

2025

Ventilação Geral



Edgard Gonçalves Cardoso

Tecnologia em Refrigeração,
Ventilação e Ar Condicionado

1/1/2025

FATEC Itaquera
Atividade 4 – Ventilação Geral – Valor: 4,0 pontos
Entrega: 03/06/2025

Aluno: _____ N°. RA: _____
Curso: _____ Turma: _____
Professor: Lincoln Data: ____/____/____ Nota: _____

Instruções para a avaliação:

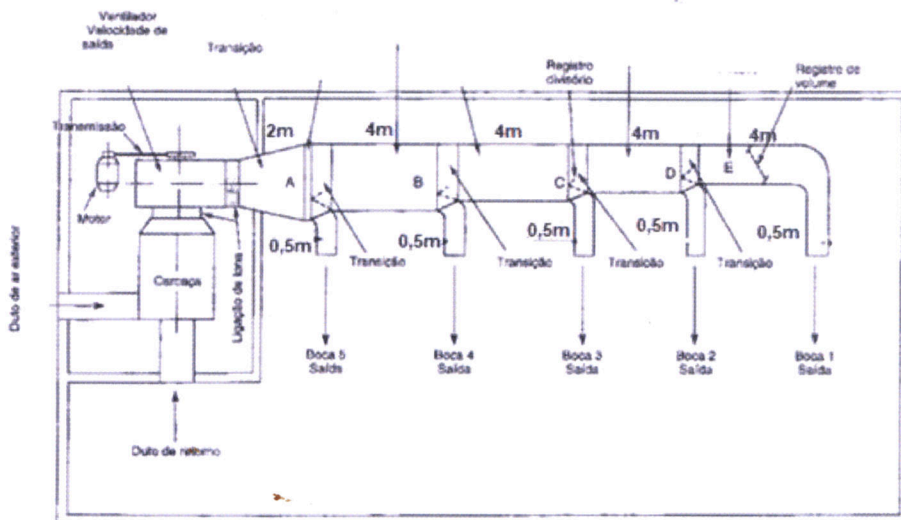
1. Utilizar, no mínimo, **3 casas decimais** para resolução das questões.
2. A resolução da tarefa (manuscrita) deve ser postada no menu tarefas/trabalhos do Teams
3. Dados que não tenham sido fornecidos no enunciado da questão podem e devem ser adotados por vocês.

Situação Problema:

Dimensionar, utilizando o método da igual perda de carga, o sistema de dutos da figura, que possui 5 bocas, 1 duto de ar exterior e 1 duto de ar de retorno, com as seguintes vazões volumétricas:

- 3 bocas possuem vazão de $6 \text{ m}^3/\text{min}$ (Bocas 3, 4 e 5)
- 2 bocas possuem vazão de $10 \text{ m}^3/\text{min}$ (Bocas 1 e 2)
- Duto de ar exterior = $6 \text{ m}^3/\text{min}$

Por questões restrição de espaço físico serão utilizados dutos retangulares com uma das dimensões igual a 20cm (0,2m) para os dutos principais.



Sistemas de dutos com 5 bocas

Obs: Caso necessário (por exemplo, caso não houver diagramas disponíveis), você pode alterar o valor da dimensão fixa dos dutos retangulares (definida inicialmente, em 20cm), justificando o motivo da sua decisão.

O que deverá ser calculado:

- a) Dimensões dos dutos retangulares
- b) Carga do Ventilador
- c) Potência do Ventilador considerando-se um rendimento de 80%.

Passo 1: determinação da vazão do ventilador

$$\sum \dot{V}_e = \sum \dot{V}_s$$

$$\sum \dot{V}_e = \dot{V}_1 + \dot{V}_2 + \dot{V}_3 + \dot{V}_4 + \dot{V}_5$$

$$\sum \dot{V}_e = 10 \text{ m}^3/\text{min} + 10 \text{ m}^3/\text{min} + 6 \text{ m}^3/\text{min} + 6 \text{ m}^3/\text{min} + 6 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$\sum \dot{V}_e = 38 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$\dot{V}_{\text{vent}} = \sum \dot{V}_e = 38 \text{ m}^3/\text{min} = 0,63333 \text{ m}^3/\text{s}$$

Passo 2: determinação das velocidades de escoamento de ar

Componente	Velocidade Recomendada (m/s)	Velocidade Adotada (m/s)
Ventilador	6,5 a 10	10
Ramais Vert. (Bocas 1 a 5)	3,0 a 3,5	3,5
Duto Principal Tuchos A, B, C, D Duto Retorno	5,0 a 6,5	6,5
Tomada de ar exterior	2,5	2,5

Passo 3: determinação da área do duto do ventilador

$$\dot{V} = 0,63333 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = 10 \text{ m/s}$$

Com base no gráfico da página 119

$$D_{\text{duto}} = 280 \text{ mm} = 0,280 \text{ m} = 11,0236''$$

$$\Delta p_{\text{duto}} = 0,40 \text{ mm CA por metro de duto}$$

Fixando-se um dos dos lados do duto em $a = 20 \text{ cm}$ ($0,3 \text{ m}$) o outro lado (b) do duto é obtido pelo gráfico da página 120

Dimensões do duto na saída do ventilador:

$$20 \text{ cm} \times 35 \text{ cm} \text{ ou } 0,2 \text{ m} \times 0,35 \text{ m}$$

Passo 4: determinação da área e dimensões da Boca 1 e Trecho E

$$\dot{V} = 10 \text{ m}^3/\text{min} = 0,16667 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Delta p_{\text{duto}} = 0,40 \text{ mm CA por metro de duto}$$

Pelo gráfico da página 118

$$D_{\text{duto}} = 75 \text{ mm} = 0,075 \text{ m} = 2,95276'' \quad 170 \text{ mm} \quad 6,69''$$

$$V_1 = 3,9 \text{ m/s}$$

$$7 \text{ m/s}$$

Fixando-se um dos lados do duto $a = 10 \text{ cm}$ ($0,1 \text{ m}$), o outro lado (altura b) do duto do ventilador é obtido pelo gráfico da página 120.

$$\text{Duto: } 20 \text{ cm} \times 12 \text{ cm} = 0,2 \text{ m} \times 0,12 \text{ m}$$

Passo 5: determinação da área e dimensões da Boca 2

$$\dot{V} = 10 \text{ m}^3/\text{min} = 0,166667 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Delta p_{\text{duto}} = 0,40 \text{ mm CA por metro de duto}$$

Pelo gráfico da página 118

$$D_{\text{duto}} = 75 \text{ mm} = 0,075 \text{ m} = 2,95576''$$

$$V_1 = 3,9 \text{ m/s}$$

Fixando-se um dos lados do duto $a = 10 \text{ cm}$ ($0,1 \text{ m}$), o outro lado (altura b) do duto do ventilador é obtido pelo gráfico da página 120

$$\text{Duto: } 20 \text{ cm} \times 12 \text{ cm} = 0,2 \text{ m} \times 0,12 \text{ m}$$

Passo 6: determinação da área e dimensões do trecho D

$$\sum \dot{V}_e = \sum \dot{V}_s$$

$$\dot{V}_0 = \dot{V}_1 + \dot{V}_2$$

$$\dot{V}_0 = 10 \text{ m}^3/\text{min} + 10 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$\dot{V}_0 = 20 \text{ m}^3/\text{min} = 0,33333 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Delta p_{\text{duto}} = 0,40 \text{ mm CA por metro de duto}$$

Pelo gráfico da página 118

$$D_{\text{duto}} = 95 \text{ mm} = 0,095 \text{ m} = 3,74016'' \quad 230 \text{ mm} \quad 9''$$

$$V = 4,8 \text{ m/s}$$

Fixando-se $a = 10 \text{ cm}$ ($0,1 \text{ m}$), pelo gráfico da página 120:

$$\text{Duto: } 10 \text{ cm} \times 7 \text{ cm} = 0,1 \text{ m} \times 0,07 \text{ m} \quad 20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$$

Passo 7: determinação da área e dimensões das bocas 3, 4 e 5 (mesma vazão e mesma velocidade)

$$\dot{V} = 6 \text{ m}^3/\text{min} = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Delta p_{\text{duto}} = 0,40 \text{ mm CA por metro de duto}$$

Pelo gráfico da página 118:

$$D_{\text{duto}} = 145 \text{ mm} = 0,145 \text{ m} = 5,71''$$

$$V = 6,5 \text{ m/s}$$

Fixando-se $a = 20 \text{ cm}$ ($0,1 \text{ m}$), pelo gráfico da página 120, o outro lado (altura b) das bocas 3, 4 e 5 será:

$$\text{Duto: } 20 \text{ cm} \times 9 \text{ cm} = 0,2 \text{ m} \times 0,09 \text{ m}$$

$$\text{Dimensões corrigidas } 15 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} = 0,15 \text{ m} \times 0,1 \text{ m}$$

Passo 8: determinação da área e dimensões do trecho C

$$\sum \dot{V}_e = \sum \dot{V}_s$$

$$\dot{V}_C = \dot{V}_D + \dot{V}_3$$

$$\dot{V}_C = 20 \text{ m}^3/\text{min} + 6 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$\dot{V}_C = 26 \text{ m}^3/\text{min} = 0,43333 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dados:

$$\dot{V} = 0,43333 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Delta p_{\text{duto}} = 0,40 \text{ mm CA por metro de tubo}$$

Pelo gráfico da página 118

$$D_{\text{duto}} = 185 \text{ mm} = 0,185 \text{ m} = 7,28''$$

$$V = 9,0 \text{ m/s}$$

Fixando-se $a = 20 \text{ cm}$ ($0,2 \text{ m}$), pelo gráfico da página 120:

$$\text{Duto: } 20 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}$$

$$\text{Duto: } 0,2 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}$$

Dimensões do duto no trecho C

Passo 9: Determinação da área e dimensões no trecho "B"

$$\sum \dot{V}_e = \sum \dot{V}_s$$

$$\dot{V}_B = \dot{V}_C + \dot{V}_4$$

$$\dot{V}_B = 26 \text{ m}^3/\text{min} + 6 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$\dot{V}_B = 32 \text{ m}^3/\text{min} = 0,53333 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dados:

$$\dot{V} = 0,53333 \text{ m}^3/\text{s}$$

$\Delta p_{\text{duto}} = 0,40 \text{ mm CA}$ por metro de duto

Pelo gráfico da página 118:

$$\text{Duto} = 280 \text{ mm} = 0,280 \text{ m} = 11,02''$$

$$V = 9,0 \text{ m/s}$$

Fixando-se $a = 20 \text{ cm}$ ($0,2 \text{ m}$), pelo gráfico da página 120:

$$\text{Duto} = 20 \text{ cm} \times 32 \text{ cm} = 0,2 \text{ m} \times 0,32 \text{ m}$$

Dimensões do duto no trecho "B"

Passo 10: determinação da área e dimensões no trecho "A"

$$\sum \dot{V}_e = \sum \dot{V}_s$$

$$\dot{V}_A = \dot{V}_B + \dot{V}_5$$

$$\dot{V}_A = 32 \text{ m}^3/\text{min} + 6 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$\dot{V}_A = 38 \text{ m}^3/\text{min} = 0,63 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dados:

$$\dot{V} = 0,63 \text{ m}^3/\text{s}$$

$\Delta p_{\text{duto}} = 0,40 \text{ mm CA}$ por metro de duto

Pelo gráfico da página 118

$$\text{Duto} = 290 \text{ mm} = 0,29 \text{ m} = 11,42''$$

$$V = 10 \text{ m/s}$$

Fixando-se $a = 20 \text{ cm}$ ($0,2 \text{ m}$), pelo gráfico da página 120:

$$\text{Duto} = 20 \text{ cm} \times 32 \text{ cm} = 0,2 \text{ m} \times 0,32 \text{ m}$$

Dimensões do duto no trecho "A"

Passo 11: determinação da área e dimensões do duto de ar exterior

Dados:

$$\dot{V} = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Delta p_{\text{duto}} = 0,40 \text{ mm CA por metro de duto}$$

Consultando-se o gráfico da página 118, tem-se

$$D_{\text{duto}} = 145 \text{ mm}$$

$$D_{\text{duto}} = 0,145 \text{ m}$$

$$D_{\text{duto}} = 5,71''$$

$$V = 6 \text{ m/s}$$

$$V_{\text{ext}} = 10 \text{ m/s}$$

Fixando-se um dos lados do duto em $a = 20 \text{ cm}$, o outro lado é dado pelo gráfico da página 120.

$$D_{\text{ext}} = 20 \text{ cm} \times 9 \text{ cm} = 0,2 \text{ m} \times 0,09 \text{ m}$$

Passo 12: determinação da área e dimensões do duto de ar de retorno

$$\sum \dot{V}_e = \sum \dot{V}_s$$

$$\dot{V}_{\text{vent}} = \dot{V}_{\text{ext}} + \dot{V}_{\text{ret}}$$

$$V_{\text{ret}} = V_{\text{vent}} - V_{\text{ext}}$$

$$V_{\text{ret}} = 38 \text{ m}^3/\text{min} - 6 \text{ m}^3/\text{min} = 32 \text{ m}^3/\text{min} = 0,53333 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dados

$$\dot{V} = 0,53333 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Delta p_{\text{duto}} = 0,40 \text{ mm CA por metro de duto}$$

Consultando-se o gráfico da página 118, tem-se:

$$D_{\text{duto}} = 265 \text{ mm} = 0,265 \text{ m} = 10,43''$$

$$V_{\text{ret}} = 9,2 \text{ m/s}$$

$$D_{\text{ret}} = 20 \text{ mm} \times 30 \text{ mm} = 0,2 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}$$

Carga do ventilador Adotado Passo 1

$V_s = 5 \text{ m/s}$ (saída do vent.)

$V_e = 3 \text{ m/s}$ (entrada do vent.)

$$H_v = \frac{5^2 - 3^2}{2 \cdot 9,8} + H_{p\text{duto}}$$

$$H_v = 0,82 + H_{p\text{duto}}$$

Passo 2: Perda de Carga Distribuída ao longo dos dutos
Comprimento dos dutos (L_{duto})

$$L_{\text{duto}} = 2 + 4 + 4 + 4 + 4 + 0,5 + 0,5 + 0,5 + 0,5 + 0,5 + 1 + 1$$

$$L_{\text{duto}} = 22,5 \text{ m}$$

$$h_{f\text{total}} = L_{\text{duto}} \cdot \Delta p_{\text{duto}}$$

$$h_{f\text{total}} = 22,5 \text{ m} \cdot 0,40$$

$$h_{f\text{total}} = 9,0 \text{ mm} = 0,009 \text{ m}$$

Passo 3: Perda de carga singular da instalação (h_s)

Adotado:

1 cotovelo 90°

4 transições com registro

1 transição gradual

5 grelhas

Cotovelo 1

$$D_{\text{duto}} = 75 \text{ mm} = 0,075 \text{ m} = 2,95''$$

$$V_i = 3,9 \text{ m/s}$$

$$\text{Adotando } \frac{R}{D} = 0,5 \rightarrow R = 0,5 \cdot D$$

$$R = 0,5 \cdot 0,075 \text{ m}$$

$$R = 0,0375 \text{ m}$$

$$Duto: 10 \text{ cm} \times 5 \text{ cm} = 0,10 \text{ m} \times 0,05 \text{ m}$$

$$\frac{A}{B} = \frac{0,1}{0,05} = 2 \quad K_s = 2$$

$$h_{s1} = 0,2 \cdot \frac{3,9^2}{2 \cdot 9,8}$$

$$h_{s1} = 0,155 \text{ m}$$

Transição com registro 2

$$D_{duto} = 0,075 \text{ m}$$

$$V = 3,9 \text{ m/s}$$

$$h_{s2} = 0,3 \cdot \frac{3,9^2}{2 \cdot 9,8}$$

$$h_{s2} = 0,931 \text{ m}$$

Transições com registros 3, 4, 5

$$D_{duto} = 60 \text{ mm} = 0,06 \text{ m} = 2,36''$$

$$V = 3,5 \text{ m/s}$$

$$h_{s3} = 0,3 \cdot \frac{3,5^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$h_{s3} = 0,187 \text{ m}$$

Grelhas 1 e 2

$$D_{duto} = 10 \text{ cm} \times 5 \text{ cm} = 0,10 \text{ m} \times 0,05 \text{ m} =$$

$$h_{s1} = 1,2 \cdot \frac{3,9^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$h_{s1} = 0,930 = h_{s2}$$

Grelhas 3, 4, 5

$$V_i = 3,5 \text{ m/s}$$

$$h_{sg3} = \frac{1,2 \cdot 3,5^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$h_{sg3} = 0,749 \text{ m} = h_{sg4} = h_{sg5}$$

Perda de carga singular total

$$\sum h_s = 2,248 + 1,86 + 1,647$$

$$\sum h_s = 5,755 \text{ m}$$

$$H_v = 5,755 + 0,82$$

$$H_v = 6,575 \text{ m}$$

$$P = p \cdot R \cdot T$$

$$N_v = \frac{11,65 \cdot 6,575 \cdot 0,63}{0,8}$$

$$N_v = 60 \text{ W}$$

VENTILAÇÃO LOCAL

Introdução ao estudo da Mecânica dos Fluidos

- Principais sistemas de unidades de medida

Grandeza	SI(MKS)	MK*S	CGS	Inglês
Comprimento	m	m	cm	pol
Massa	kg	utm	G	lb
Tempo	s	s	s	s
Força	N	kgf	dyna	lbf

Massa específica

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Peso específico relativo

$$\gamma_r = \frac{\gamma}{\gamma_{H_2O}}$$

Viscosidade

- Viscosidade dinâmica
- Viscosidade cinemática
- Tensão atuante em um fluido

Tensão Normal

$$\sigma = \frac{F_N}{A}$$

σ : Tensão Normal [N]

F_N : Força Normal [N/m²]; [Pa]

A : Área da superfície na qual a força é aplicada [m²]

Tensão de Cisalhamento

$$\tau = \frac{F_t}{A}$$

25 / 05 / 06

τ : Tensão de cisalhamento ou tensão tangencial $[N/m^2]; [Pa]$

F_t : Força tangencial ou força cisalhante $[N]$

A : Área da superfície do fluido na qual a força é aplicada $[m^2]$

Viscosidade Dinâmica de um Fluido

$$\mu = \frac{\tau \cdot \Delta y}{\Delta v}$$

τ : Tensão de cisalhamento, ou tensão tangencial $[N/m^2]; [Pa]$

μ : Viscosidade dinâmica do fluido $[N \cdot s/m^2]; [Pa \cdot s]$

Δv : Diferença entre as velocidades das superfícies $[m/s]$

Δy : Distância entre as superfícies $[m]$

Lei de Pascal

A pressão aplicada em um ponto qualquer de um fluido em repouso é transmitida a todos os outros pontos desse fluido de forma homogênea

Teorema de Stevin

A diferença de pressão entre dois pontos de um fluido em repouso é determinada por meio do produto entre o peso específico desse fluido e a diferença de altura entre esses dois pontos.

$$P_2 - P_1 = \gamma \cdot (z_1 - z_2)$$

P_1 : Pressão no ponto 1 $[N/m^2]; [Pa]$

P_2 : Pressão no ponto 2 $[N/m^2]; [Pa]$

γ : Peso específico do fluido $[N/m^3]$

z_1 : Altura no ponto 1 $[m]$

z_2 : Altura no ponto 2 $[m]$

Carga de Pressão

$$h = P \cdot \gamma^{-1}$$

h : Carga de pressão $[m]$

P : Pressão em um fluido $[N/m^2]; [Pa]$

γ : Peso específico do fluido $[N/m^3]$

Pressão Atmosférica

Experimento de Torricelli

$$P = \gamma \cdot h$$

Escalas de Pressão

$$P_{ef} = P_{atm} \rightarrow P_{ef} = 0$$

$$P_{ef} > P_{atm} \rightarrow P_{ef} > 0 \text{ (positiva)}$$

$$P_{ef} < P_{atm} \rightarrow P_{ef} < 0 \text{ (negativa)}$$

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{ef}$$

P_{abs} : Pressão absoluta $[N/m^2]; [Pa]$

P_{atm} : Pressão atmosférica ou pressão barométrica $[N/m^2]; [Pa]$

P_{ef} : Pressão efetiva ou pressão manométrica $[N/m^2]; [Pa]$

Medidores de Pressão

- Manômetro metálico ou manômetro de Bourdon
- Piezômetro ou coluna piezométrica
- Medidor diferencial de tubo em U

Empuxo

De acordo com o teorema de Stevin, quanto maior for a profundidade de um ponto em um fluido, maior será a pressão nesse ponto. Ao colocar um corpo submerso em um fluido, é esperado que a pressão na parte mais inferior desse corpo sofra pressão maior do que a parte superior. O resultado desse fenômeno é que o fluido exerça uma força nesse corpo, de baixo para cima, chamada empuxo.

$$E = \gamma_{fluido} \cdot V_{deslocado}$$

E : Força de empuxo $[N]$

γ_{fluido} : Peso específico do fluido $[N/m^3]$

$V_{deslocado}$: Volume de fluido deslocado, ou do volume do corpo que está submerso no fluido $[m^3]$

VENTILAÇÃO GERAL

Dimensionar, utilizando o método da igual perda de carga, o sistema de dutos a seguir, que possui 5 bocas, 1 duto de ar exterior e 1 duto de ar de retorno, com as seguintes vazões volumétricas:

- 3 bocas possuem vazão de $6 \text{ m}^3/\text{min}$ (bocas 3, 4, e 5)
- 2 bocas possuem vazão de $10 \text{ m}^3/\text{min}$ (bocas 1 e 2)
- Duto de ar exterior: $6 \text{ m}^3/\text{min}$

Por questões de restrição de espaço físico serão utilizados dutos retangulares com uma das dimensões igual a 20 cm (0,2 m) para os dutos principais.

Obs: Caso necessário (por exemplo, caso não houver diagramas disponíveis), pode-se alterar o valor da dimensão fixa dos dutos retangulares (definida, inicialmente, em 20 cm), justificando o motivo da decisão.

Deverá ser calculado:

- a) Dimensões dos dutos retangulares
- b) Carga do ventilador
- c) Potência do ventilador considerando-se um rendimento de 80%.

Passo 1: Determinação da vazão do ventilador

$$\Sigma \dot{V}_e = \Sigma \dot{V}_s$$

$$\Sigma \dot{V}_e = \dot{V}_1 + \dot{V}_2 + \dot{V}_3 + \dot{V}_4 + \dot{V}_5$$

$$\Sigma \dot{V}_e = 10 \text{ m}^3/\text{min} + 10 \text{ m}^3/\text{min} + 6 \text{ m}^3/\text{min} + 6 \text{ m}^3/\text{min} + 6 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$\Sigma \dot{V}_e = 38 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$\Sigma \dot{V}_e = \dot{V}_{\text{vent}} = 38 \text{ m}^3/\text{min} = 0,63333 \text{ m}^3/\text{s}$$

Passo 2: Determinação das velocidades de escoamento de ar

Componente	Velocidade Recomendada (m/s)	Velocidade Adotada (m/s)
Ventilador	6,5 a 10	10
Ramais verticais (bocas 1 a 5)	3,0 a 3,5	3,5
Dutos Principal - Trechos A, B, C e D. Duto de Retorno	6,0 a 6,5	6,5
Tomada de ar exterior	2,5	2,5

Passo 3: Determinação das dimensões do duto do ventilador

$$\dot{V} = 0,63333 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = 10 \text{ m/s}$$

- Com base no gráfico da página 119

$$D_{\text{duto}} = 280 \text{ mm} = 0,280 \text{ m} = 11,0236''$$

$$\Delta p_{\text{duto}} = 0,40 \text{ mm CA por metro de duto}$$

Fixando-se um dos lados do duto em $a = 20 \text{ cm (0,2 m)}$, o