

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO
ENGENHARIA MECÂNICA

EXTRUSÃO HIDROSTÁTICA
ESTUDO EXPERIMENTAL DA PRESSÃO DE EXTRUSÃO PARA ALUMÍNIO E COBRE

V O L U M E I

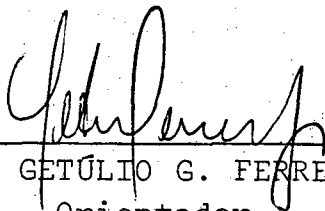
FAUSTO MORENO DE MIRA

TESE SUBMETIDA A APRECIÇÃO COMO REQUISITO
PARCIAL PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE:
MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA MECÂNICA
OPÇÃO FABRICAÇÃO

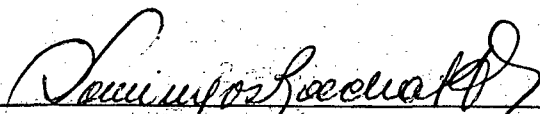
FLORIANÓPOLIS
SANTA CATARINA - BRASIL
MARÇO - 1974

ESTA TESE FOI JULGADA ADEQUADA PARA A
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
"MESTRE EM CIÊNCIAS"

E APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO
ORIENTADOR E PELO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO

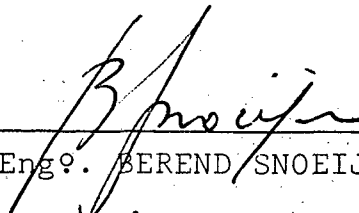


Prof. Eng^o. GETÚLIO G. FERRETTI, M.Sc.
Orientador

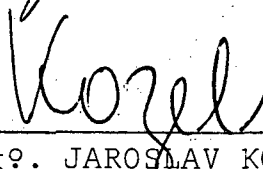


Prof. Eng^o. DOMÍNGOS B. ALVES, Ph.D.
Integrador dos Programas de
Pós-Graduação em Engenharia

BANCA EXAMINADORA:



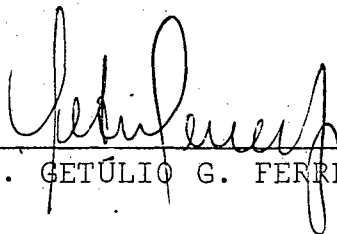
Prof. Eng^o. BEREND SNOEIJER, Ph.D.



Prof. Eng^o. JAROSLAV KOZEL, Ph.D.



Prof. Eng^o. ALMIR M. QUITES, M.Sc.



Prof. Eng^o. GETÚLIO G. FERRETTI, M.Sc.

À minha esposa
Ao meu filho
Aos meus pais

AGRADECIMENTOS

O autor deseja expressar seus mais profundos agradecimentos ao Departamento de Engenharia Mecânica do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina, à Comissão Permanente de Tempo Integral e Dedicção Exclusiva - COPERTIDE, à CAPES, BNDE e CNPq, aos Professores Peter Dunn e Getúlio Góes Ferretti e a todos os professores, funcionários e alunos deste Centro que, de uma forma ou outra, contribuíram para a execução deste trabalho.

RESUMO

O processo de extrusão hidrostática constitui-se em um dos mais recentes processos de conformação de metais, desenvolvidos nos últimos anos. O mesmo vem se difundindo em função de suas vantagens sobre o processo convencional.

A verificação experimental da variação da pressão de extrusão com as relações de redução, representa, basicamente, a verificação da validade das várias teorias sobre o assunto.

Pretende este trabalho fornecer resultados experimentais para estudar-se a variação da pressão de extrusão, para diferentes relações de redução, na extrusão hidrostática do alumínio e do cobre.

No capítulo III, apresentam-se os equipamentos utilizados para a realização dos ensaios experimentais, bem como a instrumentação necessária para a medição da pressão de extrusão, velocidade de extrusão e variação da temperatura no decorrer do processo. Saliente-se que, pressões da ordem de 10 000 atmosferas foram atingidas com o equipamento projetado e construído.

Efetou-se, ainda, o levantamento experimental das curvas de tensão-deformação reais para o alumínio e cobre.

Finalizando, discutem-se os resultados experimentais obtidos, com as principais teorias sobre o assunto. Conclusões e sugestões para futuros trabalhos, são também apresentadas.

ABSTRACT

The hydrostatic extrusion is constituted as one of the most recent processes of forming metals developed in recent years. It has been developed in view of its advantages over the conventional method.

The experimental verification of the variation of the extrusion pressure with relation to reduction, represents basically, the verification of the validity of various theories on this subject.

This work is done to give experimental results to show the variation of the extrusion pressure for different relations of extrusion, in the hydrostatic extrusion of aluminium and copper.

Chapter III presents the equipment utilized for the experiments, as well as the necessary instrumentation to measure the extrusion pressure, billet velocity, and the variation of temperature during extrusion. It is interesting to note that pressures of 10,000 atmospheres were attained with the equipment which was designed and constructed.

Besides this, the experimental stress - strain curves were also obtained for aluminium and copper.

Finally, it compares the experimental results obtained, with the principle theories on the subject. Conclusions and suggestions for further work are also presented.

Í N D I C E

	<u>PÁG.</u>
<u>CAP. I</u> - INTRODUÇÃO E GENERALIDADES SOBRE O PROCESSO DE EXTRUSÃO HIDROSTÁTICA.	
1.1 - Introdução	01
1.2 - Generalidades sobre o processo de extrusão hidrostática	02
<u>CAP. II</u> - REVISÃO DA LITERATURA.	
2.1 - Teorias sobre a extrusão hidrostática	06
2.2 - Estudos experimentais de extrusão hidrostática	11
<u>CAP. III</u> - DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS PARA ENSAIOS EXPERIMENTAIS DE EXTRUSÃO HIDROSTÁTICA.	
3.1 - Equipamentos para a realização dos ensaios de extrusão hidrostática	14
3.1.1 - Máquina utilizada para os ensaios de extrusão	14
3.1.2 - Componentes do conjunto da matriz de extrusão	16
3.1.2.1 - Adaptações	16
3.1.2.2 - Reservatório de pressão	20
3.1.2.3 - Matrizes usadas para a extrusão..	23
3.1.2.4 - Condutores elétricos	23

3.2 - Instrumentação para a medição dos parâmetros desejados resultantes dos ensaios de extrusão hidrostática	24
3.2.1 - Instrumentação para a medição da pressão de extrusão	27
3.2.1.1 - Introdução	27
3.2.1.2 - Instrumentos principais utilizados	
3.2.1.2.1 - Bobina de manganina	27
3.2.1.2.2 - Ponte amplificadora	28
3.2.1.2.3 - Oscilógrafo	28
3.2.1.2.4 - Galvanômetro	30
3.2.1.3 - Calibração das medições de pressão de extrusão	30
3.2.2 - Instrumentação para a medição da velocidade de extrusão	33
3.2.2.1 - Procedimento adotado	33
3.2.2.2 - Equipamentos utilizados	34
3.2.2.2.1 - Fonte de tensão	34
3.2.2.2.2 - Galvanômetro	34
3.2.2.3 - Calibração das medições de velocidade de extrusão	37
3.2.3 - Instrumentação para a medição da temperatura	37
3.2.3.1 - Procedimento adotado	37
3.2.3.2 - Galvanômetro utilizado	38
3.2.3.3 - Calibração das medições de temperatura	38
 <u>CAP. IV</u> - PROCEDIMENTO ADOTADO E RESULTADOS EXPERIMENTAIS.	
4.1 - Verificação experimental da viabilidade de uso do fluido sob altas pressões	42

4.1.1 - Introdução	42
4.1.2 - Levantamento da curva de aferição da prensa usada	42
4.1.2.1 - Equipamento utilizado na aferição da prensa	43
4.1.2.2 - Procedimento adotado	43
4.1.2.3 - Resultados obtidos	43
4.1.3 - Levantamento da curva carga-pressão ...	46
4.1.3.1 - Fluido	46
4.1.3.2 - Procedimento experimental	48
4.1.3.3 - Resultados obtidos	48
4.2 - Método experimental utilizado nos ensaios - de extrusão hidrostática e resultados	56
4.2.1 - Materiais utilizados	56
4.2.1.1 - Alumínio	56
4.2.1.2 - Cobre	57
4.2.2 - Preparação dos corpos de prova	57
4.2.3 - Condições de ensaio	62
4.3 - Resultados obtidos	62
4.3.1 - Alumínio	62
4.3.2 - Cobre	63
 <u>CAP. V</u> - LEVANTAMENTO DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO PA RA OS MATERIAIS USADOS NOS ENSAIOS DE EXTRU SÃO HIDROSTÁTICA.	
5.1 - Introdução	70
5.2 - Método empregado	71
5.2.1 - Generalidades	71
5.2.2 - Particularização para o caso do presen- te trabalho	74

	x
5.3 - Máquina de ensaio empregada	75
5.3.1 - Características da máquina	75
5.3.2 - Levantamento da curva de aferição da máquina de ensaio	76
5.3.2.1 - Equipamentos disponíveis	76
5.3.2.2 - Resultados obtidos	78
5.4 - Resultados obtidos no levantamento da curva tensão-deformação	79
<u>CAP. VI</u> - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS, CONCLUSÕES E <u>SUGESTÕES</u> .	
6.1 - Discussão dos resultados e conclusões	98
6.2 - Sugestões	111

S I M B O L O G I A

Os subscritos não definidos abaixo o são quando usados no texto.

A_0	área da secção transversal do bilete.
A_1	área da secção transversal do produto extrudado
A, B, a, b	constantes.
D	diâmetro.
E	módulo de Young.
K_1, K_2, K_{total}	relações de raios.
P	pressão de extrusão ou pressão do fluido.
p	tensão hidrostática.
q	pressão na matriz.
q_m	pressão média na matriz.
R	relação de redução ou de extrusão ($R = A_0/A_1$).
R_1, R_2, R_3	resistências elétricas de amortecimento.
R_{cs1}, R_{cs2}	resistências elétricas de calibração ligadas em série.
R_c	resistência elétrica compensadora.
R_0	resistência elétrica da bobina de manganina.
Y	tensão de escoamento.
Y_m	tensão média de escoamento.
α	semi-ângulo da matriz.
Δp	variação de pressão.
ΔR	variação de resistência elétrica.
δ	interferência relativa.
ϵ	deformação relativa.
$\bar{\epsilon}$	deformação natural.
$\bar{\epsilon}_1, \bar{\epsilon}_2, \bar{\epsilon}_3, \bar{\epsilon}_c$	deformações como definidas no texto.
μ	coeficiente de atrito.
σ_r	tensão radial.
σ_z	tensão axial.
σ_θ	tensão tangencial.

RELAÇÃO DE FIGURAS

	<u>PÁG.</u>
FIG. 1 - Representação esquemática do processo de extrusão hidrostática	2
FIG. 2 - Equilíbrio de forças sobre um elemento de extrusão	8
FIG. 3 - Vista geral dos equipamentos utilizados para os ensaios experimentais de extrusão hidrostática	15
FIG. 4 - Vista geral dos equipamentos utilizados para os ensaios experimentais de extrusão hidrostática (vista de outro ângulo)	15
FIG. 5 - Representação esquemática do processo de extrusão empregado	17
FIG. 6 - Vista da prensa AMSLER - 500 tonf. com as partes componentes do conjunto da matriz para extrusão hidrostática montado	18
FIG. 7 - Vista das partes componentes do conjunto da matriz para extrusão hidrostática	18
FIG. 8 - Pistão e placa superior da prensa (detalhe da possibilidade do movimento relativo da placa em relação ao cilindro)	19
FIG. 9 - Anel de encosto da placa superior (impossibilidade de movimento relativo entre o pistão e a placa superior da prensa)	19
FIG. 10 - Detalhe da placa de centragem do estampo	20
FIG. 11 - Esquema da composição dos 2 cilindros componentes do reservatório de pressão	21

FIG. 12 - Detalhe da vedação dos fios condutores fixados no tampão inferior da matriz	25
FIG. 13 - Micrografia do termopar Cr-Al, brasado no furo do cone de aço inoxidável (vista em corte transversal - Aumento 63 vezes)	26
FIG. 14 - Ponte amplificadora KWS/6E-5 HOTTINGER	29
FIG. 15 - Oscilógrafo - U.V. RECORDER SE 3006	29
FIG. 16 - Representação esquemática do circuito elétrico empregado para medição da pressão de extrusão..	32
FIG. 17 - Detalhe da ligação em série das resistências de calibração	32
FIG. 18 - Representação esquemática do dispositivo para registro no oscilógrafo (U.V. RECORDER) da velocidade de extrusão	35
FIG. 19 - Vista parcial do dispositivo para medição do deslocamento do produto extrudado	36
FIG. 20 - Detalhe do dispositivo para medição de deslocamento do produto extrudado	36
FIG. 21 - Representação esquemática para medições de pressão de extrusão e variações de temperatura no fluido	40
FIG. 22 - Registro gráfico típico no oscilógrafo (U.V. RECORDER) das medições de pressão, velocidade e temperatura	41
FIG. 23 - Curva de aferição da prensa	47
FIG. 24 - Levantamento experimental curva carga-pressão - Fluido: Regal oil & PE	50
FIG. 25 - Levantamento experimental curva carga-pressão..	55

- FIG. 26 - Estufa HERAEUS utilizada para o recozimento dos corpos de prova 58
- FIG. 27 - Aparelho para medir dureza WOLPERT tipo HT-1A , utilizado na determinação da dureza HB dos corpos de prova 58
- FIG. 28 - Curva experimental pressão de extrusão - relação de redução. Material: Alumínio 65
- FIG. 29 - Biletes utilizados na extrusão do alumínio (detalhe das várias relações de redução empregadas) 66
- FIG. 30 - Produtos extrudados a partir dos biletes da figura anterior 66
- FIG. 31 - Curva experimental pressão de extrusão - relação de redução. Material: Cobre 68
- FIG. 32 - Biletes utilizados na extrusão do cobre (detalhe das várias relações de redução ensaiadas).. 69
- FIG. 33 - Produtos extrudados a partir dos biletes da figura anterior 69
- FIG. 34 - Representação esquemática do gráfico tensão de escoamento - relação d_0/h_0 para vários valores de deformação relativa 72
- FIG. 35 - Representação esquemática do gráfico tensão de escoamento - deformação relativa para diferentes valores de relação d_0/h_0 e várias cargas aplicadas 73
- FIG. 36 - Curva de aferição da máquina para ensaio de tração e compressão 85
- FIG. 37 - Corpo de prova para levantamento experimental da curva tensão-deformação (relação 1/2 -Material: Alumínio) - Detalhe da ocorrência de escoamento lateral 87
- FIG. 38 - Idem figura anterior - Detalhe do corpo de prova em sua forma final 87

FIG. 39 - Relações d_0/h_0 - deformação relativa para os vários valores de cargas aplicadas. Material: Alumínio	88
FIG. 40 - Relações d_0/h_0 - deformação relativa para os vários valores de cargas aplicadas. Material: Cobre	89
FIG. 41 - Curva tensão-deformação para o alumínio	92
FIG. 42 - Curva tensão-deformação para o cobre	93
FIG. 43 - Retas de extrapolação para o cobre e alumínio..	95
FIG. 44 - Curvas tensão-deformação para o alumínio e cobre com valores extrapolados	96
FIG. 45 - Comparação das teorias de extrusão com os resultados experimentais obtidos na extrusão hidrostática do ALUMÍNIO - Equação (03)	101
FIG. 46 - Comparação das teorias de extrusão com os resultados experimentais obtidos na extrusão hidrostática do ALUMÍNIO - Equação (06)	102
FIG. 47 - Comparação das teorias de extrusão com os resultados experimentais obtidos na extrusão hidrostática do ALUMÍNIO - Equação (09)	103
FIG. 48 - Comparação das teorias de extrusão com os resultados experimentais obtidos na extrusão hidrostática do ALUMÍNIO - Equação (11)	104
FIG. 49 - Comparação das teorias de extrusão com os resultados experimentais obtidos na extrusão hidrostática do ALUMÍNIO - Equação (12)	105
FIG. 50 - Comparação das teorias de extrusão com os resultados experimentais obtidos na extrusão hidrostática do COBRE - Equação (03)	106

- FIG. 51 - Comparação das teorias de extrusão com os resultados experimentais obtidos na extrusão hidrostática do COBRE - Equação (06) 107
- FIG. 52 - Comparação das teorias de extrusão com os resultados experimentais obtidos na extrusão hidrostática do COBRE - Equação (09) 108
- FIG. 53 - Comparação das teorias de extrusão com os resultados experimentais obtidos na extrusão hidrostática do COBRE - Equação (11) 109
- FIG. 54 - Comparação das teorias de extrusão com os resultados experimentais obtidos na extrusão hidrostática do COBRE - Equação (12) 110

RELAÇÃO DE QUADROSPÁG.

QUADRO	1 - Levantamento da curva de aferição da prensa AMSLER - 500 tonf. - Valores medidos através do dinamômetro de anel com dispositivo ótico de medição	44
QUADRO	2 - Levantamento da curva de aferição da prensa AMSLER - 500 tonf. - Valor real da carga e erro percentual relativo para as várias cargas lidas	45
QUADRO	3 - Levantamento experimental curva carga-pressão - Fluido: Regal oil & PE	49
QUADRO	4 - Levantamento experimental curva carga-pressão - Fluido: Shell Tellus 27	52
QUADRO	5 - Levantamento experimental curva carga-pressão - Fluido: Havoline SAE 50	53
QUADRO	6 - Levantamento experimental curva carga-pressão - Fluido: Havoline SAE 140	54
QUADRO	7 - Valores de dureza Brinell dos corpos de prova de alumínio, utilizados nos ensaios de extrusão hidrostática	59
QUADRO	8 - Valores de dureza Brinell dos corpos de prova utilizados nos ensaios adicionais de extrusão hidrostática, efetuados com o alumínio	60
QUADRO	9 - Valores de dureza Brinell dos corpos de prova de cobre utilizados nos ensaios de extrusão hidrostática	61

QUADRO 10 - Resultados experimentais dos ensaios de <u>ex</u> trusão hidrostática para o alumínio	64
QUADRO 11 - Resultados experimentais dos ensaios de <u>ex</u> trusão hidrostática para o cobre	67
QUADRO 12 - Levantamento da curva de aferição da <u>máqui</u> na de ensaio de tração e compressão VEB- ZD10 - Valores medidos utilizando-se o dina mômetro de anel WAZAU	80
QUADRO 13 - Levantamento da curva de aferição da <u>máqui</u> na de ensaio de tração e compressão VEB- ZD10 - Valor real da carga e erro <u>percen</u> tual relativo, para as várias cargas aplica das	81
QUADRO 14 - Levantamento da curva de aferição da <u>máqui</u> na de ensaio de tração e compressão VEB- ZD10 - Valores medidos através do dinamôme tro de anel com dispositivo ótico de medi ção	82
QUADRO 15 - Levantamento da curva de aferição da <u>máqui</u> na de ensaio de tração e compressão VEB- ZD10 - Valor real da carga e erro <u>percen</u> tual relativo para as várias cargas aplica das	83
QUADRO 16 - Levantamento da curva de aferição da <u>máqui</u> na de ensaio de tração e compressão VEB- ZD10 - Valor da carga real obtido a <u>par</u> tir da reta de ajuste e erro percentual <u>re</u> lativo para as várias cargas aplicadas	84
QUADRO 17 - Levantamento da curva tensão-deformação - <u>Va</u> lores calculados a partir dos ensaios <u>expe</u> rimentais. Material: Alumínio	90

QUADRO 18 - Levantamento da curva tensão-deformação - Valores calculados a partir dos ensaios experimentais. Material: Cobre

91

CAPÍTULO I

1 - INTRODUÇÃO E GENERALIDADES SOBRE O PROCESSO DE EXTRUSÃO HIDROSTÁTICA.

1.1 - Introdução

A extrusão hidrostática constitui-se em um dos mais recentes processos de conformação de metais.

O processo apresenta amplo campo de utilização industrial, em função de suas vantagens em relação aos processos convencionais de extrusão.

Prensas industriais utilizadas no processo já são fabricadas na Suécia, pela ASEA, e pesquisas industriais estão sendo desenvolvidas pela VICKERS, na Inglaterra, para produzir prensas para extrusão hidrostática semi-contínua.

Nos Estados Unidos, a GE fabrica uma prensa para extrusão hidrostática contínua.

Pesquisas estão sendo desenvolvidas nas universidades e laboratórios de pesquisas no EUA, Rússia e em alguns outros países da Europa, explorando principalmente as possibilidades de materiais de difícil conformabilidade e a determinação dos limites de aplicação do processo.

No Brasil, a extrusão está sendo feita ainda pelos métodos tradicionais, quase nada havendo de pesquisa e muito menos de aplicações industriais de extrusão hidrostática. A introdução do processo no Brasil é favorecida pelo fato de que uma economia em expansão, como é o caso da brasileira, procura utilizar os métodos mais avançados de produção, não necessitando, conseqüentemente, investir em processos anteriores de menor rentabilidade. Torna-se, assim, recomendável que exista pesquisa no assunto, o que eliminará, no futuro, a importação de 'know-how'. O país já fabrica prensas de alta capacidade que

poderiam ser adaptadas para extrusão hidrostática, desde que haja o conhecimento necessário sobre o processo.

Com este trabalho, pretende-se iniciar no Centro Tecnológico da UFSC, uma pesquisa aplicada neste campo. Havendo condições favoráveis, para o seu prosseguimento, as etapas serão vencidas rapidamente, como convém ao desenvolvimento e à economia nacional.

1.2 - Generalidades sobre o processo de extrusão hidrostática.

A extrusão hidrostática é um processo de conformação que consiste em colocar-se o material no interior de um reservatório de pressão contendo um fluido, e aumentar sua pressão até um valor suficientemente elevado tal que o mesmo seja forçado, pelo fluido, a escoar através da abertura ou aberturas de uma matriz (figura 1).

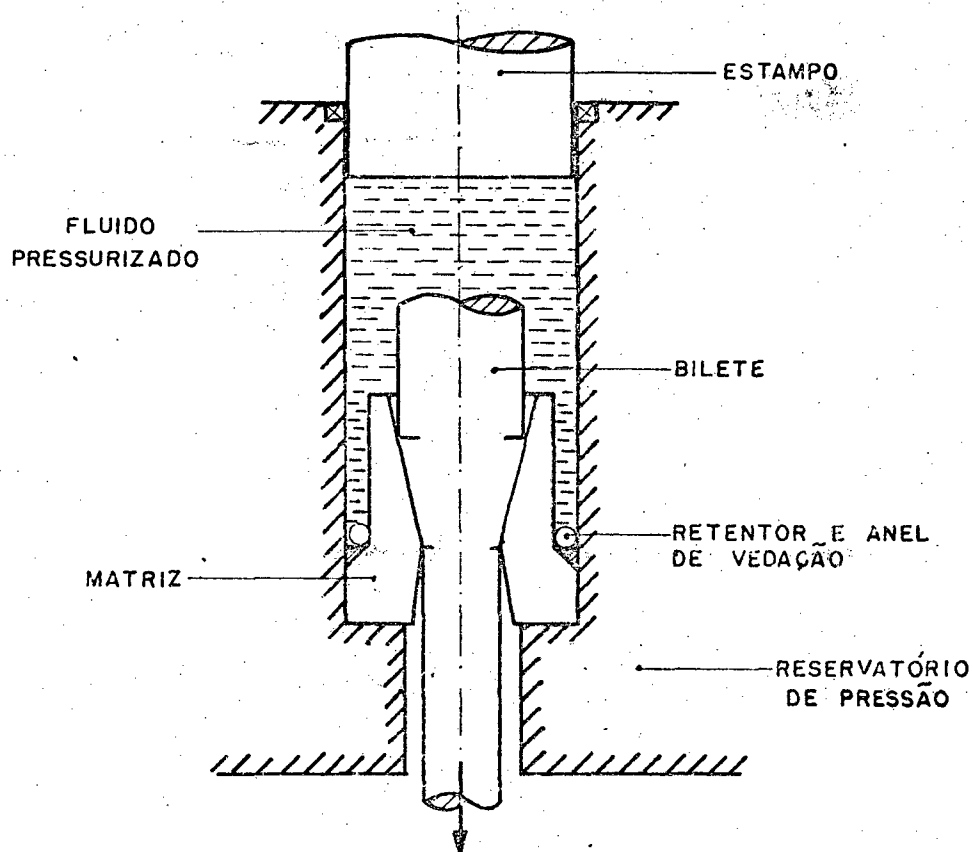


FIG. 1 - Representação esquemática do processo de extrusão hidrostática.

As principais vantagens do processo são as seguintes:

- (i) ausência de atrito entre o bilete e o reservatório, e, conseqüentemente, a pressão de extrusão não aumenta com o aumento do comprimento do bilete, como ocorre no método convencional;
- (ii) existência de um fácil suprimento de fluido para lubrificar a interface bilete-matriz;
- (iii) tendo em vista que o atrito entre o bilete e a matriz é reduzido, matrizes de menor ângulo podem ser usadas para reduzir a deformação redundante e a pressão de extrusão.

Materiais menor dúteis podem ser extrudados a frio, uma vez que o cizalhamento do material ao longo da matriz é reduzido;

- (iv) dos itens anteriores pode-se deduzir que tanto a pressão necessária à extrusão, para dadas condições, como, também, o ângulo da matriz para a mínima pressão, são menores que para a extrusão convencional;

- (v) não há limitação do comprimento do bilete a extrudar quanto ao problema de flambagem.

Como o fluido pressurizado envolve completamente o bilete, o estado de tensões, na parte do bilete fora da zona de deformação da matriz, é hidrostático, no qual a tensão é igual à pressão do líquido. Assim, por maior que seja o comprimento do bilete, não existe o problema da ocorrência de flambagem (a carga aplicada na extremidade do bilete, a qual força o mesmo a escoar através da matriz é, simultaneamente, suportada lateralmente pela mesma pressão);

- (vi) não há necessidade de um controle mais rigoroso das dimensões dos biletes;

- (vii) a elevada pressão em torno da matriz propicia um suporte à mesma: produtos de secção transversal complexa, podem ser extrudados através de matrizes com espessuras de paredes reduzidas;

(viii) o processo é versátil: com a simples troca da matriz vários tamanhos e secções de billetes podem ser extrudados; produtos escalonados podem ser fabricados.

É evidente que muitos problemas precisam ser superados para conseguir-se a extrusão, mesmo em escala de laboratório, principalmente, relacionados com a vedação do fluido submetido a alta pressão, como, também, em controlar-se o regime de extrusão e as condições de lubrificação.

Uma vez que a maioria dos fluidos não permitem ser aquecidos a altas temperaturas, a extrusão hidrostática é geralmente efetuada à temperatura ambiente. Assim sendo, na maioria dos metais, mesmo pequenas relações de redução requerem elevadas pressões de extrusão.

Isto introduz dificuldades no projeto de recipientes suficientemente resistentes para suportarem repetidas pressurizações a níveis tão elevados, e, em conseguir-se vedadores móveis para estampos ou êmbolos, geralmente usados para gerar a pressão necessária.

Além disso, outras possíveis desvantagens podem ser resumidas, como segue:

- (i) para pressões muito elevadas ocorre considerável compressão do fluido. Isto ocasiona grande quantidade de energia armazenada, o que reduz a eficiência do processo e pode ser perigoso;
- (ii) uma vez iniciada a extrusão do bilete torna-se difícil o controle da taxa de extrusão. Conseqüentemente, a velocidade de extrusão pode ser muito elevada e efeitos indesejáveis de aquecimento e amolecimento do material podem ocorrer. Nestes casos, o bilete e o fluido podem ser violentamente expelidos do reservatório.

Perda do controle da velocidade de extrusão na maioria das vezes leva à instabilidade, a qual é caracterizada por 'stick-slip' no movimento do extrudado e flutuação da pressão com o tempo;

- (iii) o bilete necessita ter a sua extremidade inicial cônica e ajustada contra a matriz a fim de que haja uma vedação inicial.

No presente trabalho, desenvolveu-se o projeto e fabricação de um equipamento, para ensaios de laboratório, que permitiu a realização experimental do processo de extrusão hidrostática e o estudo dos principais parâmetros que influem no processo.

Como objetivo deste trabalho, estudou-se a variação da pressão de extrusão com os parâmetros seguintes:

- (i) relação de redução;
- (ii) material.

Com esta finalidade, conseguiu-se proceder à realização dos ensaios de extrusão hidrostática em regime de velocidade contínua e solucionou-se o problema das medições da pressão de extrusão, velocidade de extrusão e variações da temperatura no decorrer da extrusão.

A fim de se estudar a variação da pressão com os parâmetros indicados, efetuou-se, ainda, o levantamento experimental da curva tensão-deformação para os materiais usados nos ensaios de extrusão hidrostática.

CAPÍTULO II

2 - REVISÃO DA LITERATURA

2.1 - Teorias sobre a extrusão hidrostática

De uma maneira geral, as várias teorias sobre extrusão hidrostática, estudam a pressão de extrusão em função das relações de redução.

As soluções, inicialmente propostas, podem ser obtidas do processo de extrusão convencional, desprezando-se o atrito entre bilette e reservatório. As fórmulas empíricas neste campo são normalmente da forma

$$\frac{P}{Y_m} = a + b \ln R \quad (01)$$

Equações deste tipo são úteis para avaliar os valores de pressão de extrusão e ajustar resultados experimentais.

POMP, SIEBEL e HOUDREMENT¹, para a trefilação de arames, supõem que a pressão média na matriz (q_m), é igual à tensão média de escoamento do material (Y_m). Donde, derivam a seguinte equação:

$$P = \left(1 + \frac{\mu}{\alpha}\right) \cdot Y_m \ln R \quad (02)$$

WISTREICH² mostrou que esta suposição não é correta. Para pequenas reduções, onde, usualmente, existe uma influência percentual apreciável do trabalho redundante, a tensão média na matriz poderá ser muito maior que a tensão média de escoamento.

SIEBEL ³ levou em conta o trabalho redundante e deduziu a seguinte equação:

$$p = \left(1 + \frac{\mu}{\alpha}\right) \cdot Y_m \ell_n R + \frac{2}{3} \alpha Y_m \quad (03)$$

O trabalho redundante da forma $\frac{2}{3} \alpha Y_m$ implica, no caso do coeficiente de atrito igual a zero ($\mu = 0$), em que, a curva de tensão para cada ângulo da matriz seja paralela à curva de deformação homogênea.

HILL e TUPPER ⁴ afirmam que isto não está de acordo com os resultados experimentais de WISTREICHT.

Além disso, o termo devido ao atrito não depende do trabalho redundante, o qual de fato aumenta as forças de atrito.

DUFFIL and MELLOR ⁵ sugerem a seguinte modificação:

$$p = \left(1 + \frac{\mu}{\alpha}\right) \int_0^{\bar{\epsilon}_c} Y d\bar{\epsilon} \quad (04)$$

onde $\bar{\epsilon}_c = \frac{2}{3} \alpha + \ell_n R$

Apesar desta teoria ser muito criticada, a mesma prevê um valor ótimo para o ângulo da matriz, para uma dada relação de redução e coeficiente de atrito.

SACHS e van HORN ⁶ assumem a hipótese de que a pressão média na matriz é independente da presença do atrito e apresentam a seguinte equação:

$$p = Y_m (1 + \mu \cot \alpha) \cdot \ell_n R \quad (05)$$

GREEN ⁷ mostra que isto somente é aplicável para pequenas reduções e reduzidos coeficientes de atrito.

A expressão abaixo é proposta por PUGH ⁸, deduzida do termo de trabalho redundante

$$p = \left(1 + \frac{\mu R \ln R}{\sin \alpha (R-1)}\right) \cdot Y_m \ln R \quad (06)$$

DUFFIL and MELLOR ⁵ e PARSONS, BRETHERTON e COLE ⁹, para a maioria dos casos de extrusão e trefilação, deduzem a pressão de extrusão do método de SACHS ¹⁰. As equações de equilíbrio nas direções axial e radial são (figura 2), respectivamente:

$$D \, d \sigma_z + 2 \left[\sigma_z + q(1 + \mu \cot \alpha) \right] \, dD = 0 \quad (07)$$

$$\sigma_r = -q (1 - \mu \tan \alpha) \quad (08)$$

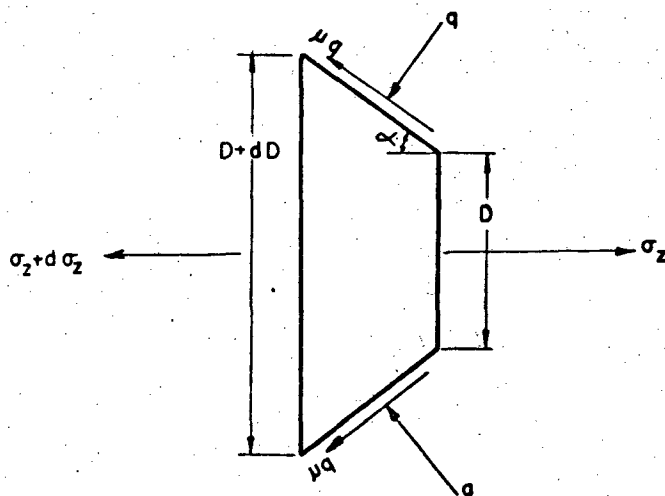


Fig. 2 - Equilíbrio de forças sobre um elemento de extrusão.

A única aproximação feita nesta teoria é que $\mu \tan \alpha$ é desprezável comparativamente à unidade, assim $\sigma_r \approx -q$.

Assim, tem-se a seguinte equação

$$p = Y_m \left(\frac{1 + \mu \cot \alpha}{\mu \cot \alpha} \right) \cdot (R^{\mu \cot \alpha} - 1) \quad (09)$$

As equações (02), (03), (05), (06) e (09) são todas baseadas no critério de escoamento de TRESCA e, para um material encruável, a tensão média de escoamento (Y_m) é definida como segue:

$$Y_m = \frac{\int_0^{\bar{\epsilon} = \ln R} Y \, d\bar{\epsilon}}{\ln R} \quad (*) \quad (10)$$

PUGH⁸ supõe que o trabalho pode ser dividido em 3 (três) parcelas, i.é, trabalho de deformação homogênea, P_H , trabalho redundante, P_R , e trabalho de atrito, P_A .

Para calcular o trabalho redundante, PUGH utilizou três diferentes tipos de contornos para a zona de deformação, ou seja, plana transversal, cônica e esférica. Todos os três tipos de contornos originam termos de trabalho redundante, os quais se aproximaram daquele dado por SIEBEL³, para pequenos ângulos da matriz. Dentre os tipos de contorno considerados, o cônico dá a menor pressão estimada, entretanto, PUGH em seu trabalho, optou pelo contorno esférico.

A equação proposta por PUGH é a seguinte:

$$p = \int_0^{\bar{\epsilon}^3} Y \, d\bar{\epsilon} + \frac{\mu R \ln R}{\sin \alpha (R-1)} \int_{\bar{\epsilon}^1}^{\bar{\epsilon}^2} Y \, d\bar{\epsilon} \quad (11)$$

* - No presente trabalho, as tensões e deformações são as reais, exceto especificação em contrário.

onde:

$$\bar{\epsilon}_1 = 0,5 \left(\frac{\alpha}{\text{sen}^2 \alpha} - \cot \alpha \right)$$

$$\bar{\epsilon}_2 = \bar{\epsilon}_1 + \ln R$$

$$\bar{\epsilon}_3 = \bar{\epsilon}_1 + \bar{\epsilon}_2$$

O valor de 0,5 em $\bar{\epsilon}_1$ é obtido pelo critério de escoamento de TRESCA. PUGH encontrou uma melhor correlação em seus trabalhos experimentais pelo ajustamento do valor de 0,462.

Segundo DUFFIL e MELLOR⁵, para matrizes com semi-ângulos menores que $22^{\circ}30'$, a expressão

$$\left(\frac{\alpha}{\text{sen}^2 \alpha} \right) - \cot \alpha$$

difere de $2/3 \alpha$, em menos de 2%.

PUGH calculou o termo de atrito, baseando-se na deformação homogênea na matriz, levando em conta o encruamento do material. Ainda, segundo DUFFIL e MELLOR, o valor da força de atrito foi subestimado, já que o efeito do trabalho redundante na força de atrito não foi totalmente levado em conta.

Segundo, ainda, DUFFIL e MELLOR⁵, parece ser mais acurado supor que o trabalho de atrito depende tanto do trabalho homogêneo como do trabalho redundante. Assim,

$$p = \left(1 + \frac{\mu R \ln R}{\text{sen} \alpha (R-1)} \right) \cdot \int_0^{\bar{\epsilon}_3} Y d\bar{\epsilon} \quad (12)$$

onde

$$\bar{\epsilon}_3 = \left(\frac{\alpha}{\text{sen}^2 \alpha} - \cot \alpha \right) + \ln R$$

Ainda, segundo DUFFIL e MELLOR, o valor do coeficiente de atrito na extrusão hidrostática é da ordem de 0,010 e, de fato, existe uma diferença muito pequena entre as pressões de extrusão calculadas a partir das equações (11) e (12).

2.2 - Estudos experimentais de extrusão hidrostática

Apesar do processo de extrusão hidrostática ter sido sugerido por ROBERTSON ¹¹, em 1893, o primeiro trabalho científico foi publicado somente em 1952, por BRIDGMANN ¹². O mesmo desenvolveu uma série de trabalhos experimentais, tendo encontrado algumas dificuldades com o processo, principalmente quanto à elevada velocidade de ejeção do produto, 'stick-slip', e produtos defeituosos. Investigou, também, as propriedades dos produtos extrudados comparativamente com produtos trefilados, porém os resultados foram insuficientes para serem conclusivos.

PUGH e seus colegas do 'National Engineering Laboratory' deram sequência às pesquisas iniciadas por BRIDGMANN. PUGH ¹³ apresenta um resumo de seus trabalhos, baseados em uma série de publicações prévias.

Independente e aproximadamente na mesma época, trabalhos neste campo foram iniciados nos laboratórios da 'Academy of Sciences', em Moscou, por BERESNEV, BERESHCHAGIN, RYABININ e LIVSHITS, cujo sumário está contido no livro de BERESNEV e outros ¹⁴.

As principais vantagens do processo de extrusão hidrostática, comparativamente com o método convencional de extrusão a frio, p.ex., redução na pressão necessária (principalmente pela eliminação do atrito do material com as paredes do reservatório, como também, pela redução do atrito na matriz) e ângulo ótimo de matriz menor, são confirmados nos trabalhos experimentais dos citados autores.

Muitos outros pesquisadores, publicaram trabalhos sobre extrusão hidrostática, tais como RANDALL e outros ¹⁵, - (Nuclear Metals Inc.), FIORENTINO e outros ¹⁶, - (Battelle Memorial Institute), BOBROWSKY ¹⁷, - (Pressure Technology Corporation of

América), ROZNER e FAUPEL ¹⁸, - (DU PONT - U.S.A.), GREEN ¹⁹, - (United Kingdom Atomic Authority (U.K.A.E.A.), e ALEXANDER , LENGYEL e outros ^{20, 21, 22 e 23}, - (Imperial College).

O interesse no processo continuou a aumentar e, em 1967, por ocasião da conferência sobre 'High Pressure Engineers' organizado pelo 'Institution of Mechanical Engineers', sete publicações foram apresentadas sobre extrusão hidrostática. Também, apresentaram-se várias publicações nas conferências da (C.I.R.P.) e da (M.T.D.R.), realizadas em 1968.

PUGH ²⁴ realizou ensaios experimentais para o alumínio puro (99,5% Al) e liga de alumínio HD 44 (0,7% Mg, 1% Si, 0,7% Mn). Utilizou, para meio de transmissão da pressão e lubrificante, um óleo SAE 30, com dissulfeto de molibdênio disperso no óleo. Os ensaios foram efetuados para relações de redução (R) de 2 a 25, com matrizes com ângulos de 45° e 90°.

Segundo os resultados obtidos por PUGH, as relações entre a máxima pressão de extrusão e a relação de redução podem ser representadas através das seguintes fórmulas empíricas:

(i) para o alumínio puro (99,5% Al):

$$\begin{array}{l} \text{para matriz} \\ \text{com } 2\alpha = 90^\circ \end{array} \quad p = 1,5 + 9,8 \ln R \quad (13)$$

para $2 \leq R \leq 12$

$$\begin{array}{l} \text{para matriz} \\ \text{com } 2\alpha = 45^\circ \end{array} \quad p = -4,8 + 11,6 \ln R \quad (14)$$

para $4 \leq R \leq 25$

e

$$\begin{array}{l} p = 2,0 + 6,8 \ln R \quad (14A) \\ \text{para } 2 \leq R \leq 4 \end{array}$$

(ii) para a liga de alumínio HD 44:

$$\begin{array}{l} \text{para matriz} \\ \text{com } 2\alpha = 90^\circ \end{array} \quad p = 18,5 \ln R \quad (15)$$

para matriz
 com $2\alpha = 45^\circ$ $p = 18,75 \ln R - 5,0$ (16)

DUFFIL e MELLOR⁵ efetuaram ensaios experimentais para alumínio, cobre e aço.

Para a extrusão do alumínio, utilizaram para fluido um óleo mineral, Shell Tellus 27. Para a extrusão do cobre, o fluido usado foi um óleo hidráulico a base de petróleo, DTD 585. Os ensaios foram efetuados para matrizes com semi-ângulos de 15° , 30° e 45° . As relações de redução máximas foram de 9, tanto para o alumínio como para o cobre.

Os resultados obtidos mostram que as curvas pressão de extrusão/relação de extrusão são similares para ambos os materiais, e não são paralelas com a curva de deformação homogênea, exceto, possivelmente, para o menor valor do semi-ângulo da matriz utilizada ($\alpha = 15^\circ$). Mesmo para o menor valor do ângulo da matriz, os valores obtidos mostram que é apreciável o trabalho redundante para valores reduzidos de relação de redução. Os coeficientes de atrito não foram medidos, porém, são estimados como sendo da ordem de 0,010 para a extrusão hidrostática.

CAPÍTULO III

3 - DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS PARA ENSAIOS EXPERIMENTAIS DE EXTRUSÃO HIDROSTÁTICA.

Uma visão geral dos equipamentos utilizados para os ensaios experimentais de extrusão hidrostática é apresentada nas fotografias das figuras 3 e 4.

Para um melhor sequenciamento na apresentação que se segue, dividir-se-ão os equipamentos em duas partes:

- (i) equipamento para a realização dos ensaios de extrusão;
- (ii) instrumentação para a medição dos parâmetros desejados, resultantes dos ensaios de extrusão.

3.1 - Equipamento para a realização dos ensaios de extrusão hidrostática.

3.1.1 - Máquina utilizada para os ensaios de extrusão.

Prensa hidráulica AMSLER - Tipo 500 D 1029 ..

Características principais:

Carga máxima	500 tonf.
Distância máxima entre as placas de compressão	610 mm
Curso do pistão	300 mm
Máxima inclinação da placa superior	3°
Velocidade do pistão:	
posicionamento de aproximação	aprox. 120 mm/min
posicionamento de retorno	aprox. 270 mm/min
para ensaio (veloc. regulável)....	aprox. 0-12mm/min
Altura total da máquina	2280 mm
Escalas	0-500 tonf.
	0-250 tonf.
	0-50 tonf.

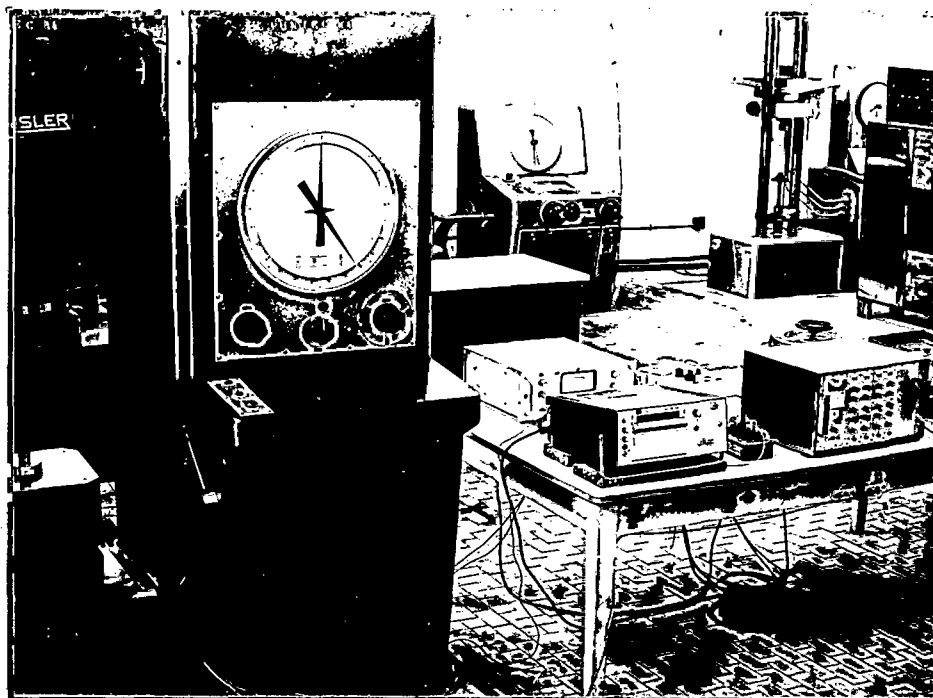


Fig. 3 - Vista geral dos equipamentos utilizados para os ensaios experimentais de extrusão hidrostática.

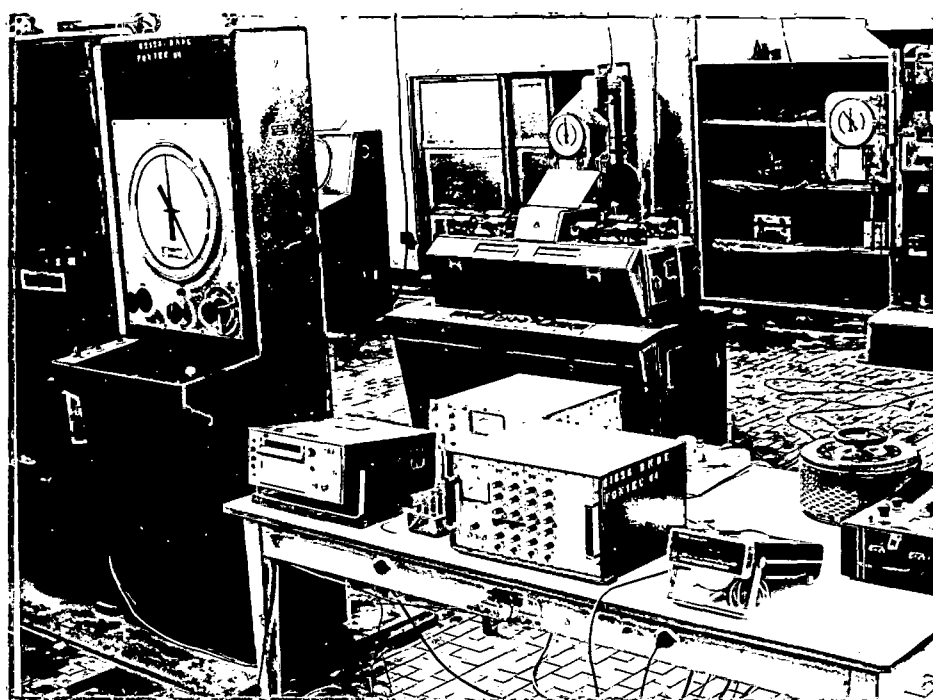


Fig. 4 - Vista geral dos equipamentos utilizados para os ensaios experimentais de extrusão hidrostática (vista de outro ângulo).

Precisão (segundo a DIN 51220 e 51223, classe 1, isto é, $\pm 1\%$ da carga indicada na faixa de 1/10 ao valor máximo de cada escala).

3.1.2 - Componentes do conjunto da matriz de extrusão.

Os desenhos de todos os componentes do conjunto da matriz de extrusão, estão contidos no apêndice 3.1 .

3.1.2.1 - Adaptações

Tendo em vista as características da prensa disponível para a realização dos ensaios, teve-se que proceder as seguintes adaptações:

I) extrusão no sentido contrário ao deslocamento do estampo (extrusão inversa), uma vez que a prensa utilizada não dispõe de furo na mesa para saída do produto extrudado.

A figura 5 mostra, esquematicamente, o procedimento adotado para a extrusão.

Como se pode depreender do esquema, o estampo atuando sobre a matriz comprime o fluido, colocado no interior do reservatório de pressão, aumentando gradualmente a sua pressão, até a mesma atingir a pressão de extrusão, forçando, então, o billete a escoar através da abertura da matriz, em sentido contrário ao deslocamento do estampo. A figura mostra, ainda, alguns detalhes da vedação e do dispositivo para medição da pressão, sobre os quais discorrer-se-á no decorrer do presente capítulo. As fotografias (figuras 6 e 7) mostram o conjunto das partes componentes da matriz para extrusão hidrostática montadas na prensa.

II) impedimento da inclinação da placa superior.

Para o funcionamento correto do conjunto da matriz de extrusão, deve-se ter um movimento perfeitamente vertical do estampo (perpendicular à base de apoio do reservatório).

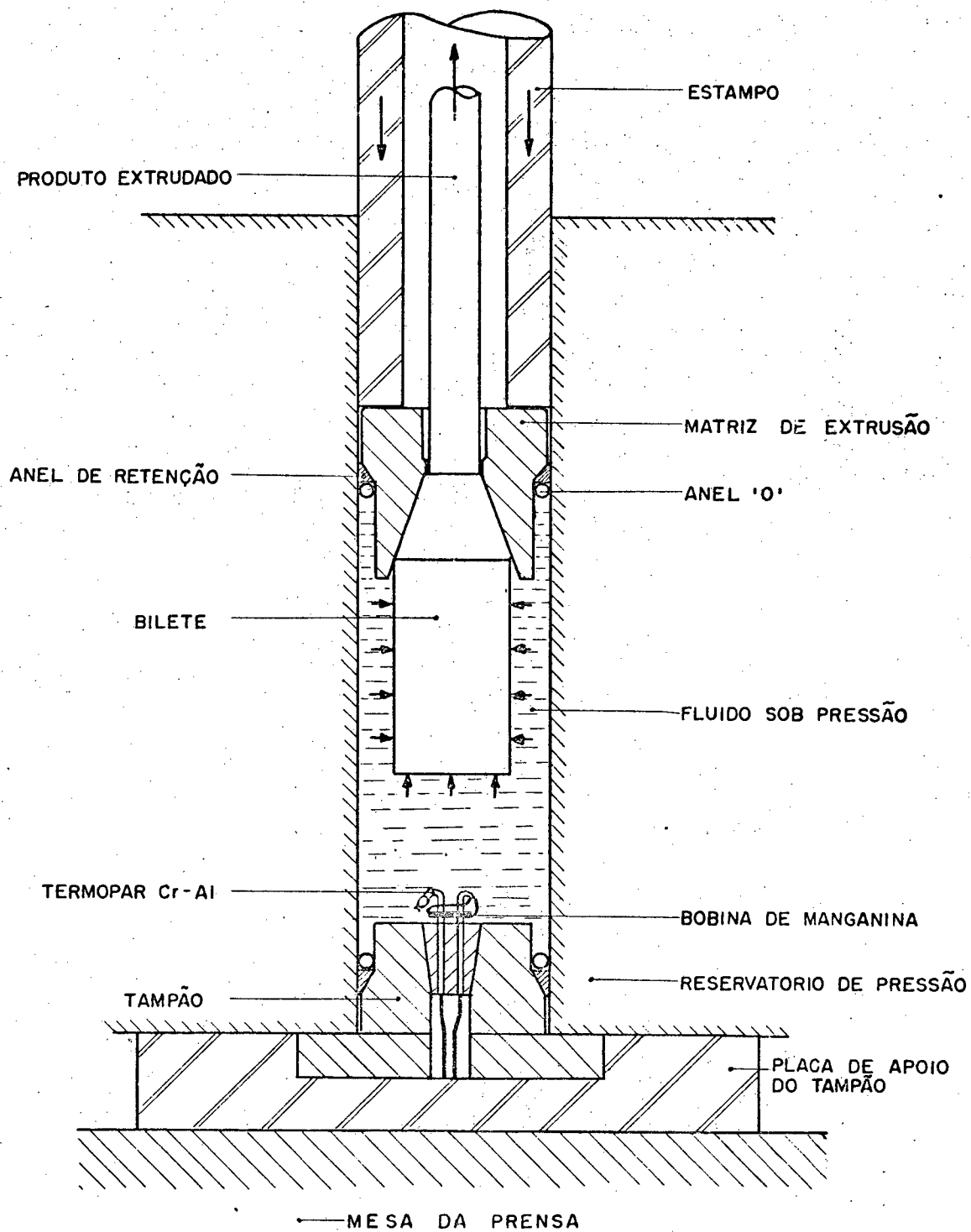


Fig. 5 - Representação esquemática do processo de extrusão empregado.

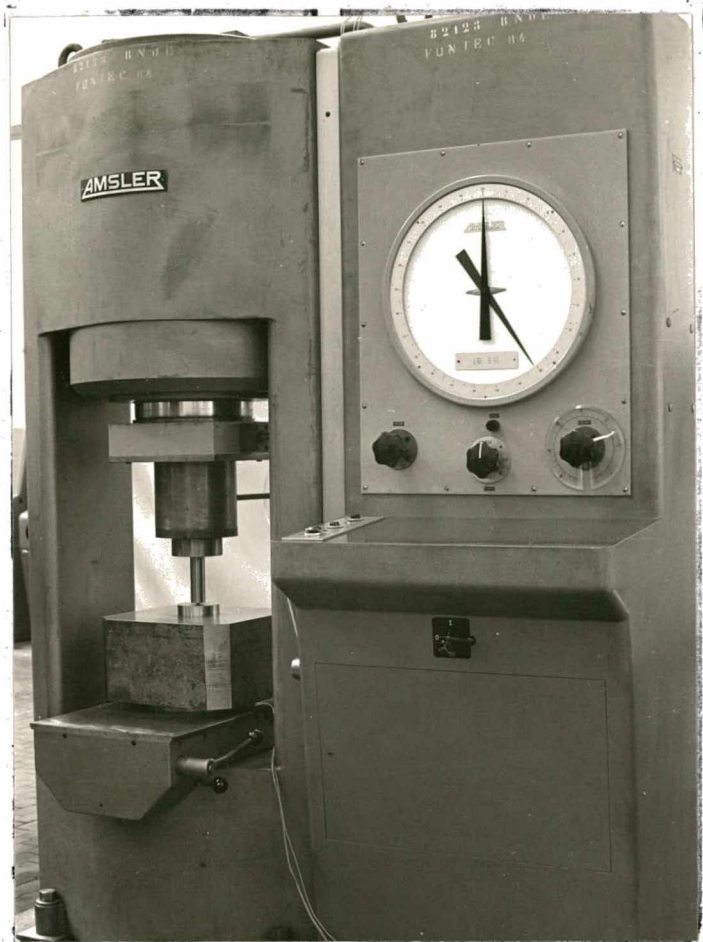


Fig. 6 - Vista da prensa AMSLER - 500 tonf. com as partes componentes do conjunto da matriz para extrusão hidrostática montado.

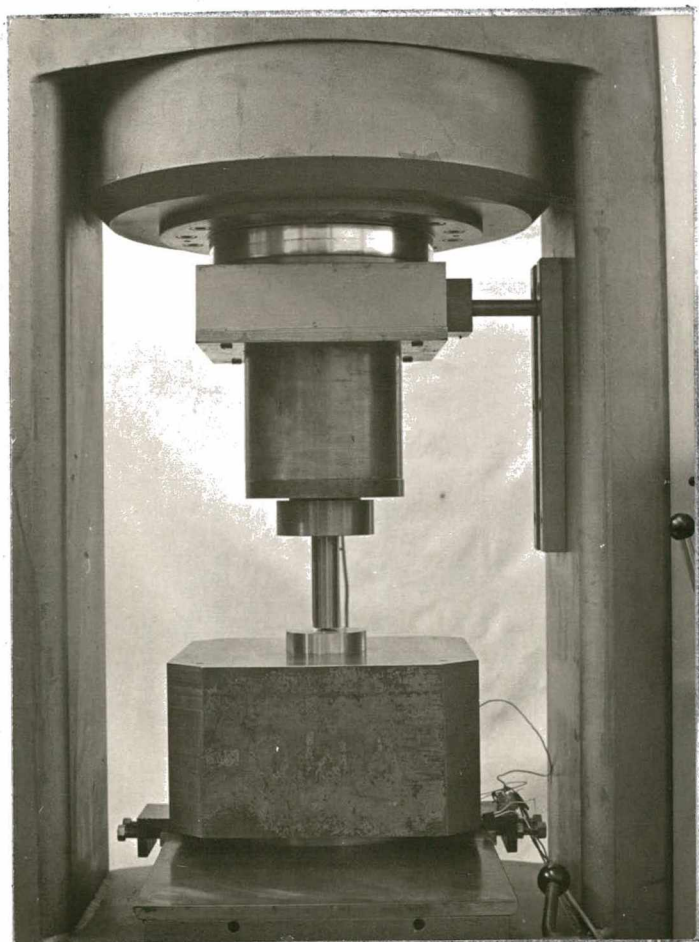


Fig. 7 - Vista das partes componentes do conjunto da matriz para extrusão hidrostática.



Fig. 8 - Pistão e placa superior da prensa (detalhe da possibilidade do movimento relativo da placa em relação ao cilindro).

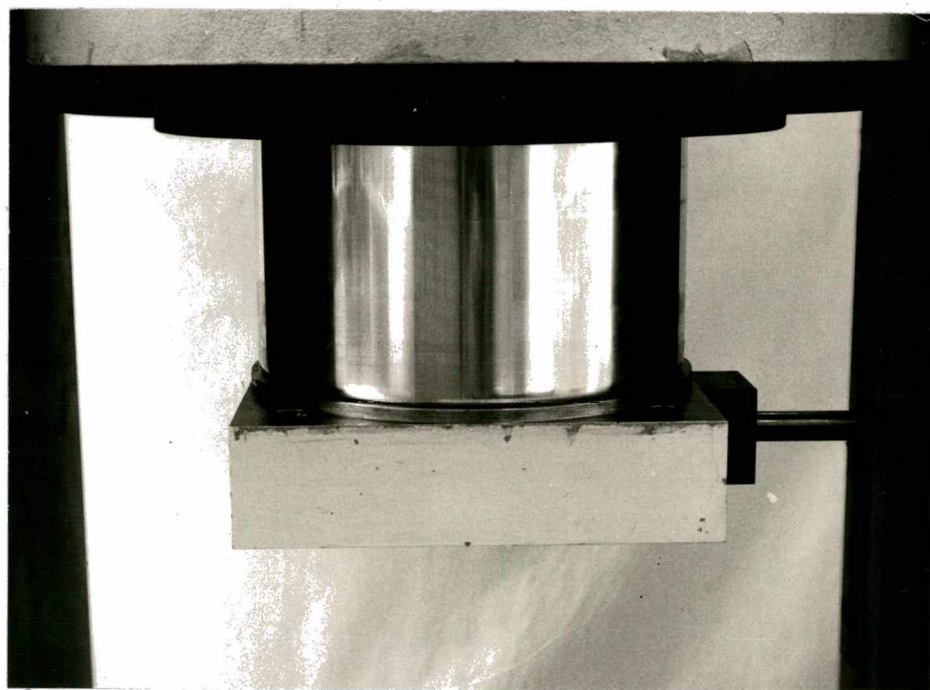


Fig. 9 - Anel de encosto da placa superior (impossibilidade de movimento relativo entre o pistão e a placa superior da prensa).

Isto foi solucionado, através da colocação de um anel de encosto entre o pistão e a placa superior da prensa. As fotografias das figuras 8 e 9 esclarecem o exposto.

III) possibilidades da centragem do estampo em relação à matriz, independente do posicionamento preciso da mesa da prensa.

Esta adaptação foi devida a não repetibilidade do posicionamento preciso da mesa da prensa.

Solucionou-se tal problema através da possibilidade de regulagem da posição dos parafusos de fixação da placa de centragem do estampo (figura 10).

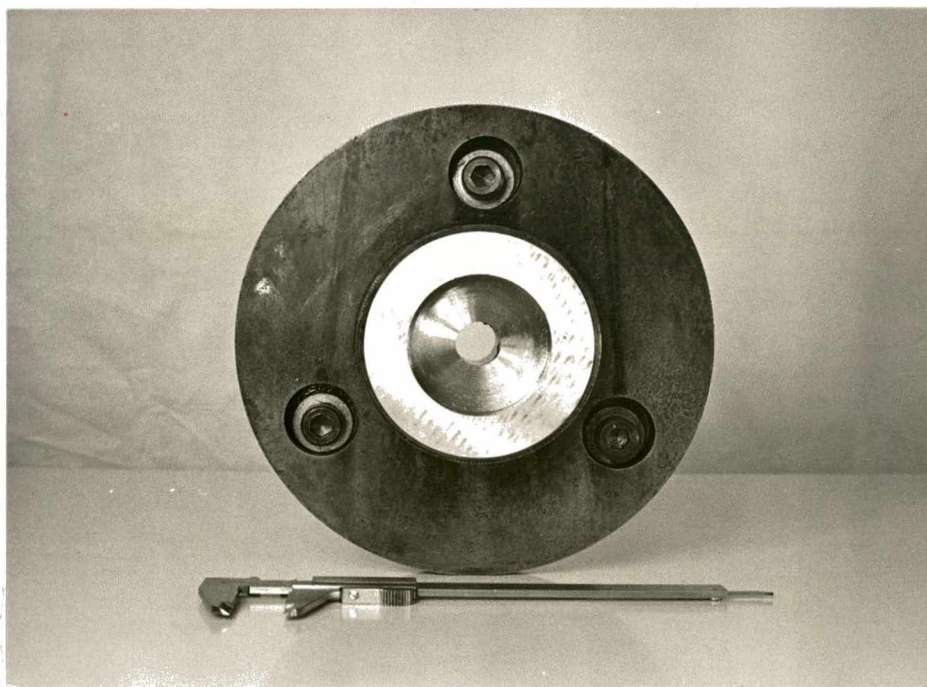


Fig. 10 - Detalhe da placa de centragem do estampo.

3.1.2.2 - Reservatórios de pressão

Os desenhos dos reservatórios de pressão estão contidos no apêndice 3.1 .

Segundo FORD ²⁵, para pressões internas acima de 1 000 atmosferas, é necessário utilizar-se reservatório de pressão obtido pela composição de mais de um cilindro.

É importante considerar-se que a fadiga não foi considerada no projeto do reservatório. Isto é perfeitamente aceitável para um equipamento de laboratório, uma vez que o número de ensaios, principalmente nas mais altas pressões, não é numeroso.

No presente caso, utilizaram-se dois (2) componentes de materiais diferentes. Empregou-se para a parte externa do reservatório um aço para ferramentas VMO (1,5% Ni, 0,9% Cr, 0,45% Mo, 0,1% V), com dureza de 40,5 Rc, e tensão de escoamento de 105,5 kgf/mm², com um diâmetro externo correspondente a 380 mm e diâmetro médio do furo cônico de 104,5 mm. Para a parte interna, usou-se um aço ferramenta VCO (3,5% Ni, 1% Cr, 0,3% Mo), com dureza de 47 Rc e tensão de escoamento de 126 kgf/mm², com um furo central de 37 mm.

São, portanto, as seguintes relações de raios, conforme figura 11:

$$(i) \quad K_{total} = \frac{r_{2e}}{r_{1i}} = \frac{380}{37} = 10,270$$

$$(ii) \quad K_1 = \frac{r_{1e}}{r_{1i}} = \frac{104,5}{37} = 2,824$$

$$(iii) \quad K_2 = \frac{r_{2e}}{r_{2i}} = \frac{380}{104,5} = 3,636$$

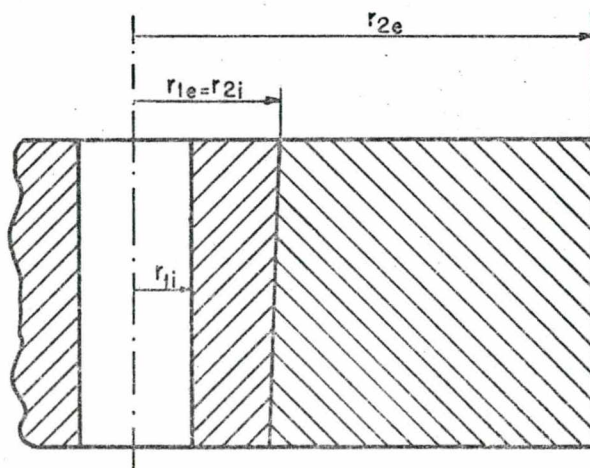


Fig. 11 - Esquema da composição dos 2 cilindros componentes do reservatório de pressão.

A máxima pressão elástica do conjunto montado, segundo critério de TRESCA modificado, pode ser calculada pela expressão:

$$P_{\max} = \frac{Y_1}{\sqrt{3}} \left(1 - \frac{1}{K_1^2}\right) + \frac{Y_2}{\sqrt{3}} \left(1 - \frac{1}{K_2^2}\right) \quad (17)$$

$$\therefore P_{\max} = 120 \text{ kgf/mm}^2$$

A relação de interferência entre o cilindro interno e o cilindro externo, pode ser determinada pela expressão seguinte, considerando-se que o valor do módulo de Young (E) seja o mesmo para ambos os materiais:

$$\delta = \frac{1}{E} (\sigma_{\theta 2i} - \sigma_{\theta 1e}) \quad (18)$$

onde:

$$\sigma_{\theta 2i} = -P_{2i} \left(\frac{1 + K_2^2}{1 - K_2^2}\right) + 2 P_{2e} \frac{K_2^2}{(1 - K_2^2)}$$

e

$$\sigma_{\theta 1e} = \frac{-2 P_{1i}}{(1 - K_1^2)} + P_{1e} \left(\frac{1 + K_1^2}{1 - K_1^2}\right)$$

\(\therefore\) A interferência calculada pela expressão (18) será

$$\delta = 4,98 \times 10^{-3} \text{ mm/mm}$$

Cálculos semelhantes foram, também, procedidos para o reservatório de pressão (1).

Registre-se que houve a ruptura do reservatório de pressão (1), conforme fotografia mostrada no apêndice 4.

Saliente-se, também, que a referida ruptura ocorreu quando o reservatório de pressão não se encontrava em uso, ou seja, com pressão interna igual à pressão atmosférica.

Na fotografia do apêndice 4 pode-se verificar o tipo de ruptura ocorrida.

É oportuno salientar-se, também, que antes da escolha do material a ser utilizado na confecção do reservatório, solicitou-se ao fabricante a indicação de um aço com resistência à ruptura por tração de 160 kgf/mm^2 , escoamento com cerca de 135 a 140 kgf/mm^2 , e no mínimo 10% de alongação, tendo-se obtido, do mesmo, a indicação de que o aço VCO preenchia estas condições.

Do aspecto da fratura, entretanto, pode-se verificar que a mesma foi do tipo frágil.

Presume-se que uma das causas que haja provocado a ruptura, tenha sido decorrente de um tratamento térmico inadequado.

Na realidade, conclusões que expliquem a ruptura exigiriam um minucioso estudo do ocorrido.

3.1.2.3 - Matrizes usadas para a extrusão

Nos ensaios de extrusão foram utilizados duas matrizes, conforme desenhos no apêndice 3.1, sendo a primeira matriz (1) com diâmetro da guia de calibração de $12,7 \text{ mm}$, e a segunda matriz (2) com diâmetro de $4,1 \text{ mm}$. Na matriz (1), para corpos de prova com diâmetro inicial de $25,4 \text{ mm}$, a relação de redução máxima é da ordem de 4 e para a matriz (2) de 30 .

Adotou-se 30° como ângulo total da matriz.

O material utilizado foi o aço para trabalho a frio VD-2 ($1,50\% \text{ C}$, $0,40\% \text{ Si}$, $12,0\% \text{ Cr}$, $0,90\% \text{ Mo}$, $0,90\% \text{ V}$).

3.1.2.4 - Condutores elétricos

Um dos problemas práticos de complicada execução foi o da colocação dos fios elétricos no interior do reservatório de pressão, através do tampão inferior da matriz, de modo a obter a vedação necessária. A solução encon

trada (figura 12) consistiu em utilizar-se dois fios termopares de chromel-alumel, isolados com cerâmica e revestidos de aço inoxidável 18/8 com \emptyset externo = 1 mm (classificação alemã 1.4541).

Os termopares foram brasados com solda prata no interior dos furos com $\emptyset = 1,2$ mm, executados em um cone de aço inoxidável 18/8 com 15° de ângulo total.

Efetuu-se a brasagem a vácuo a uma temperatura de 900°C .

Foram procedidas algumas brasagens experimentais, tendo sido efetuados vários cortes transversais e longitudinais, a fim de se verificar o aspecto da região brasada. Os mesmos foram observados no microscópio com aumento de até 630 vezes, tendo sido constatadas apenas algumas poucas áreas com vazios.

Evidentemente, haveria a necessidade de uma detecção mais cuidadosa para se precisar sobre a qualidade da brasagem obtida. No caso presente, porém, o importante é que a vedação obtida desta forma foi testada até uma pressão da ordem de 9 500 atmosferas, não tendo ocorrido vazamento.

O cone de aço inoxidável foi, então, simplesmente colado com Araldite no interior do tampão inferior da matriz.

A fotografia da figura 13 mostra a micrografia de um termopar Cr-Al, brasado no cone de aço inoxidável.

3.2 - Instrumentação para a medição dos parâmetros desejados resultantes dos ensaios de extrusão hidrostática

Os parâmetros medidos nos ensaios de extrusão, consistiram nos seguintes:

- (i) pressão;
- (ii) velocidade;

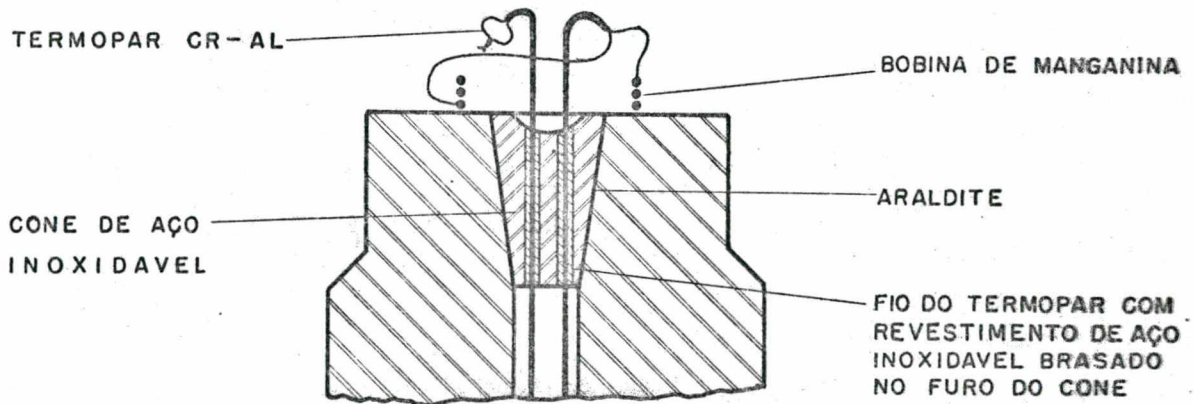


Fig. 12 - Detalhe da vedação dos fios condutores fixados no tampão inferior da matriz.

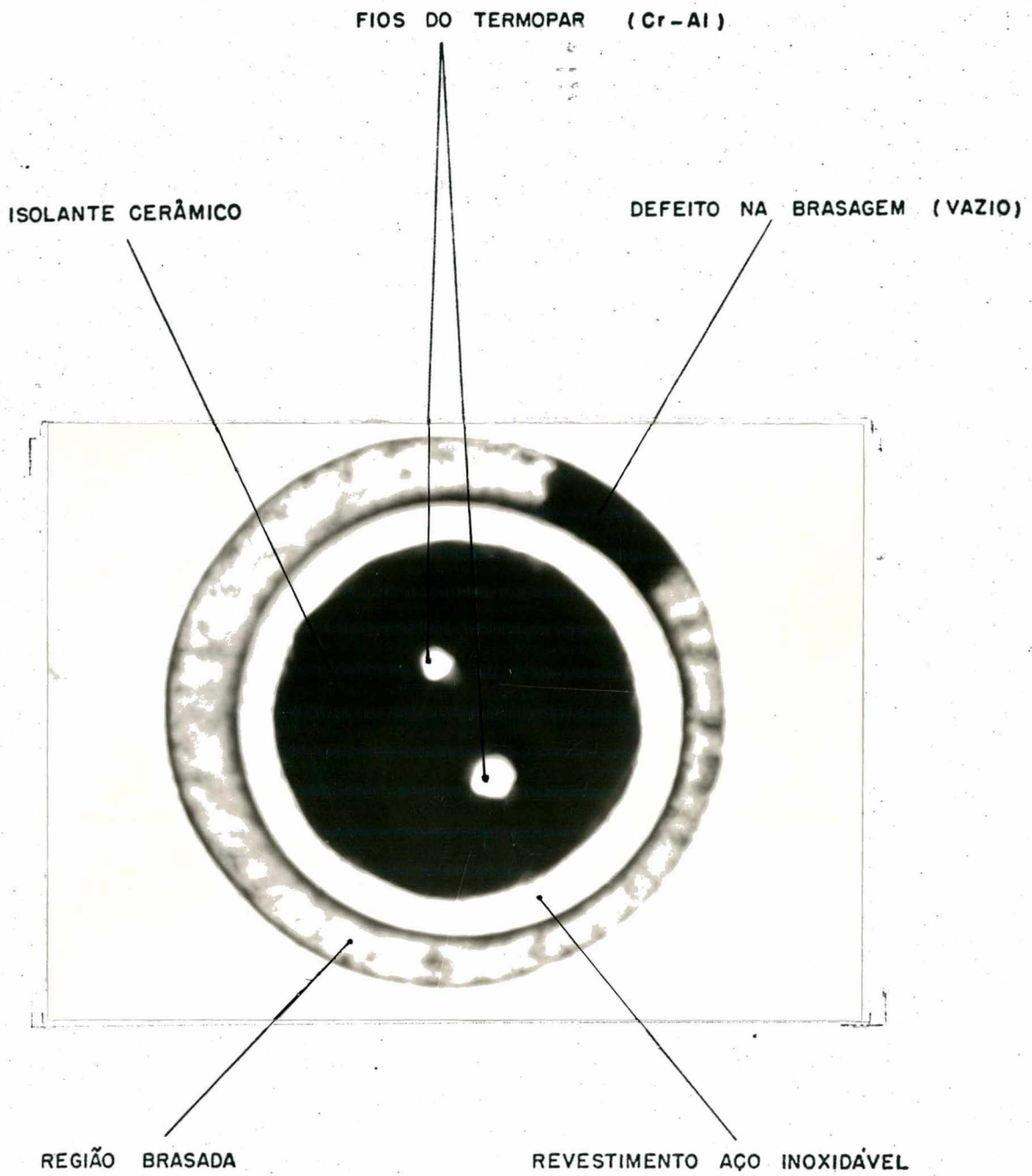


Fig. 13 - Micrografia do termopar Cr-Al, brasado no furo do cone de aço inoxidável (vista em corte transversal - Aumento 63 vezes)

(iii) temperatura.

3.2.1 - Instrumentação para a medição da pressão de extrusão.

3.2.1.1 - Introdução

A pressão no interior do reservatório é medida através da variação da resistência de uma bobina de manganina (liga de cobre, contendo 11% de manganês e 2,5 - 3% de níquel, em adição ao cobre). A vantagem da manganina é que a sua resistência é uma função linear da pressão. Foi determinado, experimentalmente ²⁶, que a dependência linear é mantida até valores da ordem de 10 000 atmosferas com um erro de 0,7%. A medição através da manganina é recomendada ²⁷ para pressões acima de 2 000 - 3 000 atmosferas.

A variação na resistência da manganina com a pressão $\Delta R/R_0 \Delta p$ varia para diferentes amostras dentro de limites de $2 \times 10^{-4} - 2,5 \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{kgf}$. A precisão da medição de pressão é função da pressão com que a resistência elétrica da manganina é determinada e da constância das propriedades da manganina. Para determinar-se a pressão mais acuradamente ²⁷, a resistência da bobina (R_0) deveria ser medida com uma precisão nunca inferior a $\pm 0,001 \Omega$.

3.2.1.2 - Instrumentos principais utilizados

3.2.1.2.1 - Bobina de manganina

No presente trabalho utilizou-se uma bobina de manganina com aproximadamente 120 Ω de resistência. A mesma foi submetida a um tratamento térmico para alívio de tensões, através de aquecimento a 140°C, durante 10 horas. Este aquecimento foi executado no vácuo. Para tal finalidade usou-se a câmara de aquecimento a vácuo do microscópio UNION para altas temperaturas - modelo HM-4 (fotografia no apêndice 4).

A calibração da bobina de manganina foi efetuada em laboratório do 'Imperial College', em Londres, usando-se um equipamento padrão de calibração ²⁸, 'Harwood Dead-Weight Pressure Gauge' .

A sensibilidade determinada foi de :

$$2,3458 \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{kgf}$$

3.2.1.2.2 - Ponte amplificadora

Utilizou-se a Ponte Amplificadora KWS/GE-5 HOTTINGER (fotografia figura 14), com as seguintes características principais:

Linearidade - $\pm 0,1\%$

Drift do zero - em pouco tempo máx. $\pm 0,5 \mu/m$

Interferências - $0,3 \mu/m$ para 10 V de alimentação da ponte.

Sensibilidade - $40 \mu/m$ para 10 V de alimentação da ponte.

Principais dados técnicos de saída:

Tensão -4 a + 4 V

Impedância mínima $\geq 100 \Omega$

Resistência interna $< 1 \Omega$

No presente caso a bobina de manganina funciona como um transdutor resistivo, e a ligação foi efetuada em (<) meia ponte.

3.2.1.2.3 - Oscilógrafo

Para o registro gráfico das medições de pressão (também para velocidade de extrusão e variações de temperatura), para os vários ensaios de extrusão, empregou-se o oscilógrafo de luz ultra-violeta para impressão em

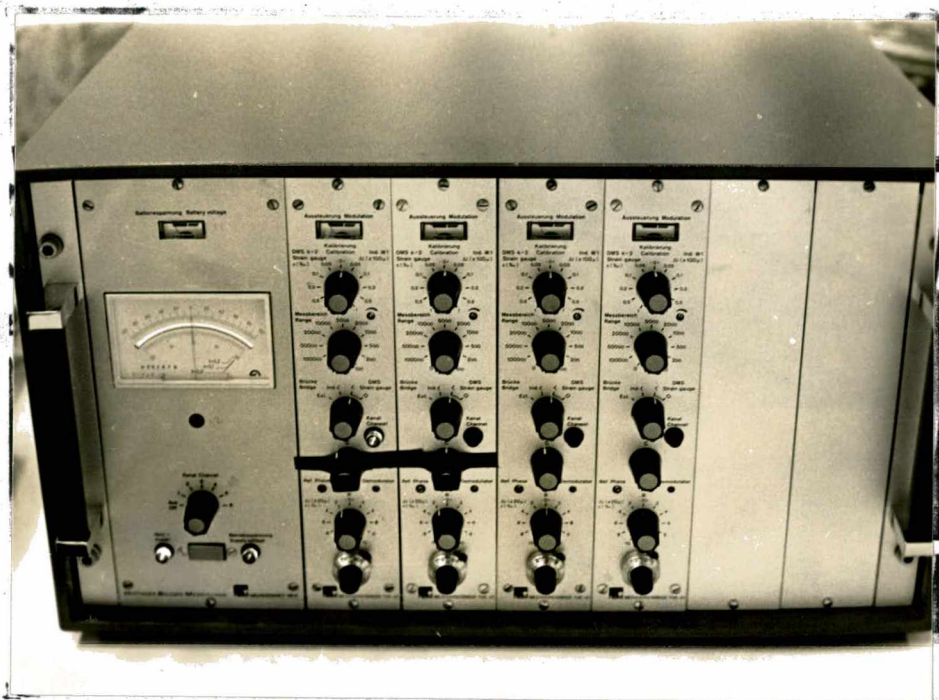


Fig. 14 - Ponte Amplificadora KWS/GE-5 HOTTINGER.

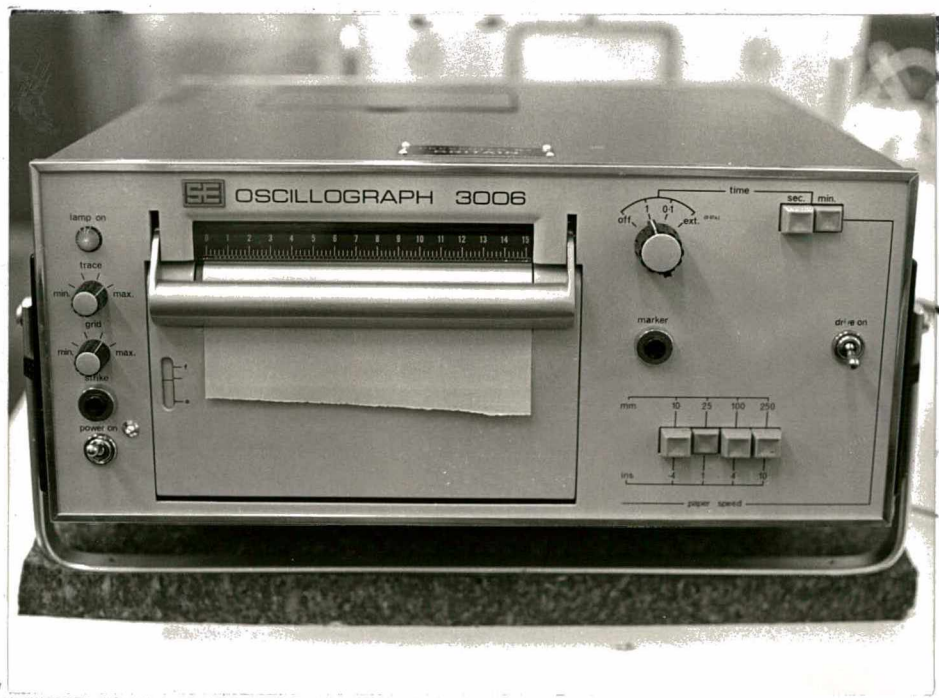


Fig. 15 - Oscilógrafo - U.V. RECORDER SE 3006 .

papel fotográfico, U.V. RECORDER SE 3006 de 6 canais (fotografia figura 15).

3.2.1.2.4 - Galvanômetro

Para as medidas de pressão, o galvanômetro adotado tem as seguintes características segundo certificado nº 61123, fornecido pela S.E. Laboratories (Engineering) Ltda.:

Tipo	B160
Sensibilidade	0,0058 mA/cm
Frequência natural	160 c/s
Fator de amortecimento	,622 h
Resistência	90 Ω
Resistência de amortecimento	250 Ω

A figura 16 mostra a representação esquemática do circuito elétrico empregado para a medição da pressão de extrusão.

3.2.1.3 - Calibração das medições de pressão de extrusão.

A calibração para as medidas da pressão de extrusão foi efetuada como segue:

- (i) como os ensaios de extrusão envolveriam valores de pressão em uma faixa bastante ampla, resolveu-se a dotar 2 (duas) escalas diferentes de sensibilidade:

Escala 1 - para valores de Δp_1 da ordem de 60 kgf/mm²;

Escala 2 - para valores de Δp_2 da ordem de 120 kgf/mm².

(ii) como para a bobina de manganina empregada

$$\frac{\Delta R}{R_0 \Delta p} = 2,3458 \times 10^{-4} \text{ mm}^2/\text{kgf}$$

$$\text{e } R_0 = 118,60$$

tem-se:

$$\text{Escala 1 - } \Delta R_1 = R_0 \times 2,3458 \times 10^{-4} \times 60$$

$$\Delta R_1 = 1,669 \Omega$$

$$\text{Escala 2 - } \Delta R_2 = R_0 \times 2,3458 \times 10^{-4} \times 120$$

$$\Delta R_2 = 3,339 \Omega$$

(iii) procurou-se conseguir resistências de calibração com os valores calculados.

Adotaram-se, também, resistência de manganina, que foram medidas com precisão da ordem de $\pm 0,001 \Omega$.

Usou-se, na medição, uma Ponte de Wheatstone de precisão, com indicador de zero eletrônico marca NORMA Mod. 355 (as mesmas resistências, foram, também, medidas com uma Ponte de Wheatstone para medidas de precisão, fabricada pela VEB MESSTECHNIK MELLENBACH tendo, os valores obtidos, ficado dentro da precisão requerida).

Os valores obtidos foram os seguintes:

$$R_{CS1} = 1,684 \Omega$$

e

$$R_{CS2} = 3,318 \Omega$$

(iv) ligaram-se estas resistências, em série, com a bobina de manganina. Através de uma chave de faca, pôde-se incluí-las, em série, no circuito ou, então, pelo fechamento da chave, retirá-las do circuito.

Observe-se que a resistência da chave de faca não

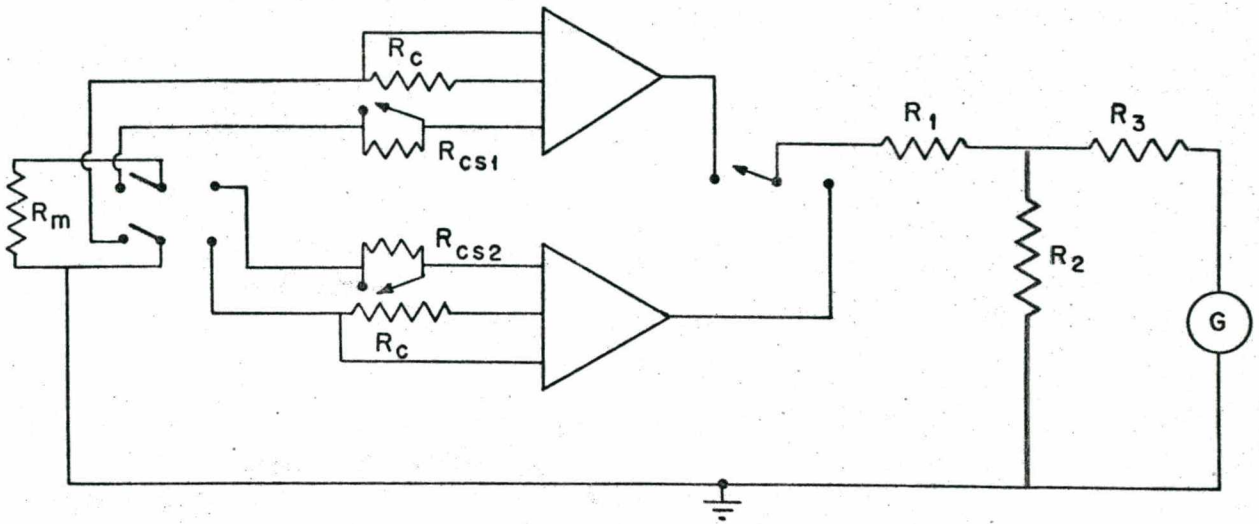


Fig. 16 — Representação esquemática do circuito elétrico empregado para medição da pressão de extrusão.

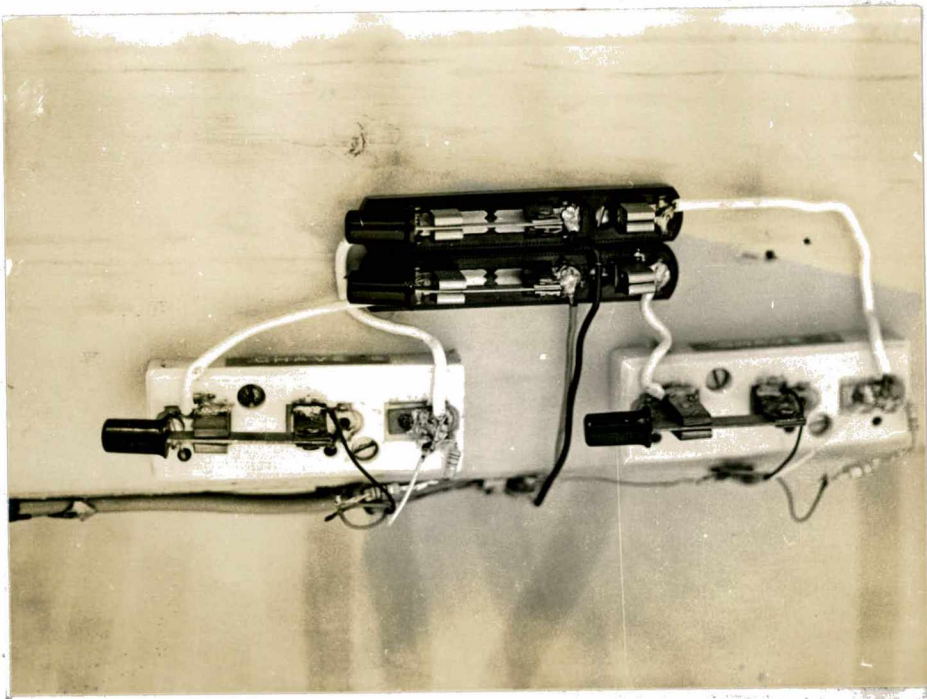


Fig. 17 - Detalhe da ligação em série das resistências de calibração. A fotografia mostra, ainda, as resistências compensadoras, bem como as chaves de fuga.

prejudicará as medidas, pois é da ordem de $1 \text{ m}\Omega$.
O esquema da figura 16, elucida o exposto, bem como a fotografia da figura 17.

- (v) Recalculando-se os valores de Δ_{p1} e Δ_{p2} , com os valores das resistências de calibração aferidas, tem-se:

$$\text{Escala 1} - \Delta_{p1} = 60,53 \text{ kgf/mm}^2$$

$$\text{Escala 2} - \Delta_{p2} = 119,26 \text{ kgf/mm}^2$$

- (vi) Assim, após conseguir o equilíbrio da ponte, através das resistências compensadoras, e proceder à zeragem da ponte, pode-se colocar as resistências de calibração no circuito (em série), e injetar-se o sinal de saída da ponte amplificadora no oscilógrafo. O sinal injetado provocará a deflexão do galvanômetro, que registrará no papel fotográfico do oscilógrafo, deflexões correspondentes aos valores da pressão de calibração (um valor para cada escala). Quando dos ensaios de extrusão, as pressões serão determinadas em função do valor de calibração.

Para cada ensaio a ser realizado, procede-se à calibração explicada, registrando-se no oscilógrafo a deflexão correspondente ao valor de R_{cs1} ou R_{cs2} , ou seja, de Δ_{p1} ou Δ_{p2} de calibração.

3.2.2 - Instrumentação para a medição da velocidade de extrusão

3.2.2.1 - Procedimento adotado

Para a determinação da velocidade de extrusão, procedeu-se como o representado na figura 18.

Como se pode depreender do esque

ma, é fixado na extremidade do bilete a ser extrudado, um fio, que é mantido tenso através de um peso, colocado na outra extremidade do fio. O fio passa por uma roldana, podendo girá-la quando ocorrer qualquer movimento do bilete. No eixo da roldana, foi colocado um potenciômetro (0 - 1 000 Ω). Com a variação da resistência do potenciômetro, tem-se uma deflexão do galvanômetro no oscilógrafo, registrando-se, desta forma, a variação do deslocamento do produto extrudado com o tempo, i.é, a velocidade do produto extrudado.

O circuito elétrico pode ser observado, também, através do esquema da figura 18.

As fotografias das figuras 19 e 20 elucidam melhor o acima exposto.

3.2.2.2 - Equipamentos utilizados

Além do oscilógrafo, especificado no item 3.2.1.2.3, utilizou-se ainda:

3.2.2.2.1 - Fonte de tensão

Utilizou-se uma fonte de tensão de corrente contínua PHILLIPS PE 4817, com as seguintes características principais:

- Tensão : 0 a 35V, continuamente regulável, com resolução de ajuste fino de ≤ 2 mV ;
- Corrente : Max. 10A para qualquer valor de tensão de saída;
- Estabilidade : Para variações de tensão de entrada de $\pm 10\%$ do valor nominal; a variação da tensão de saída é $\leq 0,1\%$ do valor ajustado ou < 2 mV .

3.2.2.2.2 - Galvanômetro

Para as medições de

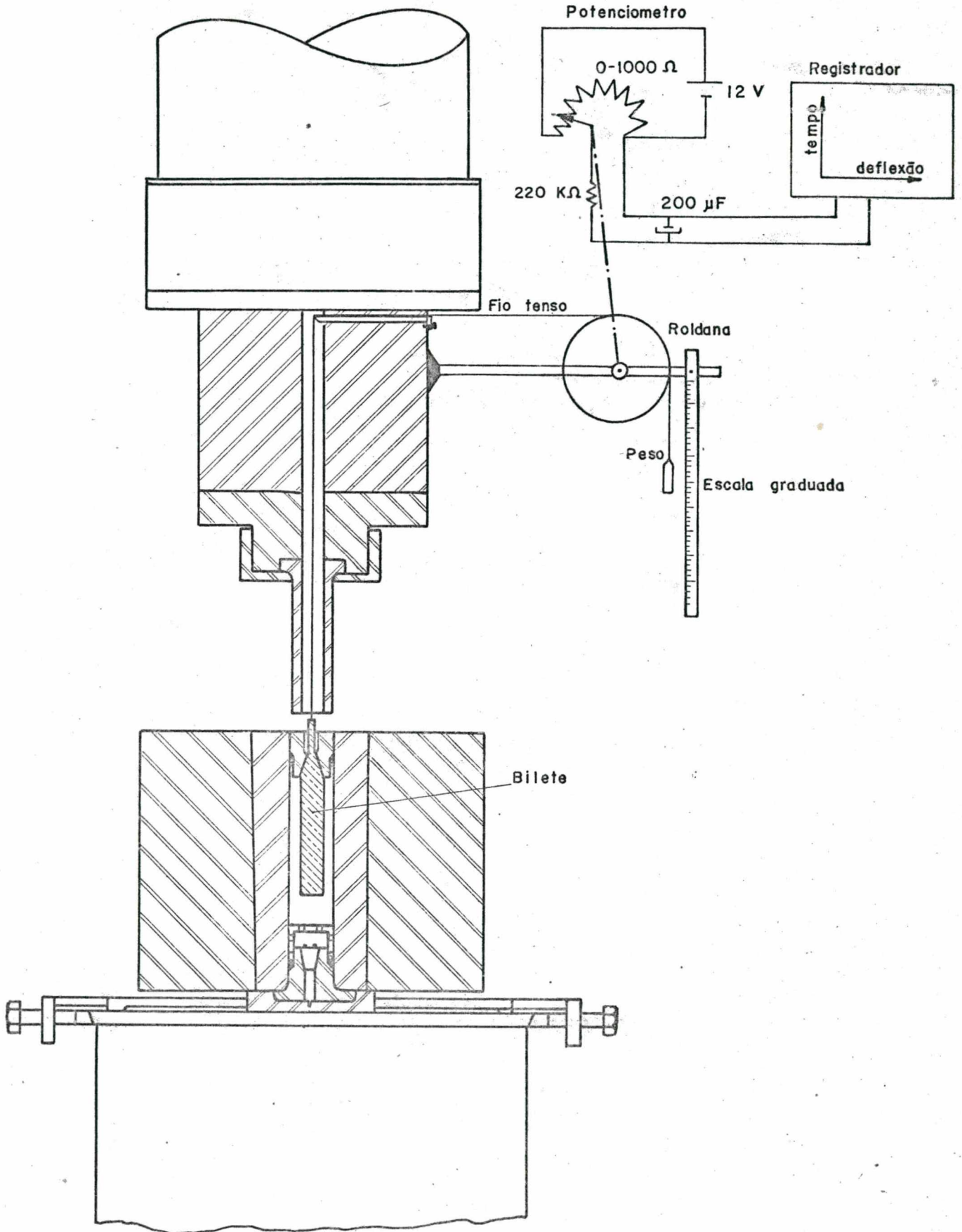


Fig. 18 - Representação esquemática do dispositivo para registro no oscilôgrafo (U.V. RECORDER) da velocidade de extrusão.

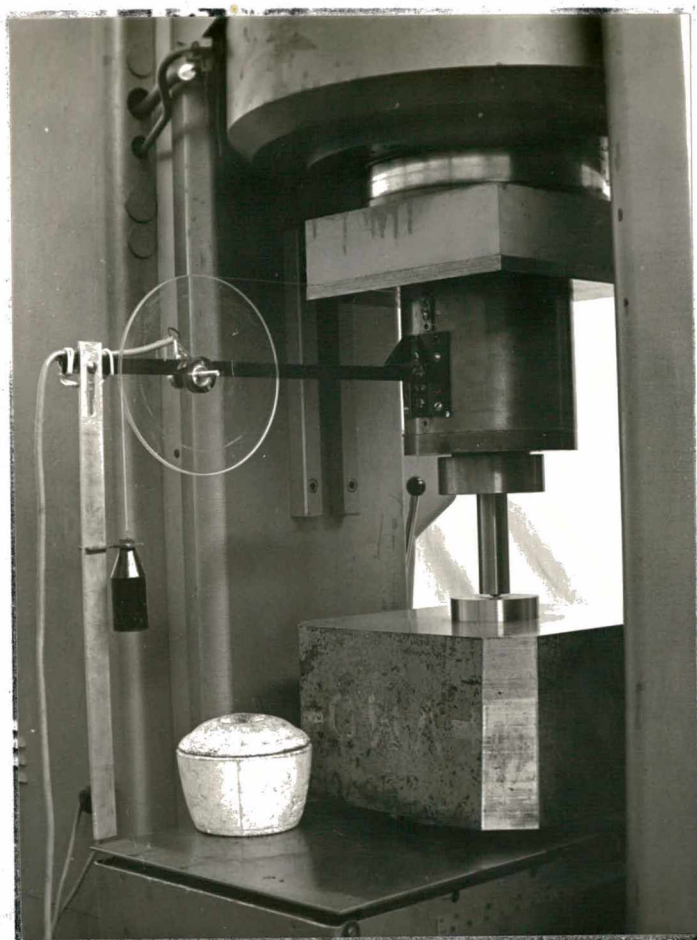


Fig. 19 - Vista parcial do dispositivo para medição do deslocamento do produto extrudado.

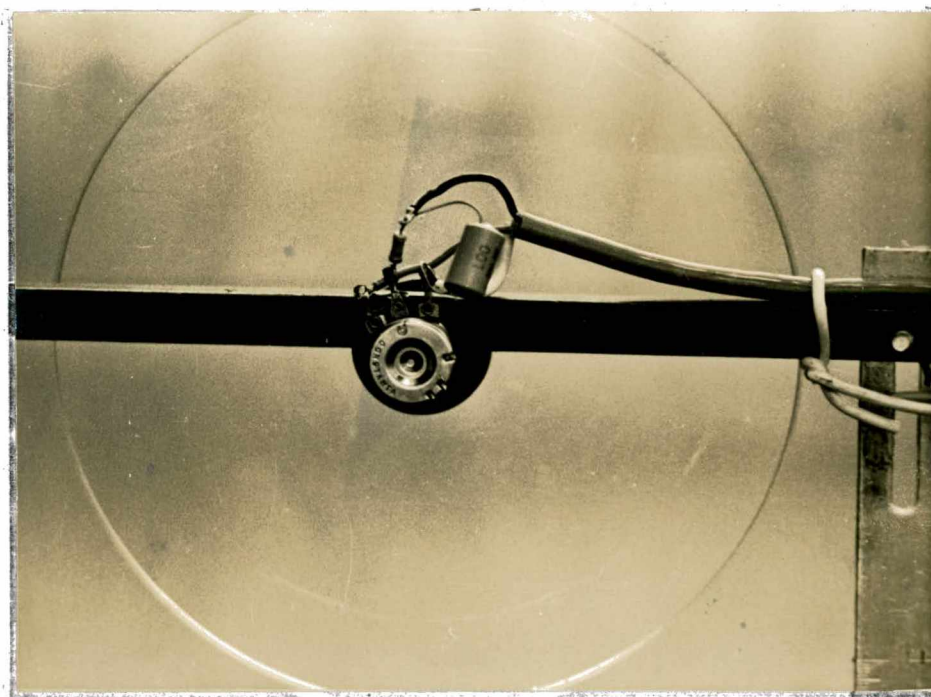


Fig. 20 - Detalhe do dispositivo para medição de deslocamento do produto extrudado.

velocidade, adotou-se o galvanômetro, com as seguintes características:

Tipo	A100
Sensibilidade	0,0038 mA/cm
Frequência natural	103 c/s
Fator de amortecimento	,676 h
Resistência	42 Ω
Resistência de amortecimento	100 Ω

3.2.2.3 - Calibração das medições de velocidade de extrusão

A calibração foi efetuada, simplesmente, deslocando-se o bilete de um determinado valor e registrando-se no oscilógrafo a deflexão correspondente ao deslocamento procedido. Como no oscilógrafo pode-se colocar marcas de intervalo a intervalo de tempo, tem-se registrada a velocidade do produto extrudado.

Observe-se que antes da realização de cada ensaio de extrusão, foi procedida tal calibração.

3.2.3 - Instrumentação para a medição da temperatura.

3.2.3.1 - Procedimento adotado

A temperatura foi medida, utilizando-se um termopar de chromel-alumel. A junta fria foi colocada em um recipiente contendo gelo em fusão, e a junção quente no interior do reservatório de pressão, conforme descrito no item 3.1.2.4.

A saída do termopar foi conectada ao galvanômetro. Com o auxílio do oscilógrafo, registram-se as variações de temperatura durante a realização dos ensaios de extrusão.

3.2.3.2 - Galvanômetro utilizado

São as seguintes as características do galvanômetro usado para a medição da temperatura:

Tipo	A35
Sensibilidade	0,00083 mA/cm
Frequência natural	38,5 c/s
Fator de amortecimento	,716 h
Resistência	49 Ω
Resistência de amortecimento ...	350 Ω

3.2.3.3 - Calibração das medições de temperatura.

A calibração foi efetuada inicialmente para dois pontos, ou seja, 0°C e 100°C .

Como a deflexão do galvanômetro foi muito acentuada (saindo dos limites do papel fotográfico), e considerando-se, ainda, que as variações de temperatura que ocorrem no processo são inferiores aos valores citados, adotou-se a calibração para os pontos de 0°C e 20°C .

A fim de se reduzir a deflexão provocada pelo galvanômetro, para limites razoáveis no gráfico, colocou-se em uma resistência em série ($R_S = 27,4 \Omega$).

A calibração foi repetida por 3 vezes, sendo que as deflexões registradas foram de, respectivamente, 106 mm, 107 mm e 106 mm. Adotando-se um valor médio, determinou-se que para o galvanômetro A35, com uma resistência em série de 27,4 Ω , o valor calibrado da deflexão é de

$$5,3 \text{ mm}/^{\circ}\text{C}$$

Saliente-se que, apesar das imprecisões do método adotado para as medições da temperatura, os resultados obtidos são suficientemente precisos, para o objetivo do presente trabalho.

Na figura 21, representa-se o esquema adotado para as medições de pressão e temperatura.

A figura 22 mostra o registro gráfico típico das medições de pressão, velocidade e temperatura, obtido no oscilógrafo.

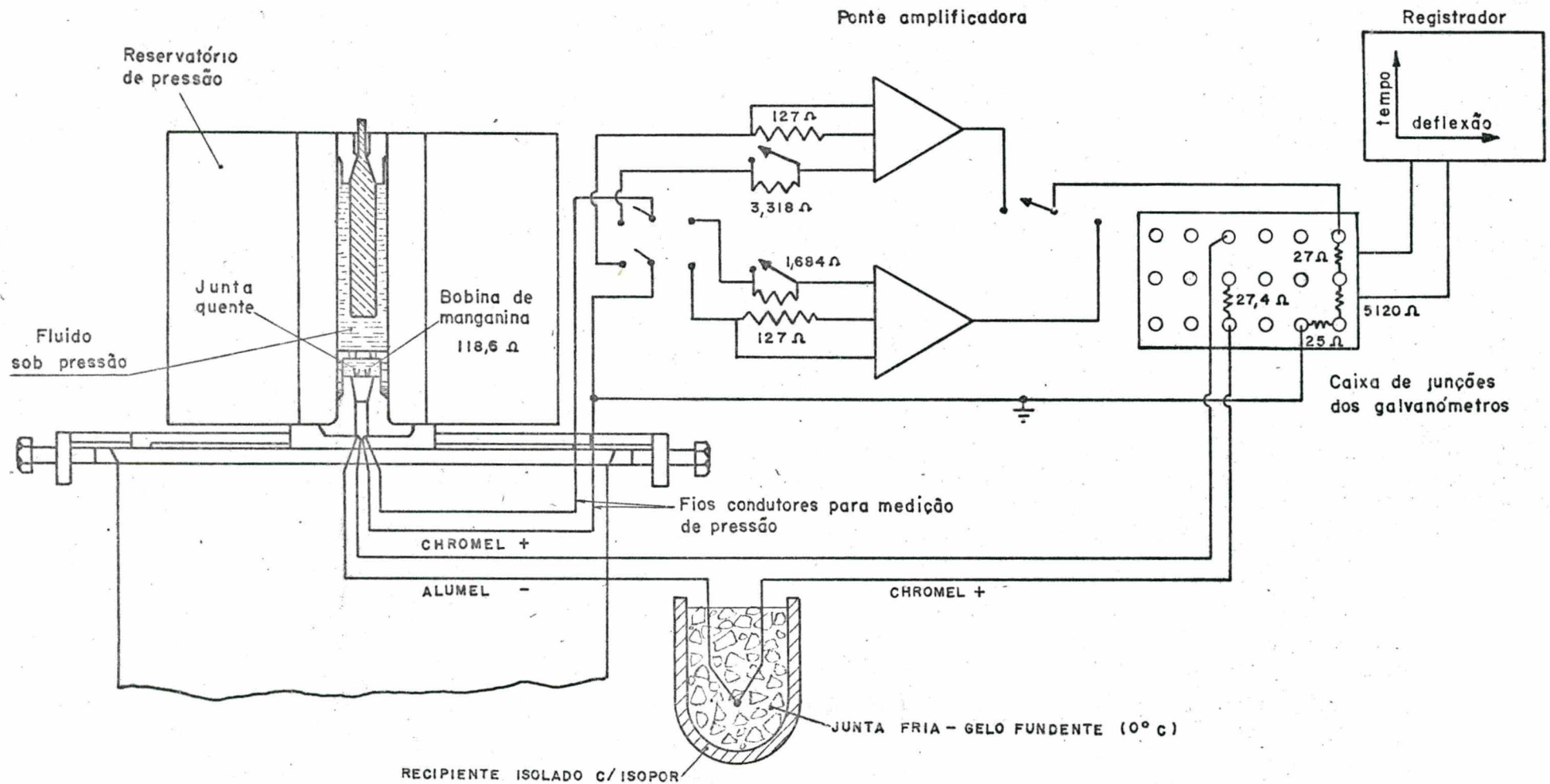


Fig. 21 - Representação esquemática para medições de pressão de extrusão e variações de temperatura no fluido

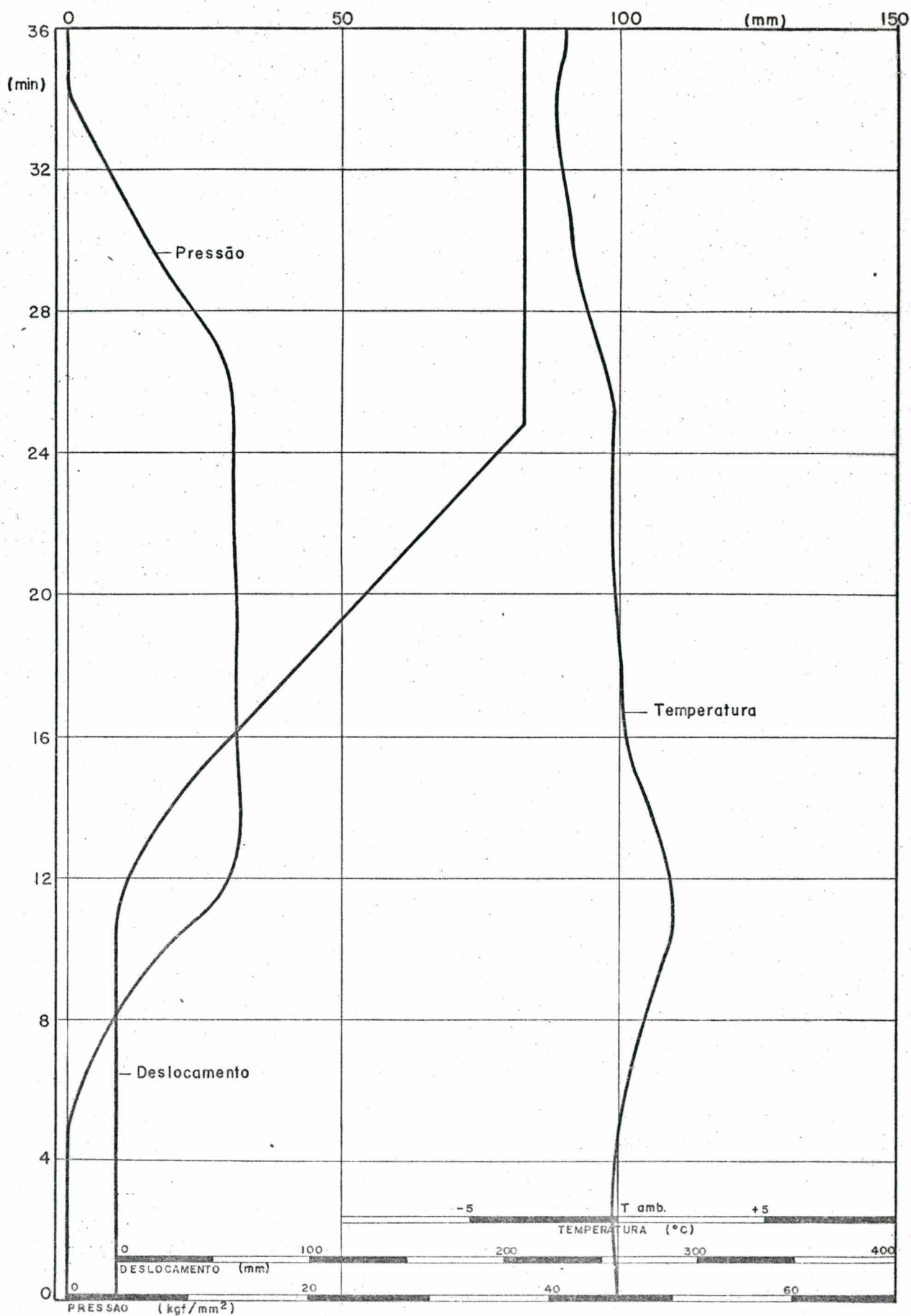


Fig. 22 - Registro gráfico típico no oscilógrafo (U.V. RECORDER) das medições de pressão, velocidade e temperatura.

CAPÍTULO IV

4 - PROCEDIMENTO ADOTADO E RESULTADOS EXPERIMENTAIS

4.1 - Verificação experimental da viabilidade de uso do fluido sob altas pressões.

4.1.1 - Introdução

Para a escolha do fluido a ser usado nos ensaios de extrusão hidrostática, procedeu-se ao levantamento experimental da curva carga-pressão, visando verificar o comportamento do fluido submetido a altas pressões.

Segundo PUGH²⁹, um óleo mineral SAE 30, constitui-se em um fluido adequado para extrusão, até valores de cerca de 110 kgf/mm². As suas propriedades lubrificantes podem ser melhoradas, mediante a adição de dissulfeto de molibdênio. Este óleo, entretanto, não pode ser usado em maiores pressões porque ocorre a sua solidificação, deixando de ter as condições exigidas para ser um meio satisfatório de transmissão de pressão. PUGH²⁹, em seu trabalho, cita, ainda, que o óleo de castor, com adição de 10% de álcool metílico, pode ser usado para pressões de até 160 kgf/mm², glicerina, com adição de 25% de glicol etileno até pressões da ordem de 280 kgf/mm². Entretanto, infelizmente, estes fluidos não possuem boas condições lubrificantes para o processo. Em tais casos, é necessário tratar-se as duas funções do líquido (meio de transmissão de pressão e lubrificante) separadamente e utilizar algum lubrificante adicional (p.ex. graxa de dissulfeto de molibdênio, grafite, latex de borracha, PTEF fundido).

4.1.2 - Levantamento da curva de aferição da prensa usada.

As características da prensa utilizada estão

especificadas no item 3.1.1 .

Efetuuou-se o levantamento da curva de aferi
ção da prensa utilizada, tendo em vista a necessidade do conheci
mento dos valores de carga realmente aplicados.

4.1.2.1 - Equipamento utilizado na aferição da prensa.

Utilizou-se o dinamômetro de anel com dispositivo ótico de medição, KMB0 - 50 tonf., cujas caracte
rísticas estão citadas no item 5.3.2.1 .

4.1.2.2 - Procedimento adotado

Considerando-se que o equipamento de aferição disponível possui como máxima carga de emprego 50 tonf., e como, em realidade, no presente caso, não se tem neces
sidade de grande precisão no conhecimento das cargas reais, mas basta apenas o conhecimento de que os valores das cargas lidas não são grosseiramente divergentes dos reais, supõe-se adequada a realização da aferição da prensa até o valor máximo de 50 tonf. considerando-se uma extrapolação para valores reais mais eleva
dos.

As medições foram tomadas em valo
res de intervalos de 5 tonf., até a carga máxima de 50 tonf.

4.1.2.3 - Resultados obtidos

Os valores medidos no levantamento da curva de aferição, através do dinamômetro de anel com disposi
tivo ótico de medição, estão citados no quadro 1 .

No quadro 2 , apresenta-se para as várias cargas lidas, o valor real da carga, bem como o erro percentual relativo. Como se pode depreender do quadro 2 , os erros percentuais estão abaixo de 1,3% na faixa compreendida de 5 tonf. a 50 tonf. .

LEVANTAMENTO DA CURVA DE AFERIÇÃO DA PRENSA

(PRENSA AMSLER - TIPO 500 D 1029)

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

DATA: 12/02/74

TEMPERATURA AMBIENTE: 28°C

EQUIPAMENTO DE MEDIDA UTILIZADO: - Dinamômetro de anel com dispositivo ótico de medição
(KMB0) - 50 tonf.

CARGA APLICADA (kgf)	VALORES LIDOS (Divisões de escala)										VALOR MÉDIO
	Número de Medidas										
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	
5000	227,7	232,5	225,0	229,9	227,8	227,8	226,4	229,0	225,5	227,2	227,87
10000	451,8	451,2	453,4	459,4	456,4	455,6	450,0	460,3	452,1	449,5	453,96
15000	676,4	677,5	682,0	668,0	679,6	680,2	681,0	680,0	680,5	674,3	677,94
20000	904,2	903,4	903,3	902,0	904,6	906,5	901,5	902,2	900,3	900,3	902,82
25000	1137,0	1132,0	1134,8	1138,0	1136,5	1127,6	1131,0	1130,6	1123,4	1124,8	1131,57
30000	1357,4	1358,0	1360,4	1358,5	1363,3	1356,8	1357,8	1355,7	1351,8	1353,1	1357,28
35000	1577,0	1581,8	1579,2	1587,2	1581,8	1579,8	1577,0	1581,8	1575,0	1576,4	1579,70
40000	1812,0	1813,3	1811,7	1813,2	1809,8	1807,9	1805,0	1809,0	1802,5	1802,9	1808,73
45000	2033,3	2035,3	2036,7	2038,8	2041,0	2034,0	2032,1	2032,7	2031,0	2027,3	2034,22
50000	2257,0	2264,2	2258,8	2259,7	2258,2	2257,5	2253,2	2260,0	2253,9	2254,2	2257,67

QUADRO 1

LEVANTAMENTO DA CURVA DE AFERIÇÃO DA PRENSA

(PRENSA AMSLER - TIPO 500 D 1029)

CARGA APLICADA (kgf)	VALOR MÉDIO MEDIDO (Divisões de escala do dinamômetro)	VALOR MÉDIO CORRIGIDO (*)	VALOR REAL DA CARGA (kgf)	ERRO PERCENTUAL (%)
5 000	227,87	227,33	5 065	1,29
10 000	453,96	452,88	10 092	0,92
15 000	677,94	676,32	15 051	0,34
20 000	902,82	900,66	20 014	0,07
25 000	1 131,57	1 128,85	25 063	0,25
30 000	1 357,28	1 354,02	30 053	0,18
35 000	1 579,70	1 575,91	34 949	-0,14
40 000	1 808,73	1 804,39	39 993	-0,02
45 000	2 034,22	2 029,34	44 963	-0,08
50 000	2 257,67	2 252,25	49 879	-0,24

(*) OBS.: Temperatura de Referência: 20°C
 Temperatura Ambiente: 28°C
 Coeficiente de Correção: 0,03%/°C

QUADRO 2

A figura 23 mostra a curva de aferição da prensa em questão. A aferição da prensa foi efetiva da na escala 0 - 250 tonf., tendo em vista que nos ensaios para levantamento da curva carga-pressão do fluido, esta seria a escala mais indicada a ser usada.

Supondo-se aceitável, para o presente trabalho, uma extrapolação da faixa de valores aferidos, determinou-se, pelo método dos mínimos quadrados, a curva de ajuste para os valores aferidos (tomando-se por base a curva de aferição para valores de até 50 tonf., supôs-se a curva de ajuste como sendo uma reta). A reta de ajuste obtida apresenta a seguinte equação:

$$\text{Carga real} = 78,14424 + 0,99731 \times \text{carga lida}$$

Extrapolando-se a reta de ajuste para valores máximos de 120 tonf., ter-se-iam erros relativos desprezáveis (inferiores a 0,3%). Os resultados estão contidos no apêndice 5 .

4.1.3 - Levantamento da curva carga-pressão

4.1.3.1 - Fluido

O fluido adotado foi o Regal oil & PE, da Texaco, com as seguintes características principais fornecidas pelo fabricante:

Peso específico	0,879
Visc. SSU a 100 ^o F	419
Visc. SSU a 210 ^o F	58,0
Índice de viscosidade	91
Ponto de fluidez ^o F	+5
Padrão ASTM de viscosidade (n ^o de grau)	465

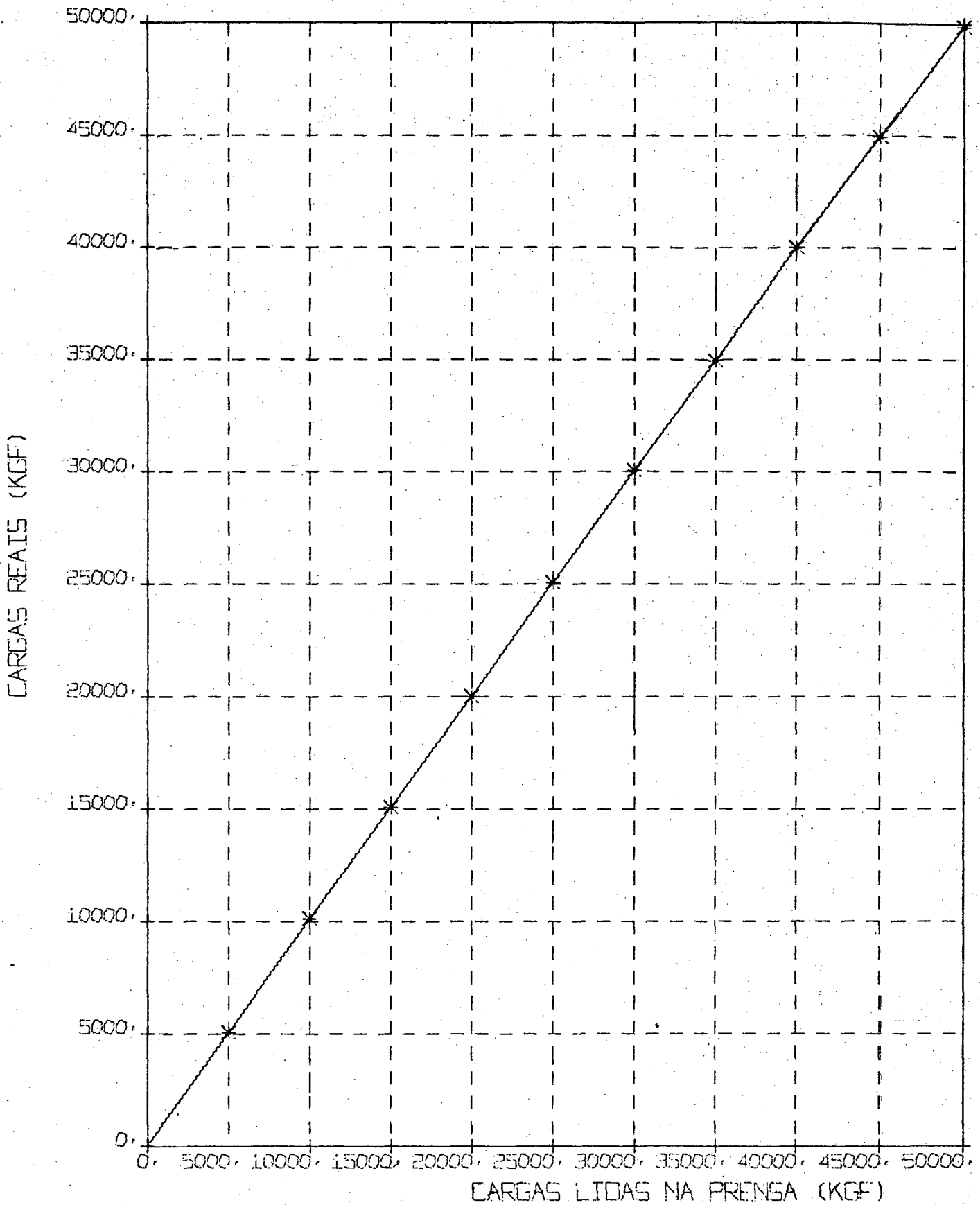


Fig. 23 - CURVA DE AFERICAO DA PRENSA

4.1.3.2 - Procedimento experimental

Utilizou-se uma velocidade de a tuação da carga da ordem de, em média, 10 tonf./min. Verificou-se que a elevação máxima da temperatura foi de cerca de 10°C..

No ensaio procedeu-se a leitura das cargas acusadas na prensa, registrou-se a variação da pres são no oscilógrafo (U.V. RECORDER), e os valores de tensão (em mV), foram lidos através do multímetro digital FLUKE 8100 A .

Posteriormente, os valores da pressão calculados a partir das leituras efetuadas no multímetro, foram verificados com os resultados obtidos através do registro no oscilógrafo (U.V. RECORDER).

4.1.3.3 - Resultados obtidos

Os resultados obtidos para o Re gal oil & PE, encontram-se, tabelados, no quadro 3 . O gráfico correspondente de carga-pressão está apresentado na figura 24 .

No gráfico em questão, pode-se de preender a linearidade da função carga/pressão, como era teórica mente esperada. Porém, a linearidade ocorreu para valores de até 80 kgf/mm², tendo a partir daí deixado de existir.

Supõe-se que o fluido tenha ini ciado sua solidificação e o meio tenha deixado de ser hidrostático, tendo a bobina de manganina deixado de acusar os valores corretos da pressão.

Saliente-se que a carga aplicada continuou a subir, enquanto a pressão medida através da bobina praticamente estabilizou, tendo mesmo começado a decrescer.

Ensaios com outros fluidos foram efetuados. Utilizaram-se mais os seguintes fluidos:

- (i) Shell Tellus 27
- (ii) Havoline SAE 50
- (iii) Havoline SAE 140

LEVANTAMENTO DA CURVA CARGA-PRESSÃO DO FLUIDO

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

DATA: 19/12/73

FLUIDO: Regal oil & PE

TEMPERATURA AMBIENTE: 31,2°C

VELOCIDADE DE APLICAÇÃO DA CARGA: 10 tonf/min (aprox.)

CARGA (tonf)	PRESSÃO ₂ (kgf/mm ²)	CARGA (tonf)	PRESSÃO ₂ (kgf/mm ²)
0	0,00	70	63,35
5	4,59	75	68,00
10	9,31	80	72,53
15	13,78	85	76,23
20	18,37	90	80,41
25	22,97	95	84,29
30	27,38	96	85,12
35	31,79	100	88,28
40	36,33	102	89,77
45	41,16	104	91,03
50	45,57	105	91,50
55	49,93	106	91,92
60	54,46	108	91,80
65	59,11	110	90,91

QUADRO 3

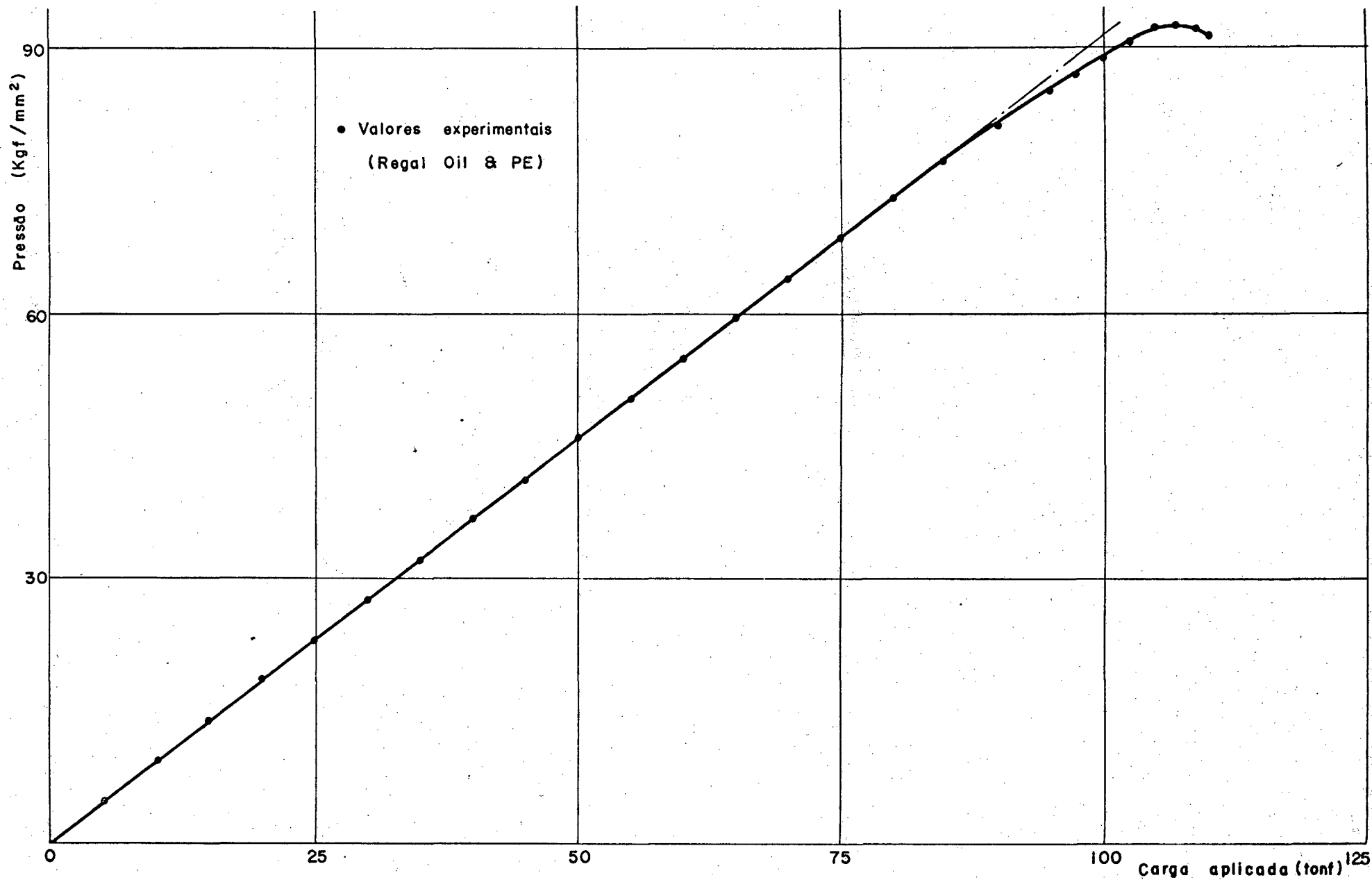


Fig. 24 - Levantamento experimental curva carga-pressão - Fluido: Regal oil & PE .

Todos os ensaios foram efetuados nas mesmas condições do ensaio procedido com o Regal oil & PE, ou seja, aproximadamente com a mesma velocidade de aplicação da carga, i.é, em média 10 kgf/min. Os resultados obtidos estão tabelados nos quadros 4, 5 e 6, como também representados no gráfico da figura 25 .

Dos resultados pode-se depreender que para todos os fluidos testados, até em certo valor que depende do fluido, a linearidade se mantém para, a partir deste ponto, deixar de existir. Estes valores foram diferentes para os vários fluidos testados. Uma conclusão possível de ser feita é que quanto maior a viscosidade do fluido, menor o limite de linearidade alcançado.

Evidentemente, um estudo mais acurado deveria ser procedido para tirar-se maiores conclusões, inclusive para verificar-se se realmente nestes limites ocorre solidificação do fluido.

Como o objetivo básico do presente trabalho é outro, fica registrada a ocorrência e a sugestão para a realização de trabalhos neste sentido.

O importante, para o caso presente, é evitar-se atingir os valores limites de falta de linearidade verificada para o fluido a ser empregado na realização dos ensaios de extrusão, ou seja, o Regal oil & PE, i.é , valores de 80 kgf/mm^2 de pressão.

Observações:

I) Tendo em vista que:

i) o Regal oil & PE preenche os requisitos necessários de ser um fluido adequado para a transmissão de pressão, e de apresentar curva carga-pressão linear até valores da ordem de 80 kgf/mm^2 ;

ii) as pressões de extrusão nos ensaios a serem realizados, dificilmente ultrapassariam os valo

LEVANTAMENTO DA CURVA CARGA-PRESSÃO DO FLUIDO

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

DATA: 26/01/74

FLUIDO: Shell Tellus 27

TEMPERATURA AMBIENTE: 29,8 °C

VELOCIDADE DE APLICAÇÃO DA CARGA: 10 tonf/min (aprox.)

CARGA (tonf)	PRESSÃO ₂ (kgf/mm ²)	CARGA (tonf)	PRESSÃO ₂ (kgf/mm ²)
0	0,00	80	73,43
5	4,77	85	77,84
10	9,42	90	82,20
15	13,96	95	86,43
20	18,37	98	88,76
25	22,97	100	90,55
30	27,44	102	91,98
35	32,09	104	93,47
40	37,22	105	93,77
45	41,93	106	94,60
50	46,23	108	95,62
55	50,59	110	95,62
60	55,53	112	95,20
65	60,31	114	95,56
70	64,66	115	94,25
75	69,02		

QUADRO 4

LEVANTAMENTO DA CURVA CARGA-PRESSÃO DO FLUIDO

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

DATA: 28/01/74

FLUIDO: Havoline SAE 50

TEMPERATURA AMBIENTE: 31,5 °C

VELOCIDADE DE APLICAÇÃO DA CARGA: 10 tonf/min (aprox.)

CARGA (tonf)	PRESSÃO ₂ (kgf/mm ²)	CARGA (tonf)	PRESSÃO ₂ (kgf/mm ²)
0	0,00	65	59,71
5	4,77	70	64,18
10	9,48	75	68,72
15	14,02	80	72,95
20	18,55	85	76,95
25	23,20	90	80,17
30	27,92	92	81,00
35	32,33	94	81,24
40	36,98	95	81,24
45	41,52	96	81,00
50	45,93	98	79,99
55	50,40	100	79,22
60	55,12		

QUADRO 5

LEVANTAMENTO DA CURVA CARGA-PRESSÃO DO FLUIDO

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

DATA: 29/01/74

FLUIDO: Havoline SAE 140

TEMPERATURA AMBIENTE: 27,1 °C

VELOCIDADE DE APLICAÇÃO DA CARGA: 10 tonf/min (aprox.)

CARGA (tonf)	PRESSÃO (kgf/mm ²)	CARGA (tonf)	PRESSÃO (kgf/mm ²)
0	0,00	45	41,33
5	4,53	50	45,75
10	9,12	55	50,04
15	13,65	56	50,82
20	18,19	57	51,65
25	23,08	58	51,77
30	27,67	59	51,89
35	32,09	60	51,77
40	36,68		

QUADRO 6

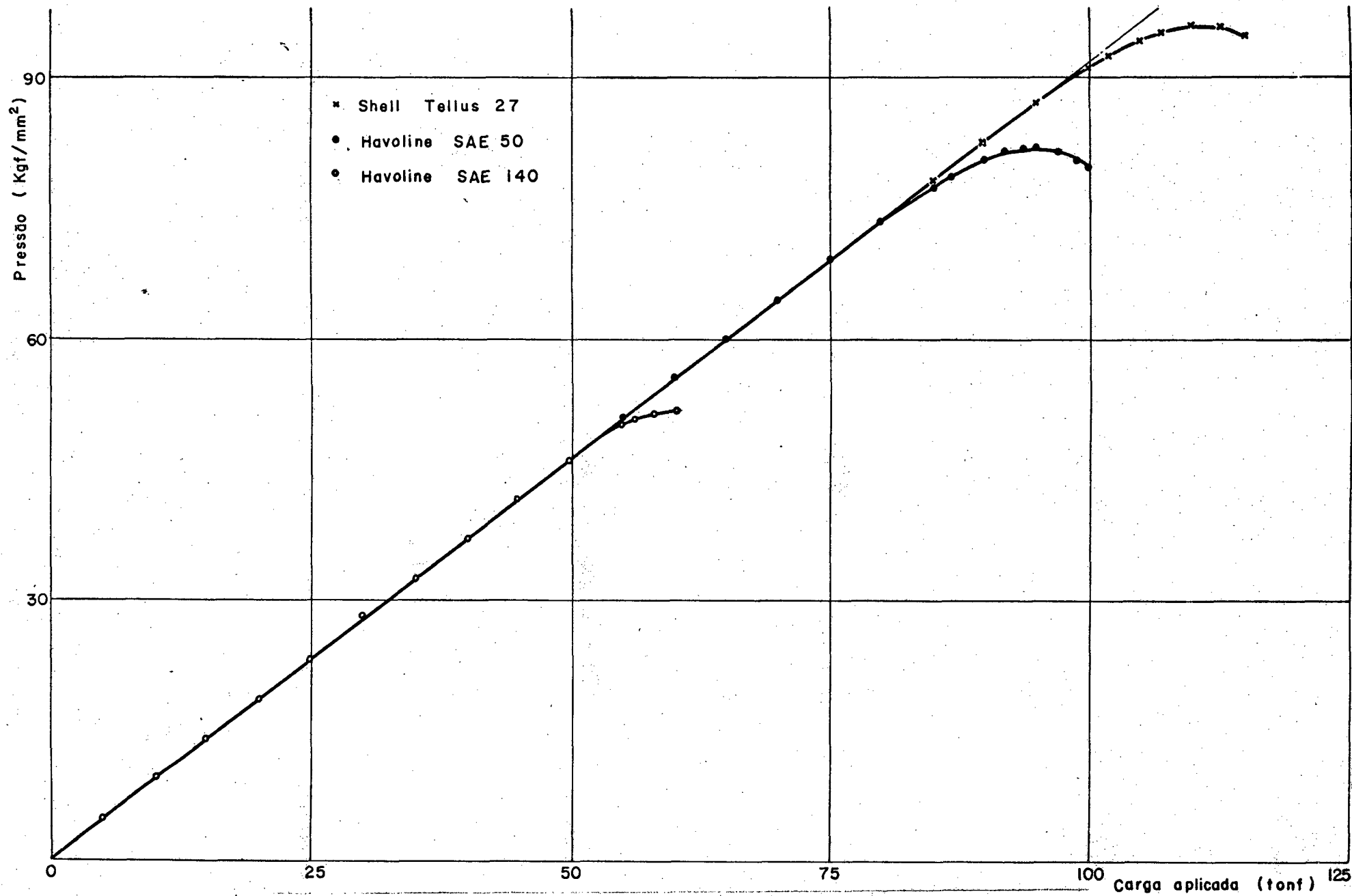


Fig. 25 - Levantamento experimental curva carga-pressão.

res mencionados;

iii) houve dificuldade de obtenção de outros fluidos recomendados para o processo (é propício salientar que a disponibilidade do óleo Shel Tellus 27 somente foi possível após a realização dos ensaios de extrusão):

optou-se pela utilização do fluido mencionado nos ensaios de extrusão. Para melhorar as condições de lubrificação, usou-se também, em todos os corpos de prova, dissulfeto de molibdênio. No caso de se desejar efetuar extrusões que ultrapassem pressões da ordem de 80 kgf/mm^2 , ter-se-ia que adotar um fluido adequado a maiores pressões do que as permitidas para o Regal oil & PE .

II) A realização dos levantamentos para os demais fluidos teve por objetivo, apenas, tirar melhores conclusões a respeito do comportamento dos fluidos sob altas pressões, pois se sabe que um óleo SAE 50 e, principalmente, um óleo SAE 140, são óleos de viscosidade muito elevada para serem utilizados, em boas condições, no processo.

4.2 - Método experimental utilizado nos ensaios de extrusão hidrostática e resultados

4.2.1 - Materiais utilizados

4.2.1.1 - Alumínio

Empregaram-se corpos de prova de alumínio nos ensaios iniciais procedidos com o equipamento.

O alumínio utilizado, ofertado pela ALCAN para a realização do presente trabalho, foi o alumínio 1 S, comercialmente puro (no mínimo 99,5% Al). O mesmo foi submetido a um recozimento pleno, por uma hora, a 350°C (fotografia figura 26).

O material usado foi fornecido em barras de secção transversal retangular (70 x 23 mm), obtidas por extrusão.

As dimensões iniciais do material conseguido impediram que se realizassem ensaios de extrusão para outras relações de redução, p.ex., relação 4, bem como relações superiores a 30.

Os valores de dureza Brinell foram verificados (conforme quadro 7), acusando valores da ordem de 20 a 22 HB. Os valores do quadro 8 são referentes a ensaios adicionais efetuados com o alumínio, cujos resultados se encontram no apêndice 1.3. A fotografia da figura 27 mostra o aparelho para medir dureza.

4.2.1.2 - Cobre

O cobre empregado foi o ABNT Cu OF (Cobre 10-01 OFHC 'Oxygen Free High Conductivity', com, no mínimo, 99,95% Cu), recozido a 600°C, durante uma hora.

O material foi adquirido em barras redondas com $\emptyset = 25,4$ mm, obtidas por laminação.

Os índices de dureza, medidos, acusaram valores de ordem de 39 a 41 HB. Os valores obtidos encontram-se no quadro 9.

4.2.2 - Preparação dos corpos de prova

Alguns corpos de prova foram inicialmente preparados para testar a matriz (a fim de se verificar possíveis vazamentos do fluido), conseguir extrusão uniforme (regime contínuo), e testar os equipamentos de medida, o comportamento da bobina de maganina, etc.

Para os ensaios de extrusão propriamente ditos, procurou-se manter as condições dos corpos de prova as mais constantes possíveis.



Fig. 26 - Estufa HERAEUS u
tilizada para o
recozimento dos
corpos de prova.

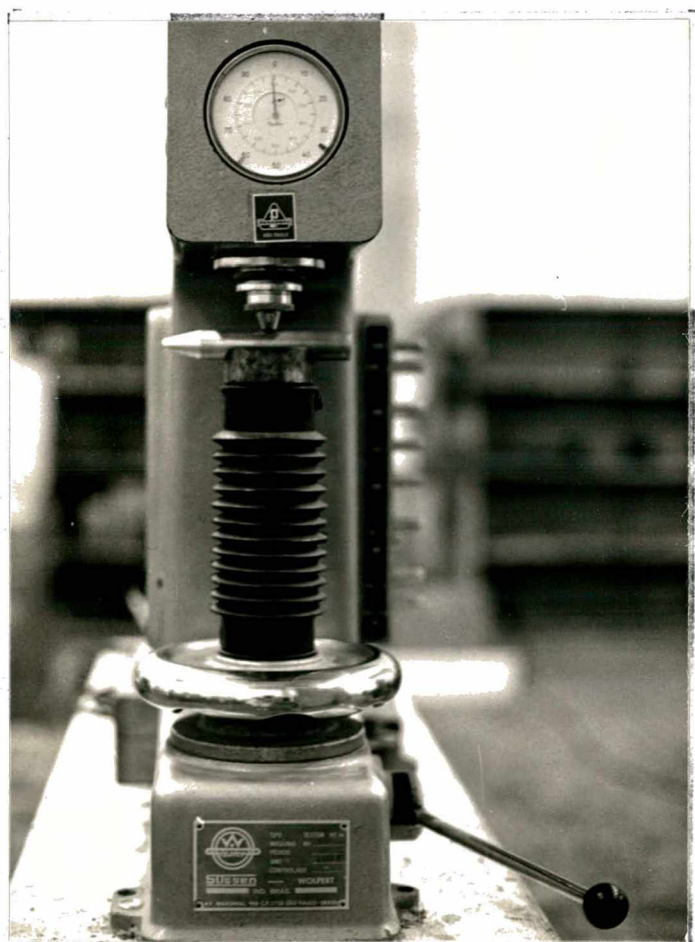


Fig. 27 - Aparelho para me
dir dureza WOL-
PERT tipo HT-1A ,
utilizado na de
terminação da du
reza HB dos cor
pos de prova.

CORPOS DE PROVA - ENSAIO DE DUREZA

MATERIAL: Alumínio

(recozido a 350°C - 1 hora)

OBSERV. : Dureza Brinell

Ø esfera = 2,5 mm

carga = 62,5 kgf - precarga = 10 kgf

tempo de manutenção da carga = 60 seg.

CORPO DE PROVA	VALORES DE DUREZA BRINELL					VALOR MÉDIO
	Número de medidas					
	01	02	03	04	05	
A	19,9	20,2	20,2	20,5	20,5	20,3
B	19,9	19,5	20,2	19,3	19,9	19,8
C	22,2	22,0	21,1	21,4	21,4	21,6
D	20,8	20,5	20,5	19,9	20,8	20,5
E	22,3	22,0	21,7	21,1	21,1	21,6
F	19,3	19,9	20,0	22,0	20,8	20,0
G	20,5	20,8	20,8	21,4	21,1	20,9

QUADRO 7

CORPOS DE PROVA - ENSAIO DE DUREZA

MATERIAL: Alumínio

(recozido a 350°C - 1 hora)

OBSERV. : Dureza Brinell

Ø esfera = 2,5 mm

carga = 62,5 kgf - precarga = 10 kgf

tempo de manutenção da carga = 60 seg.

CORPO DE PROVA	VALORES DE DUREZA BRINELL					
	Número de medidas					VALOR MÉDIO
	01	02	03	04	05	
B(1)	22,9	23,5	22,6	22,6	22,9	22,9
D(1)	20,8	20,2	20,5	20,2	20,8	20,5
D(2)	20,8	20,5	20,5	21,1	21,4	20,9
D(3)	20,5	20,8	20,5	20,2	21,1	20,6

QUADRO 8

CORPOS DE PROVA - ENSAIO DE DUREZA

MATERIAL: Cobre

(recozido a 600°C - 1 hora)

OBSERV. : Dureza Brinell

Ø esfera = 2,5 mm

carga = 62,5 kgf - precarga = 10 kgf

tempo de manutenção da carga = 60 seg.

CORPO DE PROVA	VALORES DE DUREZA BRINELL					VALOR MÉDIO
	Número de medidas					
	01	02	03	04	05	
A	39	40	39	39	39	39,2
B	42	40	42	40	39	40,6
C	39	40	41	39	41	40,0
D	39	40	39	40	39	39,4
E	40	40	40	41	40	40,2

QUADRO 9

A preparação dos corpos de prova obedeceu à seguinte seqüência:

- (i) usinagem de desbaste;
- (ii) usinagem de acabamento;
- (iii) recozimento pleno;
- (iv) lixamento com papel de lixa 600;
- (v) desengraxe com benzina retificada;
- (vi) lubrificação com dissulfeto de molibdênio (molykote - pasta G), aplicado por fricção.

Para todos os testes, os biletos foram confeccionados com sua extremidade anterior cônica, com um ângulo total 2° , menor que o ângulo da matriz.

Os desenhos dos corpos de prova utilizados estão no apêndice 3.2.

4.2.3 - Condições de ensaio

Como já citado no item anterior, procurou-se manter as condições de ensaio as mais repetitivas possíveis. A velocidade de aplicação de carga foi mantida a mais constante possível. A velocidade de extrusão adotada foi, em média, da ordem de 30 mm/min., para as extrusões realizadas com a matriz (1) (vide desenho apêndice 3), e de 10 vezes maior, i.é, da ordem de 300 mm/min., para os efetuados com a matriz (2) (desenho também no apêndice 3). Como na matriz (1), o diâmetro do produto extrudado é de 12,7 mm, e, na matriz (2), de 4,1 mm, tem-se uma relação de áreas da ordem de 10, o que significa que foi mantido, aproximadamente, para ambas as matrizes, o volume de material extrudado na unidade de tempo.

4.3 - Resultados obtidos

4.3.1 - Alumínio

Apresentam-se, nos quadros do apêndice 1.1, os resultados experimentais da extrusão hidrostática do

alumínio. No mesmo apêndice, encontram-se, também, os registros gráfico das variações dos parâmetros (pressão, deslocamento e temperatura), verificados no oscilógrafo. O quadro 10 apresenta um resumo dos resultados obtidos. No gráfico da figura 28 estão representados os valores experimentais obtidos nos ensaios, bem como a curva experimental pressão de extrusão/relação de redução para o alumínio.

Nas fotografias das figuras 29 e 30, são mostrados os biletos utilizados na extrusão do alumínio, para as várias relações de redução utilizadas nos ensaios experimentais, bem como os produtos extrudados obtidos.

4.3.2 - Cobre

Nos quadros do apêndice 1.2 estão apresentados os resultados obtidos nos ensaios experimentais de extrusão hidrostática do cobre. Ainda, no apêndice 1.2, apresentam-se os registros gráfico das variações dos parâmetros (pressão, deslocamento e temperatura), obtidos no oscilógrafo. Um resumo destes resultados encontra-se no quadro 11. No gráfico da figura 31, tem-se a curva experimental pressão de extrusão/relação de redução para o cobre.

Os biletos utilizados na extrusão do cobre, para as várias relações de redução adotadas nos ensaios experimentais, como também os produtos extrudados obtidos são apresentados nas fotografias das figuras 32 e 33.

EXTRUSÃO HIDROSTÁTICA

Resultados Experimentais - A L U M Í N I O

CORPO DE PROVA	A	B	C	D	E	F	G
DIÂMETRO DO BILETE (mm)	15,61	17,88	22,09	11,70	12,98	16,48	22,01
DIÂMETRO DO PRODUTO (mm)	12,74	12,74	12,74	4,15	4,14	4,14	4,15
RELAÇÃO DE EXTRUSÃO	1,50	1,97	3,01	7,95	9,83	15,85	28,13
TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	25,3	25,6	29,4	30,5	28,5	28,5	28,9
FLUIDO	Regal oil & PE	Regal oil & PE	Regal oil & PE	Regal oil & PE	Regal oil & Pe	Regal oil & PE	Regal oil & PE
LUBRIFICANTE	Molykote	Molykote	Molykote	Molykote	Molykote	Molykote	Molykote
PRESSÃO DE EXTRUSÃO (kgf/mm ²)	5,38	8,96	13,68	30,71	33,65	43,04	51,79
PRESSÃO MÁXIMA (kgf/mm ²)	Pextrusão	10,30	13,92	33,63	36,32	43,71	Pextrusão
VELOCIDADE (m/min)	0,0286	0,0343	0,0171	0,2288	0,3314	0,2910	0,1571

QUADRO 10

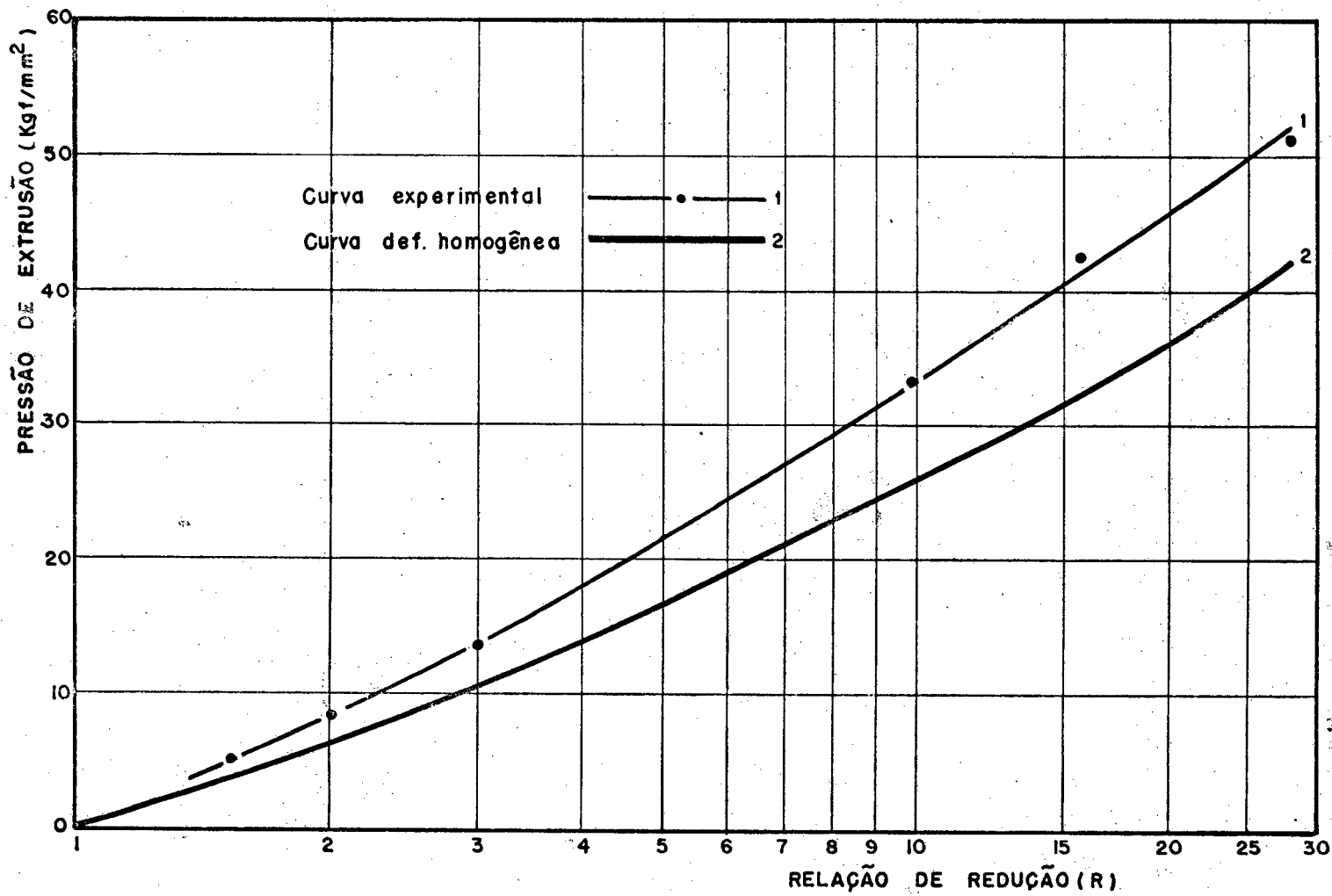


Fig. 28 - Curva experimental pressão de extrusão - relação de redução. MATERIAL: Alumínio



Fig. 29 - Biletes utilizados na extrusão do alumínio (detalhe das várias relações de redução empregadas).

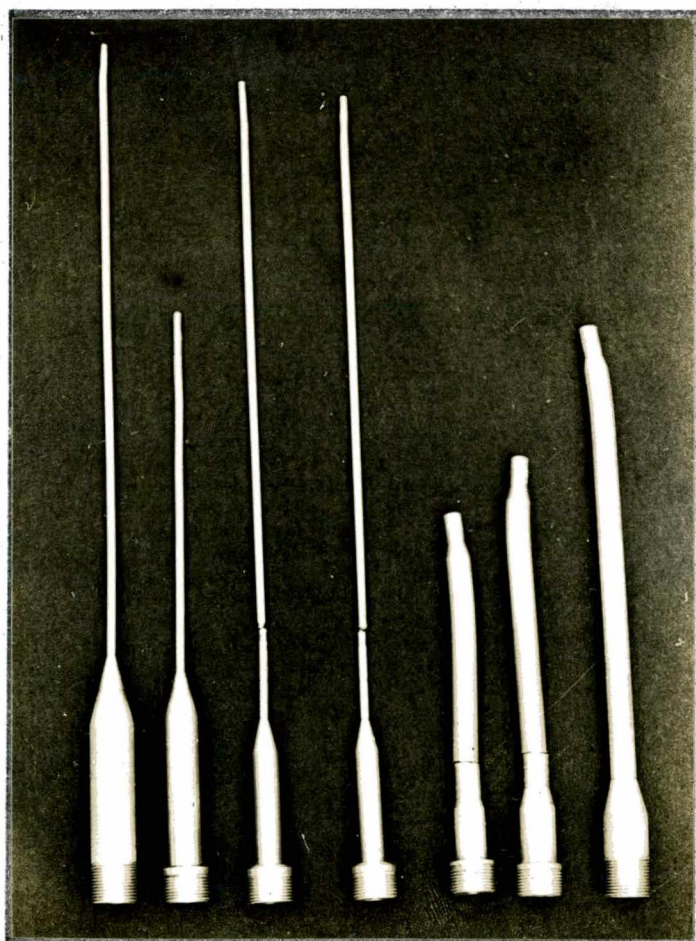


Fig. 30 - Produtos extrudados a partir dos biletes da figura anterior.

EXTRUSÃO HIDROSTÁTICA

Resultados Experimentais - C O B R E

CORPO DE PROVA	A	B	C	D	E
DIÂMETRO DO BILETE (mm)	15,86	18,20	20,05	21,97	24,95
DIÂMETRO DO PRODUTO (mm)	12,74	12,74	12,75	12,74	12,74
RELAÇÃO DE EXTRUSÃO	1,55	2,04	2,47	2,97	2,84
TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	28,8	29,4	30,7	30,5	27,0
FLUIDO	Regal oil & PE	Regal oil & PE	Regal oil & PE	Regal oil & PE	Regal oil & PE
LUBRIFICANTE	Molykote	Molykote	Molykote	Molykote	Molykote
PRESSÃO DE EXTRUSÃO (kgf/mm ²)	15,81	25,39	34,08	42,37	53,88
PRESSÃO MÁXIMA (kgf/mm ²)	16,71	26,75	34,97	43,71	58,76
VELOCIDADE (m/min)	0,0229	0,0276	0,0219	0,0291	0,0245

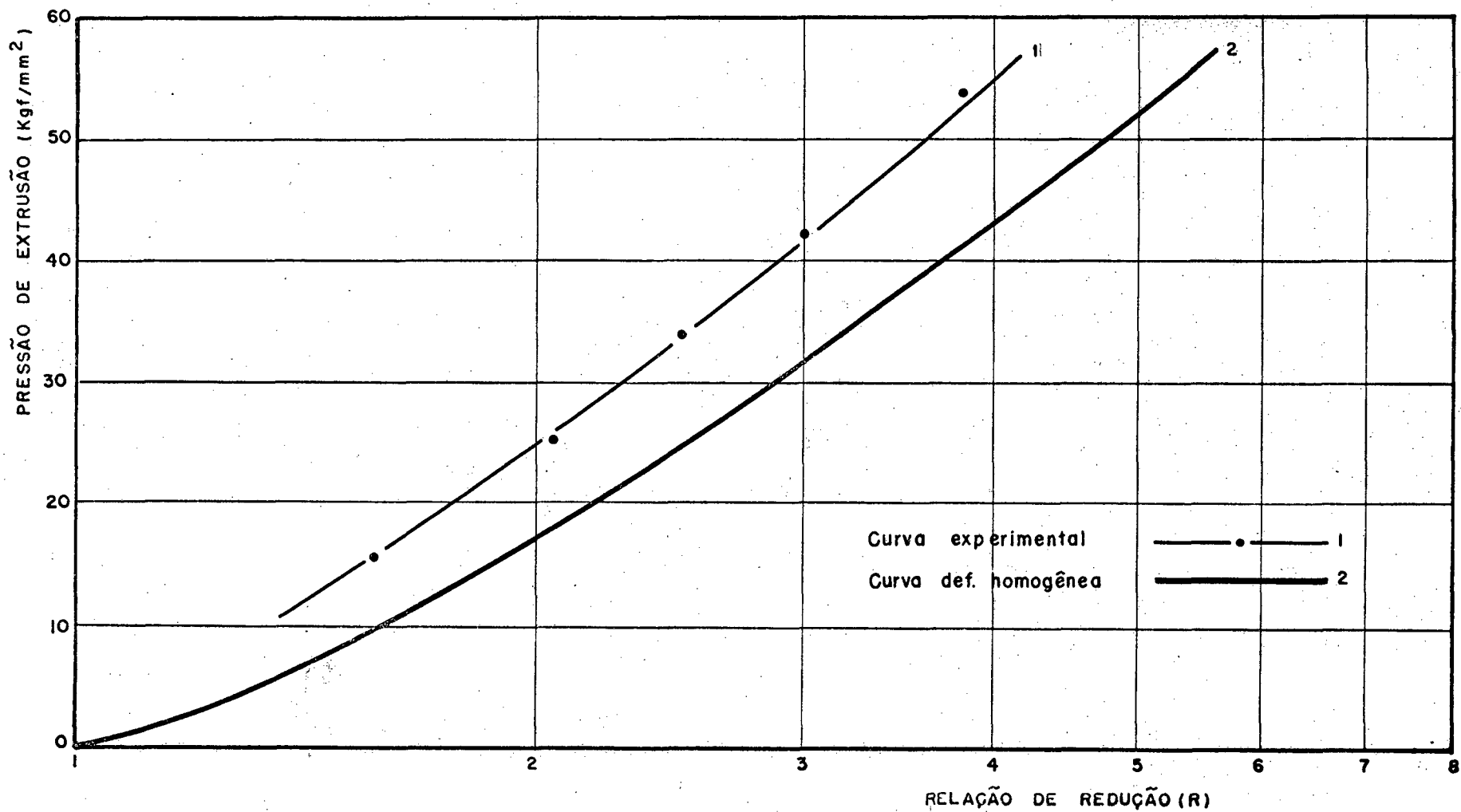


Fig. 31 - Curva experimental pressão de extrusão - relação de redução. MATERIAL: Cobre



Fig. 32 - Biletos utilizados na extrusão do cobre (detalhe das várias relações de redução ensaiadas).

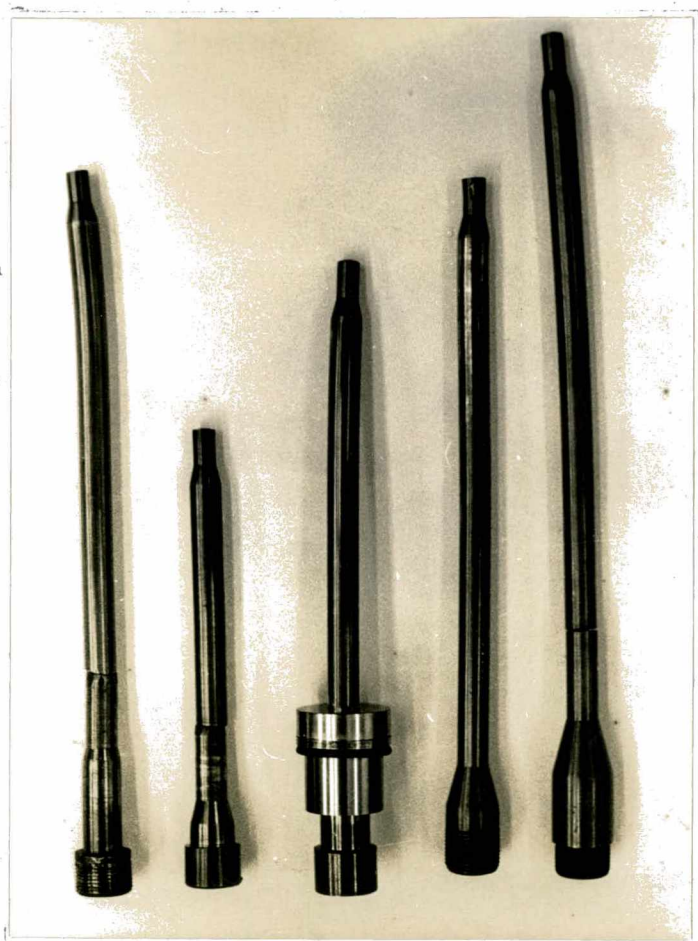


Fig. 33 - Produtos extrudados a partir dos biletos da figura anterior.

CAPÍTULO V

5 - LEVANTAMENTO DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO PARA OS MATERIAIS USADOS NOS ENSAIOS DE EXTRUSÃO HIDROSTÁTICA.

5.1 - Introdução

Uma das maiores dificuldades para se conseguir estabelecer as correlações entre o resultado experimental e a teoria sobre extrusão hidrostática consiste em se obter a curva tensão-deformação do material.

No presente trabalho, efetuaram-se ensaios de extrusão com relações de redução máxima de 3,84 para o cobre e de 28,13 para o alumínio. Os valores da deformação natural são, respectivamente, de 1,34 e de 3,34, ou, ainda, valores correspondentes a 73,95% e 96,51% de deformação relativa, respectivamente. Idealmente, seria desejável obter-se, experimentalmente, as curvas tensão-deformação para esta ordem de valores.

PUGH³⁰ obteve curvas de tensão-deformação para uma deformação natural de 3,0, através da compressão de corpos de prova cilíndricos com uma relação inicial altura/diâmetro de 1,5. Para reduzir a influência do atrito a um mínimo possível, foi colocado entre as extremidades dos biletos e as placas de compressão PTEF (teflon) (em fita com 0,0508 mm de espessura). Os biletos foram deformados incrementalmente, tendo o PTEF sido renovado frequentemente. Os biletos sofreram reusinagens em intervalos tais, que a relação altura/diâmetro não fosse reduzida abaixo de 0,8 em qualquer etapa do ensaio. As dimensões iniciais do biletote não foram mencionadas.

Segundo DUFFIL e MELLOR⁵, se o biletote tiver uma altura inicial de 38,10 mm e um diâmetro inicial de 25,4 mm, e o teste for conduzido de acordo com as especificações acima, então, o biletote seria usinado sete vezes e antes da última compressão teria 2,032 mm de altura e 1,346 mm de diâmetro. As dificuldades de execução dos ensaios mencionados são óbvias.

DUFFIL e MELLOR ⁵ utilizaram-se do método de COOK e LARKE ³¹. No mesmo trabalho, os autores empregaram, na obtenção da curva experimental do cobre para maiores deformações, a técnica investigada por HSU ³². Um corpo de prova cilíndrico de cobre com 28,575 mm de altura e 19,05 mm de diâmetro foi comprimido, colocando-se PTEF (0,1016 mm de espessura) entre as extremidade do corpo de prova e das placas de compressão. A deformação foi incremental e o PTEF renovado frequentemente. Quando a deformação natural atingiu o valor de 0,8, o bilete foi reusinado para um diâmetro de 12,70 mm e o novo bilete deformado até a atingir-se uma deformação natural de 1,47. A curva tensão-deformação, obtida por este método, foi de 2% maior que a curva obtida pelo método de COOK e LARKE para uma deformação natural de até 0,8. No trabalho em questão, decidiu-se, então, que qualquer tentativa para estender a curva para maiores valores de deformação, através de sucessivas reusinagens do bilete, não seria satisfatória, tendo em vista que as reduzidas dimensões dos billetes nos estágios finais acarretariam extremas dificuldades com seu manuseio e seria duvidoso se o bilete final seria representativo do material original. Para obter-se os valores da curva para maiores valores de deformação natural, utilizaram-se do método de extrapolação.

5.2 - Método empregado

5.2.1 - Generalidades

No caso presente, como se pode depreender do que foi mencionado anteriormente, necessita-se das curvas de tensão-deformação para elevados valores de deformação natural. Assim, optou-se pela realização do levantamento da curva tensão-deformação tanto para o cobre como para o alumínio, através de ensaios de compressão, uma vez que os outros ensaios possíveis, ou seja, tração e torção, ou não seriam adequados (caso do ensaio de tração, onde o corpo de prova romperia para pequenas deformações), ou o equipamento disponível não o permitiria (caso do ensaio de torção). Além disso, o ensaio de torção, apesar de fornecer acurados resultados ²⁵, requer corpos de prova, tubulares

de paredes finas, especialmente preparados, de grande precisão e somente pode ser usado para materiais com dimensões suficientes a permitir que corpos de prova com razoável diâmetro possam ser confeccionados.

Utilizou-se, no trabalho presente, o método de COOK e LARKE, com as modificações propostas por FORD ²⁵.

No método original de COOK e LARKE, cilindros de igual diâmetro (usualmente com cerca de 12,7 mm), e de alturas diferentes, são comprimidos. Os valores das cargas e as reduções das alturas são medidos simultaneamente, até valores de deformações relativas da ordem de 70 %. Relações típicas de altura/diâmetro são 2, 1, 1/2 e 1/3. A tensão média de escoamento é calculada a partir da carga e da área da seção transversal, no pressuposto do diâmetro manter-se uniforme e do volume conservar-se constante. O gráfico (figura 34) da tensão de escoamento - relação d_0/h_0 , pode ser plotado para várias deformações relativas ($\epsilon = (h_0 - h) / h_0 \times 100$), onde d_0 e h_0 são, respectivamente, o diâmetro inicial e a altura inicial do corpo de prova, enquanto que h representa a sua altura após cada etapa de compressão. Extrapolação para relação d_0/h_0 igual a zero (i. é, altura infinita) é usada para se obter a tensão efetiva.

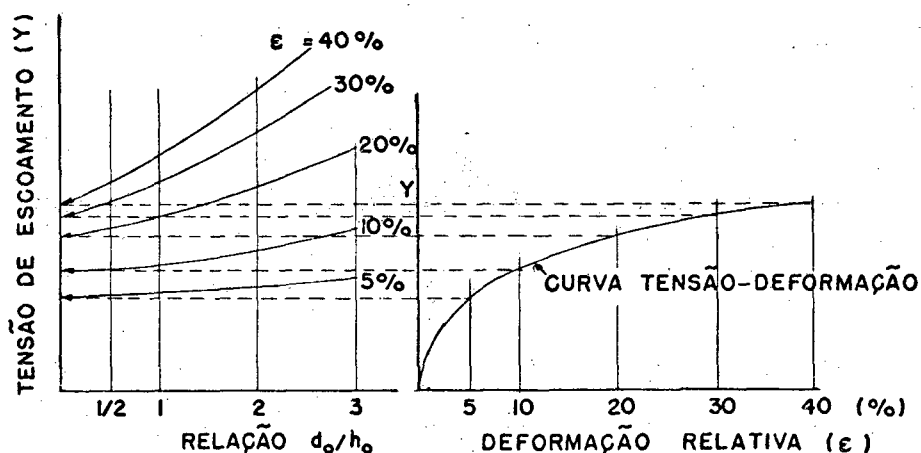
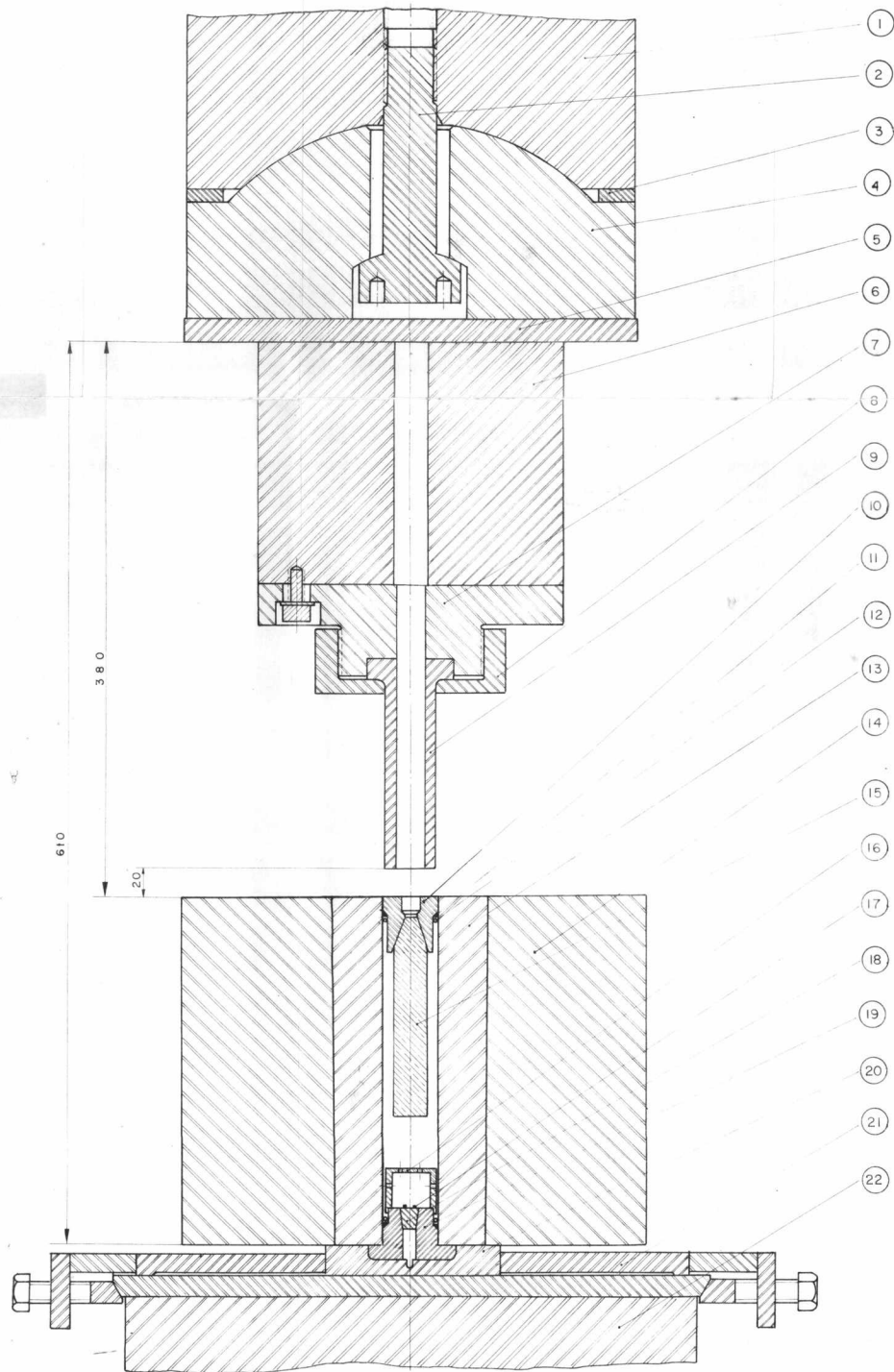


Fig. 34 - Representação esquemática do gráfico tensão de escoamento - relação d_0/h_0 para vários valores de deformação relativa.



D E N O M I N A Ç Ã O

- 1 Pistão da prensa
- 2 Parafuso de fixação da placa superior da prensa
- 3 Anel de encosto da placa superior
- 4 Placa superior da prensa
- 5 Placa de apoio
- 6 Cilindro espaçador
- 7 Placa de centragem do estampo
- 8 Porta estampo
- 9 Estampo
- 10 Matriz
- 11 Anel de retenção
- 12 Anel "O"
- 13 Reservatório de pressão (parte externa)
- 14 Reservatório de pressão (parte interna)
- 15 Bilete
- 16 Tampa de proteção
- 17 Terminais para medição da pressão e temperatura
- 18 Tampão
- 19 Cone para vedação dos condutores elétricos
- 20 Placa de apoio do tampão
- 21 Placa de centragem do reservatório de pressão na mesa da prensa
- 22 Mesa da prensa

ESCALA 1 : 25	PROJETO	F. M. MIRA	CENTRO TECNOLÓGICO U F S C
	DESENHO	A. LAPA	
	ORIENTADOR	P. DUNN - G. FERRETTI	
	D A T A	04 / 02 / 74	
CONJUNTO DOS ELEMENTOS COMPONENTES DA MONTAGEM PARA EXTRUSÃO HIDROSTÁTICA NA PRENSA AMSLER 500 D 1029			

Neste método, a extrapolação não é sempre simples de ser conseguida. É mais fácil e mais preciso ²⁵, extrapolar, tendo por base igual carga ao invés de igual deformação relativa.

Se cilindros de diferentes alturas, mas com o mesmo diâmetro inicial são submetidos à mesma sucessão de cargas, o corpo de prova de maior altura sofrerá uma maior deformação para a mesma carga, em função da menor influência do atrito. Todos os corpos de prova, com as várias relações d_0/h_0 (figura 35) são sucessivamente submetidos à mesma carga, e a deformação relativa da variação da altura é calculada. A extrapolação da deformação relativa para as várias relações d_0/h_0 , fornece a deformação relativa que ocorreria para um corpo de prova de altura infinita.

Assim, para qualquer valor de altura inicial h_0 , do corpo de prova de altura infinita, a altura h , para cada um dos valores das cargas aplicadas, pode ser calculada, e, conseqüentemente, o correspondente valor da área da secção transversal torna-se conhecido. Desta forma, os valores das tensões efetivas podem ser determinados (figura 35).

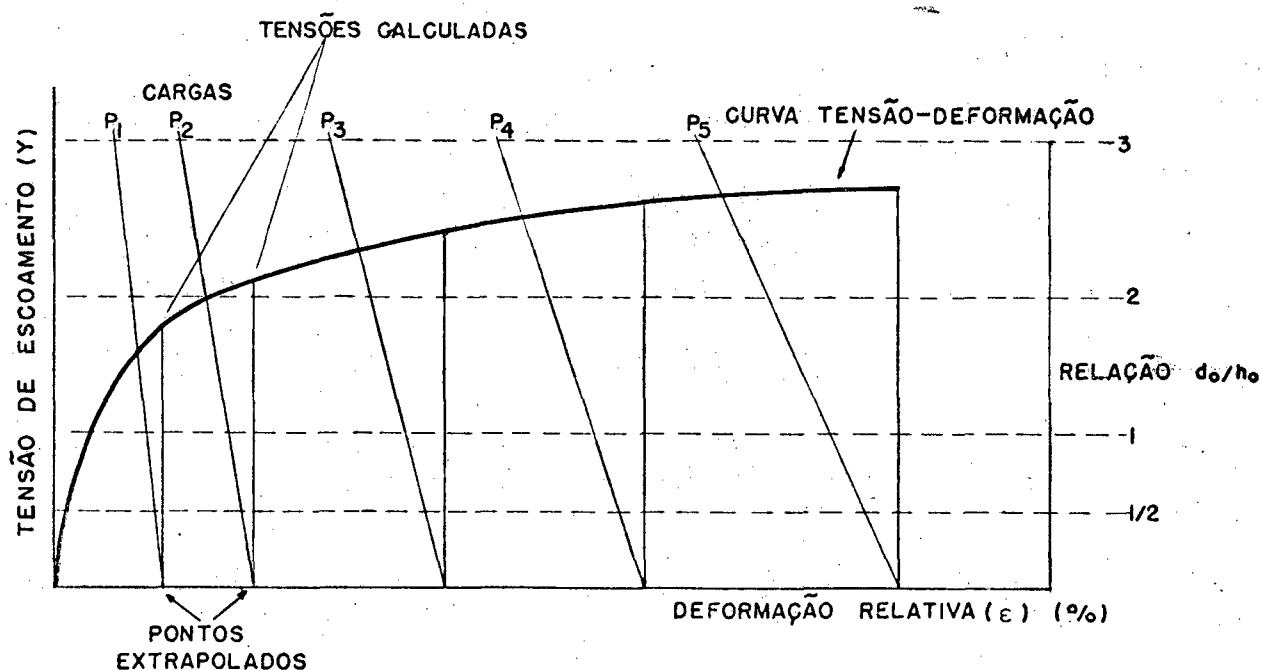


Fig. 35 - Representação esquemática do gráfico tensão de escoamento - deformação relativa para diferentes valores de relação d_0/h_0 e várias cargas aplicadas.

5.2.2 - Particularizações para o caso do presente trabalho.

Como explicado no item anterior, utilizou-se o método citado, com as seguintes particularizações:

- (i) escolheram-se corpos de prova cilíndricos com diâmetro de 10 mm.
As relações d_0/h_0 adotadas foram de 3, 2, 1 e 1/2, sendo, respectivamente, as alturas iniciais de 3,333, 5, 10 e 20 mm.
(Obs.: Os diâmetros e alturas iniciais de todos os corpos de prova, após sua usinagem, foram medidos com um micrômetro e estes valores empregados nos cálculos);
- (ii) os corpos de prova de alumínio foram recozidos a 350°C durante uma hora, enquanto que, os de cobre, sofreram recozimento a 600°C, durante uma hora;
- (iii) procurou-se manter constante a velocidade de aplicação da carga, para todos os corpos de prova do mesmo material. Usou-se uma velocidade de aplicação de carga de 12,5 kgf/seg. para os corpos de prova de alumínio e de 20 kgf/seg. para os de cobre;
- (iv) a carga atuante, após sua estabilização no valor desejado, foi mantida, para todos os corpos de prova, de ambos os materiais, durante 15 segundos;
- (v) a aplicação das cargas foi incremental;
- (vi) antes da aplicação de cada uma das cargas, as extremidade dos corpos de prova, bem como as superfícies das placas de compressão, foram lubrificadas com dissulfeto de molibdênio (molykote - pasta G);

- (vii) após cada aplicação de carga, os corpos de prova foram retirados da máquina de ensaio, e sua altura medida, cuidadosamente, com um micrômetro, inicialmente, aferido, com blocos padrões;
- (viii) para o alumínio, a faixa de carga aplicada foi de 250 a 3 000 kgf, com incrementos iguais de 250 kgf.
- Para o cobre, a faixa de carga utilizada foi de 250 a 10 000 kgf, com incremento de 250, 500 e 1 000 kgf, respectivamente, para as faixas de 250 a 2 000 kgf, de 2 000 a 5 000 kgf e de 5 000 a 10 000 kgf;
- (ix) observou-se a zeragem da máquina de ensaio de compressão antes da aplicação de cada carga.

5.3 - Máquina de ensaio empregada

5.3.1 - Características da máquina

Máquina de ensaio de tração e compressão
VEB - ZD10 - Nº Fab. 280/65., com as seguintes principais características:

Carga máxima	10 tonf
Distância entre as colunas	510 mm
Espaço disponível para ensaio de compressão, ajustável	0-295 mm
Velocidade do pistão, ajustável de	0-200 mm/min
Escala de carga:	
0 a 1 tonf.	graduação 5 kgf
0 a 5 tonf.	graduação 20 kgf
0 a 10 tonf.	graduação 50 kgf
Erro permitido \pm 1% de 1/10 no valor máximo de cada escala ajustada.	

5.3.2 - Levantamento da curva de aferição da máquina de ensaio.

Foi efetuado o levantamento da curva de aferição da máquina de ensaio usada, tendo em vista a necessidade de resultados precisos e de sua confiabilidade.

5.3.2.1 - Equipamentos disponíveis

Dispôs-se dos seguintes equipamentos para a aferição da máquina de ensaio, na faixa requerida, ou seja, entre 250 a 10 000 kgf.:

I) Dinamômetro de anel com dispositivo ótico de medição (KMBO) - 50 tonf.

O dinamômetro em questão serve para medir cargas de tração ou de compressão puramente estáticas, fornecendo uma precisão maior do que oferece o dinamômetro mecânico. A medição é efetuada com o auxílio de um microscópio em espiral da VEB Carl Zeiss - Jena.

Carga máxima:

O dinamômetro disponível é para uma capacidade máxima de 50 tonf.

Campo de medição:

Desde 1/10 da carga máxima até a carga máxima.

Influência da temperatura:

O dinamômetro pressupõe uma temperatura de ensaio de +20°C. O módulo de elasticidade é um fator que depende da temperatura. Segundo recomendação do fabricante, deve-se considerar um coeficiente de temperatura de 0,03% por grau centígrado.

Para o valor dinamométrico X_i , lido numa medição, a carga P_i correspondente resulta:

$$P_i = \frac{X_i - X_{n-1}}{E_i} + P_{n-1} \quad (19)$$

sendo:

$$E_i = \frac{\Delta E}{\Delta P} = \frac{X_n - X_{n-1}}{P_n - P_{n-1}} \quad (20)$$

onde :

- E_i = unidades de leitura por unidade de carga para o respectivo intervalo (o fabricante fornece uma tabela de valores de 5 a 50 tonf. aferidos pelo DAM - DDR);
- X_i = valor dinamométrico qualquer, lido em uma medição ou determinado por interpolação;
- P_i = carga correspondente a X_i ;
- X_n = 1º, 2º ... enésimo valor dinamométrico ($X_n > X_i$) na tabela de valores teóricos;
- P_n = carga correspondente a X_n ;
- X_{n-1} = valor dinamométrico próximo menor ($X_{n-1} < X_i$) de X_n na tabela de valores teóricos;
- P_{n-1} = carga correspondente a X_{n-1} .

II) Dinamômetro de anel WAZAU.

Os valores das cargas são funções das deformações elásticas do anel do dinamômetro. As deformações em centésimos de milímetro são medidas com o auxílio de um relógio comparador Mitutoyo do tipo de acionamento mecânico que apalpa indiretamente dois pontos opostos do anel por intermédio de um sistema de alavancas (fotografia apêndice 4).

Carga máxima:

O dinamômetro disponível possui u ma capacidade de carga máxima de 3 tonf.

Curva de ajuste:

HARSTEIN ³³ procedeu a aferição do referido dinamômetro, através da utilização de uma balança dinamométrica mecânica, tendo encontrado a curva de ajuste da função carga-deformação, que, conforme a previsão teórica, resulta como sendo uma reta, com a seguinte equação:

$$\text{Carga} = 5,5383546 \times \text{deformação}$$

Das características dos equipamentos disponíveis para a aferição da máquina de ensaio de compressão, pode-se verificar que:

- (i) a utilização do dinamômetro de anel com dispositivo ótico de medição, somente é recomendável para a aferição na faixa de 5 a 10 tonf.;
- (ii) o uso do dinamômetro de anel WAZAU, só pode ser efetuado até a carga máxima de 3 tonf.

A solução adotada foi a de se proceder à aferição da máquina de ensaio com o dinamômetro de anel WAZAU até o valor de 3 tonf., e de 5 a 10 tonf. com o dinamômetro de anel como dispositivo ótico de medição. Com os valores obtidos das deformações, acharam-se os valores reais das cargas e a curva de ajuste entre as cargas lidas e as cargas reais, i.é, a curva de aferição da prensa.

5.3.2.2 - Resultados obtidos

A curva de ajuste entre as cargas lidas na máquina de ensaio e as cargas realmente aplicadas resulta na reta de ajuste:

Equação da reta de ajuste -

$$\text{Carga real} = -7,23348 + 1,00557 \times \text{carga lida}$$

A equação da reta de ajuste foi obtida pelo método dos mínimos quadrados, através de cálculo compu

tacional.

Os valores lidos no levantamento da curva de aferição, através do dinamômetro de anel WAZAU e do dinamômetro de anel com dispositivo de medição ótico, encontram-se nos quadros 12 e 14.

No quadro 12, pode-se observar que na faixa de valores de 250 a 3 000 kgf, as leituras foram efetuadas de 250 em 250 kgf (justamente para os valores adotados para o levantamento da curva tensão-deformação do alumínio). No quadro 14, nota-se que foram também efetuadas medidas das deformações, com o dinamômetro de anel com dispositivo ótico de medição para valores abaixo de 5 000 kgf. Entretanto, tais valores tem apenas caráter informativo, não tendo sido os mesmos computados no ajuste da curva de aferição.

Os valores das cargas aplicadas, deformações médias medidas, cargas reais e o correspondente erro percentual, encontram-se indicados nos quadros 13 e 15, para, respectivamente, o dinamômetro de anel WAZAU e o dinamômetro de anel com dispositivo ótico de medição. No quadro 16, encontram-se os valores das cargas reais obtidos a partir da reta de ajuste, bem como os erros percentuais, relativamente às cargas lidas na máquina de ensaio.

A representação gráfica da reta de ajuste entre as cargas lidas e as cargas reais está contida na figura 36.

A listagem dos programas de computador empregados para o ajuste de curva pelo método dos mínimos quadrados, bem como os resultados obtidos, estão no apêndice 5.

5.4 - Resultados obtidos no levantamento da curva tensão-deformação

A partir dos dados iniciais levantados (obtidos dos ensaios de compressão), ou seja, dos valores das reduções das alturas (h) dos corpos de prova, para as várias cargas aplicadas e para as várias relações d_0/h_0 , calcularam-se os valores das de

LEVANTAMENTO DA CURVA DE AFERIÇÃO

(MÁQUINA PARA ENSAIO DE TRAÇÃO E COMPRESSÃO VEB - ZD10 - Nº Fab. 280/65)

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

DATA: 18/05/73

TEMPERATURA AMBIENTE: 22°C

EQUIPAMENTO DE MEDIDA UTILIZADO:-Dinamômetro de anel WAZAU

CARGA APLICADA (kgf)	DEFORMAÇÕES (Centésimos de mm)										VALOR MÉDIO
	Número de Medidas										
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	
250	44,0	44,0	44,2	44,3	43,8	43,8	44,3	44,0	44,2	44,2	44,08
500	88,5	88,8	89,0	88,8	88,6	89,0	88,6	89,6	89,3	89,3	88,95
750	134,0	134,0	134,0	134,0	134,0	134,5	133,8	134,3	134,5	134,6	134,17
1 000	179,3	179,5	179,5	179,2	179,5	179,8	179,5	180,0	179,9	179,8	179,60
1 250	225,5	225,0	225,2	225,0	224,7	224,9	224,7	225,0	225,2	225,6	225,08
1 500	270,2	271,0	271,2	271,0	270,7	270,7	270,9	271,0	271,0	271,2	270,89
1 750	316,0	316,0	316,3	316,0	316,5	316,0	316,2	316,9	316,5	317,1	316,35
2 000	361,8	362,0	362,0	361,8	362,1	361,6	362,0	362,3	362,8	362,5	362,09
2 250	408,0	407,5	408,3	408,2	408,0	407,8	407,9	407,5	408,1	407,8	408,09
2 500	452,5	452,8	452,3	453,0	453,3	453,2	453,0	453,5	453,5	454,0	407,91
2 750	499,5	500,0	500,0	499,6	499,8	499,7	499,9	499,4	500,5	499,7	499,81
3 000	546,0	545,5	545,3	545,5	545,0	545,2	545,7	546,0	545,2	545,2	545,52

QUADRO 12

LEVANTAMENTO DA CURVA DE AFERIÇÃO

(Máquina para ensaio de tração e compressão
VEB - ZD 10 - Nº Fab. 280/65)

CARGA APLICADA (kgf)	DEFORMAÇÃO VALOR MÉDIO MEDIDO (Centésimos de mm)	VALOR REAL DA CARGA (*) (kgf)	ERRO PERCENTUAL (%)
250	44,08	244,1	-2,40
500	88,95	492,6	-1,49
750	134,17	743,1	-0,93
1 000	179,60	994,7	-0,53
1 250	225,08	1 246,6	0,28
1 500	270,89	1 500,3	0,02
1 750	316,35	1 752,1	0,12
2 000	362,09	2 005,4	0,27
2 250	407,91	2 259,2	0,41
2 500	453,11	2 509,5	0,38
2 750	499,81	2 768,1	0,66
3 000	545,52	3 021,3	0,70

(*) Anel de WAZAU

Carga = 5,5383546 x Deformação

QUADRO 13

LEVANTAMENTO DA CURVA DE AFERIÇÃO

(MÁQUINA PARA ENSAIO DE TRAÇÃO E COMPRESSÃO VEB - ZD10 - Nº Fab. 280/65)

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

DATA: 18/05/73

TEMPERATURA AMBIENTE: 22°C

EQUIPAMENTO DE MEDIDA UTILIZADO:-Dinamômetro de anel com dispositivo ótico de medição (KMB0)50 tonf.

CARGA APLICADA (kgf)	VALORES LIDOS (Divisões de escala)										VALOR MÉDIO
	Número de Medidas										
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	
500	21,8	22,3	22,1	22,2	22,2	22,0	22,1	21,8	21,8	22,5	22,07
1 000	44,0	44,3	45,0	45,0	44,3	44,0	44,2	44,2	44,3	44,5	44,37
1 500	67,8	67,6	67,1	67,5	68,2	67,8	68,0	67,8	67,3	68,2	67,72
2 000	90,5	90,7	90,5	90,8	90,3	90,5	90,6	90,5	90,0	90,2	90,45
2 500	112,0	112,3	112,0	112,5	112,2	112,6	112,5	112,2	111,8	112,0	112,20
3 000	135,1	134,5	134,8	134,3	134,3	134,5	134,4	134,5	135,0	134,5	134,58
4 000	181,4	180,6	180,4	180,3	180,4	181,8	180,0	180,7	181,0	180,5	180,76
5 000	225,1	225,1	224,2	223,8	225,2	224,3	225,6	223,5	225,8	224,1	224,66
6 000	271,3	271,5	271,0	270,8	270,4	269,4	270,2	269,6	271,0	270,7	270,58
7 000	316,1	315,0	315,3	314,9	315,4	315,2	315,4	315,0	314,9	315,0	315,21
8 000	362,3	361,5	360,8	361,0	361,0	360,9	360,4	359,8	361,3	360,0	360,80
9 000	407,5	407,2	406,7	406,8	406,6	406,8	406,5	405,7	405,5	406,5	406,57
10 000	451,3	451,8	451,1	451,7	450,9	451,8	451,0	450,3	450,7	450,8	451,13

QUADRO 14

LEVANTAMENTO DA CURVA DE AFERIÇÃO

(MÁQUINA PARA ENSAIO DE TRAÇÃO E COMPRESSÃO

VEB - ZD10 - Nº Fab. 280/65)

CARGA APLICADA (kgf)	VALOR MÉDIO MEDIDO (Divisões de escala do dinamômetro)	VALOR MÉDIO CORRIGIDO (*)	VALOR REAL DA CARGA (kgf)	ERRO PERCENTUAL (%)
500	22,07	22,07	491,7	-1,69
1 000	44,37	44,35	988,3	-1,19
1 500	67,72	67,69	1 508,3	0,55
2 000	90,45	90,41	2 014,4	0,71
2 500	112,20	112,14	2 498,7	-0,05
3 000	134,58	134,51	2 997,1	-0,10
4 000	180,76	180,66	4 025,4	0,63
5 000	224,66	224,54	5 003,0	0,06
6 000	270,58	270,43	6 026,0	0,43
7 000	315,21	315,03	7 020,3	0,29
8 000	360,89	360,68	8 038,0	0,47
9 000	406,57	406,34	9 055,6	0,61
10 000	451,13	450,34	10 048,3	0,48

(*) OBS.: Temperatura de Referência: 20°C

Temperatura Ambiente: 22°C

Coefficiente de Correção: 0,03%/°C

QUADRO 15

LEVANTAMENTO DA CURVA DE AFERIÇÃO

(Máquina para ensaio de tração e compressão
VEB - ZD10 - N^o Fab. 280/65)

CARGAS LIDAS NA MÁQUINA (kgf)	CARGA REAL (*) (kgf)	ERRO PERCENTUAL (%)
250	243,2	-2,8
500	494,7	-1,1
750	746,1	-0,52
1 000	997,5	-0,25
1 250	1 249,0	-0,08
1 500	1 500,4	0,03
1 750	1 751,8	0,10
2 000	2 003,3	0,16
2 250	2 254,7	0,21
2 500	2 506,1	0,24
2 750	2 757,6	0,28
3 000	3 009,0	0,30
3 500	3 511,9	0,34
4 000	4 014,7	0,37
4 500	4 517,6	0,39
5 000	5 020,5	0,41
6 000	6 026,2	0,43
7 000	7 031,9	0,45
8 000	8 037,6	0,47
9 000	9 043,4	0,48
10 000	10 049,1	0,49

(*) Equação da reta de ajuste

$$\text{Carga real} = - 7.23348 + 1.00557$$

* Carga lida.

QUADRO 16

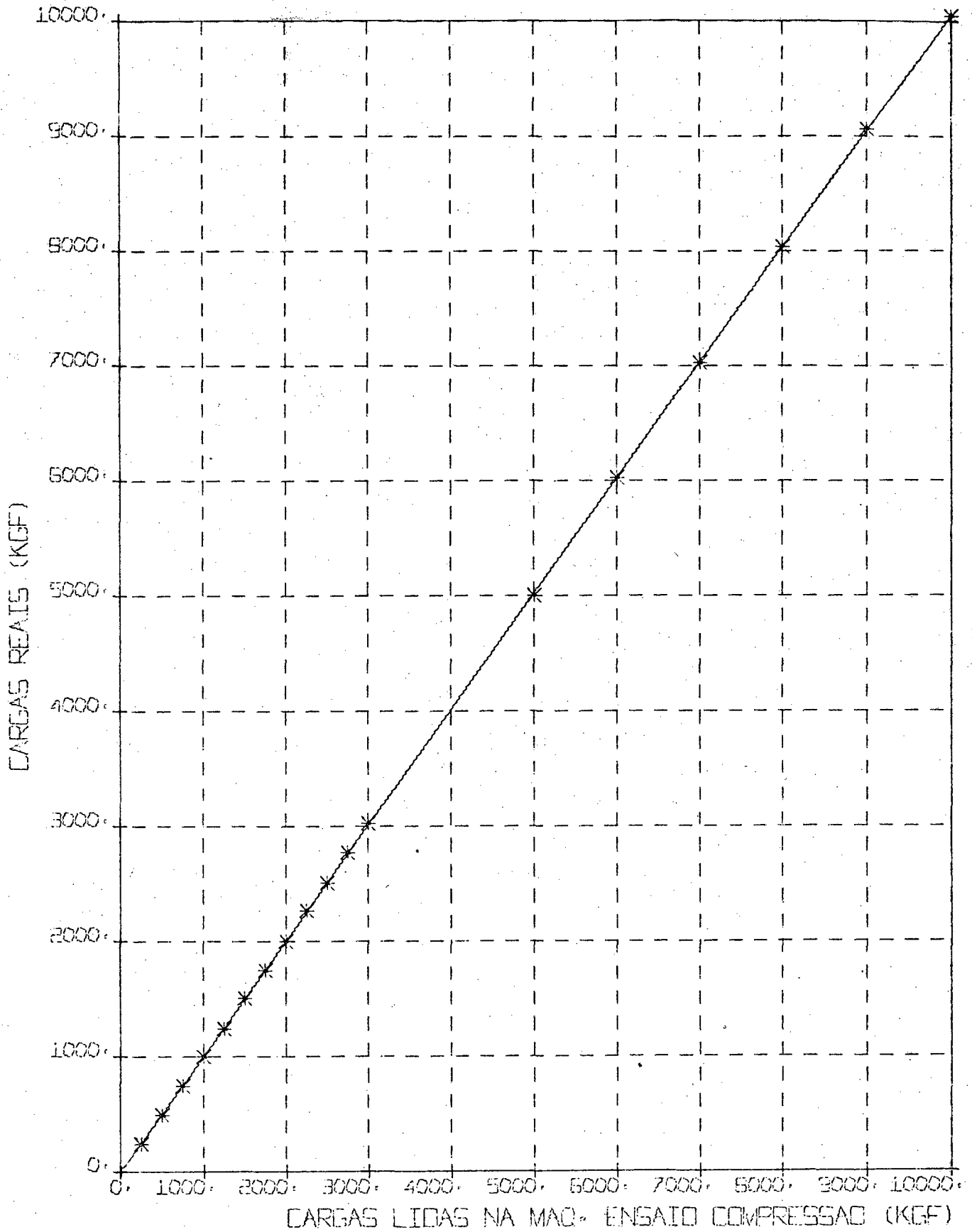


Fig. 36 - CURVA DE AFERICAO DA MAQ. DE ENSAIO

formações relativas correspondentes (tabelas apêndice 2).

A seguir, pelo método dos mínimos quadrados obtiveram-se as equações das retas de ajuste dos valores das deformações relativas, para as várias relações d_0/h_0 e para cada valor da carga aplicada. A listagem do programa de computador e as tabelas dos resultados obtidos no cálculo computacional encontram-se no apêndice 5.

Saliente-se que na obtenção das retas de ajuste, não foram considerados os valores experimentais para a relação d_0/h_0 igual a $1/2$. Esta decisão teve como motivo a verificação, durante os ensaios experimentais, da ocorrência de um escoamento lateral indesejável dos corpos de prova. As fotografias das figuras 37 e 38 esclarecem o ocorrido.

Tal fato aconteceu tanto para o alumínio como para o cobre, sendo que para o alumínio esta irregularidade começou a aparecer para valores de carga de 750 a 1 000 kgf, enquanto que para o cobre estes valores foram de 2 500 a 3 000 kgf. Os valores das alturas (h) dos corpos de prova reduziram-se a valores muito baixos, aumentando, consideravelmente, os valores das deformações relativas, tornando-os não aceitáveis para o levantamento da curva tensão-deformação. Isto pode ser verificado através dos gráficos das figuras 39 e 40.

Os referidos gráficos relacionam as relações d_0/h_0 com os valores das deformações relativas, mostrando as inclinações crescentes das retas de ajuste, com o aumento dos valores das cargas, conforme era esperado. Através das retas de ajuste, pode-se extrapolar para a relação d_0/h_0 igual a zero (i.é, altura infinita). Como explicado no item 5.2.1, a partir destes valores e das cargas reais, determina-se a curva tensão-deformação para os materiais ensaiados.

Os quadros 17 e 18 apresentam os valores calculados da tensão de escoamento e da deformação natural, respectivamente, para o alumínio e cobre. Destes quadros, observa-se que os valores máximos da deformação relativa foram de 67,44% e de 69,73%, respectivamente, para o alumínio e para o cobre. Estes valores correspondem a valores de deformação natural de, respectivamente,



Fig. 37 - Corpo de prova para levantamento experimental da curva tensão-deformação (Relação 1/2 - Material: Alumínio) - Detalhe da ocorrência de escoamento lateral.



Fig. 38 - Idem figura anterior - Detalhe do corpo de prova em sua forma final.

C A R G A S - (kgf)

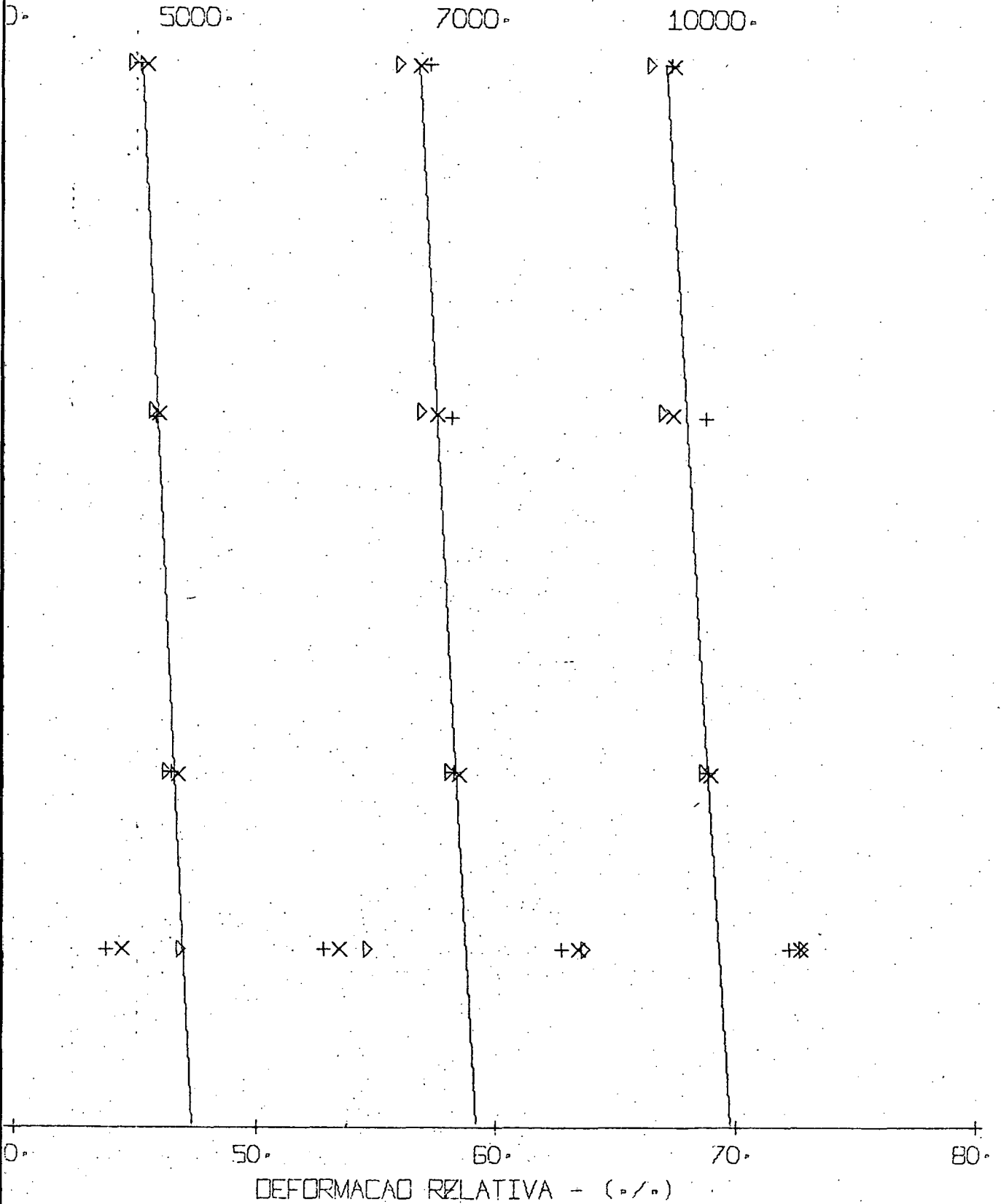


Fig. 40 - Relações d_0/h_0 - deformação relativa para os vários valores de cargas aplicadas. Material: Cobre

C O B R E

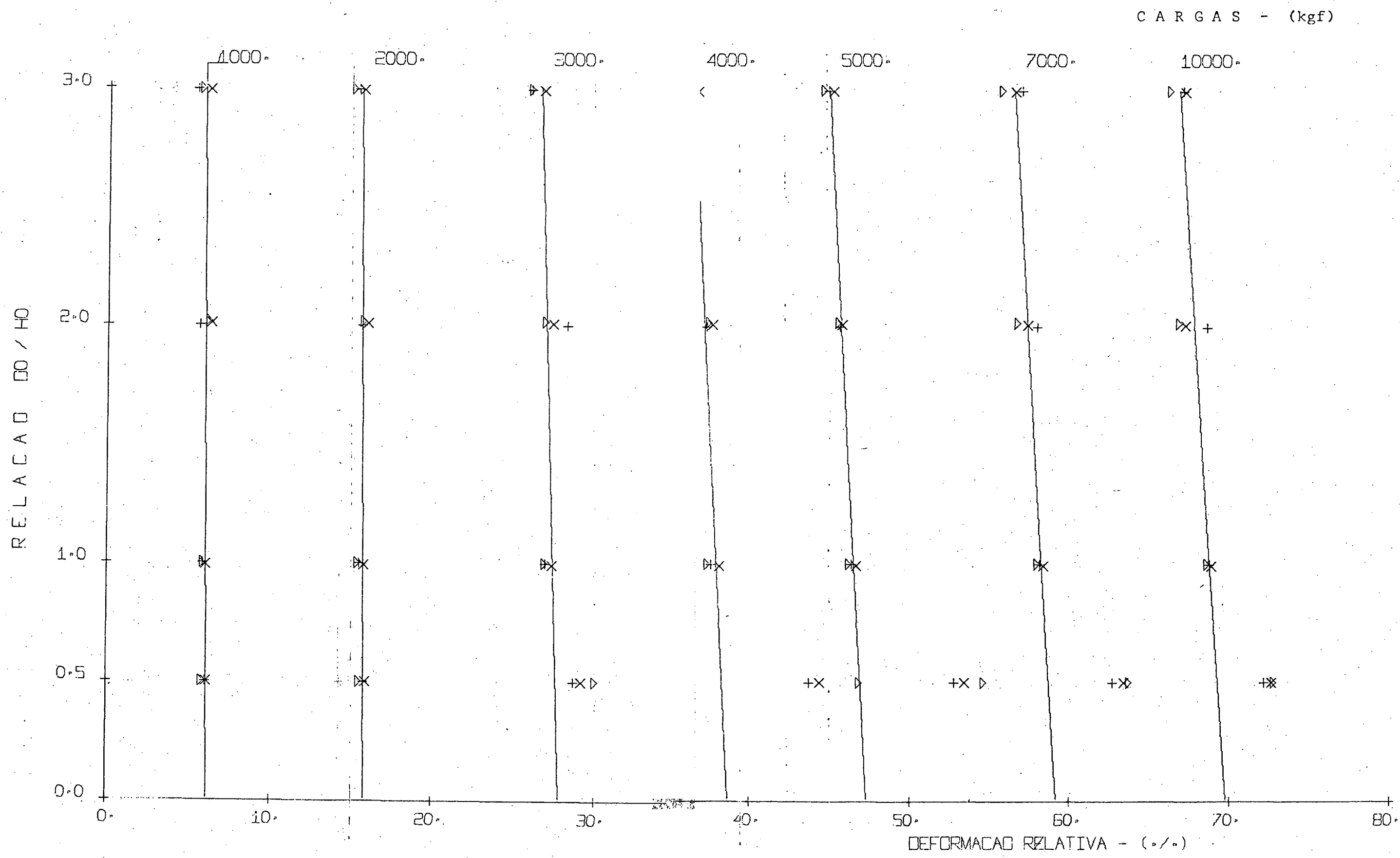


Fig. 40 - Relações d_0/h_0 - deformação relativa para os vários valores de cargas aplicadas. Material: Cobre

ALUMINIO

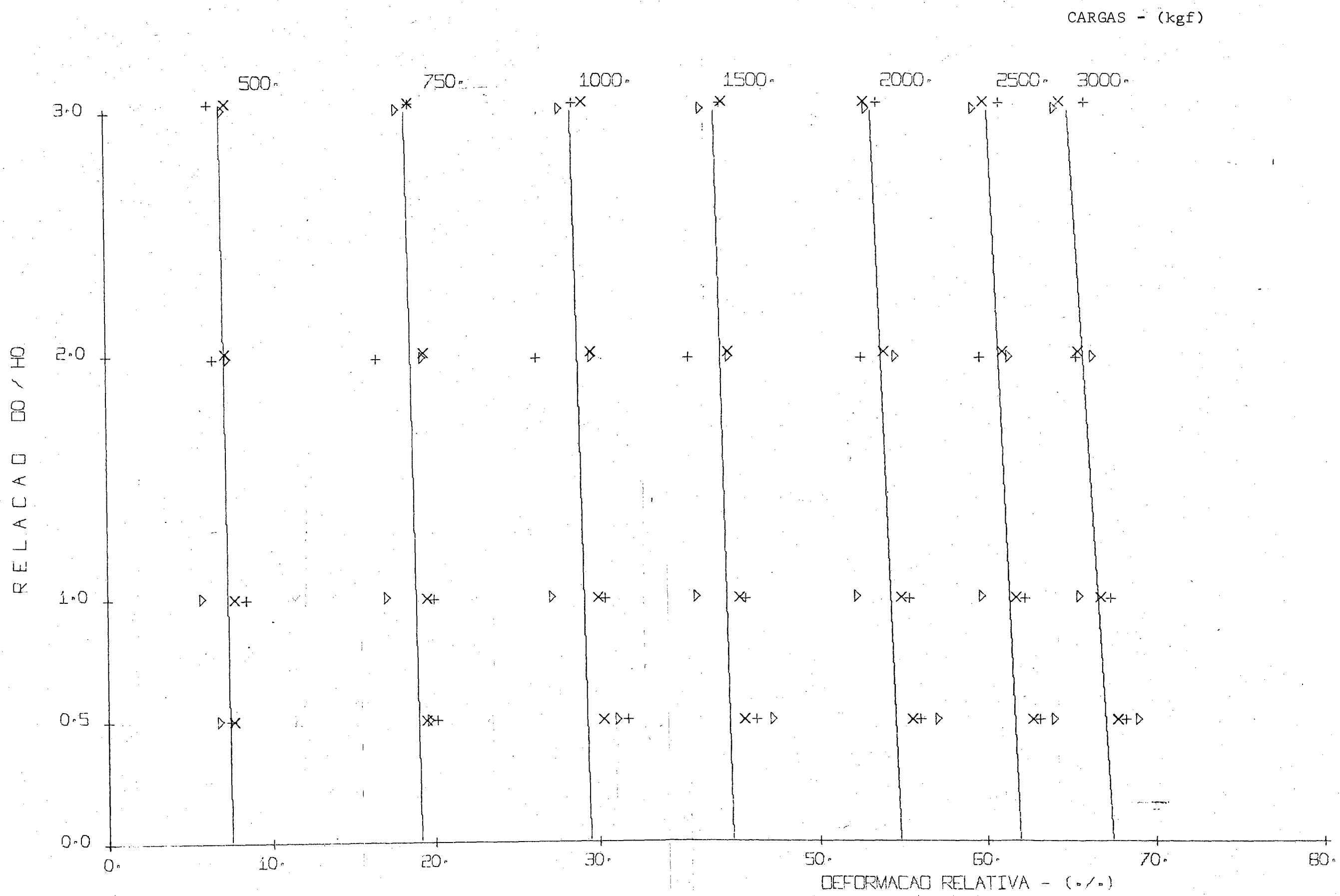


Fig. 39 - Relações do/ho - deformação relativa, para os vários valores de cargas aplicadas. Material: Alumínio

LEVANTAMENTO DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO

Valores calculados a partir dos ensaios experimentais

A L U M Í N I O

CARGA REAL (kgf)	DEF.RELATIVA $\epsilon = \frac{h_0-h}{h_0} \cdot 100$ (%)	DIÂMETRO EFETIVO DO CORPO DE PROVA (mm) ($d_0 = 10.011$ mm)	ÁREA EFETIVA DE APLICAÇÃO DA CARGA (mm ²)	TENSÃO EFETIVA (kgf/mm ²)	DEF.NATURAL $\bar{\epsilon} = \ln \frac{h_0}{h}$
243,2	1,2532	10,074	79,712	3,051	0,0126
494,7	7,5458	10,412	85,137	5,811	0,0785
746,1	19,1393	11,132	97,323	7,666	0,2124
997,5	29,4494	11,919	111,569	8,941	0,3488
1 249,0	37,8663	12,700	126,683	9,859	0,4759
1 500,4	44,7862	13,473	142,560	10,527	0,5940
1 751,8	50,3006	14,200	158,378	11,061	0,6992
2 003,3	54,8083	14,892	174,176	11,502	0,7943
2 254,7	58,7212	15,582	190,678	11,825	0,8848
2 506,1	61,9068	16,220	206,632	12,128	0,9651
2 757,6	64,9318	16,905	224,457	12,286	1,0479
3 009,0	67,4379	17,544	241,732	12,448	1,1220

QUADRO 17

LEVANTAMENTO DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO

Valores calculados a partir dos ensaios experimentais

C O B R E

CARGA REAL (kgf)	DEF. RELATIVA $\epsilon = \frac{h_0 - h}{h_0} \cdot 100$ (%)	DIÂMETRO EFETIVO DO CORPO DE PROVA (mm) ($d_0 = 9,993$ mm)	ÁREA EFETIVA DE APLICAÇÃO DA CARGA (mm ²)	TENSÃO DE ESCOAMENTO REAL (kgf/mm ²)	DEF. NATURAL $\bar{\epsilon} = \epsilon_n \frac{h_0}{h}$
243,2	0,8005	10,033	79,060	3,076	0,0080
494,7	2,2560	10,108	80,237	6,165	0,0228
746,1	4,0218	10,200	81,712	9,131	0,0410
997,5	6,1551	10,315	83,566	11,937	0,0635
1 500,4	10,5698	10,566	87,687	17,111	0,1117
2 003,3	15,8364	10,892	93,177	21,500	0,1724
2 506,1	21,6592	11,289	100,098	25,036	0,2441
3 009,0	27,7952	11,760	108,610	27,705	0,3257
3 511,9	33,2968	12,235	117,564	29,872	0,4045
4 014,7	38,6427	12,757	127,820	31,405	0,4885
4 517,6	43,3004	13,271	138,319	32,661	0,5674
5 020,5	47,2823	13,763	148,761	33,749	0,6402
6 026,2	53,8509	14,710	169,939	35,461	0,7733
7 031,5	59,1660	15,637	192,035	36,618	0,8957
8 037,6	63,4581	16,529	214,575	37,458	1,0067
9 043,4	66,8713	17,361	236,725	38,202	1,1048
10 049,1	69,7279	18,160	259,006	38,795	1,1949

QUADRO 18

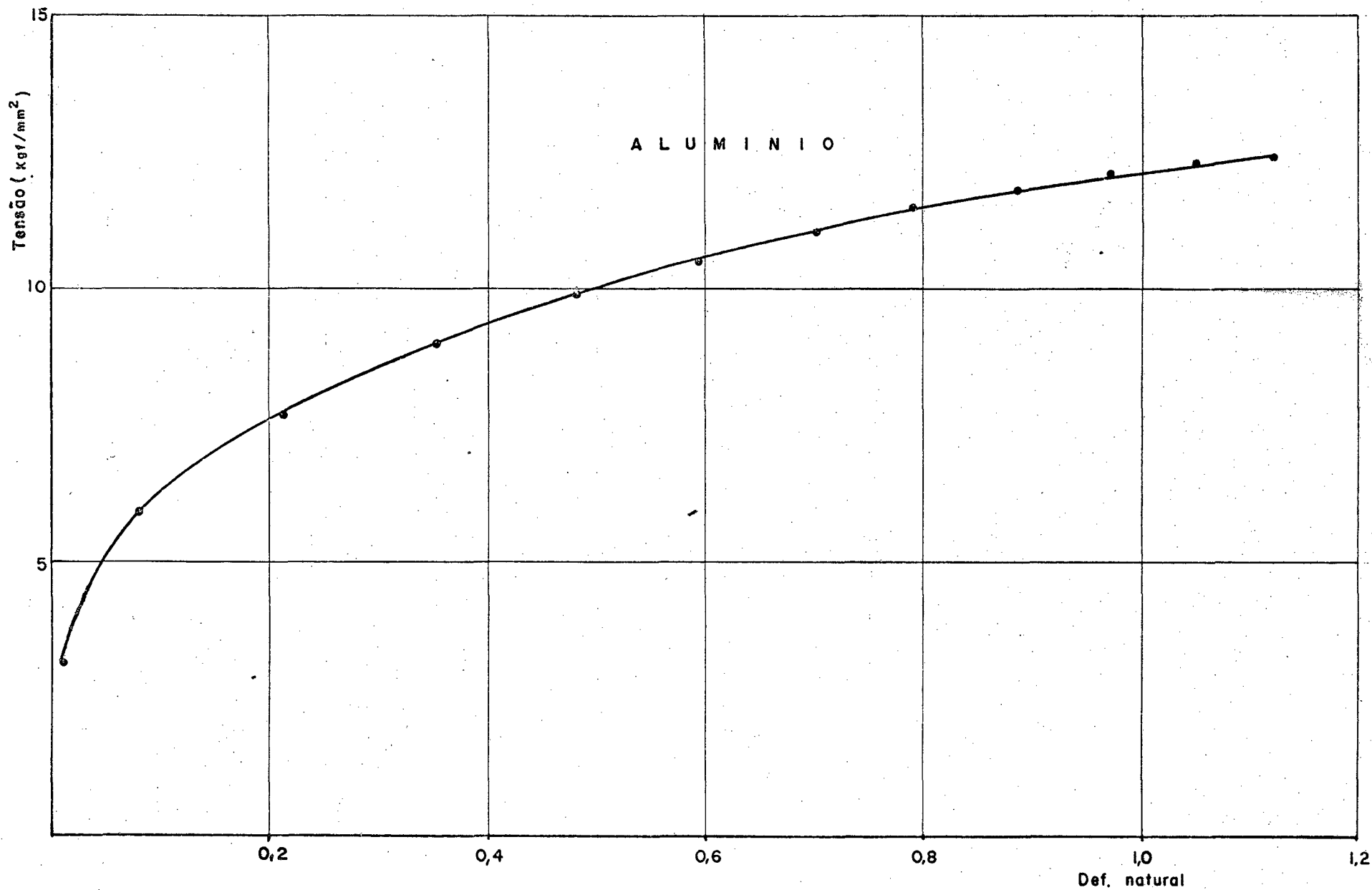


Fig.41 - Curva tensão-deformação para o alumínio.

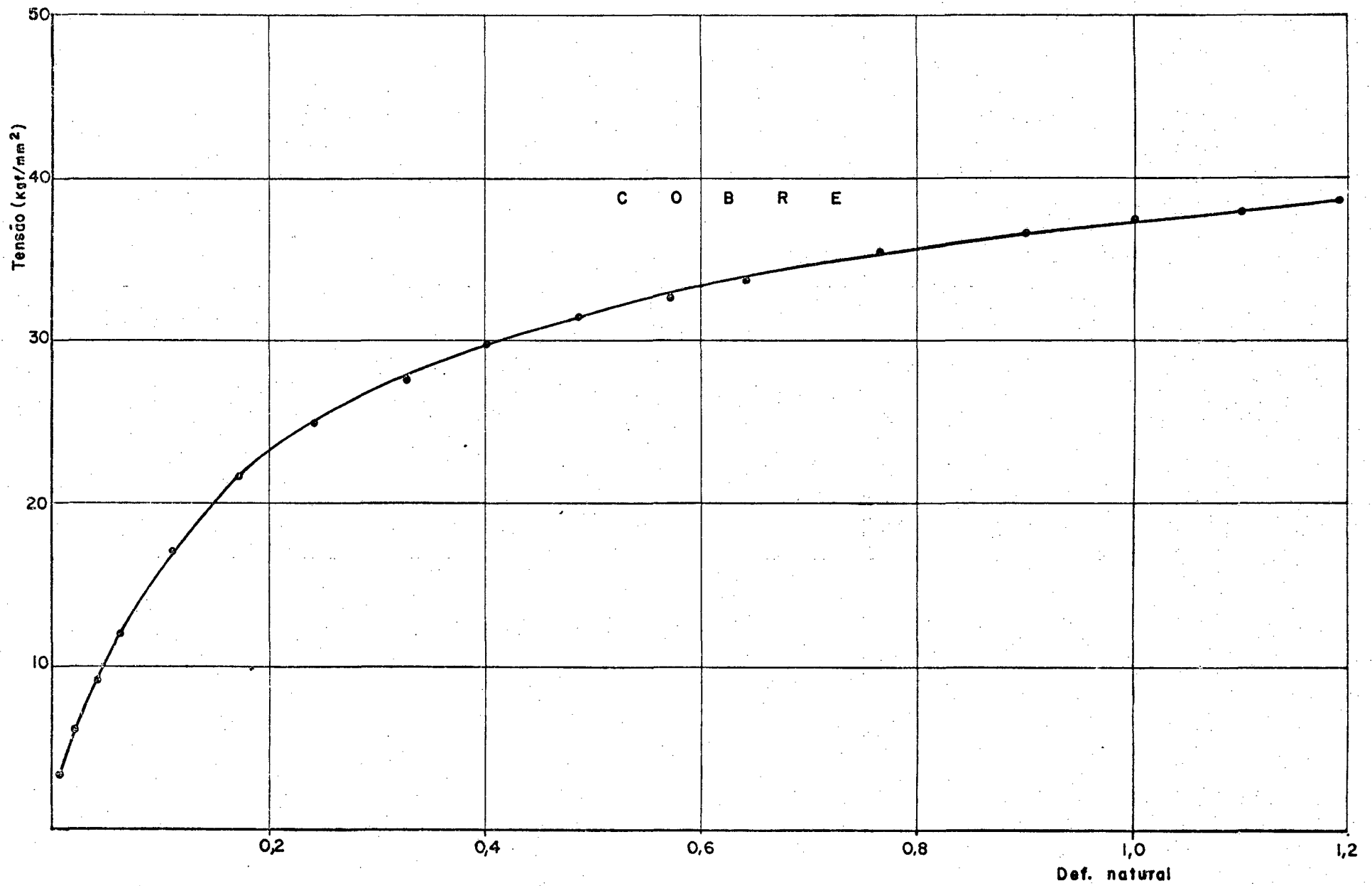


Fig. 42 - Curva tensão-deformação para o cobre.

1,122 e de 1,195 . Nas figuras 41 e 42, estão representadas as curvas tensão-deformação para o alumínio e cobre.

Conforme foi visto no item 5.1, necessita-se da curva tensão-deformação para valores de deformação natural de até 1,34 para o cobre e de até 3,34 para o alumínio. Há necessidade, portanto, da utilização de um método de extrapolação para a sua determinação.

Segundo WILCOX e WHITTON ³⁴ , para assegurar uma extrapolação mais acurada, pode-se plotar um gráfico da tensão de escoamento - logarítmo natural da deformação natural (figura 55).

Os pontos plotados no gráfico resultam em uma reta, na qual a tensão de escoamento é dada por:

$$Y = A \ln \bar{\epsilon} + B \quad (21)$$

No trabalho de WILCOX e WHITTON, são apresentados resultados experimentais para o alumínio puro, correspondentes a uma deformação relativa de 96% (equivalente a uma relação de redução de 25), obtidos por DODEJA ³⁵ . Os valores apresentados evidenciam a possibilidade da extrapolação, a partir do gráfico da tensão de escoamento - logarítmo natural da deformação natural, para valores elevados de deformações.

Desta forma, procedeu-se à extrapolação a partir do gráfico da figura 43, obtendo-se, pelo método dos mínimos quadrados, as retas de extrapolação para ambos os materiais.

- Alumínio

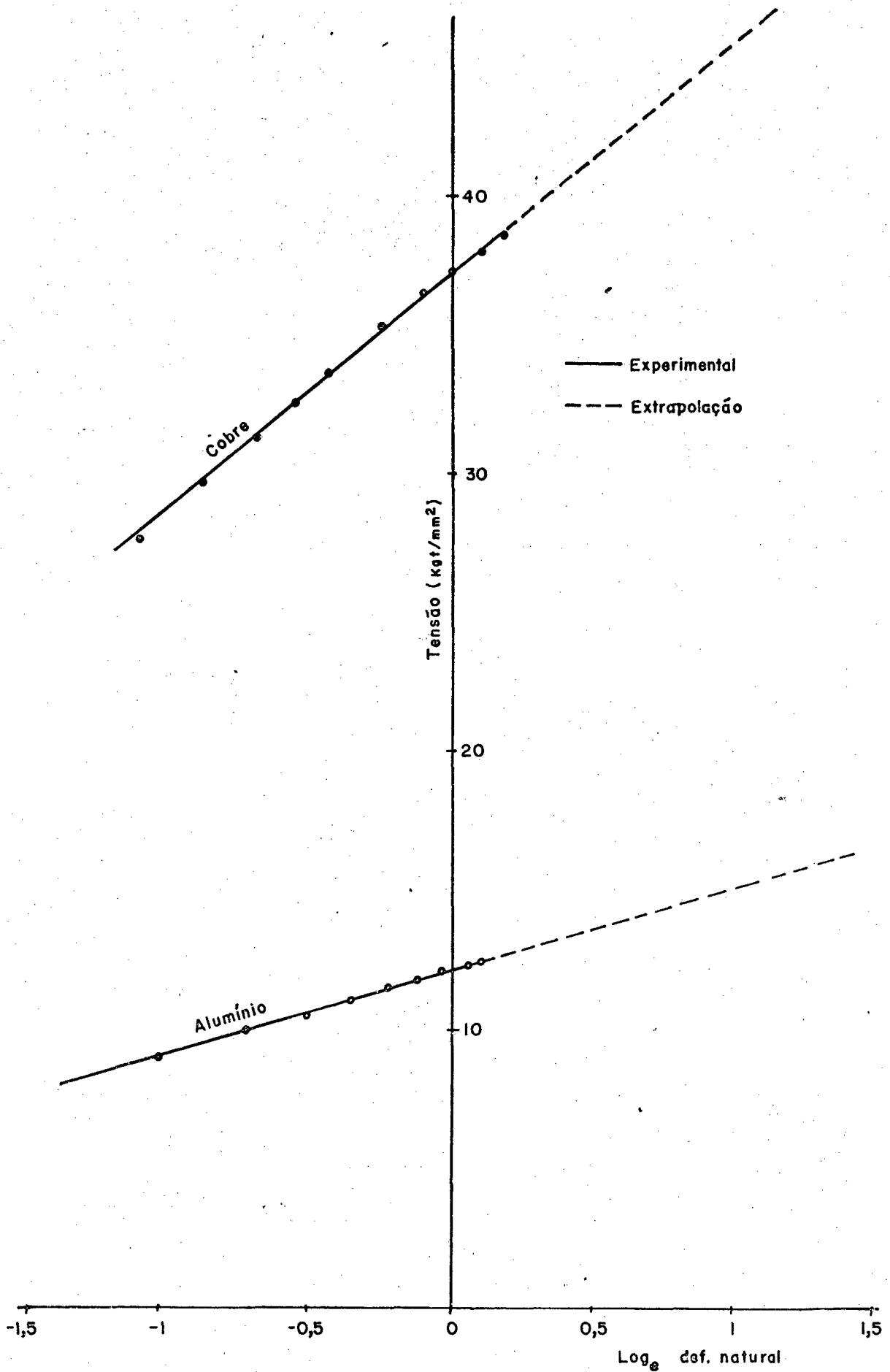
Equação da reta de extrapolação:

$$Y = 12,16242 + 2,75351 \times \ln \bar{\epsilon}$$

- Cobre

Equação da reta de extrapolação:

$$Y = 37,43427 + 7,64648 \times \ln \bar{\epsilon}$$



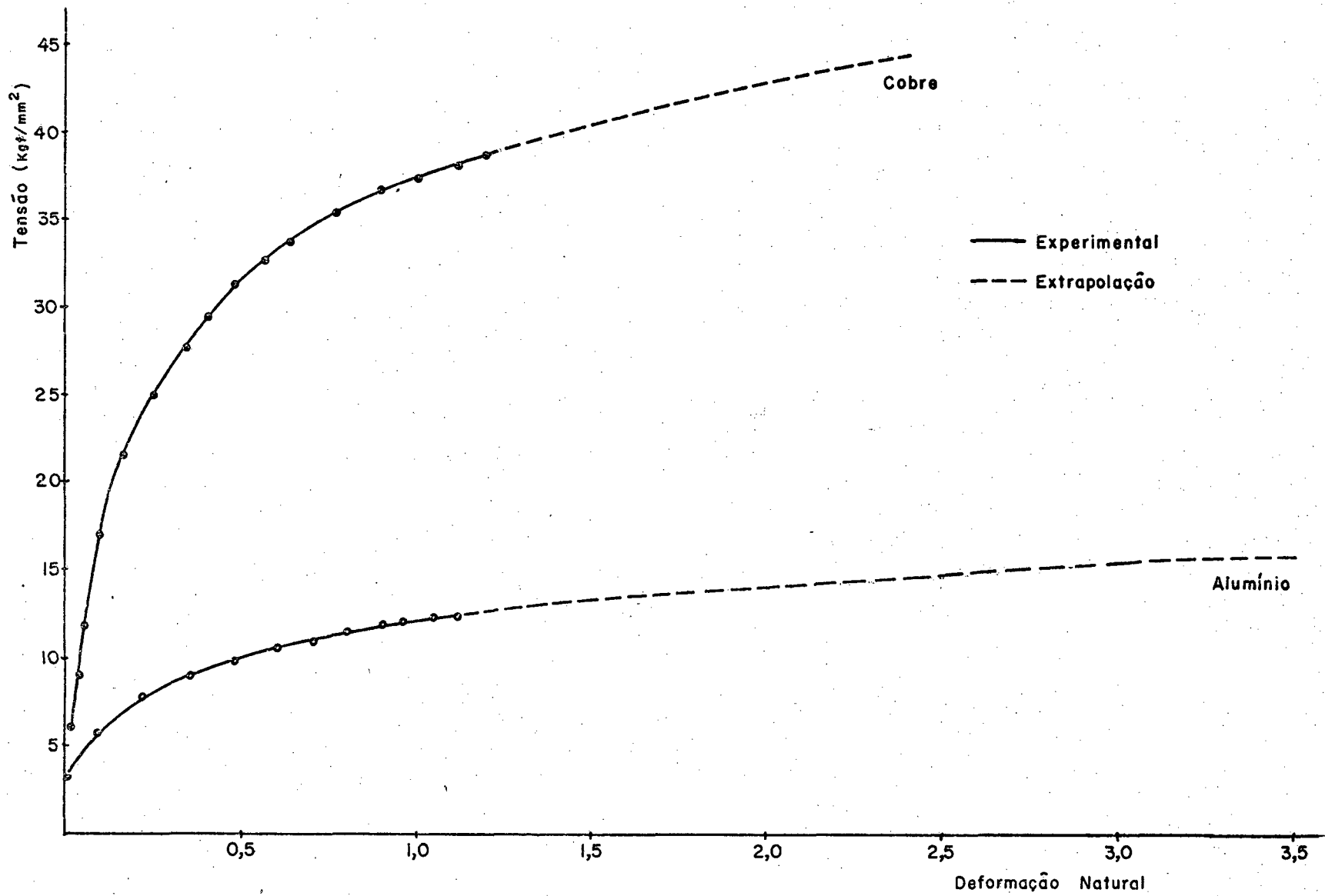


Fig.44 - Curvastensão-deformação para o alumínio e cobre com valores extrapolados.

A listagem do programa do computador encontra-se no apêndice 5.

A partir dos valores das retas de extrapolação, obtidas desta forma, procedeu-se à extrapolação dos valores da curva tensão-deformação. No gráfico da figura 44, apresentam-se as curvas obtidas.

CAPÍTULO VI

6 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS, CONCLUSÕES E SUGESTÕES

6.1 - Discussão dos resultados e conclusões

Neste capítulo, os resultados experimentais obtidos são comparados com as principais teorias sobre o processo de extrusão hidrostática.

Com tal finalidade, são apresentados os gráficos das figuras 45 a 49, para o alumínio, e os gráficos das figuras 63 a 66, para o cobre. Nos referidos gráficos, estão representadas as curvas da variação da pressão de extrusão (p), com a relação de redução ($R = A_0/A_1$), para as várias teorias consideradas e diferentes valores do coeficiente de atrito (μ). Nos gráficos em questão, estão representadas, também, a curva experimental obtida e a curva de deformação homogênea.

As equações adotadas para a comparação foram as seguintes (equações e comentários estão apresentados no item 2.1):

- (i) equação (03) - devida a SIEBEL ³ ;
- (ii) equação (06) - proposta por PUGH ⁸ (deduzida do termo correspondente ao trabalho redundante);
- (iii) equação (09) - baseada no método de SACHS ¹⁰ ;
- (iv) equação (11) - deduzida por PUGH ⁸ , onde o trabalho total é composto de 3 parcelas, i.é, trabalho de deformação homogênea, P_H ; trabalho redundante, P_R ; e trabalho de atrito, P_A ;
- (v) equação (12) - definida por DUFFIL e MELLOR ⁵ .

As equações (06) e (09) não levam em conta a influên

cia do trabalho redundante na pressão de extrusão.

Pode-se, a partir das curvas teóricas calculadas e da curva experimental obtida, efetuar as seguintes comparações:

- (i) as equações (06) e (09), i.é, as que não consideram o trabalho redundante, apresentam valores inferiores aos obtidos experimentalmente, tanto para o alumínio como para o cobre, principalmente, para valores reduzidos de relação de redução (gráficos das figuras 46, 47, 51 e 52);
- (ii) a equação (03) deduzida por SIEBEL³, que estabelece para o trabalho redundante o termo $2/\alpha Y_m$ (o que implica que a curva de pressão para cada ângulo da matriz seja paralela à curva homogênea), como se pode depreender dos gráficos das figuras 45 e 50, se aproxima mais da curva experimental para valores reduzidos de relação de redução, apresentando, porém, ainda valores inferiores. Para valores mais elevados de relação de redução, a diferença entre os valores calculados pela equação com os da curva experimental tende a aumentar. Estas deduções são válidas para ambos os materiais (gráficos das figuras 45 e 50);
- (iii) a equação (11) estabelecida por PUGH⁸ apresenta a forma da curva teórica, bastante próxima da curva experimental. Para o alumínio (conforme figura 48), para relações de redução de até 10, a curva experimental, praticamente coincide com a curva teórica (calculada para $\mu = 0,015$). Para valores de R superiores a 10 até aproximadamente 30, a curva teórica apresenta valores levemente superiores aos experimentais. Esta diferença, para um valor de R de 30, seria da ordem 2% (vide figura 48). No caso do cobre (conforme figura 53), observam-se praticamente as mesmas comparações que para o alumínio, somente que, para valores de R de até 2,5, a curva experimental coincide com a curva calculada ($\mu = 0,010$),

e para valores de R de 2,5 a 4, a curva teórica apresenta valores levemente inferiores aos da curva experimental (da ordem, também, de 2% para R igual a 4 - vide figura 53);

- (iv) Os valores de pressão calculados pela equação (12) estabelecida por DUFFIL e MELLOR ⁵, apresentam diferenças muito reduzidas em relação aos calculados pela equação de PUGH. Como se pode depreender das figuras 49 e 54, as comparações feitas no item (iii), para a equação (11), são, também, válidas para a equação (12).

Assim, de uma maneira geral, na extrusão do alumínio e do cobre, para matrizes com semi-ângulo (α) igual a 15° , pode-se concluir que:

- (i) as curvas pressão de extrusão/relação de redução são similares para ambos os materiais;
- (ii) as curvas pressão de extrusão/relação de redução não são paralelas com a curva de deformação homogênea;
- (iii) o trabalho redundante é responsável pelo aumento do valor da pressão de extrusão, sendo sua influência percentual apreciável para valores reduzidos de relação de redução;
- (iv) as equações de PUGH ⁸ e de DUFFIL e MELLOR ⁵ fornecem estimativas dos valores da pressão de extrusão, perfeitamente aceitáveis.

Os valores de coeficiente de atrito, estimados através das equações de PUGH e de DUFFIL e MELLOR, para as extrusões efetuadas, tanto para o alumínio como para o cobre, estão na faixa de 0,010 e 0,015. Estes valores são aceitáveis para o processo de extrusão hidrostática, o que demonstra que os ensaios efetuados não incorreram em erros além dos admissíveis para um trabalho experimental.

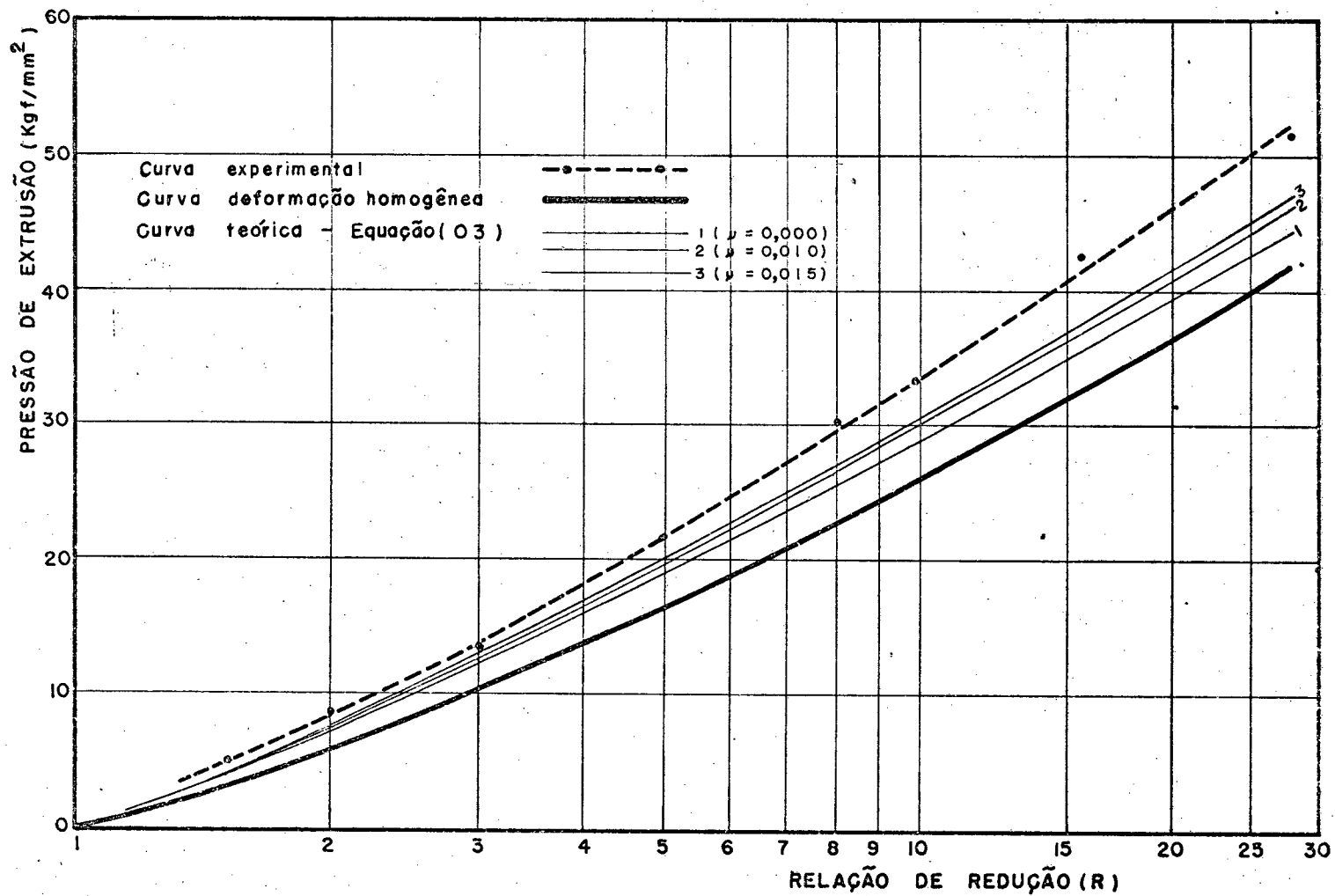


Fig. 45 - Comparação das teorias de extrusão com os resultados experimentais obtidos na extrusão hidrostática do ALUMÍNIO (semi-ângulo da matriz - $\alpha = 15^\circ$).

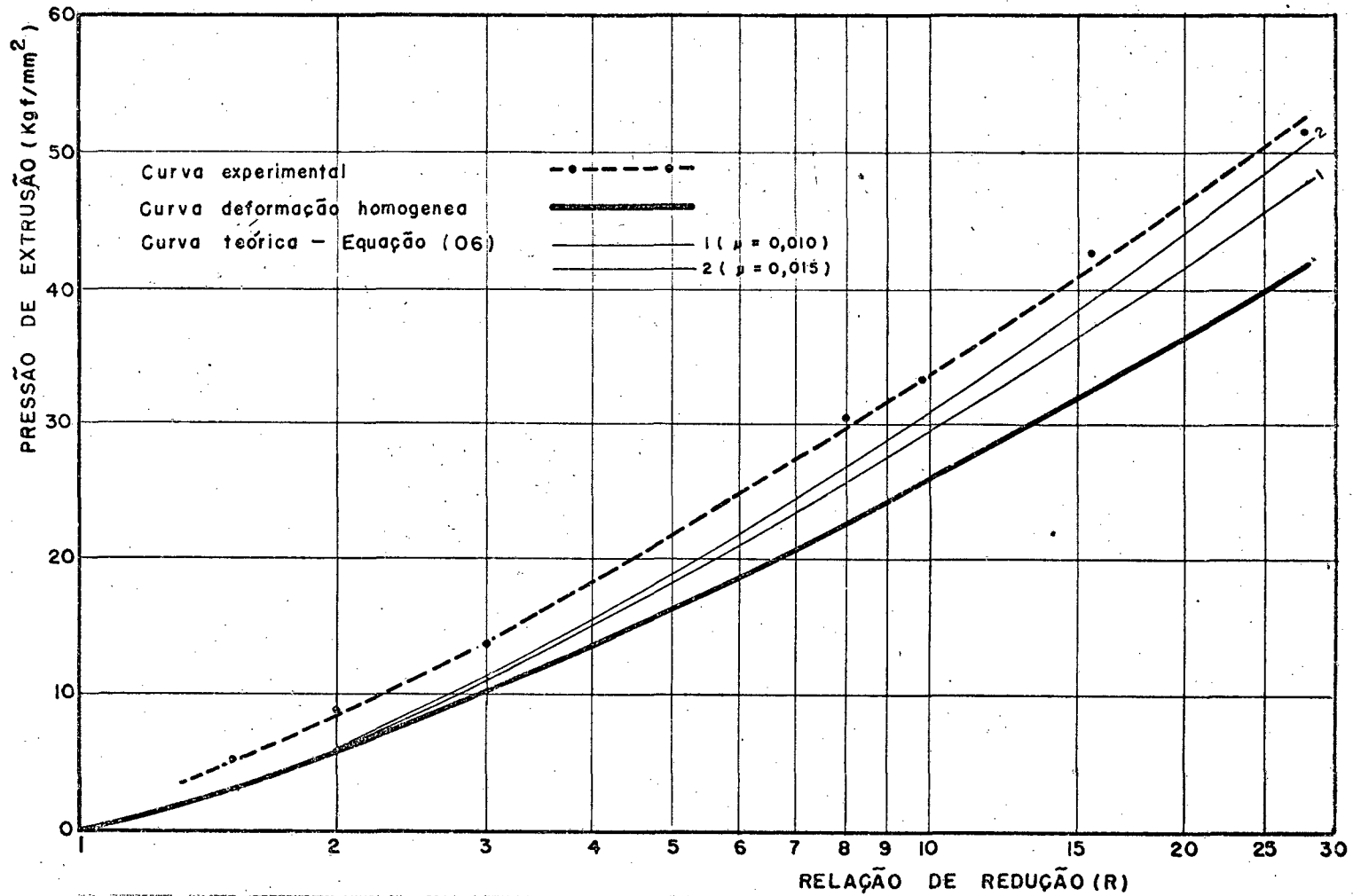


Fig. 46 - Comparação das teorias de extrusão com os resultados experimentais obtidos na extrusão hidrostática do ALUMÍNIO (semi-ângulo da matriz - $\alpha = 15^\circ$).

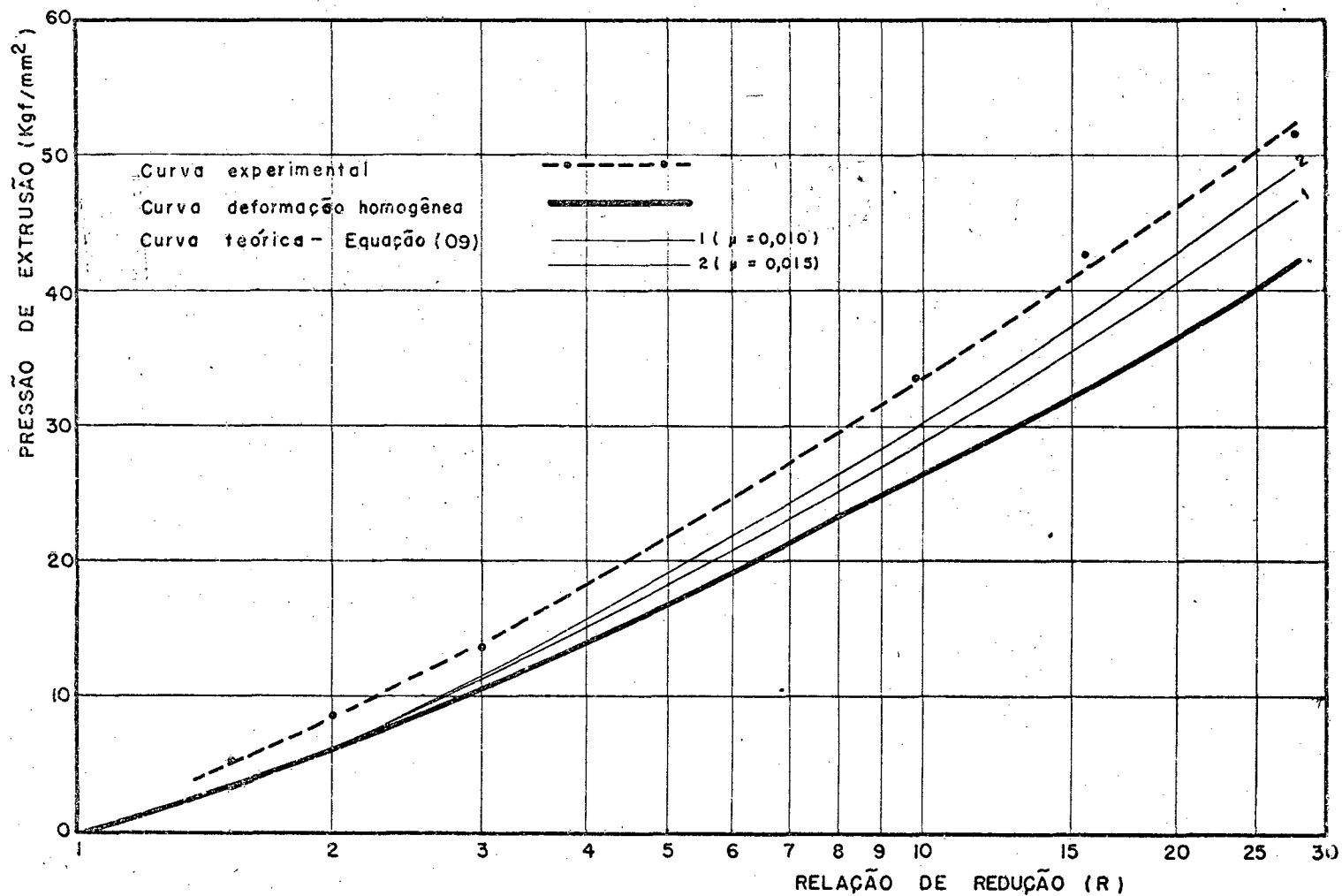


Fig. 47 - Comparação das teorias de extrusão com os resultados experimentais obtidos na extrusão hidrostática do ALUMÍNIO (semi-ângulo da matriz - $\alpha = 15^\circ$).

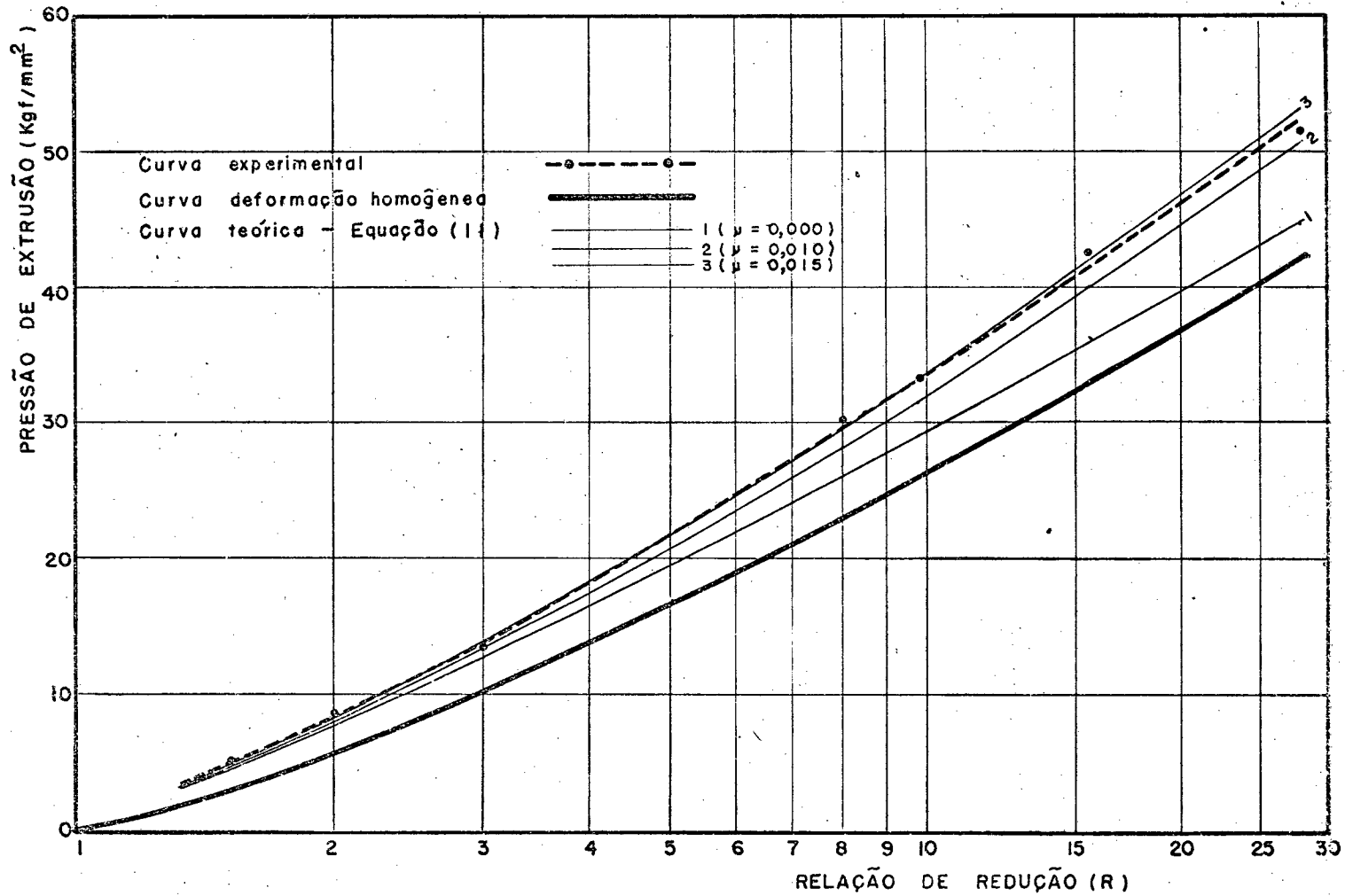


Fig. 48 - Comparação das teorias de extrusão com os resultados experimentais obtidos na extrusão hidrostática do ALUMÍNIO (semi-ângulo da matriz - $\alpha = 15^\circ$).

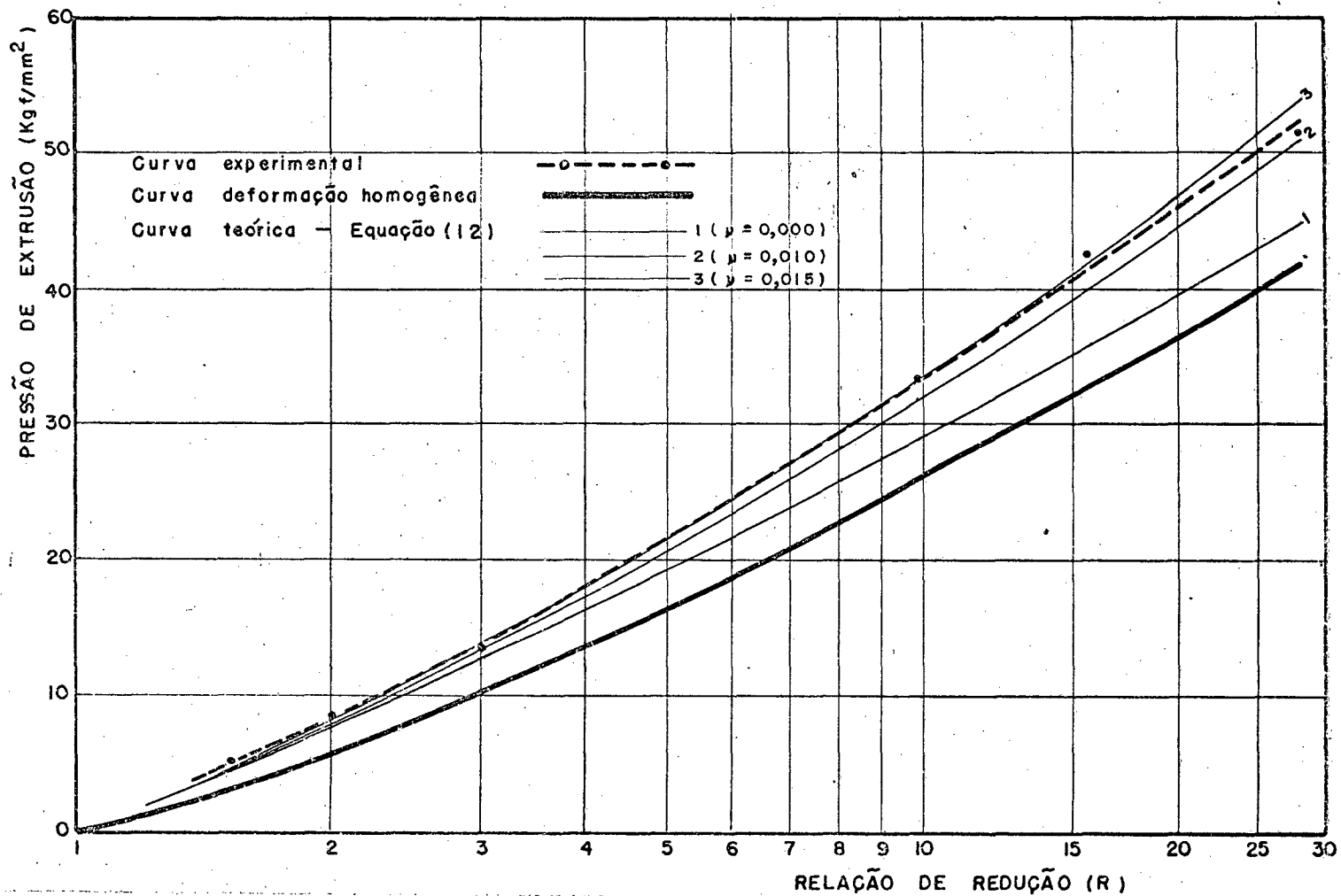


Fig. 49 - Comparação das teorias de extrusão com os resultados experimentais obtidos na extrusão hidrostática do ALUMÍNIO (semi-ângulo da matriz - $\alpha = 15^\circ$).

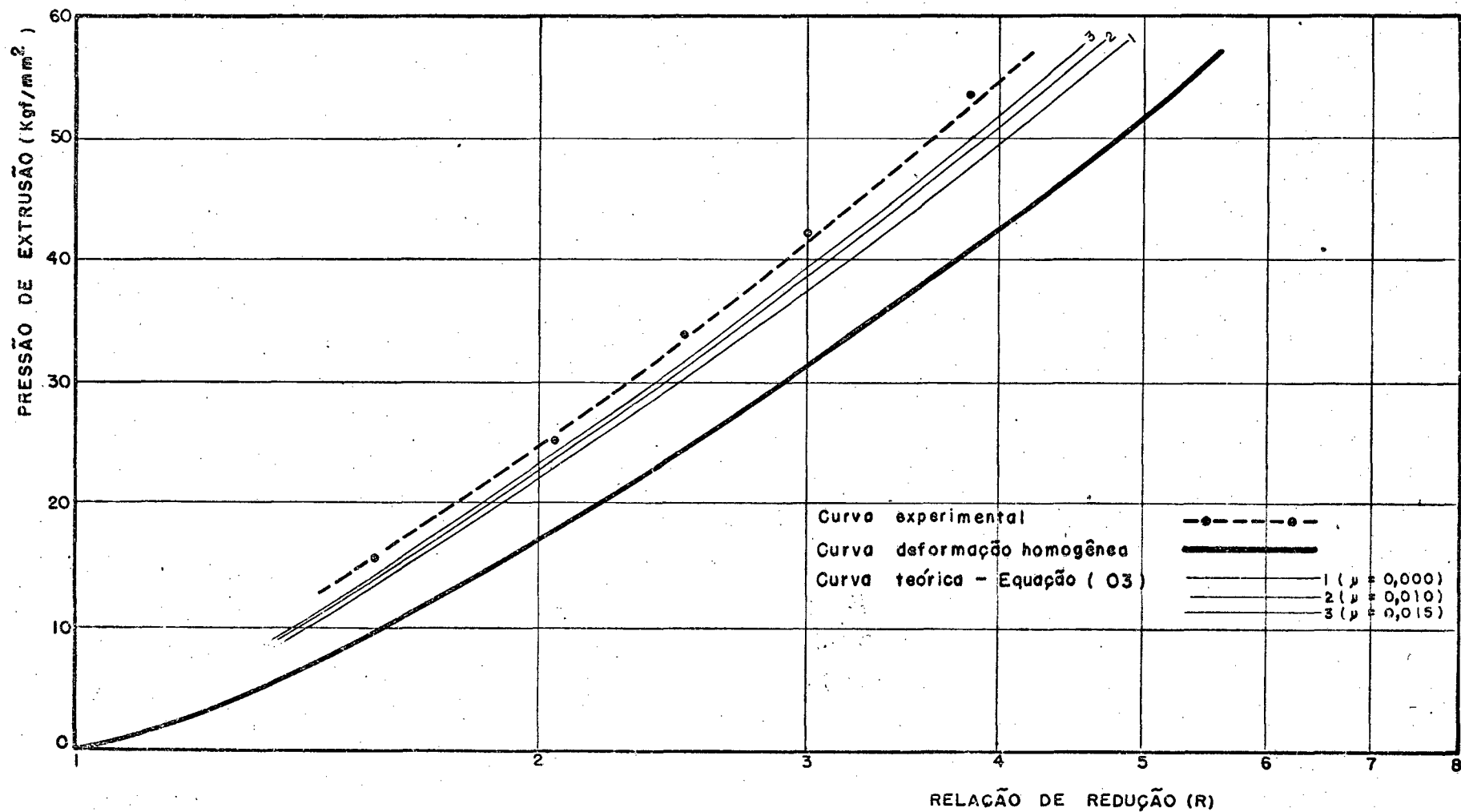


Fig. 50 - Comparação das teorias de extrusão com os resultados experimentais obtidos na extrusão hidrostática do COBRE (semi-ângulo da matriz - $\alpha = 15^\circ$).

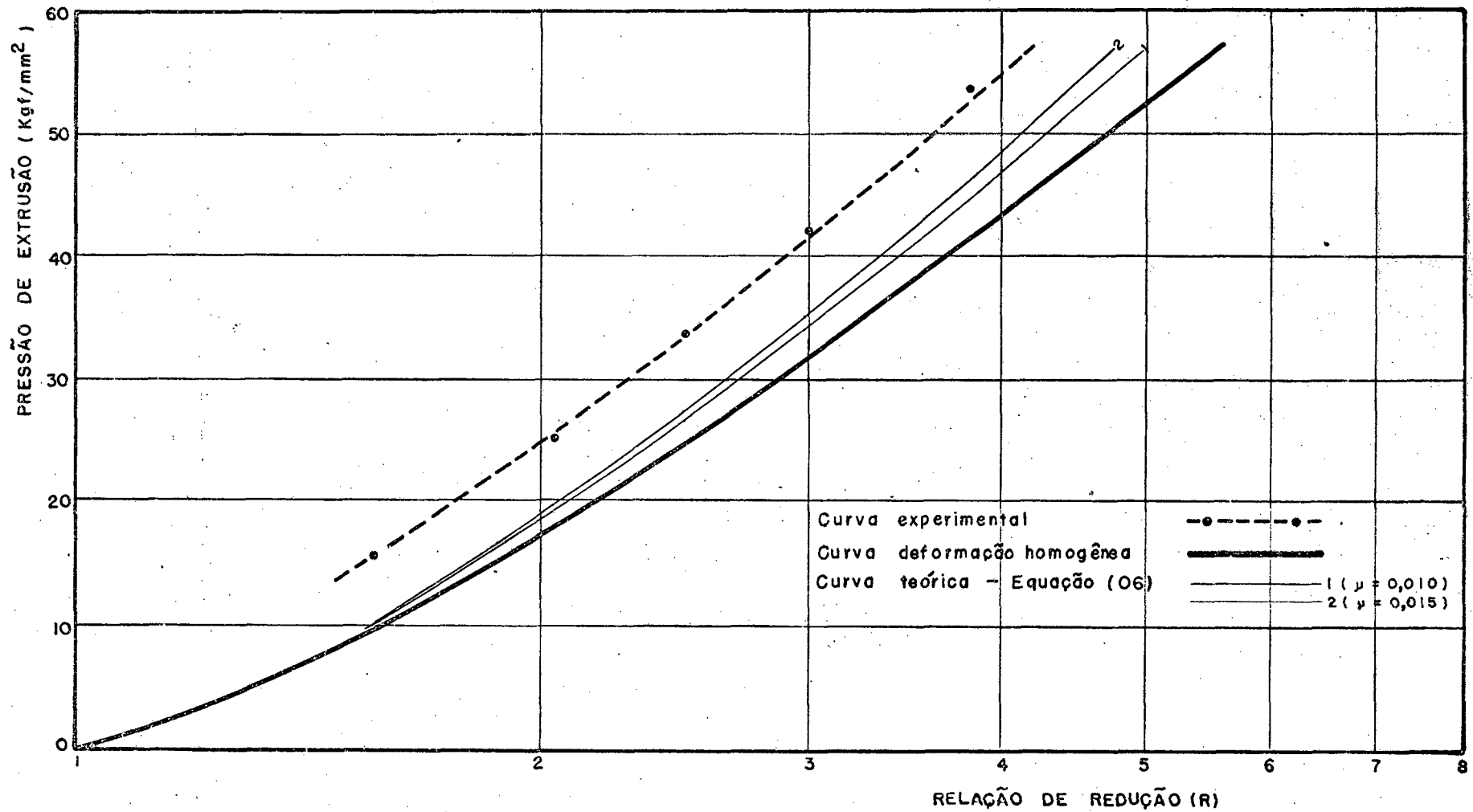


Fig. 51 - Comparação das teorias de extrusão com os resultados experimentais obtidos na extrusão hidrostática do COBRE (semi-ângulo da matriz $\alpha = 15^\circ$).

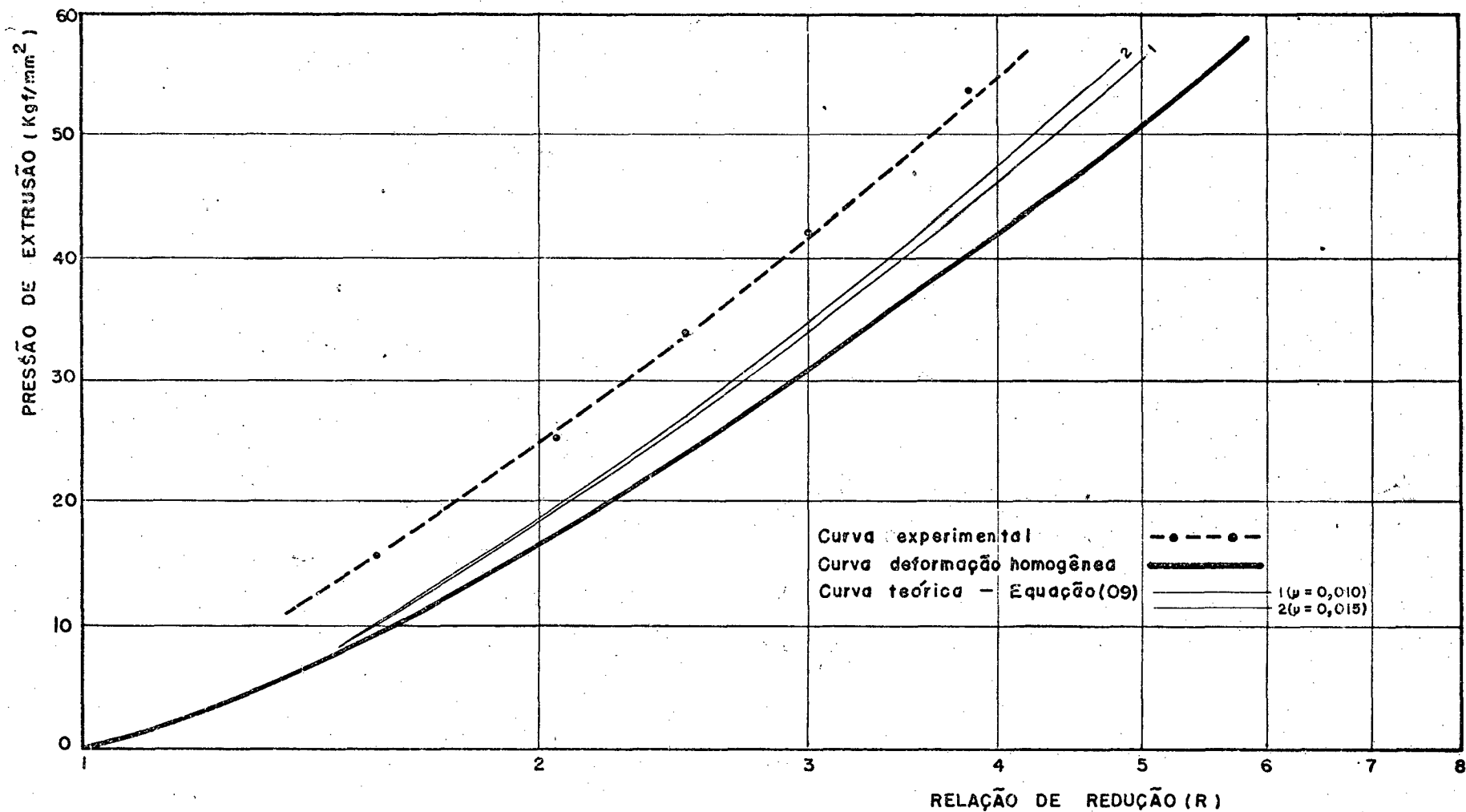


Fig. 52 - Comparação das teorias de extrusão com os resultados experimentais obtidos na extrusão hidrostática do COBRE (semi-ângulo da matriz - $\alpha = 15^\circ$).

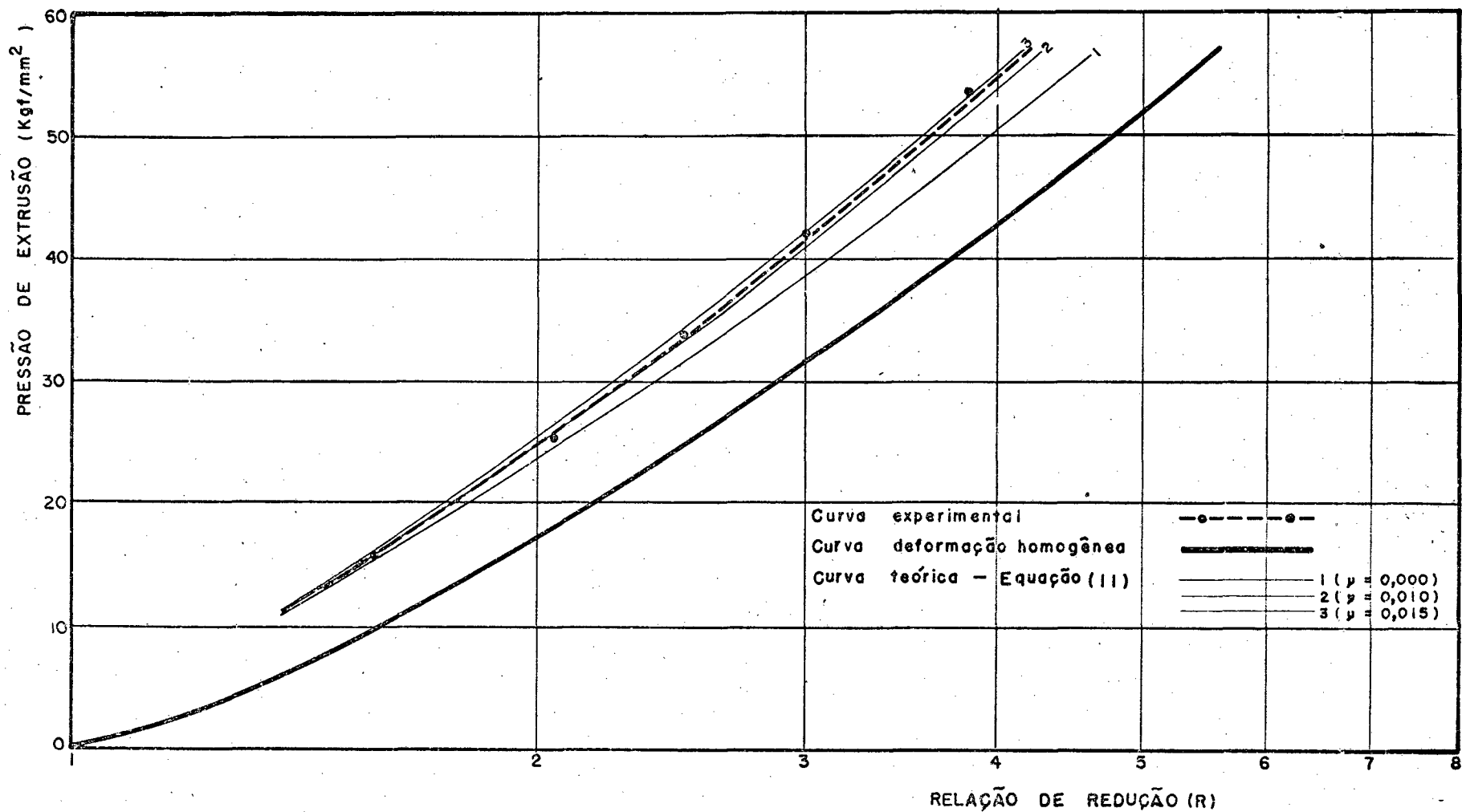


Fig. 53 - Comparação das teorias de extrusão com os resultados experimentais obtidos na extrusão hidrostática do COBRE (semi-ângulo da matriz - $\alpha = 15^\circ$).

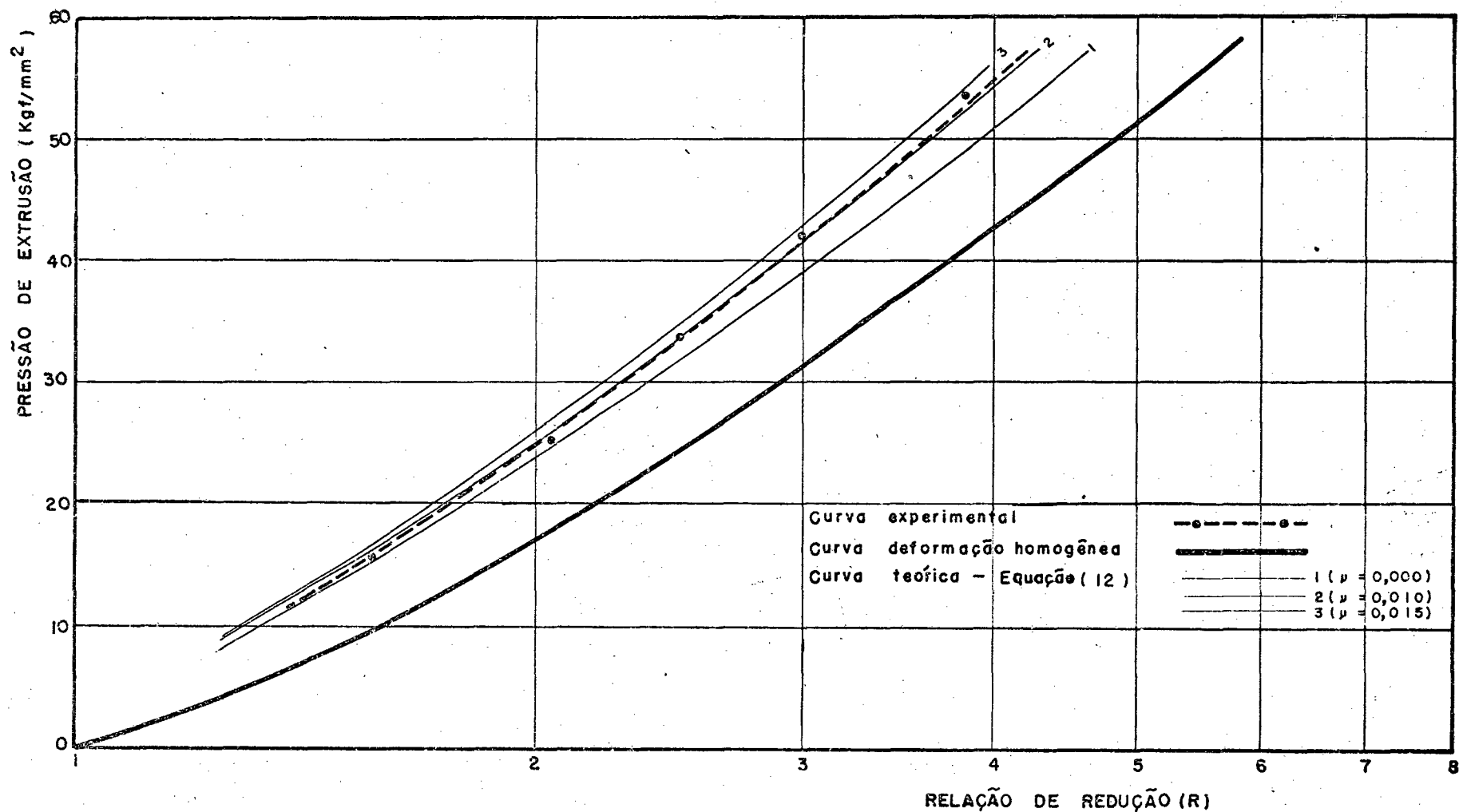


Fig. 54 - Comparação das teorias de extrusão com os resultados experimentais obtidos na extrusão hidrostática do COBRE (semi-ângulo da matriz - $\alpha = 15^\circ$).

6.2 - Sugestões

Como sugestões para outros trabalhos experimentais, que poderiam ser desenvolvidos neste campo, aproveitando-se, inclusive, o equipamento projetado e construído para a realização de ensaios de extrusão hidrostática, citar-se-iam, entre outros:

- a) estudo experimental do ângulo ótimo da matriz de extrusão, para diferentes materiais;
- b) estudo das características de lubrificação: escolha de fluidos e lubrificantes mais adequados ao processo;
- c) extrusão hidrostática de aços.

Uma das limitações encontradas, que dificultaram em muito a realização dos ensaios, foi a altura disponível na prensa, bem como a inexistência de saída inferior para o produto extrudado. Em alguns ensaios, principalmente, para os produtos extrudados de menor diâmetro ($\emptyset_{\text{matriz}} = 4,1 \text{ mm}$), o início da extrusão deu-se em velocidades muito elevadas, não permitindo que se efetuassem as medições de forma adequada. O comprimento do produto extrudado atingiu valores de 250 a 300 mm., em uma ejeção quase instantânea, impossibilitando a continuidade da extrusão. Caso a prensa tivesse maior altura disponível, poder-se-ia prosseguir o ensaio e conseguir-se a extrusão em regime uniforme.

Outro problema encontrado, foi a ocorrência, para alguns casos, de 'stick-slip'. Em parte resolveu-se este problema, com maiores velocidades de aplicação de carga no início da extrusão.

No apêndice 4, são mostradas fotografias dos principais defeitos ocorridos nos produtos extrudados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] POMP, A.; SIEBEL, E. and HOUDREMENT, E. - Mitt K. W. Inst. Eisenforsch, 22, p. 395, 1940.
- [2] WISTREICHT, J.G. - The Fundamentals of Wire-drawing, J. Inst. Metals, 81, 1952-53, 1.
- [3] SIEBEL, E. 'Der Derzeitige Stand der Erkenntnisse über die Mechanischen Vorgänge beim Drahtziehen'. Stahl and Eisen, 66-67, p. 171, 1947.
- [4] HILL and TUPPER S.J. 'A New Theory of Plastic Deformation in Wire Drawing'. J.I.S.I. 159, p. 353, 1948.
- [5] DUFFIL, A.W. and MELLOR, P.B. 'A comparison of Wire Drawing and Hydrostatic Extrusion through Straight Conical Dies'. 9th M.T.D.R. Conference Birmingham, 1968, Pergamon.
- [6] SACHS, G. and Van HORN, K.R. 'Practical Metallurgy'. Ann. Soc. Metals, Cleveland, Ohio, 1949.
- [7] GREEN, A.P. 'Plane Strain Theories of Drawing'. Proc. Inst. Mech. Engrs. 174, p. 847, 1960.
- [8] PUGH, H.L.L.D. 'Redundant Work and Friction in the Hydrostatic Extrusion of Pure Aluminium and an Aluminium Alloy'. J. Mech. Eng. Sci. 6, 1964, 362.
- [9] PARSONS, B., BRETHERTON, D. and COLE, B.N. 'A Preliminary Investigation of the Combined Hydrostatic Extrusion and Drawing Process'. 9th M.T.D.R. Conference Birmingham, 1968, Pergamon.

- [10] SACHS, G. 'Zur Theorie des Zeitworgangs'. Z. Angew. Math. und Mech. 7, p. 235, 1927.
- [11] ROBERTSON, J. 'Improvements in the Manufacture of Metal Tubes, Tubular and Hollow Articles, Plates, Rods, Bars, Wires and the Like, and in Means and Apparatus Therefor'. British Patent Spec. No. 19356, 1893.
- [12] BRIDGMANN, P.W. 'Studies in Large Plastic Flow and Fracture'. Mac Graw-Hill, New York and London, 1952.
- [13] PUGH, H.L.D. 'Recent developments in Cold Forming'. Bulleid Memorial Lectures, 1965, Vol. IIIB, Lecture 3. 1965, University of Nottingham.
- [14] BERESNEV, B.I., VERESHCHAGIN, L.F., RIABININ, Yu. N. and VIVSHITS, L.D. 'Some problems of large plastic deformation of metals at high pressures'. 1963, Pergamon Press Ltd.
- [15] RANDALL, R.N., DAVIES, D.M., SIEVGIEJ, J.M. and LOWESTEIN, P. 'Experimental hydrostatic extrusion points to new production techniques'. Modern Metals, 1962, 17(7) 68.
- [16] FIORENTINO, R.J., SABROFF, A.M. BOULGER, F.W. 'Hydrostatic extrusion of metals at Battelle'. Machinery Lloyd (European Edit.), 1963, 17, 18.
- [17] ANON, Pressure Technology Corporation of America Progress Report 1964 (1) on Navy Bureau of Naval Weapons Contract NOW 64-D180-C.
- [18] ROZNER, A. and FAUPEL, J.H. 'Some considerations of the mechanics of hydrostatic extrusion'. J. Franklin Institute, 1964, 277 (3), 217.

- [19] GREEN, D. 'An experimental high speed machine for the practical exploitation of hydrostatic extrusion'. J. Inst. Metals, 93 (3), 65, 1964-5.
- [20] ALEXANDER, J.M. and LENGYEL, B. 'Semi-continuous hydrostatic extrusion of wire'. Proc. I. Mech. E. 1965-66, 180 (Part 3I), 317.
- [21] LENGYEL, B., BURNS, D.J. and PRASAD, L.V. 'Design of containers for a semi-continuous hydrostatic extrusion production machine'. Proc. 7 th International M.T.D.R. Conference, 1966. Pergamon.
- [22] LENGYEL, B. 'A semi-continuous hydrostatic extrusion production process'. Metals and Materials, Jan. 1968.
- [23] LENGYEL, B. and ASHFORD. 'An experimental pre-production unit for semi-continuous hydrostatic extrusion'. Proc. 8 th Int. M.T.D.R. Conference, 1967. Pergamon.
- [24] PUGH, H.L.D. and ASHCROFT, K. 'The Hydrostatic or Ramless, Extrusion of Metals by Fluid Pressure'. Symposium on the Physics and Chemistry of High Pressures, London, 1962 (Society of Chemical Industry) 1963.
- [25] FORD, H. 'Advanced Mechanics of Materials'. Longmans Green and Co. Ltd., London, 1963.
- [26] ZOLOTYKH, E.V. and BUROVA, L.L., Tr. Inst. Kom. Standardtov, Mer i Izmerit. Prib. SSSR, 1960 - 46 (106):62.
- [27] TSIKLIS, D.S. 'Handbook of Techniques in High-Pressure Research and Engineering'. Plenum Press, New York, 1968 - p. 170.

- |28| DUNN, P. 'Lubrication in Hydrostatic Extrusion'. Department of Mechanical Engineering - Imperial College of Science and Technology, London, 1972.
- |29| PUGH, H.L.D. 'Hydrostatic Extrusion'. 9 th CMMC, London, 1969.
- |30| PUGH, H.L.D. 'Bullied Memorial Lectures'. University of Nottingham, 1965.
- |31| COOK, M. and LARKE, E.C. 'Resistance of Copper and Copper Alloys to Homogeneous Deformation in Compression'. J. Inst. Metals 71, 1945, p. 371.
- |32| HSU, T.C. 'Study of the Compression Test for Ductile Materials'. A.S.M.E. paper 76-WA/MET-11, 1967.
- |33| HARTSTEIN, H. 'Contribuição à Análise da Rigidez Estática da Estrutura de Tornos Universais'. Tese de Mestrado, Centro Tecnológico da UFSC, 1973.
- |34| WILCOX, R.J. and WHITTON, P.W. 'Cold Extrusion of Metals Using Lubrication at Slow Speeds'. The Institute of Metals, 1959.
- |35| DODEJA, L.C., M. Eng. Thesis, Univ. Sheffield, 1956.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO
ENGENHARIA MECÂNICA

EXTRUSÃO HIDROSTÁTICA
ESTUDO EXPERIMENTAL DA PRESSÃO DE EXTRUSÃO PARA ALUMÍNIO E COBRE

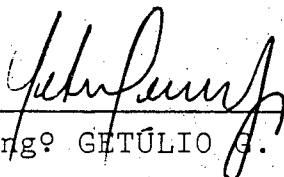
V O L U M E II
(APÊNDICES)

FAUSTO MORENO DE MIRA

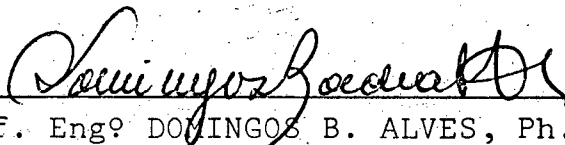
TESE SUBMETIDA A APRECIÇÃO COMO REQUISITO
PARCIAL PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE:
MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA MECÂNICA
OPÇÃO FABRICAÇÃO

FLORIANÓPOLIS
SANTA CATARINA - BRASIL
MARÇO - 1974

ESTA TESE FOI JULGADA ADEQUADA PARA A
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
"MESTRE EM CIÊNCIAS"
E APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO
ORIENTADOR E PELO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO

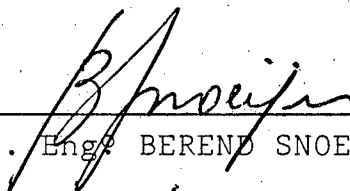


Prof. Engº GETÚLIO G. FERRETTI, M.Sc.
Orientador

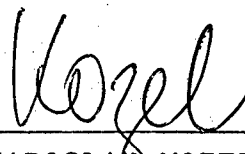


Prof. Engº DOMINGOS B. ALVES, Ph.D.
Integrador dos Programas de
Pós-Graduação em Engenharia

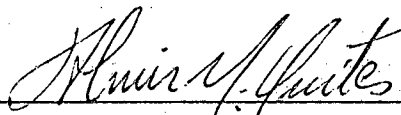
BANCA EXAMINADORA:



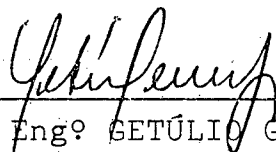
Prof. Engº BEREND SNOEIJER, Ph.D.



Prof. Engº JAROSLAV KOZEL, Ph.D.



Prof. Engº ALMIR M. QUITES, M.Sc.



Prof. Engº GETÚLIO G. FERRETTI, M.Sc.

RELAÇÃO DOS APÊNDICESPÁG.APÊNDICE 1

Ensaio experimentais de extrusão hidrostática.

1.1 - Alumínio:

Tabelas dos resultados experimentais obtidos - Registro gráfico das medições de pressão, velocidade e temperatura para os vários ensaios de extrusão com o alumínio

2

1.2 - Cobre:

Tabelas dos resultados experimentais obtidos - Registro gráfico das medições de pressão, velocidade e temperatura para os vários ensaios de extrusão com o cobre

17

1.3 - Alumínio (ensaios auxiliares):

Tabelas dos resultados experimentais obtidos - Registro gráfico das medições de pressão, velocidade e temperatura para os ensaios auxiliares de extrusão com o alumínio

28

APÊNDICE 2

Levantamento da curva tensão-deformação.

2.1 - Alumínio:

Tabelas dos resultados experimentais do levantamento da curva tensão-deformação para o alumínio

39

2.2 - Cobre:

Tabelas dos resultados experimentais do levantamento da curva tensão-deformação para o cobre

52

2.3 - Curvas de tensão-deformação:

2.3.1 - Alumínio:

Valores experimentais e valores extrapolados para a curva tensão-deformação do alumínio - Polinômio ajustado 66

2.3.2 - Cobre:

Valores experimentais e valores extrapolados para a curva tensão-deformação do cobre - Polinômio ajustado 68

APÊNDICE 3

D e s e n h o s

3.1 - Desenhos dos principais equipamentos construídos e de seus componentes 71

3.2 - Desenhos dos corpos de prova utilizados nos ensaios experimentais de extrusão hidrostática 99

APÊNDICE 4

F o t o g r a f i a s

Fotografias dos equipamentos e dispositivos utilizados 105

APÊNDICE 5

Programas do computador

Listagem dos programas - Apresentação dos principais resultados obtidos através de cálculo no computador 129

APÊNDICE 1

Ensaio experimentais de extrusão hidrostática

1.1 - ALUMÍNIO

Tabelas dos resultados experimentais obtidos - Registro gráfico das medições de pressão, velocidade e temperatura para os vários ensaios de extrusão com o alumínio.

EXTRUSÃO HIDROSTÁTICA

ENSAIO EXPERIMENTAL

CONDIÇÕES DE ENSAIO:

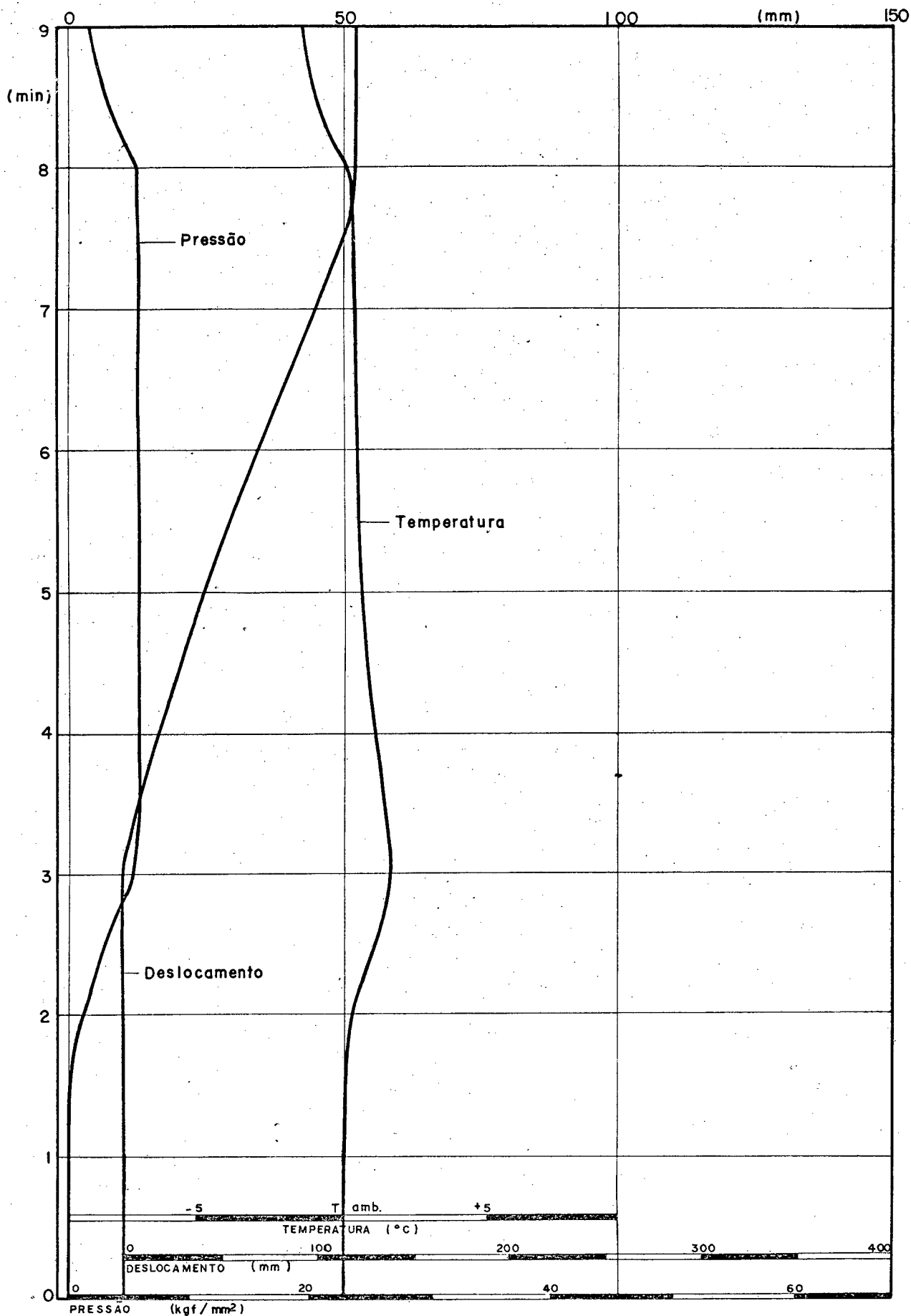
- DATA: 15/01/74
- MATERIAL: Alumínio (Recozido a 350°C - 1 hora)
- FLUIDO: Regal oil & PE
- LUBRIFICANTE: Disulfeto de molibdênio (Molykote - pasta G)
- CORPO DE PROVA: (A)
 - Diâmetro inicial: 15,61 mm
 - Diâmetro final: 12,74 mm
 - Relação de extrusão (A_0/A_1): 1,50
- TEMPERATURA AMBIENTE: 25,3 °C

RESULTADOS OBTIDOS:

- PRESSÃO:
 - Pressão de extrusão: 5,38 kgf/mm²
 - (Deflexão verificada - 12 mm)
 - Pressão máxima: idem
- VELOCIDADE DE EXTRUSÃO: 0,0286 m/min
 - (Deflexão verificada - 10 mm/min)
- AQUECIMENTO (t max - t ambiente): 1,7 °C
 - (Deflexão verificada - 9 mm)
- CARGA APROXIMADA APLICADA DURANTE A EXTRUSÃO: 5 500 kgf

OBSERVAÇÕES:

- PRESSÃO:
 - Deflexão correspondente a 60,53 kgf/mm² : 135 mm
- DESLOCAMENTO:
 - Deflexão correspondente a 200 mm : 70 mm
- TEMPERATURA :
 - Deflexão: 5,3 mm/°C



Variações dos parâmetros (pressão, deslocamento e temperatura) registradas no oscilógrafo (U.V. RECORDER).

MATERIAL: Alumínio

CORPO DE PROVA: (A)

EXTRUSÃO HIDROSTÁTICA

ENSAIO EXPERIMENTAL

CONDIÇÕES DE ENSAIO:

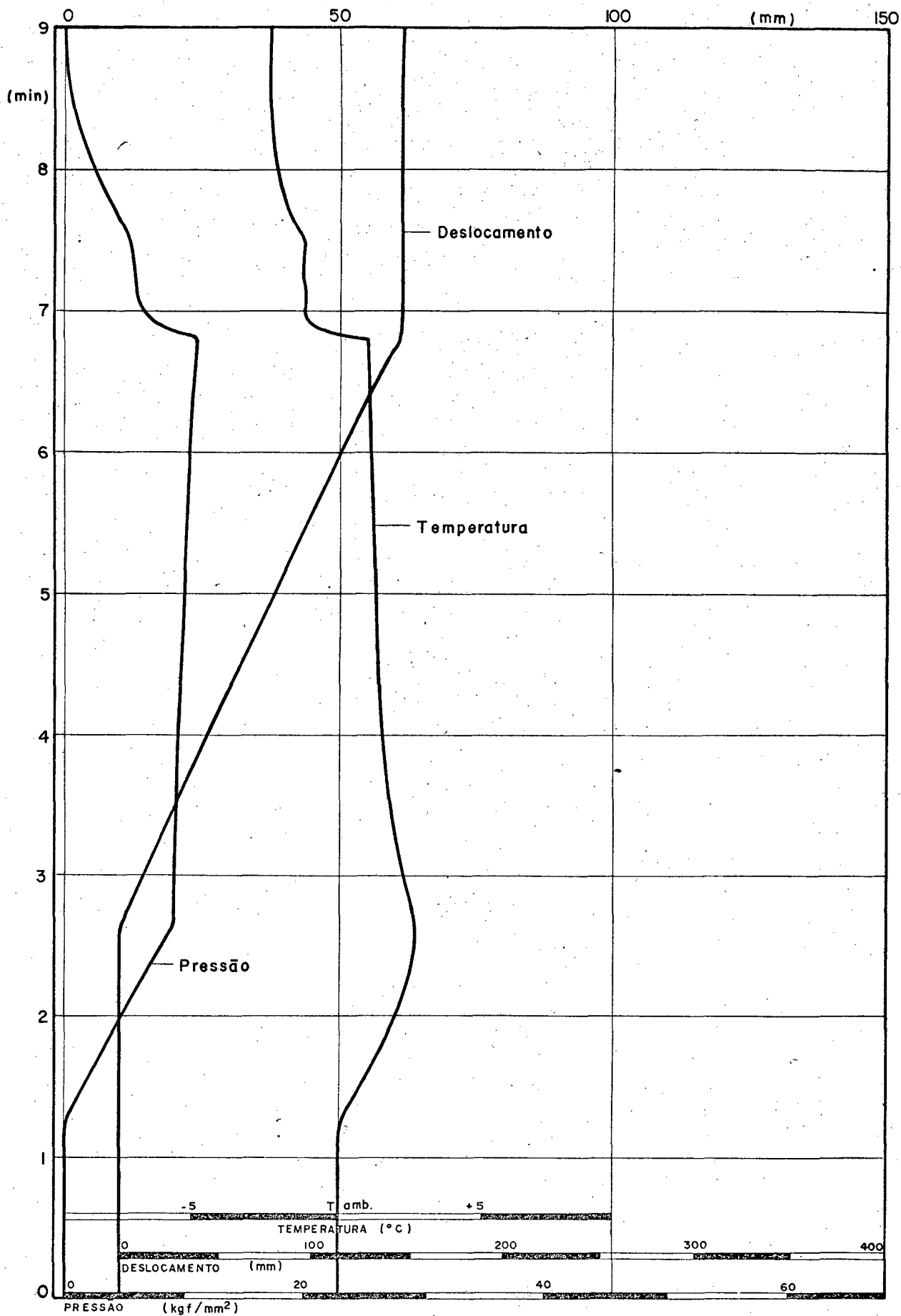
- DATA: 15/01/74
- MATERIAL: Alumínio (Recozido a 350 °C - 1 hora)
- FLUIDO: Regal oil & PE
- LUBRIFICANTE: Disulfeto de molibdênio (Molykote - pasta G)
- CORPO DE PROVA: (B)
 - Diâmetro inicial: 17,88 mm
 - Diâmetro final: 12,74 mm
 - Relação de extrusão (A_0/A_1): 1,97
- TEMPERATURA AMBIENTE: 25,6 °C

RESULTADOS OBTIDOS:

- PRESSÃO:
 - Pressão de extrusão: 8,96 kgf/mm²
 - (Deflexão verificada - 20 mm)
 - Pressão máxima: 10,30 kgf/mm²
- VELOCIDADE DE EXTRUSÃO: 0,0343 m/min
 - (Deflexão verificada - 12 mm/min)
- AQUECIMENTO (t max - t ambiente): 2,6 °C
 - (Deflexão verificada - 14 mm)
- CARGA APROXIMADA APLICADA DURANTE A EXTRUSÃO: 8 800 kgf

OBSERVAÇÕES:

- PRESSÃO:
 - Deflexão correspondente a 60,53 kgf/mm² : 135 mm
- DESLOCAMENTO:
 - Deflexão correspondente a 200 mm : 70 mm
- TEMPERATURA :
 - Deflexão: 5,3 mm/°C



Variações dos parâmetros (pressão, deslocamento e temperatura) registradas no oscilógrafo (U.V. RECORDER).

MATERIAL: Alumínio

CORPO DE PROVA: (B)

EXTRUSÃO HIDROSTÁTICA

ENSAIO EXPERIMENTAL

CONDIÇÕES DE ENSAIO:

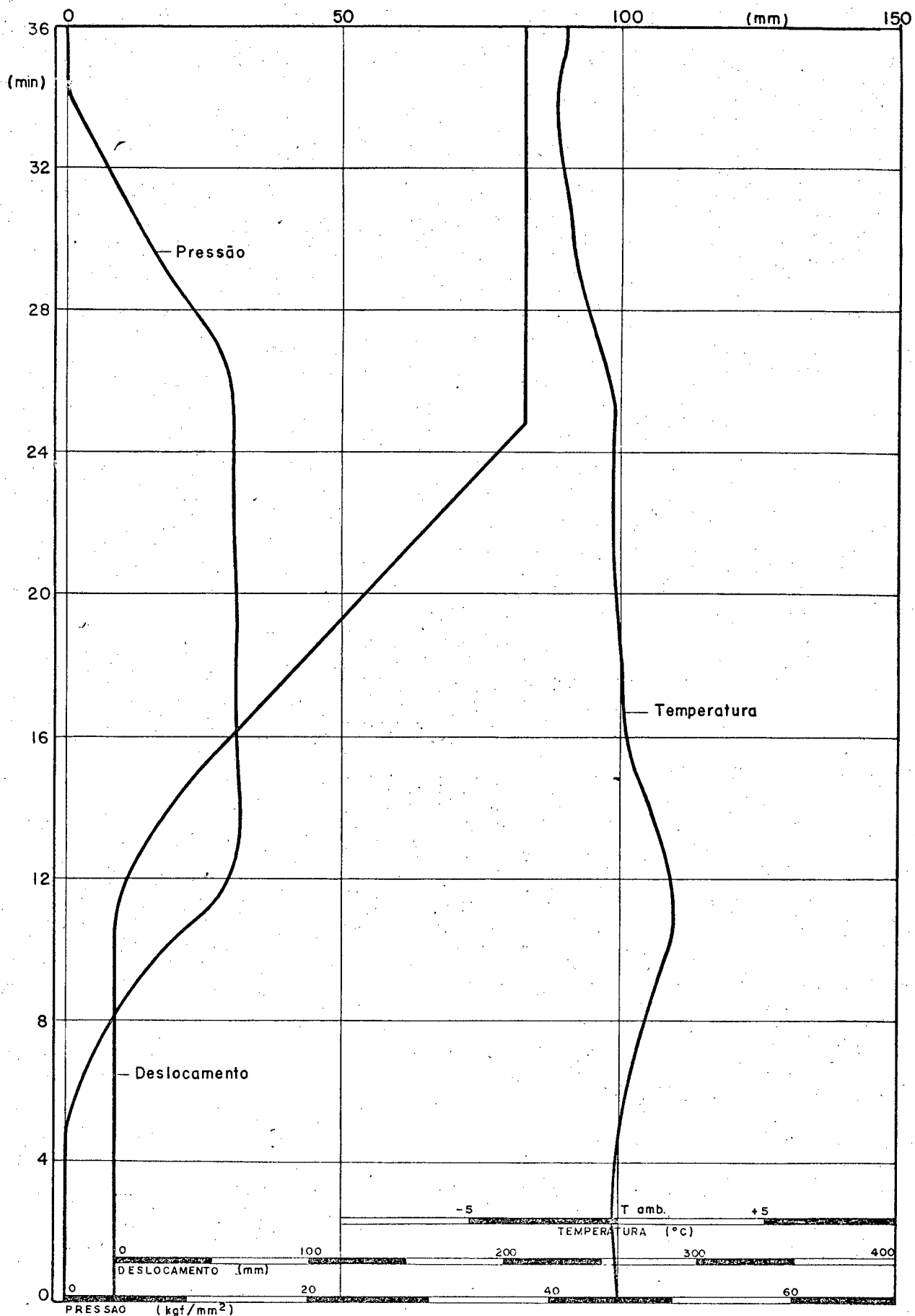
- DATA: 07/01/74
- MATERIAL: Alumínio (Recozido a 350°C - 1 hora)
- FLUIDO: Regal oil & PE
- LUBRIFICANTE: Disulfeto de molibdênio (Molykote - pasta G)
- CORPO DE PROVA: (C)
 - Diâmetro inicial: 22,09 mm
 - Diâmetro final: 12,74 mm
 - Relação de extrusão (A_0/A_1): 3,01
- TEMPERATURA AMBIENTE: 29,4 °C

RESULTADOS OBTIDOS:

- PRESSÃO:
 - Pressão de extrusão: 13,68 kgf/mm²
 - (Deflexão verificada - 30,5 mm)
 - Pressão máxima: 13,92 kgf/mm²
- VELOCIDADE DE EXTRUSÃO: 0,0171 m/min
 - (Deflexão verificada - 6 mm/min)
- AQUECIMENTO (t max - t ambiente): 2,0 °C
 - (Deflexão verificada - 11 mm)
- CARGA APROXIMADA APLICADA DURANTE A EXTRUSÃO: 15 200 kgf

OBSERVAÇÕES:

- PRESSÃO:
 - Deflexão correspondente a 60,53 kgf/mm² : 135 mm
- DESLOCAMENTO:
 - Deflexão correspondente a 200 mm : 70 mm
- TEMPERATURA :
 - Deflexão: 5,3 mm °/C



Variações dos parâmetros (pressão, deslocamento e temperatura) registradas no oscilógrafo (U.V. RECORDER).

MATERIAL: Alumínio

CORPO DE PROVA: (C)

EXTRUSÃO HIDROSTÁTICA

ENSAIO EXPERIMENTAL

CONDIÇÕES DE ENSAIO:

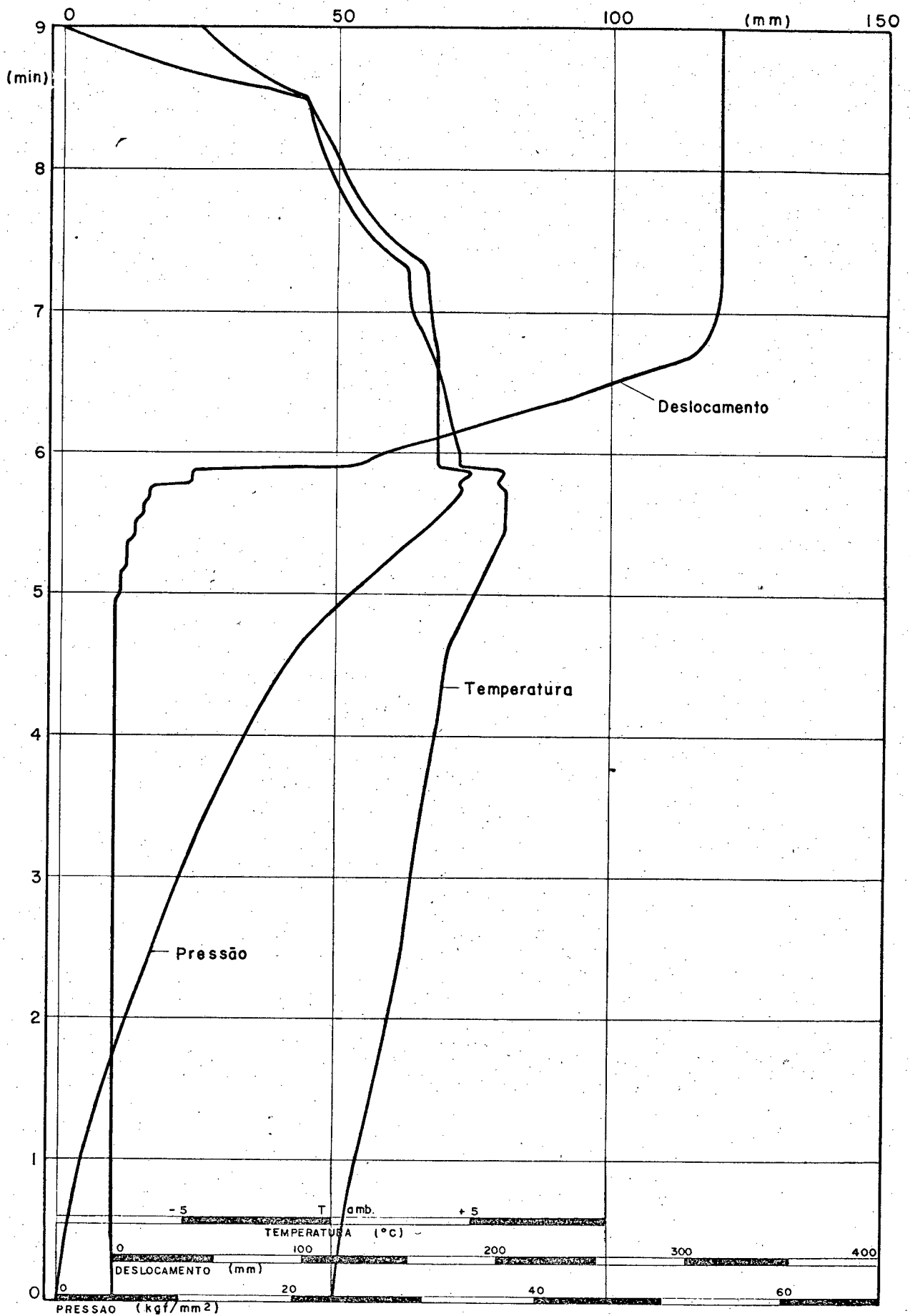
- DATA: 22/01/74
- MATERIAL: Alumínio (Recozido a 350°C - 1 hora)
- FLUIDO: Regal oil & PE
- LUBRIFICANTE: Disulfeto de molibdênio (Molykote - pasta G)
- CORPO DE PROVA: (D)
 - Diâmetro inicial: 11,70 mm
 - Diâmetro final: 4,15 mm
 - Relação de extrusão (A_0/A_1): 7,95
- TEMPERATURA AMBIENTE: 30,5 °C

RESULTADOS OBTIDOS:

- PRESSÃO:
 - Pressão de extrusão: 30,71 kgf/mm²
 - (Deflexão verificada - 68,5 mm)
 - Pressão máxima: 33,63 kgf/mm²
- VELOCIDADE DE EXTRUSÃO: 0,2288 m/min
 - (Deflexão verificada - 80 mm/min)
- AQUECIMENTO (t max - t ambiente): 5,8 °C
 - (Deflexão verificada - 31 mm)
- CARGA APROXIMADA APLICADA DURANTE A EXTRUSÃO: 33,200 kgf

OBSERVAÇÕES:

- PRESSÃO:
 - Deflexão correspondente a 60,53 kgf/mm² : 135 mm
- DESLOCAMENTO:
 - Deflexão correspondente a 200 mm : 70 mm
- TEMPERATURA :
 - Deflexão: 5,3 mm/°C



Variações dos parâmetros (pressão, deslocamento e temperatura) registradas no oscilógrafo (U.V. RECORDER).

MATERIAL: Alumínio

CORPO DE PROVA: (D)

EXTRUSÃO HIDROSTÁTICA

ENSAIO EXPERIMENTAL

CONDIÇÕES DE ENSAIO:

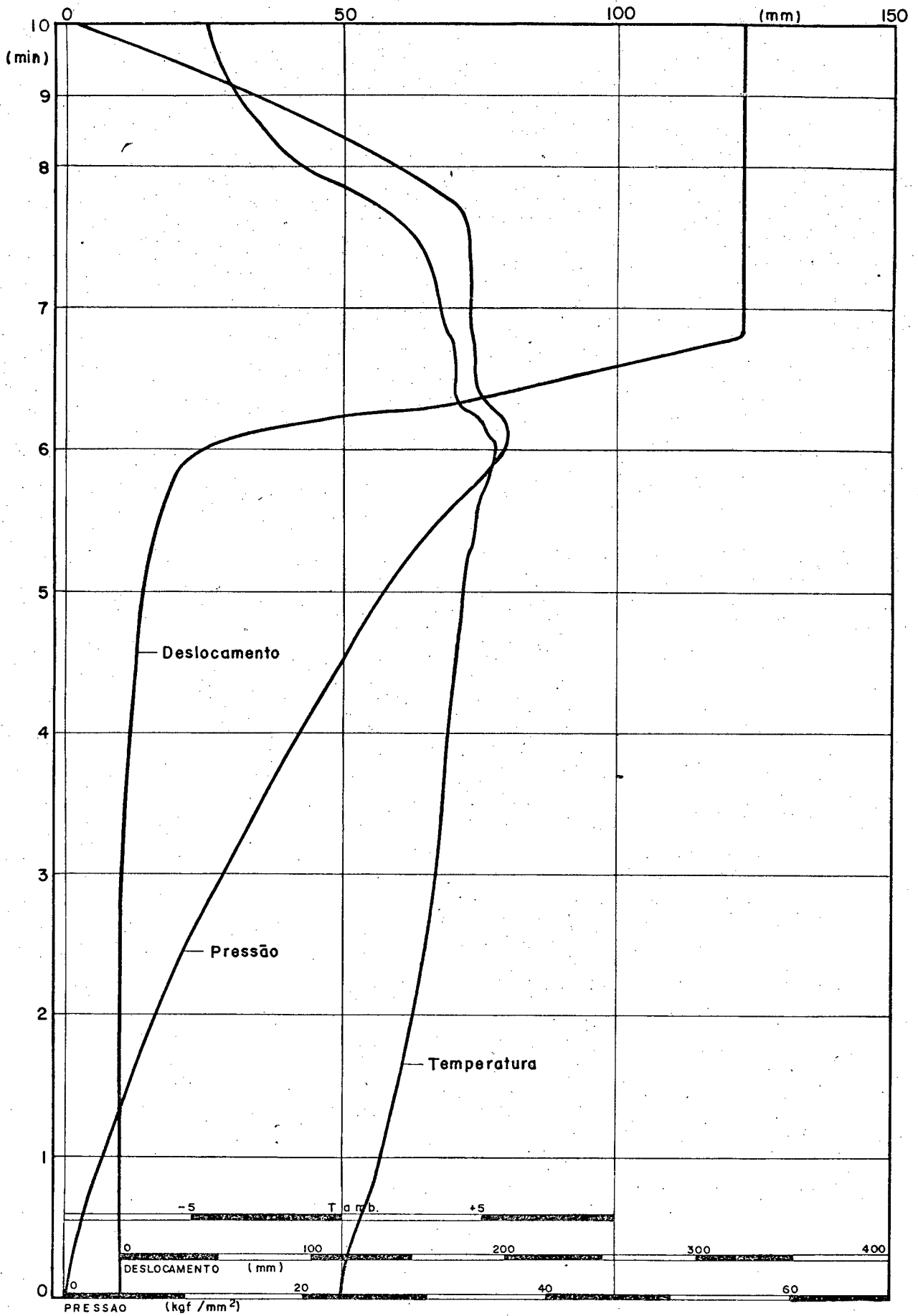
- DATA: 18/01/74
- MATERIAL: Alumínio (Recozido a 350°C - 1 hora)
- FLUIDO: Regal oil & PE
- LUBRIFICANTE: Disulfeto de molibdênio (Molykote - pasta G)
- CORPO DE PROVA: (E)
 - Diâmetro inicial: 12,98 mm
 - Diâmetro final: 4,14 mm
 - Relação de extrusão (A_0/A_1): 9,83
- TEMPERATURA AMBIENTE: 28,5 °C

RESULTADOS OBTIDOS:

- PRESSÃO:
 - Pressão de extrusão: 33,65 kgf/mm²
 - (Deflexão verificada - 74,4 mm)
 - Pressão máxima: 36,32 kgf/mm²
- VELOCIDADE DE EXTRUSÃO: 0,3314 m/min
 - (Deflexão verificada - 116 mm/min)
- AQUECIMENTO (t max - t ambiente): 4,2 °C
 - (Deflexão verificada - 22 mm)
- CARGA APROXIMADA APLICADA DURANTE A EXTRUSÃO: 38 500 kgf

OBSERVAÇÕES:

- PRESSÃO:
 - Deflexão correspondente a 60,53 kgf/mm² : 134 mm
- DESLOCAMENTO:
 - Deflexão correspondente a 200 mm : 70 mm
- TEMPERATURA :
 - Deflexão: 5,3 mm/°C



Variações dos parâmetros (pressão, deslocamento e temperatura) registradas no oscilógrafo (U.V. RECORDER).

MATERIAL: Alumínio CORPO DE PROVA: (E)

EXTRUSÃO HIDROSTÁTICA

ENSAIO EXPERIMENTAL

CONDIÇÕES DE ENSAIO:

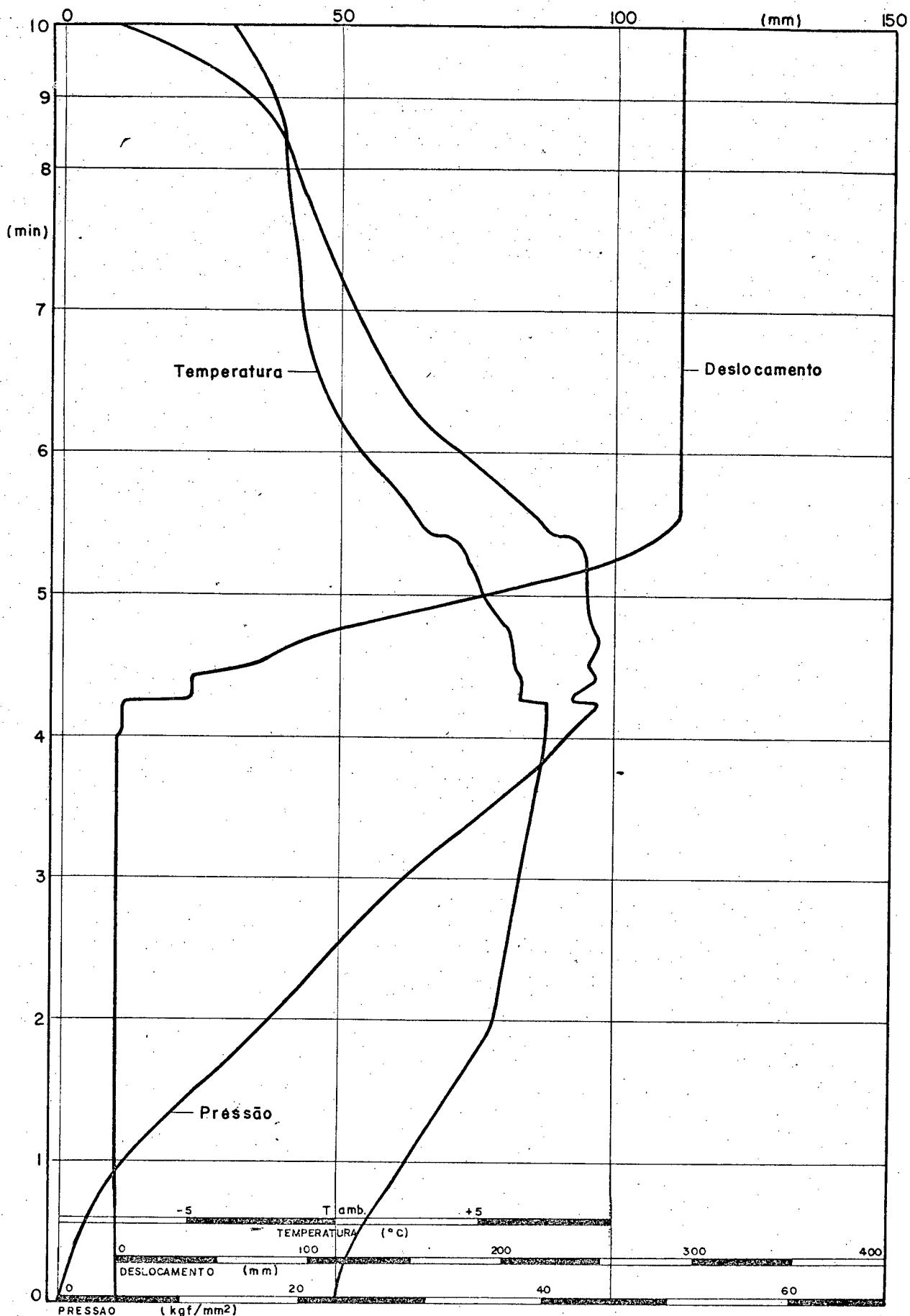
- DATA: 14/01/74
- MATERIAL: Alumínio (Recozido a 350°C - 1 hora)
- FLUIDO: Regal oil & PE
- LUBRIFICANTE: Disulfeto de molibdênio (Molykote - pasta G)
- CORPO DE PROVA: (F)
 - Diâmetro inicial: 16,48 mm
 - Diâmetro final: 4,14 mm
 - Relação de extrusão (A_0/A_1): 15,85
- TEMPERATURA AMBIENTE: 28,5 °C

RESULTADOS OBTIDOS:

- PRESSÃO:
 - Pressão de extrusão: 43,04 kgf/mm²
 - (Deflexão verificada - 96 mm)
 - Pressão máxima: 43,71 kgf/mm²
- VELOCIDADE DE EXTRUSÃO: 0,0291 m/min.
 - (Deflexão verificada - 102 mm/min)
- AQUECIMENTO (t max - t ambiente): 7,0 °C
 - (Deflexão verificada - 37 mm)
- CARGA APROXIMADA APLICADA DURANTE A EXTRUSÃO: 47 000 kgf

OBSERVAÇÕES:

- PRESSÃO:
 - Deflexão correspondente a 60,53 kgf/mm² : 135 mm
- DESLOCAMENTO:
 - Deflexão correspondente a 200 mm: 70 mm
- TEMPERATURA :
 - Deflexão: 5,3 mm/°C



Variações dos parâmetros (pressão , deslocamento e temperatura) registradas no oscilôgráfo (U.V. RECORDER).

MATERIAL: Alumínio

CORPO DE PROVA: (F)

EXTRUSÃO HIDROSTÁTICA

ENSAIO EXPERIMENTAL

CONDIÇÕES DE ENSAIO:

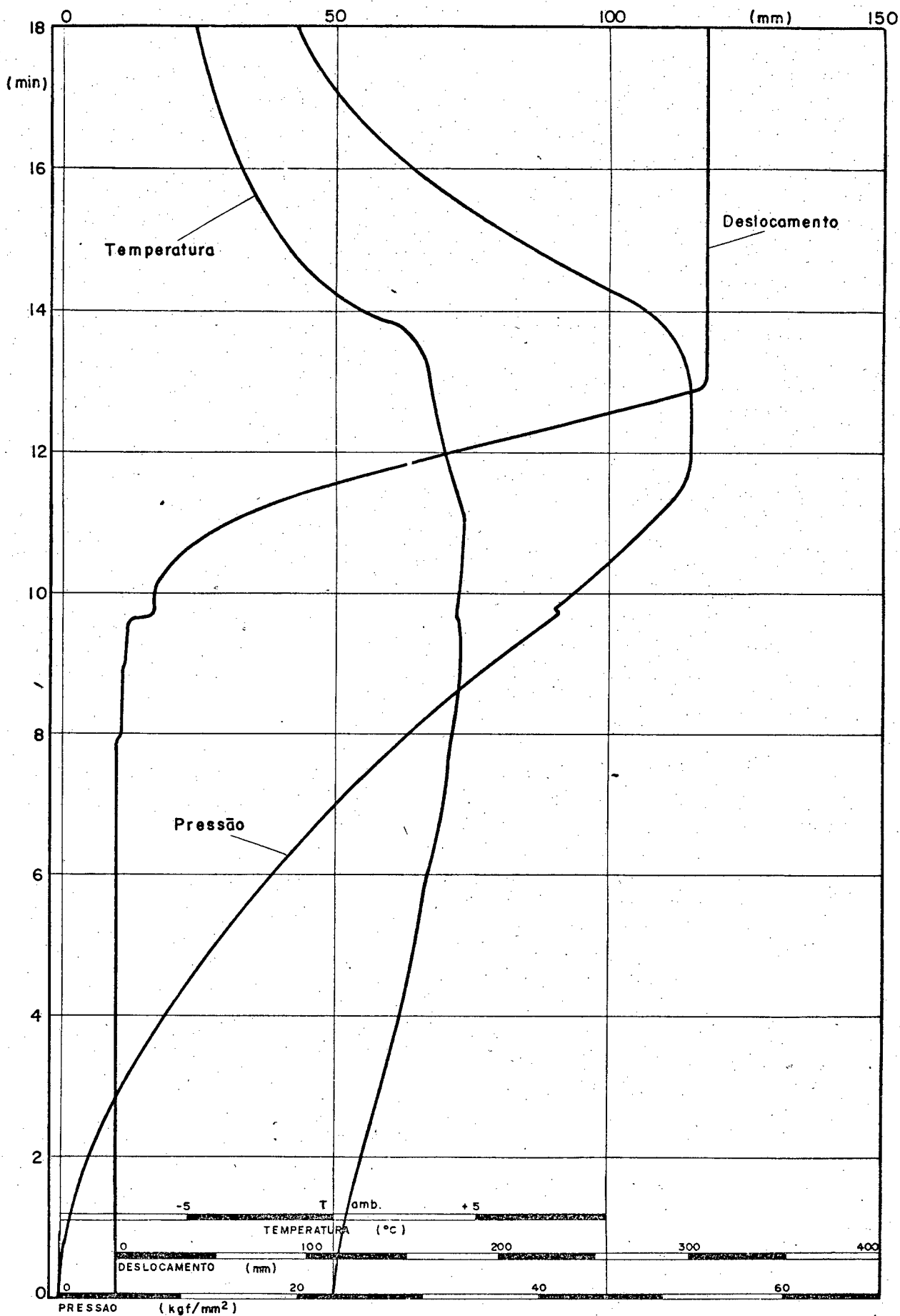
- DATA: 22/01/74
- MATERIAL: Alumínio (Recozido a 350°C - 1 hora)
- FLUIDO: Regal oil & PE
- LUBRIFICANTE: Disulfeto de molibdênio (Molykote - pasta G)
- CORPO DE PROVA: (G)
 - Diâmetro inicial: 22,01 mm
 - Diâmetro final: 4,15 mm
 - Relação de extrusão (A_0/A_1): 28,13
- TEMPERATURA AMBIENTE: 28,9 °C

RESULTADOS OBTIDOS:

- PRESSÃO:
 - Pressão de extrusão: 51,79 kgf/mm²
 - (Deflexão verificada - 115,5 mm)
 - Pressão máxima: idem
- VELOCIDADE DE EXTRUSÃO: 0,1571 m/min
 - (Deflexão verificada - 55 mm/min)
- AQUECIMENTO (t max - t ambiente): 4,5 °C
 - (Deflexão verificada - 24 mm)
- CARGA APROXIMADA APLICADA DURANTE A EXTRUSÃO: 55 500 kgf

OBSERVAÇÕES:

- PRESSÃO:
 - Deflexão correspondente a 60,53 kgf/mm²: 135 mm
- DESLOCAMENTO:
 - Deflexão correspondente a 200 mm: 70 mm
- TEMPERATURA :
 - Deflexão: 5,3 mm/°C



Variações dos parâmetros (pressão, deslocamento e temperatura) registradas no oscilógrafo (U.V. RECORDER).

MATERIAL: Alumínio

CORPO DE PROVA: (G)

1.2 - COBRE

Tabelas dos resultados experimentais obtidos - Registro gráfico das medições de pressão, velocidade e temperatura para os vários ensaios de extrusão com o cobre.

EXTRUSÃO HIDROSTÁTICA

ENSAIO EXPERIMENTAL

CONDIÇÕES DE ENSAIO:

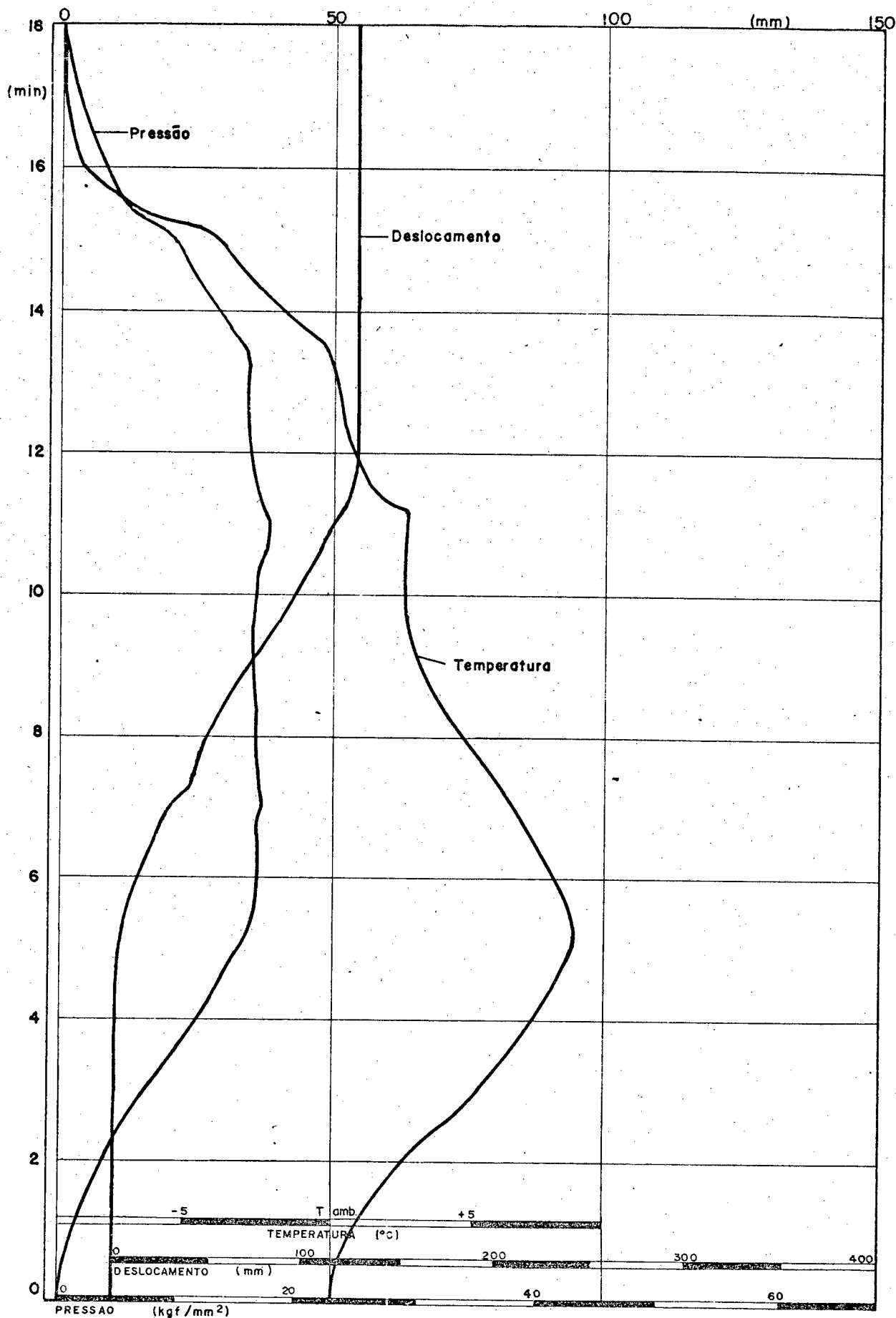
- DATA: 31/01/74
- MATERIAL: Cobre (Recozido a 600°C - 1 hora)
- FLUIDO: Regal oil & PE
- LUBRIFICANTE: Disulfeto de molibdênio (Molykote - pasta G)
- CORPO DE PROVA: (A)
 - Diâmetro inicial: 15,86 mm
 - Diâmetro final: 12,74 mm
 - Relação de extrusão (A_0/A_1): 1,55
- TEMPERATURA AMBIENTE: 28,8 °C

RESULTADOS OBTIDOS:

- PRESSÃO:
 - Pressão de extrusão: 15,81 kgf/mm²
 - (Deflexão verificada - 35 mm)
 - Pressão máxima: 16,71 kgf/mm²
- VELOCIDADE DE EXTRUSÃO: 0,02286 m/min
 - (Deflexão verificada - 8 mm/min)
- AQUECIMENTO (t max - t ambiente): 8,3 °C
 - (Deflexão verificada - 44 mm)
- CARGA APROXIMADA APLICADA DURANTE A EXTRUSÃO: 18 000 kgf

OBSERVAÇÕES:

- PRESSÃO:
 - Deflexão correspondente a 60,53 kgf/mm² : 134 mm
- DESLOCAMENTO:
 - Deflexão correspondente a 200 mm : 70 mm
- TEMPERATURA :
 - Deflexão: 5,3 mm/°C



Variações dos parâmetros (pressão, deslocamento e temperatura) registradas no oscilógrafo (U.V. RECORDER).

MATERIAL: Cobre

CORPO DE PROVA: (A)

EXTRUSÃO HIDROSTÁTICA

ENSAIO EXPERIMENTAL

CONDIÇÕES DE ENSAIO:

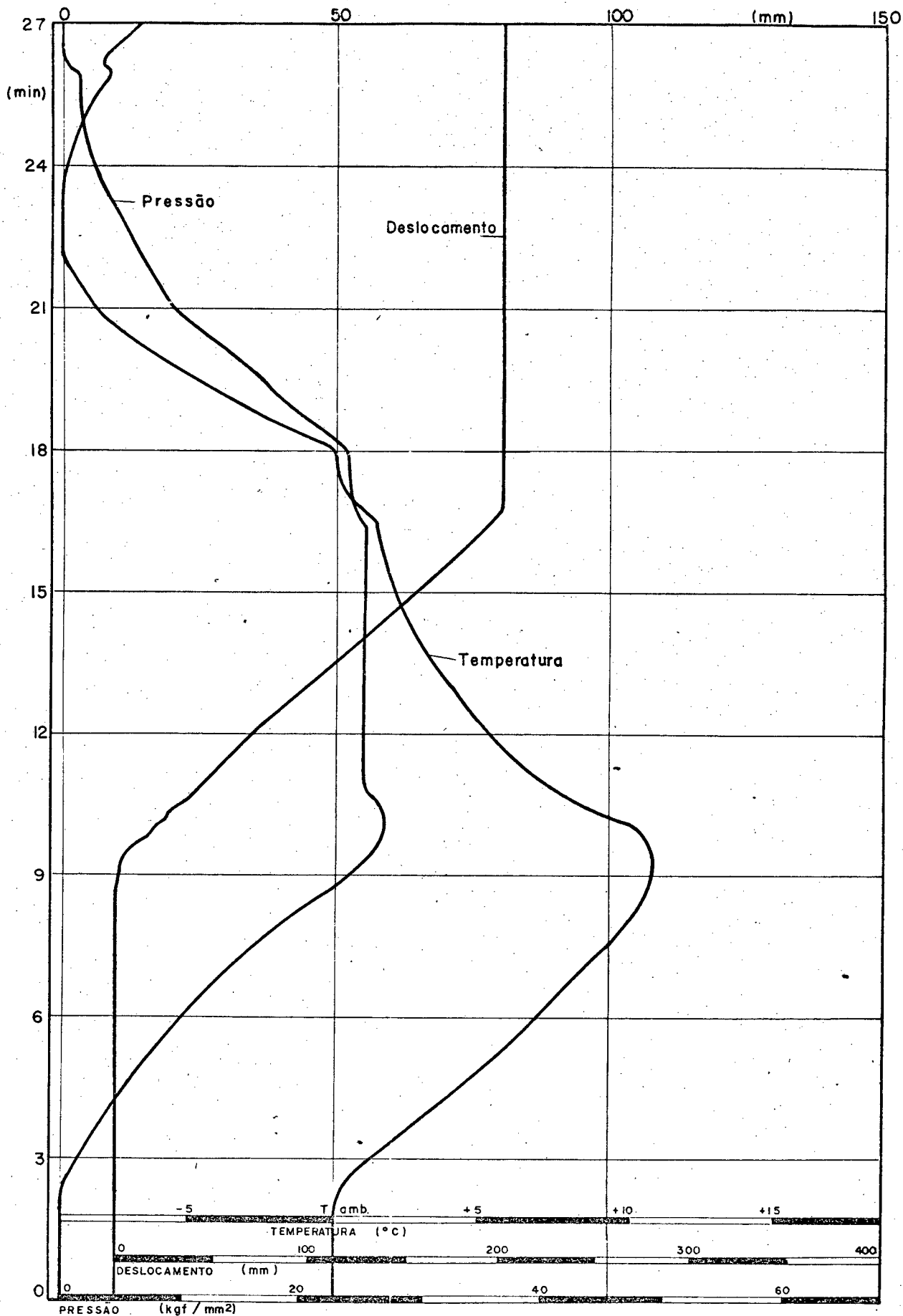
- DATA: 31/01/74
- MATERIAL: Cobre (Recozido a 600°C - 1 hora)
- FLUIDO: Regal oil & PE
- LUBRIFICANTE: Disulfeto de molibdênio (Molykote - pasta G)
- CORPO DE PROVA: (B)
 - Diâmetro inicial: 18,20 mm
 - Diâmetro final: 12,74 mm
 - Relação de extrusão (A_0/A_1): 2,04
- TEMPERATURA AMBIENTE: $29,4^{\circ}\text{C}$

RESULTADOS OBTIDOS:

- PRESSÃO:
 - Pressão de extrusão: $25,39 \text{ kgf/mm}^2$
 - (Deflexão verificada - 56 mm)
 - Pressão máxima: 26,75
- VELOCIDADE DE EXTRUSÃO: 0,02763 m/min
 - (Deflexão verificada - 9,67 mm/min)
- AQUECIMENTO ($t_{\text{max}} - t_{\text{ambiente}}$): $11,1^{\circ}\text{C}$
 - (Deflexão verificada - 59 m/min)
- CARGA APROXIMADA APLICADA DURANTE A EXTRUSÃO: 27 500 kgf

OBSERVAÇÕES:

- PRESSÃO:
 - Deflexão correspondente a $60,53 \text{ kgf/mm}^2$: 133,5 mm
- DESLOCAMENTO:
 - Deflexão correspondente a 200 mm : 70 mm
- TEMPERATURA :
 - Deflexão: $5,3 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$



Variações dos parâmetros (pressão, deslocamento e temperatura) registradas no oscilógrafo (U.V. RECORDER).

MATERIAL: Cobre

CORPO DE PROVA: (B)

EXTRUSÃO HIDROSTÁTICA

ENSAIO EXPERIMENTAL

CONDIÇÕES DE ENSAIO:

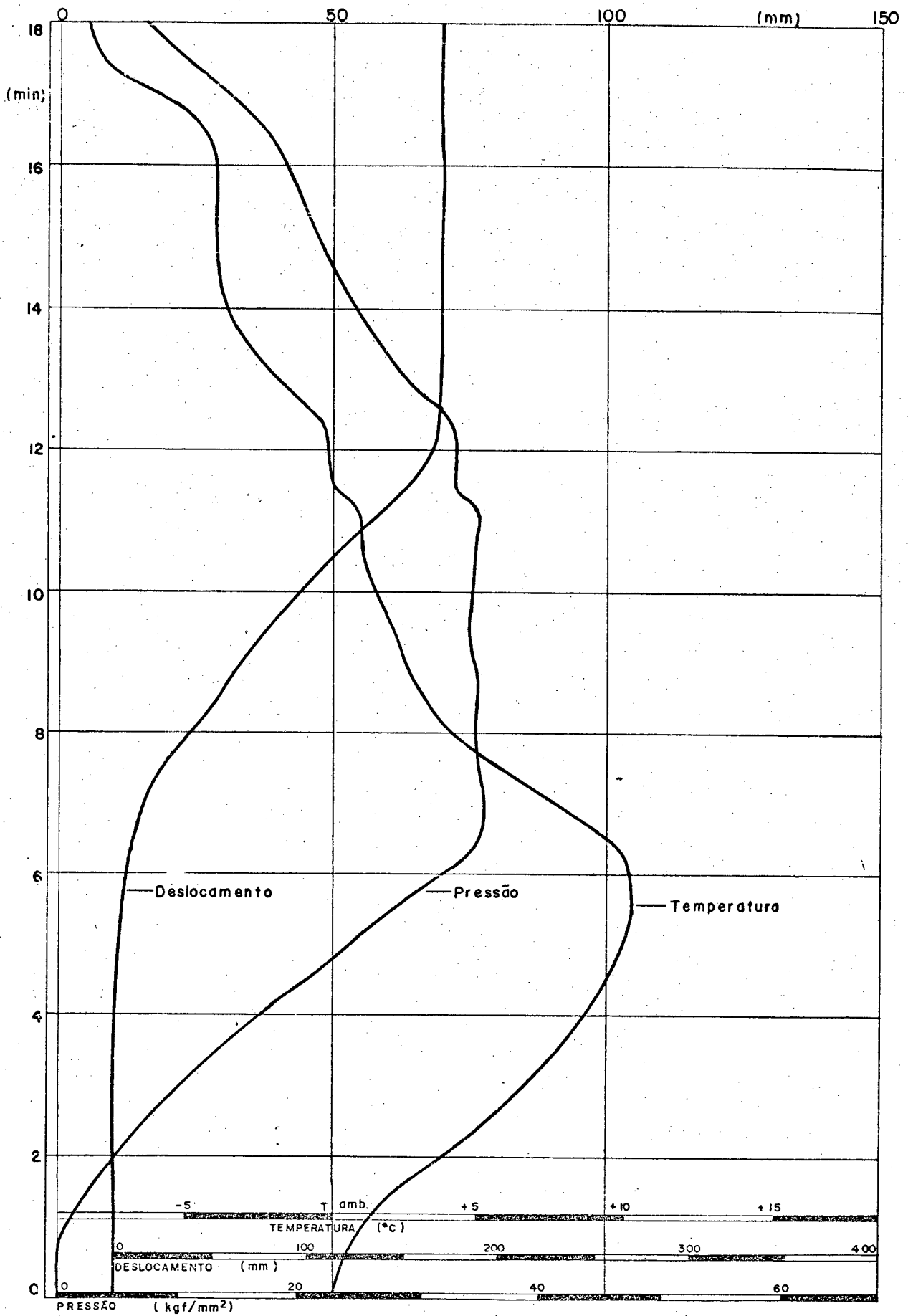
- DATA: 05/02/74
- MATERIAL: Cobre (Recozido a 600°C - 1 hora)
- FLUIDO: Regal oil & PE
- LUBRIFICANTE: Disulfeto de molibdênio (Molykote - pasta G)
- CORPO DE PROVA: (C)
 - Diâmetro inicial: 20,05 mm
 - Diâmetro final: 12,75 mm
 - Relação de extrusão (A_0/A_1): 2,47
- TEMPERATURA AMBIENTE: 30,7 °C

RESULTADOS OBTIDOS:

- PRESSÃO:
 - Pressão de extrusão: 34,08 kgf/mm²
 - (Deflexão verificada - 76 mm)
 - Pressão máxima: 34,97 kgf/mm²
- VELOCIDADE DE EXTRUSÃO: 0,02191 m/min
 - (Deflexão verificada - 7,67 mm/min)
- AQUECIMENTO (t max - t ambiente): 10,2 °C
 - (Deflexão verificada - 54 mm)
- CARGA APROXIMADA APLICADA DURANTE A EXTRUSÃO: 39 500 kgf

OBSERVAÇÕES:

- PRESSÃO:
 - Deflexão correspondente a 60,53 kgf/mm² : 135 mm
- DESLOCAMENTO:
 - Deflexão correspondente a 200 mm : 70 mm
- TEMPERATURA :
 - Deflexão: 5,3 mm/°C



Variações dos parâmetros (pressão, deslocamento e temperatura) registradas no oscilógrafo (U.V. RECORDER).

MATERIAL: Cobre

CORPO DE PROVA: (C)

EXTRUSÃO HIDROSTÁTICA

ENSAIO EXPERIMENTAL

CONDIÇÕES DE ENSAIO:

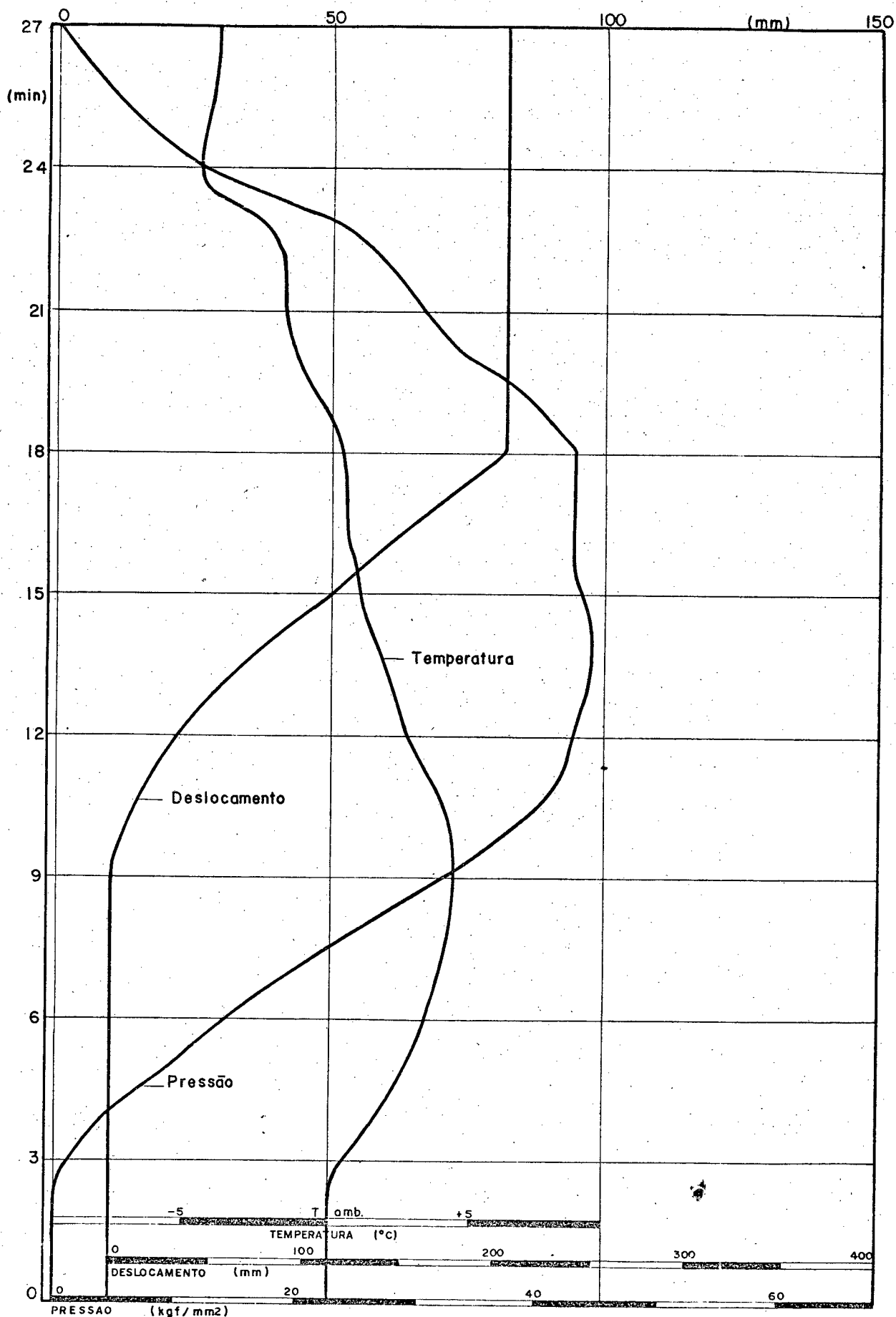
- DATA: 22/01/74
- MATERIAL: Cobre (Recozido a 600°C - 1 hora)
- FLUIDO: Regal oil & PE
- LUBRIFICANTE: Disulfeto de molibdênio (Molykote - pasta G)
- CORFO DE PROVA: (D)
 - Diâmetro inicial: 21,97 mm
 - Diâmetro final: 12,74 mm
 - Relação de extrusão (A_0/A_1): 2,97
- TEMPERATURA AMBIENTE: 30,5 °C

RESULTADOS OBTIDOS:

- PRESSÃO:
 - Pressão de extrusão: 42,37 kgf/mm²
 - (Deflexão verificada - 94,5 mm)
 - Pressão máxima: 43,71 kgf/mm²
- VELOCIDADE DE EXTRUSÃO: 0,0291 m/min
 - (Deflexão verificada - 10,2 mm/min)
- AQUECIMENTO (t max - t ambiente): 4,2 °C
 - (Deflexão verificada - 22,5 mm)
- CARGA APROXIMADA APLICADA DURANTE A EXTRUSÃO: 46 500 kgf

OBSERVAÇÕES:

- PRESSÃO:
 - Deflexão correspondente a 60,53 kgf/mm² : 135 mm
- DESLOCAMENTO:
 - Deflexão correspondente a 200 mm : 70 mm
- TEMPERATURA :
 - Deflexão: 5,3 mm/°C



Variações dos parâmetros (pressão, deslocamento e temperatura) registradas no oscilógrafo (U.V. RECORDER).

MATERIAL: Cobre

CORPO DE PROVA: (D)

EXTRUSÃO HIDROSTÁTICA

ENSAIO EXPERIMENTAL

CONDIÇÕES DE ENSAIO:

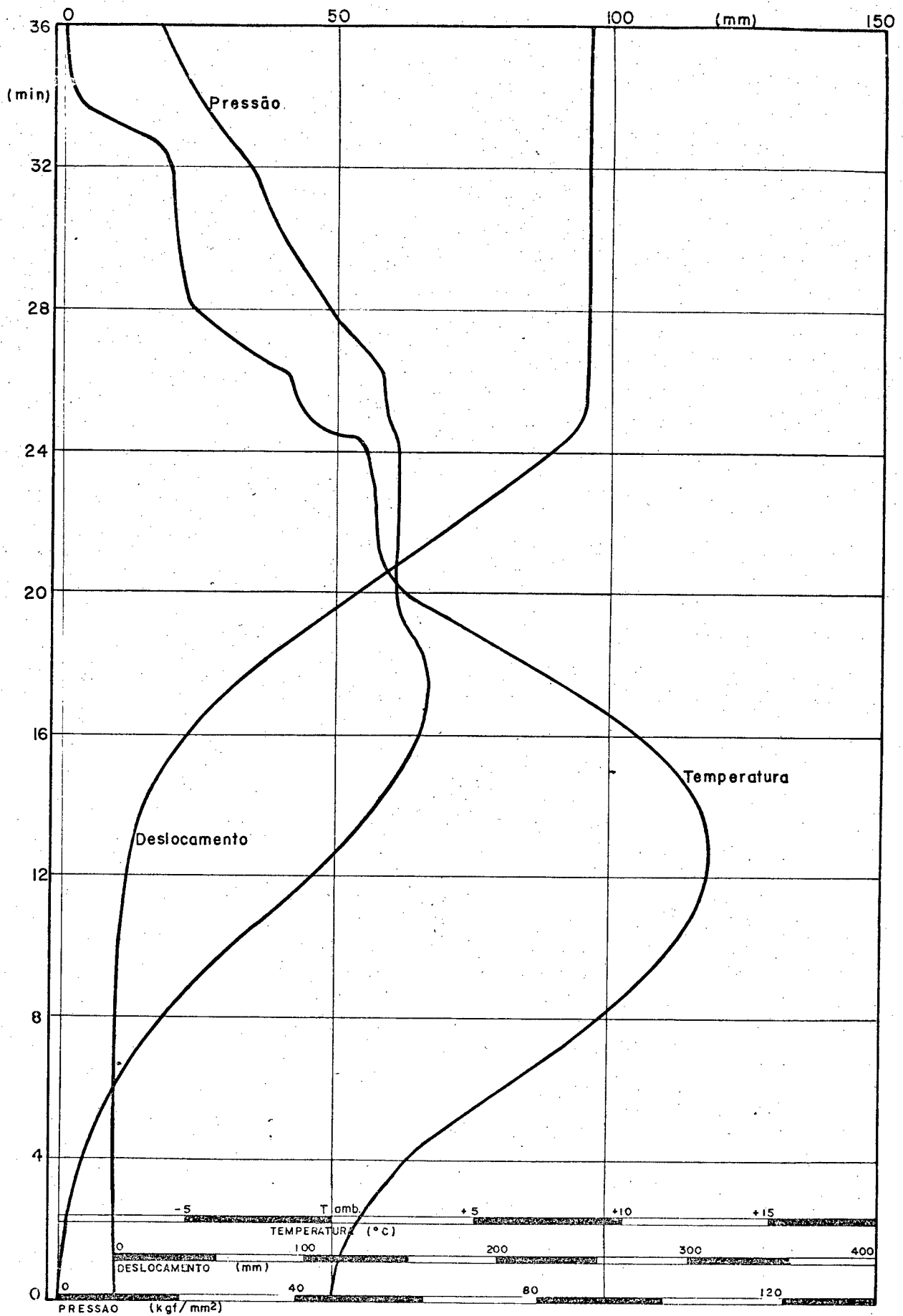
- DATA: 31/01/74
- MATERIAL: Cobre (Recozido a 600°C - 1 hora)
- FLUIDO: Regal oil & PE
- LUBRIFICANTE: Disulfeto de molibdênio (Molykote - pasta G)
- CORPO DE PROVA: (E)
 - Diâmetro inicial: 24,95
 - Diâmetro final: 12,74
 - Relação de extrusão (A_0/A_1): 3,84
- TEMPERATURA AMBIENTE: 27 °C

RESULTADOS OBTIDOS:

- PRESSÃO:
 - Pressão de extrusão: 53,88 kgf/mm²
 - (Deflexão verificada - 61 mm)
 - Pressão máxima: 58,76 kgf/mm²
- VELOCIDADE DE EXTRUSÃO: 0,0249 m/min
 - (Deflexão verificada - 8,7 mm/min)
- AQUECIMENTO (t max - t ambiente): 12,5 °C
 - (Deflexão verificada - 66 mm)
- CARGA APROXIMADA APLICADA DURANTE A EXTRUSÃO: 57 000 kgf

OBSERVAÇÕES:

- PRESSÃO:
 - Deflexão correspondente a 119,26 kgf/mm² : 135 mm
- DESLOCAMENTO:
 - Deflexão correspondente a 200 mm : 70 mm
- TEMPERATURA :
 - Deflexão: 5,3 mm/°C



Variações dos parâmetros (pressão, deslocamento e temperatura) registradas no oscilógrafo (U.V. RECORDER).

MATERIAL: Cobre

CORPO DE PROVA: (E)

1.3 - ALUMÍNIO

(Ensaio Auxiliares)

Tabelas dos resultados experimentais obtidos - Registro gráfico das medições de pressão, velocidade e temperatura para os ensaios auxiliares de extrusão com o alumínio.

EXTRUSÃO HIDROSTÁTICA

Resultados Experimentais - A L U M Í N I O (ensaios auxiliares)

CORPO DE PROVA	B(1)	D(1)	D(2)	D(3)
DIÂMETRO DO BILETE (mm)	17,95	11,69	11,67	11,70
DIÂMETRO DO PRODUTO (mm)	12,74	4,14	4,14	4,15
RELAÇÃO DE EXTRUSÃO	1,99	7,97	7,95	7,95
TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	25,1	29,8	30,4	29,6
FLUIDO	Regal oil & PE	Regal oil & PE	Regal oil & PE	Regal oil & PE
LUBRIFICANTE	Molykote	Molykote	Molykote	Molykote
PRESSÃO DE EXTRUSÃO (kgf/mm ²)	8,58	30,71	30,72	30,27
PRESSÃO MÁXIMA (kgf/mm ²)	Pextrusão	32,14	34,20	33,43
VELOCIDADE (m/min)	0,0217	0,03314	0,0971	0,1686 0,0571

EXTRUSÃO HIDROSTÁTICA

ENSAIO EXPERIMENTAL

CONDIÇÕES DE ENSAIO:

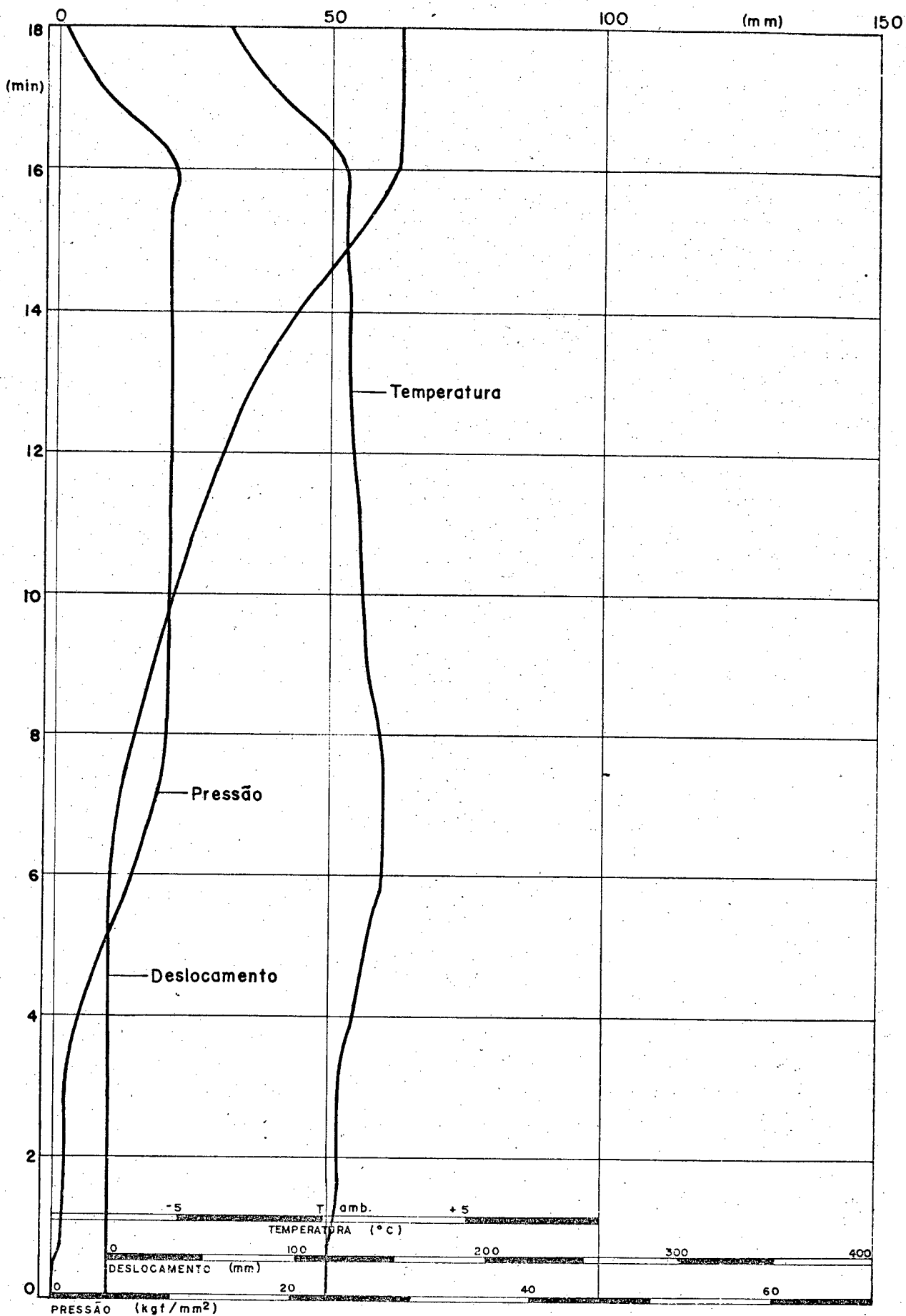
- DATA: 15/10/73
- MATERIAL: Alumínio (Recozido a 350°C - 1 hora)
- FLUIDO: Regal oil & PE
- LUBRIFICANTE: Disulfeto de molibdênio (Molykote - pasta G)
- CORPO DE PROVA: (B(1))
 - Diâmetro inicial: 17,95 mm
 - Diâmetro final: 12,74 mm
 - Relação de extrusão (A_0/A_1): 1,99
- TEMPERATURA AMBIENTE: 25,1 °C

RESULTADOS OBTIDOS:

- PRESSÃO:
 - Pressão de extrusão: 8,58 kgf/mm²
 - (Deflexão verificada - 19 mm)
 - Pressão máxima: idem
- VELOCIDADE DE EXTRUSÃO: 0,0257 m/min
 - (Deflexão verificada - 9 mm/min)
- AQUECIMENTO (t max - t ambiente): 1,5 °C
 - (Deflexão verificada - 8 mm)
- CARGA APROXIMADA APLICADA DURANTE A EXTRUSÃO: 9 400 kgf

OBSERVAÇÕES:

- PRESSÃO:
 - Deflexão correspondente a 60,53 kgf/mm² : 134 mm
- DESLOCAMENTO:
 - Deflexão correspondente a 200 mm : 70 mm
- TEMPERATURA :
 - Deflexão: 5,3 mm/°C



Variações dos parâmetros (pressão, deslocamento e temperatura) registradas no oscilógrafo (U.V. RECORDER).

MATERIAL: Alumínio

CORPO DE PROVA: B(1)

EXTRUSÃO HIDROSTÁTICA

ENSAIO EXPERIMENTAL

CONDIÇÕES DE ENSAIO:

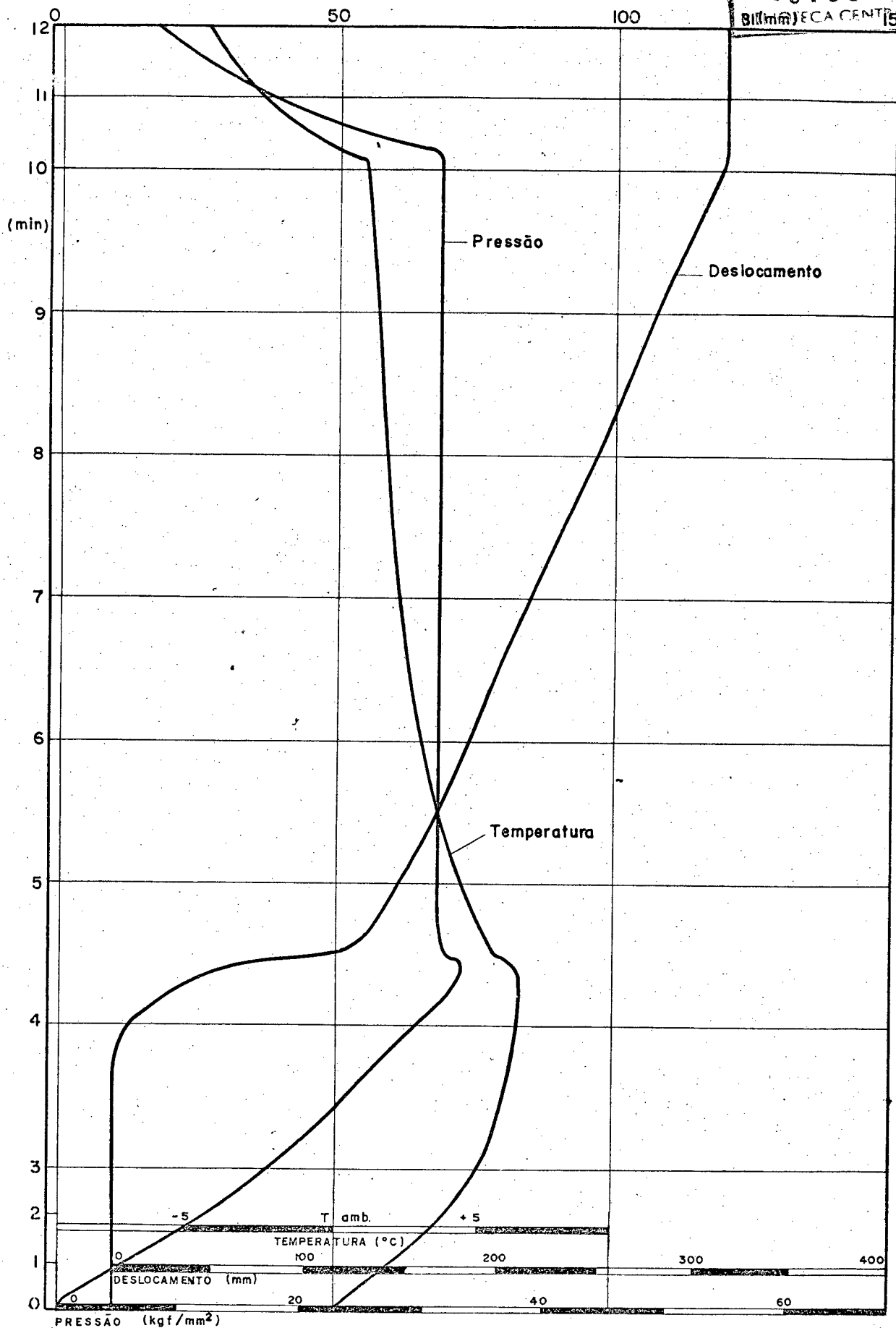
- DATA: 18/01/74
- MATERIAL: Alumínio (Recozido a 350°C - 1 hora)
- FLUIDO: Regal oil & PE
- LUBRIFICANTE: Disulfeto de molibdênio (Molykote - pasta G)
- CORPO DE PROVA: (D(1))
 - Diâmetro inicial: 11,69 mm
 - Diâmetro final: 4,14 mm
 - Relação de extrusão (A_0/A_1): 7,97
- TEMPERATURA AMBIENTE: 29,8 °C

RESULTADOS OBTIDOS:

- PRESSÃO:
 - Pressão de extrusão: 30,71 kgf/mm²
 - (Deflexão verificada - 68,5 mm)
 - Pressão máxima: 32,14 kgf/mm²
- VELOCIDADE DE EXTRUSÃO: 0,03314 m/min
 - (Deflexão verificada - 116 mm/min)
- AQUECIMENTO (t max - t ambiente): 6,4 °C
 - (Deflexão verificada - 34 mm)
- CARGA APROXIMADA APLICADA DURANTE A EXTRUSÃO: 33 700 kgf

OBSERVAÇÕES:

- PRESSÃO:
 - Deflexão correspondente a 60,53 kgf/mm² : 135 mm
- DESLOCAMENTO:
 - Deflexão correspondente a 200 mm : 70 mm
- TEMPERATURA :
 - Deflexão: 5,3 mm/°C



Variações dos parâmetros (pressão, deslocamento e temperatura) registradas no oscilógrafo (U.V. RECORDER).

MATERIAL: Alumínio

CORPO DE PROVA: D(1)

EXTRUSÃO HIDROSTÁTICA

ENSAIO EXPERIMENTAL

CONDIÇÕES DE ENSAIO:

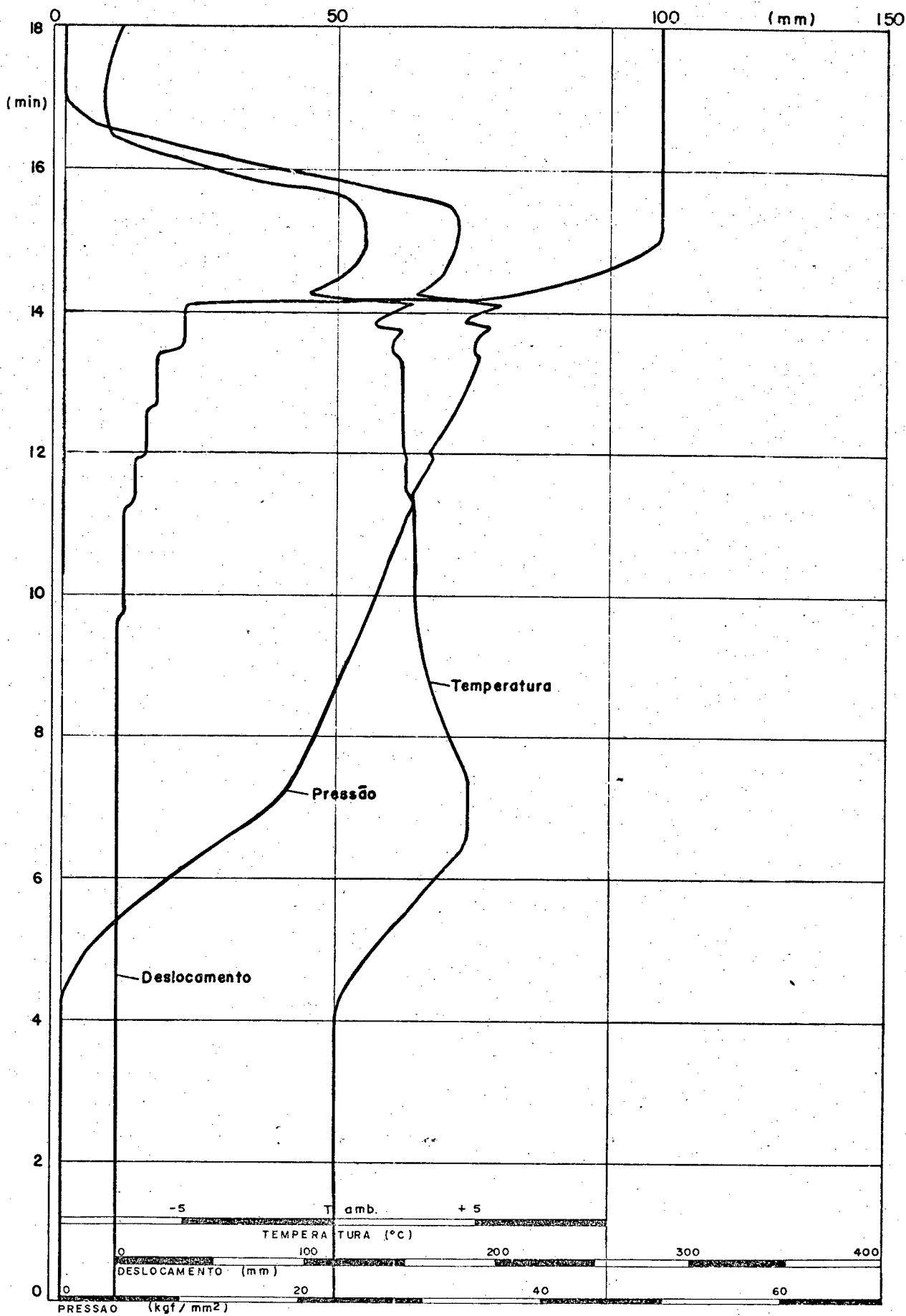
- DATA: 11/01/74
- MATERIAL: Alumínio (Recozido a 350°C - 1 hora)
- FLUIDO: Regal oil & PE
- LUBRIFICANTE: Disulfeto de molibdênio (Molykote - pasta G)
- CORPO DE PROVA: (D(2))
 - Diâmetro inicial: 11,67 mm
 - Diâmetro final: 4,14 mm
 - Relação de extrusão (A_0/A_1): 7,95
- TEMPERATURA AMBIENTE: 30,4 °C

RESULTADOS OBTIDOS:

- PRESSÃO:
 - Pressão de extrusão: 30,72 kgf/mm²
 - (Deflexão verificada - 68 mm)
 - Pressão máxima: 34,20 kgf/mm²
- VELOCIDADE DE EXTRUSÃO: 0,0971 m/min
 - (Deflexão verificada - 34 mm/min)
- AQUECIMENTO (t max - t ambiente): 4,5 °C
 - (Deflexão verificada - 24 mm)
- CARGA APROXIMADA APLICADA DURANTE A EXTRUSÃO: 33 500 kgf

OBSERVAÇÕES:

- PRESSÃO:
 - Deflexão correspondente a 60,53 kgf/mm² : 134 mm
- DESLOCAMENTO:
 - Deflexão correspondente a 200 mm : 70 mm
- TEMPERATURA :
 - Deflexão: 53 mm/°C



Variações dos parâmetros (pressão, deslocamento e temperatura) registradas no oscilógrafo (U.V. RECORDER).

MATERIAL: Alumínio CORPO DE PROVA: D(2)

EXTRUSÃO HIDROSTÁTICA

ENSAIO EXPERIMENTAL

CONDIÇÕES DE ENSAIO:

- DATA: 18/01/74
- MATERIAL: Alumínio (Recozido a 350°C - 1 hora)
- FLUIDO: Regal oil & PE
- LUBRIFICANTE: Disulfeto de molibdênio (Molykote - pasta G)
- CORPO DE PROVA: (D(3))
 - Diâmetro inicial: 11,70 mm
 - Diâmetro final: 4,15 mm
 - Relação de extrusão (A_0/A_1): 7,95
- TEMPERATURA AMBIENTE: 29,6 °C

RESULTADOS OBTIDOS:

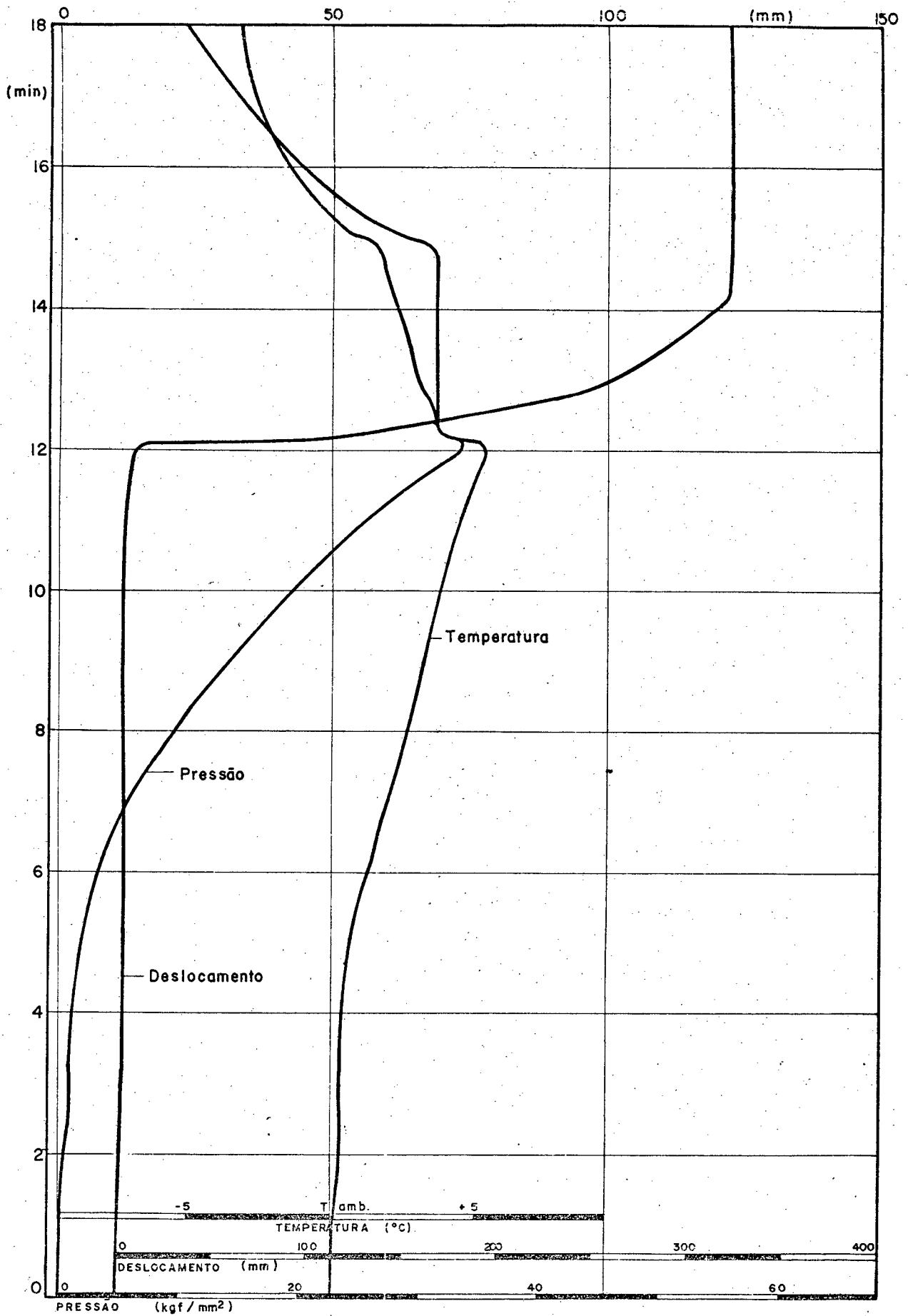
- PRESSÃO:
 - Pressão de extrusão: 30,27 kgf/mm²
 - (Deflexão verificada - 67 mm)
 - Pressão máxima: 33,43
- VELOCIDADE DE EXTRUSÃO: 0,1686 m/min (*)
 - (Deflexão verificada - 59 mm/min)
- AQUECIMENTO (t max - t ambiente): 4,7 °C
 - (Deflexão verificada - 25 mm)
- CARGA APROXIMADA APLICADA DURANTE A EXTRUSÃO: 33 500 kgf

OBSERVAÇÕES:

- PRESSÃO:
 - Deflexão correspondente a 60,53 kgf/mm² : 134 mm
- DESLOCAMENTO:
 - Deflexão correspondente a 200 mm : 70 mm
- TEMPERATURA :
 - Deflexão: 5,3 mm/°C

(*) Velocidade de extrusão relativa ao trecho de extrusão maior velocidade.

No trecho de menor velocidade a velocidade da extrusão é de 0,0571 m/min (diminuída a abertura da válvula de vazão do óleo da prensa de 1 1/4 de volta para 3/4 volta)



Variações dos parâmetros (pressão, deslocamento e temperatura) registradas no oscilógrafo (U.V. RECORDER).

MATERIAL: Alumínio CORPO DE PROVA: D(3)

APÊNDICE 2

Levantamento da curva tensão-deformação

2.1. ALUMÍNIO

Tabelas dos resultados experimentais do levantamento da curva tensão-deformação para o alumínio.

LEVANTAMENTO CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

DATA: 03/06/73

TEMPERATURA AMBIENTE: 16,5°C

VELOCIDADE DE APLICAÇÃO DA CARGA: 12,5 kgf/segundo

MATERIAL: Alumínio

Recozido a 350°C - 1 hora

DIMENSÕES INICIAIS: $d_0 = 10,010 \text{ mm}$ RELAÇÃO $\frac{d_0}{h_0} = 0,50$
 $h_0 = 19,970 \text{ mm}$

OBS.: Corpo de Prova (A)

CARGA (kgf)	ALTURA (h) (mm)	DEF. RELATIVA $(\frac{h_0-h}{h_0}) \cdot 100(\%)$
250	19,780	0,93
500	18,465	7,54
750	15,950	20,13
1000	13,625	31,77
1250	11,990	39,96
1500	10,745	46,19
1750	9,665	51,60
2000	8,800	55,93
2250	8,010	59,89
2500	7,375	63,07
2750	6,815	65,87
3000	6,355	68,18

LEVANTAMENTO CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

DATA: 05/06/73

TEMPERATURA AMBIENTE: 17°C

VELOCIDADE DE APLICAÇÃO DA CARGA: 12,5 kgf/segundo

MATERIAL: Alumínio

Recozido a 350°C - 1 hora

DIMENSÕES INICIAIS: $d_0 = 10,000$ mm. RELAÇÃO $\frac{d_0}{h_0} = 0,50$
 $h_0 = 19,995$ mm

OBS.: Corpo de prova (B)

CARGA (kgf)	ALTURA (h) (mm)	DEF. RELATIVA $(\frac{h_0-h}{h_0}) \cdot 100(\%)$
250	19,800	0,98
500	18,460	7,68
750	16,100	19,48
1000	13,940	30,28
1250	12,265	38,66
1500	10,910	45,44
1750	9,815	50,91
2000	8,905	55,46
2250	8,150	59,24
2500	7,475	62,62
2750	6,955	65,22
3000	6,465	67,67

LEVANTAMENTO CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

DATA: 04/06/73

TEMPERATURA AMBIENTE: 18°C

VELOCIDADE DE APLICAÇÃO DA CARGA: 12,5 kgf/segundo

MATERIAL: Alumínio

Recozido a 350°C - 1 hora

DIMENSÕES INICIAIS: do = 10,000 mm

RELAÇÃO $\frac{d_o}{h_o} = 0,50$

ho = 19,990 mm

OBS.: Corpo de prova (C)

CARGA (kgf)	ALTURA (h) (mm)	DEF. RELATIVA $(\frac{h_o-h}{h_o}) \cdot 100(\%)$
250	19,772	1,09
500	18,580	7,05
750	16,010	19,91
1000	13,720	31,37
1250	11,445	42,75
1500	10,530	47,32
1750	9,402	52,97
2000	8,560	57,18
2250	7,800	60,98
2500	7,170	64,13
2750	6,695	66,51
3000	6,180	69,08

LEVANTAMENTO CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

DATA: 07/06/73

TEMPERATURA AMBIENTE: 18°C

VELOCIDADE DE APLICAÇÃO DA CARGA: 12,5 kgf/segundo

MATERIAL: Alumínio

Recozido a 350°C - 1 hora

DIMENSÕES INICIAIS: do=10,000 mm RELAÇÃO $\frac{d_0}{h_0} = 0,99$
ho=10,030 mm

OBS.: Corpo de prova (A)

CARGA (kgf)	ALTURA (h) (mm)	DEF. RELATIVA $(\frac{h_0-h}{h_0}) \cdot 100(\%)$
250	9,870	1,60
500	9,180	8,47
750	8,025	19,99
1000	6,980	30,41
1250	6,130	38,88
1500	5,470	45,46
1750	4,945	50,70
2000	4,490	55,23
2250	4,130	58,82
2500	3,800	62,11
2750	3,535	64,76
3000	3,290	67,20

LEVANTAMENTO CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

DATA: 08/06/73

TEMPERATURA AMBIENTE: 18,5°C

VELOCIDADE DE APLICAÇÃO DA CARGA: 12,5 kgf/segundo

MATERIAL: Alumínio

Recozido a 350°C - 1 hora

DIMENSÕES INICIAIS: $d_0 = 10,000 \text{ mm}$ RELAÇÃO $\frac{d_0}{h_0} = 1,00$
 $h_0 = 9,995 \text{ mm}$

OBS.: Corpo de prova (B)

CARGA (kgf)	ALTURA (h) (mm)	DEF. RELATIVA $(\frac{h_0-h}{h_0}) \cdot 100(\%)$
250	9,880	1,15
500	9,220	7,75
750	8,040	19,56
1000	7,000	29,96
1250	6,160	38,37
1500	5,490	45,07
1750	4,960	50,38
2000	4,525	54,73
2250	4,145	58,53
2500	3,840	61,58
2750	3,570	64,28
3000	3,340	66,58

LEVANTAMENTO CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

DATA: 09/06/73

TEMPERATURA AMBIENTE: 17,5°C

VELOCIDADE DE APLICAÇÃO DA CARGA: 12,5 kgf/segundo

MATERIAL: Alumínio

Recozido a 350°C - 1 hora

DIMENSÕES INICIAIS: do = 10,010 mm RELAÇÃO $\frac{d_o}{h_o} = 1,00$
ho = 9,990 mm

OBS.: Corpo de prova (C)

CARGA (kgf)	ALTURA (h) (mm)	DEF. RELATIVA $(\frac{h_o-h}{h_o}) \cdot 100(\%)$
250	9,910	0,80
500	9,395	5,96
750	8,260	17,31
1000	7,255	27,38
1250	6,390	36,03
1500	5,720	42,74
1750	5,200	47,95
2000	4,760	52,35
2250	4,320	56,76
2500	4,020	59,76
2750	3,680	59,76
3000	3,440	65,57

LEVANTAMENTO CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

DATA: 06/06/73

TEMPERATURA AMBIENTE: 17,5°C

VELOCIDADE DE APLICAÇÃO DA CARGA: 12,5 kgf/segundo

MATERIAL: Alumínio

Recozido a 350°C - 1 hora

DIMENSÕES INICIAIS: $d_0 = 10,015 \text{ mm}$ RELAÇÃO $\frac{d_0}{h_0} = 1,98$
 $h_0 = 5,050 \text{ mm}$

OBS.: Corpo de prova (A)

CARGA (kgf)	ALTURA (h) (mm)	DEF. RELATIVA $\left(\frac{h_0-h}{h_0}\right) \cdot 100(\%)$
250	4,965	1,68
500	4,720	6,53
750	4,215	16,53
1000	3,720	26,34
1250	3,290	34,85
1500	2,930	41,98
1750	2,630	47,92
2000	2,410	52,28
2250	2,210	56,24
2500	2,055	59,31
2750	1,905	62,28
3000	1,765	65,05

LEVANTAMENTO CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

DATA: 08/06/73

TEMPERATURA AMBIENTE: 18,5°C

VELOCIDADE DE APLICAÇÃO DA CARGA: 12,5 kgf/segundo

MATERIAL: Alumínio

Recozido a 350°C - 1 hora

DIMENSÕES INICIAIS: $d_0 = 10,025 \text{ mm}$ RELAÇÃO $\frac{d_0}{h_0} = 2,00$
 $h_0 = 4,995 \text{ mm}$

OBS.: Corpo de prova (B)

CARGA (kgf)	ALTURA (h) (mm)	DEF. RELATIVA $(\frac{h_0-h}{h_0}) \cdot 100(\%)$
250	4,960	0,70
500	4,630	7,31
750	4,025	19,42
1000	3,515	29,63
1250	3,110	37,74
1500	2,780	44,34
1750	2,515	49,65
2000	2,315	53,65
2250	2,130	57,36
2500	1,965	60,66
2750	1,805	63,86
3000	1,740	65,17

LEVANTAMENTO CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

DATA: 08/06/73

TEMPERATURA AMBIENTE: 19°C

VELOCIDADE DE APLICAÇÃO DA CARGA: 12,5 kgf/segundo

MATERIAL: Alumínio

Recozido a 350°C - 1 hora

DIMENSÕES INICIAIS: $d_0 = 10,000$ mm $h_0 = 5,035$ mmRELAÇÃO $\frac{d_0}{h_0} = 1,98$

OBS.: Corpo de prova (C)

CARGA (kgf)	ALTURA (h) (mm)	DEF. RELATIVA $(\frac{h_0-h}{h_0}) \cdot 100(\%)$
250	4,970	1,29
500	4,650	7,65
750	4,050	19,56
1000	3,530	29,89
1250	3,135	37,74
1500	2,790	44,59
1750	2,510	50,15
2000	2,290	54,52
2250	2,100	58,29
2500	1,950	61,27
2750	1,815	63,95
3000	1,700	66,24

LEVANTAMENTO CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

DATA: 04/06/73

TEMPERATURA AMBIENTE: 17°C

VELOCIDADE DE APLICAÇÃO DA CARGA: 12,5 kgf/segundo

MATERIAL: Alumínio

Recozido a 350°C - 1 hora

DIMENSÕES INICIAIS: do = 10,020 mm
ho = 3,305 mmRELAÇÃO $\frac{d_o}{h_o} = 3,03$

OBS.: Corpo de prova (A)

CARGA (kgf)	ALTURA (h) (mm)	DEF. RELATIVA $(\frac{h_o-h}{h_o}) \cdot 100(\%)$
250	3,275	0,91
500	3,095	6,35
750	2,690	18,61
1000	2,360	28,59
1250	2,050	37,97
1500	1,860	43,72
1750	1,695	48,71
2000	1,550	53,10
2250	1,420	57,03
2500	1,310	60,36
2750	1,225	63,39
3000	1,140	65,51

LEVANTAMENTO CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

DATA: 07/06/73

TEMPERATURA AMBIENTE: 18°C

VELOCIDADE DE APLICAÇÃO DA CARGA: 12,5 kgf/segundo

MATERIAL: Alumínio

Recozido a 350°C - 1 hora

DIMENSÕES INICIAIS: $d_0 = 10,040$ mm

RELAÇÃO $\frac{d_0}{h_0} = 3,03$

$h_0 = 3,305$ mm

OBS.: Corpo de prova (B)

CARGA (kgf)	ALTURA (h) (mm)	DEF. RELATIVA $(\frac{h_0-h}{h_0}) \cdot 100(\%)$
250	3,270	1,06
500	3,060	7,41
750	2,690	18,61
1000	2,340	29,20
1250	2,060	37,67
1500	1,855	43,87
1750	1,690	48,87
2000	1,575	52,34
2250	1,445	56,28
2500	1,340	59,46
2750	1,250	62,18
3000	1,190	63,99

LEVANTAMENTO CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

DATA: 07/06/73

TEMPERATURA AMBIENTE: 20°C

VELOCIDADE DE APLICAÇÃO DA CARGA: 12,5 kgf/segundo

MATERIAL: Alumínio

Recozido a 350°C - 1 hora

DIMENSÕES INICIAIS: do = 9,990 mm RELAÇÃO $\frac{d_o}{h_o} = 3,00$
ho = 3,320 mm

OBS.: Corpo de prova (C)

CARGA (kgf)	ALTURA (h) (mm)	DEF. RELATIVA $(\frac{h_o-h}{h_o}) \cdot 100(\%)$
250	3,275	1,36
500	3,075	7,38
750	2,720	18,07
1000	2,390	28,01
1250	2,140	35,54
1500	1,900	42,77
1750	1,730	47,89
2000	1,570	52,71
2250	1,443	56,54
2500	1,360	59,04
2750	1,260	62,05
3000	1,200	63,86

2.2. COBRE

Tabelas dos resultados experimentais do levantamento da curva tensão-deformação para o cobre.

LEVANTAMENTO CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

DATA: 18/06/73

TEMPERATURA AMBIENTE: 19,4°C

VELOCIDADE DE APLICAÇÃO DA CARGA: 20 kgf/segundo

MATERIAL: Cobre

Recozido a 600°C - 1 hora

DIMENSÕES INICIAIS: $d_0=10,000$ mm RELAÇÃO $\frac{d_0}{h_0}=0,50$
 $h_0=20,000$ mm

OBS.: Corpo de prova (A)

CARGA (kgf)	ALTURA (h) (mm)	DEF. RELATIVA $(\frac{h_0-h}{h_0}) \cdot 100(\%)$
250	19,840	0,80
500	19,550	2,25
750	19,200	4,00
1000	18,790	6,05
1500	17,885	10,58
2000	16,845	15,78
2500	15,670	21,65
3000	14,260	28,70
3500	12,790	36,05
4000	11,255	43,73
4500	10,190	49,05
5000	9,435	52,83
6000	8,350	58,25
7000	7,460	62,70
8000	6,695	66,53
9000	6,080	69,60
10000	5,565	72,18

LEVANTAMENTO CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

DATA: 04/08/73

TEMPERATURA AMBIENTE: 18,8°C

VELOCIDADE DE APLICAÇÃO DA CARGA: 20 kgf/segundo

MATERIAL: Cobre

Recozido a 600°C - 1 hora

DIMENSÕES INICIAIS: do = 9,985 mm RELAÇÃO $\frac{d_o}{h_o} = 0,50$
ho = 19,990 mm

OBS.: Corpo de prova (B)

CARGA (kgf)	ALTURA (h) (mm)	DEF. RELATIVA $(\frac{h_o-h}{h_o}) \cdot 100(\%)$
250	19,805	0,93
500	19,505	2,43
750	19,155	4,18
1000	18,765	6,13
1500	17,860	10,66
2000	16,815	15,88
2500	15,605	21,94
3000	14,16	29,16
3500	12,585	37,04
4000	11,12	44,37
4500	10,13	49,32
5000	9,31	53,43
6000	8,24	58,78
7000	7,32	63,38
8000	6,575	67,11
9000	5,97	70,14
10000	5,47	72,64

LEVANTAMENTO CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

DATA: 06/08/73

TEMPERATURA AMBIENTE: 17,8°C

VELOCIDADE DE APLICAÇÃO DA CARGA: 20 kgf/segundo

MATERIAL: Cobre

Recozido a 600°C - 1 hora

DIMENSÕES INICIAIS: do = 10,000 mm

RELAÇÃO $\frac{d_0}{h_0} = 0,50$

ho = 20,000 mm

OBS.: Corpo de prova (C)

CARGA (kgf)	ALTURA (h) (mm)	DEF. RELATIVA $\left(\frac{h_0-h}{h_0}\right) \cdot 100(\%)$
250	19,845	0,78
500	19,535	2,33
750	19,195	4,03
1000	18,800	6,00
1500	17,885	10,58
2000	16,875	15,63
2500	15,625	21,88
3000	13,970	30,15
3500	12,300	38,50
4000	10,600	47,00
4500	9,705	51,48
5000	9,040	54,80
6000	8,075	59,63
7000	7,225	63,88
8000	6,515	67,43
9000	5,905	70,48
10000	5,410	72,95

LEVANTAMENTO CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

DATA: 19/06/73

TEMPERATURA AMBIENTE: 16,8⁰C

VELOCIDADE DE APLICAÇÃO DA CARGA: 20 kgf/segundo

MATERIAL: Cobre

Recozido a 600⁰C - 1 hora

DIMENSÕES INICIAIS: do=9,990 mm

RELAÇÃO $\frac{d_o}{h_o}=1,00$

ho=9,985 mm

OBS.: Corpo de prova (A)

CARGA (kgf)	ALTURA (h) (mm)	DEF. RELATIVA $(\frac{h_o-h}{h_o}) \cdot 100(\%)$
250	9,920	0,65
500	9,775	2,10
750	9,600	3,86
1000	9,400	5,86
1500	8,955	10,32
2000	8,440	15,47
2500	7,880	21,08
3000	7,300	26,89
3500	6,750	32,40
4000	6,230	37,61
4500	5,755	42,36
5000	5,350	46,42
6000	4,700	52,92
7000	4,175	58,12
8000	3,755	62,39
9000	3,390	66,05
10000	3,115	68,80

LEVANTAMENTO CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

DATA: 26/06/73

TEMPERATURA AMBIENTE: 18,8°C

VELOCIDADE DE APLICAÇÃO DA CARGA: 20 kgf/segundo

MATERIAL: Cobre

Recozido a 600°C - 1 hora

DIMENSÕES INICIAIS: $d_0 = 9,985 \text{ mm}$ RELAÇÃO $\frac{d_0}{h_0} = 0,99$
 $h_0 = 10,050 \text{ mm}$

OBS.: Corpo de prova (B)

CARGA (kgf)	ALTURA (h) (mm)	DEF. RELATIVA $(\frac{h_0-h}{h_0}) \cdot 100(\%)$
250	9,950	1,00
500	9,830	2,19
750	9,650	3,98
1000	9,440	6,07
1500	8,990	10,55
2000	8,465	15,77
2500	7,895	21,44
3000	7,305	27,31
3500	6,740	32,94
4000	6,215	38,16
4500	5,760	42,69
5000	5,355	46,72
6000	4,715	53,08
7000	4,180	58,41
8000	3,730	62,89
9000	3,410	66,07
10000	3,125	68,91

LEVANTAMENTO CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

DATA: 04/08/73

TEMPERATURA AMBIENTE: 19°C

VELOCIDADE DE APLICAÇÃO DA CARGA: 20 kgf/segundo

MATERIAL: Cobre

Recozido a 600°C - 1 hora

DIMENSÕES INICIAIS: do=10,000 mm

RELAÇÃO $\frac{d_o}{h_o}=0,99$

ho=10,010 mm

OBS.: Corpo de prova (C)

CARGA (kgf)	ALTURA (h) (mm)	DEF. RELATIVA $(\frac{h_o-h}{h_o}) \cdot 100(\%)$
250	9,945	0,65
500	9,805	2,05
750	9,620	3,90
1000	9,405	6,04
1500	8,965	10,44
2000	8,455	15,53
2500	7,900	21,08
3000	7,305	27,02
3500	6,755	32,52
4000	6,250	37,56
4500	5,785	42,21
5000	5,365	46,40
6000	4,725	52,80
7000	4,185	58,19
8000	3,750	62,54
9000	3,410	65,93
10000	3,125	68,78

LEVANTAMENTO CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

DATA: 08/06/73

TEMPERATURA AMBIENTE: 18,0°C

VELOCIDADE DE APLICAÇÃO DA CARGA: 20 kgf/segundo

MATERIAL: Cobre

Recozido a 600°C - 1 hora

DIMENSÕES INICIAIS: $d_0=10,000$ mmRELAÇÃO $\frac{d_0}{h_0}=2,00$ $h_0=5,000$ mm

OBS.: Corpo de prova (A)

CARGA (kgf)	ALTURA (h) (mm)	DEF. RELATIVA $(\frac{h_0-h}{h_0}) \cdot 100(\%)$
250	4,960	0,80
500	4,895	2,10
750	4,820	3,60
1000	4,720	5,60
1500	4,490	10,20
2000	4,220	15,60
2500	3,930	21,40
3000	3,590	28,20
3500	3,370	32,60
4000	3,130	37,40
4500	2,905	41,90
5000	2,715	45,70
6000	2,365	52,70
7000	2,100	58,00
8000	1,900	62,00
9000	1,725	65,50
10000	1,570	68,60

LEVANTAMENTO CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

DATA: 18/06/73

TEMPERATURA AMBIENTE: 19,4°C

VELOCIDADE DE APLICAÇÃO DA CARGA: 20 kgf/segundo

MATERIAL: Cobre

Recozido a 600°C - 1 hora

DIMENSÕES INICIAIS: $d_0 = 9,990$ mmRELAÇÃO $\frac{d_0}{h_0} = 2,00$ $h_0 = 4,980$ mm

OBS.: Corpo de prova (B)

CARGA (kgf)	ALTURA (h) (mm)	DEF. RELATIVA $(\frac{h_0-h}{h_0}) \cdot 100(\%)$
250	4,920	1,20
500	4,865	2,31
750	4,765	4,32
1000	4,665	6,33
1500	4,440	10,84
2000	4,185	15,96
2500	3,905	21,59
3000	3,620	27,31
3500	3,360	32,53
4000	3,100	37,75
4500	2,880	42,17
5000	2,700	45,78
6000	2,385	52,11
7000	2,120	57,43
8000	1,945	60,94
9000	1,775	64,36
10000	1,630	67,27

LEVANTAMENTO CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

DATA: 03/08/73

TEMPERATURA AMBIENTE: 20,8°C

VELOCIDADE DE APLICAÇÃO DA CARGA: 20 kgf/segundo

MATERIAL: Cobre

Recozido a 600°C - 1 hora

DIMENSÕES INICIAIS: do=9,990 mm

RELAÇÃO $\frac{d_o}{h_o}=2,01$

ho=4,960 mm

OBS.: Corpo de prova (C)

CARGA (kgf)	ALTURA (h) (mm)	DEF. RELATIVA $(\frac{h_o-h}{h_o}) \cdot 100(\%)$
250	4,935	0,50
500	4,860	2,02
750	4,755	4,13
1000	4,645	6,35
1500	4,450	10,28
2000	4,175	15,83
2500	3,890	21,57
3000	3,620	27,02
3500	3,335	32,76
4000	3,090	37,70
4500	2,865	42,24
5000	2,690	45,77
6000	2,370	52,22
7000	2,135	56,96
8000	1,930	61,09
9000	1,770	64,31
10000	1,635	67,04

LEVANTAMENTO CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

DATA: 06/08/73

TEMPERATURA AMBIENTE: 17,8°C

VELOCIDADE DE APLICAÇÃO DA CARGA: 20 kgf/segundo

MATERIAL: Cobre

Recozido a 600°C - 1 hora

DIMENSÕES INICIAIS: do=10,000 mm

RELAÇÃO $\frac{d_0}{h_0}=2,99$

ho= 3,340 mm

OBS.: Corpo de Prova (A)

CARGA (kgf)	ALTURA (h) (mm)	DEF. RELATIVA $(\frac{h_0-h}{h_0}) \cdot 100(\%)$
250	3,320	0,60
500	3,280	1,80
750	3,230	3,29
1000	3,160	5,39
1500	3,000	10,18
2000	2,830	15,27
2500	2,660	20,36
3000	2,475	25,90
3500	2,300	31,14
4000	2,130	36,23
4500	1,980	40,72
5000	1,840	44,91
6000	1,635	51,05
7000	1,435	57,04
8000	1,290	61,38
9000	1,185	64,52
10000	1,100	67,07

LEVANTAMENTO CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

DATA: 20/08/73

TEMPERATURA AMBIENTE: 16,9°C

VELOCIDADE DE APLICAÇÃO DA CARGA: 20 kgf/segundo

MATERIAL: Cobre

Recozido a 600°C - 1 hora

DIMENSÕES INICIAIS: $d_0 = 9,990$ mmRELAÇÃO $\frac{d_0}{h_0} = 2,99$ $h_0 = 3,340$ mm

OBS.: Corpo de prova (B)

CARGA (kgf)	ALTURA (h) (mm)	DEF. RELATIVA $(\frac{h_0-h}{h_0}) \cdot 100(\%)$
250	3,310	0,90
500	3,260	2,40
750	3,200	4,19
1000	3,135	6,14
1500	2,990	10,48
2000	2,820	15,57
2500	2,635	21,11
3000	2,450	26,65
3500	2,265	32,19
4000	2,110	36,83
4500	1,960	41,32
5000	1,830	45,21
6000	1,615	51,65
7000	1,450	56,59
8000	1,315	60,63
9000	1,195	64,22
10000	1,095	67,22

LEVANTAMENTO CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

DATA: 28/08/73

TEMPERATURA AMBIENTE: 16,0°C

VELOCIDADE DE APLICAÇÃO DA CARGA: 20 kgf/segundo

MATERIAL: Cobre

Recozido a 600°C - 1 hora

DIMENSÕES INICIAIS: do=9,990 mm

RELAÇÃO $\frac{d_o}{h_o}=2,99$

ho=3,335 mm

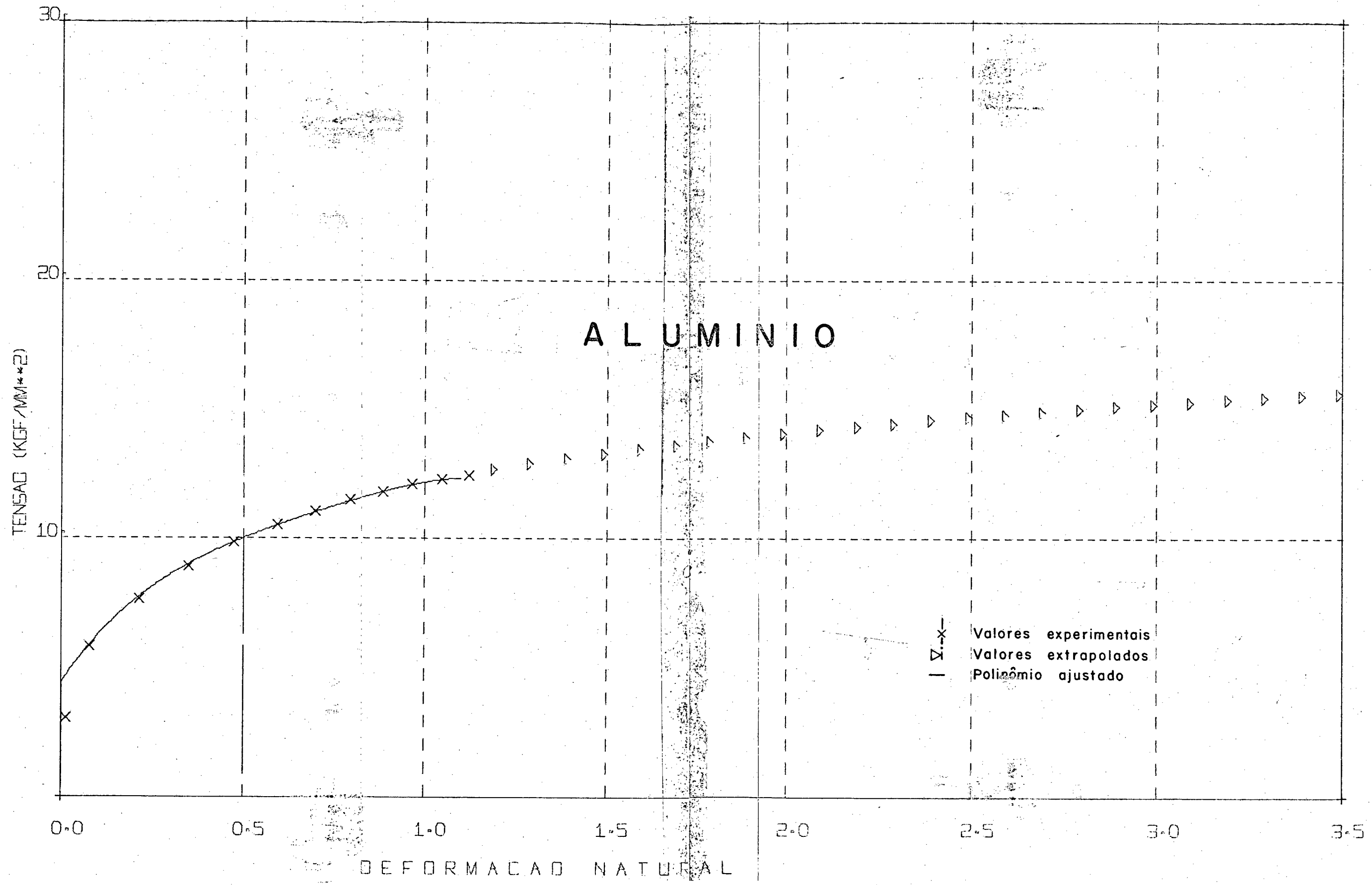
OBS.: Corpo de prova (C)

CARGA (kgf)	ALTURA (h) (mm)	DEF. RELATIVA $(\frac{h_o-h}{h_o}) \cdot 100(\%)$
250	3,310	0,75
500	3,270	1,95
750	3,205	3,90
1000	3,140	5,85
1500	3,000	10,05
2000	2,830	15,14
2500	2,650	20,54
3000	2,465	26,09
3500	2,285	31,48
4000	2,130	36,13
4500	1,975	40,78
5000	1,840	44,83
6000	1,630	51,12
7000	1,470	55,92
8000	1,332	60,12
9000	1,217	63,57
10000	1,120	66,42

2.3. Curvas da tensão deformação

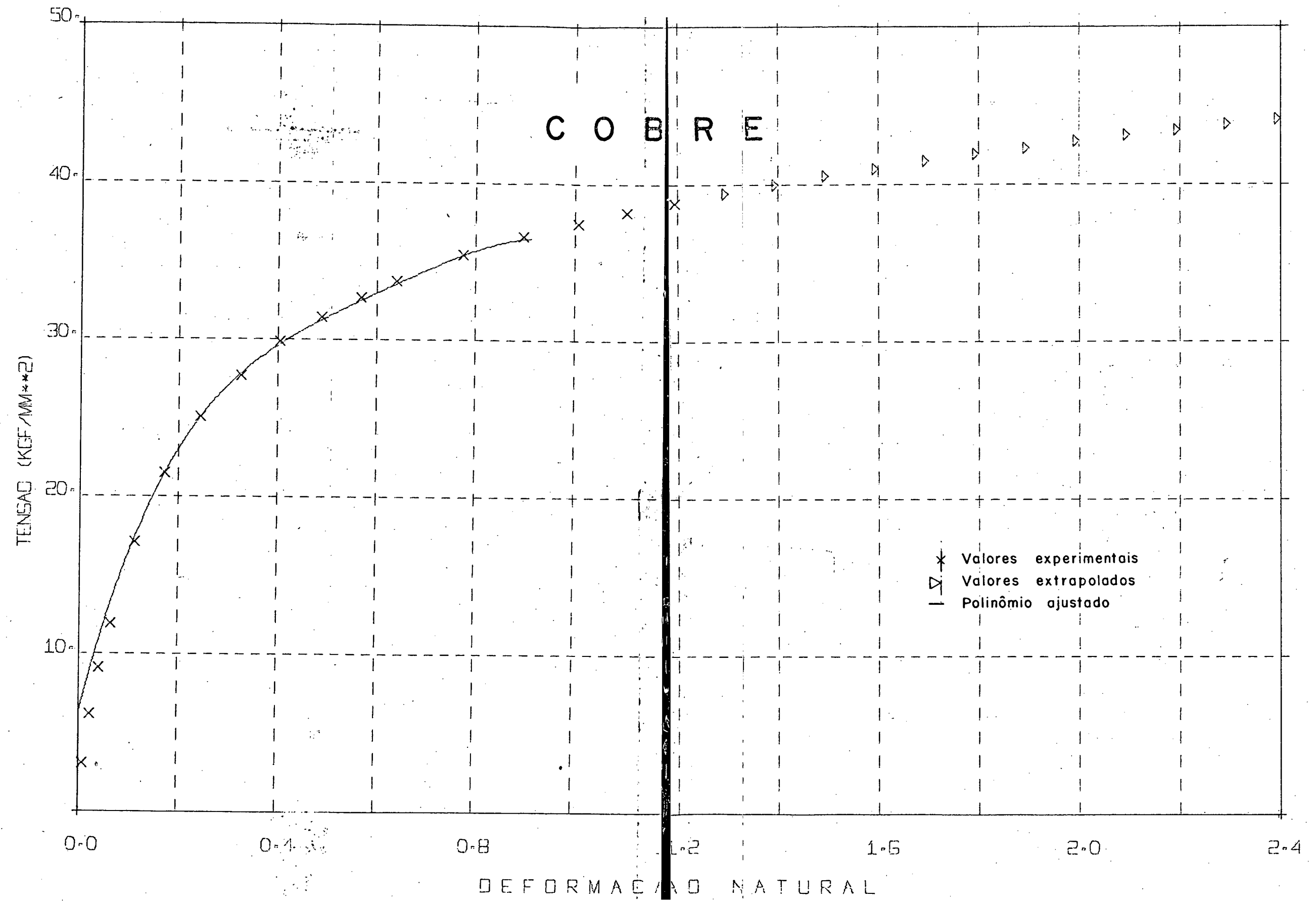
2.3.1. Alumínio

Valores experimentais e valores extrapolados para a curva tensão-deformação do alumínio - Polinômio ajustado.



2.3.2. Cobre

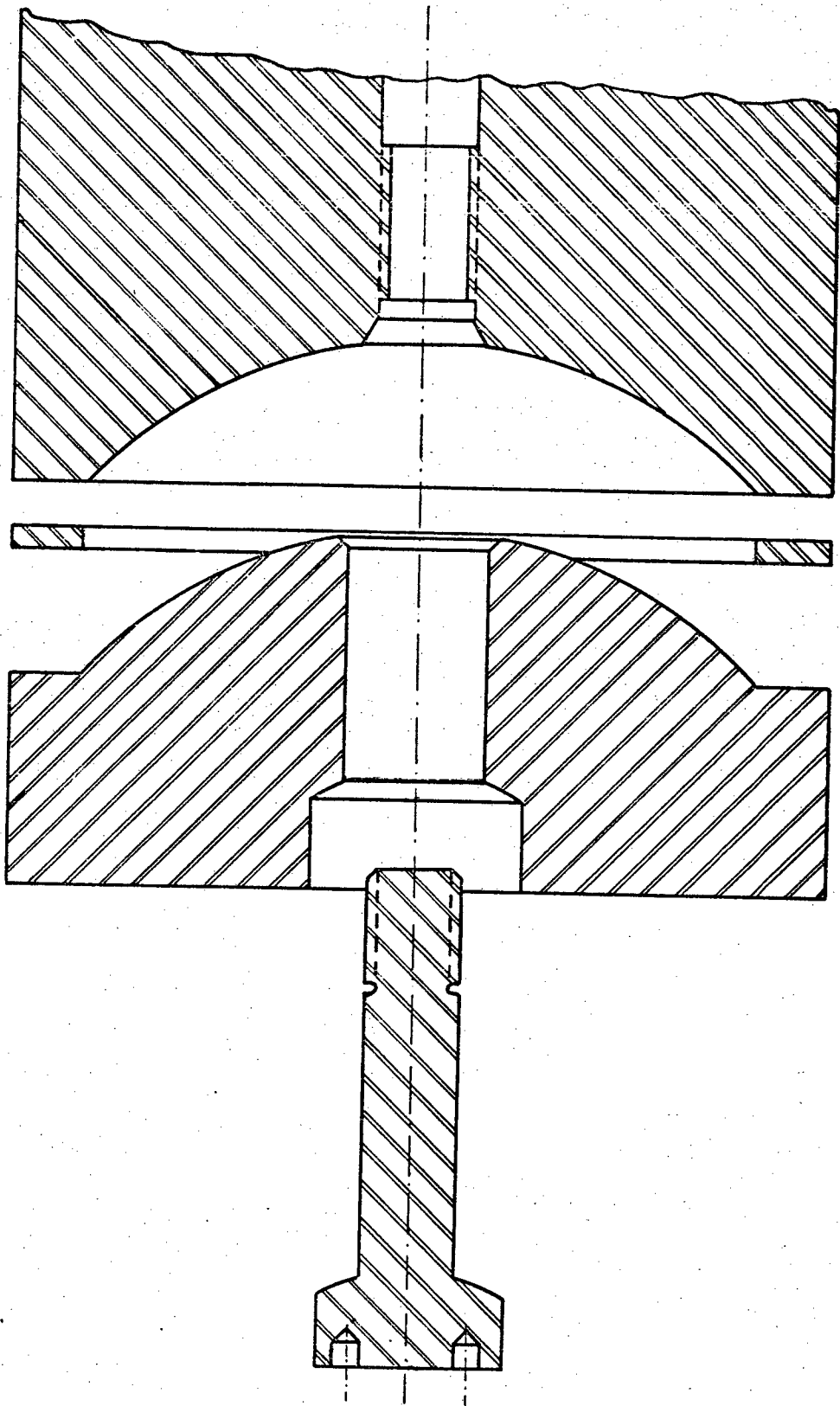
Valores experimentais e valores extrapolados para a curva tensão-deformação do cobre - Polinômio ajustado.



APÊNDICE 3

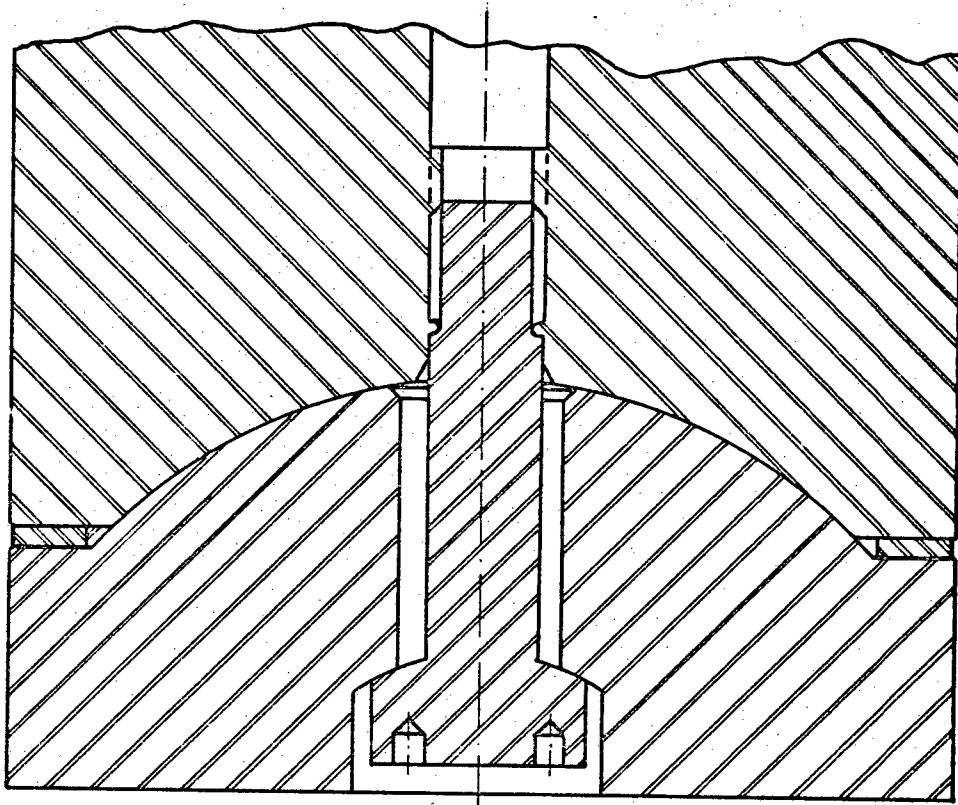
D e s e n h o s

3.1. Desenhos dos principais equipamentos construidos e de seus componentes.

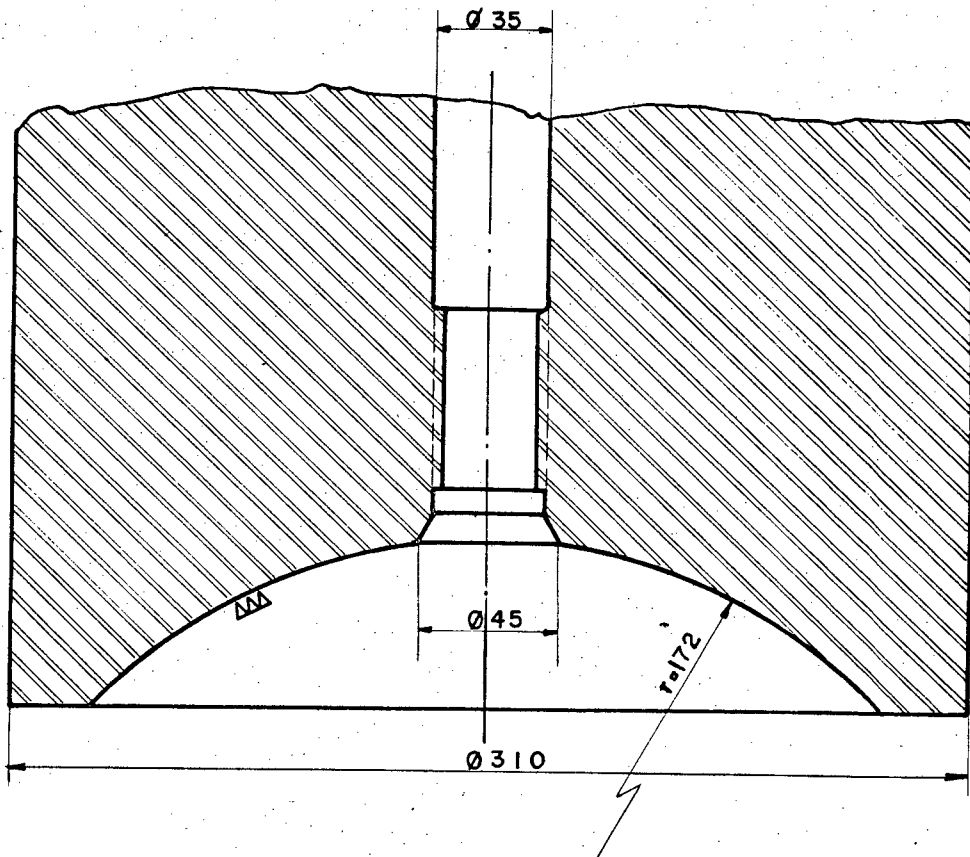


ESCALA 1 : 2,5	PROJETO	F. M. MIRA	GENTRO TECNOLÓGICO U F S C
	DESENHO	H. HINSCHING	
	ORIENTADOR	P. DUNN - G. FERRETTI	
	DATA	06/01/74	

VISTA EXPLODIDA DA MONTAGEM DO ANEL DE
ENCOSTO DA PLACA SUPERIOR DA PRENSA



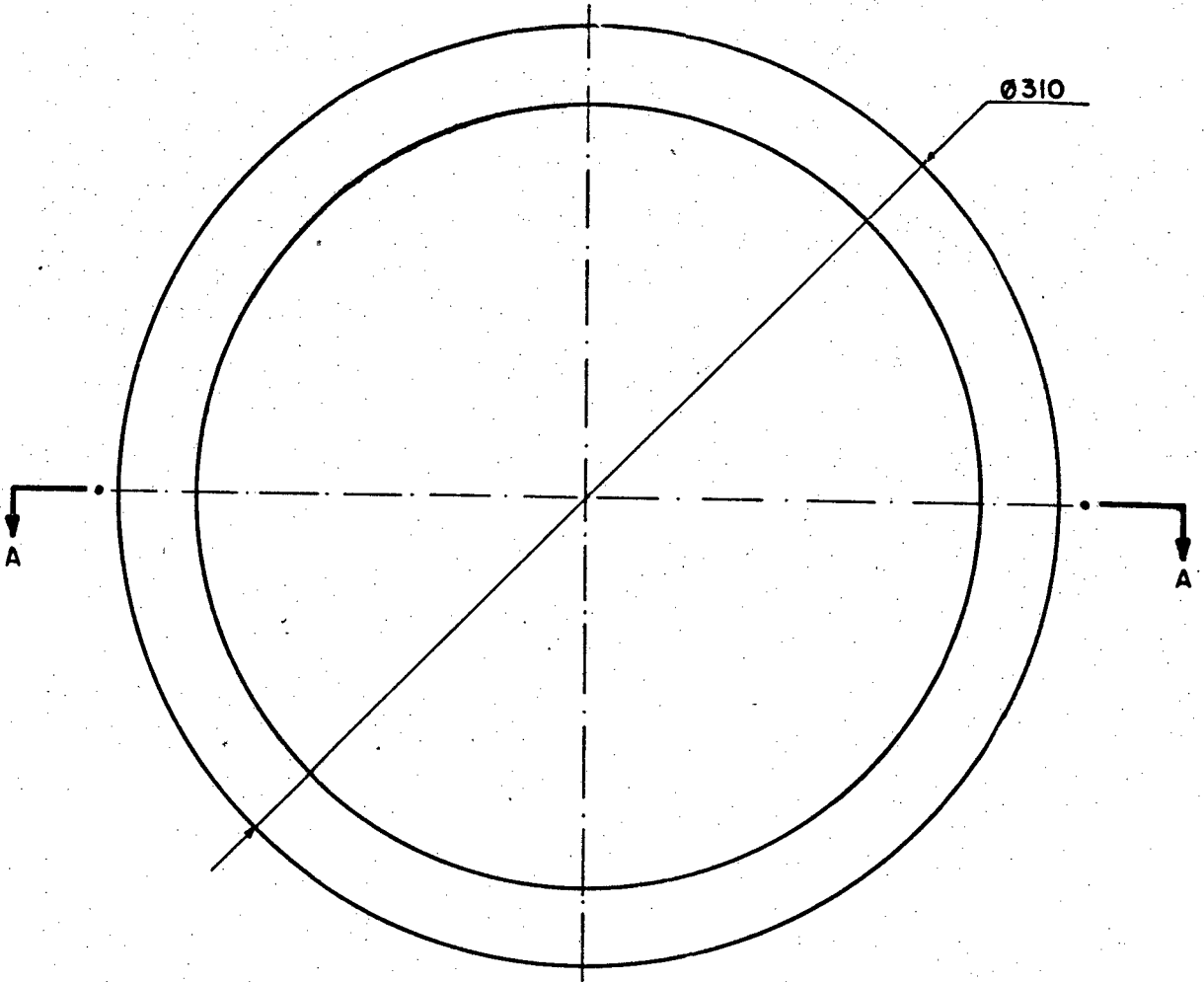
ESCALA 1:25	PROJETO	F. M. MIRA	CENTRO TECNOLÓGICO U F S C
	DESENHO	H. HINSCHING	
	ORIENTADOR	P. DUNN - G. FERRETTI	
	DATA	04/02/74	
DETALHE DA MONTAGEM DO ANEL DE ENCOSTO DA PLACA SUPERIOR			



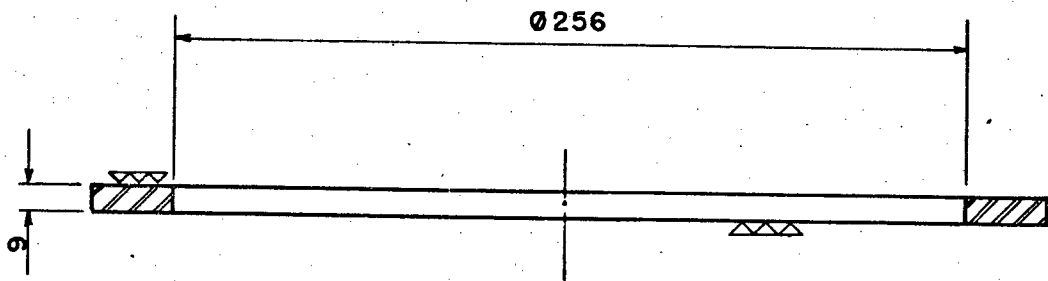
Escala 1 : 2,5	PROJETO	F. M. MIRA
	DESENHO	ANILTON LAPA
	ORIENTADOR	P. DUNN - G. FERRETTI
	DATA	06 / 01 / 74

CENTRO TECNOLÓGICO
U F S C

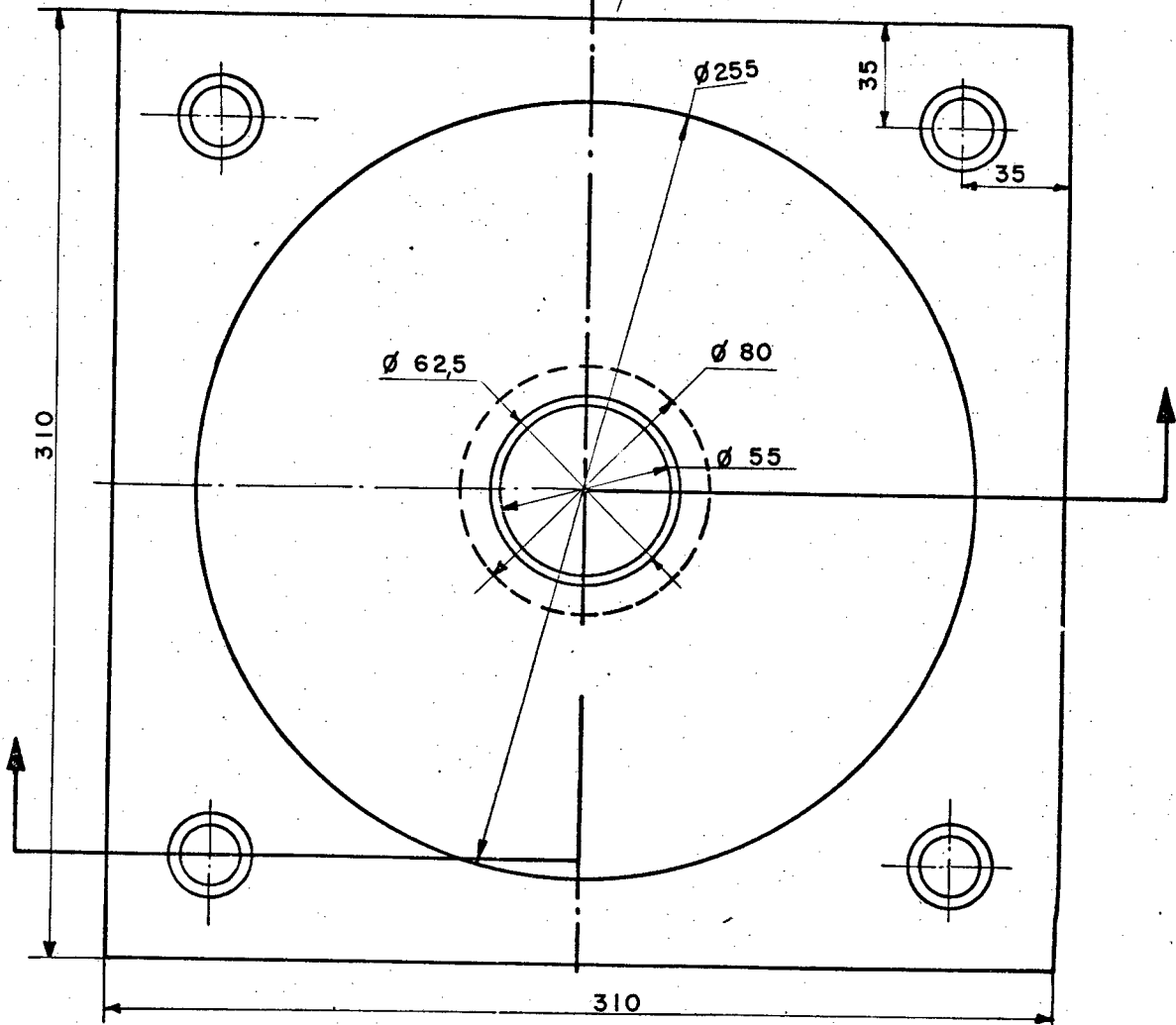
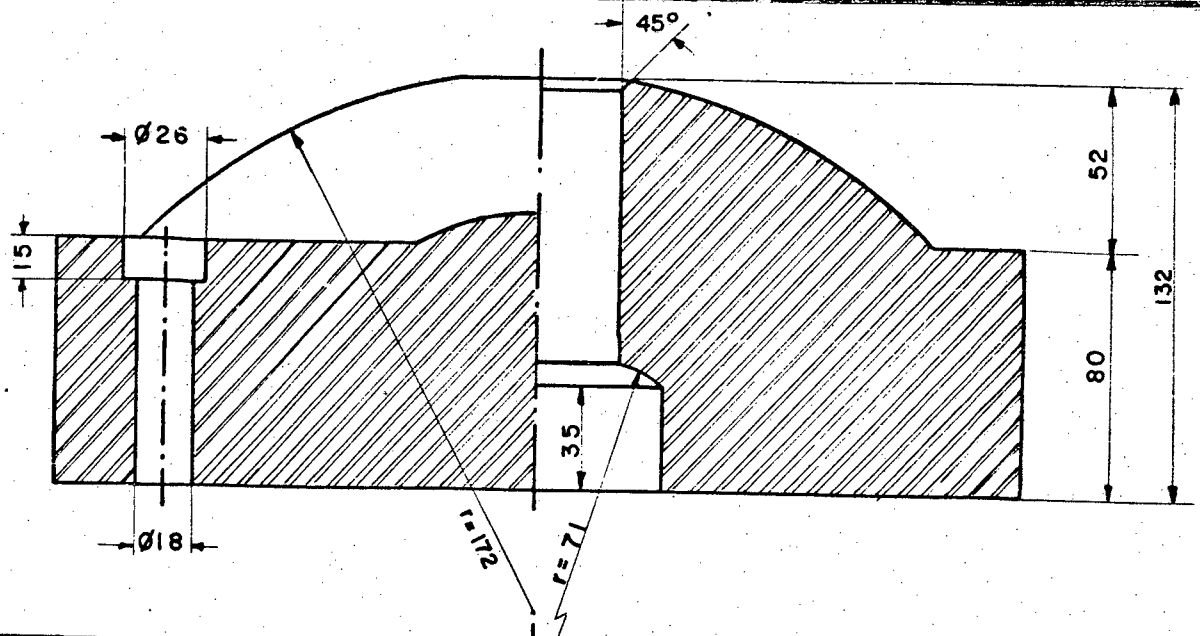
CORTE DA PARTE INFERIOR DO PISTÃO DA
P R E N S A



CORTE AA



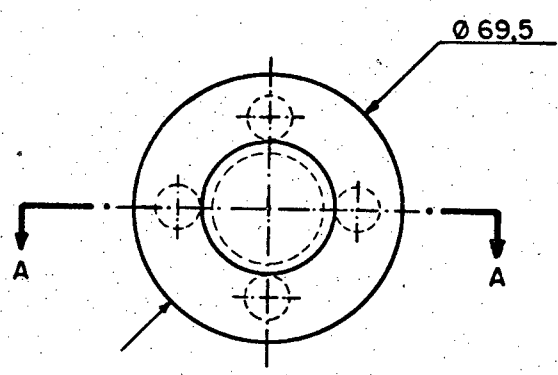
	01	Anel de encosto	Aço ABNT 1020
Posição	Quant.	Denominação	Especificação
ESCALA 1:2,5	PROJETO	F. M. MIRA	CENTRO TECNOLÓGICO U F S C
	DESENHO	H. HINSCHING	
	ORIENTADOR	P. DUNN - G. FERRETTI	
	DATA	05/01/74	
ANEL DE ENCOSTO DA PLACA SUPERIOR			



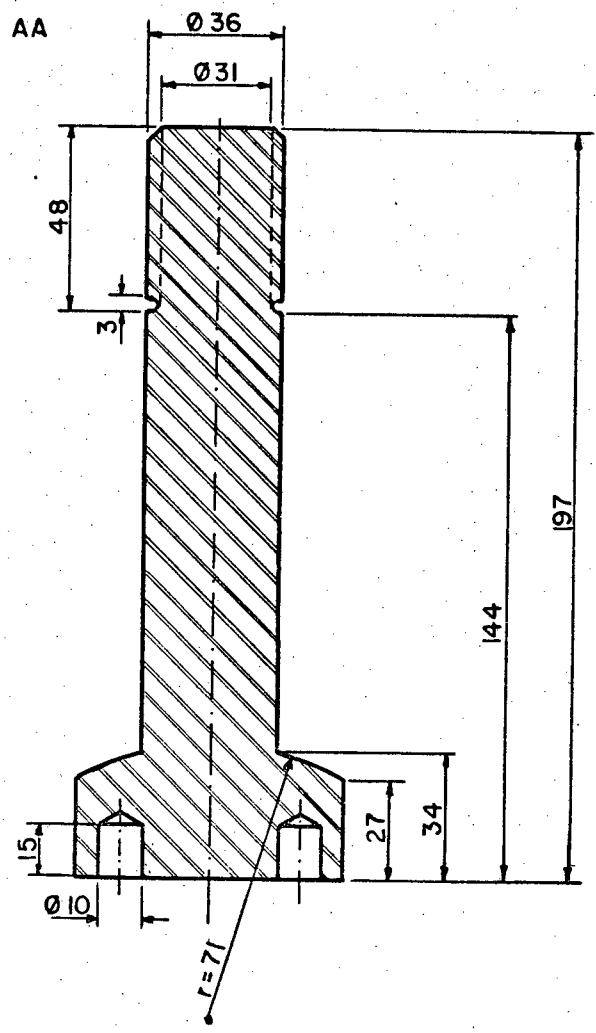
Escala 1 : 2,5	PROJETO	F. M. MIRA
	DESENHO	ANILTON LAPA
	ORIENTADOR	P. DUNN - G. FERRETTI
	DATA	06 / 01 / 74

CENTRO TECNOLÓGICO
UFSC

PLACA SUPERIOR DA PRENSA

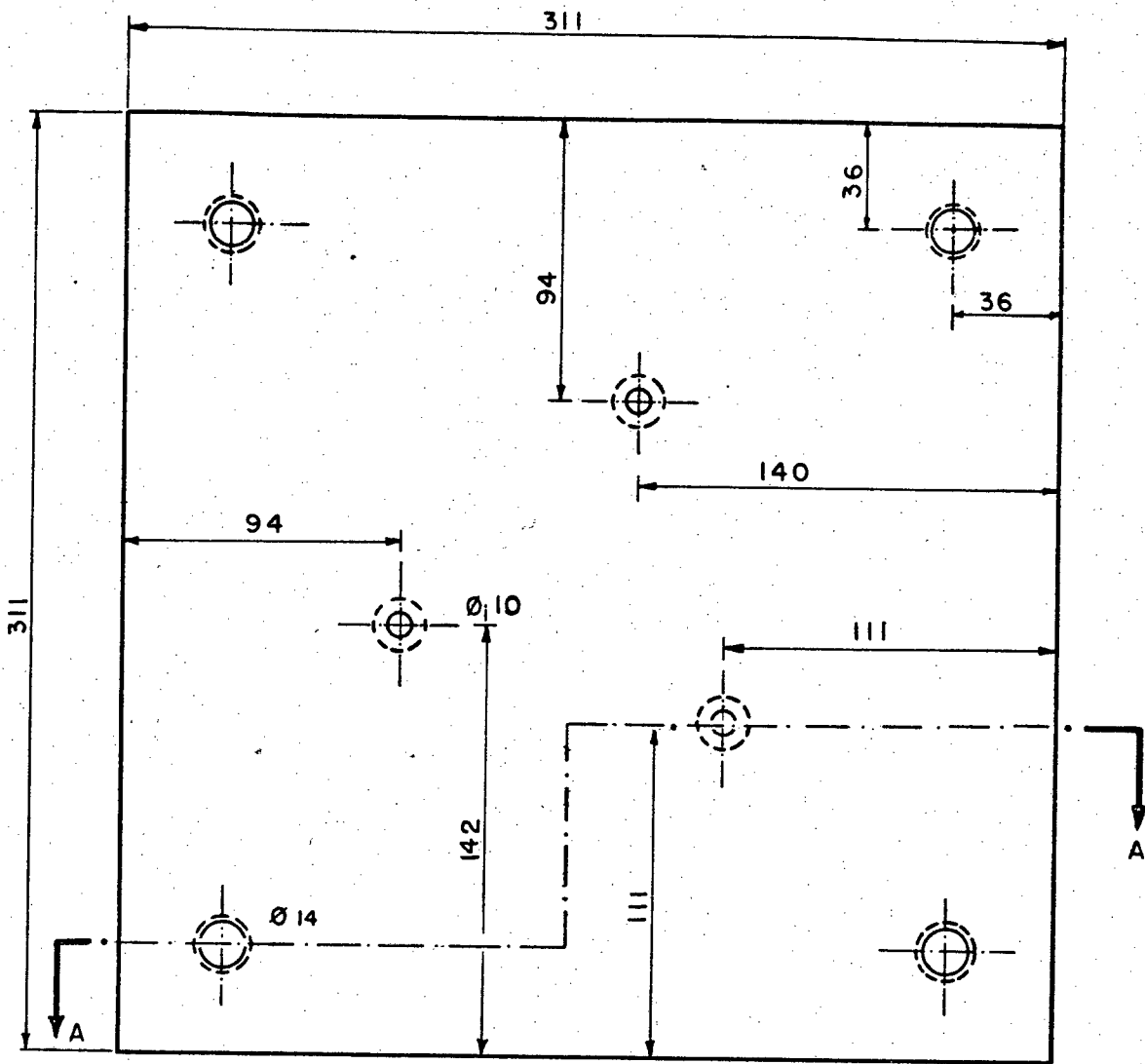


CORTE AA

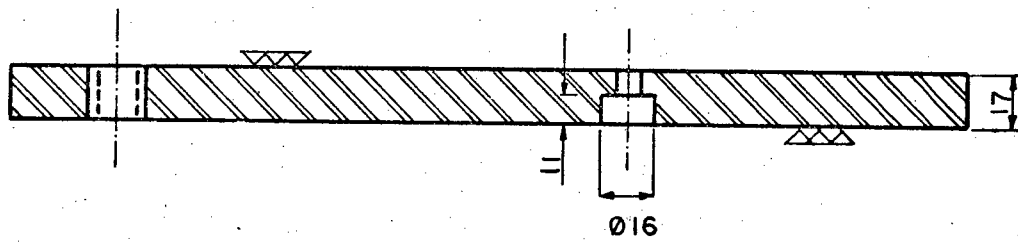


ESCALA 1:2	PROJETO	F. M. MIRA	CENTRO TECNOLÓGICO U F S C
	DESENHO	H. HINSCHING	
	ORIENTADOR	P. DUNN - G. FERRETTI	
	DATA	05/01/74	

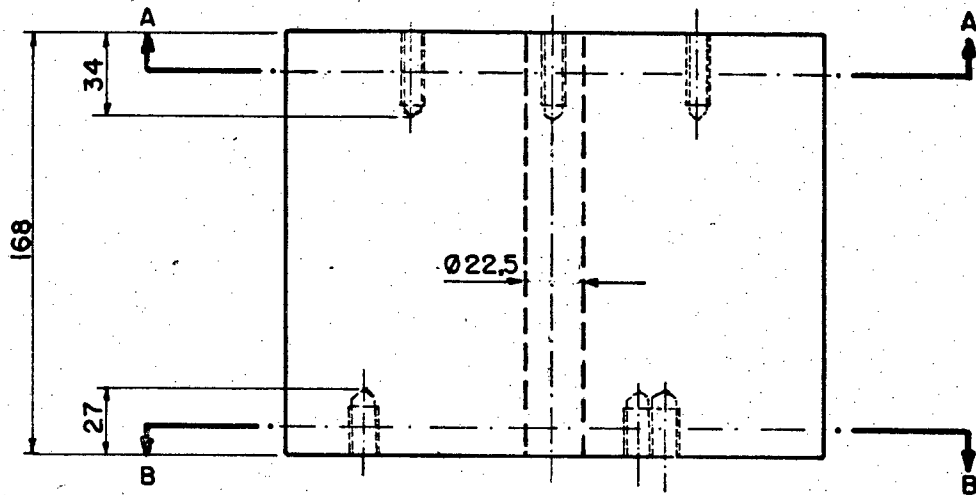
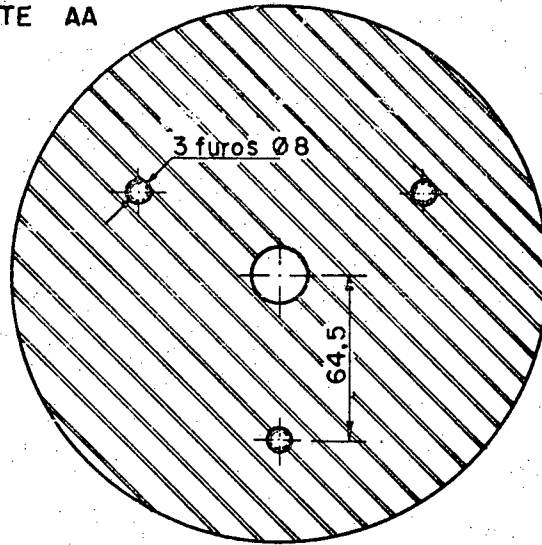
PARAFUSO DE FIXAÇÃO DA PLACA SUPERIOR DA PRENSA



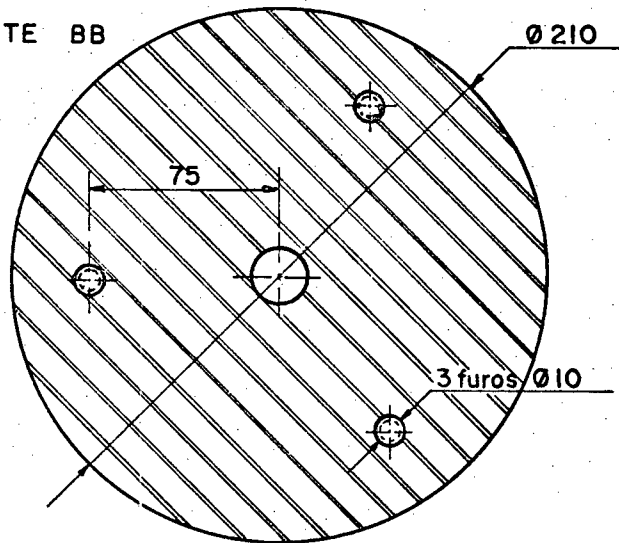
CORTE AA



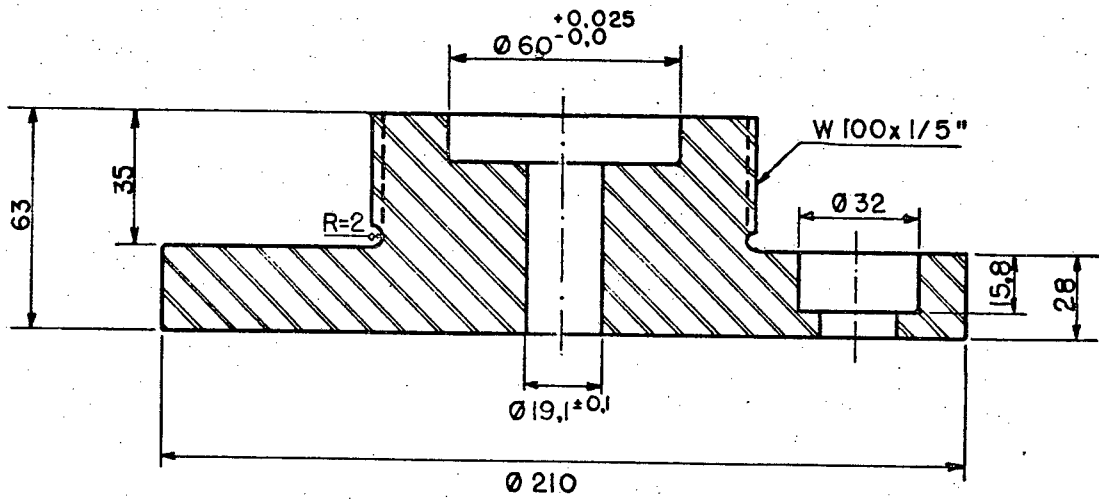
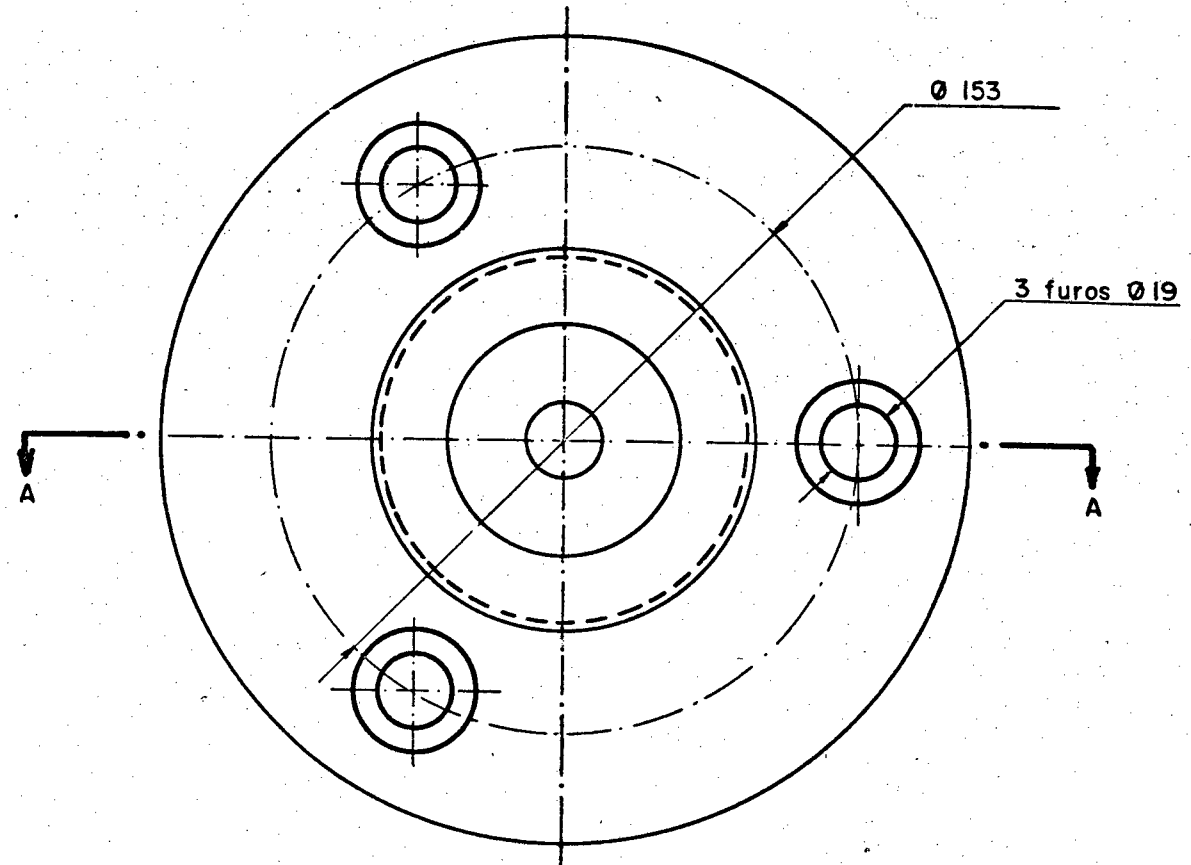
	01	Placa de apoio	Aço ABNT 1020
Posição	Quant.	Denominação	Especificação
ESCALA 1:2,5	PROJETO	F. M. MIRA	CENTRO TECNOLÓGICO UFSC
	DESENHO	H. HINSCHING	
	ORIENTADOR	P. DUNN - G. FERRETTI	
	DATA	14/12/73	
PLACA DE APOIO DO CILINDRO ESPAÇADOR			



CORTE BB



	01	Cilindro espaçador	Aço ABNT 1020
Posição	Quant.	Denominação	Especificação
ESCALA 1:3	PROJETO	F. M. MIRA	CENTRO TECNOLÓGICO U F S C
	DESENHO	H. HINSCHING	
	ORIENTADOR	P. DUNN - G. FERRETTI	
	DATA	21/12/73	
CILINDRO ESPAÇADOR			

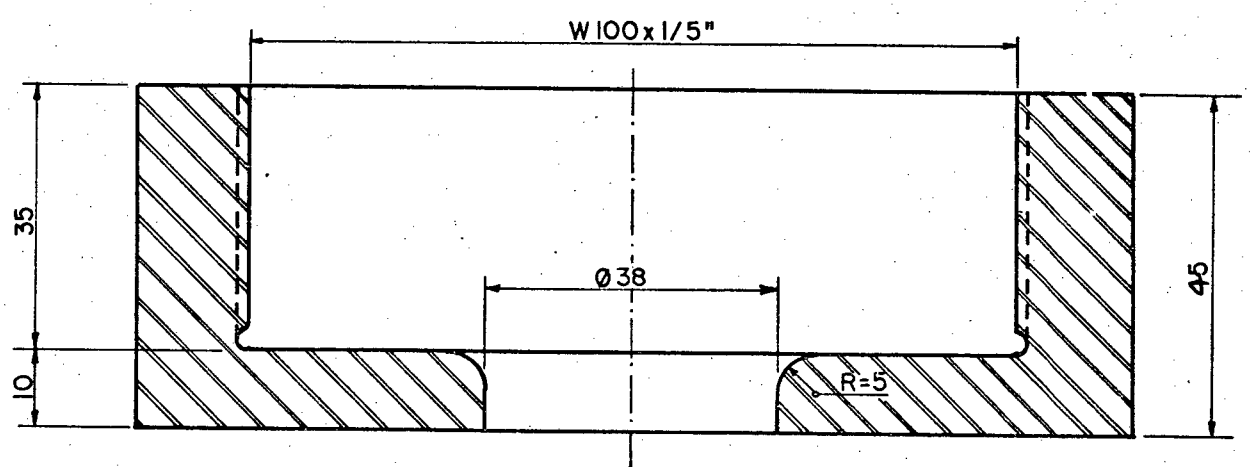
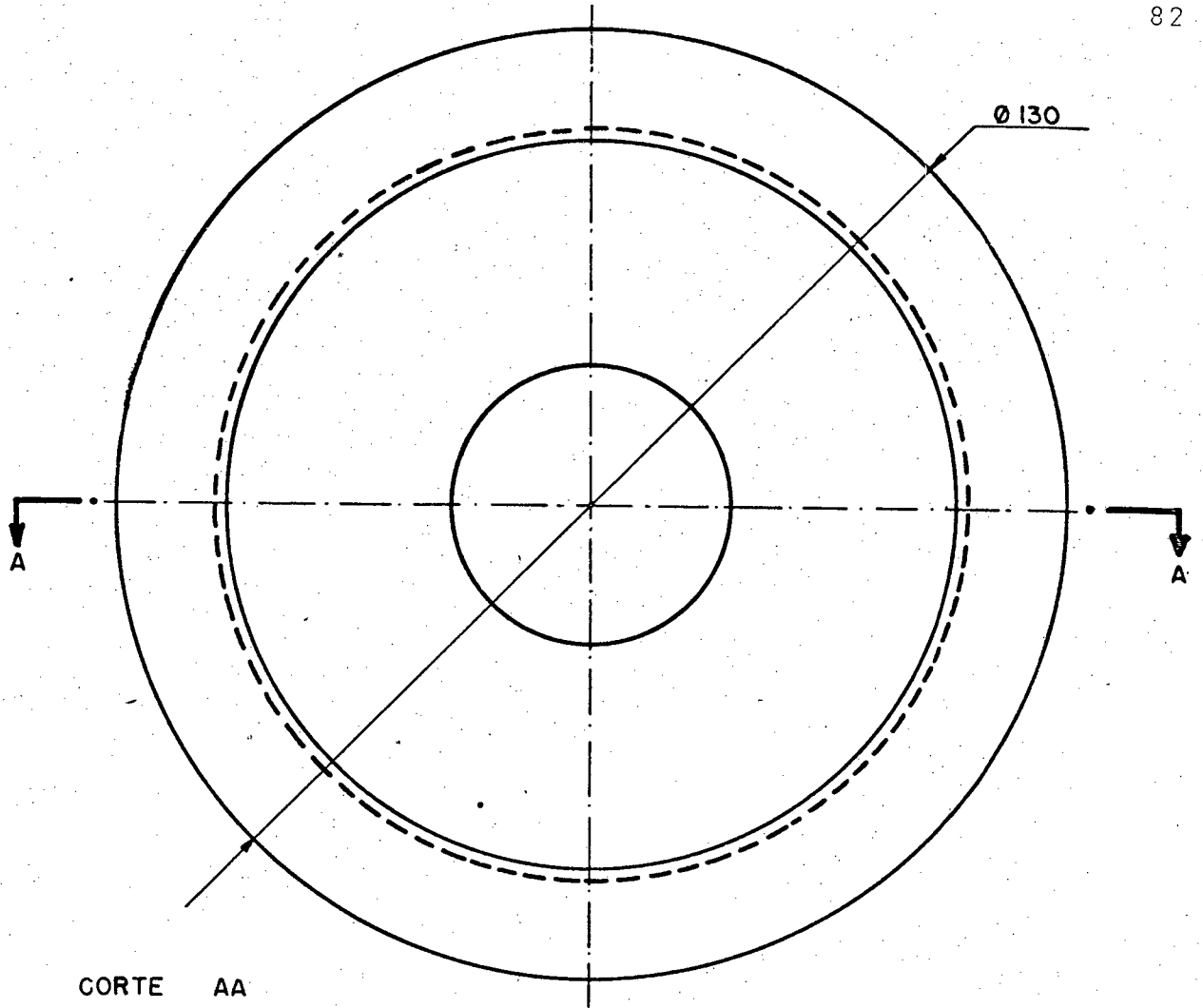


	01	Placa de centragem do estampo	Aço VPCW - Temp. e revenido
Posição	Quant.	Denominação	Especificação

Escala 1 : 2	PROJETO	F. M. MIRA
	DESENHO	H. HINSCHING
	ORIENTADOR	P. DUNN - G. FERRETTI
	DATA	04 / 02 / 74

**CENTRO TECNOLÓGICO
- U F S C**

PLACA DE CENTRAGEM DO ESTAMPO

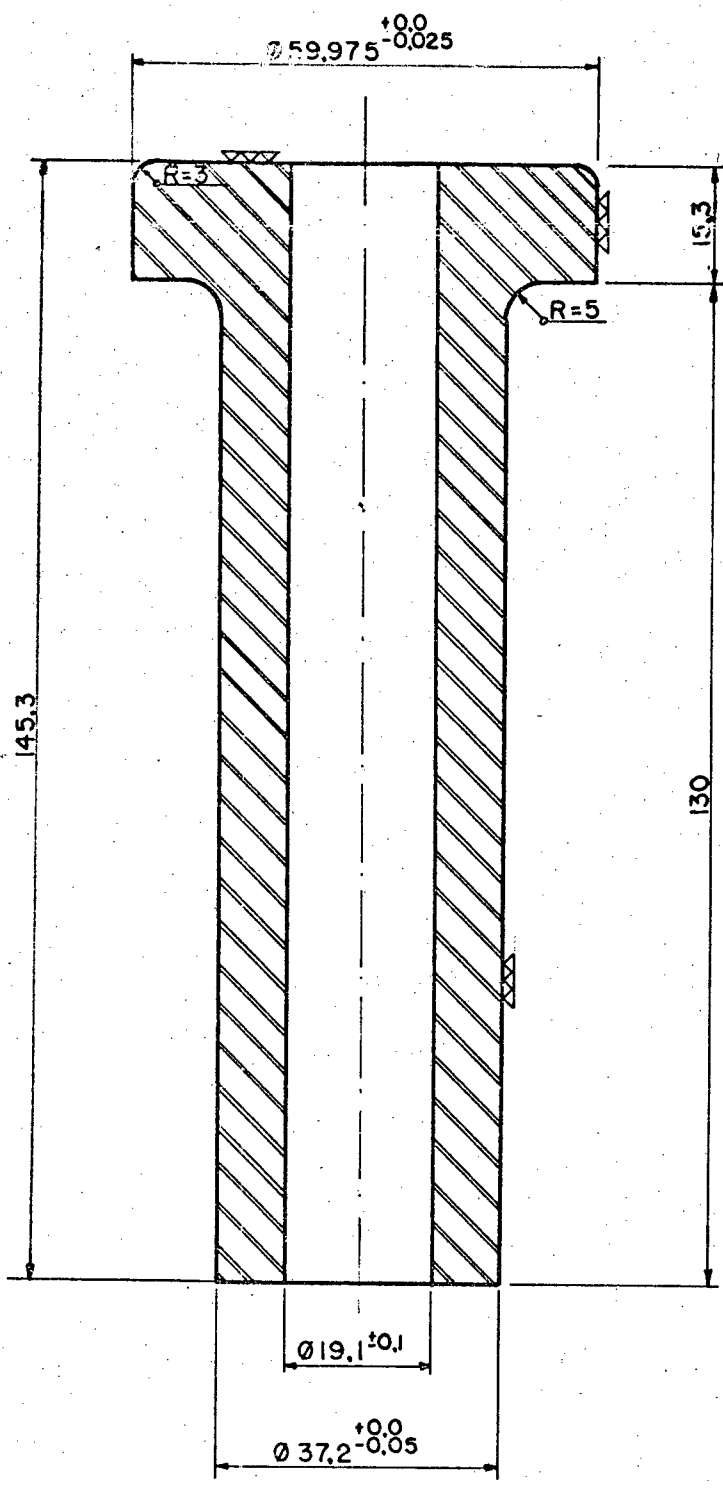


	01	Porta estampo	Aço ABNT 1020
Posição	Quant.	Denominação	Especificação
ESCALA 1:1	PROJETO	F. M. MIRA	CENTRO TECNOLÓGICO UFSC
	DESENHO	H. HINSCHING	
	ORIENTADOR	P. DUNN - G. FERRETTI	
	DATA	20/12/74	
PORTA ESTAMPO			

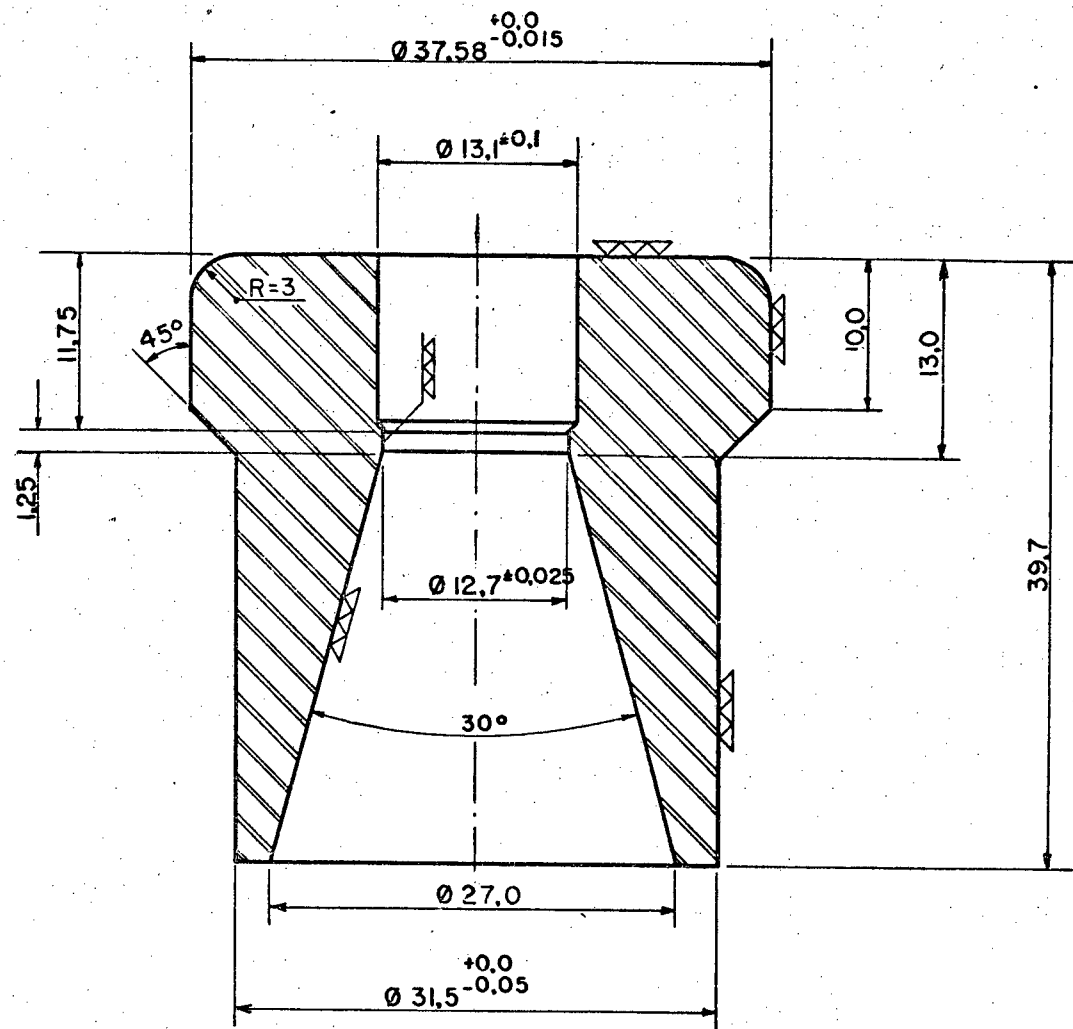
OBS.

60,0 $\left\{ \begin{array}{l} X +0,025 \\ X -0,0 \\ Y +0,0 \\ Y -0,025 \end{array} \right.$

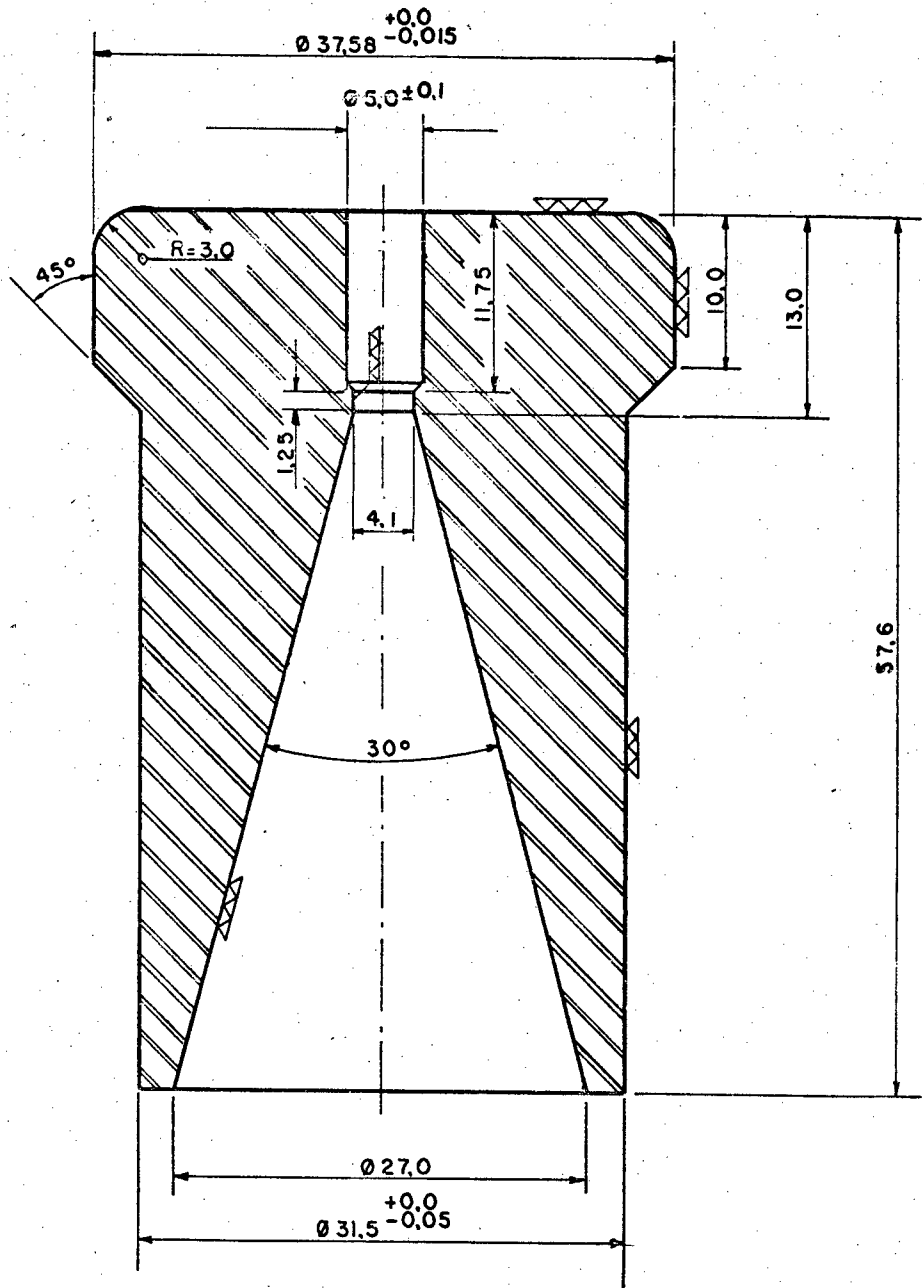
Y = X - 0,025
 Y = 60 - 0,025
 Y = 59,975



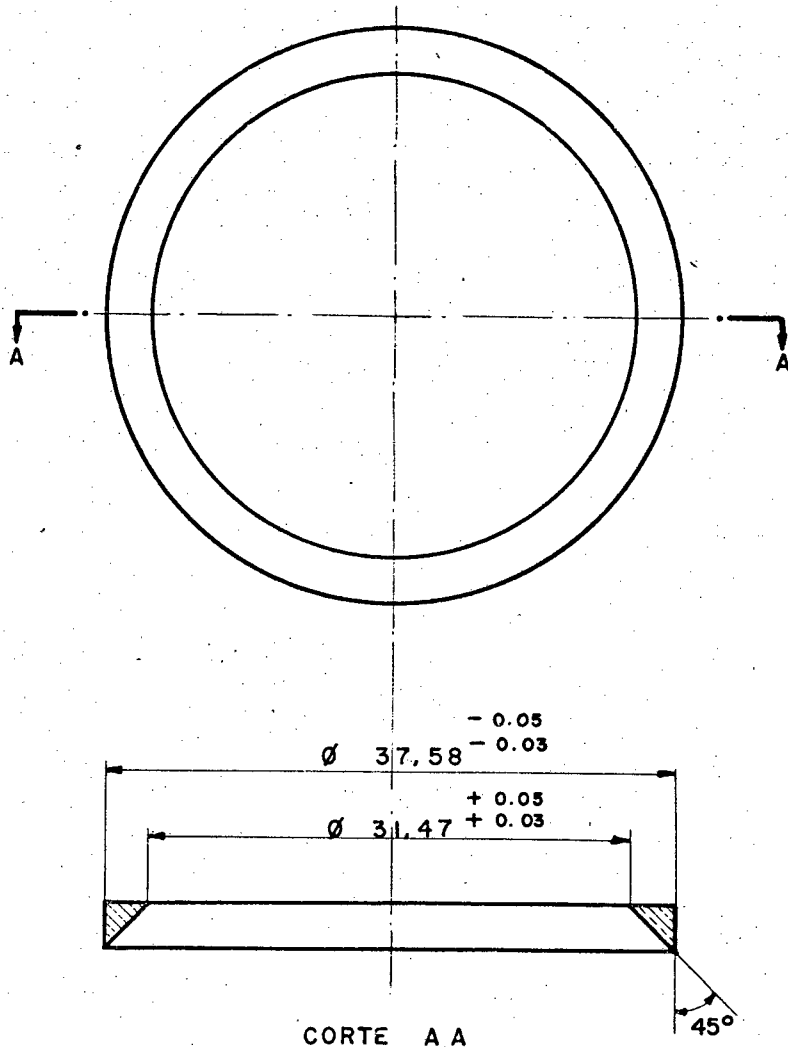
	01	Estampo	Aço VO-2 - Temperado e revenido
Posição	Quant.	Denominação	Especificação
ESCALA 1:1	PROJETO	F. M. MIRA	CENTRO TECNOLÓGICO U F S C
	DESENHO	H. HINSCHING	
	ORIENTADOR	P. DUNN - G. FERRETTI	
	DATA	19/12/73	
E S T A M P O			



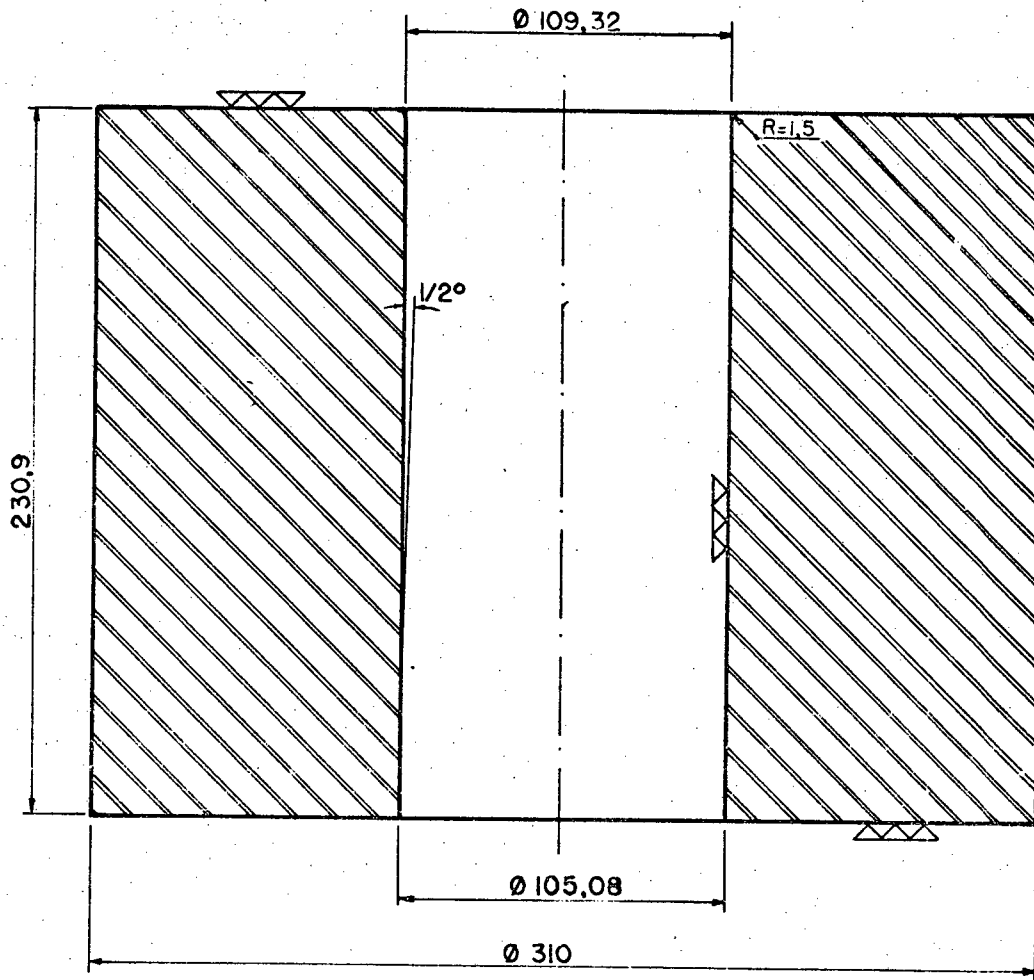
Posição	01	Matriz	Aço VD-2-Temperado e revenido
	Quant.	Denominação	Especificação
ESCALA 2:1	PROJETO	F. M. MIRA	CENTRO TECNOLÓGICO UFSC
	DESENHO	H. HINSCHING	
	ORIENTADOR	P. DUNN - G. FERRETTI	
	DATA	18/12/73	
MATRIZ PARA EXTRUSÃO (1)			



	01	Matriz	Aço VD-2 - Temp. e revenido
Posição	Quant.	Denominação	Especificação
ESCALA 2 : 1	PROJETO	F. M. MIRA	CENTRO TECNOLÓGICO UFSC
	DESENHO	H. HINSCHING	
	ORIENTADOR	P. DUNN - G. FERRETTI	
	DATA	18 / 12 / 73	
MATRIZ PARA EXTRUSÃO (2)			

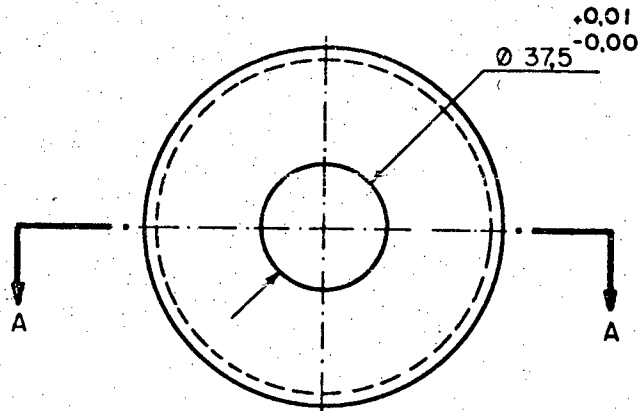


	02	Anel de retenção	Bronze fosforoso
Posição	Quant.	Denominação	Especificação
ESCALA	PROJETO	F. M. MIRA	CENTRO TECNOLÓGICO U F S C
2 : 1	DESENHO	ANILTON LAPA	
	ORIENTADOR	P. DUNN - G. FERRETI	
	DATA	04/02/74	
ANEL DE RETENÇÃO			

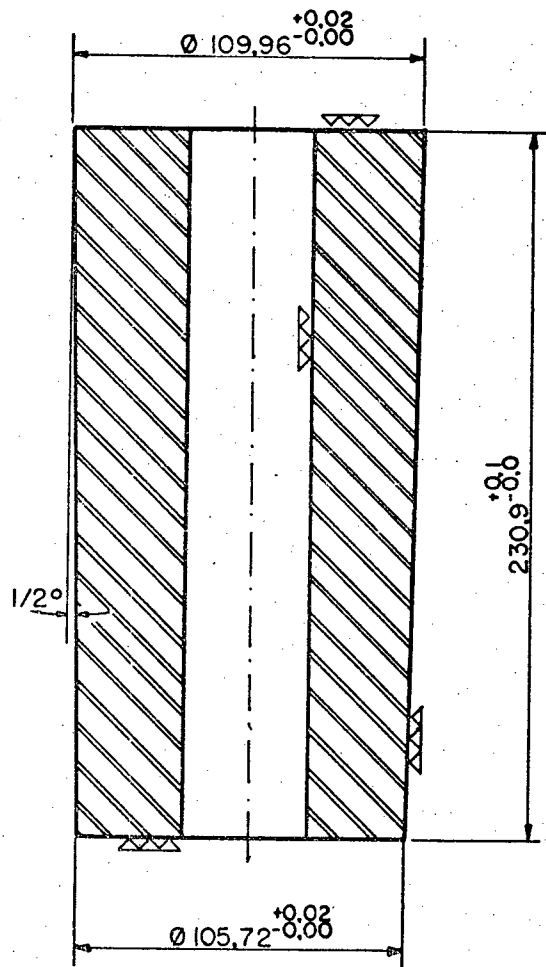


OBS.: MEDIDAS OBTIDAS APÓS O RETIFICADO

	01	Reservatório de pressão	Aço VMO - Temp. e revenido
Posição	Quant.	Denominação	E s p e c i f i c a ç ã o
ESCALA 1:2,5	PROJETO	F. M. MIRA	GENTRO TECNOLÓGICO U F S C
	DESENHO	H. HINSCHING	
	ORIENTADOR	P. DUNN - G. FERRETTI	
	DATA	10 / 12 / 73	
RESERVATORIO DE PRESSÃO (PARTE EXTERNA) (1)			



CORTE AA

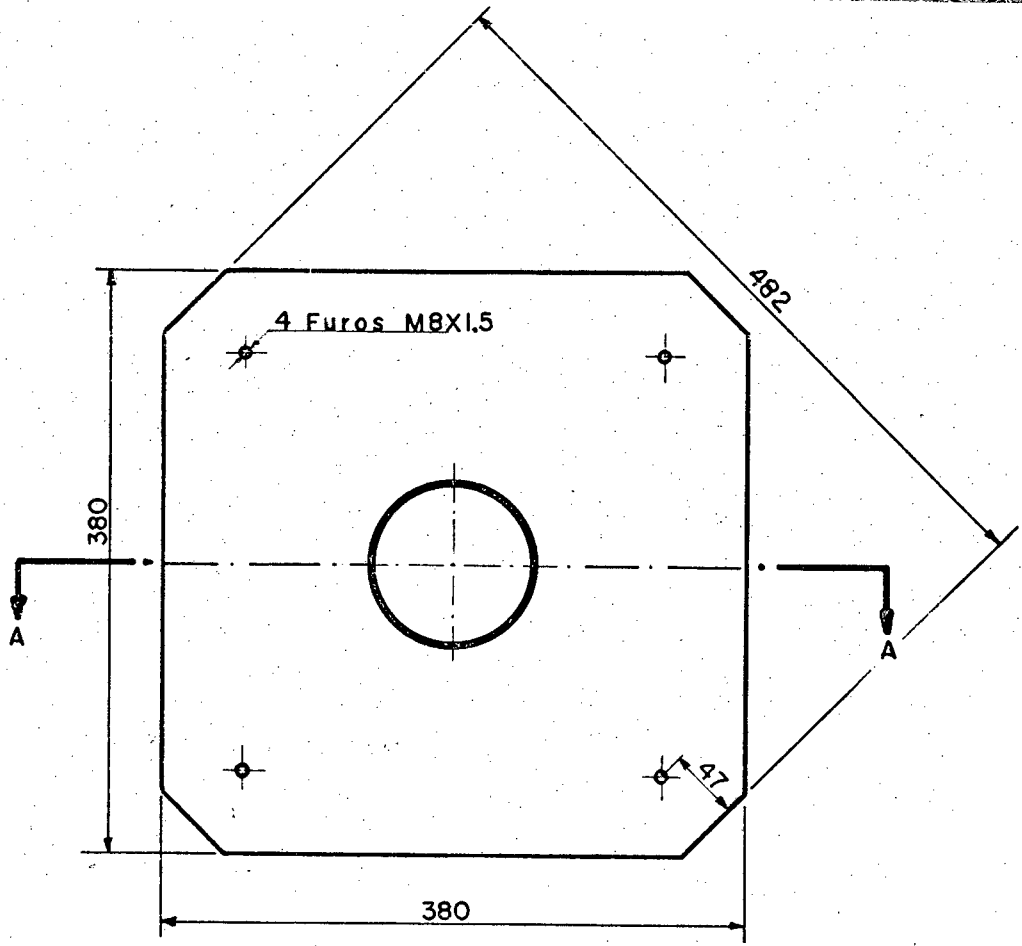


	01	Reservatório de pressão	AÇO VCO - Temperado e revenido
Posição	Quant.	Denominação	Especificação

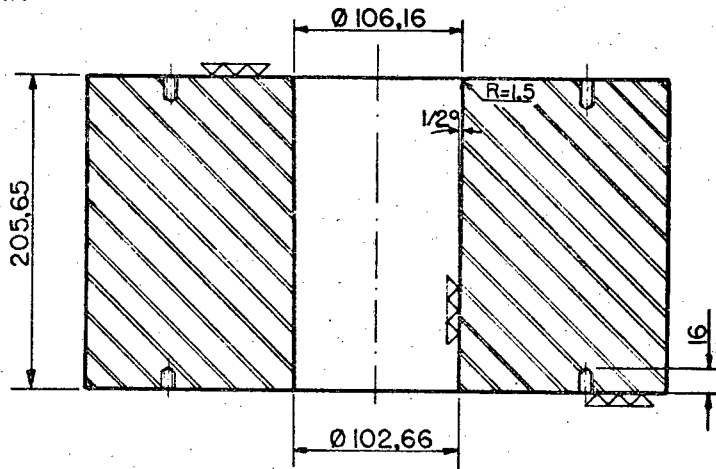
ESCALA 1:2,5	PROJETO	F. M. MIRA
	DESENHO	H. HINSCHING
	ORIENTADOR	P. DUNN - G. FERRETTI
	DATA	10 / 12 / 73

**CENTRO TECNOLÓGICO
UFSC**

RESERVATORIO DE PRESSÃO
(PARTE INTERNA) (1)

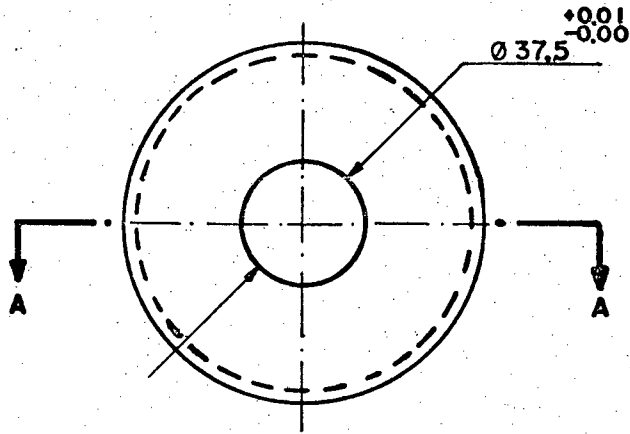


CORTE AA

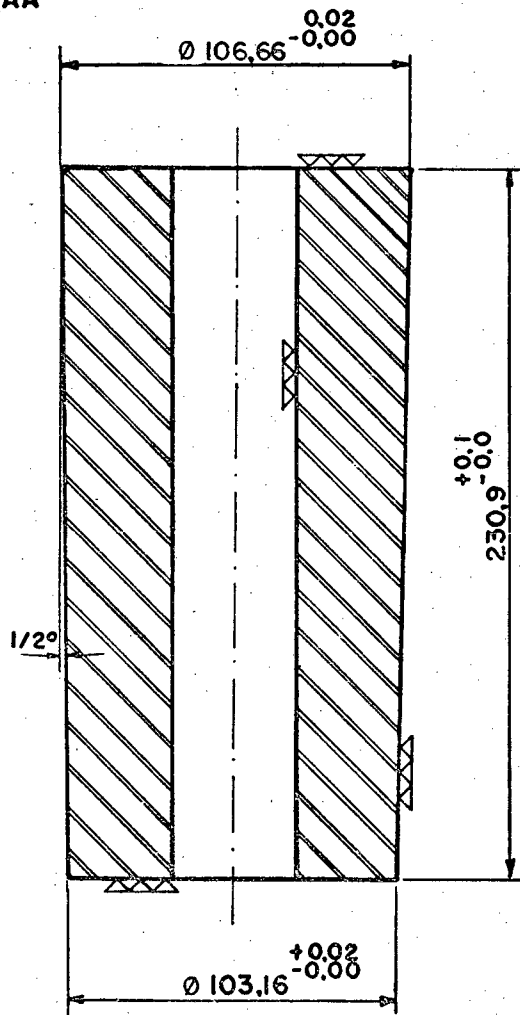


OBS: MEDIDAS OBTIDAS APÓS O RETIFICADO

	01	Reservatório de pressão	Aço VMO - Beneficiado
Posição	Quant.	Denominação	Especificação
ESCALA 1:5	PROJETO	F. M. MIRA	CENTRO TECNOLÓGICO U F S C
	DESENHO	H. HINSCHING	
	ORIENTADOR	P. DUNN - G. FERRETTI	
	DATA	10/12/73	
RESERVATORIO DE PRESSÃO			
(PARTE EXTERNA) (2)			



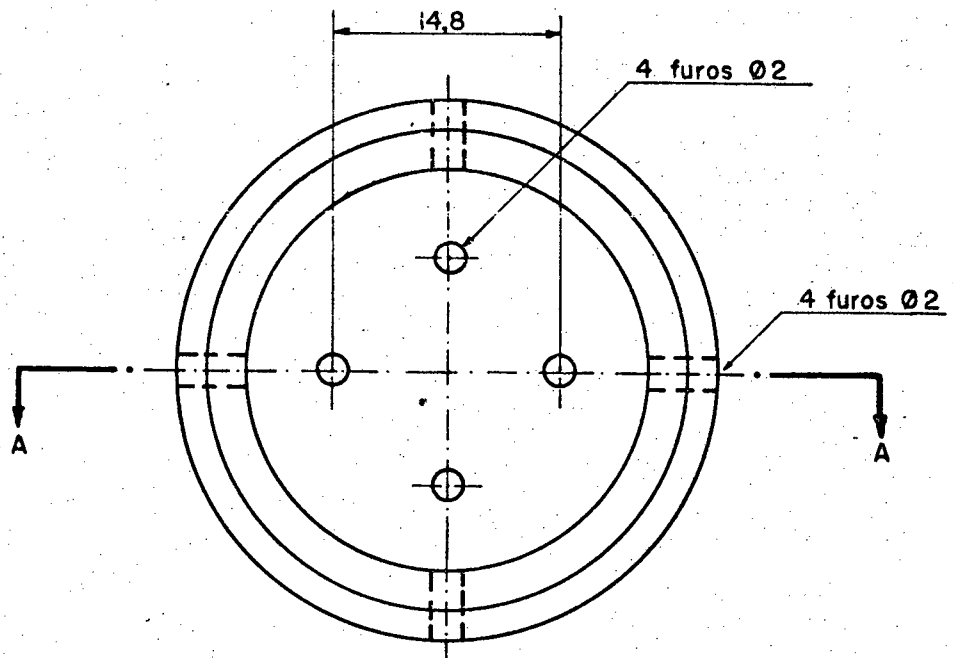
CORTE AA



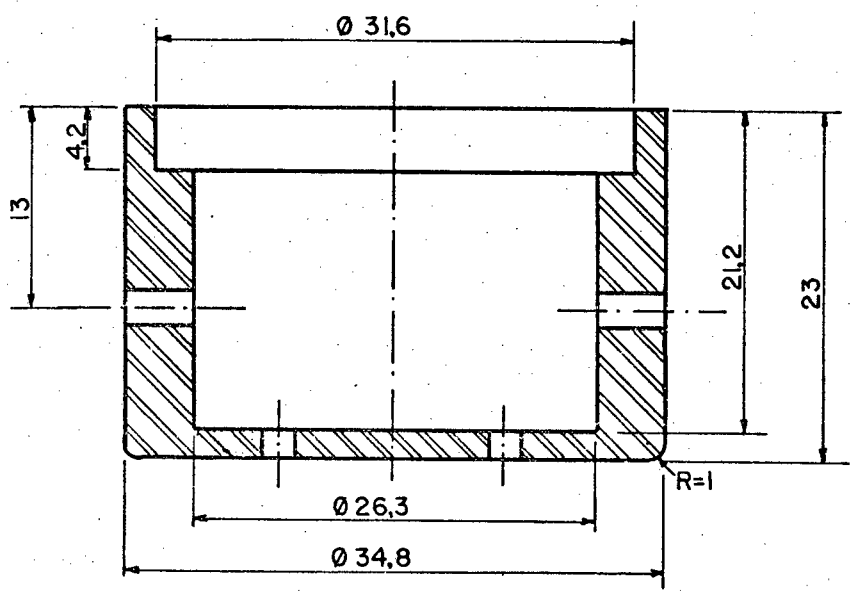
	01	Reservatório de pressão	AGO VCO—Temperado e revenido
Posição	Quant.	Denominação	Especificação
ESCALA 1:2.5	PROJETO	F. M. MIRA	CENTRO TECNOLÓGICO U F S C
	DESENHO	H. HINSCHING	
	ORIENTADOR	P. DUNN — G. FERRETTI	
	DATA	10 / 12 / 73	

RESERVATÓRIO DE PRESSÃO

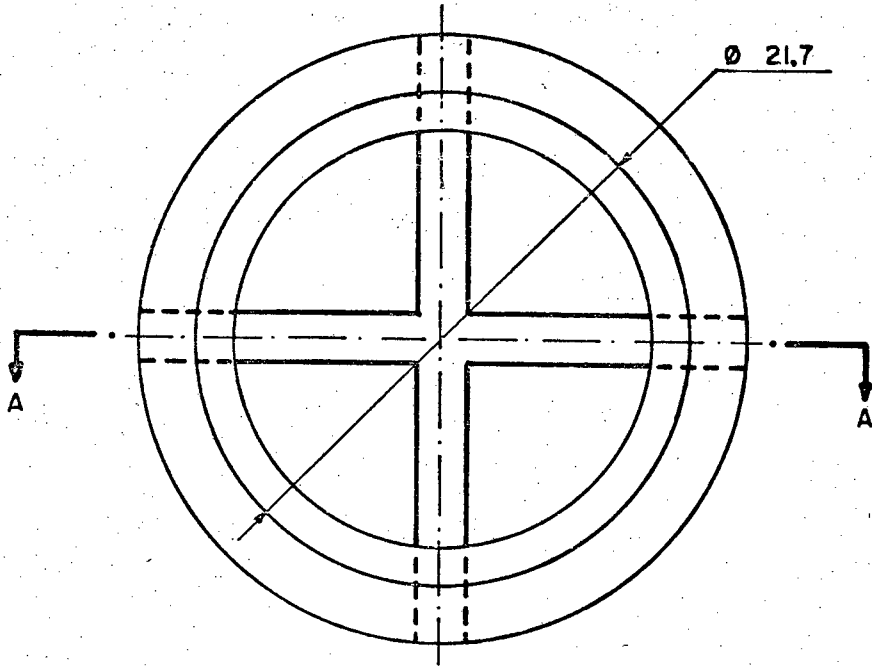
(PARTE INTERNA) (2)



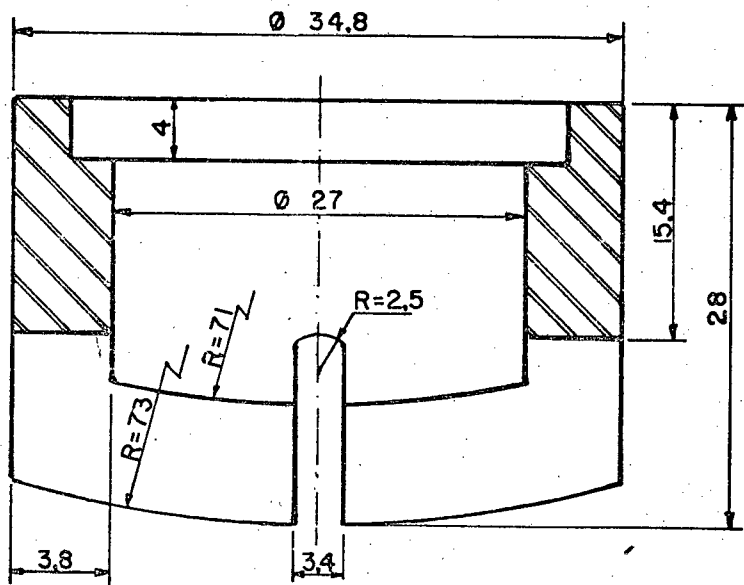
CORTE AA



	01	Tampa de proteção	Aço ABNT 1020
Posição	Quant.	Denominação	Especificação
Escala 2 : 1	PROJETO	F. M. MIRA	CENTRO TECNOLÓGICO UFSC
	DESENHO	H. HINSCHING	
	ORIENTADOR	P. DUNN - G. FERRETTI	
	DATA	21/12/73	
TAMPA DE PROTEÇÃO DOS TERMINAIS DOS CONDUTORES ELÉTRICOS (1)			

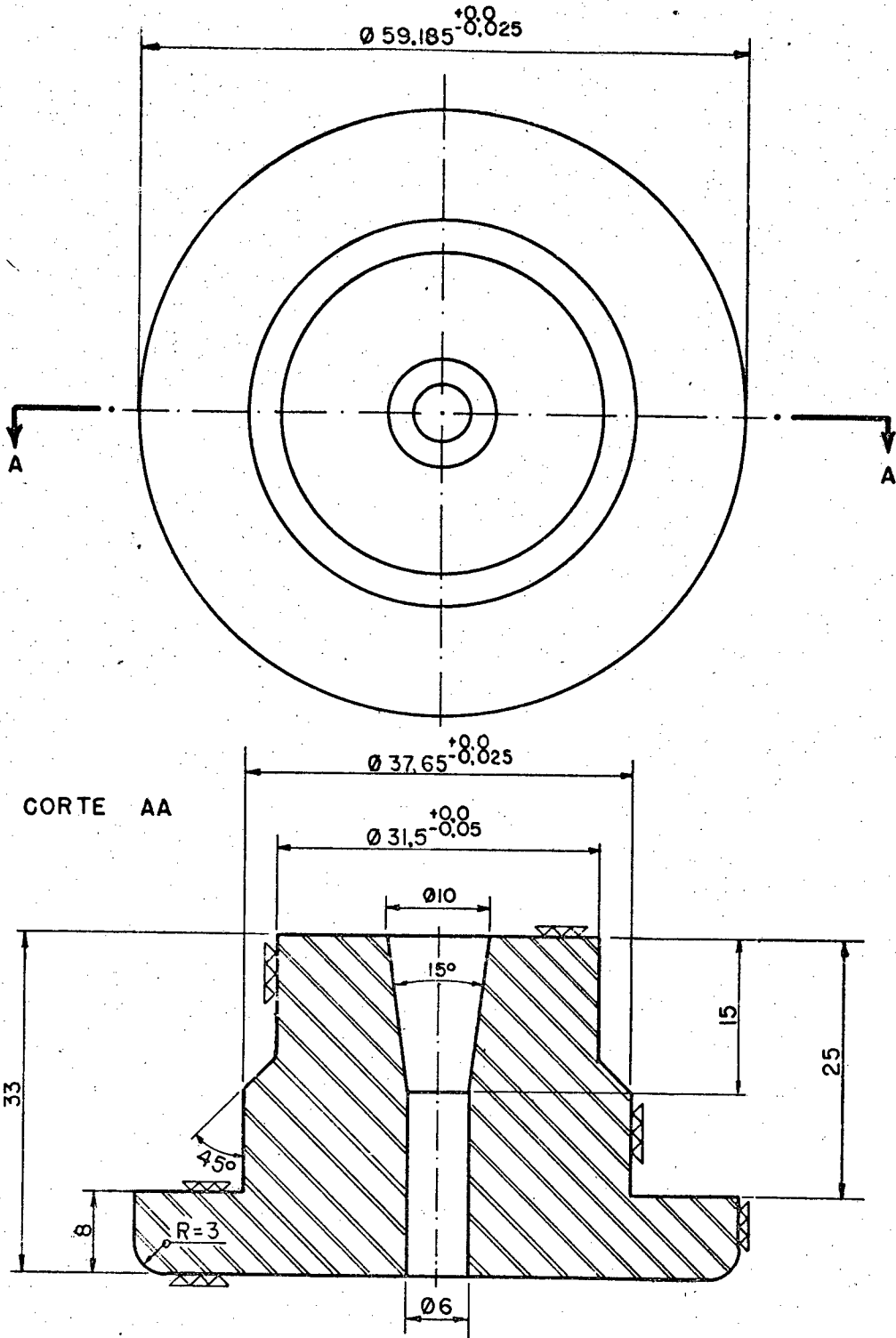


CORTE AA



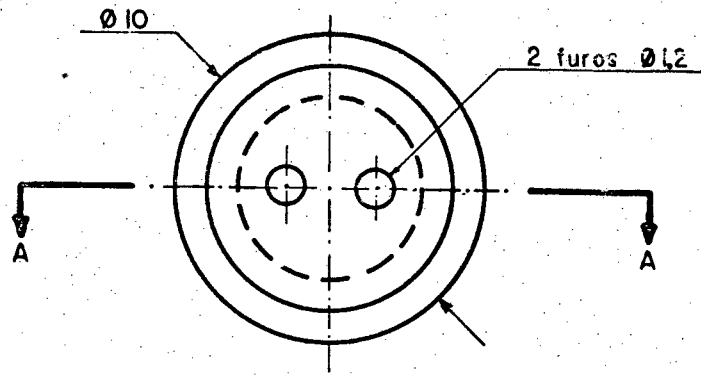
Posição	01	Tampa de proteção	Aço ABNT 1020
	Quant.	Denominação	Especificação
ESCALA 2:1	PROJETO	F. M. MIRA	CENTRO TECNOLÓGICO UFSC
	DESENHO	H. HINSCHING	
	ORIENTADOR	P. DUNN - G. FERRETTI	
	DATA	12/02/74	

TAMPA DE PROTEÇÃO DOS TERMINAIS DOS
CONDUTORES ELÉTRICOS (2)

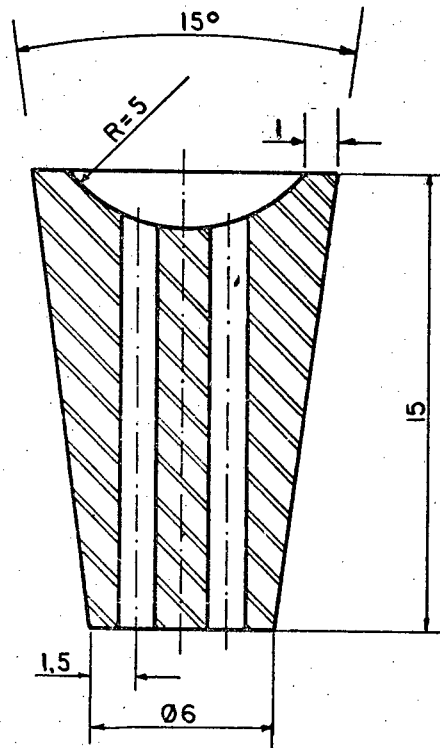


	01	Tampão	Aço VD-2-Temperado e revenido
Posição	Quant.	Denominação	Especificação
ESCALA 1.5:1	PROJETO	F. M. MIRA	CENTRO TECNOLÓGICO U F S C
	DESENHO	H. HINSCHING	
	ORIENTADOR	P. DUNN- G. FERRETTI	
	DATA	05/01/74	

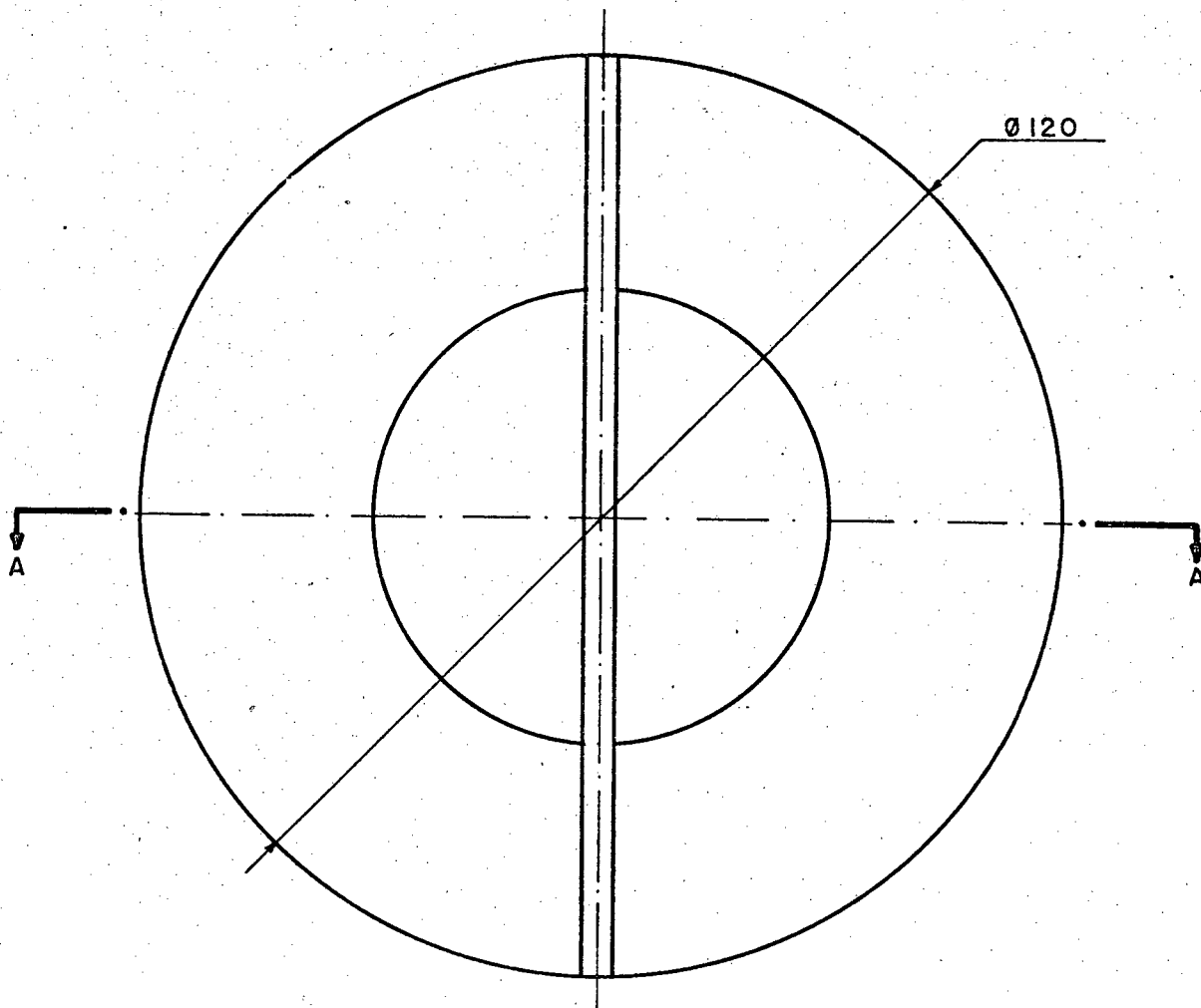
TAMPA COM FURO PARA PASSAGEM DOS CONDUtores ELETRICOS



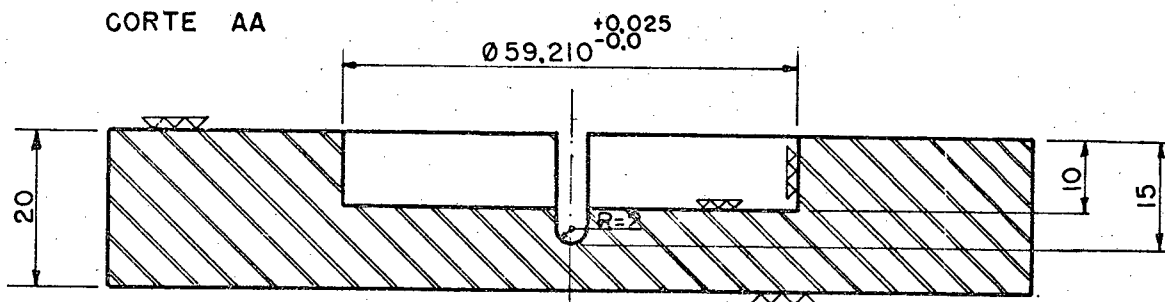
CORTE AA



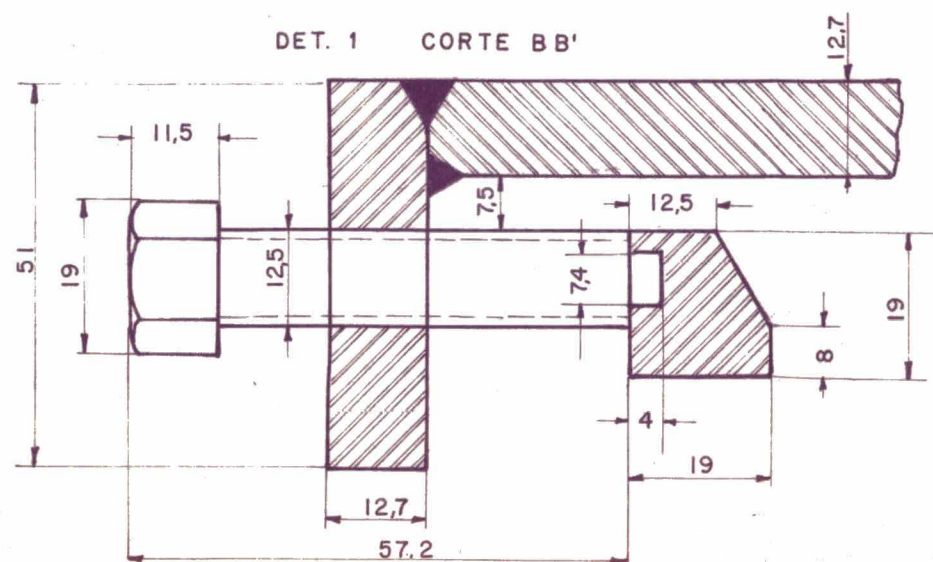
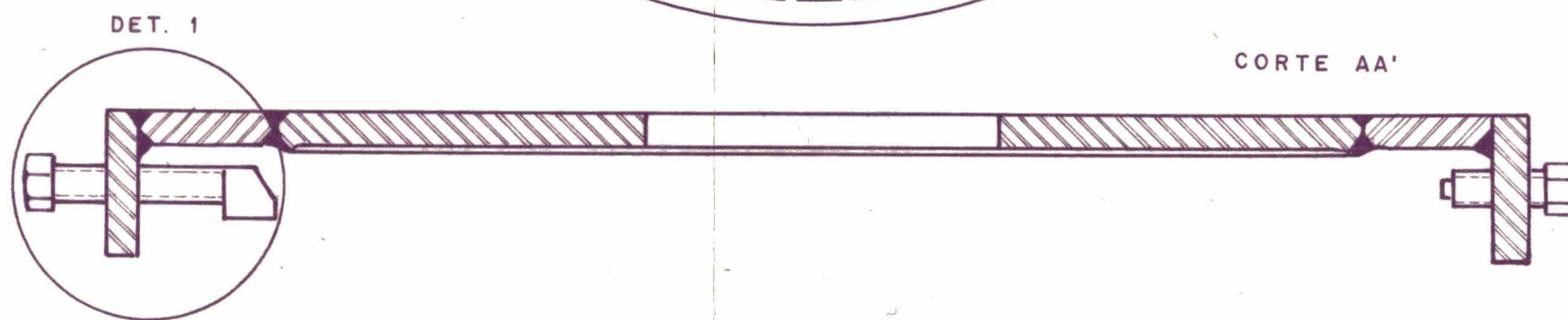
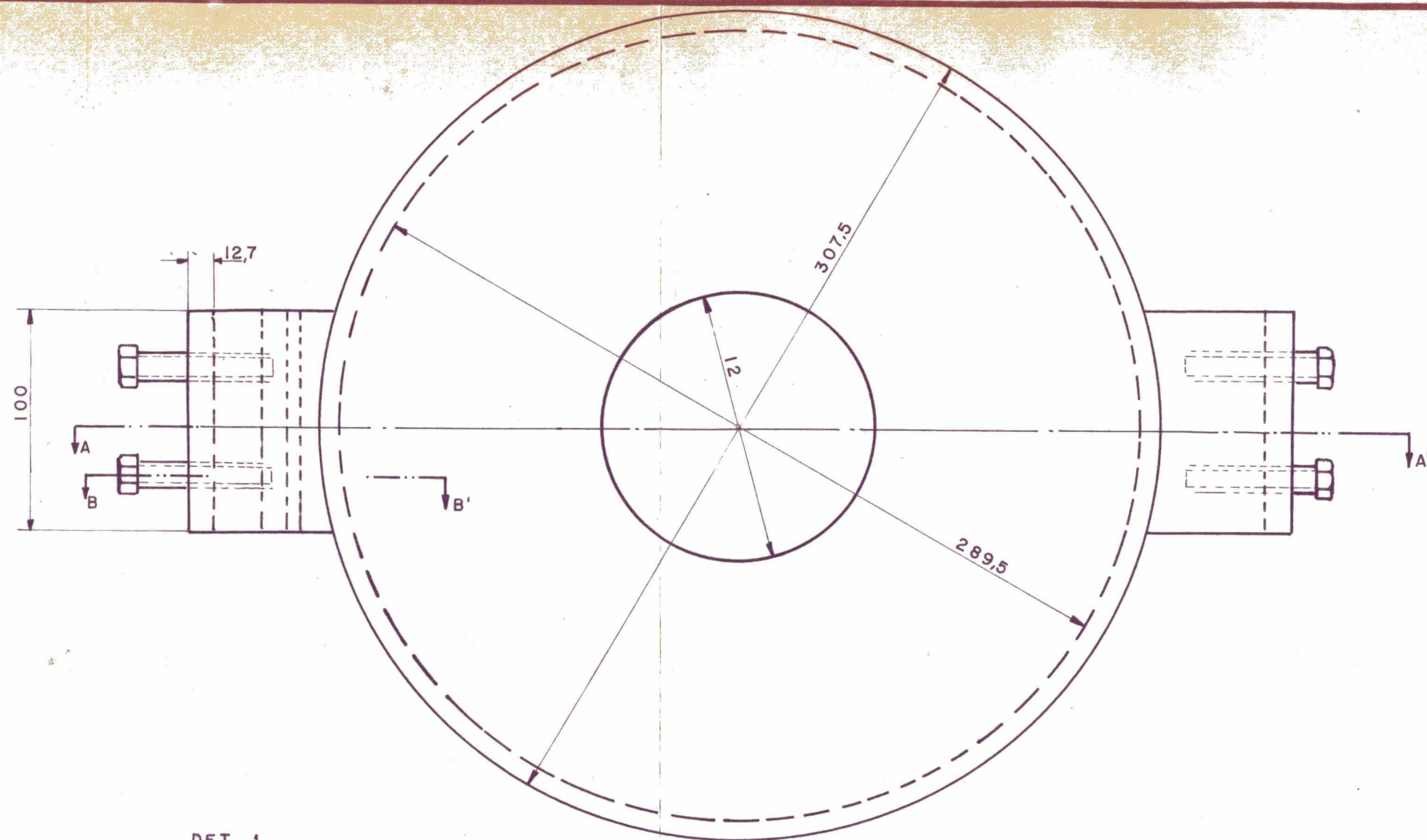
	01	Cone de vedação	Aço inoxidável
Posição	Quant.	Denominação	Especificação
ESCALA 4:1	PROJETO	F. M. MIRA	CENTRO TECNOLÓGICO U F S C
	DESENHO	H. HINSCHING	
	ORIENTADOR	P. DUNN - G. FERRETTI	
	DATA	18 / 2 / 74	
CONE PARA VEDAÇÃO DOS CONDUTORES ELÉTRICOS			



CORTE AA



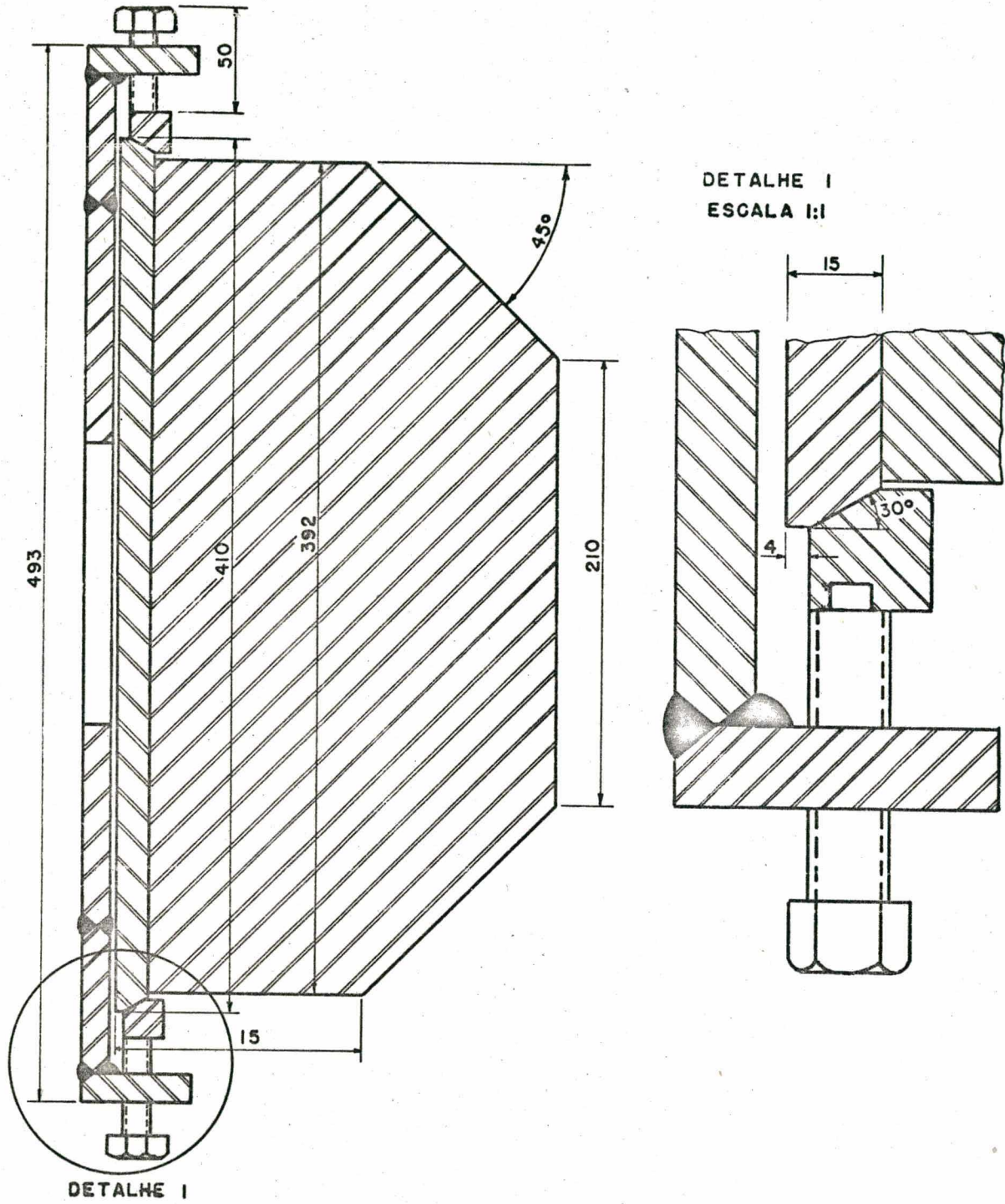
Posição	01	Placa de apoio do tampão	Aço VCO - Temperado e revenido
	Quant.	Denominação	Especificação
ESCALA 1:1	PROJETO	F. M. MIRA	CENTRO TECNOLÓGICO U F S C
	DESENHO	H. HINSCHING	
	ORIENTADOR	P. DUNN - G. FERRETTI	
	DATA	19 / 12 / 73	
PLACA DE APOIO DO TAMPÃO			



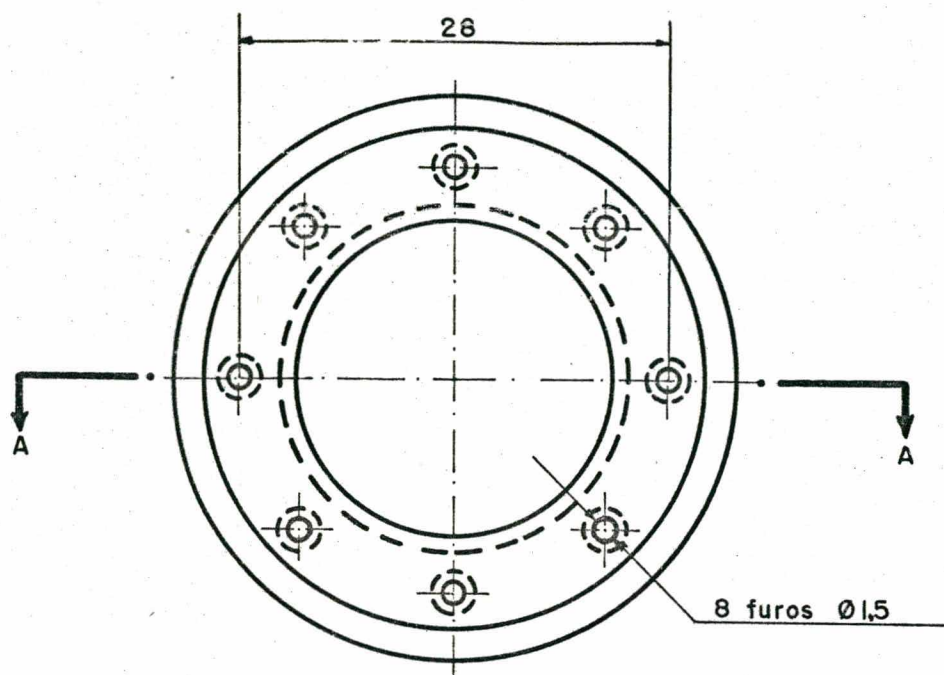
	04	Parafusos	Aço - ABNT 1020
	01	Placa de centragem	" " "
Posição	Quant.	Denominação	Especificação
ESCALA	DESENHO	ANILTON LAPA	
	ORIENTADOR	P. DUNN - G. FERRETTI	
	PROJETO	F. M. MIRA	
1 : 2,5	DATA	04 / 02 / 74	

**CENTRO TECNOLÓGICO
U F S C**

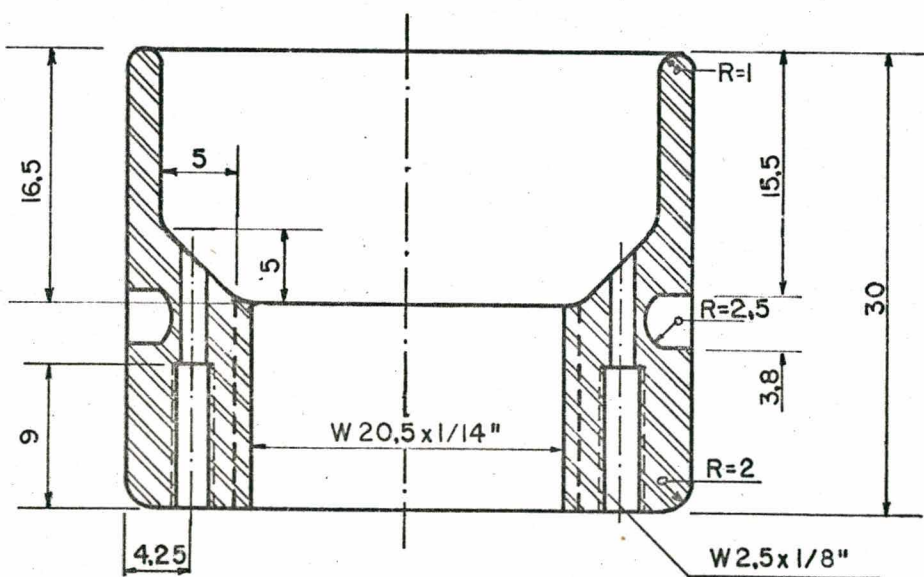
PLACA DE CENTRAGEM DO RESER-
VATÓRIO DE PRESSÃO NA MESA DA
PRENSA



ESCALA 1:3	PROJETO	F. M. MIRA	CENTRO TECNOLÓGICO U F S C
	DESENHO	H. HINSCHING	
	ORIENTADOR	P. DUNN - G. FERRETTI	
	DATA	14/12/73	
DETALHE DA MONTAGEM DA PLACA DE CENTRAGEM DO RESERVATÓRIO DE PRESSÃO NA MESA DA PRENSA			

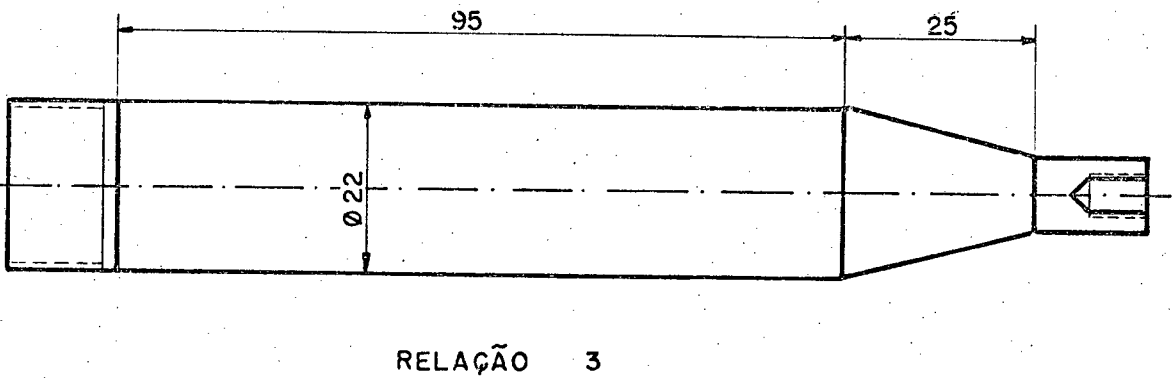
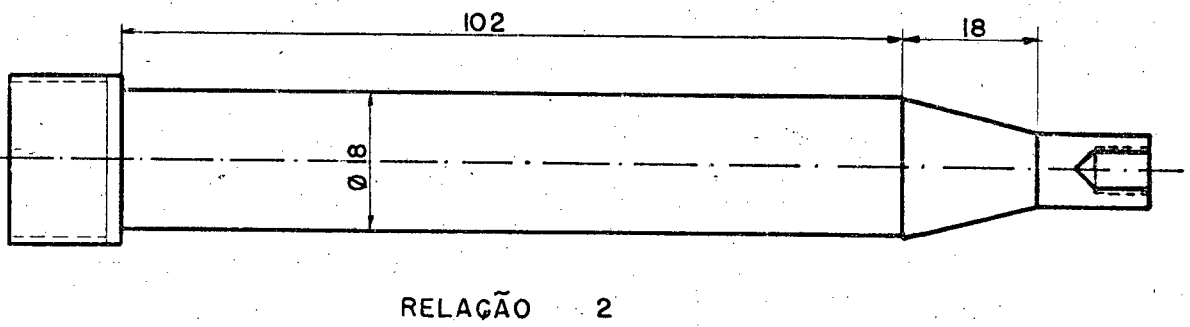
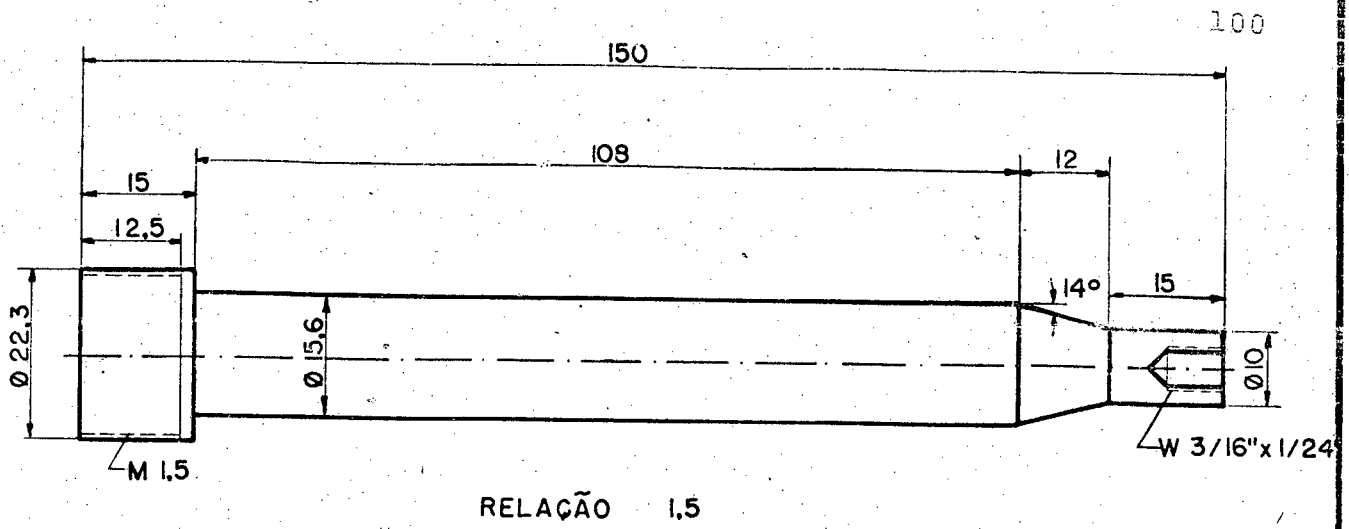


CORTE AA

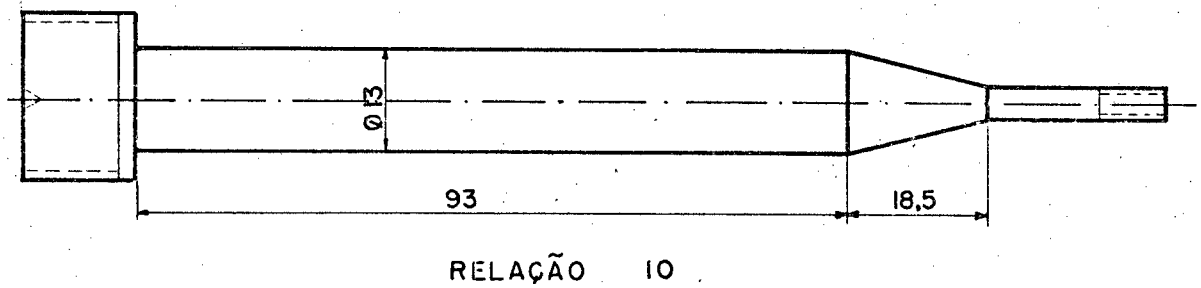
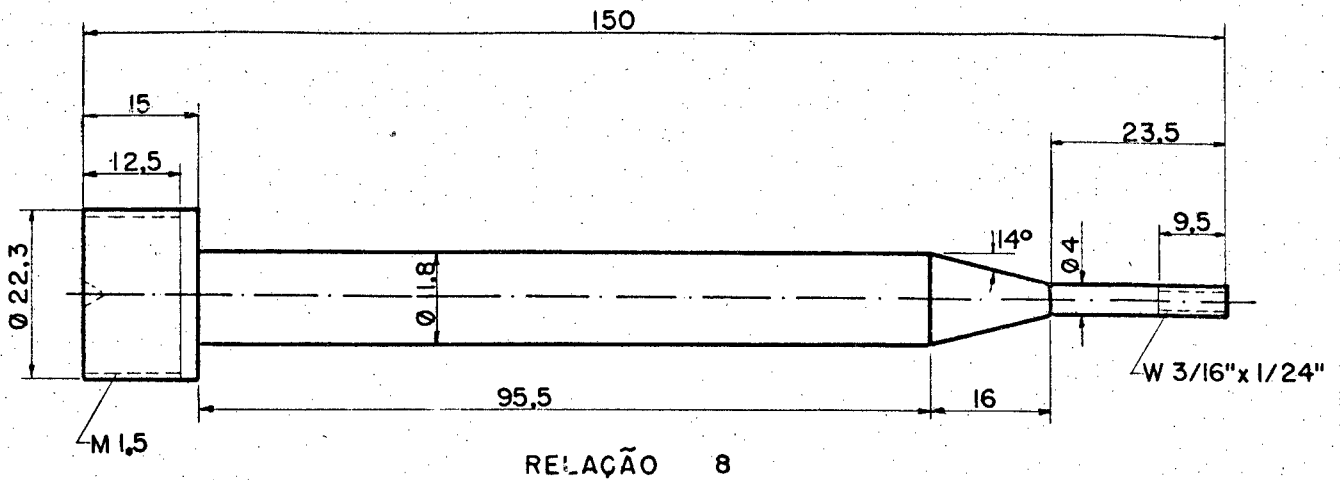


	01	Guia para biletas	Aço ABNT 1020
Posição	Quant.	Denominação	Especificação
Escala 2:1	PROJETO	F. M. MIRA	CENTRO TECNOLÓGICO UFSC
	DESENHO	H. HINSCHING	
	ORIENTADOR	P. DUNN - G. FERRETTI	
	DATA	04/01/74	
GUIA DE AMORTECIMENTO PARA OS BILETES			

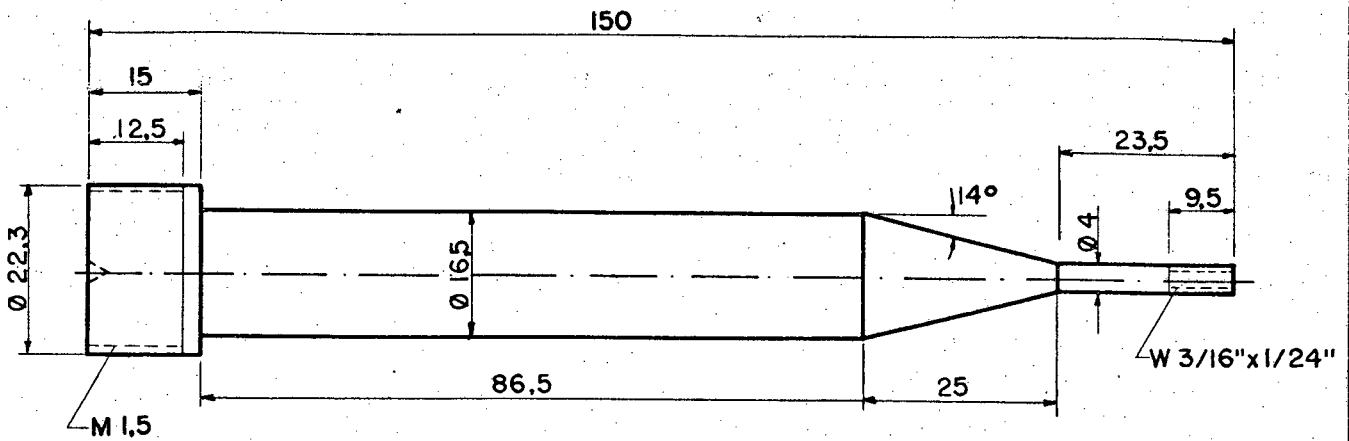
3.2. Desenhos dos corpos de prova utilizados nos ensaios experimentais de extrusão hidrostática.



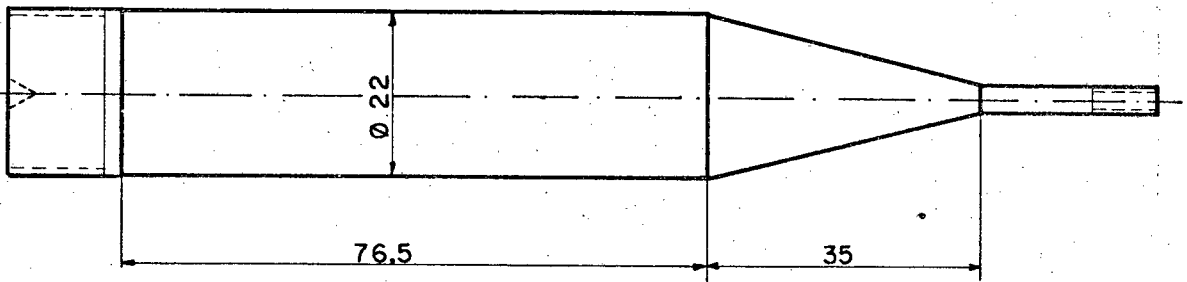
Posição	Quant.	Corpo de prova Denominação	Alumínio recozido Especificação
ESCALA 1:1	PROJETO	F. M. MIRA	CENTRO TECNOLÓGICO UFSC
	DESENHO	H. HINSCHING	
	ORIENTADOR	P. DUNN - G. FERRETTI	
	DATA	13/02/74	
CORPOS DE PROVA (RELAÇÕES 1.5. 2 e 3)			



Posição	Quant.	Corpo de prova Denominação	Alumínio recozido Especificação
ESCALA 1:1	PROJETO	F. M. MIRA	CENTRO TECNOLÓGICO UFSC
	DESENHO	H. HINSCHING	
	ORIENTADOR	P. DUNN - G. FERRETTI	
	DATA	14 / 02 / 74	
CORPOS DE PROVA (RELACÕES 8 e 10)			

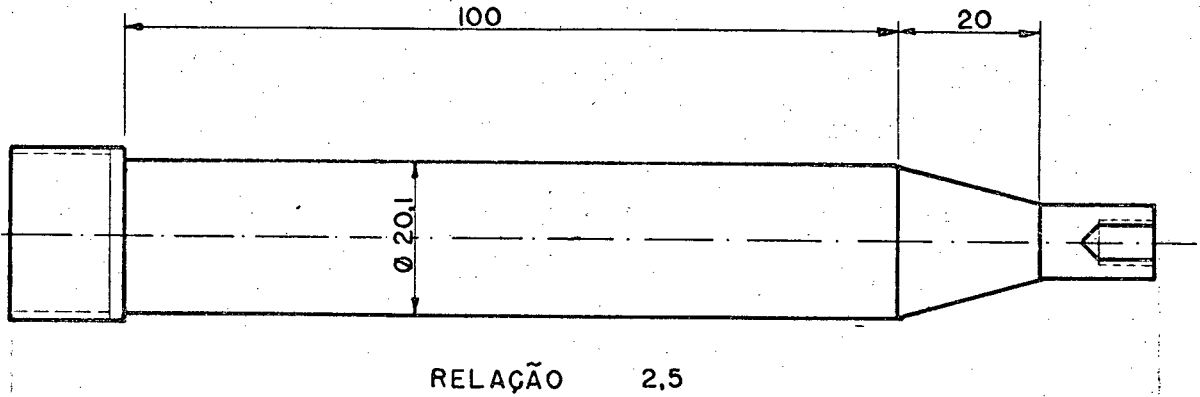
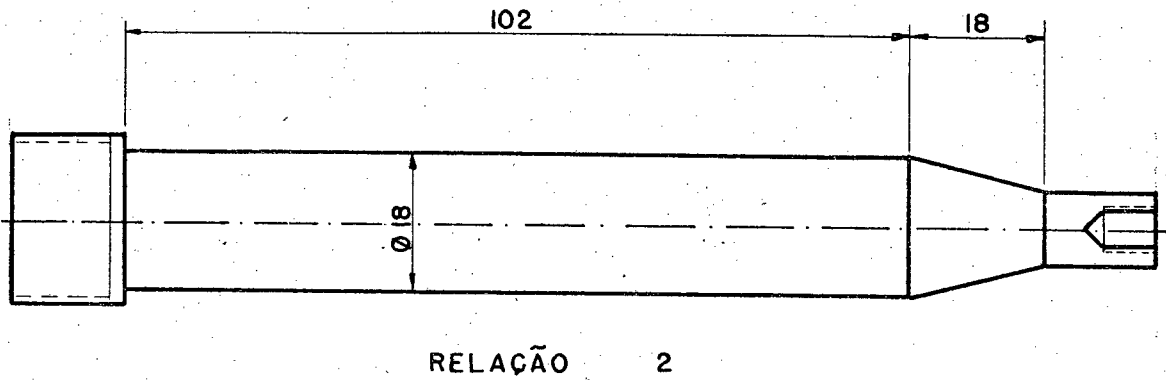
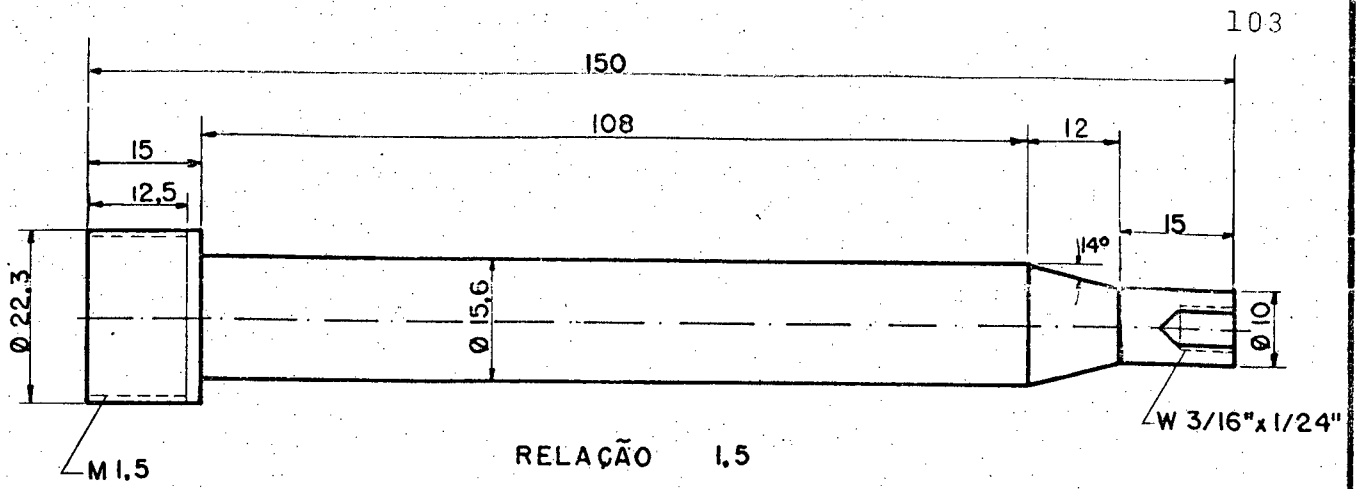


RELAÇÃO 16

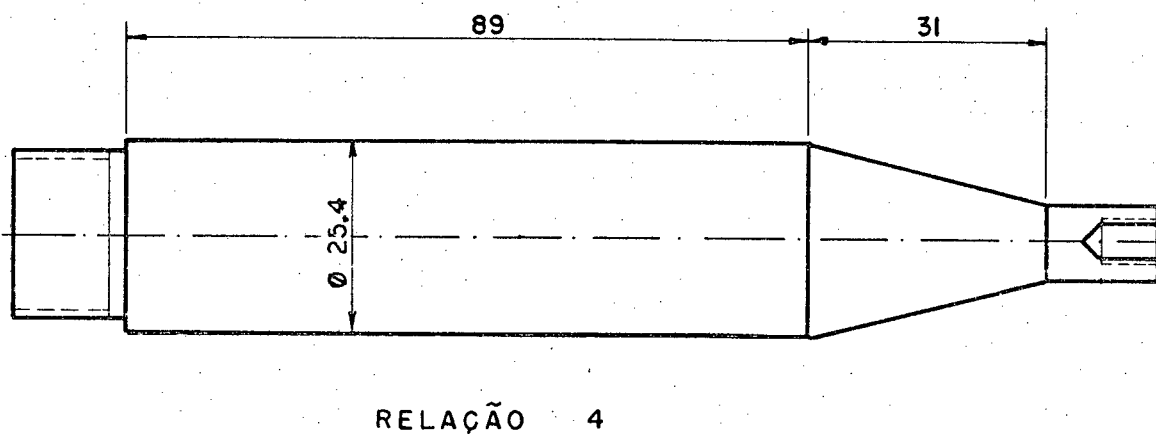
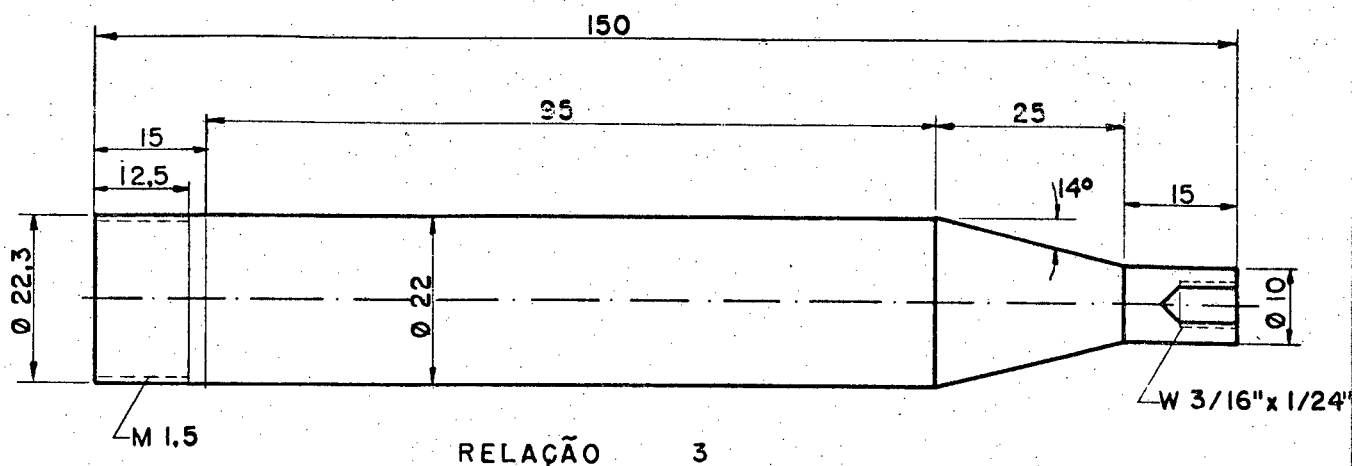


RELAÇÃO 30

		Corpo de prova	Alumínio recozido
Posição	Quant.	Denominação	Especificação
ESCALA 1:1	PROJETO	F. M. MIRA	CENTRO TECNOLÓGICO U F S C
	DESENHO	H. HINSCHING	
	ORIENTADOR	P. DUNN - G. FERRETTI	
	DATA	14 / 02 / 74	
CORPOS DE PROVA (RELAÇÕES 16 e 30)			



Posição	Quant.	Corpo de prova Denominação	Cobre recozido Especificação
ESCALA 1:1	PROJETO	F. M. MIRA	CENTRO TECNOLÓGICO U F S C
	DESENHO	H. HINSCHING	
	ORIENTADOR	P. DUNN - G. FERRETTI	
	DATA	14/02/74	
CORPOS DE PROVA (RELAÇÕES 1.5, 2 e 2.5)			



Posição	Quant.	Corpo de prova Denominação	Cobre recozido Especificação
ESCALA 1:1	PROJETO	F. M. MIRA	CENTRO TECNOLÓGICO U F S C
	DESENHO	H. HINSCHING	
	ORIENTADOR	P. DUNN — G. FERRETTI	
	DATA	14 / 02 / 74	
CORPOS DE PROVA (RELAÇÕES 3 e 4)			

APÊNDICE 4 .

F o t o g r a f i a s

Fotografias dos equipamentos e
dispositivos utilizados

APÊNDICE 4

F o t o g r a f i a s

Fotografias dos equipamentos e
dispositivos utilizados

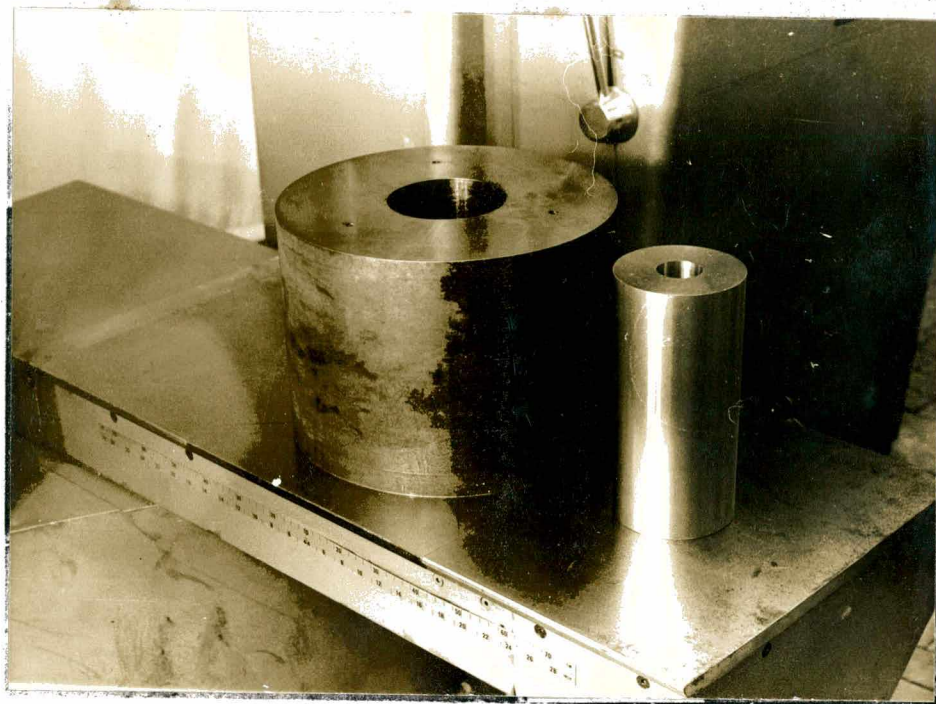


Fig. 4.1 - Reservatório de pressão (1)
(parte interna e parte externa).

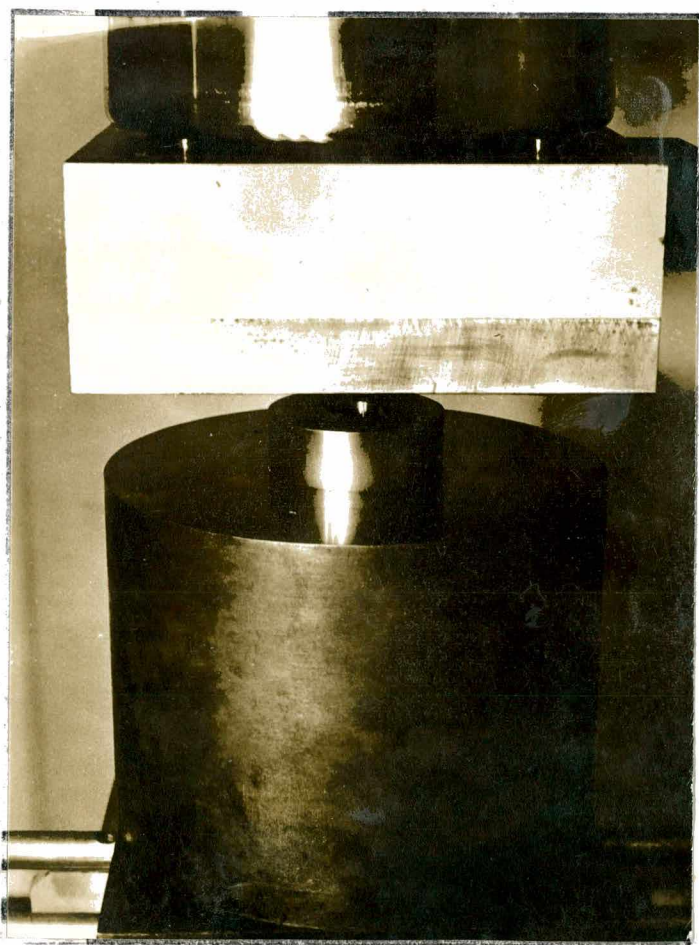


Fig. 4.2 - Reservatório de
pressão (1)
(detalhe da mon
tagem).

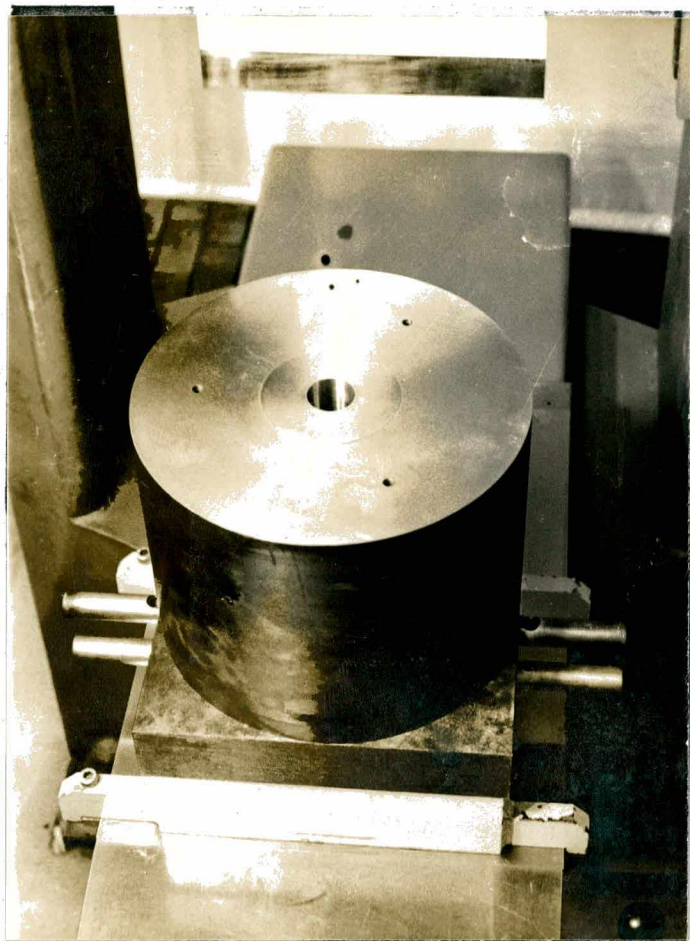


Fig. 4.3 - Reservatório de pressão (1) após a montagem.

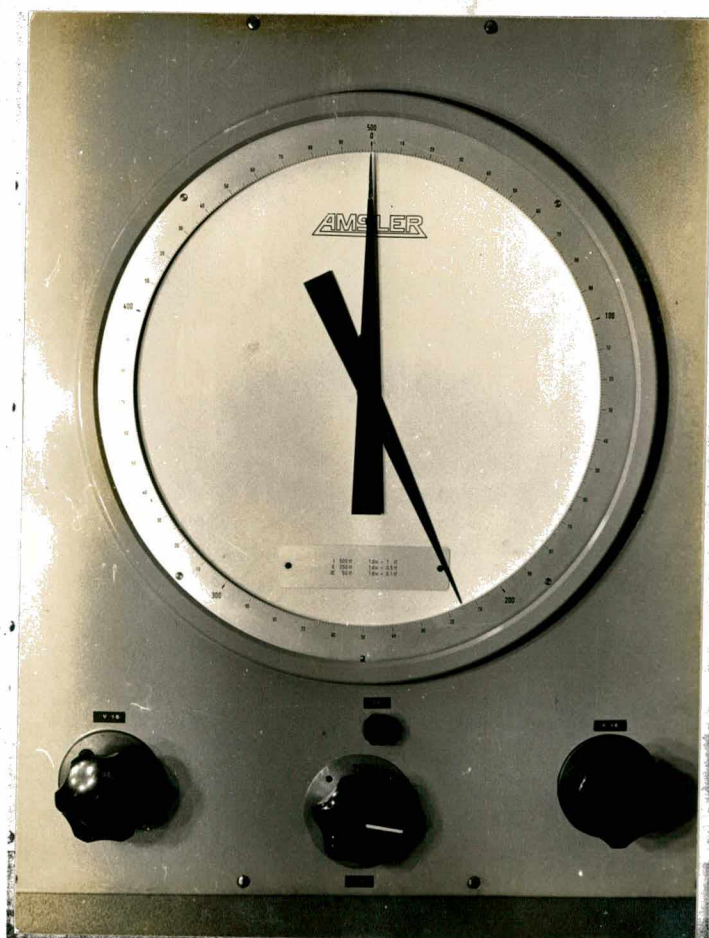


Fig. 4.4 - Valor da carga necessária para a montagem do reservatório de pressão (1) acusado no dial da prensa AMSLER.

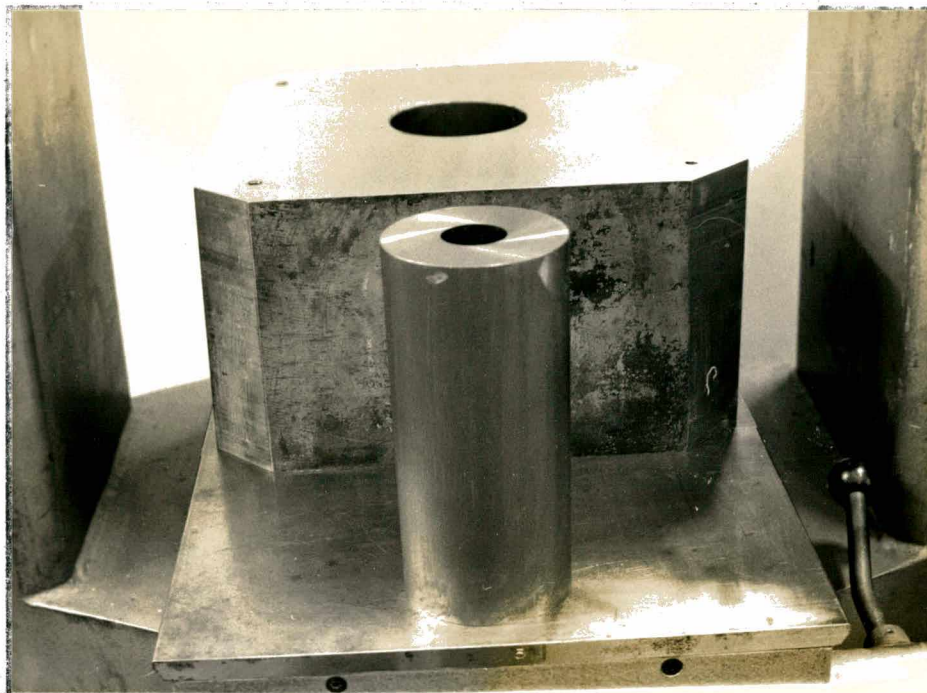


Fig. 4.5 - Reservatório de pressão (2)
(parte interna e parte externa).

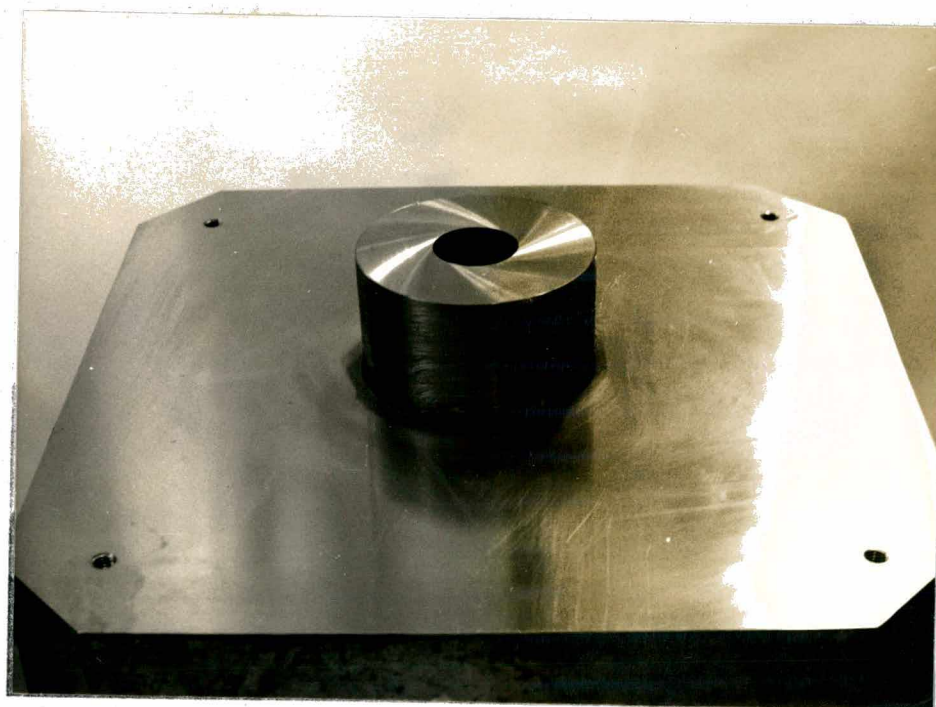


Fig. 4.6 - Reservatório de pressão (2)
(detalhe da montagem).

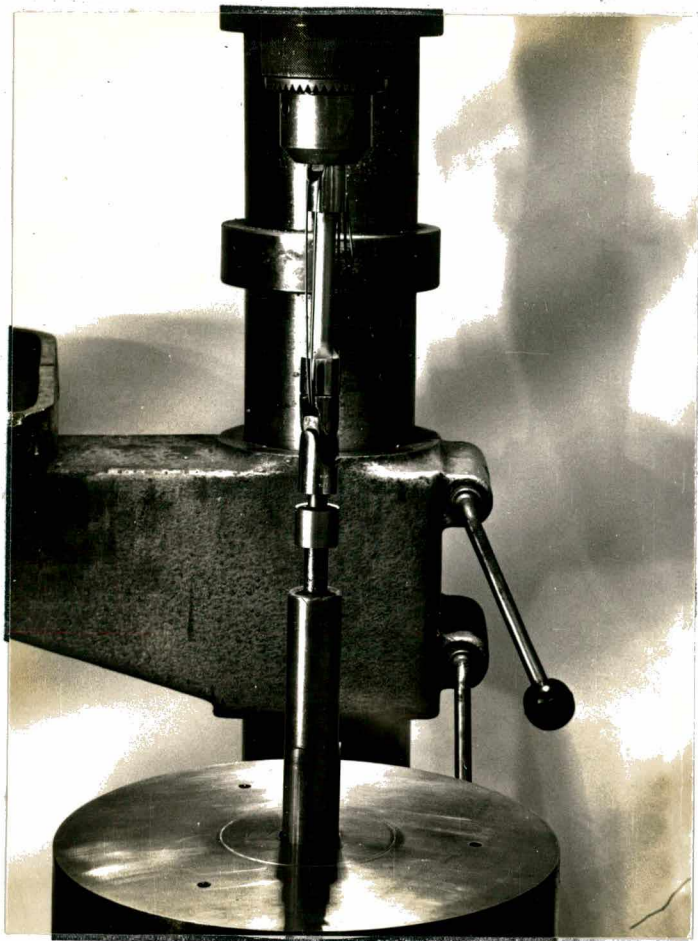


Fig. 4.7 - Detalhe do dispositivo de bruniamento montado na furadeira.



Fig. 4.8 - Detalhe do bruniamento da parte interna do reservatório de pressão.



Fig. 4.9 - Detalhe do pistão e da placa superior da prensa.

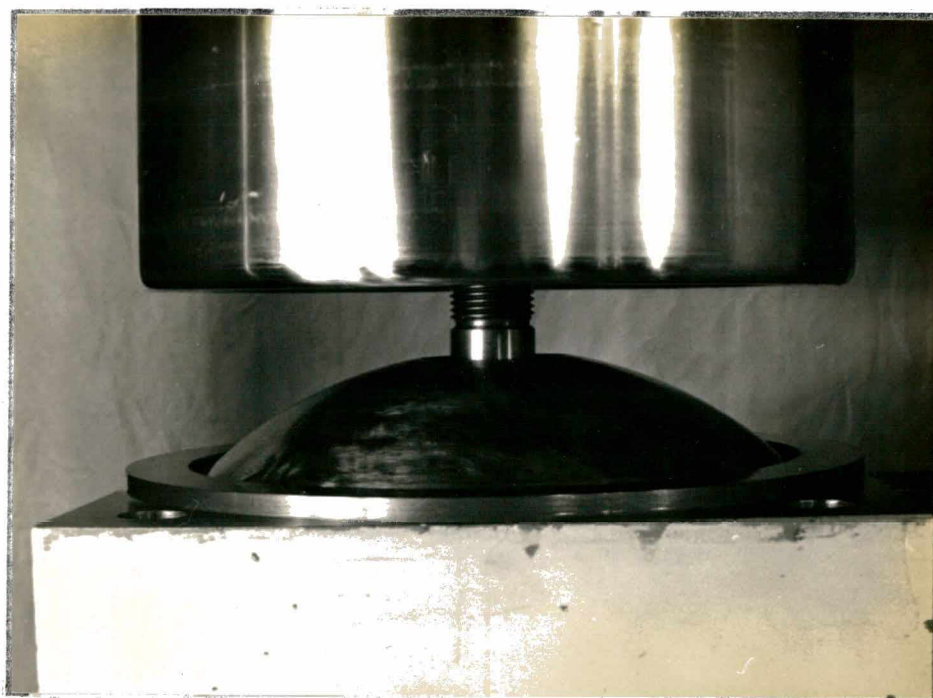


Fig. 4.10 - Detalhe da montagem do anel de encosto da placa superior.

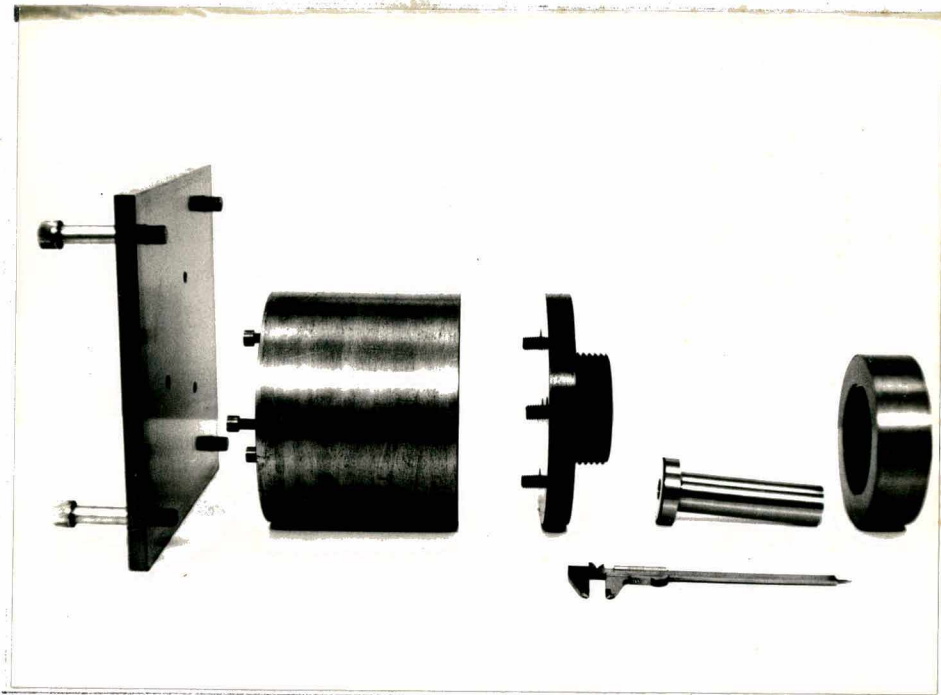


Fig. 4.11 - Vista explodida das partes componentes do conjunto superior da matriz para extrusão hidrostática.

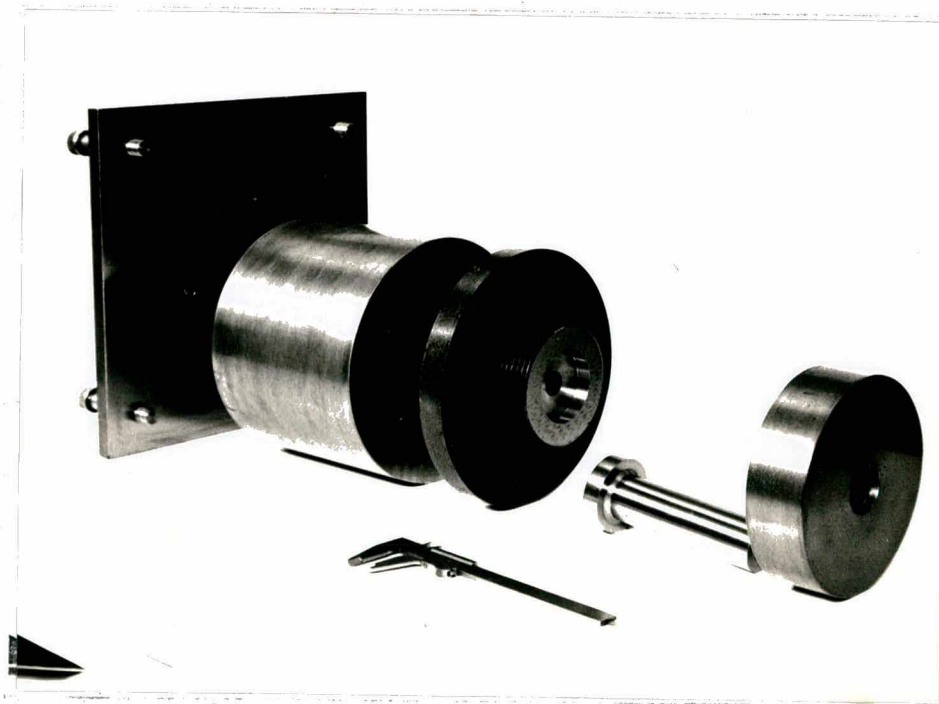


Fig. 4.12 - Vista explodida das partes componentes do conjunto superior da matriz para extrusão hidrostática (vista de outro ângulo).

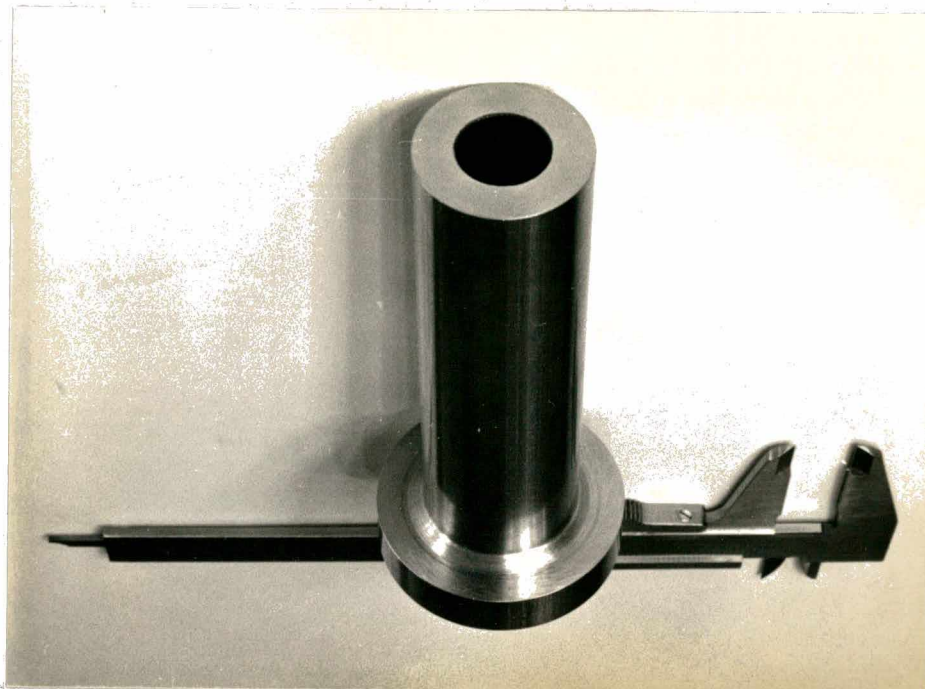


Fig. 4.13 - Detalhe do estampo.

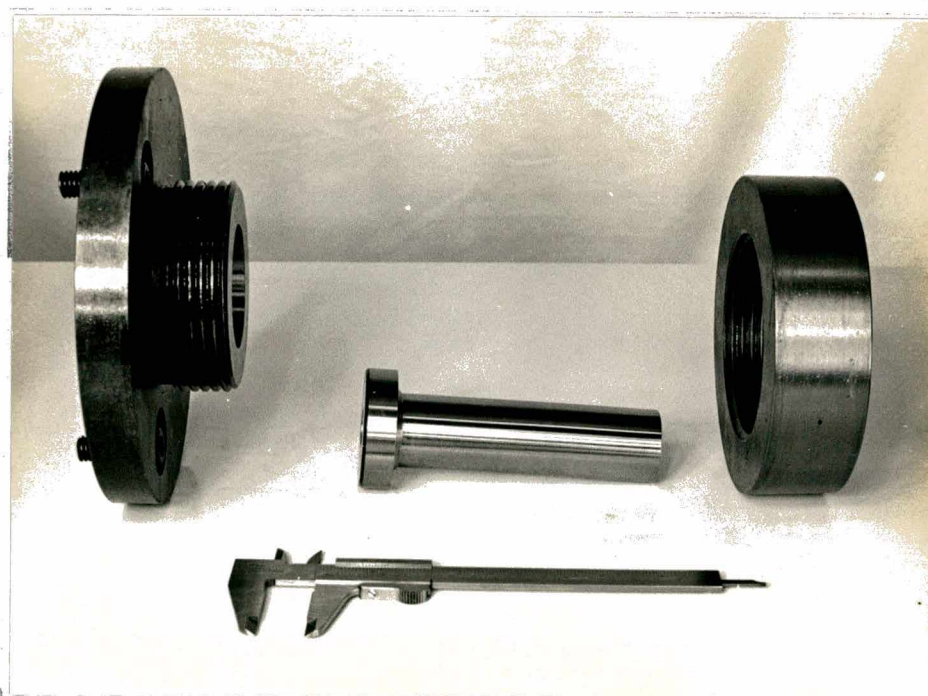


Fig. 4.14 - Vista explodida do estampo, porta-estampo e placa de centragem do estampo .

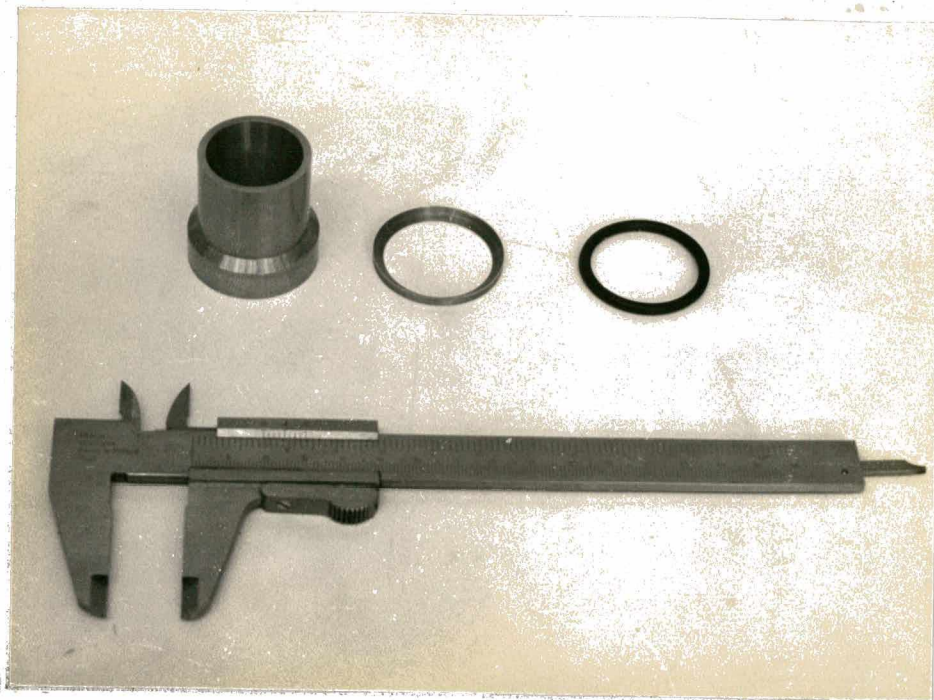


Fig. 4.15 - Detalhe da matriz de extrusão, anel de retenção e anel de vedação.



Fig. 4.16 - Detalhe do reservatório de pressão e da matriz de extrusão.

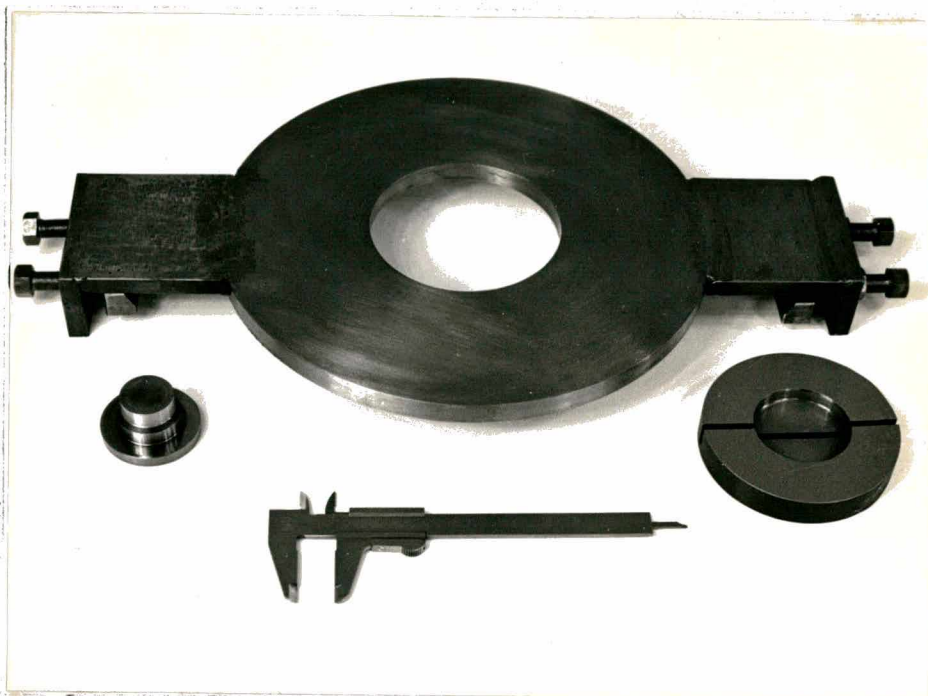


Fig. 4.17 - Detalhe das partes componentes do conjunto inferior da matriz de extrusão hidrostática.

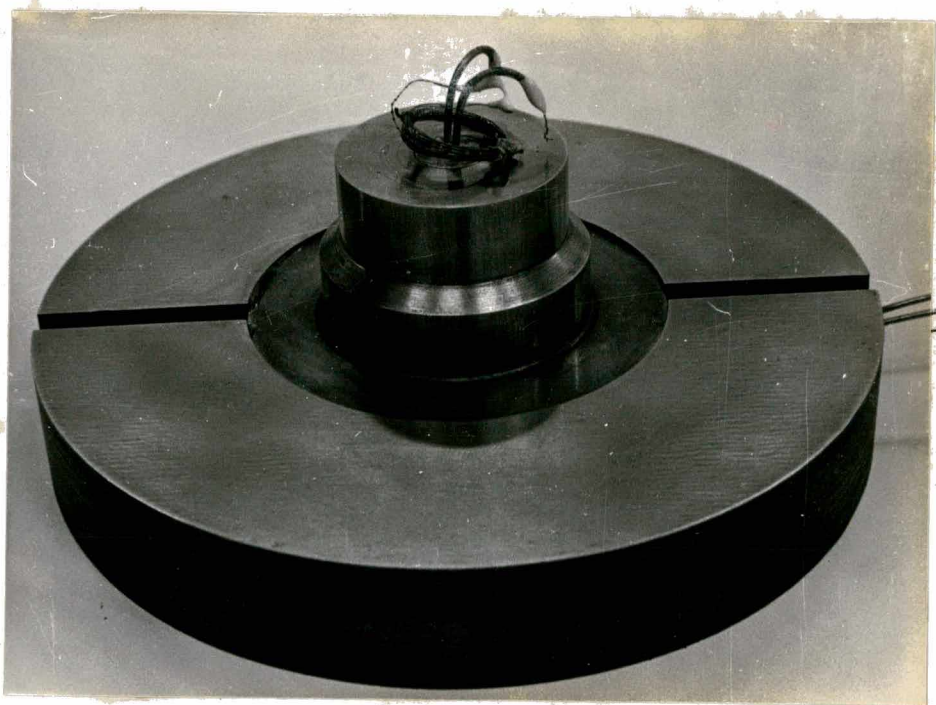


Fig. 4.18 - Detalhe da montagem dos termopares e tampão na placa de apoio.

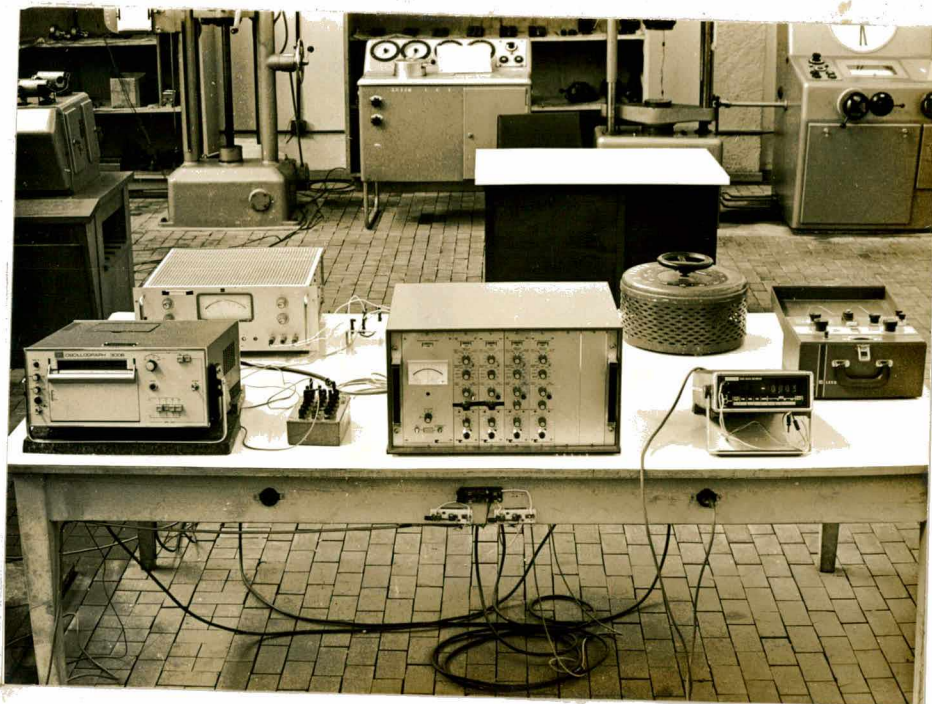


Fig. 4.19 - Vista geral dos instrumentos de medição.

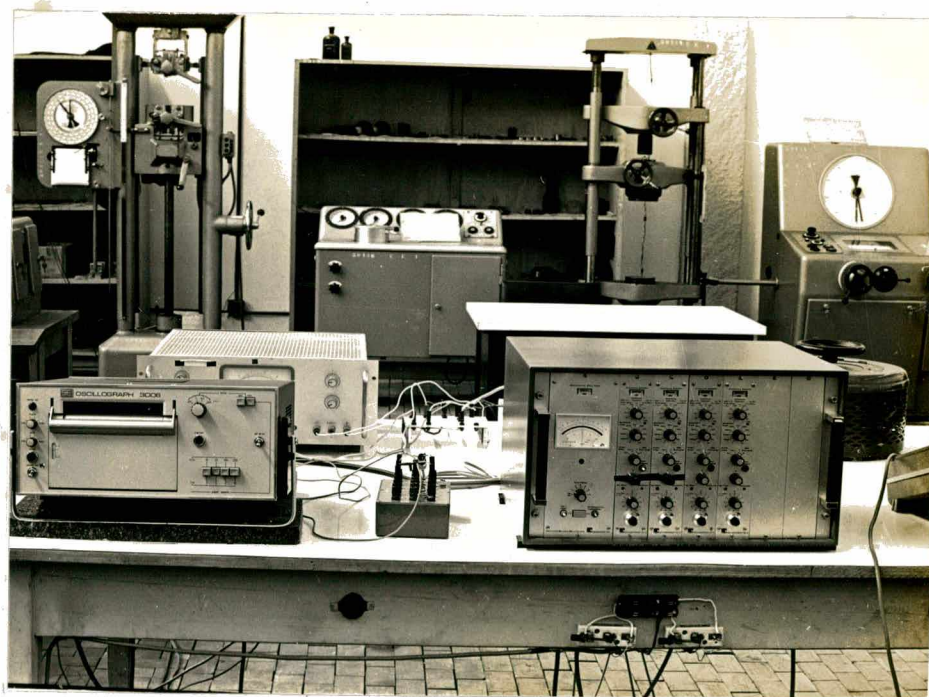


Fig. 4.20 - Vista parcial dos instrumentos de medição.

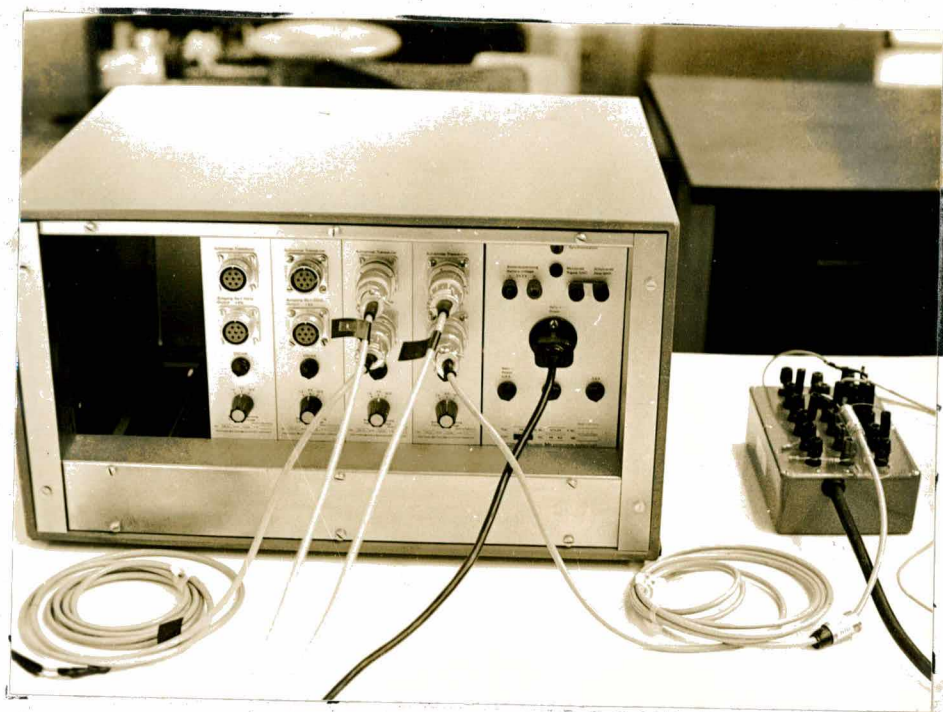


Fig. 4.21 - Detalhe da saída da ponte amplificadora para a caixa de junções dos canais dos galvanômetros.

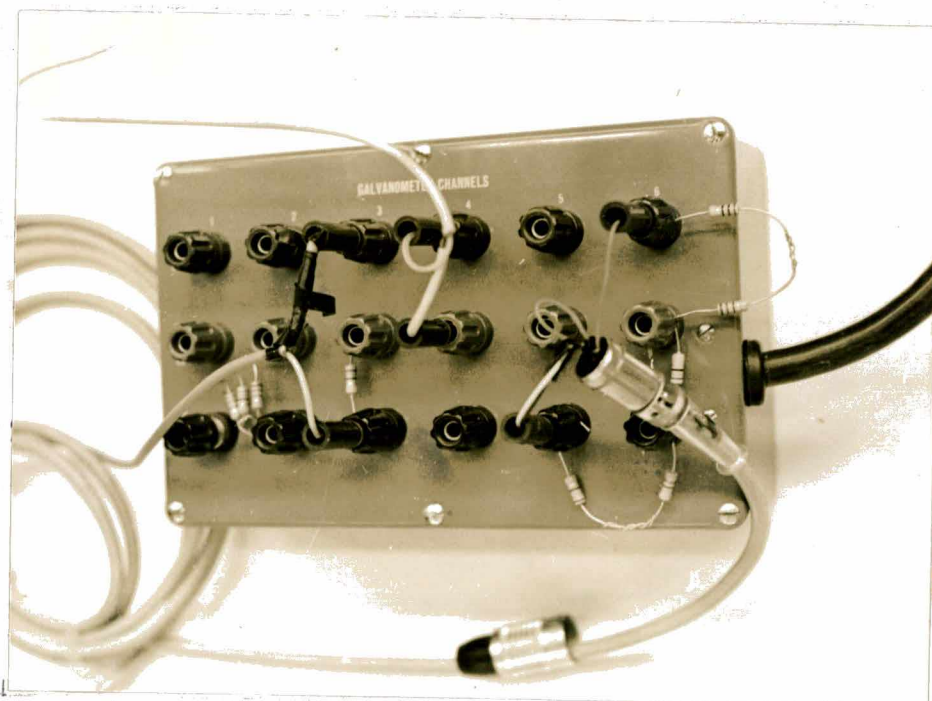


Fig. 4.22 - Detalhe da caixa de junções dos canais dos galvanômetros, mostrando as entradas para as medições de pressão, velocidade e temperatura.

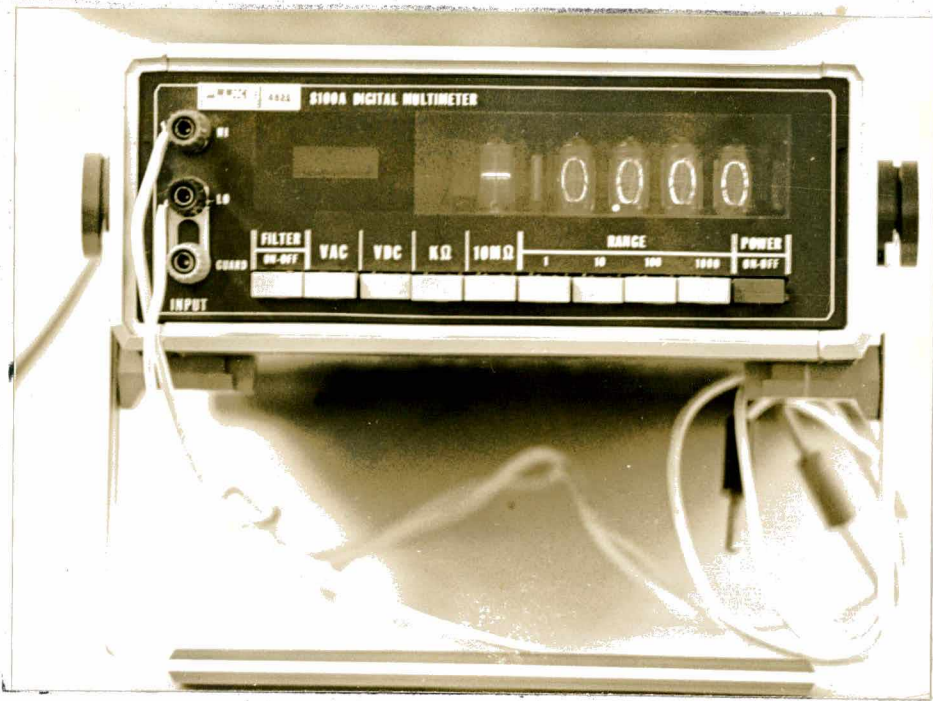


Fig. 4.23 - Multímetro digital FLUKE 8100 A .

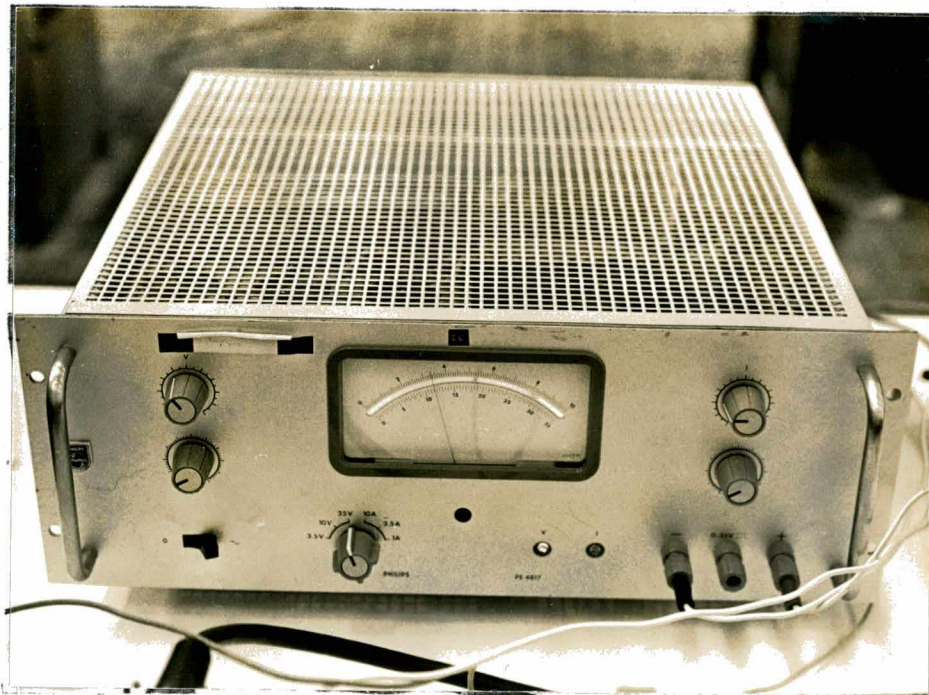


Fig. 4.24 - Fonte de tensão PHILLIPS .

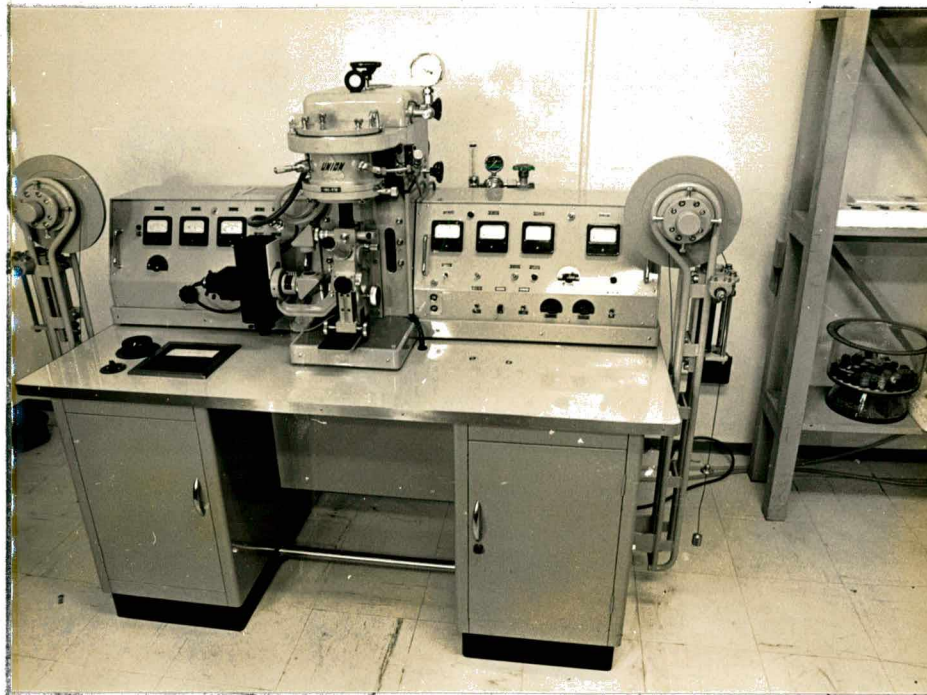


Fig. 4.25 - Vista do microscópio UNION HM - 416 usado para o recozimento das bobinas de manganina.

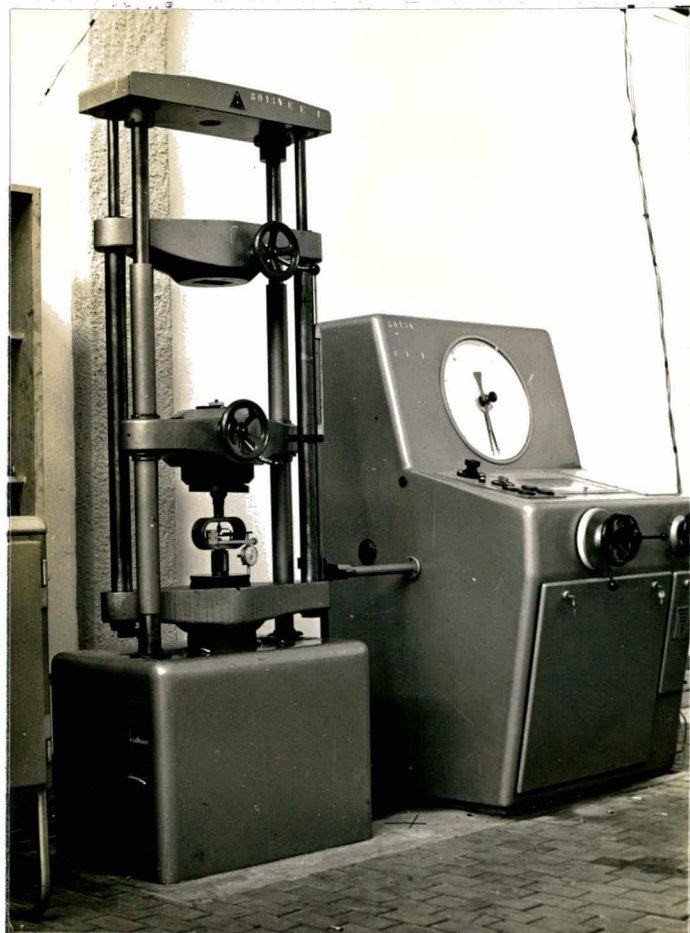


Fig. 4.26 - Vista da máquina de ensaio de compressão VEB ZD10, utilizada no levantamento da curva tensão-deformação (detalhe de sua aferição).

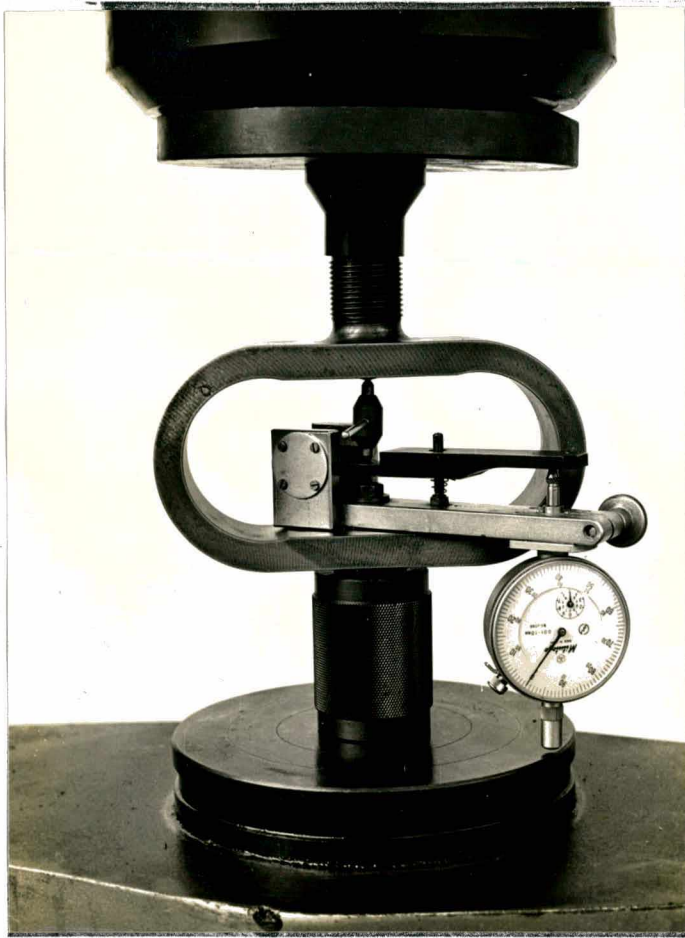


Fig. 4.27 - Dinamômetro de anel WAZAU em pregado na aferição da máquina de ensaio de compressão.

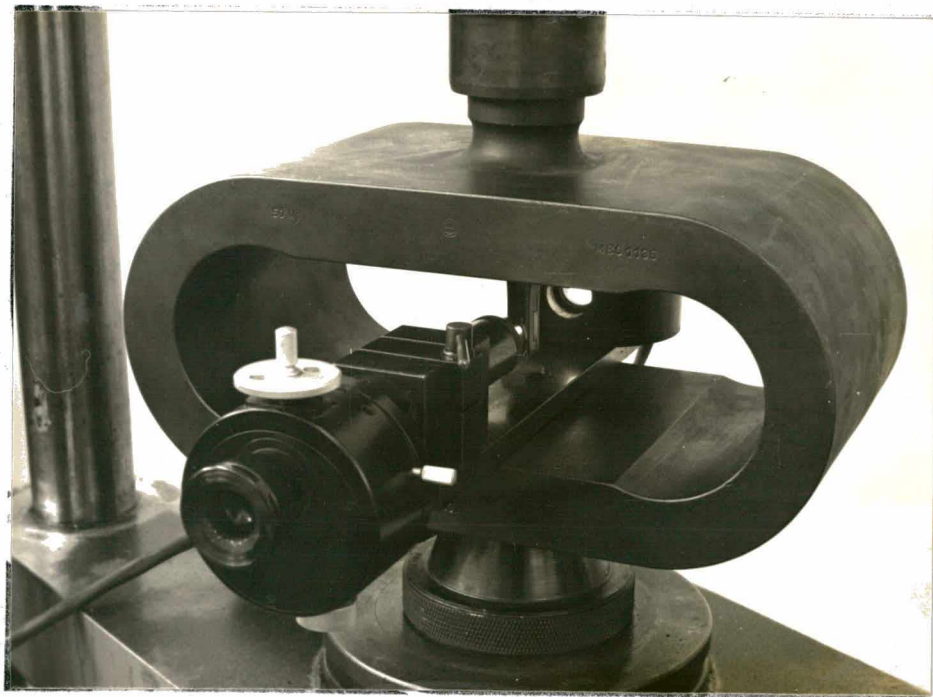


Fig. 4.28 - Dinamômetro de anel com dispositivo óptico de medição (KMB0) - 50 tonf., utilizado na aferição da máquina de ensaio de compressão.

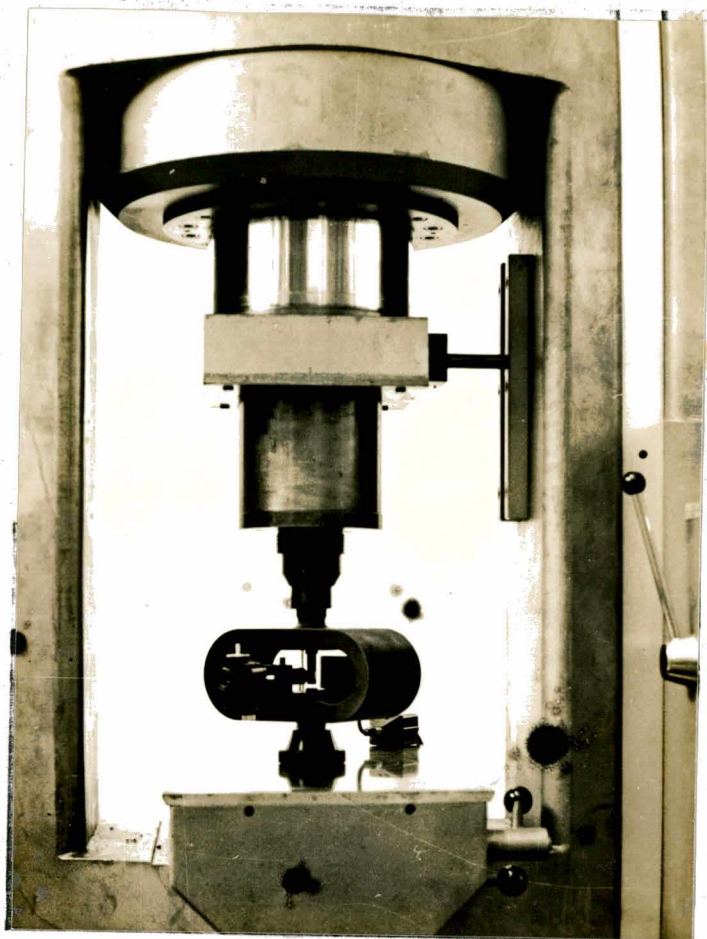


Fig. 4.29 - Aferição da prensa AMSLER-500 tonf.

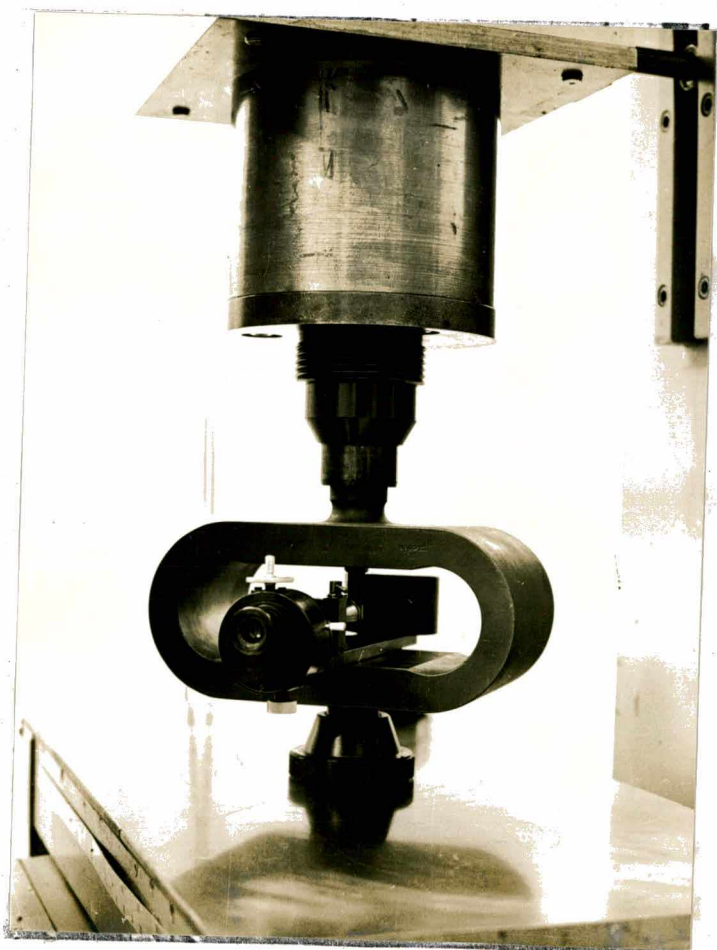


Fig. 4.30 - Detalhe do dinamômetro de anel com dispositivo ótico de medição utilizado na aferição da prensa.

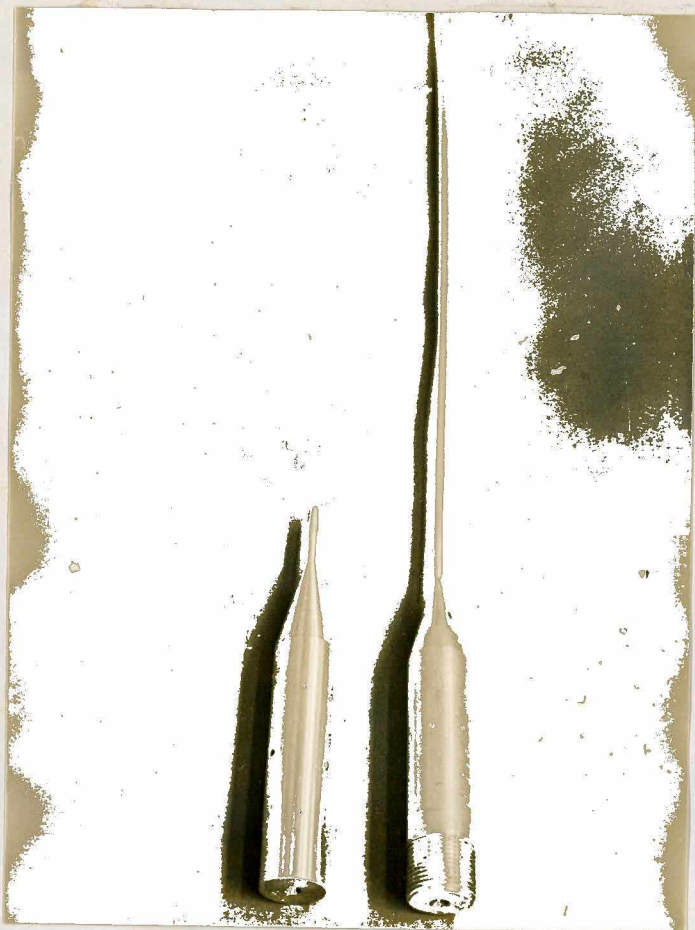


Fig. 4.31 - Detalhe do produto extrudado e bilette inicial (relação de extrusão - $R = 28,13$). Material: Alumínio

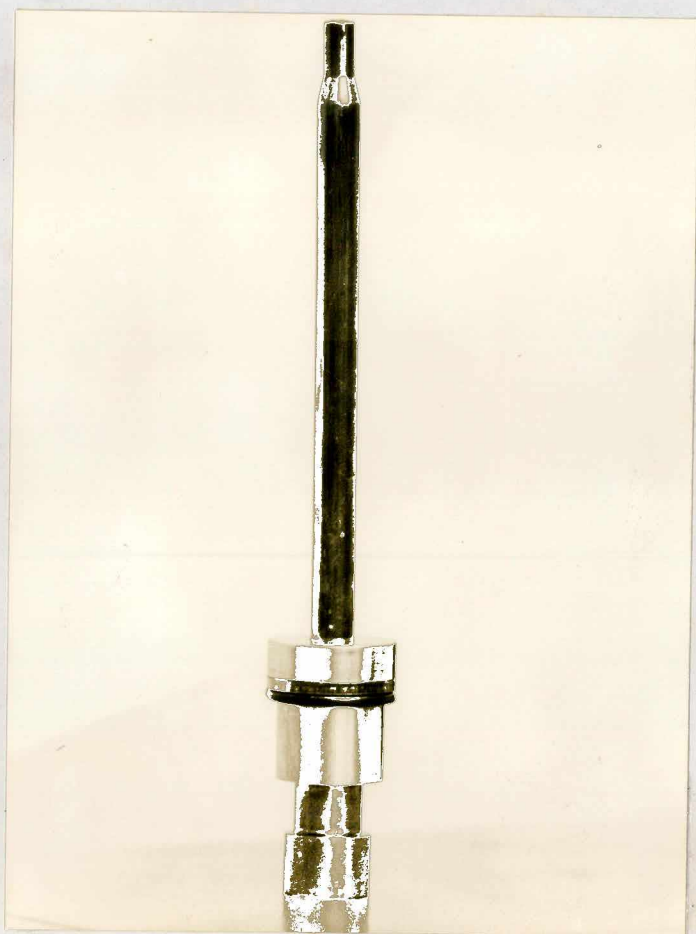


Fig. 4.32 - Detalhe do produto extrudado e da matriz de extrusão (relação de extrusão - $R = 3,84$). Material: Cobre

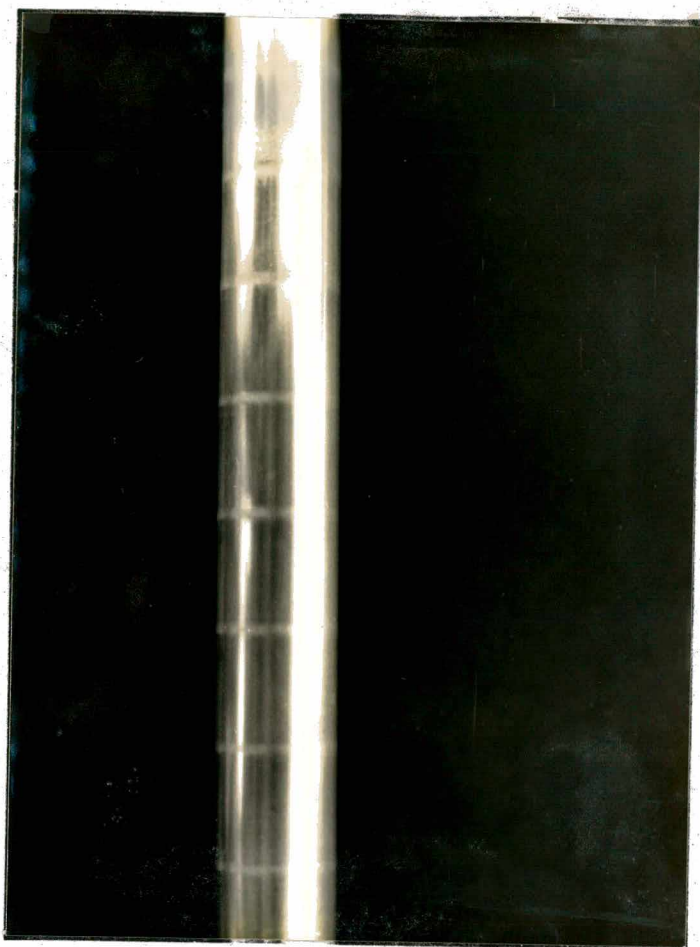


Fig. 4.33 - Detalhe das mar
cas em um corpo
de prova de alu
mínio extrudado
em regime des
contínuo.
('stick-slip').



Fig. 4.34 - Detalhe da ma
triz, retentor
e anel de ved
ação, utilizados
na extrusão do
corpo de prova
de alumínio (re
lação de extru
são - $R = 3$).

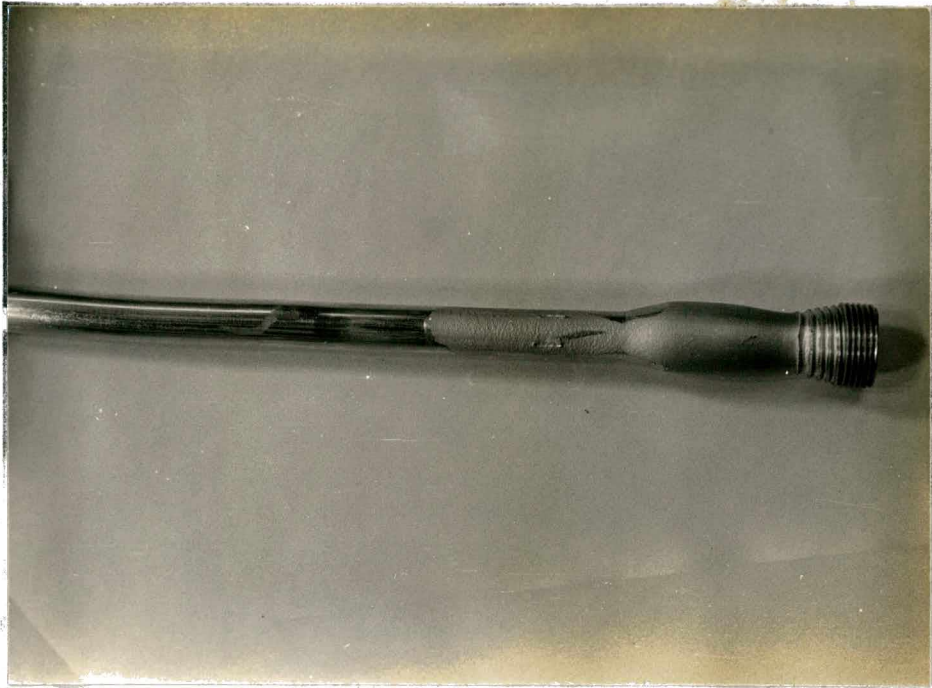


Fig. 4.35 - Defeito no produto extrudado. Escoamento do material (alumínio) devido ao uso da guia de amortecimento com abertura dos furos muito reduzida.

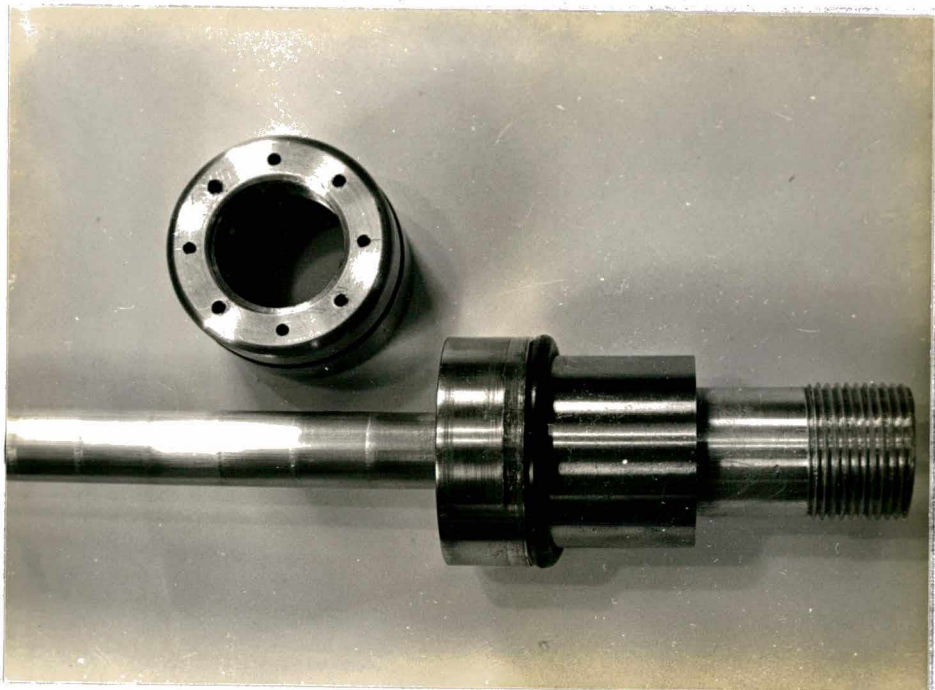


Fig. 4.36 - Detalhe da guia de amortecimento .

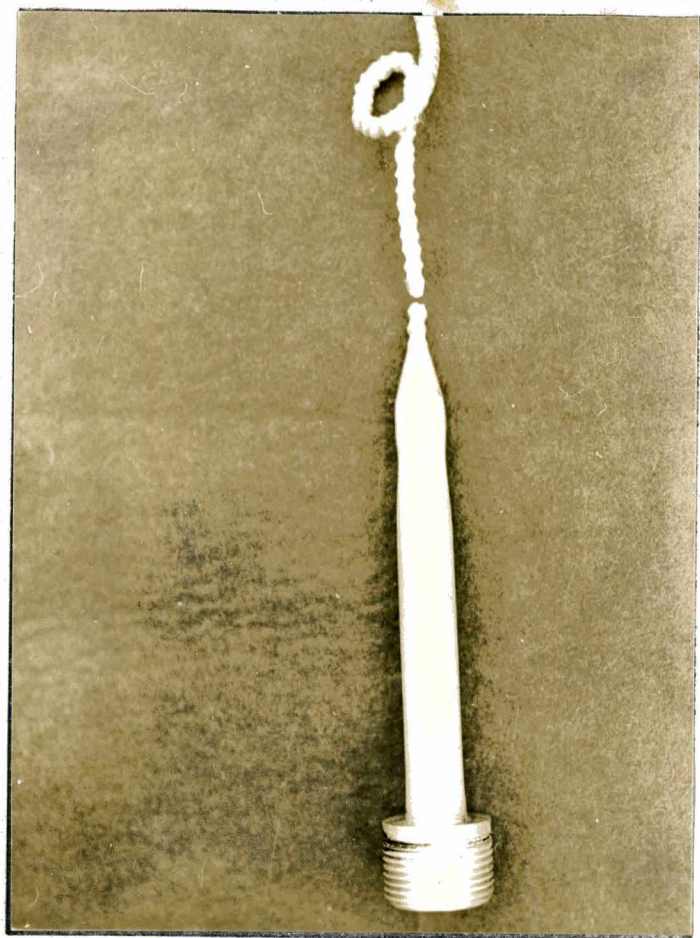


Fig. 4.37 - Defeito no produto extrudado. Escoamento do bilette devido a retenção pela guia de amortecimento. Material: Alumínio



Fig. 4.38 - Idem figura anterior. Detalhe do escoamento indesejável do material (cobre).



Fig. 4.39 - Defeito no produto extrudado. Marcas características do movimento de extrusão com 'stick-slip'. Material: Alumínio



Fig. 4.40 - Deformação do corpo de prova em virtude do mesmo ter encostado na tampa de proteção dos condutores elétricos (tampão inferior da matriz).

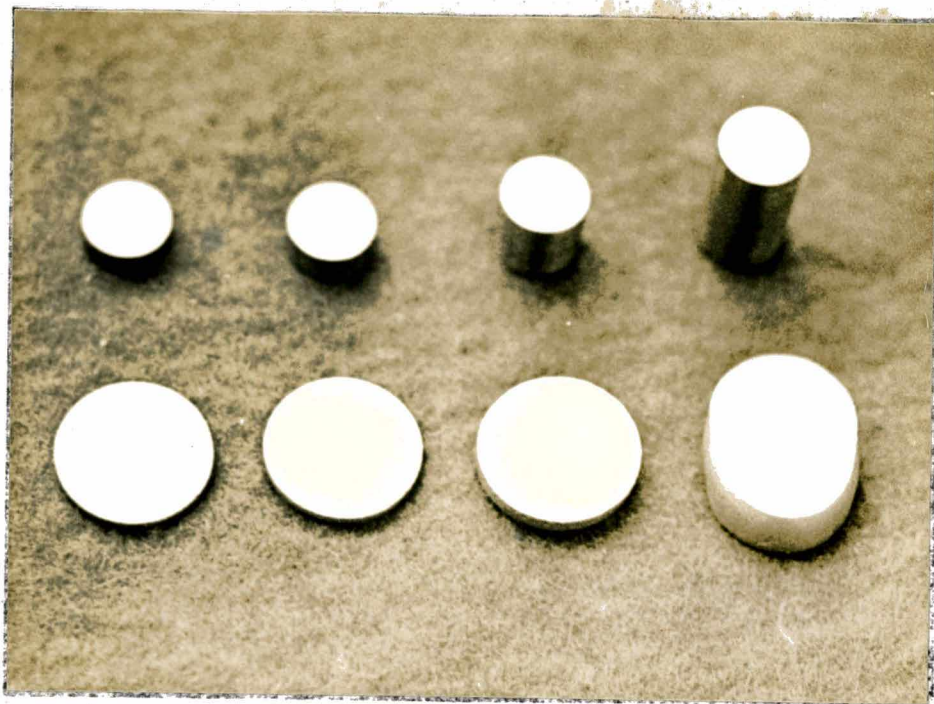


Fig. 4.41 - Detalhe dos corpos de provas iniciais e finais, utilizados no levantamento da curva tensão-deformação. Material: Cobre .



Fig. 4.42 - Detalhe do corpo de prova relação d_0/h_0 igual a $1/2$. Forma inicial, intermediária e final. Material: Alumínio .

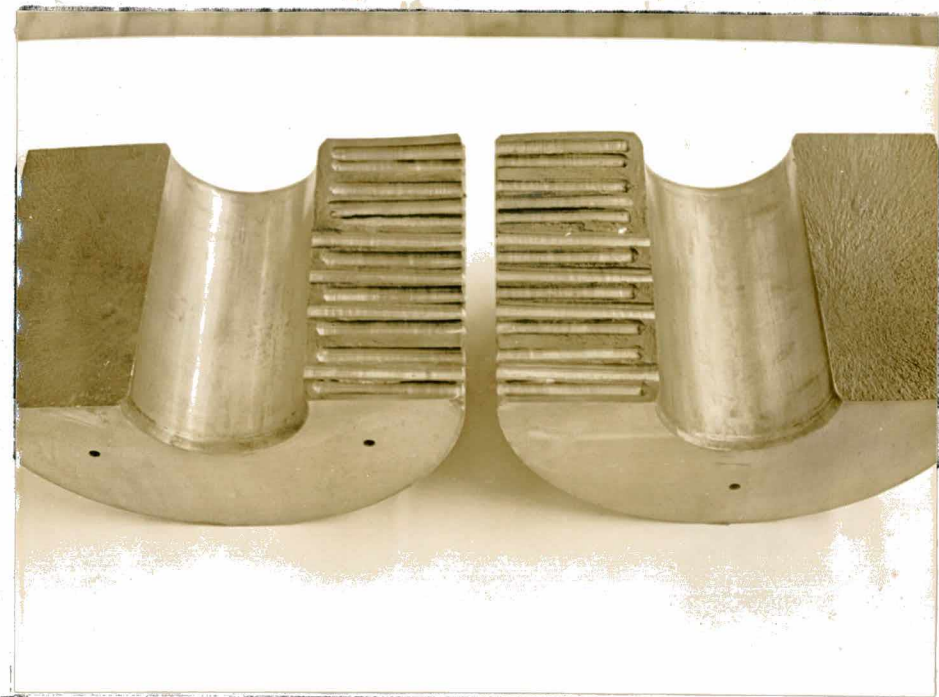


Fig. 4.43 - Vista da parte externa (1) do reservatório de pressão que sofreu ruptura.

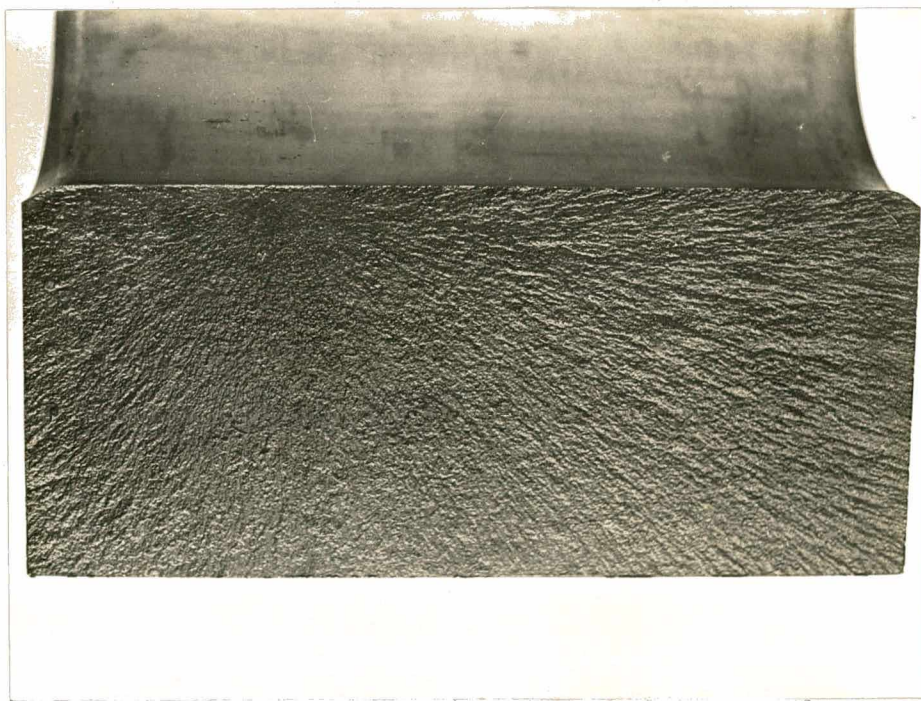


Fig. 4.44 - Detalhe do tipo de ruptura ocorrida com a parte externa (1) do reservatório de presão.

APÊNDICE 5

Programas do computador

Listagem dos programas. Apresentação dos principais resultados obtidos através de cálculo no computador.

PROGRAMA PARA TRAÇAGEM DA CURVA
RELAÇÕES (d_0/h_0) - DEFORMAÇÃO RELATIVA

// JOB T

LOG DRIVE	CART SPEC	CART AVAIL	PHY DRIVE
0000	0005	0005	0000

V2 M11 ACTUAL 16K CONFIG 16K

// FOR

```
*LIST SOURCE PROGRAM
SUBROUTINE QLE(HO,H,DIA,XIS,YP)
DIMENSION HO(20),H(20),DIA(20),XIS(20),Y(20)
DO 1 K=1,NP
XIS(K)=((HO(K)-H(K))/HO(K))*100.
Y(K)=DIA(K)/HO(K)
1 CONTINUE
RETURN
END
```

CORE REQUIREMENTS FOR QLE

COMMON	0	VARIABLES	4	PROGRAM	60
--------	---	-----------	---	---------	----

RELATIVE ENTRY POINT ADDRESS IS 0008 (HEX)

END OF COMPILATION

// DUP

*STORE	WS	UA	QLE
CART ID	0005	DB ADDR	5B00
		DB CNT	0005

// FOR

```
*LIST SOURCE PROGRAM
C SUBROUTINA AJUSTE CURVAS METODO MINIMOS QUADRADOS
C SUBROUTINE ACMMQ (HO,H,DIA,CARGA,NGRAU,NP,KVIS,XX,C,POL)
C NGRAU - GRAU DO POLINOMIO INTERPOLANTE
C NP - NUMERO DE PONTOS DA FUNSAO
C IFLAG - NUMERO DE FUNCOES A SEREM INTERPOLADAS
C X - VALOR DA VARIABEL (PONTO)
C Y - VALOR DA FUNCAO NESTE PONTO (Y(X))
C XX - VALORES DOS PONTOS A CALCULAR A Y(X)
C XVIS - NUMERO DE PONTOS CUJO VALOR DA FUNCAO SE DESEJA
DIMENSION X(20),Y(20),A(20,21),C(20),SUMX(20),
1SUMY(20),XX(20),POL(20),KJL(20)
DIMENSION HO(20),H(20),DIA(20)
CALL QLE(HO,H,DIA,Y,X,NP)
KL=NGRAU*2
DO 01 I=1,KL
SUMX(I)=0.
DO 01 J=1,NP
01 SUMX(I)=SUMX(I)+X(J)**I
N=NGRAU+1
DO 02 I=1,N
DO 02 J=1,N
K=I+J-2
IF(K)1000,1000,1001
1001 A(I,J)=SUMX(K)
GO TO 02
1000 A(1,1)=FLOAT(NP)
02 CONTINUE
SUMY(1)=0.
DO 03 J=1,NP
```

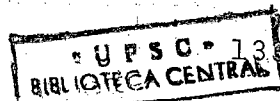
```

03  SUMY(1)=SUMY(1)+Y(J)
    DO 04 I=2,N
      SUMY(I)=0.
      DO 04 J=1,NP
04  SUMY(I)=SUMY(I)+Y(J)*X(J)**(I-1)
      N1=N-1
      DO 05 K=1,N1
        K1=K+1
        L=K
        DO 06 I=K1,N
          IF(ABS(A(I,K))-ABS(A(L,K)))06,06,1011
1011 L=I
06  CONTINUE
      IF(L-K)1020,1020,1021
1021 DO 07 J=K,N
      TEMP=A(K,J)
      A(K,J)=A(L,J)
07  A(L,J)=TEMP
      TEMP=SUMY(K)
      SUMY(K)=SUMY(L)
      SUMY(L)=TEMP
1020 DO 05 I=K1,N
      FAT=A(I,K)/A(K,K)
      A(I,K)=0.
      DO 08 J=K1,N
08  A(I,J)=A(I,J)-FAT*A(K,J)
05  SUMY(I)=SUMY(I)-FAT*SUMY(K)
      C(N)=SUMY(N)/A(N,N)
      I=N1
1031 I1=I+1
      SUM=0.
      DO 09 J=I1,N
09  SUM=SUM+A(I,J)*C(J)
      C(I)=(SUMY(I)-SUM)/A(I,I)
      I=I-1
      IF(I)1030,1030,1031
1030 CONTINUE
      WRITE(3,95)
95  FORMAT('1',////,10X,'TABELA DOS VALORES DE X E DA F(X)',
1//,20X,'X',5X,'*',5X,'F(X)')
      DO 11 J=1,NP
        WRITE(3,100) X(J),Y(J)
100  FORMAT(1X,/,15X,F8.2,4X,'*',F8.3)
11  CONTINUE
      WRITE(3,108) CARGA
108  FORMAT(1X,/,10X,'CARGA (KGF) = ',F9.0)
      DO 14 I=1,N
14  KJL(I)=I-1
      WRITE(3,104) (C(J)*KJL(J),J=1,N)
104  FORMAT(1X,///,10X,'POLINOMIO',///,10X,'POL =',
12(F12.5,'*X**',I2,2X,'+'),//,14X,2(F12.5,'*X**',
2I2,2X,'+'))
      DO 16 KLO=1,KVIS
        POL(KLO)=C(1)
        DO 16 IEX=2,N
16  POL(KLO)=POL(KLO)+C(IEX)* XX(KLO)**(IEX-1)
        WRITE(3,115)
115  FORMAT(1X,///,10X,
1'VALOR PREVISTO PARA RELACAO DO/HO IGUAL A ZERO')
        WRITE(3,106) (XX(KLO),POL(KLO),KLO=1,KVIS)
106  FORMAT(1X,//,20X,'PONTO',5X,'POLINOMIO',/,10(1X,//,15X,
1F10.4,3X,F10.4))
      RETURN

```

END

CORE REQUIREMENTS FOR ACMMQ
COMMON 0 VARIABLES 1074 PROGRAM 1002



RELATIVE ENTRY POINT ADDRESS IS 04DC (HEX)

END OF COMPILATION

// DUP

*STORE WS UA ACMMQ
CART ID 0005 DB ADDR 5B05 DB CNT 0041

// FOR

```
*IOCS(CARD,1132PRINTER,PLOTTER)
*LIST SOURCE PROGRAM
  DIMENSION COEF(20),DIA(20),HO(20),H(20)
  DIMENSION XX(20),POL(20)
  X=13.5/80.
  Y=7.5/3.
  CALL SCALF(X,Y,0.,0.)
C   TRACA OS EIXOS
  CALL FGRID(0,0.,0.,10.,8)
  CALL FGRID(1,0.,0.,1.,3)
  CALL FGRID(1,0.,0.,0.5,1)
C   ESCREVE OS NUMEROS NA ABCISSA
  DO 1 KU=1,9
  A=FLOAT(KU)-1.
  B=A*10.-1.
  A=A*10.
  C=0.1
  CALL FCHAR(B,-C,0.10,0.12,0.)
  WRITE(7,2) A
2  FORMAT(F3.0)
1  CONTINUE
C   ESCREVE OS NUMEROS NA ORDENADA
  DO 3 KA=1,4
  A=FLOAT(KA)-1.
  B=A*1.
  D=3.
  CALL FCHAR(-D,B,0.10,0.12,0.)
  WRITE(7,4)B
4  FORMAT(F3.1)
3  CONTINUE
  CALL FCHAR(-3.,0.5,0.10,0.12,0.)
  E=0.5
  WRITE(7,5) E
5  FORMAT(F3.1)
  CALL FCHAR(-5.,1.0,0.11,0.13,1.57079)
  WRITE(7,18)
18 FORMAT(' R E L A C A O   DO / HO ')
  CALL FCHAR(25.,3.5,0.55,0.4,0.)
  WRITE(7,19)
19 FORMAT(' C O B R E ')
  CALL FCHAR(50.,-0.2,0.11,0.13,0.)
  WRITE(7,20)
20 FORMAT('DEFORMACAO RELATIVA - (./.)')
  READ(2,110) NGRAU,NPTOT,NP
110 FORMAT(3I3)
  READ(2,202) (HO(J),DIA(J),J=1,NPTOT)
202 FORMAT(2F10.3)
26  READ(2,302) IFLAG
302 FORMAT(I2)
```

PAGE 3

```

      READ(2,303) (H(J),J=1,NP)
303  FORMAT(F10.3)
      READ(2,30)  KVIS,(XX(L),L=1,KVIS)
30   FORMAT(I2,8X,10F10.2)
      READ(2,305) CARGA
305  FORMAT(F8.0)
      CALL ACMMQ (HO,H,DIA,CARGA,NGRAU,NP,KVIS,XX,COEF,POL)
      IF(IFLAG) 28,26,310
310  NPT=NP+1
      READ(2,306) (H(J),J=NPT,NPTOT)
306  FORMAT(F10.3)
      KC=1
      KCC=10
210  READ(2,222) I,KK
222  FORMAT(2I5)
      DO 23 K=KC,KCC,3
      Y=DIA(K)/HO(K)
      X=((HO(K)-H(K))/HO(K))*100.
      CALL FPLOT(1,X,Y)
      CALL FPLOT(2,X,Y)
      CALL POINT(I)
23   CONTINUE
      KC=KC+1
      KCC=KCC+1
      IF(KK-KC) 24,24,210
24   CONTINUE
      CALL FPLOT(1,0.,0.)
      CALL ACMMQ (HO,H,DIA,CARGA,NGRAU,NP,KVIS,XX,COEF,POL)
      DFH=COEF(1)
      CALL FPLOT(1,DFH,0.)
      DFH=COEF(1)+COEF(2)*3.
      CALL FPLOT(2,DFH,3.)
      CALL FCHAR(DFH,3.10,0.11,0.13,0.)
      WRITE(7,524)CARGA
524  FORMAT(F6.0)
      READ(2,401) N
401  FORMAT(I2)
      IF(N) 28,26,28
28   CALL EXIT
      END

```

FEATURES SUPPORTED

IOCS

CORE REQUIREMENTS FOR

COMMON 0 VARIABLES 294 PROGRAM 650

END OF COMPILATION

// XEJ

ALUMÍNIO

R E S U L T A D O S

TABELA DOS VALORES DE X E DA F(X)

X	*	F(X)
3.03	*	0.907
3.03	*	1.058
3.00	*	1.355
1.98	*	1.683
2.00	*	0.700
1.98	*	1.290
0.99	*	1.595
1.00	*	1.150
1.00	*	0.800

CARGA (KGF) = 250.

POLINOMIO

POL = 1.25323*X** 0 + -0.04074*X** 1 +

VALOR PREVISTO PARA RELACAO DO/HO IGUAL A ZERO

PONTO	POLINOMIO
0.0000	1.2532

TABELA DOS VALORES DE X E DA F(X)

X	*	F(X)
3.03	*	6.354
3.03	*	7.413
3.00	*	7.379
1.98	*	6.534
2.00	*	7.307
1.98	*	7.646
0.99	*	8.474
1.00	*	7.753
1.00	*	5.955

CARGA (KGF) = 500.

POLINOMIO

POL = 7.54581*X** 0 + -0.17131*X** 1 +

VALOR PREVISTO PARA RELACAO DO/HO IGUAL A ZERO

PONTO	POLINOMIO
0.0000	7.5458

TABELA DOS VALORES DE X E DA F(X)

X	*	F(X)
3.03	*	18.608
3.03	*	18.608
3.00	*	18.072
1.98	*	16.534
2.00	*	19.419
1.98	*	19.563
0.99	*	19.990
1.00	*	19.559
1.00	*	17.317

CARGA (KGF) = 750.

POLINOMIO

POL = 19.13937*X** 0 + -0.25375*X** 1 +

VALOR PREVISTO PARA RELACAO DO/HO IGUAL A ZERO

PONTO	POLINOMIO
0.0000	19.1393

TABELA DOS VALORES DE X E DA F(X)

X	*	F(X)
3.03	*	28.593
3.03	*	29.198
3.00	*	28.012
1.98	*	26.336
2.00	*	29.629
1.98	*	29.890
0.99	*	30.408
1.00	*	29.964
1.00	*	27.377

CARGA (KGF) = 1000.

POLINOMIO

POL = 29.44947*X** 0 + -0.31205*X** 1 +

VALOR PREVISTO PARA RELACAO DO/HO IGUAL A ZERO

PONTO	POLINOMIO
0.0000	29.4494

TABELA DOS VALORES DE X E DA F(X)

X	*	F(X)
3.03	*	37.972
3.03	*	37.670
3.00	*	35.542
1.98	*	34.851
2.00	*	37.737
1.98	*	37.735
0.99	*	38.883
1.00	*	38.369
1.00	*	36.036

CARGA (KGF) = 1250.

POLINOMIO

POL = 37.86631*X** 0 + -0.33222*X** 1 +

VALOR PREVISTO PARA RELACAO DO/HO IGUAL A ZERO

PONTO	POLINOMIO
0.0000	37.8663

TABELA DOS VALORES DE X E DA F(X)

X	*	F(X)
3.03	*	43.721
3.03	*	43.872
3.00	*	42.771
1.98	*	41.980
2.00	*	44.344
1.98	*	44.587
0.99	*	45.463
1.00	*	45.072
1.00	*	42.742

CARGA (KGF) = 1500.

POLINOMIO

POL = 44.78624*X** 0 + -0.47187*X** 1 +

VALOR PREVISTO PARA RELACAO DO/HO IGUAL A ZERO

PONTO	POLINOMIO
0.0000	44.7862

TABELA DOS VALORES DE X E DA F(X)

X	*	F(X)
3.03	*	48.714
3.03	*	48.865
3.00	*	47.891
1.98	*	47.920
2.00	*	49.649
1.98	*	50.148
0.99	*	50.697
1.00	*	50.375
1.00	*	47.947

CARGA (KGF) = 1750.

POLINOMIO

POL = 50.30066*X** 0 + -0.58127*X** 1 +

VALOR PREVISTO PARA RELACAO DO/HO IGUAL A ZERO

PONTO	POLINOMIO
0.0000	50.3006

TABELA DOS VALORES DE X E DA F(X)

X	*	F(X)
3.03	*	53.101
3.03	*	52.344
3.00	*	52.710
1.98	*	52.277
2.00	*	53.653
1.98	*	54.518
0.99	*	55.234
1.00	*	54.727
1.00	*	52.352

CARGA (KGF) = 2000.

 POLINOMIO

POL = 54.80837*X** 0 + -0.68432*X** 1 +

VALOR PREVISTO PARA RELACAO DO/HO IGUAL A ZERO

PONTO	POLINOMIO
0.0000	54.8083

TABELA DOS VALORES DE X E DA F(X)

X	*	F(X)
3.03	*	57.034
3.03	*	56.278
3.00	*	56.536
1.98	*	56.237
2.00	*	57.357
1.98	*	58.291
0.99	*	58.823
1.00	*	58.529
1.00	*	56.756

CARGA (KGF) = 2250.

POLINOMIO

POL = 58.72122*X** 0 + -0.70040*X** 1 +

VALOR PREVISTO PARA RELACAO DO/HO IGUAL A ZERO

PONTO	POLINOMIO
0.0000	58.7212

TABELA DOS VALORES DE X E DA F(X)

X	*	F(X)
3.03	*	60.363
3.03	*	59.455
3.00	*	59.036
1.98	*	59.306
2.00	*	60.660
1.98	*	61.271
0.99	*	62.113
1.00	*	61.580
1.00	*	59.759

CARGA (KGF) = 2500.

POLINOMIO

POL = 61.90680*X** 0 + -0.75405*X** 1 +

VALOR PREVISTO PARA RELACAO DO/HO IGUAL A ZERO

PONTO	POLINOMIO
0.0000	61.9068

TABELA DOS VALORES DE X E DA F(X)

X	*	F(X)
3.03	*	62.934
3.03	*	62.178
3.00	*	62.048
1.98	*	62.277
2.00	*	63.863
1.98	*	63.952
0.99	*	64.755
1.00	*	64.282
1.00	*	63.163

CARGA (KGF) = 2750.

POLINOMIO

POL = 64.93185*X** 0 + -0.82698*X** 1 +

VALOR PREVISTO PARA RELACAO DO/HO IGUAL A ZERO

PONTO	POLINOMIO
0.0000	64.9318

TABELA DOS VALORES DE X E DA F(X)

X	*	F(X)
3.03	*	65.506
3.03	*	63.993
3.00	*	63.855
1.98	*	65.049
2.00	*	65.165
1.98	*	66.236
0.99	*	67.198
1.00	*	66.583
1.00	*	65.565

CARGA (KGF) = 3000.

POLINOMIO

POL = 67.43795*X** 0 + -0.98520*X** 1 +

VALOR PREVISTO PARA RELACAO DO/HO IGUAL A ZERO

PONTO	POLINOMIO
0.0000	67.4379

C O B R E

R E S U L T A D O S

TABELA DOS VALORES DE X E DA F(X)

X	*	F(X)
2.99	*	0.598
2.99	*	0.898
2.99	*	0.749
2.00	*	0.800
2.00	*	1.204
2.01	*	0.504
1.00	*	0.650
0.99	*	0.995
0.99	*	0.649

CARGA (KGF) = 250.

POLINOMIO

POL = $0.80056 * X^{** 0} + -0.00857 * X^{** 1} +$

VALOR PREVISTO PARA RELACAO DO/HO IGUAL A ZERO

PONTO	POLINOMIO
0.0000	0.8005

TABELA DOS VALORES DE X E DA F(X)

X	*	F(X)
2.99	*	1.796
2.99	*	2.395
2.99	*	1.949
2.00	*	2.700
2.00	*	2.510
2.01	*	2.016
1.00	*	2.103
0.99	*	2.189
0.99	*	2.047

CARGA (KGF) = 500.

POLINOMIO

POL = 2.25602*X** 0 + -0.03319*X** 1 +

VALOR PREVISTO PARA RELACAO DO/HO IGUAL A ZERO

PONTO	POLINOMIO
0.0000	2.2560

TABELA DOS VALORES DE X E DA F(X)

X	*	F(X)
2.99	*	3.293
2.99	*	4.191
2.99	*	3.898
2.00	*	3.600
2.00	*	4.317
2.01	*	4.133
1.00	*	3.855
0.99	*	3.980
0.99	*	3.896

CARGA (KGF) = 750.

POLINOMIO

POL = 4.02188*X** 0 + -0.05733*X** 1 +

VALOR PREVISTO PARA RELACAO DO/HO IGUAL A ZERO

PONTO	POLINOMIO
0.0000	4.0218

TABELA DOS VALORES DE X E DA F(X)

X	*	F(X)
2.99	*	5.389
2.99	*	6.137
2.99	*	5.847
2.00	*	5.600
2.00	*	6.325
2.01	*	6.350
1.00	*	5.858
0.99	*	6.069
0.99	*	6.043

CARGA (KGF) = 1000.

POLINOMIO

POL = 6.15519*X** 0 + -0.09860*X** 1 +

VALOR PREVISTO PARA RELACAO DO/HO IGUAL A ZERO

PONTO	POLINOMIO
0.0000	6.1551

TABELA DOS VALORES DE X E DA F(X)

X	*	F(X)
2.99	*	10.179
2.99	*	10.479
2.99	*	10.044
2.00	*	10.200
2.00	*	10.843
2.01	*	10.282
1.00	*	10.315
0.99	*	10.547
0.99	*	10.439

CARGA (KGF) = 1500.

POLINOMIO

POL = $10.56982 * X^{**} 0 + -0.09986 * X^{**} 1 +$

VALOR PREVISTO PARA RELACAO DO/HO IGUAL A ZERO

PONTO	POLINOMIO
0.0000	10.5698

TABELA DOS VALORES DE X E DA F(X)

X	*	F(X)
2.99	*	15.269
2.99	*	15.568
2.99	*	15.142
2.00	*	15.600
2.00	*	15.963
2.01	*	15.826
1.00	*	15.473
0.99	*	15.771
0.99	*	15.534

CARGA (KGF) = 2000.

POLINOMIO

POL = 15.83644*X** 0 + -0.13215*X** 1 +

VALOR PREVISTO PARA RELACAO DO/HO IGUAL A ZERO

PONTO	POLINOMIO
0.0000	15.8364

TABELA DOS VALORES DE X E DA F(X)

X	*	F(X)
2.99	*	20.359
2.99	*	21.107
2.99	*	20.539
2.00	*	21.400
2.00	*	21.586
2.01	*	21.572
1.00	*	21.081
0.99	*	21.442
0.99	*	21.078

CARGA (KGF) = 2500.

POLINOMIO

POL = 21.65923*X** 0 + -0.26476*X** 1 +

VALOR PREVISTO PARA RELACAO DO/HO IGUAL A ZERO

PONTO	POLINOMIO
0.0000	21.6592

TABELA DOS VALORES DE X E DA F(X)

X	*	F(X)
2.99	*	25.898
2.99	*	26.646
2.99	*	26.086
2.00	*	28.200
2.00	*	27.309
2.01	*	27.016
1.00	*	26.890
0.99	*	27.313
0.99	*	27.022

CARGA (KGF) = 3000.

POLINOMIO

POL = 27.79528*X** 0 + -0.43202*X** 1 +

VALOR PREVISTO PARA RELACAO DO/HO IGUAL A ZERO

PONTO	POLINOMIO
0.0000	27.7952

TABELA DOS VALORES DE X E DA F(X)

X	*	F(X)
2.99	*	31.137
2.99	*	32.185
2.99	*	31.484
2.00	*	32.600
2.00	*	32.530
2.01	*	32.762
1.00	*	32.398
0.99	*	32.935
0.99	*	32.517

CARGA (KGF) = 3500.

POLINOMIO

POL = 33.29680*X** 0 + -0.50684*X** 1 +

VALOR PREVISTO PARA RELACAO DO/HO IGUAL A ZERO

PONTO	POLINOMIO
0.0000	33.2968

TABELA DOS VALORES DE X E DA F(X)

X	*	F(X)
2.99	*	36.227
2.99	*	36.826
2.99	*	36.131
2.00	*	37.400
2.00	*	37.751
2.01	*	37.701
1.00	*	37.606
0.99	*	38.159
0.99	*	37.562

CARGA (KGF) = 4000.

POLINOMIO

POL = 38.64273*X** 0 + -0.69013*X** 1 +

VALOR PREVISTO PARA RELACAO DO/HO IGUAL A ZERO

PONTO	POLINOMIO
0.0000	38.6427

TABELA DOS VALORES DE X E DA F(X)

X	*	F(X)
2.99	*	40.718
2.99	*	41.317
2.99	*	40.779
2.00	*	41.900
2.00	*	42.168
2.01	*	42.237
1.00	*	42.363
0.99	*	42.686
0.99	*	42.207

CARGA (KGF) = 4500.

POLINOMIO

POL = 43.30043*X** 0 + -0.74047*X** 1 +

VALOR PREVISTO PARA RELACAO DO/HO IGUAL A ZERO

PONTO	POLINOMIO
0.0000	43.3004

TABELA DOS VALORES DE X E DA F(X)

X	*	F(X)
2.99	*	44.910
2.99	*	45.209
2.99	*	44.827
2.00	*	45.700
2.00	*	45.783
2.01	*	45.766
1.00	*	46.419
0.99	*	46.716
0.99	*	46.403

CARGA (KGF) = 5000.

POLINOMIO

POL = 47.28236*X** 0 + -0.76722*X** 1 +

VALOR PREVISTO PARA RELACAO DO/HO IGUAL A ZERO

PONTO	POLINOMIO
0.0000	47.2823

TABELA DOS VALORES DE X E DA F(X)

X	*	F(X)
2.99	*	51.047
2.99	*	51.646
2.99	*	51.124
2.00	*	52.700
2.00	*	52.108
2.01	*	52.217
1.00	*	52.929
0.99	*	53.084
0.99	*	52.797

CARGA (KGF) = 6000.

POLINOMIO

POL = 53.85092*X** 0 + -0.83373*X** 1 +

VALOR PREVISTO PARA RELACAO DO/HO IGUAL A ZERO

PONTO	POLINOMIO
0.0000	53.8509

TABELA DOS VALORES DE X E DA F(X)

X	*	F(X)
2.99	*	57.035
2.99	*	56.586
2.99	*	55.922
2.00	*	58.000
2.00	*	57.429
2.01	*	56.955
1.00	*	58.187
0.99	*	58.407
0.99	*	58.191

CARGA (KGF) = 7000.

POLINOMIO

POL = 59.16602*X** 0 + -0.87680*X** 1 +

VALOR PREVISTO PARA RELACAO DO/HO IGUAL A ZERO

PONTO	POLINOMIO
0.0000	59.1660

TABELA DOS VALORES DE X E DA F(X)

X	*	F(X)
2.99	*	61.377
2.99	*	60.628
2.99	*	60.119
2.00	*	62.000
2.00	*	60.943
2.01	*	61.088
1.00	*	62.393
0.99	*	62.885
0.99	*	62.537

CARGA (KGF) = 8000.

POLINOMIO

POL = 63.45813*X** 0 + -0.95301*X** 1 +

VALOR PREVISTO PARA RELACAO DO/HO IGUAL A ZERO

PONTO	POLINOMIO
0.0000	63.4581

TABELA DOS VALORES DE X E DA F(X)

X	*	F(X)
2.99	*	64.520
2.99	*	64.221
2.99	*	63.568
2.00	*	65.500
2.00	*	64.357
2.01	*	64.314
1.00	*	66.049
0.99	*	66.069
0.99	*	65.934

CARGA (KGF) = 9000.

POLINOMIO

POL = 66.87132*X** 0 + -0.96181*X** 1 +

VALOR PREVISTO PARA RELACAO DO/HO IGUAL A ZERO

PONTO	POLINOMIO
0.0000	66.8713

TABELA DOS VALORES DE X E DA F(X)

X	*	F(X)
2.99	*	67.065
2.99	*	67.215
2.99	*	66.416
2.00	*	68.600
2.00	*	67.269
2.01	*	67.036
1.00	*	68.803
0.99	*	68.905
0.99	*	68.781

CARGA (KGF) = 10000.

POLINOMIO

POL = 69.72792*X** 0 + -0.97022*X** 1 +

VALOR PREVISTO PARA RELACAO DO/HO IGUAL A ZERO

PONTO	POLINOMIO
0.0000	69.7279

PROGRAMA PARA TRAÇAGEM DA CURVA
TENSÃO - DEFORMAÇÃO NATURAL

PAGE 1

// JOB T

LOG DRIVE	CART SPEC	CART AVAIL	PHY DRIVE
0000	0002	0002	0000

V2 M11 ACTUAL 16K CONFIG 16K

// FOR

*LIST SOURCE PROGRAM

*IOCS(CARD,1132PRINTER,PLOTTER)

C

C PROGRAMA PARA TRACAGEM DA CURVA

C TENSÃO - DEFORMAÇÃO NATURAL

C

C A L U M I N I O

C

```

1 READ(2,1)TMAX
  FORMAT(F10.4)
  ESCX=6./1.6
  ESCY=8./TMAX
  CALL SCALF(ESCX,ESCY,0.,0.)
  DO 11 K=5,1105,5
    ACR=FLOAT(K)/1000.-0.005
    POL=4.435+20.992*ACR-31.006*ACR**2+27.556*ACR**3
    A=9.790*ACR**4
11  CALL FPLOT(2,ACR,POL)
    CALL FPLOT(1,0.,0.)
13  READ(2,12)T,ALN,IPARA,IP
12  FORMAT(2F15.6,I2,8X,I2)
    IF(IP) 21,21,20
21  CALL FPLOT(1,ALN,T)
    CALL FPLOT(2,ALN,T)
    CALL POINT(1)
    PAUSE
    GO TO 15
20  CALL FPLOT(1,ALN,T)
    CALL FPLOT(2,ALN,T)
    CALL POINT(2)
    PAUSE
    GO TO 15
15  CONTINUE
    IF(IPARA)14,13,14
14  CALL FPLOT(1,0.,0.)
    CALL FGRID(0,0.,0.,3.5,1)
    CALL FGRID(1,3.5,0.,TMAX,1)
    CALL FGRID(2,3.5,TMAX,3.5,1)
    CALL FGRID(3,0.,TMAX,TMAX,1)
    DO 2 J=5,30,5
      A=FLOAT(J)/10.
      B=0.
      CALL FPLOT(1,A,0.)
3    B=B+TMAX/200.*3.
      CALL FPLOT(2,A,B)
      B=B+TMAX/200.*3.
      CALL FPLOT(1,A,B)
      IF(B-TMAX)3,2,2
2    CONTINUE
      L=IFIX(TMAX)
      DO 4 K=10,L,10

```

PAGE 2

```

      B=FLOAT(K)
      CALL FCHAR(-0.07,B,0.11,0.13,0.)
      WRITE(7,10)B
10    FORMAT(F3.0)
      A=0.
      CALL FPLOT(1,0.,B)
5     A=A+0.016
      CALL FPLOT(2,A,B)
      A=A+0.016
      CALL FPLOT(1,A,B)
      IF(A-3.5)5,4,4
4     CONTINUE
      DO 6 M=5,40,5
      C=TMAX/20.
      A=(FLOAT(M)-5.)/10.
      AA=A-0.025
      D=A-0.016
      CALL FCHAR(AA,-C,0.11,0.13,0.)
      WRITE(7,7)A
7     FORMAT(F3.1)
6     CONTINUE
      F=TMAX/10
      CALL FCHAR(0.8,-F,0.11,0.13,0.)
      WRITE(7,8)
8     FORMAT(' D E F O R M A C A O   N A T U R A L')
      E=TMAX/3.
      CALL FCHAR(-0.1,E,0.11,0.13,1.5708)
      WRITE(7,9)
9     FORMAT('TENSAO (KGF/MM**2)')
      CALL FPLOT(1,0.,0.)
      CALL EXIT
      END

```

FEATURES SUPPORTED
IOCS

CORE REQUIREMENTS FOR
COMMON 0 VARIABLES 46 PROGRAM 576

END OF COMPILATION

// XEQ

PAGE 1

// JOB T

LOG DRIVE	CART SPEC	CART AVAIL	PHY DRIVE
0000	0002	0002	0000

V2 M11 ACTUAL 16K CONFIG 16K

// FOR

*LIST SOURCE PROGRAM

*IOCS(CARD,1132PRINTER,PLOTTER)

C

C

PROGRAMA PARA TRACAGEM DA CURVA

C

TENSÃO - DEFORMAÇÃO NATURAL

C

C

C O B R E

C

READ(2,1)TMAX

1

FORMAT(F10.4)

ESCX=6./1.2

ESCY=8./TMAX

CALL SCALF(ESCX,ESCY,0.,0.)

DO 11 K=5,905,5

ACR=FLOAT(K)/1000.-0.005

POL = 6.333 + 125.224*ACR - 259.297*ACR**2

A + 273.491*ACR**3 - 109.557*ACR**4

11

CALL FPLOT(2,ACR,POL)

CALL FPLOT(1,0.,0.)

13

READ(2,12)T,ALN,IPARA,IP

12

FORMAT(2F15.6,I2,8X,I2)

IF(IP) 21,21,20

21

CALL FPLOT(1,ALN,T)

CALL FPLOT(2,ALN,T)

CALL POINT(1)

PAUSE

GO TO 15

20

CALL FPLOT(1,ALN,T)

CALL FPLOT(2,ALN,T)

CALL POINT(2)

PAUSE

GO TO 15

15

CONTINUE

IF (IPARA)14,13,14

14

CALL FPLOT(1,0.,0.)

CALL FGRID(0,0.,0.,2.4,1)

CALL FGRID(1,2.4,0.,TMAX,1)

CALL FGRID(2,2.4,TMAX,2.4,1)

CALL FGRID(3,0.,TMAX,TMAX,1)

DO 2 J=2,22,2

A=FLOAT(J)/10.

B=0.

CALL FPLOT(1,A,0.)

3

B=B+TMAX/200.*3.

CALL FPLOT(2,A,B)

B=B+TMAX/200.*3.

CALL FPLOT(1,A,B)

IF(B-TMAX)3,2,2

2

CONTINUE

L=FIX(TMAX)

DO 4 K=10,L,10

PAGE 2

```

      B=FLOAT(K)
      CALL FCHAR(-0.07,B,0.11,0.13,0.)
      WRITE(7,10)B
10    FORMAT(F3.0)
      A=0.
      CALL FPLOT(1,0.,B)
5     A=A+0.016
      CALL FPLOT(2,A,B)
      A=A+0.016
      CALL FPLOT(1,A,B)
      IF(A-2.4)5,4,4
4     CONTINUE
      DO 6 M=4,28,4
      C=TMAX/20.
      A=(FLOAT(M)-4.)/10.
      AA=A-0.025
      D=A-0.016
      CALL FCHAR(AA,-C,0.11,0.13,0.)
      WRITE(7,7)A
7     FORMAT(F3.1)
6     CONTINUE
      F=TMAX/10
      CALL FCHAR(0.8,-F,0.11,0.13,0.)
      WRITE(7,8)
8     FORMAT(' D E F O R M A C A O   N A T U R A L ')
      E=TMAX/3.
      CALL FCHAR(-0.1,E,0.11,0.13,1.5708)
      WRITE(7,9)
9     FORMAT(' T E N S A O   ( K G F / M M * * 2 ) ')
      CALL FPLOT(1,0.,0.)
      CALL EXIT
      END

```

FEATURES SUPPORTED

IOCS

CORF REQUIREMENTS FOR

COMMON 0 VARIABLES 46 PROGRAM 576

END OF COMPILATION

// XEQ

RESULTADOS DOS POLINÔMIOS AJUSTADOS
PARA AS CURVAS DE TENSÃO-DEFORMAÇÃO.

* POLINOMIO USADO= 4.435+ 20.992X+ -31.006X2+ 27.556X3+ -9.790X4+
* VALOR DE X= 0.1000 VALOR DE Y LIDO= 6.2500 VALOR DE Y CALCULADO= 6.2514 *
* VALOR DE X= 0.2000 VALOR DE Y LIDO= 7.6000 VALOR DE Y CALCULADO= 7.5987 *
* VALOR DE X= 0.3000 VALOR DE Y LIDO= 8.6000 VALOR DE Y CALCULADO= 8.6075 *
* VALOR DE X= 0.4000 VALOR DE Y LIDO= 9.4000 VALOR DE Y CALCULADO= 9.3846 *
* VALOR DE X= 0.5000 VALOR DE Y LIDO= 10.0000 VALOR DE Y CALCULADO= 10.0129 *
* VALOR DE X= 0.6000 VALOR DE Y LIDO= 10.5400 VALOR DE Y CALCULADO= 10.5521 *
* VALOR DE X= 0.7000 VALOR DE Y LIDO= 11.0500 VALOR DE Y CALCULADO= 11.0383 *
* VALOR DE X= 0.8000 VALOR DE Y LIDO= 11.5000 VALOR DE Y CALCULADO= 11.4841 *
* VALOR DE X= 0.9000 VALOR DE Y LIDO= 11.8500 VALOR DE Y CALCULADO= 11.8786 *
* VALOR DE X= 1.0000 VALOR DE Y LIDO= 12.2000 VALOR DE Y CALCULADO= 12.1875 *
* VALOR DE X= 1.1000 VALOR DE Y LIDO= 12.3500 VALOR DE Y CALCULADO= 12.3528 *

```

11 5 1
-5.0000 -4.0000 -3.0000 -1.9999 -0.9999 0.0000 1.0000 2.0000 3.0000
1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000 1.00000
***** 11.00000002 10.12181815 39.40836358 3.94083635
11 5 2
-5.0000 -4.0000 -3.0000 -1.9999 -0.9999 0.0000 1.0000 2.0000 3.0000
-1.00000 -0.80000 -0.60000 -0.40000 -0.19999 0.00000 0.20000 0.40000 0.60000
12.78000005 4.40000000 2.90454546 2.28827272 0.25425252
11 5 3
-5.0000 -4.0000 -3.0000 -1.9999 -0.9999 0.0000 1.0000 2.0000 3.0000
1.00000 0.40000 -0.06666 -0.40000 -0.60000 -0.66666 -0.60000 -0.39999 -0.06666
-2.25999991 3.81333333 -0.74999997 0.14327271 0.01790908
11 5 4
-5.0000 -4.0000 -3.0000 -1.9999 -0.9999 0.0000 1.0000 2.0000 3.0000
-1.00000 0.20000 0.73333 0.76666 0.46666 0.00000 -0.46666 -0.76666 -0.73333
0.69666679 4.76666666 0.14615387 0.04145221 0.00592174
11 5 5
-5.0000 -4.0000 -3.0000 -1.9999 -0.9999 0.0000 1.0000 2.0000 3.0000
1.00000 -1.00000 -1.00000 -0.16666 0.66666 1.00000 0.66666 -0.16666 -1.00000
-0.55999980 7.94444444 -0.07048948 0.00197808 0.00032968
11 5 6
-5.0000 -4.0000 -3.0000 -1.9999 -0.9999 0.0000 1.0000 2.0000 3.0000
-1.00000 2.00000 0.33333 -1.33333 -1.33333 0.00000 1.33333 1.33333 -0.33333
0.01666647 17.33333333 0.00096152 0.00196206 0.00039241

```

* POLINOMIO USADO= 6.333+ 125.224X+-259.297X2+ 273.491X3+-109.557X4+
* VALOR DE X= 0.1000 VALOR DE Y LIDO= 16.4000 VALOR DE Y CALCULADO= 16.5259 *
* VALOR DE X= 0.2000 VALOR DE Y LIDO= 23.0000 VALOR DE Y CALCULADO= 23.0195 *
* VALOR DE X= 0.3000 VALOR DE Y LIDO= 26.8000 VALOR DE Y CALCULADO= 27.0613 *
* VALOR DE X= 0.4000 VALOR DE Y LIDO= 29.7000 VALOR DE Y CALCULADO= 29.6348 *
* VALOR DE X= 0.5000 VALOR DE Y LIDO= 31.2000 VALOR DE Y CALCULADO= 31.4608 *
* VALOR DE X= 0.6000 VALOR DE Y LIDO= 33.0000 VALOR DE Y CALCULADO= 32.9969 *
* VALOR DE X= 0.7000 VALOR DE Y LIDO= 34.3000 VALOR DE Y CALCULADO= 34.4380 *
* VALOR DE X= 0.8000 VALOR DE Y LIDO= 35.6000 VALOR DE Y CALCULADO= 35.7160 *
* VALOR DE X= 0.9000 VALOR DE Y LIDO= 36.4000 VALOR DE Y CALCULADO= 36.4997 *

// XEQ

180

```
  9  4  1
-4.0000 -3.0000 -2.0000 -1.0000  0.0000  0.9999  1.9999  3.0000  4.0000
 1.00000  1.00000  1.00000  1.00000  1.00000  1.00000  1.00000  1.00000  1.00000
*****  9.00000000  29.60000003 *****  43.01249997
  9  4  2
-4.0000 -3.0000 -2.0000 -1.0000  0.0000  0.9999  1.9999  3.0000  4.0000
-1.00000 -0.75000 -0.50000 -0.25000  0.00000  0.24999  0.49999  0.75000  1.00000
34.02499987  3.75000000  9.07333330  35.37983323  5.05426189
  9  4  3
-4.0000 -3.0000 -2.0000 -1.0000  0.0000  0.9999  1.9999  3.0000  4.0000
 1.00000  0.25000 -0.28571 -0.60714 -0.71428 -0.60714 -0.28571  0.25000  1.00000
*****  3.53571428 -2.93030298  5.01980075  0.83663346
  9  4  4
-4.0000 -3.0000 -2.0000 -1.0000  0.0000  0.9999  1.9999  3.0000  4.0000
-1.00000  0.49999  0.92857  0.64285  0.00000 -0.64285 -0.92857 -0.50000  1.00000
 4.61428553  5.05102041  0.91353531  0.80448776  0.16089755
  9  4  5
-4.0000 -3.0000 -2.0000 -1.0000  0.0000  0.9999  1.9999  3.0000  4.0000
 1.00000 -1.50000 -0.78571  0.64285  1.28571  0.64285 -0.78571 -1.49999  0.99999
-2.68571409 10.21428572 -0.26293704  0.09831388  0.02457847
  9  4  6
-4.0000 -3.0000 -2.0000 -1.0000  0.0000  0.9999  1.9999  3.0000  4.0000
-1.00000  2.74999 -1.00000 -2.25000  0.00000  2.25000  1.00000 -2.74999  1.00000
 0.27499944 29.25000000  0.00940169  0.09572842  0.03190947
```

PROGRAMA PARA CÁLCULO PELO MÉTODO DOS
MÍNIMOS QUADRADOS DA RETA DE EXTRAPO
LAÇÃO DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO.

// JOB T

LOG DRIVE	CART SPEC	CART AVAIL	PHY DRIVE
0000	0002	0002	0000

V2 M11 ACTUAL 16K CONFIG 16K

// FOR

*LIST SOURCE PROGRAM

*IOCS (CARD,1132 PRINTER)

C

C

C PROGRAMA CALCULO METODO DOS MINIMOS QUADRADOS
 C RETA EXTRAPOLACAO CURVA TENSAO - DEFORMACAO
 C

C

```

      DIMENSION X(50),Y(50),A(20,21),C(20),SUMX(50),
1 SUMY(50),XX(40),POL(40),KJL(40)
      READ(2,51) NP,NGRAU
51  FORMAT(2I2)
      READ(2,52)(Y(J),X(J),J=1,NP)
52  FORMAT(2F12.5)
      DO 62 I=1,NP
      AA =X(I)
      X(I)=ALOG(AA)
62  CONTINUE
      READ(2,66) KVIS
66  FORMAT(I2)
      DO 67 I=1,KVIS
      READ(2,68) XX(I)
68  FORMAT(F10.4)
67  CONTINUE
      DO 77 I=1,KVIS
      BB= XX(I)
      ;)(I)=ALOG(BB)
77  CONTINUE
      DO 99 I=1,NP
99  CONTINUE
      KL=NGRAU*2
      DO 01 I=1,KL
      SUMX(I)=0.
      DO 01 J=1,NP
01  SUMX(I)=SUMX(I)+X(J)**I
      N=NGRAU+1
      DO 02 I=1,N
      DO 02 J=1,N
      K=I+J-2
      IF(K)1000,1000,1001
1001 A(I,J)=SUMX(K)
      GO TO 02
1000 A(1,1)=FLOAT(NP)
02  CONTINUE
      SUMY(1)=0.
      DO 03 J=1,NP
03  SUMY(1)=SUMY(1)+Y(J)
      DO 04 I=2,N
      SUMY(I)=0.
      DO 04 J=1,NP
04  SUMY(I)=SUMY(I)+Y(J)*X(J)**(I-1)
      N1=N-1
      DO 05 K=1,N1

```

PAGE 2

```

      K1=K+1
      L=K
      DO 06 I=K1,N
      IF (ABS(A(I,K))-ABS(A(L,K)))06,06,1011
1011  L=I
      06  CONTINUE
      IF (L-K)1020,1020,1021
1021  DO 07 J=K,N
      TEMP=A(K,J)
      A(K,J)=A(L,J)
      07  A(L,J)=TEMP
      TEMP=SUMY(K)
      SUMY(K)=SUMY(L)
      SUMY(L)=TEMP
1020  DO 05 I=K1,N
      FAT=A(I,K)/A(K,K)
      A(I,K)=0.
      DO 08 J=K1,N
      08  A(I,J)=A(I,J)-FAT*A(K,J)
      05  SUMY(I)=SUMY(I)-FAT*SUMY(K)
      C(N)=SUMY(N)/A(N,N)
      I=N1
1031  I1=I+1
      SUM=0.
      DO 09 J=I1,N
      09  SUM=SUM+A(I,J)*C(J)
      C(I)=(SUMY(I)-SUM)/A(I,I)
      I=I-1
      IF (I)1030,1030,1031
1030  CONTINUE
      WRITE(3,95)
      95  FORMAT('1',////,10X,'TABELA DOS VALORES DE X E DA F(X)',
      1//,20X,'X',5X,'*',5X,'F(X)')
      DO 11 J=1,NP
      WRITE(3,100) X(J),Y(J)
      100  FORMAT(1X,/,15X,F12.6,4X,'*',F12.6)
      11  CONTINUE
      DO 14 I=1,N
      14  KJL(I)=I-1
      WRITE(3,104) (C(J),KJL(J),J=1,N)
      104  FORMAT(1X,///,10X,'POLINOMIO',///,10X,'POL =',
      12(F12.5,'*X**',I2,2X,'+'),//,14X,2(F12.5,'*X**',
      2I2,2X,'+'))
      DO 16 KLO=1,KVIS
      POL(KLO)=C(1)
      IF 16 IEX=2,N
      16  POL(KLO)=POL(KLO)+C(IEX)* XX(KLO)**(IEX-1)
      WRITE(3,106) (XX(KLO),POL(KLO),KLO=1,KVIS)
      106  FORMAT('1',///,20X,'PONTO',5X,'POLINOMIO',/,10(1X,/,
      115X,F10.3,3X,F10.3))
      CALL EXIT
      END

```

FEATURES SUPPORTED
IOCS

CORE REQUIREMENTS FOR
COMMON 0 VARIABLES 1564 PROGRAM 1064

END OF COMPILATION

TABELA DOS VALORES DE X E DA F(X)

X	*	F(X)
-0.230294	*	11.502000
-0.122393	*	11.825000
-0.035523	*	12.128000
0.046788	*	12.286001
0.115112	*	12.448001

POLINOMIO

$$\text{POL} = 12.16242 * X^{**} 0 + 2.75351 * X^{**} 1 +$$

PONTO	POLINOMIO
0.000	12.162
0.095	12.424
0.182	12.664
0.262	12.884
0.336	13.088
0.405	13.278
0.470	13.456
0.530	13.623
0.587	13.780
0.641	13.929
0.693	14.071
0.741	14.205
0.788	14.333
0.832	14.455
0.875	14.573
0.916	14.685
0.955	14.793
0.993	14.897
1.029	14.997
1.064	15.094
1.098	15.187
1.131	15.277
1.163	15.365
1.193	15.449
1.223	15.532
1.252	15.611

TABELA DOS VALORES DE X E DA F(X)

X	*	F(X)
-0.257088	*	35.461006
-0.110149	*	36.618003
0.006677	*	37.458000
0.099664	*	38.202003
0.178062	*	38.799003

POLINOMIO

$$\text{POL} = 37.43427 \cdot X^{0} + 7.64648 \cdot X^{1} +$$

PONTO	POLINOMIO
0.000	37.434
0.095	38.163
0.182	38.828
0.262	39.440
0.336	40.007
0.405	40.534
0.470	41.028
0.530	41.491
0.587	41.928
0.641	42.342
0.693	42.734
0.741	43.107
0.788	43.463
0.832	43.803
0.875	44.128

PROGRAMA PARA CÁLCULO DA
TENSÃO MÉDIA DE ESCOAMENTO.

PAGE 1

// JOB T

LOG DRIVE	CART SPEC	CART AVAIL	PHY DRIVE
0000	0002	0002	0000

V2 M11 ACTUAL 16K CONFIG 16K

// FOR

*LIST SOURCE PROGRAM

```

C
C   FUNCAO AREA1 PARA CALCULO DA INTEGRAL
C
C   FUNCTION AREA(X,F,N,A,B)
C   DIMENSION F(50),X(50)
C   SUM=0.
C   DO 1 I=2,N
1   SUM=SUM+0.5*(F(I)+F(I-1))*(X(I)-X(I-1))
C   AREA = SUM
C   RETURN
C   END

```

CORE REQUIREMENTS FOR AREA

COMMON 0 VARIABLES 10 PROGRAM 80

RELATIVE ENTRY POINT ADDRESS IS 0010 (HEX)

END OF COMPILATION

// DUP

*STORE	WS	UA	AREA
CART ID 0002	DB ADDR 3AC0	DB CNT 0007	

// FOR

*LIST SOURCE PROGRAM

*IOCS(CARD,1132 PRINTER)

```

C
C   PROGRAMA PARA CALCULO DA TENSAO MEDIA DE ESCOAMENTO
C
C
C   A L U M I N I O
C

```

```

REAL INTEG
REAL INT3
DIMENSION XLNR(50),YT(50),Y(1000),XLAUX(1000),XLEXT(1000)
DIMENSION H(500)
READ(2,180)N,TOL
180  FORMAT(I3,F15.6)
READ (2,200) NPEXP
200  FORMAT(I2)
READ (2,202) (XLNR(I),YT(I),I=1,NPEXP)
202  FORMAT(2F15.6)
READ(2,204)RLIM1
204  FORMAT(F10.4)
AREA1=AREA(XLNR,YT,NPEXP,RLIM1,R1)
R1=0.
WRITE(3,300) R1,RLIM1,NPEXP,AREA1
300  FORMAT('1',29X,'R1      =',F10.6,/,30X,'RLIM1 =',
AF10.6,/,30X,'NPEXP =',I3,/,50X,'VALOR DA INTEGRAL',
B/,50X'TRECHO 0.0 A 0.1 =',F10.6)

```



```

      READ (2,206)RLIM2
206  FORMAT(F12.6)
188  READ(2,98) R,IFLAG
   88  FORMAT(F15.6,5X,I4)
      IF(R-RLIM2) 10,10,20
C     CALCULO INTEGRAL DA AREA TRECHO POLINOMIO AJUSTADO
10   INTEG = 4.435 * (R-RLIM1) + 20.992*(R**2/2. - RLIM1**2/2.)
      A=31.006*(R**3/3.-RLIM1**3/3.)+27.556*(R**4/4.-RLIM1**4/4.)
      B=9.790*(R**5/5.-RLIM1**5/5.)
      WRITE(3,302) RLIM1,R,INTEG
302  FORMAT(//,30X,'RLIM1 =',F10.6,/,30X,'R      =',
      AF10.6,//,50X,'VALOR DA INTEGRAL',/,50X,
      B'TRECHO 0.1 A R      =',F10.6)
      AREAT=AREA1+INTEG
      WRITE(3,410)R1,R,AREAT
      YMED = AREAT/R
      WRITE(3,111)YMED
      GO TO 99
20   INTEG = 4.435*(RLIM2-RLIM1)+20.992*(RLIM2**2/2.-RLIM1**2.
      A/2.)-31.006*(RLIM2**3/3.-RLIM1**3/3.)+27.556*(RLIM2**4/4.
      B-RLIM1**4/4.)-9.790*(RLIM2**5/5.-RLIM1**5/5.)
      WRITE(3,304) RLIM2, INTEG
304  FORMAT(//,30X,'RLIM2 =',F10.6,/,50X,'VALOR DA INTEGRAL',
      A/,50X,'TRECHO 0.1 A RLIM2 =',F10.6)
      CONTINUE
      NIT=10
      XLEXT(1)=RLIM2
      A=RLIM2
      B=R
9     XLH=(B-A)/FLOAT(NIT)
      H(1)=0.
      NPINT=NIT+1
      DO 25 I=2, NPINT
25    H(I)=H(I-1)+XLH
      DO 40 I=2, NPINT
40    XLEXT(I)=XLEXT(I-1)+H(I)
      DO 50 II=1, NPINT
      XLAUX(II) = XLEXT(II)
      AA =XLAUX(II)
      XLAUX(II) = ALOG (AA)
50    CONTINUE
      DO 60 K=1, NPINT
60    Y(K)=12.16242+2.75351*XLAUX(K)
      INT3 =AREA (XLEXT,Y,NIT,A,B)
      SUM1=INT3
      IF(NIT-10)42,42,41
42    SUM2=INT3
      NIT=NIT+10
      IF(NIT-N)32,32,33
405  FORMAT(///,60X,'NAO CONVERGE',I3)
33   WRITE(3,405)NIT
      GO TO 99
32   CONTINUE
      GO TO 9
      CONTINUE
41   IF((ABS(SUM1-SUM2)/SUM1)-TOL)44,44,42
44   INT3=SUM1
      WRITE(3,408)NIT,TOL,RLIM2,R,INT3
408  FORMAT(//,35X,'NIT      =',I3,/,35X,'TOL      =',F11.6,

```

PAGE 3

```

A/,35X,'RLIM2 =',F11.6,/,35X,'R      =',F11.6,
B/,35X,'INT3  =',F11.6)
AREAT = AREA1+INTEG+INT3
WRITE(3,410)P1,R,AREAT
410  FORMAT(//,30X,'R1      =',F10.6,/,30X,'R      =',F10.6,
A///,50X,'VALOR DA INTEGRAL',/50X,'TRECHO 0.0 A R      =',
BF10.6)
YMED = AREAT/R
WRITE(3,111)YMED
111  FORMAT(///,40X,'TENSAO MEDIA = ',F12.6,////////)
99   CONTINUE
IF(IFLAG-999) 188,188,199
199  CALL EXIT
END

```

FEATURES SUPPORTED
IOCS

CORE REQUIREMENTS FOR
COMMON 0 VARIABLES 7266 PROGRAM 942

END OF COMPILATION

// XEQ

R1 = 0.000000
RLIM1 = 0.100000
NPEXP = 21

VALOR DA INTEGRAL
TRECHO 0.0 A 0.1 = 1.033014

RLIM1 = 0.100000
R = 0.438255

VALOR DA INTEGRAL
TRECHO 0.1 A R = 8.514204

R1 = 0.000000
R = 0.438255

VALOR DA INTEGRAL
TRECHO 0.0 A R = 9.547216

TENSAO MEDIA = 21.784614

RLIM1 = 0.100000
R = 0.713440

VALOR DA INTEGRAL
TRECHO 0.1 A R = 17.484794

R1 = 0.000000
R = 0.713440

VALOR DA INTEGRAL
TRECHO 0.0 A R = 18.517807

TENSAO MEDIA = 25.955661

RLIM2 = 0.900000

VALOR DA INTEGRAL
TRECHO 0.1 A RLIM2 = 24.147525

NIT = 320
TCL = 0.000100
RLIM2 = 0.900000
R = 0.905432

INT3 = 0.198459

R1 = 0.000000
R = 0.905432

VALOR DA INTEGRAL
TRECHO 0.0 A R = 25.378997

TENSAO MEDIA = 28.029708

RLIM2 = 0.900000

VALOR DA INTEGRAL
TRECHO 0.1 A RLIM2 = 24.147525

NIT = 330
TOL = 0.000100
RLIM2 = 0.900000
R = 1.089908

INT3 = 7.077326

R1 = 0.000000
R = 1.089908

VALOR DA INTEGRAL
TRECHO 0.0 A R = 32.257865

TENSAO MEDIA = 29.596870

RLIM2 = 0.900000

VALOR DA INTEGRAL
TRECHO 0.1 A RLIM2 = 24.147525

NIT = 330
TOL = 0.000100
RLIM2 = 0.900000
R = 1.344169

INT3 = 16.942050

R1 = 0.000000
R = 1.344169

VALOR DA INTEGRAL
TRECHO 0.0 A R = 42.122589

TENSAO MEDIA = 31.337268

// JOB T

```
LOG DRIVE    CART SPEC    CART AVAIL    PHY DRIVE
  0000        0002        0002          0000
```

V2 M11 ACTUAL 16K CONFIG 16K

// FOR

*LIST SOURCE PROGRAM

```
C
C   FUNCAO AREA1 PARA CALCULO DA INTEGRAL
C
```

```
FUNCTION AREA(X,F,N,A,B)
DIMENSION F(50),X(50)
SUM=0.
DO 1 I=2,N
1  SUM=SUM+0.5*(F(I)+F(I-1))*(X(I)-X(I-1))
   AREA = SUM
RETURN
END
```

CORE REQUIREMENTS FOR AREA

```
COMMON      0  VARIABLES      10  PROGRAM      80
```

RELATIVE ENTRY POINT ADDRESS IS 0010 (HEX)

END OF COMPILATION

// DUP

```
*STORE      WS  UA  AREA
CART ID 0002  DB ADDR 3ACO  DB CNT  0007
```

// FOR

*LIST SOURCE PROGRAM

*IOCS(CARD,1132 PRINTER)

```
C
C   PROGRAMA PARA CALCULO DA TENSAO MEDIA DE ESCOAMENTO
C
C           C O B R E
C
```

```
REAL INTEG
REAL INT3
DIMENSION XLNR(50),YT(50),Y(1000),XLAUX(1000),XLEXT(1000)
DIMENSION H(500)
READ(2,180)N,TOL
180  FORMAT(I3,F15.6)
READ (2,200) NPEXP
200  FORMAT(I2)
READ (2,202) (XLNR(I),YT(I),I=1,NPEXP)
202  FORMAT(2F15.6)
READ(2,204)RLIM1
204  FORMAT(F10.4)
AREA1=AREA(XLNR,YT,NPEXP,RLIM1,R1)
R1=0.
WRITE(3,300) R1,RLIM1,NPEXP,AREA1
300  FORMAT('1',29X,'R1      =',F10.6,/,30X,'RLIM1 =',
AF10.6,/,30X,'NPEXP =',I3,/,50X,'VALOR DA INTEGRAL',
B/,50X'TRECHO 0.0 A 0.1 =',F10.6)
```

```

      READ (2,206)RLIM2
206  FORMAT(F12.6)
188  READ(2,88) R,IFLAG
   88  FORMAT(F15.6,5X,I4)
      IF(R-RLIM2) 10,10,20
C     CALCULO INTEGRAL DA AREA TRECHO POLINOMIO AJUSTADO
10    INTEG = 6.333*(R-RLIM1)+125.224*(R**2/2.-RLIM1**2/2.)
      A =-259.297*(R**3/3.-RLIM1**3/3.)+273.491*(R**4/4.
      B=RLIM1**4/4.)-109.557*(R**5/5.-RLIM1**5/5.)
      WRITE(3,302) RLIM1,R,INTEG
302  FORMAT(/,30X,'RLIM1 =',F10.6,/,30X,'R      =',
      AF10.6,/,50X,'VALOR DA INTEGRAL',/,50X,
      B'TRECHO 0.1 A R      =',F10.6)
      AREAT=AREA1+INTEG
      WRITE(3,410)R1,R,AREAT
      YMED = AREAT/R
      WRITE(3,111)YMED
      GO TO 99
20    INTEG = 6.333*(RLIM2-RLIM1)+125.224*(RLIM2**2/2.
      A=RLIM1**2/2.)-259.297*(RLIM2**3/3.-RLIM1**3/3.)
      B+273.491*(RLIM2**4/4.-RLIM1**4/4.)
      C-109.557*(RLIM2**5/5.-RLIM1**5/5.)
      WRITE(3,304) RLIM2, INTEG
304  FORMAT(/,30X,'RLIM2 =',F10.6,/,50X,'VALOR DA INTEGRAL',
      A/,50X,'TRECHO 0.1 A RLIM2 =',F10.6)
      CONTINUE
      NIT=10
      XLEXT(1)=RLIM2
      A=RLIM2
      B=R
9     XLH=(B-A)/FLOAT(NIT)
      H(1)=0.
      NPINT=NIT+1
      DO 25 I=2,NPINT
25    H(I)=H(I-1)+XLH
      DO 40 I=2,NPINT
40    XLEXT(I)=XLEXT(1)+H(I)
      DO 50 II=1,NPINT
      XLAUX(II) = XLEXT(II)
      AA =XLAUX(II)
      XLAUX(II) = ALOG (AA)
50    CONTINUE
      DO 60 K=1,NPINT
60    Y(K)=37.43427 + 7.64648 * XLAUX(K)
      INT3 =AREA (XLEXT,Y,NIT,A,B)
      SUM1=INT3
      IF(NIT-10)42,42,41
42    SUM2=INT3
      NIT=NIT+10
      IF(NIT-N)32,32,33
405  FORMAT(/,60X,'NAO CONVERGE',I3)
33    WRITE(3,405)NIT
      GO TO 99
32    CONTINUE
      GO TO 9
      CONTINUE
41    IF((ABS(SUM1-SUM2)/SUM1)-TOL)44,44,42
44    INT3=SUM1
      WRITE(3,408)NIT,TOL,RLIM2,R,INT3

```

PAGE 3

```
408  FORMAT(//,35X,'NIT   =',1X,I3,/35X,'TOL   =',F11.6,  
      A/,35X,'RLIM2 =',F11.6,/35X,'R     =',F11.6,  
      B//,35X,'INT3  =',F11.6)  
      AREAT = AREA1+INTEG+INT3  
      WRITE(3,410)R1,R,AREAT  
410  FORMAT(//,30X,'R1   =',F10.6,/30X,'P     =',F10.6,  
      A//,50X,'VALOR DA INTEGRAL',/50X,'TRECHO 0.0 A R   =',  
      BF10.6)  
      YMED = AREAT/R  
      WRITE(3,111)YMED  
111  FORMAT(//,40X,'TENSAO MEDIA = ',F12.6,//////////)  
99   CONTINUE  
      IF(IFLAG-999) 188,188,199  
199  CALL EXIT  
      END
```

FEATURES SUPPORTED
IOCS

CORE REQUIREMENTS FOR
COMMON 0 VARIABLES 7266 PROGRAM 940

END OF COMPILATION

// XEQ

R1 = 0.000000
RLIM1 = 0.100000
NPEXP = 21

VALOR DA INTEGRAL
TRECHO 0.0 A 0.1 = 0.483675

RLIM1 = 0.100000
R = 0.406200

VALOR DA INTEGRAL
TRECHO 0.1 A R = 2.467723

R1 = 0.000000
R = 0.406200

VALOR DA INTEGRAL
TRECHO 0.0 A R = 2.951398

TENSAO MEDIA = 7.265875

RLIM1 = 0.100000
R = 0.678000

VALOR DA INTEGRAL
TRECHO 0.1 A R = 5.246999

R1 = 0.000000
R = 0.678000

VALOR DA INTEGRAL
TRECHO 0.0 A R = 5.730674

TENSAO MEDIA = 8.452322

RLIM2 = 1.100000

VALOR DA INTEGRAL
TRECHO 0.1 A RLIM2 = 10.216335

NIT = 180
TOL = 0.000100
RLIM2 = 1.100000
R = 1.100600

INT3 = 0.007409

R1 = 0.000000
R = 1.100600

VALOR DA INTEGRAL
TRECHO 0.0 A R = 10.707418

TENSAO MEDIA = 9.728712

RLIM2 = 1.100000

VALOR DA INTEGRAL
TRECHO 0.1 A RLIM2 = 10.216335

NIT = 320
TOL = 0.000100
RLIM2 = 1.100000
R = 2.072900

INT3 = 12.982307

R1 = 0.000000
R = 2.072900

VALOR DA INTEGRAL
TRECHO 0.0 A R = 23.682315

TENSAO MEDIA = 11.424726

RLIM2 = 1.100000

VALOR DA INTEGRAL
TRECHO 0.1 A RLIM2 = 10.216335

NIT = 310
TOL = 0.000100
RLIM2 = 1.100000
R = 2.285400
INT3 = 16.010196

R1 = 0.000000
R = 2.285400

VALOR DA INTEGRAL
TRECHO 0.0 A R = 26.710205

TENSAO MEDIA = 11.687320

RLIM2 = 1.100000

VALOR DA INTEGRAL
TRECHO 0.1 A RLIM2 = 10.216335

NIT = 320
TOL = 0.000100
RLIM2 = 1.100000
R = 2.762900
INT3 = 23.010242

R1 = 0.000000
R = 2.762900

VALOR DA INTEGRAL
TRECHO 0.0 A R = 33.710250

TENSAO MEDIA = 12.201038

RLIM2 = 1.100000

VALOR DA INTEGRAL
TRECHO 0.1 A RLIM2 = 10.216335

NIT = 360
TOL = 0.000100
RLIM2 = 1.100000
R = 3.336700

INT3 = 31.729927

R1 = 0.000000
R = 3.336700

VALOR DA INTEGRAL
TRECHO 0.0 A R = 42.429939

TENSAO MEDIA = 12.716136

PROGRAMA PARA TRAÇAGEM DA
CURVA DE AFERIÇÃO DA PRENSA.

PAGE 1

// JOB T

LOG DRIVE CART SPEC CART AVAIL PHY DRIVE
 0000 0002 0002 0000

V2 M11 ACTUAL 16K CONFIG 16K

// FOR

*IOCS(CARD,1132 PRINTER,PLOTTER)

*LIST SOURCE PROGRAM

C

C

C

PROGRAMA PARA TRACAGEM DA CURVA DE AFERICAO DA PRENSA

C

C

DIMENSION XN(50),X(50),PN(50),ERR(50),PI(50)

WRITE(3,147)

147 FORMAT('1')

IP=0

READ(2,1)MN

1

FORMAT(I3)

C

C

LE OS VALORES TEORICOS DO DINAMOMETRO

C

READ(2,2)(PN(N),XN(N),N=1,MN)

2

FORMAT(2F7.4)

JI=0

C

C

LE A LEITURA NA PRENSA E OS VALORES DE DEFORMACAO

C

17

READ(2,3)PL,(X(J),J=1,10)

JI=JI+1

3

FORMAT(F7.4,10F7.4)

C

C

EFETUA A SOMA DOS PRIMEIROS VALORES DE DEFORMACAO ATE

C

ENCONTRAR UM ZERO - COM O SOMATORIO CALCULA AS MEDIAS

C

J=J+1

S=0.

I=0

K=0

4

I=I+1

IF(X(I)-0.)15,5,6

6

IF(I-10)4,7,7

7

K=I+11

KLM=I+1

READ(2,8)(X(J),J=KLM,K)

8

FORMAT(11F7.4)

10

I=I+1

IF(X(I)-0.)15,5,9

9

IF(I-K)10,7,7

5

DO 11 J=1,I

11

S=S+X(J)

SMED=S/FLOAT(I-1)

DO 14 KL=2,MN

IF(SMED-XN(KL))16,16,14

14

CONTINUE

C

C

LE A DIFERENCA DA TEMPERATURA AMBIENTE DA PADRAO

PAGE 2

```

C      E CORRIGE A MEDIA
C
16     READ(2,83)AT
83     FORMAT(F10.4)
      CORR = 1. - AT * 0.0003
      SMEC=SMED*CORR
C
C      CALCULA OS VALORES REAIS DAS CARGAS
C
      PE=SMEC-XN(KL-1)
      PF=XN(KL)-XN(KL-1)
      PG=PN(KL)-PN(KL-1)
      PI(JI)=PE*PG/PF+PN(KL-1)
      ERR(JI)=(PI(JI)-PL)/PI(JI)*100.
      WRITE(3,12)PL
12     FORMAT(3X,'VALOR',/,3X,'LIDO(KGF)='/,4X,F6.0,/,
A17X,'-----',/,6X,'LEITURAS NO DINAMOMETRO')
      JL=I-1
      WRITE(3,13)(X(J),J=1,JL)
13     FORMAT(15X,F8.2)
      WRITE(3,24)SMED
24     FORMAT(10X,'MEDIA='/, F7.2)
      WRITE(3,25)SMEC,PI(JI),ERR(JI)
25     FORMAT(30X,'MEDIA CORRIGIDA='F9.3./,
B30X,'VALOR REAL(KG) =',F9.3./,
C30X,'ERRO',11X,'='/,F7.3,/,20('*-'),/,)
      IP=IP+1
      IF(IP-3)17,18,18
18     WRITE(3,147)
      IP=0
      GO TO 17
C
C      TRACA O GRAFICO NO PLOTTER
C
15     XS=6./50000.
      YS=8.3/50000.
      CONTINUE
      CALL SCALF(XS,YS,0.,0.)
      CALL FGRID(0,0.,0.,5000.,10)
      CALL FGRID(1,0.,0.,5000.,10)
      DO 26 KU=1,11
      A=FLOAT(KU)-1.
      B=A*5000.-50000.*0.44/6.
      A=A*5000.
      C=50000.*0.16/8.3
      CALL FCHAR(B,-C,0.09,0.1,0.)
      WRITE(7,27)A
27     FORMAT(F6.0)
26     CONTINUE
      DO 28 KA=1,11
      A=FLOAT(KA)-1.
      B=A*5000.
      D=50000.*0.6/6.
      CALL FCHAR(-D,B,0.09,0.1,0.)
      WRITE(7,27)B
28     CONTINUE
      CALL FGRID(1,50000.,0.,50000.,1)
      CALL FGRID(2,50000.,50000.,50000.,1)
      DO 30 MX=1,10
      A=FLOAT(MX)*5000.
      B=0.

```

PAGE 3

```

CALL F PLOT(1,A,0.)
34 B=B+555.
   IF(B-50000.)31,32,32
31 CALL F PLOT(1,A,B)
   B=B+555.
   IF(B-50000.)33,32,32
33 CALL F PLOT(2,A,B)
   GO TO 34
32 CONTINUE
30 CONTINUE
   DO 35 MX=1,10
   A=FLOAT(MX)*5000.
   B=0.
   CALL F PLOT(1,B,A)
39 B=B+750.
   IF(B-50000.)36,37,37
36 CALL F PLOT(1,B,A)
   B=B+750.
   IF(B-50000.)38,37,37
38 CALL F PLOT(2,B,A)
   GO TO 39
37 CONTINUE
35 CONTINUE
   CALL F PLOT(1,0.,0.)
   C=2.5*C
   CALL FCHAR(20000.,-C,0.11,0.13,0.)
   WRITE(7,41)
41 FORMAT('CARGAS LIDAS NA PRENSA (KGF)')
   D=D+D/2.
   CALL FCHAR(-D,20000.,0.11,0.13,1.5708)
   CALL FCHAR(5000.,-7500.,0.2,0.3,0.)
   WRITE(7,45)
45 FORMAT('CURVA DE AFERICAQ DA PRENSA')
   CALL F PLOT(1,0.,0.)
   DO 51 K=1,10
   PTO=FLOAT(K)*5000.
   PO=PI(K)
   CALL F PLOT(2,PTO,PO)
   CALL POINT (1)
   CALL POINT(0)
51 CONTINUE
   CALL EXIT
   END

```

FEATURES SUPPORTED
IOCS

CORE REQUIREMENTS FOR
COMMON 0 VARIABLES 566 PROGRAM 1030

END OF COMPILATION

// XEQ

VALOR
LIDO(KGF)= 5000.

LEITURAS NO DINAMOMETRO

227.70
232.50
225.00
229.90
227.80
227.80
226.40
229.00
225.50
227.20

MEDIA= 227.87

MEDIA CORRIGIDA= 227.332
VALOR REAL(KG) = 5065.380
ERRO = 1.290

VALOR
LIDO(KGF)= 10000.

LEITURAS NO DINAMOMETRO

451.80
451.20
453.40
459.40
456.40
455.60
450.00
460.30
452.10
449.50

MEDIA= 453.96

MEDIA CORRIGIDA= 452.880
VALOR REAL(KG) = 10092.771
ERRO = 0.919

VALOR
LIDO(KGF)= 15000.

LEITURAS NO DINAMOMETRO

676.40
677.50
682.00
668.00
679.60
680.20
681.00
680.00
680.50
674.30

MEDIA= 677.94

MEDIA CORRIGIDA= 676.322
VALOR REAL(KG) = 15051.386
ERRO = 0.341

VALOR
LIDO(KGF)= 20000.

LEITURAS NO DINAMOMETRO

- 904.20
- 903.40
- 903.30
- 902.00
- 904.60
- 906.50
- 901.50
- 902.20
- 900.30
- 900.30

MEDIA= 902.82

MEDIA CORRIGIDA= 900.662
VALOR REAL(KG) =20014.664
ERRO = 0.073

VALOR
LIDO(KGF)= 25000.

LEITURAS NO DINAMOMETRO

- 1137.00
- 1132.00
- 1134.80
- 1138.00
- 1136.50
- 1127.60
- 1131.00
- 1130.60
- 1123.40
- 1124.80

MEDIA=1131.56

MEDIA CORRIGIDA= 1128.853
VALOR REAL(KG) =25063.246
ERRO = 0.252

VALOR
LIDO(KGF)= 30000.

LEITURAS NO DINAMOMETRO

- 1357.40
- 1358.00
- 1360.40
- 1358.50
- 1363.30
- 1356.80
- 1357.80
- 1355.70
- 1351.80
- 1353.10

MEDIA=1357.27

MEDIA CORRIGIDA= 1354.022
VALOR REAL(KG) =30053.445
ERRO = 0.177

VALOR
LIDO(KGF)= 35000.

LEITURAS NO DINAMOMETRO

- 1577.00
- 1581.80
- 1579.20
- 1587.20
- 1581.80
- 1579.80
- 1577.00
- 1581.80
- 1575.00
- 1576.40

MEDIA=1579.69

MEDIA CORRIGIDA= 1575.907
VALOR REAL(KG) =34949.406
ERRO = -0.144

VALOR
LIDO(KGF)= 40000.

LEITURAS NO DINAMOMETRO

- 1812.00
- 1813.30
- 1811.70
- 1813.20
- 1809.80
- 1807.90
- 1805.00
- 1809.00
- 1802.50
- 1802.90

MEDIA=1808.72

MEDIA CORRIGIDA= 1804.388
VALOR REAL(KG) =39993.117
ERRO = -0.017

VALOR
LIDO(KGF)= 45000.

LEITURAS NO DINAMOMETRO

- 2033.30
- 2035.30
- 2036.70
- 2038.80
- 2041.00
- 2034.00
- 2032.10
- 2032.70
- 2031.00
- 2027.30

MEDIA=2034.21

MEDIA CORRIGIDA= 2029.336
VALOR REAL(KG) =44963.320
ERRO = -0.081

VALOR
LIDO(KGF)= 50000.

LEITURAS NO DINAMOMETRO

- 2257.00
- 2264.20
- 2258.80
- 2259.70
- 2258.20
- 2257.50
- 2253.20
- 2260.00
- 2253.90
- 2254.20

MEDIA=2257.66

MEDIA CORRIGIDA= 2252.250
VALOR REAL(KG) =49879.804
ERRO = -0.240

RESULTADOS OBTIDOS PELO MÉTODO DOS MÍN
MOS QUADRADOS PARA A RETA DE AJUSTE REFE
RENTE A CURVA DE AFERIÇÃO DA PRENSA.

TABELA DOS VALORES DE X E DA F(X)

X	*	F(X)
0.000000	*	0.000000
5000.000988	*	5065.000988
10000.001976	*	10092.001976
15000.001976	*	15051.001976
20000.003952	*	20014.003952
25000.003952	*	25063.003952
30000.003952	*	30053.003952
35000.007904	*	34949.007904
40000.007904	*	39993.007904
45000.007904	*	44963.007904
50000.007904	*	49879.007904

POLINOMIO

$$POL = 78.14424 * X^{** 0} + 0.99731 * X^{** 1} +$$

PONTO	POLINOMIO
5000.000	5064.734
10000.001	10051.326
15000.001	15037.916
20000.003	20024.507
25000.003	25011.097
30000.003	29997.687
35000.007	34984.281
40000.007	39970.867
45000.007	44957.461
50000.007	49944.046
100000.015	99809.953
120000.015	119756.312

PROGRAMA PARA CÁLCULO PELO MÉTODO DOS MÍNIMOS QUADRADOS DA CURVA DE AFERIÇÃO DA MÁQUINA DE ENSAIO DE COMPRESSÃO.

// JOB T

LOG DRIVE CART SPEC CART AVAIL PHY DRIVE
 0000 0004 0004 0000

V2 M11 ACTUAL 16K CONFIG 16K

// FOR

*LIST SOURCE PROGRAM

*IOCS (CARD,1132 PRINTER)

C

C

C

C

C

C

PROGRAMA CALCULO METODO DOS MINIMOS QUADRADOS
 CURVA DE AFERICAO DA MAQUINA DE ENSAIO DE COMPRESSAO

```

      DIMENSION X(50),Y(50),A(20,21),C(20),SUMX(50),
1     SUMY(50),XX(40),POL(40),KJL(40)
      READ(2,51) NP,NGRAU
51     FORMAT(2I2)
      READ(2,52) (X(J),Y(J),J=1,NP)
52     FOR'AT(2F12.5)
      READ(2,66) KVIS
66     FORMAT(I2)
      DO 67 I=1,KVIS
      READ(2,68) XX(I)
68     FORMAT(F10.4)
67     CONTINUE
      DO 99 I=1,NP
99     CONTINUE
      KL=NGRAU*2
      DO 01 I=1,KL
      SUMX(I)=0.
      DO 01 J=1,NP
01     SUMX(I)=SUMX(I)+X(J)**I
      N=NGRAU+1
      DO 02 I=1,N
      DO 02 J=1,N
      K=I+J-2
      IF(K)1000,1000,1001
1001  A(I,J)=SUMX(K)
      GO TO 02
1000  A(1,1)=FLOAT(NP)
02     CONTINUE
      SUMY(1)=0.
      DO 03 J=1,NP
03     SUMY(1)=SUMY(1)+Y(J)
      DO 04 I=2,N
      SUMY(I)=0.
      DO 04 J=1,NP
04     SUMY(I)=SUMY(I)+Y(J)*X(J)**(I-1)
      N1=N-1
      DO 05 K=1,N1
      K1=K+1
      L=K
      DO 06 I=K1,N
      IF(ABS(A(I,K))-ABS(A(L,K)))06,06,1011
1011  L=I
06     CONTINUE
      IF(L-K)1020,1020,1021
1021  DO 07 J=K,N

```

PAGE 2

```

TEMP=A(K,J)
A(K,J)=A(L,J)
07  A(L,J)=TEMP
TEMP=SUMY(K)
SUMY(K)=SUMY(L)
SUMY(L)=TEMP
1020 DO 05 I=K1,N
FAT=A(I,K)/A(K,K)
A(I,K)=0.
DO 08 J=K1,N
08  A(I,J)=A(I,J)-FAT*A(K,J)
05  SUMY(I)=SUMY(I)-FAT*SUMY(K)
C(N)=SUMY(N)/A(N,N)
I=N1
1031 I1=I+1
SUM=0.
DO 09 J=I1,N
09  SUM=SUM+A(I,J)*C(J)
C(I)=(SUMY(I)-SUM)/A(I,I)
I=I-1
IF(I)1030,1030,1031
1030 CONTINUE
WRITE(3,95)
95  FORMAT('1',////,10X,'TABELA DOS VALORES DE X E DA F(X)',
1//,20X,'X',5X,'*',5X,'F(X)')
DO 11 J=1,NP
WRITE(3,100) X(J),Y(J)
100 FORMAT(1X,/,15X,F12.6,4X,'*',F12.6)
11  CONTINUE
DO 14 I=1,N
14  KJL(I)=I-1
WRITE(3,104) (C(J),KJL(J),J=1,N)
104  FOR'AT(1X,///,10X,'POLINOMIO',///,10X,'POL =',
12(F12.5,'*X**',12,2X,'+'),//,14X,2(F12.5,'*X**',
212,2X,'+'))
DO 16 KLO=1,KVIS
POL(KLO)=C(1)
DO 16 IEX=2,N
16  POL(KLO)=POL(KLO)+C(IEX)* XX(KLO)**(IEX-1)
WRITE(3,115)
115  FORMAT('1',///,10X,
1'VALOR PREVISTO PARA RELACAO DO/HO IGUAL A ZERO')
WRITE(3,106) (XX(KLO),POL(KLO),KLO=1,KVIS)
106  FORMAT(1X,//,20X,'PONTO',5X,'POLINOMIO',/,10(1X,//,15X,
1F10.3,3X,F10.3))
CALL EXIT
END

```

FEATURES SUPPORTED
IOCS

CORE REQUIREMENTS FOR
COMMON 0 VARIABLES 1560 PROGRAM 1038

END OF COMPILATION

// XEQ

TABELA DOS VALORES DE X E DA F(X)

X	*	F(X)
0.000000	*	0.000000
250.000030	*	244.130005
500.000061	*	492.640015
750.000123	*	743.080079
1000.000123	*	994.690064
1250.000247	*	1246.570071
1500.000247	*	1500.280032
1750.000247	*	1752.060061
2000.000247	*	2005.380129
2250.000494	*	2259.150396
2500.000494	*	2503.420416
2750.000494	*	2768.120123
3000.000494	*	3021.280279
5000.000988	*	5003.000988
6000.000988	*	6026.000988
7000.000988	*	7020.300792
8000.000988	*	8038.000988
9000.001976	*	9055.601585
10000.001976	*	10048.300804

POLINOMIO

$$POL = -7.23348 * X^{** 0} + 1.00557 * X^{** 1} +$$

PONTO	POLINOMIO
250.000	244.159
500.000	495.552
750.000	746.946
1000.000	998.339
1250.000	1249.732
1500.000	1501.125
1750.000	1752.518
2000.000	2003.911
2250.000	2255.305
2500.000	2506.698
2750.000	2758.091
3000.000	3009.484
3500.000	3512.270
4000.000	4015.057
4500.000	4517.843
5000.000	5020.629
6000.000	6026.202
7000.000	7031.774
8000.000	8037.347
9000.001	9042.919
10000.001	10048.492

PROGRAMA PARA TRAÇAGEM DA CURVA
DE AFERIÇÃO DA MÁQUINA DE EN
SAIO PARA TRAÇÃO E COMPRESSÃO.

// JOB T

LOG DRIVE	CART SPEC	CART AVAIL	PHY DRIVE
0000	0002	0002	0000

V2 M11 ACTUAL 16K CONFIG 16K

// FOR

*LIST SOURCE PROGRAM

*IOCS(CARD,1132PRINTER,PLOTTER)

C

C

C PROGRAMA PARA TRACAGEM DA CURVA DE AFERICAO DA
C MAQUINA DE ENSAIO PARA TRACAO E COMPRESSAO

C

C

C DEFINE AS ESCALAS DO GRAFICO

DIMENSION YMED(50)

DIMENSION YMEDI(50)

XS=6./10000.

YS=8.3/10000.

CALL SCALF(XS,YS,0.,0.)

C

TRACA OS EIXOS

CALL FGRID(0,0.,0.,1000.,10)

CALL FGRID(1,0.,0.,1000.,10)

C

ESCREVE OS NUMEROS NA ABCISSA

DO 26 KU=1,11

A=FLOAT(KU)-1.

B=A*1000.-10000.*0.44/6.

A=A*1000.

C=10000.*0.16/8.3

CALL FCHAR(B,-C,0.09,0.1,0.)

WRITE(7,27)A

27

FORMAT(F6.0)

26

CONTINUE

C

ESCREVE OS NUMEROS NA ORDENADA

DO 28 KA=1,11

A=FLOAT(KA)-1.

B=A*1000.

D=10000.*0.6/6.

CALL FCHAR(-D,B,0.09,0.1,0.)

WRITE(7,27)B

28

CONTINUE

C

FECHA O QUADRO

CALL FGRID(1,10000.,0.,10000.,1)

CALL FGRID(2,10000.,10000.,10000.,1)

C

TRACA AS LINHAS TRACEJADAS HORIZONTAIS

DO 30 MX=1,10

A=FLOAT(MX)*1000.

B=0.

CALL FPLOT(1,A,0.)

34

B=B+111.

IF(B-10000.)31,32,32

31

CALL FPLOT(1,A,B)

B=B+111.

IF(B-10000.)33,32,32

33

CALL FPLOT(2,A,B)

GO TO 34

32

CONTINUE

30

CONTINUE

C

TRACA AS LINHAS TRACEJADAS VERTICAIS

PAGE 2

```

DO 35 MX=1,10
A=FLOAT(MX)*1000.
B=0.
CALL FPLOT(1,B,A)
39 B=B+150.
IF(B-10000.)36,37,37
36 CALL FPLOT(1,B,A)
B=B+150.
IF(B-10000.)38,37,37
38 CALL FPLOT(2,B,A)
GO TO 39
37 CONTINUE
35 CONTINUE
CALL FPLOT(1,0.,0.)
C ESCREVE NA HORIZONTAL
C=2.5*C
CALL FCHAR (2000.,-C,0.11,0.13,0.)
WRITE(7,41)
41 FORMAT('CARGAS LIDAS NA MAQ. ENSAIO COMPRESSAO (KGF)')
D=D+D/8.
C ESCREVE NA VERTICAL
CALL FCHAR(-D,3500.,0.11,0.13,1.5708)
WRITE(7,43)
43 FORMAT('CARGAS REAIS (KGF)')
C ESCREVE O CABECALHO
CALL FCHAR(500.,-1500.,0.15,0.2,0.)
WRITE(7,45)
45 FORMAT('CURVA DE AFERICAO DA MAQ. DE ENSAIO')
CALL FPLOT(1,0.,0.)
C TRACA A CURVA
DO 51 K=1,10
PTO=FLOAT(K)*1000.
POL= -7.23348 + 1.00557 * PTO
CALL FPLOT(2,PTO,POL)
51 CONTINUE
C ESCREVE O ASTERISCO
READ(2,21)(YMED(I),I=1,12)
21 FORMAT(F15.5)
DO 52 K=1,12
PTO=FLOAT(K)*250.
AST=YMED(K)
CALL FPLOT(1,PTO,AST)
CALL FPLOT(2,PTO,AST)
CALL POINT(1)
CALL POINT(0)
52 CONTINUE
READ(2,21)(YMED1(I),I=1,6)
DO 53 J=1,6
PTO=FLOAT(J)*1000.+4000.
AST=YMED1(J)
CALL FPLOT(1,PTO,AST)
CALL FPLOT(2,PTO,AST)
CALL POINT(1)
CALL POINT(0)
53 CONTINUE
CALL EXIT
END

```

PAGE 3

FEATURES SUPPORTED
IOCS

CORE REQUIREMENTS FOR
COMMON 0 VARIABLES 234 PROGRAM 702

END OF COMPILATION

// XEQ