Técnica de medida

Medição de caudal e determinação do ponto de funcionamento do ventilador de uma máquina rotativa (*)

OLIVÉRIO SOARES (**)

Engenheiro Electrotécnico (U. P.)

INTRODUÇÃO

Trata-se dum ensaio que surge nos protótipos e que se repete para as unidades da série em fabrico.

Em geral, desde que a potência atinja a ordem das dezenas de quilowatts ou os arranques sejam frequentes, a máquina tem incorporado um ventilador.

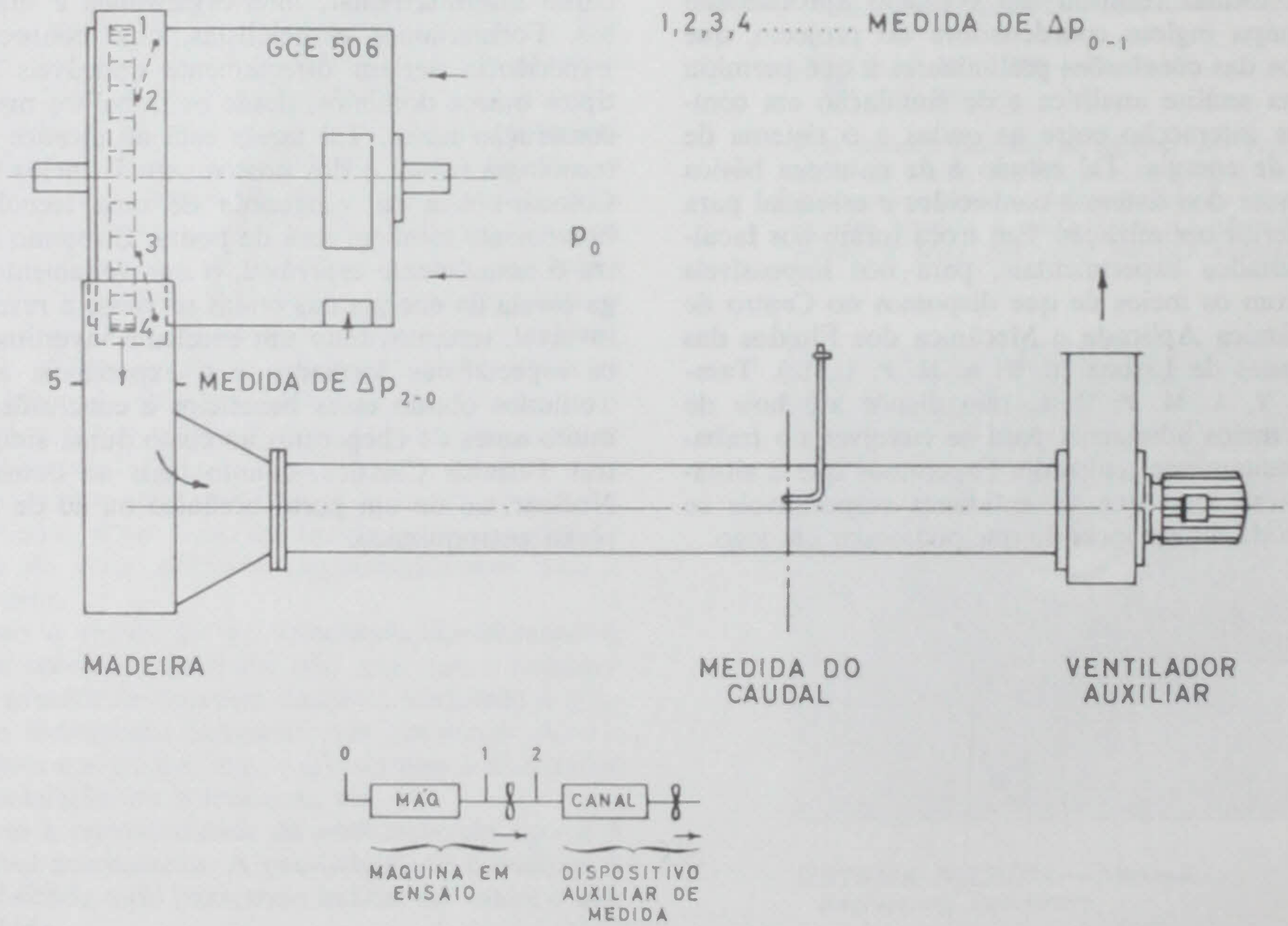
Necessita-se, porém, conhecer o ponto de funcionamento.

TÉCNICA DE MEDIÇÃO

O processo seguido, consiste em colocar um dispositivo auxiliar de medição acoplado à máquina:

— Um canal com um ventilador auxiliar, destinado a aspirar o ar.

São montadas sondas tubulares, em vários pontos, para medição da pressão contra as paredes condutoras do ar, e é medido o caudal, por processo dinâmico. Um



(*) Extraído do Relatório de Estágio, realizado em 1966.
(**) Universidade do Porto.

			A	B	Média	1	2	3	4	Média	
Rot/min	Posição ventilador auxiliar	m³/s	Kp/m²	Kp/m²	Kp/m²	Kp/m²	Kp/m²	Kp/m²	Kp/m²	Kp/m²	Kp/m²
0	1	0,52	–28,5	–31,5	–30,0	4,6	5,5	4,9	6,2	5,3	–24,7
	2	0,42	–20,9	–23,2	–22,0	3,4	4,5	3,5	4,5	4,0	–18,0
	3	0,335	–14,5	–15,9	–15,2	2,5	3,2	2,5	3,3	2,9	–12,3
	4	0,245	– 7,0	– 7,75	– 7,37	1,3	1,7	1,35	1,7	1,5	– 5,9
1000	1	0,33	26,5	33,5	30,0	3,0	3,8	4,2	5,9	4,2	34,2
	2	0,28	30,0	34,5	32,2	2,2	2,75	3,2	4,4	3,1	35,3
	3	0,185	34,3	39,5	36,9	1,4	1,7	2,1	2,5	1,9	28,8
	4	0,107	38,5	44,5	41,5	0,8	1,0	0,9	1,0	0,9	42,4
	5	0	41,0	45,0	43,0	0,1	0,9	0,3	1,0	0,55	43,5
	6	0,645	–3,1	10,7	6,9	0,3	0,3	8,9	14,7	10,5	17,4
	7	0,445	15,0	26,0	20,5	4,4	6,0	6,4	9,8	6,6	27,1
2000	1	0,91	82,5	122	102	13,5	18,3	19,3	30,8	20,5	122,5
	2	0,7	112,5	140,5	126,5	9,4	12,0	13,0	18,5	13,2	139,7
	3	0,576	130	153	141,5	7,1	8,5	9,7	14,0	9,8	151,3
	4	0,435	144	168	156	4,3	5,3	5,5	8,2	5,8	161,8
	5	0,42	160	181	170,5	1,0	2,8	0,5	4,1	2,1	172,6
	6	0	173	184	178,5	–2,0	6,2	0,3	6,6	2,8	181,3
600	1	0	–16,5	–11,5	–14	6,5	7,0	6,5	10,0	7,5	–6,5
	2	0,585	0,4	5,4	2,9	3	3,5	3,5	5,5	3,9	6,8
	3	0,39									9,5
	4	0,265									12,5
	5	0,165									15,5

Fig. 2

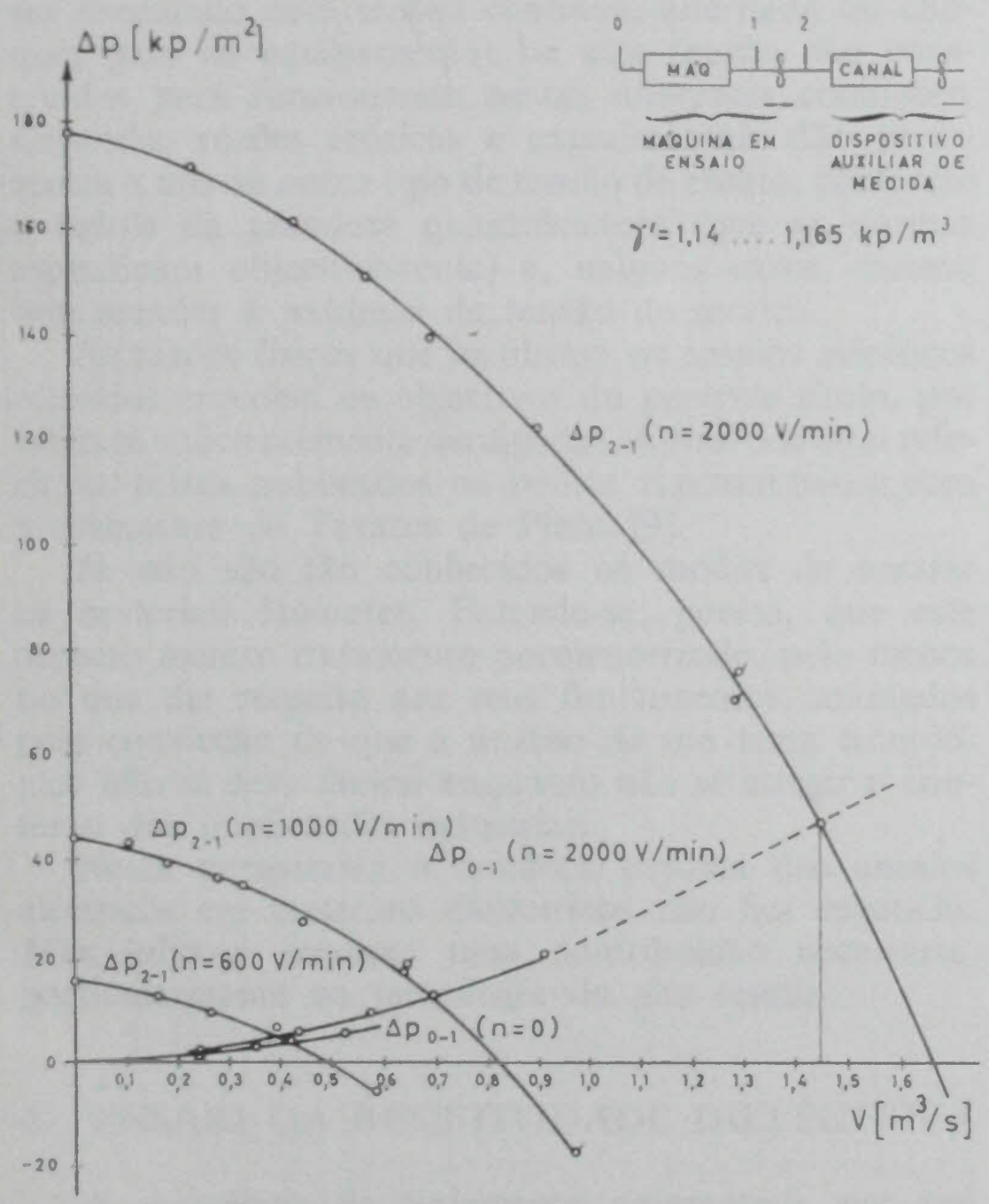


Fig. 3

tubo de Pitot determina a pressão em vários pontos duma secção recta do canal. Determina-se a média da raíz quadrada da pressão, e por aplicação do Teorema de Bernouilli obtém-se a velocidade média do ar, e bem assim o caudal.

A distribuição dos pontos de medida na secção recta do canal, é escolhida segundo o critério que se confirmou através da prática, conduzir ao erro mínimo, com menor número de leituras. São distribuidos em dois eixos ortogonais, e de modo a delimitarem áreas iguais, definidas por sectores das coroas circulares na secção recta do canal.

O ventilador auxiliar, começa por ter a saída completamente fechada, e depois vai-se abrindo gradualmente essa saída.

Medem-se, então, a pressão ou diferença de pressão (fig. 1), depois do ar entrar na máquina (sondas 1, 2, 3 e 4), e quando já passou no ventilador (sonda 5). Tem-se por soma o ganho de pressão com o ventilador.

O ponto de funcionamento corresponde a termos a mesma pressão de entrada e saída, a pressão atmosférica. Isto é:

$$\Delta P_{0-1} = \Delta P_{2-1}$$

Fica-se então de posse do volume de ar, que passa pela máquina.

Isso permite estimar o calor transportável e apreciar o funcionamento sob o ponto de vista térmico da máquina.

A expressão de Bernouilli, para um fluído incompressível, não viscoso, e movimento irrotacional é:

$$v = \sqrt{\frac{2p}{\rho}}$$

Corresponde esta expressão a uma boa aproximação, para as necessidades de medida, em máquinas rotativas de ventilador acoplado.

O valor de p é medido em milímetros de água, em geral, mas sendo:

1 mm WS = 735,539 × 10^{-4} Torr
1 mm Hg = 1, 000 000 14 Torr

O valor de ρ, é dado pela expressão:

$$\rho = 0{,}001\,293\,0 \frac{273}{273+t} \frac{P}{760} \text{ kg/dcm}^3$$

com:

t [°C]
p [mm Hg]

Formulários já estabelecidos, permitem a determinação de *v*, e do caudal, determinando-se sobre o gráfico o ponto de funcionamento.

EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Determinação do ponto de funcionamento do ventilador dum gerador de corrente contínua, à velocidade de rotação de 2000 rotações por minuto (fig. 2 e fig. 3). ■

BIBLIOGRAFIA SUMÁRIA

MAUDUIT, A.: «Machines Electriques» Dunod, Paris, 1931.

LIWSCHITZ, M.: «Calcolo e Determinazione Delle Machine Elettriche» Ulrico Hoepli Milano, Itália, 1952.

CARR, L. H. A.: «The Testing of Electrical Machines» MacDonald, London, 1960.

The Electrical Engineer's Reference Book George Newnes Limited, London, 1964.

COTTON, H.: «Electrical Technology» Pitman Press, London, 1965.

JEVONS, M.: «Electrial Machines Theory» Blackie & Son Limited, London, 1966.