TESE
54

-54
.IRAZ

Inhaúma Neves Ferraz

Desvio Real de um Fluxo Provocado por Grades Fixas

Tese apresentada ao Departamento de Mecânica e ao Curso de Pós-Graduação da Escola Federal de Engenharia de Itajubá, como parte dos requisitos para obtenção do título de "MESTRE EM CIÊNCIAS".

ITAJUBÁ
Estado de Minas Gerais - Brasil
1974

Escola Federal de Engenharia de Itajubá - BIBLIOTECA

.- INHAÚMA NEVES FERRAZ -.

DESVIO REAL DE UM FLUXO PROVOCADO POR GRADES FIXAS

Tese apresentada ao Departamento de Mecânica e ao Curso de Pós-Graduação da Escola Federal de Engenharia de Itajubá, como parte dos requisitos para obtenção do título de "MESTRE EM CIÊNCIAS".-

Itajubá

Estado de Minas Gerais - Brasil

1974

Class. 62-135:621.165:621.634(043.2)
Cutt. F381d
54

ANEXO I

PRONUNCIAMENTO DA COMISSÃO EXAMINADORA

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, nomeada por Portaria nº 13 de 02 / 10 / 74, considerando o resultado do Julgamento da Prova de Defesa pública de Dissertação de Mestrado intitulada:

" Desvio real de um fluxo provocado por grades fixas"

apresenta pronunciamento no sentido de que a Coordenação da Comissão de Pós-graduação da Escola Federal de Engenharia de Itajubá solicite, ao Senhor Diretor, a expedição do título de Mestre em Ciencias, na Área de Concentração de ENGENHARIA MECÂNICA

satisfeitas as demais exigencias regimentais à INHAUMA NEVES FERRAZ

Itajubá, 26 de outubro de 1974

1º Examinador
Prof.: Richard Bran

2º Examinador
Prof.: Valdyr Alfredo Panneitz

3º Examinador - Presidente
Prof. Zulcy de Souza - Orientador

1 - SUMÁRIO

O fenômeno do desvio de um jato na saída de um sistema de grades fixas é bem conhecido e estudado em turbinas à vapor.

Todavia, em ventiladores axiais tal estudo é menos - amplo.

Este trabalho ressalta as teorias existentes que buscam caracterizar e prever o desvio (asa de sustentação, conservação da impulsão e continuidade).

Além disso, visando uma comprovação experimental foi montado um banco de ensaio especial para o estudo do fluxo em ventiladores axiais.

Mereceu especial destaque a catalogação e descrição dos equipamentos empregados na caracterização do movimento dos / fluidos.

Segue-se à apresentação dos resultados dos ensaios em forma tabular, a computação dos dados através de programas de regressão polinomial visando estabelecer correlação entre as variáveis em presença.

Na parte conclusiva encontram-se constatações das influências da velocidade do fluxo, da interação aleta-pá móvel, da presença de confinamento lateral além da verificação do alongamento da esteira do cubo e da adequação das teorias à máquina em tela.

1 - A B S T R A C T

The phenomenon of the yaw of a jet upon its exit from a fixed grade system, is well known and studied, as relates to steam turbines.

However, in the case of axial ventilators, this kind of study has been less ample.

This thesis discusses existing theories which attempt to characterize and foresee the yaw (sustentation wing, impulsion and continuity laws).

Besides this, with the intention of providing experimental evidences, a special testing bench was constructed in order to study the flux of axial ventilators.

It was felt that cataloging and description of equipment used for the characterization of fluid motion, have merited special attention, and this study reflects that judgment.

Upon this follows the presentation of the results of the experiments in tabular form, a computation of data through polynomial regressions programs, which had the purpose of establishing the correlation between existing variables.

In the concluding part of the study, one will find verifications concerning the influences of the velocity of the flux, the interaction of the movable and stationary blades, the presence of lateral confinements, besides the verification of the elongation of the wake of the cube and the accomodation of existing theories to the machine under discussion.-

A G R A D E C I M E N T O

A apresentação desta tese deveu-se ao apoio do Diretor da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Professor Antonio Gilberto Filippo Fernandes, à orientação dos Senhores professores ZULCY DE SOUZA E RICHARD BRAN, bem como ao interesse e dedicação da equipe do Laboratório de Aerodinâmica de IPD, em particular dos Engenheiros SADAHAKI UYENO e MINORU KURIBAYASHI e do Técnico MATSUO CHISAKI.

A eles nosso reconhecimento e gratidão.-

INDICES ADOTADOS

1, 2, 3, 4, 5 e 6 indicam determinados locais nos aparelhos e máquinas, como indicado na Figura 1.

0, 1, 2, 3, 4 e 5 indicam tomadas de pressão na sonda - direcional de pressão empregada no ensaio.

s - significa isentrópico ou relativo à velocidade do som

m - significa meridional ou molecular

S - significa aplicada à superfície

f - significa de fluxo

t - significa total

r - significa de referência

c - significa o centro da veia fluída

estag - significa de estagnação

estat - significa estática

R - significa de Reynolds

S I M B O L O G I A

C - velocidade absoluta

C_m componente na direção meridional ou meridiana

c_u componente na direção tangencial ao rotor

c componente na direção do escoamento não perturbado

u - velocidade tangencial do rotor, velocidade tangencial

w - velocidade relativa

β - ângulo que forma a velocidade u com a velocidade w

M - massa de fluído, número de Mach

$\dot{M}$ - fluxo de massa de flúído na unidade de tempo

V - volume de fluido

$\dot{V}$ - vazão

Q - vazão, quantidade de calor

a - largura de um canal entre aletas

b - profundidade de um canal entre aletas

v - volume específico, velocidade

t - largura, oblíqua, de um canal entre aletas

α - ângulo que forma a velocidade u com a velocidade c, ou seu complemento

A - área

ρ - massa específica

F - força

δ - ângulo do desvio do jato

N - número

U - energia interna

W - trabalho

K - energia cinética

... cont

P - energia potencial

h - entalpia

p - pressão

ζ - coeficiente de perdas

k - constantes dos gases (razão entre os calores específicos à pressão constante e à volume constante)

R - constante universal dos gases

T - temperatura absoluta

x,y,z - eixos coordenados cartesianos

ψ - ângulo do fluxo com o plano xz

θ - ângulo do fluxo com o plano xy

q - pressão dinâmica

φ - função

Δ - variação de grandezas

ÍNDICE

1 - Sumário III

2 - Objetivo 1

3 - Conceituação do fenômeno 2

4 - Teorias existentes sobre o fenômeno 3

4.1 - Teoria da asa de sustentação 3

4.2 - Teoria da lei da continuidade 4

4.3 - Teoria da lei da impulsão 8

4.3.1 - Lei da Impulsão 8

4.3.2 - Escoamentos Subsônicos 10

4.3.3 - Escoamentos de Fluidos Aquecidos ... 11

4.3.4 - Escoamentos na Proximidade do Super som 13

5 - Aparelhos para caracterização do movimento de fluidos 14

5.1 - Introdução 14

5.2 - Opção de anemômetro 16

6 - Equipamento empregado 16

7 - Descrição dos ensaios 21

7.1 - Calibração da sonda direcional de pressão .. 21

7.1.1 - Considerações iniciais 21

7.1.2 - Sequência de ensaio 21

7.1.3 - Funções de calibração 23

7.1.4 - Sequência a adotar no método direto. 27

7.2 - Montagem do banco de ensaios 27

7.3 - Coleta de dados 31

7.4 - Apresentação dos resultados obtidos 33

8 - Manipulação dos dados coletados 92

9 - Conclusões 154

10 - Anexo 1: Fotografias do banco de ensaios 158

11 - Anexo 2: Sondas direcionais 162

12 - Bibliografia 179

ÍNDICE DAS FIGURAS

FIGURA	DESCRIÇÃO	PÁGINA
1	Corte periférico de máquinas de fluxo ...	5
2	Desvio do jato em grades fixas	6
3	Desvio pela teoria da asa de sustentação.	7
4	Desvio pela continuidade e impulsão	9
5	Caracterização da direção do movimento de um fluido	15
6	Sonda direcional empregada nos ensaios ..	17
7	Pitot padrão 7 mm	18
8	Pitot de referência de 4 mm	19
9	Calibração da sonda	22
10	Ângulo θ em função das pressões na sonda.	24
11	Pressão estática em função das pressões na sonda	25
12	Pressão total em função das pressões na sonda	26
13	Montagem "A" do banco de ensaios	28
14	Montagem "B" do banco de ensaios	29
15	Identificação dos pontos estação	30
16	Ângulo β_3 na montagem A	150
17	Ângulo β_3 na montagem B	151
18	Ilustração do desvio médic	152
19	Ajustamento da componente meridiana para evitar choque	153
20	Erros em sondas	165
21	Sondas de dedos	167
22	Sondas cilíndricas	169
23	Sondas esféricas	170
24	Sondas hemisféricas	171
25	Sondas cuneiformes	173
26	Sondas de tubos paralelos (múltiplos) ...	174
27	Anemômetros de fio quente	176
28	Tufts	178

2 - OBJETIVO

Observa-se experimentalmente que, em máquinas de fluxo axiais, o desvio provocado pelas aletas diretoras não coincide, de maneira geral, com a diferença entre os ângulos de entrada e saída na aleta.

Em consequência, se os rotores colocados "a jusante" dessas grades tiverem seus ângulos de entrada ajustados aos ângulos de saída das aletas, haverá o surgimento de componentes acelerado-/ras ou retardadoras do fluxo - o conhecido fenômeno de "choque de entrada". A presença das componentes de choque provocará perda de - potência pelo turbilhamento acarretado.

A otimização do rendimento destas máquinas exige, pois, um perfeito conhecimento das reais condições de escoamento no intervalo entre as grades fixas e móveis.

O objetivo deste trabalho é fornecer subsídios para o estudo do fenômeno em epígrafe, em particular para o grupo de trabalho do Prof. Richard Bran no Centro Técnico Aeroespacial.

3 - CONCEITUAÇÃO DO FENÔMENO

As máquinas de fluxo caracterizam-se por retirar trabalho do movimento de um fluido, quando motoras, ou por forçar um movimento do fluido quando geradoras. O escoamento dos fluidos é alterado, quer em direção, quer em velocidade, pela adoção, entre outros processos, de sistemas de grades fixas e móveis. As primeiras provocam mudanças de direção, além de efeitos de injetor ou difusor. As últimas impelem o fluxo ou são por ele impelidas. Na interação de um sistema de grades fixas, com um fluido em movimento, vários fenômenos podem ser observados:

a) - Há u'a mudança de direção do fluxo causada pela reação de cada aleta da grade. Esta reação é absorvida elasticamente pela carcaça da máquina ou suas fundações em casos extremos;

b) - Surge uma variação da velocidade absoluta devida ao fator de estrangulamento que diminui a seção de vazão;

c)- Podem surgir, dependendo da configuração das aletas, fenômenos de injeção ou difusão;

d) - No caso de saída normal, a nova direção do fluxo deve coincidir, com a do eixo das aletas;

e) - No caso de saída oblíqua, a nova direção do fluxo não deve coincidir com a do eixo das aletas, como se demonstra a seguir.

Como finalidade específica dos sistemas de grades fixas objetiva-se introduzir no fluxo, ou dele retirar, uma componente normal ao eixo da máquina, tangencial ao seu rotor. Esta finalidade só pode ser obtida com saída oblíqua. Por conseguinte, na saída de um sistema como este, a direção do movimento do fluxo não deve coincidir com o eixo das aletas. A real direção do fluxo torna-se importante no projeto de máquinas e sistemas, seja para adequar o ângulo de entrada das pás da grade móvel ao movimento, quando ocorrer, seja para minimizar os esforços sobre a estrutura do equipamento quando a grade fixa for a última na direção da trajetória. No caso de grades móveis, sucedendo grades fixas na direção do fluxo, a inadequação dos ângulos de entrada no rotor aos do movimento provoca o surgimento de componentes de choque.

No estudo das máquinas de fluxo é fundamental a pesquisa do comportamento da corrente nas arestas de entrada e saída

... cont

das pás. Objetivando simplificar a identificação de pontos importantes das máquinas, convém estabelecer correspondência entre algarismos e esses pontos (referência 1).

Assim, a correspondência abaixo poderá ser utilizada

Ponto	Situação
1	Anterior a entrada na grade fixa
2	Término da grade fixa
3	Intervalo entre a grade fixa e a grade móvel
4	Entrada da grade móvel
5	Saída da grade móvel
6	Posterior à saída da grade móvel
6'	Posterior a 6

4 - TEORIAS EXISTENTES SOBRE O FENÔMENO

4.1 - Teoria da asa de sustentação

Com o advento de elevadas velocidades angulares dos rotores cresce a influência do atrito e em consequência convém reduzir o número de pás ou aletas (referência 2).

Quando o número de pás é pequeno, cresce o passo e a interação entre pás é menor, tal como ocorre em turbinas, bombas e ventiladores axiais.

A teoria da asa de sustentação pretende aplicar às aletas e pás das grades de máquinas de fluxo a teoria do vôo, como se cada pá isolada fosse uma asa de avião.

Estudando a circulação em torno de um pá Kutta-Joukowsky imaginaram a hipótese de crescer indefinidamente o passo entre pás. Nesse caso manter-se-ia constante a circulação e, em consequência as velocidades na entrada e na saída da pá tenderiam a se confundir com a velocidade média do fluído.

Esta velocidade média estaria sobre o suporte de uma bissetriz dos ângulos de saída e de entrada.

E ainda, a velocidade do fluido fora da zona de in-/

... cont

fluência de perfil seria igual a média aritmética das velocidades de entrada e saída do perfil.

Dos triângulos de velocidade da figura 3 e com o concurso do princípio de Kutta-Joukowsky pode se sentenciar

$$tg\,\beta_\infty = \frac{C_m}{u + \frac{C_{1u} + C_{3u}}{2}} \qquad tg\,\beta_\infty = \frac{2\,C_m}{2u + C_{1u} + C_{3u}} \qquad (4.1\text{-}1)$$

4.2 - Teoria da Lei da Continuidade

A equação da continuidade estabelece que, o fluxo de massa através de uma superfície de controle, é igual à variação, por unidade de tempo, da massa que ocupa o volume de controle compreendido pela referida superfície de controle.

Para aplicação dessa teoria à regimes permanentes / supõe-se constante a massa de fluido que atravessa o volume de controle na unidade de tempo.

$$\dot{M} = C^{te} \qquad (4.2\text{-}1)$$

Observando-se as figuras anteriores, e considerando um volume de controle de profundidade b, normalmente ao plano da figura, a vazão pode ser expressa por

$$Q = b.a.c2 \qquad (4.2\text{-}2)$$

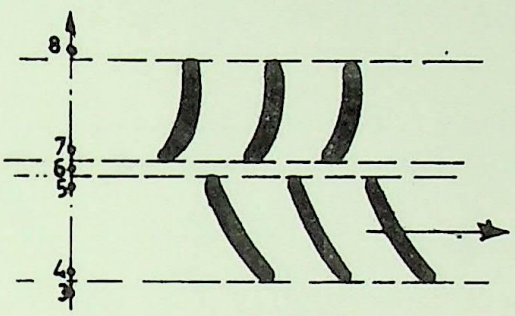
Chamando o volume que flui na unidade de tempo de $\dot{V}$

$$\dot{V} = Q = b.a.c2 \qquad (4.2\text{-}3)$$

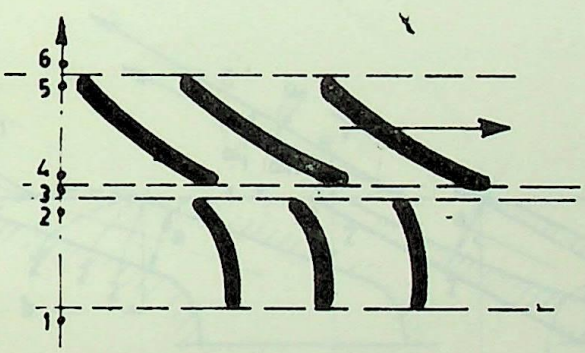
Chamando, outrossim de v o volume específico ou volume por unidade de massa

$$v = \frac{V}{M} \qquad (4.2\text{-}4)$$

... cont



ALETAS DEPOIS DO ROTOR



ALETAS ANTES DO ROTOR

FIGURA 1

CORTE PERIFÉRICO (GRADE) DE VENTILADORES AXIAIS

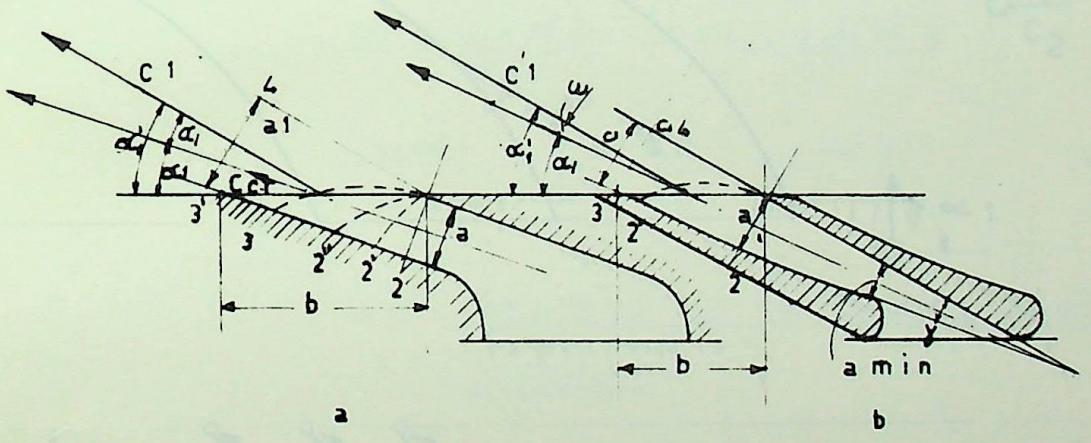


FIGURA 2

DESVIO DO JATO PROVOCADO POR GRADES FIXAS

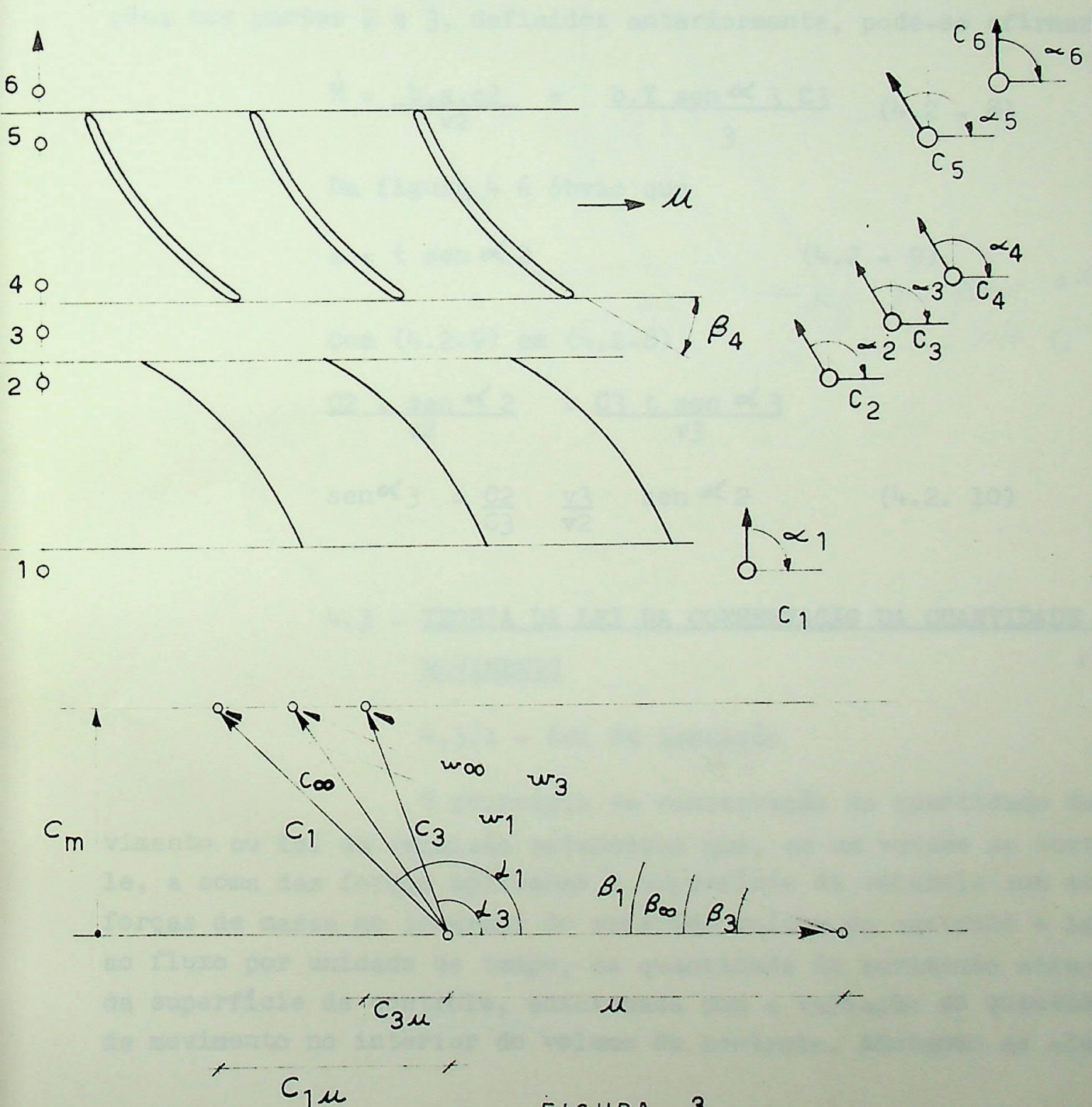


FIGURA 3

DESVIO PELA TEORIA DA ASA DE SUSTENTAÇÃO

E, na unidade de tempo

$$v = \frac{\dot{V}}{M} \quad \text{vazão} \qquad (4.2 - 5)$$

$$\dot{M} = \frac{\dot{V}}{v} \quad \text{vol específico} \qquad (4.2 - 6)$$

Comparando (4.2-1), (4.2-3) e (4.2-6) pode-se obter

$$\dot{M} = \frac{b.a.c2}{v2} \qquad (4.2 - 7)$$

onde v2 é o volume específico no ponto 2

Pela lei da continuidade e comparando-se as situa- / ções nos pontos 2 e 3, definidos anteriormente, pode-se afirmar

$$\dot{M} = \frac{b.a.c2}{v2} = \frac{b.T \operatorname{sen} \alpha 3 \; C3}{3} \qquad (4.2 - 8)$$

Da figura 4 é óbvio que

$$a = t \operatorname{sen} \alpha 2 \qquad (4.2 - 9)$$

Com (4.2-9) em (4.2-8)

$$\frac{C2 \; t \operatorname{sen} \alpha 2}{v2} = \frac{C3 \; t \operatorname{sen} \alpha 3}{v3}$$

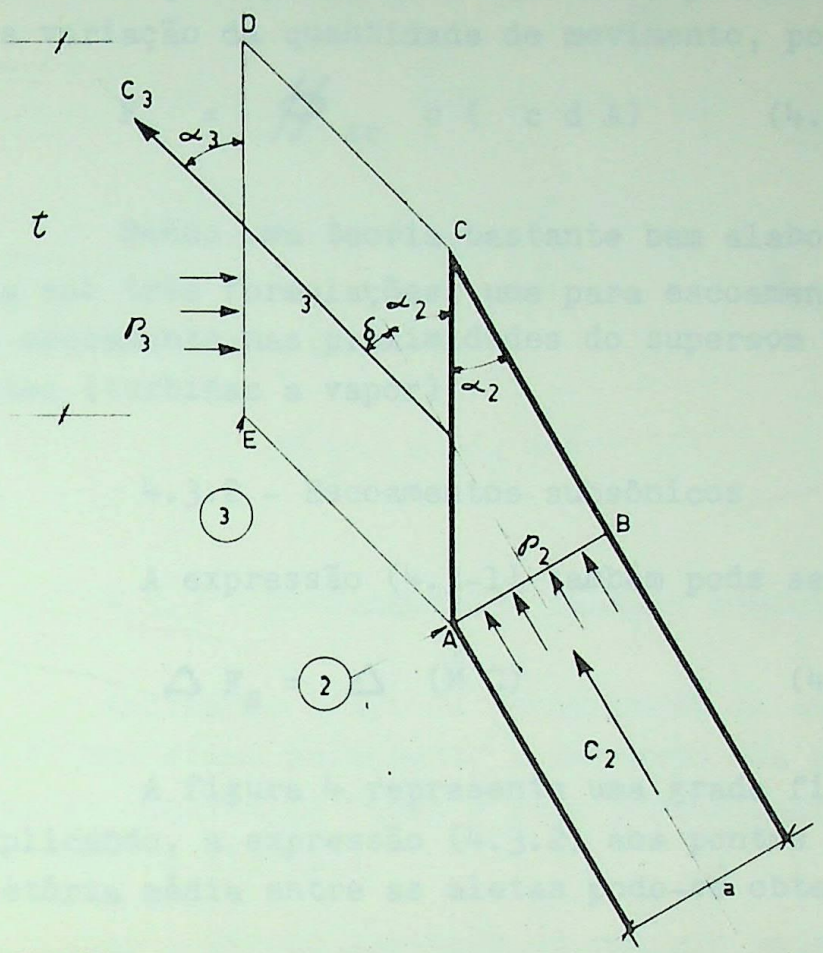
$$\operatorname{sen} \alpha 3 = \frac{C2}{C3} \; \frac{v3}{v2} \; \operatorname{sen} \alpha 2 \qquad (4.2.\ 10)$$

4.3 - TEORIA DA LEI DA CONSERVAÇÃO DA QUANTIDADE DE MOVIMENTO

4.3.1 - Lei de impulsão

O princípio da conservação da quantidade de movimento ou lei da impulsão estabelece que, em um volume de controle, a soma das forças aplicadas à superfície de controle com as / forças de massa no interior do referido volume de controle é igual ao fluxo por unidade de tempo, da quantidade de movimento através da superfície de controle, adicionada com a variação da quantidade de movimento no interior do volume de controle. Adotando as aletas

... cont



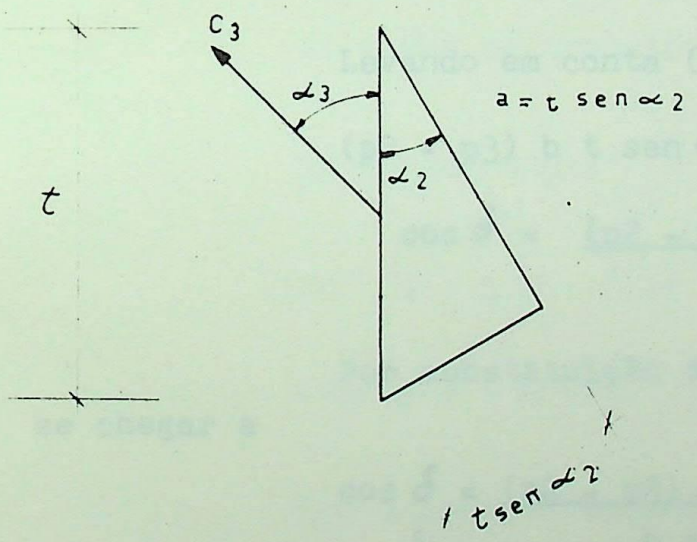


FIGURA 4

DESVIO PELA CONTINUIDADE E PELA IMPULSÃO

diretoras de um ventilador axial com eixo horizontal como volume de controle, a gravidade não influirá substancialmente no processo e não haverá forças aplicadas à massa. Desprezando as forças de - massa e a variação da quantidade de movimento, pode-se afirmar

$$F_S = \oint_{sc} c\,(\,c\,d\,A) \qquad (4.3.1)$$

Sendo uma teoria bastante bem elaborada pode-se encontrá-la sob três formulações: uma para escoamento subsônico, outra para escoamento nas proximidades do supersom e outra para fluxos quentes (turbinas à vapor)

4.3.2 - Escoamentos subsônicos

A expressão (4.3-1) também pode ser apresentada como

$$\Delta F_S = \Delta\,(\dot{M}'\,C) \qquad (4.3.2)$$

A figura 4 representa uma grade fixa de máquina de fluxo. Aplicando, a expressão (4.3.2) aos pontos 2 e 3 ao longo de uma trajetória média entre as aletas pode-se obter

$$p2\ a\ b - p3\ b\ t\ \text{sen}\,\alpha 2 = \dot{M}'\,(c3\ \cos\delta - c2) \qquad (4.3.3)$$

Levando em conta (4.2.9), vem

$$(p2 - p3)\ b\ t\ \text{sen}\,\alpha 2 = \dot{M}'\,(c3\ \cos\delta - c2)$$

$$\cos\delta = \frac{(p2 - p3)\ b\ t\ \text{sen}\,\alpha 2}{\dot{M}'\ c3} + \frac{c2}{c3} \qquad (4.3.4)$$

Por substituição do fluxo de massa de (4.2.8) pode-se chegar a

$$\cos\delta = \frac{(p2 - p3)\ b\ t\ \text{sen}\,\alpha 2}{\frac{b\ a\ c2\ c3}{v2}} + \frac{c2}{c3} \qquad (4.3.5)$$

ang. do escoamento de saída.

... cont

Nova aplicação de (4.2.9) leva a

$$\cos \delta = \frac{(p2 - p3)\ v2}{c2\ c3} + \frac{C2}{C3}$$

$$\cos \delta = \frac{1}{C3} \left[C2 + (p2 - p3) \frac{v2}{C2} \right] \quad (4.3.6)$$

$$\delta = \arccos \left\{ \frac{1}{C3} \left[C_2 + (p2 - p3) \frac{v2}{c2} \right] \right\} \quad (4.3.7)$$

Em consequência

$$\alpha_3 = \alpha_2 + \delta \quad (4.3.8)$$

4.3.3 - Escoamento de fluidos aquecidos

Aplicando a lei da conservação da energia para um sistema aberto com fluxo permanente e adotando uma pá (ou aleta) da grade fixa de máquina de fluxo e suas proximidades como volume de controle, pode-se afirmar:

a) - Não há variação de energia potencial;

b) - Não há troca de calor no volume de controle;

c) - Não há trabalho externo

Em consequência

de $Q = \Delta U + \Delta Wf + \Delta K + \Delta P + W$ (4.3.9)

vem $\Delta U + \Delta Wf = - \Delta K$ (4.3.10)

Por definição de entalpia

$h = u + pv \therefore \Delta h = \Delta U + \Delta pv$ (4.3.11)

Porém $\Delta Wf = \Delta pV$ (4.3.12)

(4.3.11 e (4.3.12) em (4.3.10)

... cont

permitem afirmar

$$\Delta h = - \Delta K \qquad (4.3.13)$$

Por unidade de massa, é expontâneo escrever

$$\Delta h = - \left(\frac{C3^2}{2} - \frac{C2^2}{2}\right) \therefore \qquad (4.3.14)$$

$$\therefore \frac{C3^2}{2} = \frac{C2^2}{2} + \Delta h \qquad (4.3.15)$$

Introduzindo a variação entálpica isentrópica h_s e o coeficiente de perdas ζ

$$\frac{C3^2}{2} = (1 - \zeta) \left(\frac{C2^2}{2} + \Delta h_s\right) \qquad (4.3.16)$$

As transformações adiabáticas e politrópicas fornecem para variação de entalpia

$$\Delta k = \frac{k}{k-1} (p2\ v2 - p3\ v3) = \frac{k}{k-1}\ p2\ v2 \left[1 - \frac{P3}{P2}\ \frac{V3}{V2}\right] \qquad (4.3.17)$$

Substituindo (4.3.17) em (4.3.16)

$$\frac{C3^2}{2} = \frac{C2^2}{2} + \frac{k}{k-1}\ P2\ v2 \left[1 - \frac{p3\ v3}{p2\ v2}\right] \therefore$$

$$\therefore \frac{C3^2 - C2^2}{2} - \frac{k}{k-1}\ p2\ v2 = -\frac{k}{k-1}\ p3\ v2\ \frac{v3}{v2} \therefore$$

$$\therefore - \frac{V3}{V2} = - \frac{p2}{p3} + \frac{C3^2 - C2^2}{2}\ \frac{(k-1)}{k} \cdot \frac{1}{p3\ v2} \therefore$$

$$\therefore \frac{V3}{V2} = \frac{p2}{p3} \left[1 - \frac{k-1}{2k}\ \frac{C3^2 - C2^2}{p2\ v2}\right] \qquad (4.3.18)$$

Substituindo-se (4.3.18) em (4.2.10), vem

$$\operatorname{sen} \alpha 3 = \frac{C2}{C3} \operatorname{sen} \alpha_2 \left[1 - \frac{k-1}{2k}\ \frac{C3^2 - C2^2}{p2\ v2}\right] \qquad (4.3.19)$$

... cont

Pode-se também obter expressões alternativas pela substituição em (4.3.16) da expressão da entalpia

$$\Delta h = \frac{k}{k-1} \; p2 \; v2 \left[1 - \left(\frac{p3}{p2} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right] \qquad (4.3.20)$$

4.3.4 - Escoamento na proximidade do supersom

A velocidade do som pode ser enunciada como

$$C_s = \sqrt{k R T} = \sqrt{kpv} \qquad (4.3.21)$$

Define-se a seguir o número de Mach como

$$M_1 = \frac{Ci}{C_s} = \frac{Ci}{\sqrt{kpv}} \qquad (4.3.22)$$

Para o interior da grade, pode-se escrever

$$M_2 = \frac{C2}{\sqrt{kp2\ v2}} \qquad (4.3.23)$$

Na saída da grade, então

$$M_3 = \frac{C3}{\sqrt{kp3\ v3}} \qquad (4.3.24)$$

É possível também definir um "número de Mach virtual" para a saída como

$$M_3' = \frac{C3}{\sqrt{kp2\ v2}} \qquad (4.3.25)$$

$$\text{E} \quad C_2^2 = kp2v2 \quad M_2^2 \qquad (4.3.26)$$

$$C_3^2 = kp2v2 \quad M_3'^2 \qquad (4.3.27)$$

A substituição de (4.3.23), (4.3.25), (4.3.26) e (4.3.27) em (4.3.6) redunda em

$$\cos \delta = \frac{1}{\sqrt{kp2v2\ M_3'}} \left[kp2v2\ M_2 + (p2-p3) \frac{v2}{kp2v2\ M_2} \right] \qquad (4.3.28)$$

... cont

$$\cos \delta = \frac{M2}{M3'} + \frac{p2-p3}{kp2\ M2\ M3'} \qquad (4.3.29)$$

analogamente, as mesmas substituições em (4.3.19) levam a

$$\operatorname{sen} \alpha\ 3 = \frac{\sqrt{k\ p2\ v2\ M_2}}{\sqrt{k\ p2\ v2\ M_3'}}\ \operatorname{sen} \alpha\ 2 \left[1 - \frac{k-1}{2k}\ \frac{k\ p2\ v2}{P2\ v2} \left(M_3'^2 - M_2^2 \right) \right] \qquad (4.3.30)$$

$$\operatorname{sen} \alpha\ 3 = \frac{M_2}{M_3'} \left[1 - \frac{k-1}{2} \left(M_3'^2 - M_2^2 \right) \right] \operatorname{sen} \alpha\ 2 \qquad (4.3.31)$$

5 - APARELHOS PARA CARACTERIZAÇÃO DO MOVIMENTO DE FLUIDOS

5.1 - INTRODUÇÃO

A perfeita determiração do movimento de um fluido exige o conhecimento de uma série de grandezas escalares e vetoriais que caracterizam cada ponto da massa em deslocamento. A determinação dessas grandezas pode ser efetuada por vários equipamentos e dispositivos.

As grandezas mais características do movimento, e / que requerem equipamentos específicos, são a velocidade e a pressão.

Sendo a velocidade uma grandeza vetorial são necessários três parâmetros para caracterizá-la, o que normalmente é feito nas coordenadas esféricas.

Os equipamentos que realizam tais determinações são chamadas de sondas de direção, anemômetros ou "Yawmeters".

Seu funcionamento baseia-se na determinação de pressões (sondas clássicas), na variação da resistividade com a temperatura (anemômetro de fio quente) ou na desprezibilidade do momento / de inércia dos tirantes (Tufts).

O anexo 2 descreve com maiores detalhes os diversos tipos de sondas.

... cont

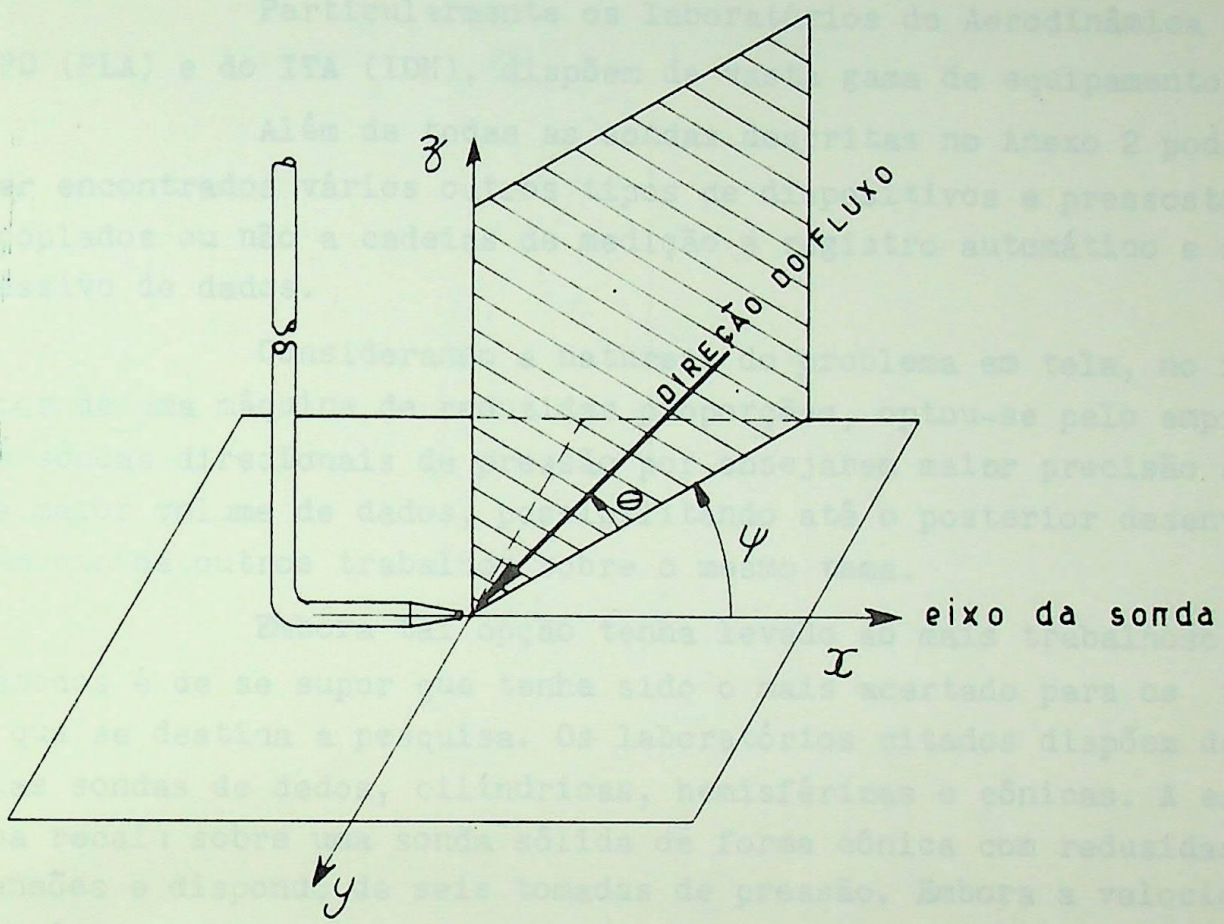


FIGURA 5

CARACTERIZAÇÃO DA DIREÇÃO DE UM FLUXO

5.2 - OPÇÃO DE ANEMÔMETRO

O Centro Técnico Aeroespacial dispõe de vários laboratórios de Mecânica dos Fluidos.

Particularmente os laboratórios de Aerodinâmica do IPD (PLA) e do ITA (IDN), dispõem de vasta gama de equipamentos.

Além de todas as sondas descritas no Anexo 2 podem ser encontrados vários outros tipos de dispositivos e pressostatos acoplados ou não a cadeias de medição e registro automático e sucessivo de dados.

Considerando a natureza do problema em tela, no interior de uma máquina de reduzidas proporções, optou-se pelo emprego de sondas direcionais de pressão por ensejarem maior precisão além de maior volume de dados, possibilitando até o posterior desenvolvimento de outros trabalhos sobre o mesmo tema.

Embora tal opção tenha levado ao mais trabalhoso dos métodos é de se supor que tenha sido o mais acertado para os fins a que se destina a pesquisa. Os laboratórios citados dispõem de várias sondas de dedos, cilíndricas, hemisféricas e cônicas. A escolha recaiu sobre uma sonda sólida de forma cônica com reduzidas dimensões e dispondo de seis tomadas de pressão. Embora a velocidade subsônica indicasse preferencialmente sondas hemisféricas, a sonda cônica disponível reune maiores recursos tendo recebido a preferência.

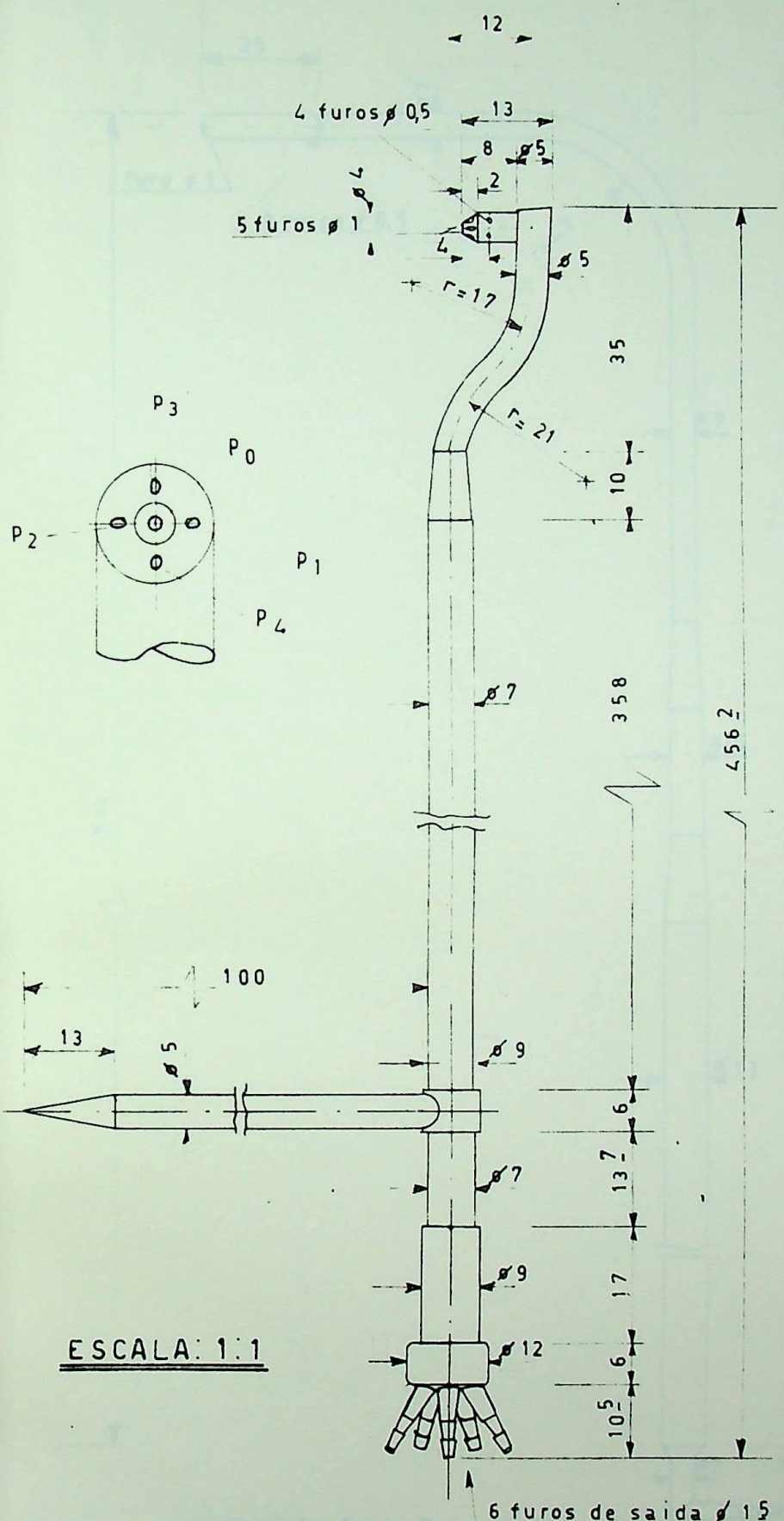
6 - EQUIPAMENTO EMPREGADO

- Ventilador axial para refrigeração de motor OTTO DEUTZ tipo F 6L 2114;

- Motor elétrico de frequência variável com potência nominal de 10 HP para acionamento do ventilador durante os ensaios, frequência variável até 300 hz - 8500 rpm à 1,5 volts por ciclo;

- Sonda direcional de pressão com seis tomadas de / pressão conforme desenho da figura 6;

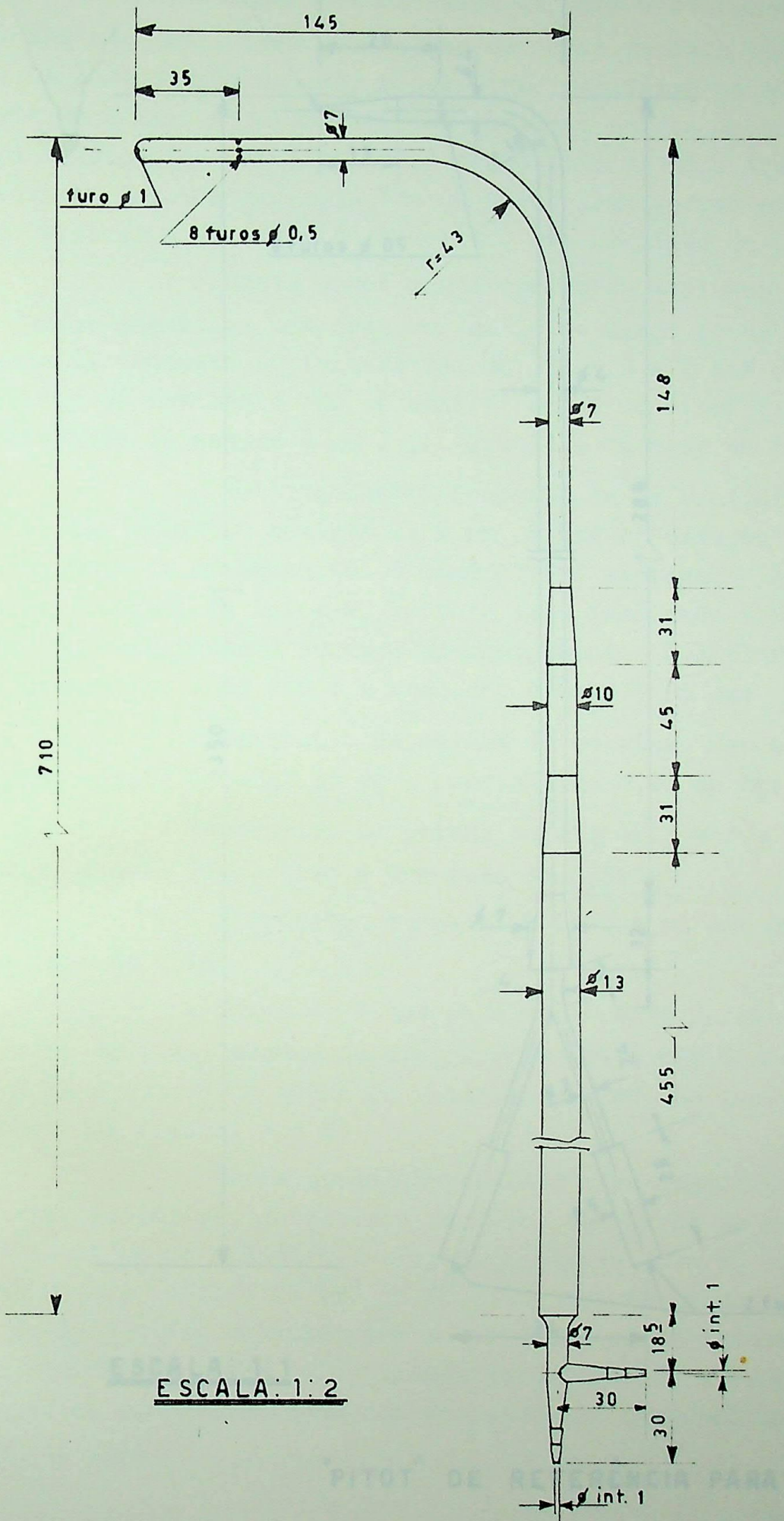
... cont



ESCALA: 1:1

SONDA DIRECIONAL DE PRESSÃO

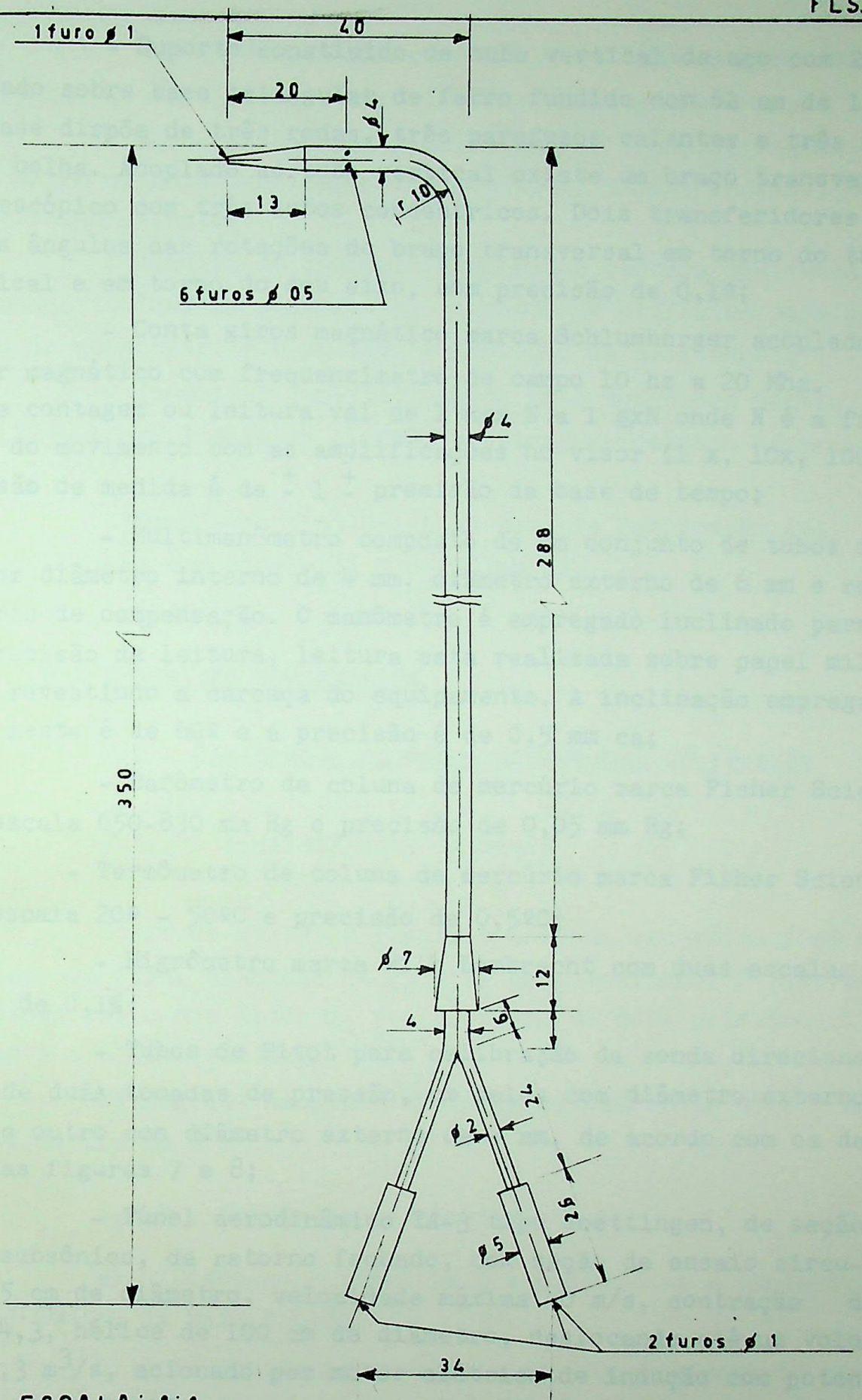
FIGURA 6



ESCALA: 1:2

"PITOT" PADRÃO PARA VARREDURA DE VAZÃO E CALIBRAÇÃO

FIGURA 7



ESCALA: 1:1

"PITOT" DE REFERÊNCIA PARA CALIBRAÇÃO

FIGURA 8

- Suporte constiuído de tubo vertical de aço com 260 cm montado sobre base triangular de ferro fundido com 62 cm de lado. A base dispõe de três rodas, três parafusos calantes e três níveis de bolha. Acoplado ao tubo vertical existe um braço transversal telescópico com três tubos concêntricos. Dois transferidores - medem os ângulos das rotações do braço transversal em torno do tubo vertical e em torno do seu eixo, com precisão de 0,1º;

- Conta giros magnético marca Schlumberger acoplado a sensor magnético com frequencímetro de campo 10 hz a 20 Mhz. O tempo de contagem ou leitura vai de 1 msx N a 1 sxN onde N é a frequência do movimento com as amplificações no visor (1 x, 10x, 100x). A precisão de medida é de $\pm$ 1 $\pm$ precisão da base de tempo;

- Multimanômetro composto de um conjunto de tubos de vidro com diâmetro interno de 4 mm, diâmetro externo de 6 mm e reservatório de compensação. O manômetro é empregado inclinado para maior precisão de leitura, leitura esta realizada sobre papel milimetrado revestindo a carcaça do equipamento. A inclinação empregada usualmente é de 60º e a precisão é de 0,5 mm ca;

- Barômetro de coluna de mercúrio marca Fisher Scientific, escala 650-830 mm Hg e precisão de 0,05 mm Hg;

- Termômetro de coluna de mercúrio marca Fisher Scientific, escala 20º - 50ºC e precisão de 0,5ºC;

- Higrômetro marca Wilh Lambrecht com duas escalas e precisão de 0,1%;

- Tubos de Pitot para calibração da sonda direcional do tipo de duas tomadas de pressão, um deles com diâmetro externo de 7 mm e outro com diâmetro externo de 4 mm, de acordo com os desenhos das figuras 7 e 8;

- Túnel aerodinâmico TA-3 tipo Goettingen, de seção aberta, subsônico, de retorno fechado, com seção de ensaio circular de 65 cm de diâmetro, velocidade máxima 40 m/s, contração do Venturi 4,3, hélice de 100 cm de diâmetro, deslocando até um volume de 13,3 m^3/s, acionado por motor elétrico de indução com potencia nominal de 13 HP pelo sistema Ward-Leonard. A construção é em chapas de aço galvanizado com estrutura de cantoneiras de aço. Eficiência 76%;

... cont

- Cadeia de medição e controle do túnel aerodinâmico TA-1 dispondo de voltímetros, amperímetros, frequencímetros.

- Banco de ensaios constituído de suportes, dutos de ligação entre os dois ventiladores associados, eixos, mancais, correias acionadoras, etc;

- Janelas de inspeção abertas na carcaça dos ventiladores reconstituídas em plexiglass, dispondo de orifícios para penetração do anemômetro sob pressão em colchão de elastômero;

- Teodolito repetidor marca Wild Heerburgg modelo - T 1 A - 173403 com índice do círculo vertical automático e precisão 5";

- Manômetro tipo Original Betz de fabricação AVA, / precisão 0,05 mca com escala de 0 a 800 mm ca.

7 - DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS

7.1 - Calibração da sonda direcional de pressão

7.1.1 - Considerações iniciais

Conforme mostra a figura 6 a sonda escolhida indica 6 pressões que foram chamadas de P_0 a P_5 como indicado. O referencial adotado foi o dos eixos x, y e z, sendo os dois primeiros horizontais e o último vertical.

Os ângulos no plano xy foram batizados de φ e nos planos verticais de θ .

7.1.2 - Sequência de ensaios

a) - Ligou-se o túnel TA-3 e colocou-se a sonda direcional no centro da veia fluida;

b) - Na periferia do túnel, mas fora da zona de perturbação da camada limite, posicionou-se um "Pitot" de referência;

c) - Com várias pressões no "Pitot" da referência, orientou-se a sonda até igualar as pressões P_1 e P_2, P_3 e P_4, ze-

... comt

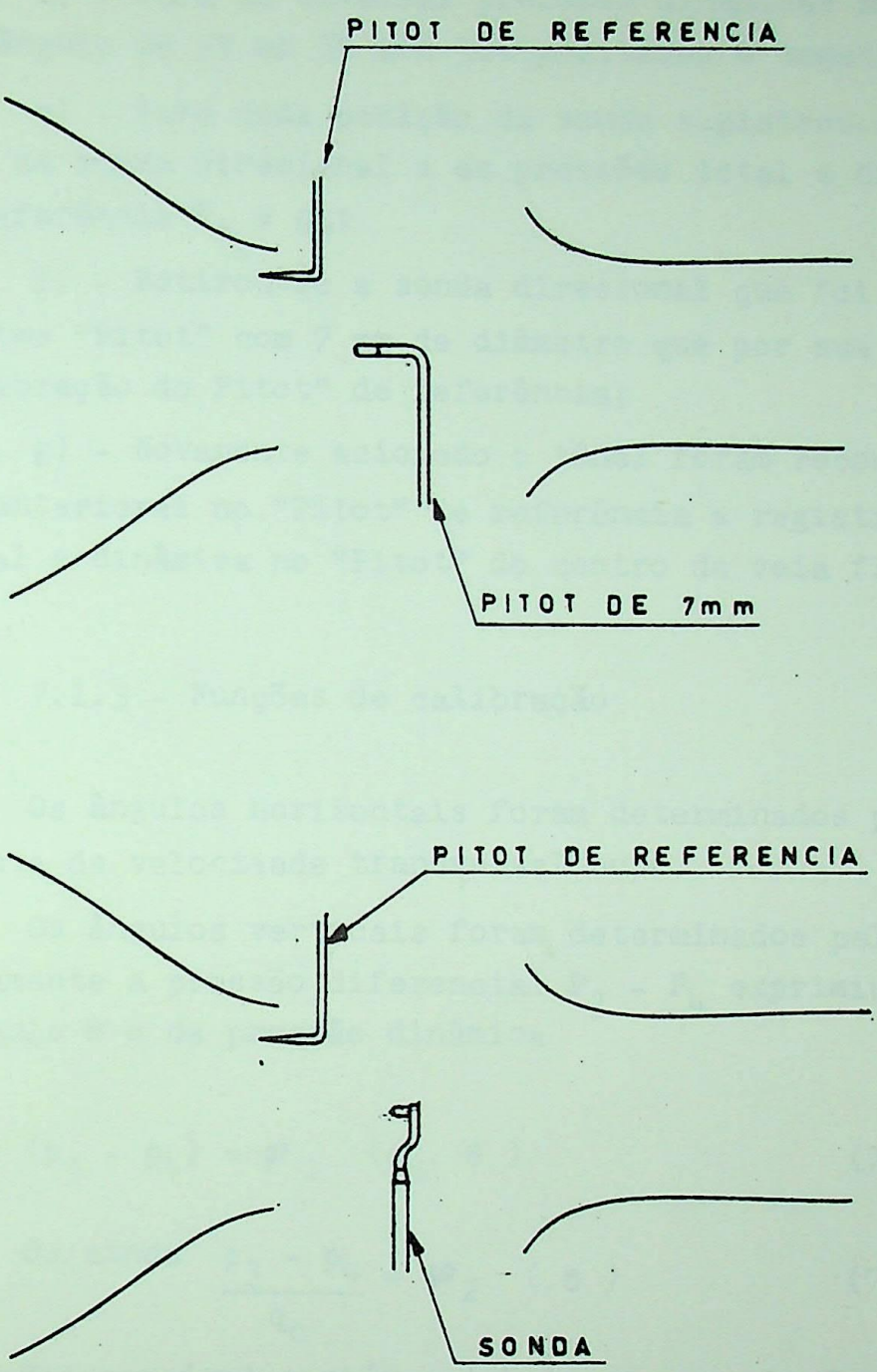


FIGURA 9

CALIBRAÇÃO DA SONDA

rando o instrumento;

d) - Para as diversas pressões dinâmicas médias fez-se variar o ângulo de 5º em 5º até 30º positivos e negativos;

e) - Para cada posição da sonda registrou-se as pressões P_o e P_5 da sonda direcional e as pressões total e dinâmica do "Pitot" de referência P_{t_r} e q_r;

f) - Retirou-se a sonda direcional que foi substituída por um outro "Pitot" com 7 mm de diâmetro que por sua vez serviu para calibração do Pitot" de referência;

g) - Novamente acionado o túnel foram reconstituídas as pressões anteriores no "Pitot" de referência e registradas as - pressões total e dinâmica no "Pitot" do centro da veia fluida.

7.1.3 - Funções de calibração

Os ângulos horizontais foram determinados pelo método do gradiente de velocidade transversal nulo.

Os ângulos verticais foram determinados pelo método direto. Obviamente a pressão diferencial $P_3 - P_4$ exprimiu-se em função do ângulo θ e da pressão dinâmica

$$(p_3 - p_4) = \varphi_1 \ (q_c, \theta) \qquad (7.1 - 1)$$

Ou ainda $$\frac{p_3 - p_4}{q_c} = \varphi_2 \ (\theta) \qquad (7.1 - 2)$$

Foi possível também estabelecer correlação entre a pressão diferencial $P_1 - P_o$ a pressão dinâmica e o ângulo θ

$$\frac{p_1 - p_o}{q_c} = \varphi_3 \ (\theta) \qquad (7.1 - 3)$$

Pela comparação de (7.1-2) e (7.1-3) vem

$$\frac{p_3 - p_4}{p_o - p_1} = \varphi_4 \ (\theta) \qquad (7.1 - 4)$$

... cont

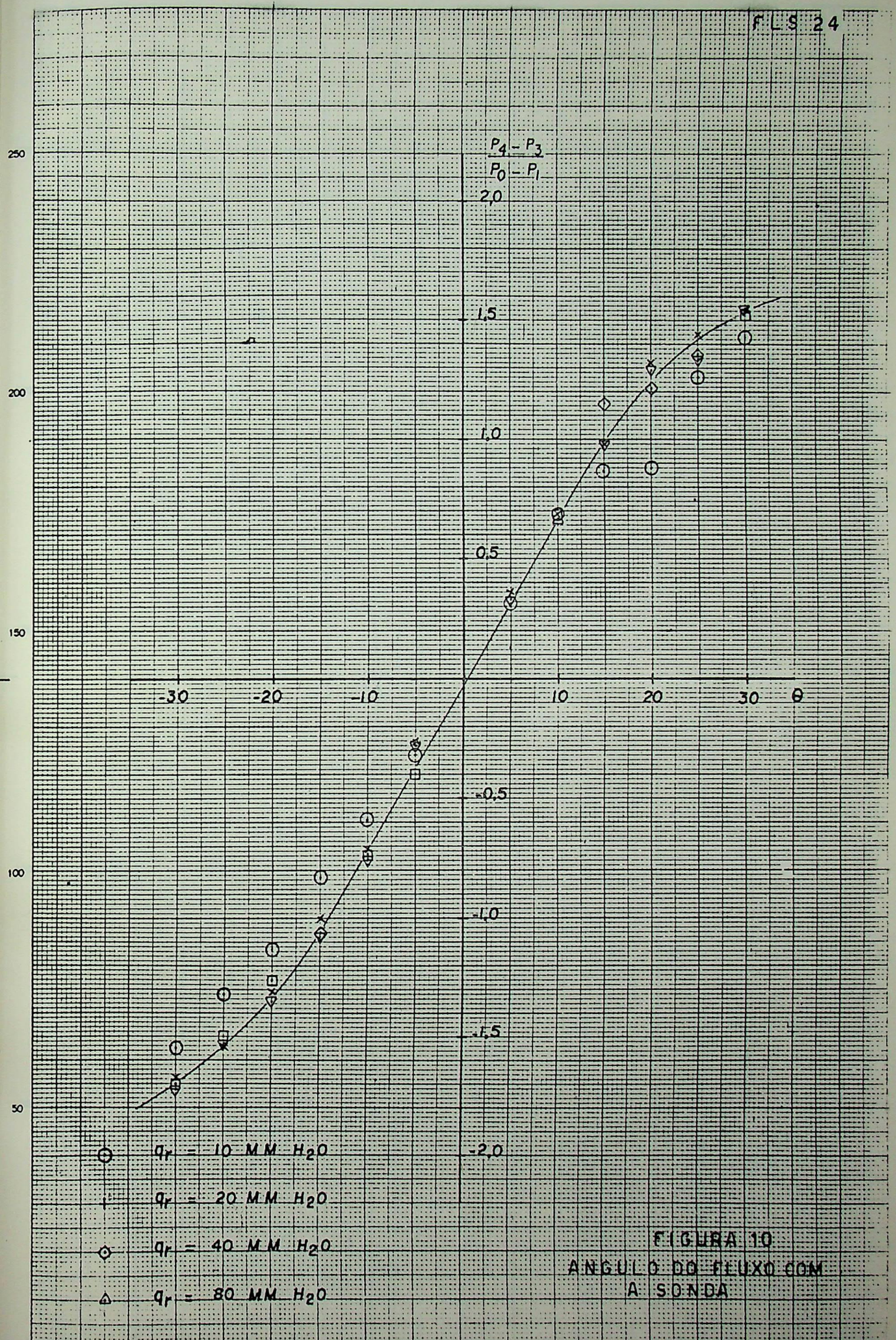


FIGURA 10
ANGULO DO FLUXO COM A SONDA

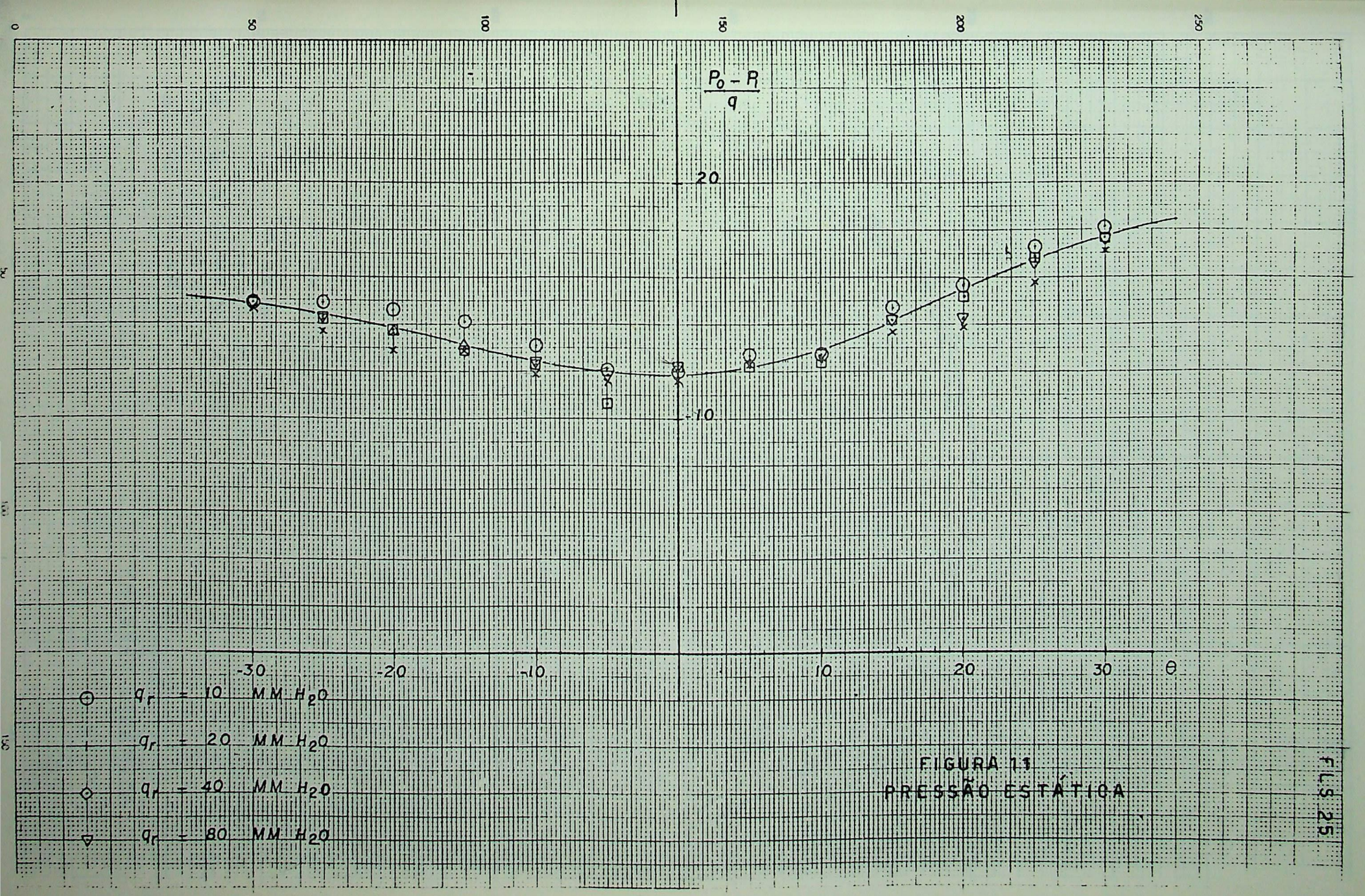


FIGURA 11
PRESSÃO ESTÁTICA

FLS 25

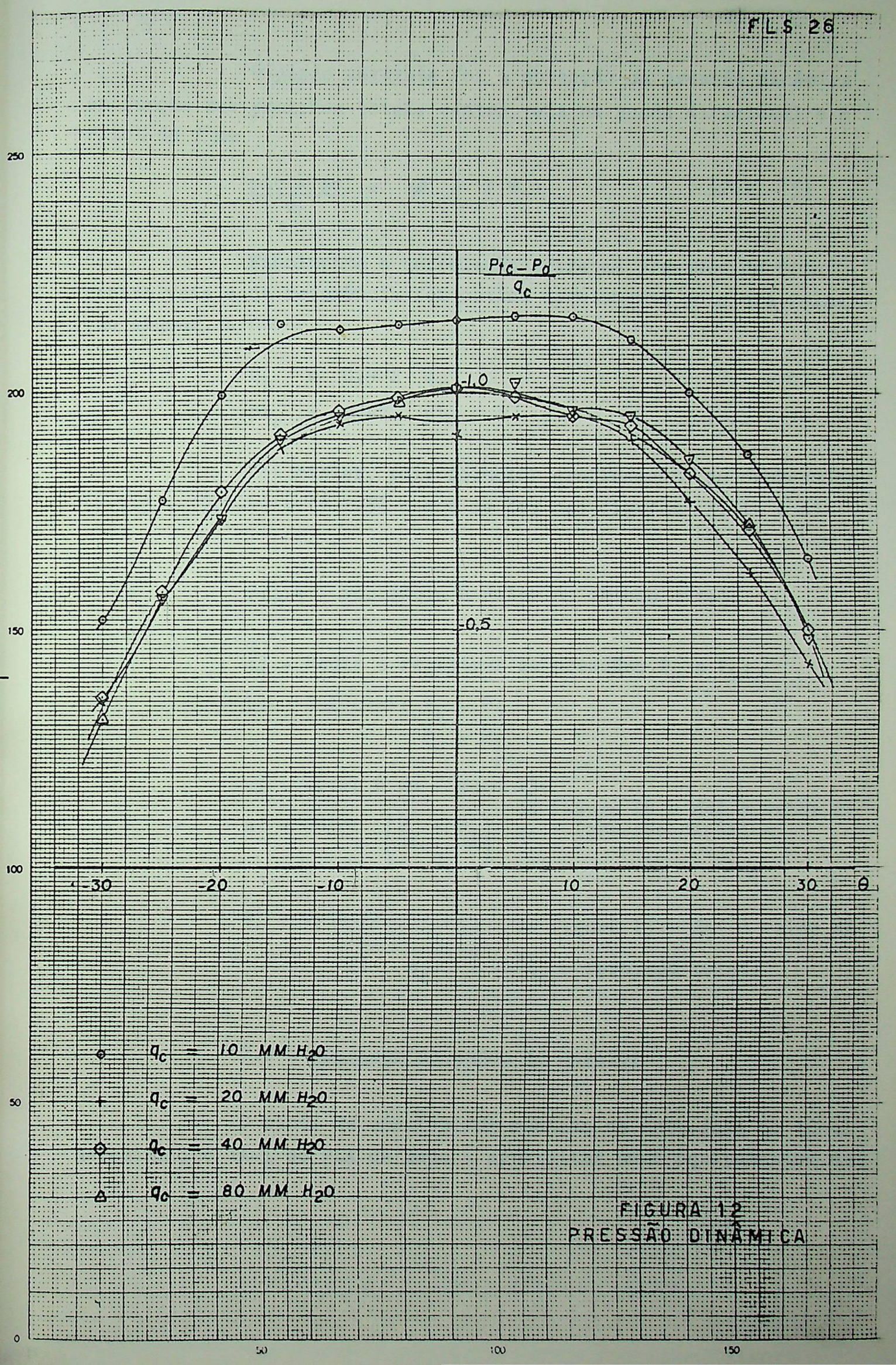


FIGURA 12
PRESSÃO DINÂMICA

O passo seguinte foi a obtenção da pressão dinâmica em função das pressões totais centro veia na sonda direcional e o Pitot de 7 mm

$$\frac{ptc - po}{q_c} = \varphi_5 (\theta) \qquad (7.1 - 5)$$

Finalmente a correlação entre as pressões do Pitot centro veia e de referência foi obtida diretamente pois era relação linear, sendo

$$q_c = 0{,}972\ q_r \qquad (7.1 - 6)$$

$$pt_c = 0{,}972\ pt_r \qquad (7.1 - 7)$$

Foi mister, pois formular graficamente as expressões: (7.1-3), (7.1-4) e (7.1-5) o que se fez nas figuras 13, 14 e 15.

7.1.4 - Sequência a dotar no método direto

a) - Medir e registrar as pressões P_o a P_4;

b) - Calcular: $\frac{P_4 - P_3}{P_o - P_1}$

c) - Obter θ da figura 13;

d) - Obter $\left(\frac{P_o - P_1}{q_c}\right)$ da figura 14 e daí o valor de q_c = (pressão dinâmica)

e) - Obter $\left(\frac{P_{t_c} - P_o}{q_c}\right)$ da figura 15 e daí o valor de P_{t_c} = (pressão total)

7.2 - Montagem do banco de ensaios

O banco de ensaios foi montado na ante-sala do túnel aerodinâmico TA-1 do PLA de modo a aproveitar seus equipamentos de

... cont

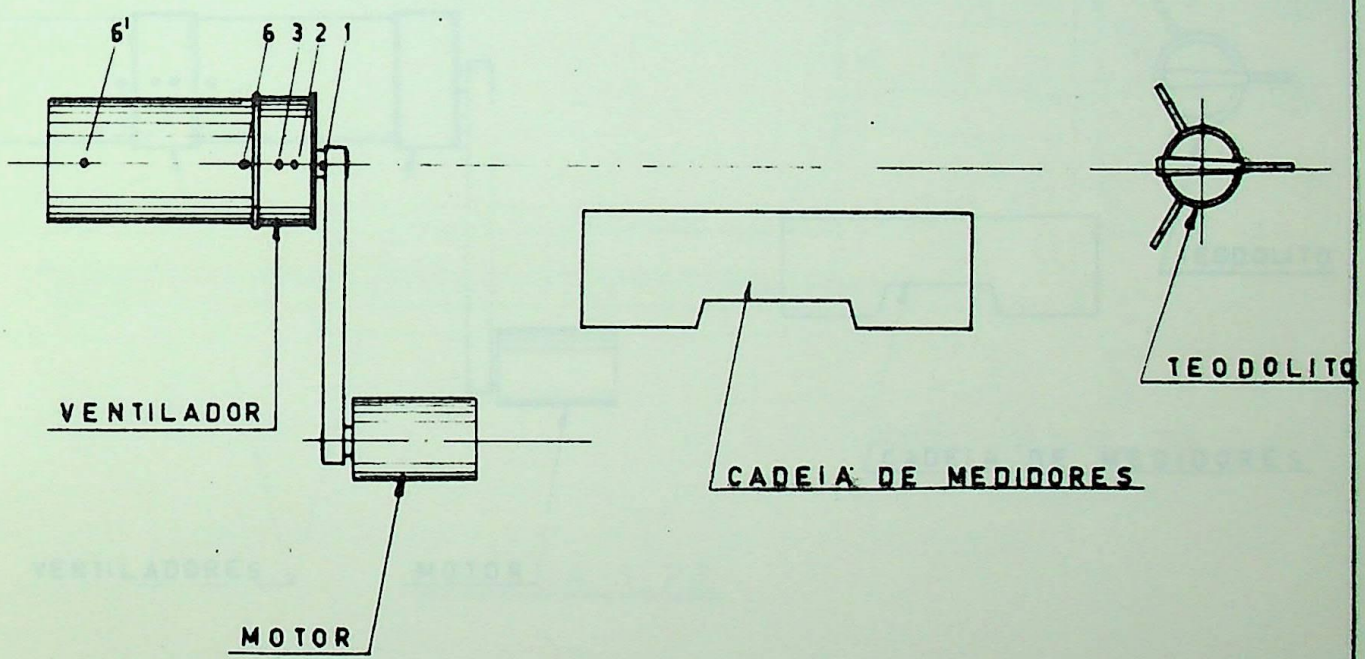


FIGURA 13

MONTAGEM "A" DO BANCO DE ENSAIOS

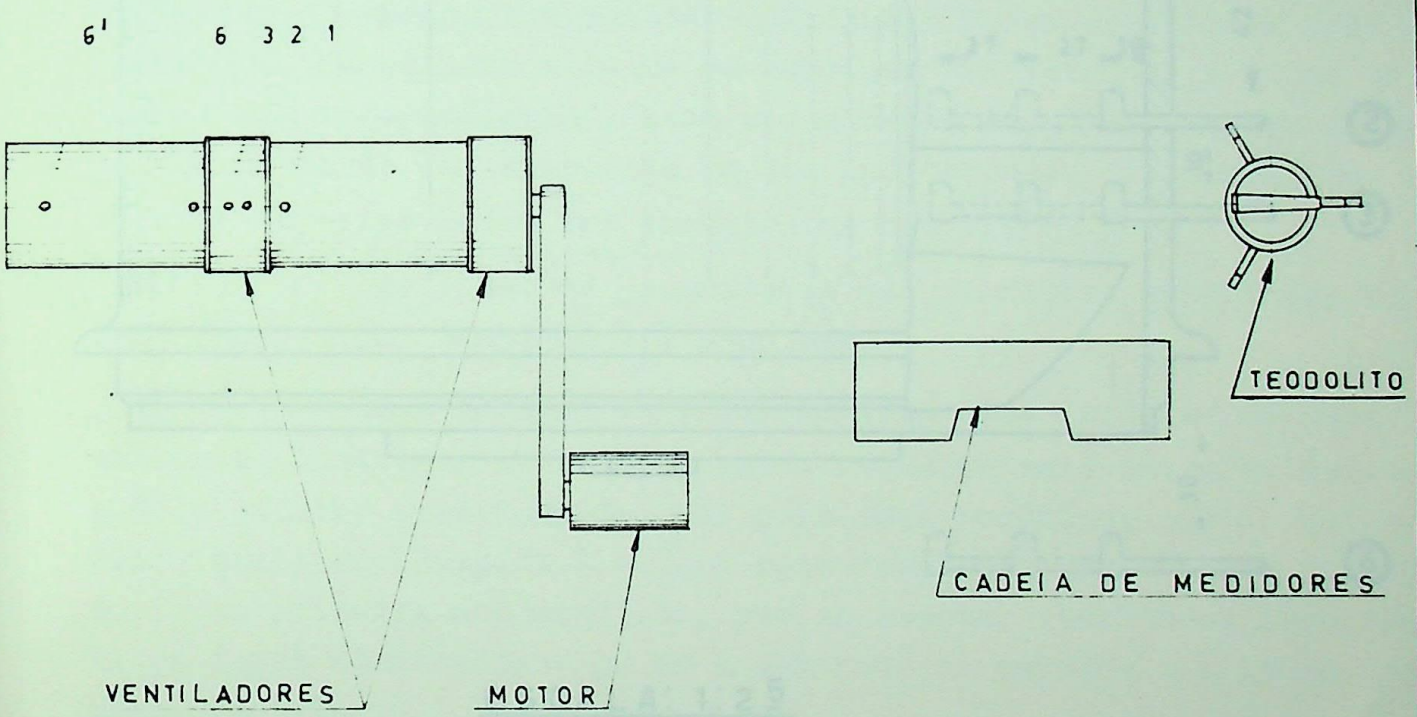
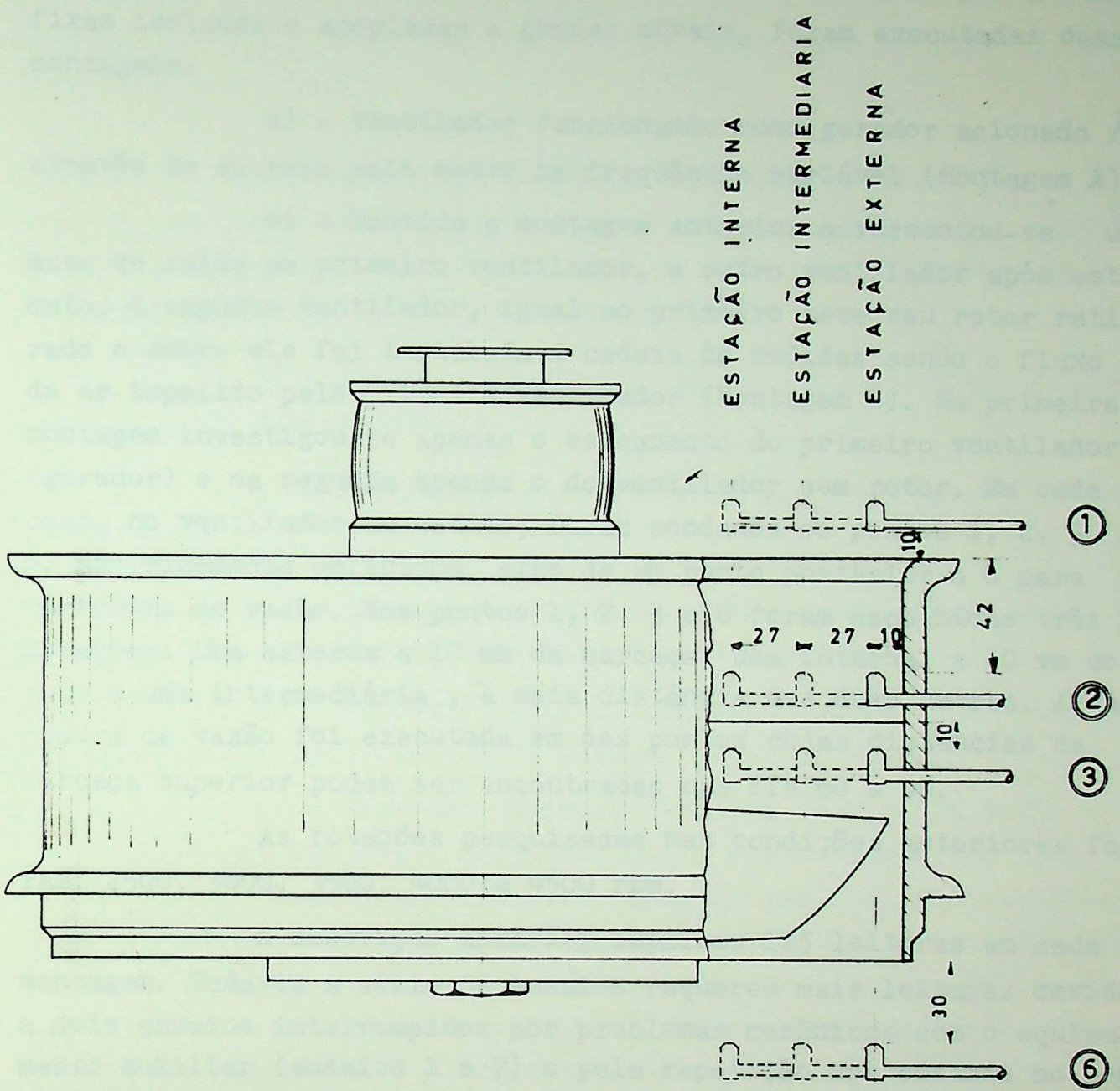


FIGURA 14

MONTAGEM "B" DO BANCO DE ENSAIOS



ESCALA: 1:25

FIGURA 15

IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS ESTAÇÃO

apoio. Visando investigar o fenômeno do desvio do jato por grades fixas isoladas e acopladas a grades móveis, foram executadas duas montagens:

a) - Ventilador funcionando como gerador acionado / através de correia pelo motor de frequência variável (Montagem A);

b) - Mantida a montagem anterior acrescentou-se um duto de saída ao primeiro ventilador, e outro ventilador após este duto. O segundo ventilador, igual ao primeiro teve seu rotor retirado e sobre ele foi instalada a cadeia de medidas sendo o fluxo / de ar impelido pelo primeiro ventilador (Montagem B). Na primeira montagem investigou-se apenas o escoamento do primeiro ventilador (gerador) e na segunda apenas o do ventilador sem rotor. Em cada / caso, no ventilador em estudo, foram sondados os pontos 1, 2, 3 e 6, anteriormente definidos, além de um ponto posterior a 6 para - varredura de vazão. Nos pontos 1, 2, 3 e 6 foram escolhidas três / estações: Uma externa a 10 mm da carcaça, uma interna, a 10 mm do cubo e uma intermediária , à meia distância das duas outras. A varredura de vazão foi executada em dez pontos cujas distâncias da / carcaça superior podem ser encontradas nas fls 60 e 65.

As rotações pesquisadas nas condições anteriores foram: 2500, 3000, 3500, 4000 e 4500 rpm.

A descrição anterior implicou 125 leituras em cada montagem. Todavia a série de ensaios requereu mais leituras devido a dois ensaios interrompidos por problemas mecânicos com o equipamento auxiliar (ensaios 1 e 7) e pela repetição dos ensaios no ponto 1 na primeira montagem que, por apresentar resultados problemáticos foram examinados a 10 mm à montante da carcaça e a 15 mm da mesma referência.

7.3 - Coleta de dados

A aferição da sonda direcional requereu a captação, registro e interpretação de cerca de 300 leituras mas não apresentou especial interesse no tema em epígrafe. O estudo do ventilador foi executado em várias jornadas devido à grande massa de dados requerida. No início de cada meia jornada foram lidas a temperatura

... cont

ambiente, a pressão barométrica e a umidade relativa do ar. A sequência observada na obtenção dos dados, para cada estação de leitura, foi a seguinte:

a) - A energia elétrica fornecida ao motor era incrementada até que a leitura digital do conta-giros magnético, repetida a intervalos de 1 milissegundo x a rotação em rpm praticamente se estabilizasse na velocidade máxima;

b) - A sonda direcional era orientada até que as pressões P_1 e P_2 se igualassem;

c) - Efetuavam-se as leituras das pressões P_o a P_4 e do ângulo ψ ;

d) - Reduzia-se a energia elétrica até obter estabilização em outra velocidade, até varrer todo o campo;

e) - No mesmo ponto da máquina, mudava-se a estação e recomeçava-se pela velocidade máxima;

f) - Para cada mudança de ponto da máquina havia / deslocamento do suporte e em consequência era estabelecida nova - origem para os ângulos horizontais. Essa origem era obtida alinhando-se por meio do teodolito três pontos: dois sobre o eixo dos ventiladores e um sobre o indicador solidário com a sonda. Nessa situação a leitura do transferidor do suporte passava a ser o novo / zero do instrumento até nova mudança do suporte.

... cont

7.4 - Apresentação dos Dados Obtidos

Seguem-se a Relação dos Ensaios e seus Resultados

Ensaios	Montagem	Ponto	Estações ou Rotação
1	A	3	Intermediária
2	A	3	Intermediária
3	A	3	Interna
4	A	3	Externa
5	A	6	Externa
6	A	6	Intermediária
7	A	6	Interna
8	A	6	Interna
9	A	6'	4500
10	A	6'	4000
11	A	6'	3500
12	A	6'	3000
13	A	6'	2500
14	B	3	Externa
15	B	3	Intermediária
16	B	3	Interna
17	B	6	Externa
18	B	6	Intermediária
19	B	6	Interna
20	A	1	Externa
21	A	1	Intermediária
22	A	1	Interna
23	B	6'	4500
24	B	6'	4000
25	B	6'	3500
26	B	6'	3000
27	B	6'	2500
28	A	1	Externa
29	A	1	Intermediária
30	A	1	Interna
31	A	1	Externa
32	A	1	Intermediária
33	A	1	Interna
34	B	1	Externa
35	B	1	Intermediária
36	B	1	Interna
37	A	2	Externa
38	A	2	Intermediária
39	A	2	Interna
40	B	2	Externa
41	B	2	Intermediária
42	B	2	Interna

... cont

VENTILADOR OTTO-DEUTZ — PAPELETA DE ENSAIO DE DESVIO

Ensaio n.º 1 **Posição** 3 **Estação** Intermed. **Gerador** [X] **Só Aletas** [ ]

Rotação	P_o	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	PSI	$(PSI)_o$	Temp.	Ura	V/ciclo	n ciclos	I	V	Pot
3000	-10	-130	-130	-175	-40	-195	-17,4	+23,5	21,0	-	1,2	120	9,0	125	1,3
3500	-15	-180	-180	-238	-55	-270	-17,4	+23,5	21,0	-	1,75	130	11,5	135	2,4
4100	-15	-210	-210	-278	-65	-320	-16,5	+23,5	21,0	-	1,5	150	11,5	155	2,6

Rotação	PSI cal	$P_o - P_1$	$P_4 - P_3$	$\frac{P_4 - P_3}{P_o - P_1}$	TETA	$\frac{P_o - P_1}{q_c}$	$\frac{q_c}{P_o - P_1}$	q_c	$(Fi)_5$	Pt
4100	40,0	195	213	1,09	16,7	14,6	0,068	13,26	-0,89	-21,80
3500	41,0	165	183	1,11	17,2	14,8	0,067	11,05	-0,88	-24,83
300	41,0	120	135	1,13	17,6	15,0	0,067	8,04	-0,88	-22,07

OBSERVAÇÕES: Ensaio interrompido por aquecimento do mancal do motor

VENTILADOR OTTO-DEUTZ — FOLHA DE ENSAIO DE DESVIO

Ensaio n.º 2 **Posição** 3 **Estação** Intermed. **Gerador** [X] **Só Aletas** [ ]

Rotação	P_o	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	PSI	$(PSI)_o$	Temp.	Ura	V/ciclo	n ciclos	I	V	Pot
4530	-18	-254	-254	-322	-80	-385	-16,5	23,5	21,0	75	1,7	165	13,5	230	3,40
4040	-15	-225	-225	-295	-70	-340	-16,9	23,5	21,0	75	1,65	150	12,5	225	2,90
3490	-13	-180	-180	-240	-60	-275	-16,9	23,5	21,0	75	1,35	145	11,0	135	1,80
3010	- 9	-127	-127	-175	-43	-193	-16,9	23,5	21,0	75	0,95	150	10,54	120	1,60
2490	- 7	- 90	- 90	-120	-30	-132	-16,9	23,5	21,0	75	0,85	120	8,5	115	0,95

Rotação	PSI cal	$P_o - P_1$	$P_4 - P_3$	$\frac{P_4 - P_3}{P_o - P_1}$	TETA	$\frac{P_o - P_1}{q_c}$	$\frac{q_c}{P_o - P_1}$	q_c	$(FI)_5$	Pt
4530	40	236	242	1,03	15,6	14,4	0,069	16,28	-0,92	-32,98
4040	40,4	210	225	1,07	16,5	14,6	0,068	14,28	-0,89	-27,71
3490	40,4	167	180	1,08	16,6	14,6	0,068	11,36	-0,89	-23,11
3010	40,4	118	132	1,12	17,5	14,8	0,067	7,90	-0,89	-15,95
2490	40,4	83	90	1,08	16,6	14,6	0,068	5,64	-0,89	-12,02

OBSERVAÇÕES : .....

VENTILADOR OTTO-DEUTZ — PAPELETA DE ENSAIO DE DESVIO

Ensaio n.º 3 **Posição** 3 **Estação** Interna **Gerador** [X] **Só Aletas** [ ]

Rotação	P_o	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	PSI	$(PSI)_o$	Temp.	Ura	V/ciclo	n ciclos	I	V	Pot
4490	-75	-400	-400	-450	-55	-500	-22,5	+23,5	21,0	75	1,65	170	13,0	200	3,2
4000	-62	-330	-330	-363	-41	-410	-21,8	+23,5	21,0	75	1,25	160	11,0	135	2,2
3500	-52	-285	-285	-320	-38	-365	-21,3	+23,5	21,0	75	1,1	150	11,5	120	2,0
3000	-31	-210	-210	-242	-30	-270	-20,6	+23,5	21,0	75	1,0	140	9,5	120	1,4
2500	-29	-149	-149	-180	-21	-190	-21,2	+23,5	21,0	75	0,9	120	8,0	110	1,0

Rotação	PSI cal	$P_o - P_1$	$P_4 - P_3$	$\frac{P_4 - P_3}{P_o - P_1}$	TETA	$\frac{P_o - P_1}{q_c}$	$\frac{q_c}{P_o - P_1}$	q_c	$(FI)_5$	Pt
4490	46,0	325	395	1,22	19,5	15,4	0,065	21,12	-0,83	-92,53
4000	45,3	268	322	1,20	19,0	15,4	0,065	17,42	-0,84	-76,63
3500	44,8	233	282	1,21	19,2	15,4	0,065	15,14	-0,84	-64,72
3000	44,1	179	212	1,18	18,5	15,2	0,066	11,81	-0,86	-41,16
2500	44,7	120	158	1,32	22,0	16,0	0,062	7,44	-0,78	-34,80

OBSERVAÇÕES : .....

VENTILADOR OTTO-DEUTZ — PAPELETA DE ENSAIO DE DESVIO

Ensaio n.º 4 **Posição** 3 **Estação** Externa **Gerador** [X] **Só Aletas** [ ]

Rotação	P_o	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	PSI	$(PSI)_o$	Temp.	Ura	V/ciclo	n ciclos	I	V	Pot
4510	-8	-218	-218	-250	-145	-355	-13,4	+23,5	21	75	1,5	170	13,0	200	3,2
4010	-5	-185	-185	-221	-125	-310	-13,8	+23,5	21	75	1,35	160	11,0	135	2,6
3490	-3	-148	-148	-168	-100	-245	-13,8	+23,5	21	75	1,1	150	11,5	125	2,2
3000	-3	-108	-108	-123	- 75	-185	-13,8	+23,5	21	75	1,0	140	9,0	120	1,4
2500	-1	- 75	- 75	- 85	- 50	-130	-13,7	+23,5	21	75	0,9	115	7,5	110	0,9

Rotação	PSI cal	$P_o - P_1$	$P_4 - P_3$	$\frac{P_4 - P_3}{P_o - P_1}$	TETA	$\frac{P_o - P_1}{q_c}$	$\frac{q_c}{P_o - P_1}$	q_c	$(FI)_5$	Pt
4510	36,9	210	105	0,50	7,5	12,5	0,080	16,80	-0,98	-24,46
4010	37,3	180	96	0,53	8,2	12,6	0,080	14,40	-0,98	-19,11
3490	37,3	145	68	0,47	7,2	12,4	0,080	11,60	-0,98	-14,37
3000	37,3	105	48	0,46	7,0	12,4	0,080	8,40	-0,98	-11,23
2500	37,2	74	35	0,47	7,2	12,4	0,080	5,92	-0,98	- 6,80

OBSERVAÇÕES : .....

VENTILADOR OTTO-DEUTZ — PAPELETA DE ENSAIO DE DESVIO

Ensaio n.º 5 Posição 6 Estação Externa Gerador [X] Só Aletas [ ]

Rotação	P_o	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	PSI	$(PSI)_o$	Temp.	Ura	V/ciclo	n ciclos	I	V	Pot
4520	159	33	33	25	50	-55	-11,3	+10,5	21	68	1,60	170	14,0	2,40	3,6
4000	138	30	30	25	46	-50	-11,3	+10,5	21	68	1,30	160	12,0	2,00	2,6
3500	98	20	20	16	33	-38	-11,3	+10,5	21	68	1,20	140	10,0	1,80	1,8
3010	83	17	17	14	28	-33	-11,3	+10,5	21	68	1,05	135	9,5	130	1,4
2500	52	11	11	9	18	-31	-11,3	+10,5	21	68	0,90	120	8,5	110	1,0

Rotação	PSI cal	$P_o - P_1$	$P_4 - P_3$	$\frac{P_4 - P_3}{P_o - P_1}$	TETA	$\frac{P_o - P_1}{q_c}$	$\frac{q_c}{P_o - P_1}$	q_c	$(FI)_5$	Pt
4520	21,8	126,0	25,0	0,20	6,3	12,4	0,08	10,08	-0,99	149,02
4000	21,8	108,0	21,0	0,19	6,2	12,4	0,08	8,64	-0,99	129,45
3500	21,8	78,0	17,0	0,22	6,6	12,4	0,08	6,24	-0,98	91,88
3010	21,8	66,0	14,0	0,21	6,5	12,4	0,08	5,28	-0,98	77,83
2500	21,8	41,0	9,0	0,22	6,6	12,4	0,08	3,28	-0,98	48,79

OBSERVAÇÕES : .....

VENTILADOR OTTO-DEUTZ — PAPELETA DE ENSAIO DE DESVIO

Ensaio n.º 6 **Posição** 6 **Estação** Intermed. **Gerador** [X] **Só Aletas** [ ]

Rotação	P_o	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	PSI	$(PSI)_o$	Temp.	Ura	V/ciclo	n ciclos	I	V	Pot
4510	140	12	12	-33	93	-80	-9,8	+10,5	21	68	1,60	170	13,5	240	3,6
4010	122	10	10	-25	75	-65	-9,2	+10,5	21	68	1,50	160	12,0	200	2,8
3500	83	5	5	-20	52	-49	-9,2	+10,5	21	68	1,20	140	9,5	180	1,8
3000	65	3	3	-19	46	-41	-9,2	+10,5	21	68	1,0	140	9,5	130	1,4
2530	48	2	2	-14	31	-30	-8,1	+10,5	21	68	0,95	125	8,0	110	0,95

Rotação	PSI cal	$P_o - P_1$	$P_4 - P_3$	$\frac{P_4 - P_3}{P_o - P_1}$	TETA	$\frac{P_o - P_1}{q_c}$	$\frac{q_c}{P_o - P_1}$	q_c	$(Fi)_5$	Pt
4510	20,3	128	126	0,98	15	14,2	0,070	8,96	-0,92	131,76
4010	19,7	112	100	0,89	13,5	12,6	0,079	8,84	-0,93	113,78
3500	19,7	78	72	0,92	14,0	12,8	0,078	6,08	-0,93	7?,35
3000	19,7	62	65	1,02	16,2	14,4	0,069	4,27	-0,90	61,16
2530	18,6	46	45	0,98	15,0	14,2	0,070	3,22	-0,92	45,04

OBSERVAÇÕES : .....

VENTILADOR OTTO-DEUTZ — PAPELETA DE ENSAIO DE DESVIO

Ensaio n.º 7 **Posição** 6 **Estação** Interna **Gerador** [X] **Só Aletas** [ ]

Rotação	P_o	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	PSI	$(PSI)_o$	Temp.	Ura	V/ciclo	n ciclos	I	V	Pot
4410	112	-63	-63	-96	115	-135	-15,8	10,5	20,5	68	1,65	160	13,0	240	3,2
4030	95	-53	-53	-82	95	-115	-15,0	10,5	20,5	68	1,45	150	11,5	200	2,4
3520	64	-40	-40	-62	68	- 83	-13,0	10,5	20,5	68	1,20	140	9,0	170	1,6
2850	54	-29	-29	-46	50	- 60	-13,0	10,5	20,5	68	1,0	130	9,0	130	1,2

Rotação	PSI cal	$P_o - P_1$	$P_4 - P_3$	$\frac{P_4 - P_3}{P_o - P_1}$	TETA	$\frac{P_o - P_1}{q_c}$	$\frac{q_c}{P_o - P_1}$	q_c	$(FI)_5$	Pt
4410	26,5	175	211	1,21	19,2	15,4	0,06	11,37	-0,85	102,34
4030	25,5	148	177	1,20	19,0	15,2	0,065	9,62	-0,85	86,82
3520	23,5	104	130	1,25	20,1	15,6	0,064	6,65	-0,83	63,48
2850	23,5	83	96	1,16	18,2	15,0	0,066	5,48	-0,82	42,50

OBSERVAÇÕES: Ensaio interrompido por ruido excessivo no frequencímetro

VENTILADOR OTTO-DEUTZ — PAPELETA DE ENSAIO DE DESVIO

Ensaio n.º 8 **Posição** 6 **Estação** Interna **Gerador** [X] **Só Aletas** [ ]

Rotação	P_o	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	PSI	$(PSI)_o$	Temp.	Ura	V/ciclo	n ciclos	I	V	Pot
4580	115	-65	-65	-100	118	-140	-15,8	10,5	20,5	68	1,5	170	12,5	235	3,4
4030	96	-51	-51	- 81	96	-125	-14,9	10,5	20,5	68	1,35	160	11,5	210	2,4
3600	69	-40	-40	- 65	71	- 86	-13,3	10,5	20,5	68	1,30	140	9,5	180	1,7
3080	47	-30	-30	- 47	50	- 62	-13,3	10,5	20,5	68	1,0	120	8,0	135	1,2

Rotação	PSI cal	$P_o - P_1$	$P_4 - P_3$	$\frac{P_4 - P_3}{P_o - P_1}$	TETA	$\frac{P_o - P_1}{q_c}$	$\frac{q_c}{P_o - P_1}$	q_c	$(Fl)_5$	Pt
4580	26,3	180	218	1,21	19,2	15,4	0,065	11,70	-0,85	+105,06
4030	25,4	147	177	1,20	19,0	15,2	0,065	9,55	-0,85	+79,77
3600	23,8	109	136	1,25	20,0	15,6	0,064	6,97	-0,83	63,22
3080	23,8	77	97	1,26	20,5	15,6	0,064	6,97	-0,82	41,28

OBSERVAÇÕES : .....

VENTILADOR OTTO-DEUTZ — PAPELETA DE ENSAIO DE DESVIO

Ensaio n.º 14 **Posição** 3 **Estação** Externa **Gerador** [ ] **Só Aletas** [X]

Rotação	P_o	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	PSI	$(PSI)_o$	Temp.	Ura	V/ciclo	n ciclos	I	V	Pot
4510	176	55	55	25	118	-20	-22,6	+11,7	23	68	1,55	170	12,5	240	3,2
4050	153	53	53	23	105	-18	-21,8	+11,7	23	68	1,40	160	11,0	215	2,4
3500	115	38	38	15	78	-15	-22,6	+11,7	23	68	1,20	145	9,5	180	1,7
3000	85	28	28	11	57	- 5	-22,6	+11,7	23	68	1,0	130	8,0	140	1,1
2510	57	18	18	7	38	- 4	-22,6	+11,7	23	68	0,9	110	7,0	115	0,75

Rotação	PSI cal	$P_o - P_1$	$P_4 - P_3$	$\frac{P_4 - P_3}{P_o - P_1}$	TETA	$\frac{P_o - P_1}{q_c}$	$\frac{q_c}{P_o - P_1}$	q_c	$(FI)_5$	Pt
4510	34,3	121	93	0,77	11,5	13,2	0,076	9,20	-0,97	167,08
4050	33,5	100	82	0,82	12,2	13,4	0,075	7,50	-0,95	145,88
3500	34,3	77	63	0,82	12,2	13,4	0,075	5,77	-0,95	109,52
3000	34,3	57	46	0,81	12,1	13,4	0,075	4,27	-0,95	80,97
2510	34,3	39	31	0,79	11,8	13,2	0,076	2,96	-0,95	54,19

OBSERVAÇÕES:

VENTILADOR OTTO-DEUTZ — PAPELETA DE ENSAIO DE DESVIO

Ensaio n.º 15 Posição 3 Estação Intermed. Gerador [ ] Só Aletas [X]

Rotação	P_o	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	PSI	$(PSI)_o$	Temp.	Ura	V/ciclo	n ciclos	I	V	Pot
4510	183	30	30	-10	145	-55	-29,5	11,7	23,5	68	1,55	170	12,5	240	3,2
4040	142	18	18	-19	115	-44	-29,7	11,7	23,5	68	1,40	160	11,0	215	2,4
3510	113	15	15	-17	90	-39	-29,7	11,7	23,5	68	1,20	150	9,5	180	1,7
3020	82	5	5	-15	65	-29	-29,3	11,7	23,5	68	1,10	130	8,0	135	1,1
2550	58	+ 8	+ 8	- 9	48	-19	-29,3	11,7	23,5	68	1,00	100	6,5	110	0,7

Rotação	PSI cal	$P_o - P_1$	$P_4 - P_3$	$\frac{P_4 - P_3}{P_o - P_1}$	TETA	$\frac{P_o - P_1}{q_c}$	$\frac{q_c}{P_o - P_1}$	q_c	$(Fi)_5$	Pt
4510	41,2	153	155	1,01	15,5	14,2	0,070	10,71	-0,92	173,15
4040	41,4	124	134	1,08	16,6	14,6	0,068	8,43	-0,88	134,58
3510	41,7	98	107	1,09	16,8	14,6	0,068	6,60	-0,88	107,14
3020	41,0	77	80	1,04	16,0	14,4	0,069	5,31	-0,90	77,22
2550	41,0	50	57	1,14	17,7	15,0	0,067	3,35	-0,86	55,12

OBSERVAÇÕES : .....

VENTILADOR OTTO-DEUTZ

PAPELETA DE ENSAIO DE DESVIO

Ensaio n.º 16 **Posição** 3 **Estação** Interna **Gerador** [ ] **Só Aletas** [X]

Rotação	P_o	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	PSI	$(PSI)_o$	Temp.	Ura	V/ciclo	n ciclos	I	V	Pot
4510	123	-85	85	-110	150	-148	-33,0	11,7	23,5	71	1,55	170	12,5	240	3,2
4040	100	-65	-65	- 90	122	-120	-32,2	11,7	23,5	71	1,40	160	11,0	215	2,4
3510	80	-50	-50	- 71	85	- 91	-31,8	11,7	23,5	71	1,20	150	9,5	180	1,7
3020	58	-35	-35	- 57	68	- 65	-31,8	11,7	23,5	71	1,10	130	8,0	135	1,1
2550	41	-24	-24	- 44	48	- 46	-31,1	11,7	23,5	71	1,0	100	6,5	110	0,7

Rotação	PSI cal	$P_o - P_1$	$P_4 - P_3$	$\frac{P_4 - P_3}{P_o - P_1}$	TETA	$\frac{P_o - P_1}{q_c}$	$\frac{q_c}{P_o - P_1}$	q_c	$(Fi)_5$	Pt
4510	44,7	208,0	260	1,25	20,1	12,2	0,065	6,15	-0,99	158,91
4040	43,9	165,0	212	1,28	21,0	12,2	0,063	5,33	-0,99	139,72
3510	43,5	130,0	156	1,20	19,0	12,2	0,066	4,18	-0,99	106,86
3020	43,5	93,0	125	1,34	22,5	12,2	0,062	3,03	-0,99	79,00
2550	42,8	65,0	92	1,42	25,0	12,2	0,059	1,97	-0,98	56,07

OBSERVAÇÕES : .....

VENTILADOR OTTO-DEUTZ — PAPELETA DE ENSAIO DE DESVIO

Ensaio n.º 17 **Posição** 6 **Estação** Externa **Gerador** [ ] **Só Aletas** [X]

Rotação	P_o	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	PSI	$(PSI)_o$	Temp.	Ura	V/ciclo	n ciclos	I	V	Pot
4520	165	90	90	79	103	23	-28,6	10,0	24	77	1,6	170	13	240	3,2
4000	145	80	80	70	92	19	-28,8	10,0	24	77	1,5	160	11,5	220	2,6
3510	111	60	60	52	70	13	-28,8	10,0	24	77	1,3	140	9,5	180	1,7
3010	82	45	45	38	50	10	-28,8	10,0	24	77	1,2	120	8,0	150	1,1
2500	58	32	32	28	37	8	-28,8	10,0	24	77	1,0	100	6,5	110	0,7

Rotação	PSI cal	$P_o - P_1$	$P_4 - P_3$	$\frac{P_4 - P_3}{P_o - P_1}$	TETA	$\frac{P_o - P_1}{q_c}$	$\frac{q_c}{P_o - P_1}$	q_c	$(FI)_5$	Pt
4520	38,6	75	24	0,32	5	12,2	0,082	6,15	-0,99	158,91
4000	38,8	65	22	0,34	5,5	12,2	0,082	5,33	-0,99	139,72
3510	38,8	51	18	0,35	5,6	12,2	0,082	4,18	-0,99	106,86
3010	38,8	37	12	0,32	5,0	12,2	0,082	3,03	-0,99	79,00
2500	38,8	24	9	0,38	6,0	12,2	0,082	1,97	-0,98	56,07

OBSERVAÇÕES : .....

VENTILADOR OTTO-DEUTZ — PAPELETA DE ENSAIO DE DESVIO

Ensaio n.º 18 **Posição** 6 **Estação** Intermed. **Gerador** [ ] **Só Aletas** [X]

Rotação	P_o	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	PSI	$(PSI)_o$	Temp.	Ura	V/ciclo	n ciclos	I	V	Pot
4510	172	61	61	-29	137	-10	-30	10	24,0	77	1,6	170	13	240	3,2
4020	144	53	53	-24	115	- 9	-29,6	10	24,0	77	1,5	160	11	220	2,4
3510	108	40	40	-16	87	- 7	-29,6	10	24,0	77	1,45	140	10	190	1,8
3010	75	28	28	-10	60	- 5	-29,3	10	24,0	77	1,1	120	7,5	135	1,1
2510	53	19	19	- 7	43	- 4	-29,3	10	24,0	77	0,95	100	6,5	105	0,7

Rotação	PSI cal	$P_o - P_1$	$P_4 - P_3$	$\frac{P_4 - P_3}{P_o - P_1}$	TETA	$\frac{P_o - P_1}{q_c}$	$\frac{q_c}{P_o - P_1}$	q_c	$(FI)_5$	Pt
4510	40	111,0	166,0	1,49	17,9	15,0	0,066	7,33	-0,87	165,62
4020	39,6	91,0	139,0	1,53	29,5	17,6	0,057	5,19	-0,52	141,30
3510	39,6	68,0	103,0	1,51	28,8	17,4	0,057	3,88	-0,56	105,83
3010	39,3	47,0	70,0	1,49	27,8	17,4	0,057	2,68	-0,62	73,34
2510	39,3	34,0	50,0	1,47	27,0	17,2	0,058	1,97	-0,63	51,76

OBSERVAÇÕES : .....

VENTILADOR OTTO-DEUTZ — PAPELETA DE ENSAIO DE DESVIO

Ensaio n.º 19 **Posição** 6 **Estação** Interna **Gerador** [ ] **Só Aletas** [X]

Rotação	P_o	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	PSI	$(PSI)_o$	Temp.	Ura	V/ciclo	n ciclos	I	V	Pot
4520	139	-10	-10	-41	143	-69	-31,5	16,4	24,0	77	1,65	170	13,2	240	3,4
4020	108	- 8	- 8	-35	113	-58	-31,1	16,4	24,0	77	1,3	160	10,5	210	2,4
3490	87	- 7	- 7	-29	90	-45	-31,1	16,4	24,0	77	1,3	140	9,0	190	1,8
3020	60	- 5	- 5	-23	61	-33	-31,1	16,4	24,0	77	1,0	125	8,0	130	1,1
2510	43	- 3	- 3	-18	45	-23	-30,4	16,4	24,0	77	0,95	100	6,5	110	0,7

Rotação	PSI cal	$P_o - P_1$	$P_4 - P_3$	$\frac{P_4 - P_3}{P_o - P_1}$	TETA	$\frac{P_o - P_1}{q_c}$	$\frac{q_c}{P_o - P_1}$	q_c	$(FI)_5$	Pt
4520	47,9	149	184	1,23	19,8	15,6	0,064	9,54	-0,83	131,04
4020	47,5	116	148	1,27	20,6	15,6	0,064	7,42	-0,81	101,99
3490	47,5	94	119	1,27	20,6	15,6	0,064	6,02	-0,81	82,12
3020	47,5	65	84	1,29	21,0	15,8	0,063	4,09	-0,80	56,73
2510	46,8	46	63	1,37	23,5	16,2	0,062	2,85	-0,74	40,89

OBSERVAÇÕES : .....

VENTILADOR OTTO-DEUTZ — PAPELETA DE ENSAIO DE DESVIO

Ensaio n.º 20 **Posição** 1 **Estação** Externa **Gerador** [X] **Só Aletas** [ ]

Rotação	P_o	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	PSI	$(PSI)_o$	Temp.	Ura	V/ciclo	n ciclos	I	V	Pot
4500	-50	-120	-120	-115	0	-105	-6,2	-13,0	24	77	1,65	165	13,5	240	3,4
4030	-45	-100	-100	- 94	0	-100	-6,2	-13,0	24	77	1,45	160	11	220	2,4
3500	-37	- 75	- 75	- 78	0	- 80	-6,2	-13,0	24	77	1,2	150	9,5	180	1,7

Rotação	PSI cal	$P_o - P_1$	$P_4 - P_3$	$\frac{P_4 - P_3}{P_o - P_1}$	TETA	$\frac{P_o - P_1}{q_c}$	$\frac{q_c}{P_o - P_1}$	q_c	$(Fi)_5$	Pt
4500	6,8	70	115	1,64	-	-	-	-	-	-
4030	6,8	55	94	1,70	-	-	-	-	-	-
3500	6,8	3,8	78	2,05	-	-	-	-	-	-

OBSERVAÇÕES: Tomada a 10 mm da carcaça. Pontos fora do campo de calibração.

VENTILADOR OTTO-DEUTZ — PAPELETA DE ENSAIO DE DESVIO

Ensaio n.º 21 Posição 1 Estação Intermed. Gerador [X] Só Aletas [ ]

Rotação	P_o	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	PSI	$(PSI)_o$	Temp.	Ura	V/ciclo	n ciclos	I	V	Pot
4510	-8	-45	-45	-60	-8	-68	-4,8	-12,6	24,0	77	1,6	170	12,5	235	3,2
4020	-6	-40	-40	-49	-6	-57	-5,8	-12,6	24,0	77	1,4	160	10,5	215	2,2
3500	-5	-31	-31	-39	-5	-45	-3,6	-12,6	24,0	77	1,25	140	9,5	180	1,8
3010	-3	-22	-22	-28	-3	-33	-5,0	-12,6	24,0	77	1,00	125	8,0	130	1,1
2500	-3	-16	-16	-20	-2	-24	-5,0	-12,6	24,0	77	0,9	110	7,0	110	0,7

Rotação	PSI cal	$P_o - P_1$	$P_4 - P_3$	$\frac{P_4 - P_3}{P_o - P_1}$	TETA	$\frac{P_o - P_1}{q_c}$	$\frac{q_c}{P_o - P_1}$	q_c	$(Fl)_5$	Pt
4510	7,8	37	16	0,69	24,5	16,4	0,061	2,26	-0,72	-9,63
4020	6,8	34	12	0,66	20,5	15,6	0,064	2,18	-0,82	-7,79
3500	9,0	26	7	0,46	21,5	15,8	0,063	1,64	-0,79	-6,30
3010	7,6	19	4	0,33	22	16,0	0,062	1,18	-0,77	-3,91
2500	7,6	13	4	0,50	23,5	16,2	0,062	0,81	-0,73	-3,59

OBSERVAÇÕES: Tomada a 10 mm da carcaça.

VENTILADOR OTTO-DEUTZ — PAPELETA DE ENSAIO DE DESVIO

Ensaio n.º 22 **Posição** 1 **Estação** Interna **Gerador** [X] **Só Aletas** [ ]

Rotação	P_o	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	PSI	$(PSI)_o$	Temp.	Ura	V/ciclo	n ciclos	I	V	Pot
4510	0	-23	-23	-27	-11	-43	-12,0	-12,6	24	77	1,6	170	13,5	240	3,4
4010	0	-18	-18	-22	-10	-35	-10,0	-12,6	24	77	1,4	160	10,5	215	2,2
3500	0	-15	-15	-17	-10	-28	-9,5	-12,6	24	77	1,35	140	9,5	190	1,7
3020	0	-12	-12	-13	- 9	-23	-9,5	-12,6	24	77	1,1	130	8,0	150	1,2
2500	0	- 8	- 8	- 9	- 5	-15	-9,5	-12,6	24	77	1,0	100	6,5	110	0,7

Rotação	PSI cal	$P_o - P_1$	$P_4 - P_3$	$\frac{P_4 - P_3}{P_o - P_1}$	TETA	$\frac{P_o - P_1}{q_c}$	$\frac{q_c}{P_o - P_1}$	q_c	$(Fi)_5$	Pt
4510	0,6	+23	16	0,69	10,5	13	0,077	1,77	-0,97	-1,72
4010	2,6	+18	12	0,66	10,0	13	0,077	1,39	-0,97	-1,35
3500	3,1	+15	7	0,46	7,0	12,4	0,081	1,22	0,98	-1,20
2020	3,1	12	4	0,33	5,5	12,2	0,082	0,98	0,99	-0,97
2500	3,1	8	4	0,50	7,5	12,4	0,081	0,65	0,98	-0,64

OBSERVAÇÕES: Tomada a 10 mm da carcaça.

VENTILADOR OTTO-DEUTZ — PAPELETA DE ENSAIO DE DESVIO

Ensaio n.º 28 **Posição** 1 **Estação** Externa **Gerador** [x] **Só Aletas** [ ]

Rotação	P_o	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	PSI	$(PSI)_o$	Temp.	Ura	V/ciclo	n ciclos	I	V	Pot
4500	-70	-160	-160	-158	0	-165	0	-16,1	24,2	70	1,7	170	13,0	240	3,4
4000	-55	-130	-130	-128	+2	-132	0	-16,1	24,2	70	1,5	160	11,0	215	2,2
3500	-50	-105	-105	-105	+1	-111	0	-16,1	24,2	70	1,3	150	9,5	190	1,8
3000	-35	- 75	- 75	- 76	+1	- 80	0	-16,1	24,2	70	1,15	120	8,0	140	1,2
2510	-25	- 58	- 58	- 65	+1	- 53	0	-16,1	24,2	70	1	100	6,5	115	0,8

Rotação	PSI cal	$P_o - P_1$	$P_4 - P_3$	$\frac{P_4 - P_3}{P_o - P_1}$	TETA	$\frac{P_o - P_1}{q_c}$	$\frac{q_c}{P_o - P_1}$	q_c	$(Fi)_5$	Pt
4500	-16,1	90	158	1,76	-	-	-	-	-	-
4000	-16,1	75	130	1,76	-	-	-	-	-	-
3500	-16,1	55	106	1,93	-	-	-	-	-	-
3000	-16,1	40	77	1,93	-	-	-	-	-	-
2510	-16,1	33	66	2,0	-	-	-	-	-	-

OBSERVAÇÕES: Tomada a 15 mm da carcaça. Pontos fora do campo de calibração.

VENTILADOR OTTO-DEUTZ — PAPELETA DE ENSAIO DE DESVIO

Ensaio n.º 29 **Posição** 1 **Estação** Intermed. **Gerador** [X] **Só Aletas** [ ]

Rotação	P_o	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	PSI	$(PSI)_o$	Temp.	Ura	V/ciclo	n ciclos	I	V	Pot
4500	-10	-65	-65	-85	-8	-95	-11,2	-16,1	24,2	70	1,6	180	13,5	240	3,6
4000	-10	-50	-50	-65	-4	-71	-9,5	-16,1	24,2	70	1,5	150	11,5	215	2,4
3520	- 7	-40	-40	-53	-3	-59	-8,0	-16,1	24,2	70	1,35	140	9,5	190	1,8
3020	- 6	-30	-30	-38	-2	-43	-8,0	-16,1	24,2	70	1,05	125	8,0	140	1,2
2510	- 4	-20	-20	-26	-1	-30	-8,0	-16,1	24,2	70	1,0	100	6,5	115	0,8

Rotação	PSI cal	$P_o - P_1$	$P_4 - P_3$	$\frac{P_4 - P_3}{P_o - P_1}$	TETA	$\frac{P_o - P_1}{q_c}$	$\frac{q_c}{P_o - P_1}$	q_c	$(Fl)_5$	Pt
4500	-3,2	55	77	1,40	24,3	16,6	0,060	3,30	-0,78	-12,41
4000	-5,5	40	61	1,53	29,5	17,6	0,057	2,28	-0,55	-11,25
3520	-5,0	33	50	1,52	29,4	17,6	0,057	1,88	-0,55	- 8,03
3020	-6,0	24	36	1,50	28,0	17,4	0,057	1,37	-0,59	- 6,81
2510	-7,0	16	25	1,56	31,0	17,8	0,056	0,90	-0,43	- 4,39

OBSERVAÇÕES: Tomada a 15 mm da carcaça.

VENTILADOR OTTO-DEUTZ — PAPELETA DE ENSAIO DE DESVIO

Ensaio n.º 30 **Posição** 1 **Estação** Interna **Gerador** [X] **Só Aletas** [ ]

Rotação	P_o	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	PSI	$(PSI)_o$	Temp.	Ura	V/ciclo	n ciclos	I	V	Pot
4340	1	-28	-28	-31	-15	-51	-15,8	-16,1	24,2	70	1,6	175	140	240	3,6
4000	1	-22	-22	-26	-13	-41	-14,5	-16,1	24,2	70	1,5	150	11,5	215	2,2
3490	0	-18	-18	-22	-10	-34	-14,5	-16,1	24,2	70	1,3	140	9,5	190	1,7
3000	0	-13	-13	-16	- 6	-25	-14,5	-16,1	24,2	70	1,0	130	8,5	135	1,2
2520	0	-10	-10	-12	-4	-18	-14,5	-16,1	24,2	70	0,95	100	7,0	110	0,8

Rotação	PSI cal	$P_o - P_1$	$P_4 - P_3$	$\frac{P_4 - P_3}{P_o - P_1}$	TETA	$\frac{P_o - P_1}{q_c}$	$\frac{q_c}{P_o - P_1}$	q_c	$(FI)_5$	Pt
4340	-0,3	29	16	0,55	8,5	12,6	0,079	2,29	-0,98	1,24
4000	-1,6	23	13	0,57	8,7	12,6	0,079	1,82	-0,98	-0,78
3490	-1,6	18	12	0,67	10,2	13,0	0,077	1,39	-0,97	-1,35
3000	-1,6	13	10	0,77	11,1	13,2	0,076	0,99	-0,96	-0,95
2520	-1,6	10	8	0,80	12,0	13,4	0,075	0,75	-0,95	-0,71

OBSERVAÇÕES: Tomada a 15 mm da carcaça.

VENTILADOR OTTO-DEUTZ — PAPELETA DE ENSAIO DE DESVIO

Ensaio n.º 31 Posição 1 Estação Externa Gerador [X] Só Aletas [ ]

Rotação	P_o	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	PSI	$(PSI)_o$	Temp.	Ura	V/ciclo	n ciclos	I	V	Pot
4500	-80	-170	-170	-165	0	-170	+1,5	-8	26,5	67					3,8
4000	-50	-125	-125	-125	0	-130	0	-8	26,5	67					2,7
3500	-35	- 95	- 95	-100	0	-105	+0,4	-8	26,5	67					2,0
3000	-30	-80	- 80	- 85	0	- 88	+0,7	-8	26,5	67					1,25
2500	-22	-55	- 55	- 60	0	- 62	+0,7	-8	26,5	67					0,8

Rotação	PSI cal	$P_o - P_1$	$P_4 - P_3$	$\frac{P_4 - P_3}{P_o - P_1}$	TETA	$\frac{P_o - P_1}{q_c}$	$\frac{q_c}{P_o - P_1}$	q_c	$(Fi)_5$	Pt
4500	+9,5	90,0	165,0	1,83						
4000	+8,0	75,0	125,0	1,67						
3500	+8,4	60,0	100,0	1,67						
3000	+8,7	50,0	85,0	1,70						
2500	+8,7	33,0	60	1,82						

OBSERVAÇÕES: Tomada a 10mm da carcaça. Pontos fora do campo de calibração.

VENTILADOR OTTO-DEUTZ — PAPELETA DE ENSAIO DE DESVIO

Ensaio n.º 32 Posição 1 Estação Intermed. Gerador [X] Só Aletas [ ]

Rotação	P_o	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	PSI	$(PSI)_o$	Temp.	Ura	V/ciclo	n ciclos	I	V	Pot
4500	-12	-68	-68	-87	- 5	-98	-2,8	- 8	26,5	67					3,8
4000	-10	-55	-55	-70	-10	*90	-3,0	- 8	26,5	67					2,7
3500	- 7	-45	-45	-58	- 7	-73	-2,4	- 8	26,5	67					2,0
3000	- 5	-30	-30	-40	- 5	-50	-2,7	- 8	26,5	67					1,25
2500	- 3	-25	-25	-30	- 4	-35	-3,0	- 8	26,5	67					0,8

Rotação	PSI cal	$P_o - P_1$	$P_4 - P_3$	$\frac{P_4 - P_3}{P_o - P_1}$	TETA	$\frac{P_o - P_1}{q_c}$	$\frac{q_c}{P_o - P_1}$	q_c	$(Fi)_5$	Pt
4500	+5,2	56,0	82,0	1,46	27,0	17,0	0,059	3,304	-0,62	-14,05
4000	+5,0	45,0	60,0	1,33	22,3	16,2	0,062	2,790	-0,75	-12,09
3500	+5,6	38,0	51,0	1,34	22,3	16,2	0,062	2,356	-0,75	- 8,77
3000	+5,3	25,0	35,0	1,40	24,5	16,6	0,060	1,500	-0,71	- 6,06
2500	+5,0	22,0	26,0	1,18	18,5	14,8	0,068	1,496	-0,88	- 4,32

OBSERVAÇÕES: Tomada a 10 mm da carcaça.

VENTILADOR OTTO-DEUTZ — PAPELETA DE ENSAIO DE DESVIO

Ensaio n.º 33 **Posição** 1 **Estação** Interna **Gerador** [X] **Só Aletas** [ ]

Rotação	P_o	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	PSI	$(PSI)_o$	Temp.	Ura	V/ciclo	n ciclos	I	V	Pot
4500	0	-30	-30	-38	-15	-62	-4,6	- 8	26,5	67					3,8
4000	0	-25	-25	-30	-16	-50	-4,6	- 8	26,5	67					2,7
3500	0	-23	-23	-20	-15	-45	- 6	- 8	20,5	67					2,0
3000	0	-16	-16	-18	-13	-34	- 6	- 8	26,5	67					1,25
2500	0	-12	-12	-13	- 7	-24	- 6	- 8	26,5	67					0,8

Rotação	PSI cal	$P_o - P_1$	$P_4 - P_3$	$\frac{P_4 - P_3}{P_o - P_1}$	TETA	$\frac{P_o - P_1}{q_c}$	$\frac{q_c}{P_o - P_1}$	q_c	$(Fi)_5$	Pt
4500	+3,4	+30	23,0	+0,77	11,5	13,1	0,075	2,250	-0,96	-2,16
4000	+3,4	+25	14,0	+0,56	8,5	12,4	0,081	2,025	-0,97	-1,96
3500	+2,0	+23	5,0	+0,22	3,5	12,0	0,083	1,909	-0,99	-1,89
3000	+2,0	+16	5,0	+0,31	5,0	12,1	0,083	1,328	-0,99	-1,31
2500	+2,0	+12	6,0	+0,5	7,5	12,2	0,082	0,984	-0,98	-0,96

OBSERVAÇÕES: Tomada a 10 mm da carcaça.

VENTILADOR OTTO-DEUTZ — PAPELETA DE ENSAIO DE DESVIO

Ensaio n.º 34 **Posição** 1 **Estação** Externa **Gerador** [ ] **Só Aletas** [X]

Rotação	P_o	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	PSI	$(PSI)_o$	Temp.	Ura	V/ciclo	n ciclos	I	V	Pot
4500	165	117	117	119	114	70	-18,6	-9,6	26	71					2,8
4000	133	95	95	98	93	57	-18,6	-9,6	26	71					2,0
3500	109	78	78	81	76	48	-19,3	-9,6	26	71					1,5
3000	81	57	57	59	56	37	-20,0	-9,6	26	71					1,0
2500	57	40	40	41	41	27	-21,0	-9,6	26	71					0,6

Rotação	PSI cal	$P_o - P_1$	$P_4 - P_3$	$\frac{P_4 - P_3}{P_o - P_1}$	TETA	$\frac{P_o - P_1}{q_c}$	$\frac{q_c}{P_o - P_1}$	q_c	$(Fi)_5$	Pt
4500	-9,0	48,0	-5,0	-0,10	-1,0	11,8	0,085	3,936	-1,0	161,06
4000	-9,0	38,0	-5,0	-0,13	-1,5	11,8	0,085	3,116	-1,0	129,88
3500	-9,7	31,0	-5,0	-0,16	-2,0	11,8	0,085	2,542	-0,99	106,48
3000	-10,4	24,0	-3,0	-0,12	-1,5	11,8	0,085	1,968	-1,0	79,03
2500	-11,4	17,0	0	0	0	11,8	0,085	1,394	-1,0	55,61

OBSERVAÇÕES: Tomada a 10 mm da carcaça.

VENTILADOR OTTO-DEUTZ

PAPELETA DE ENSAIO DE VAZÃO

Ensaio n.° 11 Gerador [x] Só Aletas [ ]

Temperatura 19,0 U R A ..... P Bar 714

Rotação 3560 V/Ciclo 1,2 n ciclos 140 I 9,5 V 135 Pot 1,6

Penetração do Pitot no tubo de saída 55 mm

Distância do topo	Rotação	q
10	3560	20,0
43,9	3560	17,3
77,8	3540	7,4
111,7	3540	-0,9
145,6	3540	-0,7
179,5	3540	-0,7
213,4	3540	-1,5
247,3	3550	7,0
281,2	3520	16,2
315,1	3530	13,0

OBSERVAÇÕES :

VENTILADOR OTTO-DEUTZ — PAPELETA DE ENSAIO DE VAZÃO

Ensaio n.° 12 **Gerador** [x] **Só Aletas** [ ]

Temperatura 20,0 **U R A** ..... **P Bar** 711,6

Rotação 3000 **V/Ciclo** 1,0 **n ciclos** 140 **I** 9,5 **V** 130 **Pot** 1,3

Penetração do Pitot no tubo de saída 55 **mm**

Distância do topo	Rotação	q
10	3000	16,0
43,9	3000	15,0
77,8	3000	8,4
111,7	3000	0,5
145,6	3000	0,4
179,5	3000	0,5
213,4	3000	0,0
247,3	3000	7,8
281,2	3010	14,2
315,1	3000	11,3

OBSERVAÇÕES :

VENTILADOR OTTO-DEUTZ

PAPELETA DE ENSAIO DE VAZÃO

Ensaio n.° 13 **Gerador** [x] **Só Aletas** [ ]

Temperatura 20,0 **U R A** **P Bar** 711,6

Rotação 2510 **V/Ciclo** 0,8 **n ciclos** 110 **I** 8,0 **V** 110 **Pot** 0,95

Penetração do Pitot no tubo de saída 55 **mm**

Distância do topo	Rotação	q
10	2510	11,5
43,9	2510	12,0
77,8	2520	6,5
111,7	2520	1,0
145,6	2510	0,8
179,5	2500	0,8
213,4	2500	0,4
247,3	2500	5,7
281,2	2510	10,2
315,1	2510	8,6

OBSERVAÇÕES :

VENTILADOR OTTO-DEUTZ

PAPELETA DE ENSAIO DE VAZÃO

Ensaio n.° 23 **Gerador** [ ] **Só Aletas** [x]

Temperatura 23,5 **U R A** 70 **P Bar** 709,3

Rotação 4500 **V/Ciclo** 1,6 **n ciclos** 170 **I** 13 **V** 240 **Pot** 3,4

Penetração do Pitot no tubo de saída 50 **mm**

Distância do topo	Rotação	q
12,5	4500	27,6
46,4	4500	16,5
80,3	4500	0,3
114,2	4490	-8,2
148,1	4500	-4,5
182,0	4500	-4,3
215,9	4500	-10,2
249,8	4500	-8,0
283,7	4510	+6,8
317,6	4510	19,0

OBSERVAÇÕES :

VENTILADOR OTTO-DEUTZ

PAPELETA DE ENSAIO DE VAZÃO

Ensaio n.° 24 **Gerador** [ ] **Só Aletas** [X]

Temperatura 23,6 **U R A** 70 **P Bar** 709,5

Rotação 4000 **V/Ciclo** 1,5 **n ciclos** 160 **I** 12 **V** 220 **Pot** 2,6

Penetração do Pitot no tubo de saída 50 **mm**

Distância do topo	Rotação	q
12,5	4000	+21
46,4	4000	+12,5
80,3	4000	+0,3
114,2	4000	-6,1
148,1	4000	-3,3
182,0	4000	-3,3
215,9	4000	-7,5
249,8	4000	-6,3
283,7	4000	+6,3
317,6	4000	+16,0

OBSERVAÇÕES :

VENTILADOR OTTO-DEUTZ

PAPELETA DE ENSAIO DE VAZÃO

Ensaio n.° 25 **Gerador** [ ] **Só Aletas** [x]

Temperatura 23,8 **U R A** 70 **P Bar** 709,5

Rotação 3510 **V/Ciclo** 1,1 **n ciclos** 150 **I** 10 **V** 170 **Pot** 1,7

Penetração do Pitot no tubo de saída 50 **mm**

Distância do topo	Rotação	q
12,5	3510	16,9
46,4	3500	10,0
80,3	3520	0,5
114,2	3510	-5
148,1	3500	-2,8
182,0	3500	-2,7
215,9	3500	-6,0
249,8	3490	-4,8
283,7	3520	+4,8
317,6	3510	12,4

OBSERVAÇÕES :

VENTILADOR OTTO-DEUTZ

PAPELETA DE ENSAIO DE VAZÃO

Ensaio n.° 26 **Gerador** [ ] **Só Aletas** [x]

Temperatura 23,6 **U R A** 70 **P Bar** 709,5

Rotação 3010 **V/Ciclo** 1,0 **n ciclos** 120 **I** 8 **V** 130 **Pot** 1,1

Penetração do Pitot no tubo de saída 50 **mm**

Distância do topo	Rotação	q
12,5	3010	11,5
46,4	3000	7,2
80,3	3010	0,4
114,2	3010	-3,6
148,1	3000	-2,0
182,0	3000	-1,9
215,9	3000	-4,3
249,8	3000	-3,4
283,7	3000	+3,6
317,6	3000	+8,7

OBSERVAÇÕES:

VENTILADOR OTTO-DEUTZ

PAPELETA DE ENSAIO DE VAZÃO

Ensaio n.° 27 **Gerador** [ ] **Só Aletas** [X]

Temperatura 23,6 **U R A** 70 **P Bar** 709,5

Rotação 2510 **V/Ciclo** 1,0 **n ciclos** 100 **I** 6,5 **V** 115 **Pot** 0,7

Penetração do Pitot no tubo de saída 50 **mm**

Distância do topo	Rotação	q
12,5	2510	+8,8
46,4	2510	+5,4
80,3	2510	+0,4
114,2	2520	-2,4
148,1	2510	-1,2
182,0	2500	-1,3
215,9	2500	-3,0
249,8	2500	-2,3
283,7	2500	+2,5
317,6	2500	+6,5

OBSERVAÇÕES :

ENSAIO DO VENTILADOR OTTO-DEUTZ

DEDUÇÃO DE DADOS

Data: ____/____/____ Página: 76

ENSAIO N.º 1 SECÇÃO: 3 PRESSÃO: 712 mm Hg
ESTAÇÃO: Intermed. TEMP. : 21,0 °C
UMIDADE: 75 %

RPM	PSI (grau)	TETA (grau)	q (mm H_2O)	Pt (mm H_2O)	POTÊNCIA (Kw)
4100	40	16,7	13,26	-21,80	2,6
3500	41	17,2	11,05	-24,83	2,4
3000	41	17,6	8,04	-22,07	1,3

ENSAIO N.º 2 SECÇÃO: 3 PRESSÃO: 712 mm Hg
ESTAÇÃO: Interm. (C) TEMP. : 21,0 °C
UMIDADE: 75,0 %

RPM	PSI (grau)	TETA (grau)	q (mm H_2O)	Pt (mm H_2O)	POTÊNCIA (Kw)
4530	40,0	15,6	16,28	-32,98	3,4
4040	40,4	16,5	14,28	-27,71	2,9
3490	40,4	16,6	11,36	-23,11	1,8
3010	40,4	17,5	7,90	-15,95	1,6
2490	40,4	16,6	5,64	-12,02	0,95

ENSAIO N.º 3 SECÇÃO: 3 PRESSÃO: 712 mm Hg
ESTAÇÃO: Interna TEMP. : 21,0 °C
UMIDADE: 75,0 %

RPM	PSI (grau)	TETA (grau)	q (mm H_2O)	Pt (mm H_2O)	POTÊNCIA (Kw)
4490	46,0	19,5	21,12	-92,53	3,2
4000	45,3	19,0	17,42	-76,63	2,2
3500	44,8	19,2	15,14	-64,72	2,0
3000	44,1	18,5	11,81	-41,16	1,4
2500	44,7	22,0	7,44	-34,80	1,0

Observações: Ventilador funcionando como gerador
Ensaio 1 interrompido por aquecimento do mancal do motor.

ENSAIO DO VENTILADOR OTTO-DEUTZ

DEDUÇÃO DE DADOS

Data: ____/____/____ Página: 77

ENSAIO N.º 4 SECÇÃO: 3 PRESSÃO: 712 mm Hg
ESTAÇÃO: Externa TEMP. : 21,0 °C
UMIDADE: 75,0 %

RPM	PSI (grau)	TETA (grau)	q (mm H_2O)	Pt (mm H_2O)	POTÊNCIA (Kw)
4510	36,9	7,5	16,80	-24,46	3,2
4010	37,3	8,2	14,40	-19,11	2,6
3490	37,3	7,2	11,60	-14,37	2,2
3000	37,3	7,0	8,40	-11,23	1,4
2500	37,2	7,2	5,92	- 6,80	0,9

ENSAIO N.º 5 SECÇÃO: 6 PRESSÃO: 711 mm Hg
ESTAÇÃO: Externa TEMP. : 21,0 °C
UMIDADE: 68 %

RPM	PSI (grau)	TETA (grau)	q (mm H_2O)	Pt (mm H_2O)	POTÊNCIA (Kw)
4520	21,8	6,3	10,08	149,02	3,6
4000	21,8	6,2	8,64	129,45	2,6
3500	21,8	6,6	6,24	91,88	1,8
3010	21,8	6,5	5,28	77,83	1,4
2500	21,8	6,6	3,28	48,79	1,0

ENSAIO N.º 6 SECÇÃO: 6 PRESSÃO: 711 mm Hg
ESTAÇÃO: Interm. TEMP. : 21,0 °C
UMIDADE: 68,0 %

RPM	PSI (grau)	TETA (grau)	q (mm H_2O)	Pt (mm H_2O)	POTÊNCIA (Kw)
4510	20,3	15,0	8,96	131,76	3,6
4010	19,7	13,5	8,84	113,78	2,8
3500	19,7	14,0	6,08	77,35	1,8
3000	19,7	16,2	4,27	61,16	1,4
2530	18,6	15,0	3,22	45,04	0,95

Observações: Ventilador funcionando como gerador

ENSAIO DO VENTILADOR OTTO-DEUTZ

DEDUÇÃO DE DADOS

Data: ____/____/____ Página: 78

ENSAIO N.º 7 — SECÇÃO: 6 — ESTAÇÃO: Interna — PRESSÃO: 711,5 mm Hg — TEMP. : 20,5 °C — UMIDADE: 68,0 %

RPM	PSI (grau)	TETA (grau)	q (mm H_2O)	Pt (mm H_2O)	POTÊNCIA (Kw)
4410	26,5	19,2	10,5	102,34	3,2
4030	25,5	19,0	9,62	86,82	2,4
3520	23,5	20,1	6,65	63,48	1,6
2850	23,5	18,2	5,48	42,50	1,2

ENSAIO N.º 8 — SECÇÃO: 6 — ESTAÇÃO: Interna (C) — PRESSÃO: 711,5 mm Hg — TEMP. : 20,5 °C — UMIDADE: 68,0 %

RPM	PSI (grau)	TETA (grau)	q (mm H_2O)	Pt (mm H_2O)	POTÊNCIA (Kw)
4580	26,3	19,2	11,68	+105,06	3,4
4030	25,4	19,0	9,55	+ 79,77	2,4
3600	23,8	20,0	6,97	+ 63,22	1,7
3080	23,8	20,5	6,97	+ 41,28	1,2

ENSAIO N.º 14 — SECÇÃO: 3 — ESTAÇÃO: Externa — PRESSÃO: 711,5 mm Hg — TEMP. : 20,5 °C — UMIDADE: 68,0 %

RPM	PSI (grau)	TETA (grau)	q (mm H_2O)	Pt (mm H_2O)	POTÊNCIA (Kw)
4510	34,3	11,5	9,20	167,08	3,2
4050	33,5	12,2	7,50	145,88	2,4
3500	34,3	12,2	5,77	109,52	1,7
3000	34,3	12,1	4,27	80,94	1,1
2510	34,3	11,8	2,96	54,19	0,75

Observações: 7 e 8 - Ventilador funcionando como gerador

14 - Apenas as aletas no fluxo

Ensaio 7 interrompido por ruido excessivo no frequencímetro

ENSAIO DO VENTILADOR OTTO-DEUTZ

DEDUÇÃO DE DADOS

Data: ____/____/____ Página: 79

ENSAIO N.º 15 SECÇÃO: 3 ESTAÇÃO: Interm. PRESSÃO: 707 mm Hg TEMP. : 23,5 °C UMIDADE: ____ %

RPM	PSI (grau)	TETA (grau)	q (mm H_2O)	Pt (mm H_2O)	POTÊNCIA (Kw)
4510	41,2	15,5	10,71	173,15	3,2
4040	41,4	16,6	8,43	134,58	2,4
3510	41,7	16,8	6,66	107,14	1,7
3020	41,0	16	5,31	77,22	1,1
2550	41,0	17,7	3,35	55,12	0,7

ENSAIO N.º 16 SECÇÃO: 3 ESTAÇÃO: Interna PRESSÃO: 710,5 mm Hg TEMP. : 24,0 °C UMIDADE: 71,0 %

RPM	PSI (grau)	TETA (grau)	q (mm H_2O)	Pt (mm H_2O)	POTÊNCIA (Kw)
4510	44,7	20,1	13,52	111,78	3,2
4040	43,9	21,0	10,39	91,69	2,4
3510	43,5	19,0	8,58	72,79	1,7
3020	43,5	22,5	5,77	53,61	1,1
2550	42,8	25,0	3,83	38,32	0,7

ENSAIO N.º 17 SECÇÃO: 6 ESTAÇÃO: Externa PRESSÃO: 710,5 mm Hg TEMP. : 23,5 °C UMIDADE: 71 %

RPM	PSI (grau)	TETA (grau)	q (mm H_2O)	Pt (mm H_2O)	POTÊNCIA (Kw)
4520	38,6	5	6,15	158,91	3,2
4000	38,8	5,5	5,33	139,72	2,6
3510	38,8	5,6	4,18	106,86	1,7
3010	38,8	5,0	3,03	79,00	1,1
2500	38,8	6,0	1,97	56,07	0,7

Observações: Apenas as aletas no fluxo

ENSAIO DO VENTILADOR OTTO-DEUTZ

DEDUÇÃO DE DADOS

Data: ____/____/____ Página: 80

ENSAIO N.º 18 SECÇÃO: 6 PRESSÃO: 710,5 mm Hg
ESTAÇÃO: Interm. TEMP. : 24,0 °C
UMIDADE: 77 %

RPM	PSI (grau)	TETA (grau)	q (mm H_2O)	Pt (mm H_2O)	POTÊNCIA (Kw)
4510	40	17,9	7,33	165,62	3,2
4020	39,6	29,5	5,19	141,30	2,4
3510	39,6	28,8	3,88	105,83	1,8
3010	39,3	27,8	2,68	73,34	1,1
2510	39,3	27,0	1,97	51,76	0,7

ENSAIO N.º 19 SECÇÃO: 6 PRESSÃO: 710,5 mm Hg
ESTAÇÃO: Interna TEMP. : 24,0 °C
UMIDADE: 77 %

RPM	PSI (grau)	TETA (grau)	q (mm H_2O)	Pt (mm H_2O)	POTÊNCIA (Kw)
4520	47,9	19,8	9,54	131,04	3,4
4020	47,5	20,6	7,42	101,99	2,4
3490	47,5	20,6	6,02	82,12	1,8
3020	47,5	21,0	4,09	56,73	1,1
2510	46,8	23,5	2,85	40,89	0,7

ENSAIO N.º 20 SECÇÃO: 1 PRESSÃO: 709,3 mm Hg
ESTAÇÃO: Externa TEMP. : 24,0 °C
UMIDADE: 77 %

RPM	PSI (grau)	TETA (grau)	q (mm H_2O)	Pt (mm H_2O)	POTÊNCIA (Kw)
4500	6,8				3,4
4030	6,8				2,4
3500	6,8				1,7

Observações: 18 e 19 - Apenas as aletas no fluxo
20 - Ventilador funcionando como gerador
Ensaio 20 teve pontos fora do campo de calibração.

ENSAIO DO VENTILADOR OTTO-DEUTZ

DEDUÇÃO DE DADOS

Data: ____/____/____ Página: 81

ENSAIO N.º 21 SECÇÃO: 1 ESTAÇÃO: Interm.
PRESSÃO: 709,3 mm Hg
TEMP. : 24,0 °C
UMIDADE: 77 %

RPM	PSI (grau)	TETA (grau)	q (mm H_2O)	Pt (mm H_2O)	POTÊNCIA (Kw)
4510	7,8	24,5	2,26	-9,63	3,2
4020	6,8	20,5	2,18	-7,79	2,2
3500	9,0	21,5	1,64	-6,30	1,8
3010	7,6	22,0	1,18	-3,91	1,1
2500	7,6	23,5	0,81	-3,59	0,7

ENSAIO N.º 22 SECÇÃO: 1 ESTAÇÃO: Interna
PRESSÃO: 709,3 mm Hg
TEMP. : 24 °C
UMIDADE: 77 %

RPM	PSI (grau)	TETA (grau)	q (mm H_2O)	Pt (mm H_2O)	POTÊNCIA (Kw)
4510	0,6	10,5	1,77	-1,72	3,4
4010	2,6	10,0	1,39	-1,35	2,2
3500	3,1	7	1,22	-1,20	1,7
2020	3,1	5,5	0,98	-0,97	1,2
2500	3,1	7,5	0,65	-0,64	0,7

ENSAIO N.º 28 SECÇÃO: 1 ESTAÇÃO: Externa
PRESSÃO: 709,3 mm Hg
TEMP. : 24 °C
UMIDADE: 77 %

RPM	PSI (grau)	TETA (grau)	q (mm H_2O)	Pt (mm H_2O)	POTÊNCIA (Kw)
4500	-16,1				3,4
4000	-16,1				2,2
3500	-16,1				1,8
3000	-16,1				1,2
2510	-16,1				0,8

Observações: Ventilador funcionando como gerador
Ensaio 28 teve pontos fora do campo de calibração

ENSAIO DO VENTILADOR OTTO-DEUTZ

DEDUÇÃO DE DADOS

Data: ____/____/____ Página: 83

ENSAIO N.º 31 SECÇÃO: 1 ESTAÇÃO: Externa PRESSÃO: 704 mm Hg TEMP. : 26,5 °C UMIDADE: 67 %

RPM	PSI (grau)	TETA (grau)	q (mm H_2O)	Pt (mm H_2O)	POTÊNCIA (Kw)
4500	+9,5				3,8
4000	+8,0				2,7
3500	+8,4				2,0
3000	+8,7				1,25
2500	+8,7				0,8

ENSAIO N.º 32 SECÇÃO: 1 ESTAÇÃO: Intermed. PRESSÃO: 704 mm Hg TEMP. : 26,5 °C UMIDADE: 67 %

RPM	PSI (grau)	TETA (grau)	q (mm H_2O)	Pt (mm H_2O)	POTÊNCIA (Kw)
4500	+5,2	27,0	3,304	-14,05	3,8
4000	+5,0	22,3	2,790	-12,09	2,7
3500	+5,6	22,3	2,356	- 8,77	2,0
3000	+5,3	24,5	1,500	- 6,06	1,25
2500	+5,0	18,5	1,496	- 4,32	0,8

ENSAIO N.º 33 SECÇÃO: 1 ESTAÇÃO: Interna PRESSÃO: 704 mm Hg TEMP. : 26,5 °C UMIDADE: 67 %

RPM	PSI (grau)	TETA (grau)	q (mm H_2O)	Pt (mm H_2O)	POTÊNCIA (Kw)
4500	+3,4	11,5	2,250	-2,16	3,8
4000	+3,4	8,5	2,025	-1,96	2,7
3500	+2,0	3,5	1,909	-1,89	2,0
3000	+2,0	5,0	1,328	-1,31	1,25
2500	+2,0	7,5	0,984	-0,96	0,8

Observações: Ventilador funcionando como gerador
Ensaio 31 teve pontos fora do campo de calibração.

ENSAIO DO VENTILADOR OTTO-DEUTZ

DEDUÇÃO DE DADOS

Data: ____/____/____ Página: 84

ENSAIO N.º 34 SECÇÃO: 1 ESTAÇÃO: Externa PRESSÃO: 713 mm Hg TEMP. : 26 °C UMIDADE: 71 %

RPM	PSI (grau)	TETA (grau)	q (mm H_2O)	Pt (mm H_2O)	POTÊNCIA (Kw)
4500	-9,0	-1,0	3,936	161,06	2,8
4000	-9,0	-1,5	3,116	129,88	2,0
3500	-9,7	-2,0	2,542	106,48	1,5
3000	-10,4	-1,5	1,968	79,03	1,0
2500	-11,4	0	1,394	55,61	0,6

ENSAIO N.º 35 SECÇÃO: 1 ESTAÇÃO: Intermed. PRESSÃO: 713 mm Hg TEMP. : 26 °C UMIDADE: 71 %

RPM	PSI (grau)	TETA (grau)	q (mm H_2O)	Pt (mm H_2O)	POTÊNCIA (Kw)
4500	-12,4	-2,0	3,740	153,30	2,6
4000	-12,5	-2,3	3,071	126,96	1,8
3500	-12,5	-2,1	2,739	107,29	1,4
3000	-12,5	-4,0	1,909	81,13	1,0
2500	-12,5	-2,5	1,245	54,77	0,6

ENSAIO N.º 36 SECÇÃO: 1 ESTAÇÃO: Interna PRESSÃO: 713 mm Hg TEMP. : 26 °C UMIDADE: 71 %

RPM	PSI (grau)	TETA (grau)	q (mm H_2O)	Pt (mm H_2O)	POTÊNCIA (Kw)
4500	-18,8	-7,0	3,32	148,75	2,6
4000	-18,4	-7,5	2,71	117,32	1,8
3500	-16,7	-6,2	2,44	96,58	1,4
3000	-16,6	-5,6	2,10	77,92	1,0
2500	-16,4	-4,5	1,01	49,00	0,6

Observações: Apenas as aletas no fluxo

ENSAIO DO VENTILADOR OTTO-DEUTZ

DEDUÇÃO DE DADOS

Data: ____/____/____ Página: 85

ENSAIO N.º 37 SECÇÃO: _____ PRESSÃO: 710,0 mm Hg
ESTAÇÃO: Externa TEMP. : 26,0 °C
UMIDADE: _____ %

RPM	PSI (grau)	TETA (grau)	q (mm H_2O)	Pt (mm H_2O)	POTÊNCIA (Kw)
2569	-10,4	-5,0	5,40	-5,29	0,9
2855	-10,4	-5,0	6,89	-6,75	1,2
3485	-11,2	-5,5	10,37	-10,16	1,4
3974	-11,2	-5,0	11,20	-10,98	2,4
4535	-11,2	-5,5	15,77	-15,45	3,6

ENSAIO N.º 38 SECÇÃO: 2 PRESSÃO: 710,0 mm Hg
ESTAÇÃO: Interm. TEMP. : 26,0 °C
UMIDADE: _____ %

RPM	PSI (grau)	TETA (grau)	q (mm H_2O)	Pt (mm H_2O)	POTÊNCIA (Kw)
2537	-25,7	9,5	8,23	-4,98	0,9
3013	-25,7	9,2	8,79	-6,53	1,2
3454	-20,2	9,0	11,52	-9,17	1,6
4007	-20,8	9,0	12,39	-11,02	2,4
4443	-20,8	9,0	15,65	-13,18	3,4

ENSAIO N.º 39 SECÇÃO: 2 PRESSÃO: 710,0 mm Hg
ESTAÇÃO: Interna TEMP. : 26,0 °C
UMIDADE: _____ %

RPM	PSI (grau)	TETA (grau)	q (mm H_2O)	Pt (mm H_2O)	POTÊNCIA (Kw)
2487	-31,2	9,2	56,2	-54,5	0,9
2968	-31,2	9,5	80,3	-76,9	1,2
3462	-31,2	9,2	110,0	-105,7	2,0
4020	-32,2	9,2	125,6	-120,8	2,4
4565	-32,7	9,2	145,9	-139,5	3,2

Observações: Ventilador funcionando como gerador

ENSAIO DO VENTILADOR OTTO-DEUTZ

DEDUÇÃO DE DADOS

Data: ____/____/____ Página: 86

ENSAIO N.º 40 SECÇÃO: 2 ESTAÇÃO: Externa PRESSÃO: 711,0 mm Hg TEMP. : 25,5 °C UMIDADE: ____ %

R P M	PSI (grau)	TETA (grau)	q (mm H_2O)	Pt (mm H_2O)	POTÊNCIA (Kw)
2501	-20,9	3,5	2,3	27,7	0,8
3016	-20,9	4,2	3,2	41,8	1,2
3528	-20,5	3,3	4,6	52,4	1,6
3965	-20,5	3,5	5,8	69,2	2,8
4500	-20,5	3,5	6,5	75,5	3,6

ENSAIO N.º 41 SECÇÃO: 2 ESTAÇÃO: Interm. PRESSÃO: 711,0 mm Hg TEMP. : 25,5 °C UMIDADE: ____ %

R P M	PSI (grau)	TETA (grau)	q (mm H_2O)	Pt (mm H_2O)	POTÊNCIA (Kw)
2448	-27,5	6,5	2,5	48,5	0,6
3023	-26,9	6,3	4,0	80,0	1,0
3502	-26,9	6,4	5,8	115,2	1,6
3976	-27,3	5,8	7,0	141,0	2,4
4587	-27,3	5,8	7,9	159,1	3,2

ENSAIO N.º 42 SECÇÃO: 2 ESTAÇÃO: Interna PRESSÃO: 711,0 mm Hg TEMP. : 25,5 °C UMIDADE: ____ %

R P M	PSI (grau)	TETA (grau)	q (mm H_2O)	Pt (mm H_2O)	POTÊNCIA (Kw)
2592	-33,0	8,2	2,76	45,29	0,7
3029	-33,5	8,7	4,52	75,62	1,3
3502	-33,5	8,7	5,93	100,25	1,6
3953	-33,5	9,0	7,43	123,79	2,0
4639	-33,5	8,5	8,29	136,88	3,6

Observações: Apenas as aletas no fluxo

ENSAIO DO VENTILADOR OTTO-DEUTZ

DEDUÇÃO DE DADOS

Data: ____/____/____ Página: 87

Ensaio N.º 9 Posição: 6

DISTÂNCIA (mm)	R P M	q (mm H_2O)	t (ºC)	P (mm Hg)	UMIDADE (%)	POTÊNCIA (Kw)
10,0	4570	74,5	19,0	712,5	69	
43,9	4570	62,5	19,0	712,5	69	
77,8	4590	24,3	19,0	712,5	69	
111,7	4580	-4,0	19,0	712,5	69	
145,6	4560	-3,0	19,0	712,5	69	
179,5	4570	-4,0	19,0	712,5	69	
213,4	4560	-2,5	19,0	712,5	69	
247,3	4570	14,4	19,0	712,5	69	
281,2	4570	21,5	19,0	712,5	69	
315,1	4570	18,0	19,0	712,5	69	

Ensaio N.º 10 Posição: 6

DISTÂNCIA (mm)	R P M	q (mm H_2O)	t (ºC)	P (mm Hg)	UMIDADE (%)	POTÊNCIA (Kw)
10,0	4010	29,4	20,0	712,5	69	
43,9	4020	24,5	20,0	712,5	69	
77,8	4040	12,0	20,0	712,5	69	
111,8	4020	0,5	20,0	712,5	69	
145,6	4030	-0,3	20,0	712,5	69	
179,5	4030	-0,3	20,0	712,5	69	
213,4	4000	-2,5	20,0	712,5	69	
247,3	4020	6,0	20,0	712,5	69	
281,2	4000	16,9	20,0	712,5	69	
315,1	4010	17,0	20,0	712,5	69	

Observações: Ventilador funcionando como gerador

ENSAIO DO VENTILADOR OTTO-DEUTZ

DEDUÇÃO DE DADOS

Data: ____/____/____ Página: 88

Ensaio N.º 11 Posição: 6

DISTÂNCIA (mm)	RPM	q (mm H_2O)	t (ºC)	P (mm Hg)	UMIDADE (%)	POTÊNCIA (Kw)
10,0	3560	20,0	19,0	714	69	
43,9	3560	17,3	19,0	714	69	
77,8	3540	7,4	19,0	714	69	
111,7	3540	-0,9	19,0	714	69	
145,6	3540	-0,7	19,0	714	69	
179,5	3540	-0,7	19,0	714	69	
213,4	3540	-1,5	19,0	714	69	
247,3	3550	7,0	19,0	714	69	
281,2	3520	16,2	19,0	714	69	
315,1	3530	13,0	19,0	714	69	

Ensaio N.º 12 Posição: 6

DISTÂNCIA (mm)	RPM	q (mm H_2O)	t (ºC)	P (mm Hg)	UMIDADE (%)	POTÊNCIA (Kw)
10,0	3000	16,0	20,0	711,6	69	
43,9	3000	15,0	20,0	711,6	69	
77,8	3000	8,4	20,0	711,6	69	
111,7	3000	0,5	20,0	711,6	69	
145,6	3000	0,4	20,0	711,6	69	
179,5	3000	0,5	20,0	711,6	69	
213,4	3000	0,0	20,0	711,6	69	
247,3	3000	7,8	20,0	711,6	69	
281,2	3010	14,2	20,0	711,6	69	
315,1	3000	11,3	20,0	711,6	69	

Observações: Ventilador funcionando como gerador

ENSAIO DO VENTILADOR OTTO-DEUTZ

DEDUÇÃO DE DADOS

Data: __/__/__ Página: 89

Ensaio N.º 13 Posição: 6

DISTÂNCIA (mm)	R P M	q (mm H_2O)	t (ºC)	P (mm Hg)	UMIDADE (%)	POTÊNCIA (Kw)
10,0	2510	11,5	20,0	711,6	69	
43,9	2510	12,0	20,0	711,6	69	
77,8	2520	6,5	20,0	711,6	69	
111,7	2520	1,0	20,0	711,6	69	
145,6	2510	0,8	20,0	711,6	69	
179,5	2500	0,8	20,0	711,6	69	
213,4	2500	0,4	20,0	711,6	69	
247,3	2500	5,7	20,0	711,6	69	
281,2	2510	10,2	20,0	711,6	69	
315,1	2510	8,6	20,0	711,6	69	

Ensaio N.º 23 Posição: 6

DISTÂNCIA (mm)	R P M	q (mm H_2O)	t (ºC)	P (mm Hg)	UMIDADE (%)	POTÊNCIA (Kw)
12,5	4500	27,6	23,5	709,3	70	
46,4	4500	16,5	23,5	709,3	70	
80,3	4500	0,3	23,5	709,3	70	
114,2	4490	-8,2	23,5	709,3	70	
148,1	4500	-4,5	23,5	709,3	70	
182,0	4500	-4,3	23,5	709,3	70	
215,9	4500	-10,2	23,5	709,3	70	
249,8	4500	-8,0	23,5	709,3	70	
283,7	4510	6,8	23,5	709,3	70	
317,6	4510	19,0	23,5	709,3	70	

Observações: 13 - Ventilador funcionando como gerador

23 - Apenas as aletas no fluxo

ENSAIO DO VENTILADOR OTTO-DEUTZ

DEDUÇÃO DE DADOS

Data: ____/____/____ Página: 90

Ensaio N.º 24 Posição: 6

DISTÂNCIA (mm)	R P M	q (mm H_2O)	t (ºC)	P (mm Hg)	UMIDADE (%)	POTÊNCIA (Kw)
12,5	4000	21	23,6	709,5	70	
46,4	4000	12,5	23,6	709,5	70	
80,3	4000	0,3	23,6	709,5	70	
114,2	4000	-6,1	23,6	709,5	70	
148,1	4000	-3,3	23,6	709,5	70	
182,0	4000	-3,3	23,6	709,5	70	
215,9	4000	-7,5	23,6	709,5	70	
249,8	4000	-6,3	23,6	709,5	70	
283,7	4000	+6,3	23,6	709,5	70	
317,6	4000	+16,0	23,6	709,5	70	

Ensaio N.º 25 Posição: 6

DISTÂNCIA (mm)	R P M	q (mm H_2O)	t (ºC)	P (mm Hg)	UMIDADE (%)	POTÊNCIA (Kw)
12,5	3510	16,9	23,8	709,5	70	
46,4	3500	10,0	23,8	709,5	70	
80,3	3520	0,5	23,8	709,5	70	
114,2	3510	-5	23,8	709,5	70	
148,1	3500	-2,8	23,8	709,5	70	
182,0	3500	-2,7	23,8	709,5	70	
215,9	3500	-6,0	23,8	709,5	70	
249,8	3490	-4,8	23,8	709,5	70	
283,7	3520	+4,8	23,8	709,5	70	
317,6	3510	+12,4	23,8	709,5	70	

Observações: Apenas as aletas no fluxo

ENSAIO DO VENTILADOR OTTO-DEUTZ

DEDUÇÃO DE DADOS

Data: ____/____/____ Página: 91

Ensaio N.º 26 Posição: 6

DISTÂNCIA (mm)	R P M	q (mm H_2O)	t (ºC)	P (mm Hg)	UMIDADE (%)	POTÊNCIA (Kw)
12,5	3010	11,5	23,6	709,5	70	
46,4	3000	7,2	23,6	709,5	70	
80,3	3010	0,4	23,6	709,5	70	
114,2	3010	-3,6	23,6	709,5	70	
148,1	3000	-2,0	23,6	709,5	70	
182,0	3000	-1,9	23,6	709,5	70	
215,9	3000	-4,3	23,6	709,5	70	
249,8	3000	-3,4	23,6	709,5	70	
283,7	3000	+3,6	23,6	709,5	70	
317,6	3000	+8,7	23,6	709,5	70	

Ensaio N.º 27 Posição: 6

DISTÂNCIA (mm)	R P M	q (mm H_2O)	t (ºC)	P (mm Hg)	UMIDADE (%)	POTÊNCIA (Kw)
12,5	2510	+8,8	23,6	709,5	70	
46,4	2510	5,4	23,6	709,5	70	
80,3	2510	0,4	23,6	709,5	70	
114,2	2520	-2,4	23,6	709,5	70	
148,1	2510	-1,2	23,6	709,5	70	
182,0	2500	-1,3	23,6	709,5	70	
215,9	2500	-3,0	23,6	709,5	70	
249,8	2500	-2,3	23,6	709,5	70	
283,7	2500	+2,5	23,6	709,5	70	
317,6	2500	+6,5	23,6	709,5	70	

Observações: Apenas as aletas no fluxo

8 - MANIPULAÇÃO DOS DADOS COLETADOS

A manipulação de dados foi efetuada através do computador IBM-1130 da IDC do Centro Técnico Aeroespacial.

Foram empregados três programas: dois do autor para previsão teórica dos desvio do jato e varredura de vazão; e um da "Software" da Statistical System da IBM para regressão polinomial pelo método dos mínimos quadrados.

O primeiro programa foi o fundamental fornecendo as conclusões principais.

Os dois últimos serviram para configurar o escoamento pelo grau da curva ajustada (essencialmente turbulento).

A seguir são apresentados as listagens dos programas e os resultados obtidos.

No caso do ventilador na primeira montagem, a inexistência de duto de entrada provocou o surgimento de entrada diagonal e pressões extremamente baixas para a sensibilidade do equipamento, além de ângulos de entrada negativos no ponto 1.

Em consequência, foram apresentados duas formulações no programa: uma com os ângulos obtidos no ensaio e outra com ângulos e entrada arbitrariamente anulados, supondo entrada axial.

As expressões empregadas foram as seguintes:

a) - Volume específico

Na referência 13 encontrou-se para a massa específica

$$\rho \left(\frac{\text{pounds}}{\text{cuft}} \right) = \frac{M_m \, P \, (\text{atm})}{1{,}315 \, T(^{\circ}K)} \qquad (8.1 - 1)$$

$$v \left(\frac{\text{cuft}}{\text{pounds}} \right) = \frac{1{,}315 \, T \, (^{\circ}K)}{M_m \quad (\text{atm})} \qquad (8.1 - 2)$$

Adotando-se como massa molecular média do ar-28,88 e tendo em vista as transformações de unidades à fls. seguinte

... cont

1 pound/cuft = 16,0184 kg/m^3

1 UTM = 9,8065 kg

1 atm = 10332 mm c a, pounde-se escrever

$$v\ (m^3/UTM) = \frac{1{,}315 \times 10332 \times 9{,}8065 \times T\ (^oK)}{28{,}88 \times 16{,}0184 \times P\ (mm\ c\ a)}$$

(8.1 - 3)

Chamando-se a expressão numérica abaixo de C

$$C = \frac{1{,}315 \times 10332 \times 9{,}8065}{28{,}88 \times 16{,}0184}$$ Chegou-se a

$$v\ (m^3/UTM) = \frac{C\ T\ (^oK)}{P\ (mm\ c\ a)}$$ (8.1 - 4)

Porém exprimindo a temperatura em graus Kelvin em função da temperatura em graus centigrados e a pressão em função da pressão atmosférica e da pressão manométrica foi possível afirmar:

$$v\ (m^3/UTM) = \frac{C\ (273+t)\ (^o\ c)}{P_{atm}\ (mm\ c\ a) + P_t\ (mm\ c\ a)}$$ (8.1 - 5)

No caso da pressão atmosférica ser medida por coluna de mercúrio, vem:

$$v\ (m^3/UTM) = \frac{C\ (273 + t)\ (^o\ c)}{13{,}596\ P_{atm}\ (Mm\ H_g) + P_t\ (mm\ c\ a)}$$

(8.1 - 6)

b) - Velocidade

Pela aplicação da equação de Bernoulli poude-se obter para o escoamento em epígrafe, em função da pressão dinâmica

$$C^2 = \frac{2\ q}{\rho}$$ (8.1 - 7)

ou $c = \sqrt{2\ v\ q}$ (8.1 - 8)

... cont

Considerando ser 1 mm c a = 1 kg/ m^2 e exprimindo v em m^3/UTM, vem

$$c\ (m/s) = \sqrt{2\ v\ (m^3/UTM)\ \ q\ (mm\ c\ a)} \qquad (8.1 - 9)$$

c) - Direção de saída da grade fixa

A determinação da direção de saída foi feito pelas expressões (4.1-1), 4.2.10) e 4.3.11).

... cont

```
AGE    1     BN02   ,A

// JCB T                                                  BN02   ,A   PR CAP FERRA

LOG DRIVE    CART SPEC    CART AVAIL   PHY DRIVE
  COCO          3000          3000        0000
                              1CC2        0001
                              1AA4        0002

V2 M09   ACTUAL 32K  CONFIG 32K

// FOR  VENTILADOR AXIAL DEUTZ *** 1403 *** CAP FERRAZ
*LIST SOURCE PROGRAM
*IOCS(CARD,1403PRINTER)
*EXTENDED PRECISION
C
C
C      G=ACELERACAO DA GRAVIDADE
C      T=TEMPERATURA AMBIENTE
C      P=PRESSAO BAROMETRICA
C      URA=UMIDADE RELATIVA DO AR
C      NE=NUMERO DE ENSAIOS
C      DIAM=DIAMETRO DOS PONTOS ESTACAO EXTERNO,INTERMEDIARIO E INTERNO
C      DIAM2=DIAMETROS DAS CORDAS QUE ENVOLVEM OS PONTOS ESTACAO
C      PSI=ANGULO DA DIRECAO DO FLUXO COM O EIXO DO ROTOR,EM GRAUS
C      BETA=ANGULO DA DIRECAO DO FLUXO COM A DIRECAO TANGENCIAL
C      A1=PRESSAO DINAMICA NO PONTO 1,EM MMCA
C      U=VELOCIDADE TANGENCIAL
C      V=VELOCIDADE ABSOLUTA
C      V3U=PROJECAO DE V3 NA DIRECAO DE U
C      VM=VELOCIDADE MERIDIANA
C      BINF=BETA INFINITO ,EM RADIANOS
C      AREA2=AREA DE VAZAO NO PONTO 2
C      Q3=VAZAO DAS CORDAS NO PONTO 3
C      QT3=VAZAO TOTAL NO PONTO 3
C      B=ANGULO DA DIRECAO DO FLUXO COM A DIRECAO TANGENCIAL
C      GETA=ANGULO BETA,EM GRAUS
C      DA,DC,DI=ERROS ABSOLUTOS DAS TEORIA,EM GRAUS
C      DRA,DRC,DRI=ERROS RELATIVOS DAS TEORIAS
C      VE1=VOLUME ESPECIFICO NO PONTO 1
C
C

      DIMENSION DIAM(3),DIAM2(4),G2(3),G3(3),B(3)
      DATA DIAM /.296,.242,.185/
      DATA DIAM2 /.316,.276,.222,.162/
      DATA B /47.5,43.5,39.5/
    1 FORMAT(1H1,30X,'VENTILADOR AXIAL ALETA-PA DEUTZ',//,37X,'DESVIO DO
     1JATO ',////)
    2 FORMAT(55H
     1                                                    )
    3 FORMAT(////,10X,'TEMPERATURA AMBIENTE',5X,F8.4 ,'GRAUS'/10X,'PRESS
     1AO BAROMETRICA',5X,F8.4 ,'MM HG'/10X,'UMIDADE RELATIVA DO AR',5X,
     2F8.4,'POR CENTO')
    4 FORMAT(///,25X,5(1H*),'ROTACAO',5X,F8.2,'RPM',5(1H*))
    5 FORMAT(///,10X,'ESTACAO EXTERNA - DIAMETRO',2X,F8.4 ,'M')
    6 FORMAT(///,10X,'ESTACAO INTERMEDIARIA - DIAMETRO',2X,F8.4 ,'M')
    7 FORMAT(///,10X,'ESTACAO INTERNA - DIAMETRO',2X,F8.4 ,'M')
    8 FORMAT(//,15X,'DADOS OBTIDOS DOS ENSAIOS',//,20X,'ENTRADA DAS ALET
     1AS (PONTO 1)',//,22X,'PRESSAO DINAMICA',7X,'ANGULO COM O EIXO',//,26
     2X,F8.4 ,'MMCA',14X,F8.4 ,'GRAUS'//20X,'ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)',
     3/,22X,'PRESSAO DINAMICA',7X,'ANGULO COM O EIXO'/26X,F8.4 ,'MMCA',/
     44X,F8.4 ,'GRAUS'//20X,'SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)'/22X,'PRESSAO DI
```

```
PAGE   2    BN02   ,A
     5NAMICA',7X,'ANGULC CCM C EIXC'/26X,F8.4 ,'MMCA',14X,F8.4 ,'GRAUS')
   9  FORMAT(///,20X,'VAZAC NC PCNTC 2',5X,F8.4 'M CUB/S',/,20X,'VAZAO N
     1C PONTC 3',5X,F8.4 ,'M CUB/S'/20X,'VAZAC MECIA',10X,F8.4 ,'M CUB/S
     2')
  10  FORMAT(I4)
  11  FORMAT(F8.4)
  12  FORMAT(8F8.4)
  13  FORMAT(3F8.4)
  14  FORMAT(//20X,'ENTRACA CAS  ALETAS (PCNTC 1)',//22X,'VELOCIDADE VCL
     1UME ESPECIFICC  ANGULC BETA',/,22X,F8.4 ,'M/S  ',F8.4 ,'M CUB/KG
     2',F8.4 ,'GRAUS')
  15  FORMAT(//,20X,'ENTRE AS ALETAS (PCNTC 2)',//,22X,'VELOCIDADE VCLUM
     1E ESPECIFICO ANGULO BETA'/22X,F8.4 ,'M/S  ',F8.4 ,'M CUB/KG  ',
     2F8.4,'GRAUS')
  16  FORMAT(//,20X,'SAIDA CAS ALETAS (PCNTC 3)',//,22X,'VELOCIDADE  VCL
     1UME ESPECIFICC  ANGULC BETA',/,22X,F8.4 ,'M/S  ',F8.4 ,'M CUB/KG
     2',F8.4 ,'GRAUS')
  17  FORMAT(//,15X,'ANGULC BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTC PELAS DIVE
     1RSAS TECRIAS',//,17X,'ASA DE SUSTENTACAC  CONTINUIDADE  QUANTICA
     2DE DE MOVIMENTC',/,20X,F9.4 ,'GRAUS',9X,F9.4 ,'GRAUS',9X,F9.4 ,'GR
     3AUS')
  18  FORMAT(//,15X,'RESULTADCS OBTIDCS')
  19  FORMAT(//,15X,'DESVIC ABSOLUTO',//,20X,3(F8.3 ,'GRAUS',3X),//,15X,
     1'DESVIC RELATIVC ',//,20X,3(F8.3 ,9X))
C
C *** CONSTANTES
C
      PI=3.141592
      G=9.8065
C
C *** IMPRESSAC,DCS CADCS GENERICCS PARA C ENSAIC
C
      WRITE(5,1)
      READ(2,2)
      WRITE(5,2)
      READ(2,13)T,P,URA
      WRITE(5,3)T,P,URA
C
C*** DO SCBRE C NUMERC DE ENSAICS
C
      READ(2,10)NE
      DO 20 I=1,NE
C
C *** LEITURA DE DADCS
C
      READ(2,11)RPM
      WRITE(5,4)RPM
C
C*** DO SOBRE AS ESTACCES
C
      DO 21 K=1,3
      GO TO (22,23,24),K
  22  WRITE(5,5)DIAM(K)
      GO TO 25
  23  WRITE(5,6)DIAM(K)
      GO TO 25
  24  WRITE(5,7)DIAM(K)
  25  READ(2,12)PSI1,PSI3,A1,A2,A3,PI1,PI2,PI3
      PSI2=90.0-B(K)
```

```
 PAGE    3     BN02   ,A

       WRITE(5,8)A1,PSI1,A2,PSI2,A3,PSI3
C
C  *** CALCULO DOS VOLUMES ESPECIFICOS
C
       CTE=9.8065*1.315/16.0184*10332./28.28
       CTE2=CTE*(273.+T)
       CTE3=13.596*P
       VE1=CTE2/(CTE3+PT1)
       VE2=CTE2/(CTE3+PT2)
       VE3=CTE2/(CTE3+PT3)
C
C  *** CALCULO DAS VELOCIDADES E DOS ANGULOS
C
       U=PI*RPM*DIAM(K)/60.
       BETA1=PI/2.-PSI1*PI/180.
       BETA2=B(K)*PI/180.
       BETA3=PI/2.-PSI3*PI/180.
       IF(A1)27,28,28
   27  A1=-A1
       V1=-SQRT(2.*A1*VE1)
       GO TO 29
    28 V1=SQRT(2.*A1*VE1)
   29  IF(A2)31,32,32
   31  A2=-A2
       V2=-SQRT(2.*A2*VE2)
       GO TO 33
    32 V2=SQRT(2.*A2*VE2)
   33  IF(A3)34,35,35
   34  A3=-A3
       V3=-SQRT(2.*A3*VE3)
       GO TO 36
    35 V3=SQRT(2.*A3*VE3)
   36  V1U=V1*COS(BETA1)
       V3U=V3*COS(BETA3)
       VM=0.5*(V1*SIN(BETA1)+V3*SIN(BETA3))
C
C  *** TRANSFORMACAO DE UNIDADES
C
       BETA1=90.0-PSI1
       BETA2=B(K)
       BETA3=90.0-PSI3
       VE1=VE1/9.8065
       VE2=VE2/9.8065
       VE3=VE3/9.8065
C
C  *** SAIDA DOS VELOCIDADES,VOLUMES ESPECIFICOS E ANGULOS
C
       WRITE(5,18)
       WRITE(5,14)V1,VE1,BETA1
       WRITE(5,15)V2,VE2,BETA2
       WRITE(5,16)V3,VE3,BETA3
C
C  *** DESVIO PELA TEORIA DA ASA DE SUSTENTACAO
C
       BINF=ATAN(2.*VM/(2.*U+V1U+V3U))
         BETAA=BINF*180./PI
C
C  *** DESVIO PELA LEI DA CONTINUIDADE
```

```
PAGE    4     BNC2   ,A

      SCCNT=V2*VE3*SIN(BETA2)/V3/VE2
      CCCNT=SQRT(1.-SCCNT**2)
      BETAC=ATAN(SCCNT/CCCNT)
      BETAC=BETAC*180./PI
C
C *** DESVIC PELA LEI DA QUANTIDADE DE MOVIMENTO OU IMPULSAO
C
      CIMP=(V2*(A2-A3)*VE2/V2)/V3
      SIMP=SQRT(1.-CIMP**2)
      DRADI=ATAN(SIMP/CIMP)
      DI=DRADI*180./PI
      BETAI=B(K)+DI
      WRITE(5,17)BETAA,BETAC,BETAI
C
C *** DIFERENCA ENTRE DESVICS TECRICOS E REAIS
C
      DA=BETAA-GETA3
      DC=BETAC-GETA3
      DRA=DA/GETA3
      DRC=DC/GETA3
      DRI=DI/GETA3
      WRITE(5,19)DA,DC,DI,DRA,DRC,DRI
C
C *** CALCULO DO FATOR DE ESTRANGULAMENTO (19 ALETAS DE 6 MM)
C
      ETA=1.-(19.*6./PI/297.)
C
C *** CALCULO DA VAZAO NA CORCA EM TORNO DA ESTACAO
C
      AREA3=0.25*PI*(DIAM2(K)**2-DIAM2(K+1)**2)
      AREA2=ETA*AREA3
      Q2(K)=V2*AREA2*SIN(BETA2)
   21 Q3(K)=V3*AREA3*SIN(BETA3)
C
C *** CALCULO DA VAZAO TOTAL
C
      QT2=0.0
      QT3=0.
      DO 26 K=1,3
      QT2=QT2+Q2(K)
   26 QT3=QT3+Q3(K)
      QM=0.5*(QT2+QT3)
      WRITE(5,9)QT2,QT3,QM
   20 CONTINUE
      CALL EXIT
      END

FEATURES SUPPORTED
 EXTENDED PRECISION
 IOCS

CORE REQUIREMENTS FOR
 COMMON       0  VARIABLES     230  PROGRAM     1712

END OF COMPILATION

// XEQ
```

UTICA

fls. 99

VENTILADOR AXIAL ALETA-PA DEUTZ

DESVIO DO JATO

UTICA

MONTAGEM A CCM ENTRADA AXIAL (VIRTUAL)

TEMPERATURA AMBIENTE 21.0000GRAUS
PRESSAC BARCMETRICA 712.0000MM HG
UMIDADE RELATIVA DO AR 75.0000POR CENTO

*****ROTACAO 2500.00RPM*****

ESTACAC EXTERNA - DIAMETRO 0.2960M

DADOS OBTIDOS DOS ENSAIOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)
PRESSAC DINAMICA ANGULO COM O EIXO
0.0000MMCA 0.0000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)
PRESSAC DINAMICA ANGULO COM O EIXO
5.4000MMCA 42.9000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)
PRESSAC DINAMICA ANGULO COM O EIXO
5.9200MMCA 37.2000GRAUS

RESULTADOS OBTIDOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
0.0000M/S 0.9108M CUB/KG 90.0000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
9.8247M/S 0.9113M CUB/KG 47.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
10.2877M/S 0.9115M CUB/KG 52.8000GRAUS

ANGULO BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTO PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAO CONTINUIDADE QUANTIDADE DE MOVIMENTO
5.5907GRAUS 44.7655GRAUS 65.4381GRAUS

DESVIO ABSOLUTO

-47.209GRAUS -8.034GRAUS 18.138GRAUS

DESVIO RELATIVO

-0.894 -0.152 0.343

ESTACAO INTERMEDIARIA - DIAMETRO 0.2420M

DADOS OBTIDOS DOS ENSAIOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)
PRESSAO DINAMICA ANGULO COM O EIXO
1.4960MMCA 0.0000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)
PRESSAO DINAMICA ANGULO COM O EIXO
8.2300MMCA 46.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)
PRESSAO DINAMICA ANGULO COM O EIXO
5.6400MMCA 40.4000GRAUS

RESULTADOS OBTIDOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
5.1709M/S 0.9113M CUB/KG 90.0000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
12.1287M/S 0.9113M CUB/KG 43.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
10.0441M/S 0.9120M CUB/KG 49.6000GRAUS

ANGULO BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTO PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAO CONTINUIDADE QUANTIDADE DE MOVIMENTO
10.3978GRAUS 56.2864GRAUS 73.5875GRAUS

DESVIO ABSOLUTO

-39.202GRAUS 6.686GRAUS 30.087GRAUS

DESVIO RELATIVO

-0.790 0.134 0.606

ESTACAC INTERNA - DIAMETRC 0.1850M

DADCS CBTIDCS DCS ENSAICS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
0.9840MMCA	0.CCCOGRAUS

ENTRE AS ALETAS (PCNTC 2)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
56.2000MMCA	50.5CCOGRAUS

SAICA DAS ALETAS (PCNTC 3)

PRESSAC DINAMICA	ANGULC CCM O EIXO
7.4400MMCA	44.7CCOGRAUS

RESULTADCS CBTIDCS

ENTRADA DAS ALETAS (PCNTC 1)

VELOCIDADE	VCLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
4.1930M/S	0.9109M CUB/KG	90.0000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PCNTC 2)

VELOCIDADE	VCLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
31.7760M/S	0.9160M CUB/KG	39.5000GRAUS

SAICA DAS ALETAS (PCNTC 3)

VELOCIDADE	VCLUME ESPECIFICO	ANGULC BETA
11.5497M/S	0.9141M CUB/KG	45.3000GRAUS

ANGULC BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTC PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAC	CONTINUIDADE	QUANTIDADE DE MOVIMENTC
12.3688GRAUS	50.6539GRAUS	82.6513GRAU

DESVIC ABSOLUTC

-32.931GRAUS	5.353GRAUS	43.151GRAUS

DESVIC RELATIVC

-0.726	0.118	0.952

VAZAC NC PONTO 2	0.5941M CUB/S
VAZAO NC PONTO 3	0.4625M CUB/S
VAZAC MEDIA	0.5283M CUB/S

*****ROTACAO 3000.00RPM*****

ESTACAO EXTERNA - DIAMETRO 0.2960M

DADOS OBTIDOS DOS ENSAIOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
0.0000MMCA	0.0000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
6.8900MMCA	42.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
8.4000MMCA	37.3000GRAUS

RESULTADOS OBTIDOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
0.0000M/S	0.9108M CUB/KG	90.0000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
11.0985M/S	0.9115M CUB/KG	47.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
12.2573M/S	0.9119M CUB/KG	52.7000GRAUS

ANGULO BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTO PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAO	CONTINUIDADE	QUANTIDADE DE MOVIMENTO
5.5458GRAUS	41.9040GRAUS	73.9475GRAUS

DESVIO ABSOLUTO

-47.154GRAUS	-10.795GRAUS	26.447GRAUS

DESVIO RELATIVO

-0.894	-0.204	0.501

ESTACAC INTERMEDIARIA - DIAMETRC 0.2420M

DADCS CBTIDCS DCS ENSAICS

ENTRADA DAS ALETAS (PCNTC 1)

PRESSAC DINAMICA	ANGULC CCM C EIXC
1.5000MMCA	0.0CC0GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PCNTC 2)

PRESSAC DINAMICA	ANGULC CCM C EIXC
8.7900MMCA	46.5CC0GRAUS

SAICA CAS ALETAS (PCNTC 3)

PRESSAC DINAMICA	ANGULC CCM C EIXC
7.9C00MMÇA	40.40C0GRAUS

RESULTACCS CBTICCS

ENTRADA CAS ALETAS (PCNTC 1)

VELOCIDADE	VCLUME ESPECIFICC	ANGULC BETA
5.1783M/S	0.9114M CUB/KG	90.CCCCGRAUS

ENTRE AS ALETAS (PCNTC 2)

VELOCIDADE	VCLUME ESPECIFICC	ANGULC BETA
12.5356M/S	0.9115M CUB/KG	43.5C00GRAUS

SAICA CAS ALETAS (PCNTC 3)

VELOCIDADE	VCLUME ESPECIFICC	ANGULC BETA
11.8898M/S	0.9123M CUB/KG	49.6C00GRAUS

ANGULC BETA NA SAICA CAS ALETAS PREVISTC PELAS CIVERSAS TECRIAS

ASA DE SUSTENTACAC	CONTINUICADE	QUANTIDADE DE MOVIMENTC
9.6469GRAUS	46.5894GRAUS	61.8170GRAU

CESVIC ABSCLUTC

-39.953GRAUS	-3.010GRAUS	18.317GRAUS

CESVIC RELATIVC

-0.805	-0.060	0.369

ESTACAC INTERNA - CIAMETRC 0.1850M

DADCS CBTIDCS DCS ENSAICS

ENTRADA CAS ALETAS (PCNTC 1)

PRESSAC DINAMICA ANGULC COM C EIXO
0.9840MMCA 0.0000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)
PRESSAC DINAMICA ANGULO COM C EIXO
80.3000MMCA 50.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTC 3)
PRESSAC DINAMICA ANGULO COM O EIXO
11.8100MMCA 44.1000GRAUS

RESULTADCS CBTIDCS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
4.1930M/S 0.9110M CUB/KG 90.0000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
38.0273M/S 0.9181M CUB/KG 39.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTC 3)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULC BETA
14.5564M/S 0.9147M CUB/KG 45.9000GRAUS

ANGULC BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTO PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAO CONTINUIDADE QUANTIDADE DE MOVIMENTC
12.1120GRAUS 51.4466GRAUS 82.4315GRAU

DESVIC ABSOLUTC

-33.787GRAUS 5.546GRAUS 42.931GRAUS

DESVIC RELATIVC

-0.736 0.120 0.935

VAZAO NC PONTO 2 0.6777M CUB/S
VAZAO NC PONTC 3 0.5617M CUB/S
VAZAC MEDIA 0.6197M CUB/S

*****ROTACAO 3500.00RPM*****

ESTACAO EXTERNA - DIAMETRC 0.2960M

DADOS OBTIDOS DOS ENSAIOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
0.0000MMCA	0.0000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
10.3700MMCA	42.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
11.6000MMCA	37.3000GRAUS

RESULTADOS OBTIDOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
0.0000M/S	0.9108M CUB/KG	90.0000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
13.6183M/S	0.9118M CUB/KG	47.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
14.4064M/S	0.9122M CUB/KG	52.7000GRAUS

ANGULO BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTO PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAO	CONTINUIDADE	QUANTIDADE DE MOVIMENTO
5.5837GRAUS	44.2064GRAUS	67.5197GRAUS

DESVIO ABSOLUTO

-47.116GRAUS	-8.493GRAUS	20.019GRAUS

DESVIO RELATIVO

-0.894	-0.161	0.379

ESTACAO INTERMEDIARIA - DIAMETRO 0.2420M

DADOS OBTIDOS DOS ENSAIOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
2.3560MMCA	0.0000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

PRESSAO DINAMICA ANGULO COM O EIXO
11.5200MMCA 46.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)
PRESSAO DINAMICA ANGULO COM O EIXO
11.3600MMCA 40.4000GRAUS

RESULTADOS OBTIDOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
6.4906M/S 0.9117M CUB/KG 90.0000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
14.3528M/S 0.9117M CUB/KG 43.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
14.2631M/S 0.9130M CUB/KG 49.6000GRAUS

ANGULO BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTO PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAO CONTINUIDADE QUANTIDADE DE MOVIMENTO
10.0469GRAUS 43.9225GRAUS 50.2150GRAU

DESVIO ABSOLUTO

-39.553GRAUS -5.677GRAUS 6.715GRAUS

DESVIO RELATIVO

-0.797 -0.114 0.135

ESTACAO INTERNA - DIAMETRO 0.1850M

DADOS OBTIDOS DOS ENSAIOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)
PRESSAO DINAMICA ANGULO COM O EIXO
1.9090MMCA 0.0000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)
PRESSAO DINAMICA ANGULO COM O EIXO
110.0000MMCA 50.3000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)
PRESSAO DINAMICA ANGULO COM O EIXO
15.1400MMCA 44.8000GRAUS

RESULTADOS OBTIDOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
5.8405M/S	0.9110M CUB/KG	90.0000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
44.5744M/S	0.9209M CUB/KG	39.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
16.5015M/S	0.9170M CUB/KG	45.2000GRAUS

ANGULO BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTO PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAO	CONTINUIDADE	QUANTIDADE DE MOVIMENTO
12.4584GRAUS	50.9443GRAUS	82.5764GRAUS

DESVIO ABSOLUTO

-32.741GRAUS	5.744GRAUS	43.076GRAUS

DESVIO RELATIVO

-0.724	0.127	0.953

VAZAO NO PONTO 2 0.7974M CUB/S
VAZAO NO PONTO 3 0.6544M CUB/S
VAZAO MEDIA 0.7259M CUB/S

*****ROTACAO 4000.00RPM*****

ESTACAO EXTERNA - DIAMETRO 0.2960M

DADOS OBTIDOS DOS ENSAIOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
0.0000MMCA	0.0000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
11.2000MMCA	42.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
14.4000MMCA	37.3000GRAUS

RESULTADOS OBTIDOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
0.0000M/S	0.9108M CUB/KG	90.0000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
14.1534M/S	0.9119M CUB/KG	47.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
16.0552M/S	0.9126M CUB/KG	52.7000GRAUS

ANGULO BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTO PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAO	CONTINUIDADE	QUANTIDADE DE MOVIMENTO
5.4558GRAUS	40.5786GRAUS	77.1915GRAUS

DESVIO ABSOLUTO

-47.244GRAUS	-12.121GRAUS	29.691GRAUS

DESVIO RELATIVO

-0.896	-0.230	0.563

ESTACAO INTERMEDIARIA - DIAMETRO 0.2420M

DADOS OBTIDOS DOS ENSAIOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
2.7900MMCA	0.0000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
12.3900MMCA	46.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
14.2800MMCA	40.4000GRAUS

RESULTADOS OBTIDOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
7.0644M/S	0.9120M CUB/KG	90.0000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
14.8863M/S	0.9119M CUB/KG	43.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
15.9953M/S	0.9135M CUB/KG	49.6000GRAUS

ANGULO BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTO PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAO	CONTINUIDADE	QUANTIDADE DE MOVIMENTO
9.7728GRAUS	39.9216GRAUS	66.0667GRAUS

DESVIO ABSOLUTO

-39.827GRAUS	-9.678GRAUS	22.566GRAUS

DESVIO RELATIVO

-0.802	-0.195	0.454

ESTACAO INTERNA - DIAMETRO 0.1850M

DADOS OBTIDOS DOS ENSAIOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
2.0250MMCA	0.0000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
125.6000MMCA	50.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
17.4200MMCA	45.3000GRAUS

RESULTADOS OBTIDOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
6.0153M/S	0.9110M CUB/KG	90.0000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
47.6680M/S	0.9224M CUB/KG	39.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
17.7115M/S	0.9181M CUB/KG	44.7000GRAUS

ANGULO BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTO PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAO	CONTINUIDADE	QUANTIDADE DE MOVIMENTO
11.5892GRAUS	51.0028GRAUS	82.5611GRAUS

DESVIO ABSOLUTO

-33.110GRAUS	6.302GRAUS	43.061GRAUS

DESVIO RELATIVO

-0.740	0.141	0.963

VAZAO NO PONTO 2 0.8419M CUB/S
VAZAO NO PONTO 3 0.7202M CUB/S
VAZAO MEDIA 0.7811M CUB/S

*****ROTACAO 4500.00RPM*****

ESTACAO EXTERNA - DIAMETRO 0.2960M

DADOS OBTIDOS DOS ENSAIOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
0.0000MMCA	0.0000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
15.7700MMCA	42.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
16.8000MMCA	36.9000GRAUS

RESULTADOS OBTIDOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
0.0000M/S 0.9108M CUB/KG 90.0000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
16.7984M/S 0.9123M CUB/KG 47.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
17.3464M/S 0.9132M CUB/KG 53.1000GRAUS

ANGULO BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTO PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAO CONTINUIDADE QUANTIDADE DE MOVIMENTO
5.2870GRAUS 45.6146GRAUS 62.6634GRAUS

DESVIO ABSOLUTO

-47.812GRAUS -7.485GRAUS 15.163GRAUS

DESVIO RELATIVO

-0.900 -0.140 0.285

ESTACAO INTERMEDIARIA - DIAMETRO 0.2420M

DADOS OBTIDOS DOS ENSAIOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)
PRESSAO DINAMICA ANGULO COM O EIXO
3.3040MMCA 0.0000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)
PRESSAO DINAMICA ANGULO COM O EIXO
15.6500MMCA 46.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)
PRESSAO DINAMICA ANGULO COM O EIXO
16.2800MMCA 40.0000GRAUS

RESULTADOS OBTIDOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
7.6884M/S 0.9122M CUB/KG 90.0000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
16.7324M/S 0.9121M CUB/KG 43.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
17.0833M/S 0.9140M CUB/KG 50.0000GRAUS

ANGULO BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTO PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAO CONTINUIDADE QUANTIDADE DE MOVIMENTO
9.4348GRAUS 42.5004GRAUS 55.6920GRAUS

DESVIO ABSOLUTO

-40.565GRAUS -7.499GRAUS 12.192GRAUS

DESVIO RELATIVO

-0.811 -0.149 0.243

ESTACAO INTERNA - DIAMETRO 0.1850M

DADOS OBTIDOS DOS ENSAIOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)
PRESSAO DINAMICA ANGULO COM O EIXO
2.2500MMCA 0.0000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)
PRESSAO DINAMICA ANGULO COM O EIXO
145.9000MMCA 50.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)
PRESSAO DINAMICA ANGULO COM O EIXO
21.1200MMCA 46.0000GRAUS

RESULTADOS OBTIDOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
6.3408M/S 0.9110M CUB/KG 90.0000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
51.4263M/S 0.9242M CUB/KG 39.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
19.5181M/S	0.9196M CUB/KG	44.0000GRAUS

ANGULO BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTO PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAO	CONTINUIDADE	QUANTIDADE DE MOVIMENTO
11.1222GRAUS	51.3302GRAUS	82.4696GRAUS

DESVIO ABSOLUTO

-32.877GRAUS	7.330GRAUS	42.969GRAUS

DESVIO RELATIVO

-0.747	0.166	0.976

VAZAO NO PONTO 2	0.9353M CUB/S
VAZAO NO PONTO 3	0.7797M CUB/S
VAZAO MEDIA	0.8575M CUB/S

VENTILADOR AXIAL ALETA-PA DEUTZ

DESVIO DO JATO

NTAGEM A COM ENTRADA REAL

TEMPERATURA AMBIENTE 21.0000GRAUS
PRESSAO BAROMETRICA 712.0000MM HG
UMIDADE RELATIVA DO AR 75.0000POR CENTO

*****ROTACAO 2500.00RPM*****

ESTACAO EXTERNA - DIAMETRO 0.2960M

DADOS OBTIDOS DOS ENSAIOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)
PRESSAO DINAMICA ANGULO COM O EIXO
0.0000MMCA -8.7000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)
PRESSAO DINAMICA ANGULO COM O EIXO
5.4000MMCA 42.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)
PRESSAO DINAMICA ANGULO COM O EIXO
5.9200MMCA 37.2000GRAUS

RESULTADOS OBTIDOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
0.0000M/S 0.9108M CUB/KG 98.7000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
9.8247M/S 0.9113M CUB/KG 47.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
10.2877M/S 0.9115M CUB/KG 52.8000GRAUS

ANGULO BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTO PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAO CONTINUIDADE QUANTIDADE DE MOVIMENTO
5.5907GRAUS 44.7655GRAUS 65.6381GRAUS

DESVIO ABSOLUTO

-47.209GRAUS -8.034GRAUS 18.138GRAUS

DESVIC RELATIVC

-0.894 -0.152 0.343

ESTACAC INTERMEDIARIA - DIAMETRO 0.2420M

DADOS CBTIDCS DCS ENSAIOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTC 1)

PRESSAC DINAMICA	ANGULC CCM C EIXO
1.4960MMCA	-5.CCCCGRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

PRESSAC DINAMICA	ANGULC CCM C EIXC
8.2300MMCA	46.5CCCGRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTC 3)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
5.6400MMCA	40.4CCCGRAUS

RESULTADCS CBTIDCS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

VELOCIDADE	VCLUME ESPECIFICO	ANGULC BETA
5.1709M/S	0.9113M CUB/KG	95.CCCCGRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

VELOCIDADE	VCLUME ESPECIFICO	ANGULC BETA
12.1287M/S	0.9113M CUB/KG	43.5CCCGRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTC 3)

VELOCIDADE	VCLUME ESPECIFICC	ANGULC BETA
10.0441M/S	0.912CM CUB/KG	49.6CCCGRAUS

ANGULC BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTO PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAC	CONTINUIDADE	QUANTIDADE DE MOVIMENTO
10.4481GRAUS	56.2864GRAUS	73.5875GRAUS

DESVIC ABSOLUTC

-39.151GRAUS 6.686GRAUS 30.087GRAUS

DESVIC RELATIVC

-0.789 0.134 0.606

ESTACAO INTERNA - DIAMETRO 0.1850M

DADOS OBTIDOS DOS ENSAIOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
0.9840MMCA	-2.0000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
56.2000MMCA	50.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
7.4400MMCA	44.7000GRAUS

RESULTADOS OBTIDOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
4.1930M/S	0.9109M CUB/KG	92.0000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
31.7760M/S	0.9160M CUB/KG	39.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
11.5497M/S	0.9141M CUB/KG	45.3000GRAUS

ANGULO BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTO PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAO	CONTINUIDADE	QUANTIDADE DE MOVIMENTO
12.3974GRAUS	50.6539GRAUS	82.6513GRAU

DESVIO ABSOLUTO

-32.902GRAUS	5.353GRAUS	43.151GRAUS

DESVIO RELATIVO

-0.726	0.118	0.952

VAZAO NO PONTO 2	0.5941M CUB/S
VAZAO NO PONTO 3	0.4625M CUB/S
VAZAO MEDIA	0.5283M CUB/S

*****RCTACAC 3CCC.COORPM******

ESTACAC EXTERNA - DIAMETRC 0.2960M

DADCS CBTIDCS DCS ENSAICS

ENTRADA DAS ALETAS (PCNTC 1)

PRESSAC DINAMICA	ANGULC CCM C EIXC
C.CCOOMMCA	-8.7CCOGRAUS

ENTRE AS ALETAS (PCNTC 2)

PRESSAC DINAMICA	ANGULC CCM C EIXC
6.890CMMCA	42.5CCCGRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PCNTC 3)

PRESSAC DINAMICA	ANGULC CCM C EIXC
8.4CCOMMCA	37.3CCOGRAUS

RESULTADCS CBTIDCS

ENTRADA DAS ALETAS (PCNTO 1)

VELCCIDADE	VCLUME ESPECIFICC	ANGULC BETA
C.CCCCM/S	0.9108M CUB/KG	98.7CCOGRAUS

ENTRE AS ALETAS (PCNTC 2)

VELCCIDADE	VCLUME ESPECIFICC	ANGULC BETA
11.C985M/S	0.9115M CUB/KG	47.5CCOGRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PCNTC 3)

VELCCIDADE	VCLUME ESPECIFICC	ANGULC BETA
12.2573M/S	0.9119M CUB/KG	52.7CCOGRAUS

ANGULC BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTC PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAC	CONTINUIDADE	QUANTIDADE DE MCVIMENTC
5.5458GRAUS	41.9040GRAUS	73.9475GRAUS

DESVIC ABSCLUTC

-47.154GRAUS	-10.795GRAUS	26.447GRAUS

DESVIC RELATIVC

-C.894	-0.204	C.501

ESTACAC INTERMEDIARIA - DIAMETRC 0.2420M

DADCS CBTIDCS DCS ENSAICS

ENTRADA DAS ALETAS (PCNTC 1)

PRESSAC DINAMICA	ANGULC CCM C EIXC
1.5000MMCA	-5.3CCCGRAUS

ENTRE AS ALETAS (PCNTC 2)

PRESSAC DINAMICA	ANGULC CCM C EIXC
8.7900MMCA	46.5CCCGRAUS

SAICA DAS ALETAS (PCNTC 3)

PRESSAC DINAMICA	ANGULC CCM C EIXC
7.9CCCMMCA	40.4CCCGRAUS

RESULTADCS CBTIDCS

ENTRADA DAS ALETAS (PCNTC 1)

VELCCIDADE	VCLUME ESPECIFICC	ANGULC BETA
5.1783M/S	0.9114M CUB/KG	95.3CCCGRAUS

ENTRE AS ALETAS (PCNTC 2)

VELCCIDADE	VCLUME ESPECIFICC	ANGULC BETA
12.5356M/S	0.9115M CUB/KG	43.5CCCGRAUS

SAICA DAS ALETAS (PCNTC 3)

VELCCIDADE	VCLUME ESPECIFICC	ANGULC BETA
11.8898M/S	0.9123M CUB/KG	49.6CCCGRAUS

ANGULC BETA NA SAICA DAS ALETAS PREVISTC PELAS DIVERSAS TECRIAS

ASA DE SUSTENTACAC	CONTINUIDADE	QUANTIDADE DE MCVIMENTC
9.6865GRAUS	46.5894GRAUS	61.8170GRAU

DESVIC ABSOLUTC

-39.913GRAUS	-3.010GRAUS	18.317GRAUS

DESVIC RELATIVC

-0.804	-0.060	0.369

ESTACAC INTERNA - DIAMETRC 0.1850M

DADCS CBTIDCS DCS ENSAICS

ENTRADA DAS ALETAS (PCNTC 1)

PRESSAC DINAMICA ANGULC COM C EIXO
0.9840MMCA -2.0000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)
PRESSAC DINAMICA ANGULC COM C EIXO
80.3000MMCA 50.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)
PRESSAC DINAMICA ANGULC COM C EIXO
11.8100MMCA 44.1000GRAUS

RESULTADOS OBTIDOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
4.193OM/S 0.9110M CUB/KG 92.0000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
38.0273M/S 0.9181M CUB/KG 39.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
14.5564M/S 0.9147M CUB/KG 45.9000GRAUS

ANGULO BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTO PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAO CONTINUIDADE QUANTIDADE DE MOVIMENTO
12.1352GRAUS 51.4466GRAUS 82.4315GRAUS

DESVIO ABSOLUTO

-33.764GRAUS 5.546GRAUS 42.931GRAUS

DESVIO RELATIVO

-0.735 0.120 0.935

VAZAO NO PONTO 2 0.6777M CUB/S
VAZAO NO PONTO 3 0.5617M CUB/S
VAZAO MEDIA 0.6197M CUB/S

*****ROTACAO 3500.00RPM*****

ESTACAO EXTERNA - DIAMETRO 0.2960M

DADOS OBTIDOS DOS ENSAIOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
0.0000MMCA	-8.4000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
10.3700MMCA	42.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
11.6000MMCA	37.3000GRAUS

RESULTADOS OBTIDOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
0.0000M/S	0.9108M CUB/KG	98.4000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
13.6183M/S	0.9118M CUB/KG	47.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
14.4064M/S	0.9122M CUB/KG	52.7000GRAUS

ANGULO BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTO PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAO	CONTINUIDADE	QUANTIDADE DE MOVIMENTO
5.5837GRAUS	44.2064GRAUS	67.5197GRAUS

DESVIO ABSOLUTO

-47.116GRAUS	-8.493GRAUS	20.019GRAUS

DESVIO RELATIVO

-0.894	-0.161	0.379

ESTACAO INTERMEDIARIA - DIAMETRO 0.2420M

DADOS OBTIDOS DOS ENSAIOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
2.3560MMCA	-5.6000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

PRESSAO DINAMICA ANGULO COM O EIXO
11.5200MMCA 46.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)
PRESSAO DINAMICA ANGULO COM O EIXO
11.3600MMCA 40.4000GRAUS

RESULTADOS OBTIDOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
6.4906M/S 0.9117M CUB/KG 95.6000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
14.3528M/S 0.9117M CUB/KG 43.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
14.2631M/S 0.9130M CUB/KG 49.6000GRAUS

ANGULO BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTO PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAO CONTINUIDADE QUANTIDADE DE MOVIMENTO
10.0933GRAUS 43.9225GRAUS 50.2150GRAUS

DESVIO ABSOLUTO

-39.506GRAUS -5.677GRAUS 6.715GRAUS

DESVIO RELATIVO

-0.796 -0.114 0.135

ESTACAO INTERNA - DIAMETRO 0.1850M

DADOS OBTIDOS DOS ENSAIOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)
PRESSAO DINAMICA ANGULO COM O EIXO
1.9090MMCA -2.0000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)
PRESSAO DINAMICA ANGULO COM O EIXO
110.0000MMCA 50.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)
PRESSAO DINAMICA ANGULO COM O EIXO
15.1400MMCA 44.8000GRAUS

RESULTADOS OBTIDOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
5.8405M/S	0.9110M CUB/KG	92.0000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
44.5744M/S	0.9209M CUB/KG	39.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
16.5015M/S	0.9170M CUB/KG	45.2000GRAUS

ANGULO BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTO PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAO	CONTINUIDADE	QUANTIDADE DE MOVIMENTO
12.4870GRAUS	50.9443GRAUS	82.5764GRAUS

DESVIO ABSOLUTO

-32.712GRAUS	5.744GRAUS	43.076GRAUS

DESVIO RELATIVO

-0.723	0.127	0.953

VAZAO NO PONTO 2 0.7974M CUB/S
VAZAO NO PONTO 3 0.6544M CUB/S
VAZAO MEDIA 0.7259M CUB/S

*****ROTACAO 4000.00RPM*****

ESTACAO EXTERNA - DIAMETRO 0.2960M

DADOS OBTIDOS DOS ENSAIOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
0.0000MMCA	-8.0000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
11.2000MMCA	42.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
14.4000MMCA	37.3000GRAUS

RESULTADOS OBTIDOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
0.0000M/S	0.9108M CUB/KG	98.0000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
14.1534M/S	0.9119M CUB/KG	47.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
16.0552M/S	0.9126M CUB/KG	52.7000GRAUS

ANGULO BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTO PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAO	CONTINUIDADE	QUANTIDADE DE MOVIMENTO
5.4558GRAUS	40.5786GRAUS	77.1915GRAUS

DESVIO ABSOLUTO

-47.244GRAUS	-12.121GRAUS	29.691GRAUS

DESVIO RELATIVO

-0.896	-0.230	0.563

ESTACAO INTERMEDIARIA - DIAMETRO 0.2420M

DADOS OBTIDOS DOS ENSAIOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
2.7900MMCA	-5.0000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
12.3900MMCA	46.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
14.2800MMCA	40.4000GRAUS

RESULTADOS OBTIDOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
7.0644M/S	0.912OM CUB/KG	95.0000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
14.8863M/S	0.9119M CUB/KG	43.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
15.9953M/S	0.9135M CUB/KG	49.6000GRAUS

ANGULO BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTO PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAO	CONTINUIDADE	QUANTIDADE DE MOVIMENTO
9.8124GRAUS	39.9216GRAUS	66.0667GRAUS

DESVIO ABSOLUTO

-39.787GRAUS	-9.678GRAUS	22.566GRAUS

DESVIO RELATIVO

-0.802	-0.195	0.454

ESTACAO INTERNA - DIAMETRO 0.1850M

DADOS OBTIDOS DOS ENSAIOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
2.0250MMCA	-3.4000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
125.6000MMCA	50.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
17.4200MMCA	45.3000GRAUS

RESULTADOS OBTIDOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
6.0153M/S	0.9110M CUB/KG	93.4000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
47.6680M/S	0.9224M CUB/KG	39.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
17.7115M/S	0.9181M CUB/KG	44.7000GRAUS

ANGULO BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTO PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAO	CONTINUIDADE	QUANTIDADE DE MOVIMENTO
11.6275GRAUS	51.0028GRAUS	82.5611GRAUS

DESVIO ABSOLUTO

-33.072GRAUS	6.302GRAUS	43.061GRAUS

DESVIO RELATIVO

-0.739	0.141	0.963

VAZAO NO PONTO 2 0.8419M CUB/S
VAZAO NO PONTO 3 0.7202M CUB/S
VAZAO MEDIA 0.7811M CUB/S

*****ROTACAO 4500.00RPM*****

ESTACAO EXTERNA - DIAMETRO 0.2960M

DADOS OBTIDOS DOS ENSAIOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
0.0000MMCA	-9.5000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
15.7700MMCA	42.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
16.8000MMCA	36.9000GRAUS

RESULTADOS OBTIDOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
C.CCCCM/S 0.9108M CUB/KG 99.5CCOGRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
16.7984M/S 0.9123M CUB/KG 47.5CCOGRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
17.3464M/S 0.9132M CUB/KG 53.1CCOGRAUS

ANGULO BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTO PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAO CONTINUIDADE QUANTIDADE DE MOVIMENTO
5.2870GRAUS 45.6146GRAUS 62.6634GRAUS

DESVIO ABSOLUTO

-47.812GRAUS -7.485GRAUS 15.163GRAUS

DESVIO RELATIVO

-0.900 -0.140 0.285

ESTACAO INTERMEDIARIA - DIAMETRO 0.2420M

DADOS OBTIDOS DOS ENSAIOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)
PRESSAO DINAMICA ANGULO COM O EIXO
3.3040MMCA -5.2CCOGRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)
PRESSAO DINAMICA ANGULO COM O EIXO
15.6500MMCA 46.5CCOGRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)
PRESSAO DINAMICA ANGULO COM O EIXO
16.2800MMCA 40.CCCOGRAUS

RESULTADOS OBTIDOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
7.6884M/S 0.9122M CUB/KG 95.2CCOGRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
16.7324M/S 0.9121M CUB/KG 43.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
17.0833M/S 0.9140M CUB/KG 50.0000GRAUS

ANGULO BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTO PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAO CONTINUIDADE QUANTIDADE DE MOVIMENTO
9.4725GRAUS 42.5004GRAUS 55.6920GRAUS

DESVIO ABSOLUTO

-40.527GRAUS -7.499GRAUS 12.192GRAUS

DESVIO RELATIVO

-0.810 -0.149 0.243

ESTACAO INTERNA - DIAMETRO 0.1850M

DADOS OBTIDOS DOS ENSAIOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)
PRESSAO DINAMICA ANGULO COM O EIXO
2.2500MMCA -3.4000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)
PRESSAO DINAMICA ANGULO COM O EIXO
145.9000MMCA 50.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)
PRESSAO DINAMICA ANGULO COM O EIXO
21.1200MMCA 46.0000GRAUS

RESULTADOS OBTIDOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
6.3408M/S 0.9110M CUB/KG 93.4000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
51.4263M/S 0.9242M CUB/KG 39.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
19.5181M/S	0.9196M CUB/KG	44.0000GRAUS

ANGULO BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTO PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAO	CONTINUIDADE	QUANTIDADE DE MOVIMENTO
11.1565GRAUS	51.3302GRAUS	82.4696GRAUS

DESVIO ABSOLUTO

-32.843GRAUS	7.330GRAUS	42.969GRAUS

DESVIO RELATIVO

-0.746	0.166	0.976

VAZAO NO PONTO 2	0.9353M CUB/S
VAZAO NO PONTO 3	0.7797M CUB/S
VAZAO MEDIA	0.8575M CUB/S

VENTILADOR AXIAL ALETA-PA CEUTZ

DESVIO DO JATO

MONTAGEM B (APENAS AS ALETAS NO FLUXO)

TEMPERATURA AMBIENTE 24.0000GRAUS
PRESSAO BAROMETRICA 710.0000MM HG
UMIDADE RELATIVA DO AR 73.5000POR CENTO

*****ROTACAO 2500.00RPM*****

ESTACAO EXTERNA - DIAMETRO 0.2960M

DADOS OBTIDOS DOS ENSAIOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)
PRESSAO DINAMICA ANGULO COM O EIXO
1.3940MMCA 11.4000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)
PRESSAO DINAMICA ANGULO COM O EIXO
2.3000MMCA 42.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)
PRESSAO DINAMICA ANGULO COM O EIXO
2.9600MMCA 34.3000GRAUS

RESULTADOS OBTIDOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
5.0084M/S 0.9174M CUB/KG 78.6000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
6.4426M/S 0.9201M CUB/KG 47.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
7.2988M/S 0.9176M CUB/KG 55.7000GRAUS

ANGULO BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTO PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAO CONTINUIDADE QUANTIDADE DE MOVIMENTO
7.5445GRAUS 40.4674GRAUS 77.0667GRAUS

DESVIO ABSOLUTO

-48.155GRAUS -15.232GRAUS 29.566GRAUS

DESVIC RELATIVC

-C.864 -0.273 0.530

ESTACAC INTERMEDIARIA - DIAMETRC 0.2420M

CADCS CBTIDCS DCS ENSAICS

ENTRADA DAS ALETAS (PCNTC 1)
PRESSAC DINAMICA ANGULC CCM C EIXO
1.2450MMCA 12.5CCOGRAUS

ENTRE AS ALETAS (PCNTC 2)
PRESSAC DINAMICA ANGULC CCM C EIXC
2.5000MMCA 46.5CCOGRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PCNTC 3)
PRESSAC DINAMICA ANGULC CCM C EIXC
3.3500MMCA 41.CCCOGRAUS

RESULTADCS CBTIDCS

ENTRADA DAS ALETAS (PCNTC 1)

VELCCIDADE VCLUME ESPECIFICO ANGULC BETA
4.7334M/S 0.9175M CUB/KG 77.5CCOGRAUS

ENTRE AS ALETAS (PCNTC 2)

VELCCIDADE VCLUME ESPECIFICC ANGULC BETA
6.7096M/S 0.9181M CUB/KG 43.5CCOGRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PCNTC 3)

VELCCIDADE VCLUME ESPECIFICC ANGULC BETA
7.7643M/S 0.9175M CUB/KG 49.CCCOGRAUS

ANGULC BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTC PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAC CONTINUIDADE QUANTIDADE DE MOVIMENTC
8.5791GRAUS 36.4730GRAUS 75.3771GRAUS

DESVIC ABSOLUTC

-40.420GRAUS -12.526GRAUS 31.877GRAUS

DESVIC RELATIVC

-0.824 -0.255 0.650

ESTACAO INTERNA - DIAMETRO 0.185CM

DADOS OBTIDOS DOS ENSAIOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
1.0100MMCA	16.4000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
2.7600MMCA	50.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
3.8300MMCA	42.8000GRAUS

RESULTADOS OBTIDOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
4.2646M/S	0.9181M CUB/KG	73.6000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
7.0511M/S	0.9184M CUB/KG	39.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
8.3092M/S	0.9191M CUB/KG	47.2000GRAUS

ANGULO BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTO PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAO	CONTINUIDADE	QUANTIDADE DE MOVIMENTO
10.4417GRAUS	32.6944GRAUS	73.2140GRAUS

DESVIO ABSOLUTO

-36.758GRAUS	-14.505GRAUS	33.714GRAUS

DESVIO RELATIVO

-0.778	-0.307	0.714

VAZAO NO PONTO 2	0.2344M CUB/S
VAZAO NO PONTO 3	0.3462M CUB/S
VAZAO MEDIA	0.2903M CUB/S

*****ROTACAO 3000.00RPM*****

ESTACAO EXTERNA - DIAMETRO 0.2960M

DADOS GEIDOS DOS ENSAIOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
1.9680MMCA	10.4000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
3.2000MMCA	42.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
4.2700MMCA	34.3000GRAUS

RESULTADOS GEIDOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
5.9437M/S	0.9152M CUB/KG	79.6000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
7.5937M/S	0.9188M CUB/KG	47.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
8.7543M/S	0.9151M CUB/KG	55.7000GRAUS

ANGULO BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTO PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAO	CONTINUIDADE	QUANTIDADE DE MOVIMENTO
7.5254GRAUS	39.5660GRAUS	78.9995GRAUS

DESVIO ABSOLUTO

-48.174GRAUS	-16.133GRAUS	31.499GRAUS

DESVIO RELATIVO

-0.864	-0.289	0.565

ESTACAC INTERMEDIARIA - CIAMETRC C.2420M

DADCS CBTIDCS DCS ENSAICS

ENTRADA CAS ALETAS (PCNTC 1)

PRESSAC DINAMICA	ANGULC CCM C EIXC
1.9090MMCA	12.5CCOGRAUS

ENTRE AS ALETAS (PCNTC 2)

PRESSAC DINAMICA	ANGULC COM C EIXO
4.CCCOMMCA	46.5CCOGRAUS

SAICA CAS ALETAS (PCNTC 3)

PRESSAC DINAMICA	ANGULC COM C EIXC
5.3100MMCA	41.CCCOGRAUS

RESULTACCS CBTICCS

ENTRADA CAS ALETAS (PCNTC 1)

VELOCICACE	VCLUME ESPECIFICO	ANGULC BETA
5.8533M/S	0.9150M CUB/KG	77.5CCOGRAUS

ENTRE AS ALETAS (PCNTC 2)

VELOCICACE	VCLUME ESPECIFICO	ANGULC BETA
8.4734M/S	0.9151M CUB/KG	43.5CCOGRAUS

SAICA CAS ALETAS (PCNTC 3)

VELOCICACE	VCLUME ESPECIFICC	ANGULC BETA
9.7642M/S	0.9154M CUB/KG	49.CCCOGRAUS

ANGULC BETA NA SAICA CAS ALETAS PREVISTC PELAS CIVERSAS TECRIAS

ASA DE SUSTENTACAC	CCNTINUICADE	QUANTIDADE DE MOVIMENTC
8.8845GRAUS	36.6929GRAUS	74.9263GRAUS

DESVIC ABSCLUTC

-4C.115GRAUS	-12.3C7GRAUS	31.426GRAUS

DESVIC RELATIVC

-C.818	-0.251	0.641

ESTACAC INTERNA - CIAMETRC 0.1850M

DADCS CBTIDCS DCS ENSAICS

ENTRADA CAS ALETAS (PCNTC 1)

PRESSAC DINAMICA ANGULC CCM C EIXC
2.1000MMCA 16.6CCOGRAUS

ENTRE AS ALETAS (PCNTC 2)
PRESSAC DINAMICA ANGULC CCM C EIXC
4.5200MMCA 50.5CCOGRAUS

SAIDA CAS ALETAS (PONTC 3)
PRESSAC DINAMICA ANGULC CCM C EIXC
5.7700MMCA 43.5CCOGRAUS

RESULTADCS CBTIDCS

ENTRADA CAS ALETAS (PCNTC 1)

VELOCIDADE VCLUME ESPECIFICO ANGULC BETA
6.1402M/S 0.9153M CUB/KG 73.4CCOGRAUS

ENTRE AS ALETAS (PCNTC 2)

VELCCIDADE VCLUME ESPECIFICO ANGULC BETA
9.CC94M/S 0.9156M CUB/KG 39.5COOGRAUS

SAIDA CAS ALETAS (PONTC 3)

VELCCIDADE VCLUME ESPECIFICC ANGULC BETA
10.1907M/S 0.9176M CUB/KG 46.5CCOGRAUS

ANGULC BETA NA SAIDA CAS ALETAS PREVISTC PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAC CCNTINUIDADE QUANTIDADE DE MCVIMENTC
11.2265GRAUS 34.3062GRAUS 68.8537GRAUS

DESVIC ABSOLUTC

-35.273GRAUS -12.193GRAUS 29.353GRAUS

DESVIC RELATIVC

-0.758 -0.262 0.631

VAZAC NC PCNTC 2 0.2905M CUB/S
VAZAC NC PCNTC 3 0.4239M CUB/S
VAZAC MEDIA 0.3572M CUB/S

*****RCTACAC 3500.00RPM*****

ESTACAC EXTERNA - DIAMETRC 0.296CM

DADOS OBTIDOS DOS ENSAIOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
2.5420MMCA	9.7000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
4.6000MMCA	42.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
5.7700MMCA	34.3000GRAUS

RESULTADOS OBTIDOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
6.7456M/S	0.9127M CUB/KG	80.3000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
9.0996M/S	0.9177M CUB/KG	47.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
10.1615M/S	0.9124M CUB/KG	55.7000GRAUS

ANGULO BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTO PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAO	CONTINUIDADE	QUANTIDADE DE MOVIMENTO
7.4302GRAUS	41.0234GRAUS	75.3852GRAUS

DESVIO ABSOLUTO

-48.269GRAUS	-14.676GRAUS	27.885GRAUS

DESVIO RELATIVO

-0.866	-0.263	0.500

ESTACAO INTERMEDIARIA - DIAMETRO 0.2420M

DADOS OBTIDOS DOS ENSAIOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
2.7390MMCA	12.5000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

PRESSAC DINAMICA ANGULC CCM C EIXC
5.8000MMCA 46.5CCOGRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PCNTC 3)
PRESSAC DINAMICA ANGULC CCM C EIXC
6.6600MMCA 41.7CCOGRAUS

RESULTACCS CBTICCS

ENTRADA DAS ALETAS (PCNTC 1)

VELCCIDADE VCLUME ESPECIFICC ANGULC BETA
7.CC19M/S 0.9126M CUB/KG 77.5CCOGRAUS

ENTRE AS ALETAS (PCNTC 2)

VELCCIDADE VCLUME ESPECIFICC ANGULC BETA
1C.1849M/S 0.9118M CUB/KG 43.5CCOGRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PCNTC 3)

VELCCIDADE VCLUME ESPECIFICC ANGULC BETA
1C.9184M/S 0.9126M CUB/KG 48.3CCOGRAUS

ANGULC BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTC PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAC CCNTINUIDADE QUANTIDADE DE MCVIMENTC
8.7414GRAUS 39.9890GRAUS 65.7156GRAUS

DESVIC ABSCLUTC

-39.558GRAUS -8.310GRAUS 22.215GRAUS

DESVIC RELATIVC

-C.819 -0.172 C.459

ESTACAC INTERNA - DIAMETRC 0.1850M

DADCS CBTIDCS DCS ENSAICS

ENTRADA DAS ALETAS (PCNTC 1)
PRESSAC DINAMICA ANGULC CCM C EIXC
2.4400MMCA 16.7CCOGRAUS

ENTRE AS ALETAS (PCNTC 2)
PRESSAC DINAMICA ANGULC CCM C EIXC
5.9300MMCA 5C.5CCOGRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PCNTC 3)
PRESSAC DINAMICA ANGULC CCM C EIXC
8.5800MMCA 43.5CCOGRAUS

RESULTADOS OBTIDOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
6.6123M/S	0.9136M CUB/KG	73.3000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
10.3063M/S	0.9132M CUB/KG	39.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
12.4146M/S	0.9158M CUB/KG	46.5000GRAUS

ANGULO BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTO PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAO	CONTINUIDADE	QUANTIDADE DE MOVIMENTO
11.0903GRAUS	31.9750GRAUS	75.2804GRAUS

DESVIO ABSOLUTO

-35.409GRAUS	-14.524GRAUS	35.780GRAUS

DESVIO RELATIVO

-0.761	-0.312	0.769

VAZAO NO PONTO 2	0.3436M CUB/S
VAZAO NO PONTO 3	0.4912M CUB/S
VAZAO MEDIA	0.4174M CUB/S

*****ROTACAO 4000.00RPM*****

ESTACAO EXTERNA - DIAMETRO 0.2960M

DADOS OBTIDOS DOS ENSAIOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
3.1160MMCA	9.0000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
5.8000MMCA	42.5000GRAUS

SAICA CAS ALETAS (PONTC 3)

PRESSAC CINAMICA	ANGULC CCM C EIXC
7.5COOMMCA	33.5CCOGRAUS

RESULTACCS CBTICCS

ENTRADA CAS ALETAS (PCNTC 1)

VELCCICACE	VCLUME ESPECIFICC	ANGULC BETA
7.4596M/S	0.9105M CUB/KG	81.CCCOGRAUS

ENTRE AS ALETAS (PCNTC 2)

VELCCICACE	VCLUME ESPECIFICC	ANGULC BETA
1C.2C9CM/S	0.9162M CUB/KG	47.5CCOGRAUS

SAICA CAS ALETAS (PCNTC 3)

VELCCICACE	VCLUME ESPECIFICC	ANGULC BETA
11.5636M/S	0.909CM CUB/KG	56.5CCCGRAUS

ANGULC BETA NA SAICA CAS ALETAS PREVISTC PELAS DIVERSAS TECRIAS

ASA CE SUSTENTACAC	CCNTINUICADE	QUANTICADE DE MCVIMENTC
7.3686GRAUS	4C.2268GRAUS	77.C8C7GRAUS

DESVIC ABSOLUTC

-49.131GRAUS	-16.273GRAUS	29.580GRAUS

DESVIC RELATIVC

-C.869	-0.288	C.523

ESTACAC INTERMEDIARIA - DIAMETRC C.242OM

DADCS CBTIDCS DCS ENSAICS

ENTRADA CAS ALETAS (PCNTC 1)

PRESSAC CINAMICA	ANGULC CCM C EIXO
3.C710MMCA	12.5CCOGRAUS

ENTRE AS ALETAS (PCNTC 2)

PRESSAC CINAMICA	ANGULC CCM C EIXO
7.CCOOMMCA	46.5CCOGRAUS

SAICA CAS ALETAS (PCNTC 3)

PRESSAC CINAMICA	ANGULC CCM C EIXC
8.4300MMCA	41.4CCOGRAUS

RESULTACCS CBTICCS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
7.4066M/S	0.9108M CUB/KG	77.5000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
11.1743M/S	0.9094M CUB/KG	43.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
12.2667M/S	0.9100M CUB/KG	48.6000GRAUS

ANGULO BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTO PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAO	CONTINUIDADE	QUANTIDADE DE MOVIMENTO
8.4146GRAUS	38.8633GRAUS	69.1495GRAUS

DESVIO ABSOLUTO

-40.185GRAUS	-9.736GRAUS	25.649GRAUS

DESVIO RELATIVO

-0.826	-0.200	0.527

ESTACAO INTERNA - DIAMETRO 0.185CM

DADOS OBTIDOS DOS ENSAIOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
2.7100MMCA	18.4000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
7.4300MMCA	50.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
10.3900MMCA	43.9000GRAUS

RESULTADOS OBTIDOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
6.9611M/S	0.9117M CUB/KG	71.6000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
11.5225M/S	0.9110M CUB/KG	39.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
13.6482M/S	0.9140M CUB/KG	46.1000GRAUS

ANGULO BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTO PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAO	CONTINUIDADE	QUANTIDADE DE MOVIMENTO
10.4477GRAUS	32.6006GRAUS	73.6976GRAUS

DESVIO ABSOLUTO

-35.652GRAUS	-13.499GRAUS	34.197GRAUS

DESVIO RELATIVO

-0.773	-0.292	0.741

VAZAO NO PONTO 2	0.3819M CUB/S
VAZAO NO PONTO 3	0.5516M CUB/S
VAZAO MEDIA	0.4667M CUB/S

*****ROTACAO 4500.00RPM*****

ESTACAO EXTERNA - DIAMETRO 0.2960M

DADOS OBTIDOS DOS ENSAIOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
3.9360MMCA	9.0000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
6.5000MMCA	42.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

PRESSAO DINAMICA	ANGULO COM O EIXO
9.2000MMCA	34.3000GRAUS

RESULTADOS OBTIDOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
8.3705M/S 0.9076M CUB/KG 81.0000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
10.804OM/S 0.9156M CUB/KG 47.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
12.7934M/S 0.9070M CUB/KG 55.7000GRAUS

ANGULO BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTO PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAO CONTINUIDADE QUANTIDADE DE MOVIMENTO
7.2528GRAUS 38.0843GRAUS 81.7479GRAUS

DESVIO ABSOLUTO

-48.447GRAUS -17.615GRAUS 34.247GRAUS

DESVIO RELATIVO

-0.869 -0.316 0.614

ESTACAO INTERMEDIARIA - DIAMETRO 0.2420M

DADOS OBTIDOS DOS ENSAIOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)
PRESSAO DINAMICA ANGULO COM O EIXO
3.7400MMCA 12.4000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)
PRESSAO DINAMICA ANGULO COM O EIXO
7.9000MMCA 46.5000GRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)
PRESSAO DINAMICA ANGULO COM O EIXO
10.7100MMCA 41.2000GRAUS

RESULTADOS OBTIDOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
8.1627M/S 0.9083M CUB/KG 77.6000GRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
11.860CM/S 0.9078M CUB/KG 43.5COOGRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
13.7992M/S 0.9065M CUB/KG 48.8OOOGRAUS

ANGULO BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTO PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAO	CONTINUIDADE	QUANTIDADE DE MOVIMENTO
8.3614GRAUS	36.2118GRAUS	75.9478GRAUS

DESVIO ABSOLUTO

-40.438GRAUS	-12.588GRAUS	32.447GRAUS

DESVIO RELATIVO

-0.828	-0.257	0.664

ESTACAO INTERNA - DIAMETRO 0.1850M

DADOS OBTIDOS DOS ENSAIOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)
PRESSAO DINAMICA ANGULO COM O EIXO
3.3200MMCA 18.8COOGRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)
PRESSAO DINAMICA ANGULO COM O EIXO
8.2900MMCA 5O.5COOGRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)
PRESSAO DINAMICA ANGULO COM O EIXO
13.5200MMCA 44.7OOOGRAUS

RESULTADOS OBTIDOS

ENTRADA DAS ALETAS (PONTO 1)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
7.6925M/S 0.9087M CUB/KG 71.2COOGRAUS

ENTRE AS ALETAS (PONTO 2)

VELOCIDADE VOLUME ESPECIFICO ANGULO BETA
12.163OM/S 0.9098M CUB/KG 39.5OOOGRAUS

SAIDA DAS ALETAS (PONTO 3)

VELOCIDADE	VOLUME ESPECIFICO	ANGULO BETA
15.5528M/S	0.9122M CUB/KG	45.3000GRAUS

ANGULO BETA NA SAIDA DAS ALETAS PREVISTO PELAS DIVERSAS TEORIAS

ASA DE SUSTENTACAO	CONTINUIDADE	QUANTIDADE DE MOVIMENTO
10.3305GRAUS	29.9153GRAUS	80.3093GRAUS

DESVIO ABSOLUTO

-34.969GRAUS	-15.384GRAUS	40.809GRAUS

DESVIO RELATIVO

-0.771	-0.339	0.900

VAZAO NO PONTO 2	0.4043M CUB/S
VAZAO NO PONTO 3	0.6158M CUB/S
VAZAO MEDIA	0.5100M CUB/S

148C

DESVIO RELATIVO DO JATO

Montagem A com entrada axial (virtual)

Rotação	Estação	2	3	Desvio Relativo		
				Asa de Sust.	Cont.	Quant. de Mov.
2 500	Externa	47,5	52,8	- 0,894	- 0,152	0,343
	Interm.	43,5	49,6	- 0,790	0,134	0,606
	Interna	39,5	45,3	- 0,726	0,118	0,952
3 000	Externa	47,5	52,7	- 0,894	- 0,204	0,501
	Interm.	43,5	49,6	- 0,805	- 0,060	0,369
	Interna	39,5	45,9	- 0,736	0,120	0,935
3 500	Externa	47,5	52,7	- 0,894	- 0,161	0,379
	Interm.	43,5	49,6	- 0,797	- 0,114	0,135
	Interna	39,5	45,2	- 0,724	0,127	0,953
4 000	Externa	47,5	52,7	- 0,896	- 0,230	0,563
	Interm.	43,5	49,6	- 0,807	- 0,195	0,454
	Interna	39,5	44,7	- 0,740	- 0,141	0,963
4 500	Externa	47,5	53,1	- 0,900	- 0,140	0,285
	Interm.	43,5	50,0	- 0,811	- 0,149	0,243
	Interna	39,5	44,0	- 0,747	0,166	0,976

Observação: o sinal negativo indica ângulo observado maior que o ângulo previsto.

DESVIO RELATIVO DO JATO

Montagem A com entrada não axial (real)

				Desvio Relativo		
Rotação	Estação	2	3	Asa de Sust.	Cont.	Quantidade de Movim
2 500	Externa	47,5	52,8	- 0,894	- 0,152	0,343
	Interm.	43,5	49,6	- 0,789	0,134	0,606
	Interna	39,5	44,7	- 0,726	0,118	0,952
3 000	Externa	47,5	52,7	- 0,894	- 0,204	0,501
	Interm.	43,5	49,6	- 0,804	- 0,060	0,369
	Interna	39,5	45,9	- 0,735	0,120	0,935
3 500	Externa	47,5	52,7	- 0,894	- 0,161	0,379
	Interm.	43,5	49,6	- 0,796	- 0,114	0,135
	Interna	39,5	45,2	- 0,723	0,127	0,953
4 000	Externa	47,5	52,7	- 0,896	- 0,230	0,563
	Interm.	43,5	49,6	- 0,802	- 0,195	0,454
	Interna	39,5	44,7	- 0,739	0,141	0,963
4 500	Externa	47,5	53,1	- 0,900	- 0,140	0,285
	Interm.	43,5	50,0	- 0,810	- 0,149	0,243
	Interna	39,5	44,0	- 0,746	0,166	0,976

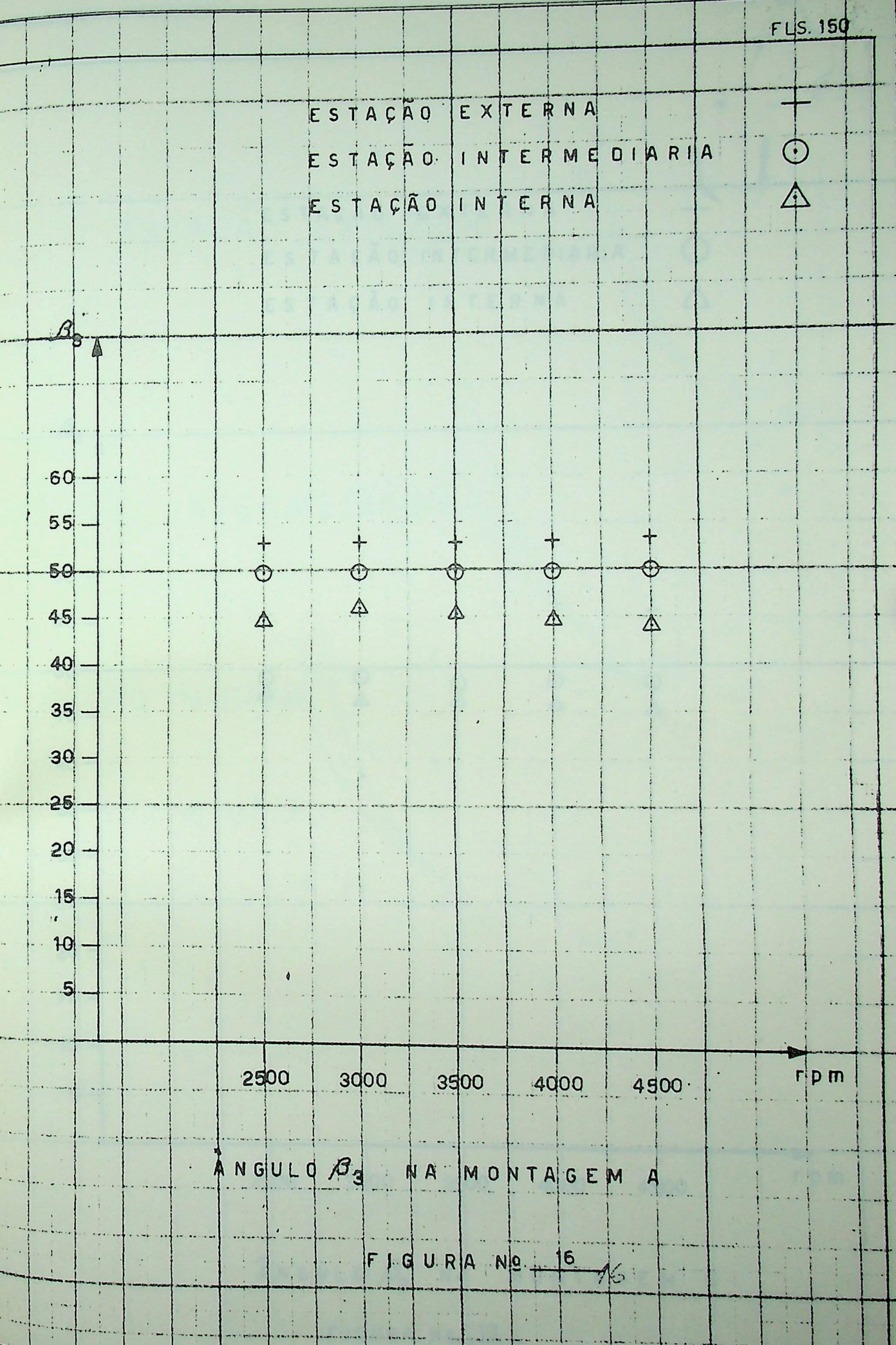
Observação: O sinal negativo indica ângulo observado maior que o ângulo previsto.

DESVIO RELATIVO DO JATO

Montagem B com entrada real

Rotação	Estação	2	3	Desvio Relativo		
				Asa de Sust.	Cont.	Quantidade de Movim
2 500	Externa	47,5	55,7	- 0,864	- 0,273	0,530
	Interm.	43,5	49,0	- 0,824	- 0,255	0,650
	Interna	39,5	47,2	- 0,778	- 0,307	0,714
3 000	Externa	47,5	55,7	- 0,864	- 0,289	0,565
	Interm.	43,5	49,0	- 0,818	- 0,251	0,641
	Interna	39,5	46,5	- 0,758	- 0,262	0,631
3 500	Externa	47,5	55,7	- 0,866	- 0,263	0,500
	Interm.	43,5	48,3	- 0,819	- 0,172	0,459
	Interna	39,5	46,5	- 0,761	- 0,312	0,769
4 000	Externa	47,5	56,5	- 0,869	- 0,288	0,523
	Interm.	43,5	48,6	- 0,826	- 0,200	0,527
	Interna	39,5	46,1	- 0,773	- 0,292	0,741
4 500	Externa	47,5	55,7	- 0,869	- 0,316	0,614
	Interm.	43,5	48,4	- 0,828	- 0,257	0,664
	Interna	39,5	45,3	- 0,771	- 0,339	0,900

Observação: O sinal negativo indica ângulo observado maior que o ângulo previsto.



ÂNGULO β_3 NA MONTAGEM A

FIGURA Nº 16

ÂNGULO β_3 NA MONTAGEM B

FIGURA Nº 17

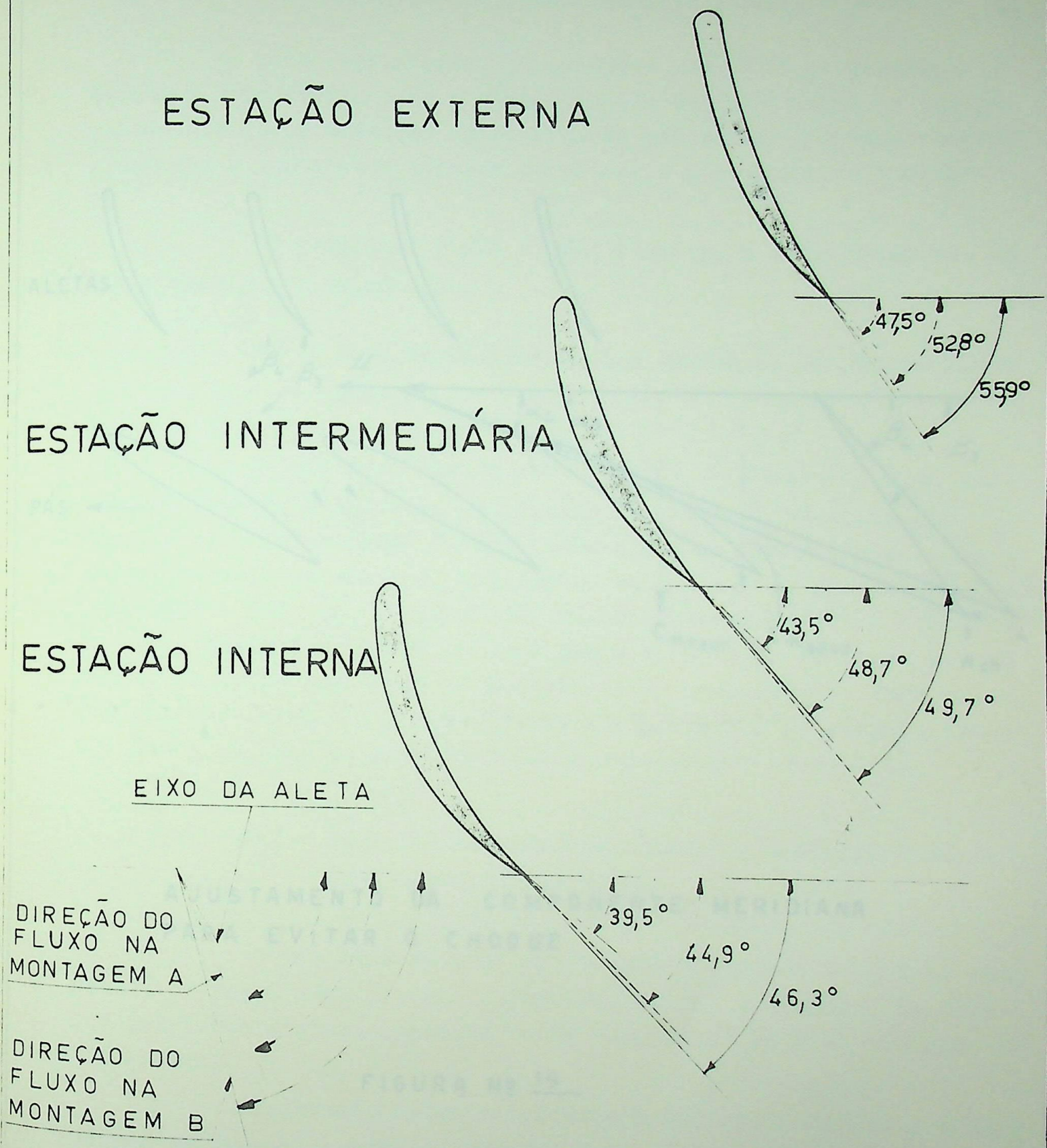
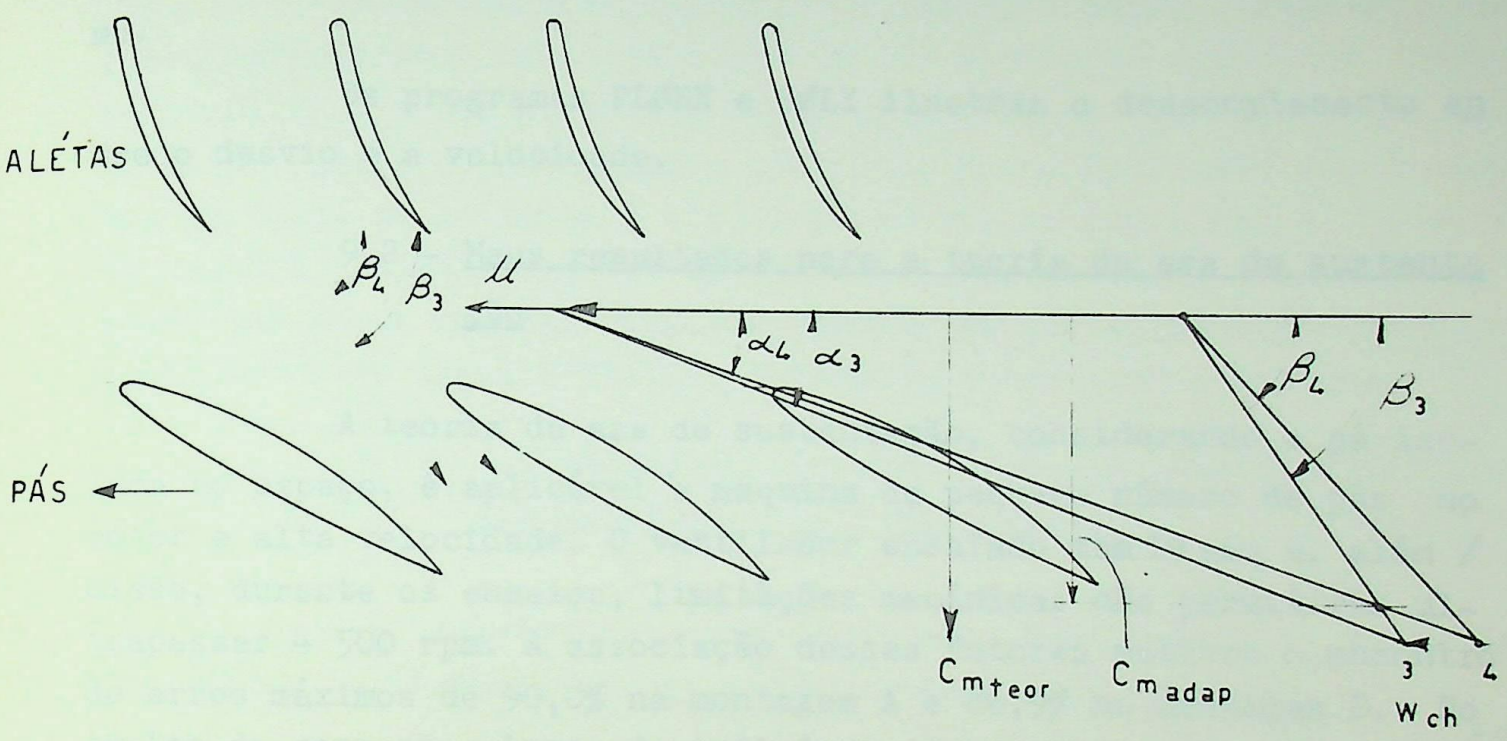


FIGURA Nº 18

ILUSTRAÇÃO DO DESVIO MÉDIO



AJUSTAMENTO DA COMPONENTE MERIDIANA PARA EVITAR O CHOQUE

FIGURA Nº 19

9 - CONCLUSÕES

9.1 - O desvio independe da velocidade do rotor

Esta constatação, já prevista nas teorias clássicas é da maior importância para a simplificação da fabricação de equipamentos, já que a execução de rotores de pás móveis automaticamente ajustadas à velocidade angular complicaria sobremaneira o mecanismo.

Os programas PLØRX e PØLY ilustram o desacoplamento entre o desvio e a velocidade.

9.2 - Maus resultados para a teoria da asa de sustentação

A teoria da asa de sustentação, considerando a pá isolada no espaço, é aplicável à máquina de pequeno número de pás no rotor e alta velocidade. O ventilador ensaiado tem 19 pás e, além / disso, durante os ensaios, limitações mecânicas não permitiram ultrapassar 4 500 rpm. A associação desses fatores motivou o encontro de erros máximos de 90,0% na montagem A e 86,9% na montagem B. No centro da corrente, longe da influência da carcaça e do cubo os erros máximos foram 81,1% e 82,4% nas montagens A e B, respectivamente. Todos os ângulos previstos foram menores que os medidos.

9.3 - Maus resultados para a teoria da conservação da quantidade de movimento

Embora seja esta a teoria mais elaborada dentre as estudadas, os resultados por ela fornecidos deixam a desejar. Os ângulos previstos sistematicamente foram superiores àqueles medidos / nos ensaios.

Atribuimos estes resultados à medição indireta dos parâmetros de caracterização da quantidade de movimento. Assim, as velocidades foram calculadas através de expressões em função da massa / molecular, temperatura e pressão. Ora, a medição de cada um desses

parâmetros introduz erro e a expressão do cálculo do volume específi co também.

Os erros máximos observados foram 97,6% para a montagem A (60,6% no meio da corrente) e 90,0% na montagem B (66,4% no meio - da corrente).

9.4 - Bons resultados para a teoria da continuidade

A lei da continuidade tem uma formulação bastante simples, apresentando resultados através de razões de grandezas de mesma espécie. É a que necessita de menor número de hipóteses bem como do menor número de manipulação numérica. Foram detetados erros máximos de 23,0% na montagem A (19,5% no centro da corrente) e 33,9% na montagem B (25,7% no centro da corrente). Na montagem A os ângulos previstos foram ora maiores, ora menores do que os medidos. Na montagem B todos os ângulos previstos foram menores que as medidas.

9.5 - A ausência de condução do fluxo anteriormente às aletas provoca entrada oblíqua

Os ensaios mostraram resultados inesperados "à montante" das aletas na ausência de tubulação condutora de fluxo.

Os ângulos de entrada apresentaram-se negativos, relativamente a um plano contendo o eixo de máquina, e superiores ao campo de calibração do Yawmeter em relação ao referido eixo.

A repetição cuidadosa dos ensaios levou a manutenção desses resultados.

9.6 - A ação do rotor tende a alterar o desvio provocado pelas aletas

Observa-se que nas estações interna e externa o desvio diminui em presença do rotor por distúrbios de borda enquanto que na estação intermediárias, mais livre da influência perturbadora da carcaça e do cubo o desvio do jato aumenta.

9.7 - A consideração virtual de entrada axial não altera os resultados

Para fugir aos possíveis erros induzidos pela ausência de confinamento de entrada, tentou-se estudar uma situação virtual com entrada axial na montagem A. Pode-se facilmente verificar pelos relatórios de computador e resumos de desvios que esta consideração influirá desprezivelmente no ângulo previsto (décimos de grau).

9.8 - O turbilhonamento da esteira do cubo é bastante duradouro

Ensaios de varredura de vazão efetuados à distâncias - aproximadamente iguais a duas vezes o diâmetro do ventilador mostraram para todas as velocidades, depressões na esteira do cubo, não tendo sido observado, no âmbito do banco de ensaios montado, a regularização de vazão ao longo da seção.

9.9 - Consequência do desvio na vazão nominal

Os projetistas destas máquinas poderão considerar ou não a existência do desvio do jato (diferença entre α_3 e α_2). No primeiro caso a vazão será estimada com a componente meridiana / adaptada, de acordo com os triângulos de velocidade da figura 19 e como foi visto no ítem 9.4, os erros não são muito exagerados. No segundo caso, ainda da observação da figura 19, observa-se que como a componente meridiana adaptada é menor que a teórica a vazão adaptada ou real será também menor do que a vazão nominal o que é indesejável.

9.10 - Limitações do presente trabalho

O equipamento disponível impôs uma série de limitações à pesquisa encetada, a saber:

9.10.1 - Um só tipo de ventilador, de características não totalmente axiais

Uma pesquisa mais ampla deveria abranger toda a gama de equipamentos similares fabricados no país.

9.10.2 - Um só tipo de equipamento de caracterização de fluxo

No caso do banco de ensaio dispor de todos os tipos de sondas descritas no anexo 2, poderiam ser efetuadas análises das perturbações introduzidas no fluxo pelo equipamento medidor e indevidamente por ele captados.

9.10.3 - Não simultaneidade das leituras ao longo u'a mesma linha de corrente

A limitação anterior das sondas obrigou a efetuar / u'a medição de cada vez implicando em um período extremamente longo de ensaios. Essa longa duração faz perigar a validade dos parâme- / tros, temperatura e pressão que, embora conferidas no início e fim de cada série podem ter variado sensivelmente.

9.11 - Desenvolvimentos Subsequentes

Esta pesquisa comporta um seguimento e aprofundamento já que o campo é relativamente pouco explorado e de grande interesse tanto de caráter teórico quanto de natureza prática. Assim, o recebimento pelos Laboratórios de Aerodinâmica do CTA, de Mecânica dos Fluidos da Escola Federal de Engenharia de Itajubá e de diversas - Universidades, de novos equipamentos de análise de fluxos, cedo permitirá que trabalhos nesse campo tenham desenvolvimento muito mais amplo. O autor espera que seu trabalho sirva, pelo menos, como uma indicação de caminho para uma série de trabalhos profícuos no estudo experimental de mecânica dos fluidos.

10 - Anexo 1 - Fotografias do Banco de Ensaios

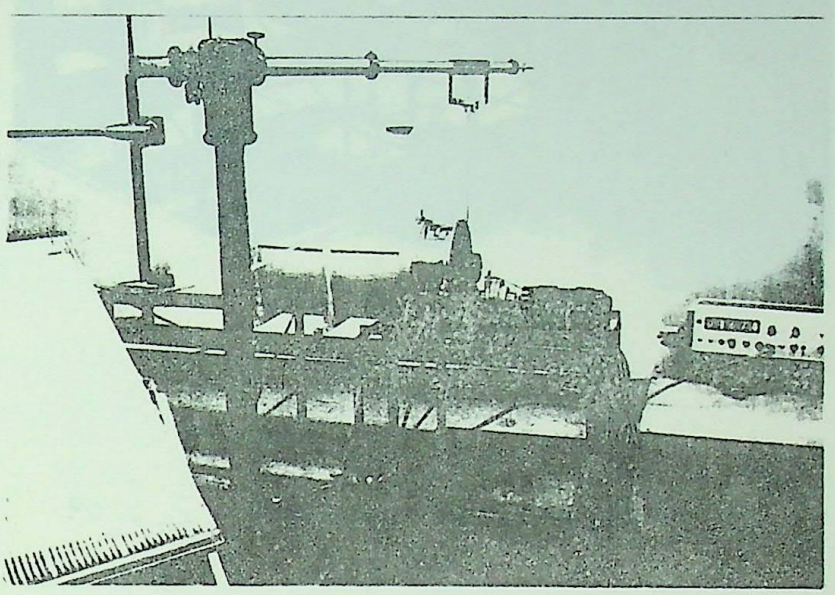


Foto 1 - Ponto 1 na montagem A

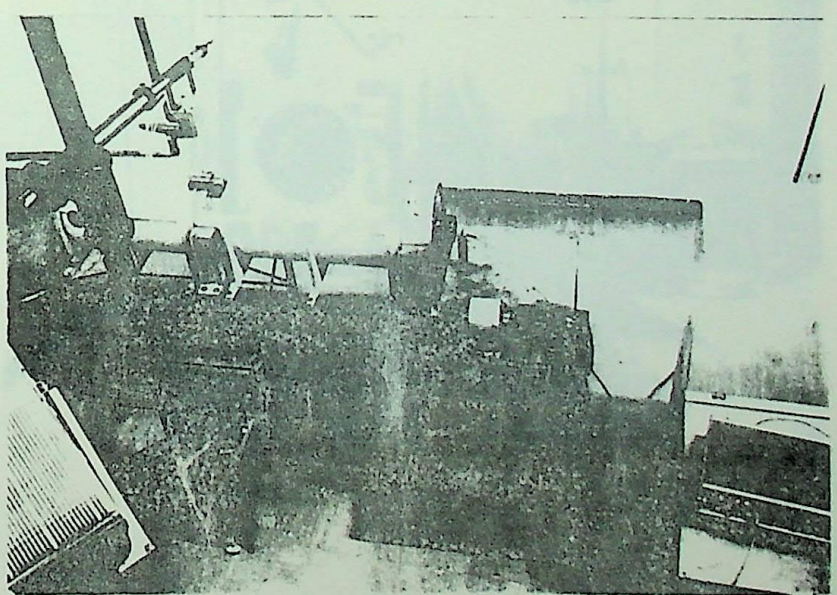


Foto 2 - Ponto 3 na montagem B

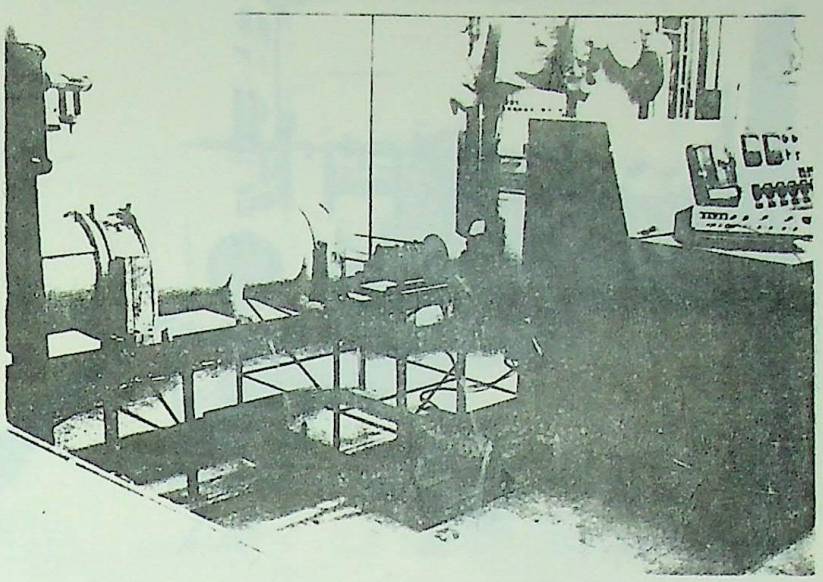


Foto 3 - Ponto 6 na montagem B

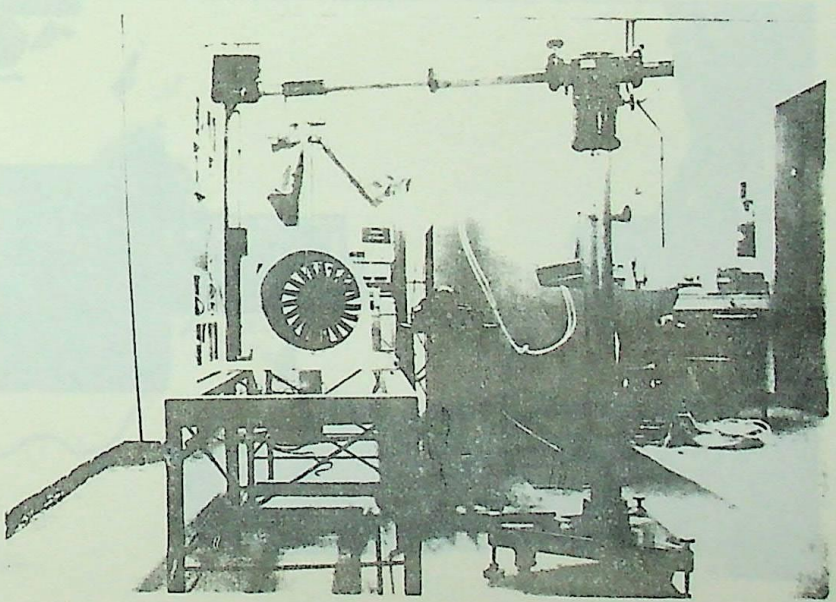


Foto 4 - Ponto 6' na montagem A

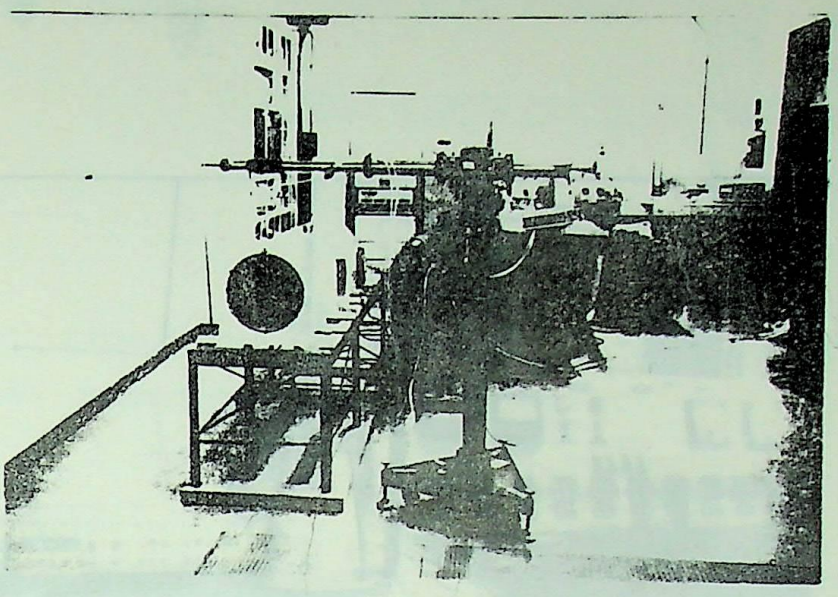


Foto 5 - Ponto 6' na montagem B

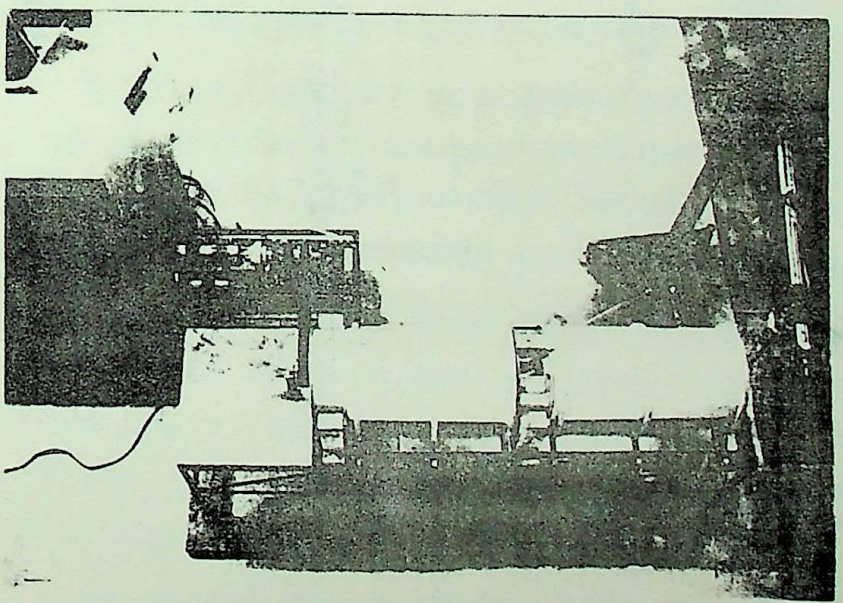
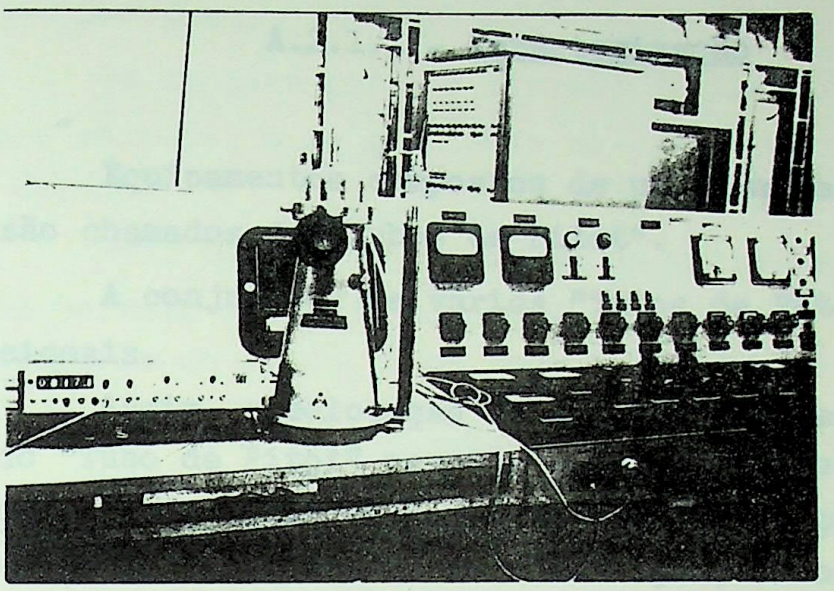


Foto 6 - Ponto 6' na montagem B



Fotc 7 - Aspectos da cadeia de medição eletromagnética

11 - Anexo 2: SONDAS DIRECIONAIS

A.2.1 - SONDAS DIRECIONAIS DE PRESSÃO

A.2.1.1 - Caracterização

Equipamentos compostos de uma tomada de pressão e um manômetro são chamados de "Tubos de Pitot".

A conjugação de vários "Tubos de Pitot" dá origem a sondas direcionais.

Assim, a colocação de tomadas de pressão na superfície lateral do "Tubo de Pitot" permite a determinação da pressão não perturbada ou pressão estática enquanto tomadas de pressão alinhadas com o fluxo determinam a pressão de estagnação local ou pressão dinâmica.

A existência de tomadas de pressão, não alinhadas com a direção do fluxo, afeta as determinações de pressões estáticas e dinâmicas.

Os melhores instrumentos para determinações dessas pressões são os menos sensíveis à orientação do fluxo.

Todavia, quando desejamos caracterizar um movimento desconhecido, as necessidades são diametralmente opostas, isto é, convém sobremaneira que os instrumentos sejam altamente sensíveis à / orientação das tomadas de pressão em relação ao fluxo.

Uma sonda ideal deve medir independentemente quatro quantidades: os dois ângulos que a direção do fluxo faz com os planos de um referencial adotado, a pressão total e a pressão estática, embora os "Pitot simples" determinem com maior precisão as pressões estáticas e dinâmicas.

As sondas direcionais podem ser classificadas em dois grupos: O primeiro é constituído de equipamentos nos quais a direção do fluxo é determinada em função da diferença de pressões entre dois tubos cujas tomadas de pressão formem um determinado ângulo entre si; o segundo é constituído de equipamentos baseados em medida das pressões diferenciais entre dois pontos simetricamente colocados, em relação à direção da corrente, na superfície de corpos sólidos tais

como cilindros, esferas, cones, lâminas, etc.

A sensibilidade desses equipamentos, ou taxa de variação de pressão em relação ao ângulo de fluxo segundo GORLIN varia de 0,04 a 0,08 por grau.

De maneira geral a direção do fluxo pode ser determinada por dois métodos: o do gradiente de velocidade transversal nulo e o método direto.

Pelo método do gradiente de velocidade transversal nulo, a sonda de direção é girada sobre um suporte até que seu eixo coincida com a direção do fluxo, como pode-se perceber pela nulidade da pressão diferencial entre os dois tubos ou tomadas de pressão.

Um transferidor acoplado ao suporte da sonda caracteriza a direção do movimento.

Este método é praticamente independente dos números de Mach e de Reynolds e não necessita tão grande precisão na locação das tomadas de pressão quanto a método direto.

No método direto a sonda é mantida fixa e a direção do fluxo é determinada em função das pressões nas tomadas, medidas através de manômetros diferenciais.

As relações entre a direção do fluxo e as indicações manométricas são estabelecidas calibrando o equipamento em túneis aerodinâmicos com gradientes de velocidade transversal desprezíveis.

Este método requer equipamento menos complicado e demanda menor tempo de medição que o anterior, sendo todavia de menor precisão, especialmente para grandes ângulos entre o eixo da sonda e a direção da corrente.

O emprego do método do gradiente de velocidade transversal nulo apresenta grande dificuldade mecânica na pesquisa de fluxos tridimensionais, embora tenha sido empregado por W.STIEβ e outros (referência 12).

Em consequência, GORLIN e VAN DER HEGGE-ZIJNEM recomendam a adoção de um método misto, pelo qual a sonda possui um movimento de rotação em torno do eixo normal ao eixo longitudinal, sendo a direção no plano xy obtida pelo método do gradiente nulo e a direção

no plano xz obtida pelo método direto.

Os tubos de Pitot medem as velocidades através da equação BERNOULLI.

$$V = \sqrt{\frac{2\,(Pestag - Pestat)}{\rho}} \qquad (5.2.1)$$

Contudo, devem ser levadas em conta as seguintes causas de erros:

a) - Não alinhamento entre a direção de fluxo e o eixo da sonda, o que expõe as tomadas de pressão estática à componentes / de velocidade. Com o aumento "artificial" da pressão estática a velocidade medida é inferior à real;

b) - Mergulho da sonda no seio do fluido, o que acarreta, pela não nulidade do diâmetro da sonda, o alongamento das linhas de corrente, aumentando a velocidade e diminuindo a pressão em relação ao do fluxo não perturbado.

As velocidades medidas são superiores às reais;

c) - Proximidade do suporte da sonda, o que acarreta a presença de um outro ponto de estagnação com consequente sobre-pressão nas tomadas de pressão estática. As velocidades medidas são inferiores às reais.

Observa-se que este efeito é contrário ao anterior e por conveniente locação das tomadas de pressão pode-se anular ambos os erros, como se pode ver na figura 20;

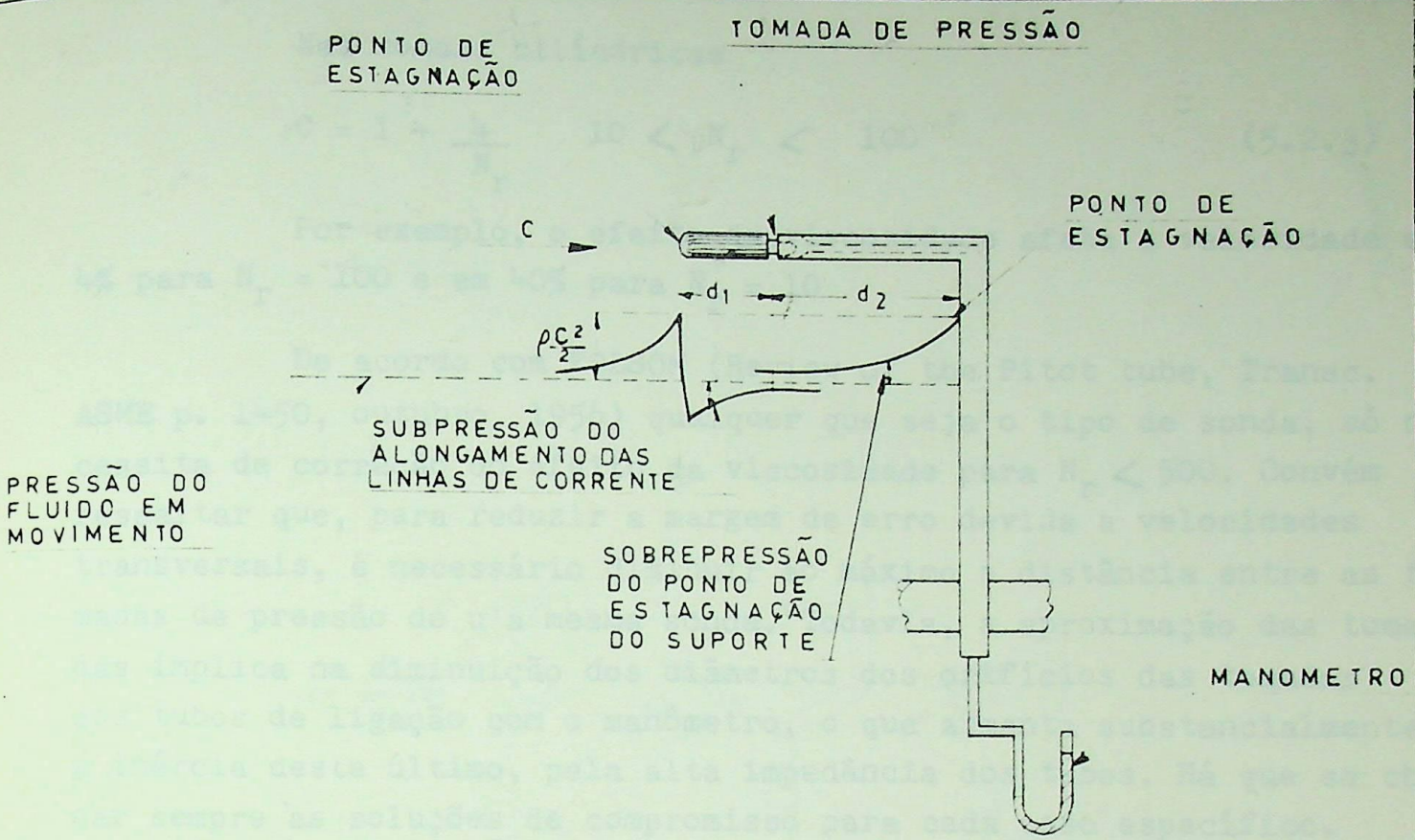
d) - Viscosidade do fluido, o que acarreta o surgimento de uma força adicional na tomada de pressão de estagnação para números de Reynolds suficientemente baixos. As velocidades medidas são / superiores às reais para fluidos viscosos.

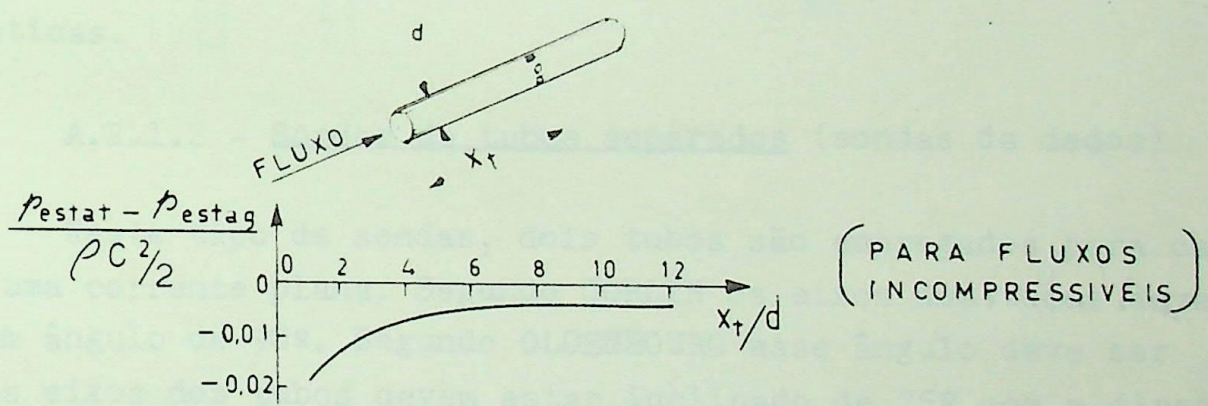
Pode-se corrigir este erro fazendo na equação de BERNOULLI a introdução de um coeficiente de viscosidade C.

$$Pestag = Pestat + \frac{C \rho V^2}{2} \qquad (5.2-2)$$

Para viscosidades desprezíveis C = 1 e vale a expressão geral.

O valor do coeficiente adimensional C, para cada tipo /





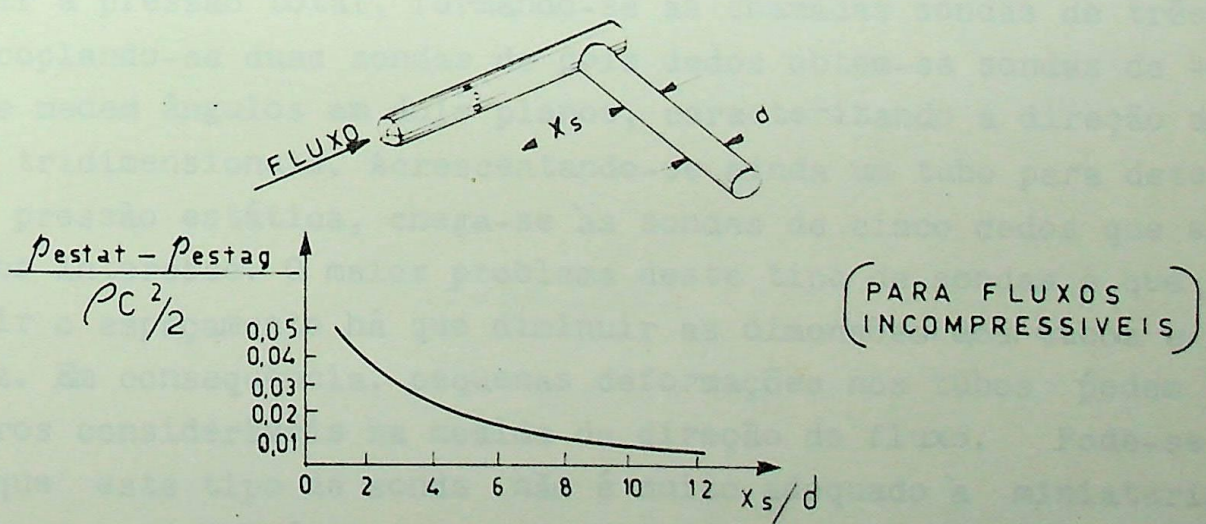


FIGURA 20

ERROS EM SONDAS

de sonda é função exclusiva do número de Reynolds.

Nas sondas cilíndricas

$$C = 1 + \frac{4}{N_r} \qquad 10 < N_r < 100 \qquad (5.2.3)$$

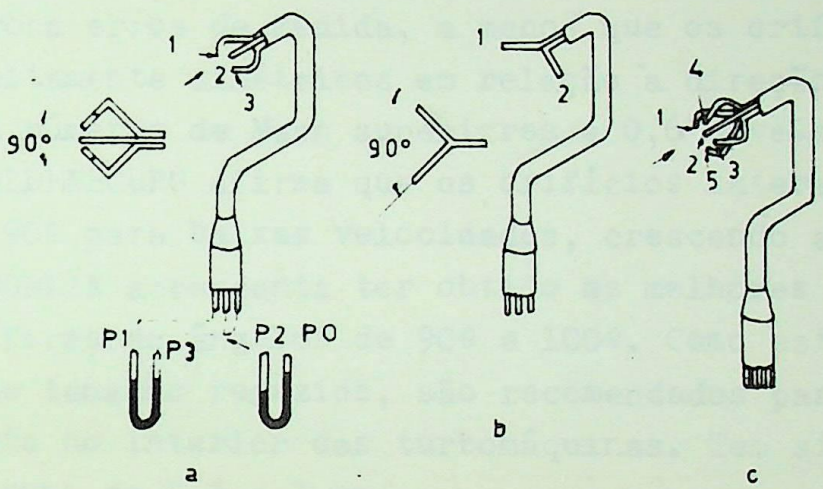
Por exemplo, o efeito da viscosidade afeta a velocidade em 4% para $N_r = 100$ e em 40% para $N_r = 10$

De acordo com FOLSOM (Review of the Pitot tube, Transc. ASME p. 1450, outubro, 1956) qualquer que seja o tipo de sonda, só necessita de correção do efeito da viscosidade para $N_r < 500$. Convém ressaltar que, para reduzir a margem de erro devida a velocidades transversais, é necessário diminuir ao máximo a distância entre as tomadas de pressão de u'a mesma sonda. Todavia, a aproximação das tomadas implica na diminuição dos diâmetros dos orifícios das tomadas e dos tubos de ligação com o manômetro, o que aumenta substancialmente a inércia deste último, pela alta impedância dos tubos. Há que se chegar sempre às soluções de compromisso para cada caso específico.

A seguir são apresentados alguns tipos de sondas e suas características.

A.2.1.2 - Sondas de tubos separados (sondas de dedos)

Neste tipo de sondas, dois tubos são empregados para caracterizar uma corrente plana. Segundo GORLIN os eixos dos tubos devem formar um ângulo de 90º. Segundo OLDENBOURG esse ângulo deve ser de 120º e os eixos dos tubos devem estar inclinado de 75º com a direção da corrente. Introduzindo um terceiro tubo, alinhado com o fluxo pode se medir a pressão total, formando-se as chamadas sondas de três dedos. Acoplando-se duas sondas de dois dedos obtem-se sondas de 4 de-/dos que medem ângulos em dois planos, caracterizando a direção de fluxos tridimensionais. Acrescentando-se ainda um tubo para determinação de pressão estática, chega-se às sondas de cinco dedos que são as de maior interesse. O maior problema deste tipo de sondas é que para diminuir o espaçamento há que diminuir as dimensões dos tubos e sua rigidez. Em consequência, pequenas deformações nos tubos podem causar erros consideráveis na medida da direção do fluxo. Pode-se afirmar que este tipo de sonda não é muito adequado à miniaturização sendo mais aconselhável para aerodinâmica externa do que para o estu



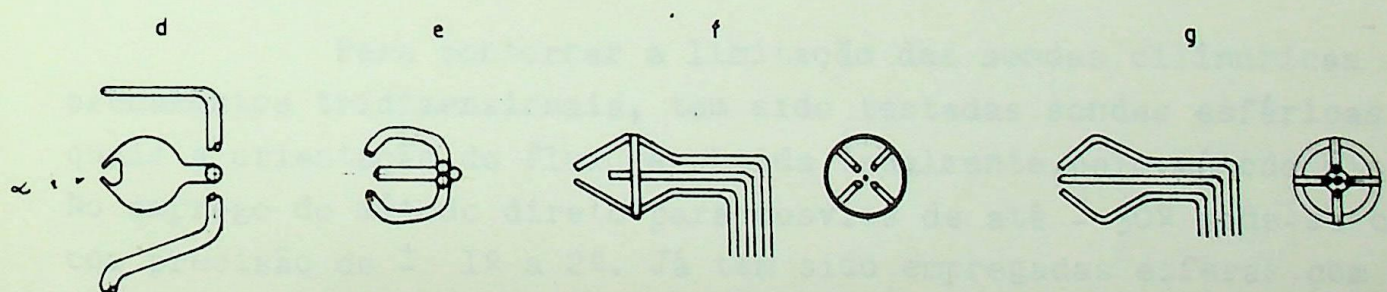


FIGURA 21

SONDAS DE DEDOS

do do escoamento interno.

OLDENBOURG cita seu emprego em túneis aerodirâmicos de certo porte.

A.2.1.3 - Sondas cilíndricas

O estudo de correntes planas pode ser feito através de sondas cilíndricas de seção circular, munidas de um par de furos.

Orientando estas tomadas de pressão pelo método do gradiente de velocidade transversal nulo, pode-se caracterizar a direção do fluxo. A introdução de um orifício central permite também obter a pressão total. Neste tipo de sonda o descolamento da camada limite provoca erros de medida, a menos que os orifícios laterais estejam perfeitamente simétricos em relação à direção do movimento. Todavia, para números de Mach superiores a 0,6 deve-se evitar tal tipo de sonda. OLDENBOURG afirma que os orifícios laterais devem formar ângulos de 90º para baixas velocidades, crescendo até 136º para $M > 0,7$. GORLIN acrescenta ter obtido os melhores resultados para orifícios, formando ângulos de 90º a 100º. Como estes dispositivos podem ser de tamanho reduzido, são recomendados para a investigação do escoamento no interior das turbomáquinas. Tem sido empregados diâmetros externos de 2,5 a 3 mm.

A.2.1.4 - Sondas esféricas

Para contornar a limitação das sondas cilíndricas em escoamentos tridimensionais, tem sido testadas sondas esféricas nas quais a orientação do fluxo é obtida usualmente pelo método misto. No emprego do método direto para desvios de até $\pm$ 30º pode-se contar com precisão de $\pm$ 1º a 2º. Já tem sido empregadas esferas com diâmetros externos de até 3 mm com cinco tomadas de pressão. Em virtude do descolamento da camada limite o seu emprego deve ficar restrito a escoamentos contidos em determinado campo de valores do número de Reynolds. Segundo GORLIN esse intervalo vai 4×10^3 a $1,5 \times 10^5$ e segundo OLDENBOURG de 2×10^4 a $1,5 \times 10^5$.

A.2.1.5 - Sondas hemisféricas

Acoplando um hemisfério a um cilindro, melhora-se o comportamento aerodirâmico, afastando o ponto de descolamento da camada

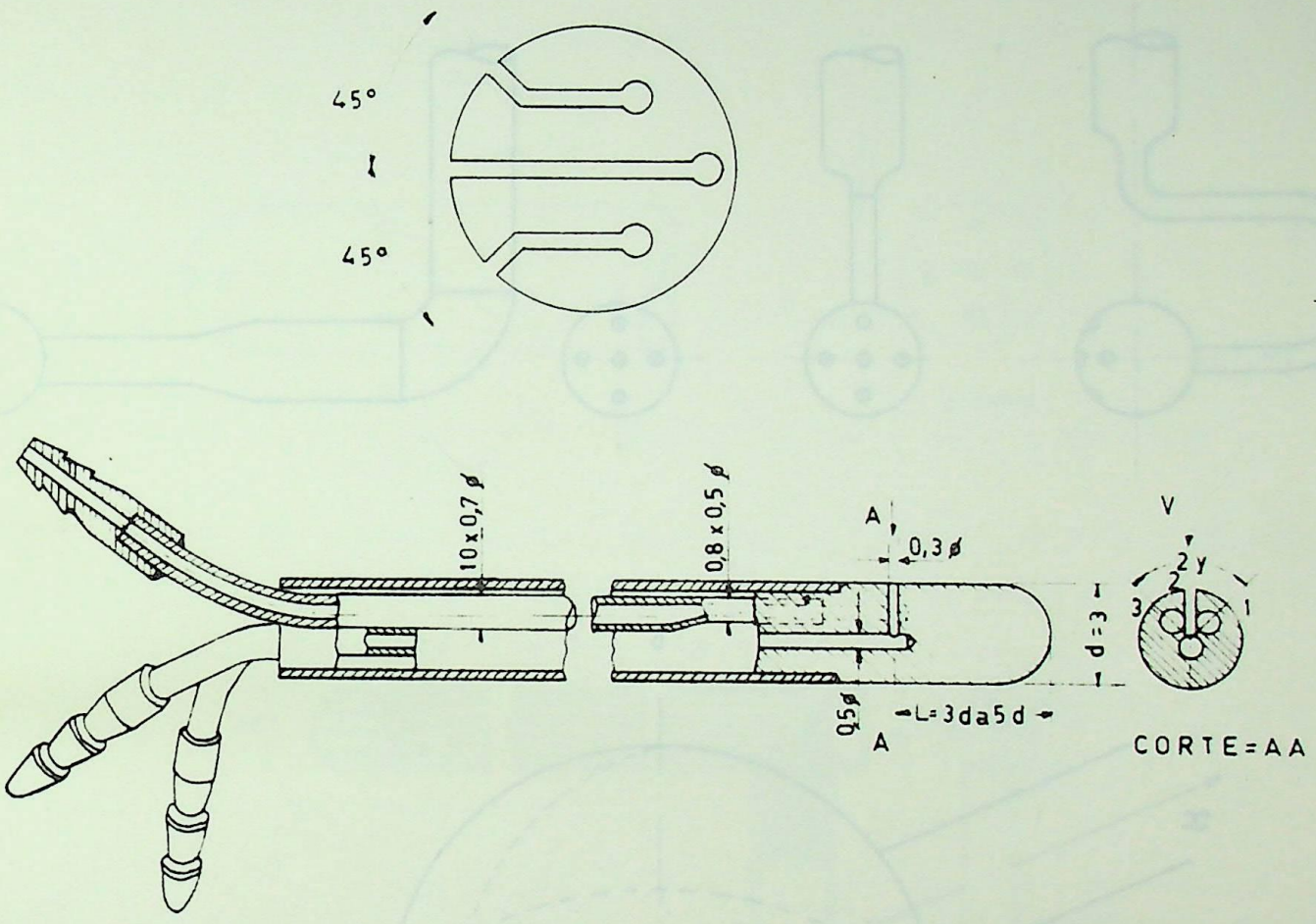


FIGURA 12

SONDAS CILÍNDRICAS

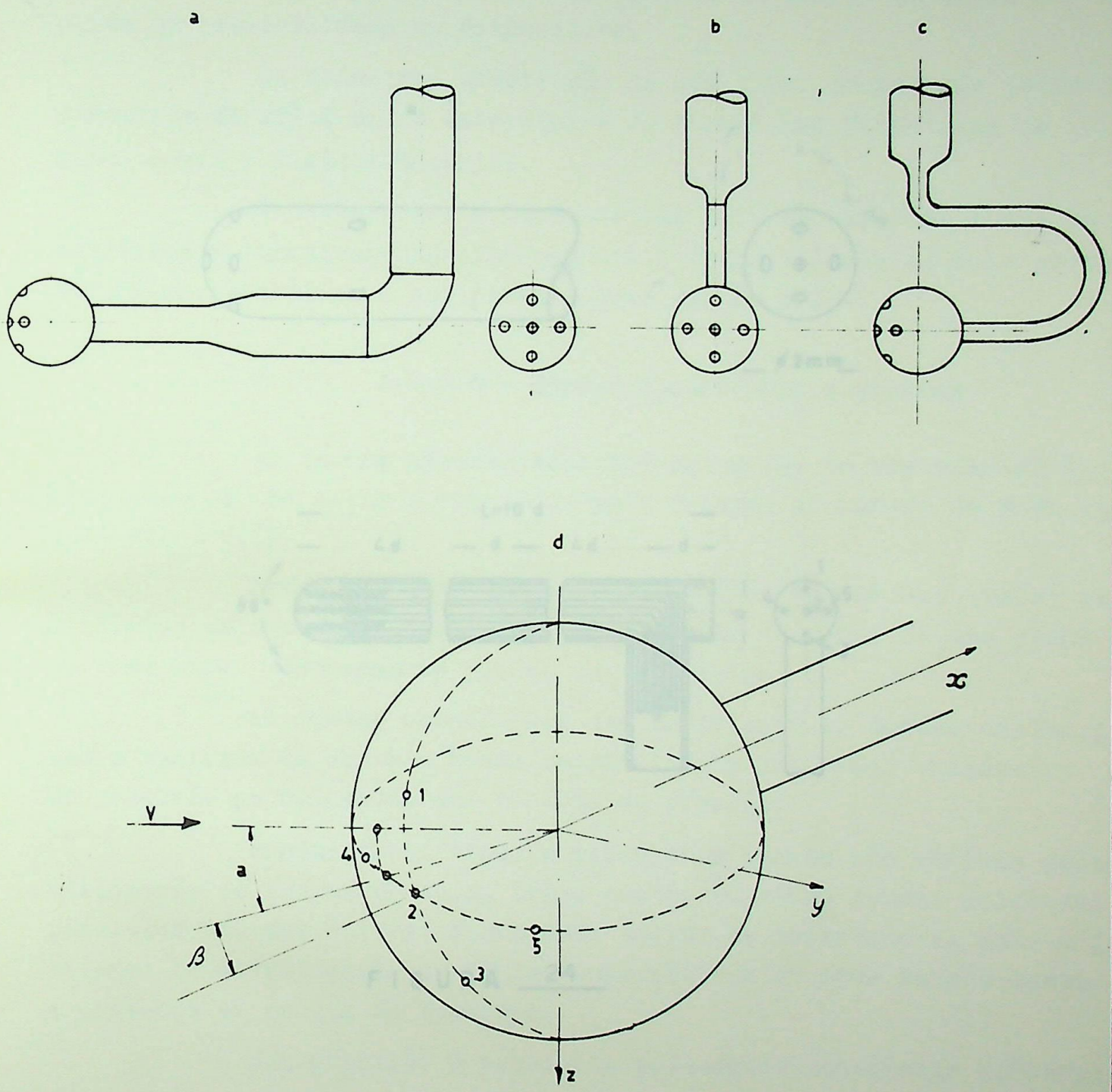
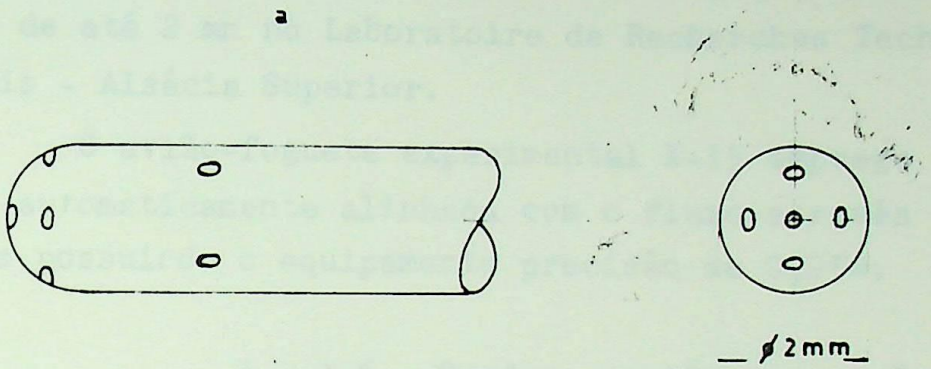


FIGURA 23

SONDAS ESFÉRICAS



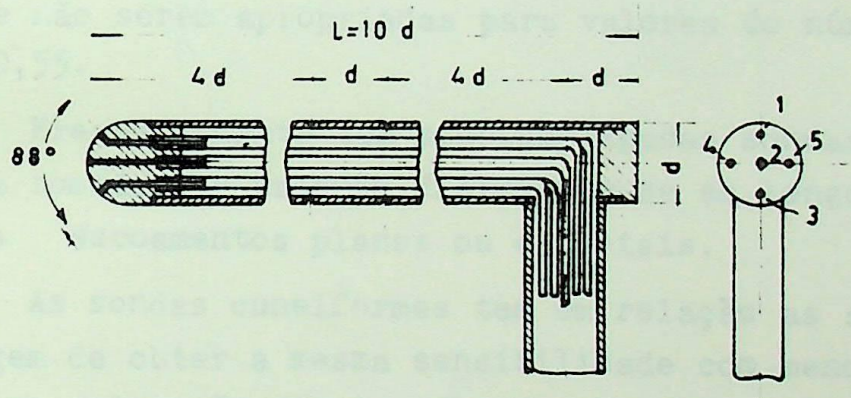


FIGURA 24

SONDAS HEMISFÉRICAS

limite dos orifícios de tomadas de pressão.

Pode-se obter a mesma precisão das sondas esféricas e alargar substancialmente seu campo de utilização em relação ao número de Reynolds.

Todavia, para elevados valores do número de Mach, há - perda de sensibilidade do dispositivo.

Os diâmetros usuais são de até 3 mm, tendo sido obtidos diâmetros de até 2 mm no Laboratoire de Recherches Techniques de - Saint-Louis - Alsácia Superior.

O avião-foguete experimental X-15 emprega uma sonda hemisférica automaticamente alinhada com o fluxo através de dois servo mecanismos possuindo o equipamento precisão de 0,25º.

A.2.1.6 - Sondas cuneiformes e cônicas

As sondas apresentadas até agora são de execução difícil, além de não serem apropriadas para valores do número de Mach superiores a 0,55.

Frequentemente tem sido empregadas sondas nas quais os orifícios de tomadas de pressão distribuem-se ao longo de uma cunha ou cone para escoamentos planos ou espaciais.

As sondas cuneiformes tem em relação as sondas cilíndricas a vantagem de obter a mesma sensibilidade com menos exigências de precisão na colocação das tomadas de pressão.

Sondas cuneiformes e piramidais também são obtidas pela utilização de feixes de dois, três, quatro ou cinco tubos, colocados paralelos uns aos outros, fornecendo talvez os instrumentos mais utilizados na investigação de fluxos supersônicos ou onde haja a temer a presença do choque de supersom.

Sua precisão é excelente podendo-se considerar 0,02º/mm ca.

Além disso sua curva de calibração é essencialmente linear mesmo em face do supersom.

Segundo DOEBELIN a precisão de sondas cuneiformes é da ordem de 25 mm c a por grau de desvio do jato.

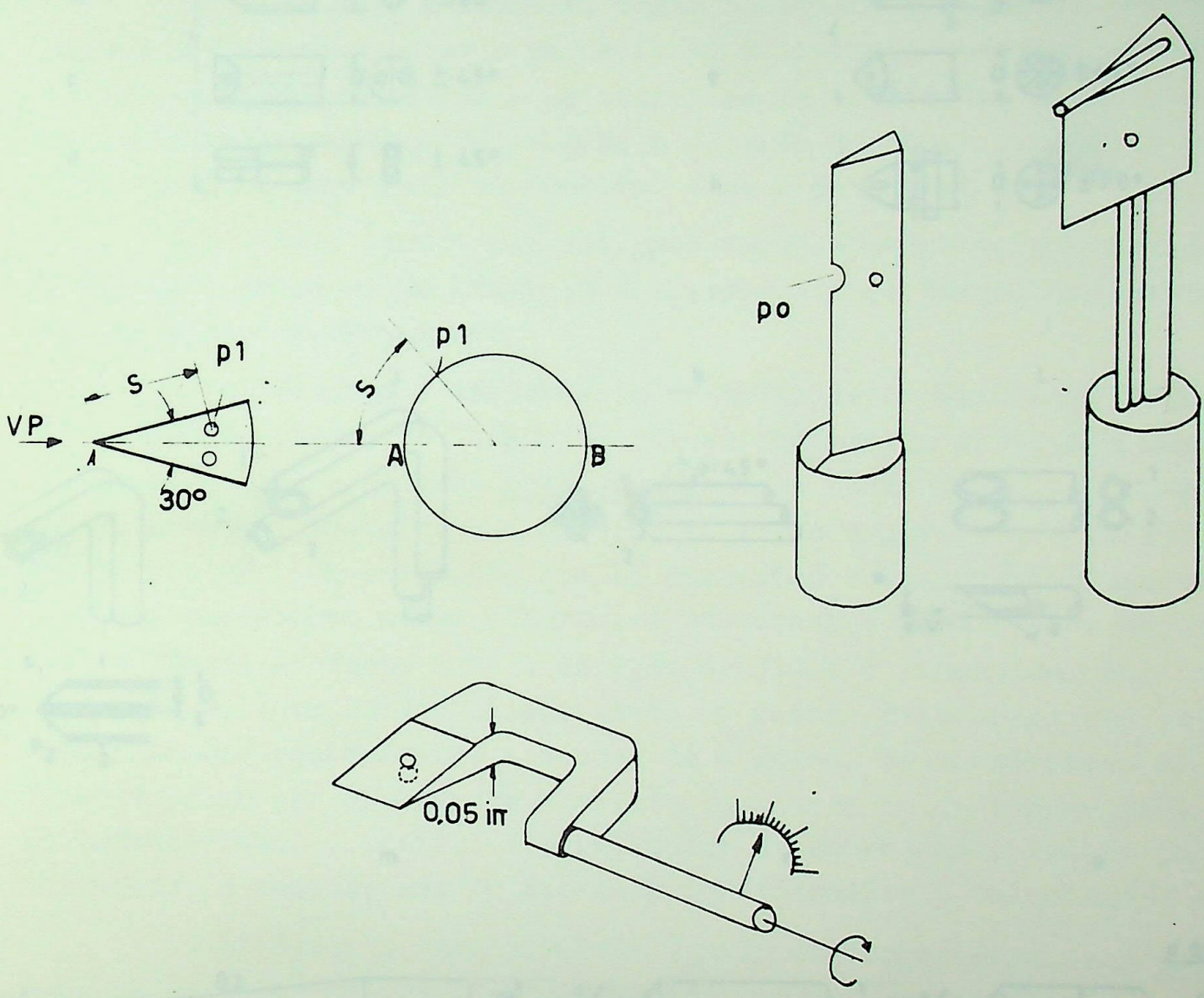


FIGURA 25

SONDAS CUNEIFORMES

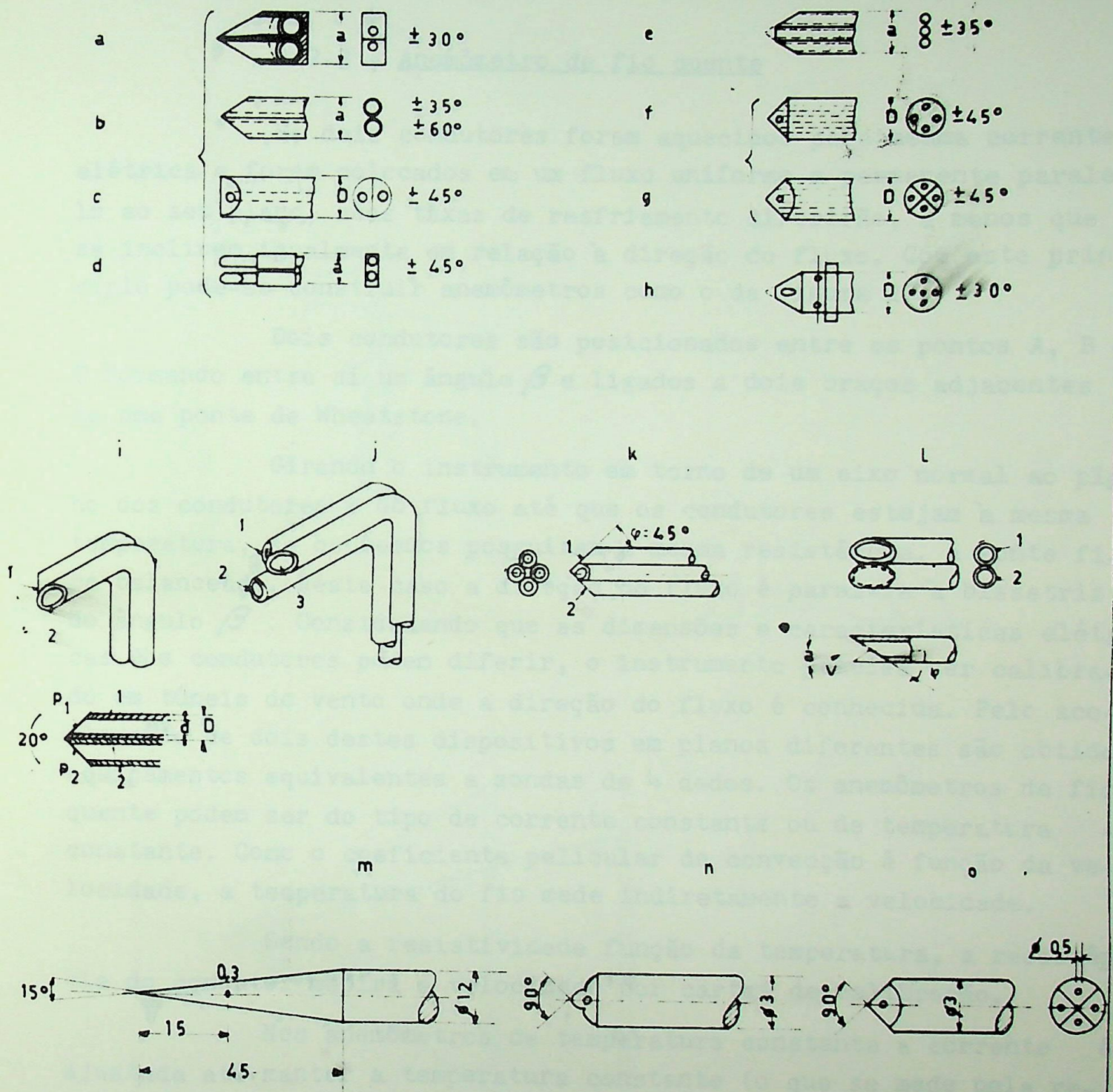


FIGURA 26

SONDAS DE TUBOS PARALELOS

A sensibilidade deste tipo de sondas é muito baixa para tubos cortados normalmente ao seu eixo.

Há incremento da precisão para corte oblíquo, ocorrendo a otimização para seções fazendo ângulos de 40º a 60º com a seção reta do tubo.

A.2.3 - Anemômetro de fio quente

Se dois condutores forem aquecidos pela mesma corrente elétrica e forem colocados em um fluxo uniforme e permanente paralelo ao seu plano, suas taxas de resfriamento diferirão, a menos que se inclinem igualmente em relação à direção do fluxo. Com este princípio pode-se construir anemômetros como o da figura 27.

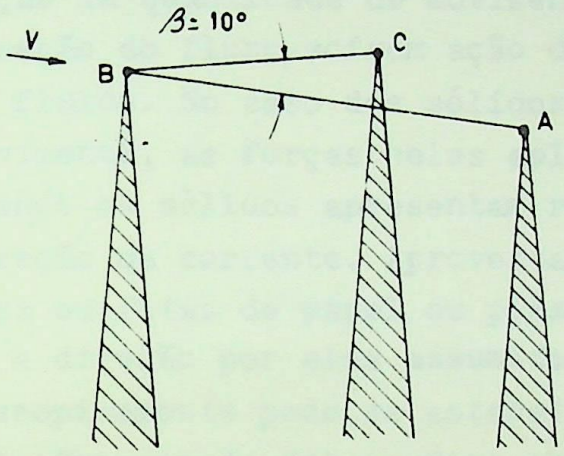
Dois condutores são posicionados entre os pontos A, B e C formando entre si um ângulo β e ligados a dois braços adjacentes de uma ponte de Wheatstone.

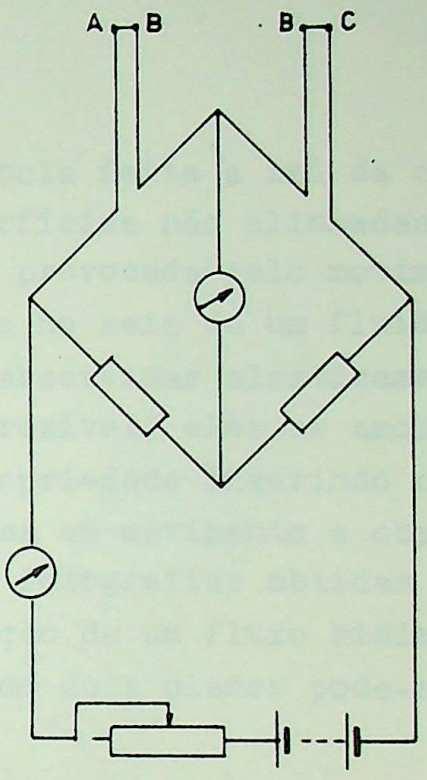
Girando o instrumento em torno de um eixo normal ao plano dos condutores e do fluxo até que os condutores estejam à mesma temperatura, se os mesmos possuirem a mesma resistência, a ponte fica balanceada. Neste caso a direção do fluxo é paralela à bissetriz do ângulo β . Considerando que as dimensões e características elétricas dos condutores podem diferir, o instrumento precisa ser calibrado em túneis de vento onde a direção do fluxo é conhecida. Pelo acoplamento de dois destes dispositivos em planos diferentes são obtidos equipamentos equivalentes a sondas de 4 dedos. Os anemômetros de fio quente podem ser do tipo de corrente constante ou de temperatura - constante. Como o coeficiente pelicular de convecção é função da velocidade, a temperatura do fio mede indiretamente a velocidade.

Sendo a resistividade função da temperatura, a resistência do condutor medirá a velocidade por cartas de calibração.

Nos anemômetros de temperatura constante a corrente é ajustada até manter a temperatura constante (o que se mede pela resistividade do condutor). A velocidade do fluxo é então obtida pela corrente necessária para manter a temperatura constante.

Estes equipamentos apresentam duas principais limitações: a baixa rigidez dos condutores que usualmente tem diâmetros de décimos milésimos da polegada, comprimentos de milímetros e a variação /





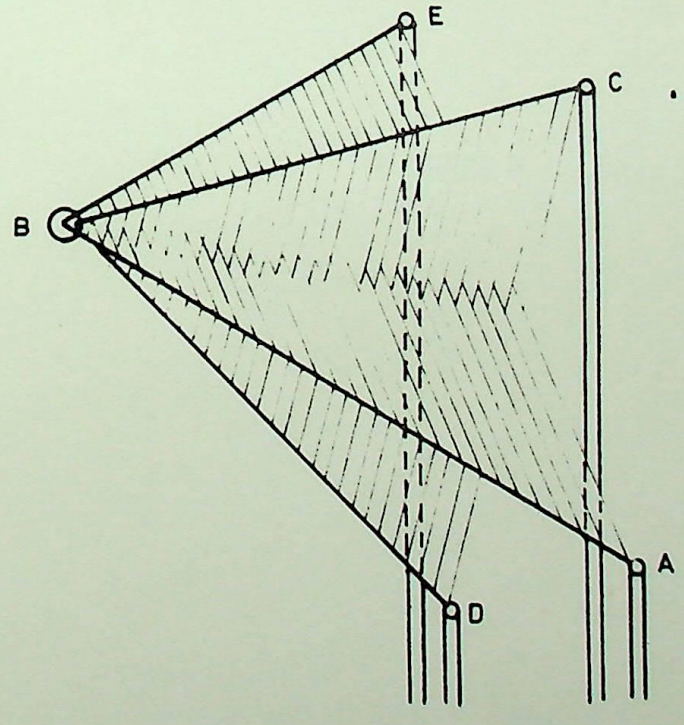


FIGURA 27

ANEMÔMETRO DE FIO QUENTE

da calibração com as impurezas do fluxo.

As altas velocidades fazem vibrar os delgados condutores alterando substancialmente os resultados.

A existência de impurezas do fluxo, ainda que microscópicas, produz em poucos minutos alteração da calibração do instrumento, além de poder romper os condutores em casos extremos.

A.2.4 - Tufts

Como foi ventilado na referência feita à lei da conservação da quantidade de movimento, as superfícies não alinhadas com a direção do fluxo sofrem ação de uma força provocada pelo movimento do fluido. No caso dos sólidos mergulhados no seio de um fluido em movimento, as forças neles aplicadas são absorvidas elasticamente. Quando os sólidos apresentam rigidez desprezível, eles se amoldam à direção da corrente. Aproveita-se essa propriedade inserindo cordões, fios ou fitas de papel ou plástico na massa em movimento e observando a direção por eles assumida através de fotografias obtidas estroboscopicamente pode-se estabelecer a direção de um fluxo bidimensional. Empregando fotografias obtidas segundo dois planos pode-se caracterizar escoamentos tridimensionais.

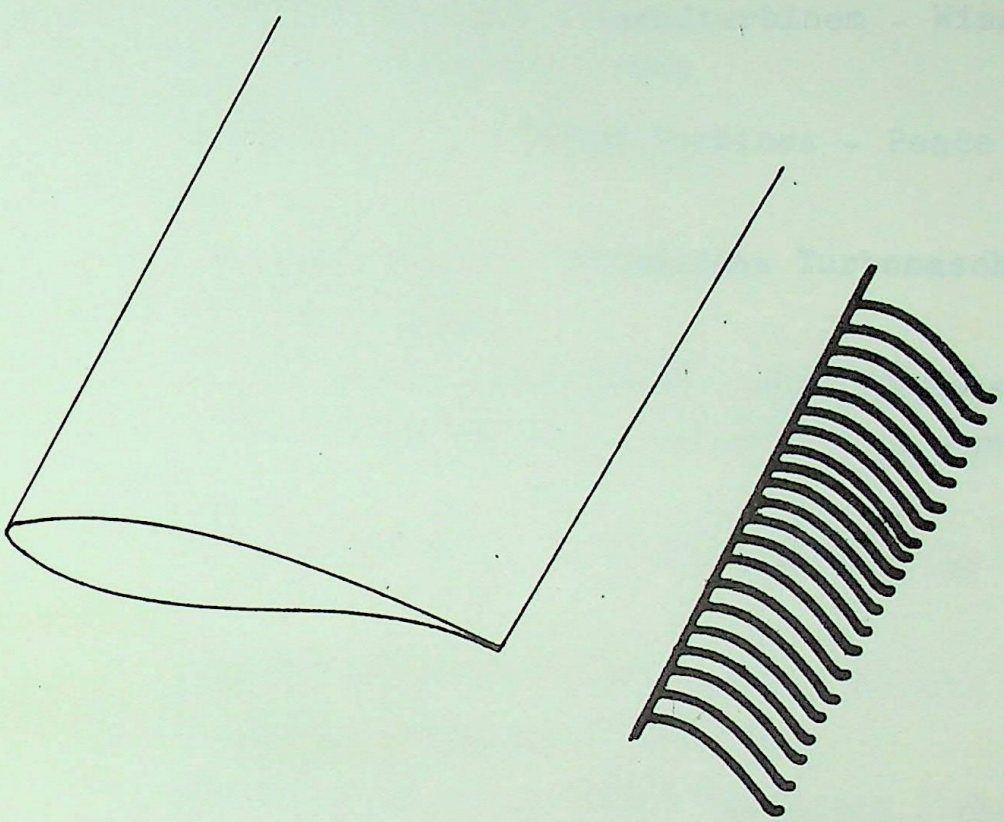


FIGURA 28

TUFTS

12 - BIBLIOGRAFIA

1 - BRAN, Richard e SOUZA, Zulcy de - Máquinas de Fluxo - Turbinas Bombas - Ventiladores - Ao Livro Técnico - Rio 1969

2 - PFLEIDERER, Carl - Bombas Centrífugas y Turbocompressores - Editorial Labor - Barcelona - 1960

3 - PFLEIDERER, Carl - Dampfturbinem - Wissenschaftliche Verlag Sanstalt K.G - Hannover - 1949

4 - SHLYAKHIN, P. - Steam Turbines - Peace Publishers-Moscow

5 - TRAUPEL, Walter - Thermische Turbomaschinem - Springer Verlag - Berlim - 1958

6 - GORLIN, S.M. e SLEZINGER - Wind Tunnels and Their Instrumentation - Israel Program for Scientific Translations - Jerusalém - 1966

7 - FAIRES, Virgil M. - Termodinâmica - Ao Livro Técnico - 1966

8 - SHAMES, Irving H. - La Mecânica de los Fluidos - Mc Graw Hill Book Company - Madrid - 1967

9 - HANSEN, Arthur G - Fluid Mechanics - John Wiley and Sons Inc. - New York - 1967

10 - VENNARD, John K. - Fluid Mechanics - 4 th Edition - John Wiley and Sons - New York - 1961

11 - DOEBELIN, Ernst O. - Measurement Systens: Applications and Design + Mc Graw - Hill Book Company - New York - 1966

12 - OLDENBOURG, R. - Boletins do Arquivo para Congressos Técnicos Referenciais V 116 - 10 (DK 532.574. 23 Out 61), V 116 11 (DK 532.574. 2 Jan 62) e V 116 - 12 (DK 532.574. 24 Fev 62) - Munique

13 - PERRY, John H. - Chemical Engineers'Handbook - 2 nd Edition - Ninth Impression - Mc Graw - Hill Book Company - N.York-41

phen.

EFEI - BIBLIOTECA MAUÁ
8200054
NÃO DANIFIQUE ESTA ETIQUETA