



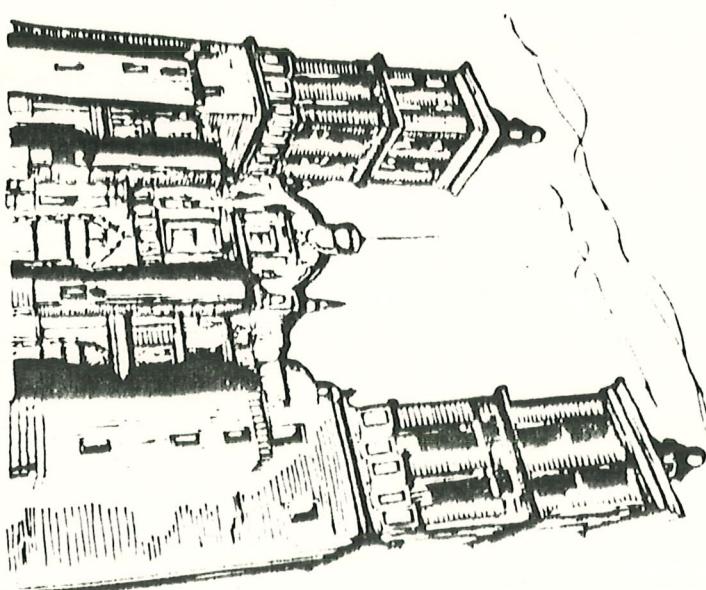
IV Congreso

Latinoamericano

de

Control Automático

26 al 30 de Noviembre de 1990



PUEBLA

ESTADOS UNIDOS
Méjico
BRAZIL
ARGENTINA
URUGUAY
CHILE
PERU
BOLIVIA
PARAGUAY
Ecuador
Colombia
VENEZUELA
Honduras
Nicaragua
Costa Rica
Panamá

Memorias
Vol 2

Mat. 810130

SYSNO 810130
PROD 000093
ACERVO EESC

A SIMULAÇÃO DA MÁQUINA EM CORRENTE CONTÍNUA A PARTIR DA DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS POR
MÉTODO NÃO CONVENCIONAL

Paulo Roberto de Aquiar
Departamento de Engenharia Elétrica
Universidade Estadual Paulista - Campus de Bauru
Ivan Rotta
Departamento de Eletricidade
Escola de Engenharia de São Carlos - USP

RESUMO. Com os escopos de reduzir os custos com protótipos e aumentar as precisões das simulações, estamos desenvolvendo e analisando procedimentos laboratoriais e modelos matemáticos para máquinas de açãoamento e as simulações de sistemas automáticos. Neste trabalho, determinamos os parâmetros por técnicas mais precisas, através de um processamento das medidas efetuadas no laboratório. De posse destes parâmetros, os incorporamos a um programa de simulação, que desenvolvemos a partir do modelo matemático da máquina de excitação independente. Uma comparação é feita entre os resultados obtidos da simulação e os resultados do ensaio realizado com o motor de corrente contínua.

ABSTRACT. In order to reduce the costs with prototypes and increase the accuracy of the simulation, we developed and analysed laboratory proceedings and mathematical models for the driving machine and automatic systems simulation. In this work we determined the parameters using more accurate technique, through the processing of the measurements taken in the laboratory. Using this parameters, a simulation program was developed from the mathematical model of the separately excited dc machine. A comparison was done between the simulation results and laboratories tests results with the motor.

KEYWORDS. Simulation of DC machines; experimental parameters determinations

INTRODUÇÃO

A determinação experimental de parâmetros de máquinas de corrente contínua por métodos convencionais é um tanto quanto dispendiosa e de árduo trabalho, pois geralmente é necessário que se faça um ensaio para cada parâmetro a ser determinado.

Neste trabalho, utilizamos a técnica descrita por Pasek (Lord, 1974) para a determinação de todos os parâmetros de um modelo linear (incluindo atrito de ventilação e atrito viscoso) de um motor de corrente contínua excitação independente de média performance, onde apenas um ensaio é necessário. Elaboramos um programa computacional para a solução das equações transcendentes envolvidas na determinação dos parâmetros. Posteriormente, fizemos um modelamento da máquina de corrente contínua, implementando-o em um programa de simulação digital. Dessa forma, pudemos realizar uma comparação dos resultados da simulação e os resultados dos ensaios feitos com o motor de corrente contínua.

A OBTERIÇÃO DOS PARÂMETROS

As Equações e o Programa

As medidas com millíampermíetro, estroboscópio, e osciloscópio, permitem-nos as obtenções da corrente de regime (I_1); da corrente para a menor velocidade (I_{d2}); a velocidade angular final (ω_f) e as cor-

rentes $i(2t_1)$ e $i(t_1)$.

De posse destes valores, obtemos os demais valores por cálculos incorporados ao programa, cujo fluxograma consta da figura 1, que sintetizamos nas seguintes expressões:

$$I_{sc} = \frac{[i(t_1)]^2}{i(2t_1)} \quad (1)$$

$$RC = \frac{[i(2t_1)]}{i(t_1)} \quad (2)$$

$$K' = 1 - \frac{i(t_{d2})}{I_{sc}} \quad (3)$$

$$K = \left(1 - \frac{I_{ss}}{I_{sc}} \right) / K' \quad (4)$$

Para o caso sobreamortecido:

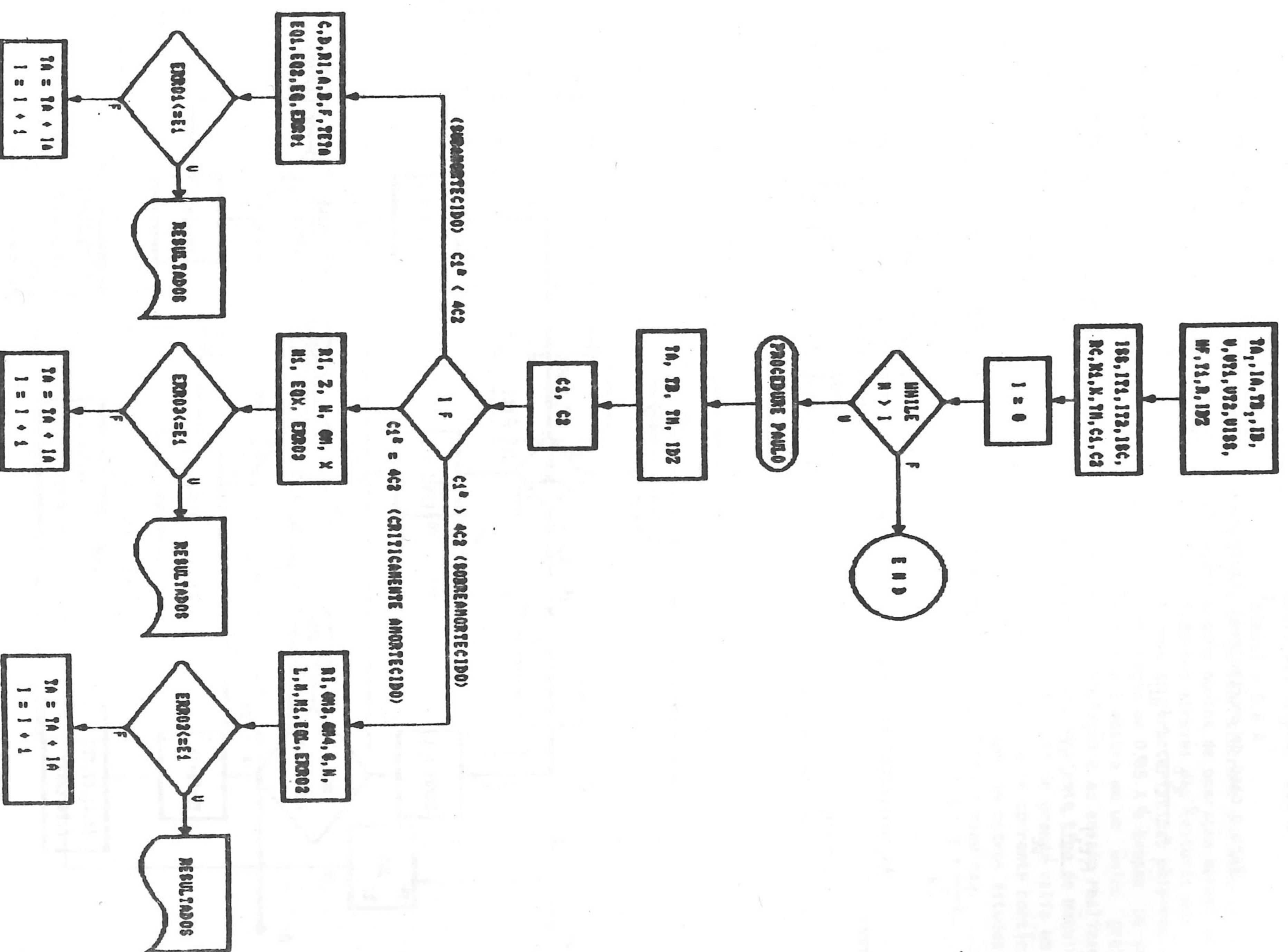
$$t_1 = \frac{\ln \left(\frac{1 + \tau_b y_4}{1 + \tau_b y_3} \right)}{y_3 - y_4} + t_{d2} \quad (5)$$

$$\frac{i(t_1)}{I_{sc}} = 1 - KK' + \frac{K'}{y_3 - y_4} \left[(1 - K)y_4 + \frac{1}{\tau_a} \right].$$

$$t_1 = \frac{\arctg \left[\frac{-d}{c + 1/\tau_b} \right]}{\tau} + t_d \quad (7)$$

$$e^{y_3(t_1 - t_{d2})} - \frac{k'}{y_3 - y_4} [(1 - k)y_3 +$$

$$+ \frac{1}{a} \left[e^{y_4(t_1 - t_{d2})} \right] \quad (6)$$



Para o caso subamortecido:

$$\frac{i(t_1)}{I_{sc}} = 1 - K' + \frac{K'}{\tau_{ad}} e^{\frac{c(t_1 - t_{d2})}{\tau_{ad}}} \sin[d(t_1 - t_{d2})] +$$

$$+ K'(1 - K) \cdot (1 - \frac{\sqrt{c_2}}{d} e^{\frac{c(t_1 - t_{d2})}{\sqrt{c_2}}})$$

$$\cdot \frac{\cos[d(t_1 - t_{d2}) + \theta]}{d} \quad (8)$$

Para o caso de amortecimento crítico:

$$t_1 = \frac{2\tau_a b}{\tau_b - \tau_a} + t_{d2} \quad (9)$$

$$\frac{i(t_1)}{I_{sc}} = 1 - KK' + K'[K - 1 + \frac{\tau_a + \tau_b}{\tau_a - \tau_b}].$$

$$\cdot (\frac{1}{\tau_a} + y - y^k) \cdot e^{y(\tau_a + \tau_b) / (\tau_a - \tau_b)} \quad (10)$$

As constantes serão definidas da seguinte forma:

$$c = -0,5c_1$$

Tensão = 40,7V = V
Rotação = 370 rpm = ω_f
Corrente para a menor velocidade = 0,68 A = $I(t_{d2})$
Tempo para o pico = 39 ms = t_1
Tensão de pico (t_1) = 67 mV = $V(t_1)$
Tensão no dobro do tempo ($2t_1$) = 560 mV = $V(2t_1)$

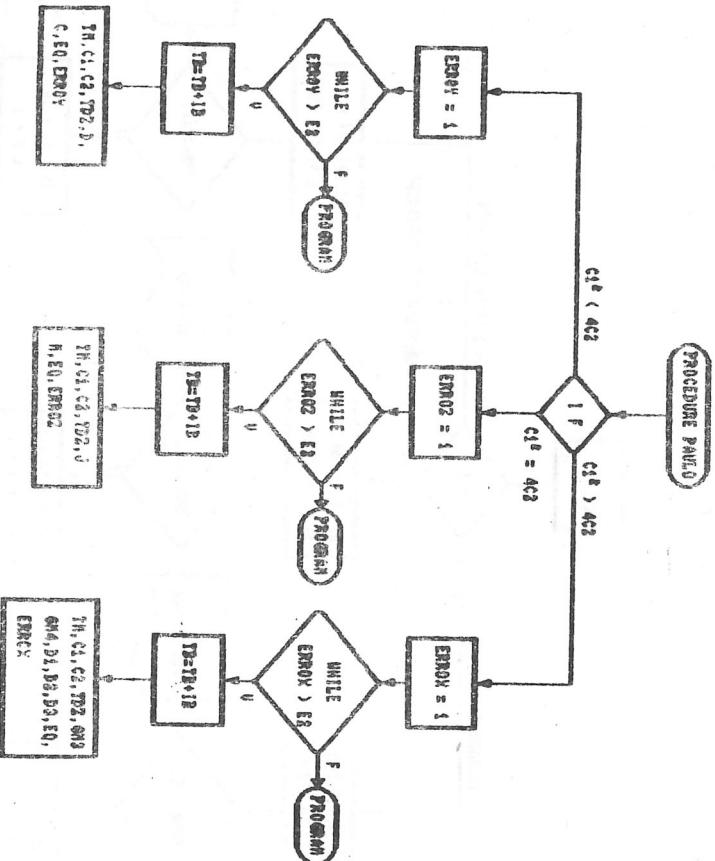


Fig. 2. Subrotina do programa Pasek.Pas

Tensão em regime = $52 \text{ mV} = V(I_{ss})$
Resistor do sensor = $0,0047 \Omega \approx R$

Os Resultados

Do programa e das equações obtivemos:

$$\begin{aligned} R_a &= 2,37 \Omega \\ L_a &= 33,45 \text{ mH} \\ K_e &= K_T = 982,68 \times 10^{-3} \text{ V.s/rad} \\ J &= 57,31 \times 10^{-3} \text{ N.m.s}^2 \\ B &= 10,81 \times 10^{-3} \text{ M.m.s} \\ T_f &= 668,22 \times 10^{-3} \text{ N.m} \end{aligned}$$

A SIMULAÇÃO

Não obstante tenhamos desenvolvido modelos matemáticos mais precisos, utilizamos neste trabalho o seguinte modelo:

$$\frac{d}{dt} \begin{vmatrix} \lambda_c \\ \lambda_a \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} v_c \\ v_a \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} r_c i_c \\ r_a i_a \end{vmatrix} - \Omega \begin{vmatrix} 0 \\ g_i c \end{vmatrix} \quad (11)$$

$$\frac{d\Omega}{dt} = \frac{1}{J} (G_i c_a - T_L - T_f \cdot B_a) \quad (12)$$

O fluxograma da simulação estão na figura 2 e 3, resultados nas figuras 3 e 4.

COMPARAÇÃO (Simulação X Experimental)

Com a finalidade comprovarmos a validade dos parâmetros determinados pela técnica utilizada, elaboramos um ensaio com um motor de corrente contínua excitação independente com as seguintes especificações:

MCC ANEL S.A.
Tipo GC1 - 4 - B3/4
220V, 9,1 A, 2kW, 1800 RPM
 $I_c(\max) = 0,6 \text{ A}$

Acoplado a um gerador síncrono que simulava a carga, obtivemos alguns pontos de operação normal da máquina, permitindo-nos através das leituras dos instrumentos, obtermos as características externas da máquina para excitação de 0,35 A e tensão de armadura de 220 V. A figura 5 mostra em um único gráfico as curvas devido à simulação e ao ensaio realizado, onde podemos observar que, para este tipo de máquina, a técnica utilizada pode ser de grande valia em estudos de projetos de máquina de corrente contínua de média performance, bem como em outros estudos relacionados com o controle dessas máquinas.

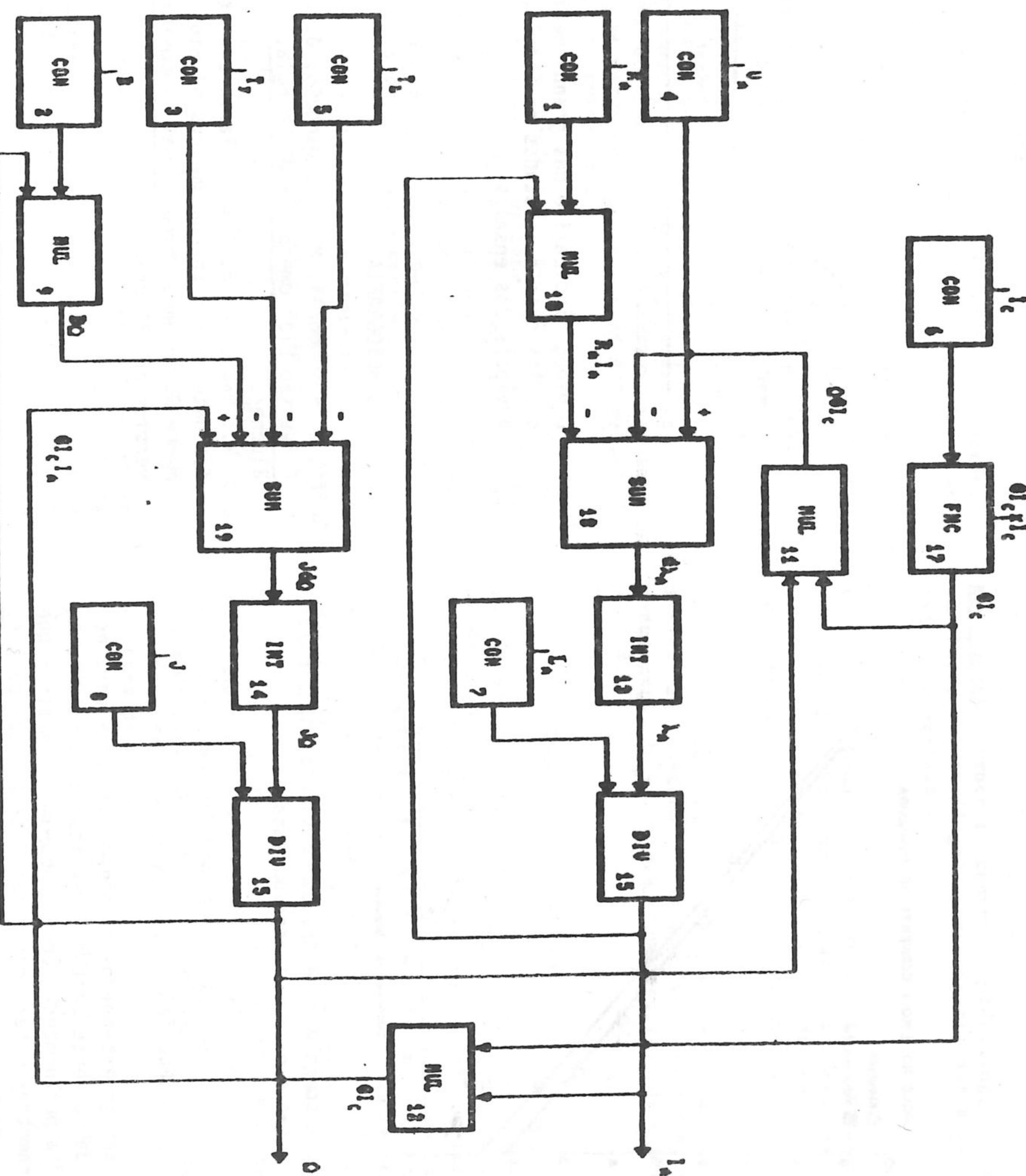


Fig. 3. O diagrama de blocos do programa de Simulação da máquina de corrente contínua.

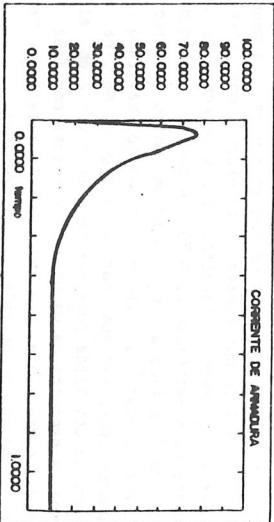
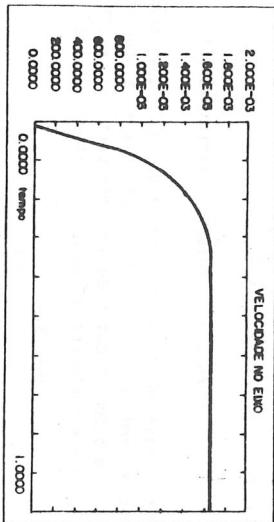


Fig. 4. Os resultados da simulação para excitação de 0,35 A.

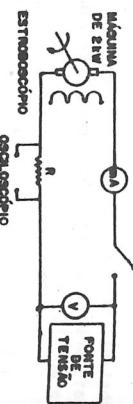


Fig. 6. O esquema do trabalho experimental.

As curvas obtidas no osciloscópio permitiram-nos as obtenções dos valores relatados no ítem: os dados advindos dos ensaios.

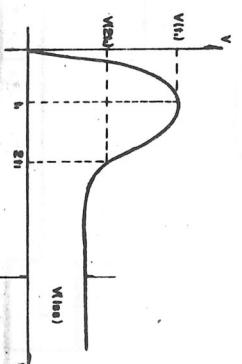


Fig. 7. O esboço indicativo das grande medidas no osciloscópio e relatadas no ítem: os dados advindos dos ensaios.

BIBLIOGRAFIA

- Boffi, L. V.; Sobral, M. Jr.; Dangelo, J. C. (1977), Conversão Eletromecânica de Energia. Ed. E. Blucher.
- Lord, W.; Hwang, L. H. (1974). Pasek's technique for determining the parameters of High-Performance DC motors. Third Annual Symposium. University of Illinois.

CONCLUSÃO

Neste artigo extendemos a técnica de Pasek para motores de corrente contínua excitação independente de média performance, onde procuramos os parâmetros determinados por esta técnica para este tipo de máquina, trazendo resultados que podem ser considerados satisfatórios para muitas aplicações, onde se pode ver através da comparação feita entre os resultados da simulação e os resultados experimentais.

Embora o programa computacional desenvolvido para a simulação da máquina de corrente contínua produza informações acerca dos transistórios da máquina, estes não foram estudados aqui, podendo ser feito posteriormente em outro trabalho.

APÊNDICE

Para as determinações experimentais utilizamos o esquema abaixo indicado: