

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

DESENVOLVIMENTO DE MÉTODOS PARA FIXAR O BALANÇO ENERGÉTICO
DO ACIONAMENTO DE TORNOS E APLICAÇÃO DOS MESMOS NOS TORNOS
DE FABRICAÇÃO NACIONAL

FRED TEODORO KONIECZNIK

FLORIANÓPOLIS
SANTA CATARINA - BRASIL
OUTUBRO - 1974

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

DESENVOLVIMENTO DE MÉTODOS PARA FIXAR O BALANÇO ENERGÉTICO
DO ACIONAMENTO DE TORNOS E APLICAÇÃO DOS MESMOS NOS TORNOS
DE FABRICAÇÃO NACIONAL

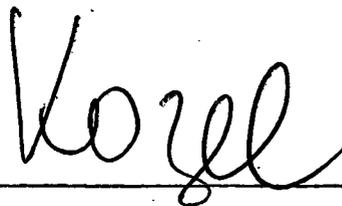
FRED TEODORO KONIECZNIK

TESE SUBMETIDA À APRECIÇÃO COMO REQUISITO PARCIAL PARA A
OBTENÇÃO DO GRAU DE :

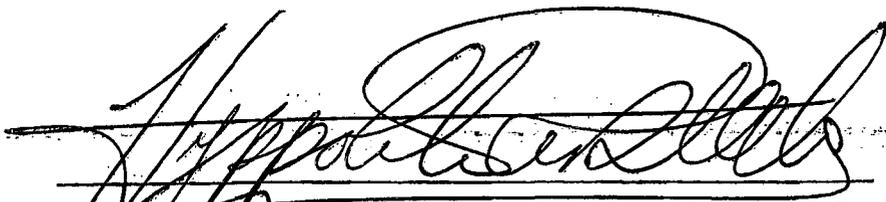
MESTRE EM CIÊNCIAS DE ENGENHARIA MECÂNICA

FLORIANÓPOLIS
SANTA CATARINA - BRASIL
OUTUBRO - 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.

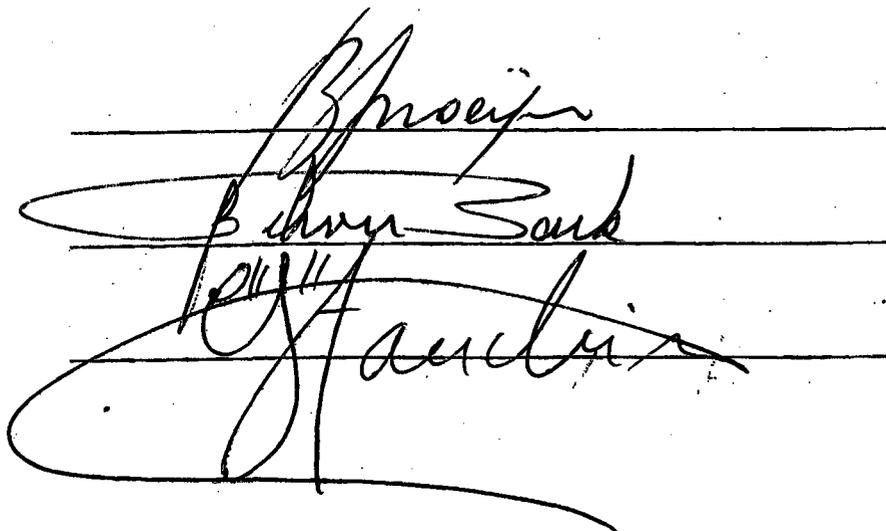


Prof. Jaroslav Kozel, Ph. D.
Orientador



Prof. Hippólito do Valle Pereira Fº, Ph. D.
Integrador do Curso de Pós-Graduação em En
genharia Mecânica, Elétrica e Industrial

Banca Examinadora:



À MEMÓRIA DE MINHA ESPOSA

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Jaroslav Kozel, pela orientação e participação ativa neste trabalho, como também pelo estímulo e ensinamentos dispensados.

Ao Prof. Gaspar Erich Stemmer, Diretor do Centro Tecnológico da UFSC, pelo apoio e incentivo.

Ao Departamento de Mecânica, na pessoa do seu chefe, Prof. Honorato Antônio Tomelin, pelo apoio recebido.

Ao Sr. Ditmar Kopsch, responsável pelo Laboratório de Máquinas Operatrizes, e demais funcionários, pela eficiência e dedicação com que se empenharam na execução dos dispositivos e equipamentos necessários para a realização deste trabalho.

Ao Eng^o Gerbase e Prof. Hamilton Savi pelas fotografias.

Aos colegas, professores e funcionários dos Departamentos de Mecânica, de Elétrica e de Ciências Estatísticas e de Computação que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

À Metal Leve S/A Indústria e Comércio, na pessoa do Eng^o Maurizio Ferrante, Gerente de Pesquisa e Desenvolvimento, pelo apoio e facilidades concedidas para a datilografia e reprodução deste trabalho.

Ao Eng^o Oscar Kenzaburo Nakagawa, pelas sugestões e execução das figuras.

À Sonia Maria Lemos Nogueira e Neusa Tamiko Yamanaka, pelos serviços de datilografia.

Ao BNDE e CNPq, pelo apoio financeiro.

ÍNDICE

	Pg.
<u>CAPÍTULO 1</u> - Introdução	1
<u>CAPÍTULO 2</u> - Métodos Experimentais Empregados	4
2.1 Aplicação da Carga	6
2.2 Métodos de Medição	9
2.2.1 Rotação	9
2.2.2 Torque	15
2.2.3 Potência Elétrica	18
2.3 Descrição Sumária dos Sistemas de Medição Empregados nos Métodos Experimentais	21
2.3.1 Procedimento I	22
2.3.2 Procedimento II	23
2.4 Sistemas de Alimentação e Distribuição de Energia Elétrica	24
<u>CAPÍTULO 3</u> - Equipamentos Utilizados	26
3.1 Equipamentos Adquiridos e Existentes	26
3.1.1 Caixa de Acionamento	26
3.1.2 Pontes Amplificadoras de Medidas	27
3.1.2.1 Ponte Amplificadora de Medida (AP I)	28
3.1.2.2 Ponte Amplificadora de Medida (AP II)	29
3.1.3 Registrador	30
3.1.4 Conjunto de Anéis e Escovas	30
3.1.5 Tacômetro Portátil	31
3.1.6 Transdutor Indutivo (TR I)	32
3.1.7 Multímetro Digital	33
3.1.8 Contador Digital	33
3.1.9 Transdutor Indutivo (TR II)	34
3.1.9.1 À Onda Portadora	34
3.1.9.2 Com Núcleo Imantado	35
3.1.10 Wattímetros e Transformadores de Corrente	35
3.1.11 Variador de Tensão (trifásico)	36
3.1.12 Estensômetros	36
3.1.13 Conjunto Motor-Gerador de cc.	37
3.2 Equipamentos Construídos	37
3.2.1 Quadro de Comando do Motor e Embreagens Eletromagnéticas	37
3.2.2 Seletor de Corrente	38
3.2.3 Roda e Disco Gerador de Sinais	39
3.2.3.1 Roda Dentada	39
3.2.3.2 Disco com Cortes	39

3.2.4	Anéis e Escovas	40
3.2.5	Estrutura do Banco de Provas	40
3.2.6	Freio de Sapatas	41
3.2.7	Descrição sucinta dos Torquímetros	42
3.2.7.1	Torquímetro I (TQ I)	42
3.2.7.2	Torquímetro II (TQ II)	43
3.2.7.3	Torquímetro III (TQ III)	43
3.2.8	Dimensionamento dos Elementos Elásticos	44
3.2.8.1	Elemento Elástico I-A	45
3.2.8.2	Elemento Elástico I-B	50
3.2.8.3	Elementos Elásticos II-A e II-B	51
3.2.8.4	Elemento Elástico III-A	53
3.2.9	Circuitos de ligação dos Estensômetros Elétricos usados nos Torquímetros	54
3.2.9.1	Estensômetros usados	55
3.2.9.2	Princípios de Medição	56
<u>CAPÍTULO 4</u>	<u>Aferição dos Sistemas de Medida</u>	57
4.1	Torquímetros I, II e III	58
4.2	Wattímetro	61
4.3	Tacômetro Portátil	62
<u>CAPÍTULO 5</u>	<u>Procedimento Experimental e Apresentação dos Resultados</u>	63
5.1	Planejamento da Tomada de Medidas	63
5.2	Execução das Medições	65
5.2.2	Roteiro do Levantamento das Medidas - Funções dos Operadores	65
5.3	Processamento dos Dados	66
5.4	Problemas Surgidos no Decorrer do Trabalho	68
5.4.1	Filtro	68
5.4.2	Sistema de Transmissão de Sinais	70
<u>CAPÍTULO 6</u>	<u>Discussão dos Resultados</u>	72
<u>CAPÍTULO 7</u>	<u>Conclusões e Considerações Finais</u>	76

BIBLIOGRAFIA	81
APÊNDICE A - Fotografias	83
APÊNDICE B - Esquemas	92
APÊNDICE C - Quadros	105
APÊNDICE D - Gráficos	
D1 - Aferição	116
D2 - Resultados	125
APÊNDICE E - Programas de Computador	
E1 - Programas Principais	159
E2 - Sub-Rotinas	175
APÊNDICE F - Desenhos	191
APÊNDICE G - Planilhas	201

SÍMBOLOS

- T_q = Torque (ou momento torçor)
 L = Braço de alavanca
 L_1 = Distância do ponto de aplicação à seção de maior sollicitação
 L_2 = Distância do extensômetro elétrico ao ponto de aplicação da carga
 F = Força
 b = Largura da seção transversal
 h = Altura da seção transversal
 D_e = Diâmetro externo
 D_i = Diâmetro interno
 R = Raio médio
 ϵ = Deformação real
 ϵ_{max} = Deformação máxima
 ϵ_{min} = Menor leitura permitida pelo galvanômetro
 ϵ_{adm} = Deformação admissível em extensômetros
 $\bar{\sigma}_{max}$ = Tensão máxima
 $\bar{\sigma}_{max}$ = Tensão de cisalhamento máxima
 $\bar{\sigma}_f$ = Tensão admissível à flexão
 $\bar{\sigma}_t$ = Tensão de cisalhamento admissível à torção
 $\bar{\sigma}_p$ = Limite de elasticidade à tração
 ΔT_q = Menor torque que poderá ser medido
 ΔT_{qmin} = Torque mínimo mensurável

RESUMO

Neste trabalho foram desenvolvidos métodos experimentais de ensaio para determinar as perdas de potência ocorrentes na cadeia cinemática da caixa principal de acionamento de um torno.

Os métodos experimentais envolvem a escolha e aplicação de sistemas de medição para a determinação da potência elétrica, torque e rotação.

Com base nos resultados, apresentados graficamente, são analisados cada um dos métodos empregados.

Por outro lado, uma eventual análise destes mesmos resultados permitem uma avaliação da máquina considerada do ponto de vista da concepção e da qualidade construtiva.

ABSTRACT

This study concerns several experimental test methods for determining power losses on the cinematic chain of a lathe driving gear box.

These methods include the selection and application of measurements systems in order to determine the electric power, torque and rotation.

Based on the results, which are graphically presented, each method is analysed. On the other hand, an analysis of the same results may also lead to some conclusions about the machine, from the point of view of engineering.

C A P Í T U L O 1

I N T R O D U Ç Ã O

Exige-se das máquinas operatrizes modernas não só a possibilidade da usinagem de peças com precisão, mas também à operação econômica, isto porque, com o aumento das velocidades de corte possíveis graças ao aparecimento das ferramentas de corte rápido, se elevaram consideravelmente as perdas.

Este fator torna imperativo a inovação de técnicas de projeto e execução, envolvendo o conhecimento de específicas características de comportamento das máquinas operatrizes, principalmente a avaliação de perdas ocorrentes nos elementos de transmissão ao longo da cadeia cinemática. Estas perdas são determinadas normalmente por ensaios, pela aplicação de determinados métodos experimentais.

A posse dos dados provenientes de tais ensaios permite também analisar corretamente o projeto da máquina do ponto de vista de concepção, bem como, da qualidade construtiva. Estas avaliações facilitam a detecção de falhas grosseiras de execução, contribuindo, decididamente para o desenvolvimento de novas máquinas.

Desde a 2ª Guerra Mundial vários pesquisadores e construtores, de modo mais acentuado na Europa, iniciaram trabalhos em termos do desenvolvimento dos métodos de ensaio de maior confiabilidade; entre estes destacam-se os trabalhos realizados por STUTE na Alemanha¹ e pelo Instituto VUOSO na Checoslováquia², em colaboração com o "Institut fur Werkzeugmaschinen der Karl-Marx-Stadt", ENIMS-MOSKAV (USSR) e ZBKD - Pruszkow (Polônia)³.

Estes trabalhos abrangeram o desenvolvimento de métodos experimentais para os seguintes tipos de ensaios:

a) Determinação das perdas à "vazio" e sob carga para cada rotação possível do acionamento.

b) Determinação da variação da velocidade de trabalho em relação à carga aplicada.

c) Determinação das condições de corte para uma usina - gem estável.

Tendo por base os trabalhos destes pesquisadores, tentou-se estabelecer diretrizes gerais para os ensaios acima citados, procurando-se delinear condições de realização, métodos experimentais utilizáveis e a forma de apresentação e análise dos resultados. No entanto, mesmo com o estabelecimento de diretrizes, estas permanecerão bastante gerais, considerando, que cada tipo de máquina possui características próprias e podendo ser encarada somente de modo muito específico.

O presente trabalho visa, dentro do contexto acima desenvolver métodos experimentais para um determinado ensaio de máquinas de fabricação nacional. O intuito é de contribuir decididamente para o desenvolvimento da tecnologia nacional. Legando ainda subsídios ao Laboratório de Máquinas Operatrizes do Centro Tecnológico da UFSC, impulsionando os trabalhos de pesquisa ora em andamento.

Para a realização dos ensaios optou-se pelo torno por ser a máquina operatriz de maior relevância entre os utilizados na maioria dos processos produtivos. Na pesquisa esta máquina é comumente analisada, por apresentar certas facilidades para a aplicação de métodos experimentais devido ao seu tipo construtivo, onde, cabeçote, barramento, acionamentos secundários e motor de acionamento formam unidades facilmente desmontáveis, permitindo montagens especiais.

Quanto ao tipo de ensaio adotado, a escolha recaiu sobre o ensaio no qual se determina o rendimento (perdas) a "vazio" e sob carga, para cada rotação possível da árvore principal da caixa de acionamento considerada.

Os ensaios foram realizados com a caixa de acionamento principal, não se considerando os acionamentos secundários.

Objetivando o confronto dos métodos experimentais envolvidos, foram utilizados dois procedimentos distintos de ensaio, procurando-se adotar em cada um, métodos de medição e de aplicação de carga diferentes.

Nos capítulos subsequentes serão apresentados e devidamente descritos os métodos e sistemas de medição empregados e os procedimentos experimentais utilizados. Serão também abordados o processamento dos dados e a análise dos resultados, assim como as conclusões e sugestões.

É importante ressaltar que o objetivo deste trabalho é essencialmente o de estabelecer métodos experimentais de ensaio, não objetivando uma análise detalhada da máquina do ponto de vista de concepção e qualidade construtiva.

OBS: Documentos não estritamente necessários à esplanção deste trabalho, a fim de reduzir o nº de páginas, se encontram agrupados em um 2º volume, à parte deste, para eventuais consultas, identificado como Anexo I.

C A P Í T U L O 2

MÉTODOS EXPERIMENTAIS EMPREGADOS

A potência fornecida à uma caixa de acionamento de qual quer máquina operatriz somente é aproveitado em parte para o desbaste.

Uma parte da potência é perdida ao longo do caminho cinemático pela transformação da energia mecânica em calor⁵.

O calor, normalmente é gerado pelo atrito entre os dentes das engrenagens, correias, mancais e outros elementos de transmissão, como por exemplo, embreagens eletromagnéticas, assim como, pelo atrito das peças em movimento com o óleo lubrificante (agitação e respingos) e o ar.

Denominando-se a potência disponível (saída) por N_s e a potência entregue (entrada) por N_e , define-se o rendimento de uma caixa de acionamento como sendo a relação entre a menor e maior potência, isto é,

$$\eta = \frac{N_s}{N_e} \quad , \quad (1)$$

deste modo o fator rendimento sempre será menor que a unidade.

Normalmente, no entanto, o rendimento é apresentado em porcentos, assim tem-se:

$$\eta = \frac{N_s}{N_e} \times 100\% \quad (2)$$

Devido às características peculiares da caixa de acionamento usada (ver descrição detalhada no capt. 3), composta de dois conjuntos acoplados por intermédio de correias em vê, cada um apresentando soluções técnicas bastante distintas, é interessante levantar além do rendimento total, também o rendimento de cada conjunto independentemente, isto é;

$$R E N D. 1 = P I N T / P E N T \times 100\% \quad (3)$$

$$R E N D. 2 = P S A I / P I N T \times 100\% \quad e \quad (4)$$

$$R E N D. 3 = P S A I / P E N T \times 100\% \quad , \quad (5)$$

onde,

R E N D. 1 = rendimento do conjunto motor-caixa de embreagens (conjunto 1)

R E N D. 2 = rendimento do cabeçote (conjunto 2)

R E N D. 3 = rendimento total, ou da caixa de acionamento (conjunto 1 + conjunto 2).

P E N T = potência entregue ao motor elétrico - potência de entrada

P I N T = potência disponível no eixo de saída da caixa de embreagens eletromagnéticas - potência intermediária.

P S A I = potência disponível na árvore principal do cabeçote - potência de saída.

OBS: Ao se considerar o motor elétrico e a caixa de embreagens eletromagnéticas como um conjunto, tentou-se simplificar o trabalho eliminando a determinação da potência disponível no eixo do motor, já que desde o início do trabalho estava previsto que a curva de rendimento do motor seria levantada separadamente por um outro trabalho de tese, o que, no entanto, não se concretizou até o final deste trabalho. A construção de dispositivos medidores e a revisão de todo o trabalho a estas alturas não pareceu aconselhável.

A potência de entrada, de caráter elétrico, pode ser facilmente medida de maneira direta ou indireta, respectivamente, por intermédio de wattímetros ou voltímetros e amperímetros adequados, enquanto que, a potência intermediária e de saída, de caráter mecânico, podem ser obtidos indiretamente pela medição simultânea do torque e da rotação, já que, estas grandezas mantêm com a potência a seguinte relação⁴:

$$N \text{ [KW]} = (1/97400) \times T_q \times n \text{ [cm. kgf]} \text{ [rpm]} \quad (6)$$

onde,

N = potência

T_q = torque

n = rotação

Todo o problema se resume, portanto, na medição de uma grandeza elétrica e duas mecânicas, no caso, respectivamente potência elétrica, torque e rotação.

A seguir serão apresentados os métodos de medida empregados e a discussão sobre a escolha dos mesmos entre as várias opções possíveis.

Serão também discutidas várias alternativas para a escolha do processo de aplicação da carga mais adequada.

Detalhes construtivos e características dos dispositivos e equipamentos usados pelos métodos aqui escolhidos serão apresentados no capt. 3.

2.1. APLICAÇÃO DA CARGA

Uma das características fundamentais dos ensaios a que este trabalho se propõem é a determinação do rendimento da caixa de acionamento, a determinadas rotações, sob diferentes níveis de carga. Estas variando desde a "vazio" até plena carga.

Isto exige métodos de aplicação de carga que permitam o escalonamento da carga. E para permitir uma medição, sem erros, devido a oscilações do ponteiro, o nível de carga aplicado deverá permanecer o mais constante e estável possível dentro de um intervalo de tempo suficiente para a leitura.

Baseado nas considerações feitas acima foram analisadas várias opções, algumas bastante conhecidas, quais sejam:

- a - processo normal de carga de uma máquina operatriz -
desbaste de uma peça
- b - freio hidráulico
- c - freio mecânico (sapatas, cintas, etc.)
- d - freio elétrico (gerador de cc)

O método a devido às características próprias do processo de corte não permite obter um carregamento estável⁶. E o escalonamento da carga é difícil, pois envolve o estabelecimento de condições de corte (profundidade, avanço, velocidade e ferramenta) que devem sofrer contínuas correções, devido ao desgaste da peça e conseqüente redução do diâmetro. O tempo necessário para estas correções, o enorme desperdício de material e os fatos negativos acima enunciados tornam o método inviável.

O método b bastante usado em bancos de prova para motores de combustão interna, possui características bastante positivas, permitindo a aplicação de cargas de modo escalonado sem variações ou instabilidades comprometedoras.

Como, no entanto, o freio do banco de provas do Centro Tecnológico, na época, não estava disponível e a compra de um segundo estava fora de cogitação, este método foi desconsiderado.

O caso c envolve um método com diferentes alternativas, pois existem uma variedade de tipos de freios baseados no mesmo princípio, porém com soluções técnicas diferentes.

Os mais importantes são os freios de cinta e de sapatas

São muito usados em conjunto com os freios hidráulicos de bancos de prova, com o objetivo de cobrir as faixas mais baixas de rotações à altos torques, onde normalmente os freios hidráulicos são ineficientes.

Os freios de cinta são de uso industrial intenso, ao passo que, os de sapatas (balacas) encontram na indústria automobilística o seu forte.

O freio de sapatas foi considerado o mais indicado para o caso, optando-se pela adaptação de um freio de automóvel pelas seguintes razões:

- disponibilidade do freio.
- poder frenante do freio suficiente para a potência da caixa de acionamento¹⁶.
- facilmente adaptável à árvore do cabeçote.
- dispositivos auxiliares bastante simples.
- sistema de refrigeração exigidos não muito sofisticado, dispensando instalações hidráulicas.
- bastante leve e compacto.
- facilmente adaptável à outras máquinas em futuros trabalhos.

Uma limitação no entanto chegou a preocupar, pois nos limites superiores de rotações da caixa de acionamento o freio mostrou-se instável e de difícil controle, além de aquecer em demasia. O impasse foi solucionado pela adoção de um outro método, no caso o d, que, veio ao encontro, da idéia de realizar os ensaios utilizando procedimentos diferentes.

Além deste fato outros fatores influenciaram na opção por este método, muito comum nos bancos de prova.

Os fatores são os seguintes:

- havia sido encomendado um Motor-Gerador de cc pelo Laboratório de Máquinas Operatrizes com o intuito de servir para trabalhos futuros.

- fácil de montar no banco de provas mesmo considerando o seu peso.
- desnecessárias as instalações hidráulicas para a refrigeração ou acionamento comum em outros freios.
- a faixa de rotações cobertas pelo freio foi considerada satisfatória para o caso.
- sistema de controle e regulação bastante prático.

Apesar da ineficiência deste freio nas baixas rotações, por se tratar de um gerador de corrente elétrica, utilizando - se os dois últimos processos, pôde-se obter uma sobreposição bastante satisfatória, entre as faixas de rotações cobertas por cada um dos métodos.

2.2. MÉTODOS DE MEDIÇÃO

A escolha dos métodos para medir rotação, torque e potência elétrica fundamentou-se na bibliografia existente sobre o assunto e em algumas comprovações experimentais.

Este último procedimento propiciou uma visão mais correta dos métodos ensaiados, além de permitir um maior contato com os equipamentos disponíveis nos laboratórios do Centro Tecnológico, dando uma idéia das possibilidades reais dos mesmos.

2.2.1. Rotação

A escolha dos métodos para medir rotação se baseou, em parte, nos trabalhos realizados por alunos do curso de pós-graduação sob a nossa orientação⁷. Assim, a apresentação dos mesmos será bastante sucinta. Maiores detalhes e informações, a respeito, se encontram na bibliografia utilizada.

Para facilitar a análise das opções estudadas foi idealizada um quadro comparativo, Quadro 1.

Neste quadro foram ponderados os vários itens referente às principais características de cada método, em função das observações colhidas durante os ensaios comparativos.

Os métodos analisados, identificados pelos equipamentos neles usados, foram os seguintes:

- a - Tacômetro portátil
- b - Bobina geradora
- c - Dínamo tacométrico
- d - Tacômetro mecânico
- e - Tacômetro estroboscópico
- f - Contador de pulso digital conjugado a um transdutor indutivo.

A seguir tem-se uma rápida apresentação dos métodos com suas variantes e no final o quadro comparativo.

a - TACÔMETRO PORTÁTIL

Os pulsos provenientes de um transdutor indutivo ou uma célula fotoelétrica são contados e transformados em uma corrente contínua análoga à frequência do sinal pulsante. O aparelho possui um galvanômetro próprio, graduado em rpm para leituras diretas e uma saída para a conexão de um instrumento de medida externo. O sinal disponível é uma tensão elétrica proporcional à frequência do sinal medido.

As medições foram realizadas com um transdutor indutivo sem contato, recomendado pelo fabricante do aparelho.

O sinal pulsante é obtido pela variação da indutância do transdutor por intermédio de um disco dentado.

As leituras foram realizadas de dois modos:

Modo a.1 - no próprio galvanômetro do tacômetro.

Modo a.2 - num voltímetro digital auxiliar, ligado à tomada externa do tacômetro.

Pelo modo a.2, obteve-se uma razoável linearidade entre os valores lidos e a rotação, considerada correta. Com o tacômetro (modo a.1), as leituras apresentaram uma dispersão maior, com pequena tendência a não linearidade. Este fato se deve em parte aos erros e imprecisões cometidos na leitura do galvanômetro.

No modo a.2, mesmo não considerando o último dígito, devido a flutuações, a indicação do voltímetro digital é bastante precisa.

b - BOBINA GERADORA

Ao se variar o fluxo magnético de uma bobina com núcleo imantado, no caso, por intermédio de uma roda dentada, gera-se uma corrente elétrica pulsante, cuja média é proporcional à rotação da roda dentada.

No entanto, como a tensão induzida é dependente também do entreferro, eventuais excentricidades e variações aleatórias ao longo do tempo mascaram os resultados. Estas deficiências ficaram perfeitamente evidenciadas durante a experiência.

O método tem a seu favor a simplicidade, necessitando para a leitura apenas de um milivoltímetro de alta sensibilidade.

c - DÍNAMO TACOMÉTRICO

Consta de um pequeno gerador de corrente contínua, conectado a um voltímetro através do qual se mede a tensão gerada. A tensão é proporcional à rotação do induzido do gerador.

A escala deste voltímetro normalmente é calibrada em rpm possibilitando deste modo leituras diretas.

Com a finalidade de comparar os resultados obtidos pela leitura do voltímetro calibrado em rpm, realizou-se leituras também em um outro voltímetro. Assim tem-se:

Modo c.1 - leituras realizadas através do voltímetro calibrado em rpm.

Modo c.2 - leituras feitas em um multivoltímetro de precisão, ligado em paralelo ao voltímetro.

As tensões lidas no multivoltímetro relacionadas com as rotações tidas como corretas demonstram um comportamento perfeitamente linear. Com relação às leituras no voltímetro calibrado em rpm, mostraram-se inexatas, chegando a apresentar erros da ordem de 46% em relação à rotação básica.

d - TACÔMETRO MECÂNICO

Trata-se de um instrumento manual, de leitura instantânea. O seu princípio de funcionamento se baseia na força centrífuga e a sua precisão de leitura é bastante baixa.

Além do mais, erros devido ao mal acoplamento entre o eixo do tacômetro e o eixo em rotação são bastante comuns.

e - TACÔMETRO ESTROBOSCÓPICO

O mesmo equipamento base, com acessórios diferentes, permite medir a rotação de modos diferentes, que são apresentados abaixo:

Modo e.1 - Uma célula fotoelétrica sensibilizada por um disco girante, com regiões claras e escuras igualmente espaçadas e distribuídas ao longo da região periférica, gera pulsos elétricos que devidamente detectados, são transformados em uma tensão elétrica proporcional à rotação do disco. A tensão é lida num instrumento indicador analógico diretamente em rpm.

Modo e.2 - Uma luz estroboscópica é projetada sobre a peça girante da qual se deseja determinar a rotação (foi utilizado o mesmo disco do caso anterior), com a variação da frequência de lampejo até imobilizar ilusoriamente o elemento girante, obtém-se a frequência da rotação que lida no indicador analógico representará a rotação do elemento em questão.

Os resultados obtidos através destes dois modos não foram satisfatórios, havendo acentuada flutuação do ponteiro que dificultou a leitura.

O aparelho não é muito preciso, prestando-se otimamente para análises de peças em movimento.

Para a medição das rotações sem erros pelo método da fotocélula, necessita-se de sinais de alta frequência.

f - CONTADOR DE PULSO DIGITAL CONJUGADO A UM TRANSDUTOR INDUTIVO

Uma roda dentada provoca variações da indutância na bobina de um transdutor, gerando uma tensão pulsante, cuja frequência é determinada por um contador digital de precisão.

A contagem dos pulsos se dá num intervalo de tempo bem determinado, portanto a frequência indicada, é uma média referida ao intervalo de tempo considerado.

Para se obter leituras praticamente instantâneas é necessário adotar intervalos de tempo de contagem muito pequenos, isto no entanto diminui, sensivelmente a exatidão da medida.

Para se alcançar, nestas condições erros menores, é necessário que a frequência do sinal gerado seja bem superior ao da frequência de rotação, vem daí a razão para se usar rodas dentadas com um apreciável número de dentes.

Para o presente caso utilizou-se uma roda dentada de 60 dentes, dando-se a contagem em intervalos de tempo de 10s, deste modo, pode-se ler diretamente a rotação em rpm, com uma resolução de décimos de rotação.

Inicialmente foi utilizado, como fonte geradora de pulsos, um transdutor indutivo sem contato, de onda portadora.

Seu uso porém é limitado pela frequência de onda portadora, já que o limite superior da faixa de frequência útil do transdutor, é da ordem de $1/3$ da frequência portadora.

Por este motivo ao se medir as rotações mais elevadas necessitou-se utilizar um outro transdutor que não apresentasse a mesma limitação.

Como substituto optou-se por um transdutor indutivo sem contato com imã permanente, apesar de uma pequena desvantagem sobre o anterior, por ser sensível a interferências. Por isto o sinal foi controlado por um osciloscópio.

Com base nestas e outras considerações foi elaborado o Quadro 1, optando-se após detida análise, pelos métodos a e f, quais sejam, Tacômetro Portátil e Contador Digital.

2.2.2. Torque

Como foi visto anteriormente a potência intermediária e de saída são determinados indiretamente pela medição simultânea da rotação e do torque, respectivamente no eixo de saída da caixa de embreagens e na árvore principal do cabeçote.

Assim, os seguintes torques deverão ser medidos:

- a - o torque transmitido da caixa de embreagens ao cabeçote - Torquímetro I.
- b - o torque transmitido da árvore principal do cabeçote ao freio de sapatas - Torquímetro II.
- c - o torque transmitido da árvore principal do cabeçote ao freio elétrico - Torquímetro III.

As seguintes considerações orientaram a escolha dos métodos para medição dos torques acima citados:

- dentro das possibilidades, projetar e construir os torquímetros por meios próprios, com a finalidade de aplicar os conhecimentos teóricos e práticos desenvolvidos durante o curso e possibilitar uma maior vivência experimental neste campo.
- utilizar o equipamento já disponível nos laboratórios, adquirindo somente aqueles estritamente necessários.
- escolher tipos construtivos fáceis de projetar e executar, dentro das possibilidades do laboratório de Máquinas Operatrizes, sob o ponto de vista de ferramental e pessoal.

- desenvolver preferivelmente, torquímetros de características técnicas diferentes, para cada local de medição. Permitindo, assim, uma futura análise comparativa dos seus comportamentos.

A escolha dos princípios básicos dos métodos de medição de torque, baseou-se na bibliografia existente sobre o assunto. Os detalhes construtivos foram concebidos em função das peculiaridades dos locais de medição e da disponibilidade de materiais e de equipamento, que sofreram no decorrer dos ensaios preliminares, contínuos desenvolvimentos.

Entre os princípios básicos de medição de torque se destacam entre outros os seguintes^{8, 9, 10}:

- I - Medição de torque pelo princípio da compensação elétrica.
- II - Medição de torque por intermédio de elementos elásticos - transformação do torque em desvios angulares ou deformações.

Os métodos baseados no primeiro princípio se prestam muito bem para medir pequenos torques. Estes métodos, além de não se enquadrarem no presente caso, apresentam ainda como vantagem, um elevado tempo de regulagem e uma exagerada sensibilidade às vibrações⁸.

Os métodos baseados no segundo princípio foram considerados adequados. São largamente aplicados em bancos de provas para motores de combustão interna, como também no controle industrial, notadamente no controle de torque em laminadores, transmissões e outros elementos de máquina¹¹.

Dos métodos que se baseiam no princípio acima, os que melhor se enquadram nas considerações tecidas inicialmente são os que se baseiam na transformação do torque em deformação e dentre estes os que usam como elemento detector da deformação, extensômetros elétricos^{8, 9, 11}.

O elemento elástico comumente usado é uma peça cilíndrica submetida à torção sendo em alguns casos usado o próprio eixo de transmissão, principalmente na medição de torque entre as extremidades de dois eixos.

Tais tipos de elementos são empregados na maioria dos modelos de torquímetros encontrados no mercado.

Na exiguidade de espaço entre as extremidades dos eixos, e, quando dispendo de uma única extremidade livre do eixo, é comum adotar elementos elásticos sob flexão. Estes elementos podem girar com o eixo, servindo como elemento de transmissão; nesta situação, necessitam de um sistema de transmissão para os sinais de medida. Podem ainda ser fixos, absorvendo o momento de reação, como nas balanças dinamométricas.

No presente trabalho, os elementos elásticos adotados para os três casos foram os seguintes:

- a) Torquímetro I - um elemento elástico submetido à flexão, segundo o princípio da barra engastada com uma extremidade livre, servindo como elemento transmissor do torque. Como o elemento gira com o eixo do torquímetro deverá ser conectado a um sistema de escovas e anéis para transmitir os sinais elétricos provenientes dos extensômetros.
- b) Torquímetro II - um elemento elástico fixo sob flexão, segundo o princípio do anel submetido à esforços diametralmente opostos, que absorve o momento de reação do freio de sapatas.
- c) Torquímetro III - inicialmente se tentou idealizar um torquímetro que empregasse elementos elásticos sob flexão, compostos por barras engastadas; mas devido a problemas construtivos durante a sua execução, principalmente o seu balanceamento, foi completamente abandonado.

Alternativamente, adotou-se um elemento elástico tubular submetido a torção, servindo como elemento transmissor do torque. Este torquímetro também dispõe de um conjunto de anéis e escovas, pelo mesmo motivo supra-citado.

As figuras 4, 5 e 6 e os esquemas das figuras 19, 21 e 22 esboçam respectivamente a forma e os princípios dos elementos elásticos adotados.

Detalhes sobre o dimensionamento dos elementos elásticos e a concepção dos torquímetros serão apresentados nos próximos capítulos.

2.2.3. Potência Elétrica

A potência elétrica, no caso trifásica, pode ser obtida de dois modos distintos^{13, 14}.

a - MÉTODO INDIRETO

Quando o sistema de carga, de ligação em estrela ou triângulo for simétrico, a determinação da potência elétrica é feita pela medição simultânea da tensão de linha, corrente de linha e do fator de potência de uma das fases. A potência total é determinada segundo a relação¹³:

$$W = 3 \frac{1}{\sqrt{3}} E I \cos \varphi \quad \text{onde,} \quad (7)$$

W = potência total

E = tensão de linha

I = corrente de linha

$\cos \varphi$ = fator de potência

Caso a carga não seja perfeitamente simétrica, o que é normal em motores, há a necessidade de se medir simultaneamente a tensão, corrente e fator de potência das três fases.

A potência total será então a soma das potências de cada fase. Ou seja,

$$W = W_1 + W_2 + W_3 = \frac{1}{\sqrt{3}} \sum_{i=1}^3 E_i I_i \cos \varphi_i \quad \text{onde,} \quad (8)$$

$W_1, 2, 3$ = potência de fase

E_i = tensão de linha

I_i = corrente de linha

$\cos \varphi_i$ = fator de potência

Nota-se que este método não é muito prático e exige muitos instrumentos de medidas, nem sempre disponíveis.

b - MÉTODO DIRETO

Neste método, por intermédio de um aparelho de medição adequado, mede-se diretamente a potência elétrica. Os aparelhos de medição comumente usados são wattímetros monofásicos ou trifásicos. Demonstra-se que a indicação de um wattímetro monofásico mantém com as grandezas elétricas envolvidas a seguinte relação¹³:

$$K \beta = V J \cos \varphi = W \quad \text{onde,} \quad (9)$$

K = constante do instrumento de medida

β = deflexão do ponteiro

V = tensão de fase

J = corrente de fase

$\cos \varphi$ = fator de potência

W = potência

Portanto o valor indicado é proporcional a potência medida.

Para se medir a potência trifásica existem dois métodos possíveis:

- Método dos três wattímetros - três wattímetros monofásicos
- Método dos dois wattímetros - um wattímetro trifásico

O primeiro método também não é muito prático, considerando que necessita de três wattímetros para as medições e sobretudo pela exigência de uma conexão correta de cada wattímetro. A bobina de tensão e de corrente devem ser respectivamente alimentadas pela tensão e corrente de fase. Isto torna-se bastante difícil quando a carga sofre mudança de comutação, passando de ligação estrêla para triângulo ou vice versa.

Esta mudança da carga é comum nos motores de polos comutáveis o que é exatamente o caso.

O segundo método é o mais indicado, pois permite a medição direta da potência total das três fases com um único instrumento de medida. O princípio de medição deste instrumento se baseia no método dos dois wattímetros¹⁴, isto é, sobre o mesmo sistema mecânico do instrumento se encontram conjugados os elementos de dois wattímetros, composto de duas bobinas de corrente e duas de tensão, que serão ligados respectivamente a duas fases.

Deste modo se compensam os possíveis desequilíbrios das fases, sendo a deflexão indicada, proporcional à potência trifásica total.

A ligação deste wattímetro deve ser feito com bastante cuidado, sob pena de se obter leituras absurdas, para tal os seguintes pontos devem ser observados:

- a cada uma das duas fases consideradas ligar uma bobina de corrente e uma de tensão.

- as bobinas de corrente e de tensão deverão respectivamente estar submetidas à corrente de linha e tensão de linha e a tensão deverá estar referida à fase não utilizada.

- evitar a inversão do sentido das ligações.

Como a tensão e a corrente são de linha, uma vez o instrumento ligado corretamente não haverá necessidade de se trocar as ligações, quando houver comutação do tipo de ligação de carga.

2.3. DESCRIÇÃO SUMÁRIA DOS SISTEMAS DE MEDIÇÃO EMPREGADOS NOS MÉTODOS EXPERIMENTAIS

Neste item serão abordados os sistemas de medida, dos métodos de medição anteriormente escolhidos.

Entende-se por um sistema de medida como sendo o conjunto dos equipamentos necessários para se tomar o valor de uma grandeza.

Normalmente estes equipamentos estão interligados formando uma cadeia, composta de três estágios^{8, 10}:

1º estágio (detector) - transdutor ou elemento detector

2º estágio (modificador do sinal) - demoduladores, amplificadores, etc.

3º estágio (indicador ou de registro) - indicadores analógicos ou digitais, registradores.

O encadeamento dos mesmos é apresentado de modo esquemático, logo abaixo.

Grandeza a medir → Detector → Modificador do sinal → Indicador

Nem sempre, cada estágio se encontra fisicamente separado dos demais, muitas vezes, estão agrupados em um mesmo equipamento como em alguns dos casos a seguir apresentados.

Com base nestas considerações são apresentados os equipamentos, suas funções e a disposição na cadeia dos sistemas de medida adotados nos dois procedimentos de ensaio.

Na escolha dos equipamentos de cada sistema de medida foram levados em consideração os seguintes aspectos:

- o perfeito casamento de impedâncias entre os estágios
- as características dos indicadores e registradores.
- a necessidade de uma indicação analógica ou digital.
- a necessidade de leituras contínuas ou instantâneas.
- o tipo de processo a medir (estático, dinâmico ou transitório).
- qualificação do observador

A fig. 16 apresenta esquematicamente todos os sistemas de medida. Enquanto que a disposição dos equipamentos nos respectivos sistemas pode ser observado na fig. 1.

2.3.1. Procedimento 1

- a - Sistema de aplicação de carga: freio de sapatas (FR)
- b - Sistemas de medida.
 - b.1 - Potência de entrada: Wattímetro trifásico (W) possui os três estágios conjugados num único aparelho. Está ligado à linha de alimentação do motor através do seletor de corrente (SE). O amperímetro (AM) apenas controla a corrente. O esquema de ligação é mostrado na fig. 29.
 - b.2 - Potência intermediária.

b.2.1. - Torque:

Torque → Torquímetro I (TQI) → Ponte Amplificadora → Registrador (OC)
de medida (API)

b.2.2. - Rotação:

Rotação → Transdutor indutivo (TRI) → Tacômetro (TA) → Voltímetro
(disco com cortes) Digital (VO)

b.3 - Potência de saída

b.3.1. - Torque:

Torque → Torquímetro II (TQII) → Ponte Amplificadora → Registrador
de medida (API) (OC)

b.3.2 - Rotação:

Rotação → Transdutor indutivo → Ponte Amplificadora → Contador de pul
de medida (APII) sos digital (CD)

2.3.2 - Procedimento 2

a - Sistema de aplicação de carga: freio elétrico (R+G)

b - Sistemas de medida

b.1. - Potência de entrada
(do mesmo modo como no caso anterior)

b.2 - Potência intermediária
(do mesmo modo como no caso anterior)

b.3 - Potência de saída

b.3.1 - Torque:

Torque → Torquímetro III (TQIII) → Ponte Amplificadora de medida API → Registrador (OC)

b.3.2 - Rotação

(do mesmo modo como no caso anterior)

2.4 - SISTEMAS DE ALIMENTAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

As figuras 26 e 27 apresentam do modo esquemático os sistemas de alimentação de todos os equipamentos envolvidos, quais sejam:

- a) Circuito de alimentação do Motor de acionamento e embreagens eletromagnéticas (PAI, TR, VU, PA II, M e CEM), fig. 26.
- b) Circuito de alimentação dos equipamentos de medida (PAI, DI, API, AP II, CO, VO, RE), fig. 26.
- c) Circuito de alimentação do Motor-Gerador de cc (PA III, TR, G e R), Fig. 27.

TRI e VU - regulam e controlam a tensão de linha, para que cada medição se dê a uma mesma voltagem.

TRII regula a carga do gerador.

AM - amperímetros, controlam respectivamente a corrente do wattímetro e da carga.

A correta aterragem de todos os equipamentos foi um ponto enfatizado.

O sistema é muito versátil, permitindo rápidas mudanças de local dos equipamentos, ou montagem e desmontagens. Isto decorre do uso de cabos de ligação intercambiáveis e um prático sistema de tomadas, aliado ao uso de plataformas e mesas móveis para a colocação dos quadros de controle e comando e de equipamentos de medição. As figuras 2 e 3 evidenciam este fato.

C A P Í T U L O 3

EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Neste capítulo serão apresentadas as principais características de todos os equipamentos utilizados para a realização deste trabalho.

3.1 - EQUIPAMENTOS ADQUIRIDOS E EXISTENTES

3.1.1 - Caixa de Acionamento (M + CEM + CAB)

Com o intuito de adquirir experiências e ampliar os conhecimentos sobre as diferentes soluções técnicas adotadas na construção de máquinas operatrizes, optou-se por uma caixa de acionamento que se enquadrasse perfeitamente neste contexto. A caixa de acionamento escolhida foi a de um torno IMOR, tipo P - 400, adquirida diretamente da fábrica, acompanhada dos acionamentos secundários (para um outro trabalho) e dos componentes do comando elétrico (desmontados) sem o barramento.

Esta caixa é composta das seguintes unidades:

- Um motor elétrico de polos comutáveis - Motor.
Dispondo de duas potências a duas diferentes rotações respectivamente obtidas pela comutação dos polos.

Marca: G.E. Tipo: B5K 256 DG 956 - Nº DF 59673,4122304

<u>Potência</u>	<u>Rotação</u>	<u>Ligação da carga</u>
7,5 CV	1720 rpm	Triângulo
3,8 CV	865 rpm	Estrêla

- Um variador escalonado de rotação, intermediária, com embreagens eletromagnéticas - Caixa de embreagens.
Dispõe ainda no eixo de saída três rotações, uma das quais sobreposta, selecionáveis através das embreagens eletromagnéticas.

- Um variador escalonado de rotação - Cabeçote.

Disponde de 18 rotações na árvore principal, das quais 6 sobrepostas. A mudança das rotações é obtida através de blocos deslocáveis, acionados por alavancas de comando, no próprio cabeçote.

O motor está diretamente acoplado à caixa de embreagens, formando um conjunto. Este está acoplado ao cabeçote por intermédio de correias em Vê.

Detalhes sobre as soluções técnicas adotadas, como por exemplo, número de eixos, tipos de blocos deslocáveis e o caminho cinemático podem ser vistas no esquema cinemático da figura 17.

No ábaco de velocidades, da mesma figura, pode-se obter uma boa idéia das possibilidades da variação das relações de transmissão e das rotações disponíveis na árvore.

Através de uma análise detalhada, pode-se avaliar as qualidades das soluções técnicas adotadas; não sendo porém a finalidade do presente trabalho, são apenas tecidas algumas considerações sobre a "precisão construtiva" da caixa considerada.

Observando-se a placa da caixa de acionamento nota-se que poucas rotações ali numeradas coincidem com as rotações apresentadas no ábaco de velocidades.

No estabelecimento do número de rotações não houve a preocupação em escolher uma série normalizada, como por exemplo, na DIN 804. Apesar das mesmas serem encontradas na série básica não seguem um escalonamento constante e medidas realizadas "a vazio" são bastante inferiores aos constantes na placa. Nessas condições as tolerâncias estipuladas pela DIN 804, na maioria das vezes não são satisfeitas¹⁵.

3.1.2 - Pontes Amplificadoras de Medida

3.1.2.1 - Ponte Amplificadora de Medida (API)

Esta ponte foi especialmente importada para ser usada neste trabalho. É um amplificador de medida à onda portadora para ser acoplado a pontes resistivas de um quarto, meia e ponte completa, assim como, à meias pontes indutivas.

Possui um alto ganho, sendo próprio para medições de deformações, deslocamentos, forças, pressões ou vibrações quando acoplado aos transdutores adequados.

Compõem-se de uma unidade para no máximo 6 canais de medida, no caso somente foram usados 2 canais.

No presente caso foi usada para alimentar as pontes de extensômetros dos três torquímetros utilizados e para a amplificação dos sinais de medida proveniente dos mesmos. Estes sinais amplificados foram levados da saída à um registrador (RE), e deste modo o instrumento indicador da ponte somente foi utilizado para o controle do nível dos sinais de medida e para a calibração de cada canal de medida.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Marca: Hottinger Baldwin Messtechnik

Tipo: KWS/6E - 5 - Nº 043

Frequência da onda portadora 5 kHz

Faixa de frequência útil 0... 1500 Hz

Tensão de alimentação da ponte 1, 4 e 10 V

Saída: Tensão -4 a 4 V

Impedância Ra \geq 100 ohm

Permite a ligação de:

- Transdutores indutivos - 2 mH a 20 mH
- Transdutores resistivos para ligação em ponte - 40 ohm a 1200 ohm.
- Transdutores ativos e eletrodinâmicos com o uso de modulador auxiliar.

Sensibilidade - para um extensômetro ativo e deflexão total.

Tensão de alimentação da ponte	μ/m
10 V	40
4 V	100
1 V	400
Classe	0,2
Comprimento máximo admissível do cabo de ligação	600 m

Maiores informações sobre outras características técnicas, de utilização, calibração e controle podem ser obtidos do catálogo²².

3.1.2.2 - Ponte Amplificadora de Medida (AP II)

É uma ponte com características muito semelhantes à anteriormente descrita, própria para exercer as mesmas funções. É no entanto, um modelo bastante antigo, à válvulas eletrônicas não servindo para medições que requerem precisão. Possui 4 canais de medida.

Foi utilizada para excitar o transdutor indutivo (TR II), (ver figura 16), e amplificar o sinal gerado por este. Também aqui o sinal amplificado foi levado, através do circuito de saída, à um Contador de Pulsos (RE), não se utilizando portanto o galvanômetro da Ponte Amplificadora para leituras.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Marca: VEB Techn. Phy. Werkstätten

Tipo: 4 D 3

Nº 53:011

Frequência da onda portadora 5 kHz

Faixa de frequência útil 0... 1500 Hz

Permite a ligação de:

- Transdutores indutivos (meia ponte, 1 V de tensão de alimentação) - 1 mH a 20 mH.
- Transdutores resistivos ligados em ponte.

Saída: Tensão -10 a 10 V
Impedância $R_a \geq 100$ ohm

3.1.3 - Registrador (RE)

É um registrador de compensação com registro indireto pela ação de penas sobre papel carbono apostado sobre a fita de papel. Composto de três canais registradores dos quais foram usados somente dois. Permite o registro de qualquer sinal tanto de caráter estático como dinâmico. A largura da fita de papel usada é de 125 mm e a faixa útil de registro de cada canal é de no máximo 40 mm (sinal alternativo com média nula). Possui 8 campos de medida, com níveis de sensibilidade variando escalonadamente de $1,5 \times 10^{-3}$ a 5 V/mm e ajuste contínuo. A velocidade do papel é obtida através de um sistema de engrenagens intercambiáveis.

Marca: Philips

Sistema: Oszilloscript - System Schwarzer

Tipo: PT 5104 nº 4830

Impedância de entrada: 1 kiloohm

O aparelho foi usado para o registro simultâneo dos sinais procedentes da Ponte Amplificadora (AP I), possibilitando, deste modo, a leitura dos sinais de medida emitidas pelos torquímetros.

3.1.4 - Conjunto de Anéis e Escovas

É um equipamento composto por anéis e escovas para transmitir sinais de medida de elementos girantes ao respectivo sistema de medição. Pode somente ser acoplado a uma extremidade de eixo, possuindo uma flange própria para isto.

Este conjunto foi utilizado para transmitir o sinal de medida proveniente dos estensômetros do Torquímetro I para a Ponte Amplificadora (AP I).

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Marca:	Hottinger Baldwin Messtechnik
Tipo:	S K 6
Nº	2256
Número de anéis e escovas	6
Tensão máxima admissível	60 V
Corrente máxima admissível	2 A
Rotação máxima admissível - contínua	6000 rpm
instantânea	12000 rpm
Resistência elétrica entre anéis e escovas	100 miliohm
Terminais de ligação soldáveis	12

3.1.5 - Tacômetro Portátil (TA)

Este aparelho é próprio para medir rotações de 600 a 10^5 rpm e efeitos de deslizamentos de ordem de até 20%.

O aparelho é bastante sensível quando acoplado ao transdutor PR 5121 ou ao PR 5123 do mesmo fabricante, entretanto, apresenta resultados satisfatórios à sinais alternativos, gerados por outros transdutores. Possui ainda uma saída para a ligação de instrumentos indicadores auxiliares, e é alimentado por baterias recarregáveis.

Maiores detalhes sobre o princípio de funcionamento, utilização e calibragem podem ser obtidos na referência bibliográfica⁵.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Marca: Philips
Tipo: PR 9507 - Nº LO 812

Campos de medição:

acima de $3 \cdot 10^3$ rpm
acima de 10^4 rpm
acima de $3 \cdot 10^4$ rpm
acima de 10^5 rpm

Escalas: 0 a 30 rpm
0 a 100 rpm
20 a 0%

Saída:

Tensão - para uma deflexão total do ponteiro 200 mV
Impedância do equipamento auxiliar > 1 megaohm

Entrada: (por intermédio dos transdutores PR 9121 e PR 9123).

Tensão de entrada mínima 200 mVrms
Tensão de entrada máxima 10 Vp (pico)

O tacômetro foi usado para medir a rotação no eixo de saída da caixa de embreagens.

O sinal de entrada foi obtido através de um transdutor indutivo (TR I) e a leitura foi realizada por intermédio de um multímetro digital (VO) conectado à saída do tacômetro, conforme o esquema da figura 16.

3.1.6 - Transdutor Indutivo (TR I)

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

Marca: Philips

Tipo: PR 9123

Campo de medições 0 a 3 kHz

Saída:	
Tensão mínima	300 mV/s
Área de superfície do objeto	1 cm ²
Distância básica	3 mm
Tensão de alimentação	6 - 8 V cc
Resistência interna	10 kiloohm.

Este transdutor foi usado para gerar pulsos a partir de um disco, conforme mostra a figura 9.

3.1.7 - Multímetro Digital (VO)

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

Marca: Fluke

Tipo: 8100 - A Nº 4821

O ponto decimal é automaticamente posicionado.

Função		Campo de medida
mV	milivolts em cc	0,0001 a 1 V
VDC	volts de cc	1 a 1000 V
VAC	volts de ca	1 a 1000 V
kohm.	kiloohm	10 kiloohm a 10 megaohm
Test	para teste	

Considerando que a tensão máxima de saída do tacômetro é de 200 mV as medidas no voltímetro foram realizados na função correspondente, isto é, mV.

3.1.8 - Contador Digital (CO)

Este aparelho pode ser usado para a medida de frequências, períodos, períodos médios, relações de frequência, intervalos de tempo e número de eventos. A faixa de utilização é de 0 a 35 MHz.

Emprega um registrador visual com oito dígitos composto de tubos à gás de alta intensidade, com deslocamento automático do ponto decimal.

Possui duas entradas no painel frontal e duas no painel traseiro, com seleção de polaridade e três faixas de atenuação. Maiores detalhes sobre o princípio de funcionamento e de utilização podem ser obtidos na referência bibliográfica⁷.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

Marca: General Radio Company

Tipo: 1191-2

Nº 8985 - Série 00959

Tempo de exposição de leitura (12 posições) 100 μ s a 10s
Ajuste do nível do "trigger" -100mV a +100mV

Foi usado para contar os pulsos gerados pelo transdutor indutivo (TR II) amplificados através da Ponte Amplificadora (AP II).

3.1.9 - Transdutor Indutivo (TR II)

3.1.9.1 - À onda portadora

O transdutor deve ser usado em conjunto com um amplificador de onda portadora.

Permite avaliações práticas sem contato, de deslocamentos, alterações de comprimento e vibrações. Apresenta grandes vantagens em medidas, como a da frequência de um movimento, já que, nestes casos, não necessita ser calibrado⁷.

No presente caso, foi usado como fonte de pulsos, obtidos a partir de uma roda dentada, conforme fig. 7.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

Tipo: IWB 2	
Frequência de excitação	5 kHz
Voltagem da ponte alimentadora	1 V
Faixa de frequência de trabalho	0 a 1000 Hz
Distância básica	0,5 a 5 mm
Indutividade da ponte	aprox. 15 mH

3.1.9.2 - Com núcleo imantado

É próprio para a medição de rotação quando usado em conjunto com contadores de pulsos adequados.

Foi usado do mesmo modo que o anterior, sendo o sinal gerado, somente amplificado por um outro amplificador antes de entrar no contador.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

Sensibilidade min. 150 mV p/ um "gap" de 0.01" a uma velocidade linear de 3" por segundo.

Resistência 1000 ohm

A tensão de saída é dependente da velocidade tangencial

3.1.10 - Wattímetros e Transformadores de Corrente

O princípio de funcionamento encontra-se descrito no item 2.2.3.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

Marca: Norma

Nº 1.259.438

Corrente máxima 5 A

Classe 0,1

3.1.13 - Conjunto Motor-Gerador de cc (R+G)

Foi utilizado como freio, para a aplicação de cargas. Funcionando como gerador (G), sendo a energia elétrica gerada, absorvida por um conjunto de resistência (R). A variação da carga se obtém pela variação da corrente de excitação através de um transformador trifásico variável e retificador.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Motor - Marca: Anei S/A

Tipo: M.C I - 7/4 Nº 11.244

22 kW/1800 rpm/52 A

Conjunto de alimentação (transformador)

Tipo: RTI - 8 B Nº 31.481

Entrada: 380 V, kVA 30,4; A = 46 A 60 Hz

Saída: 0 até 340 V; kVA 0 até 25; A = 42, 60 Hz

Com ventilador

3.2 - EQUIPAMENTOS CONSTRUÍDOS

Serão sucintamente apresentados os dispositivos e equipamentos especialmente concebidos e executados para este trabalho.

3.2.1 - Quadro de Comando do Motor e Embreagens Eletromagnéticas (PA II)

Este quadro conjuga o sistema de alimentação e comando do motor e embreagens, composto por chaves, disjuntores e uma unidade retificadora. Estes elementos foram adequadamente montados, segundo o esquema fornecido pelo fabricante. A caixa, a disposição dos elementos e as tomadas de entrada e saída foram especialmente concebidas tendo em vista a sua versatilidade.

Possui três chaves acionadas por alavancas de comando e que possuem as seguintes funções:

- chave de partida, parada e reversão;
- chave de comutação dos polos;
- chave para seleção de rotações através das embreagens

Possui ainda:

- uma tomada de entrada trifásica;
- duas tomadas de saída trifásica para alimentação do motor;
- duas tomadas monofásicas para a alimentação das embreagens;
- três tomadas monofásicas de corrente, respectivamente uma para cada fase;
- três tomadas de tensão;

Estas últimas são próprias para medições de corrente, tensão ou potência, por serem derivações do próprio circuito, facilitando a conexão de instrumentos de medida. Para a medição da potência elétrica foram exatamente estas as tomadas usadas, conforme mostra a fig. 26.

3.2.2 - Seletor de Corrente

Para facilitar a conexão dos secundários dos transformadores ao wattímetro, sem perda de tempo, foi idealizado um quadro seletor, de acordo com o esquema da fig. 28. Detalhes sobre o posicionamento dos elementos podem ser vistos na fig. 8. Inclui-se também um divisor de tensão, adaptando a tensão de linha à tensão de entrada do wattímetro.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DOS TRANSFORMADORES DE CORRENTE

Marca: Norma

Classe: 0,2

Campos de entrada 3

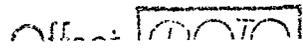
Corrente max. de cada campo 10 A, 25 A e 50 A

Corrente max. de saída 5 A



Office

4004



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO DIVISOR DE TENSÃO

Marca: Norma

Classe: 0,2

Campos de entrada 1

Tensão max. de entrada 520 V

Tensão max. de saída 260 V

CARACTERÍSTICAS DO QUADRO SELETOR

- duas chaves seletoras - três posições
- interruptor - para "shuntar" o circuito de corrente.

3.2.3 - Roda e Disco Gerador de Sinais

3.2.3.1 - Roda dentada

A fim de aumentar a precisão de leitura, idealizou-se, para gerar os sinais pulsantes através do transdutor indutivo (TR II), uma roda dentada com 60 dentes. Para tal aproveitou-se um flange, inicialmente usado no Torquímetro III.

Foram adotados 60 dentes para permitir uma leitura no contador (CO) direta em rpm, permanecendo-se mesmo assim, acima dos limites inferiores das dimensões dos dentes recomendados para uma geração perfeita dos sinais.

Detalhes da mesma podem ser observados na fig. 7.

3.2.3.2 - Disco com cortes

Como as rotações no eixo da caixa de embreagens são relativamente elevadas, a geração de dois pulsos por rotação pareceu ser razoável. Para a geração dos pulsos se utilizou o disco do próprio Torquímetro I, realizando no mesmo dois cortes diametralmente opostos, conforme fig. 9.

3.2.4 - Anéis e Escovas

Para a transmissão dos sinais de medida vindos dos extensômetros do Torquímetro III, foi concebido um sistema de anéis e escovas pela utilização de um "Kit" Philips, próprio para isto.

Do "Kit" foram utilizados:

- fitas de cobre, para a execução dos anéis de contato;
- fitas de espuma com superfícies auto-adesivas, permitem um perfeito acentamento da fita de cobre e isolam o anel do eixo;
- fita isolante;
- escovas, compostas por fios de cobre prateados.

Para porta-escovas foram idealizados dispositivos especiais em acrílico.

Detalhes construtivos do sistema transmissor podem ser vistos no desenho Nº MF2 - PD-00-00 e na figura 13.

O sistema é composto de 4 anéis e 8 escovas duplas, sendo as escovas pressionadas sobre os anéis por intermédio de molas.

Todo o sistema é desmontável por intermédio de parafusos, e também a regulagem da pressão das escovas sobre os anéis.

3.2.5 - Estrutura do Banco de Provas

Na concepção foram considerados os seguintes fatores:

- a - versatilidade (permitir outras montagens para a realização de futuros trabalhos)
- b - solidez e rigidez (permitir a montagem de máquinas pesadas e não sofrer os efeitos de vibrações)
- c - área ocupada suficiente para os tipos de trabalhos previstos.

A estrutura é composta de uma base de concreto armado na qual estão engastadas vigas "C". Sobre esta base estão dispostas vigas "I" e "C" encimadas por duas mesas de frezadoras, conforme a fig. 1.

Todas as vigas são unidas por intermédio de espaçadores e parafusos.

3.2.6 Freio de Sapatas

Consiste num freio, dianteiro de um automóvel Sima Chambord devidamente adaptado.

O tambor do freio é fixa através de um flange especial, por intermédio dos próprios parafusos de roda, à placa do torno sem as quatro castanhas.

A parte da suspensão presa à ponta do eixo foi cortada e no seu lugar foi fixada uma alavanca que atua sobre o Torquímetro II. Sobre a alavanca foi montado um sistema, semelhante ao burrinho do freio, composto de um cilindro e pistão. A pressão necessária para o fluido acionar as sapatas é obtido através da ação de uma tampa rosqueada sobre o pistão.

A fim de melhorar a eficiência do freio foi necessário conceber um sistema de refrigeração. Este se compõe de um reservatório, que comporta o líquido de refrigeração (água com óleo solúvel, evitando-se desta maneira o enferrujamento da panela do freio), cujo nível, permite imergir a panela de freio até no máximo 8 mm; deste modo somente a superfície externa do mesmo é banhado pela água. A refrigeração se da praticamente por evaporação, já que, a água não é continuamente recirculada, mas somente repostas.

O desenho Nº MF2 - 2C-00-00 apresenta os detalhes construtivos do freio e sistema de refrigeração, complementados pela fig. 10.

3.2.7 - Descrição Sucinta dos Torquímetros

No decorrer do presente trabalho foram concebidos e construídos três modelos de torquímetros, todos à base de estensômetros elétricos.

A seguir serão apresentados suas funções e detalhes construtivos.

3.2.7.1 - Torquímetro (TQ I)

Na concepção deste medidor foram considerados os seguintes pontos:

- adotar o elemento elástico mais conveniente;
- compactar ao máximo o sistema, evitando a utilização de peças móveis ou mancais auxiliares que possam dissipar energia;
- desenvolver um sistema de preferência axialmente simétrico;
- não modificar as dimensões da polia;
- permitir a fácil desmontagem do elemento elástico.

O desenho Nº MF2 - PB-00-00 mostra através de um corte o sistema adotado, enquanto que, a fig. 9 evidencia a sua posição relativamente à caixa de embreagens.

A transmissão do torque se dá esquematicamente da seguinte maneira:

eixo de saída ➡ Luva ➡ elemento elástico I ➡ disco ➡ polia
(da caixa de embreagem) (pino)

O elemento elástico I está preso por intermédio de uma porca e contra porca na luva, obtendo-se desta maneira um perfeito engastamento, com a extremidade livre apoiada sobre o pino de araste.

3.2.7.2 - Torquímetro II (TQ II)

Este medidor, semelhante à um anel dinamométrico, é composto dos seguintes elementos:

- o anel elástico;
- 2 apoios, um dos quais fixa o anel à mesa enquanto que o outro, disposto diametralmente une o suporte de esfera ao anel;
- suporte de esfera, permite o contato pontual da alavanca do freio com o anel.

O torque é transmitido através da alavanca do freio ao anel.

O desenho Nº MF2 - PC-00-00 dá uma boa idéia de sua localização no conjunto, enquanto que, a fig. 11 evidencia alguns detalhes construtivos.

3.2.7.3 - Torquímetro III (TQ III)

Na concepção deste medidor foram considerados os seguintes fatores:

- aproveitar à medida do possível as peças anteriormente fabricadas durante a primeira tentativa;
- manter-se dentro do espaço disponível entre Motor- Gerador e Cabeçote, sem comprometer o dimensionamento do elemento elástico;
- permitir fácil desmontagem do elemento elástico.

O torquímetro é composto dos seguintes elementos:

- 1 flange (roda dentada), une o elemento elástico à árvore principal do cabeçote;
- o elemento elástico;
- 1 bucha, une o eixo do motor ao elemento elástico, além de suportar os anéis do sistema de transmissão de sinais de medida.

O torque é transmitido diretamente através do elemento elástico.

O desenho Nº MF2 - PD-00-00 mostra em corte detalhes dos componentes e a montagem dos mesmos, enquanto que, a fig. 12 ilustra o conjunto todo, evidenciando a posição do mesmo em relação ao Motor-Gerador e Cabeçote.

3.2.8 - Dimensionamento dos Elementos Elásticos

Para o início do dimensionamento deve ser estabelecido a carga máxima a que os elementos estarão submetidos. Estas podem ser obtidas a partir do torque máximo considerado.

Como alguns elementos não estão diretamente submetidos à torque, mas à forças, devem também ser considerados os respectivos braços de alavanca.

Conhecendo-se a carga, isto é, torque ou força, desenvolve-se o cálculo das tensões, em função das dimensões das seções mais solicitadas, próximas das quais estarão colados os extensômetros elétricos. É necessário, no entanto observar as seguintes considerações^{17,18}:

- a) As tensões existentes nos elementos elásticos deverão ser inferiores ao limite elástico do material neles empregado.
- b) As deformações, às quais estarão sujeitos os extensômetros elétricos, não deverão exceder as deformações máximas permissíveis.
- c) A sensibilidade do dinamômetro deverá ser a mais adequada.
- d) O elemento elástico deverá ser suficientemente rígido para não introduzir na medida erros dinâmicos.

Para o efeito de dimensionamento foi considerado válida a Lei de Hooke, sendo as tensões admissíveis fixadas com base no limite de elasticidade de cada material empregado (dados do fabricante), adotando-se um valor ligeiramente inferior.

Devido à ampla faixa de torques a serem medidos, devido ao escalonamento da carga e às duas potências do motor, e na tentativa de satisfazer as considerações acima, principalmente a a e c, houve a necessidade de subdividir a faixa de medição de cada torquímetro; deste modo foram envolvidos dimensionamentos de vários elementos elásticos para cada torquímetro.

Com base nestas considerações e na análise dos torques máximos de cada rotação (da caixa de embreagens e cabeçote), através da aplicação da relação (6), foram estabelecidas as seguintes faixas de torque, representados pelos torques máximos, dos elementos elásticos correspondentes, segundo a Tabela 1.

Torquímetro (elemento elástico)	I	II	III
A	750	7500	2000
B	350	2000	-

Tabela 1 - Faixa de torque para os respectivos elementos elásticos (kgf. cm).

Tomando-se por base os torques da Tabela 1, dimensionou-se devidamente cada um dos elementos.

3.2.8.1 - Elemento elástico I - A

a - Determinação da força atuante na extremidade livre do elemento elástico.

De acordo com a fig. 18 tem-se:

$$T_q = L \times F \text{ donde,} \quad (11)$$

$$F = T_q / L \quad (12)$$

Para efeito de cálculo foram fixados os seguintes parâmetros:

$$T_q = 750 \text{ kgf.cm (obtido da Tabela 1)}$$

$$L = 8,0 \text{ cm (dimensão básica)}$$

A força atuante sobre a extremidade da barra então será,

$$F = 750/8 = \underline{93,6 \text{ kgf}} \quad (13)$$

b - Dimensionamento propriamente dito

Assimilando-se o elemento elástico à uma viga engastada numa das extremidades, esquematicamente representado na fig. 19, sujeita à flexão pela ação da força F na extremidade livre, estabelece-se a expressão da tensão máxima na seção mais solicitada, de acordo com a teoria da elasticidade¹⁹. Em função desta tensão determina-se, por tentativas, as dimensões ótimas da seção considerada.

A tensão máxima será,

$$\sigma_{\max} = (6 \times L \times F) / (b \times h^2) \quad (14)$$

De acordo com o projeto global do torquímetro foram fixadas as seguintes dimensões, fig. 19 e Desenho Nº MF2 - PB-00-05,

$$L_1 = 4,5 \text{ cm}$$

$$b = 1,6 \text{ cm (a seção, para efeito de cálculo, será considerada retangular)}$$

Sendo assim, deverá ser calculado a altura da seção h.

O aço utilizado é um aço temperável, Stora 16, com um limite de elasticidade mínimo à tração de $\sigma_p = 2700 \text{ kgf. cm}^2$. Baseado neste valor adotou-se para a tensão admissível à flexão $\sigma_f = 2200 \text{ kgf/cm}^2$, aproveitando-se assim quase toda a faixa elástica do material.

Considerando então, $\sigma_{\max} = \sigma_f$, a altura da seção será,

$$h = (6 \times L \times F) / (b \times \sigma_f)^{1/2} \quad (15)$$

Substituindo os valores numéricos

$$h = (6 \times 4,5 \times 93,6) / (1,6 \times 2200)^{1/2} \quad (16)$$

$$h = \underline{8,5 \text{ mm}} \quad (17)$$

c - Verificação da sensibilidade do elemento considerado

A deformação de um dos extensômetros do sistema de medida, colado segundo mostra esquematicamente a fig. 19, é calculado através da expressão (14).

$$L = L_2 = 3,5 \text{ cm (distância do ponto de apoio da força à seção considerada).}$$

$$F = 93,6 \text{ kgf}$$

$$b = 1,6 \text{ cm}$$

$$h = 0,85 \text{ cm}$$

Substituindo os valores numéricos

$$\sqrt{\sigma}_{\max} = (6 \times 3,5 \times 93,6) / (1,6 \times 0,85) \quad (18)$$

$$\sqrt{\sigma}_{\max} = 1765 \text{ kgf} \cdot \text{cm} \quad (19)$$

A deformação correspondente será,

$$\epsilon_{\max} = \frac{\sqrt{\sigma}_{\max}}{E} = \frac{17,65}{2,1 \times 10^4}$$

$$\epsilon_{\max} = 8,4 \times 10^{-4} \quad \text{ou}$$

$$\epsilon_{\max} = 840 \mu/\text{m} \quad (20)$$

A deformação acima calculada é menor que a admissível em extensômetros

$$(\epsilon_{\text{adm}} = 1500 \mu/\text{m}).$$

Considerando-se o circuito de medida, que possui dois extensômetros ativos fig. 23, a leitura no galvanômetro indicando a deformação, será maior do que a deformação real do extensômetro de acordo com a seguinte relação^{20,22}:

$$\epsilon_L = (\epsilon \times n \times \alpha \times K) / (2 \times C) \quad (21)$$

onde

$$\epsilon_L = \text{valor indicado pelo galvanômetro da ponte amplificadora } (\mu/\text{m})$$

$$\epsilon = \text{deformação real de um extensômetro}$$

$$n = \text{número de ramais ativos da "ponte de Wheatstone"} \\ (n = 2)$$

α = fator de correção do comprimento dos cabos ($\alpha = 1$ para comprimentos inferiores a 6 m)

k = fator do estensômetro, fornecido pelo fabricante ($k = 2,08$ vide item 3.2.9.1).

C = fator de correção dependente da resistência do estensômetro ($R = 302$ ohm, $C \approx 1$)

Substituindo na (21), tem-se

$$E_L = (840 \times 2 \times 1 \times 2,08) / (2 \times 1) \quad (22)$$

$$E_L = 1690 \mu/m \quad (23)$$

Sendo a "sensibilidade" do torquímetro a seguinte

$$S = E_L / T_q \quad (24)$$

$$S = 1690/750$$

$$S = 2,26 (\mu/m)/(kgf.cm) \quad (25)$$

Considerando que a menor leitura permitida pelo galvanômetro da ponte amplificadora²² é de

$$E_{\min} = 1 \mu/m$$

O menor torque que poderá ser medido será da ordem de

$$\Delta T_q = (2,26)^{-1}$$

$$\Delta T_q = 0,44 \text{ kgf.cm} \quad (26)$$

O torque mínimo mensurável foi estabelecido em torno de 0,5% do torque máximo, tem-se, então

$$T_{q \text{ min}} = (0,5 \times 750) / 100$$

$$T_{q \text{ min}} = 4 \text{ kgf.cm} \quad (27)$$

Deste modo comprova-se a boa sensibilidade do elemento elástico e o acerto do seu dimensionamento, ΔT_q é aproximadamente 10 vezes menor que $T_{q \text{ min}}$ desejado, isto permite o uso de campos de medida, de menor ganho, melhorando a medida (redução dos ruídos).

3.2.8.2 - Elemento Elástico I - B

Procedeu-se do mesmo modo como no caso anterior. O valor do torque segundo a Tabela I, será

$$T_q = 350 \text{ kgf.cm}$$

a) $F = 43,8 \text{ kgf}$

b) Para o caso permanecem constantes

$$L = L_2 = 3,5 \text{ cm}$$

$$b = 1,6 \text{ cm} \text{ então}$$

$$h = 6 \text{ mm}$$

c) $\epsilon_{\text{max}} = 760 \mu/m$

$$\Delta T_q = 0,22 \text{ kgf.cm}$$

$$T_{q \text{ min}} = 1,75 \text{ kgf.cm}$$

3.2.8.3 - Elementos Elásticos II - A e II - B

Os dimensionamentos destes seguem o mesmo roteiro do item 3.2.8.1, considerando-se porém, as fig. 20 e 21 e o Desenho MF2 - PC-02-03, além dos seguintes dados:

	<u>Elemento elástico II - A</u>	<u>Elemento elástico II - B</u>
a -	$T_q = 7500 \text{ kgf.cm}$	$T_q = 2000 \text{ kgf.cm}$
	$L = 46,5 \text{ cm}$	$L = 46,5 \text{ cm}$

Levando os valores numéricos na (12), tem-se

$$F = 161,2 \text{ kgf}$$

$$F = 43 \text{ kgf}$$

b - A tensão máxima da seção de maior sollicitação, de um anel carregado segundo a fig. 21, é a seguinte^{19,21}:

$$\sigma_{\max} = (6 F \times R) / (\pi h^2 b) \quad (28)$$

O diâmetro externo foi fixado em $D_e = 107 \text{ mm}$, para os dois casos, a fim de manter constante a distância entre a alavanca do freio e a base; a largura do anel em $b = 2,0 \text{ cm}$. O material usado é um aço especial da Stora, temperável, SKF 1550, cujo limite de elasticidade à flexão está em torno de 3000 kgf/cm^2 . Foi adotado para os cálculos $\sigma_f = 2500 \text{ kgf/cm}^2$.

A determinação de h se dará por tentativas, adotando-se os valores seguintes:

$$h = 0,55 \text{ cm donde } R = 50,7 \text{ cm}$$

$$h = 0,3 \text{ cm donde } R = 53 \text{ cm}$$

substituindo os valores numéricos na (28), tem-se

$$\sigma_{\max} = 2550 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{\max} = 2400 \text{ kgf/cm}^2$$

Comparando com a tensão admissível

$$\sigma_{\max} \approx \sigma_f$$

$$\sigma_{\max} \approx \sigma_f$$

Donde se pode concluir que o valor de h estipulado é razoável.

c - O número de extensômetros ativos segundo a fig. 24, para este caso é n=4, e o fator do extensômetro k = 2,1 (vide item 3.2.9.1). Procedendo-se da mesma forma como anteriormente, tem-se

$$\epsilon_{\max} = 1214 \mu/m$$

$$\epsilon_{\max} = 1142 \mu/m$$

$$\Delta T_q = 1,47 \text{ kgf.cm}$$

$$\Delta T_q = 0,41 \text{ kgf.cm}$$

$$T_{q \min} = 37,5 \text{ kgf.cm}$$

$$T_{q \min} = 10 \text{ kgf.cm}$$

Portanto,

$$\Delta T_q < T_{q \min}$$

$$\Delta T_q < T_{q \min}$$

isto indica, que os elementos foram corretamente dimensionados e as leituras poderão realizar-se em faixas de ganho não muito elevadas, favorecendo a medida.

As dimensões definitivas, portanto, são:

$$h = 5,5 \text{ mm}$$

$$h = 3 \text{ mm}$$

$$b = 20 \text{ mm}$$

$$b = 20 \text{ mm}$$

3.2.8.4 - Elemento Elástico III - A

O dimensionamento deste elemento segue em parte o roteiro adotado no item 3.2.8.1.

Como é um elemento submetido diretamente à torção a fase a será excluída.

b - Esquemáticamente o elemento é representado na fig. 22. A tensão máxima para este tipo de elemento com seção transversal anelar, é a tensão de cisalhamento à 45° com relação ao eixo de simetria longitudinal, expressa sob a seguinte forma¹⁹:

$$\tau_{\max} = T_q / (0,196 \times (De^4 - Di^4) / De) \quad (29)$$

O material usado é um aço temperável, Stora 364, cujo limite de elasticidade ao cisalhamento está em torno de 1900 kgf/cm². Adotou-se para os cálculos $\bar{\tau} = 1400$ kgf/cm².

Da tabela 1 obtem-se $T_q = 2000$ kgf e o dimensionamento se prende à fixação de um dos diâmetros da seção.

Portanto,

DE = 2,8 cm Di, a partir da (29), será

$$Di = (De^4 - (T_q \times De) / (0,196 \times \tau_{\max})^{1/4} \quad (30)$$

Igualando $\tau_{\max} = \bar{\tau}$ e substituindo os valores numéricos

$$Di \approx 25 \text{ mm} \quad (31)$$

(Devido a pequena espessura da parede do elemento foram tomadas certas precauções durante a tempera).

c - Segundo a fig. 25, o número de extensômetros ativos é n=4 e o fator do extensômetro k = 2,02 (vide item 3.2.9.1). Seguindo a mesma sequência do item 3.2.8.1, tem-se

$$\epsilon_{\max} = 666 \mu/m$$

$$\Delta T_q = 0,7435 \text{ kgf/cm}^2$$

$$T_{q \min} = 10 \text{ kgf/cm}^2$$

Deste modo $\Delta T_q < T_{q \min}$

As dimensões da seção, portanto, são aceitáveis, e definitivas.

$$D_e = 28 \text{ mm}$$

$$D_i = 25 \text{ mm}$$

3.2.9 - Circuitos de ligação dos extensômetros elétricos usados nos torquímetros.

As figuras 23, 24 e 25 mostram os circuitos de ligação respectivamente do Torquímetro I, Torquímetro II e Torquímetro III. Para a elaboração destes foram considerados as seguintes regras^{18,20}:

As diferenças de potencial, provenientes de extensômetros sujeitos a deformações de sinal oposto (tração e compressão), se somam quando os extensômetros estiverem ligados em ramais opostos.

As diferenças de potencial, provenientes de extensômetros sujeitos a deformações de mesmo sinal, se somam quando os extensômetros estiverem ligados em ramais opostos e se subtraem quando os extensômetros estiverem ligados em ramais adjacentes.

Considerando estas regras, elimina-se por um lado, o efeito da temperatura (deformação térmica do material) e por outro aumenta-se a sensibilidade do elemento considerado (2 e 4 vezes).

Durante a montagem dos extensômetros foram observados todos os cuidados quanto à limpeza e ao procedimento recomendados pelo fabricante. Todos os extensômetros colados foram cobertos por uma fita plástica adesiva para a sua proteção e as soldas de estanho, feitas com o devido cuidado para não aquecer demasiadamente os extensômetros.

A isolação entre cada extensômetros e o corpo elástico foi verificada, sendo sempre superior ao valor limite de 20 megohm.

3.2.9.1 - Extensômetros usados

Os extensômetros usados foram os seguintes:

Para o Torquímetro I:

Marca: Hottinger - Baldwin

Tipo: 10/300 FA4

R: $302 \pm 0,5\%$

k: $2,08 \pm 1,0\%$

α : $(15 \pm 2) \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ (+10...+80°C)

Cola: Araldite

Para o Torquímetro II:

Marca: Hottinger - Baldwin

Tipo: 20/120 LA 11

R: $120,8 \pm 0,5\%$

k: $2,10 \pm 1\%$

α : $(12 \pm 1) \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ (+10...+80°C)

Cola: Araldite

Para o Torquímetro III:

Marca: Philips

Tipo: PR9812 c/11

R: $604 \pm 0,5\%$

k: $1,97 \pm 1,5\%$

Cola: Araldite

3.2.9.2 - Princípios de medição

O torque ou a força atuantes sobre o elemento elástico deformará o mesmo elasticamente.

Esta deformação provocará uma variação de resistência elétrica dos extensômetros, desequilibrando a "ponte de Wheatstone", previamente equilibrada; a diferença de potencial daí resultante será aplicada (Ponte Amplificadora KWS/6E-5) e levada ao instrumento indicador adequado (Registrador).

Observações: No decorrer deste trabalho necessitou-se balancear dinamicamente os três torquímetros, a placa do torno e tambor do freio. Para tal foi necessária a construção de eixos especiais, nem sempre fáceis de executar. A fig. 15 mostra o Torquímetro I, montado através de um eixo especial sobre a balanceadora dinâmica do Centro Tecnológico da UFSC.

C A P Í T U L O 4

AFERIÇÃO DOS SISTEMAS DE MEDIDA

O desconhecimento da relação existente entre os valores da leitura do instrumento indicador e a grandeza em medição, bem como o comportamento dos instrumentos e ou elementos detectores, torna imprescindível a aferição dos sistemas de medida. Questões de simplificação de projeto, problemas de posicionamento durante a montagem, condições de armazenamento dos instrumentos e o uso dos recursos de atenuação e transformação de sinais, reforçam a obrigatoriedade da aferição. Um outro aspecto da aferição é o estabelecimento das escalas funcionais dos instrumentos indicadores.

Normalmente, através do relacionamento de leituras das medições efetuadas com instrumentos padrões, ou de maior precisão e confiabilidade, com as indicações de instrumento em aferição, são estabelecidos as relações de calibração. Uma outra alternativa é a aplicação ao sistema em questão, de esforços ou sinais de magnitude bem determinada; relacionando-os com as indicações de leitura estabelece-se uma relação de aferição. Quanto maior o número de medidas, em valores diferentes (pontos) abrangendo toda a faixa útil do sistema, tanto mais fácil e precisa será a determinação da relação de aferição. Normalmente as relações são caracterizadas graficamente sob a forma de curvas (retas) e respectivas equações. Para facilitar a obtenção destas, foi especialmente desenvolvido um programa de computador FTK 01 (Apêndice E1) baseado no "método dos mínimos quadrados".

Considerando que todos os sistemas aferidos neste trabalho, apresentaram um comportamento linear, pôde-se adotar poucos pontos, para o ajuste das curvas e a obtenção das equações de regressão; o número de pontos adotados foram cinco.

Geralmente cada leitura é afetada de erros (sistemáticos e aleatórios), convém por isto adotar para o valor de cada medida a média de várias leituras²³.

Não pretendendo sobrecarregar o levantamento dos dados e o processamento dos mesmos, para economizar tempo, determinou-se o número de leituras suficientes para cada medida (tamanho da amostra), reduzindo ao mínimo o efeito dos erros ocasionais.

A partir de uma série de 200 leituras, correspondentes à medida do torque por intermédio da aplicação de um peso de 6 kgf à balança aferidora do torquímetro I (foi considerada a pior série por apresentar a maior dispersão), provou-se a normalidade da distribuição destas, assim como do comportamento do sistema de medida. Para isso aplicou-se o método das frequências relativas acumuladas, pelo emprego do papel para gráficos de probabilidade²³.

Fixando-se o limite de confiança em 95%, o erro bilateral em 5%²³ e aplicando o método descrito no livro de Ralph Barner²⁴, determinou-se dentro das condições estabelecidas o número de leituras necessárias, para cada medida (ou ponto). O número assim obtido girou em torno da unidade; que considerado muito baixo, adotou-se 5 leituras, um valor recomendado para o presente caso²³.

Por questões de tempo não se realizou uma análise estatística mais profunda, incluindo todos os sistemas. Os quadros de 2 a 7 permitem um acompanhamento do comportamento dos pontos obtidos a partir das leituras, para cada sistema, sob o aspecto estatístico.

Foram aferidos os sistemas de medida dos seguintes medidores:

Torquímetro I, II e III

Wattímetro

Tacômetro portátil

4.1 - TORQUÍMETROS I, II e III

Para relacionar a leitura obtida à partir da fita de papel do registrador, com o torque aplicado à cada torquímetro, determinou-se as curvas de aferição dos sistemas, para os respectivos elementos elásticos.

Para tanto foram desenvolvidas balanças aferidoras, que simulassem da maneira mais real possível as condições de trabalho dos torquímetros.

As balanças aferidoras usadas para a aferição dos Torquímetros I e III são bastantes semelhantes, detalhes construtivos das mesmas e os modos de aplicação de carga são devidamente mostrados nos Desenhos MF2-AB-00-00 e MF2-AD-00-00.

A balança aferidora do Torquímetro II é a própria alavanca do freio que atua sobre o mesmo; sendo por este motivo mais comprida do que o necessário. O Desenho MF2-AC-00-00 e a fig.14, mostram isto nitidamente.

As balanças são de construção bastante rígida visando manter pequenas, as deformações elásticas.

O comprimento relativamente grande dos braços de alavanca, objetivam reduzir o efeito dos erros relativos cometidos na determinação do comprimento dos mesmos, aumentando por outro lado a relação entre os braços de alavanca, que reduz a massa dos pesos.

Não se realizou estudos mais detalhados de propagação dos erros ocorrentes nas balanças aferidoras, somente foram tomadas as seguintes precauções:

- utilizou-se pesos aferidos com erros da ordem de dé cimos de grama (acima do necessário);
- determinou-se o braço de alavanca das balanças aferidoras, por intermédio de um paquímetro (70 mm) com uma resolução de um décimo de milímetro e régua gra duada com uma resolução de meio milímetro;
- procedeu-se a cada nova tomada de medidas, uma rig rosa calibração da ponte amplificadora e do regis - trador;
- mantendo-se numa série de medidas, o mesmo observa - dor.

As forças aplicadas nas extremidades das alavancas, simuladoras do torque, foram obtidas por meio de pesos especiais de ferro fundido de 1, 2, 5 e 10 kgf, aferidos no Instituto de Pesos e Medidas do Estado de Santa Catarina, sediado em Florianópolis.

Os carregamentos para a obtenção dos pontos caracterizadores das curvas foram realizados segundo as Tabelas 2, 3, 4 e 5.

Ponto	1	2	3	4	5
Peso (kgf)	2	4	6	8	10
Torque (kgf.cm)	130	260	390	520	650

Tabela 2 - Torquímetro I - A - Pontos de aferição (braço de alavanca 65 cm)

Ponto	1	2	3	4	5
Peso (kgf)	1	2	3	4	5
Torque (kgf.cm)	65	130	195	260	325

Tabela 3 - Torquímetro I - B - Pontos de aferição (braço de alavanca 65 cm)

Ponto	1	2	3	4	5
Peso (kgf)	20	40	60	80	100
Torque (kgf.cm)	1400	2800	4200	5600	7000

Tabela 4 - Torquímetro II - A - Pontos de aferição (braço de alavanca 70 cm)

Ponto	1	2	3	4	5
Peso (kgf)	5	10	15	20	25
Torque (kgf.cm)	350	700	1050	1400	1750

Tabela 5 - Torquímetro II - B e III - A - Pontos de aferição (braço de alavanca 70 cm)

Para aumentar a precisão das leituras da fita de papel, estas foram realizadas em um projetor de perfil com ampliação de 10x, medindo-se o valor registrado através de uma régua milimétrica com uma resolução de meio milímetro.

As leituras foram registradas na Planilha 1.

Os valores assim obtidos foram processados em computador (IBM 1130), através do programa FTK 01.

Como resultado obtiveram-se as retas de aferição das figuras 37 a 41, respectivamente para cada torquímetro. Os Quadros 2 a 6 permitem uma análise estatística dos pontos de cada reta.

Observação: Cada ponto corresponde à média de cinco leituras, estas obtidas através da aplicação sucessiva dos pesos, mantendo-se em cada repetição, a mesma ordem.

4.2 - WATTÍMETRO

Para derimir as dúvidas sobre o perfeito estado de funcionamento do wattímetro (há algum tempo já sem uso) e evitar erros que possivelmente pudessem ser introduzidos pelo circuito selector de corrente; realizou-se a devida aferição do sistema todo.

Para tal utilizou-se a banca aferidora do Departamento de Elétrica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Características da banca

Montadores: Landis & Gyris (1950)

Sistema de medição composto por:

3 Wattímetros padrões -

Marca: Trüb Täuber

30 V 5 A

33,33 /V 0,12

Classe: 0,15

Nº 891607, 9227722, 227723

Alimentação composta de
 1 grupo gerador de dupla conversão
 Estabilidade: $\pm 0,05\%$ com variação na rede de 5%

Efetuuou-se 5 leituras a 5 potências diferentes, abrangendo toda a faixa de trabalho do instrumento. A fig. 42 mostra os resultados obtidos após o processamento dos dados através do programa FTK 01 e o Quadro 7 o comportamento estatístico das leituras de cada ponto. Como se pode observar, o wattímetro estava em perfeitas condições, apresentando erros muito pequenos.

4.3 - TACÔMETRO PORTÁTIL

Dada a preferência a leituras através de um multímetro digital; ligado externamente ao tacômetro, houve a necessidade de relacionar a rotação medida com a tensão indicada. Para tanto, procedeu-se da seguinte maneira:

- Um sinal elétrico gerado por um gerador de pulsos foi levado ao Contador de Pulsos Digital e ao tacômetro, realizando-se leituras simultâneas através dos indicadores dos aparelhos considerados.
- Efetuando-se leituras à cinco frequências diferentes, (pontos) abrangendo toda a faixa de cada uma das escalas do tacômetro.
- Como em todos os casos anteriores foram realizados 5 leituras para cada frequência.

Os dados, a partir da Planilha 1, foram devidamente processados e como resultado obteve-se as retas de aferição de cada escala, representadas nas fig. 43 e 44. Estatisticamente os dados se comportaram segundo os Quadros 8 e 9. Os resultados parecem razoáveis, apresentando as retas, uma pequena tendência em não passar pela origem.

Devido a causas não muito claras, as leituras à uma mesma frequência diferiram de dia para dia; por este motivo procedia-se antecipadamente uma nova aferição da escala, em cada um dos ensaios programados.

C A P Í T U L O 5

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

5.1 - PLANEJAMENTO DA TOMADA DE MEDIDAS

Foram considerados para efeito do planejamento os seguintes pontos:

Pretende-se, após o devido processamento dos dados obtidos, apresentar graficamente as curvas de rendimento. Conjugados num só gráfico, para facilidade de análise, tem-se as curvas dos rendimentos em função da potência de entrada. As curvas correspondem respectivamente aos seguintes conjuntos: Motor-Caixa de embreagens, Cabeçote e Caixa de acionamento (total).

Para melhorar o ajuste de curvas a uma série de pontos, através do "método dos mínimos quadrados" deve-se dispôr de um número apreciável de pontos (no mínimo $n+1$, sendo n o grau do polinômio). É no entanto, recomendado usar de 10 pontos a mais²³, principalmente quando a curva apresenta máximos, mínimos ou inflexões.

De acordo com o tipo de ensaio, devem ser incluídas para o levantamento do rendimento, todas as rotações disponíveis na árvore principal da caixa de acionamento ensaiada, guardadas as limitações de cada procedimento (no caso 1 e 2).

De acordo com estas considerações, o planejamento seguiu os seguintes critérios:

A carga foi escalonada em função da potência de entrada de cada rotação considerada, variando o nível da carga a partir da máxima, de 15 em 15%, ou seja, 100%, 85%, 70%, 55%, 40%, 25%, vazio.

Para facilitar a tomada de medidas, e evitar a confusão das rotações sobrepostas, cada procedimento foi subdividido em duas séries de ensaios, envolvendo determinadas rotações dentro das respectivas faixas.

As rotações de cada série correspondem a um determinado caminho cinemático da caixa de embreagens. Uma vez escolhida a posição da alavanca de comando das embreagens eletromagnéticas, esta permanece fixa até o término da série considerada. Esta série é obtida variando-se as rotações através dos comandos do cabeçote e da chave comutadora de polos.

Segundo a fig. 17, tem-se

Série 06 e 08 - ligação: 6 / 7

Série 07 e 09 - ligação: 3 / 4 - 4 / 5

Conforme a faixa útil de cada torquímetro e seus respectivos elementos elásticos, aliado às considerações supramencionadas, realizou-se os quadros das figuras 29 e 30. Nestes, são estabelecidas, para cada rotação, os torquímetros e condições de carga usados.

Cada campo é identificado por um código, significando o seguinte:

Exemplificando,

0 6 - A A

representa o Torquímetro II ou III, sendo que a letra indica o tipo de elemento elástico, no caso o Torquímetro II-A.

representa o Torquímetro I, sendo que a letra indica o tipo de elemento elástico, no caso, o Torquímetro I-A.

identifica a série considerada, no caso, a Série 06.

Observação: a letra 0 significa que o correspondente torquímetro não será usado.

Nota-se que nos limites dos campos há uma superposição das faixas de carga, isto é proposital e permite, deste modo, confrontar os valores obtidos a partir de dois elementos elásticos diferentes, favorecendo o ajuste das curvas.

Para cada nível de carga (ponto da curva) foram realizadas cinco leituras simultâneas de todas as grandezas, dentro de um intervalo de tempo de 30 segundos.

Para cada rotação, os ensaios foram repetidos duas vezes, duplicando-se assim o número de pontos de cada curva.

5.2 - EXECUÇÃO DAS MEDIÇÕES

A cada nova série, todos os sistemas medidores de torque foram devidamente aferidos. Ao se iniciar uma nova sequência de medidas, com a troca de um elemento elástico, procedia-se, igualmente, uma rigorosa aferição do respectivo sistema de medida.

Invariavelmente o tacômetro e o seu respectivo sistema, foi aferido diariamente.

Os ensaios foram realizados com a participação de três operadores.

No início de uma sequência de medidas, com uma nova rotação, foi sempre aplicada a carga máxima, possibilitando assim a fixação dos diversos níveis de carga.

5.2.2 - Roteiro do levantamento das medidas - funções dos operadores

OPERADOR 1

Regulagem do freio, possibilitando a aplicação da carga desejada. Leitura do Wattímetro (WA) sob a ordem de um sinal acústico e cálculo do escalonamento da carga (*).

OPERADOR 2

Zeragem e calibração da Ponte Amplificadora (API).
Posicionamento das penas e calibração do Registrador (RE).
Contrôle da potência elétrica (carga) através do Wattímetro (WA), no instante da regulagem do freio pelo Operador 1 e escolha dos secundários, através do Seletor de Corrente (SE), em função da corrente indicada no Amperí-

metro (AM). (*).

Escolha da sensibilidade da Ponte Amplificadora (API).(*)
Leitura do Contador de Pulsos Digital (CO), comandando em função destes, a leitura simultânea de todos os demais instrumentos, através da emissão de um sinal acústico (campanha). Este operador também, sinaliza o papel registrador, indicando o instante das leituras. (*).

OPERADOR 3

Escolha da escala mais conveniente para o Tacômetro (TA). (*)

Leitura do Multímetro Digital (VO), sob a ordem do sinal acústico (*).

(*) - todas estas informações foram devidamente registradas nas respectivas planilhas (Planilha 2). Na escolha dos fatores de escala (sensibilidades, primários dos transformadores, escalas e níveis de atenuação), foi estabelecido o princípio de toda leitura ser efetuada no final da escala graduada, diminuindo desta maneira o erro de leitura, embora a precisão do aparelho permaneça o mesmo.

5.3 - PROCESSAMENTO DOS DADOS

De posse das planilhas de cada operador (devidamente preenchidos) e das fitas de papel correspondentes, foi preenchida uma segunda planilha (Planilha 3). A partir desta foram perfurados os cartões que alimentaram o programa de computador, FTK 02.

A leitura das fitas de papel foi realizada em um projetor de perfil, com uma ampliação de 10x, sendo a medida determinada com uma régua milimetrada, com uma resolução de meio milímetro. Diminuiu-se desta maneira os erros de medida.

O programa de computador FTK 02 foi especialmente concebido para este trabalho, podendo no entanto servir futuramente a trabalhos similares. Possui as seguintes características:

- Entrada: - Data e condições atmosféricas
- Equações de aferição dos respectivos sistemas.
 - Rotação nominal referente ao ensaio.
 - Fatores de escala dos seguintes aparelhos: Watímetro, Tacômetro, Ponte Amplificadora e Regis - Leituras (cinco) referente a cada grandeza medida.

Saída : - Rendimento e potências referente à:
Caixa de acionamento (total), Caixa de embrea-gens e Cabeçote.

(O programa permite a saída pela impressora, dos dados de entrada e a sequência dos cálculos, facilitando a supervisão dos mesmos e evitando êrros e futuros aborrecimentos).

Após a realização de todos os ensaios, de acôrdo com os quadros das figuras 29 e 30, foram reunidos todos os resultados numa nova planilha (Planilha 4).

Nesta constam para cada rotação ensaiada, os diversos valores da potência de entrada e os correspondentes rendimentos. Com estes valores, foram perfurados novamente cartões para a alimentação do programa FTK 04.

Este apresenta as seguintes características:

- Entrada:- Rotação nominal e rotação real à "vazio".
- Série de ensaio a que pertence a rotação.
 - Número de pontos formadores de cada curva de rendimento.
 - Potência de entrada.
 - Rendimento (Total, Caixa de embrea-gens e Cabeçote).

Saída: - Gráficos, obtidos através do traçador de gráficos.

Nos gráficos encontram-se relacionados o rendimento (eixo y) do cabeçote, da caixa de embreagens e da caixa de acionamento (total) com a potência de entrada (eixo x), correspondentes aos diversos carregamentos, para uma determinada rotação.

Cada gráfico é identificado através da série de medição, do número, da rotação nominal e da rotação real à "vazio".

Os resultados, incluindo as quatro séries, são devidamente apresentados nas figuras 45 a 72 (os gráficos das séries 08 e 09 devem ser encarados com a devida reserva, ver o item 5.4.2.)

O cálculo do rendimento à "vazio" foi obtido através de um programa próprio, o FTK 03.

Os resultados provenientes do mesmo estão também incluídos na Planilha 4.

A curva do rendimento do cabeçote foi obtida pelo ajuste de um polinômio do 2º grau aos respectivos pontos, enquanto que as outras duas, através de um polinômio do 4º grau.

5.4 - PROBLEMAS SURTIDOS NO DECORRER DO TRABALHO

5.4.1 - Filtro

A fig. 32, à sua esquerda, mostra um sinal de medida proveniente do torquímetro e obtido através do registrador, bastante irregular, impossibilitando qualquer tentativa de leitura sem que se cometa grandes erros de leitura.

O caráter do sinal se assemelha ao dos sinais normalmente obtidos em transmissões por engrenagens (variação do torque devido ao engrenamento das rodas de dentes retos), justificando-se por isto a sua forma.

Para permitir uma leitura perfeita tentou-se depurar o sinal através do amortecimento do elemento elástico; envolvendo-se o pino de arraste com borracha, obteve-se resultados diferentes que podem ser vistos, à direita, fig. 32 a e b, respectivamente sob carga elevada e baixa. Não sendo satisfatório o amortecimento, se optou pelo amortecimento do sinal de medida, através de um filtro passa-baixo ligado na entrada do registrador. Apesar da melhoria do resultado com o filtro, não foram verificados os efeitos das variações (vibrações) de torque, sobre o elemento elástico, que eventualmente poderiam introduzir erros dinâmicos na medida.

O filtro passa-baixo, cujo esquema é mostrado na fig. 31, foi dimensionado a partir da determinação da frequência aproximada de perturbações e através da ampliação da escala de tempo do registrador. Fixou-se o valor da resistência R_1 , tomando por base a impedância de entrada do registrador.

Aplicando-se um formulário próprio através de um roteiro adequado²⁵, determina-se os valores de C e R_2 .

Para o caso obteve-se os seguintes valores:

$$W_1 = 22 \text{ rd/s}$$

$$R_1 = 1 \text{ megaohm}$$

$$R_2 = 1 \text{ kiloohm}$$

$$C = 4 \mu\text{F}$$

Como no entanto, os resultados não foram plenamente satisfatórios, demonstrou-se a existência de frequência mais baixas que continuaram deturpando o sinal. Adotou-se um novo valor para C de 50 μF , permanecendo os valores dos outros elementos os mesmos; deste modo, obteve-se um amortecimento bastante acentuado, e eliminando-se completamente os sinais parasitas, as figuras 33 e 34 mostram o efeito obtido.

Entretanto houve um considerável aumento do tempo de subida, o que, não chegou a preocupar, já que as variações dos torques durante a aplicação de uma determinada carga, permaneceram praticamente constantes.

Este filtro foi também adotado no segundo canal de entrada do registrador, eliminando-se eventuais perturbações.

5.4.2 - Sistema de transmissão de sinais (Torquímetro III-A)

O sistema de transmissão de sinais mostrou-se totalmente ineficiente. Entre os anéis e escovas, se estabelece uma resistência elétrica, variável e grandemente afetada pelas seguintes grandezas⁸:

- a - pressão de contato
- b - material
- c - forma e rugosidade das escovas e anéis
- d - temperatura
- e - condições atmosféricas
- f - velocidade periférica

Através de um ensaio especial comprovou-se a influência da pressão de contato e da velocidade periférica sobre a resistência de contato.

Esta comprovação no entanto, não exclui totalmente as possíveis influências de outros fatores. O ensaio consistiu no seguinte:

- O elemento elástico foi desmontado e devidamente fixado sobre a mesa.

- O circuito de interligação da ponte de extensômetros à Ponte Amplificadora através dos anéis e escovas foi modificado, segundo o esquema da fig. 35. Deste modo a resistência de contato dos anéis e escovas ficou ligado em série com o circuito de um dos ramos da ponte de extensômetros, comportando-se portanto como uma variação da resistência do extensômetro considerado.

- Os anéis foram acionados através do mesmo sistema, com o acoplamento do cabeçote ao gerador sendo feito por intermédio de um outro elemento.

- O ensaio iniciou-se com o sistema de anéis completamente parado, aplicando-se um determinado torque ao elemento elástico fixado à mesa, por intermédio de uma alavanca e pesos.

- Num segundo passo, foi acionado o motor que pôs em movimento os anéis, o elemento elástico foi mantido sob o mesmo torque.

A fig. 36 apresenta os resultados obtidos neste ensaio, que foi repetido para diferentes rotações e pressões sobre as escovas.

O quadro apresenta à esquerda os resultados obtidos com uma forte pressão das escovas sobre os anéis e à direita com uma pressão mais leve. O torque aplicado ao elemento elástico, para as quatro rotações, foi o mesmo, sendo o nível A o sinal da medida alcançada com a máquina parada.

Observa-se nitidamente que a redução do sinal (ΔA_1 e ΔA_2) depende da pressão exercida pelas escovas sobre os anéis e também da rotação (velocidade periférica).

Esta redução é crítica para pressões leves e com pressões muito altas acentua-se o desgaste das escovas.

Com base, principalmente nos ΔA_2 foram corrigidas todas as leituras obtidas por este sistema de medida, somando-se a cada leitura à uma determinada rotação, um ΔA , proporcional aos obtidos pelo ensaio acima descrito.

Surpreendentemente os resultados foram satisfatórios, obtendo-se curvas compatíveis em forma e nível, às curvas obtidas pelo Procedimento 1, para as mesmas rotações.

As figuras 64 a 72 comprovam este fato.

C A P Í T U L O . 6

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Através da análise dos resultados obtidos e pela confrontação dos mesmos com os dos obtidos por Stute e dos outros pesquisadores, chegou-se aos seguintes pontos comuns; com exceção do último:

- as perdas mecânicas em transmissões por rodas dentadas aumentam com a rotação e são proporcionais às velocidades periféricas².
- as perdas nas correias em vazio são baixas e aumentando rapidamente com a velocidade periférica e lentamente com a carga^{1,2}.
- as perdas em transmissões mecânicas crescem mais lentamente do que as cargas, e conseqüentemente, o rendimento cresce com o aumento de carga².
- o rendimento de um determinado caminho cinemático é maior para maiores potências do motor².
- a energia útil ou disponível é baixa^{1,2}.
- cada engrenamento a mais no caminho cinemático, diminui o rendimento¹.
- é suficiente medir a potência de entrada à "vazio", para se avaliar o rendimento sob carga^{1,2}. (esta afirmação não pode ser confirmada com base nos resultados obtidos).

Todos estes pontos foram facilmente constatados através de simples interpretação dos resultados.

Para maior comodidade, com base nas curvas das figuras 46 a 63, foram construídos através do programa FTK 05, os Diagramas de Rendimento 1, 2, 3 e 4, constantes nas figuras 73 a 76.

O diagrama de rendimento da fig. 73 evidencia nitidamente quatro famílias de curvas, correspondendo cada uma a um caminho cinemático distinto. Observa-se que o diagrama da fig. 74 apresenta a mesma tendência, porém com menor acentuação. Destaca-se das demais, a família composta pelas curvas 150, 250 e 400, pelo seu baixo rendimento. Pela observação do Ábaco de Velocidade e do Esquema Cinemático da fig. 17, conclui-se que o baixo nível de rendimento é plenamente justificável, de acordo com as seguintes constatações:

a) Motor e Caixa de embreagens (Figuras 74 e 17).

- possui um engrenamento a mais (rodas 4 / 5), reduzindo o rendimento.
- há uma redução, seguida de uma ampliação (rodas 1 / 2 e 3 / 4), com perdas desnecessárias.
- o eixo IV apresenta a maior rotação disponível na caixa de embreagens, maiores velocidades periféricas implicam em maiores perdas.

b) Cabeçote (Figuras 75 e 17)

- correia em vê submetida a altas velocidades periféricas, implicam em perdas mais elevadas.
- a pior curva de rendimento é a correspondente à 150 rpm, exatamente por apresentar a maior redução de transmissão.
- o eixo VI apresenta rotações muito elevadas, provocando velocidades periféricas elevadas (segundo o esquema cinemático as rodas dentadas deste eixo apresentam grandes diâmetros).

Observando-se a família de curvas que apresentam alto rendimento, composta pelas curvas 37,5 , 63, 100, 224, 335 e 560, e analisando-as através dos diagramas das figuras 73, 74 e 75 e fig. 17, pode-se concluir:

a) Motor e Caixa de embreagens (Figuras 74 e 17).

- realmente deveria apresentar curvas de maior rendimento já que o eixo IV trabalha a rotações reduzidas e sem reduções ou transmissões desnecessárias.

b) Cabeçote (Figuras 75 e 17)

- as curvas 37,5 , 63 e 100 são as que apresentam os menores rendimentos dentro da família, exatamente por serem obtidas à partir do caminho cinemático de maior redução.
- as curvas 224, 335 e 560 apresentam um rendimento um pouco maior, dentro do esperado, pois o caminho cinemático das mesmas gera perdas menores (relação de transmissão entre o eixo VI e VII menor).

Observando a fig. 76, na qual se encontram agrupadas as famílias das rotações sobrepostas, constata-se o seguinte:

- o rendimento das duas famílias, à potência nominal do motor de menor potência, praticamente são coincidentes, desaparecendo assim para este caso, a vantagem do uso de motores com polos comutáveis.
- este fato decorre, principalmente das perdas ocorridas no caminho cinemático da família de menor potência, pelos mesmos motivos anteriormente acima expostos.
- o rendimento, em si, é maior para a família de curvas com motor de maior potência.

Voltando-se às curvas de rendimento e em particular às das figuras 46, 52 e 55, observa-se que:

- às perdas à "vazio" crescem com a rotação.
- não é ponto pacífico que o conhecimento das perdas à "vazio" seja suficiente para obter uma boa idéia sobre o comportamento da máquina sob carga. Basta para isto observar os seguintes valores de rendimento, relacionados com as respectivas perdas à "vazio", nas seguintes rotações consideradas.

Rotação rpm	Potência à "vazio" kW	Rendimento à Potência nominal
37,5	0,80	53%
224	1,05	57%
560	1,20	60%

Comparando-se as curvas de rendimento para uma determinada rotação, nota-se que:

- a curva de rendimento do cabeçote é bastante plana, confirmando a tendência das caixas de transmissão à engrenagens e correias, em não depender de maneira acentuada da carga.
- a curva de rendimento do Motor-Caixa de embreagens é afetada de maneira bastante acentuada pelo rendimento do motor elétrico.

Todas estas constatações foram possíveis a partir dos resultados obtidos através dos métodos de ensaios desenvolvidos. Isto demonstra a sua eficiência e confiabilidade.

C A P Í T U L O 7

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o que foi visto no capítulo anterior, os resultados obtidos através do Procedimento 1, são bastante coerentes. Além disto, as curvas de rendimento também se aproximam das obtidas pelos pesquisadores citados no início deste trabalho^{1,2}, tanto na forma como em nível.

Do ponto de vista qualitativo o procedimento considerado, demonstrou ser capaz de fornecer resultados corretos, dando uma idéia clara das perdas ocorrentes no caminho cinemático da caixa de acionamento em questão.

Algumas considerações serão a seguir tecidas envolvendo os métodos experimentais empregados neste procedimento.

O freio de sapatas demonstrou ser bastante eficiente e prático. Os aspectos negativos foram a necessidade do seu completo balanceamento dinâmico, o que envolveu a construção de um eixo especial, e o aquecimento excessivo nas rotações mais elevadas que exigiu a adaptação de um sistema de refrigeração, ficando mesmo assim o seu uso restrito a uma faixa de rotação até 900 rpm. O escalonamento da carga pôde ser obtido sem problemas, mantendo-se a carga constante durante um intervalo de tempo suficiente para se proceder as leituras. O sistema de aplicação de carga, portanto, cumpriu a sua função satisfatoriamente.

O Torquímetro II demonstrou ser versátil, evidenciado pela rapidez e facilidade com que se procedia a troca do elemento elástico. A aferição do sistema, devido ao uso da mesma alavanca de aplicação da carga ao dinamômetro (vide Desenho MF2-AC-00-00), tornou-se muito simples, eliminando-se, assim, a montagem de uma balança aferidora especial e a introdução de novos erros de medida.

O Torquímetro I apresentou uma série de problemas não devido à solução construtiva nele adotada, mas sim devido a sua localização. O balanceamento dinâmico de todo o conjunto foi necessário considerando-se a rotação relativamente elevada do eixo de saída da caixa de embreagens e a descentragem de massas provenientes do elemento elástico. A adoção de contrapesos, sob a forma de porcas, no elemen-

to elástico, facilitou o balanceamento, permitindo que se o fizesse u ma única vez para cada tipo de elemento elástico. O maior problema do balanceamento, no entanto residiu na necessidade de se construir um eixo especial, bi-partido, que exigiu um perfeito alinhamento dos mes mos. Além disto, a precisão do sistema ficou seriamente afetada pela inexistência de uma referência de posicionamento do elemento elásti - co, exigindo-se para cada troca do elemento uma nova aferição do sis - tema.

Um outro problema que afetou a exatidão da leitura, foi a sobreposição de um sinal flutuante ao sinal de medida, problema este abordado detalhadamente no item 5.4.1, impossibilitando de início a leitura. Este inconveniente foi contornado pela aplicação de um fil - tro passa-baixo, ligado na entrada do registrador. Permanece, no en - tanto, a dúvida sobre a origem exata desta perturbação e a sua influ - ência sobre o sinal de medida.

A aferição deste sistema tornou-se problemática, devido à exigência de uma balança aferidora especial (vide Desenho MF2-AB-00-00) e a desmontagem do conjunto de anéis e escovas para possibilitar a fixação do eixo de saída da caixa de embreagens. No entanto, a ba lança aferidora, em si, cumpriu perfeitamente a função para a qual foi projetada.

O sistema de medição de rotação na árvore principal do cabe ç ote mostrou-se eficiente, em parte devido à alta precisão do Conta - dor de Pulsos e à boa resolução da indicação digital obtida pela ado - ção de 60 dentes na roda dentada geradora dos pulsos, o único senão recaiu sobre o transdutor inicialmente usado, à onde portadora, cuja limitação de frequência forçou a sua substituição por um transdutor com núcleo imantado, permitindo a medição das rotações mais elevadas.

O sistema de medição de rotação no eixo de saída da caixa de embreagens mostrou-se impreciso, devido à influência do nível de carga de suas baterias recarregáveis sobre as medidas, exigindo conti n ua aferição (vide item 4.3). O sistema, no entanto, pareceu muito prático, de fácil aplicação e leitura, evidenciando-se como vantajosa a leitura através do Multivoltímetro, que em parte eliminou os erros de leitura.

O Procedimento 2 devido aos problemas surgidos na transmis - são dos sinais (vide item 5.4.2), apresentou uma performance decepcio

nante. Para o aproveitamento do freio elétrico, concebeu-se inicialmente um torquímetro com características bastante peculiares, no entanto esta tentativa falhou, esbarrando na inexequibilidade do balanceamento dinâmico deste, sobre a balanceadora dinâmica do Centro Tecnológico da UFSC, mesmo considerando a construção de eixos especiais. Em substituição a este construiu-se então o Torquímetro III, conforme o Desenho MF2-PD-00-00, que cumpriu plenamente a sua função, apresentando somente certa dificuldade no seu alinhamento com o eixo do motor e da árvore principal do cabeçote.

O procedimento experimental adotado para a realização dos ensaios, envolvendo a aplicação de carga e a leitura dos instrumentos de medida pode ser considerado como adequado e funcional, esta constatação é reforçada pelo número reduzido de operadores envolvidos na tomada de medidas e o reduzido tempo necessário para cada medida, em torno de 1 a 5 minutos. Todo o procedimento poderia ter sido simplificado ainda mais se se tivesse condições de registrar simultaneamente o torque, rotação e potência elétrica.

A leitura das fitas de papel do registrador dificultou um pouco a preparação dos dados para o processamento destes no computador, devido a um procedimento de leitura no projetor de perfil muito complexo, exigindo do operador muita atenção e tempo. Mas, mesmo assim, recomenda-se realizar a leitura das fitas desta maneira porque a faixa de registro dos sinais do registrador usado é muito estreita (40 mm) e leituras diretas acentuariam os erros de medida.

A precisão do registrador não é boa, exigindo-se a cada momento, a zeragem e calibração do mesmo.

A apresentação dos resultados sob a forma gráfica, obtidos através de um programa de computador, relacionando a potência de entrada com o rendimento, pareceu adequada e suficiente para permitir a avaliação dos métodos.

Os diagramas de rendimento mesmo aparentando confusão, favorecem a análise dos resultados evidenciando as famílias e permitindo uma confrontação direta de todas as curvas de rendimento.

Considerando-se que para determinadas rotações da árvore principal do cabeçote os caminhos cinemáticos tanto da caixa de embreagens como do cabeçote são os mesmos, forçosamente as curvas de rendi

mento correspondentes deveriam ser coincidentes para a mesma condição de carga. Observando-se, por exemplo, o Diagrama 2 da fig. 74 notadamente as curvas 150, 250 e 400 (por ser o pior caso), nota-se que não são coincidentes, mesmo considerando serem gerados pelo mesmo caminho cinemático, em parte este fato é compreensível por estar o rendimento relacionado com a potência de entrada e não com a da saída da caixa de embreagens, mas este comportamento se repete praticamente na mesma proporção quando do relacionamento do rendimento com a carga aplicada ao eixo de saída da caixa de embreagens. Depreende-se, deste fato, facilmente que a repetibilidade do método apresenta uma certa dispersão, podendo-se cometer erros da ordem de 8 a 20%, referidos respectivamente à potência nominal do motor de maior e do de menor potência. O mesmo se repete, somente em menor grau, com as curvas de rendimento do cabeçote, por exemplo, observando-se as curvas 75 e 150 da fig. 75, estas apresentam uma dispersão da ordem de 5 a 15% para os mesmos níveis de potência acima consideradas.

Deste modo conclui-se, que o provável erro que se possa cometer no rendimento total é de no máximo, da ordem de 13 a 35% respectivamente para a potência nominal de maior e menor potência do motor.

Esta constatação é bastante superficial, merecendo o caso uma verificação mais profunda, incluindo-se uma análise de propagação de erros de todos os sistemas de medida empregados. Isto não foi feito, pelo fato de não se objetivar o uso dos resultados sob o ponto de vista qualitativo.

Para futuros trabalhos sugere-se levar em consideração os seguintes pontos:

- Submeter o Torquímetro I a ensaios dinâmicos, verificando a introdução ou não de erros dinâmicos na leitura.
- Aprimorar os métodos estatísticos no levantamento de dados e realizar um estudo mais intenso quanto à propagação dos erros.
- Melhorar o sistema de acoplamento do Torquímetro III, facilitando o seu alinhamento e idealizar um sistema de transmissão de sinais que apresente melhores resultados.

- Modificar o sistema de fixação do elemento elástico do Torquímetro I, assegurando o posicionamento correto do mesmo.
- Apresentar os resultados sob outras formas permitindo a confrontação com outros trabalhos

B I B L I O G R A F I A

- 1 - Stute. Kennwerte zur Auslegung von Werkzeugmaschinenantrieben. Industrie-Anzeiger, Essen, nº 89, p. 1351.
- 2 - Výkonné Práce Voboru Obráběcích. Stroj a obrábění - strojnický. Sborník - Svazech - Praha, Státní nakladatelství Technické literatury, 1953.
- 3 - Tauber, H. Prüfung und Abnahme von Spanendenwerkzeugmaschinen. Institut für Werkzeugmaschinen - Karl - Marx Stadt, 1962.
- 4 - Kozel, J. Aspectos típicos do projeto de máquinas-ferramentas. Centro Tecnológico da UFSC, 1970.
- 5 - Niemann, G. & Ohlendorf, H. Verlustleistung und Erwärmung von Stirnradgetrieben. VDI - Zeitschrift, 102(6): 216, 1960.
- 6 - Ferraresi, D. Fundamentos da usinagem dos metais. São Paulo, Ed. Edgar Blucher, 1970.
- 7 - Konieczniak, F.T.* Estudo comparativo de métodos de medição de rotação: através de ensaios. Florianópolis, Centro Tecnológico da UFSC, 1971.
- 8 - Rohrbach, Chr. Handbuch für Elektrisches Messen Mechanischer Größen. Düsseldorf, VDI - Verlag, 1967.
- 9 - Gramberg, A. Technische Messungen. 49. ed. Berlin, Springer Verlag, 1967.
- 10 - Beckwith, T.G. & Buck, N.L. Mechanical measurements. Massachusetts, Addison Wesley Publishing, 1965.
- 11 - Pflaum, W., Haarse, W. & Kampmann, E. Vergleichsuntersuchungen an Drehmomentgebern verschiedener Messprinzipien in Dauerbetrieb. MTZ 30(10): 379, 1969.
- 12 - Neuartige Drehmoment - Drehzahl - Leistungsmesseinrichtung. Messtechnische Briefe 1, 1971.
- 13 - Stöckl, M. Técnica de las medidas eléctricas. Barcelona, Editorial Labor, 1967. tomo IV.
- 14 - Roberjot, P. Elementos de electricidad industrial. Barcelona, Ed. Gustavo Gill, tomo II.
- 15 - Leal, L.daC. M. Verificação da precisão construtiva de um variador escalonado de velocidades marca "IMOR". Florianópolis, Centro Tecnológico, 1970.
- 16 - Niemann, G. Elementos de máquinas. São Paulo, Edgar Blucher, 1971 volume III.
- 17 - Daar, N.L.A. Uma contribuição ao conhecimento do processo de furação dos aços com brocas helicoidais. São Carlos, 1967.
- 18 - Dally, J.W. & Riley, W.F. Experimental stress analysis New York, McGraw-Hill, 1965.

- 2 - Goodier, T. Theory of elasticity. Tokyo, Kogakuscha Co., 2ªed.
- 3 - Perry, C.C. & Lissner. The strain gage primer. 2ª ed. New York, McGraw-Hill, 1962.
- 1 - "Übersicht über die Dehnung verschiedener Körperformen bei Belastung - Messtechnische Briefe - Hottinger Baldwin Messtechnik 2, 1968.
- 2 - Catálogo da Ponte Amplificadora KWS/6E5. Tradução do Engenheiro Gerbase.
- 3 - Davies, O.L. & Goldsmith, P.L. Statistical methods in research and production, Edinburgh, Oliver and Boyd, 1967.
- 4 - Barnes, R. Estudo de movimentos e de tempos. São Paulo: Ed. Edgar Blucher, 1967.
- 5 - Ryder, J.D. Engineering electronics. Tokyo, McGraw-Hill.
- 6 - Pacitti T. Fortram - monitor. Rio de Janeiro, Ao Livro Técnico, 1969.

Colaboradores: Hoffman, J.; Jaworsky, V.; Leal, L. da C.M. e Hartstein, H.

APÊNDICE A

Fotografias

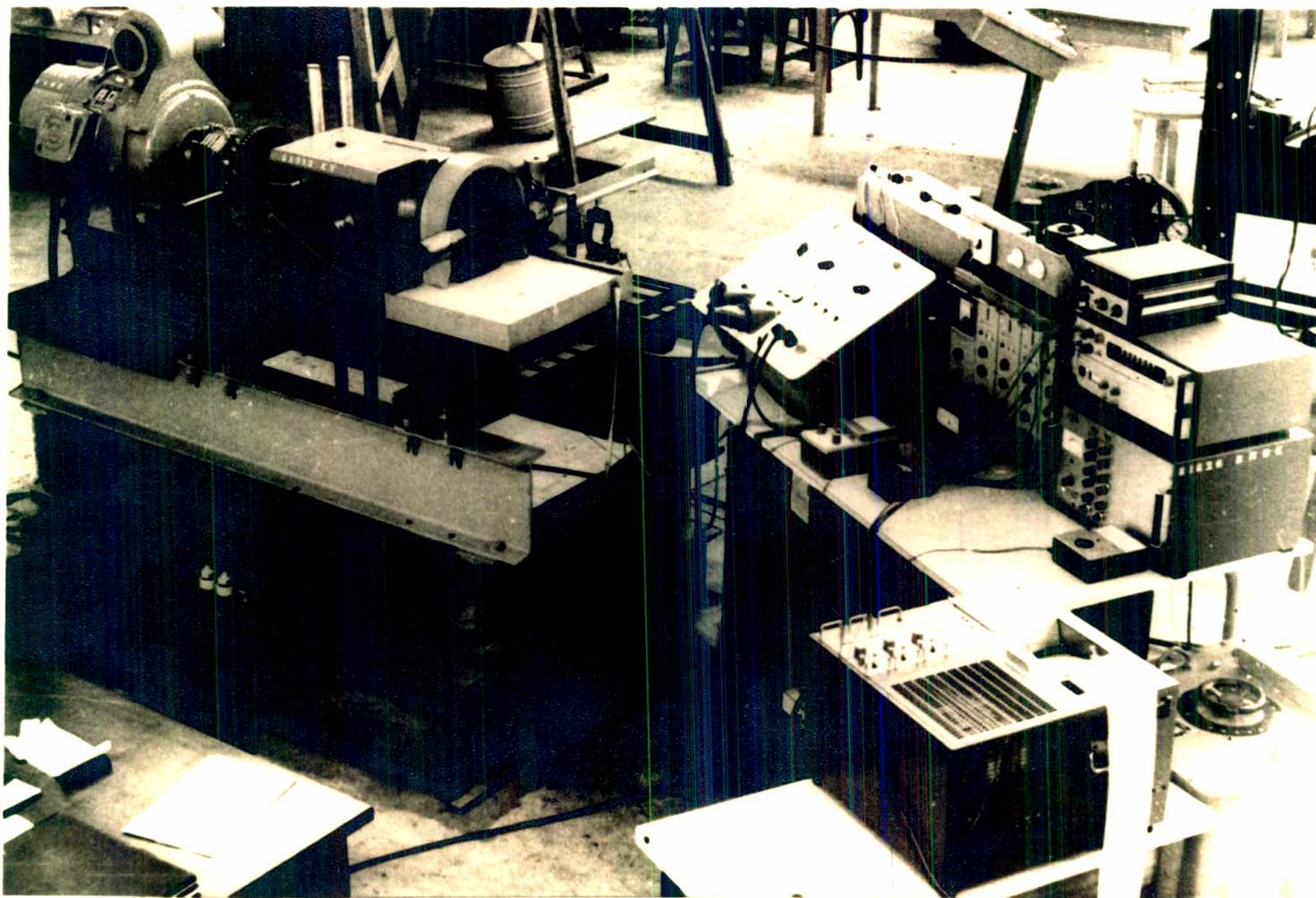


Figura 1 - Vista geral do banco de prova com os respectivos equipamentos.

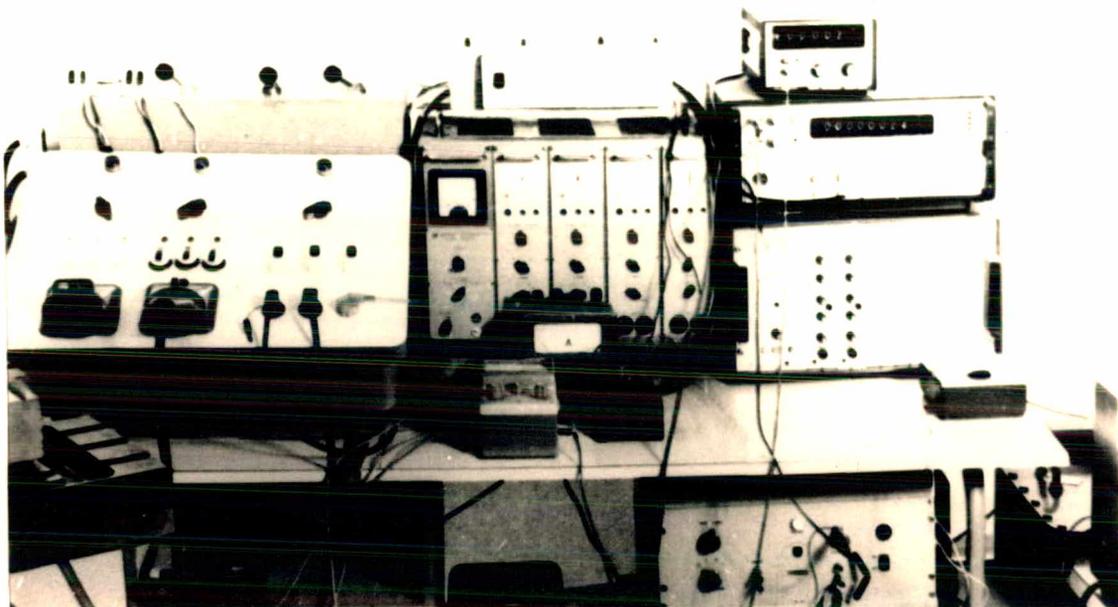


Figura 2 - Mesa móvel sobre a qual se encontram: a caixa do comando do motor e embreagens, o painel de controle da distribuição de energia elétrica, o seletor de corrente e equipamentos de medida.



Figura 3 - Unidade de alimentação, excitação e carga do motor-gerador de c.c. - transformador variável trifásico, painel de controle, retificadores e conjunto de resistências.



Figura 4 - Elemento elástico I - Pino



Figura 5 - Elemento elástico II - Anel



Figura 6 - Elemento elástico III - Tubo

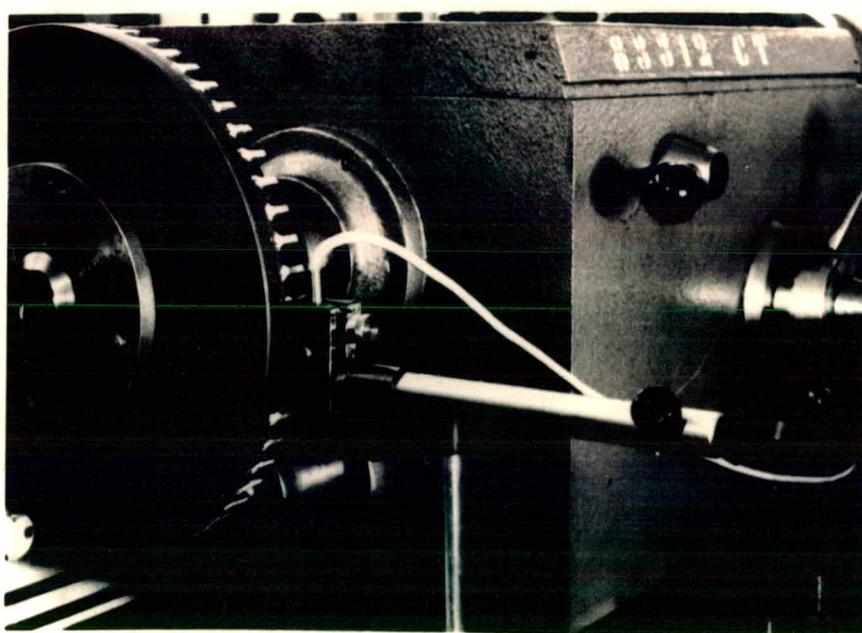


Figura 7 - Unidade geradora de pulsos - roda dentada e transdutor indutivo.

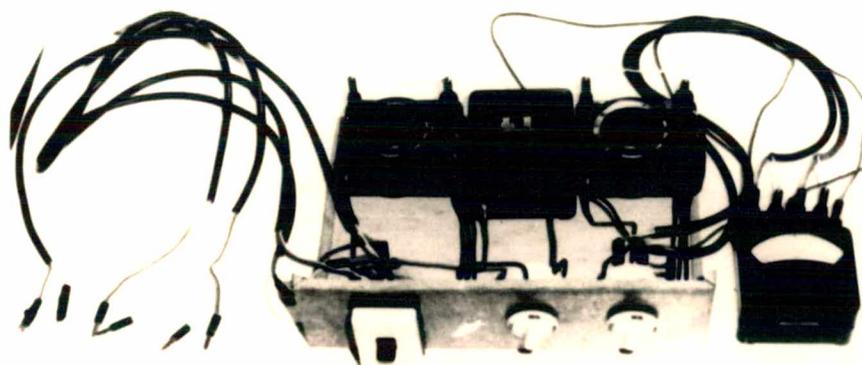


Figura 8 - Conjunto seletor e transformador de corrente e tensão para a alimentação do wattímetro.

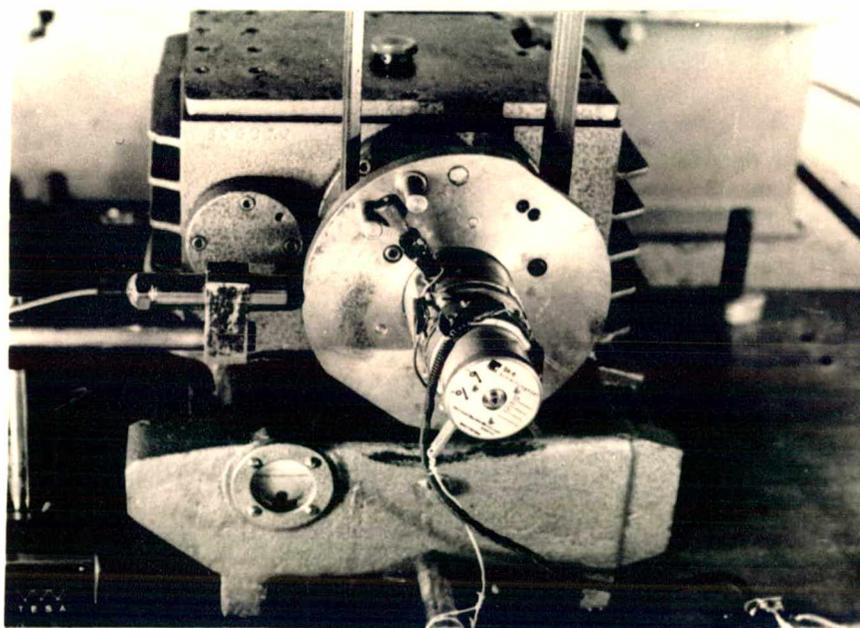


Figura 9 - Torquímetro I e unidade geradora de pulsos.

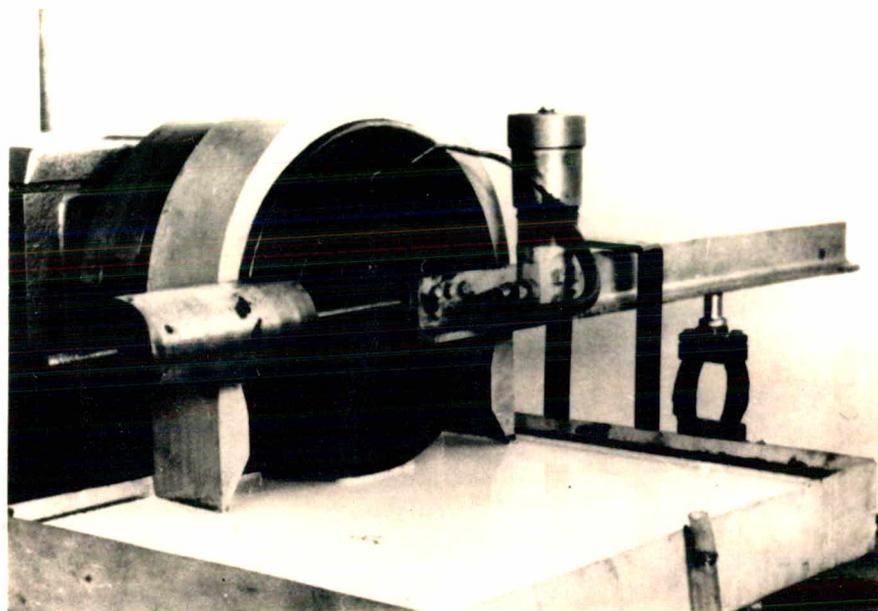


Figura 10 - Freio dinamométrico - Freio de sa patas com a respectiva instalação de refrigeração e o Torquímetro II

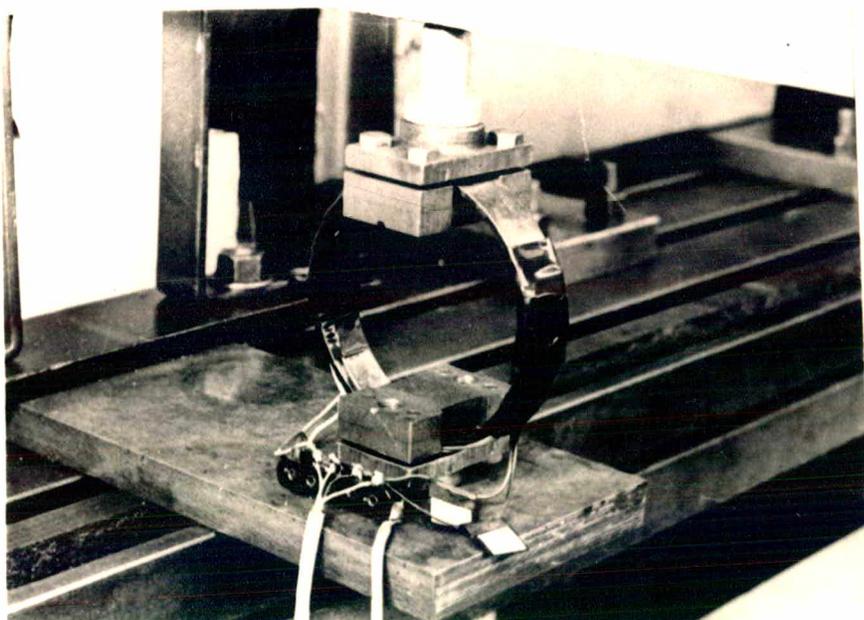


Figura 11 - Torquímetro II

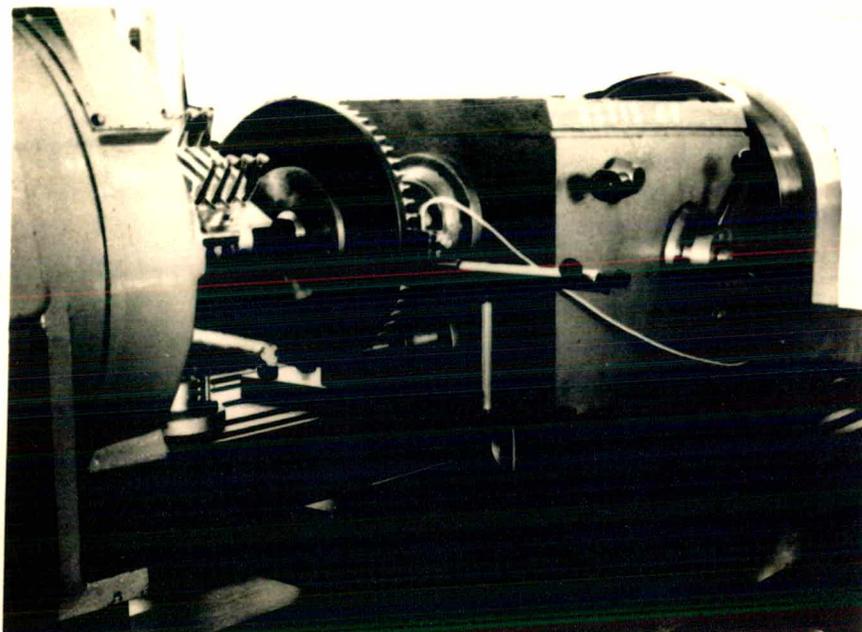


Figura 12 - Vista da montagem do Torquímetro III - motor-gerador de c.c., Torquímetro III com o respectivo conjunto transmissor de sinais, unidade geradora de pulsos e o cabeçote.

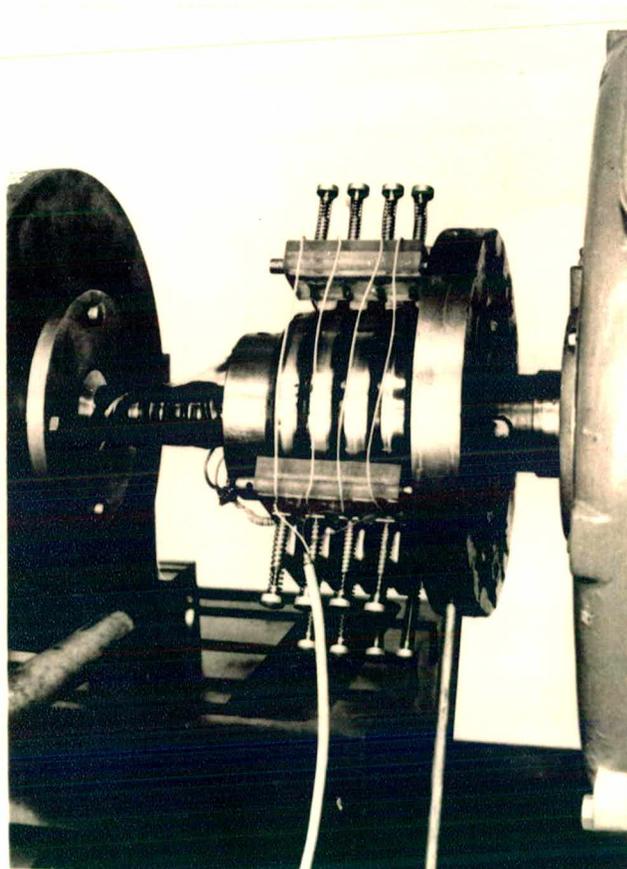


Figura 13 - Torquímetro III - o elemento elástico e o conjunto transmissor de sinais por a néis e escovas.

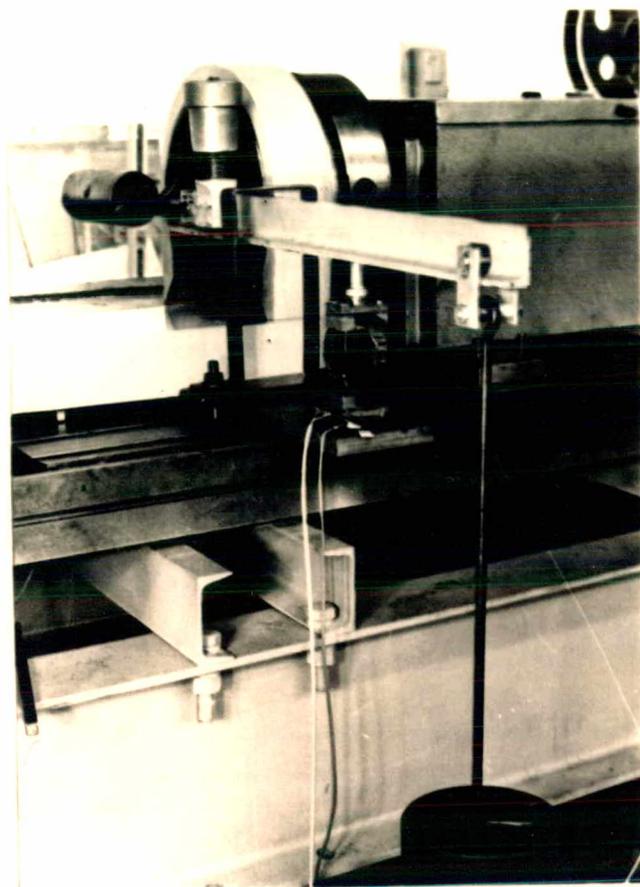


Figura 14 - Instalação aferidora do Torquímetro II.

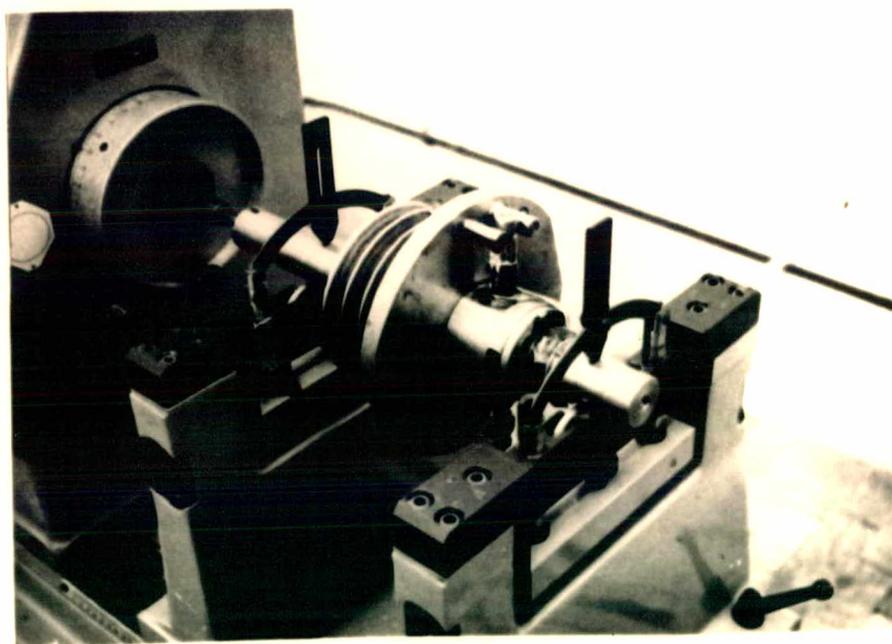
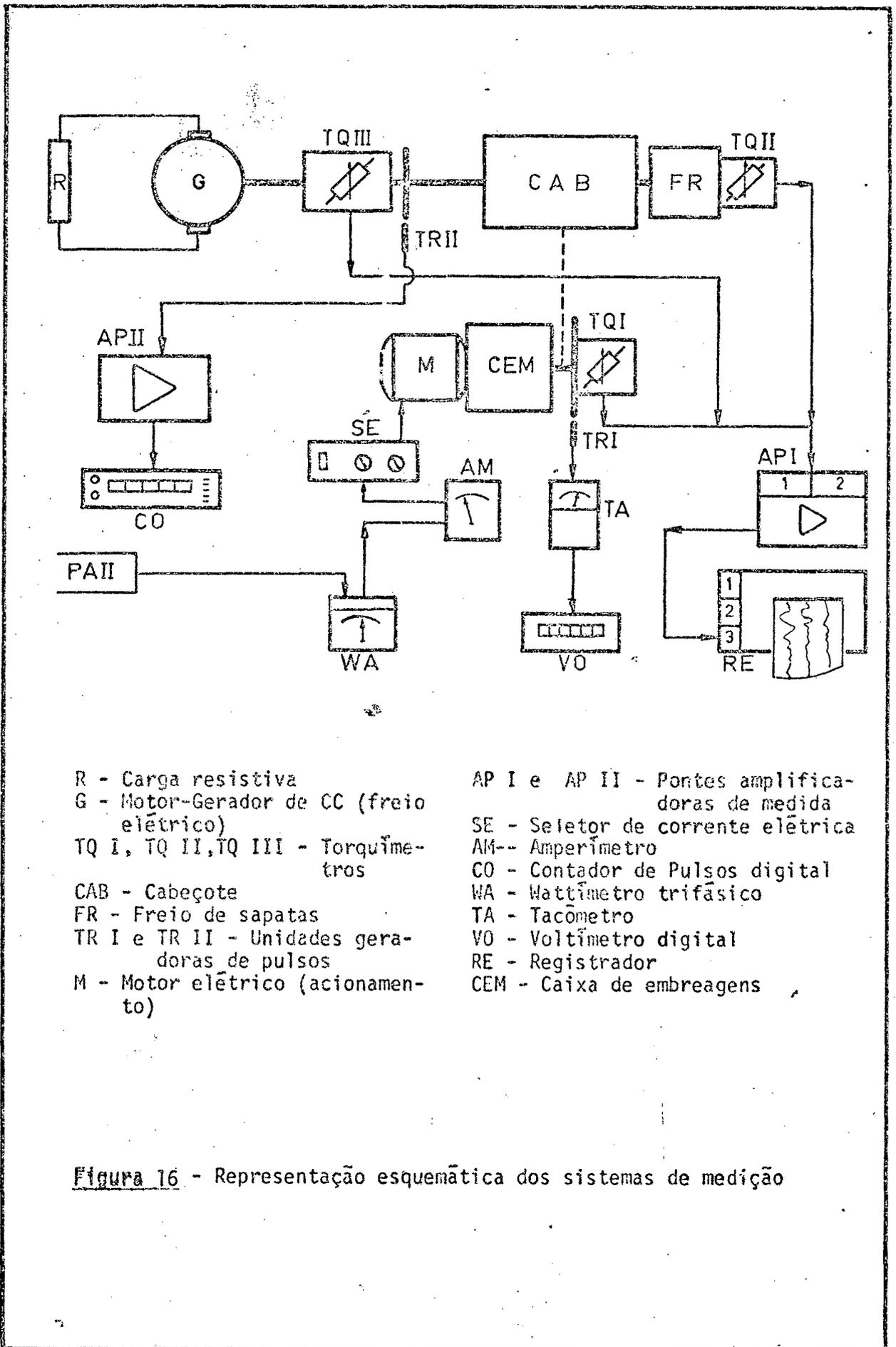


Figura 15 - Balanceamento dinâmico do Torquímetro I.

APÊNDICE B

Esquemas e Figuras



R - Carga resistiva
 G - Motor-Gerador de CC (freio elétrico)
 TQ I, TQ II, TQ III - Torquímetros
 CAB - Cabeçote
 FR - Freio de sapatas
 TR I e TR II - Unidades geradoras de pulsos
 M - Motor elétrico (acionamento)

AP I e AP II - Pontes amplificadoras de medida
 SE - Seletor de corrente elétrica
 AM - Amperímetro
 CO - Contador de Pulsos digital
 WA - Wattímetro trifásico
 TA - Tacômetro
 VO - Voltímetro digital
 RE - Registrador
 CEM - Caixa de embreagens

Figura 16 - Representação esquemática dos sistemas de medição

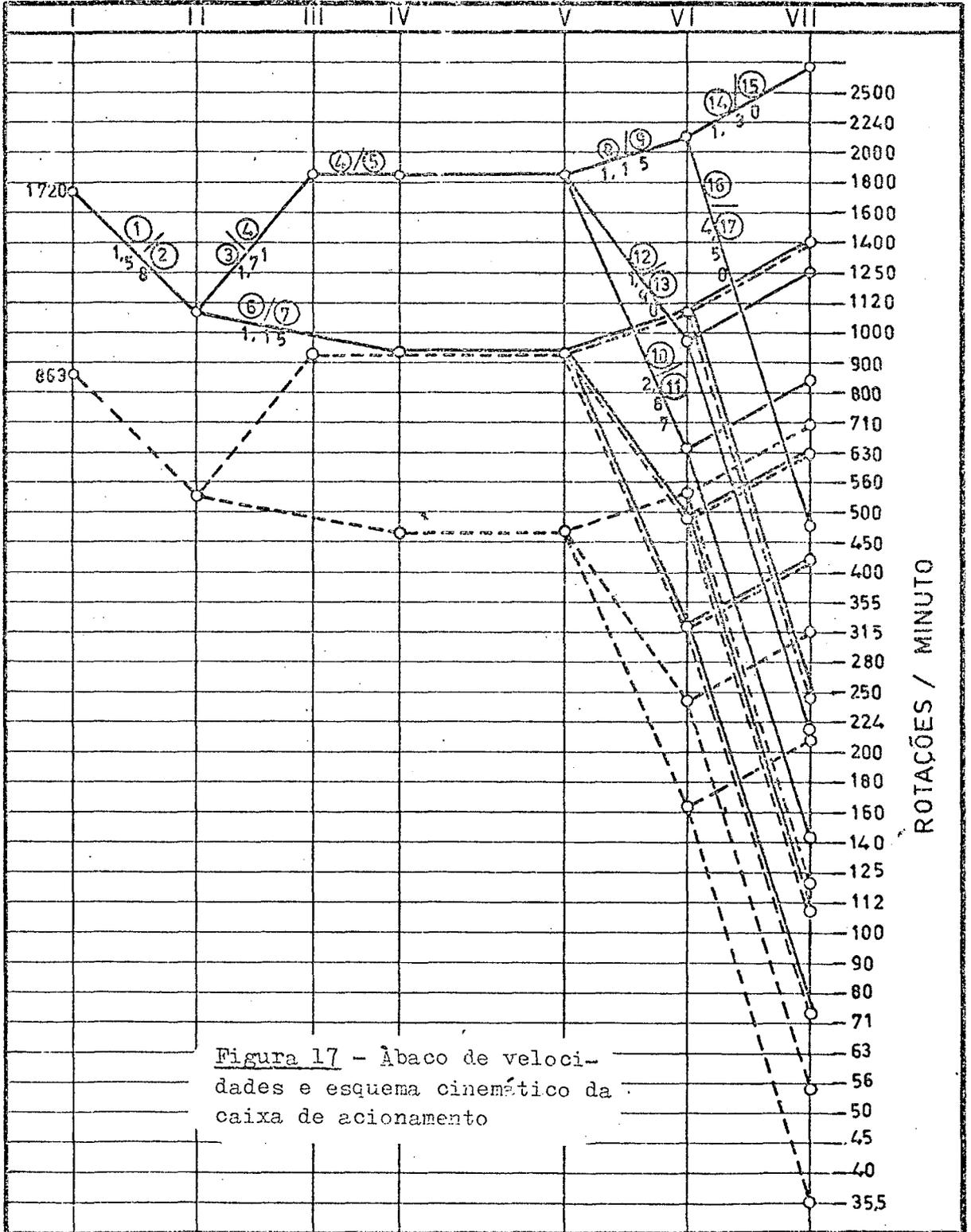
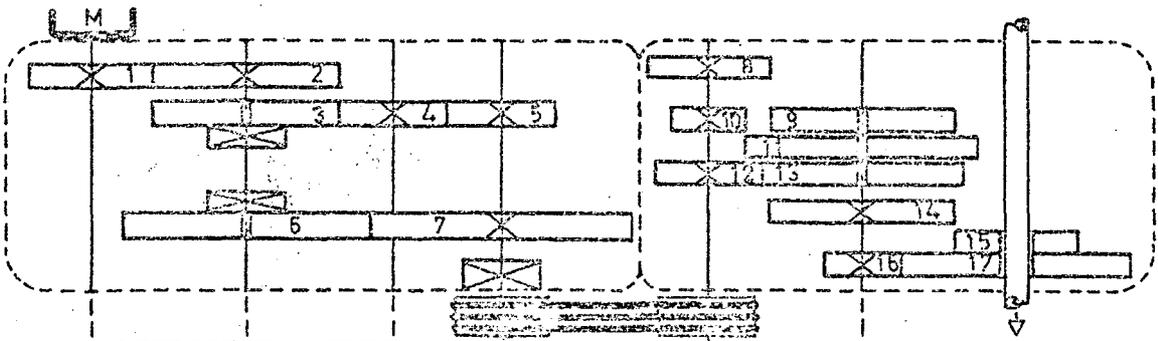


Figura 17 - Âbaco de velocidades e esquema cinemático da caixa de acionamento

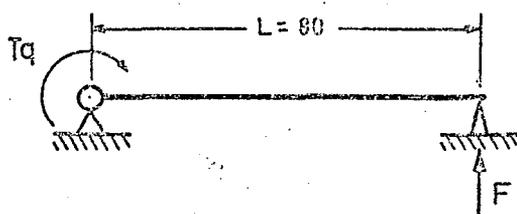


Fig.18- Determinação da força atuante sobre a extremidade livre do pino

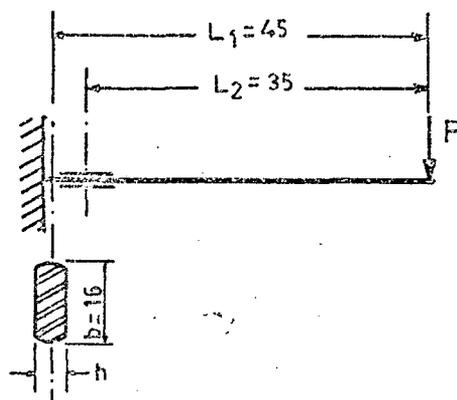


Fig.19- Determinação da seção transversal do pino

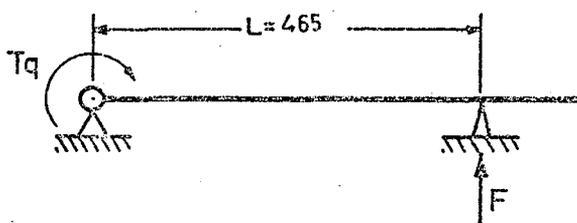


Fig.20- Determinação da força atuante sobre o anel

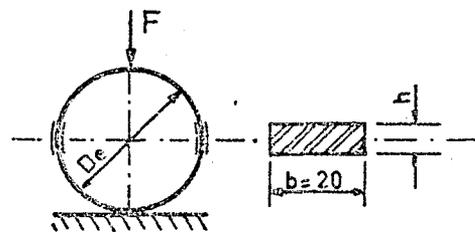


Fig.21- Determinação da seção transversal do anel

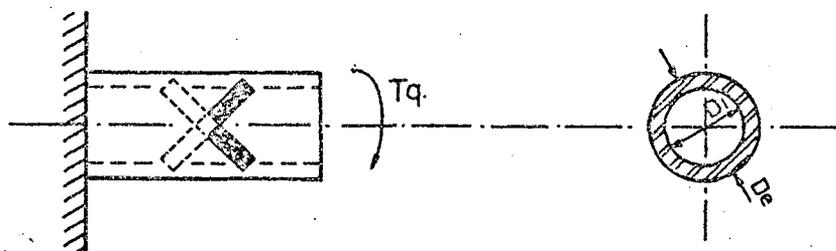


Fig.22- Determinação da seção transversal do tubo

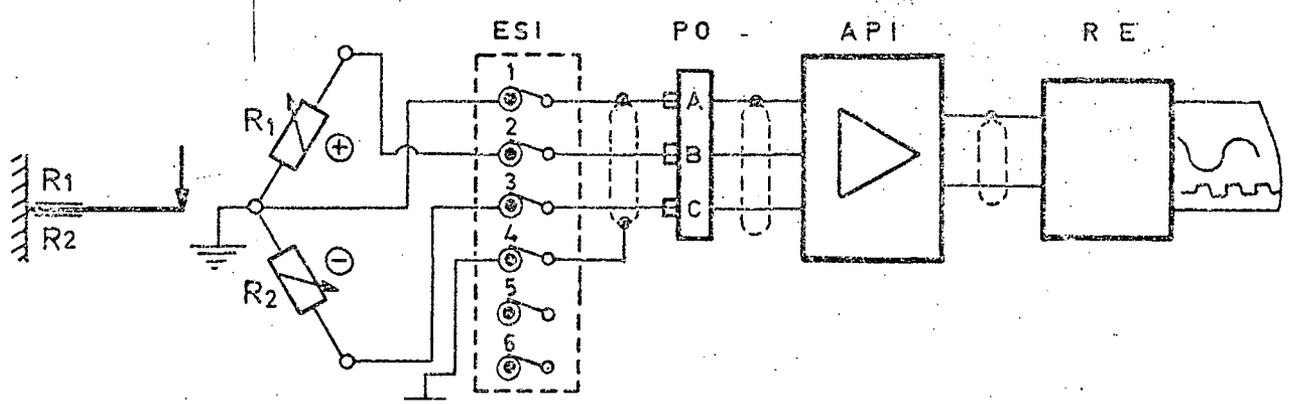


Figura 23 - Esquema de ligação - Torquímetro I

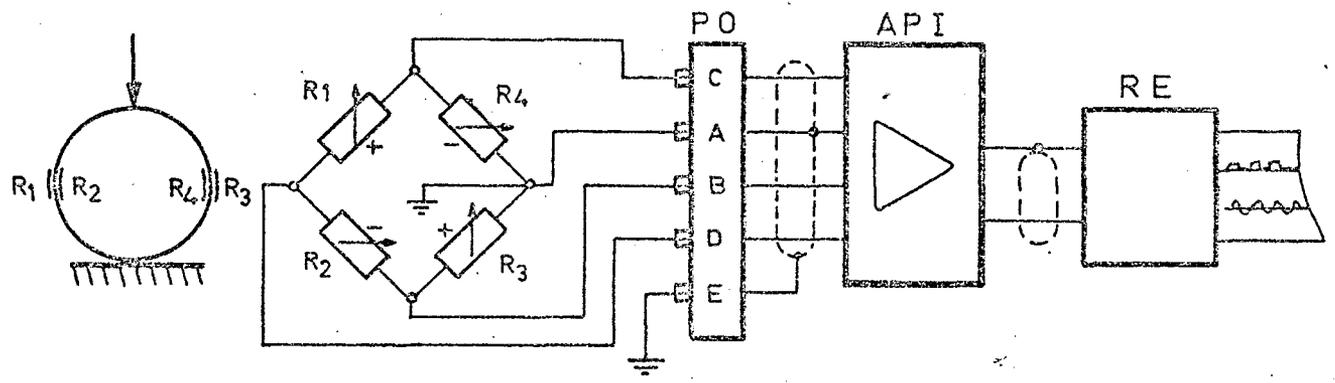


Figura 24 - Esquema de ligação - Torquímetro II

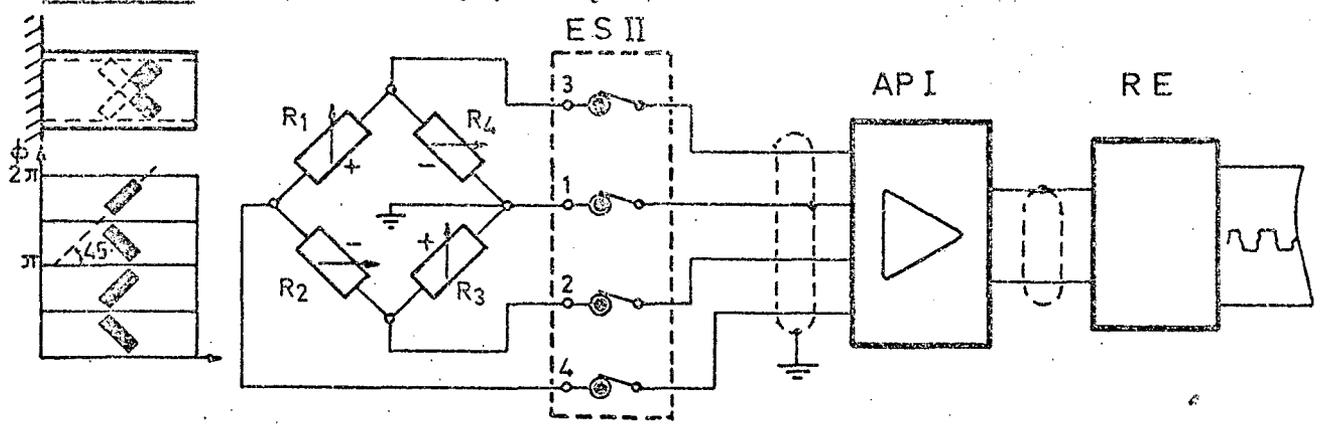
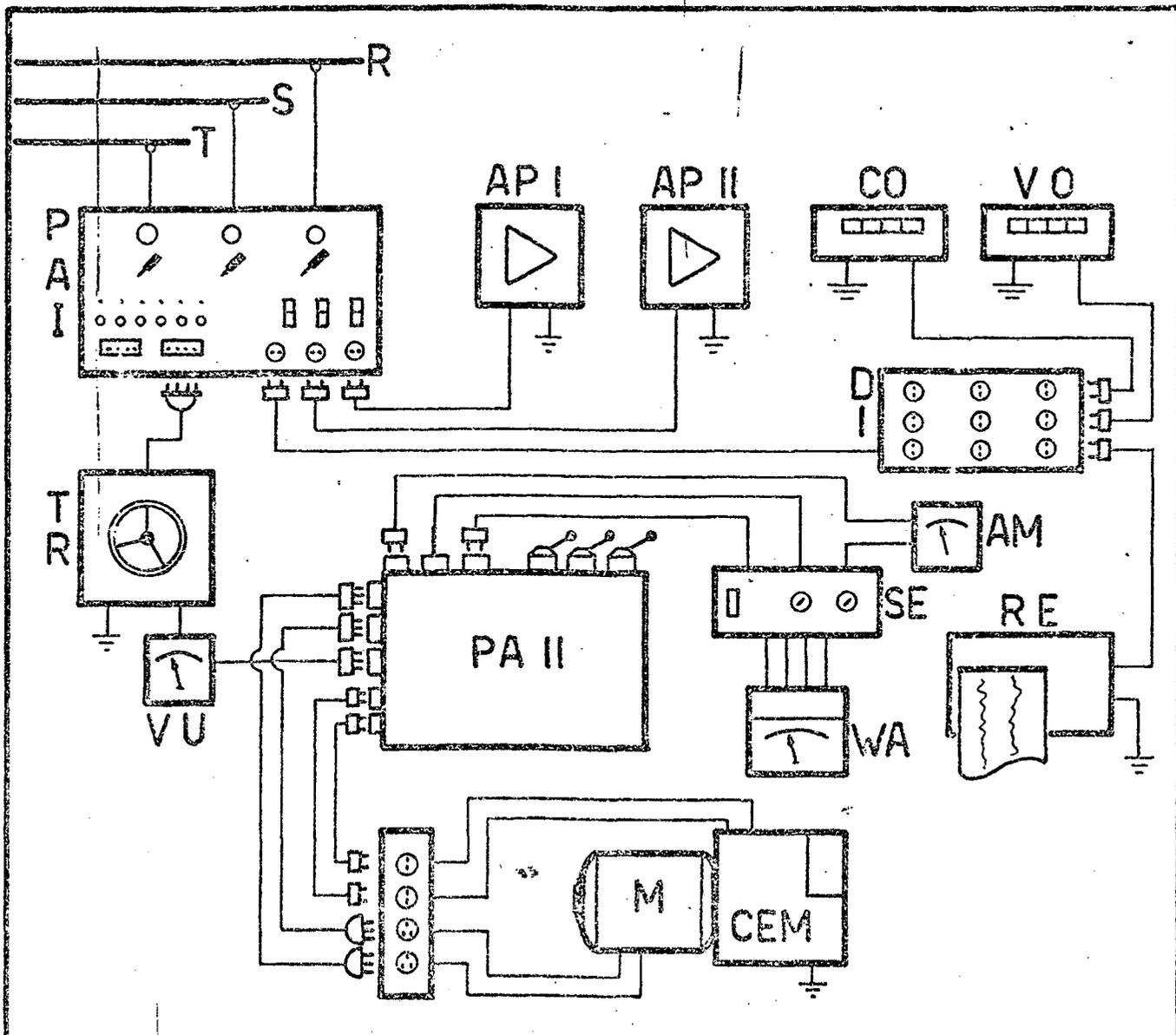


Figura 25 - Esquema de ligação - Torquímetro III

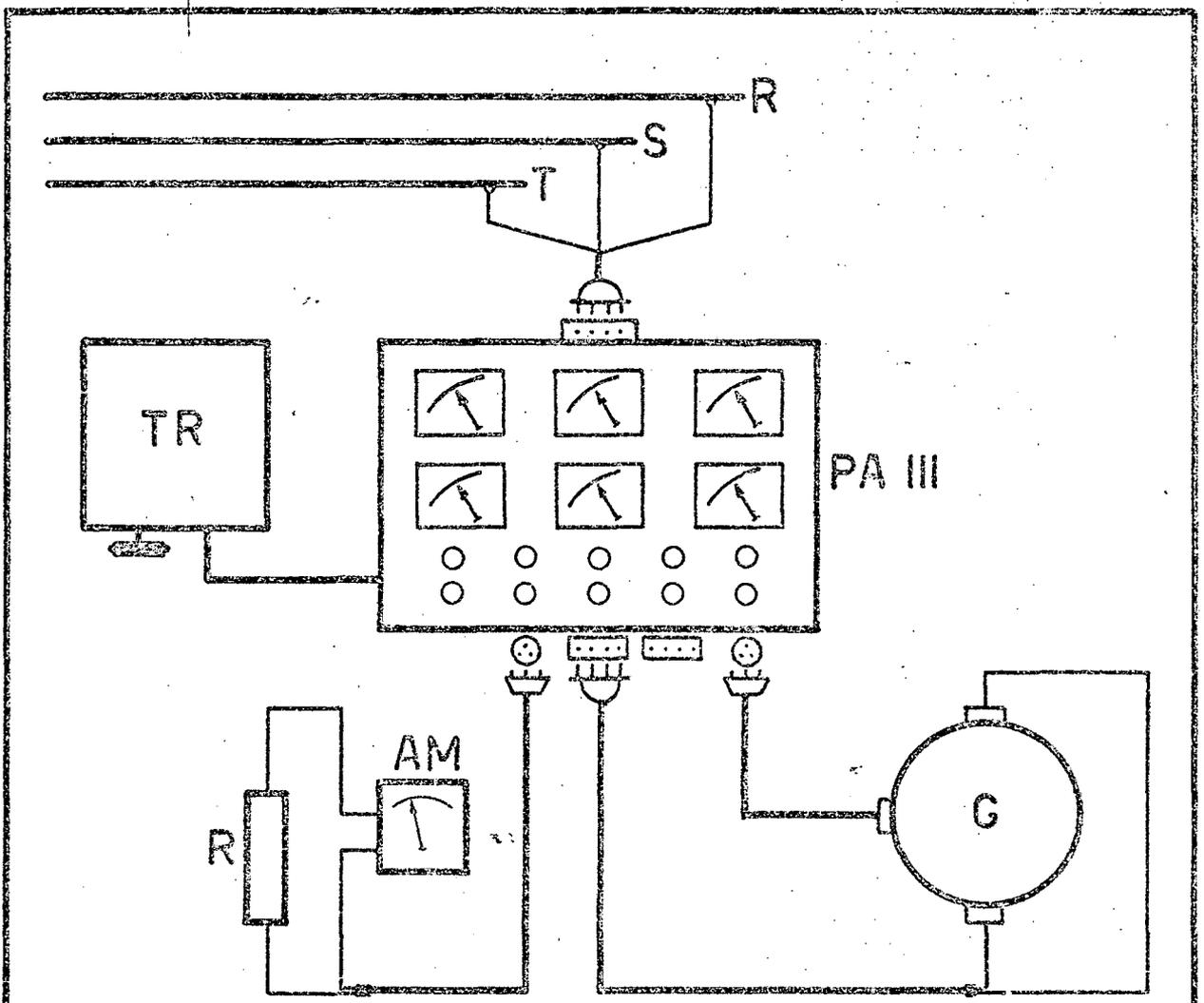
- R_1, R_2, R_4, R_3 - Estensômetros
- ES I - Conjunto de anéis e escovas
- ES II - Conjunto de anéis e escovas
- AP I - Ponte amplificadora de medida
- RE - Registrador
- PO - Ponte de ligação



PA I - Painel de controle e distribuição de energia elétrica
 AP I e AP II - Pontes amplificadoras de medida
 CO - Contador de pulsos digital
 VO - Voltímetro digital
 DI - Caixa distribuidora de energia elétrica
 RE - Registrador

VU - Voltímetro
 PA II - Quadro de comando do motor e embreagens
 SE - Seletor de corrente
 AM - Amperímetro
 WA - Wattímetro Trifásico
 M - Motor elétrico
 CEM - Caixa de embreagens
 TR - Variador de voltagem

Figura 26 - Esquema de alimentação do motor, das embreagens e dos equipamentos de medida.



TR - Transformador variável

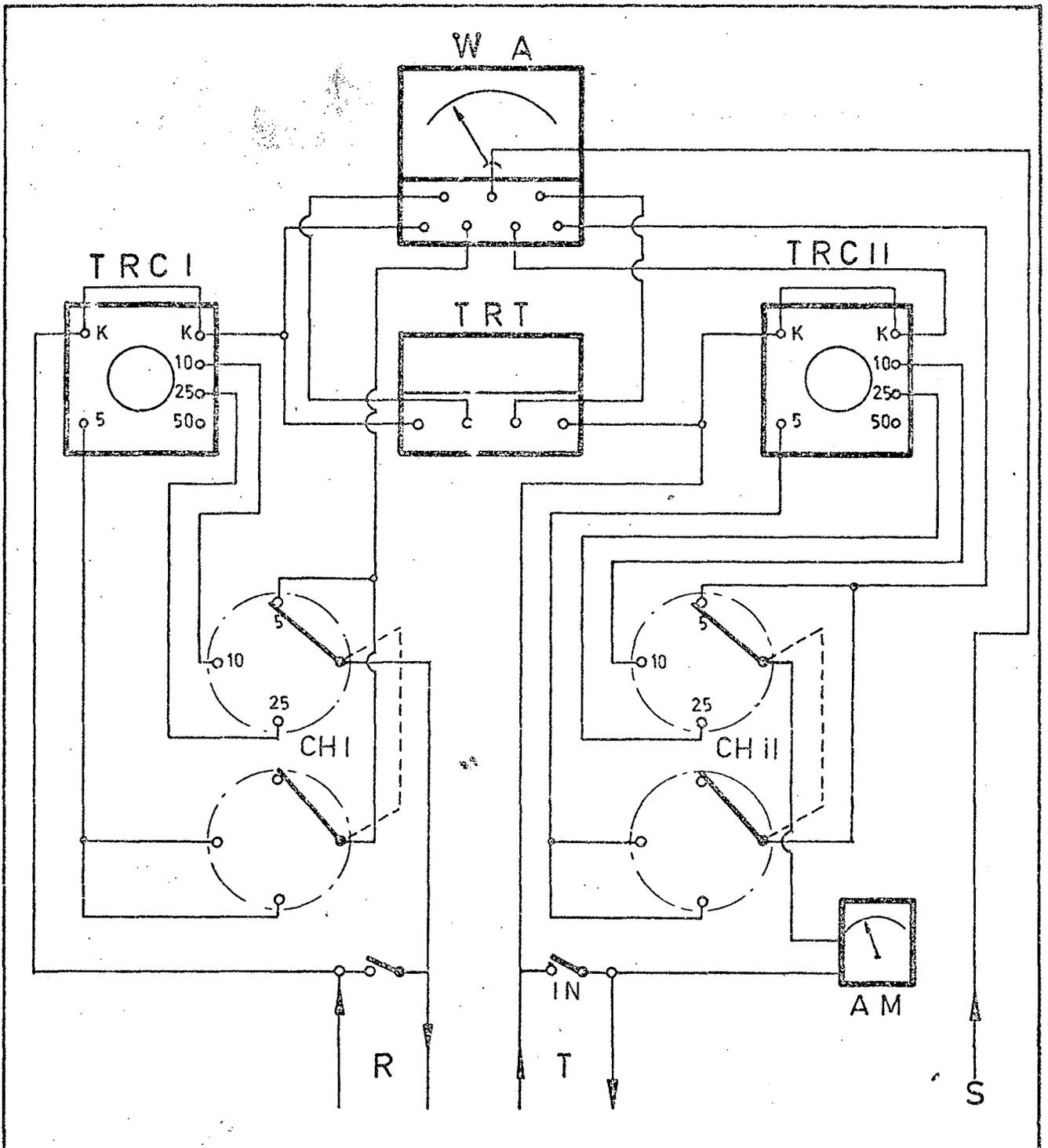
PA III - Painel de controle e retificadores

R - Carga resistiva

G - Motor-Gerador de C.C (freio elétrico)

AM - Amperímetro

Figura 27 - Esquema de alimentação , excitação e carga do freio elétrico .



- WA - Wattímetro trifásico
- TRC I e TRC II - Transformadores de corrente
- DIV - Divisor de tensão
- CH I e CH II - Chaves seletoras
- AM - Amperímetro
- IN - Interruptor

Figura 28 - Esquema de ligação do sistema de medição da potência elétrica .

SERIE 06		CARGAS						
		100 %	85 %	70 %	55 %	40 %	25 %	vazio
ROTAÇÕES	375							
	63					06-BA		
	75	06-AA						
	100							
	125							
	200							
	224							
	335					06-BB		
	450	06-AB						
	560							
	710							06-BO

SERIE 07		CARGAS						
		100 %	85 %	70 %	55 %	40 %	25 %	vazio
ROTAÇÕES	75							
	125							
	150							
	200			07-BB				
	250							
	400							
	450							
	710							07-BO

Figura 29 - Planejamento da tomada de medidas - Procedimento I
(Séries 06 e 07)

SERIE 08		CARGAS						
		100 %	85 %	70 %	55 %	40 %	25 %	vazio
ROTACIONES	450	/	/	/	/	/	/	/
	560	08-AA			08-BA			08-B0
	710	/	/	/	/	/	/	
	1180	/	/	/	/	/	/	

SERIE 09		CARGAS						
		100 %	85 %	70 %	55 %	40 %	25 %	vazio
ROTACIONES	400	/	/	/	/	/	/	/
	450	/	/	/	/	/	/	09-B0
	710	/	/	/	/	/	/	
	900	09-BA			/	/	/	
	1180	/	/	/	/	/	/	
	1400	/	/	/	/	/	/	
	2360	/	/	/	/	/	/	

Figura 30 - Planejamento da tomada de medidas - Procedimento 30 (Séries 08 e 09)

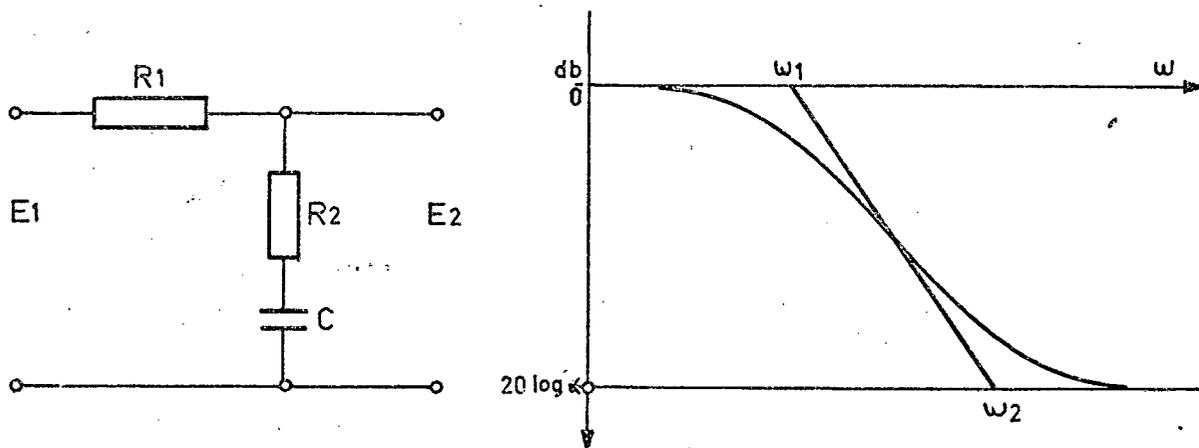
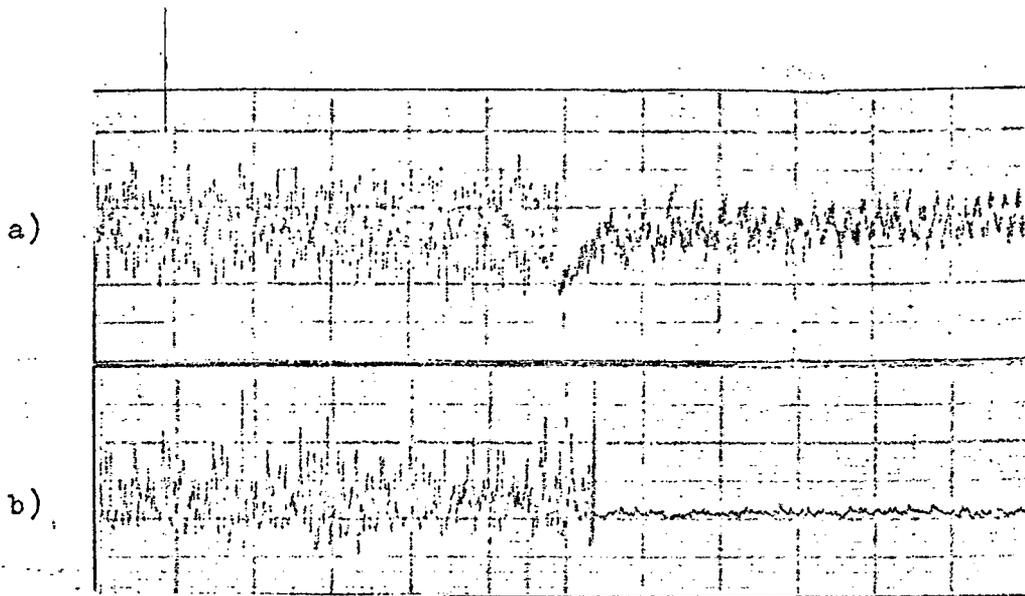


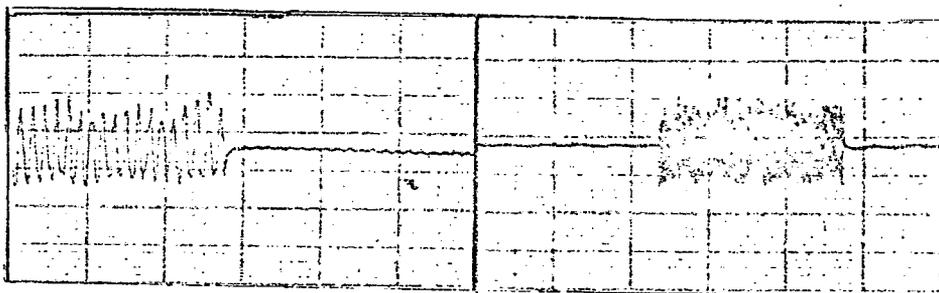
Figura 31 - Determinação das características de um filtro passa-baixo
 a) Esquema elétrico
 b) Representação esquemática da curva de atenuação do Filtro



1s=10mm

Figura 32 - Análise do sinal emitido pelo torquímetro I à esquerda sinal sem e à direita com amortecimento mecânico.

a) torque elevado b) torque baixo



1s=50mm

1s=5mm

Figura 33 - Exemplos da melhoria do sinal pelo uso de um filtro passa-baixo.

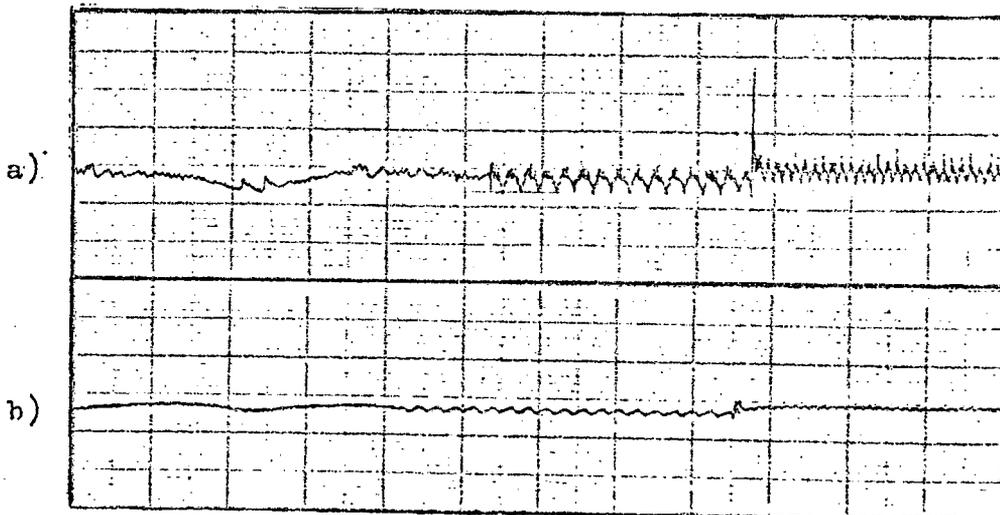
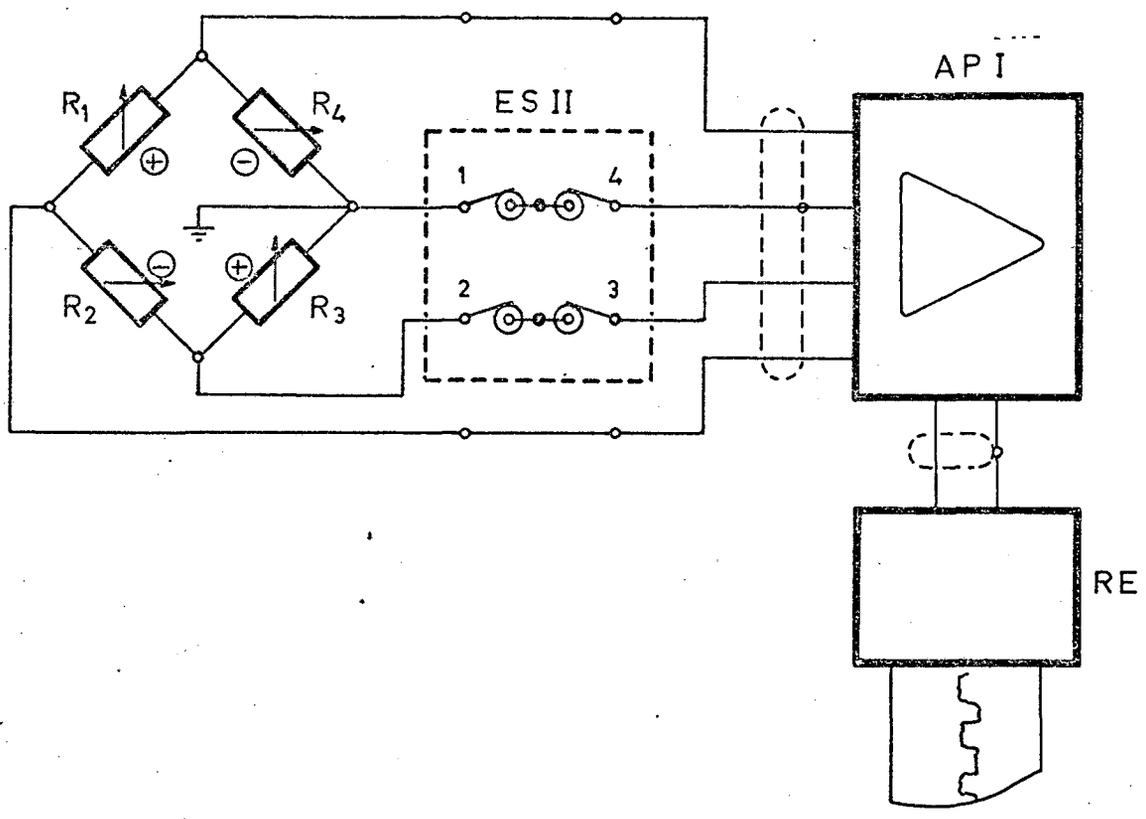


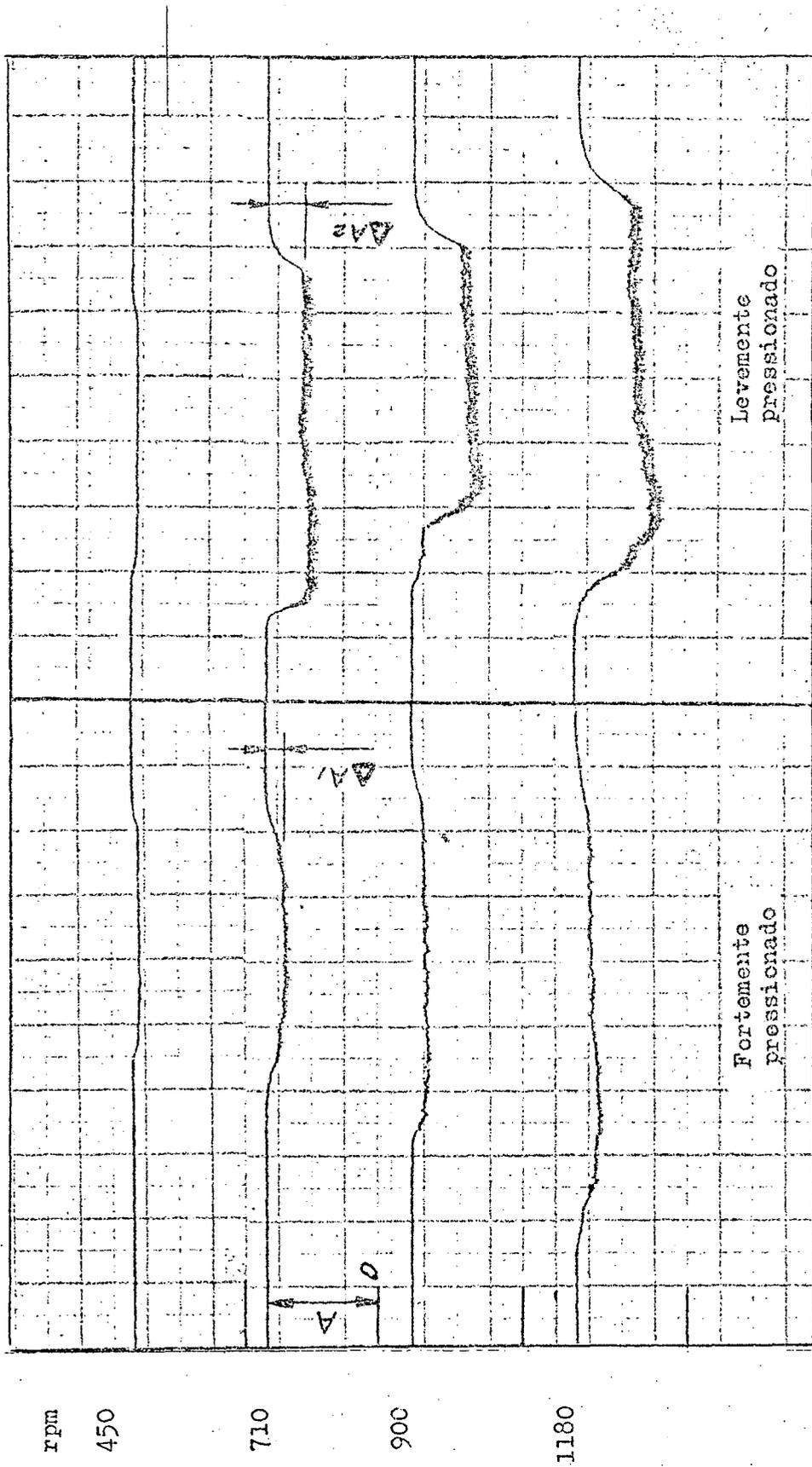
Figura 34 - Sinais emitidos pelo torquímetro III

a) sem filtro b) com filtro



- R_1, R_2, R_3, R_4 - Estensômetros
- ES II - Conjunto de aneis e escovas
- AP I - Ponte amplificadora de medida KWS/E-5
- RE - Registrador Osciloscript

Figura 35- Esquema de ligação usado na determinação da influência exercida pelas escovas e aneis sobre o sinal de medida



1s=1,2mm

Figura 36 - Efeito da pressão de contato entre os anéis e escovas sobre o sinal de medida.

APÊNDICE C

Quadros

Quadro comparativo de métodos de medição de rotação

Fatores		Métodos									
		a.1	a.2	b	c.1	c.2	d	e.1	e.2	f	
Precisão de leitura	Leituras medias	194,0	779,0	8,40	200	1,20	200,0	164,0	164,0	190,7	
	Casas dec. significativas	3	3	2	2	2	2	2	2	4	
	Pontos	8	8	5	5	5	5	5	5	10	
Confiabilidade e precisão construtiva	Linearidade e dispersão	ruim	boa	boa	ruim	razoável	ruim	ruim	ruim	boa	
	Pontos	5	10	10	5	8	5	5	5	10	
Facilidades de instalação e adaptação		10	10	10	8	8	5	8	10	10	
Facilidades de manejo e de leitura		8	10	5	8	8	5	5	5	10	
Influências externas (temperatura, vibrações, etc.)		8	8	5	10	10	10	10	10	70	
Soma total de pontos		39	46	35	36	39	30	33	35	50	

Quadro 1 - Comparação de métodos de medição de rotação

<p>Quadro 2 - Análise dos pontos da reta de aferição - Torquímetro I-A</p>
--

CONSIDERANDO-
ERRO BILATERAL DE 5 PORCENTO
LIMITE DE CONFIANÇA DE 95 PORCENTO

PONTO 1 CORRESPONDE AO TORQUE DE 130.0 KG.CM

DESVIO PADRAO DA AMOSTRA...	0.48
MEDIA.....	25.64
ERRO PADRAO.....	0.56
ERRO RELATIVO.....	0.02

PONTO 2 CORRESPONDE AO TORQUE DE 260.0 KG.CM

DESVIO PADRAO DA AMOSTRA...	0.70
MEDIA.....	51.99
ERRO PADRAO.....	0.81
ERRO RELATIVO.....	0.01

PONTO 3 CORRESPONDE AO TORQUE DE 390.0 KG.CM

DESVIO PADRAO DA AMOSTRA...	0.89
MEDIA.....	78.39
ERRO PADRAO.....	1.02
ERRO RELATIVO.....	0.01

PONTO 4 CORRESPONDE AO TORQUE DE 520.0 KG.CM

DESVIO PADRAO DA AMOSTRA...	0.89
MEDIA.....	104.59
ERRO PADRAO.....	1.02
ERRO RELATIVO.....	0.00

PONTO 5 CORRESPONDE AO TORQUE DE 650.0 KG.CM

DESVIO PADRAO DA AMOSTRA...	0.89
MEDIA.....	132.39
ERRO PADRAO.....	1.02
ERRO RELATIVO.....	0.00

EQUACAO DA RETA DE AFERICAO

LEITURA = $-1.2199 + 0.2046 \text{ TORQUE}$

<p>Quadro 3 - Análise dos pontos da reta de aferição - Torquímetro I-B</p>
--

CONSIDERANDO-
ERRO BILATERAL DE 5 PORCENTO
LIMITE DE CONFIANCA DE 95 PORCENTO

PONTO 1 CORRESPONDE AO TORQUE DE 65.0 KG.CM

DESVIO PADRAO DA AMOSTRA... 0.56
 MEDIA..... 23.27
 ERRO PADRAO..... 0.64
 ERRO RELATIVO..... 0.02

PONTO 2 CORRESPONDE AO TORQUE DE 130.0 KG.CM

DESVIO PADRAO DA AMOSTRA... 0.37
 MEDIA..... 46.59
 ERRO PADRAO..... 0.43
 ERRO RELATIVO..... 0.00

PONTO 3 CORRESPONDE AO TORQUE DE 195.0 KG.CM

DESVIO PADRAO DA AMOSTRA... 0.37
 MEDIA..... 71.09
 ERRO PADRAO..... 0.43
 ERRO RELATIVO..... 0.00

PONTO 4 CORRESPONDE AO TORQUE DE 260.0 KG.CM

DESVIO PADRAO DA AMOSTRA... 1.73
 MEDIA..... 95.49
 ERRO PADRAO..... 1.99
 ERRO RELATIVO..... 0.02

PONTO 5 CORRESPONDE AO TORQUE DE 325.0 KG.CM

DESVIO PADRAO DA AMOSTRA... 0.70
 MEDIA..... 118.99
 ERRO PADRAO..... 0.81
 ERRO RELATIVO..... 0.00

EQUACAO DA RETA DE AFERICAO

LEITURA = -1.0099 + 0.3697 TORQUE

<p>Quadro 4 - Análise dos pontos da reta de aferição - Torquímetro II-A</p>

CONSIDERANDO-
ERRO BILATERAL DE 5 PORCENTO
LIMITE DE CONFIANCA DE 95 PORCENTO

PONTO 1	CORRESPONDE AO	TORQUE	DE	1400.0	KG.CM
	DESVIO PADRAO DA AMOSTRA...			0.30	
	MEDIA.....			36.99	
	ERRO PADRAO.....			0.35	
	ERRO RELATIVO.....			0.00	
PONTO 2	CORRESPONDE AO	TORQUE	DE	2800.0	KG.CM
	DESVIO PADRAO DA AMOSTRA...			1.67	
	MEDIA.....			75.59	
	ERRO PADRAO.....			1.92	
	ERRO RELATIVO.....			0.02	
PONTO 3	CORRESPONDE AO	TORQUE	DE	4200.0	KG.CM
	DESVIO PADRAO DA AMOSTRA...			1.48	
	MEDIA.....			116.79	
	ERRO PADRAO.....			1.70	
	ERRO RELATIVO.....			0.01	
PONTO 4	CORRESPONDE AO	TORQUE	DE	5600.0	KG.CM
	DESVIO PADRAO DA AMOSTRA...			4.54	
	MEDIA.....			159.00	
	ERRO PADRAO.....			5.22	
	ERRO RELATIVO.....			0.03	
PONTO 5	CORRESPONDE AO	TORQUE	DE	7000.0	KG.CM
	DESVIO PADRAO DA AMOSTRA...			3.06	
	MEDIA.....			192.50	
	ERRO PADRAO.....			3.52	
	ERRO RELATIVO.....			0.01	

EQUACAO DA RETA DE AFERICAÇÃO

LEITURA = -2.1400 + 0.0281 TORQUE

<p>Quadro 5 - Análise dos pontos da reta de aferição - Torquímetro II-B</p>

CONSIDERANDO-
ERRO BILATERAL DE 5 PORCENTO
LIMITE DE CONFIANÇA DE 95 PORCENTO

PONTO 1 CORRESPONDE AO TORQUE DE 350.0 KG.CM

DESVIO PADRAO DA AMOSTRA...	0.49
MEDIA.....	30.27
ERRO PADRAO.....	0.56
ERRO RELATIVO.....	0.01

PONTO 2 CORRESPONDE AO TORQUE DE 700.0 KG.CM

DESVIO PADRAO DA AMOSTRA...	1.40
MEDIA.....	65.19
ERRO PADRAO.....	1.61
ERRO RELATIVO.....	0.02

PONTO 3 CORRESPONDE AO TORQUE DE 1050.0 KG.CM

DESVIO PADRAO DA AMOSTRA...	1.51
MEDIA.....	99.09
ERRO PADRAO.....	1.74
ERRO RELATIVO.....	0.01

PONTO 4 CORRESPONDE AO TORQUE DE 1400.0 KG.CM

DESVIO PADRAO DA AMOSTRA...	1.71
MEDIA.....	133.39
ERRO PADRAO.....	1.96
ERRO RELATIVO.....	0.01

PONTO 5 CORRESPONDE AO TORQUE DE 1750.0 KG.CM

DESVIO PADRAO DA AMOSTRA...	2.65
MEDIA.....	171.25
ERRO PADRAO.....	3.04
ERRO RELATIVO.....	0.01

EQUACAO DA RETA DE AFERICAO

LEITURA = -5.2000 + 0.1000 TORQUE

<p>Quadro 6 - Análise dos pontos da reta de aferição - Torquímetro III-A</p>
--

CONSIDERANDO-
ERRO BILATERAL DE 5 PORCENTO
LIMITE DE CONFIANCA DE 95 PORCENTO

PONTO 1 CORRESPONDE AO TORQUE DE 350.0 KG.CM

DESVIO PADRAO DA AMOSTRA... 0.69
 MEDIA..... 39.79
 ERRO PADRAO..... 0.79
 ERRO RELATIVO..... 0.02

PONTO 2 CORRESPONDE AO TORQUE DE 700.0 KG.CM

DESVIO PADRAO DA AMOSTRA... 1.47
 MEDIA..... 80.59
 ERRO PADRAO..... 1.69
 ERRO RELATIVO..... 0.02

PONTO 3 CORRESPONDE AO TORQUE DE 1050.0 KG.CM

DESVIO PADRAO DA AMOSTRA... 1.25
 MEDIA..... 123.19
 ERRO PADRAO..... 1.44
 ERRO RELATIVO..... 0.01

PONTO 4 CORRESPONDE AO TORQUE DE 1400.0 KG.CM

DESVIO PADRAO DA AMOSTRA... 3.37
 MEDIA..... 160.75
 ERRO PADRAO..... 3.88
 ERRO RELATIVO..... 0.02

PONTO 5 CORRESPONDE AO TORQUE DE 1750.0 KG.CM

DESVIO PADRAO DA AMOSTRA... 0.88
 MEDIA..... 205.00
 ERRO PADRAO..... 1.01
 ERRO RELATIVO..... 0.00

EQUACAO DA RETA DE AFERICAO

LEITURA = -1.2950 + 0.1173 TORQUE

<p>Quadro 7 - Análise dos pontos da reta de aferição - Wattímetro</p>

CONSIDERANDO-
ERRO BILATERAL DE 5 PORCENTO
LÍMITE DE CONFIANÇA DE 95 PORCENTO

PONTO 1 CORRESPONDE A POTENCIA DE 20.0 WATT

DESvio PADRAO DA AMOSTRA... 1.86
 MEDIA..... 427.68
 ERRO PADRAO..... 2.14
 ERRO RELATIVO..... 0.00

PONTO 2 CORRESPONDE A POTENCIA DE 40.0 WATT

DESvio PADRAO DA AMOSTRA... 4.90
 MEDIA..... 861.84
 ERRO PADRAO..... 5.63
 ERRO RELATIVO..... 0.00

PONTO 3 CORRESPONDE A POTENCIA DE 60.0 WATT

DESvio PADRAO DA AMOSTRA... 4.99
 MEDIA..... 1293.12
 ERRO PADRAO..... 5.73
 ERRO RELATIVO..... 0.00

PONTO 4 CORRESPONDE A POTENCIA DE 80.0 WATT

DESvio PADRAO DA AMOSTRA... 6.14
 MEDIA..... 1715.40
 ERRO PADRAO..... 7.07
 ERRO RELATIVO..... 0.00

PONTO 5 CORRESPONDE A POTENCIA DE 100.0 WATT

DESvio PADRAO DA AMOSTRA... 7.52
 MEDIA..... 2137.20
 ERRO PADRAO..... 8.65
 ERRO RELATIVO..... 0.00

EQUACAO DA RETA DE AFERICAO

LEITURA = 5.2679 + 21.3630 POTENCIA

<p>Quadro 8 - Análise dos pontos da reta de aferição - Tacômetro - 3x10^{xx3}</p>
--

CONSIDERANDO-
 ERRO BILATERAL DE 5 PORCENTO
 LIMITE DE CONFIANCA DE 95 PORCENTO

PONTO 1 CORRESPONDE A ROTACAO DE 450.0 RPM

DESVIO PADRAO DA AMOSTRA...	0.09
MEDIA.....	64.80
ERRO PADRAO.....	0.11
ERRO RELATIVO.....	0.00

PONTO 2 CORRESPONDE A ROTACAO DE 600.0 RPM

DESVIO PADRAO DA AMOSTRA...	0.00
MEDIA.....	85.89
ERRO PADRAO.....	0.00
ERRO RELATIVO.....	0.00

PONTO 3 CORRESPONDE A ROTACAO DE 900.0 RPM

DESVIO PADRAO DA AMOSTRA...	0.08
MEDIA.....	127.51
ERRO PADRAO.....	0.09
ERRO RELATIVO.....	0.00

PONTO 4 CORRESPONDE A ROTACAO DE 1200.0 RPM

DESVIO PADRAO DA AMOSTRA...	0.00
MEDIA.....	166.60
ERRO PADRAO.....	0.00
ERRO RELATIVO.....	0.00

PONTO 5 CORRESPONDE A ROTACAO DE 1500.0 RPM

DESVIO PADRAO DA AMOSTRA...	0.07
MEDIA.....	201.19
ERRO PADRAO.....	0.08
ERRO RELATIVO.....	0.00

EQUACAO DA RETA DE AFERICAO

LEITURA = 7.7376 + 0.1306 ROTACAO

Quadro 9 - Análise dos pontos da reta de aferição -
Tacometro - 10xx4

CONSIDERANDO-
ERRO BILATERAL DE 5 PORCENTO
LIMITE DE CONFIANCA DE 95 PORCENTO

PONTO 1 CORRESPONDE A ROTACAO DE 900.0 RPM

DESVIO PADRAO DA AMOSTRA... 0.00
MEDIA..... 39.50
ERRO PADRAO..... 0.00
ERRO RELATIVO..... 0.00

PONTO 2 CORRESPONDE A ROTACAO DE 1800.0 RPM

DESVIO PADRAO DA AMOSTRA... 0.00
MEDIA..... 78.20
ERRO PADRAO..... 0.00
ERRO RELATIVO..... 0.00

PONTO 3 CORRESPONDE A ROTACAO DE 2700.0 RPM

DESVIO PADRAO DA AMOSTRA... 0.00
MEDIA..... 116.00
ERRO PADRAO..... 0.00
ERRO RELATIVO..... 0.00

PONTO 4 CORRESPONDE A ROTACAO DE 3600.0 RPM

DESVIO PADRAO DA AMOSTRA... 0.00
MEDIA..... 152.10
ERRO PADRAO..... 0.00
ERRO RELATIVO..... 0.00

PONTO 5 CORRESPONDE A ROTACAO DE 4500.0 RPM

DESVIO PADRAO DA AMOSTRA... 0.08
MEDIA..... 185.21
ERRO PADRAO..... 0.09
ERRO RELATIVO..... 0.00

EQUACAO DA RETA DE AFERICAO

LEITURA = 4.6020 + 0.0405 ROTACAO

APÊNDICE D

GRÁFICOS

D1 - AFERIÇÃO

D2 - RESULTADOS

D1 - AFERIÇÃO

TORQUE, EM KG·CM

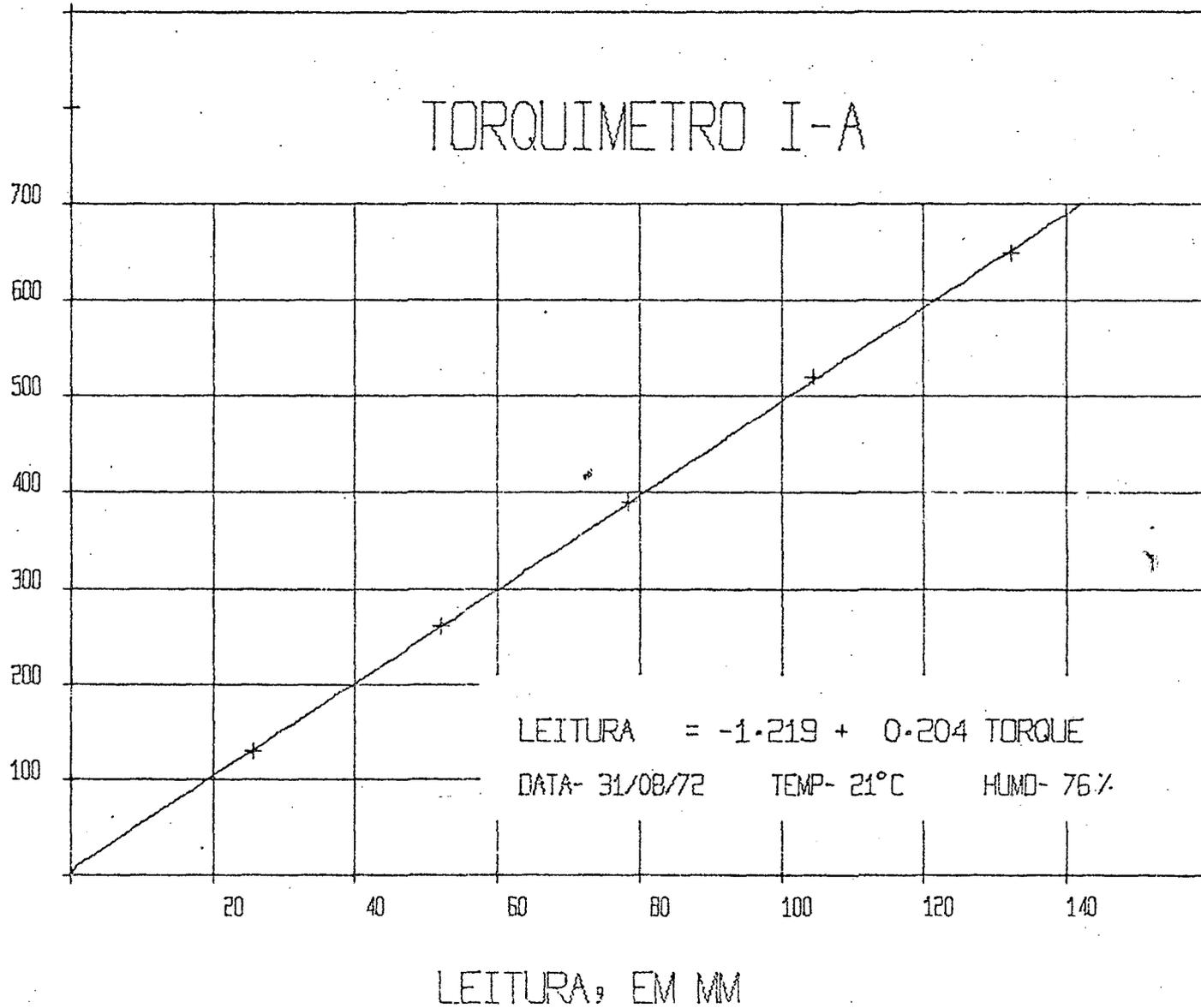


Figura 37 - Reta de aferição

TORQUE, EM KG·CM

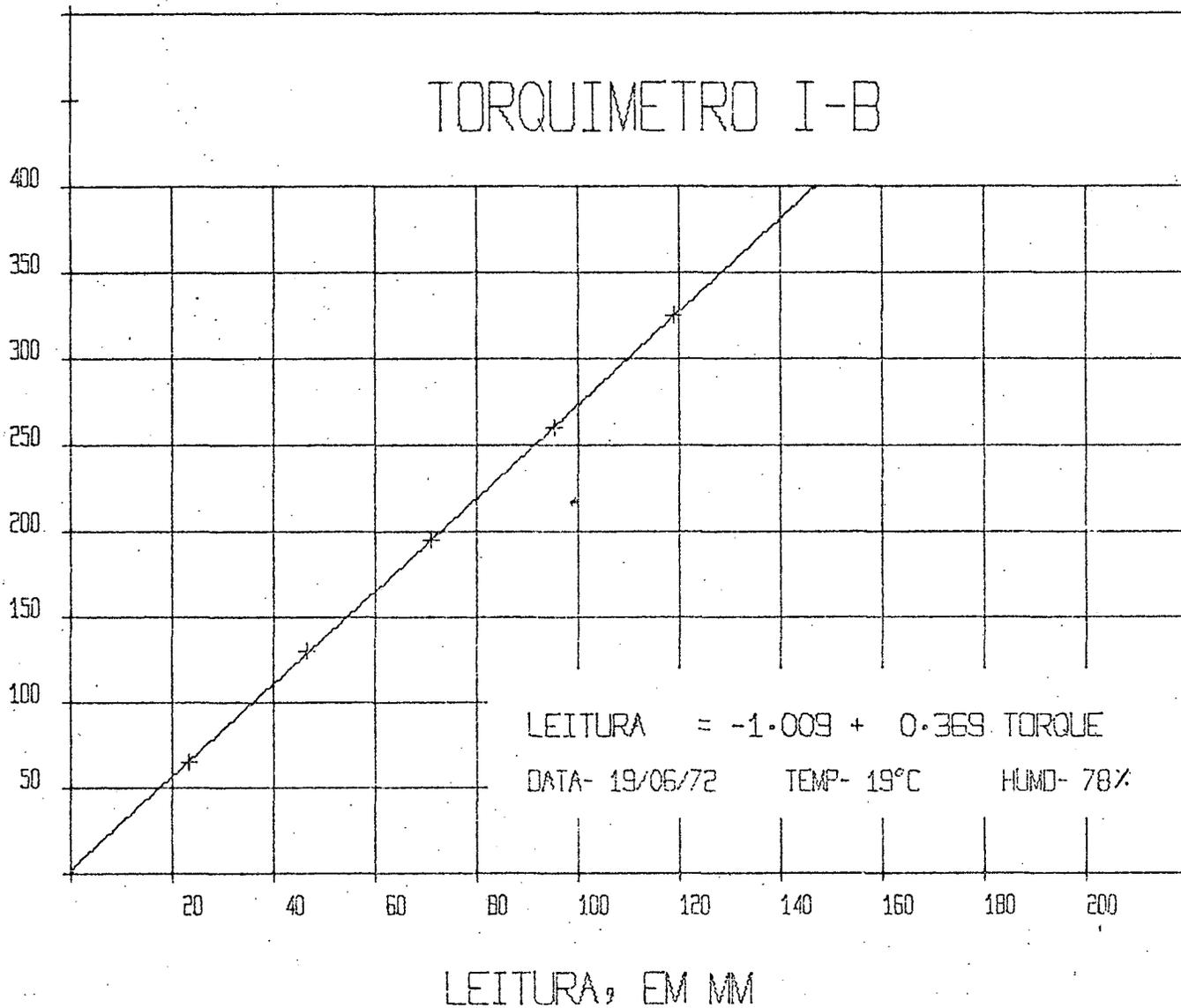


Figura 38 - Reta de aferição

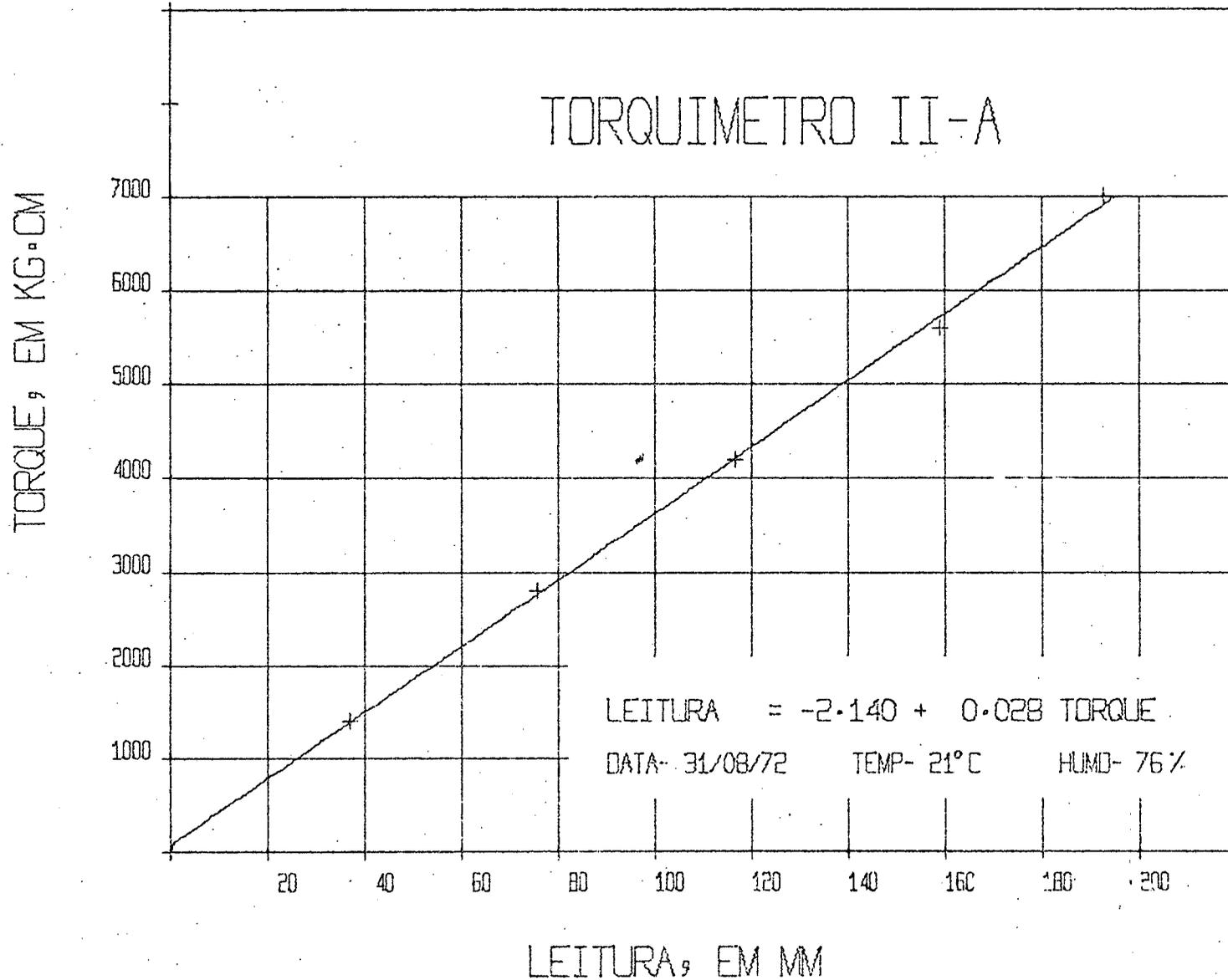


Figura 39 - Reta de aferição

TORQUE, EM KG·CM

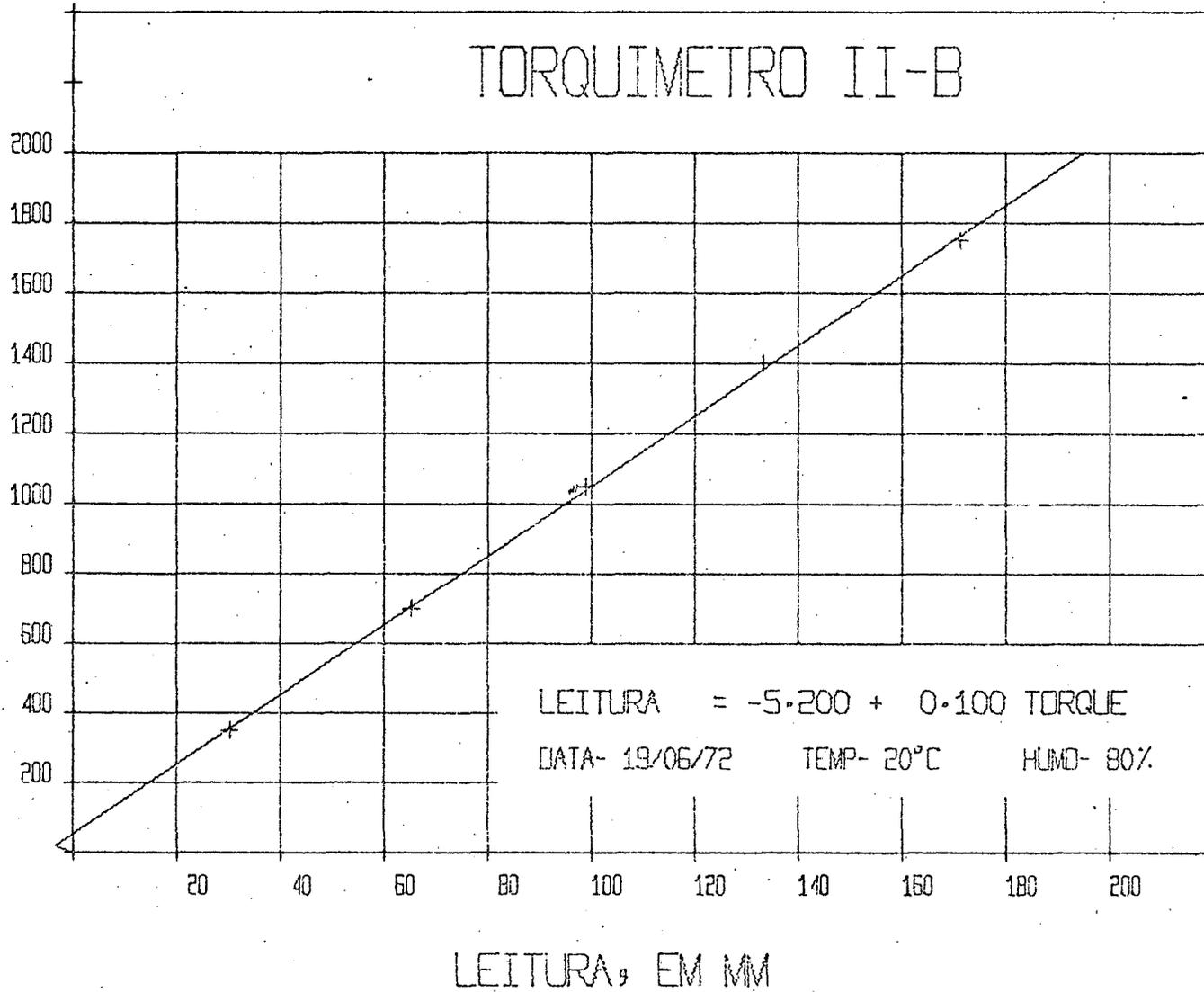


Figura 40 - Reta de aferição

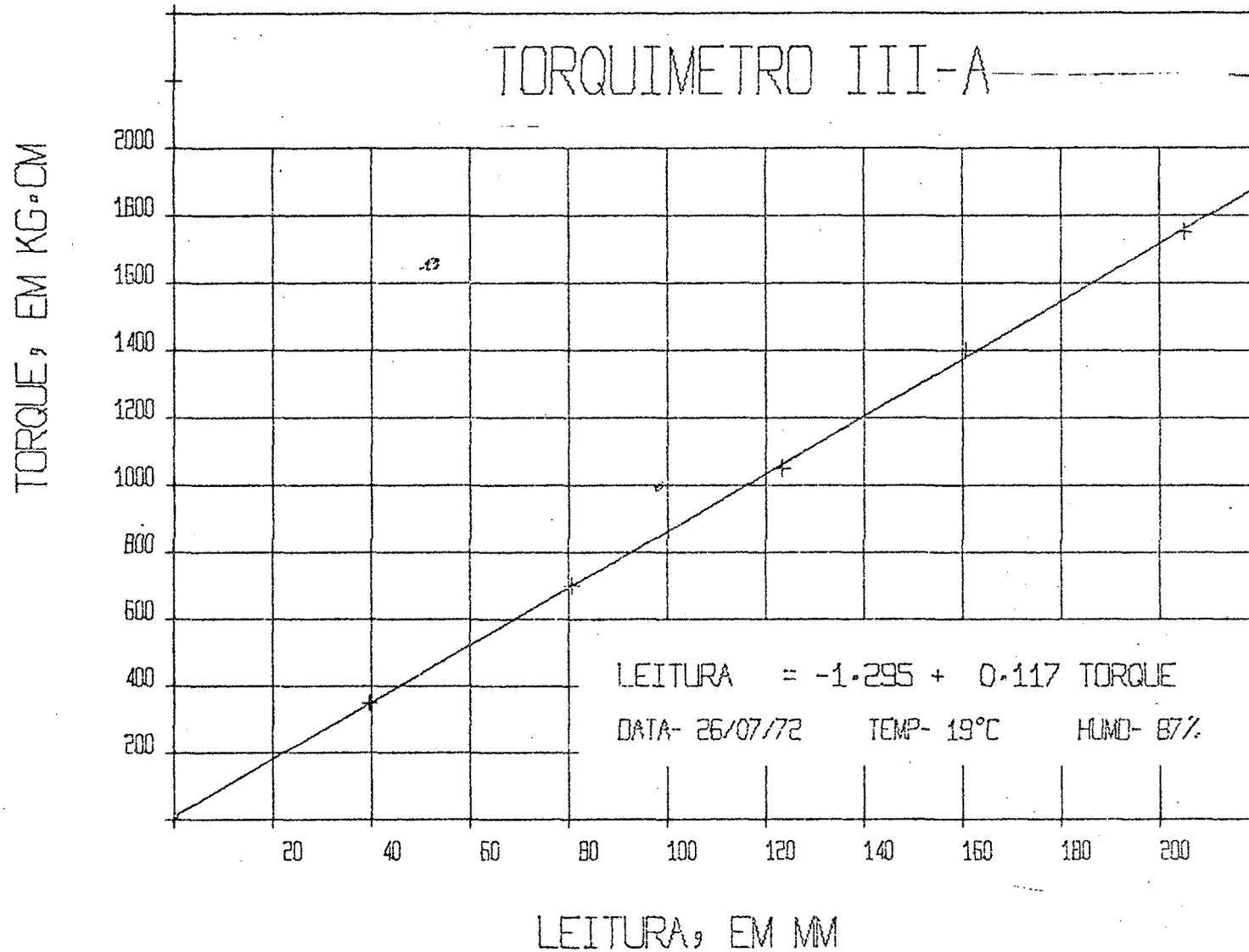


Figura 41 - Reta de aferição

POTENCIA, EM WATT

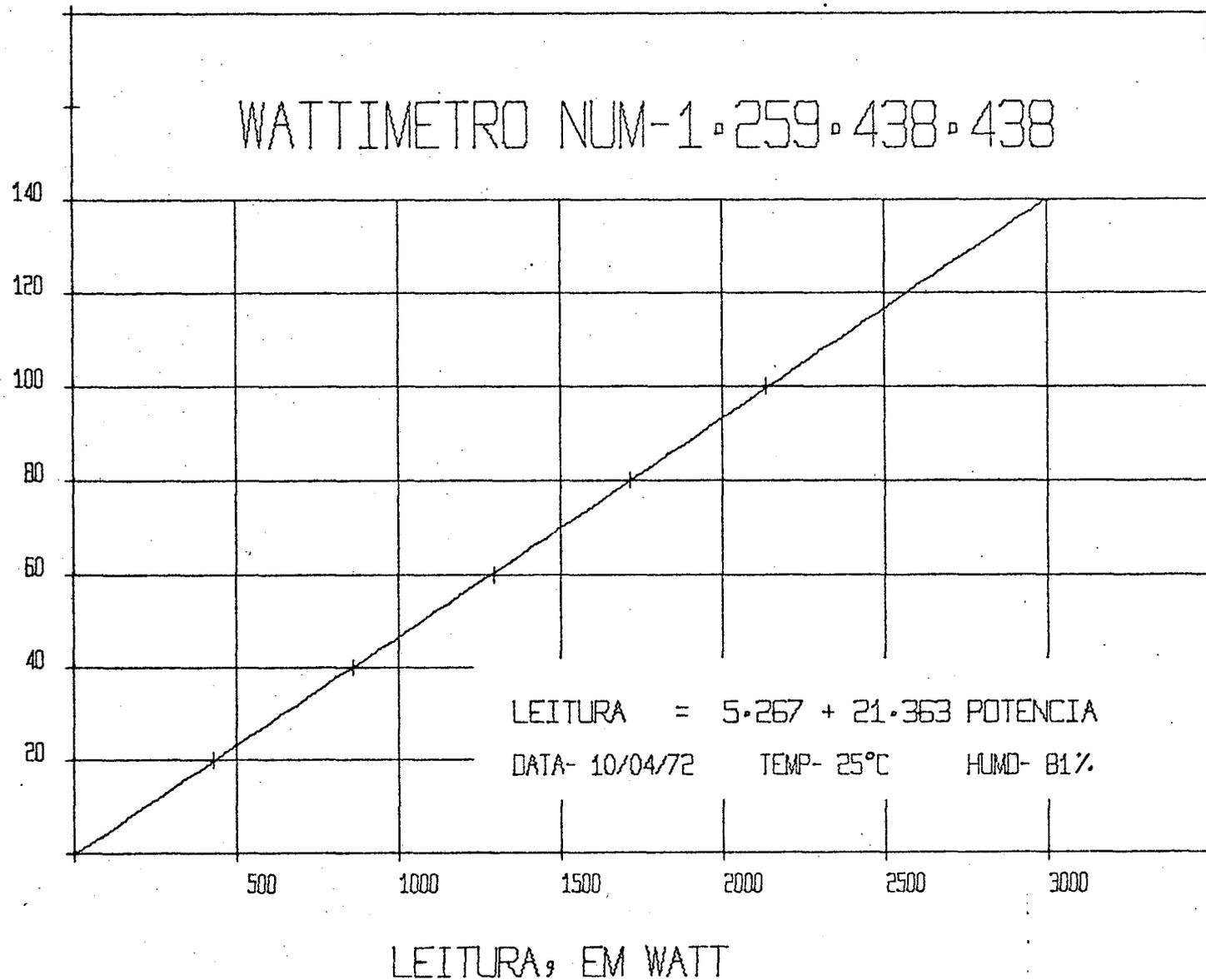


Figura 42 - Reta de aferição

ROTACAO, EM RPM

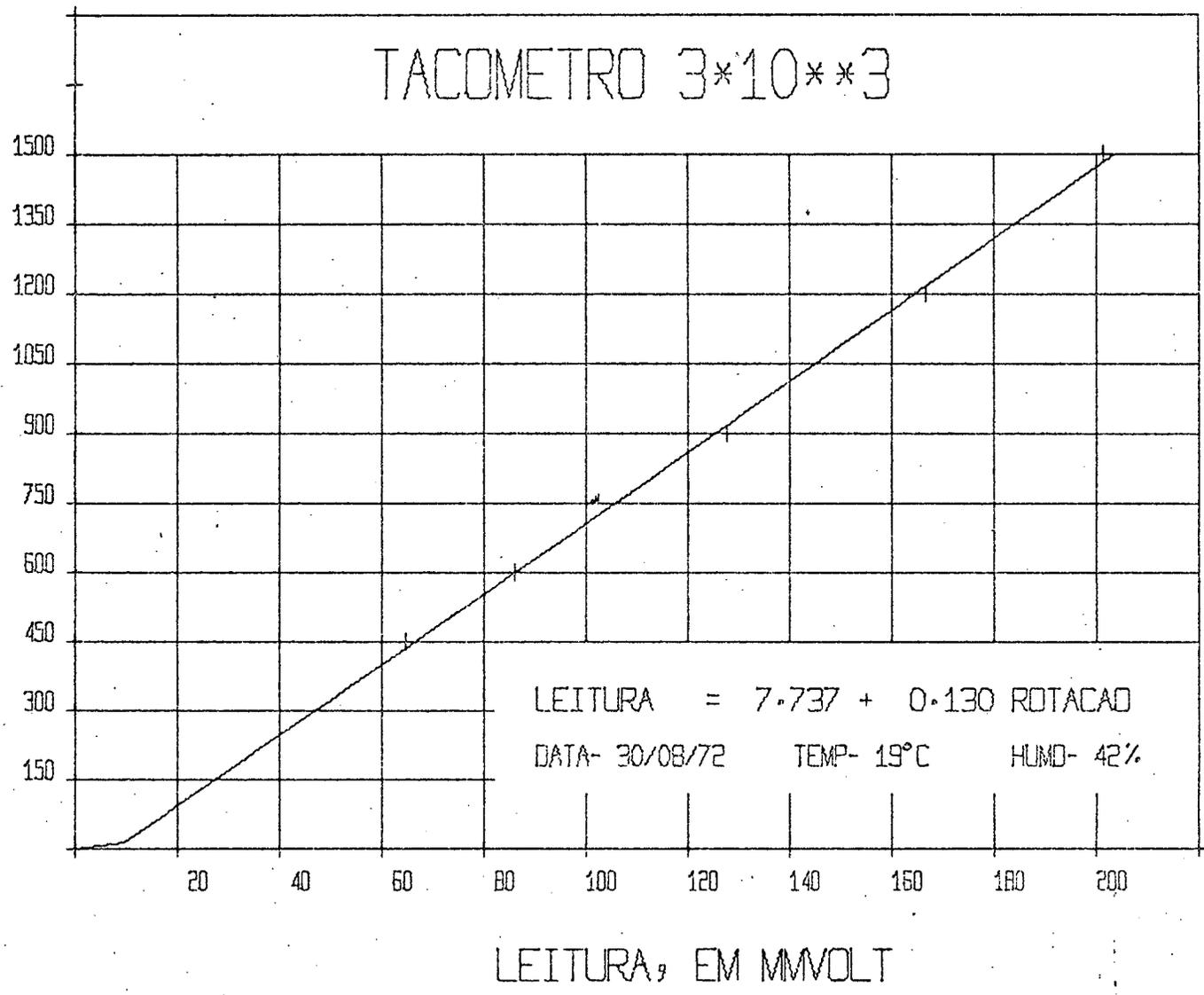


Figura 43 - Reta de aferição

ROTACAO, EM RPM

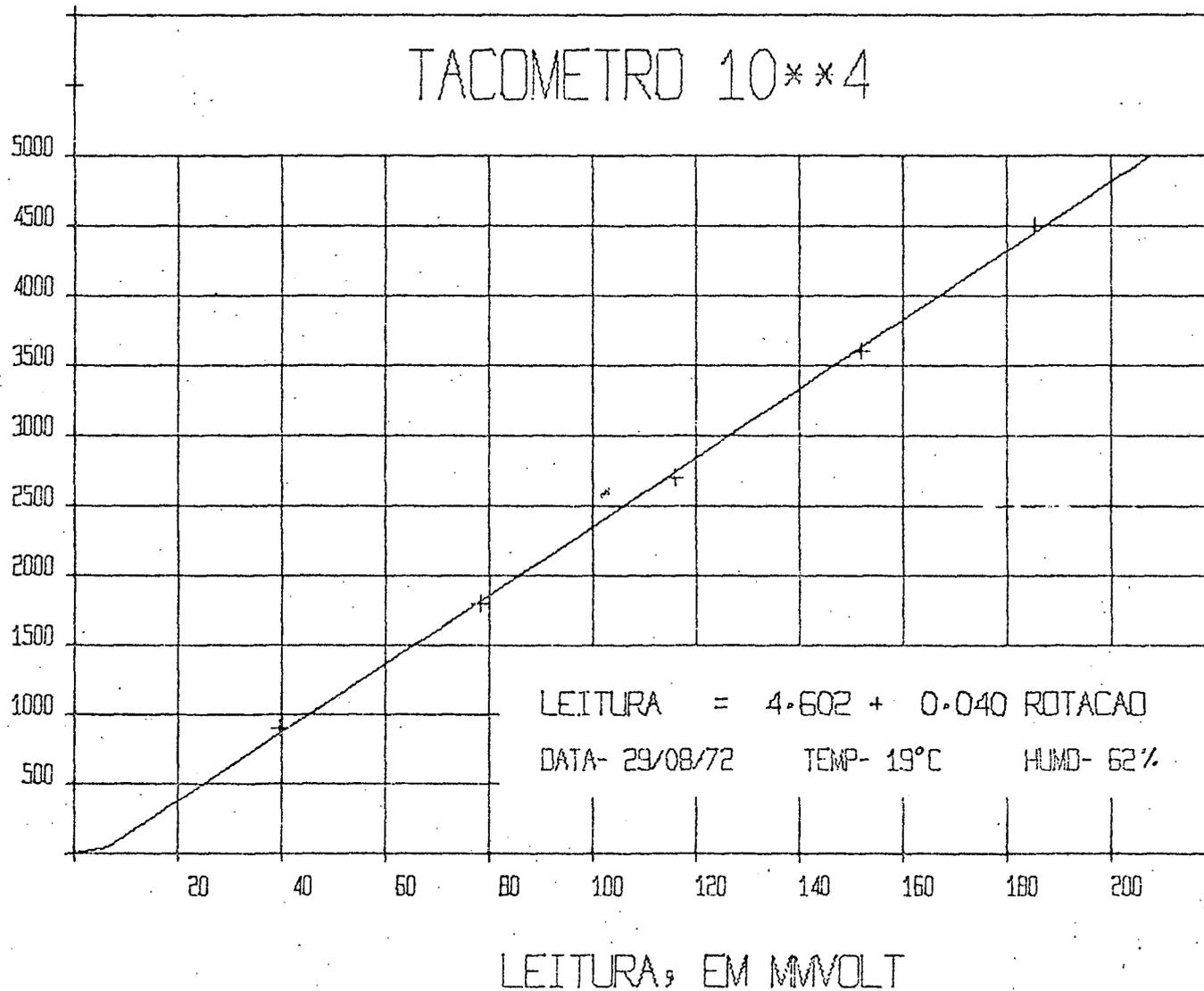


Figura 44 - Reta de aferição

D2 - RESULTADOS

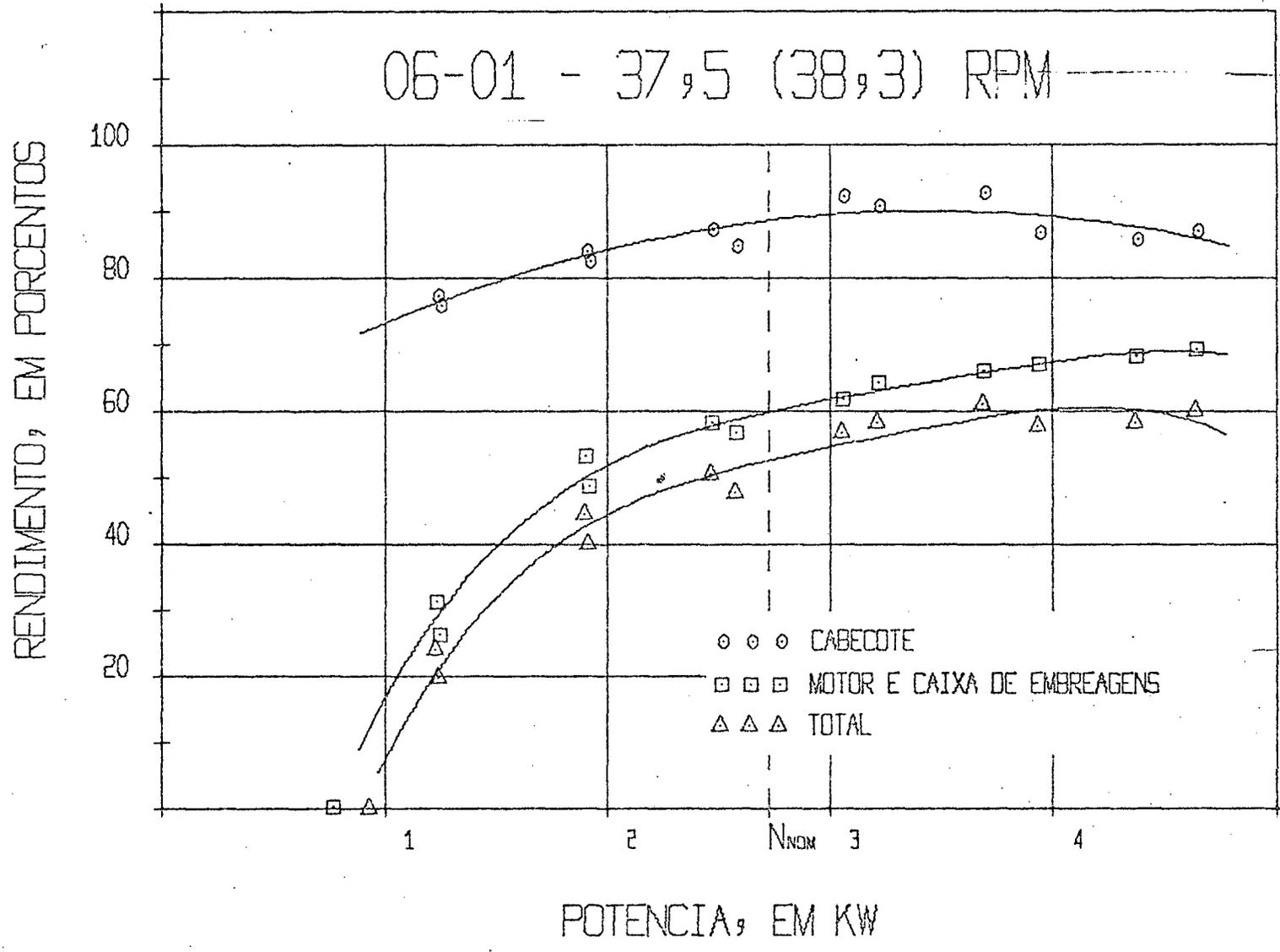


Figura 45 - Curvas de rendimento

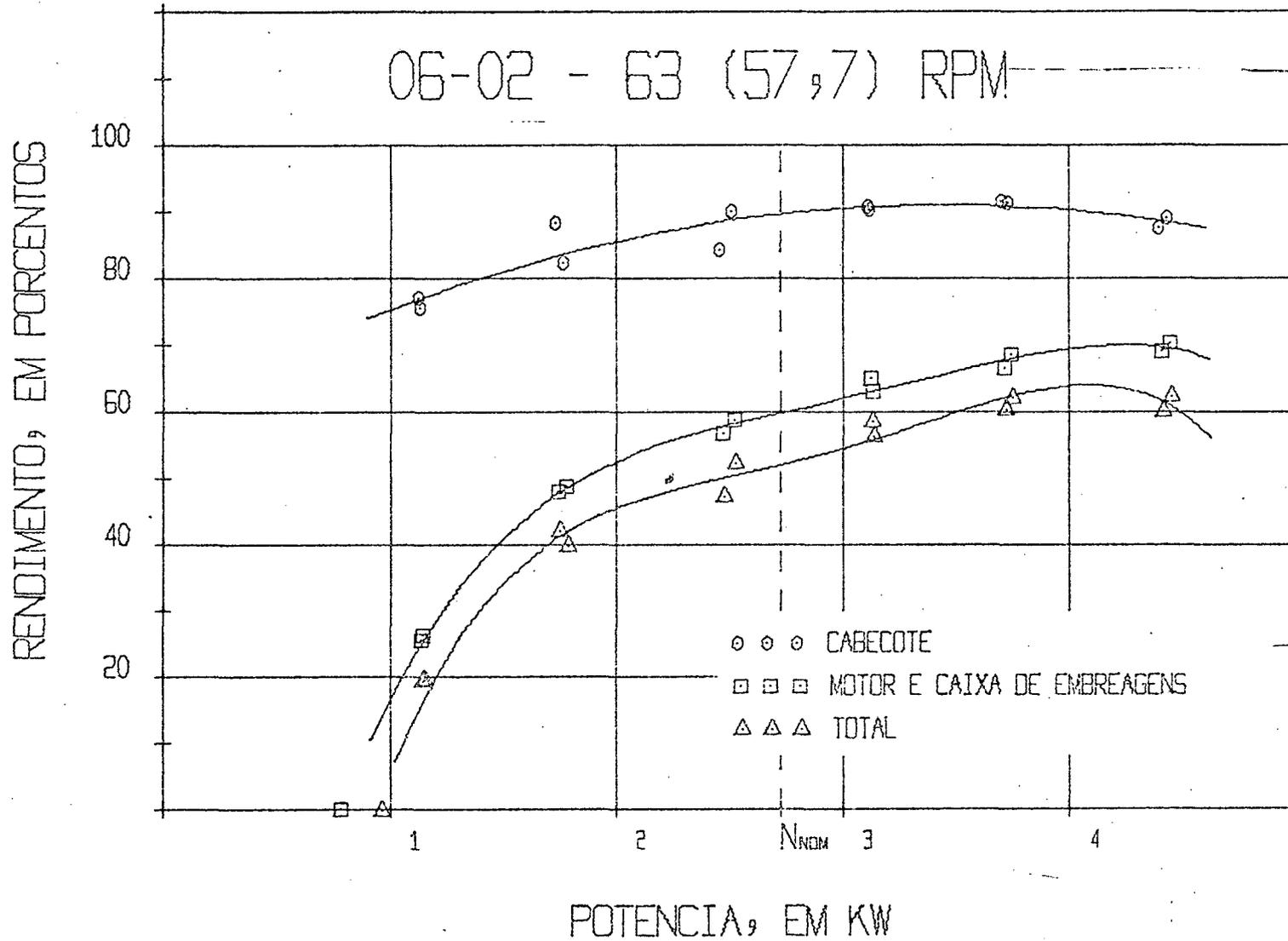


Figura 46 - Curvas de rendimento

RENDIMENTO, EM PORCENTOS

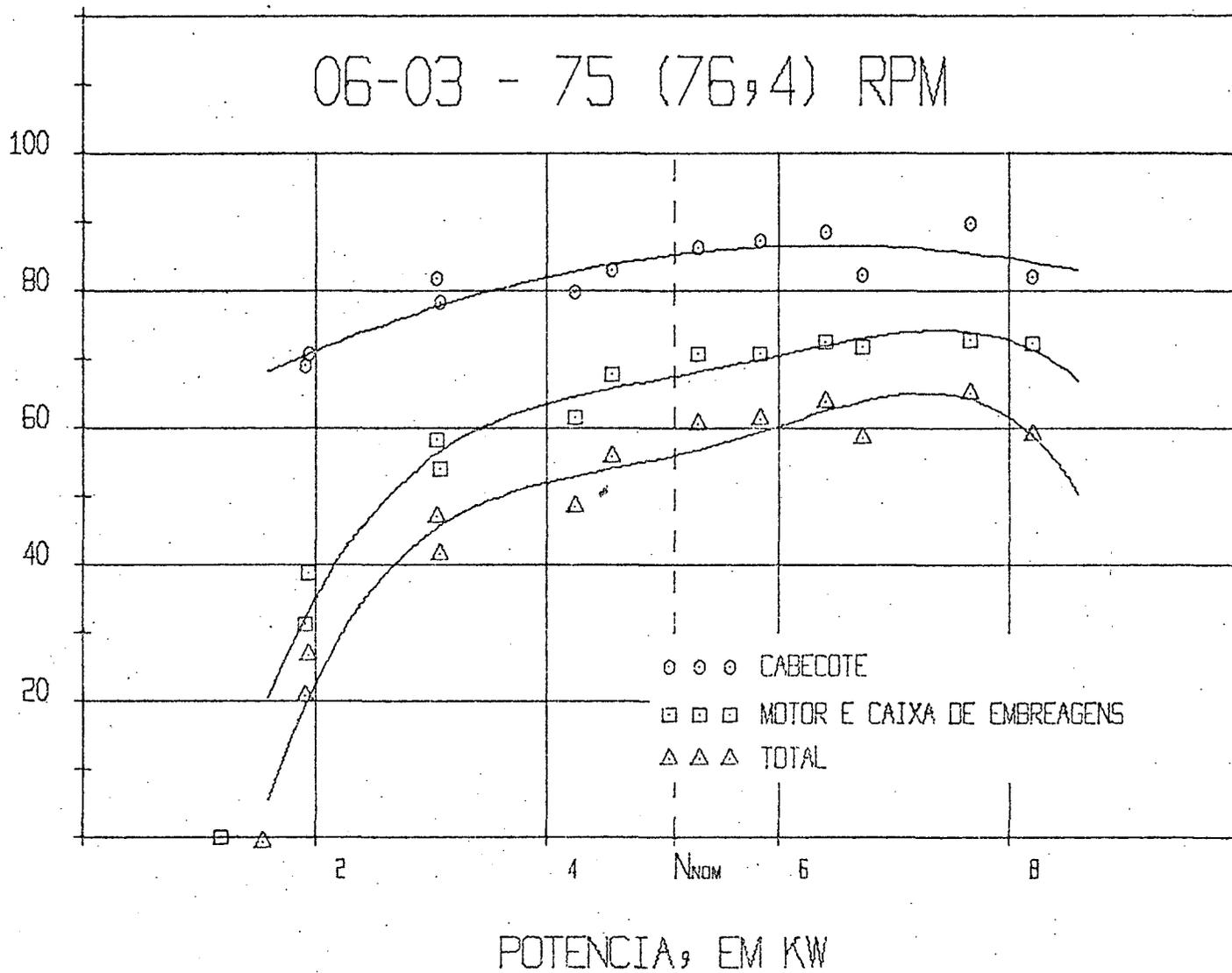


Figura 47 - Curvas de rendimento

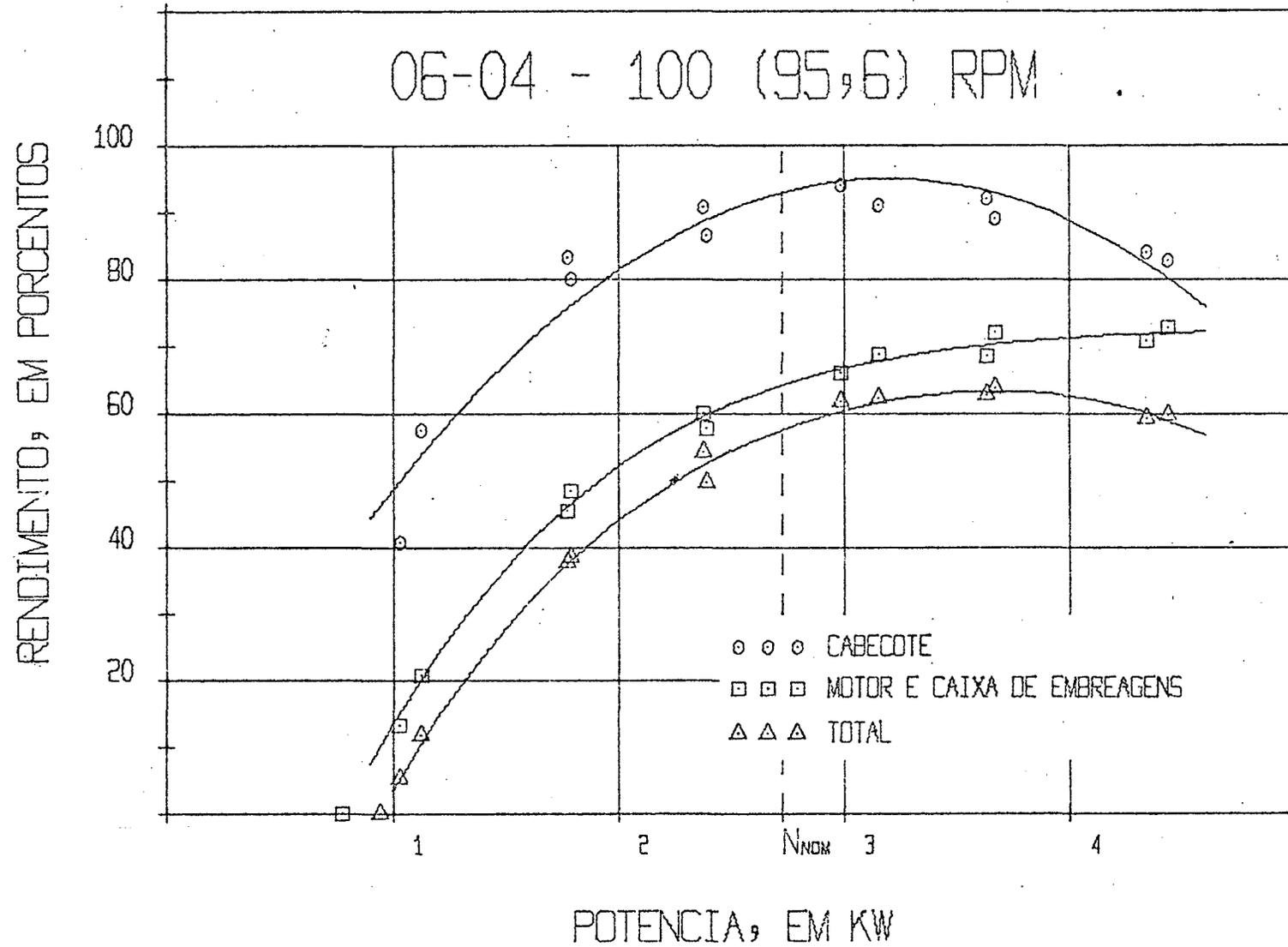


Figura 48 - Curvas de rendimento

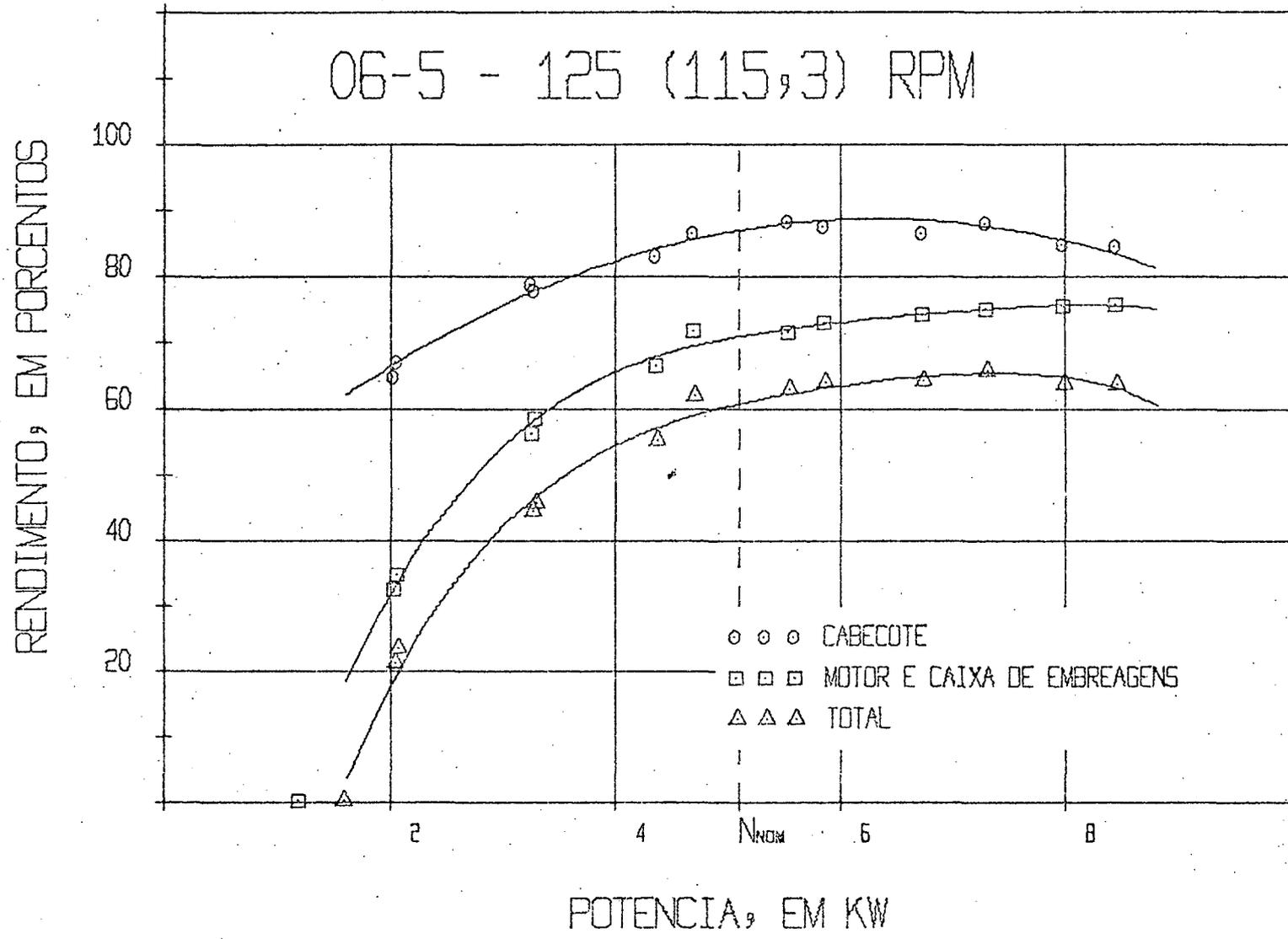


Figura 49 - Curvas de rendimento

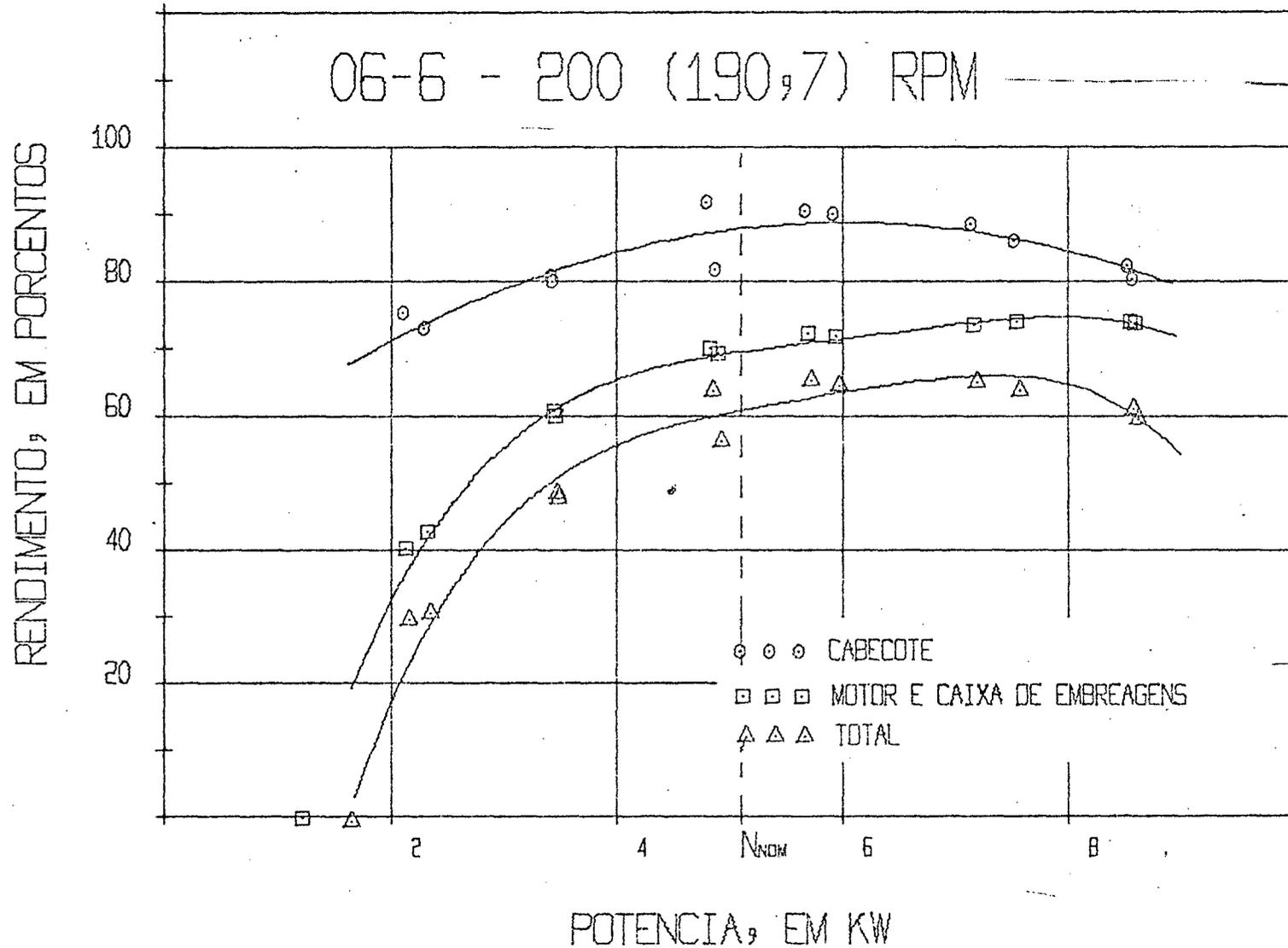


Figura 50 - Curvas de rendimento

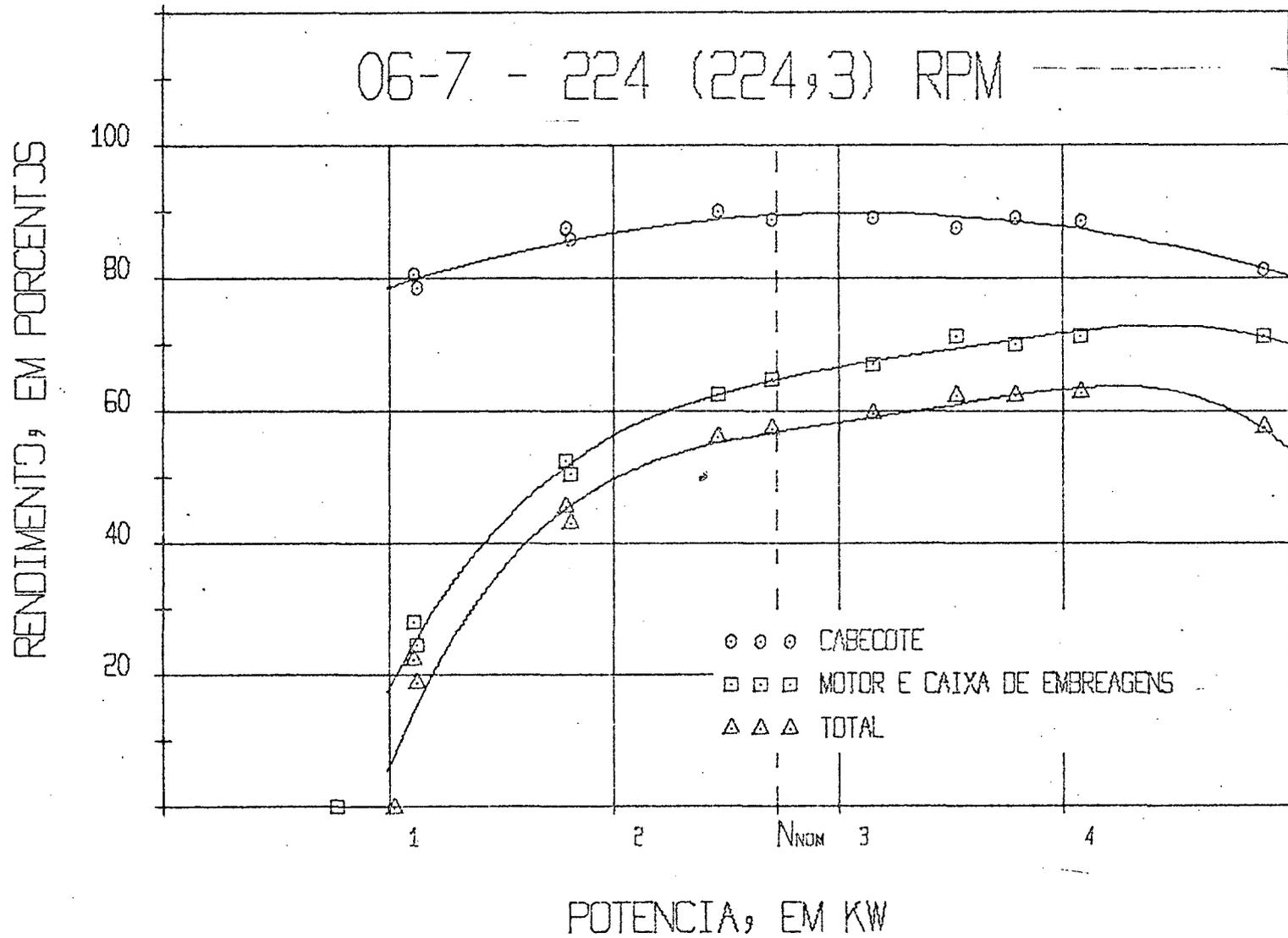


Figura 51 - Curvas de rendimento

RENDIMENTO, EM PORCENTOS

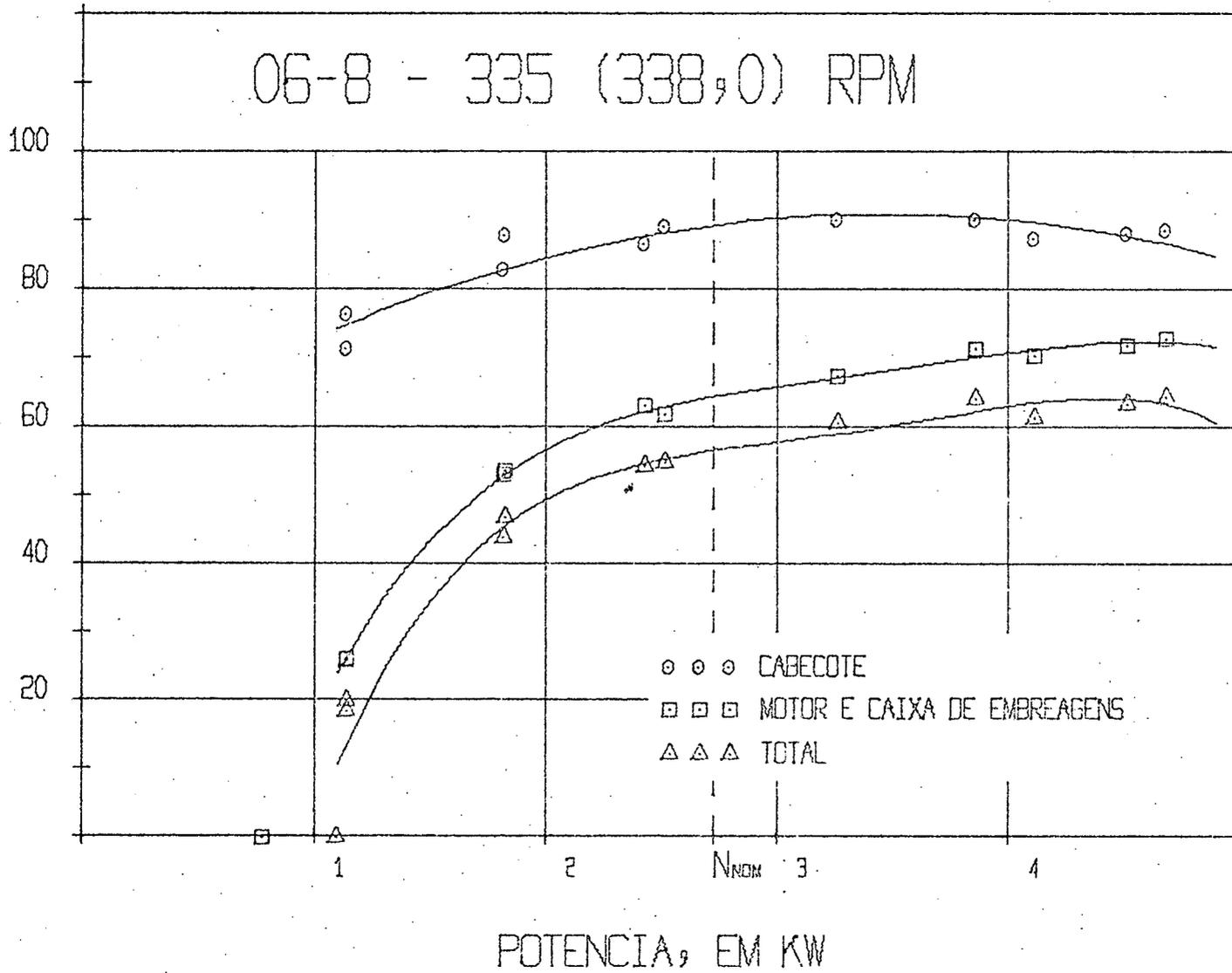


Figura 52 - Curvas de rendimento

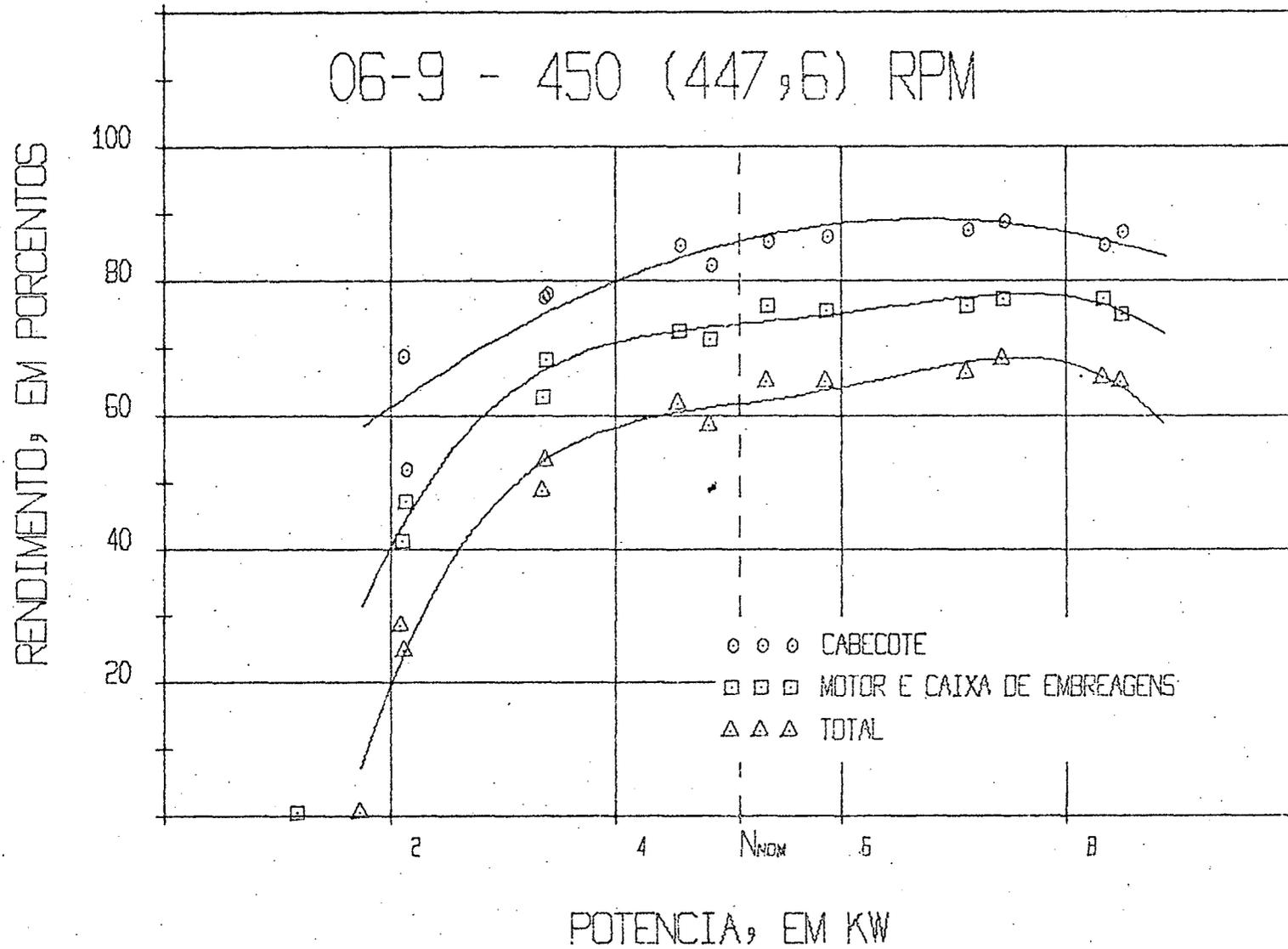


Figura 53 - Curvas de rendimento

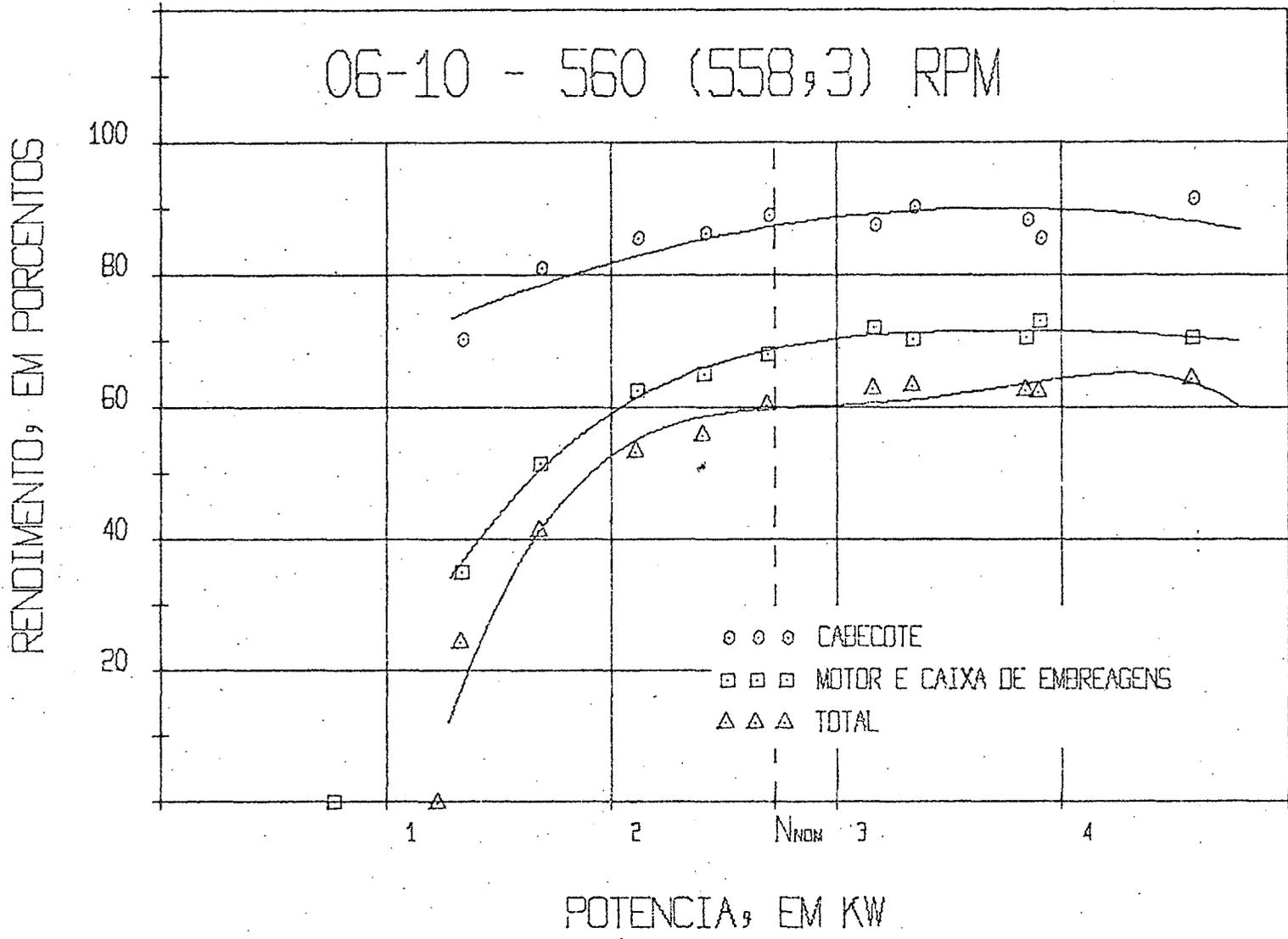


Figura 54 - Curvas de rendimento

RENDIMENTO, EM PORCENTOS

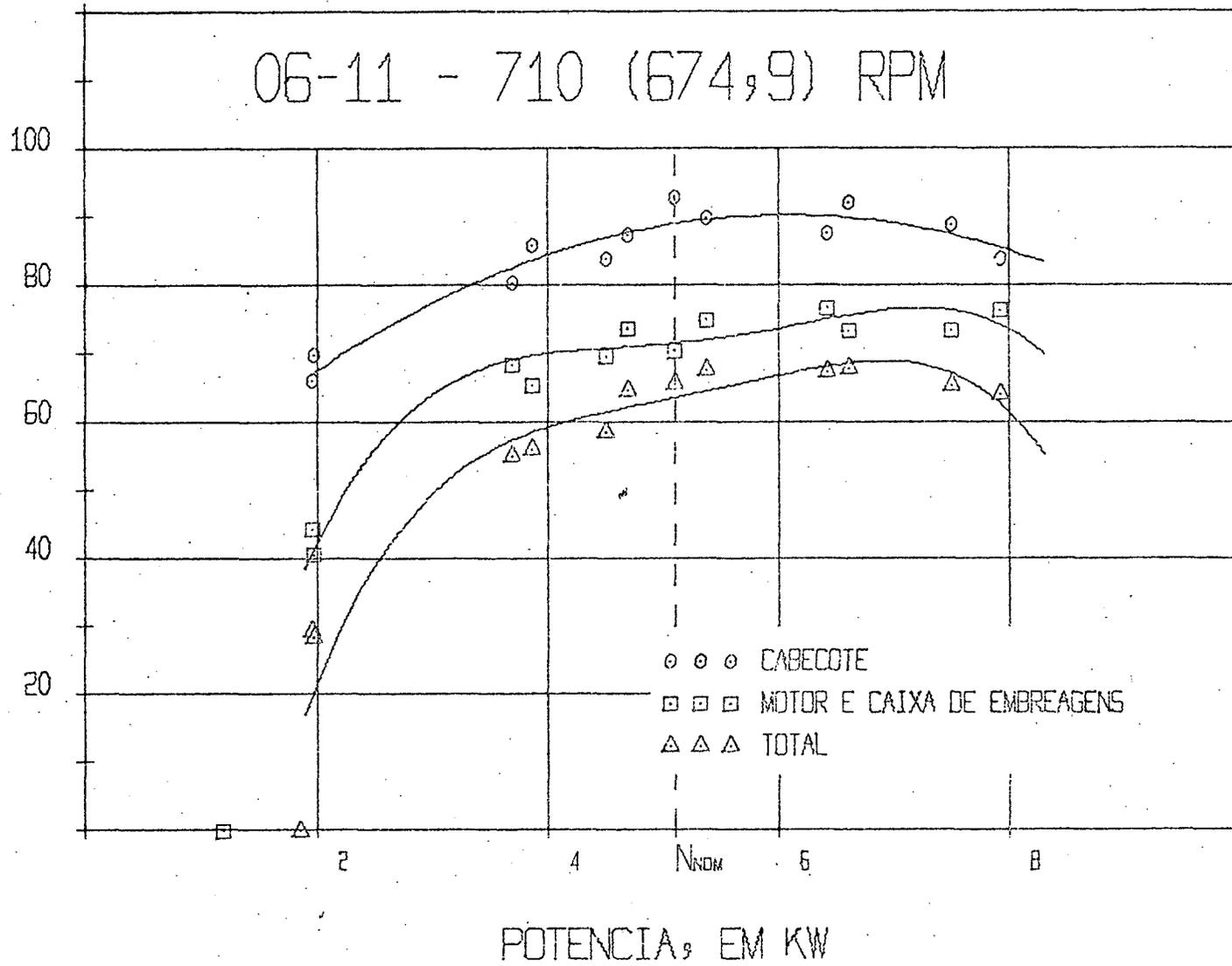


Figura 55 - Curvas do rendimento

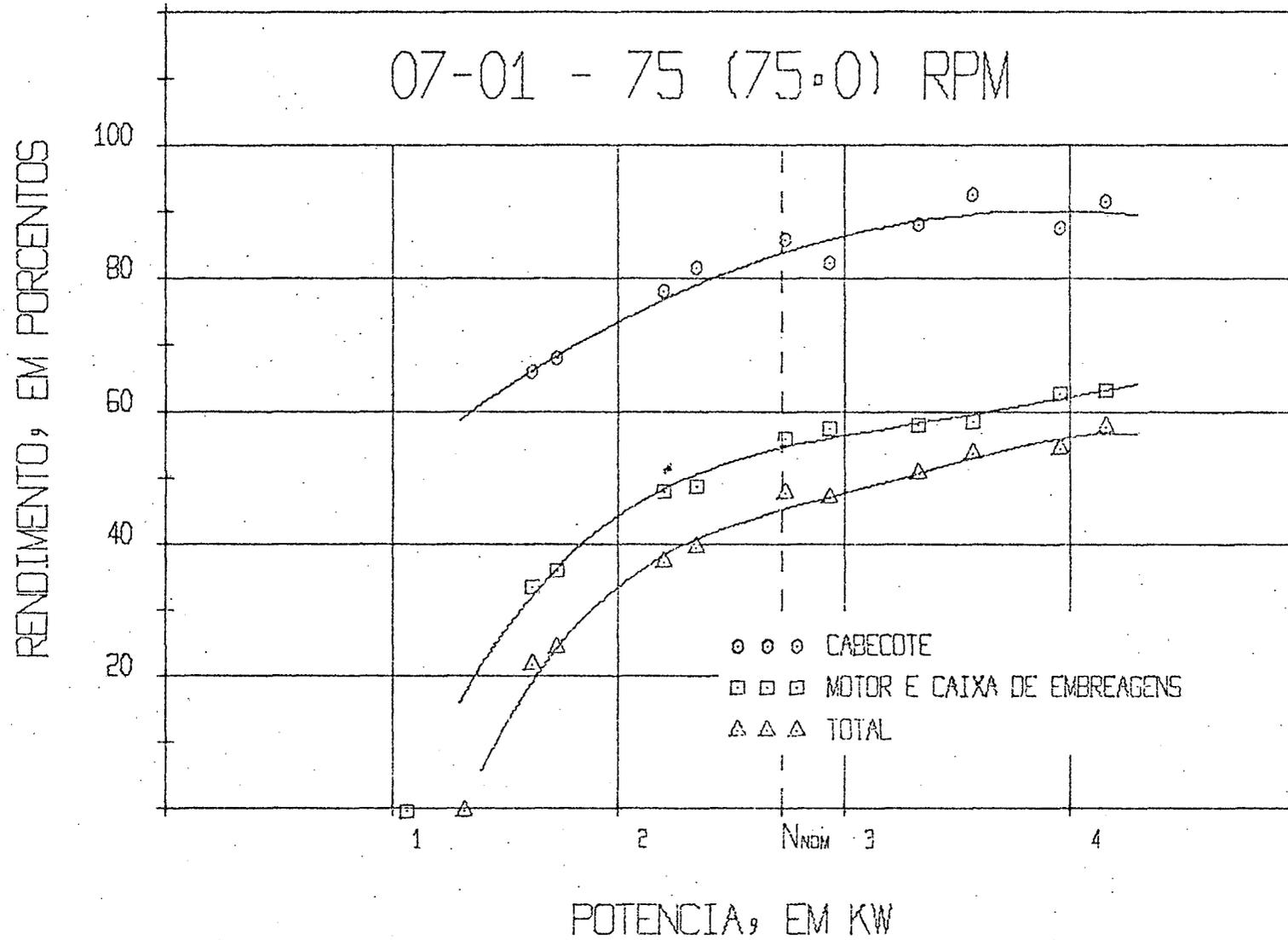


Figura 56 - Curvas de rendimento

RENDIMENTO: EM PORCENTOS

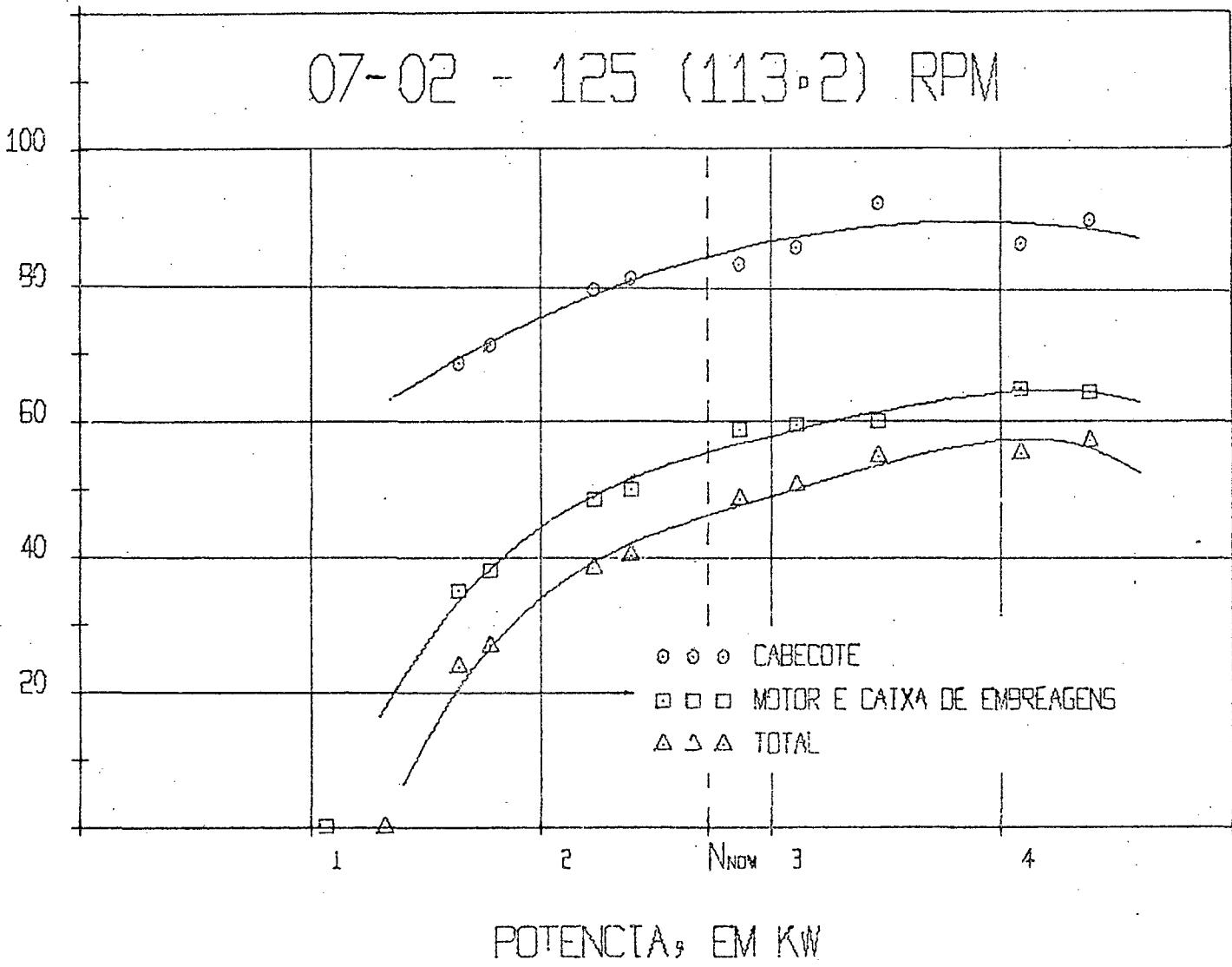


Figura 57 - Curvas de rendimento

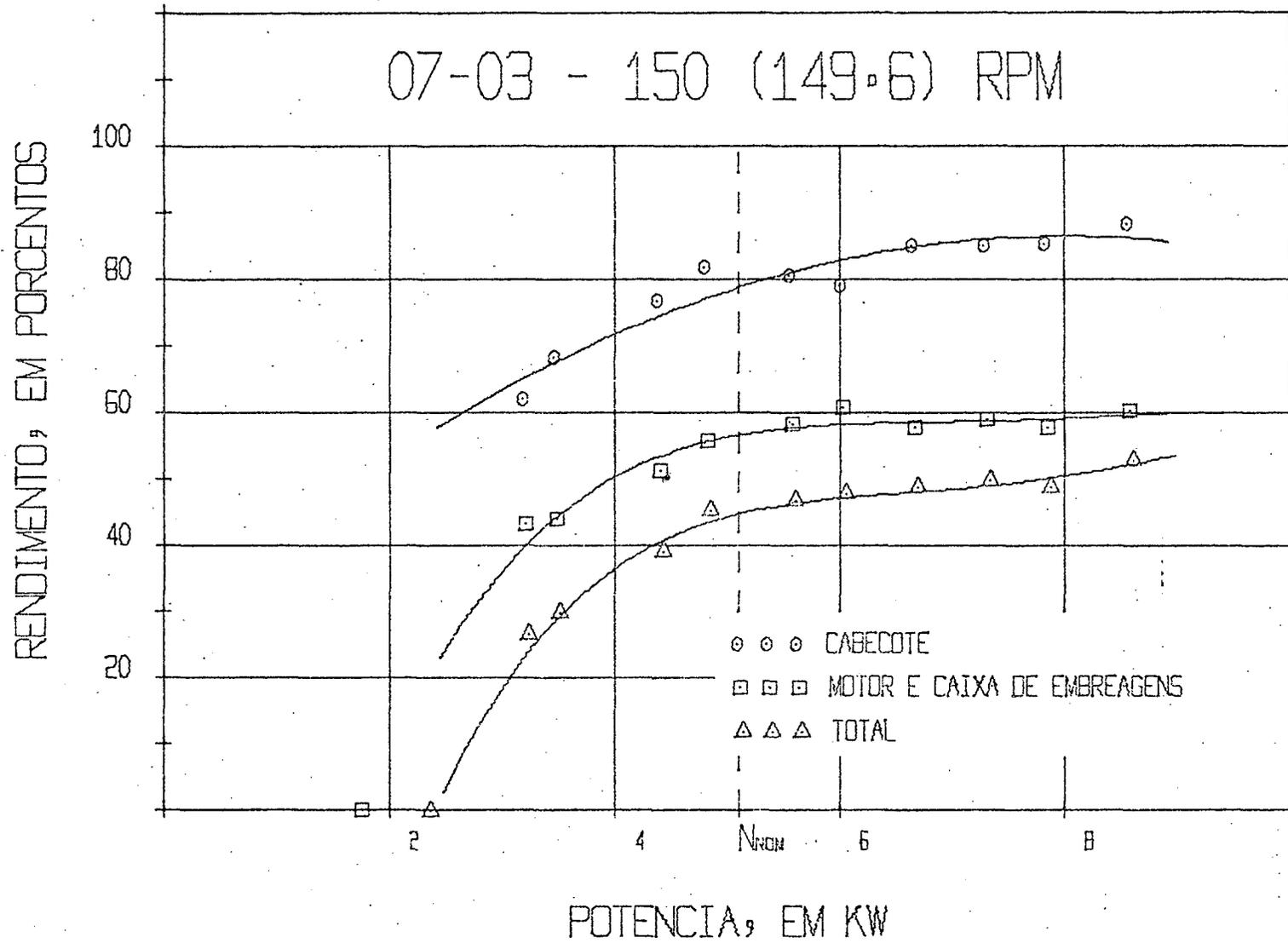


Figura 58 - Curvas de rendimento

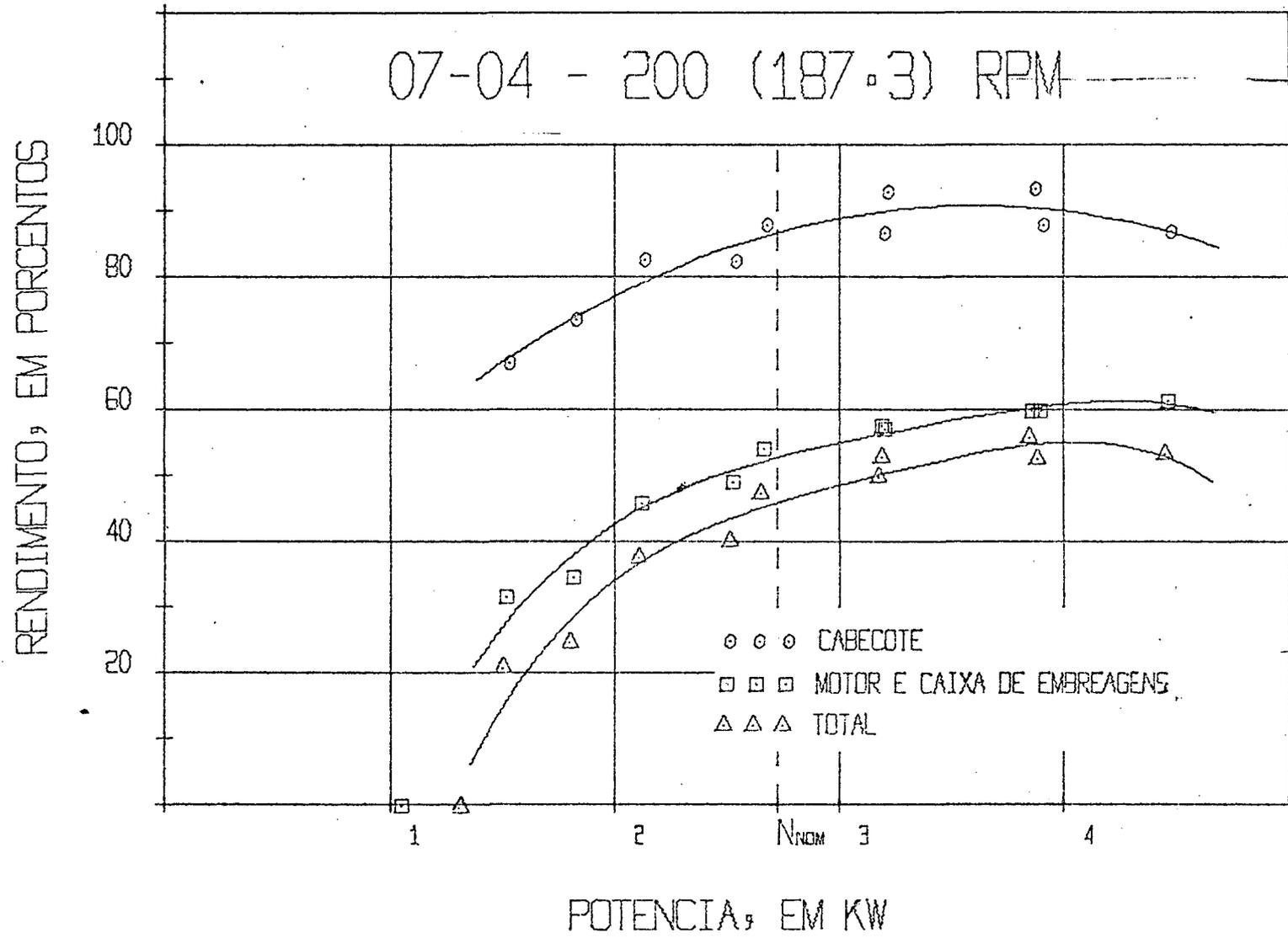


Figura 59 - Curvas de rendimento

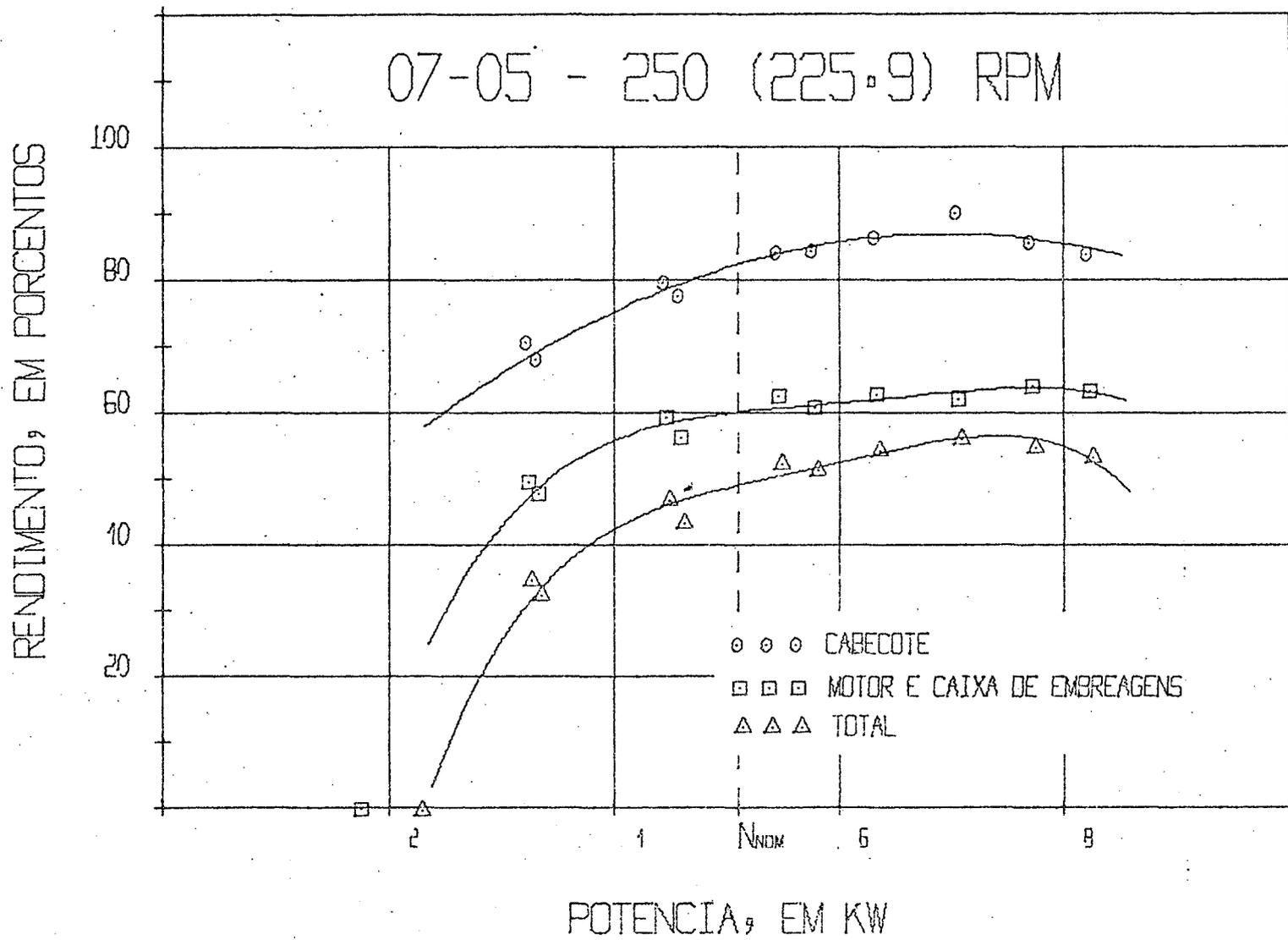


Figura 60 - Curvas de rendimento

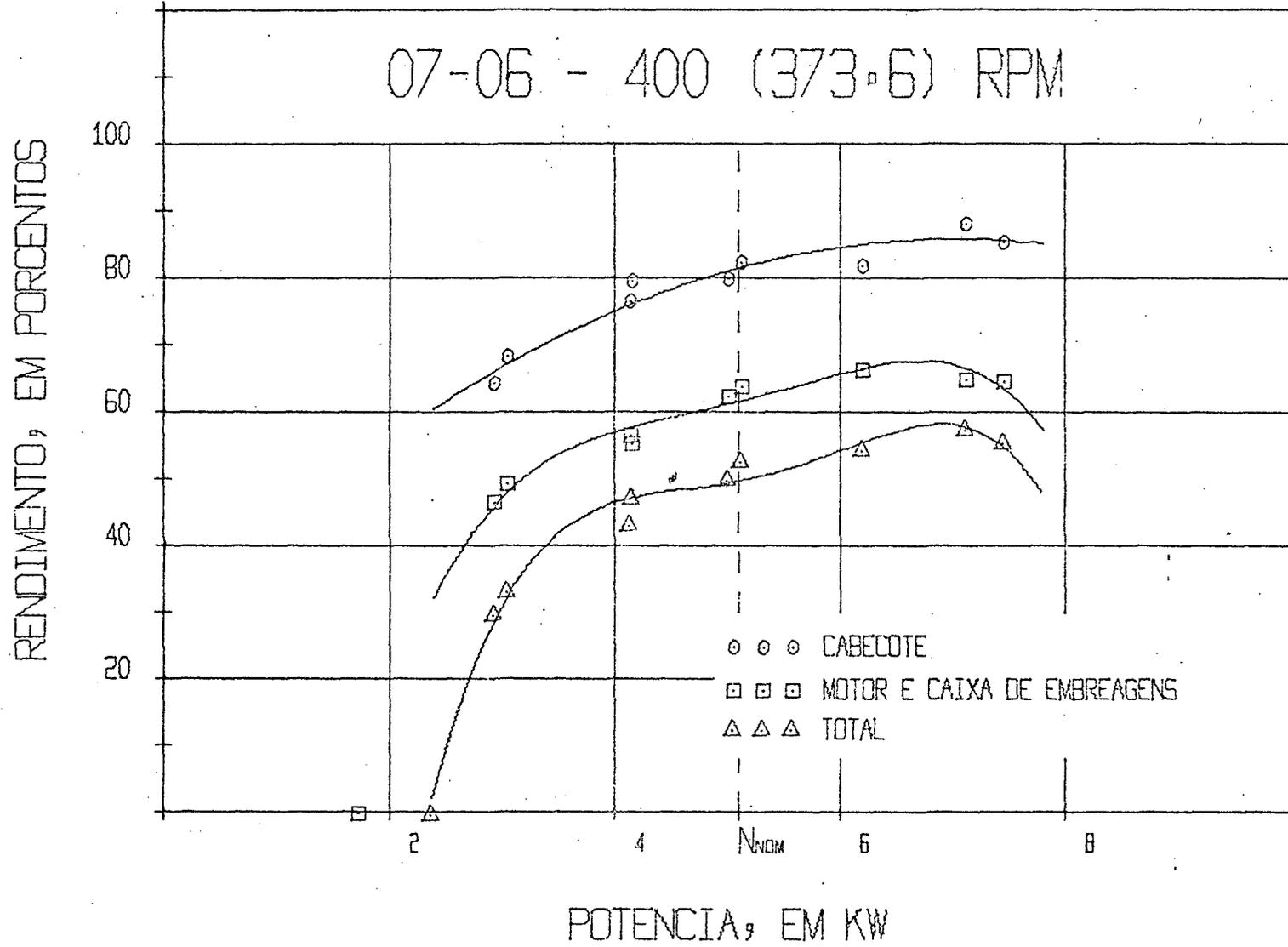


Figura 61 - Curvas de rendimento

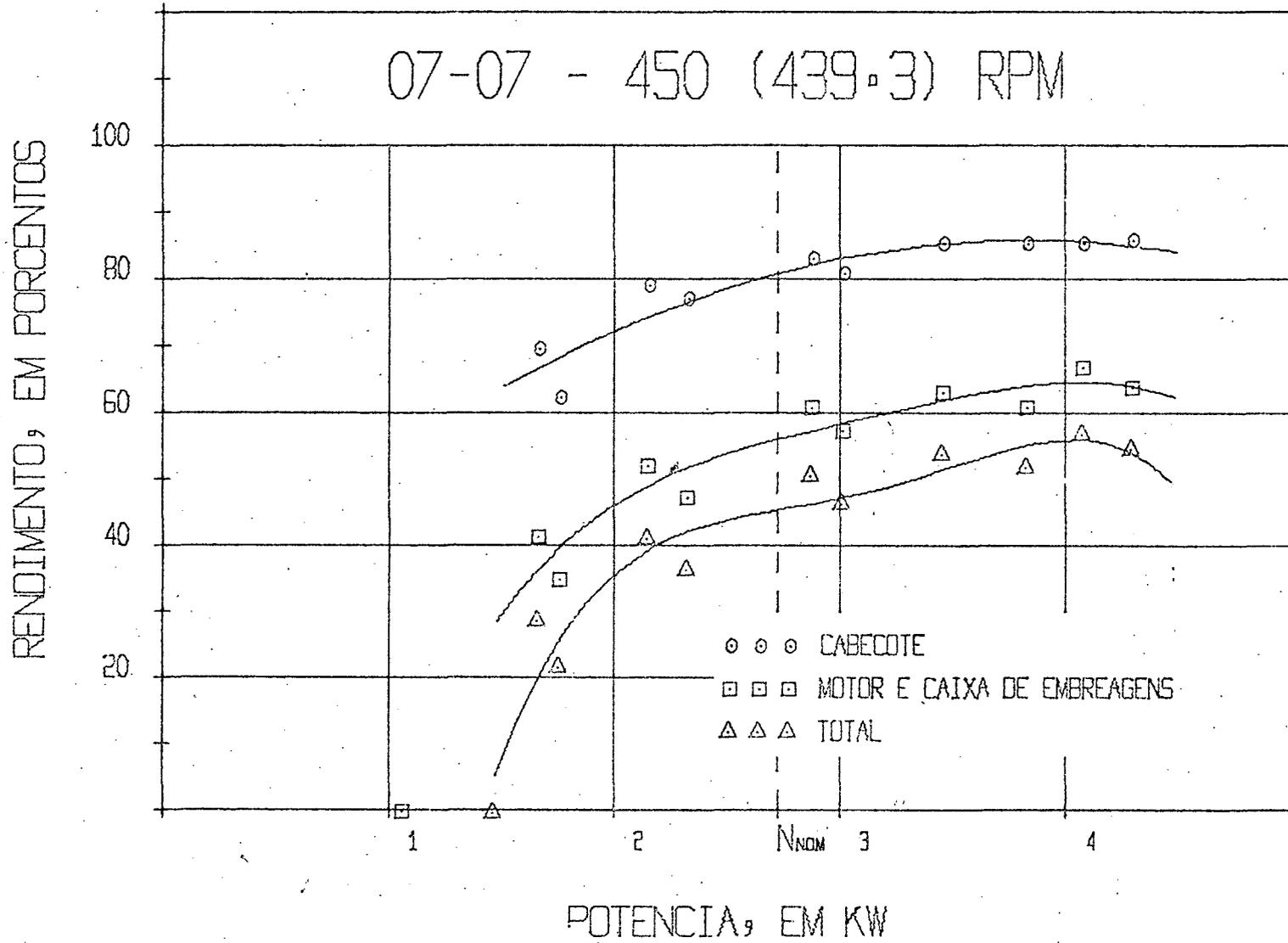


Figura 62 - Curvas de rendimento

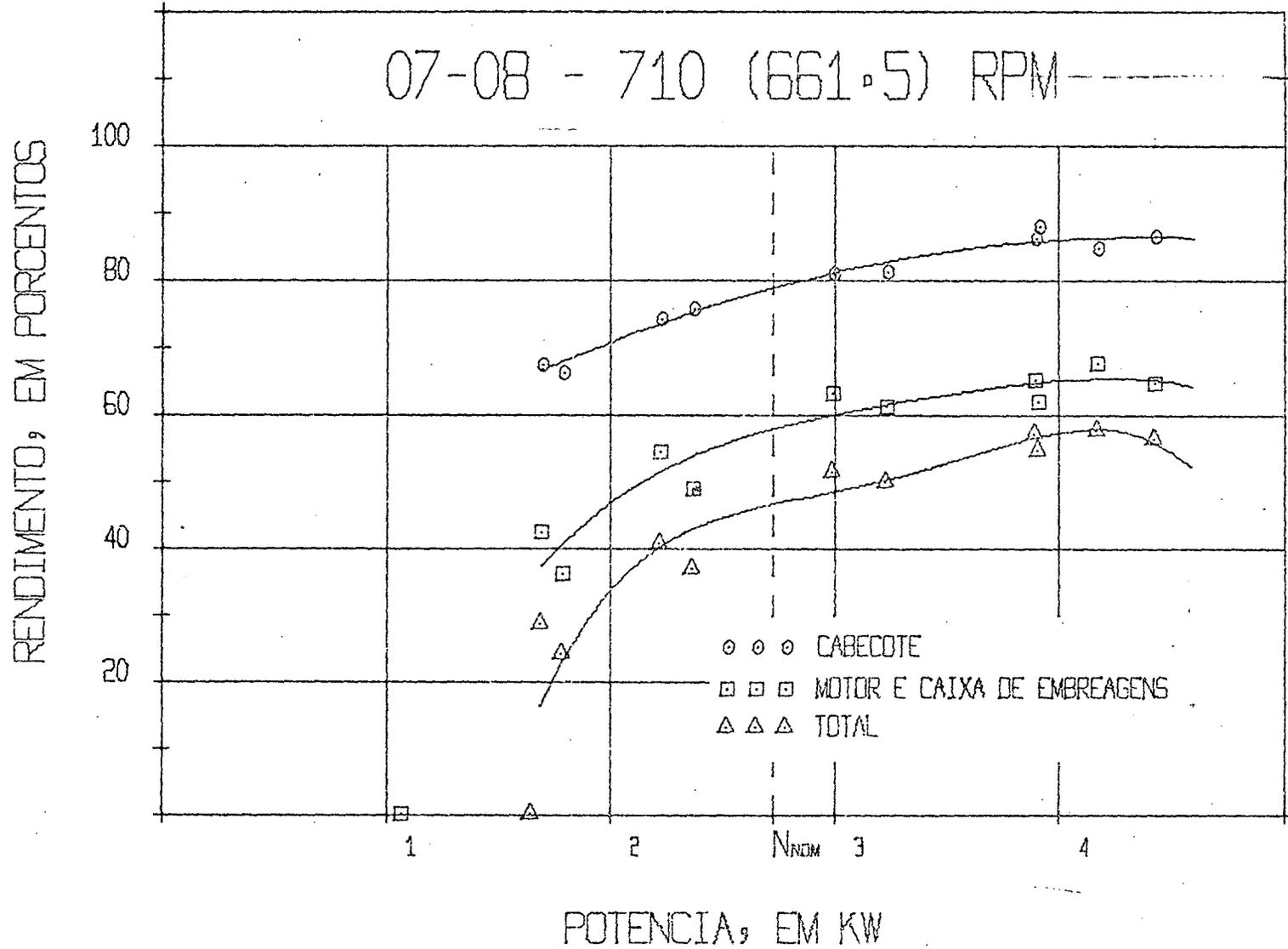


Figura 63 - Curvas de rendimento

RENDIMENTO, EM PORCENTOS

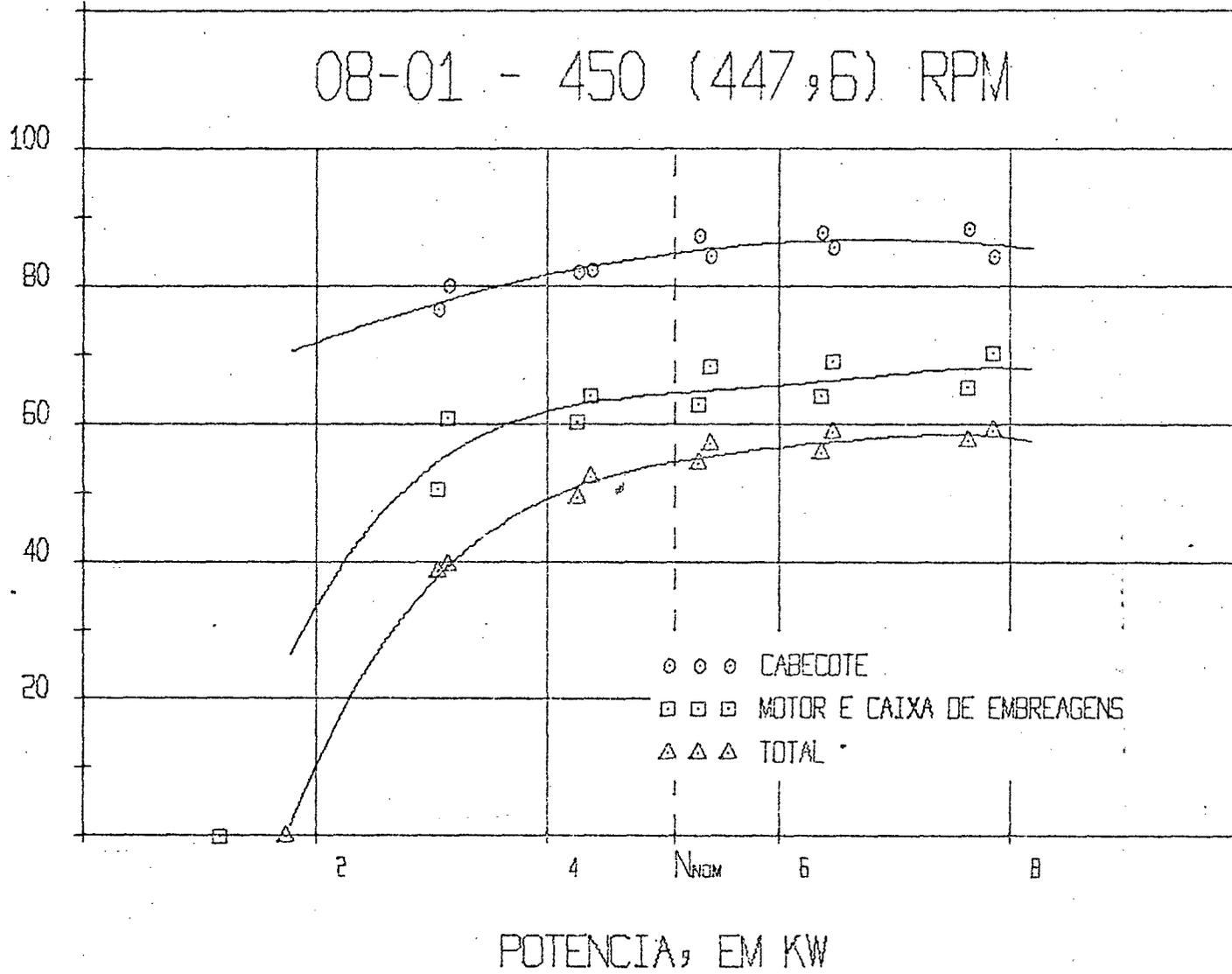


Figura 64 - Curvas de rendimento

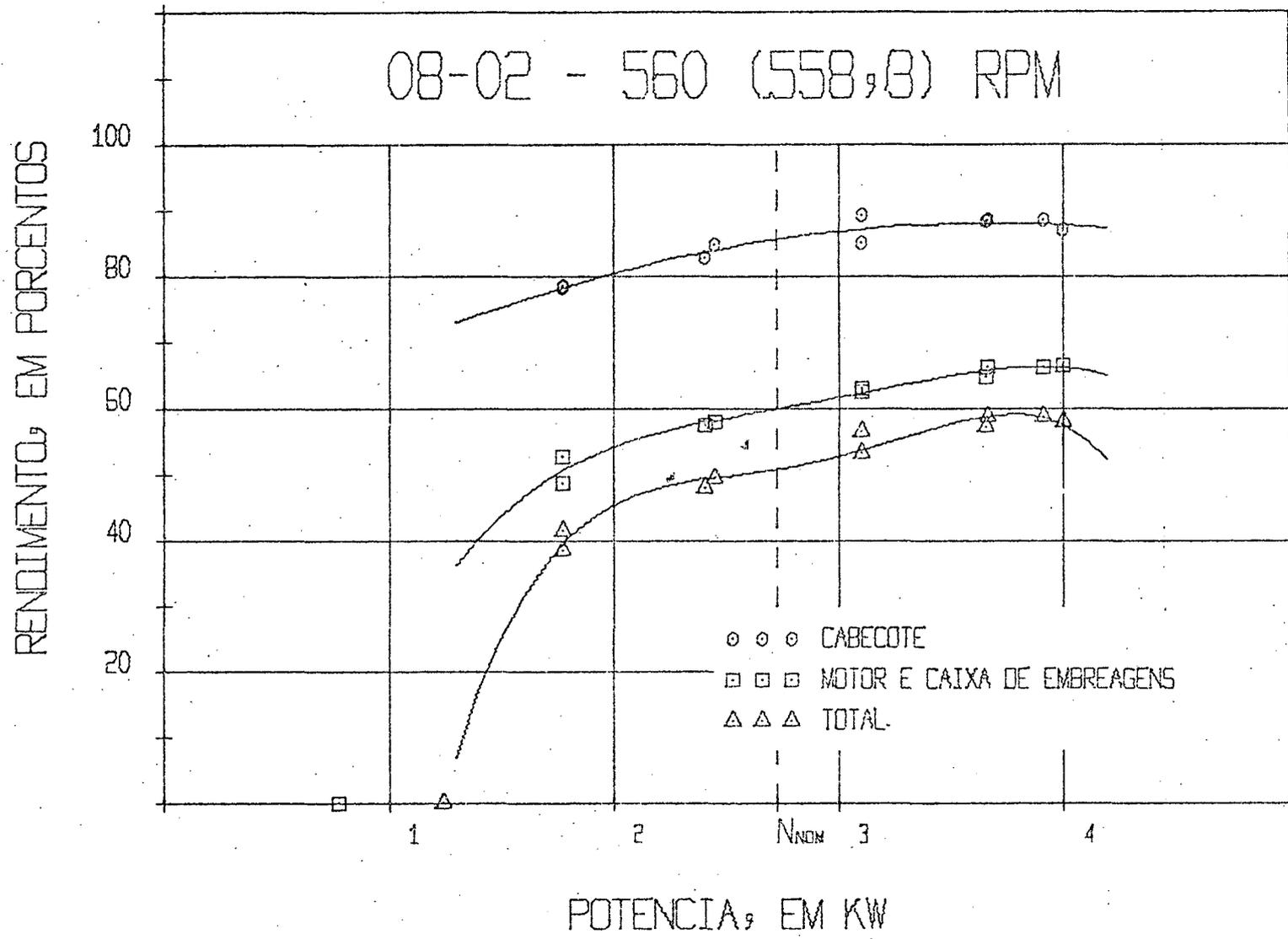


Figura 65 - Curvas de rendimento

RENDIMENTO, EM PORCENTOS

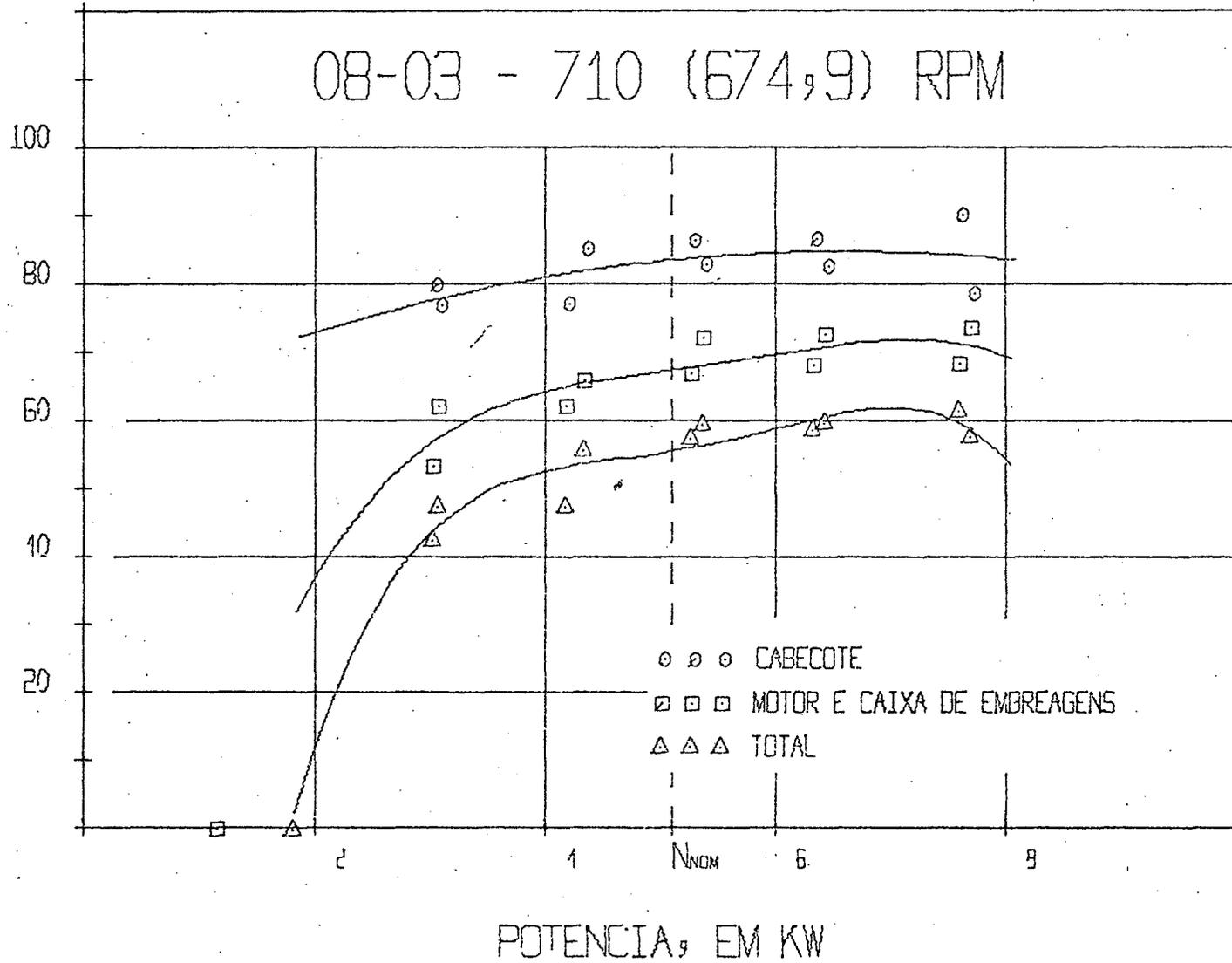


Figura 66 - Curvas de rendimento

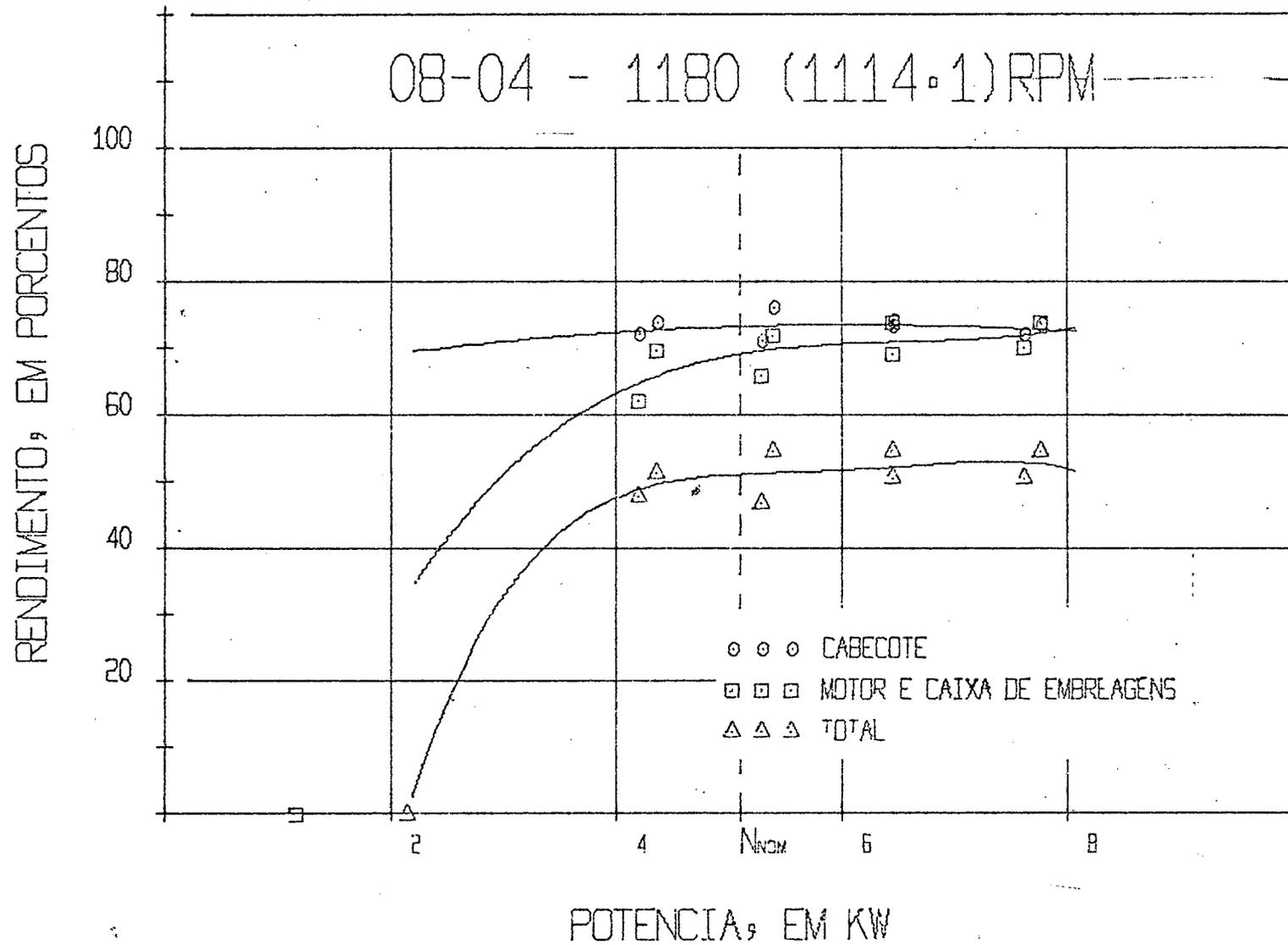


Figura 67 - Curvas de rendimento

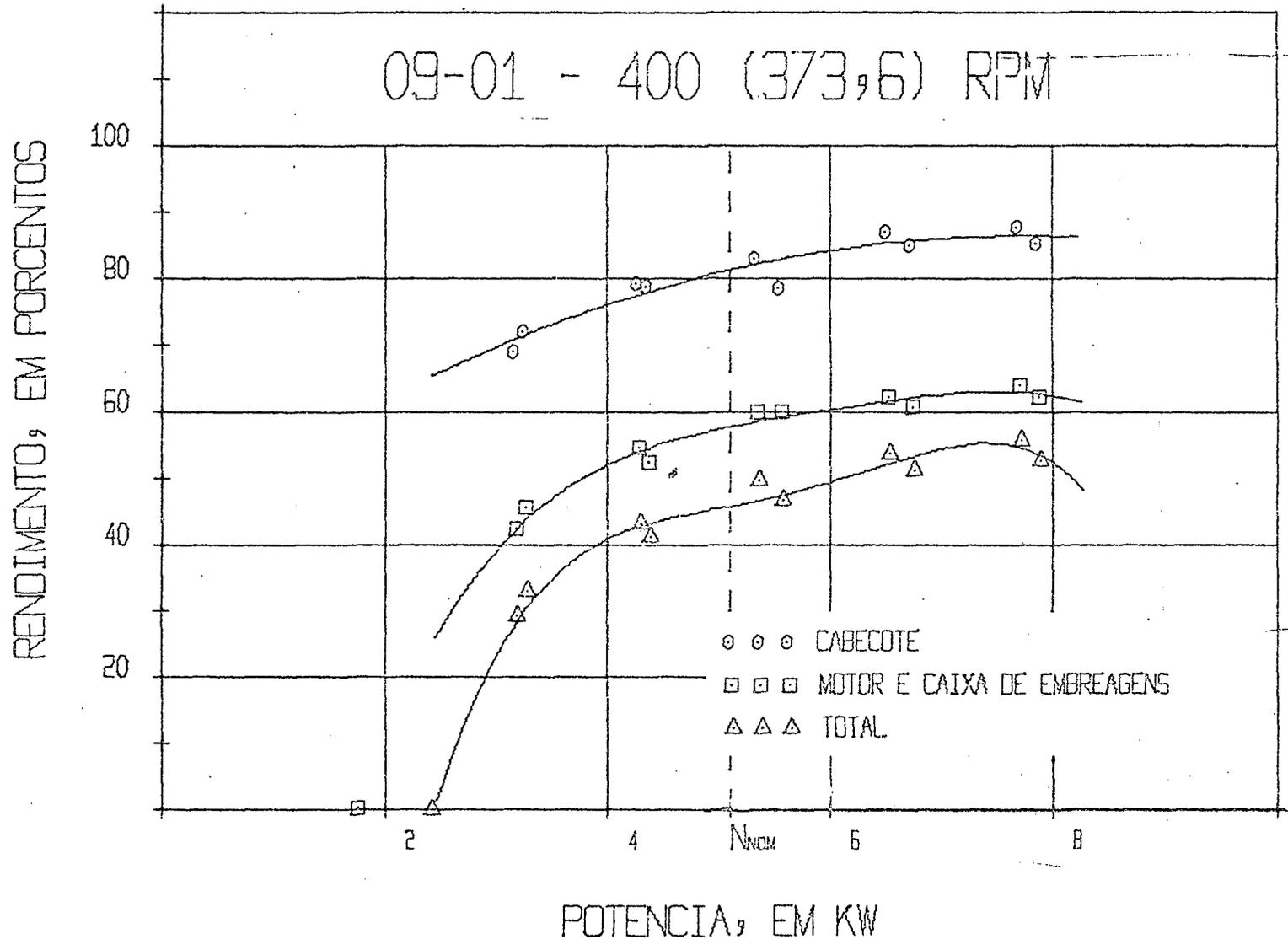


Figura 68 - Curvas de rendimento

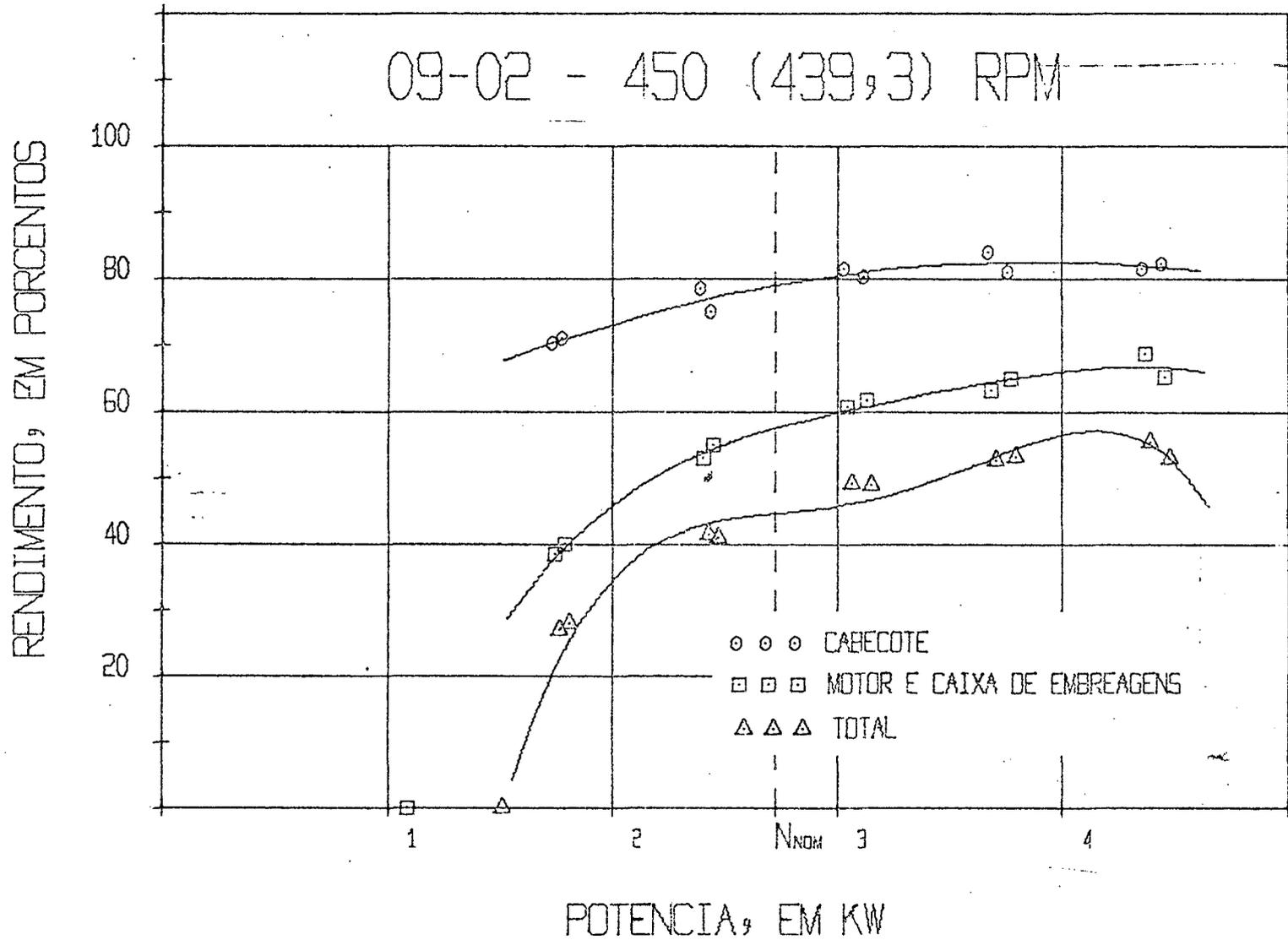


Figura 69 - Curvas de rendimento

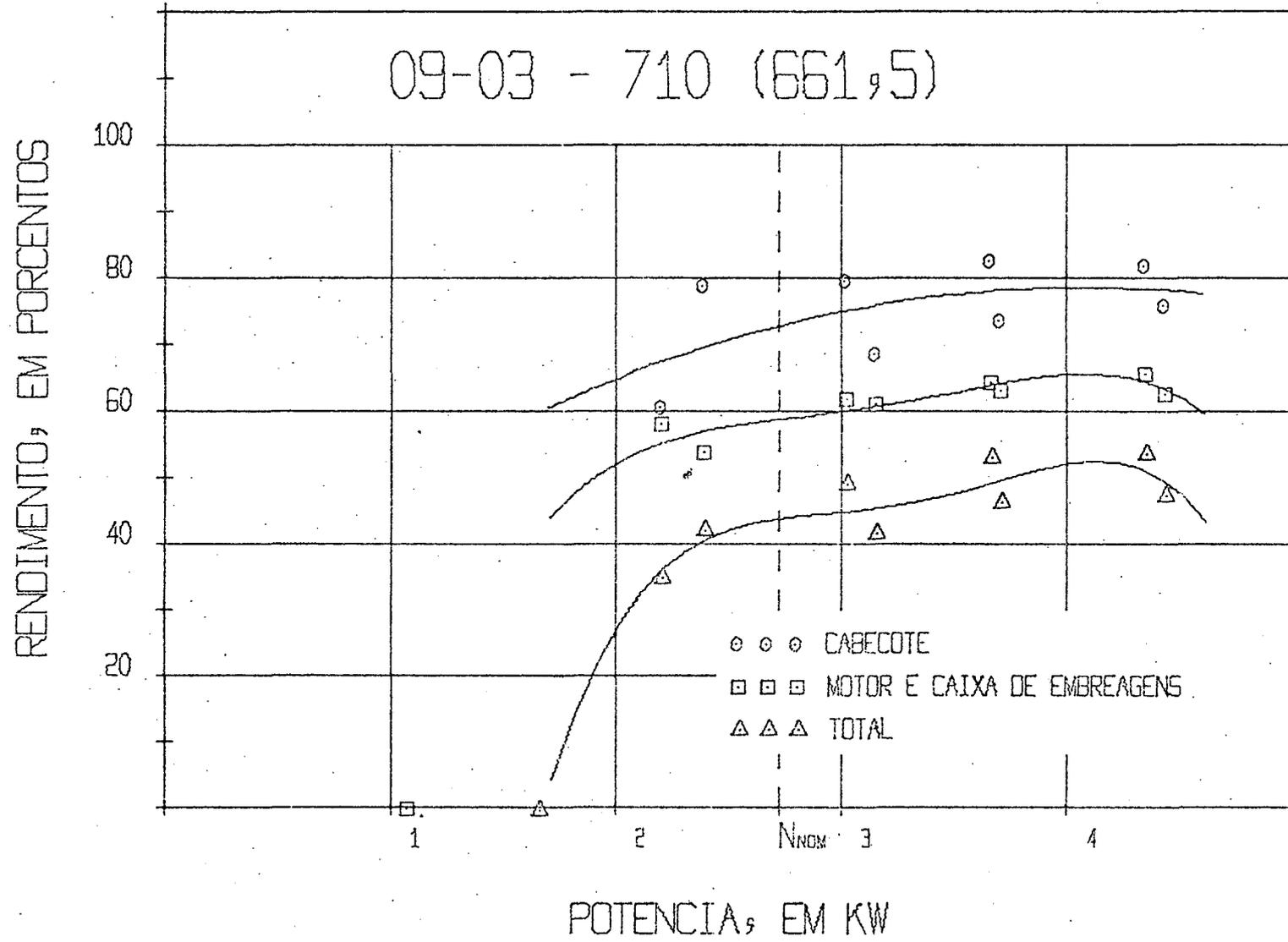


Figura 70 - Curvas de rendimento

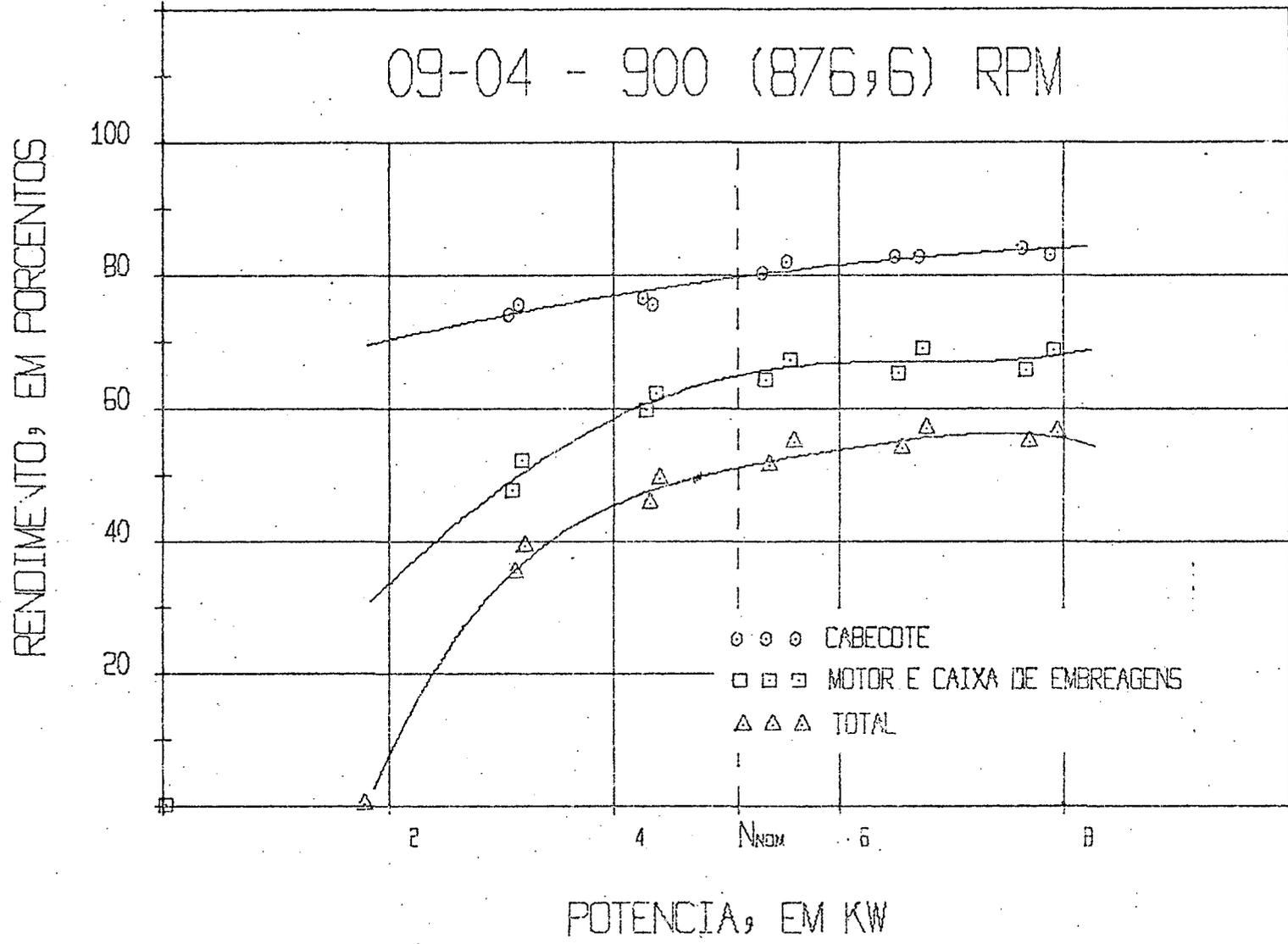


Figure 71 - Curvas de rendimento

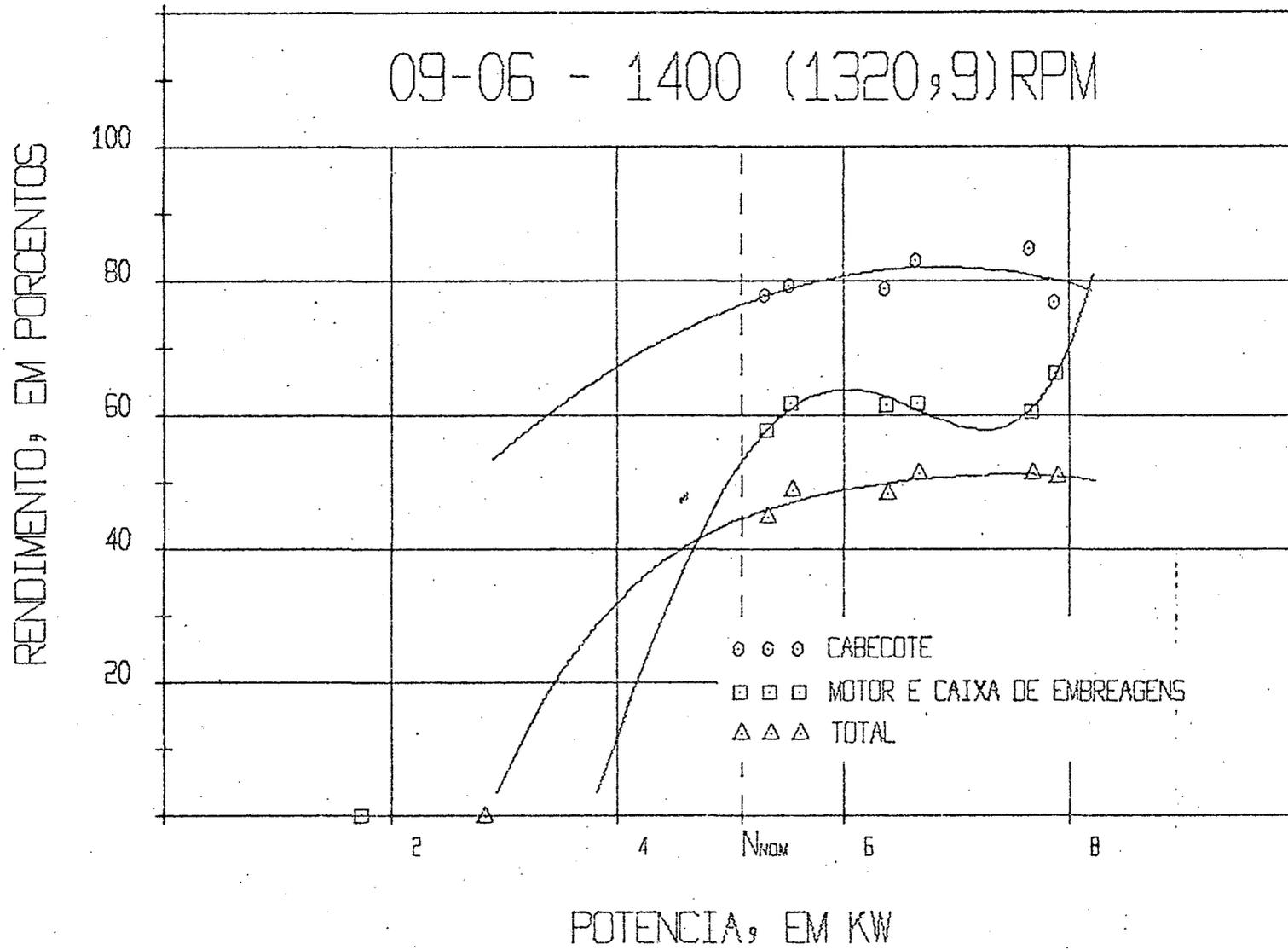


Figura 72 - Curvas de rendimento

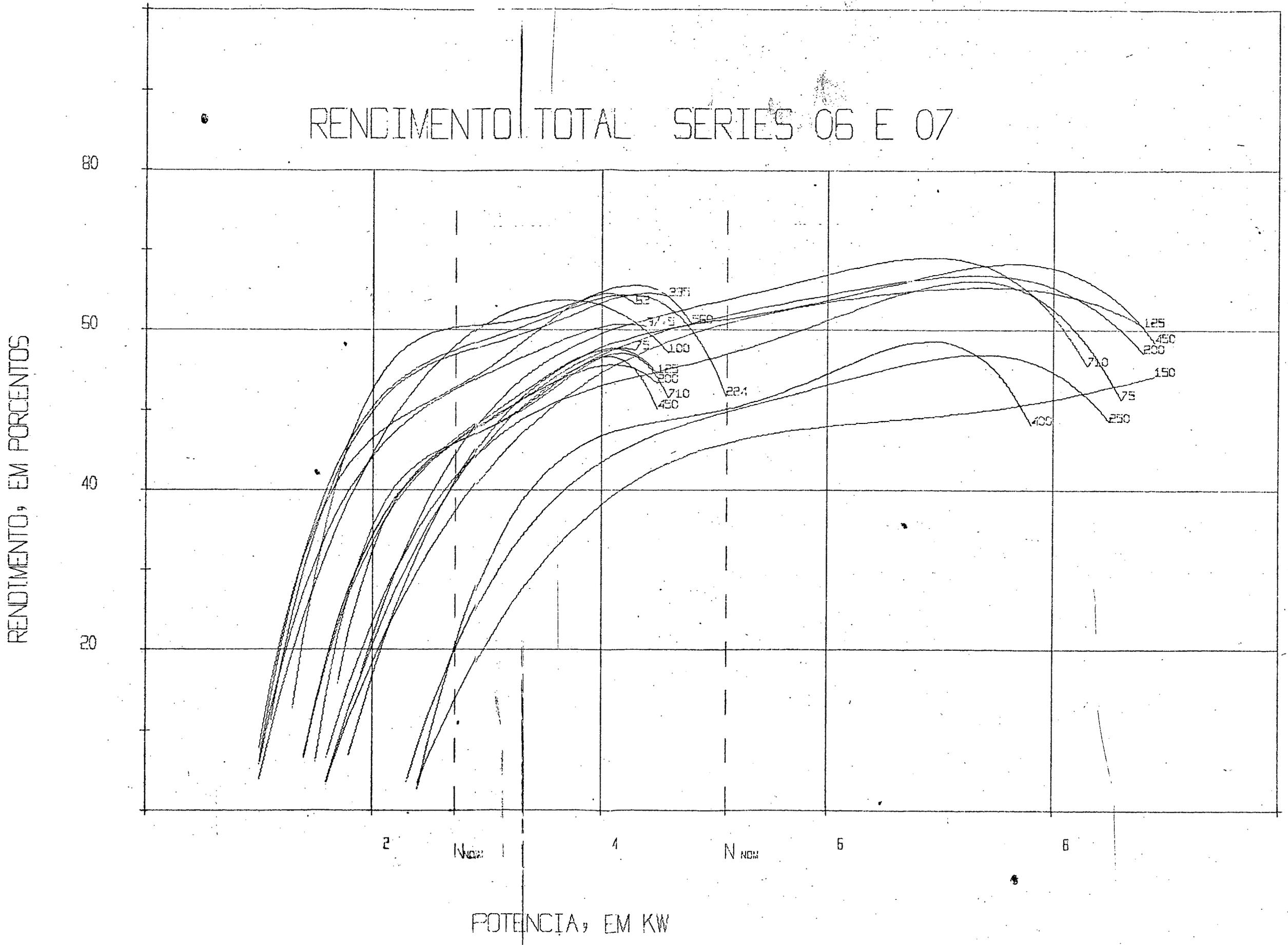


Figura 73 - Diagrama de rendimentos 1

RENDIMENTO, EM PORCENTOS

RENDIMENTO MOTOR E CAIXA DE EMBREAGENS 06 E 07

80

60

40

20

2 4 6 8
N_{nom} N_{nom} 6 8

POTENCIA, EM KW

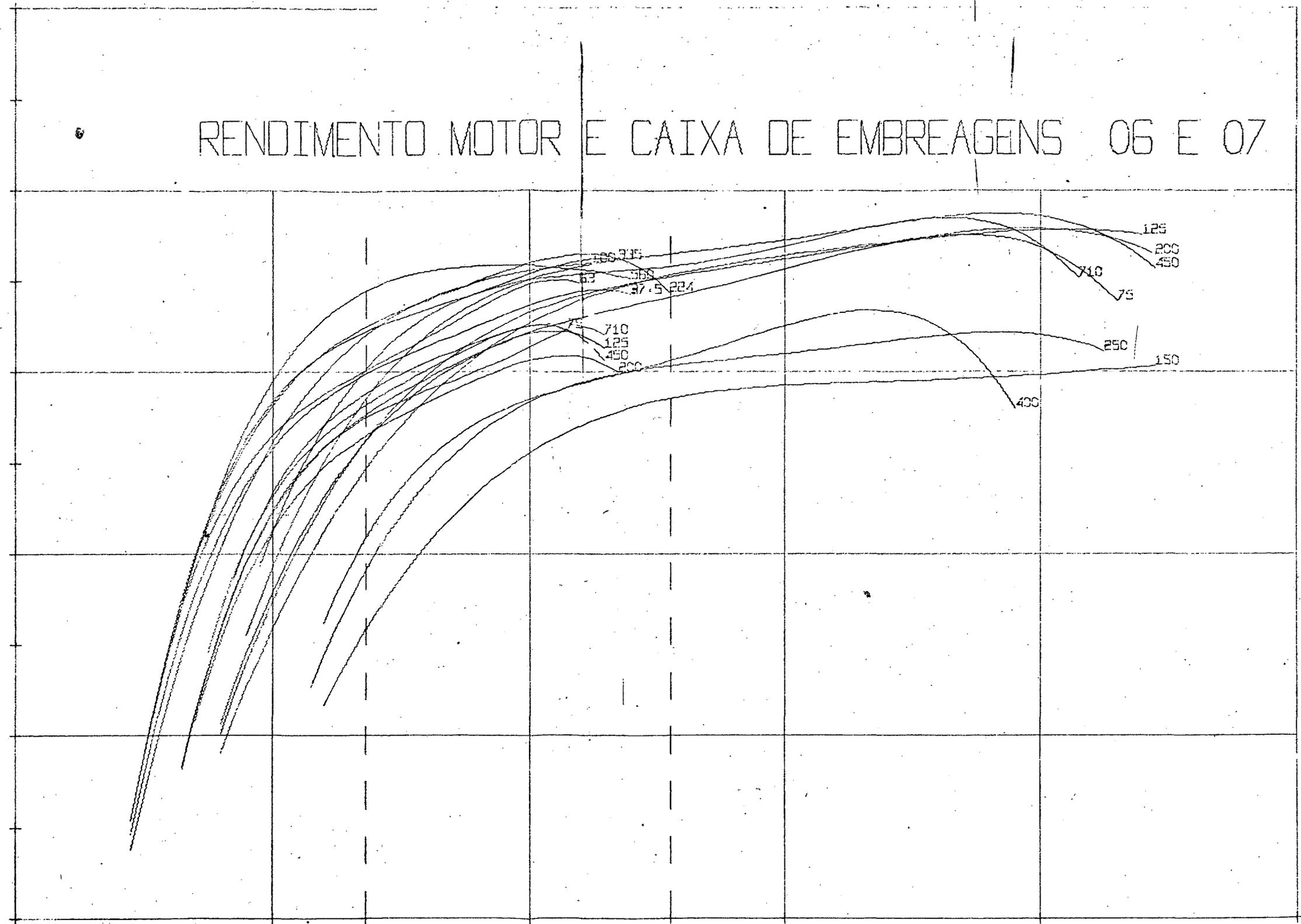
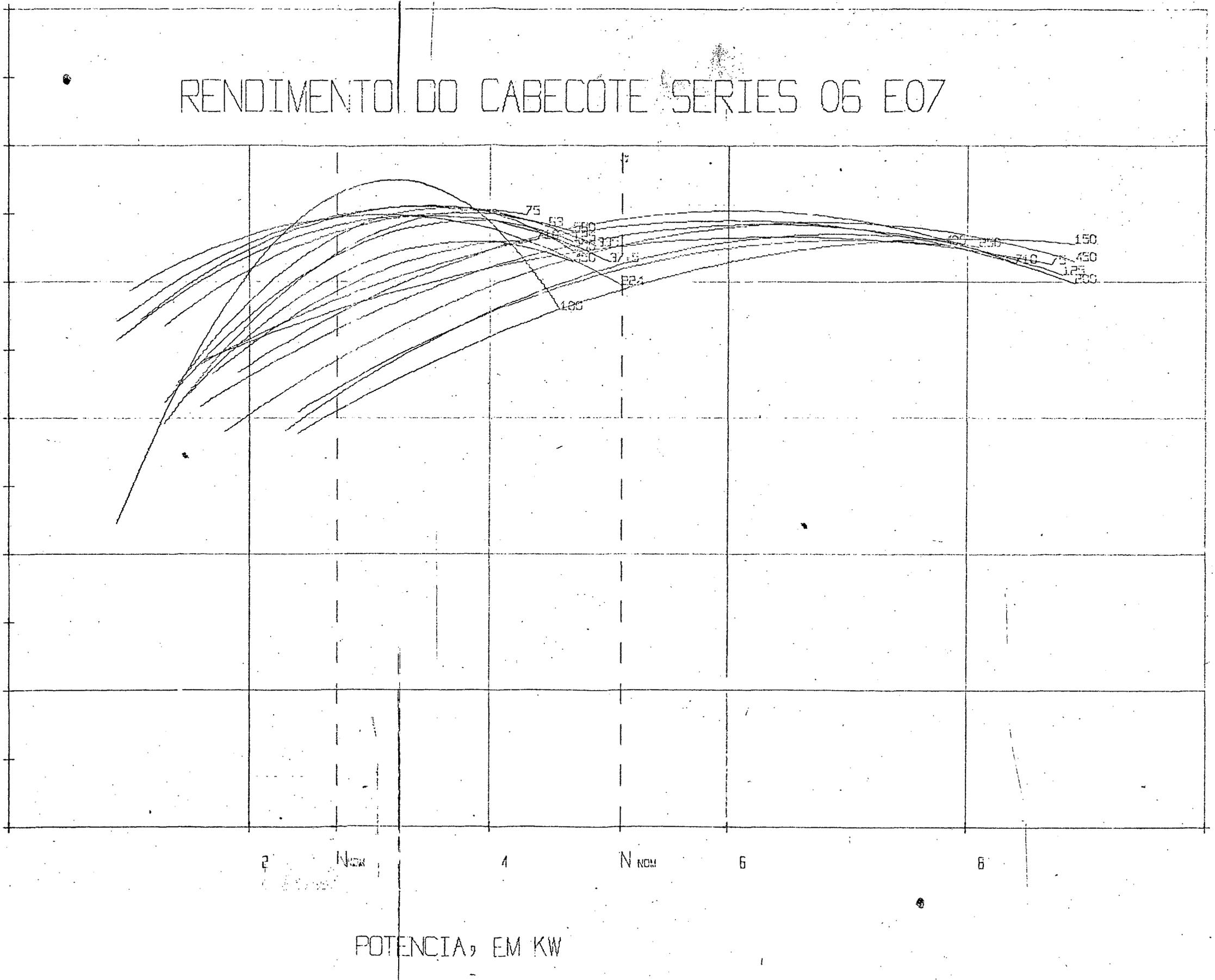


Figura 74 - Diagrama de rendimentos 2

RENDIMENTO DO CABECOTE SERIES 06 E07

RENDIMENTO, EM PORCENTOS

100
80
60
40
20



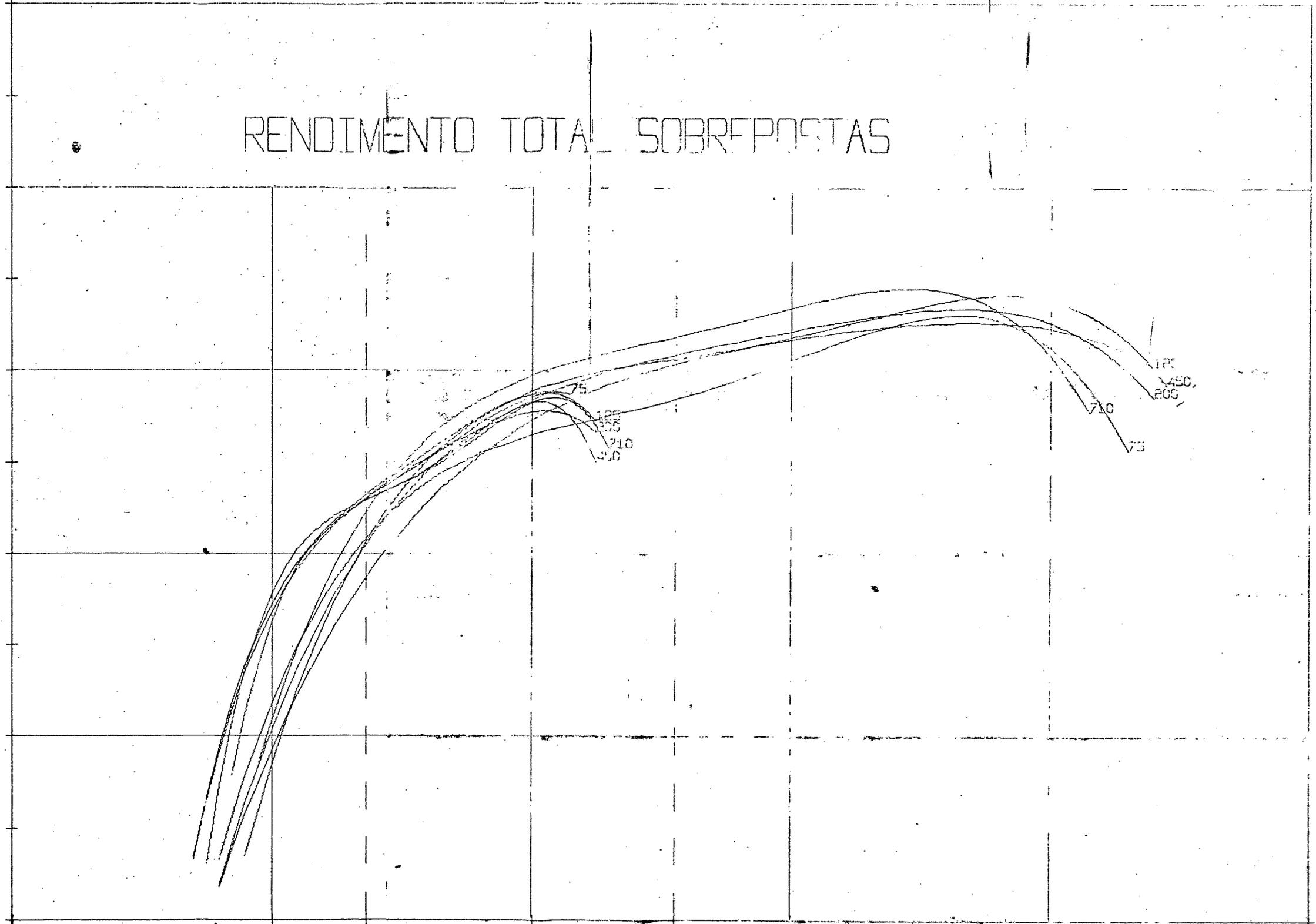
POTENCIA, EM KW

Figura 75 - Diagrama de rendimentos 3

RENDIMENTO, EM PORCENTOS

RENDIMENTO TOTAL SOBREPOTAS

80
60
40
20



POTENCIA, EM KW

Figura 76 - Diagrama de rendimentos 4

APÊNDICE E

Programas de Computador

E1 - Programas principais

E2 - Sub-rotinas

El - Programas principais

FRED T. KONIECZNIK

```
// JOB
// FOR
*IOCSICARD,1132PRINTER,PLOTTER,TYPEWRITER,KEYBOARD)
*EXTENDED PRECISION
*LIST SOURCE PROGRAM
*ONE WORD INTEGERS
C
C   FTK01
C   TRABALHO DE TESE
C   PROGRAMA DETERMINACAO E TRACADO DE CURVAS
C   DE AFERICAO
C
C   PROGRAMADOR - FRED TEODORO KONIECZNIK
C
C   ARGUMENTOS
C   M-NUMERO DE PONTOS DA CURVA
C   N-NUMERO DE LEITURAS PARA CADA PONTO
C   NN-GRAU DO POLINOMIO
C   T-COEFICIENTE DE STUDENT
C   AK-FATOR DE ESCALA (GERAL)
C   DA-DATA
C   TE-TEMPERATURA
C   HU-HUMIDADE
C   TIT-TITULO DO GRAFICO
C   T1-IDENTIFICACAO DOS EIXOS
C   T2-IDENTIFICACAO DA EQUACAO
C   MX1-INTERVALO MINIMO DE GRADUACAO-EIXO X
C   MX2-DIMENSAO MAXIMA DO EIXO X EM UNIDADES DO USUARIO
C   MY1-INTERVALO MINIMO DE GRADUACAO-EIXO Y
C   MY2-DIMENSAO MAXIMA DO EIXO Y EM UNIDADES DO USUARIO
C   ESC-ESCALA DO APARELHO DE MEDIDA PARA CADA PONTO
C   X-VALORES DA VARIABEL INDEPENDENTE (ATE 50)
C   Y-VALORES DA VARIABEL DEPENDENTE (ATE 50)
C
C   NECESSITA SUBROTINAS MEDES, APOL, ESCAL, QUAD E GRAF1
```

```

C
  DIMENSION X(15, 20), XLEIT(15), Y(15), C(5), D(200), TIT(20), ESC(15), PO
1(25), T1(16), T2(16), CON(3)
  DO 10 K=1,1
C
  ENTRADA DE DADOS
  READ(2,100) M,N,NN,T,AK,DT,TE,HU
  READ(2,105) (PO(I),I=1,25)
  READ(2,110) (TIT(I),I=1,16)
  READ(2,110) (T1(I),I=1,16)
  READ(2,110) (T2(I),I=1,16)
  READ(2,112) MX1,MX2,MY1,MY2
  DO 12 I=1,M
12 READ(2,120) ESC(I),Y(I),(X(I,J),J=1,N)
  READ(2,125)
  WRITE(3,115) (TIT(I),I=1,8)
  WRITE(3,117) DT,TE,HU
  WRITE(3,300) TIT(12),TIT(13)
  WRITE(3,400)((I,X(I,J),X(I,J+1),X(I,J+2),X(I,J+3),X(I,J+4),I=1,M),
1J=1,N,5)
C REDUCAO PARA A MESMA ESCALA
  DO 20 J=1,N
  DO 20 I=1,M
  X(I,J)=ESC(I)*AK*X(I,J)
20 CONTINUE
  WRITE(3,500)
  WRITE(3,400)((I,X(I,J),X(I,J+1),X(I,J+2),X(I,J+3),X(I,J+4),I=1,M),
1J=1,N,5)
C CALCULO DO DESVIO PADRAO E MEDIA DAS LEITURAS
  WRITE(3,350)
  DO 30 L=1,M
  DO 40 J=1,N
  D(J)=X(L,J)
40 CONTINUE
  CALL MEDES(M,N,D,SOM1,SOM2,AMED,DESV)
  ERRO=T*DESV
  ERPR=ERRO/AMED

```

```

XLEIT(L)=AMED
WRITE(3,600)L,TIT(11),TIT(14),TIT(15),Y(L),TIT(16)
WRITE(3,700) (PO(I),I=1,3),DESV,(PO(I),I=1,22),AMED,(PO(I),I=1,16)
1,ERRO,(PO(I),I=1,14),ERPR
30 CONTINUE
C APLICACAO DO METODO DOS MINIMOS QUADRADOS
CALL APOL(XLEIT,Y,NN,M,C)
WRITE(3,800) C(1),C(2),TIT(14),TIT(15)
C TRACADO DO GRAFICO
CALL ESCAL(MX1,MX2,MY1,MY2,6.,4.,T1)
CALL QUAD(MX1,MX2,MY1,MY2)
CON(1)=DT
CON(2)=TE
CON(3)=HU
CALL GRAF1(M,XLEIT,Y,C,MX2,MY1,MY2,0.,T2,TIT,CON)
10 CONTINUE
C
FORMATOS
100 FORMAT(3I10,2F10.4,3A6)
105 FORMAT(25A1)
110 FORMAT(16A5)
112 FORMAT(4I5)
115 FORMAT(1H1,//////////,16X,8A5)
117 FORMAT(///,' DATA-',A6,5X,' TEMP-',A6,5X,' HUMD-',A6)
120 FORMAT(7F10.3)
125 FORMAT(2H )
300 FORMAT( //,' PONTO',14X,' LEITURAS EM ',2A5,/)
350 FORMAT(///,'1', ' CONSIDERANDO-',/, ' ERRO BILATERAL DE'
1' 5 PORCENTO',/, ' LIMITE DE CONFIANCA DE 95 PORCENTO',///)
400 FORMAT(2X,I2,3X,5F10.1)
500 FORMAT(//,14X,' LEITURAS REDUZIDAS A MESMA ESCALA')
600 FORMAT(//,8X,' PONTO ',I2,' CORRESPONDE',3A5,' DE ',F7.1,' ',A5,/)
700 FORMAT(17X,' DESVIO PADRAO DA AMOSTRA',3A1,F7.2,/17X,' MEDIA',22A1,F
17.2,/17X,' ERRO PADRAO',16A1,F7.2,/17X,' ERRO RELATIVO',14A1,F7.2)
800 FORMAT(///,' EQUACAO DA RETA DE AFERICAÇÃO',//,1X,' LEITURA =',F10.4,
1' +',F8.4,2A5)
CALL EXIT
END

```

FRED T. KONIECZNIAK

```
// JOB
// FOR
*IOCS(CARD,1132PRINTER,PLOTTER)
*ONE WORD INTEGERS
*EXTENDED PRECISION
C
C   FTK02
C   PROGRAMA DETERMINACAO DO RENDIMENTO
C
C   PROGRAMADOR - FRED TEODORO KONIECZNIAK
C
C   ARGUMENTOS
C   M-NUMERO DE DADOS (ROTACOES)
C   MA-NUMERO DE PONTOS (CARGA)
C   N-NUMERO DE MEDIDAS EM CADA PONTO
C   T1,T2,T3,T4-TITULOS E CABECALHOS
C   Z-ROTACAO NOMINAL
C   ROC-ROTACAO DA ARVORE DO CABECOTE
C   ET-ESCALA DO TACOMETRO
C   EW-ESCALA DO WATIMETRO
C   EPP-ESCALA DA PONTE AMPLIFICADORA (TORQ I)
C   EPR-ESCALA DO REGISTRADOR
C   EAP-ESCALA DA PONTE AMPLIFICADORA (TORQ II OU III)
C   EAR-ESCALA DO REGISTRADOR
C   ROT-ROTACAO INTERMEDIARIA
C   WAT-POTENCIA DE ENTRADA
C   DPI-TORQUE I (LEIT. REGISTRADOR)
C   DAN-TORQUE II OU III (LEIT. REGISTRADOR)
C
C   NECESSITA SUBROTINA MEDES
C
C   DIMENSION  C(10),T1(16),T2(16),T3(16),T4(16),Z(20),ROC(
120,5),EW(5),EPP(5),EPR(5),EAP(5),EAR(5),ROT(20)
2,WAT(20),DPI(20),DAN(20),RO(20,5),WA(20,5),DP(20,5),
3DA(20,5),PENT(20,5),PINT(20,5),PSAI(20,5),REND1(20,5)
4,REND2(20,5),REND3(20,5)
```

C ENTRADA DE DADOS

```
READ(2,100) EN,DT,TE,HU—
READ(2,150) (C(I),I=1,10)
READ(2,200) M,MA,N
READ(2,300) (T1(I),I=1,16),(T2(I),I=1,16),(T3(I),I=1,
116),(T4(I),I=1,16)
DO 10 I=1,M
READ(2,400) Z(I)
READ(2,500) (ROC(I,J),ET,EW(J),EPP(J),EPR(J),EAP(J)
1,EAR(J),J=1,MA)
WRITE(3,550) (T2(K),K=1,10),(T3(K),K=1,10),Z(I),(T3(K)
1,K=11,14)
DO 20 J=1,MA
READ(2,600) (ROT(L),L=1,N),(WAT(L),L=1,N),(DPI(L),L=1,
1N),(DAN(L),L=1,N)
WRITE(3,700) (T1(K),K=1,4),ROC(I,J),T3(16),T1(5),T4(J)
1,T1(6),T1(7),T1(8),ET,EW(J),EPP(J),EPR(J),EAP(J),
2EAR(J)
WRITE(3,800) (ROT(L),WAT(L),DPI(L),DAN(L),L=1,N)
```

C CALCULO DA MEDIA DAS LEITURAS

```
CALL MEDES(M,N,ROT,SOM1,SOM2,AMA,DESV)
RO(I,J)=AMA
CALL MEDES(M,N,WAT,SOM1,SOM2,AMB,DESV)
WA(I,J)=AMB
CALL MEDES(M,N,DPI,SOM1,SOM2,AMC,DESV)
DP(I,J)=AMC
CALL MEDES(M,N,DAN,SOM1,SOM2,AMD,DESV)
DA(I,J)=AMD
WRITE(3,900) T1(9),T1(10),T1(1),T1(2),RO(I,J),WA(I,J),
1DP(I,J),DA(I,J)
```

C CORRECAO DA MEDIA DAS LEITURAS PELOS FATORES DE ESCALA

```
WA(I,J)=WA(I,J)*EW(J)
DP(I,J)=DP(I,J)*EPP(J)*EPR(J)
DA(I,J)=DA(I,J)*EAP(J)*EAR(J)
WRITE(3,900) (T1(K),K=11,14),RO(I,J),WA(I,J),DP(I,J),
1DA(I,J)
```

```

C   ENTREDA COM A MEDIA CORRIGIDA  NAS
C   EQUACOES DE AFERICAO
      WA(I,J)=C(1)+C(2)*WA(I,J)
      DP(I,J)=(DP(I,J)-C(3))/C(4)
      DA(I,J)=(DA(I,J)-C(5))/C(6)
      IF(ET-4.) 21,21,22
21  RO(I,J)=(RO(I,J)-C(7))/C(8)
      GO TO 23
22  RO(I,J)=(RO(I,J)-C(9))/C(10)
23  CONTINUE
C   CALCULO DA POTENCIA EM KW
      PENT(I,J)=.001*WA(I,J)
      PINT(I,J)=.000010269*DP(I,J)*RO(I,J)
      PSAI(I,J)=.000010269*DA(I,J)*RO(I,J)
C   DETERMINACAO DO RENDIMENTO
      REND1(I,J)=100.*PINT(I,J)/PENT(I,J)
      REND2(I,J)=100.*PSAI(I,J)/PINT(I,J)
      REND3(I,J)=100.*PSAI(I,J)/PENT(I,J)
20  CONTINUE
C SAIDA DOS RESULTADOS
      WRITE(3,1000) T2(1),T2(2),T3(1),T3(2),Z(I),T1(5),T1(6),
1(T4(K),K=1,4),T2(1),T2(2),T1(3),T1(4),(ROC(I,J),J=1,4)
2,T3(16),T2(1),T2(2),T3(3),T3(4),(RO(I,J),J=1,4),
3T3(16),T2(5),T2(6),T1(15),T1(16),(WA(I,J),J=1,4),
4T4(16),(T2(K),K=9,12),(DP(I,J),J=1,4),T2(15),T2(7),
5T2(8),T2(13),T2(14),(DA(I,J),J=1,4),T2(15)
10  CONTINUE
      WRITE(3,1100) T2(5),T2(6)
      DO 30 I=1,M
      WRITE(3,1200) T2(1),T2(2),T3(1),T3(2),Z(I),T1(5),T1(
115),T1(16),T2(11),T2(12),T2(13),T1( 6),T3(15),T3(15),T3(15),
      WRITE(3,1300) (T4(J),PENT(I,J),PINT(I,J),PSAI(I,J),J=1,
1MA)
30  CONTINUE
      WRITE(3,1400) T4(14),T4(15)
      WRITE(3,1450) EN,DT,TE,HU

```

```

DO 40 I=1,M
WRITE(3,1500) Z(I),T1(5),T4(5),T4(6),T4(7),T4(11),T4(
112),T4(13),T4(8),T4(9),T4(10)
WRITE(3,1600) (T4(J),REND1(I,J),REND2(I,J),REND3(I,J),
1J=1,MA)
40 CONTINUE
C   FORMATOS
100 FORMAT(4A6)
150 FORMAT(8F10.4)
200 FORMAT(3I10)
300 FORMAT(16A5)
400 FORMAT(F10.4)
500 FORMAT(7F10.4)
550 FORMAT(1H1,//////,1X,10A5,/1X,10A5,/1X,F5.1,6X,'MM',A5,3(5X,A5),/)
600 FORMAT(5F10.4)
700 FORMAT(////1X,2A5,/1X,/1X,2A5,F8.1,A5,/1X,A5,9X,2A5,////1X,2A5,F
16.1,F10.1,F7.2,3F5.2,/)
800 FORMAT(11X,F7.1,3X,F6.1,3X,F7.1,3X,F7.1)
900 FORMAT(/,1X,2A5,/1X,2A5,2X,F5.1,3X,F7.2,3X,F6.1,4X,F6.1)
1000 FORMAT(1H1,////1X,4A5,F10.1,/1X,A5,5X,A5,6X,4(6X,A5),/1X,
14A5,4(F10.1,2X),A5,/1X,4A5,4(F10.1,2X),A5,/1X,4A5,4(F10
2.1,2X),A5,/1X,4A5,4(F10.1,2X),1X,A5,/1X,4A5,4(F10.1,2X),1X,A5)
1100 FORMAT(1H1,////,15X,2A5)
1200 FORMAT(//, 1X,4A5,F10.1,/2X,A5,5X,5A5,/3X,A5,6X,3(A5,5X),/)
1300 FORMAT(3X,A5,3F10.3)
1400 FORMAT(1H1,////21X,2A5)
1450 FORMAT(////,' ENSAIO -',A6,3X,'DATA-',A6,'/72'3X,
1'TEMP-',A6,3X,'HUMD-',A6)
1500 FORMAT(////,' ROT. NOM.',F10.1,/2X,A5,4X,3A5,4X,2A5,9X,
1A5,/11X,3A5)
1600 FORMAT(2X,A5,6X,F6.1,11X,F6.1,11X,F6.1,11X)
CALL EXIT
END

```

```

// JOB
// FOR
*IOCS(CARD,1132PRINTER,PLOTTER,TYPEWRITER,KEYBOARD)
*LIST SOURCE PROGRAM
*EXTENDED PRECISION
*ONE WORD INTEGERS
C
C   FTK03
C   PROGRAMA CALCULO DO RENDIMENTO A VAZIO
C
C   PROGRAMADOR - FRED T. KONIECZNIAK
C
C   M-NUMERO DE DADOS
C   C-COEFICIENTES DAS EQUACOES DE AFERICAÇÃO
C   Z-ROTACAO NOMINAL
C   EW-FATOR DE ESCALA DO WATTIMETRO
C   WAT-POTENCIA DE ENTRADA
C   ROC-ROTACAO DA ARVORE
C   ET-FATOR DE ESCALA DO TACOMETRO
C   ROT-ROTACAO INTERMEDIARIA
C   PENT-POTENCIA DE ENTRADA
C   TIT-TITULO
C
C   NECESSITA SUBROTINA MEDES
C
C   DIMENSION C(10),Z(50),EW(50),WAT(50),ROC(50),ET(50),
1ROT(50),WA(50),RO(50),PENT(50),TIT(6)
C ENTRADA DE DADOS
  READ(2,100) M,(C(I),I=1,6)
  READ(2,150) (TIT(I),I=1,6)
  N=5
  DO 10 I=1,M

```

FRED T. KONIECZNIAK

```

      READ(2,200) Z(I),EW(I),(WAT(J),J=1,5)
      READ(2,200) ROC(I),ET(I),(ROT(J),J=1,5)
C  CONTROLE DOS DADOS
      WRITE(3,200) Z(I),EW(I),(WAT(J),J=1,5)
      WRITE(3,200) ROC(I),ET(I),(ROT(J),J=1,5)
C  CALCULO DA MEDIA
      CALL MEDES(M,N,WAT,SOM1,SOM2,AMB,DESV)
      CALL MEDES(M,N,ROT,SOM1,SOM2,AMA,DESV)
C  APLICACAO DAS EQUACOES DE AFERICAO
      WA(I)=AMB*EW(I)
      WA(I)=C(1)+C(2)*WA(I)
      RO(I)=AMA
      IF(ET(I)-4.) 21,21,22
21  RO(I)=(RO(I)-C(3))/C(4)
      GO TO 23
22  RO(I)=(RO(I)-C(5))/C(6)
23  CONTINUE
      PENT(I)=.001*WA(I)
10  CONTINUE
C  SAIDA
      WRITE(3,150) (TIT(I),I=1,6)
      WRITE(3,300)
      WRITE(3,400) (Z(I),ROC(I),RO(I),PENT(I),I=1,M)
C  FORMATOS
100  FORMAT(I10,7F10.5)
150  FORMAT(6A6)
200  FORMAT(7F10.3)
300  FORMAT('  ROT.NOM.',3X,'ROT.REAL.',4X,'ROT.INT.',4X,
1'POT.ENT.')
```

```
400  FORMAT(4(F10.3,2X))
```

```
CALL EXIT
```

```
END
```

// JOB

// FOR

*IOCS(CARD,1132PRINTER,PLOTTER,TYPEWRITER,KEYBOARD)

*EXTENDED PRECISION

*ONE WORD INTEGERS

FRED T. KONIECZNIAK

C

C

FTK04

C

PROGRAMA TRACADO DE GRAFICOS REFERENTES AO RENDIMENTO
DE UMA CAIXA DE ACIONAMENTO DE UM TORNO

C

C

C

PROGRAMADOR - FRED T. KONIECZNTAK

C

C

ARGUMENTOS

C

N-NUMERO DE CURVAS DE UM MESMO GRAFICO

C

MA-NUMERO DE PONTOS DE QUE SE COMPOEM CADA CURVA

C

NB-NUMERO DE GRAFICOS

C

T1-DENOMINACAO E UNIDADE DOS EIXOS

C

T2-TITULO DO GRAFICO

C

T3-DENOMINACAO E TIPO DE CURVA

C

AX-DIMENSAO DO EIXO X EM POLEGADAS

C

AY-DIMENSAO DO EIXO Y EM POLEGADAS

C

MX1-INTERVALO MINIMO DE GRADUACAO-EIXO X

C

MX2-DIMENSAO MAXIMA DO EIXO X EM UNIDADES DO USUARIO

C

MY1-INTERVALO MININO DE GRADUACAO-EIXO Y

C

MY2-DIMENSAO MAXIMA DO EIXO Y EM UNIDADES DO USUARIO

C

X-VALORES DA VARIABEL INDEPENDENTE (ATE 50)

C

Y-VALORES DA VARIABEL DEPENDENTE (ATE 50*3)

C

C

NECESSITA SUBROTINAS INFOR, ORDES, ESCAL, QUAD, POINT
ECHAR, EPL0T, APOL E GRAF2

C

C

DIMENSION X(50),Y(50,3),DY(50),CC(6,3),Y1(50),Y2(50)
1,Y3(50),C(6),T1(16),T2(16),T3(16,3),CON(3),MA(3),
2XX(50)

```

READ(2,1000) N,MB,M,P1,P2
READ(2,1050) (CON(I),I=1,3)
READ(2,1100) (T1(I),I=1,16)
READ(2,1100)((T3(I,J),I=1,16),J=1,3)
CALL INFOR(1)
DO 10 K=1,MB
READ(2,1000) (MA(I),I=1,3)
READ(2,1200) AX,AY,MX1,MX2,MY1,MY2,(T2(I),I=1,8)
READ(2,1300) (X(I),I=1,16)
READ(2,1300)((Y(I,J),I=1,16),J=1,N)
C   ORDENACAO DOS DADOS
M=MA(3)
DO 20 I=1,M
Y1(I)=Y(I,1)
Y2(I)=Y(I,2)
Y3(I)=Y(I,3)
20 CONTINUE
CALL ORDES(X,Y1,Y2,Y3,M,XMIN,XMAX)
DO 30 I=1,M
Y(I,1)=Y1(I)
Y(I,2)=Y2(I)
Y(I,3)=Y3(I)
30 CONTINUE
C   TRACADO DO SISTEMA DE EIXOS
CALL ESCAL(MX1,MX2,MY1,MY2,AX,AY,T1)
CALL QUAD(MX1,MX2,MY1,MY2)
C   REGISTRO DA POTENCIA NOMINAL
IF(MX2-4) 31,32,31
31 X1=P2
GO TO 33
32 X1=P1
33 NA=MY2/28
B2=MY2
L=1
CALL ECHAR(X1,-.06*B2,.10,.15,0.)
WRITE(7,1400)

```

```

CALL ECHAR(X1+X1*.028,-.06*B2,.06,.07,0.)
WRITE(7,1500)
CALL EPLOT(-2,X1,0.)
CALL POINT(0)
DO 40 I=NA,MY2,NA
L=L+1
IF(MX2*.61-X1) 41,42,42
41 IF(L-4) 42,43,44
43 CALL EPLOT(L,X1,MY2*.08)
44 IF(L-12) 40,45,42
45 CALL EPLOT(1,X1,MY2*.3)
42 YY=I
CALL EPLOT(L,X1,YY)
40 CONTINUE
DO 50 J=1,N
DO 60 I=1,M
DY(I)=Y(I,J)
60 CONTINUE
C DETERMINACAO DOS COEFICIENTES DAS CURVAS
DO 70 I=1,6
70 C(I)=0.
IF(MA(J)-MA(3)) 76,77,77
76 M=MA(J)
DO 80 I=1,M
XX(I)=X(I+1)
DY(I)=DY(I+1)
80 CONTINUE
CALL APOL(DY,XX,2,M,C)
GO TO 85
77 M=MA(3)
CALL DATSW(7,K)
GO TO(81,82),K
81 CONTINUE
GO TO 85
82 IF(2-J) 84,83,84
83 XTEMP=X(1)

```

```

      X(1)=X(M+1)
      CALL APOL(DY,X,4,M,C) —
      X(1)=XTEMP
      GO TO 85
84 CALL APOL(DY,X,4,M,C)
85 DO 90 I=1,6
90 CC(I,J)=C(I)
      M=MA(3)
50 CONTINUE
      WRITE(3,1600) (T2(I),I=1,8)
      WRITE(3,1700) ((T3(I,J),I=1,6),(CC(I,J),I=1,5),J=1,3)
C   TRACADO DAS CURVAS
      CALL GRAF2(M,N,X,Y,CC,MX2,MY1,MY2,T1,T2,T3,CON,AX,AY)
10 CONTINUE
C   FORMATOS
1000 FORMAT(3I5,2F10.3)
1050 FORMAT(3A6)
1100 FORMAT(16A5)
1200 FORMAT(2F10.2,4I5,8A5)
1300 FORMAT(8F10.3)
1400 FORMAT('N')
1500 FORMAT('NOM')
1600 FORMAT('// ' COEFICIENTES DAS CURVAS DO GRAFICO',8A5,/,
132X,3X,'C(1)',6X,'C(2)',6X,'C(3)',6X,'C(4)',6X,'C(5)')
1700 FORMAT(1X,6A5,5F10.4)
      CALL EXIT
      END

```

```

// FOR
*IOCS(CARD,1132PRINTER,PLOTTER,TYPEWRITER,KEYBOARD)
*ONE WORD INTEGERS
*EXTENDED PRECISION
*LIST SOURCE PROGRAM
C
C   FTK05
C   PROGRAMA TRACADO DE GRAFICOS
C
C   PROGRAMADOR - FRED T. KONIECZNTAK
C
C
C   ARGUMENTOS
C   M-NUMERO DE CURVAS DE UM MESMO GRAFICO
C   MX1-INTERVALO MINIMO DE GRADUACAO-EIXO X
C   MX2-DIMENSAC MAXIMA DO EIXO X EM UNIDADES DO USUARIO
C   MY1-INTERVALO MININO DE GRADUACAO-EIXO Y
C   MY2-DIMENSACAO MAXIMA DO EIXO Y EM UNIDADES DO USUARIO
C   AX-DIMENSACAO DO EIXO X (FOLEGADAS)
C   AY-DIMENSACAO DO EIXO Y (FOLEGADAS)
C   T1-DENOMINACAO E UNIDADE DOS EIXOS
C   T2-TITULO DO GRAFICO
C   ROT-ROTACAO NOMINAL
C   XM2-POTENCIA NIMINAL DO MOTOR
C   C-COEFICIENTES DAS EQUACOES DAS CURVAS
C   PMIN-POTENCIA AVAZIO
C   PMAX-POTENCIA MAXIMA
C
C   NECESSITA SUBROTINAS ESCAL, QUAD, ECHAR, E PLOT E POINT
C
C   DIMENSIONT1(16),T2(16),ROT(50),XM2(50),C(5,50),PMIN(50),
1PMAX(50)
C   READ(2,1000) M,MX1,MX2,MY1,MY2,AX,AY
C   READ(2,1100) (T1(I),I=1,16)
C   READ(2,1100) (T2(I),I=1,16)

```

```

READ(2,1200) (ROT(J),XM2(J),(C(I,J),I=1,5),PMIN(J),
1 PMAX(J),J=1,M)
CALL INFOR(2)
CALL ESCAL(MX1,MX2,MY1,MY2,AX,AY,T2)
CALL QUAD(MX1,MX2,MY1,MY2)
X1=2.73
GO TO 11
12 X1=5.11
11 CALL ECHAR(X1,-6.,,10.,,15.,0.)
WRITE(7,1300)
CALL ECHAR(X1+X1*.028,-6.,,06.,,07.,0.)
WRITE(7,1400)
CALL EPLOT(-2,X1,0.)
CALL POINT(C)
L=1
DO 10 I=3,MY2,3
L=L+1
Y=I
CALL EPLOT(L,X1,Y)
10 CONTINUE
CALL EPLOT(1,X1,Y)
IF(X1-3.) 12,12,13
13 DO 20 J=1,M
MA=PMAX(J)*10.5
NA=PMIN(J)*10.5
LL=1
DO 30 I=NA,MA
X=I*.1
Y=C(1,J)+C(2,J)*X+C(3,J)*X*X+C(4,J)*X*X*X+C(5,J)*X*X*X*X
IF(LL-1) 22,21,21
21 IF(Y) 30,24,24
24 LL=LL+1
CALL EPLOT(-2,X,Y)
GO TO 30
22 CALL EPLOT(2,X,Y)

```

E2 - Sub-rotinas

```
// JOB
// FOR
*ONE WORD INTEGERS
*EXTENDED PRECISION
*LIST SOURCE PROGRAM
C
C      F03
C      SUBROTINA ORDENACAO EM ORDEM CRESCENTE DE UMA
C      SERIE DE NUMEROS, COM SAIDA PARA O VALOR MAXIMO
C      E MINIMO
C
C      PROGRAMADOR - FRED T. KONIECZNIK
C
C      ARGUMENTOS
C      X=DADOS A ORDENAR
C      N=NUMERO DE DADOS
C      XMIN=VALOR MINIMO
C      XMAX=VALOR MAXIMO
C
C      SUBROUTINE ORDEN(X,N,XMIN,XMAX)
C      DIMENSION X(200)
C      M=N-1
4     K=0
C      DO 2 I=1,M
C      IF(X(I)-X(I+1))2,2,3
3     TEMP=X(I)
C      X(I)=X(I+1)
C      X(I+1)=TEMP
C      K=1
2     CONTINUE
C      IF(K) 6,5,4
6     STOP
5     CONTINUE
C      XMIN=X(1)
C      XMAX=X(N)
C      RETURN
C      END
```

```

// JOB
// FOR
*EXTENDED PRECISION
*ONE WORD INTEGERS
*LIST SOURCE PROGRAM
C
C      F04
C      SUBROTINA ORDENACAO EM ORDEM CRESCENTE DE UMA SERIE DE
C      VALORES (200), PROCEDENDO AUTOMATICAMENTE A TROCA
C      CORRESPONDENTE DE TRES VARIAVEIS DEPENDENTES
C
C      PROGRAMADOR - FRED J. KONIECZNIAK
C
C      ARGUMENTOS
C      X-VARIAVEL INDEPENDENTE (200)
C      Y1,Y2,Y3- VARIAVEIS DEPENDENTES (200*3)
C      N-NUMERO DE VALORES DE CADA VARIAVEL
C      XMIN-VALOR MINIMO DE X
C      XMAX-VALOR MAXIMO DE X
C
C      SUBROUTINE ORDES(X,Y1,Y2,Y3,N,XMIN,XMAX)
C      DIMENSION X(200),Y1(200),Y2(200),Y3(200)
C      M=N-1
4      K=0
C      DO 2, I=1,M
C      IF(X(I)-X(I+1)) 2,2,3
3      TEMP=X(I)
C      TEMP1=Y1(I)
C      TEMP2=Y2(I)
C      TEMP3=Y3(I)
C      X(I)=X(I+1)
C      Y1(I)=Y1(I+1)
C      Y2(I)=Y2(I+1)
C      Y3(I)=Y3(I+1)
C      X(I+1)=TEMP
C      Y1(I+1)=TEMP1
C      Y2(I+1)=TEMP2
C      Y3(I+1)=TEMP3
C      K=1
2      CONTINUE
C      IF(K) 6,5,4
6      STOP
5      CONTINUE
C      XMIN=X(1)
C      XMAX=X(N)
C      RETURN
C      END

```

```

// JOB
// FOR
*EXTENDED PRECISION
*ONE WORD INTEGERS
*LIST SOURCE PROGRAM
C
C      F05
C      SUBROTINA CALCULO DA MEDIA, DO DESVIO PADRAO E
C      DA SOMA DOS QUADRADOS DE UMA SERIE DE VALORES
C
C      PROGRAMADOR - FRED T. KONIECZNIK
C
C      ARGUMENTOS
C      N=TAMANHO DA AMOSTRA (NUM. DE DADOS)
C      D=DADOS
C      SOM1=SOMA
C      SOM2=SOMA DOS QUADRADOS
C      AMED=MEDIA
C      DESV=DESVIO PADRAO
C
      SUBROUTINE MEDES(M,N,D,SOM1,SOM2,AMED,DESV)
      DIMENSION D(200)
      SOM1=0.
      SOM2=0.
      DO 7 I=1,N
      SOM1=SOM1+D(I)
7  SOM2=SOM2+D(I)*D(I)
      AN=N
      AMED=SOM1/AN
      SOM3=0.
      DO 8 I=1,N
      VAR=D(I)-AMED
8  SOM3=SOM3+VAR*VAR
      DESV=SQRT(SOM3/(AN-1.))
      RETURN
      END

```

```
// JOB
// FOR
*ONE WORD INTEGERS
*EXTENDED PRECISION
*LIST SOURCE PROGRAM
C
C   F06
C   SUBROTINA DETERMINACAO DA FREQUENCIA,FREQUENCIA
C   ACUMULADA E FREQUENCIA ACUM. RELATIVA DE UMA SE
C   RIE DE VALORES
C
C   PROGRAMADOR - FRED T. KONIECZNIK
C
C   ARGUMENTOS
C   N=NUMERO DE DADOS
C   K=NUMERO DE CLASSES
C   X=DADOS
C   F=LIMITE INFERIOR DAS CLASSES
C   IC=FREQUENCIA
C   ICV=FREQUENCIA ACUMULADA
C   YCR=FREQ. ACUMULADA RELATIVA
C
C   SUBROUTINE FREQ (N,K,X,F,IC,ICV,YCR)
C   INTEGER CV,AN
C   DIMENSION X(200),F(10),IC(10),ICV(10),YCR(10),Q(20,20)
C   F(K+1)=1000000.
C   DO 3 J=1,K
C   IC(J)=0
3 ICV(J)=0
C   DO 4 L=1,N
C   DO 5 J=1,K
C   IF(X(L)-F(J+1))6,5,5
6 IC(J)=IC(J)+1
C   GO TO 4
5 CONTINUE
4 CONTINUE
C   ICV(1)=IC(1)
C   AN=N
C   CV=ICV(1)
C   YCR(1)=Q (CV,AN)
C   DO 7 J=2,K
C   ICV(J)=ICV(J-1)+IC(J)
C   CV=ICV(J)
C   Q(CV,AN)=(CV/AN)*100.
7 YCR(J)=Q(CV,AN)
C   RETURN
C   END
```

```

// JOB
// FOR
*EXTENDED PRECISION
*ONE WORD INTEGERS
*LIST SOURCE PROGRAM
C
C   F07
C   SUBROTINA TRACADO DE GRAFICOS
C
C   PROGRAMADOR - FRED T. KONIECZNIK
C
C   ARGUMENTOS
C   M-NUMERO DE PONTOS DA CURVA
C   X-VALORES DA VARIÁVEL INDEPENDENTE (ATE 50)
C   Y-VALORES DA VARIÁVEL DEPENDENTE (ATE 50)
C   C-COEFICIENTES DAS EQUACOES DAS CURVAS
C   MX2-DIMENSAO MAXIMA DO EIXO X EM UNIDADES DO USUARIO
C   MY1-INTERVALO MINIMO DE GRADUACAO-EIXO Y
C   MY2-DIMENSAO MAXIMA DO EIXO Y EM UNIDADES DO USUARIO
C   A-DEFINE POSICAO INICIAL DA PENA
C   T1-IDENTIFICACAO DAS EQUACOES
C   T2-TITULO DO GRAFICO
C   CON=CONDICOES AMBIENTES
C
C   NECESSITA SUBROTINAS DATSW, ECHAR, EPLLOT, SCALE E POINT
C
C   SUBROUTINE GRAF1(M,X,Y,C,MX2,MY1,MY2,A,T1,T2,CON)
C   DIMENSION X(50),Y(50),C(5),T1(16),T2(16),CON(3)
C   A2=MX2
C   B2=MY2
C   CALL DATSW(4,KC)
C   GO TO (150,151),KC
150 PAUSE
151 CALL ECHAR(.05*A2,B2*.09,.18,.28,0.)
C   WRITE(7,3000)(T2(I),I=1,8)
C REGISTRO DOS PONTOS
C   DO 160 I=1,M
C   CALL EPLLOT(-2,X(I),Y(I))
C   CALL POINT(0)
C   CALL EPLLOT(-1,X(I),Y(I))
160 CONTINUE
C TRACADO DA CURVA
C   CALL EPLLOT(-1,0.,0.)
C   N1=MY1*.1
C   N2=MY2
C   DO 170 I=N1,N2,N1
C   Y1=I
C   X1=C(1)+C(2)*Y1
C   CALL EPLLOT(2,X1,Y1)
170 CONTINUE
C   YB=.2*B2
C REGISTRO DA EQUACAO DA CURVA E
C COMPLEMENTACAO DO TITULO
C   IF(A) 171,171,172
172 YB=.16*A2
171 CALL ECHAR(.5*A2,YB,.10,.13,0.)
C   WRITE(7,3100) T1(1),T1(2),C(1),C(2),T1(9),T1(10)
C   CALL ECHAR(.5*A2,.6*YB,.08,.12,0.)

```

```
WRITE(7,3200) CON(1),CON(2),CON(3)
IF(A) 175,175,174
174 CALL ECHAR(A,B2*1.02,0.15,0.25,0.)
WRITE(7,3300) T2(7),T2(8)
175 CALL DATSW(4,KB)
GO TO (176,177),KB
176 PAUSE
177 CALL EPLOTT(1,2.5*A2,0.)
3000 FORMAT(8A5)
3100 FORMAT(2A5,'=' ,F7.3,' +' ,F7.3,1X,2A5)
3200 FORMAT('DATA-' ,A6,'/72' ,5X,'TEMP-' ,A6,5X,'HUMD-' ,A6)
3300 FORMAT (' E ' ,2A5)
RETURN
END
```

```
// JOB
// FOR
*EXTENDED PRECISION
*ONE WORD INTEGERS
*LIST SOURCE PROGRAM
C
C   F08
C   SUBROTINA TRACADO DE CARACTERES
C
C   PROGRAMADOR - FRED T. KONIECZNIAK
C
C   ARGUMENTOS:
C   I= 1 -CIRCULO
C   = 2 -QUADRADO
C   = 3 -TRIANGULO
C   I= 4 -CIRCULO CHEIO
C   = 5 -QUADRADO CHEIO
C   = 6 -TRIANGULO CHEIO
C   I= 7 -SINAL DE SOMA
C   = 8 -SINAL DE MULTIPLICACAO
C
C   NECESSITA SUBROTINAS SCALE, ECHAR, EPLOT E POINT
C   APOS CHAMAR ESTA SUBROTINA, REDEFINIR A ESCALA
C   EM RELACAO AO PONTO SINALIZADO
C
C   SUBROUTINE PONT(I)
C   CALL SCALE(1,1,0,0)
C   CALL EPLOT(2,0,0)
C   IF(I-7) 7,6,5
C   5 CALL POINT(1)
C   GO TO 100
C   6 CALL POINT(0)
C   GO TO 100
C   7 IF(I-4) 10,20,20
C   10 IF(I-2) 30,40,50
C   30 CALL ECHAR(-.04,-.04,.08,.08,0)
C   WRITE(7,1000)
C   GO TO 100
C   40 CALL EPLOT(1,-.04,-.04)
C   CALL EPLOT(2,-.04,.04)
C   CALL EPLOT(2,.04,.04)
C   CALL EPLOT(2,.04,-.04)
C   CALL EPLOT(-1,-.04,-.04)
C   GO TO 100
C   50 CALL EPLOT(1,-.05,-.03)
C   CALL EPLOT(2,0,.06)
C   CALL EPLOT(2,.05,-.03)
C   CALL EPLOT(-1,-.05,-.03)
C   GO TO 100
C   20 DO 60 J=1,5
C   A=J*.01
C   B=A-.01
C   IF(I-5) 70,80,90
C   70 CALL ECHAR(-3,-B,B*2..B*2.,0)
C   WRITE(7,1000)
C   GO TO 60
```

```
80 CALL EPlot(1,-B,-B)
   CALL EPlot(2,-B,B)
   CALL EPlot(2,B,B)
   CALL EPlot(2,B,-B)
   CALL EPlot(-1,-B,-B)
   GO TO 60
90 B=(A*9.)/5.-.03
   CALL EPlot(1,-A,-.03)
   CALL EPlot(2,0.,B)
   CALL EPlot(2,A,-.03)
   CALL EPlot(-1,-A,-.03)
60 CONTINUE
100 CALL EPlot(1,0.,0.)
1000 FORMAT('0')
      RETURN
      END
```

```

// JOB
// FOR
*ONE WORD INTEGERS
*EXTENDED PRECISION
*LIST SOURCE PROGRAM
C
C      F09
C      SUBROTINA RETICULACAO DE GRAFICOS
C
C      PROGRAMADOR - FRED T. KONIECZNIAK
C
C      ARGUMENTOS
C      MX1-INTERVALO MINIMO DE GRADUACAO-EIXO X
C      MX2-DIMENSAO MAXIMA DO EIXO X EM UNIDADES DO USUARIO
C      MY1-INTERVALO MINIMO DE GRADUACAO-EIXO Y
C      MY2-DIMENSAO MAXIMA DO EIXO Y EM UNIDADES DO USUARIO
C
C      NECESSITA SUBROTINAS DATSW E EPLLOT
C
C      SUBROUTINE QUAD(MX1,MX2,MY1,MY2)
C      A2=MX2
C      B2=MY2
C      A=A2+MX1
C      B=B2+MY1*2
C      CALL DATSW(2,KA)
C      CALL DATSW(3,KB)
C      CALL DATSW(5,KC)
C      CALL DATSW(8,KD)
C      CALL EPLLOT(1,0.,0.)
C TRACADO VERTICAL
C      GO TO (101,102),KA
102 M1=MX1
C      M2=MX2+MX1
C      GO TO 111
101 M1=MX1*2
C      M2=MX2+MX1
111 DO 100 I=M1,M2,M1
C      X=I
C      CALL EPLLOT(-2,X,0.)
C      GO TO (104,103),KC
103 IF(A2*.41-X) 105,106,106
105 IF(A2-X) 109,107,107
107 GO TO(106,112),KD
112 CALL EPLLOT(-1,X,B2*.08)
C      CALL EPLLOT(-2,X,B2*.3)
106 CALL EPLLOT(-1,X,B2)
C      GO TO 100
104 IF(A2*.61-X) 108,106,106
108 IF(A2-X) 109,110,110
110 CALL EPLLOT(-1,X,B2*.08)
C      CALL EPLLOT(-2,X,B2*.3)
C      GO TO 106
109 CALL EPLLOT(-1,X,B)
100 CONTINUE

```

```
C TRACADO HORIZONTAL
GO TO (201,202),KB
201 M3=MY1*2
M4=MY2
GO TO 203
202 M3=MY1
M4=MY2
203 DO 200 I=M3,M4,M3
Y=I
CALL EPLLOT(-2,0.,Y)
GO TO (208,210),KD
210 GO TO (205,204),KC
204 AC=A2*.41
GO TO 206
205 AC=A2*.61
206 IF(B2*.08-Y) 207,208,208
207 IF(B2*.3-Y) 208,208,209
208 CALL EPLLOT(-1,A,Y)
GO TO 200
209 CALL EPLLOT(-1,AC,Y)
200 CONTINUE
CALL EPLLOT(-2,0.,B)
CALL EPLLOT(-1,A,B)
RETURN
END
```

```

// JOB
// FOR
*ONE WORD INTEGERS
*EXTENDED PRECISION
*LIST SOURCE PROGRAM
C
C      F10
C      SUBROTINA - DEFINICAO, GRADUACAO E TRACADO DE UM
C      SISTEMA DE EIXOS
C
C      PROGRAMADOR - FRED T. KONIECZNIAK
C
C      ARGUMENTOS
C      MX1-INTERVALO MINIMO DE GRADUACAO-EIXO X
C      MX2-DIMENSAC MAXIMA DO EIXO X EM UNIDADES DO USUARIO
C      MY1-INTERVALO MININO DE GRADUACAO-EIXO Y
C      MY2-DIMENSAC MAXIMA DO EIXO Y EM UNIDADES DO USUARIO
C      AX-DIMENSAC DO EIXO X EM POLEGADAS
C      AY-DIMENSAC DO EIXO Y EM POLEGADAS
C      T1-DENOMINACAO E UNIDADE DOS EIXOS
C
C      NECESSITA SUBROTINAS EGRID, ECHAR, EPLOJ E DATSW
C
C
C      SUBROUTINE ESCAL(MX1,MX2,MY1,MY2,AX,AY,T1)
C      DIMENSION T1(16)
C      A1=MX1
C      A2=MX2
C      B1=MY1
C      B2=MY2
C      DEFINICAO DAS ESCALAS
C      XE=AX/MX2
C      YE=AY/MY2
C      CALL SCALE(XE,YE,0.,0.)
C      TRACADO DOS EIXOS E SUAS GRADUACOES
C      KX=MX2/MX1+1
C      KY=MY2/MY1+2
C      CALL EGRID(0,0.,0.,A1,KX)
C      CALL EGRID(1,0.,0.,B1,KY)
C      NUMERACAO DAS GRADUACOES DAS ESCALAS
C      CALL DATSW(2,K)
C      GO TO (100,110),K
100 M1=MX1*2.
M2=MX2+MX1
DO 120 I=M1,M2,M1
AI=I
CALL ECHAR(AI,-.06*B2,.08,.13,0.)
IF(A2-999.) 122,122,121
121 WRITE(7,2100) I
GO TO 120
122 WRITE(7,2200) I
120 CONTINUE
GO TO 124
110 DO 130 I=MX1,MX2,MX1
AI=I
CALL ECHAR(AI,-.06*B2,.06,.11,0.)
IF(A2-999.) 132,132,131

```

```
131 WRITE(7,2100) I
    GO TO 130
132 WRITE(7,2200) I
130 CONTINUE
124 CALL DATSW(3,KA)
    GO TO (135,136),KA
135 M3=MY1*2.
    M4=MY2+MY1
    DO 140 I=M3,M4,M3
        BI=I
        CALL ECHAR(-.08*A1,BI,.08,.13,0.)
        IF(B2-999.) 142,142,141
141 WRITE(7,2100) I
    GO TO 140
142 WRITE(7,2200) I
140 CONTINUE
    GO TO 148
136 DO 145 I=MY1,MY2,MY1
    BI=I
    CALL ECHAR(-.06*A2,BI,.06,.11,0.)
    IF(B2-999.) 147,147,146
146 WRITE(7,2100) I
    GO TO 145
147 WRITE(7,2200) I
145 CONTINUE
148 CALL ECHAR(-.13*A2,.0,.13,.18,1.57)
    WRITE(7,2300) (T1(I),I=9,16)
    CALL ECHAR(.0,-.19*B2,.13,.18,0.)
    WRITE(7,2300) (T1(I),I=1,8)
    CALL EPLOTT(-1,0.,0.)
C  FORMATOS
2100 FORMAT(I4)
2200 FORMAT(I3)
2300 FORMAT(8A5)
    RETURN
    END
```

```

// JOB
// FOR
*EXTENDED PRECISION
*ONE WORD INTEGERS
*LIST SOURCE PROGRAM
C
C   F11
C   SUBROTINA TRACADO DE GRAFICOS (ATE TRES CURVAS)
C
C   PROGRAMADOR - FRED J. KONIECZNIK
C
C   ARGUMENTOS
C   M=NUMERO DE PONTOS DA CURVA
C   N=NUMERO DE CURVAS DE UM GRAFICO
C   X=VALORES DA VARIAVEL INDEPENDENTE (ATE 50)
C   Y=VALORES DA VARIAVEL DEPENDENTE (ATE 50*3)
C   C=COEFICIENTES DAS EQUACOES DAS CURVAS
C   MX2=DIMENSAO MAXIMA DO EIXO X EM UNIDADES DO USUARIO
C   MY1=INTERVALO MINIMO DE GRADUACAO-EIXO Y
C   MY2=DIMENSAO MAXIMA DO EIXO Y EM UNIDADES DO USUARIO
C   T1=IDENTIFICACAO DAS EQUACOES
C   T2=TITULO DO GRAFICO
C   T3=IDENTIFICACAO DAS CURVAS
C   CON=CONDICOES AMBIENTES
C   AX=DIMENSAO DO EIXO X (POLEGADAS)
C   AY=DIMENSAO DO EIXO Y (POLEGADAS)
C
C   NECESSITA SUBROTINAS DATSW, ECHAR, EPLOTT, SCALE E PONT
C
C   SUBROUTINE GRAF2(M,N,X,Y,C,MX2,MY1,MY2,T1,T2,T3,CON,
1AX,AY)
C   DIMENSION X(50),Y(50,3),C(6,3),T1(16),T2(16),T3(16,3),
1CON(3)
C   A2=MX2
C   B2=MY2
C   XE=AX/MX2
C   YE=AY/MY2
C   CALL ECHAR(.05*A2,B2*1.07,.18,.28,0.)
C   WRITE(7,3000)(T2(I),I=1,8)
C   REGISTRO DOS PONTOS
C   DO 160 K=1,N
C   CALL DATSW(4,KC)
C   CALL DATSW(6,KD)
C   GO TO (150,151),KC
150 PAUSE
151 DO 170 I=1,M
C   IF(K=2) 156,152,154
152 IF(I=1) 154,153,154
153 XA=X(M+1)
C   GO TO 155
154 XA=X(I)
155 YA=Y(I,K)
C   CALL EPLOTT(-2,XA,YA)
C   GO TO (161,162),KD
156 IF(I=1) 154,170,154
161 KK=K
C   GO TO 163

```

```

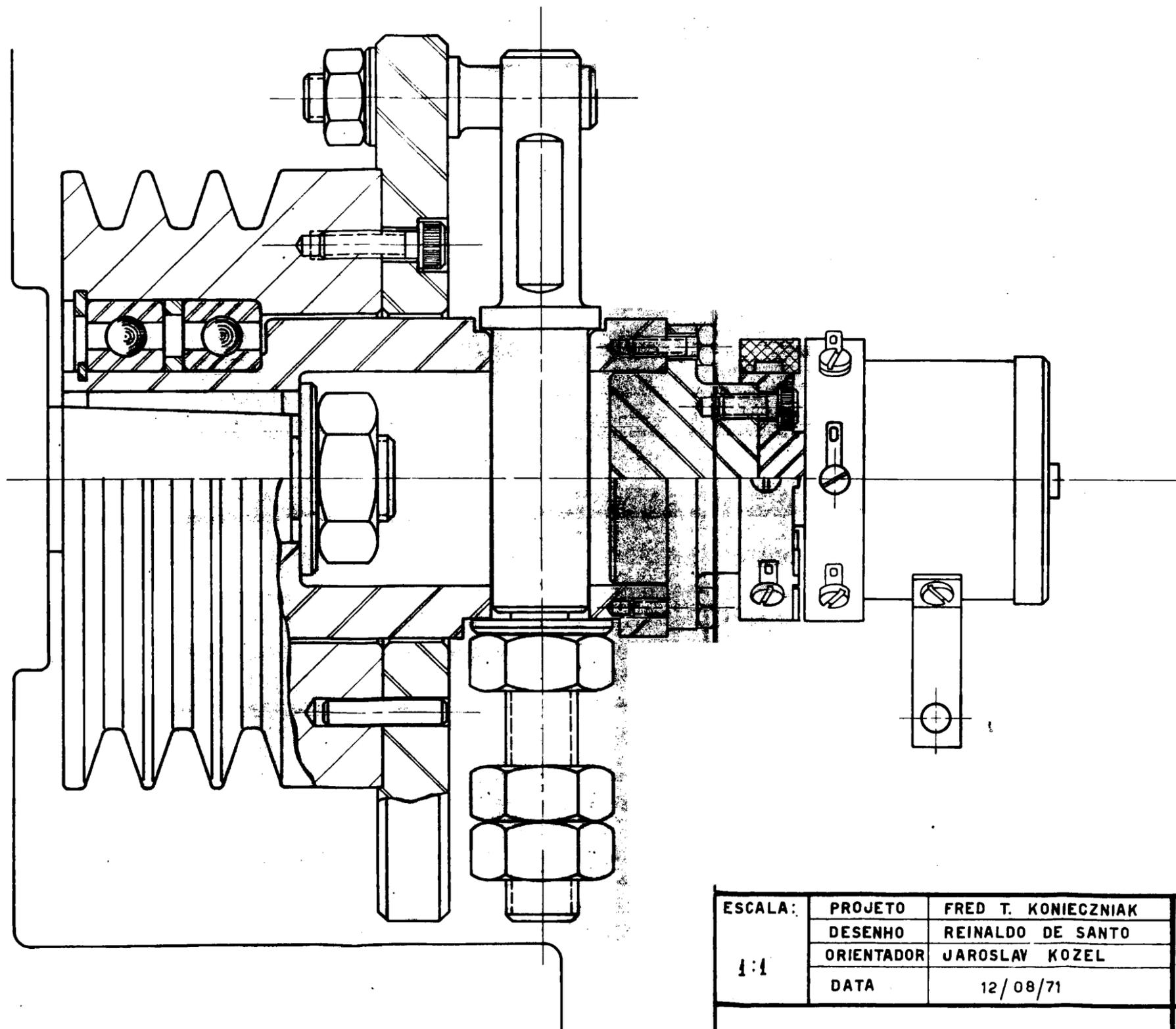
162 KK=3+K
163 CALL PONT(KK)
    CALL SCALE(XE,YE,XA,YA)
170 CONTINUE
    CALL EPLOT(1,0.,0.)
C   TRACADO DAS CURVAS
    CALL DATSW(7,KE)
    MX=X(M)*10.5
    NX=X(1)*10.5
    L=1
    DO 180 I=NX,MX
        X1=I*.1
        GO TO (165,166),KE
165 Y1=1./(C(1,K)+C(2,K)*X1)
        GO TO 167
166 Y1=C(1,K)+C(2,K)*X1+C(3,K)*X1*X1+C(4,K)*X1*X1*X1+
        C(5,K)*X1*X1*X1*X1+C(6,K)*X1*X1*X1*X1*X1
167 IF(L-1) 173,171,171
171 IF(Y1) 180,172,172
172 L=L+1
        CALL EPLOT(-2,X1,Y1)
        GO TO 180
173 CALL EPLOT(2,X1,Y1)
180 CONTINUE
    CALL DATSW(5,KB)
    GO TO (181,182),KB
C   IDENTIFICACAO DAS CURVAS
181 CALL EPLOT(1,A2*.6,0.)
    CALL SCALE(1.,1.,0.,0.)
    YI=1.+(1-K)*.25
    DO 190 I=1,3
        XI=I*.18
        CALL EPLOT(-2,XI,YI)
        CALL PONT(KK)
        CALL SCALE(1.,1.,XI,YI)
190 CONTINUE
        XI=4*.18
        YI=.95+(1-K)*.25
        CALL ECHAR(XI,YI,.08,.12,0.)
        WRITE(7,3100) (T3(I,K),I=1,6)
        CALL EPLOT(1,0.,0.)
        CALL SCALE(XE,YE,A2*.6,0.)
        GO TO 200
182 IF(K-2) 201,202,203
201 YB=.2*B2
        CALL ECHAR(.4*A2,YB,.10,.13,0.)
        WRITE(7,3200) T1(1),T1(2),C(1,K),C(2,K),T1(9),T1(10)
        GO TO 204
202 YB=.15*A2
        CALL ECHAR(.4*A2,YB,.10,.13,0.)
        WRITE(7,3200) T1(1),T1(2),C(1,K),C(2,K),T1(9),T1(10)
        CALL ECHAR(.05*A2,B2*1.02,.15,.25,0.)
        WRITE(7,3300) T2(7),T2(8)
        GO TO 204
203 YB=.10*A2
        CALL ECHAR(.4*A2,YB,.10,.13,0.)
        WRITE(7,3200) T1(1),T1(2),C(1,K),C(2,K),T1(9),T1(10)

```

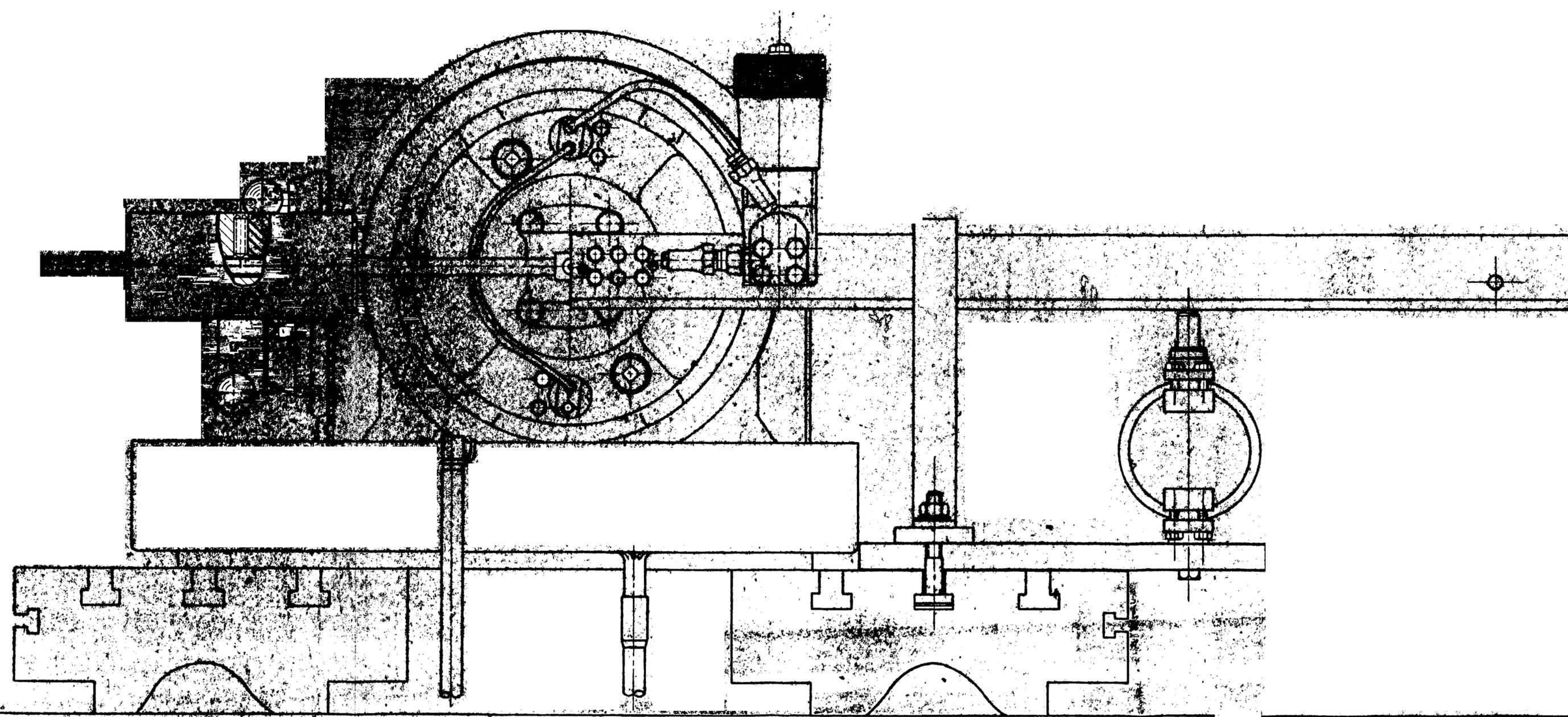
```
CALL ECHAR(.1*A2,B2*1.02,15,.25,0.)
WRITE(7,3300) T2(9),T2(10)
204 CALL ECHAR(.4*A2,.5*YB,.08,.12,0.)
WRITE(7,3400) CON(1),CON(2),CON(3)
200 CONTINUE
IF(K-N) 210,211,211
210 CALL EPLOT(1,.0,.0)
GO TO 212
211 CALL EPLOT(1,2.2*A2,.0)
212 GO TO (213,160),KC
213 PAUSE
160 CONTINUE
C   FORMATOS
3000 FORMAT(8A5)
3100 FORMAT(6A5)
3200 FORMAT(2A5,'=',F7.3,'+',F7.3,1X,2A5)
3300 FORMAT(2A5)
3400 FORMAT('DATA-',A6,'/72',5X,'TEMP-',A6,5X,'HUMD-',A6)
RETURN
END
```

APÊNDICE F

Desenhos



ESCALA: 1:1	PROJETO	FRED T. KONIECZNAK	CENTRO TECNOLÓGICO U. F. S. C.
	DESENHO	REINALDO DE SANTO	
	ORIENTADOR	JAROSLAV KOZEL	
	DATA	12/08/71	
TORQUIMETRO I			FOLHA DE FOLHAS
			MF2-PB-00-00

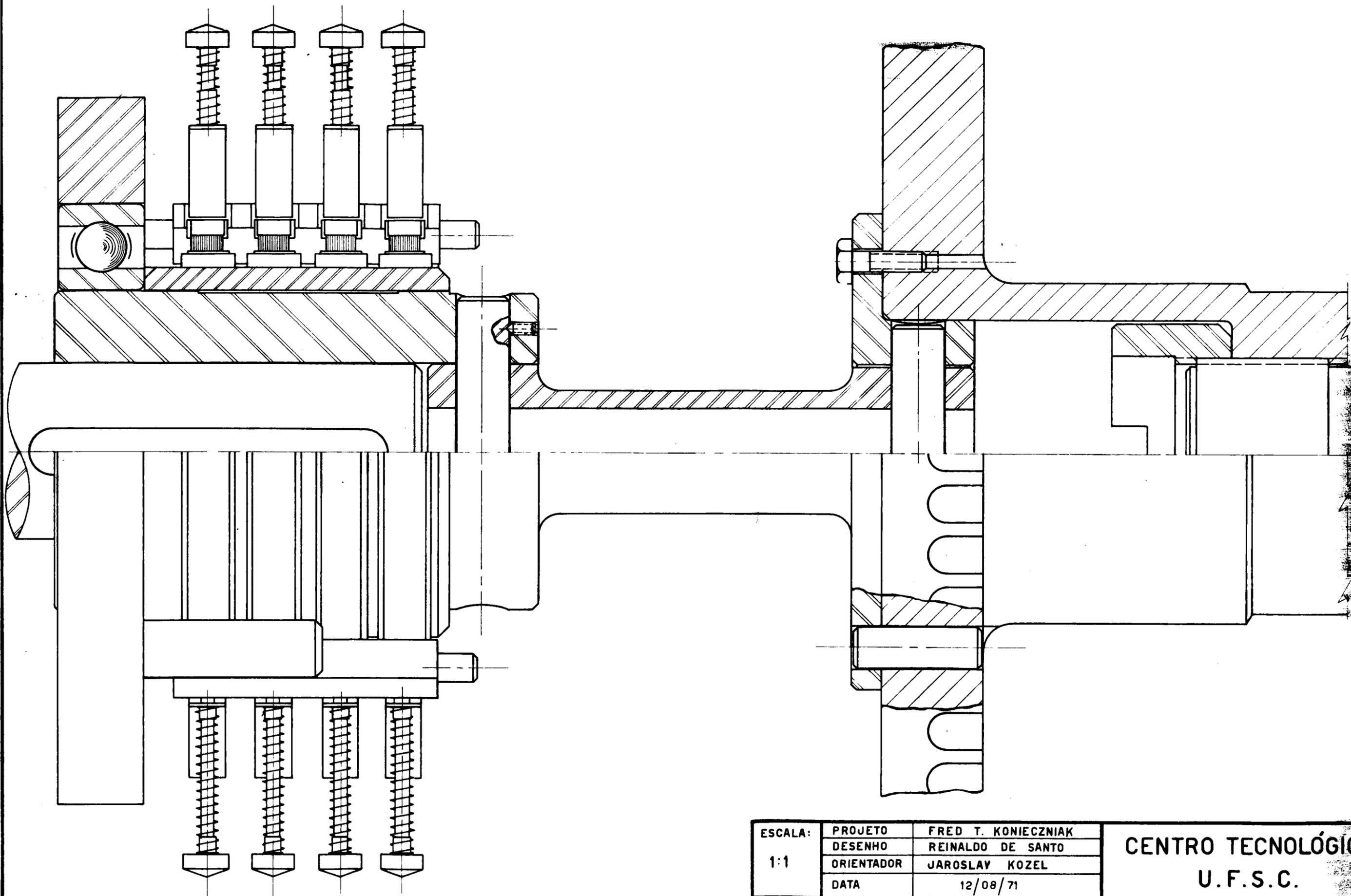


ESCALA: 1:2,5	PROJETO	FRED T. KONIECZNIK	CENTRO TECNOLÓGICO U. F. S.C.
	DESENHO	REINALDO DE SANTO	
	ORIENTADOR	JAROSLAV KOZEL	
	DATA	12/08/71	

FREIO DINAMOMÉTRICO
(FREIO + TORQUIMETRO II)

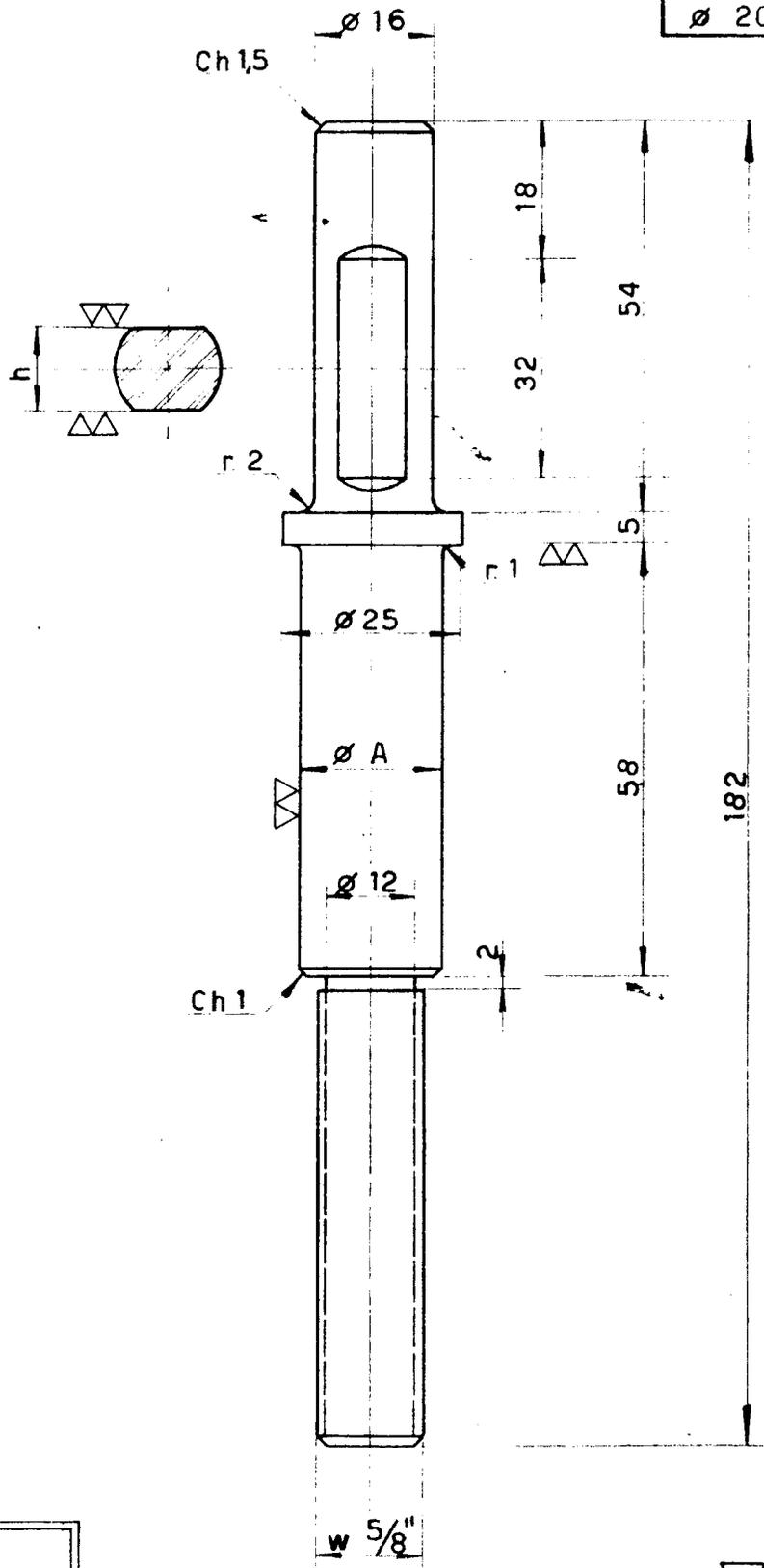
FOLHA DE FOLHAS

MF2-PC-00-00



ESCALA: 1:1	PROJETO	FRED T. KONIECZNAK	CENTRO TECNOLÓGICO U.F.S.C.
	DESENHO	REINALDO DE SANTO	
	ORIENTADOR	JAROSLAV KOZEL	
	DATA	12/08/71	
TORQUIMETRO III			FOLHA..... DE..... FOLHAS
			MF2-PD-00-00

∅ A	TOLERANCIA
∅ 20 g6	-0,007 -0,020



A	B
h = 8,5	h = 6

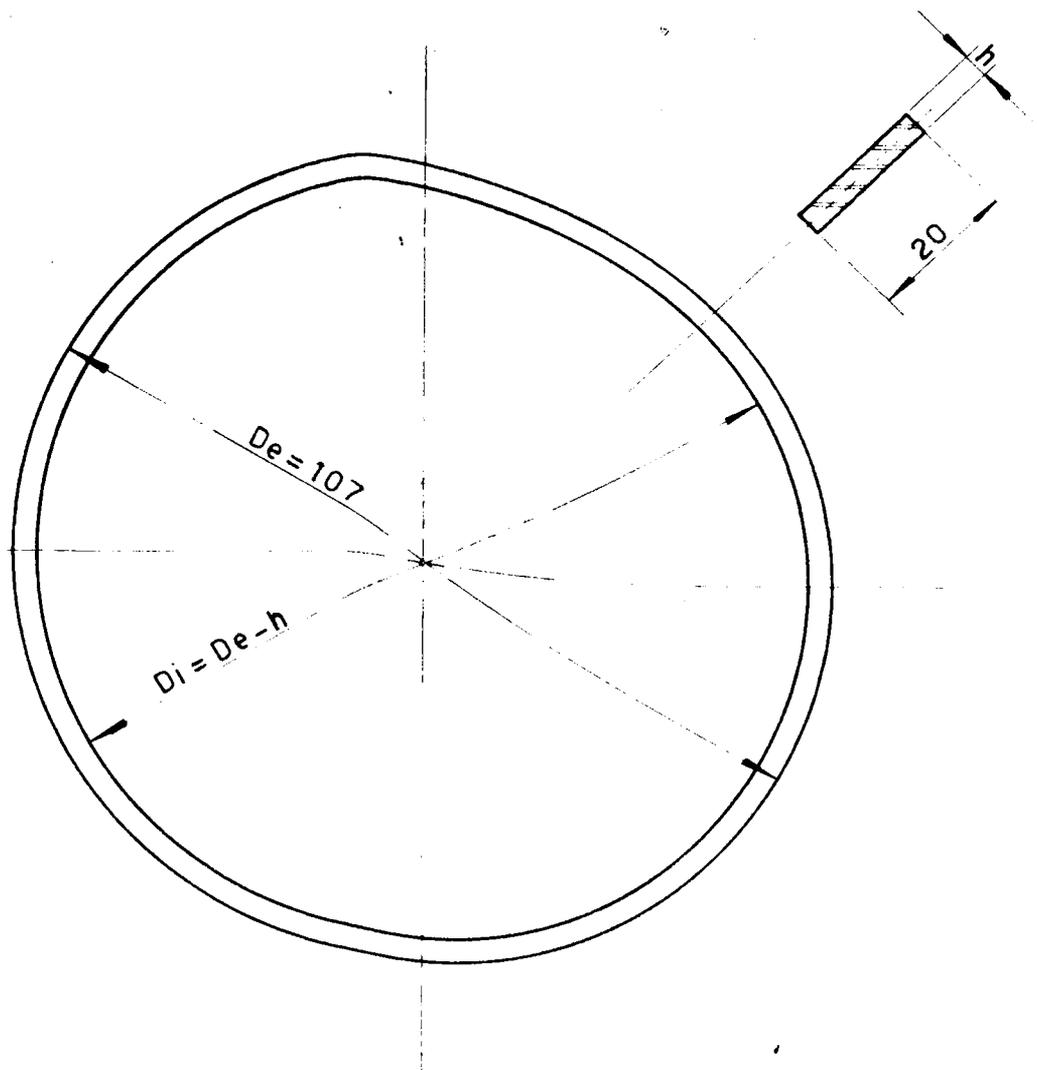


ESCALA: 1:1	PROJETO	FRED T. KONIECZNAK
	DESENHO	REINALDO DE SANTO
	ORIENTADO	JAROSLAV KOZEL
	DATA	12/08/71

CENTRO TECNOLÓGICO
U. F. S. C.

PINO
(ELEMENTO ELÁSTICO I)

FOLHA DE FOLHAS
MF2-PB-00-05



A	B
$h = 5,5$	$h = 3$

ESCALA: 1:1	PROJETO	FRED T. KONIECZNAK
	DESENHO	REINALDO DE SANTO
	ORIENTADOR	JAROSLAV KOZEL
	DATA	12/08/71

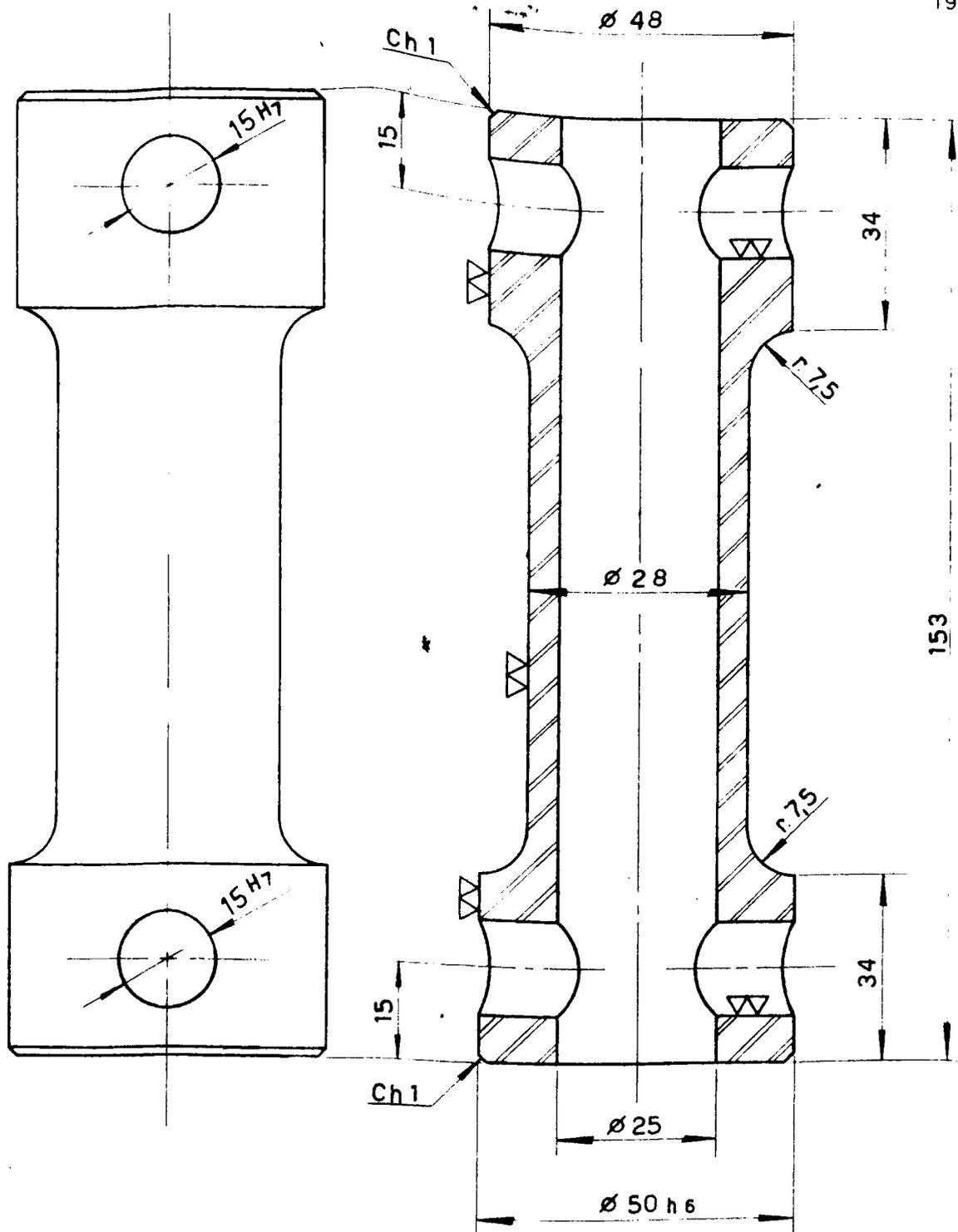
CENTRO TECNOLÓGICO
U. F. S.C.

ANEL
(ELEMENTO ELÁSTICO II)

FOLHA DE FOLHAS
MF2-PC-02-03

Ø NUMINAL	TOLERANCIA
Ø 50 h6	0 -0,019
Ø 15 H7	0 +0,018

197

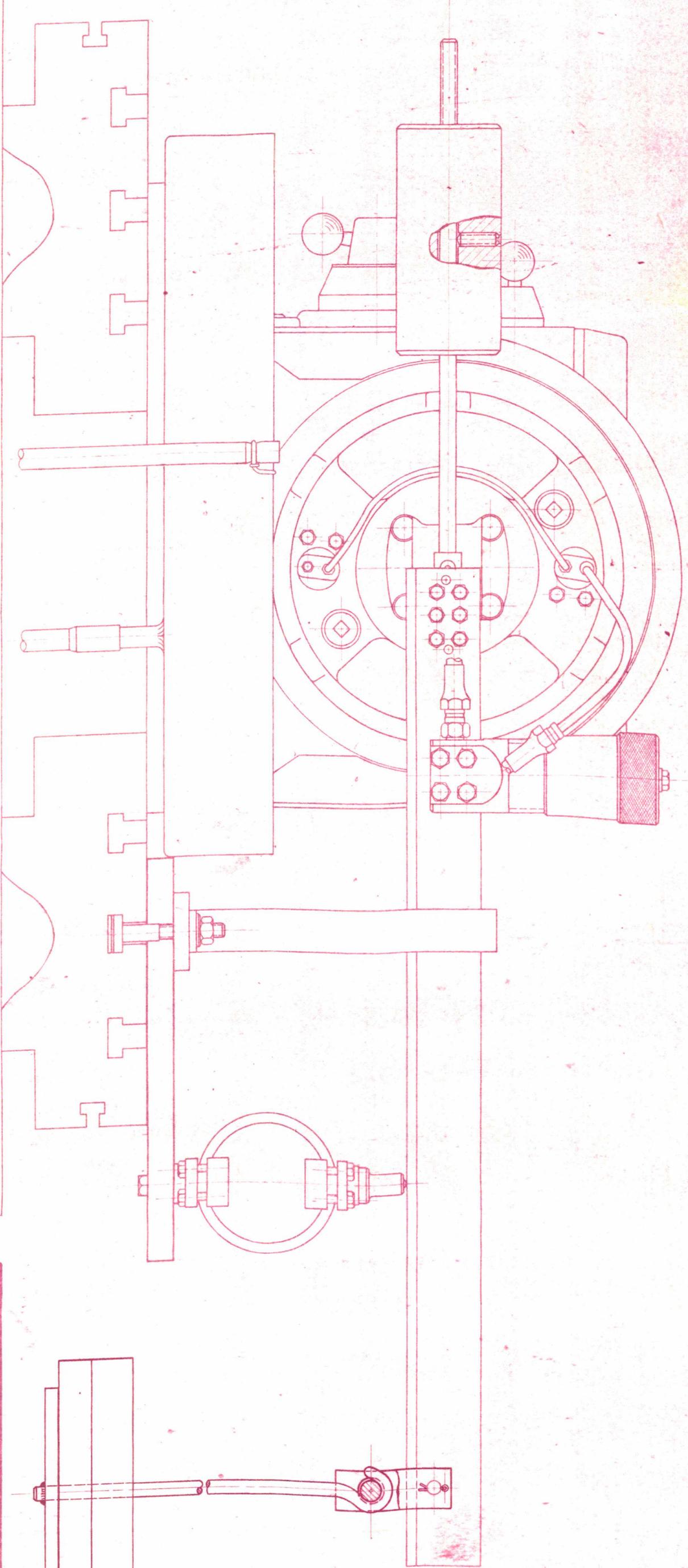


ESCALA: 1:1	PROJETO	FRED T. KONIECZNAK
	DESENHO	REINALDO DE SANTO
	ORIENTADOR	JAROSLAV KOZEL
	DATA	12 / 08 / 71

**CENTRO TECNOLÓGICO
U. F. S. C.**

TUBO
(ELEMENTO ELÁSTICO III)

FOLHA DE FOLHAS
MF2-PD-01-04



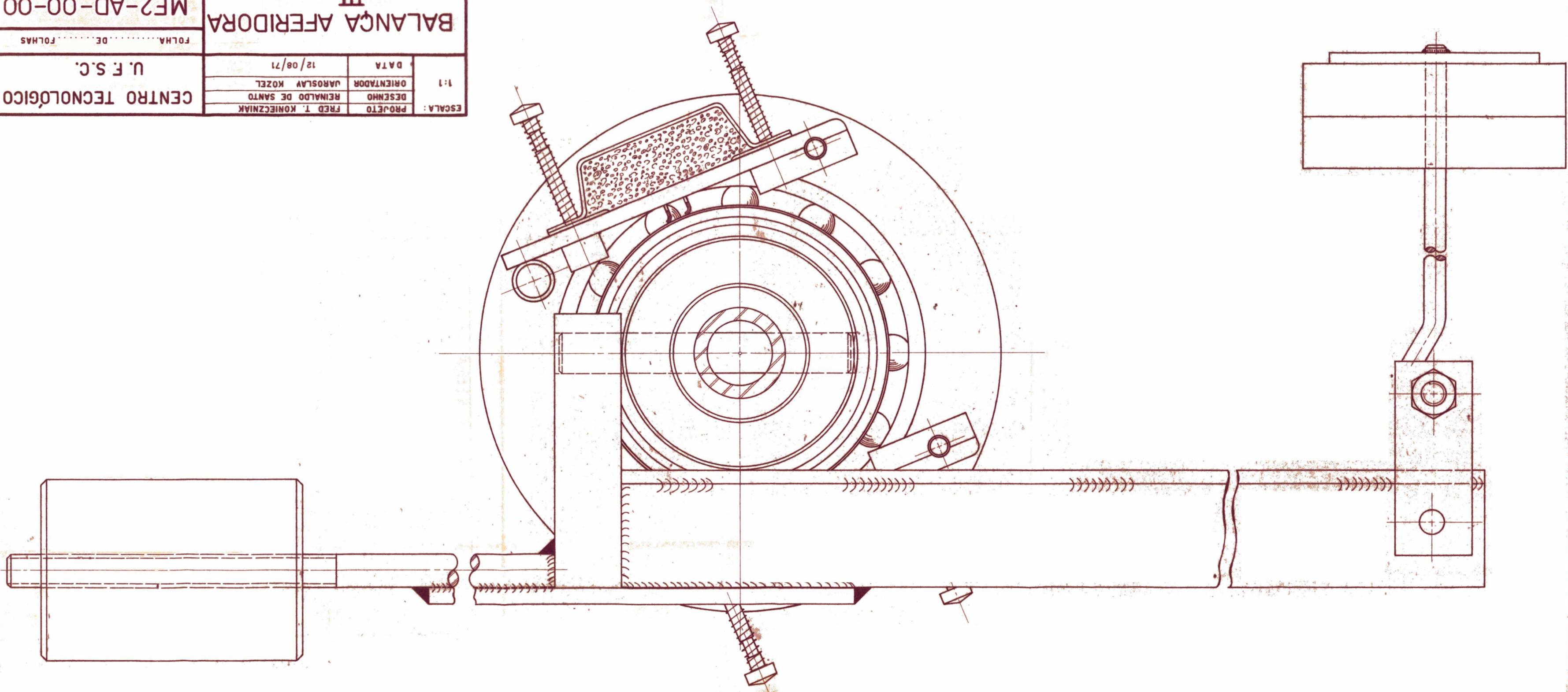
ESCALA :	PROJETO	FRED T. KONIECZNIK
1:2,5	DESENHO	REINALDO DE SANTO
	ORIENTADOR	JAROSLAV KOZEL
	DATA	12/08/71

CENTRO TECNOLÓGICO
U.F.S.C.

BALANÇA AFERIDORA
II

FOLHA.....DE.....FOLHAS
MF2-AC-00-00

BALANÇA AFERIDORA III		MF2-AD-00-00	
FOLHA DE		FOLHAS	
PROJETO FRED T. KONIECZNIK		ESCALA: 1:1	CENTRO TECNOLÓGICO U. F. S. C.
DESENHO REINALDO DE SANTO	ORIENTADOR JAROSLAV KOZEL	DATA 12/08/71	



APÊNDICE G

Planilhas

CENTRO TECNOLÓGICO - UFSC

TRABALHO DE TCC

FRED T. KONTECOWSKI

TEMPO 31 276LHO

TEMPO 94 % 1

DATA 27/06/72

EQUIPAMENTO: CONTADOR DIGITAL

ENSAYO: 06-BB

SERIAL	CARGA %	ESCALAS		LEITURAS		
		J-B	J-B			
101	55	2000	2000	93.8	93.9	/
	40	1000	1000	94.6	94.7	
	25	500	500	95.3	95.0	
	W					
101	55	2000	5000	113.2	113.2	/
	40	1000	2000	114.0	114.1	
	25	500	500	114.9	114.9	
	W					
202	55	2000	2000	186.1	185.9	/
	40	2000	2000	188.3	188.7	
	25	500	500	189.8	190.0	
	W					
272	55	2000	1000	272.7	272.9	/
	40	1000	500	272.	271.8	
	25	500	100	273.6	273.2	
	W					
335	55	2000	500	334.5	334.7	/
	40	1000	500	334.2	334.5	
	25	500	100	337.7	337.6	
	W					
450	55	2000	1000	437.3	435.9	/
	40	2000	500	441.2	441.4	
	25	500	200	445.7	446.0	
	W					
500	55	2000	500	548.7	548.1	/
	40	1000	200	553.5	554.0	
	25					
	W					
710	55	2000	500	661.1	660.0	/
	40	2000	500	664.3	665.5	
	25	500	100	672.4	672.7	
	W					

035 18

Responsavel:
Fred

CENTRO TECNOLÓGICO - UFSC

TRABALHO DE TESES

FRED T. MONTELEONE

ENSAYO		TEMP.		%							
07 - BB		16		%							
DATA		HORA		%							
10/07/72		00		%							
RPM	CONTADOR DIGITAL	TACÓMETRO	ESG.	WATT	WATÍMETRO	ESG.	mm	ESG. TROCAR	mm	ESG. TROCAR	ESG. TROCAR
200	181.6	132.8		102			98.5		100		
	181.7	135.0		102			98		100		
	181.65	136.2	3	102	2		98	1	100.5	1	
		136.1		102			97.5		100.5		
		136.0		102			96		100		
	182.7	136.2		88			81.5		81		
	182.4	136.6		88			81.5		81.5		
	182.55	136.6	3	88	2		81	1	81	1	
		136.6		89			81.5		81		
		136.4		89			81		81.5		
	183.0	137.5		76			123.5		104		
	183.0	137.5		73			125		125.5		
	183.0	137.6	3	73	2		125.5	0.5	125.5	0.5	
	183.0	137.5		75			127.5		125		
		137.5		74			128.5		130		

TORQUÍMETRO - I.B. TORQUÍMETRO - I.T.

CARGA

OBS:

Central Experimental Station, 1972
STATION OF DATA
FR. ...

37.5		06	13	3	06-01	
100%	1	4.663	68.3	86.7	67.1	
	2	4.391	68.2	85.5	58.3	
85%	3	3.958	67.0	86.4	57.9	
	4	3.712	66.1	92.2	61.1	
70%	5	3.237	64.4	90.4	58.3	
	6	3.075	61.8	92.0	56.9	
55%	7	2.592	56.7	84.4	47.8	(1)
	8	2.486	58.2	87.0	50.6	(2)
40%	9	1.930	48.8	82.3	46.2	
	10	1.913	53.2	83.9	49.6	
25%	11	1.259	26.2	75.6	19.8	
	12	1.242	31.2	77.2	24.1	
Vazio	13					
	14					

ENSAYO 06-AA 06-AA 06-BA 06-BA

DATA 22/05/72 06/06/72 24/05/72 29/05/72

OBS: (1) -> 06-BA (24/05/72)
(2) -> 06-AA (06/06/72)

63		06	13	3	06-02	
100%	1	4.425	70.4	89.1	62.8	
	2	4.391	69.1	87.6	62.6	
85%	3	3.729	68.6	91.4	62.7	
	4	3.703	66.9	91.7	61.0	
70%	5	3.109	65.0	90.9	59.1	
	6	3.118	62.9	90.4	56.0	
55%	7	2.452	58.7	84.4	47.8	(1)
	8	2.503	58.7	90.1	52.9	(2)
40%	9	1.764	48.8	82.3	46.2	
	10	1.730	48.0	88.3	43.4	
25%	11	1.132	26.2	75.6	19.8	
	12	1.128	29.5	77.1	19.6	
Vazio	13					
	14					

ENSAYO 06-AA

DATA 22/05/72

PLANILHA 4

OBS: (1) -> 06-A
(2) -> 06-A (57.7)