 0,1 \text{ s vem:}$$

$$a = 2.S / t^2, \quad a = 1,6 \text{ m/s}^2$$

- Cálculo da força de recuo F_r .

$$F_r = M_{\text{tot}} + F_{\text{at}}$$

$$M_{\text{tot}} = 0,1 \text{ kg}$$

$$F_{\text{at}} = (P_{\text{dc}} + M_{\text{tot}} \cdot g) u$$

$$P_{\text{dc}} = 3 \text{ kgf}$$

$$u = 0,1$$

logo

$$F_r = 3,2 \text{ N}, \text{ adotaremos } F_r = 4 \text{ N}$$

- Cálculo da força de avanço F_a

Como foi feito no caso da matriz móvel, adotamos $F_a = F_r$, a favor da segurança, já que as condições básicas são as mesmas. Logo

$$F_a = F_r = 4 \text{ N}$$

- Dimensionamento

Com uma montagem análoga ao caso anterior, da matriz móvel, temos:

$$F = u_0 \cdot N^2 \cdot i^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot r / L$$

e sendo $N = 500$ espiras

$$r = 0,01 \text{ m}$$

$$L = 0,02 \text{ m}$$

$$u_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ T.m/A}$$

$$F = 4 \text{ N}$$

temos: $i = 2,01 \text{ A}$

6-5) Dimensionamento do "Puxador" de arame

Sendo o movimento de alimentação alternativo, com um período T , durante $T/2$, quando o puxador aproxima-se da matriz, ele deve "arrastar" consigo o arame.

No movimento de retôrno, o puxador deve liberar o arame, de modo a só agarrá-lo novamente quando se reinicie o curso de alimentação seguinte. Deste modo, o comprimento de arame que alimenta a máquina, a cada ciclo, é igual à amplitude do movimento do puxador.

Com esta descrição, vemos que o puxador deve ser dotado de um dispositivo semelhante à uma válvula de retenção hidráulica, retendo o arame quando o deslocamento ocorre em certo sentido e liberando-o quando no sentido inverso.

Há inúmeros tipos de mecanismos que se adaptam a esta característica, mas para nosso caso, há outras de maior relevância a serem consideradas como:

- 1) Não causar qualquer tipo de dano ao arame (marcas, riscos, deformações, etc)
- 2) Simplicidade e compacidade
- 3) Confiabilidade e durabilidade

4) Funcionamento automático e independente

Assim sendo, optaremos por um dispositivo de retenção com auto-travamento por atrito:

- Dimensionamento do Retentor do "Puxador"

Para garantir que haja uma retenção segura do arame, adotaremos um coeficiente de atrito, entre arame e retentor, $\mu = 0,1$ (aço contra aço, c/ lubrif.)

Uma representação esquemática do retentor é mostrada na figura 6-5, usada como modelo de cálculo.

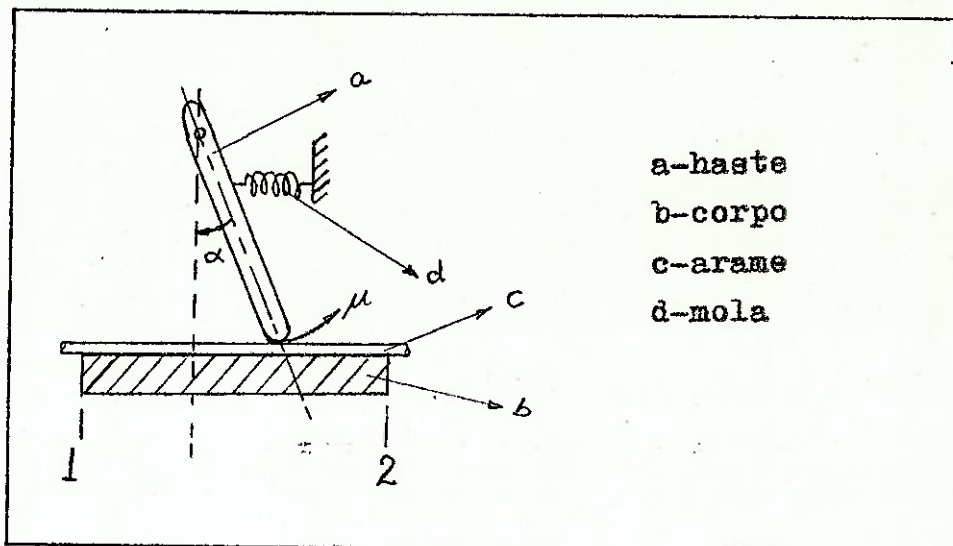


FIGURA 6-5

Quando o retentor se desloca sobre o arame no sentido 1-2, o atrito entre este e a haste a, faz com que surja uma força horizontal F que comprimindo a mola d , tende a girar a haste a em sentido anti-horário, causando a liberação do arame.

Ocorrendo o movimento no sentido 2-1, a força F tem sentido inverso, de modo a tender girar a haste a no sentido horário, causando uma maior compressão entre "a" e "c" e "b". Equacionando temos:

$$F \leq \mu \cdot N \quad \text{e} \quad \text{tg} \alpha = F/N \quad \text{logo,}$$

se $\mu > \text{tg} \alpha$, temos a condição de auto-travamento

Note-se que a presença da mola tem como única função garantir o contato permanente entre as peças b,c e a, qualquer que seja a posição do dispositivo, já que a propriedade de auto-travamento é dada unicamente pela geometria e pelo coeficiente de atrito.

- pela condição $\operatorname{tg} \alpha < \mu$ temos:

$$\alpha < 5,71^\circ$$

- DIMENSIONAMENTO DO CAMO DE ACIONAMENTO -

Embora este item devesse estar incluído no capítulo anterior, achamos por bem desenvolvê-lo separadamente devido a sua relativa complexidade e extensão.

Na primeira parte deste capítulo, trataremos do equacionamento geral de todas as variáveis relevantes ao dimensionamento do camo, e na segunda, estão contidos dois programas para computador digital, em ALGOL, um deles destinado a listar as variáveis acima citadas e outro que permite obter diretamente o traçado geométrico em um "plotter".

7-1) Equacionamento Geral

Do Programa de Movimento (fig.5-7A), temos definidos quais os tempos de cada fase do ciclo, quais sejam:

-avanço de corte - $T_{12} = 0,15s$, (0° a 54°)

-repouso de corte - $T_{23} = 0,08s$, (54° a $82,8^{\circ}$)

-avanço de dobra - $T_{34} = 0,15s$, ($82,8^{\circ}$ a $136,8^{\circ}$)

-retorno - $T_{56} = 0,12s$, ($136,8^{\circ}$ a $180,0^{\circ}$)

-alimentação - $T_{67} = 0,50s$, (180° a 360°)

A figura 7-1 mostra um esquema básico do sistema camo-seguidor, com algumas dimensões fundamentais já adotadas.

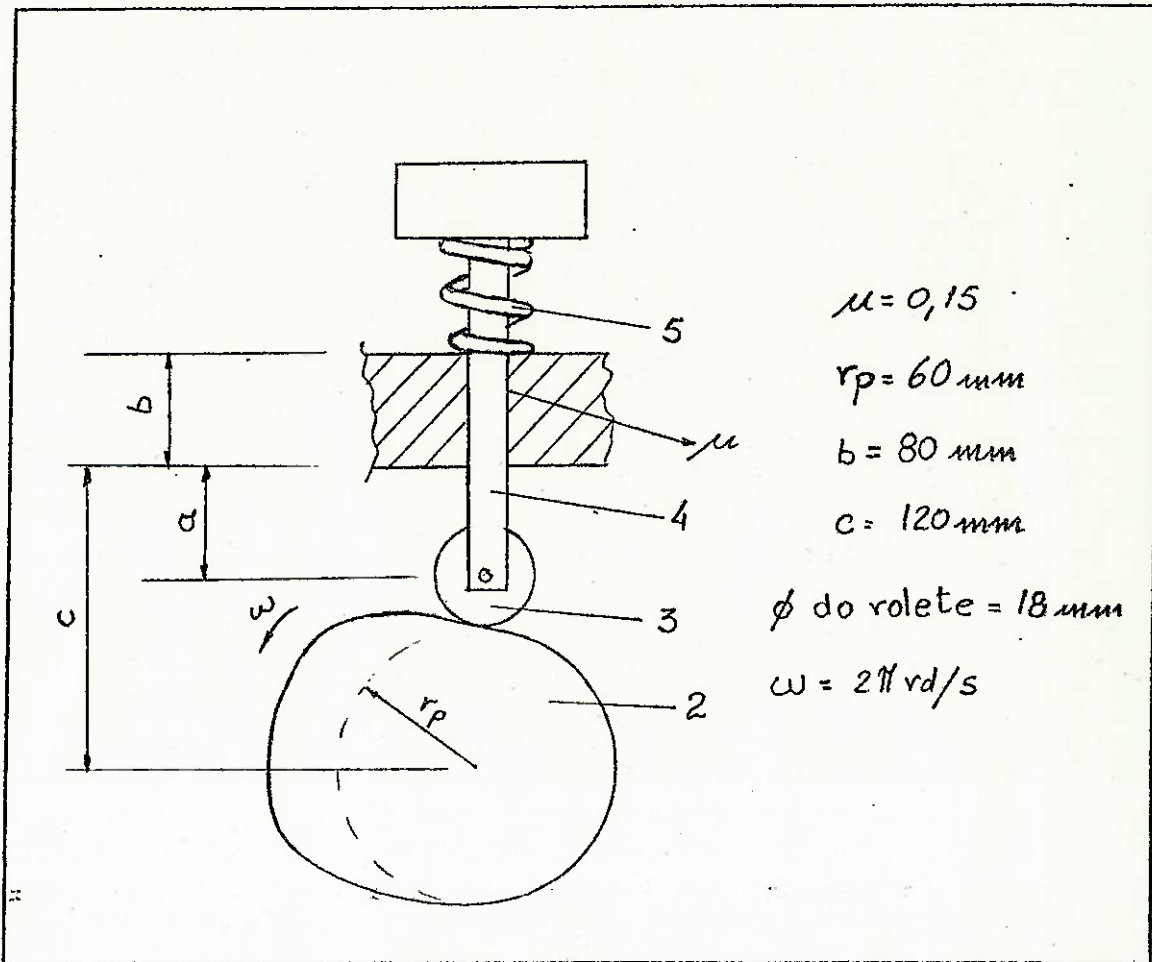


FIGURA 7-1

Impondo que se tenha no início e no fim de cada trecho de movimento ($\theta=0$; $\theta=\beta$) deslocamento, velocidade e aceleração nulas e ainda pulso finito, o tipo de equação de movimento do seguidor deverá ser o polinomial, do tipo 3-4-5. Para este deslocamento do seguidor, a equação será:

$$y = c_0 + c_1\theta + c_2\theta^2 + c_3\theta^3 + c_4\theta^4 + c_5\theta^5 \quad (1)$$

onde as constantes são encontradas impondo as condições de contorno.

Logo para:

$$\theta = 0, \quad y = 0, \quad \dot{y} = 0, \quad \ddot{y} = 0$$

$$\theta = \beta, \quad y = d, \quad \dot{y} = 0, \quad \ddot{y} = 0$$

donde, resolvendo:

$$C_0 = C_1 = C_2 = 0; \quad C_3 = \frac{10d}{\beta^3}; \quad C_4 = -\frac{15d}{\beta^4}$$

$$\text{e } C_5 = \frac{6d}{\beta^5}$$

substituindo em 1, e derivando temos:

$$y = \frac{10d}{\beta^3} \theta^3 - \frac{15d}{\beta^4} \theta^4 + \frac{6d}{\beta^5} \theta^5$$

$$\dot{y} = \frac{30d\omega}{\beta^3} \theta^2 - \frac{60d\omega}{\beta^4} \theta^3 + \frac{30d\omega}{\beta^5} \theta^4$$

$$\ddot{y} = \frac{60d\omega^2}{\beta^3} \theta - \frac{180d\omega^2}{\beta^4} \theta^2 + \frac{120d\omega^2}{\beta^5} \theta^3$$

7-1-1) - Deslocamento do Seguidor - y

$$a) \quad 0^\circ < \theta \leq 54^\circ \Rightarrow \beta = 54^\circ \text{ e } d = d_1 = 8 \text{ mm}$$

$$y = \frac{10d\theta^3}{\beta^3} - \frac{15d\theta^4}{\beta^4} + \frac{6d\theta^5}{\beta^5}$$

$$y = \frac{80 \cdot \theta^3}{(54)^3} - \frac{120 \cdot \theta^4}{(54)^4} + \frac{48\theta^5}{(54)^5}$$

θ em graus e y em mm

$$b) \quad 54^\circ < \theta \leq 82,8^\circ$$

$$y = \text{cte.} = 8 \text{ mm}$$

$$c) \quad 82,8^\circ < \theta \leq 136,8^\circ \quad \beta = 54^\circ$$

$$d = d_2 = 7 \text{ mm}$$

$$y = d_1 + \frac{10d_2(\theta^3)}{\beta^3} - \frac{15d_2(\theta^4)}{\beta^4} + \frac{6d_2(\theta^5)}{\beta^5}$$

$$y = 8 + \frac{70(\theta - 82,8^\circ)^3}{(54)^\beta} - \frac{105(\theta - 82,8^\circ)^4}{(54)^\beta} +$$

$$+ \frac{42(\theta - 82,8^\circ)^5}{(54)^\beta}$$

$$d) \quad 136,8^\circ < \theta \leq 180^\circ \quad \beta = 43,2^\circ$$

$$d = d_1 + d_2 = 15 \text{ mm}$$

$$y = 15 - \frac{150(\theta - 136,8^\circ)^3}{(43,2)^\beta} - \frac{225(\theta - 136,8^\circ)^4}{(43,2)^\beta} +$$

$$+ \frac{90(\theta - 136,8^\circ)^5}{(43,2)^\beta}$$

$$e) \quad 180^\circ < \theta \leq 360^\circ$$

$$y = \text{cte.} = 0 \text{ mm}$$

7-1-2) - Velocidade do Seguidor - \dot{y}

$$\begin{aligned} \text{a) } 0^\circ < \theta \leq 54^\circ & \quad \beta = 0,94 \text{ rd} \\ & \quad d = d_1 = 8 \text{ mm} \\ & \quad \omega = 2\pi \text{ rd/s} \end{aligned}$$

$$\dot{y} = \frac{480\pi\theta^2}{(0,94)^3} - \frac{960\pi\theta^3}{(0,94)^4} + \frac{480\pi\theta^4}{(0,94)^5}$$

$$\text{b) } 54^\circ < \theta \leq 82,8^\circ$$

$$y = cte \Rightarrow \dot{y} = 0$$

$$\begin{aligned} \text{c) } 82,8^\circ < \theta \leq 136,8^\circ & \quad \beta = 0,94 \text{ rd} \\ & \quad d = d_1 = 7 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{y} = & \frac{420\pi^3(\theta - 82,8)^\2}{(0,94)^3 \cdot 180^2} - \frac{840\pi^4(\theta - 82,8)^3}{(0,94)^4 \cdot 180^3} + \\ & + \frac{420\pi^5(\theta - 82,8)^4}{(0,94)^5 \cdot 180^4} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d) } 136,8^\circ < \theta \leq 180^\circ & \quad \beta = 0,75 \text{ rd} \\ & \quad d = 15 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{y} = & - \frac{900\pi(\theta - 2,39)^\2}{(0,75)^3} + \frac{1800\pi(\theta - 2,39)^3}{(0,75)^4} + \\ & - \frac{900\pi(\theta - 2,39)^4}{(0,75)^5} \end{aligned}$$

$$e) \quad 180^\circ < \theta \leq 360^\circ$$

$$y = \text{cte} \Rightarrow \dot{y} = 0$$

7-1-3) - Aceleração do Seguidor - \ddot{y}

$$a) \quad 0^\circ < \theta \leq 54^\circ$$

$$\beta = 0,94 \text{ rd}$$

$$\omega = 2\pi \text{ rd/s}$$

$$d = d_1 = 8 \text{ mm}$$

$$\ddot{y} = \frac{1920 \pi^2 \theta}{(0,94)^3} - \frac{5760 \pi^2 \theta^2}{(0,94)^4} + \frac{3840 \pi^2 \theta^3}{(0,94)^5}$$

$$b) \quad 54^\circ < \theta \leq 82,8^\circ$$

$$\dot{y} = \text{cte} \Rightarrow \ddot{y} = 0$$

$$c) \quad 82,8^\circ < \theta \leq 136,8^\circ$$

$$\beta = 0,94 \text{ rd}$$

$$d = 7 \text{ mm}$$

$$\omega = 2\pi \text{ rd/s}$$

$$\ddot{y} = \frac{1680 \pi^2 (\theta - 1,45)}{(0,94)^3} - \frac{5040 \pi^2 (\theta - 1,45)^2}{(0,94)^4} + \frac{3360 \pi^2 (\theta - 1,45)^3}{(0,94)^5}$$

$$P_{est} = 2 - 1,822 \Rightarrow P_{est} = 0,18 \text{ Kgf}$$

b) $54^\circ < \theta \leq 82,8^\circ$ - martelo parado

$$P_{est} = 0$$

c) $82,8^\circ < \theta \leq 136,8^\circ$ - martelo desce

$$P_{est} = 0,18 \text{ Kgf}$$

d) $136,8^\circ < \theta \leq 180^\circ$ - martelo sobe

$$P_{est} = -3,822 \text{ Kgf} = -F_{at} - M_{tot} \cdot g$$

e) $180^\circ < \theta \leq 360^\circ$ - martelo parado

$$P_{est} = -3,822 \text{ Kgf}$$

7-1-4) - Cálculo das Forças Dinâmicas e de Inércia

A soma das forças dinâmicas e de inércia é:

$$(P_{din} + P_{in}) = D.F, \text{ onde } D=1, \text{ pois temos pulso finito}$$

e

$$F = M_{tot} \cdot \ddot{y}$$

$$d) \quad 136,8^\circ < \theta \leq 180^\circ$$

$$\beta = 0,75 \text{ rd}$$

$$d = 15 \text{ mm}$$

$$\omega = 2\pi \text{ rd/s}$$

$$\ddot{\gamma} = - \frac{3600 \pi^2 (\theta - 2,39)}{(0,75)^3} + \frac{10.800 \pi^2 (\theta - 2,39)^2}{(0,75)^4} + \frac{-7200 \pi^2 (\theta - 2,39)^3}{(0,75)^5}$$

$$e) \quad 180^\circ < \theta \leq 360^\circ$$

$$\dot{\gamma} = \text{cte} \Rightarrow \ddot{\gamma} = 0$$

7-1-5) - Cálculo das Forças Estáticas

= massas móveis :

$$\text{martelo} - m_1 = 620 \text{ g}$$

$$\text{conjunto de punções} - m_2 = 702 \text{ g}$$

$$\text{conjunto do seguidor} - m_3 = 500 \text{ g}$$

$$M_{\text{tot}} = m_1 + m_2 + m_3 = 1,822 \text{ kg}$$

$$\text{Força de atrito} - F_{\text{at}} = 2 \text{ kgf}$$

$$a) \quad 0 < \theta < 54^\circ - \text{martelo desce}$$

$$P_{\text{est}} = F_{\text{at}} - M_{\text{tot}} \cdot g$$

a) $0^\circ < \theta \leq 54^\circ$ - avanço

$$(P_{din} + P_{in}) = M_{tot} \cdot \ddot{\gamma} = \frac{1,822}{9,81 \cdot 1000} \cdot \ddot{\gamma}$$

b) $54^\circ < \theta \leq 82,8^\circ$ - repouso

$$\ddot{\gamma} = 0 \Rightarrow (P_{din} + P_{in}) = 0$$

c) $82,8^\circ < \theta \leq 136,8^\circ$ - avanço

$$(P_{din} + P_{in}) = \frac{1,822}{9,81 \cdot 1000} \ddot{\gamma}$$

d) $136,8^\circ < \theta \leq 180^\circ$ - recuo

$$(P_{din} + P_{in}) = \frac{1,822}{9,81 \cdot 1000} \ddot{\gamma}$$

e) $180^\circ < \theta \leq 360^\circ$

$$\ddot{\gamma} = 0 \Rightarrow (P_{din} + P_{in}) = 0$$

A força total agindo sobre a haste do seguidor será:

$$P_{soma} = P_{est} + P_{din} + P_{in}$$

- 7-1-6) - Cálculo da constante elástica da mola, e da força F_{54} exercida pela mola sobre o seguidor.

A mola será dimensionada em função do ponto da trajetória ao seguidor em que $P = P_{\min}$, isto é:

$$P_{\min} = - 4,94 \text{ kgf para } y = 14,12 \text{ mm}$$

$$F_{54} = 1,3 P_{\min} = 6,42 \text{ kgf (} y = 14,12 \text{ mm)}$$

$$F'_{54} = (0,2 + 3,822) \text{ kgf para } y = 0, \text{ de modo}$$

a garantir uma força de contato mínima de 0,2 kgf entre camo e seguidor.

adotando $F_{54} = 7 \text{ kgf}$, para $y = 14,12 \text{ mm}$, a constante elástica da mola será:

$$k = (F_{54} - F'_{54}) / (14,12 - 0) \text{ logo,}$$

$$k = 2,17 \text{ kgf/cm}$$

deste modo, a força mola/seguidor será:

$$F_{54} = F'_{54} + ky$$

$$F_{54} = (4,022 + 0,217y)$$

- 7-1-7) - Cálculo do ângulo de pressão α

$$\text{tg } \alpha = \dot{y} / (r_p + y) \cdot w, \text{ onde } w = 2\pi \text{ rd/s}$$

$$r_p = 60 \text{ mm}$$

logo

$$\alpha = \text{arctg}(\dot{y} / 2\pi(60 + y))$$

É importante ressaltar que convém manter o valor do ângulo de pressão sempre abaixo de 30° , garantin

do esta condição inclusive em cursos de retorno, de modo a se ter um mecanismo reversível, sem o perigo de travamentos por atrito entre seguidor e guia.

7-1-8) - Cálculo da força entre seguidor e camo, F_{32}

$$a) 0^\circ < \theta \leq 54^\circ$$

Como é neste intervalo angular que ocorre o corte e o dobramento das extremidades, devemos somar à força F_{32} o esforço de corte e dobra. Vamos considerá-lo agindo e constante durante todo o intervalo, pois sua determinação angular exata além de trabalhosa é irrelevante, já que estaremos dimensionando a favor da segurança.

$$P_c = 46 \text{ kgf} \quad e \quad P_d = 40 \text{ kgf}$$

$$F_{32} = \frac{P + F_{54} + P_c + P_d}{\cos \alpha - \mu \left(\frac{2a+b}{b} \right) |\sin \alpha|}$$

sendo $\mu = 0,15$, coef. de atrito guia-seguidor

$$b = 80 \text{ mm}$$

$$c = 120 \text{ mm}$$

e

$$a = 120 - (r_p + y) = 60 - y \text{ (mm)}$$

logo:

$$F_{32} = \frac{P + F_{54} + 86}{\cos \alpha - (0,00375 (60 - y) + 0,15) |\sin \alpha|}$$

$$b) 54^\circ < \theta < 82,8^\circ$$

como não há movimento:

$$F_{32} = \frac{P + F_{54}}{\cos \alpha}$$

$$c) 82,8^\circ < \theta \leq 136,8^\circ$$

Neste intervalo ocorre o dobramento central, como no caso anterior, vamos considerá-lo constante por todo o percurso, pelas mesmas razões.

$$F_{32} = \frac{P + F_{54} + P_{dc}}{\cos \alpha - (0,00375(60-y) + 0,15) \cdot |\operatorname{sen} \alpha|}$$

com $P_{dc} = 3 \text{ kgf}$

$$F_{32} = \frac{P + F_{54} + 3,0}{\cos \alpha - (0,00375(60-y) + 0,15) \cdot |\operatorname{sen} \alpha|}$$

$$d) 136,8^\circ < \theta \leq 180^\circ$$

$$F_{32} = \frac{P + F_{54}}{\cos \alpha + (0,00375(60-y) + 0,15) \cdot |\operatorname{sen} \alpha|}$$

$$e) 180^\circ < \theta \leq 360^\circ$$

como não há movimento

$$F_{32} = \frac{P + F_{54}}{\cos \alpha}$$

7-1-9) - Cálculo do Momento torçor sobre o eixo do camo

$$M_{\text{tor}} = F_{32} \cdot x, \text{ sendo } x = (r_p + y) \cdot \text{sen } \alpha$$

$$M_{\text{tor}} = F_{32} \cdot (60 + y) \cdot \text{sen } \alpha \text{ kgf} \cdot \text{mm}$$

7-1-10) - Cálculo da Potência de acionamento

$$N = (M_{\text{tor}} \cdot n) / 716200 \text{ CV com } M_{\text{tor}}, \text{ em kgf} \cdot \text{mm}$$

n, em rpm

$$N = (F_{32} \cdot (60 + y) \cdot \text{sen } \alpha \cdot 60) / 716200 \text{ CV}$$

7-1-11) - Cálculo do Raio de Curvatura Equivalente

seja ρ_p = raio de curvatura primitivo

ρ_c = raio de curvatura do camo

R_r = raio do rolete = 18 mm

ρ = raio de curvatura equivalente

$$\rho_p = \frac{\left[A^4 + A^2 \left(\frac{\dot{y}}{\omega} \right)^2 \right]^{\frac{3}{2}}}{2 A^3 \left(\frac{\dot{y}}{\omega} \right)^2 + A^{\frac{4}{3}} \cdot \left[A^2 - A \left(\frac{\dot{y}}{\omega^2} \right) \right]}$$

sendo $\omega = 2\pi \text{ rad/s}$

$$A = (r_p + y) = (60 + y) \text{ (mm)}$$

$$\rho_c = \rho_p - R_r = \rho_p - 18 \quad (2)$$

e como

$$\rho = (\rho_c \cdot R_r) / (\rho_c + R_r) \quad \text{temos:}$$

$$\rho = \frac{\rho_c \cdot 18}{\rho_c + 18}$$

de 2 vem :
$$\rho = \frac{18 \cdot \rho_P - 324}{\rho_P}$$

7-1-12) - Cálculo da Espessura do camo

A espessura mínima do camo, pode ser calculada segundo a expressão:

$$L = 0,175 \cdot \frac{k_c \cdot F_{32} \cdot E}{\rho \cdot \sigma_c^2} \quad (\text{cm})$$

para rolete e seguidor de aço carbono temperado, com uma tensão de compressão admissível de:

$$\sigma_c = 17500 \text{ kgf/cm}^2$$

e onde:

E = módulo de elasticidade equivalente. Como os materiais do camo e do rolete tem módulos de elasticidade praticamente iguais, $E_2 = E_3 = 2,15 \cdot 10^6 \text{ kgf/cm}^2$, o valor de E será:

$$E = 2 \cdot (E_2 \cdot E_3) / (E_2 + E_3)$$

$$E = 2,15 \cdot 10^6 \text{ kgf/cm}^2$$

L será máximo, quando F_{32}/ρ for máximo.

o valor de F_{32}/ρ máximo é obtido na tabela 1, página

$$F_{32}/\rho = 59,2 \text{ kgf/cm}$$

e com $k_c =$ coef. de concentração de tensões = 1,1, para camo bi-apoiado temos:

$$L_{\min} = 0,87 \text{ mm}$$

Adotaremos, por motivos construtivos,

largura do camo = 6 mm

largura do rolete = 10 mm

7-2) Tabelamento das Variáveis e Traçado do Perfil do Camo

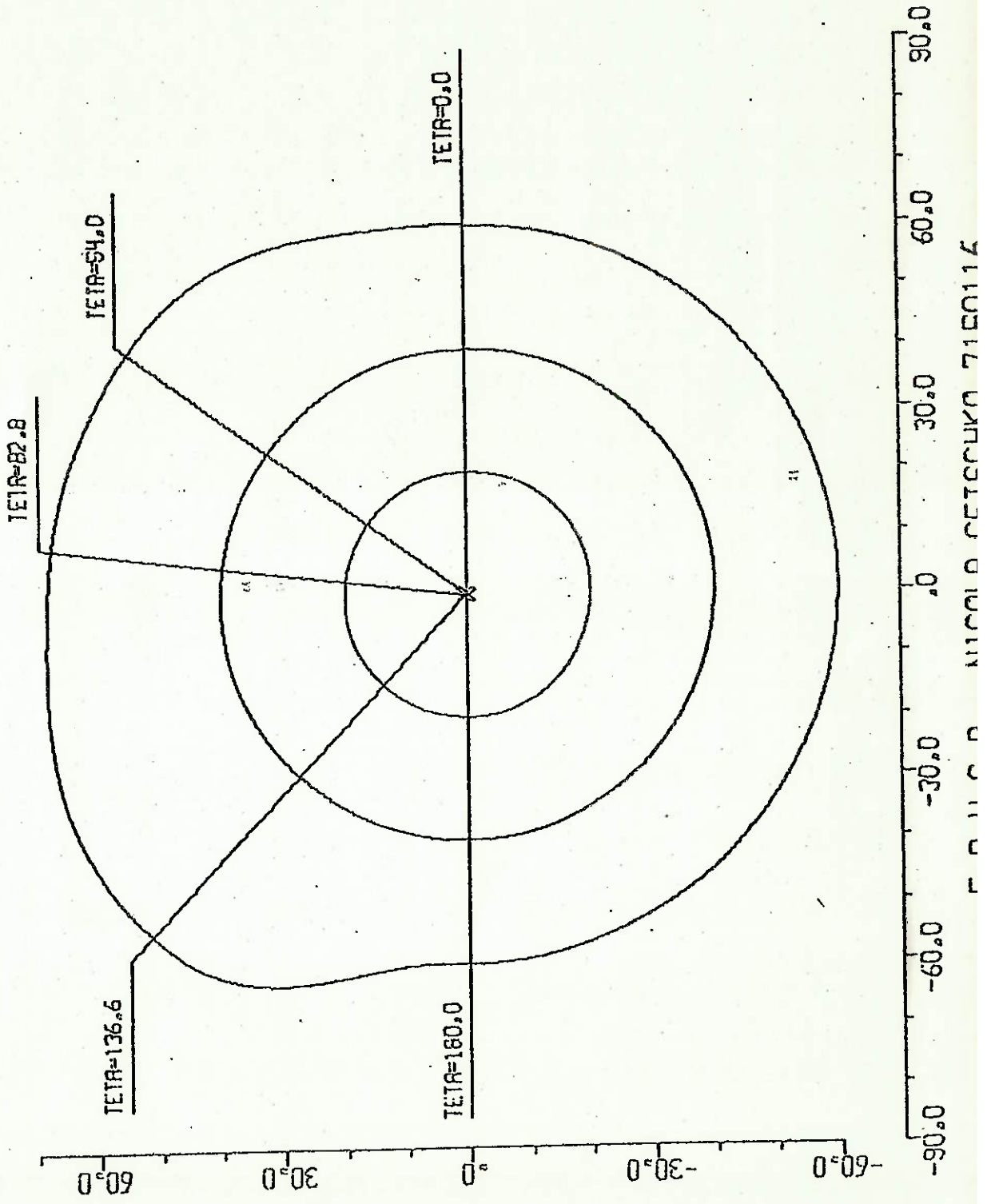
Como pudemos ver no item 7-1, praticamente todos os parâmetros do camo variam, direta ou indiretamente, com o ângulo de giro θ . Assim sua determinação é um trabalho bastante extenso, pois deve ser repetido para vários valores de θ .

Apresentamos a seguir, duas listagens de programas para computador digital, sendo o primeiro responsável pela tabulação de valores de todos os parâmetros calculados no item 7-1, para vários ângulos de giro. O segundo programa tem por função obter o traçado do perfil do camo, por meio de um "plotter". A figura 7-2 mostra o perfil obtido.

Os programas para tabelamento das variáveis e para traçado do perfil do camo, estão contidos nos anexos 2 e 3 respectivamente, no fim deste trabalho.

FIGURA 7-2

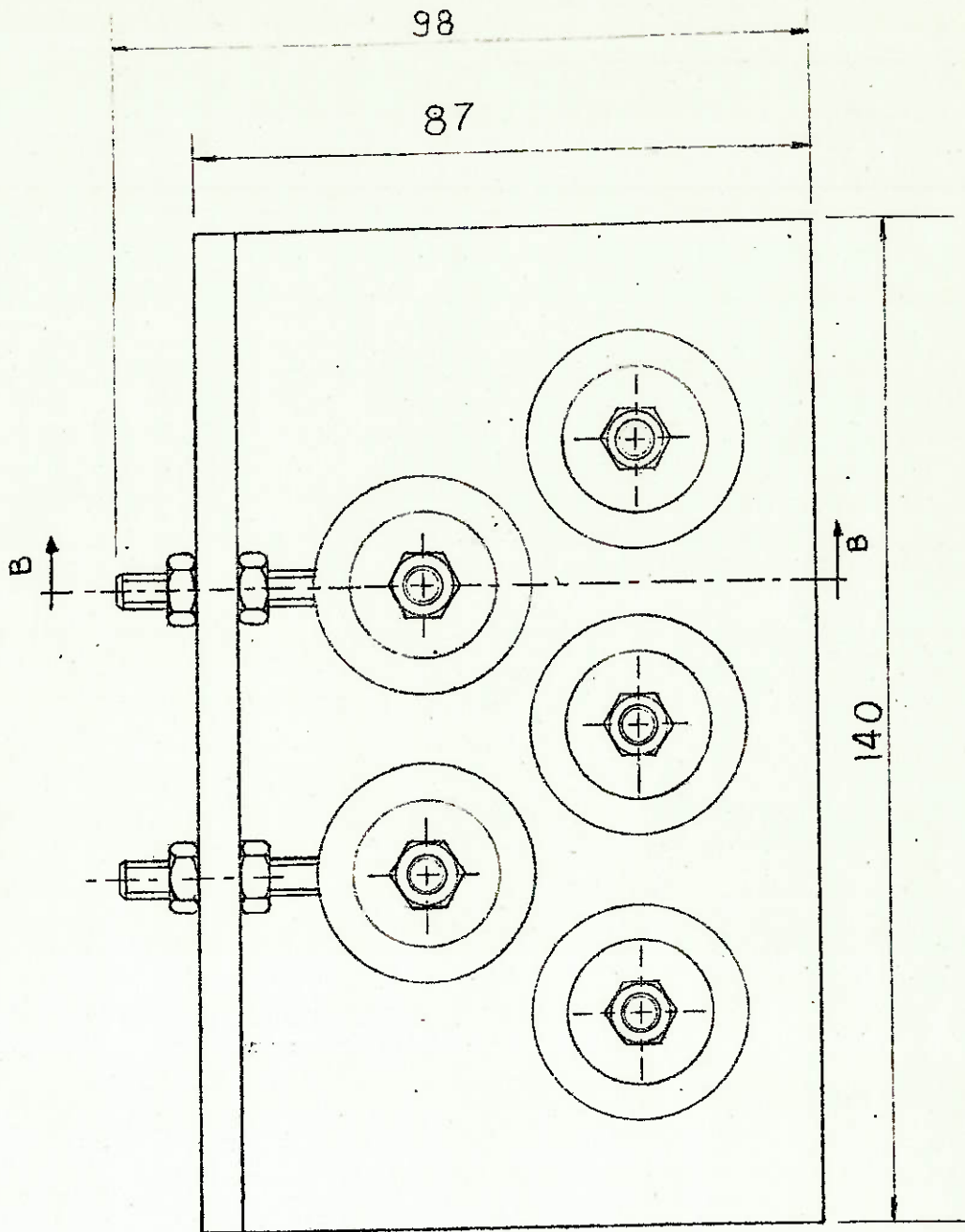
PROJETO DE CAMO DE DISCO



- BIBLIOGRAFIA -

- 1) Timoshenko, S. - Resistência dos Materiais (vol.1)
- 2) Halliday, D., Resnick, R. - Física (vol.2)
- 3) Madureira, O.M. - Apostila de Camos - EPUSP
- 4) Zampese, B. - Manual de Elementos de Construção de Máquinas
- 5) Shigley, J.E. - Cinemática dos Mecanismos
- 6) Stipkovic, M. - Apostila de Tesouras e Ferramentas de Corte, Dobra e Embutimento - EPUSP
- 7) Niemann, G. - Elementos de Máquinas (vol.1)
- 8) Stipkovic, M. - Notas de Aula, 1981 - EPUSP
- 9) Chiaverini, V. - Aços e Ferros Fundidos

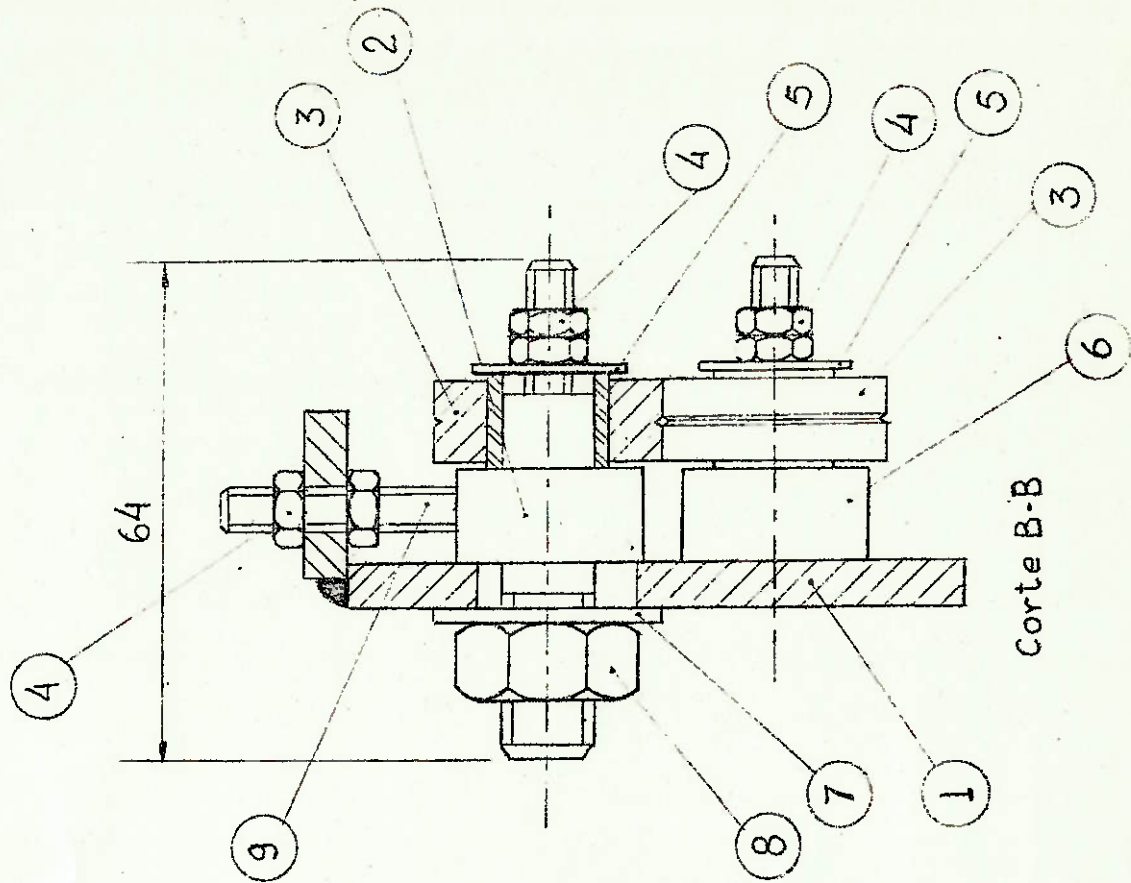
- ANEXO 1 -



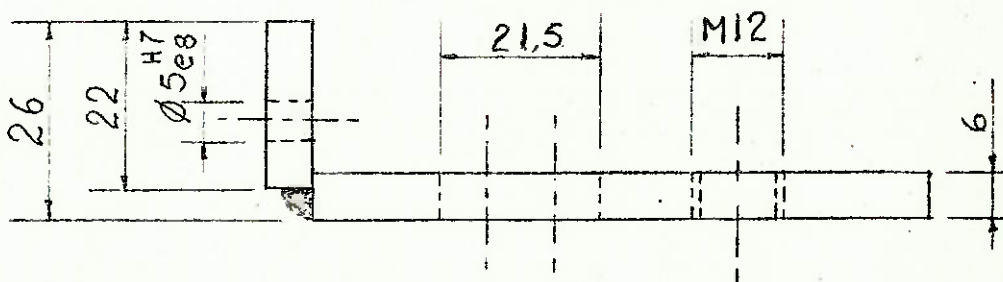
ver corte B-B no desenho 2

obs. foram omitidas as linhas de invisibilidade
para maior clareza do desenho

escala 1:1	Endireitador de arame - Conjunto	Desenho no: 1	Folha 1
---------------	----------------------------------	---------------------	------------



Peça 1 - Base - vista lateral



tolerâncias não indicadas - $\pm 0,2$ mm

escala
1:1

Endireitador de arame - Corte B-B e Peça 1

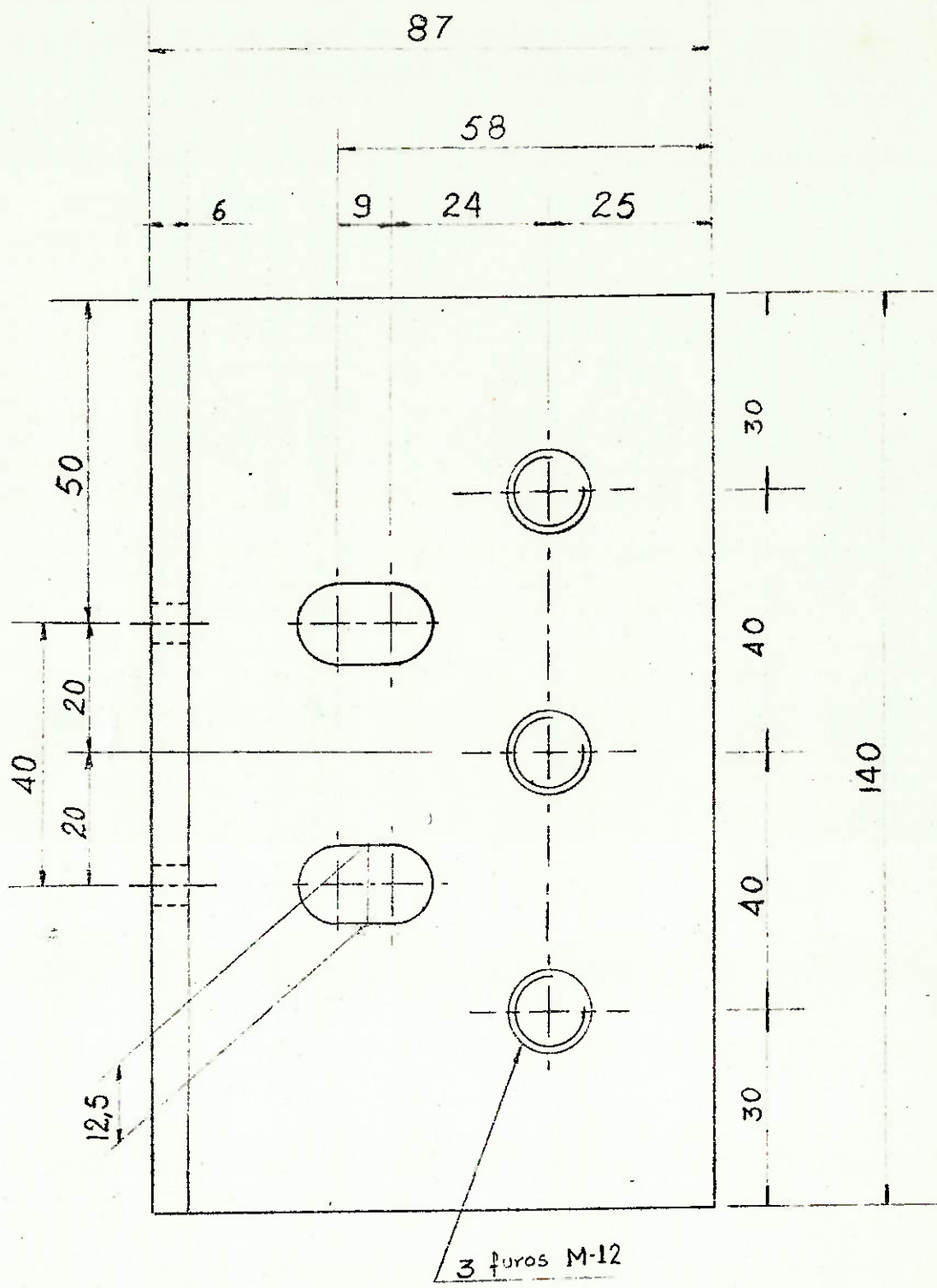
Desenho
nº:
2

Folha
2

09	Prisioneiro	02	M 5 x 35 mm
08	Porca	02	M 12
07	Arruela	02	$\phi_{int} - 13 \text{ mm}$
06	Porta-rolete fixo	03	aço ABNT 1030
05	Arruela	05	$\phi_{int} - 6 \text{ mm}$
04	Porca	14	M 5
03	Rolete	05	aço ABNT 1030, temp.
02	Porta-rolete móvel	02	aço ABNT 1030
01	Base	01	chapa - 6 mm, aço ABNT 1030
Peça Nº	Denominação	Quant.	Material - Dimensões

Lista de Peças - conforme Desenho-2

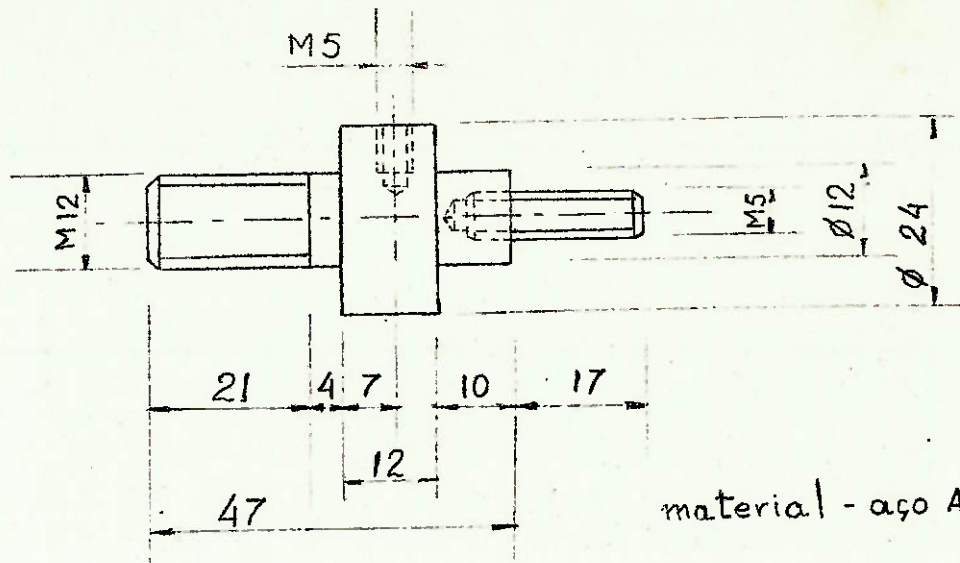
Desenho nº:	Folha
3	3



tolerância geral não indicada - $\pm 0,2 \text{ mm}$

Peça 1 - Base - vista frontal

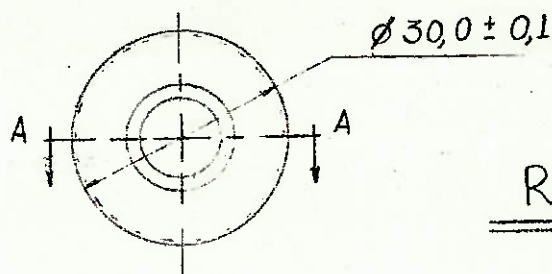
escala	Endireitador de arame - Peça 1, vista frontal	Desenho	Folha
1:1		no 4	4



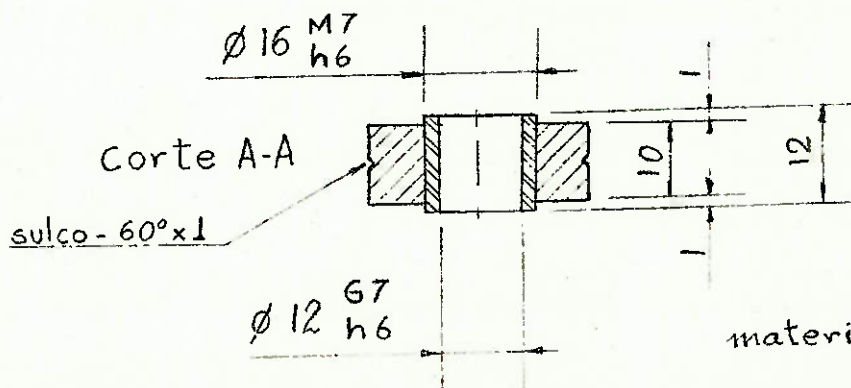
material - aço ABNT 1030

tolerância geral - $\pm 0,1$ mm

Porta - rolete - Peça 2



Rolete - Peça 3



material:

- rolete → aço ABNT 1030, temp.

- bucha → bronze fosforo so

tolerância geral não indicada - $\pm 0,1$ mm

escala 1:1	Endireitador de arame - Peças 2 e 3	Desenho nº 5	Folha 5
---------------	-------------------------------------	--------------------	------------

- ANEXO 2 -


```
, F32
, MTOR
, NPOT
, RO
, F32RO
;
REAL A54E2
, A54E3
, A54E4
, A54E5
, A43P2E3
, A43P2E4
, A43P2E5
, PI
, PIE2
, PIGRAU
, PIGRAUE2
, OMEGA
, TETA E2
, TETA E3
, TETA E4
, TETA E5
, YGRANDE
, ROPE
, F32DEN
;
INTEGER INTER
, LINHA
, PAGINA
;

DEFINE MAXLIN = 30 #
;
```

```
10034000
10035000
10036000
10037000
10038000
10039000
10040000
10041000
10042000
10043000
10044000
10045000
10046000
10047000
10048000
10049000
10050000
10051000
10052000
10053000
10054000
10055000
10056000
10057000
10058000
10059000
10060000
10061000
10062000
10063000
10064000
10065000
10066000
10067000
```

```

PROCEDURE CABEC (PAGINA);
  INTEGER PAGINA;
  BEGIN
    WRITE (REM [SKIP 1]);
    WRITE (REM [SPACE 10]);
    WRITE (REM, <X102, "PAGINA: ", I2, />, PAGINA);
    WRITE (REM, F2);
    WRITE (REM, F3);
    LINHA := 1;
    PAGINA := * + 1;
    WRITE (REM [SPACE 2]);
  END OF CABEC;

%
A54E2 := 54**2; % CONSTANTES NOTAVEIS...
A54E3 := 54**3;
A54E4 := 54**4;
A54E5 := 54**5;
A43P2E3 := 43.2**3;
A43P2E4 := 43.2**4;
A43P2E5 := 43.2**5;
PI := 3.141592654;
PIE2 := PI**2;
PIGRAU := 180;
PIGRAUE2 := PIGRAU**2;
OMEGA := 2*PI;
PAGINA := 1;
LINHA := 99;
%
FOR INTER := 0 STEP 1 UNTIL 4 DO
  FOR TETA := CASE INTER OF (0, 54, 82.8, 136.6, 180),
    CASE INTER OF (.5, 56, 83.0, 137, 240)
    STEP CASE INTER OF (.5, 2, .5, .5, 30)
    UNTIL CASE INTER OF (53.5, 82, 136.5, 179.5, 360) DO

```

```

10068000
10069000
10070000
10071000
10072000
10073000
10074000
10075000
10076000
10077000
10078000
10079000
10080000
10081000
10082000
10083000
10084000
10085000
10086000
10087000
10088000
10089000
10090000
10091000
10092000
10093000
10094000
10095000
10096000
10097000
10098000
10099000
10100000
10101000

```

```

BEGIN
TETA2 := TETA**2;
TETA3 := TETA**3;
TETA4 := TETA**4;
TETA5 := TETA**5;
%
% CALCULO DO DESLOCAMENTO
%
Y := CASE INTER OF ((80 * TETA3 / A54E3) -
(120 * TETA4 / A54E4) +
(48 * TETA5 / A54E5)),
8,
(8 + ((70 * (TETA-82.8)**3 / A54E3) -
(105 * (TETA-82.8)**4 / A54E4) +
(42 * (TETA-82.8)**5 / A54E5))),
(15 - ((150 * (TETA-136.8)**3 / A43P2E3) -
(225 * (TETA-136.8)**4 / A43P2E4) +
(90 * (TETA-136.8)**5 / A43P2E5))),
0);
%
% CALCULO DA VELOCIDADE
%
YPONTO := CASE INTER OF (
((480 * PIGRAU * TETA2 / A54E3) -
(960 * PIGRAU * TETA3 / A54E4) +
(480 * PIGRAU * TETA4 / A54E5)),
0,
((420 * PIGRAU * (TETA-82.8)**2 / A54E3) -
(840 * PIGRAU * (TETA-82.8)**3 / A54E4) +
(420 * PIGRAU * (TETA-82.8)**4 / A54E5)),
((-900 * PIGRAU * (TETA-136.8)**2 / A43P2E3) +
(1800 * PIGRAU * (TETA-136.8)**3 / A43P2E4) -
(900 * PIGRAU * (TETA-136.8)**4 / A43P2E5)),
0);
10102000
10103000
10104000
10105000
10106000
10107000
10108000
10109000
10110000
10111000
10112000
10113000
10114000
10115000
10116000
10117000
10118000
10119000
10120000
10121000
10122000
10123000
10124000
10125000
10126000
10127000
10128000
10129000
10130000
10131000
10132000
10133000
10134000
10135000

```

```

%
% CALCULO DA ACELERACAO
%
YDOISPONTOS := CASE INTER OF (
  ((1920 * PIGRAUE2 * TETA / A54E3) -
   (5760 * PIGRAUE2 * TETA2 / A54E4) +
   (3840 * PIGRAUE2 * TETA3 / A54E5)),
  0,
  ((1680 * PIGRAUE2 * (TETA-82.8) / A54E3) -
   (5040 * PIGRAUE2 * (TETA-82.8)**2 / A54E4) +
   (3360 * PIGRAUE2 * (TETA-82.8)**3 / A54E5)),
  ((-3600 * PIGRAUE2 * (TETA-136.8) / A43P2E3) +
   (10800 * PIGRAUE2 * (TETA-136.8)**2 / A43P2E4) -
   (7200 * PIGRAUE2 * (TETA-136.8)**3 / A43P2E5)),
  0);
%
% FORCA ESTATICA
%
PEST := CASE INTER OF (.178, %EM KGF
  0,
  .178,
  -3.822,
  0);
%
% FORCA DINAMICA
%
PDIN := 1.822 * YDOISPONTOS / 9810; % EM KGF
%
% CALCULO DA FORCA TOTAL
%
PSOMA := PEST + PDIN;
%
% CALCULO DA FORCA MOLLA-SEGUIDOR
%
10136000
10137000
10138000
10139000
10140000
10141000
10142000
10143000
10144000
10145000
10146000
10147000
10148000
10149000
10150000
10151000
10152000
10153000
10154000
10155000
10156000
10157000
10158000
10159000
10160000
10161000
10162000
10163000
10164000
10165000
10166000
10167000
10168000
10169000

```

```

F54 := 4.022 + .217 * Y;
%
% CALCULO DO ANGULO DE PRESSAO
%
YGRANDE := Y + 60;
ALFA := ARCTAN (YPONTO / (2*PI * YGRANDE));
%
% CALCULO DA FORCA SEGUIDOR=CAMO
%
F32DEN := COS(ALFA)-(.00375*(120-YGRANDE)+.15) * ABS(SIN(ALFA));
F32 := CASE INTER OF
      ((PSOMA + F54 + 86) / F32DEN),
      ((PSOMA + F54) / COS(ALFA)),
      ((PSOMA + F54 + 3) / F32DEN),
      ((PSOMA + F54) / F32DEN),
      ((PSOMA + F54) / COS(ALFA))
);
%
% CALCULO DO MOMENTO DE TORCAO NO EIXO DO CAMO
%
MTOR := F32 * ABS((YGRANDE) * SIN(ALFA));
%
% CALCULO DA POTENCIA
%
NPOT := MTOR * 60 / 716200;
%
% CALCULO DO RAI0 DE CURVATURA
%
ROPE := ((YGRANDE**4 + YGRANDE**2 * (YPONTO/OMEGA)**2) ** 1.5) /
      ((2 * YGRANDE**3 * (YPONTO/OMEGA)**2) +
      (YGRANDE**(4/3) * (YGRANDE**2 -
      YGRANDE * YDOISPONTOS / OMEGA**2)));
%
% CALCULO DA RELACAO F32 E RAI0 DE CURVATURA

```

10170000
10171000
10172000
10173000
10174000
10175000
10176000
10177000
10178000
10179000
10180000
10181000
10182000
10183000
10184000
10185000
10186000
10187000
10188000
10189000
10190000
10191000
10192000
10193000
10194000
10195000
10196000
10197000
10198000
10199000
10200000
10201000
10202000
10203000

PROGRAMA PROJETO/DE/CAMO/FONTE

PAG 7

```
% F32RO := F32 / RO;
IF LINHA > MAXLIN THEN
  CABEC (PAGINA);
WRITE (REM, F1, TETA, Y, YPONTO, YDOISPONTOS,
      PEST, PDIN, PSOMA, F54,
      ALFA*PIGRAU/PI, F32, MTOR, NPOT,
      RO, F32RO);

  LINHA := * + 1;
END;
END.
```

10204000
10205000
10206000
10207000
10208000
10209000
10210000
10211000
10212000
10213000
10214000

TETA (GRAUS)	Y (MM)	VELOC. (MM/S)	ACEL. (MM/S**2)	PEST (KGF)	PDIN (KGF)	PSOMA (KGF)	F54 (KGF)	ALFA (GRAUS)	F32 (KGF)	MTOR (KGF/MM)	NPOT (CV)	RO (MM)	F32/RO (KGF/MM)
0.0	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.18	4.02	0.00	90.20	0.00	0.00	17.99	5.01
0.5	0.00	0.13	192.08	0.18	0.04	0.21	4.02	0.02	90.25	1.93	0.00	17.99	5.02
1.0	0.00	0.53	373.38	0.18	0.07	0.25	4.02	0.08	90.32	7.60	0.00	18.00	5.02
1.5	0.00	1.17	544.12	0.18	0.10	0.28	4.02	0.18	90.41	16.79	0.00	18.00	5.02
2.0	0.00	2.04	704.50	0.18	0.13	0.31	4.02	0.31	90.52	29.32	0.00	18.00	5.03
2.5	0.01	3.12	854.71	0.18	0.16	0.34	4.02	0.47	90.64	45.00	0.00	18.00	5.04
3.0	0.01	4.40	994.97	0.18	0.18	0.36	4.02	0.67	90.79	63.64	0.01	18.00	5.05
3.5	0.02	5.88	1125.47	0.18	0.21	0.39	4.03	0.89	90.96	85.09	0.01	17.99	5.05
4.0	0.03	7.53	1246.42	0.18	0.23	0.41	4.03	1.14	91.14	109.15	0.01	17.99	5.07
4.5	0.04	9.34	1358.02	0.18	0.25	0.43	4.03	1.42	91.34	135.68	0.01	17.99	5.08
5.0	0.06	11.29	1460.48	0.18	0.27	0.45	4.03	1.71	91.55	164.50	0.01	17.99	5.09
5.5	0.07	13.39	1554.00	0.18	0.29	0.47	4.04	2.03	91.78	195.46	0.02	17.98	5.10
6.0	0.09	15.61	1638.77	0.18	0.30	0.48	4.04	2.37	92.03	228.40	0.02	17.98	5.12
6.5	0.12	17.94	1715.02	0.18	0.32	0.50	4.05	2.72	92.29	263.17	0.02	17.97	5.13
7.0	0.14	20.37	1782.93	0.18	0.33	0.51	4.05	3.09	92.56	299.61	0.03	17.97	5.15
7.5	0.17	22.89	1842.71	0.18	0.34	0.52	4.06	3.46	92.85	337.58	0.03	17.96	5.17
8.0	0.21	25.48	1894.56	0.18	0.35	0.53	4.07	3.85	93.15	376.93	0.03	17.95	5.19
8.5	0.24	28.15	1938.69	0.18	0.36	0.54	4.07	4.25	93.46	417.51	0.03	17.94	5.21
9.0	0.28	30.86	1975.31	0.18	0.37	0.54	4.08	4.66	93.79	459.18	0.04	17.93	5.23
9.5	0.33	33.63	2004.61	0.18	0.37	0.55	4.09	5.07	94.12	501.78	0.04	17.92	5.25
10.0	0.38	36.43	2026.79	0.18	0.38	0.55	4.10	5.49	94.46	545.19	0.05	17.90	5.28
10.5	0.43	39.26	2042.07	0.18	0.38	0.56	4.12	5.90	94.82	589.24	0.05	17.89	5.30
11.0	0.49	42.10	2050.64	0.18	0.38	0.56	4.13	6.32	95.18	633.82	0.05	17.87	5.33
11.5	0.55	44.95	2052.70	0.18	0.38	0.56	4.14	6.74	95.54	678.76	0.06	17.85	5.35
12.0	0.61	47.80	2048.47	0.18	0.38	0.56	4.15	7.15	95.91	723.94	0.06	17.83	5.38
12.5	0.68	50.64	2038.14	0.18	0.38	0.56	4.17	7.57	96.29	769.21	0.06	17.82	5.40
13.0	0.75	53.46	2021.91	0.18	0.38	0.55	4.19	7.97	96.66	814.44	0.07	17.80	5.43
13.5	0.83	56.25	2000.00	0.18	0.37	0.55	4.20	8.37	97.04	859.49	0.07	17.78	5.46
14.0	0.91	59.01	1972.60	0.18	0.37	0.54	4.22	8.77	97.42	904.23	0.08	17.75	5.49
14.5	0.99	61.73	1939.91	0.18	0.36	0.54	4.24	9.15	97.79	948.52	0.08	17.73	5.51

TETA (GRAUS)	Y (MM)	VELOC. (MM/S)	ACEL. (MM/S**2)	PEST (KGF)	PDIN (KGF)	PSOMA (KGF)	F54 (KGF)	ALFA (GRAUS)	F32 (KGF)	MTOR (KGF/MM)	NPOT (CV)	RO (MM)	F32/RO (KGF/MM)
15.0	1.08	64.40	1902.15	0.18	0.35	0.53	4.26	9.53	98.17	992.23	0.08	17.71	5.54
15.5	1.17	67.01	1859.51	0.18	0.35	0.52	4.28	9.89	98.54	1035.24	0.09	17.69	5.57
16.0	1.27	69.56	1812.19	0.18	0.34	0.51	4.30	10.24	98.90	1077.42	0.09	17.67	5.60
16.5	1.36	72.04	1760.40	0.18	0.33	0.50	4.32	10.58	99.25	1118.65	0.09	17.65	5.62
17.0	1.47	74.45	1704.35	0.18	0.32	0.49	4.34	10.91	99.60	1158.80	0.10	17.63	5.65
17.5	1.57	76.77	1644.23	0.18	0.31	0.48	4.36	11.22	99.94	1197.76	0.10	17.61	5.68
18.0	1.68	79.01	1580.25	0.18	0.29	0.47	4.39	11.52	100.26	1235.43	0.10	17.59	5.70
18.5	1.79	81.16	1512.61	0.18	0.28	0.46	4.41	11.81	100.58	1271.68	0.11	17.57	5.72
19.0	1.90	83.21	1441.51	0.18	0.27	0.45	4.44	12.08	100.88	1306.41	0.11	17.55	5.75
19.5	2.02	85.16	1367.17	0.18	0.25	0.43	4.46	12.33	101.16	1339.53	0.11	17.53	5.77
20.0	2.14	87.01	1289.78	0.18	0.24	0.42	4.49	12.56	101.43	1370.94	0.11	17.52	5.79
20.5	2.26	88.74	1209.54	0.18	0.22	0.40	4.51	12.78	101.68	1400.55	0.12	17.50	5.81
21.0	2.39	90.37	1126.66	0.18	0.21	0.39	4.54	12.98	101.91	1428.28	0.12	17.49	5.83
21.5	2.51	91.87	1041.34	0.18	0.19	0.37	4.57	13.16	102.13	1454.05	0.12	17.47	5.84
22.0	2.64	93.26	953.78	0.18	0.18	0.36	4.60	13.33	102.32	1477.78	0.12	17.46	5.86
22.5	2.77	94.52	864.20	0.18	0.16	0.34	4.62	13.48	102.49	1499.41	0.13	17.45	5.87
23.0	2.91	95.66	772.78	0.18	0.14	0.32	4.65	13.61	102.65	1518.88	0.13	17.44	5.88
23.5	3.04	96.67	679.74	0.18	0.13	0.30	4.68	13.72	102.78	1536.14	0.13	17.44	5.89
24.0	3.17	97.55	585.28	0.18	0.11	0.29	4.71	13.81	102.89	1551.14	0.13	17.43	5.90
24.5	3.31	98.29	489.59	0.18	0.09	0.27	4.74	13.88	102.97	1563.84	0.13	17.42	5.91
25.0	3.45	98.91	392.89	0.18	0.07	0.25	4.77	13.93	103.04	1574.20	0.13	17.42	5.91
25.5	3.58	99.38	295.38	0.18	0.05	0.23	4.80	13.97	103.08	1582.21	0.13	17.42	5.92
26.0	3.72	99.73	197.26	0.18	0.04	0.21	4.83	13.99	103.10	1587.83	0.13	17.42	5.92
26.5	3.86	99.93	98.73	0.18	0.02	0.20	4.86	13.98	103.09	1591.07	0.13	17.42	5.92
27.0	4.00	100.00	0.00	0.18	0.00	0.18	4.89	13.97	103.07	1591.91	0.13	17.42	5.92
27.5	4.14	99.93	-98.73	0.18	-0.02	0.16	4.92	13.93	103.02	1590.35	0.13	17.43	5.91
28.0	4.28	99.73	-197.26	0.18	-0.04	0.14	4.95	13.87	102.95	1586.41	0.13	17.43	5.91
28.5	4.42	99.38	-295.38	0.18	-0.05	0.12	4.98	13.80	102.86	1580.09	0.13	17.44	5.90
29.0	4.55	98.91	-392.89	0.18	-0.07	0.11	5.01	13.70	102.75	1571.43	0.13	17.45	5.89
29.5	4.69	98.29	-489.59	0.18	-0.09	0.09	5.04	13.59	102.62	1560.44	0.13	17.46	5.88

TETA (GRAUS)	Y (MM)	VELOC. (MM/S)	ACEL. (MM/S**2)	PEST (KGF)	PDIN (KGF)	PSOMA (KGF)	F54 (KGF)	ALFA (GRAUS)	F32 (KGF)	MTOR (KGF/MM)	NPOT (CV)	RO (MM)	F32/RO (KGF/MM)
30.0	4.83	97.55	-585.28	0.18	-0.11	0.07	5.07	13.47	102.47	1547.16	0.13	17.47	5.87
30.5	4.96	96.67	-679.74	0.18	-0.13	0.05	5.10	13.32	102.31	1531.64	0.13	17.48	5.85
31.0	5.09	95.66	-772.78	0.18	-0.14	0.03	5.13	13.16	102.12	1513.91	0.13	17.49	5.84
31.5	5.23	94.52	-864.20	0.18	-0.16	0.02	5.16	12.99	101.92	1494.04	0.13	17.51	5.82
32.0	5.36	93.26	-953.78	0.18	-0.18	0.00	5.18	12.79	101.70	1472.08	0.12	17.52	5.81
32.5	5.49	91.87	-1041.34	0.18	-0.19	-0.02	5.21	12.59	101.47	1448.09	0.12	17.54	5.79
33.0	5.61	90.37	-1126.66	0.18	-0.21	-0.03	5.24	12.36	101.23	1422.14	0.12	17.55	5.77
33.5	5.74	88.74	-1209.54	0.18	-0.22	-0.05	5.27	12.13	100.97	1394.31	0.12	17.57	5.75
34.0	5.86	87.01	-1289.78	0.18	-0.24	-0.06	5.29	11.87	100.70	1364.67	0.11	17.59	5.73
34.5	5.98	85.16	-1367.17	0.18	-0.25	-0.08	5.32	11.61	100.42	1333.30	0.11	17.60	5.70
35.0	6.10	83.21	-1441.51	0.18	-0.27	-0.09	5.34	11.33	100.13	1300.30	0.11	17.62	5.68
35.5	6.21	81.16	-1512.61	0.18	-0.28	-0.10	5.37	11.04	99.84	1265.75	0.11	17.64	5.66
36.0	6.32	79.01	-1580.25	0.18	-0.29	-0.12	5.39	10.74	99.53	1229.76	0.10	17.66	5.64
36.5	6.43	76.77	-1644.23	0.18	-0.31	-0.13	5.42	10.42	99.23	1192.41	0.10	17.68	5.61
37.0	6.53	74.45	-1704.35	0.18	-0.32	-0.14	5.44	10.10	98.91	1153.81	0.10	17.70	5.59
37.5	6.64	72.04	-1760.40	0.18	-0.33	-0.15	5.46	9.76	98.59	1114.07	0.09	17.72	5.56
38.0	6.73	69.56	-1812.19	0.18	-0.34	-0.16	5.48	9.42	98.27	1073.29	0.09	17.74	5.54
38.5	6.83	67.01	-1859.51	0.18	-0.35	-0.17	5.50	9.07	97.95	1031.60	0.09	17.75	5.52
39.0	6.92	64.40	-1902.15	0.18	-0.35	-0.18	5.52	8.71	97.63	989.09	0.08	17.77	5.49
39.5	7.01	61.73	-1939.91	0.18	-0.36	-0.18	5.54	8.34	97.31	945.90	0.08	17.79	5.47
40.0	7.09	59.01	-1972.60	0.18	-0.37	-0.19	5.56	7.97	96.99	902.14	0.08	17.81	5.45
40.5	7.17	56.25	-2000.00	0.18	-0.37	-0.19	5.58	7.59	96.68	857.92	0.07	17.83	5.42
41.0	7.25	53.46	-2021.91	0.18	-0.38	-0.20	5.59	7.21	96.37	813.39	0.07	17.84	5.40
41.5	7.32	50.64	-2038.14	0.18	-0.38	-0.20	5.61	6.83	96.06	768.65	0.06	17.86	5.38
42.0	7.39	47.80	-2048.47	0.18	-0.38	-0.20	5.63	6.44	95.76	723.85	0.06	17.87	5.36
42.5	7.45	44.95	-2052.70	0.18	-0.38	-0.20	5.64	6.05	95.46	679.11	0.06	17.89	5.34
43.0	7.51	42.10	-2050.64	0.18	-0.38	-0.20	5.65	5.67	95.17	634.57	0.05	17.90	5.32
43.5	7.57	39.26	-2042.07	0.18	-0.38	-0.20	5.66	5.28	94.89	590.36	0.05	17.91	5.30
44.0	7.62	36.43	-2026.79	0.18	-0.38	-0.20	5.68	4.90	94.62	546.61	0.05	17.92	5.28
44.5	7.67	33.63	-2004.61	0.18	-0.37	-0.19	5.69	4.52	94.36	503.47	0.04	17.93	5.26

TETA (GRAUS)	Y (MM)	VELOC. (MM/S)	ACEL. (MM/S**2)	PEST (KGF)	PDIN (KGF)	PSOMA (KGF)	F54 (KGF)	ALFA (GRAUS)	F32 (KGF)	MTOR (KGF/MM)	NPOT (CV)	RO (MM)	F32/RO (KGF/MM)
45.0	7.72	30.86	-1975.31	0.18	-0.37	-0.19	5.70	4.15	94.11	461.08	0.04	17.94	5.25
45.5	7.76	28.15	-1938.69	0.18	-0.36	-0.18	5.71	3.78	93.87	419.57	0.04	17.95	5.23
46.0	7.79	25.48	-1894.56	0.18	-0.35	-0.17	5.71	3.42	93.64	379.09	0.03	17.96	5.21
46.5	7.83	22.89	-1842.71	0.18	-0.34	-0.16	5.72	3.07	93.42	339.80	0.03	17.97	5.20
47.0	7.86	20.37	-1782.93	0.18	-0.33	-0.15	5.73	2.73	93.22	301.83	0.03	17.97	5.19
47.5	7.88	17.94	-1715.02	0.18	-0.32	-0.14	5.73	2.41	93.02	265.33	0.02	17.98	5.17
48.0	7.91	15.61	-1638.77	0.18	-0.30	-0.13	5.74	2.09	92.85	230.47	0.02	17.98	5.16
48.5	7.93	13.39	-1554.00	0.18	-0.29	-0.11	5.74	1.80	92.68	197.40	0.02	17.98	5.15
49.0	7.94	11.29	-1460.48	0.18	-0.27	-0.09	5.75	1.52	92.53	166.28	0.01	17.99	5.14
49.5	7.96	9.34	-1358.02	0.18	-0.25	-0.07	5.75	1.25	92.39	137.26	0.01	17.99	5.14
50.0	7.97	7.53	-1246.42	0.18	-0.23	-0.05	5.75	1.01	92.27	110.52	0.01	17.99	5.13
50.5	7.98	5.88	-1125.47	0.18	-0.21	-0.03	5.75	0.79	92.17	86.22	0.01	17.99	5.12
51.0	7.99	4.40	-994.97	0.18	-0.18	-0.01	5.76	0.59	92.08	64.55	0.01	17.99	5.12
51.5	7.99	3.12	-854.71	0.18	-0.16	0.02	5.76	0.42	92.01	45.68	0.00	17.99	5.11
52.0	8.00	2.04	-704.50	0.18	-0.13	0.05	5.76	0.27	91.96	29.79	0.00	17.99	5.11
52.5	8.00	1.17	-544.12	0.18	-0.10	0.08	5.76	0.16	91.92	17.07	0.00	17.99	5.11
53.0	8.00	0.53	-373.38	0.18	-0.07	0.11	5.76	0.07	91.91	7.73	0.00	18.00	5.11
53.5	8.00	0.13	-192.08	0.18	-0.04	0.14	5.76	0.02	91.91	1.97	0.00	18.00	5.11
54.0	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.76	0.00	5.76	0.00	0.00	18.00	0.32
56.0	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.76	0.00	5.76	0.00	0.00	18.00	0.32
58.0	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.76	0.00	5.76	0.00	0.00	18.00	0.32
60.0	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.76	0.00	5.76	0.00	0.00	18.00	0.32
62.0	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.76	0.00	5.76	0.00	0.00	18.00	0.32
64.0	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.76	0.00	5.76	0.00	0.00	18.00	0.32
66.0	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.76	0.00	5.76	0.00	0.00	18.00	0.32
68.0	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.76	0.00	5.76	0.00	0.00	18.00	0.32
70.0	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.76	0.00	5.76	0.00	0.00	18.00	0.32
72.0	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.76	0.00	5.76	0.00	0.00	18.00	0.32
74.0	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.76	0.00	5.76	0.00	0.00	18.00	0.32
76.0	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.76	0.00	5.76	0.00	0.00	18.00	0.32

TETA (GRAUS)	Y (MM)	VELOC. (MM/S)	ACEL. (MM/S**2)	PEST (KGF)	PDIN (KGF)	PSOMA (KGF)	F54 (KGF)	ALFA (GRAUS)	F32 (KGF)	MTOR (KGF/MM)	NPOT (CV)	RO (MM)	F32/RO (KGF/MM)
78.0	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.76	0.00	5.76	0.00	0.00	18.00	0.32
80.0	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.76	0.00	5.76	0.00	0.00	18.00	0.32
82.0	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.76	0.00	5.76	0.00	0.00	18.00	0.32
82.8	8.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.18	5.76	0.00	8.94	0.00	0.00	18.00	0.50
83.0	8.00	0.02	68.37	0.18	0.01	0.19	5.76	0.00	8.95	0.03	0.00	18.00	0.50
83.5	8.00	0.23	232.65	0.18	0.04	0.22	5.76	0.03	8.98	0.33	0.00	18.00	0.50
84.0	8.00	0.66	387.57	0.18	0.07	0.25	5.76	0.09	9.01	0.95	0.00	18.00	0.50
84.5	8.00	1.30	533.32	0.18	0.10	0.28	5.76	0.17	9.05	1.87	0.00	18.00	0.50
85.0	8.00	2.14	670.07	0.18	0.12	0.30	5.76	0.29	9.08	3.09	0.00	18.00	0.50
85.5	8.01	3.16	798.00	0.18	0.15	0.33	5.76	0.42	9.11	4.58	0.00	18.00	0.51
86.0	8.01	4.35	917.29	0.18	0.17	0.35	5.76	0.58	9.14	6.33	0.00	18.00	0.51
86.5	8.02	5.70	1028.11	0.18	0.19	0.37	5.76	0.76	9.17	8.33	0.00	18.00	0.51
87.0	8.03	7.20	1130.65	0.18	0.21	0.39	5.76	0.97	9.21	10.55	0.00	17.99	0.51
87.5	8.04	8.84	1225.08	0.18	0.23	0.41	5.77	1.18	9.24	13.00	0.00	17.99	0.51
88.0	8.05	10.60	1311.58	0.18	0.24	0.42	5.77	1.42	9.27	15.64	0.00	17.99	0.52
88.5	8.07	12.48	1390.33	0.18	0.26	0.44	5.77	1.67	9.31	18.48	0.00	17.99	0.52
89.0	8.09	14.46	1461.50	0.18	0.27	0.45	5.78	1.94	9.34	21.49	0.00	17.99	0.52
89.5	8.11	16.54	1525.27	0.18	0.28	0.46	5.78	2.21	9.37	24.65	0.00	17.98	0.52
90.0	8.13	18.69	1581.83	0.18	0.29	0.47	5.79	2.50	9.41	27.97	0.00	17.98	0.52
90.5	8.16	20.93	1631.34	0.18	0.30	0.48	5.79	2.80	9.44	31.42	0.00	17.98	0.53
91.0	8.19	23.22	1673.99	0.18	0.31	0.49	5.80	3.10	9.48	34.98	0.00	17.97	0.53
91.5	8.23	25.57	1709.95	0.18	0.32	0.50	5.81	3.41	9.51	38.66	0.00	17.96	0.53
92.0	8.26	27.97	1739.41	0.18	0.32	0.50	5.82	3.73	9.55	42.42	0.00	17.96	0.53
92.5	8.30	30.40	1762.53	0.18	0.33	0.51	5.82	4.05	9.59	46.27	0.00	17.95	0.53
93.0	8.35	32.86	1779.50	0.18	0.33	0.51	5.83	4.38	9.62	50.18	0.00	17.94	0.54
93.5	8.40	35.34	1790.50	0.18	0.33	0.51	5.84	4.70	9.66	54.15	0.00	17.94	0.54
94.0	8.45	37.83	1795.70	0.18	0.33	0.51	5.85	5.03	9.70	58.16	0.00	17.93	0.54
94.5	8.50	40.33	1795.28	0.18	0.33	0.51	5.87	5.35	9.73	62.19	0.01	17.92	0.54
95.0	8.56	42.82	1789.42	0.18	0.33	0.51	5.88	5.68	9.77	66.24	0.01	17.91	0.55
95.5	8.62	45.30	1778.30	0.18	0.33	0.51	5.89	6.00	9.81	70.30	0.01	17.90	0.55

TETA (GRAUS)	Y (MM)	VELOC. (MM/S)	ACEL. (MM/S**2)	PEST (KGF)	PDIN (KGF)	PSOMA (KGF)	F54 (KGF)	ALFA (GRAUS)	F32 (KGF)	MTOR (KGF/MM)	NPOT (CV)	RO (MM)	F32/RO (KGF/MM)
96.0	8.68	47.76	1762.09	0.18	0.33	0.51	5.91	6.31	9.84	74.35	0.01	17.89	0.55
96.5	8.75	50.19	1740.98	0.18	0.32	0.50	5.92	6.63	9.88	78.38	0.01	17.87	0.55
97.0	8.82	52.59	1715.13	0.18	0.32	0.50	5.94	6.93	9.92	82.38	0.01	17.86	0.56
97.5	8.90	54.95	1684.73	0.18	0.31	0.49	5.95	7.23	9.95	86.34	0.01	17.85	0.56
98.0	8.98	57.27	1649.96	0.18	0.31	0.48	5.97	7.53	9.99	90.24	0.01	17.84	0.56
98.5	9.06	59.53	1610.99	0.18	0.30	0.48	5.99	7.81	10.02	94.08	0.01	17.83	0.56
99.0	9.14	61.74	1568.00	0.18	0.29	0.47	6.01	8.09	10.06	97.84	0.01	17.81	0.56
99.5	9.23	63.89	1521.17	0.18	0.28	0.46	6.02	8.36	10.09	101.52	0.01	17.80	0.57
100.0	9.32	65.96	1470.68	0.18	0.27	0.45	6.04	8.61	10.13	105.10	0.01	17.79	0.57
100.5	9.41	67.97	1416.70	0.18	0.26	0.44	6.06	8.86	10.16	108.58	0.01	17.78	0.57
101.0	9.51	69.90	1359.42	0.18	0.25	0.43	6.09	9.09	10.19	111.94	0.01	17.77	0.57
101.5	9.61	71.74	1299.00	0.18	0.24	0.42	6.11	9.32	10.22	115.17	0.01	17.76	0.58
102.0	9.71	73.50	1235.64	0.18	0.23	0.41	6.13	9.53	10.25	118.28	0.01	17.75	0.58
102.5	9.81	75.18	1169.50	0.18	0.22	0.40	6.15	9.73	10.28	121.24	0.01	17.74	0.58
103.0	9.92	76.75	1100.76	0.18	0.20	0.38	6.17	9.91	10.31	124.05	0.01	17.73	0.58
103.5	10.02	78.23	1029.60	0.18	0.19	0.37	6.20	10.08	10.34	126.71	0.01	17.72	0.58
104.0	10.13	79.61	956.21	0.18	0.18	0.36	6.22	10.24	10.36	129.20	0.01	17.71	0.59
104.5	10.24	80.89	880.75	0.18	0.16	0.34	6.25	10.39	10.39	131.53	0.01	17.70	0.59
105.0	10.36	82.06	803.41	0.18	0.15	0.33	6.27	10.52	10.41	133.67	0.01	17.70	0.59
105.5	10.47	83.12	724.36	0.18	0.13	0.31	6.29	10.63	10.43	135.64	0.01	17.69	0.59
106.0	10.59	84.07	643.78	0.18	0.12	0.30	6.32	10.73	10.45	137.41	0.01	17.68	0.59
106.5	10.71	84.91	561.85	0.18	0.10	0.28	6.35	10.82	10.47	138.99	0.01	17.68	0.59
107.0	10.82	85.63	478.75	0.18	0.09	0.27	6.37	10.89	10.49	140.38	0.01	17.68	0.59
107.5	10.94	86.23	394.65	0.18	0.07	0.25	6.40	10.95	10.51	141.56	0.01	17.67	0.59
108.0	11.06	86.72	309.73	0.18	0.06	0.24	6.42	10.99	10.52	142.54	0.01	17.67	0.60
108.5	11.18	87.09	224.17	0.18	0.04	0.22	6.45	11.02	10.53	143.32	0.01	17.67	0.60
109.0	11.31	87.35	138.15	0.18	0.03	0.20	6.48	11.03	10.54	143.88	0.01	17.67	0.60
109.5	11.43	87.48	51.85	0.18	0.01	0.19	6.50	11.03	10.56	144.24	0.01	17.67	0.60
110.0	11.55	87.49	-34.57	0.18	-0.01	0.17	6.53	11.01	10.56	144.38	0.01	17.67	0.60
110.5	11.67	87.38	-120.91	0.18	-0.02	0.16	6.55	10.98	10.57	144.32	0.01	17.67	0.60

TETA (GRAUS)	Y (MM)	VELOC. (MM/S)	ACEL. (MM/S**2)	PEST (KGF)	PDIN (KGF)	PSOMA (KGF)	F54 (KGF)	ALFA (GRAUS)	F32 (KGF)	MTOR (KGF/MM)	NPOT (CV)	RO (MM)	F32/RO (KGF/MM)
111.0	11.79	87.15	-207.00	0.18	-0.04	0.14	6.58	10.94	10.58	144.04	0.01	17.68	0.60
111.5	11.91	86.81	-292.66	0.18	-0.05	0.12	6.61	10.88	10.58	143.55	0.01	17.68	0.60
112.0	12.03	86.34	-377.72	0.18	-0.07	0.11	6.63	10.80	10.58	142.85	0.01	17.69	0.60
112.5	12.15	85.76	-462.00	0.18	-0.09	0.09	6.66	10.71	10.58	141.94	0.01	17.69	0.60
113.0	12.27	85.06	-545.32	0.18	-0.10	0.08	6.68	10.61	10.58	140.82	0.01	17.70	0.60
113.5	12.39	84.24	-627.50	0.18	-0.12	0.06	6.71	10.49	10.58	139.51	0.01	17.70	0.60
114.0	12.50	83.32	-708.36	0.18	-0.13	0.05	6.74	10.36	10.58	137.99	0.01	17.71	0.60
114.5	12.62	82.28	-787.73	0.18	-0.15	0.03	6.76	10.22	10.57	136.28	0.01	17.72	0.60
115.0	12.73	81.13	-865.43	0.18	-0.16	0.02	6.79	10.07	10.57	134.38	0.01	17.73	0.60
115.5	12.84	79.87	-941.28	0.18	-0.17	0.00	6.81	9.90	10.56	132.29	0.01	17.74	0.60
116.0	12.95	78.52	-1015.10	0.18	-0.19	-0.01	6.83	9.72	10.56	130.01	0.01	17.75	0.59
116.5	13.06	77.06	-1086.72	0.18	-0.20	-0.02	6.86	9.53	10.55	127.57	0.01	17.76	0.59
117.0	13.17	75.50	-1155.95	0.18	-0.21	-0.04	6.88	9.33	10.54	124.95	0.01	17.77	0.59
117.5	13.27	73.85	-1222.62	0.18	-0.23	-0.05	6.90	9.11	10.53	122.18	0.01	17.78	0.59
118.0	13.37	72.10	-1286.56	0.18	-0.24	-0.06	6.92	8.89	10.52	119.24	0.01	17.79	0.59
118.5	13.47	70.27	-1347.58	0.18	-0.25	-0.07	6.95	8.66	10.51	116.16	0.01	17.80	0.59
119.0	13.57	68.36	-1405.50	0.18	-0.26	-0.08	6.97	8.41	10.49	112.95	0.01	17.81	0.59
119.5	13.66	66.37	-1460.16	0.18	-0.27	-0.09	6.99	8.16	10.48	109.60	0.01	17.82	0.59
120.0	13.75	64.31	-1511.36	0.18	-0.28	-0.10	7.01	7.90	10.47	106.13	0.01	17.83	0.59
120.5	13.84	62.17	-1558.94	0.18	-0.29	-0.11	7.03	7.63	10.46	102.54	0.01	17.84	0.59
121.0	13.93	59.98	-1602.71	0.18	-0.30	-0.12	7.04	7.36	10.44	98.86	0.01	17.85	0.58
121.5	14.01	57.72	-1642.49	0.18	-0.31	-0.13	7.06	7.08	10.43	95.08	0.01	17.86	0.58
122.0	14.09	55.42	-1678.12	0.18	-0.31	-0.13	7.08	6.79	10.41	91.21	0.01	17.87	0.58
122.5	14.16	53.06	-1709.41	0.18	-0.32	-0.14	7.10	6.50	10.40	87.28	0.01	17.88	0.58
123.0	14.23	50.67	-1736.18	0.18	-0.32	-0.14	7.11	6.20	10.39	83.28	0.01	17.89	0.58
123.5	14.30	48.24	-1758.26	0.18	-0.33	-0.15	7.13	5.90	10.37	79.24	0.01	17.90	0.58
124.0	14.37	45.79	-1775.46	0.18	-0.33	-0.15	7.14	5.60	10.36	75.15	0.01	17.91	0.58
124.5	14.43	43.31	-1787.61	0.18	-0.33	-0.15	7.15	5.29	10.35	71.04	0.01	17.92	0.58
125.0	14.49	40.83	-1794.54	0.18	-0.33	-0.16	7.17	4.99	10.34	66.92	0.01	17.93	0.58
125.5	14.54	38.33	-1796.06	0.18	-0.33	-0.16	7.18	4.68	10.33	62.79	0.01	17.94	0.58

TETA (GRAUS)	Y (MM)	VELOC. (MM/S)	ACEL. (MM/S**2)	PEST (KGF)	PDIN (KGF)	PSOMA (KGF)	F54 (KGF)	ALFA (GRAUS)	F32 (KGF)	MTOR (KGF/MM)	NPOT (CV)	RO (MM)	F32/RO (KGF/MM)
126.0	14.59	35.84	-1792.00	0.18	-0.33	-0.15	7.19	4.37	10.32	58.67	0.00	17.94	0.57
126.5	14.64	33.36	-1782.18	0.18	-0.33	-0.15	7.20	4.07	10.31	54.58	0.00	17.95	0.57
127.0	14.69	30.89	-1766.41	0.18	-0.33	-0.15	7.21	3.77	10.30	50.52	0.00	17.96	0.57
127.5	14.73	28.45	-1744.53	0.18	-0.32	-0.15	7.22	3.47	10.29	46.51	0.00	17.96	0.57
128.0	14.77	26.05	-1716.36	0.18	-0.32	-0.14	7.23	3.17	10.28	42.57	0.00	17.97	0.57
128.5	14.80	23.69	-1681.71	0.18	-0.31	-0.13	7.23	2.89	10.28	38.70	0.00	17.97	0.57
129.0	14.83	21.38	-1640.41	0.18	-0.30	-0.13	7.24	2.60	10.27	34.92	0.00	17.98	0.57
129.5	14.86	19.14	-1592.29	0.18	-0.30	-0.12	7.25	2.33	10.27	31.25	0.00	17.98	0.57
130.0	14.89	16.96	-1537.16	0.18	-0.29	-0.11	7.25	2.06	10.27	27.70	0.00	17.98	0.57
130.5	14.91	14.87	-1474.84	0.18	-0.27	-0.10	7.26	1.81	10.27	24.29	0.00	17.99	0.57
131.0	14.93	12.87	-1405.16	0.18	-0.26	-0.08	7.26	1.57	10.27	21.03	0.00	17.99	0.57
131.5	14.94	10.97	-1327.94	0.18	-0.25	-0.07	7.26	1.33	10.28	17.93	0.00	17.99	0.57
132.0	14.96	9.18	-1243.01	0.18	-0.23	-0.05	7.27	1.12	10.28	15.02	0.00	17.99	0.57
132.5	14.97	7.52	-1150.18	0.18	-0.21	-0.04	7.27	0.91	10.29	12.31	0.00	17.99	0.57
133.0	14.98	5.99	-1049.28	0.18	-0.19	-0.02	7.27	0.73	10.30	9.82	0.00	17.99	0.57
133.5	14.99	4.61	-940.13	0.18	-0.17	0.00	7.27	0.56	10.31	7.56	0.00	17.99	0.57
134.0	14.99	3.38	-822.54	0.18	-0.15	0.03	7.28	0.41	10.32	5.56	0.00	18.00	0.57
134.5	14.99	2.33	-696.36	0.18	-0.13	0.05	7.28	0.28	10.34	3.83	0.00	18.00	0.57
135.0	15.00	1.45	-561.38	0.18	-0.10	0.07	7.28	0.18	10.36	2.40	0.00	18.00	0.58
135.5	15.00	0.77	-417.45	0.18	-0.08	0.10	7.28	0.09	10.38	1.28	0.00	18.00	0.58
136.0	15.00	0.30	-264.37	0.18	-0.05	0.13	7.28	0.04	10.41	0.49	0.00	18.00	0.58
136.5	15.00	0.04	-101.98	0.18	-0.02	0.16	7.28	0.01	10.44	0.07	0.00	18.00	0.58
136.6	15.00	-0.08	293.38	-3.82	0.05	-3.77	7.28	-0.01	3.51	0.05	0.00	18.00	0.20
137.0	15.00	-0.08	-285.35	-3.82	-0.05	-3.87	7.28	-0.01	3.40	0.04	0.00	18.00	0.19
137.5	15.00	-0.95	-964.03	-3.82	-0.18	-4.00	7.28	-0.12	3.28	0.50	0.00	18.00	0.18
138.0	15.00	-2.74	-1594.11	-3.82	-0.30	-4.12	7.28	-0.33	3.16	1.38	0.00	17.99	0.18
138.5	14.99	-5.36	-2176.75	-3.82	-0.40	-4.23	7.28	-0.65	3.06	2.61	0.00	17.99	0.17
139.0	14.98	-8.76	-2713.11	-3.82	-0.50	-4.33	7.27	-1.07	2.97	4.13	0.00	17.99	0.16
139.5	14.97	-12.87	-3204.35	-3.82	-0.60	-4.42	7.27	-1.57	2.88	5.90	0.00	17.99	0.16
140.0	14.95	-17.64	-3651.63	-3.82	-0.68	-4.50	7.27	-2.15	2.80	7.86	0.00	17.98	0.16

TETA (GRAUS)	Y (MM)	VELOC. (MM/S)	ACEL. (MM/S**2)	PEST (KGF)	PDIN (KGF)	PSOMA (KGF)	F54 (KGF)	ALFA (GRAUS)	F32 (KGF)	MTOR (KGF/MM)	NPOT (CV)	RO (MM)	F32/RO (KGF/MM)
140.5	14.92	-23.00	-4056.12	-3.82	-0.75	-4.58	7.26	-2.80	2.73	9.98	0.00	17.97	0.15
141.0	14.88	-28.89	-4418.98	-3.82	-0.82	-4.64	7.25	-3.51	2.67	12.23	0.00	17.96	0.15
141.5	14.84	-35.25	-4741.37	-3.82	-0.88	-4.70	7.24	-4.29	2.61	14.60	0.00	17.94	0.15
142.0	14.78	-42.04	-5024.46	-3.82	-0.93	-4.76	7.23	-5.11	2.56	17.05	0.00	17.92	0.14
142.5	14.72	-49.19	-5269.41	-3.82	-0.98	-4.80	7.22	-5.98	2.51	19.57	0.00	17.90	0.14
143.0	14.65	-56.66	-5477.38	-3.82	-1.02	-4.84	7.20	-6.89	2.47	22.15	0.00	17.87	0.14
143.5	14.56	-64.39	-5649.54	-3.82	-1.05	-4.87	7.18	-7.83	2.44	24.77	0.00	17.83	0.14
144.0	14.47	-72.34	-5787.04	-3.82	-1.07	-4.90	7.16	-8.79	2.41	27.43	0.00	17.79	0.14
144.5	14.36	-80.45	-5891.05	-3.82	-1.09	-4.92	7.14	-9.77	2.39	30.12	0.00	17.74	0.13
145.0	14.24	-88.69	-5962.73	-3.82	-1.11	-4.93	7.11	-10.76	2.37	32.83	0.00	17.69	0.13
145.5	14.12	-97.00	-6003.26	-3.82	-1.11	-4.94	7.08	-11.77	2.35	35.55	0.00	17.63	0.13
146.0	13.97	-105.35	-6013.78	-3.82	-1.12	-4.94	7.05	-12.77	2.34	38.27	0.00	17.57	0.13
146.5	13.82	-113.69	-5995.46	-3.82	-1.11	-4.94	7.02	-13.77	2.33	40.99	0.00	17.51	0.13
147.0	13.66	-121.99	-5949.46	-3.82	-1.10	-4.93	6.99	-14.77	2.33	43.71	0.00	17.44	0.13
147.5	13.48	-130.21	-5876.96	-3.82	-1.09	-4.91	6.95	-15.75	2.33	46.41	0.00	17.37	0.13
148.0	13.30	-138.30	-5779.10	-3.82	-1.07	-4.90	6.91	-16.72	2.33	49.08	0.00	17.29	0.13
148.5	13.10	-146.25	-5657.05	-3.82	-1.05	-4.87	6.86	-17.66	2.33	51.73	0.00	17.21	0.14
149.0	12.89	-154.01	-5511.99	-3.82	-1.02	-4.85	6.82	-18.59	2.34	54.34	0.00	17.14	0.14
149.5	12.67	-161.55	-5345.06	-3.82	-0.99	-4.81	6.77	-19.48	2.35	56.91	0.00	17.06	0.14
150.0	12.44	-168.84	-5157.43	-3.82	-0.96	-4.78	6.72	-20.35	2.36	59.43	0.00	16.98	0.14
150.5	12.20	-175.87	-4950.26	-3.82	-0.92	-4.74	6.67	-21.19	2.37	61.88	0.01	16.90	0.14
151.0	11.95	-182.59	-4724.73	-3.82	-0.88	-4.70	6.62	-21.99	2.38	64.26	0.01	16.82	0.14
151.5	11.70	-188.98	-4481.98	-3.82	-0.83	-4.65	6.56	-22.76	2.40	66.56	0.01	16.75	0.14
152.0	11.43	-195.03	-4223.19	-3.82	-0.78	-4.61	6.50	-23.49	2.42	68.77	0.01	16.67	0.14
152.5	11.15	-200.71	-3949.51	-3.82	-0.73	-4.56	6.44	-24.18	2.43	70.88	0.01	16.60	0.15
153.0	10.87	-205.99	-3662.11	-3.82	-0.68	-4.50	6.38	-24.82	2.45	72.87	0.01	16.53	0.15
153.5	10.58	-210.87	-3362.15	-3.82	-0.62	-4.45	6.32	-25.43	2.47	74.74	0.01	16.46	0.15
154.0	10.29	-215.33	-3050.80	-3.82	-0.57	-4.39	6.25	-25.99	2.48	76.48	0.01	16.40	0.15
154.5	9.98	-219.34	-2729.21	-3.82	-0.51	-4.33	6.19	-26.51	2.50	78.07	0.01	16.34	0.15
155.0	9.68	-222.90	-2398.55	-3.82	-0.45	-4.27	6.12	-26.98	2.51	79.50	0.01	16.29	0.15

TETA (GRAUS)	Y (MM)	VELOC. (MM/S)	ACEL. (MM/S**2)	PEST (KGF)	PDIN (KGF)	PSOMA (KGF)	F54 (KGF)	ALFA (GRAUS)	F32 (KGF)	MTOR (KGF/MM)	NPOT (CV)	RO (MM)	F32/RO (KGF/MM)
155.5	9.37	-226.00	-2059.99	-3.82	-0.38	-4.20	6.05	-27.41	2.53	80.77	0.01	16.24	0.16
156.0	9.05	-228.62	-1714.68	-3.82	-0.32	-4.14	5.99	-27.79	2.54	81.86	0.01	16.19	0.16
156.5	8.73	-230.76	-1363.79	-3.82	-0.25	-4.08	5.92	-28.12	2.55	82.76	0.01	16.15	0.16
157.0	8.41	-232.41	-1008.48	-3.82	-0.19	-4.01	5.85	-28.40	2.57	83.47	0.01	16.11	0.16
157.5	8.09	-233.56	-649.91	-3.82	-0.12	-3.94	5.78	-28.63	2.57	83.97	0.01	16.08	0.16
158.0	7.76	-234.21	-289.25	-3.82	-0.05	-3.88	5.71	-28.82	2.58	84.26	0.01	16.05	0.16
158.5	7.43	-234.36	72.34	-3.82	0.01	-3.81	5.64	-28.95	2.58	84.33	0.01	16.03	0.16
159.0	7.11	-234.01	433.69	-3.82	0.08	-3.74	5.56	-29.03	2.59	84.18	0.01	16.01	0.16
159.5	6.79	-233.16	793.65	-3.82	0.15	-3.67	5.49	-29.06	2.58	83.81	0.01	16.00	0.16
160.0	6.46	-231.81	1151.06	-3.82	0.21	-3.61	5.42	-29.04	2.58	83.20	0.01	15.99	0.16
160.5	6.14	-229.97	1504.74	-3.82	0.28	-3.54	5.35	-28.96	2.57	82.37	0.01	15.99	0.16
161.0	5.82	-227.63	1853.54	-3.82	0.34	-3.48	5.29	-28.83	2.56	81.30	0.01	15.99	0.16
161.5	5.51	-224.82	2196.29	-3.82	0.41	-3.41	5.22	-28.64	2.55	80.02	0.01	16.00	0.16
162.0	5.20	-221.54	2531.83	-3.82	0.47	-3.35	5.15	-28.40	2.53	78.50	0.01	16.02	0.16
162.5	4.89	-217.79	2859.00	-3.82	0.53	-3.29	5.08	-28.11	2.51	76.78	0.01	16.05	0.16
163.0	4.59	-213.60	3176.63	-3.82	0.59	-3.23	5.02	-27.76	2.49	74.84	0.01	16.08	0.15
163.5	4.30	-208.97	3483.57	-3.82	0.65	-3.18	4.96	-27.35	2.46	72.71	0.01	16.11	0.15
164.0	4.01	-203.93	3778.64	-3.82	0.70	-3.12	4.89	-26.89	2.43	70.39	0.01	16.16	0.15
164.5	3.73	-198.48	4060.69	-3.82	0.75	-3.07	4.83	-26.36	2.40	67.89	0.01	16.21	0.15
165.0	3.46	-192.65	4328.56	-3.82	0.80	-3.02	4.77	-25.79	2.36	65.23	0.01	16.26	0.15
165.5	3.20	-186.46	4581.07	-3.82	0.85	-2.97	4.72	-25.15	2.32	62.43	0.01	16.33	0.14
166.0	2.95	-179.94	4817.07	-3.82	0.89	-2.93	4.66	-24.46	2.28	59.51	0.00	16.40	0.14
166.5	2.70	-173.09	5035.40	-3.82	0.94	-2.89	4.61	-23.72	2.24	56.47	0.00	16.47	0.14
167.0	2.46	-165.96	5234.89	-3.82	0.97	-2.85	4.56	-22.92	2.19	53.34	0.00	16.56	0.13
167.5	2.24	-158.56	5414.38	-3.82	1.01	-2.82	4.51	-22.07	2.14	50.14	0.00	16.64	0.13
168.0	2.02	-150.93	5572.70	-3.82	1.04	-2.79	4.46	-21.17	2.09	46.89	0.00	16.73	0.13
168.5	1.82	-143.09	5708.70	-3.82	1.06	-2.76	4.42	-20.22	2.04	43.61	0.00	16.83	0.12
169.0	1.63	-135.08	5821.21	-3.82	1.08	-2.74	4.38	-19.23	1.99	40.32	0.00	16.93	0.12
169.5	1.44	-126.93	5909.07	-3.82	1.10	-2.72	4.34	-18.20	1.93	37.05	0.00	17.03	0.11
170.0	1.27	-118.68	5971.11	-3.82	1.11	-2.71	4.30	-17.13	1.87	33.81	0.00	17.13	0.11

TETA (GRAUS)	Y (MM)	VELOC. (MM/S)	ACEL. (MM/S**2)	PEST (KGF)	PDIN (KGF)	PSOMA (KGF)	F54 (KGF)	ALFA (GRAUS)	F32 (KGF)	MTOR (KGF/MM)	NPOT (CV)	RO (MM)	F32/RO (KGF/MM)
170.5	1.12	-110.36	6006.17	-3.82	1.12	-2.71	4.26	-16.03	1.81	30.62	0.00	17.23	0.11
171.0	0.97	-102.01	6013.09	-3.82	1.12	-2.71	4.23	-14.91	1.75	27.51	0.00	17.33	0.10
171.5	0.83	-93.67	5990.71	-3.82	1.11	-2.71	4.20	-13.77	1.69	24.49	0.00	17.42	0.10
172.0	0.71	-85.38	5937.87	-3.82	1.10	-2.72	4.18	-12.62	1.63	21.59	0.00	17.51	0.09
172.5	0.59	-77.19	5853.39	-3.82	1.09	-2.73	4.15	-11.46	1.56	18.82	0.00	17.59	0.09
173.0	0.49	-69.14	5736.12	-3.82	1.07	-2.76	4.13	-10.31	1.50	16.20	0.00	17.67	0.08
173.5	0.40	-61.27	5584.90	-3.82	1.04	-2.78	4.11	-9.17	1.43	13.75	0.00	17.74	0.08
174.0	0.32	-53.64	5398.56	-3.82	1.00	-2.82	4.09	-8.06	1.36	11.47	0.00	17.80	0.08
174.5	0.25	-46.29	5175.93	-3.82	0.96	-2.86	4.08	-6.97	1.28	9.39	0.00	17.85	0.07
175.0	0.19	-39.28	4915.87	-3.82	0.91	-2.91	4.06	-5.93	1.21	7.51	0.00	17.89	0.07
175.5	0.14	-32.65	4617.20	-3.82	0.86	-2.96	4.05	-4.94	1.13	5.85	0.00	17.93	0.06
176.0	0.10	-26.47	4278.76	-3.82	0.79	-3.03	4.04	-4.01	1.05	4.40	0.00	17.95	0.06
176.5	0.07	-20.79	3899.38	-3.82	0.72	-3.10	4.04	-3.15	0.96	3.17	0.00	17.97	0.05
177.0	0.05	-15.66	3477.92	-3.82	0.65	-3.18	4.03	-2.38	0.87	2.17	0.00	17.98	0.05
177.5	0.03	-11.15	3013.19	-3.82	0.56	-3.26	4.03	-1.69	0.77	1.37	0.00	17.99	0.04
178.0	0.01	-7.31	2504.04	-3.82	0.47	-3.36	4.03	-1.11	0.67	0.78	0.00	18.00	0.04
178.5	0.01	-4.21	1949.32	-3.82	0.36	-3.46	4.02	-0.64	0.57	0.38	0.00	18.00	0.03
179.0	0.00	-1.92	1347.84	-3.82	0.25	-3.57	4.02	-0.29	0.45	0.14	0.00	18.00	0.03
179.5	0.00	-0.49	698.46	-3.82	0.13	-3.69	4.02	-0.07	0.33	0.03	0.00	18.00	0.02
180.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.02	0.00	4.02	0.00	0.00	17.99	0.22
240.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.02	0.00	4.02	0.00	0.00	17.99	0.22
270.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.02	0.00	4.02	0.00	0.00	17.99	0.22
300.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.02	0.00	4.02	0.00	0.00	17.99	0.22
330.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.02	0.00	4.02	0.00	0.00	17.99	0.22
360.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.02	0.00	4.02	0.00	0.00	17.99	0.22

- ANEXO 3 -

PROGRAMA CAMO/PLOTAR

PAG 1

```
$SET LIST
$SET AUTOBIND
$BIND = FROM BIB/PLOTPAK
BEGIN
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%
% ESTE PROGRAMA DESTINA-SE A DESENHAR NUM "PLOTTER"
% O PERFIL DO CAMO DE DISCO QUE FOI PROJETADO
%
% AUTOR: NICOLA GETSCHKO
% N.USP 7150116
% EPUSP - NOVEMBRO 1981
%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
$INCLUDE "BIB/PLOTPAK/DECLARACOES"
```

```
REAL Y
, TETA
, PI
, XX
, YY
, YGRANDE
;
```

```
INTEGER INTER
```

```
;
VALUE ARRAY TEXT01 ("PROJETO DE CAMO DE DISCO")
, TEXT02 ("E P U S P - NICOLA GETSCHKO 7150116")
, TEXT03 ("TETA=0.0")
, TEXT04 ("TETA=54.0")
, TEXT05 ("TETA=82.8")
, TEXT06 ("TETA=136.6")
, TEXT07 ("TETA=180.0")
;
```

```
10000000
10001000
10002000
10003000
10004000
10005000
10006000
10007000
10008000
10009000
10010000
10011000
10012000
10013000
10014000
10015000
10016000
10017000
10018000
10019000
10020000
10021000
10022000
10023000
10024000
10025000
10026000
10027000
10028000
10029000
10030000
10031000
10032000
10033000
```

```

      , DUMMY (" ")
PI := 3.14159265358979;
GSCAL (1/25.4, 1/25.4, 150, 110);
GSYMB (-70, 80, .30, TEXT01, 0, 24);
GSYMB (-50, -85, .16, TEXT02, 0, 36);
GAXIS (-90, -70, DUMMY, 0, 180, 0, -90, 10);
GAXIS (-90, -60, DUMMY, -1, 130, 90, -60, 10);
GPLOT (0,0,3);
POINT (1);
GPLOT (88,0,2);
GSYMB (70, 2, .1, TEXT03, 0, 8);
GPLOT (0,0,3);
XX := 70*COS(54/180*PI);
YY := 70*SIN(54/180*PI);
GPLOT (XX,YY,2);
XX := * + 25;
GPLOT (XX,YY,2);
GSYMB (XX-20, YY+2, .1, TEXT04, 0, 9);
XX := 70*COS(82.8/180*PI);
YY := 70*SIN(82.8/180*PI);
GPLOT (0,0,3);
GPLOT (XX,YY,2);
XX := * + 25;
GPLOT (XX,YY,2);
GSYMB (XX-20, YY+2, .1, TEXT05, 0, 10);
XX := 80*COS(136.6/180*PI);
YY := 80*SIN(136.6/180*PI);
GPLOT (0,0,3);
GPLOT (XX,YY,2);
XX := * - 25;
GPLOT (XX,YY,2);
GSYMB (XX, YY+2, .1, TEXT06, 0, 10);
GPLOT (0,0,3);

```

```

10034000
10035000
10036000
10037000
10038000
10039000
10040000
10041000
10042000
10043000
10044000
10045000
10046000
10047000
10048000
10049000
10050000
10051000
10052000
10053000
10054000
10055000
10056000
10057000
10058000
10059000
10060000
10061000
10062000
10063000
10064000
10065000
10066000
10067000

```

```

GPLOT (-85,0,2);
GSYMB (-85, 2, .1, TEXT07, 0, 10);
GPLOT (60,0,3);
FOR INTER := 0 STEP 1 UNTIL 4 DO
  FOR TETA := CASE INTER OF (0, 54, 82.8, 136.6, 180)
    STEP .2
  UNTIL CASE INTER OF (53.8, 82.6, 136.4, 179.8, 360) DO
    BEGIN
      Y := CASE INTER OF ((80 * TETA**3) / 54**3 -
        (120 * TETA**4) / 54**4 +
        (48 * TETA**5) / 54**5),
        8.0,
        (8 + (70 * (TETA - 82.8)**3 / 54**3 -
          105 * (TETA - 82.8)**4 / 54**4 +
          42 * (TETA - 82.8)**5 / 54**5)),
        (15 - (150 * (TETA - 136.8)**3 / 43.2**3 -
          225 * (TETA - 136.8)**4 / 43.2**4 +
          90 * (TETA - 136.8)**5 / 43.2**5)),
        0.);
      YGRANDE := Y + 60;
      XX := YGRANDE * COS(TETA/180*PI);
      YY := YGRANDE * SIN(TETA/180*PI);
      GPLOT(XX,YY,2);
    END;
  GPLOT (40,0,3);
  FOR TETA := 0 STEP .2 UNTIL 360 DO
    BEGIN
      XX := 40 * COS(TETA/180*PI);
      YY := 40 * SIN(TETA/180*PI);
      GPLOT (XX,YY,2);
    END;
  GPLOT (20,0,3);
  FOR TETA := 0 STEP .2 UNTIL 360 DO
    BEGIN

```

```

10068000
10069000
10070000
10071000
10072000
10073000
10074000
10075000
10076000
10077000
10078000
10079000
10080000
10081000
10082000
10083000
10084000
10085000
10086000
10087000
10088000
10089000
10090000
10091000
10092000
10093000
10094000
10095000
10096000
10097000
10098000
10099000
10100000
10101000

```

PROGRAMA CAMO/PLOTAR

```
XX := 20 * COS(TETA/180*PI);  
YY := 20 * SIN(TETA/180*PI);  
GPLOT(XX,YY,2);  
END;  
ENDPLT;  
END.
```

PAG 4

```
10102000  
10103000  
10104000  
10105000  
10106000  
10107000
```