



Universidade Federal do Paraná
Setor de Tecnologia
Departamento de Engenharia Mecânica

VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA

TM-184 VENTILAÇÃO

Prof. Dr. Rudmar Serafim Matos

VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA

EXEMPLOS ILUSTRATIVO

EXEMPLO 2: Projetar uma instalação de exaustão localizada para atender uma empresa de galvanoplastia, cujos equipamentos encontram-se indicados no Lay-out da instalação.

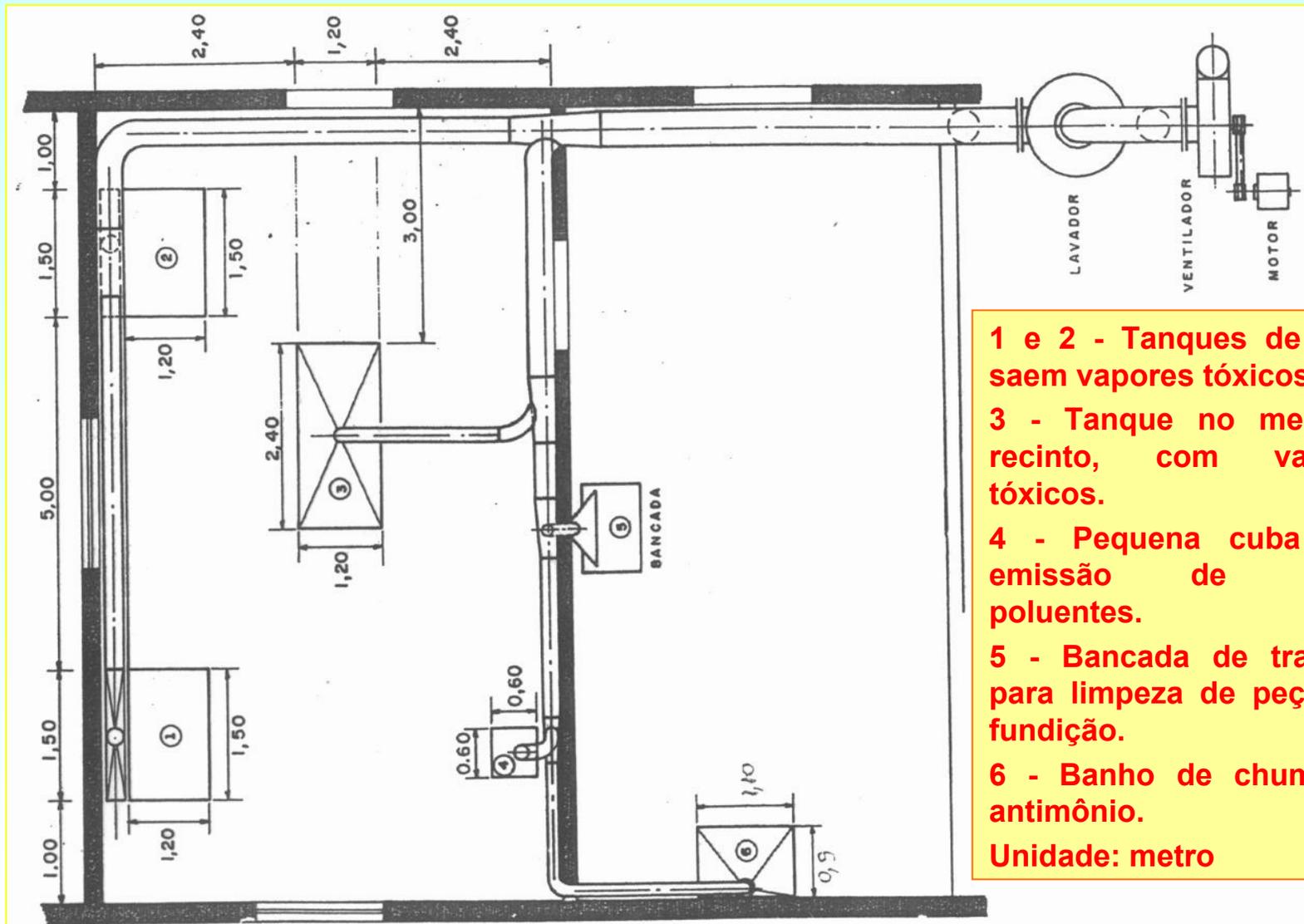
Pretende-se captar os gases e vapores e lavá-los antes de liberar para a atmosfera. Para isto devem ser previstos captores apropriados a cada caso, rede de dutos de exaustão, lavador de gases e ventilador.

- a) Calcular a vazão nos captores.**
- b) Calcular a rede de dutos de exaustão.**

VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA

EXEMPLO 2:

PLANTA BAIXA



1 e 2 - Tanques de onde saem vapores tóxicos.

3 - Tanque no meio do recinto, com vapores tóxicos.

4 - Pequena cuba com emissão de gases poluentes.

5 - Bancada de trabalho para limpeza de peças de fundição.

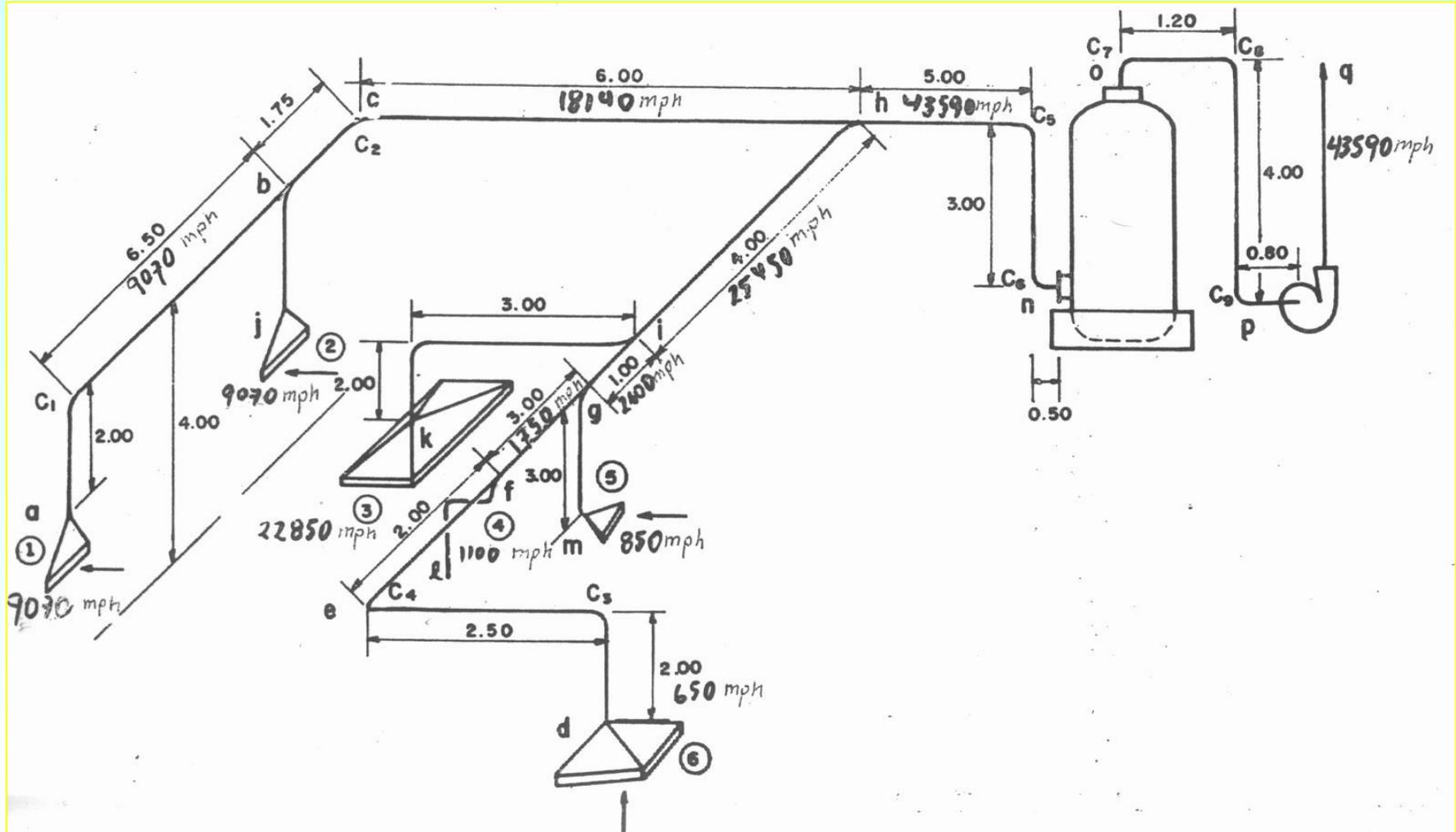
6 - Banho de chumbo e antimônio.

Unidade: metro

VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA

EXEMPLO 2:

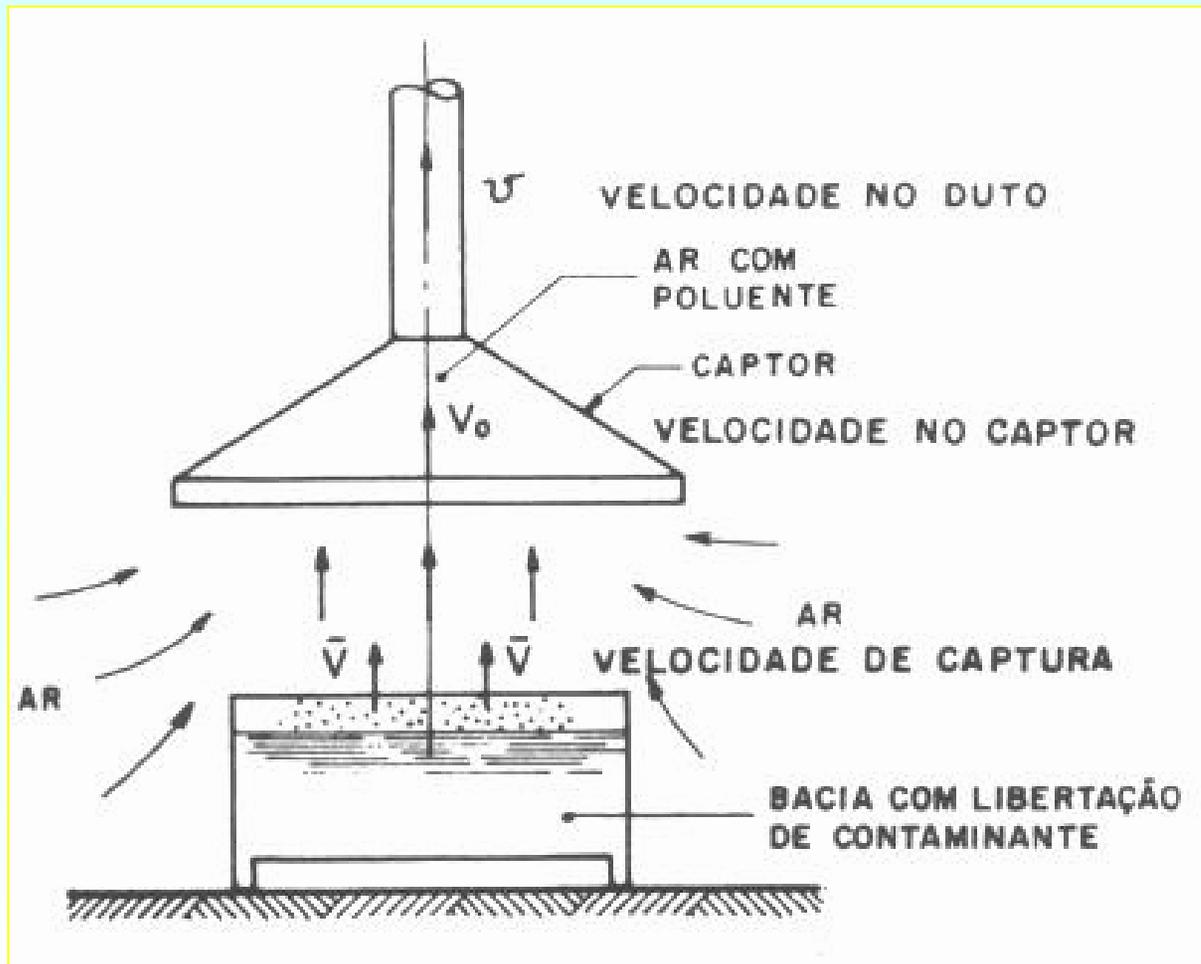
ISOMÉTRICO



VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA

EXEMPLO 2

1) Vazão nos captores:



VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA

EXEMPLO 2

a) Captores 1 e 2 de coifa com fenda lateral junto à parede:

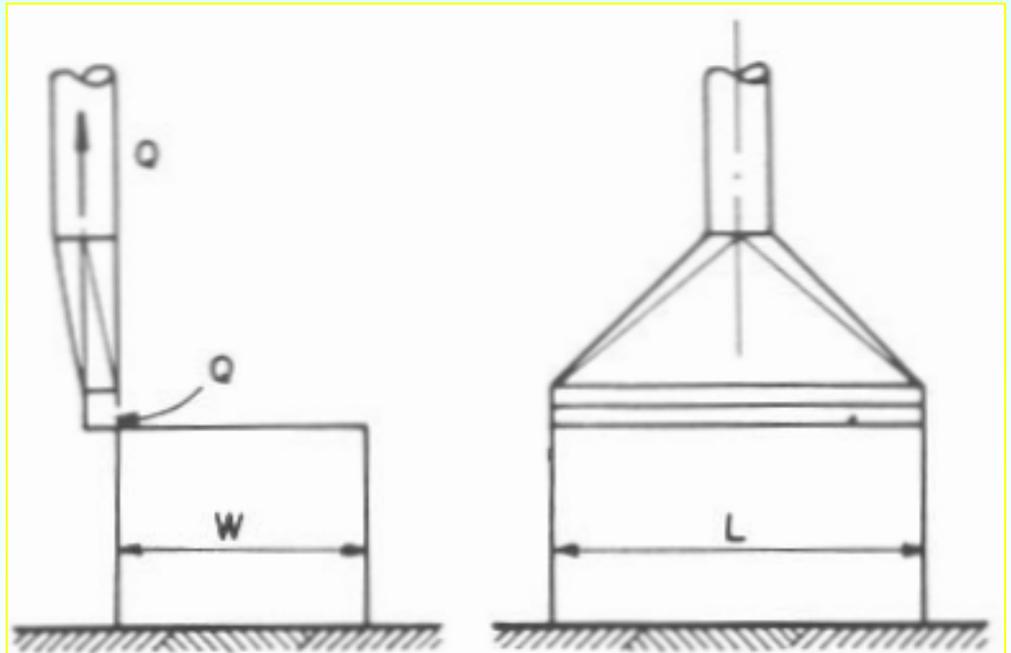
$V_c = 0,5 \text{ m/s}$ Fonte: tabela 6.5.2, Vent. Industrial, Clezar, C. A.

- Da planta baixa $L = 1,5$ e $W = 1,2$ m
- Área do tanque:

$$A = 1,50 \times 1,20 = 1,8 \text{ m}^2$$

- Vazão de captura:

$$Q = 2,8 \times L \times W \times V_c =$$
$$= 2,52 \text{ m}^3 / \text{s} \cong 9070 \text{ m}^3 / \text{h}$$



Fonte: tabela 6.5.2, Vent. Industrial Clezar, C. A.

VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA

EXEMPLO 2

a) Captores 1 e 2 de coifa com fenda lateral junto à parede:

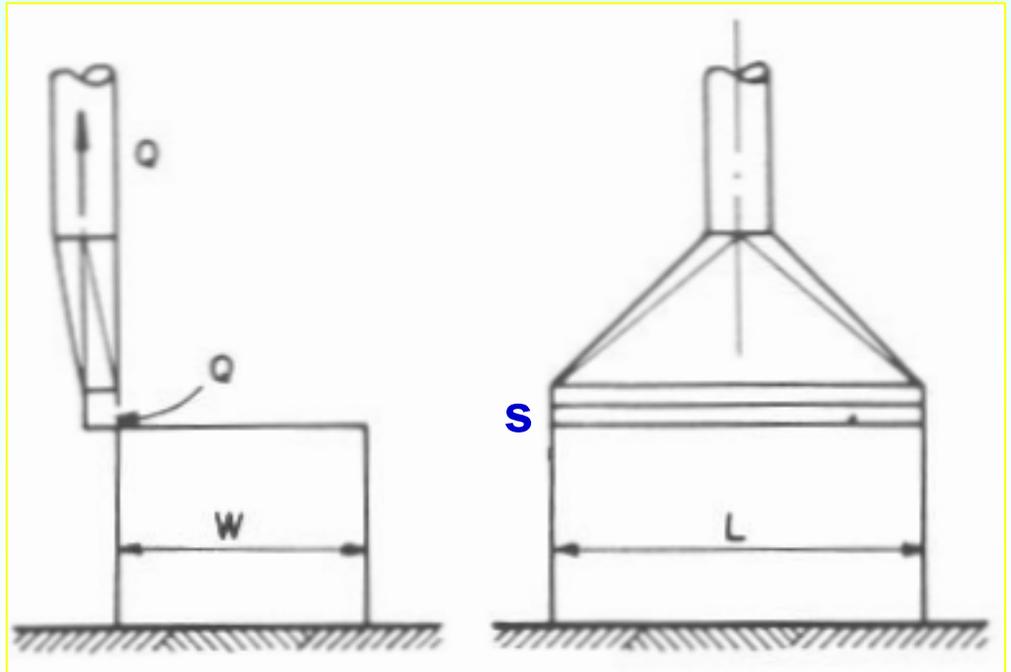
- Área de abertura no captor:

$$A_{\text{fenda}} = \frac{Q}{V_{\text{fenda}}} = \frac{2,52}{10} = 0,252 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{na fenda}} = 10 \text{ m/s}$$

- Altura da fenda:

$$s = \frac{A_{\text{fenda}}}{L} = \frac{0,252}{1,5} = 0,168 \text{ m}$$



VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA

EXEMPLO 2

b) Captor de coifa central 3:

$$a = 1,2 + 2(0,4 \times D) = 1,92 \text{ m}$$

$$b = 2,4 + 2(0,4 \times D) = 3,12 \text{ m}$$

- **Perímetro do tanque:**

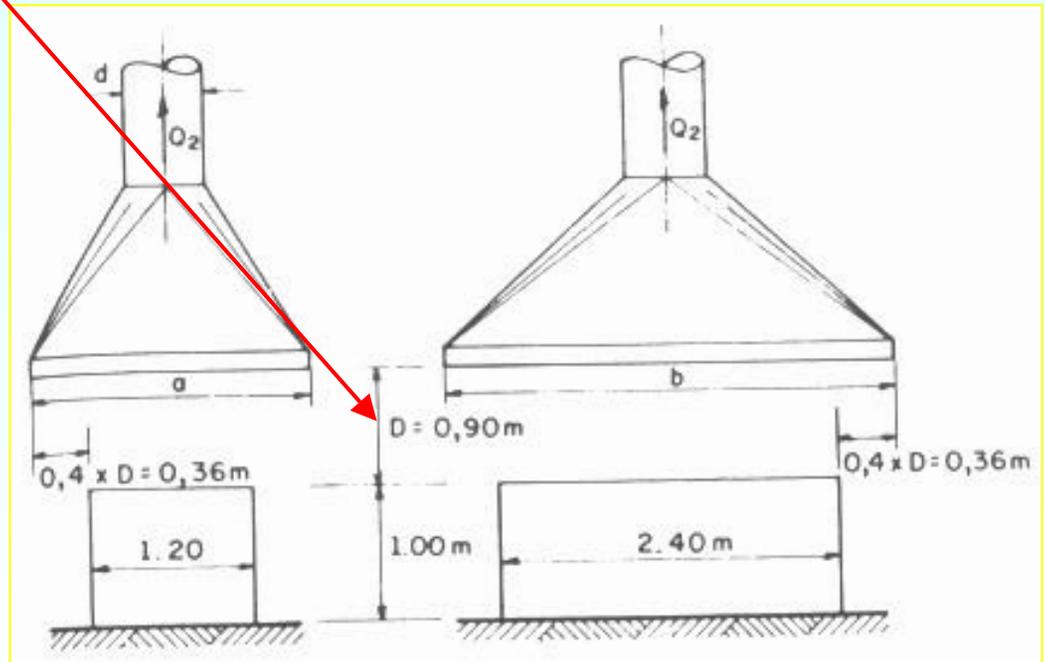
$$P = 2(1,2 + 2,4) = 7,2 \text{ m}$$

- **Velocidade de captura:**

$$V_c = 0,7 \text{ m/s}$$

- **Vazão de captura:**

$$Q = 1,4 \times P \times D \times V_c = \\ \cong 22850 \text{ m}^3 / \text{h}$$



VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA

EXEMPLO 2

c) Captor quadrado 4:

- Distância de captura, x:

$$x = 0,16\text{m}$$

- Área da seção do tubo:

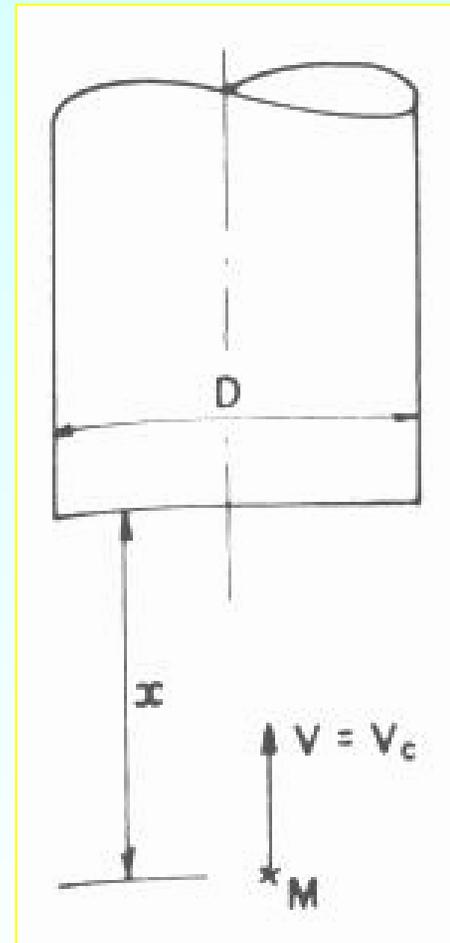
$$A = 0,6 \times 0,6 = 0,36 \text{ m}^2$$

- Velocidade de captura:

$$V_c = 0,5 \text{ m/s}$$

- Vazão de captura:

$$Q = (10x^2 + A) \times V_c = \\ \cong 1100 \text{ m}^3 / \text{h}$$



VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA

EXEMPLO 2

d) Captor para uma bancada de trabalho de limpeza e fundição 5:

- Distância do ponto de formação de contaminante:

$$x = 0,15\text{m}$$

- Velocidade de captura:

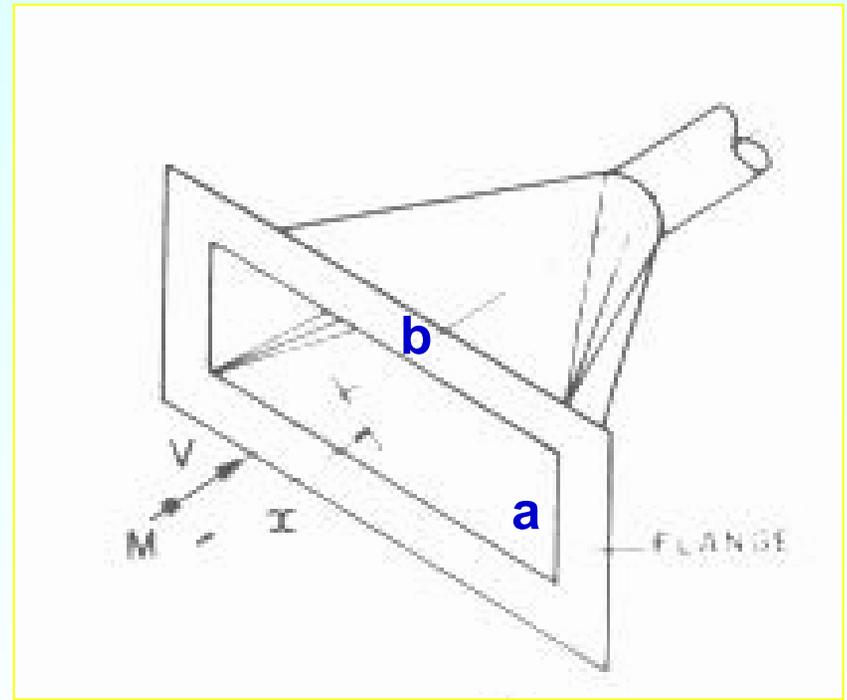
$$V_c = 1\text{ m/s}$$

- Área da seção do coletor:

$$A = 0,13 \times 0,65 = 0,085\text{ m}^2$$

- Vazão de captura:

$$Q = 0,75(10x^2 + A) \times V_c =$$
$$\cong 850\text{ m}^3 / \text{h}$$



VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA

EXEMPLO 2

e) Banho de chumbo e antimônio 6:

- Superfície da chapa:

$$A_0 = 0,7 \times 0,5 = 0,35 \text{ m}^2$$

- Diâmetro equivalente a A_0 :

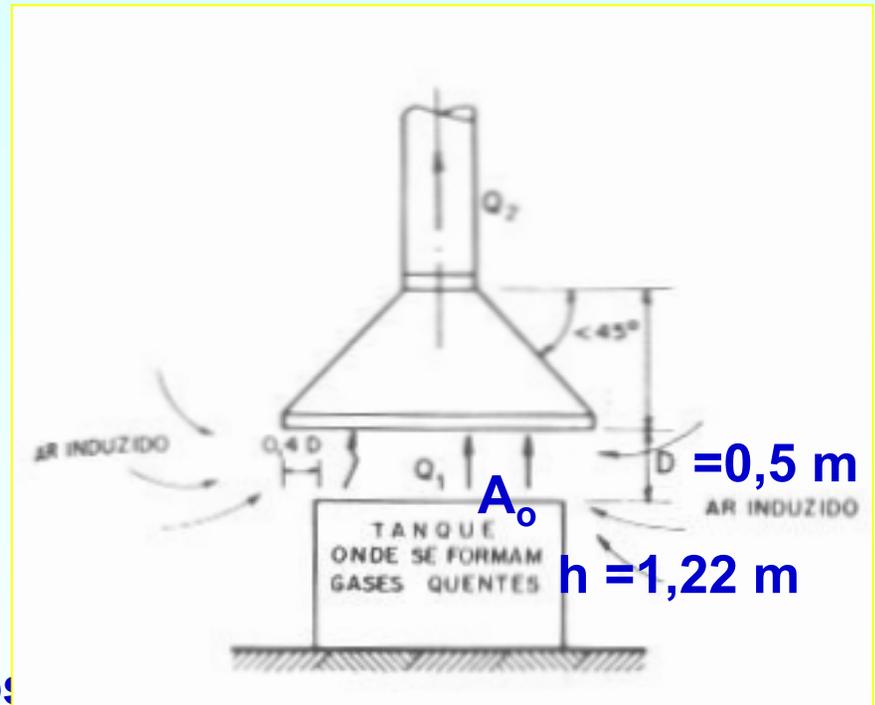
$$A_0 = \frac{\pi D^2}{4}; D = 0,6676 \text{ m}$$

- Temperatura do ambiente:

$$t_a = 25^\circ \text{ C}$$

- Temperatura dos metais fundidos

$$t_1 = 527^\circ \text{ C}$$



VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA

EXEMPLO 2

e) Banho de chumbo e antimônio 6:

- Calor dissipado por convecção pela fonte quente:
para regime laminar:

$$h = 1,32 \left(\frac{\Delta T}{D} \right)^{1/4} = 1,32 \left(\frac{502}{0,6676} \right)^{1/4} = 6,91 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\dot{q}_c = hA(T_s - T_{ar}) = 6,91 \times 0,35(527 - 25) = 1214,5 \text{ W}$$

- Vazão de captura:

$$Q_y \cong Q_0 = 38 \sqrt[3]{A_0 \times D \times \dot{q}_c}$$

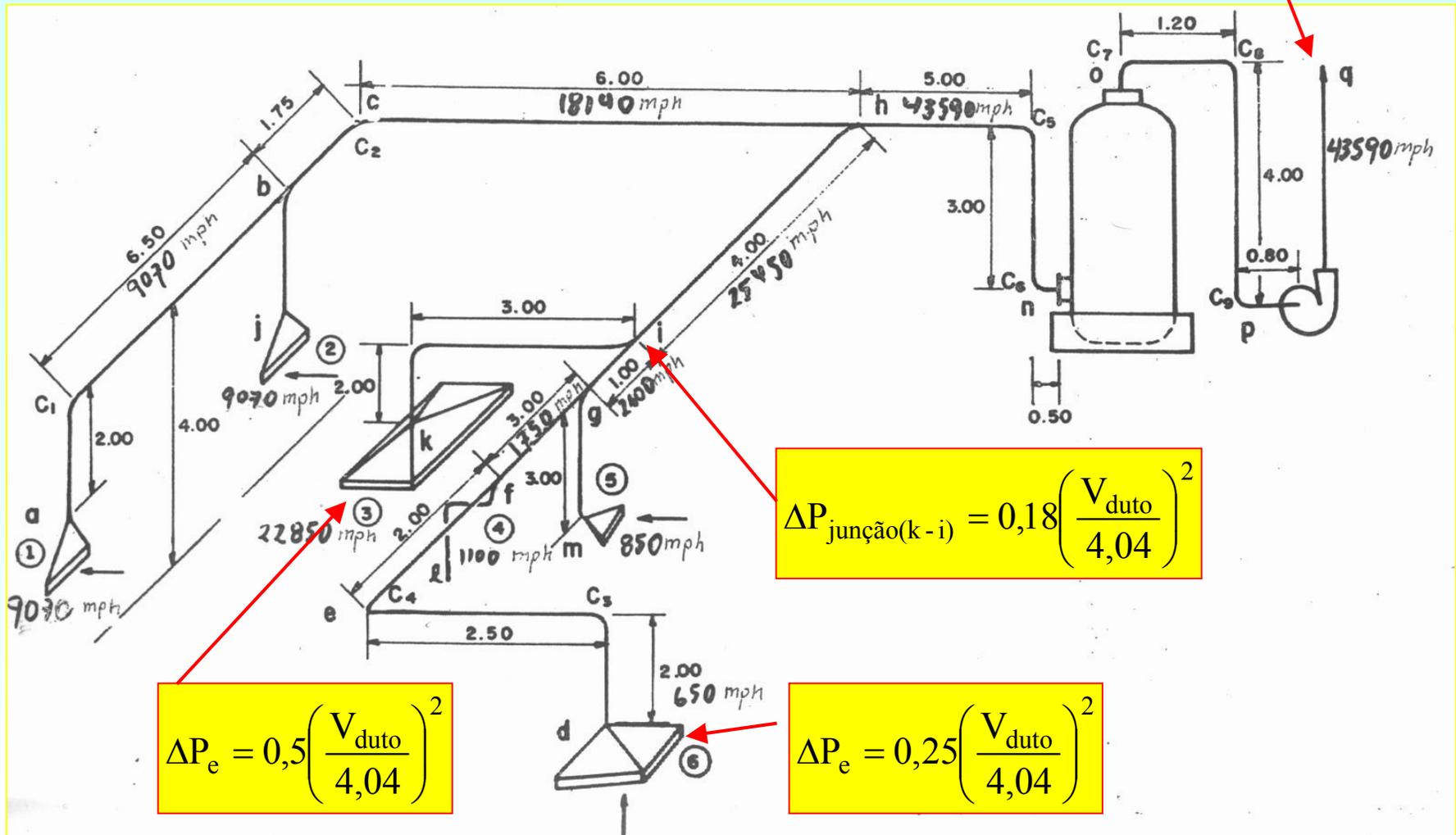
$$Q_y \cong Q_0 = 38 \sqrt[3]{0,35^2 \times 0,6676 \times 1214,5} = \\ \cong 650 \text{ m}^3 / \text{h}$$

VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA

EXEMPLO 2:

2) Rede de dutos de exaustão:

$$\Delta P_{\text{chapéu}} = 0,18 \left(\frac{V_{\text{duto}}}{4,04} \right)^2$$



EXEMPLO 2:

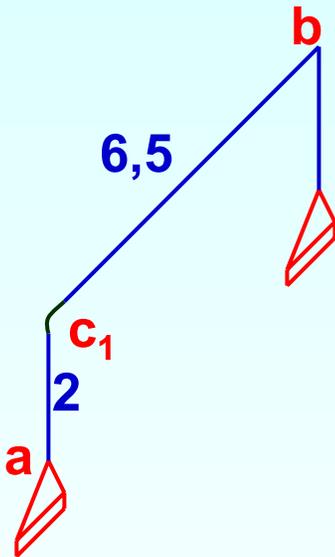
2) Rede de dutos de exaustão:

2.1) Cálculo da perda de carga no trecho a-c₁b:

- Comprimento do trecho a-c₁b:

$$Q = 9070 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$V_{\text{duto}} = 12 \text{ m/s}$$



$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V_{\text{duto}}}} = 0,52 \cong 0,55 \text{ m}$$
$$V_{\text{duto real}} = 10,6 \text{ m/s}$$

- Comprimento do trecho reto:

$$L_{a-b} = 2 + 6,5 = 8,5 \text{ m}$$

- Comprimento da curva c₁:

$$r/d = 1,5 \text{ e } D = 0,55 \text{ m}$$

$$L_{c1} = 15,5 \text{ m}$$

- Comprimento do total:

$$L_{\text{total}} = 8,5 + 15,5 = 24 \text{ m}$$

Fonte: tabela 8.2.1,
Vent. Industrial

Clezar, C. A.

Fonte: tabela 2.7.8,
Vent. Industrial
Clezar, C. A.

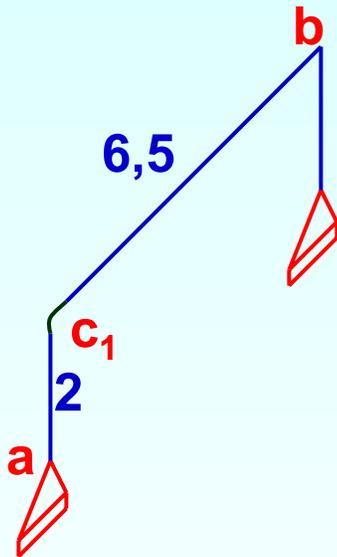
VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA

EXEMPLO 2:

2) Rede de dutos de exaustão:

2.1) Cálculo da perda de carga no trecho a-c₁b:

- Perda de carga unitária no trecho a-c₁b:



$$\frac{\Delta P}{L} = f \cdot \frac{1}{D} \frac{V^2}{2} \rho_{\text{ar}}$$

$$f = a + b \text{Re}^{-c}$$

$$\varepsilon = 150 \mu\text{m} \text{ (chapa de aço)}$$

$$v_{\text{ar}} = 1,51 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 / \text{s}$$

$$\rho_{\text{ar}} = 1,2 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$\text{Re} = \frac{V \cdot D}{v_{\text{ar}}} = \frac{10,6 \cdot 0,55}{1,51 \times 10^{-5}} = 4,11 \times 10^5$$

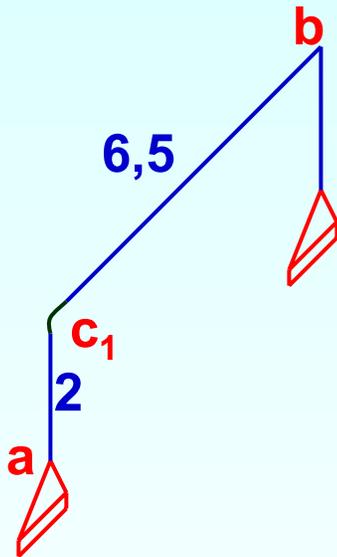
VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA

EXEMPLO 2:

2) Rede de dutos de exaustão:

2.1) Cálculo da perda de carga no trecho a-c₁b:

- Perda de carga unitária no trecho a-c₁b:



$$a = 0,53 \cdot \left(\frac{\varepsilon}{D}\right) + 0,094 \left(\frac{\varepsilon}{D}\right)^{0,225} =$$
$$= 0,53 \cdot \left(\frac{0,00015}{0,55}\right) + 0,094 \left(\frac{0,00015}{0,55}\right)^{0,225} = 0,015$$

$$b = 88 \cdot \left(\frac{\varepsilon}{D}\right)^{0,44} = 88 \cdot \left(\frac{0,00015}{0,55}\right)^{0,44} = 2,37795$$

$$c = 1,62 \cdot \left(\frac{\varepsilon}{D}\right)^{0,134} = 1,62 \cdot \left(\frac{0,00015}{0,55}\right)^{0,134} = 0,53939$$

$$f = a + b \operatorname{Re}^{-c} = 0,015 + 2,37795 \left(4,47 \times 10^5\right)^{-0,54} = 0,017114$$

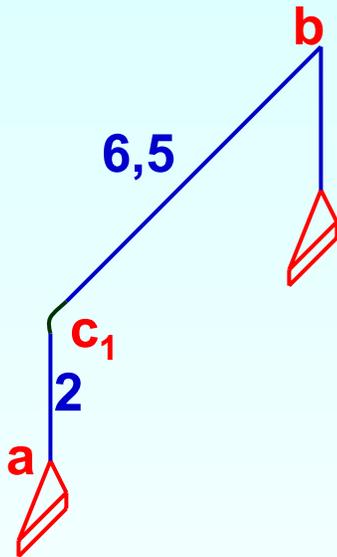
VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA

EXEMPLO 2:

2) Rede de dutos de exaustão:

2.1) Cálculo da perda de carga no trecho a-c₁b:

- Perda de carga unitária no trecho a-c₁b:



$$\frac{\Delta P}{L} = f \cdot \frac{1}{D} \frac{V^2}{2} \rho_{\text{ar}} = 0,017 \cdot \frac{1}{0,55} \frac{10,6^2}{2} 1,2 = 2,11 \text{ Pa / m}$$

- Perda de carga contínua no trecho a-c₁b:

$$\Delta P_{\text{cont}} = \frac{\Delta P}{L} \times L_{\text{total}} = 2,11 \times 24 = 50,656 \text{ Pa}$$

- Perda de carga na entrada do captor:

$$\Delta P_e = 1,78 \left(\frac{V_{\text{duto}}}{4,04} \right)^2 + 0,25 \left(\frac{V_{\text{duto}}}{4,04} \right)^2 = 1,78 \left(\frac{10,6}{4,04} \right)^2 + 0,25 \left(\frac{10,6}{4,04} \right)^2 = 13,573 \text{ mmca} = 135,73 \text{ Pa}$$

- Perda de carga total no trecho a-c₁b:

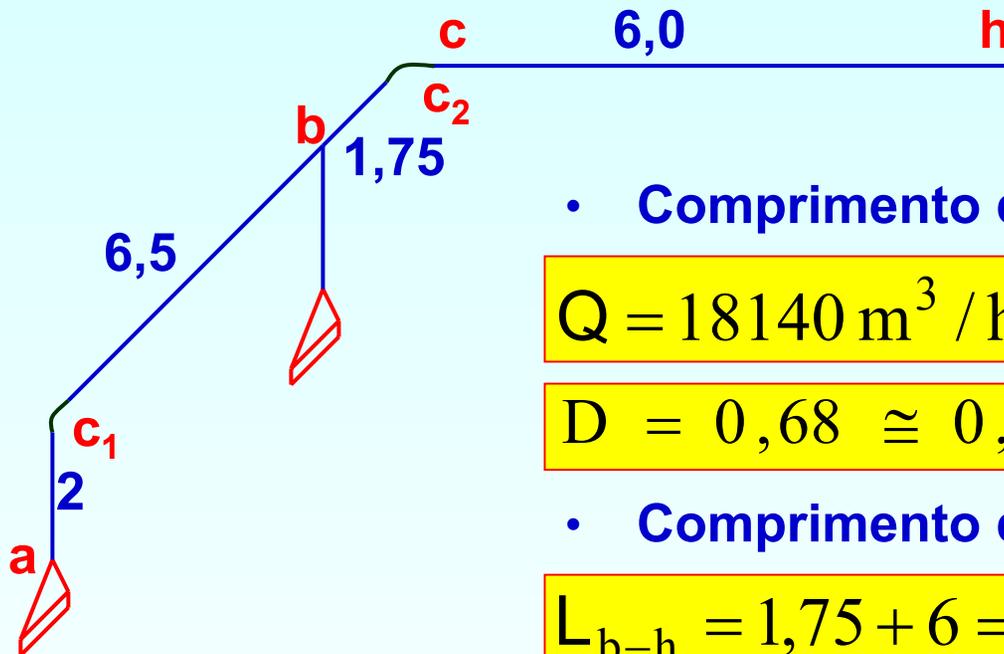
$$\Delta P_{\text{total}} = 50,656 + 135,73 = 186,3884 \text{ Pa}$$

VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA

EXEMPLO 2:

2) Rede de dutos de exaustão:

2.2) Cálculo da perda de carga no trecho b-c-h:



- Comprimento do trecho b-c-h :

$$Q = 18140 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$V_{\text{duto}} = 14 \text{ m/s}$$

$$D = 0,68 \cong 0,70 \text{ m}$$

$$V_{\text{duto real}} = 13,09 \text{ m/s}$$

- Comprimento do trecho reto:

$$L_{b-h} = 1,75 + 6 = 7,75 \text{ m}$$

- Comprimento da curva c_2 :

$$r/d = 1,5 \text{ e } D = 0,70 \text{ m}$$

$$L_{c_2} = 21 \text{ m}$$

- Comprimento do total:

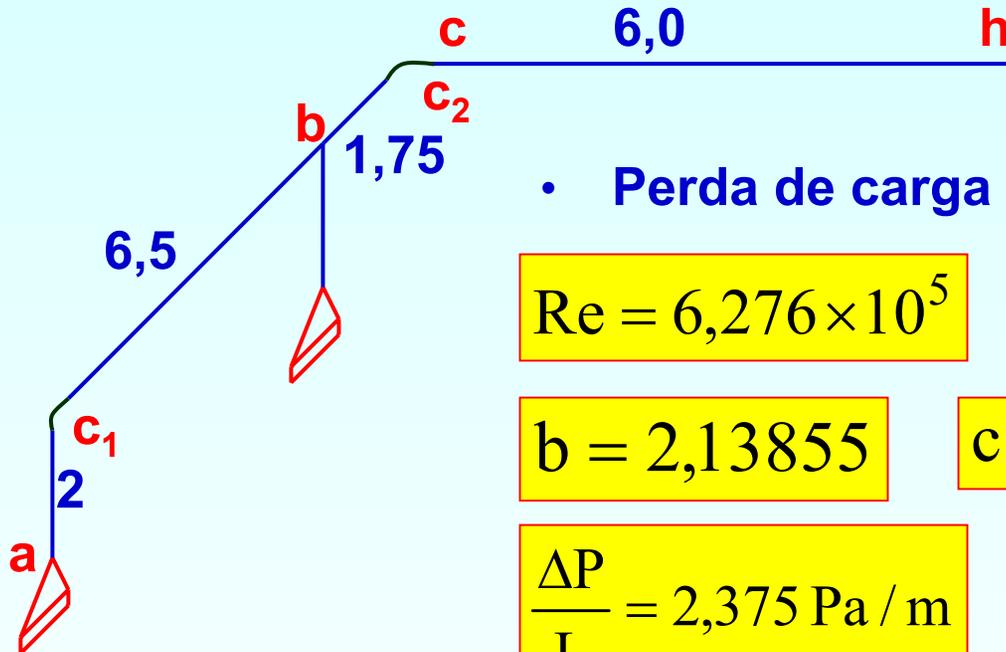
$$L_{\text{total}} = 7,75 + 21 = 28,75 \text{ m}$$

VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA

EXEMPLO 2:

2) Rede de dutos de exaustão:

2.2) Cálculo da perda de carga no trecho b-c-h:



- Perda de carga unitária no trecho b-c-h:

$$Re = 6,276 \times 10^5$$

$$a = 0,01416$$

$$b = 2,13855$$

$$c = 0,52224$$

$$f = 0,01615$$

$$\frac{\Delta P}{L} = 2,375 \text{ Pa / m}$$

- Perda de carga contínua no trecho b-c-h:

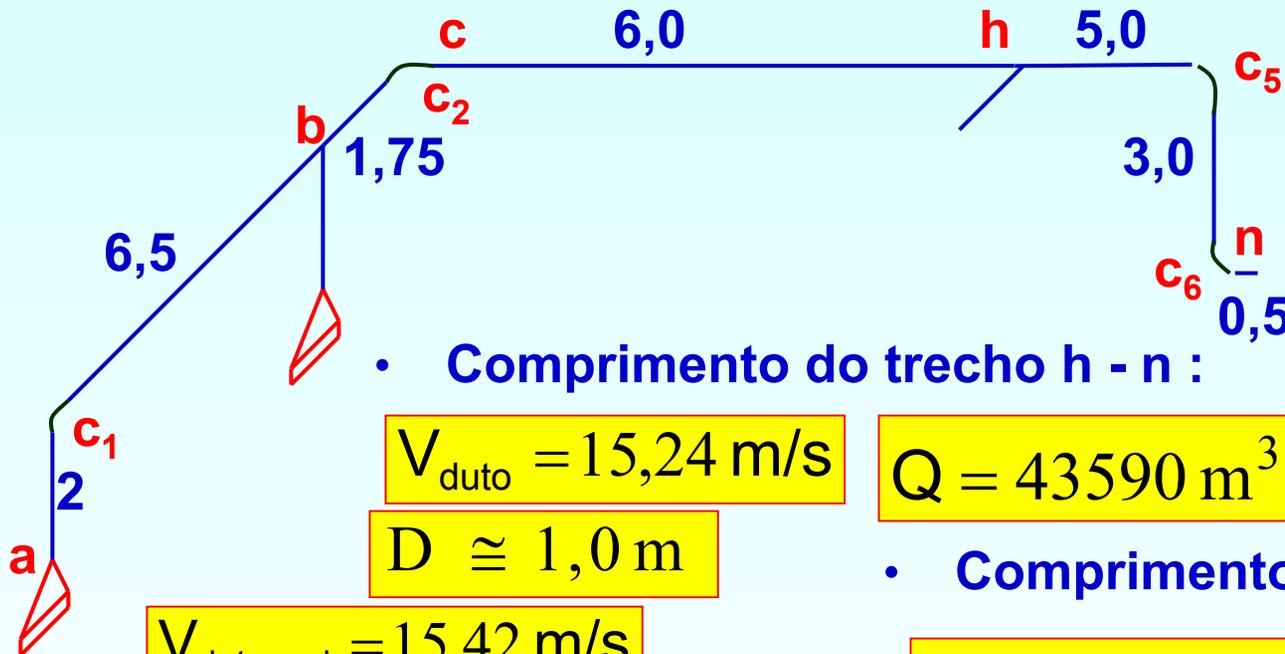
$$\Delta P_{\text{cont}} = \Delta P_{\text{total}} = 68,3 \text{ Pa}$$

VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA

EXEMPLO 2:

2) Rede de dutos de exaustão:

2.3) Cálculo da perda de carga no trecho h - n:



• Comprimento do trecho h - n :

$$V_{\text{duto}} = 15,24 \text{ m/s}$$

$$D \cong 1,0 \text{ m}$$

$$V_{\text{duto real}} = 15,42 \text{ m/s}$$

$$Q = 43590 \text{ m}^3 / \text{h}$$

• Comprimento do trecho reto:

$$L_{\text{h-n}} = 8,5 \text{ m}$$

• Comprimento das curvas c_5 e c_6 :

$$r/d = 1,5 \text{ e } D = 1,0 \text{ m}$$

$$L_{c5+c6} = 18 + 18 = 36 \text{ m}$$

• Comprimento do total:

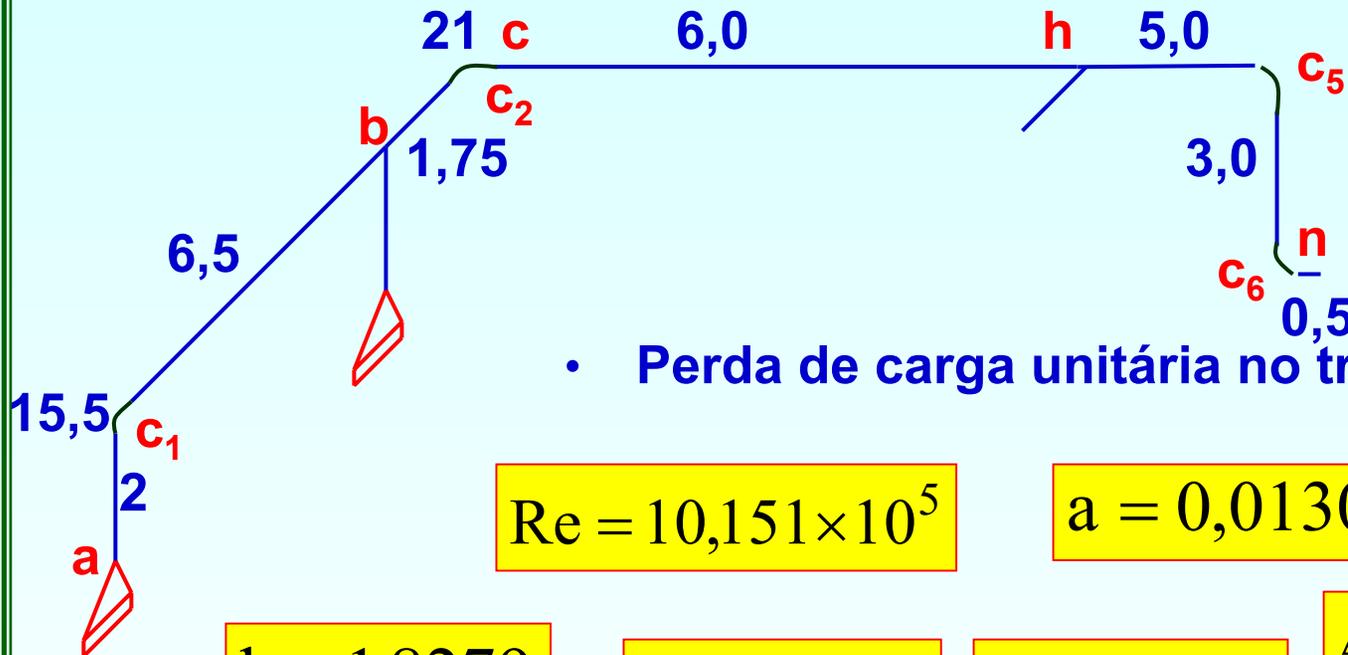
$$L_{\text{total}} = 8,5 + 36 = 44,5 \text{ m}$$

VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA

EXEMPLO 2:

2) Rede de dutos de exaustão:

2.3) Cálculo da perda de carga no trecho h - n:



- Perda de carga unitária no trecho h - n:

$$Re = 10,151 \times 10^5$$

$$a = 0,0130$$

$$b = 1,8279$$

$$c = 0,4979$$

$$f = 0,01491$$

$$\frac{\Delta P}{L} = 2,127 \text{ Pa / m}$$

- Perda de carga contínua no trecho h - n:

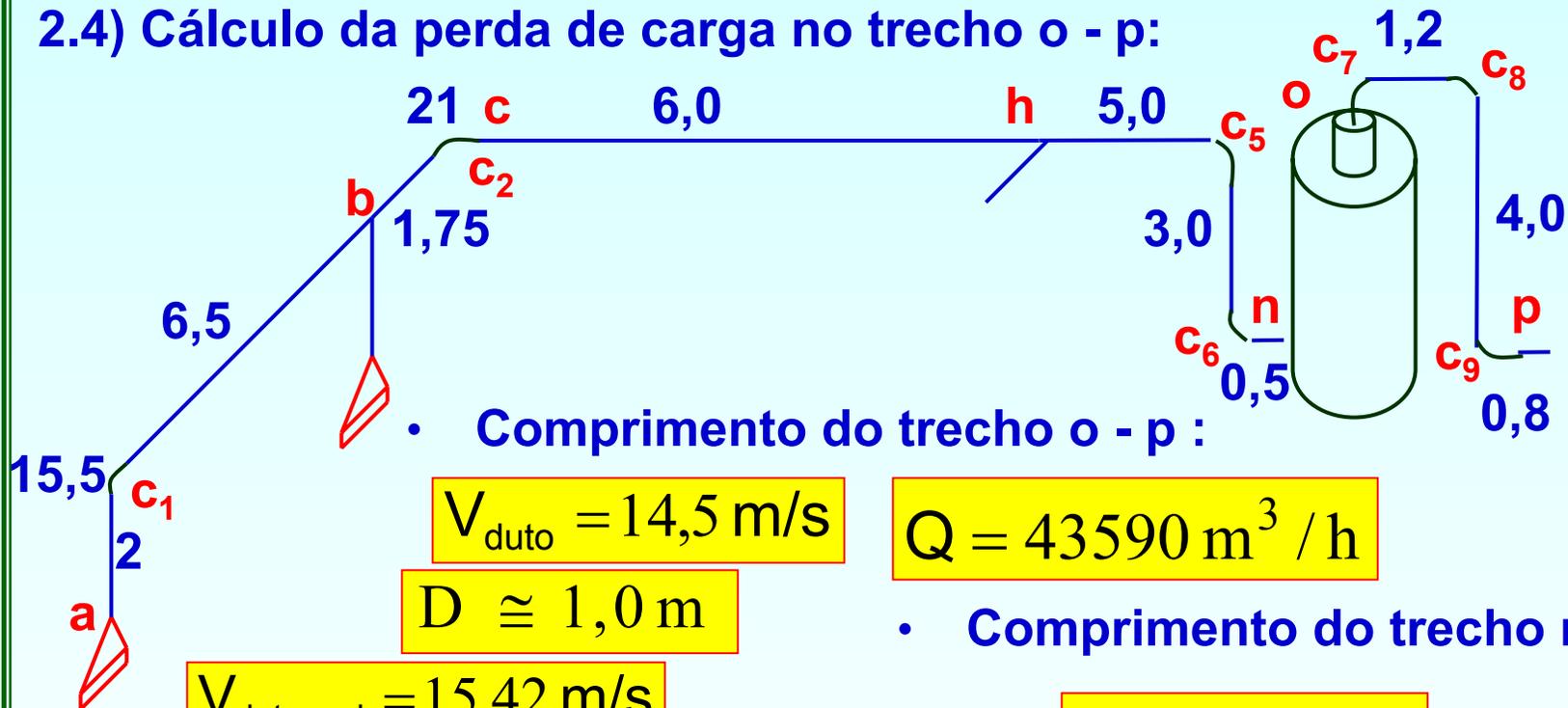
$$\Delta P_{\text{cont}} = \Delta P_{\text{total}} = 94,634 \text{ Pa}$$

VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA

EXEMPLO 2:

2) Rede de dutos de exaustão:

2.4) Cálculo da perda de carga no trecho o - p:



- Comprimento do trecho o - p :

$$V_{\text{duto}} = 14,5 \text{ m/s}$$

$$D \cong 1,0 \text{ m}$$

$$V_{\text{duto real}} = 15,42 \text{ m/s}$$

$$Q = 43590 \text{ m}^3 / \text{h}$$

- Comprimento do trecho reto:

$$L_{\text{o-p}} = 6,0 \text{ m}$$

- Comprimento das curvas c_7 , c_8 e c_9 :

$$r/d = 1,5 \text{ e } D = 1,0 \text{ m}$$

$$L_{c7+c8+c9} = 42 \text{ m}$$

- Comprimento do total:

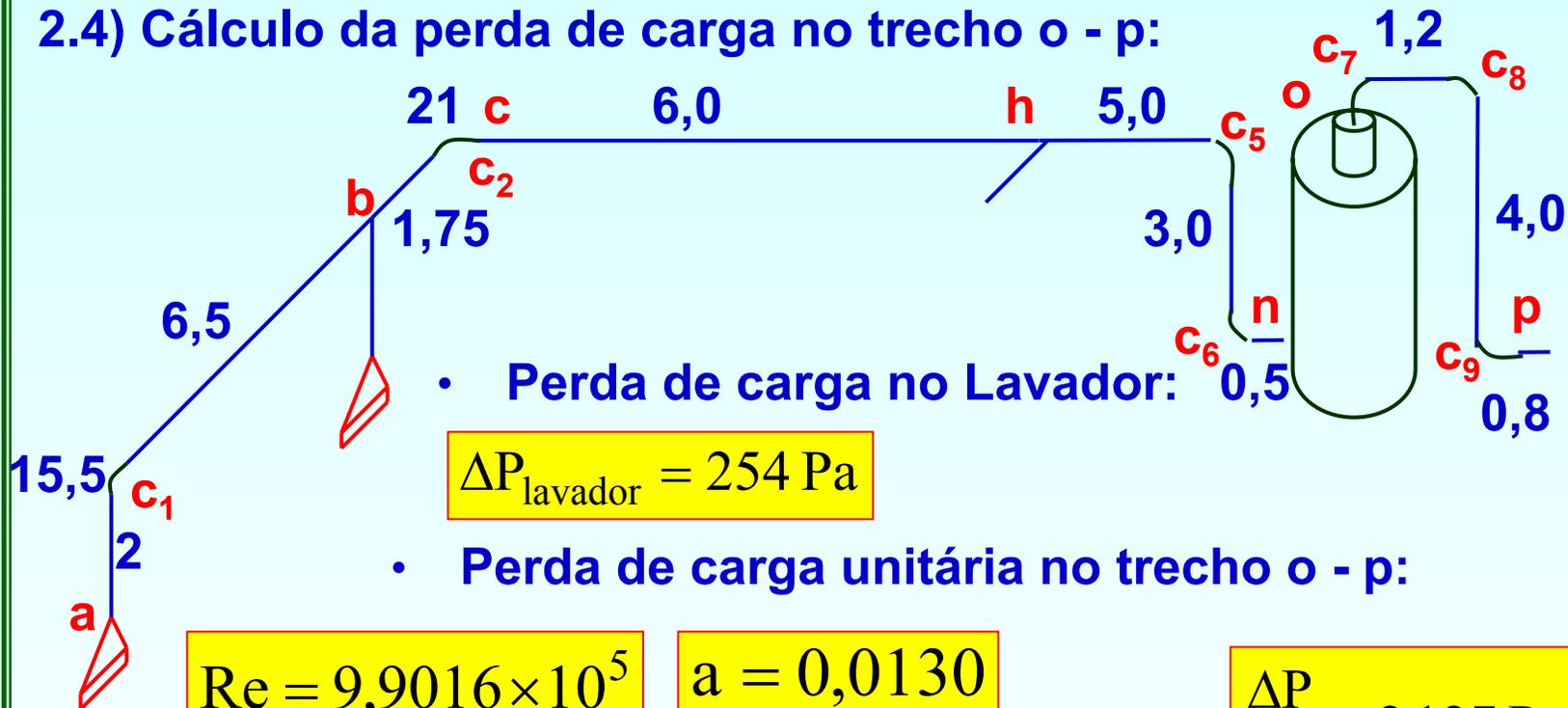
$$L_{\text{total}} = 6 + 42 = 48 \text{ m}$$

VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA

EXEMPLO 2:

2) Rede de dutos de exaustão:

2.4) Cálculo da perda de carga no trecho o - p:



- Perda de carga no Lavador:

$$\Delta P_{\text{lavador}} = 254 \text{ Pa}$$

- Perda de carga unitária no trecho o - p:

$$Re = 9,9016 \times 10^5 \quad a = 0,0130$$

$$c = 0,4979 \quad f = 0,01491 \quad b = 1,8279$$

$$\frac{\Delta P}{L} = 2,127 \text{ Pa / m}$$

- Perda de carga contínua no trecho o - p:

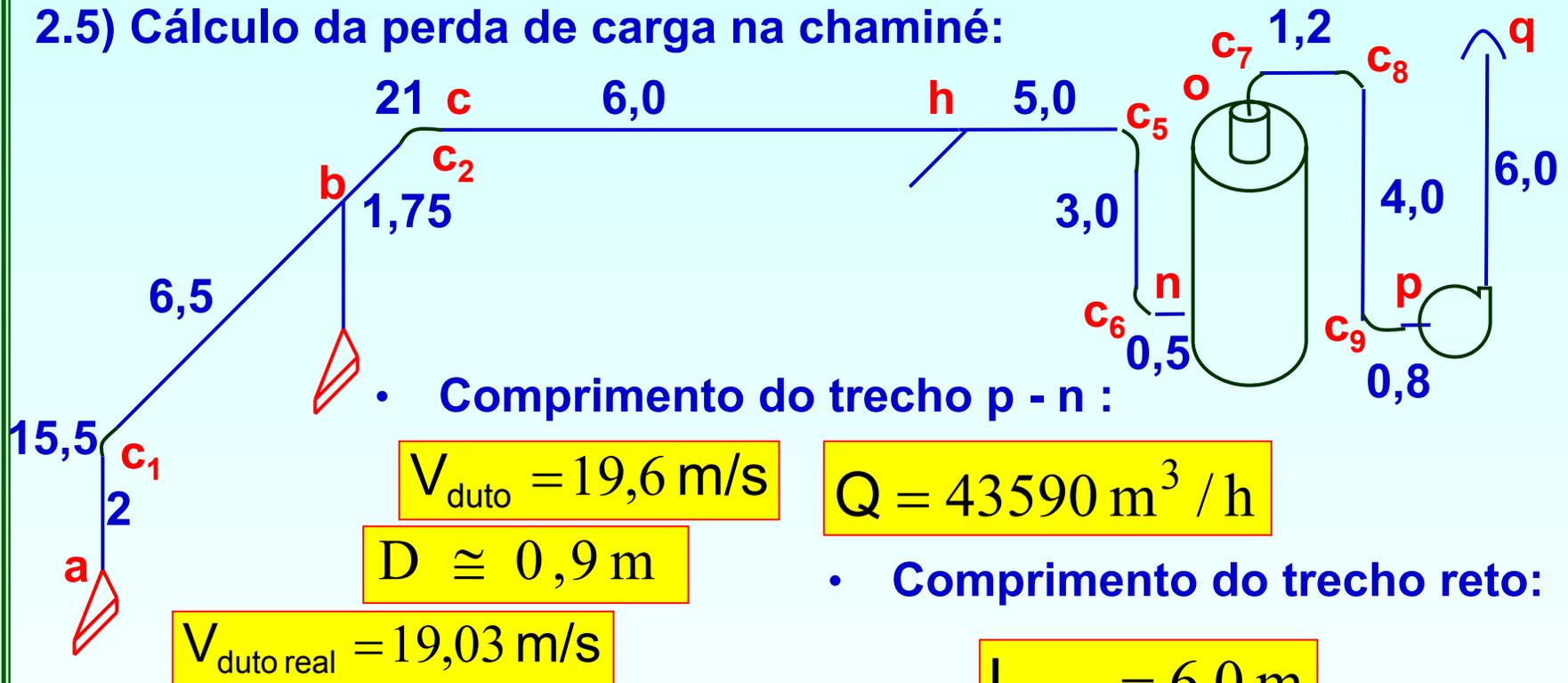
$$\Delta P_{\text{cont}} = \Delta P_{\text{total}} = 102,237 \text{ Pa}$$

VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA

EXEMPLO 2:

2) Rede de dutos de exaustão:

2.5) Cálculo da perda de carga na chaminé:

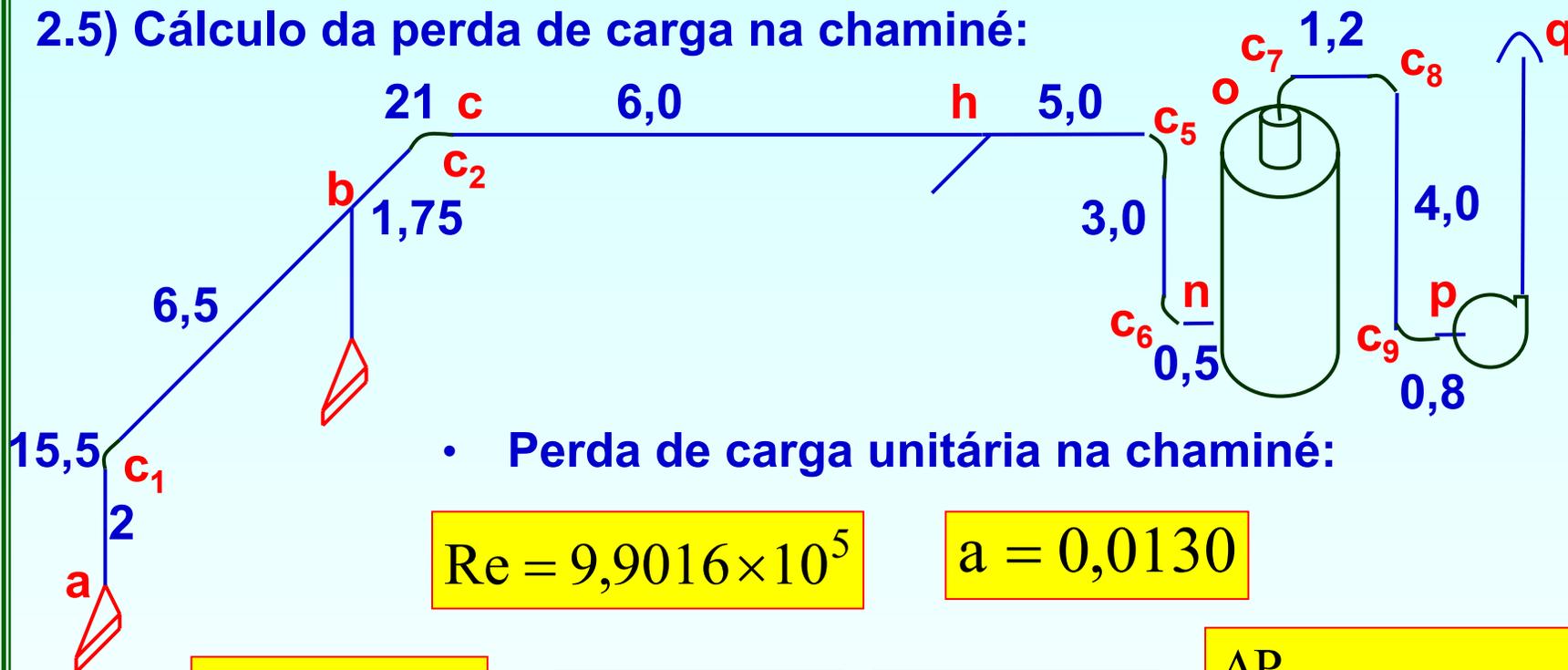


VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA

EXEMPLO 2:

2) Rede de dutos de exaustão:

2.5) Cálculo da perda de carga na chaminé:



- Perda de carga unitária na chaminé:

$$Re = 9,9016 \times 10^5$$

$$a = 0,0130$$

$$b = 1,8279$$

$$c = 0,4979$$

$$f = 0,01491$$

$$\frac{\Delta P}{L} = 3,63 \text{ Pa/m}$$

- Perda de carga total na chaminé:

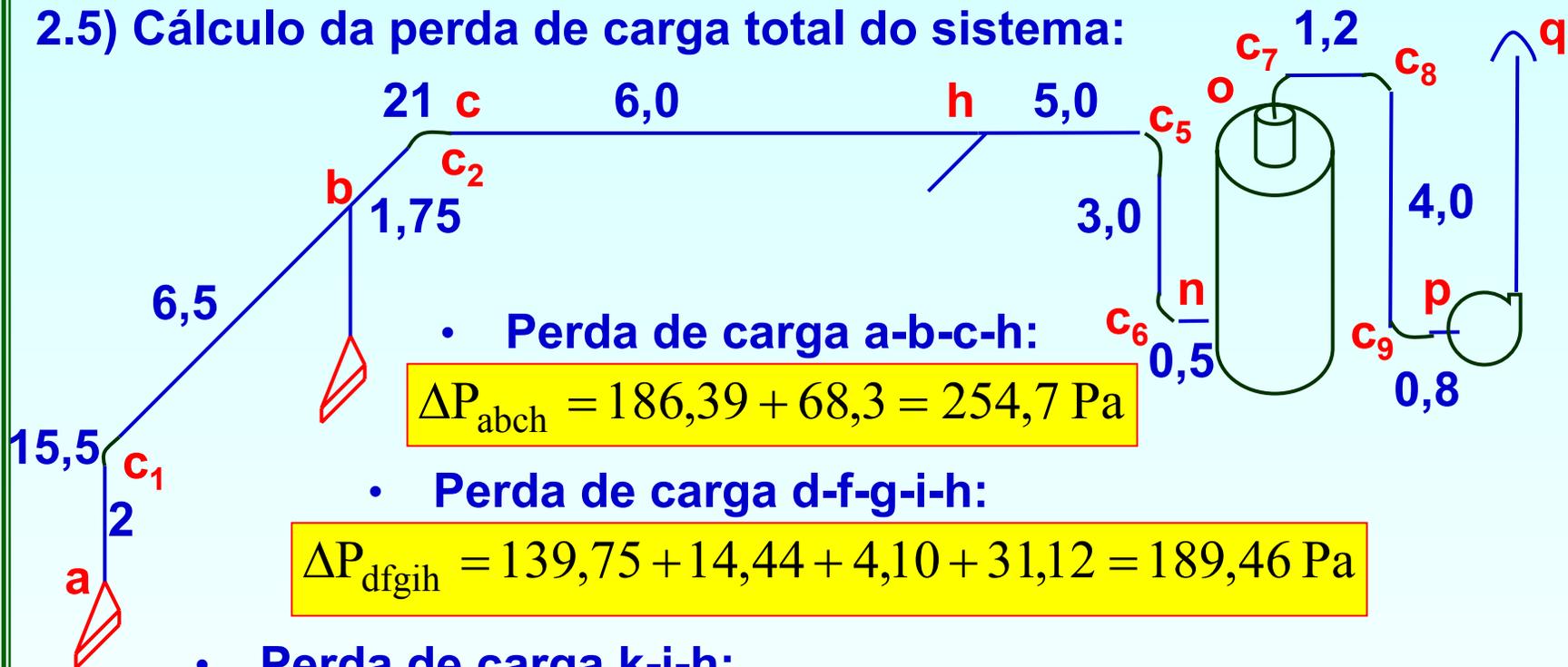
$$\Delta P_{\text{total}} = \Delta P_{\text{cont}} + \Delta P_{\text{chapéu}} = 21,78 + 91 = 112,7775 \text{ Pa}$$

VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA

EXEMPLO 2:

2) Rede de dutos de exaustão:

2.5) Cálculo da perda de carga total do sistema:



• Perda de carga a-b-c-h:

$$\Delta P_{abch} = 186,39 + 68,3 = 254,7 \text{ Pa}$$

• Perda de carga d-f-g-i-h:

$$\Delta P_{dfgih} = 139,75 + 14,44 + 4,10 + 31,12 = 189,46 \text{ Pa}$$

• Perda de carga k-i-h:

$$\Delta P_{kih} = 158,1297 + 31,12 = 189,25 \text{ Pa}$$

• Perda de carga a-b-c-h-n-o-p-q:

$$\Delta P_{abchnopq} = 186,39 + 68,3 + 94,63 + 254 + 102,24 + 112,78 = 818,3374 \text{ Pa}$$

VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA

EXEMPLO 2:

2) Rede de dutos de exaustão:

CÁLCULO DOS DIÂMETROS E PERDAS DE CARGA

TRECHO	a-c1-b	j-b	b-c-h	d-f	f-g	g-i	k-i	i-h	h-n	Lavador	o-p	Chamine
1. VAZÃO (m ³ /h)	9070	9070	18140	650	1750	2600	22850	25450	43590		43590	43590
2. VELOCIDADE (m/s)	12	12	14	10,16	11,18	11,18	14,22	14,48	15,24		14,5	19,6
3. DIÂMETRO DO DUTO (m)	0,517	0,517	0,677	0,150	0,235	0,287	0,754	0,788	1,006		1,031	0,887
4. DIÂMETRO CORRIGIDO (m)	0,550	0,550	0,700	0,150	0,250	0,300	0,750	0,800	1,000		1,000	0,900
5. VELOCIDADE REAL (m/s)	10,60	10,60	13,09	10,22	9,90	10,22	14,37	14,06	15,42		15,42	19,03
6. COMPRIMENTO TRECHO RETO (m)	8,50	2,00	7,75	6,50	3,00	1,00	5,00	4,00	8,50		6,00	6,00
7. COMPRIMENTO ACESSÓRIOS (m)	15,50		21,00	6,40			22,50		36,00		42,00	
8. COMPRIMENTO TOTAL TRECHO (m)	24	2,00	28,75	12,9	3	1	27,5	4,00	44,50		48,00	6,00
9. FATOR (a)	0,0150	0,0150	0,0142	0,0204	0,0180	0,0173	0,0139	0,0137	0,0130		0,0130	0,0134
10. FATOR (b)	2,3780	2,3780	2,1386	4,2119	3,3641	3,1048	2,0746	2,0165	1,8279		1,8279	1,9147
11. FATOR (c)	0,5394	0,5394	0,5222	0,6420	0,5995	0,5850	0,5174	0,5130	0,4979		0,4979	0,5049
12. Re	410886	410886	627638	101212	174207	212341	709937	756058	1015109		990158	1151194
13. Coeficiente de atrito (f)	0,01720	0,01720	0,01617	0,02297	0,02045	0,01964	0,01588	0,01568	0,01491		0,01494	0,01503
14. PERDA DE CARGA UNITÁRIA (Pa/m)	2,11068	2,11068	2,37566	9,59373	4,81406	4,10006	2,62297	2,32567	2,12662		2,12994	3,62963
15. PERDA DE CARGA CONTÍNUA (Pa)	50,6563	4,22136	68,3003	123,759	14,4422	4,10006	72,1317	9,30267	94,6344		102,237	21,7778
16. PERDA NA ENTRADA DO TRECHO (Pa)	135,732	135,732		15,9902			63,2339					
17. PERDA DE CARGA NA JUNÇÃO (Pa)		12,4019					22,7642	21,8143				90,9997
18. PERDA DE CARGA TOTAL NO TRECHO (Pa)	186,388	152,355	68,3003	139,749	14,4422	4,10006	158,13	31,1169	94,6344	254	102,237	112,778

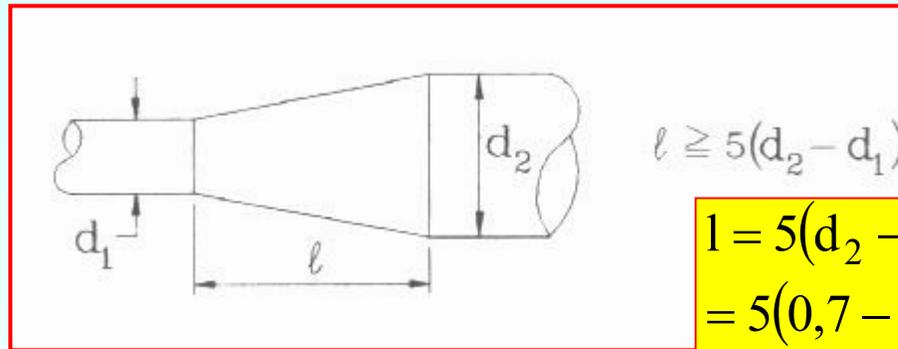
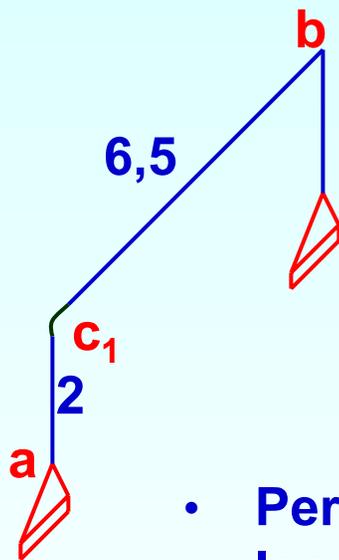
VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA

EXEMPLO 2:

2) Rede de dutos de exaustão:

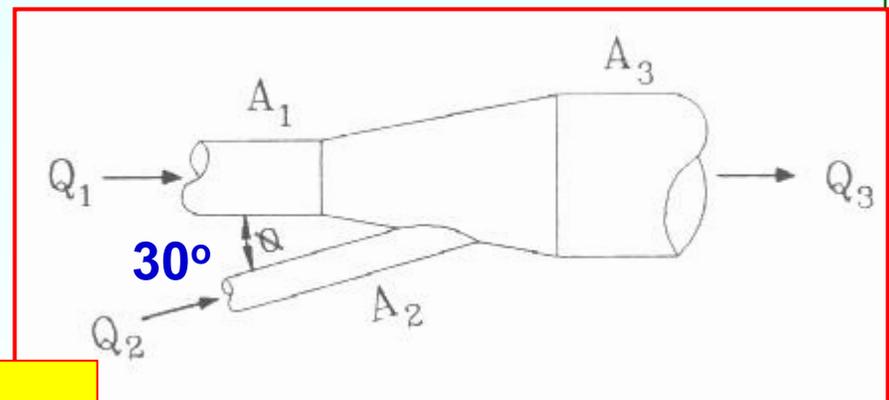
2.6) Balanceamento do ponto b:

- Comprimento da transformação no ponto b:



$$l = 5(d_2 - d_1) = 5(0,7 - 0,55) = 0,75\text{m}$$

- Perda de carga localizada devido a entrada de ramal no b:



$$\Delta P_{\text{junção(j-b)}} = 0,18 \left(\frac{V_{\text{duto}}}{4,04} \right)^2 = 0,18 \left(\frac{10,6}{4,04} \right)^2 = 12,39 \text{ Pa}$$

VENTILAÇÃO LOCAL EXAUSTORA

EXEMPLO 2:

2) Rede de dutos de exaustão:

2.6) Balanceamento do ponto b:

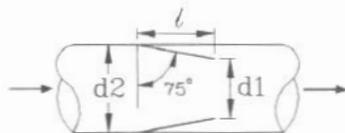
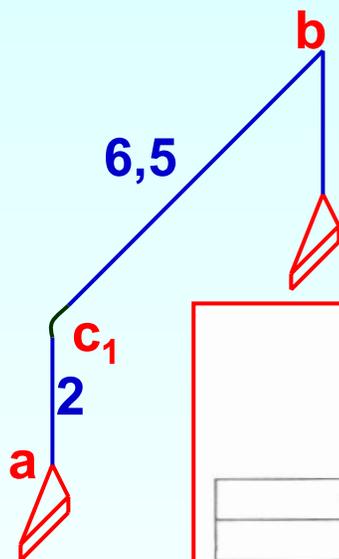
- Cálculo do cone de equilíbrio:

$$\Delta P_{ab} = 186,3884 \text{ Pa}$$

$$\Delta P_{jb} = 152,3554 \text{ Pa}$$

$$D\% = \frac{186,3884 - 152,3554}{186,3884} \times 100 = 18,3\%$$

$$\Delta P_{ce} = 186,3884 - 152,3554 = 34,033 \text{ Pa}$$



d1/d2	fator (K)
0,50	9,00
0,55	5,60
0,60	3,00
0,65	1,80
0,70	1,20
0,75	0,65
0,80	0,34
0,85	0,15

$$K_{ce} = \frac{\Delta P_{ce}}{P_{v(jb)}} = \frac{34,033}{\left(\frac{10,6}{4,04}\right)^2} = 4,94$$

$$d_1 / d_2 = 0,55 \text{ e } d_2 = 0,55 \text{ onde } d_1 = 0,3$$

$$\text{tg}(15^\circ) = \frac{d_2 - d_1}{2 \times l}, \text{ onde } l = 0,46 \text{ m}$$