

Quarta aula

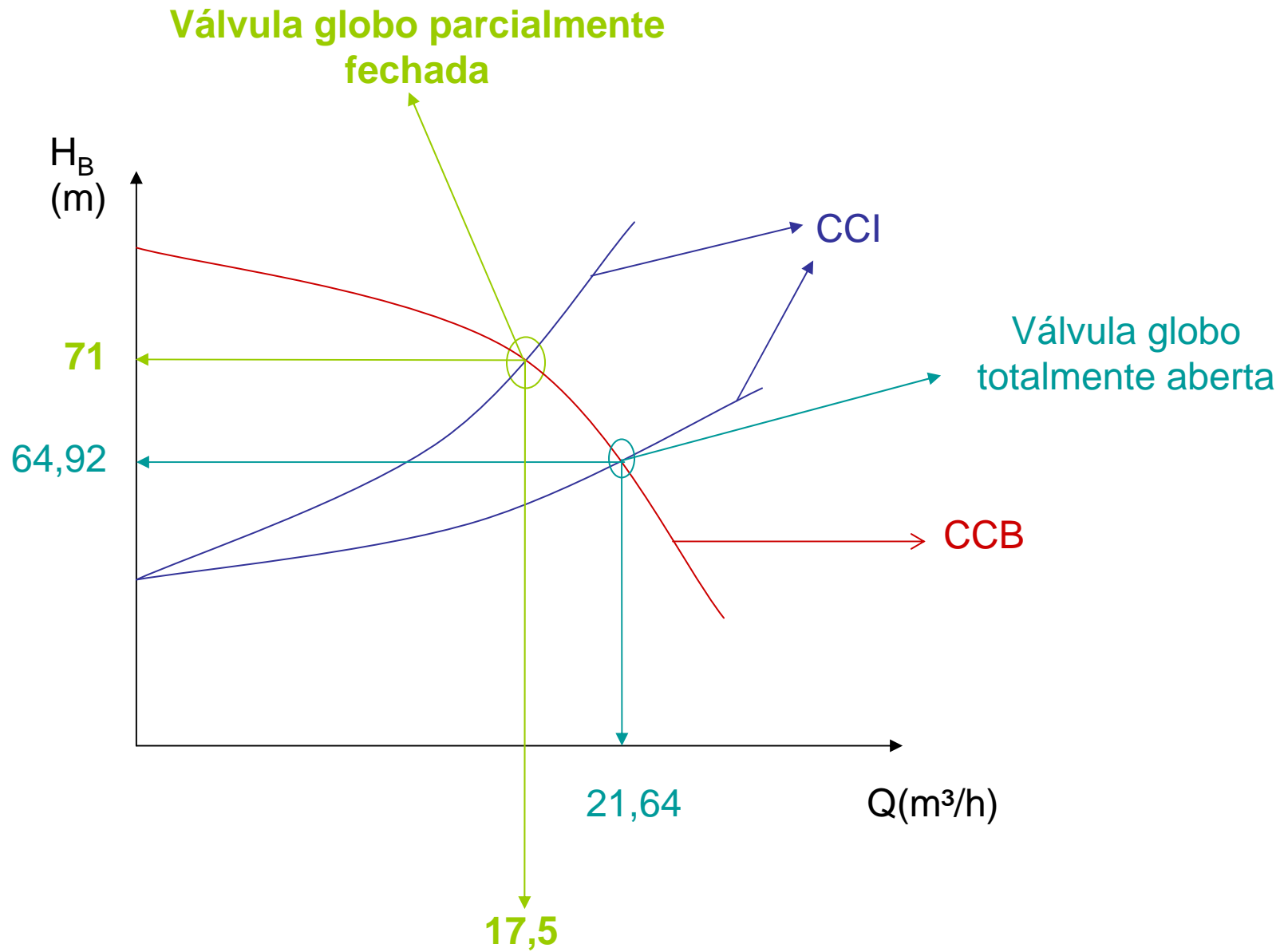
02/09/2008

Resolução do exercício proposto

Considerando os dados do exercício da atividade 2, pede-se calcular o comprimento equivalente da válvula globo para se obter a vazão de $17,5 \text{ m}^3/\text{h}$.

A equação genérica da CCI pode ser representada pela equação:

$$H_S = H_{\text{estática}} + B_{\text{inst}} \times Q^2$$



Para a válvula globo totalmente aberta obteve-se a equação da CCI representada a seguir:

$$H_S = 45,4 + 540569,13 \times Q^2$$

$$H_S = 45,4 + 5,41 \times 10^5 \times Q^2$$

Ao se fechar parcialmente a válvula globo, tem-se um aumento da perda de carga na mesma e em consequência uma nova equação da CCI, porém com a mesma carga estática.

$$H_S = 45,4 + B'_{inst} \times Q^2$$

Deve-se observar que o ponto de trabalho para esta nova situação é representado pela vazão de 17,5 m³/h e carga manométrica igual a 71 m e que este é uma ponto da nova CCI, portanto pode-se através dele se determinar o B'_{inst}

$$71 = 45,4 + B'_{inst} \times \left(\frac{17,5}{3600} \right)^2$$

$$\therefore B'_{inst} = \frac{(71 - 45,4) \times 3600^2}{17,5^2} \cong 1083350,2 \frac{s^2}{m^5}$$

$$1083350,2 = \frac{1}{2 \times 9,8 \times 0,00217^2} + 0,0214 \times \frac{(4,4 + 37,96)}{0,0779} \times \frac{1}{2 \times 9,8 \times 0,00477^2} +$$

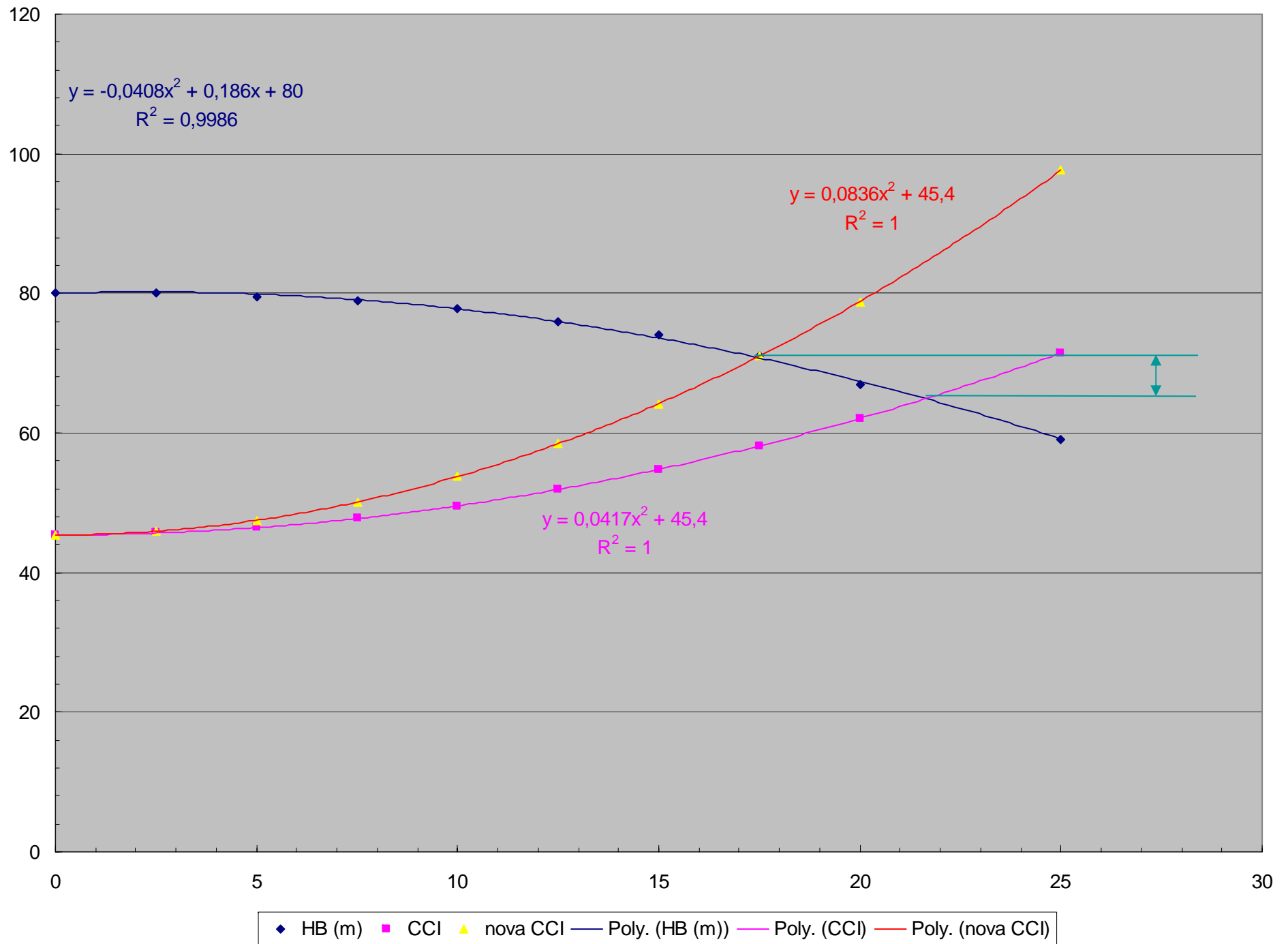
$$0,0216 \times \frac{(59,55 + 53,43 - 17,68 + Leq_{novo\ v\acute{a}lv.globo})}{0,0525} \times \frac{1}{2 \times 9,8 \times 0,00217^2}$$

$$1083350,2 = 10834,89 + 26093,93 + 4457,78 \times (95,3 + Leq_{novo\ v\acute{a}lv.globo})$$

$$\frac{1083350,2 - 10834,89 - 26093,93}{4457,78} - 95,3 = Leq_{novo\ v\acute{a}lv.globo}$$

$$\therefore Leq_{novo\ v\acute{a}lv.globo} \cong 139,44m$$

Outra maneira para se resolver o problema é recordando a resposta da pergunta: O que a diferença mostrada a seguir representa?



Origina a diferença entre as parcela que dependem da vazão, ou seja, a referida parcela calculada para uma vazão desejada – a parcela calculada para a vazão máxima e esta diferença é originada por um fechamento parcial de uma válvula controladora de vazão, que para o exemplo é a válvula globo.

$$B_{\text{inst}Q_{\text{desejada}}} \times Q_{Q_{\text{desejada}}}^2 - B_{\text{inst}Q_{\text{máx}}} \times Q_{Q_{\text{máx}}}^2 =$$

$$\left(\frac{y_f \times \alpha_f}{2g \times A_f^2} - \frac{y_i \times \alpha_i}{2g \times A_i^2} \right) \times Q_{Q_{\text{desejada}}}^2 + \sum f_j \times \frac{(L + \sum Leq)_j}{D_{Hj}} \times \frac{Q_{Q_{\text{desejada}}}^2}{2g \times A_j^2} -$$

$$\left(\frac{y_f \times \alpha_f}{2g \times A_f^2} - \frac{y_i \times \alpha_i}{2g \times A_i^2} \right) \times Q_{Q_{\text{máx}}}^2 + \sum f_j \times \frac{(L + \sum Leq)_j}{D_{Hj}} \times \frac{Q_{Q_{\text{máx}}}^2}{2g \times A_j^2}$$

Portanto:

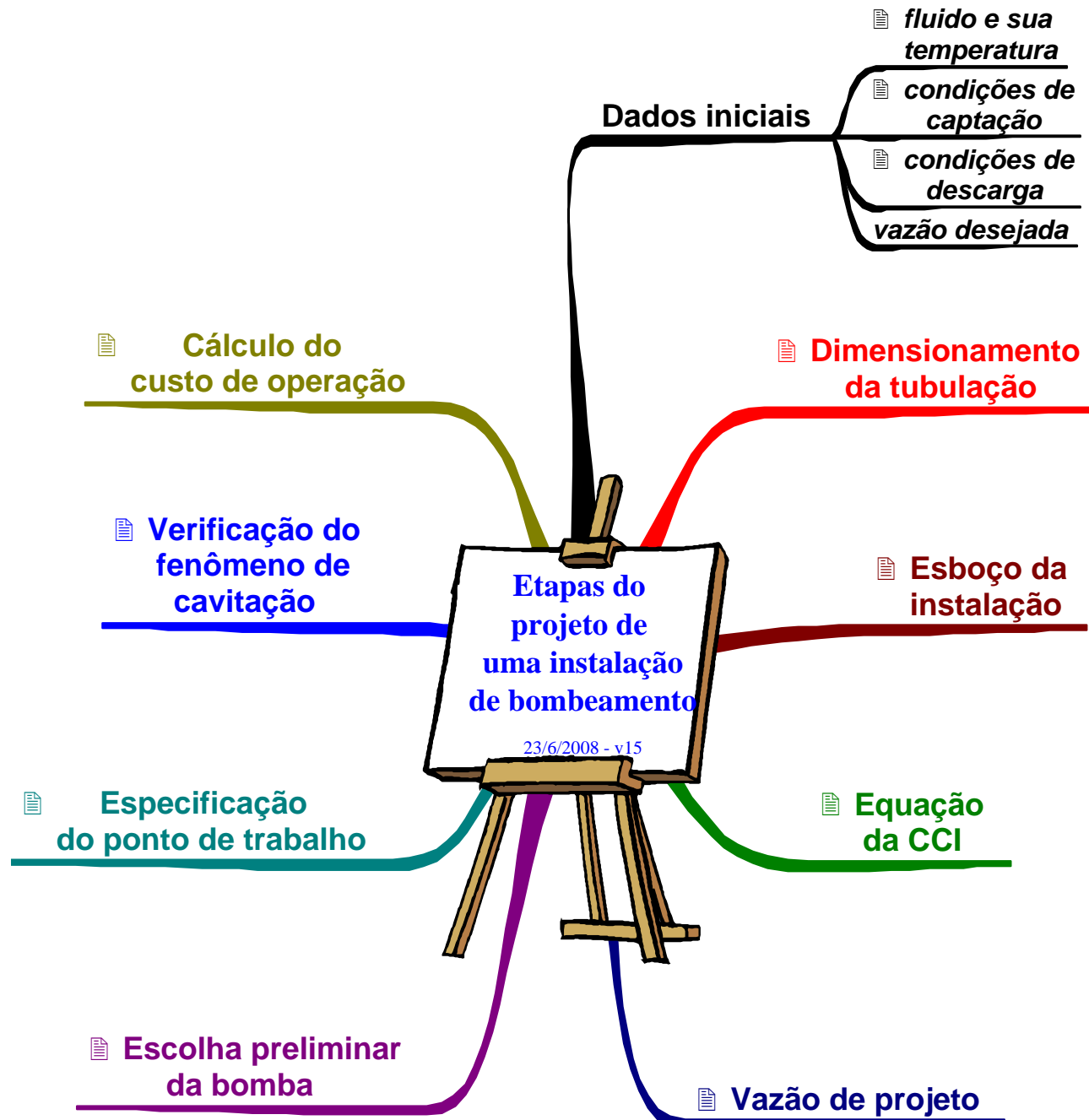
$$71 - 64,92 = \frac{\left(\frac{17,5}{3600}\right)^2}{2 \times 9,8 \times 0,00217^2} + 26093,93 \times \left(\frac{17,5}{3600}\right)^2 + A \times \left(\frac{17,5}{3600}\right)^2 -$$
$$\frac{\left(\frac{21,64}{3600}\right)^2}{2 \times 9,8 \times 0,00217^2} - 26093,93 \times \left(\frac{21,64}{3600}\right)^2 - 503640,13 \times \left(\frac{21,64}{3600}\right)^2$$

$$\therefore 6,08 = 0,256 + 0,617 + A \times 0,00486^2 - 0,392 - 0,943 - 18,198$$

$$A = 1046955,644 \frac{\text{s}^2}{\text{m}^5} = 4457,78 \times \left(95,3 + \text{Leq}_{\text{novoválv.globo}}\right)$$

$$\text{Leq}_{\text{novoválv.globo}} \cong 139,56\text{m}$$

Após os estudos das três primeiras aulas, vamos dar ênfase as quatro primeiras etapas de um projeto de instalação de bombeamento.



1ª Etapa: dados iniciais

Fluido e sua temperatura de escoamento, com essa informação será possível a determinação de parâmetros fundamentais para o desenvolvimento do projeto, tais como:

- massa ou peso específico, que são fundamentais para especificação por exemplo da carga de pressão;
- viscosidade, que é fundamental para o cálculo da perda de carga;
- pressão de vapor, que é fundamental para a verificação do fenômeno de cavitação, que representa a vaporização total, ou parcial do fluido na própria temperatura do escoamento devido a existência de região com pressão menor ou igual a pressão de vapor.

Dados iniciais (cont.)

Condições de captação

Ao se iniciar um projeto sabem-se as condições de captação do fluido, o que equivale a dizer que se conhece da seção inicial da instalação: a carga potencial (z_i); a carga de pressão (p_i/γ) e a carga cinética ($\alpha v_i^2/2g$).

A soma das cargas anteriores representa a carga inicial ($H_{inicial}$) da instalação a ser projetada.

Dados iniciais (cont.)

Condições de descarga

Ao se iniciar um projeto sabem-se as condições desejadas para a descarga do fluido, o que equivale a dizer que se conhece da seção final da instalação a carga potencial (z_f), a carga de pressão (p_f/γ) e a carga cinética ($\alpha v_f^2/2g$).

A soma das cargas anteriores representa a carga final (H_{final}) da instalação a ser projetada.

Dados iniciais (cont.)

Vazão desejada, através dela deve-se dimensionar a tubulação

$$Q = \frac{\text{Volume}}{\text{tempo}} = \frac{V}{t} = v \times A$$

2ª Etapa: dimensionamento da tubulação

Neste início, aborda-se o dimensionamento através da velocidade econômica, que é obtida através de tabelas em função do fluido que será bombeado, lembrando que sempre se dimensiona a tubulação após a bomba e se opta para antes da mesma por um diâmetro imediatamente superior, já que este procedimento ajuda a preveni-la contra o fenômeno de cavitação.

Exemplo: sabendo-se que a instalação a ser projetada irá transportar cloro a 18°C com uma vazão desejada de $3,1 \text{ l/s}$, pede-se dimensionar as tubulações da instalação.

Deve-se consultar tabelas que fornecem a velocidade econômica

FLUIDO (líquido)	Velocidade econômica (m/s)	Material da Tubulação
Água:		
- serviços gerais	0,9 a 2,5	aço
- rede industrial	0,9 a 2,2	aço
Bombas:		
- linha de sucção	0,9 a 2,2	aço
- linha de recalque	2,1 a 3,0	aço
Ácido clorídrico	1,5	rev. de borracha
Ácido sulfúrico 88 a 98%	1,2	F° F°
Amoníaco	1,8	aço
Benzeno	1,8	aço
Cloro	1,5	aço
FLUIDO (líquido)	Velocidade econômica (m/s)	Material da Tubulação
Clorofórmio	1,8	cobre e aço
Hidróxido de sódio		
- solução até 30%	1,8	aço
- solução de 30 a 50%	1,5	aço
- solução de 50 a 73%	1,2	aço
Óleo lubrificante	1,8	aço
Óleo combustível	1,8	aço
Salmoura (CaCl ₂)	1,2	aço
Tetracloro de Carbono	1,8	aço
Tricloro etileno	1,8	aço

Portanto:

$$Q = v \times A = v \times \frac{\pi \times D^2}{4} \therefore D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{v \times \pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 3,1 \times 10^{-3}}{1,5 \times \pi}} \cong 5,13 \times 10^{-2} \text{m} = 51,3 \text{mm}$$

Com o diâmetro calculado e sabendo que o material mais empregado para o transporte do cloro ainda é o aço deve-se consultar a norma, que no caso é a ANSI B.36.10 (para tubos de aço-carbono e aços de baixa liga).

Vamos considerar que a tubulação considerada é a de espessura 40.

Para o exemplo opta-se para a tubulação após a bomba pelo diâmetro nominal de 2" e para antes da bomba o de 3", isto porque o diâmetro de 2,5" pode apresentar dificuldades para se comprar os acessórios hidráulicos.

Diâmetro nominal (pol) -- Diâmetro externo (mm)	Designação de espessura. (v. Nota 2)	Espessura de parede (mm) (v. Nota 3)	Diâmetro interno (mm)	Área da seção livre (cm ²)	Área da seção de metal (cm ²)	Superfície externa (m ² /m)	Peso aproximado (kg/m)		Momento de inércia (cm ⁴)	Momento resistente (cm ³)	Raio de giração (cm)			
							Tubo vazio (Nota 5)	Conteúdo de água						
¼ -- 13,7	10S	1,65	10,4	0,85	0,62	0,043	0,49	0,085	0,116	0,169	0,430			
	Std. 40, 40S	2,23	9,2	0,67	0,81		0,62	0,067				0,138	0,202	0,413
	XS, 80, 80S	3,02	7,7	0,46	1,01		0,79	0,046				0,157	0,229	0,393
1/8 -- 17,1	10S	1,65	13,8	1,50	0,81	0,054	0,63	0,150	0,236	0,285	0,551			
	Std. 40, 40S	2,31	12,5	1,23	1,08		0,84	0,123				0,304	0,354	0,531
	XS, 80, 80S	3,20	10,7	0,91	1,40		1,10	0,090				0,359	0,419	0,506
½ -- 21	Std. 40, 40S	2,77	15,8	1,96	1,61	0,071	0,42	0,20	0,71	0,67	0,66			
	XS, 80, 80S	3,73	13,8	1,51	2,06		1,62	0,15				0,84	0,78	0,64
	160	4,75	11,8	1,10	2,47		1,94	0,11				0,92	0,86	0,61
3/4 -- 27	Std. 40, 40S	2,87	20,9	3,44	2,15	0,083	1,68	0,34	1,54	1,16	0,85			
	XS, 80, 80S	3,91	18,8	2,79	2,80		2,19	0,28				1,86	1,40	0,82
	160	5,54	15,6	1,91	3,68		2,88	0,19				2,19	1,65	0,77
1 -- 33	Std. 40, 40S	3,37	26,6	5,57	3,19	0,105	2,50	0,56	2,64	2,18	1,07			
	XS, 80, 80S	4,55	24,3	4,64	4,12		3,23	0,46				4,40	2,63	1,03
	160	6,35	20,7	3,37	5,39		4,23	0,34				5,21	3,12	0,98
1¼ -- 42	Std. 40, 40S	3,56	35	9,65	4,32	0,132	3,38	0,96	8,11	3,85	1,37			
	XS, 80, 80S	4,85	32,5	8,28	5,68		4,46	0,83				10,06	4,77	1,33
	160	6,35	29,4	6,82	7,14		5,60	0,68				11,82	5,61	1,29
1½ -- 48	Std. 40, 40S	3,68	40,8	13,1	5,15	0,151	4,04	1,31	12,90	5,34	1,58			
	XS, 80, 80S	5,08	38,1	11,4	6,89		5,40	1,14				16,27	6,75	1,54
	160	7,14	33,9	9,07	9,22		7,23	0,91				20,10	8,33	1,48
2 -- 60	Std. 40, 40S	3,91	52,5	21,7	6,93	0,196	5,44	2,17	27,72	9,20	2,00			
	XS, 80, 80S	5,54	49,2	19,0	9,53		7,47	1,90				36,13	11,98	1,95
	160	8,71	42,9	14,4	14,1		11,08	1,44				48,41	16,05	1,85
2½ -- 73	Std. 40, 40S	5,16	62,7	30,9	11,0	0,235	8,62	3,09	63,68	17,44	2,41			
	XS, 80, 80S	7,01	59,0	27,3	14,5		11,40	2,73				80,12	21,95	2,35
	160	9,52	54,0	22,9	19,0		14,89	2,29				97,94	26,83	2,27
3 -- 89	Std. 40, 40S	5,48	77,9	47,7	14,4	0,282	11,28	4,77	125,70	28,26	2,96			
	XS, 80, 80S	7,62	73,6	42,6	19,5		15,25	4,26				162,33	36,48	2,89
	160	11,1	66,7	34,9	27,2		21,31	3,49				209,36	47,14	2,78
-- 89	XS, 80, 80S	15,2	58,4	26,8	35,3		27,65	2,68	249,32	56,22	2,66			

Sugiro a leitura das páginas
38 a 44 da bibliografia básica

(
http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/segundo2008/abertura_segundo.htm
)

para complementação, ainda
que parcial, desta segunda
etapa.

3ª Etapa: esboço da instalação

Através dele, se pode especificar o(s) comprimento(s) da(s) tubulação(ões); as singularidades (acessórios hidráulicos) e os seus respectivos coeficientes de perda de carga singular ou comprimentos equivalentes.

Exemplo

As figuras 8 e 9 representam o esboço de uma instalação hidráulica, que no caso é uma parte da bancada 8 do laboratório de mecânica dos fluidos do Centro Universitário da FEI (sala IS01).

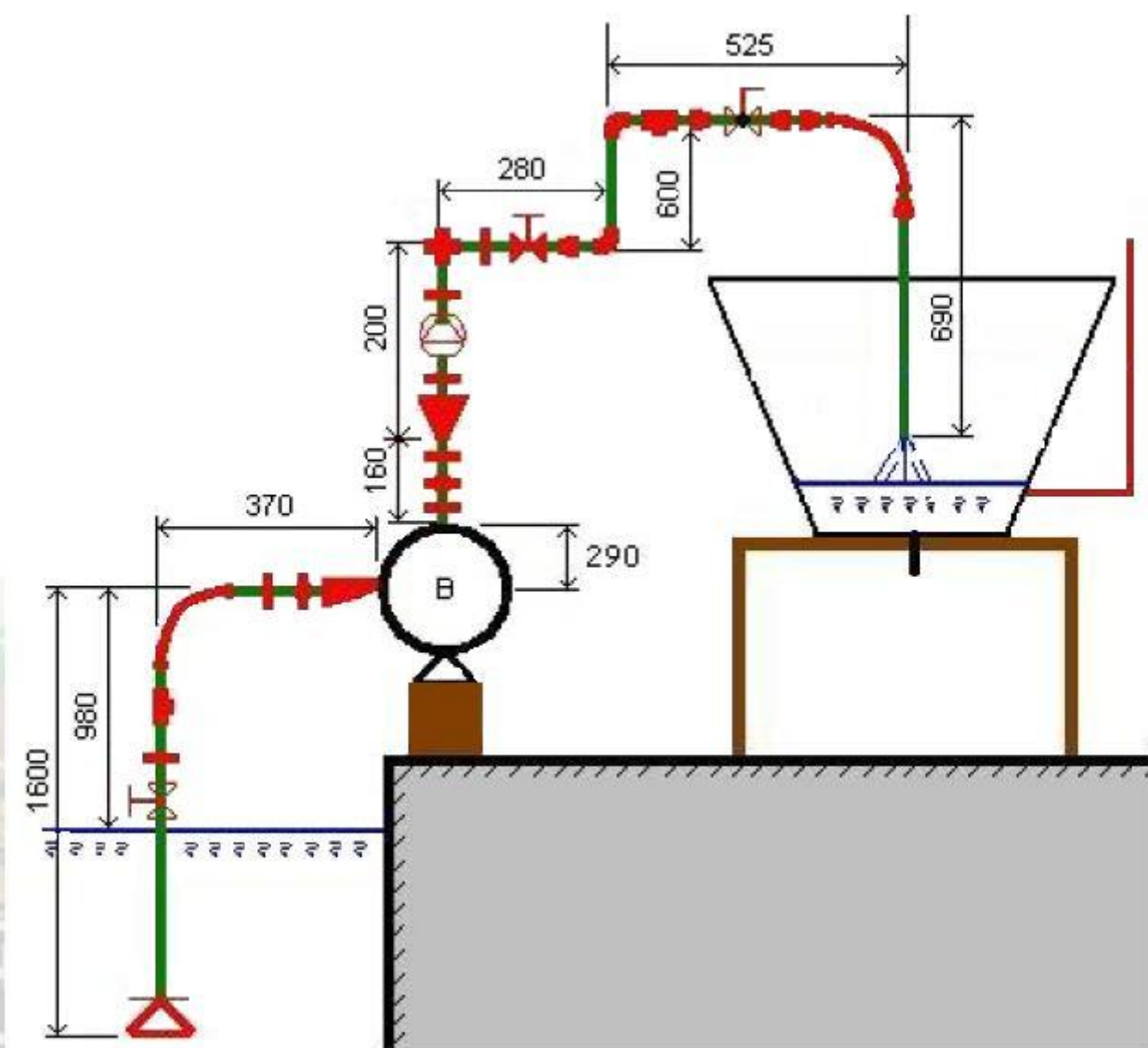


Figura 8 - cotas em mm

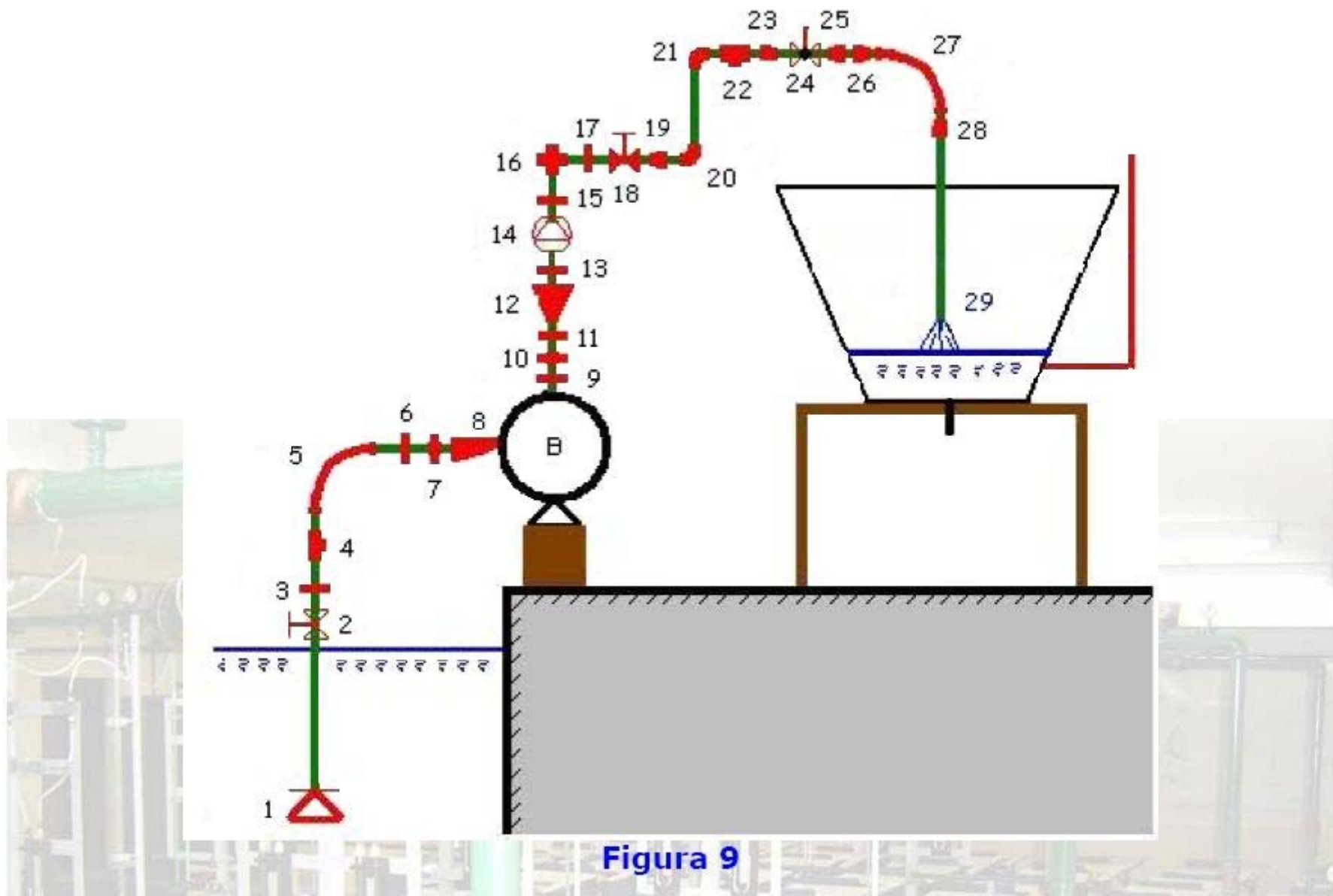
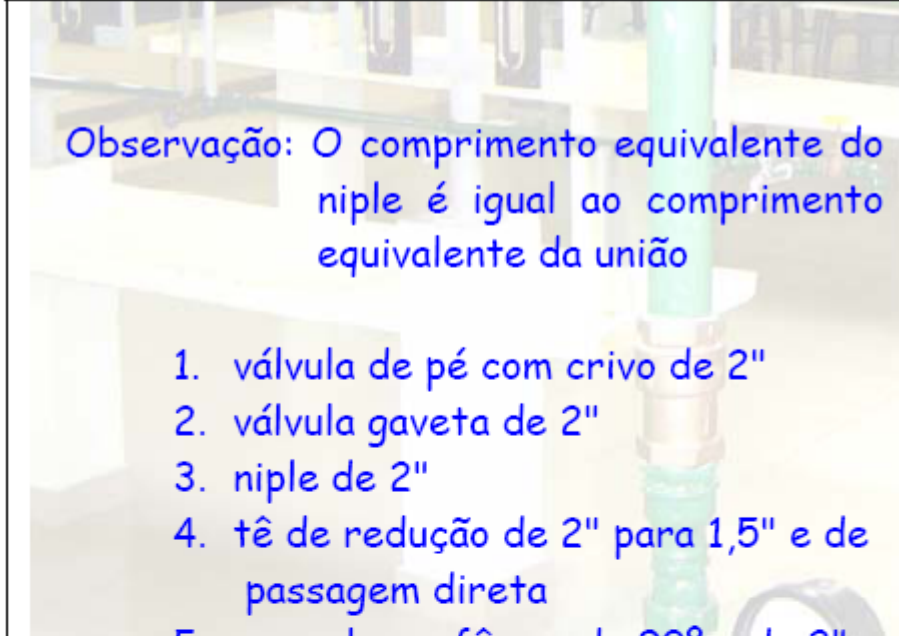
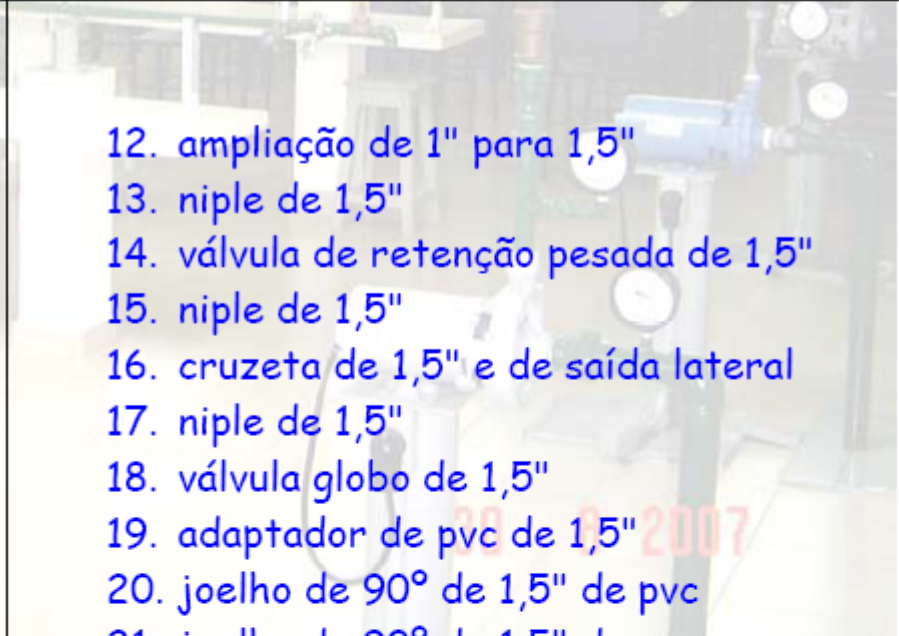


Figura 9



Observação: O comprimento equivalente do niple é igual ao comprimento equivalente da união

1. válvula de pé com crivo de 2"
2. válvula gaveta de 2"
3. niple de 2"
4. tê de redução de 2" para 1,5" e de passagem direta
5. curva longa fêmea de 90° e de 2"
6. niple de 2"
7. união de 2"
8. redução de 2" para 1,5"
9. niple de 1"
10. união de 1"
11. niple de 1"

- 
12. ampliação de 1" para 1,5"
 13. niple de 1,5"
 14. válvula de retenção pesada de 1,5"
 15. niple de 1,5"
 16. cruzeta de 1,5" e de saída lateral
 17. niple de 1,5"
 18. válvula globo de 1,5"
 19. adaptador de pvc de 1,5" de 2007
 20. joelho de 90° de 1,5" de pvc
 21. joelho de 90° de 1,5" de pvc
 22. te de 1,5" de passagem direta de pvc
 23. adaptador de pvc de 1,5"
 24. válvula gaveta de 1,5"
 25. adaptador de pvc de 1,5"
 26. adaptador de pvc de 1,5"
 27. curva longa fêmea de 90° e de 1,5"
 28. adaptador de pvc de 1,5"
 29. saída de tubulação

1ª Parte da atividade 4 (valor 0,15) – o trio deve localizar a instalação das figuras 8 e 9 no laboratório e verificar se as informações dadas (comprimentos de tubos e acessórios hidráulicos) estão corretas.

Importante: esta atividade deve ser enviada para o e-mail:
me5330@escoladavida.eng.br até
07/09/2008 às 20:00 horas

4ª Etapa: equação da CCI (curva característica da instalação)

É obtida aplicando-se a equação da energia (em instalações hidráulicas com uma entrada e uma saída) da seção inicial a seção final e onde a velocidade média do escoamento é substituída por Q/A

$$H_S = (z_f - z_i) + \left(\frac{p_f - p_i}{\gamma} \right) + \left(\frac{y_f \times \alpha_f}{2g \times A_f^2} - \frac{y_i \times \alpha_i}{2g \times A_i^2} \right) \times Q^2 + \sum f_j \times \frac{(L + \sum L_{eq})_j}{D_{Hj}} \times \frac{Q^2}{2g \times A_j^2}$$

$$H_S = H_{est} + B_{inst} \times Q^2$$

onde :

$$H_{est} = (z_f - z_i) + \left(\frac{p_f - p_i}{\gamma} \right)$$

$$B_{inst} = \left(\frac{y_f \times \alpha_f}{2g \times A_f^2} - \frac{y_i \times \alpha_i}{2g \times A_i^2} \right) + \sum f_j \times \frac{(L + \sum L_{eq})_j}{D_{Hj}} \times \frac{1}{2g \times A_j^2}$$

2ª Parte da atividade 4 (valor 0,35) – o trio considerando a instalação de bombeamento representada pelas figuras 8 e 9 deve escrever a equação da CCI em função da vazão (Q) e dos coeficientes de perda de carga distribuída.

Importante: esta atividade também deve ser enviada para o e-mail: me5330@escoladavida.eng.br até 07/09/2008 às 20:00 horas