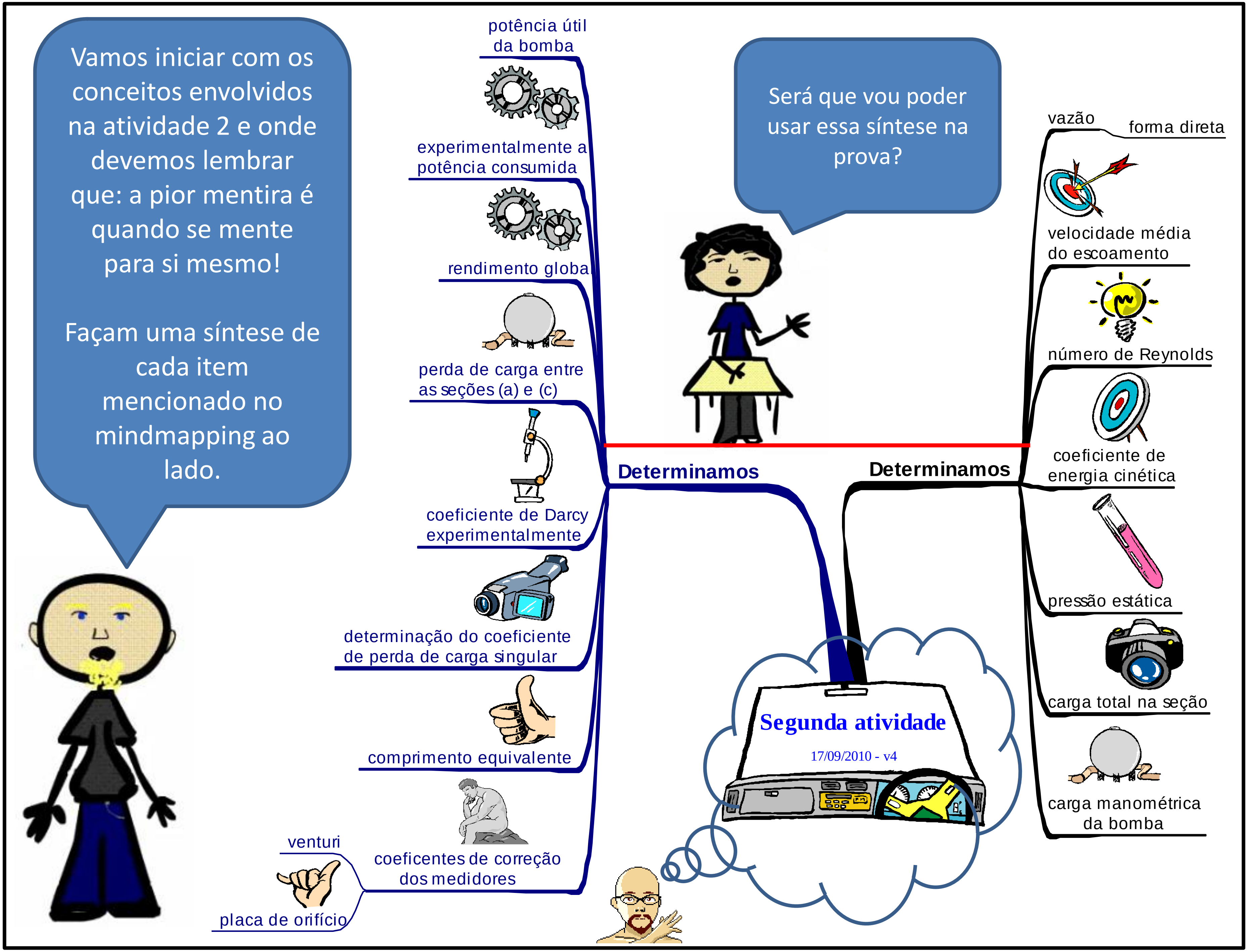
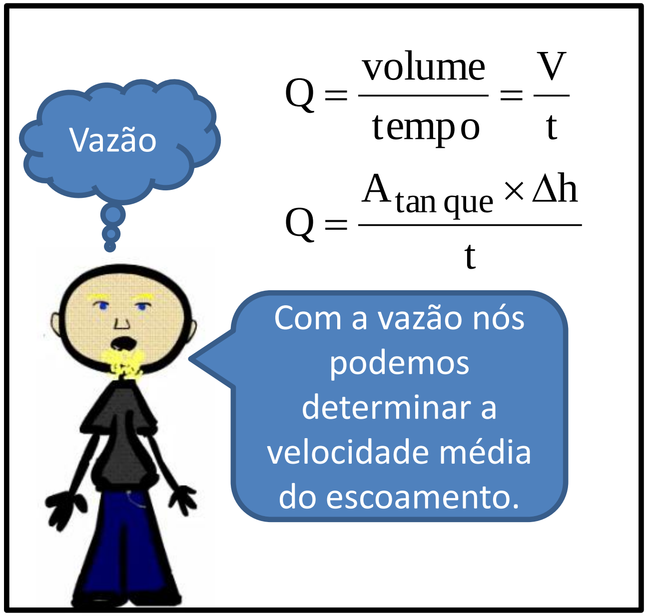
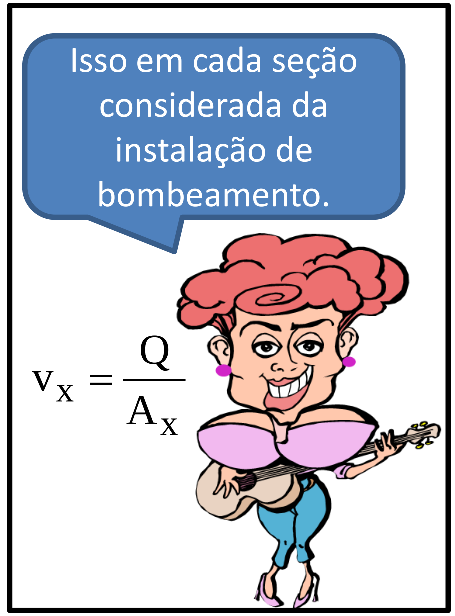
Quinta aula de ME5330

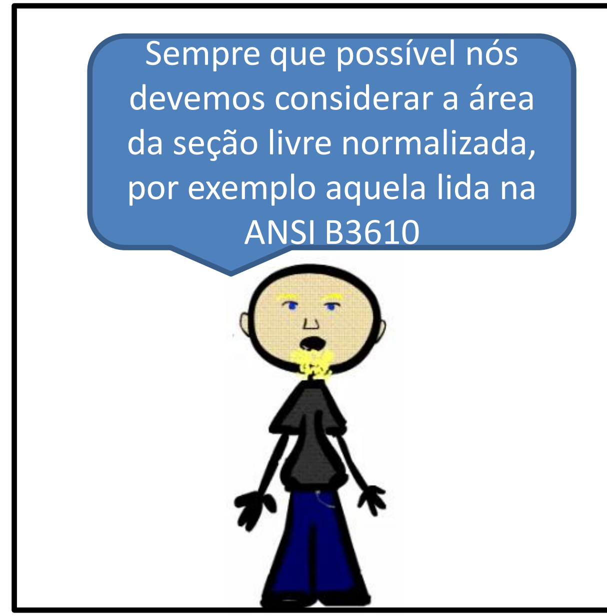
Setembro de 2010

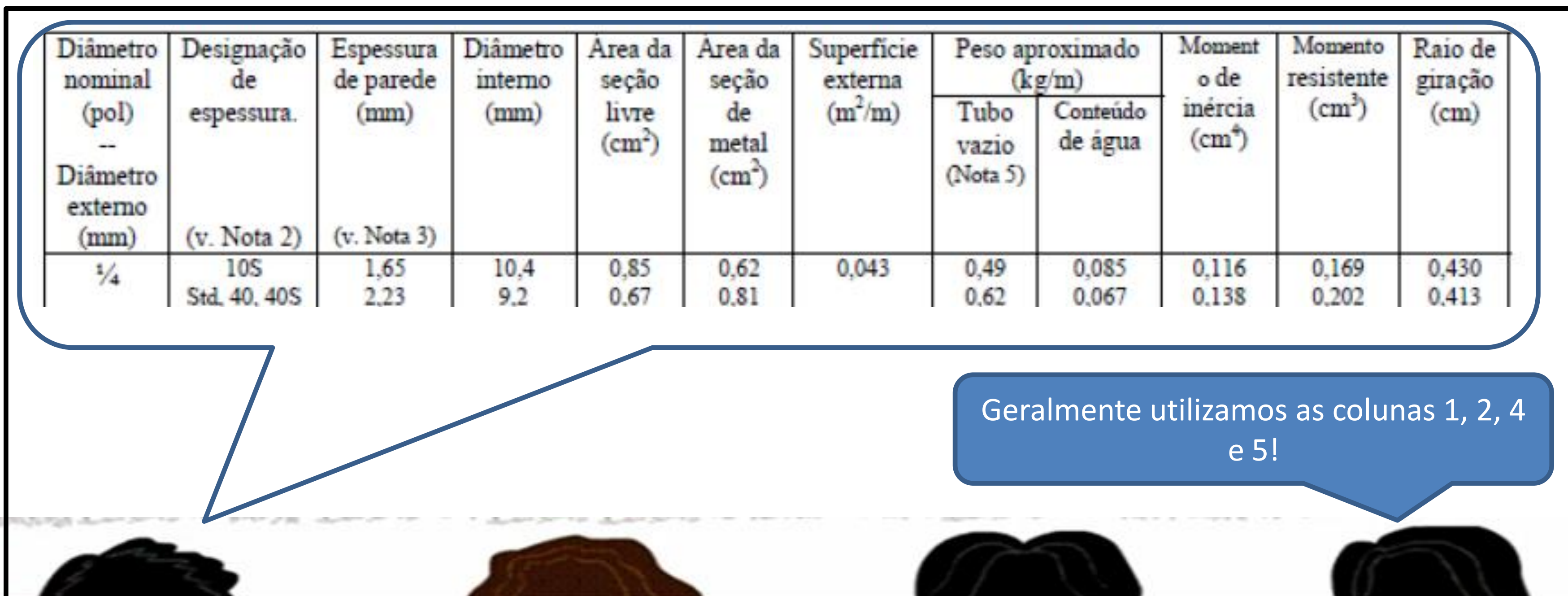
Antes de continuarmos é importante verificar se todos os prérrequisitos estudados foram bem compreendidos.


Vamos iniciar com os conceitos envolvidos na atividade 2 e onde devemos lembrar que: a pior mentira é quando se mente para si mesmo!
Façam uma síntese de cada item mencionado no mindmapping ao lado.
Será que vou poder usar essa síntese na prova?
Segunda atividade
17/09/2010 - v4
Determinamos
potência útil da bomba
experimentalmente a potência consumida
rendimento global
perda de carga entre as seções (a) e (c)
coeficiente de Darcy experimentalmente
determinação do coeficiente de perda de carga singular
comprimento equivalente
coeficentes de correção dos medidores
venturi
placa de orifício
Determinamos
vazão
forma direta
velocidade média do escoamento
número de Reynolds
coeficiente de energia cinética
pressão estática
carga total na seção
carga manométrica da bomba

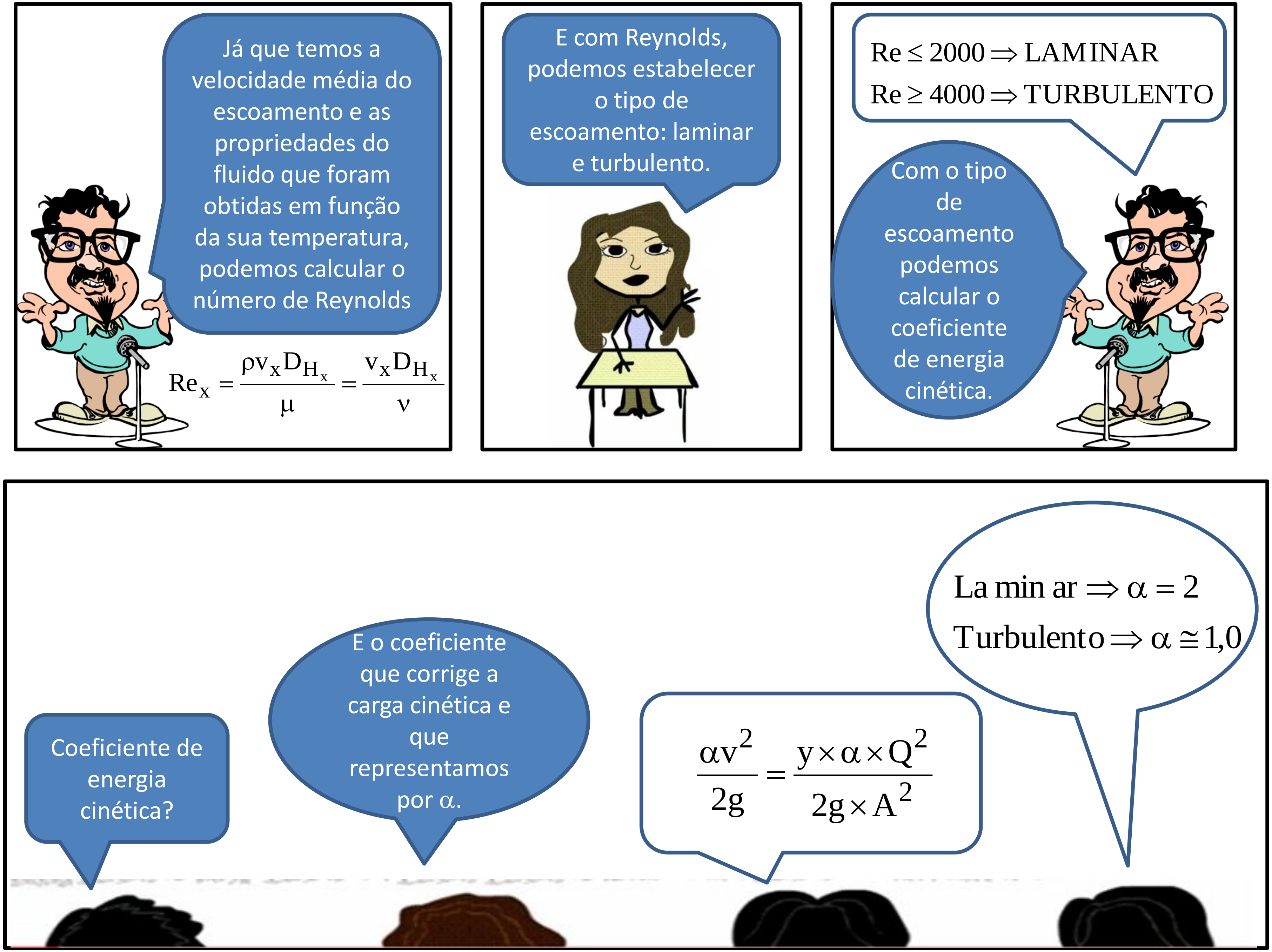




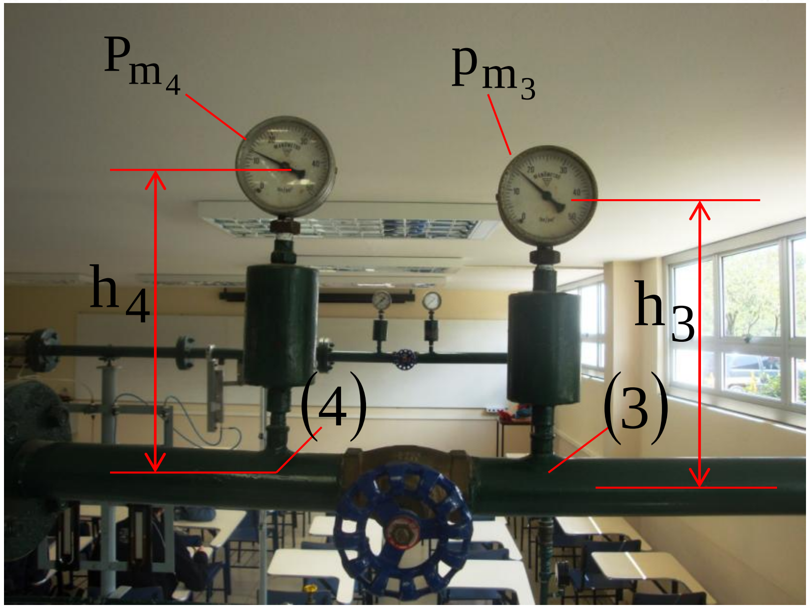




Diâmetro nominal (pol) -- Diâmetro externo (mm)	Designação de espessura. (v. Nota 2)	Espessura de parede (mm) (v. Nota 3)	Diâmetro interno (mm)	Área da seção livre (cm^2)	Área da seção de metal (cm^2)	Superfície externa (m^2/m)	Peso aproximado (kg/m)		Moment o de inércia (cm^4)	Momento resistente (cm^3)	Raio de giração (cm)
							Tubo vazio (Nota 5)	Conteúdo de água			
¼	10S Std. 40, 40S	1,65 2,23	10,4 9,2	0,85 0,67	0,62 0,81	0,043	0,49 0,62	0,085 0,067	0,116 0,138	0,169 0,202	0,430 0,413



Já que temos a velocidade média do escoamento e as propriedades do fluido que foram obtidas em função da sua temperatura, podemos calcular o número de Reynolds
$Re_x = \frac{\rho v_x D_{H_x}}{\mu} = \frac{v_x D_{H_x}}{\nu}$
E com Reynolds, podemos estabelecer o tipo de escoamento: laminar e turbulento.
$Re \leq 2000 \Rightarrow \text{LAMINAR}$
$Re \geq 4000 \Rightarrow \text{TURBULENTO}$
Com o tipo de escoamento podemos calcular o coeficiente de energia cinética.
Coeficiente de energia cinética?
E o coeficiente que corrige a carga cinética e que representamos por α.
$\frac{\alpha v^2}{2g} = \frac{y \times \alpha \times Q^2}{2g \times A^2}$
$\text{La min ar} \Rightarrow \alpha = 2$
$\text{Turbulento} \Rightarrow \alpha \cong 1{,}0$



Aí é fundamental que seja calculada a pressão estática em cada seção considerada, lembrando que a pressão estática é medida perpendicularmente ao escoamento.

$$p_x = p_{m_x} + \gamma \times h_x$$

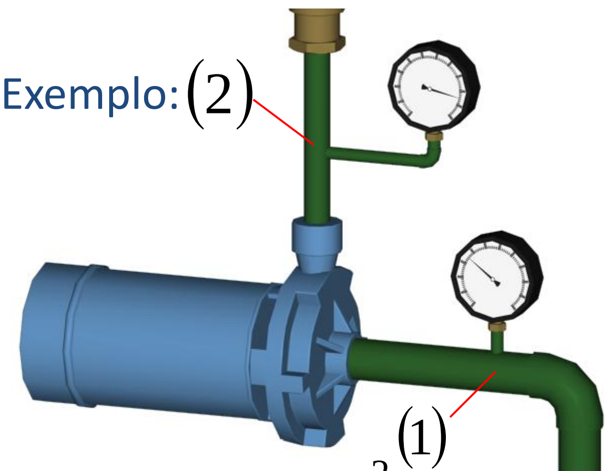
Para a foto, teríamos:

$$p_3 = p_{m_3} + \gamma \times h_3$$

$$p_4 = p_{m_4} + \gamma \times h_4$$

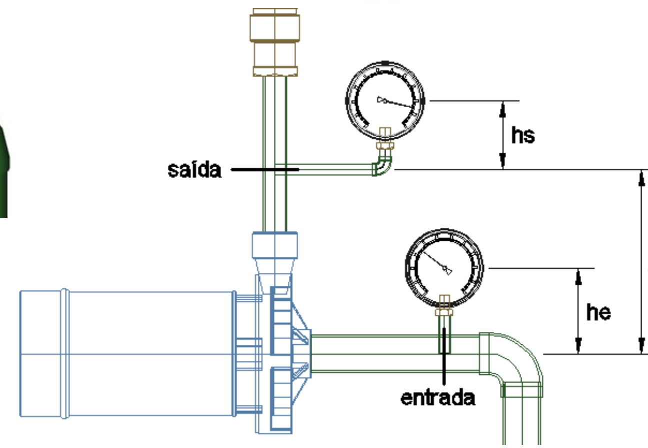
Tendo a velocidade média, a pressão estática e definindo em função do PHR a cota da seção, podemos calcular a carga total na mesma.

Exemplo:



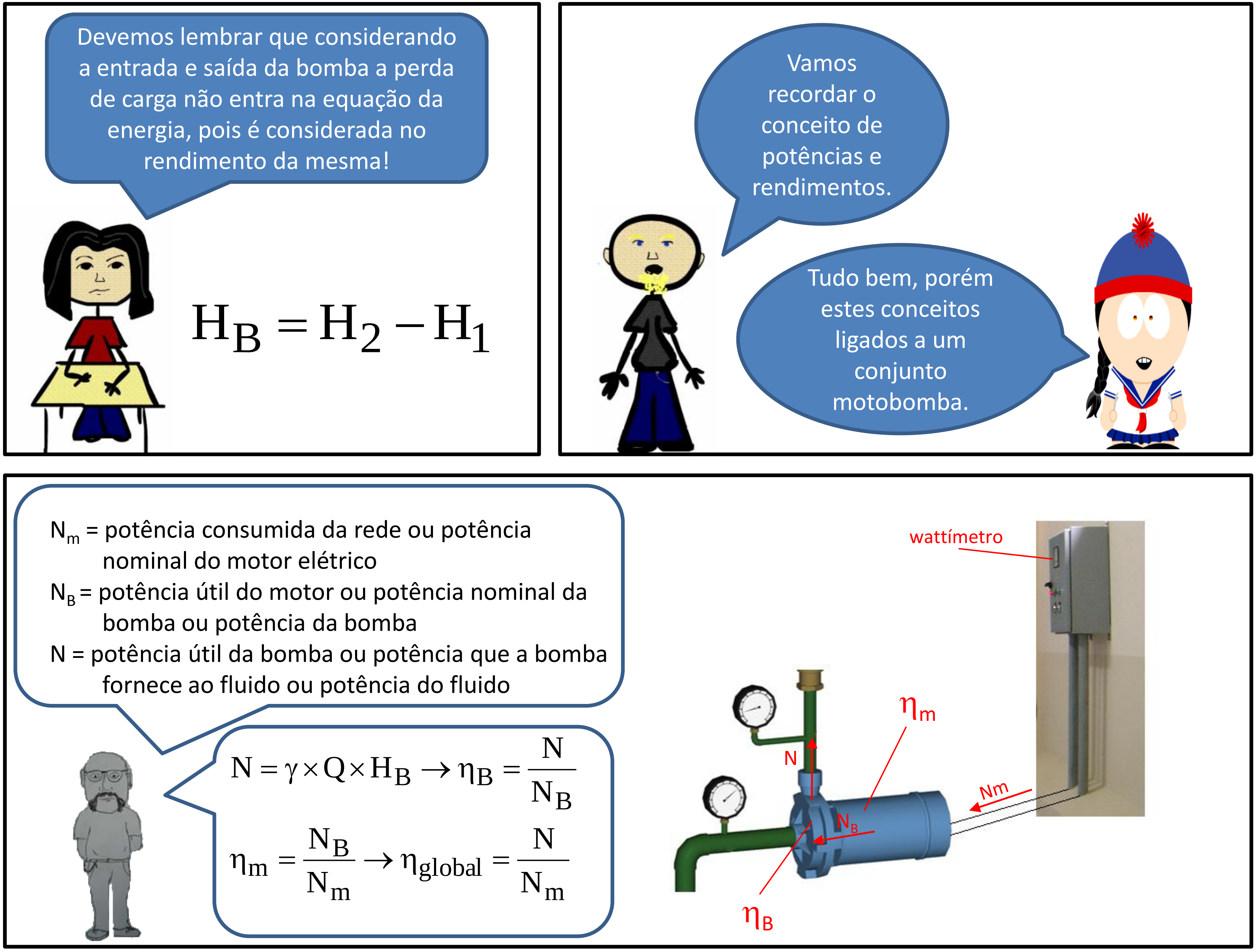
$$H_1 = z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 \times v_1^2}{2g}$$

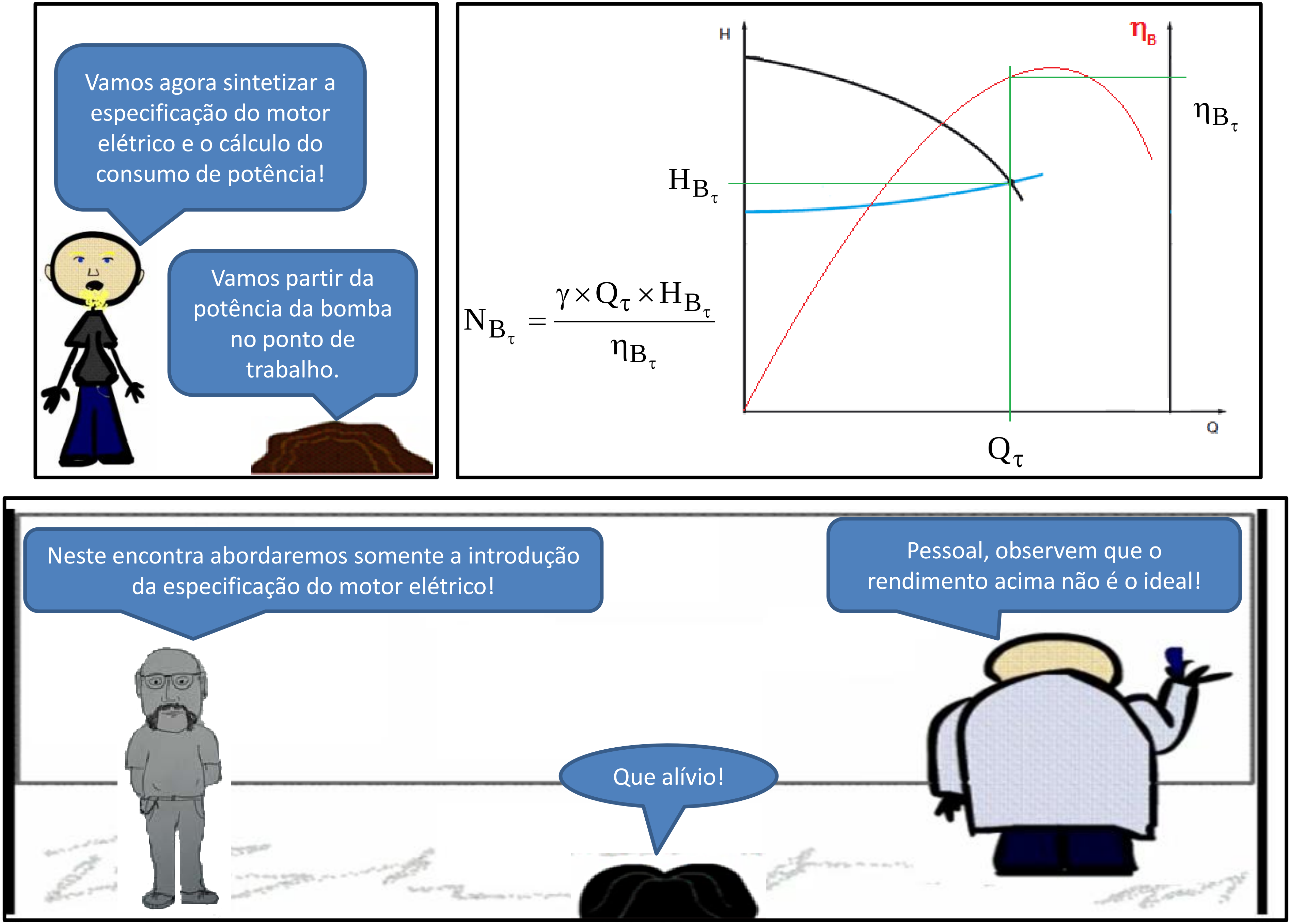
$$H_2 = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 \times v_2^2}{2g}$$



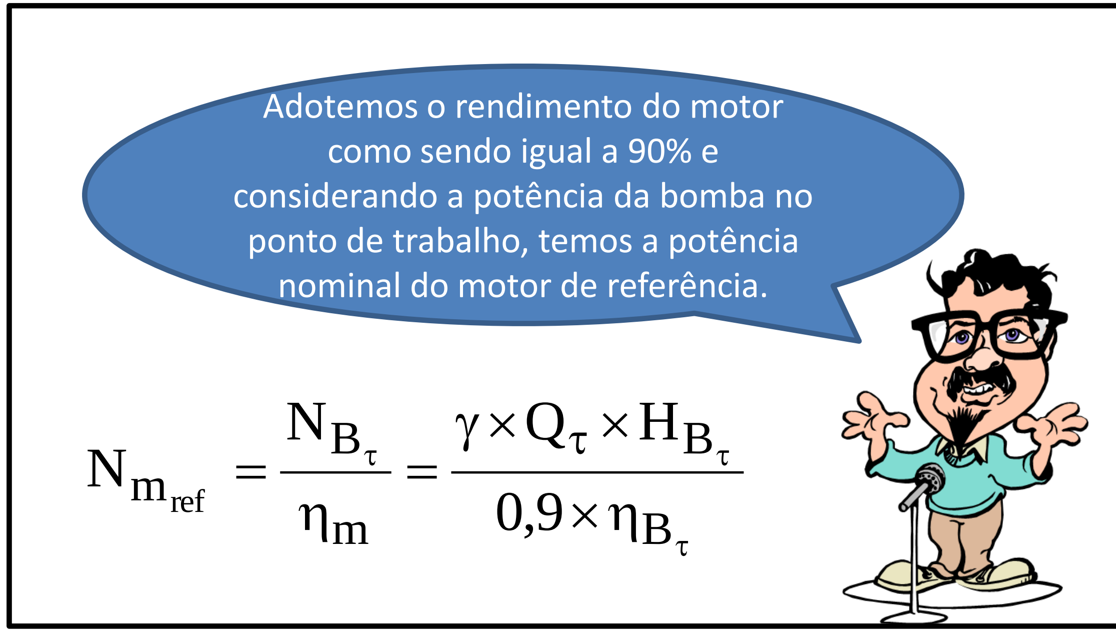
$$H_x = z_x + \frac{p_x}{\gamma} + \frac{\alpha_x v_x^2}{2g}$$

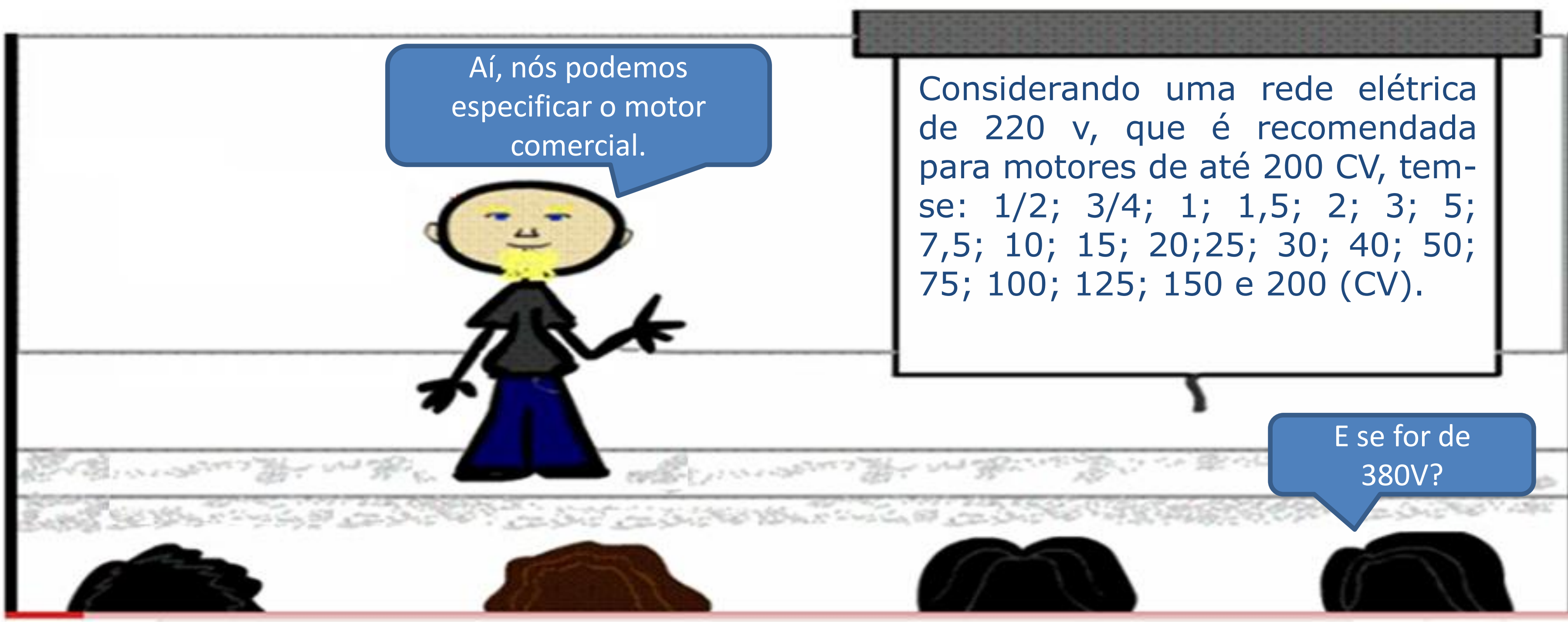
Podemos nesse ponto calcular a carga manométrica da bomba para uma rotação n!

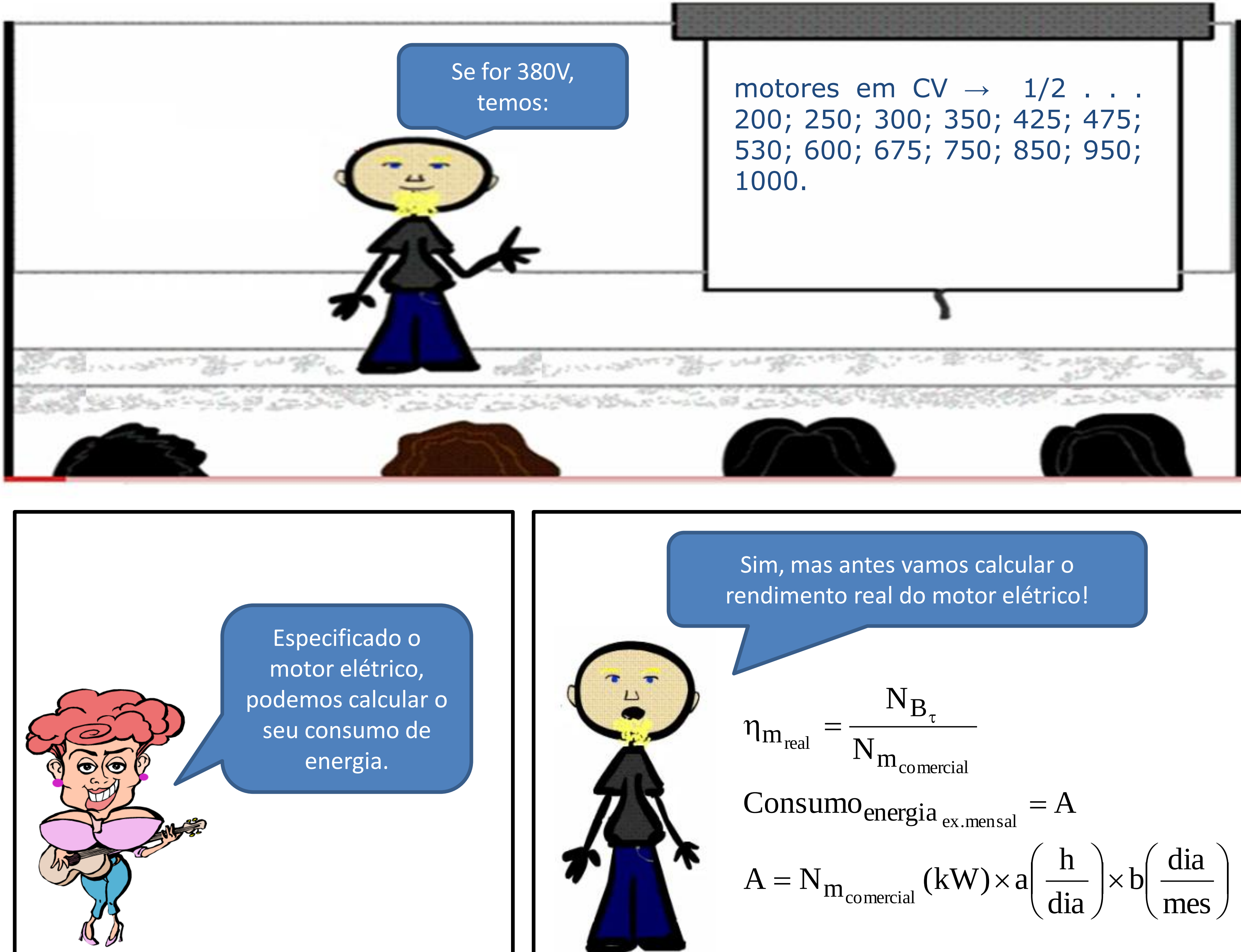

Devemos lembrar que considerando a entrada e saída da bomba a perda de carga não entra na equação da energia, pois é considerada no rendimento da mesma!
$H_B = H_2 - H_1$
Vamos recordar o conceito de potências e rendimentos.
Tudo bem, porém estes conceitos ligados a um conjunto motobomba.
N_m = potência consumida da rede ou potência nominal do motor elétrico
N_B = potência útil do motor ou potência nominal da bomba ou potência da bomba
N = potência útil da bomba ou potência que a bomba fornece ao fluido ou potência do fluido
$N = \gamma \times Q \times H_B \rightarrow \eta_B = \frac{N}{N_B}$
$\eta_m = \frac{N_B}{N_m} \rightarrow \eta_{global} = \frac{N}{N_m}$
wattímetro
η_m
N
Nm
N_B
η_B

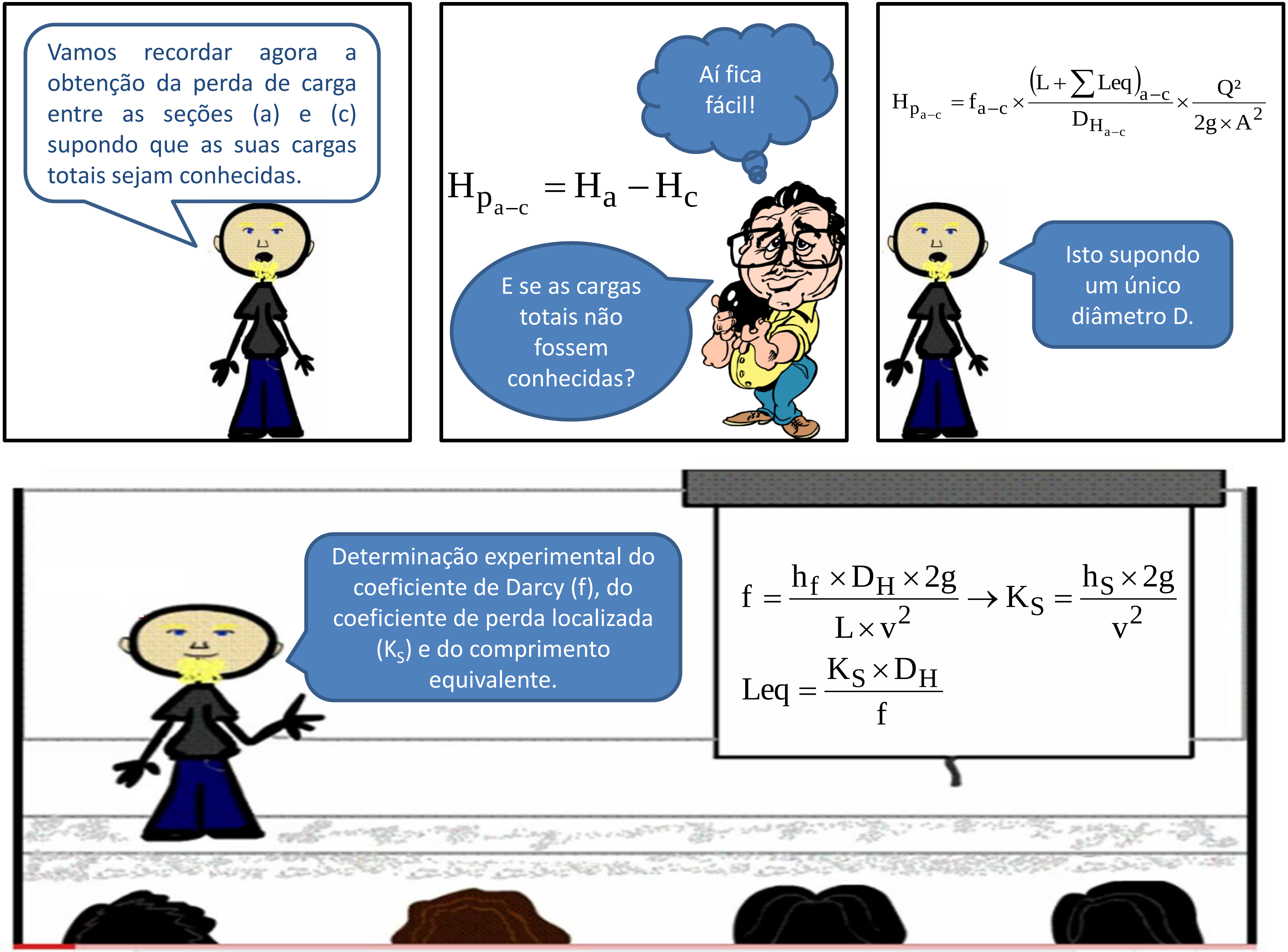

Vamos agora sintetizar a especificação do motor elétrico e o cálculo do consumo de potência!
Vamos partir da potência da bomba no ponto de trabalho.
H
η_B
η_{B_τ}
H_{B_τ}
$N_{B_\tau} = \frac{\gamma \times Q_\tau \times H_{B_\tau}}{\eta_{B_\tau}}$
Q
Q_τ
Neste encontra abordaremos somente a introdução da especificação do motor elétrico!
Pessoal, observem que o rendimento acima não é o ideal!
Que alívio!

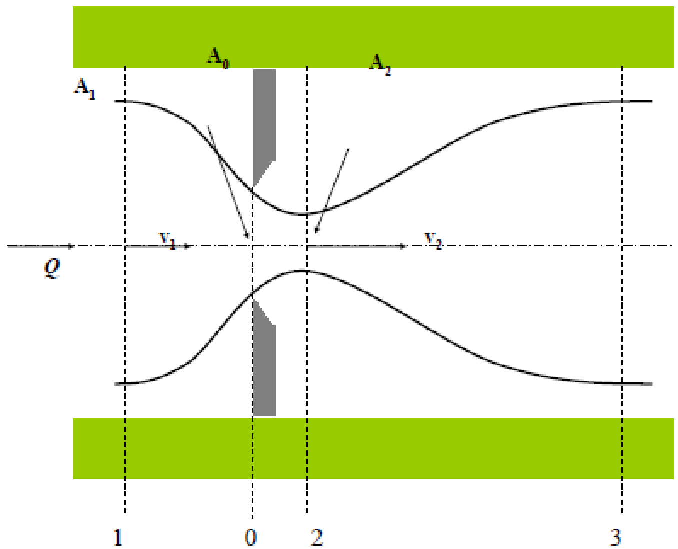

Sim, o rendimento não é o ideal, já que está a direita do rendimento máximo e a tendência, com o passar do tempo, é só diminuir!
Mesmo assim, vamos partir desse exemplo.


Adotemos o rendimento do motor como sendo igual a 90% e considerando a potência da bomba no ponto de trabalho, temos a potência nominal do motor de referência.
$$N_{m_{ref}} = \frac{N_{B_\tau}}{\eta_m} = \frac{\gamma \times Q_\tau \times H_{B_\tau}}{0{,}9 \times \eta_{B_\tau}}$$


Aí, nós podemos especificar o motor comercial.
Considerando uma rede elétrica de 220 v, que é recomendada para motores de até 200 CV, tem-se: 1/2; 3/4; 1; 1,5; 2; 3; 5; 7,5; 10; 15; 20;25; 30; 40; 50; 75; 100; 125; 150 e 200 (CV).
E se for de 380V?

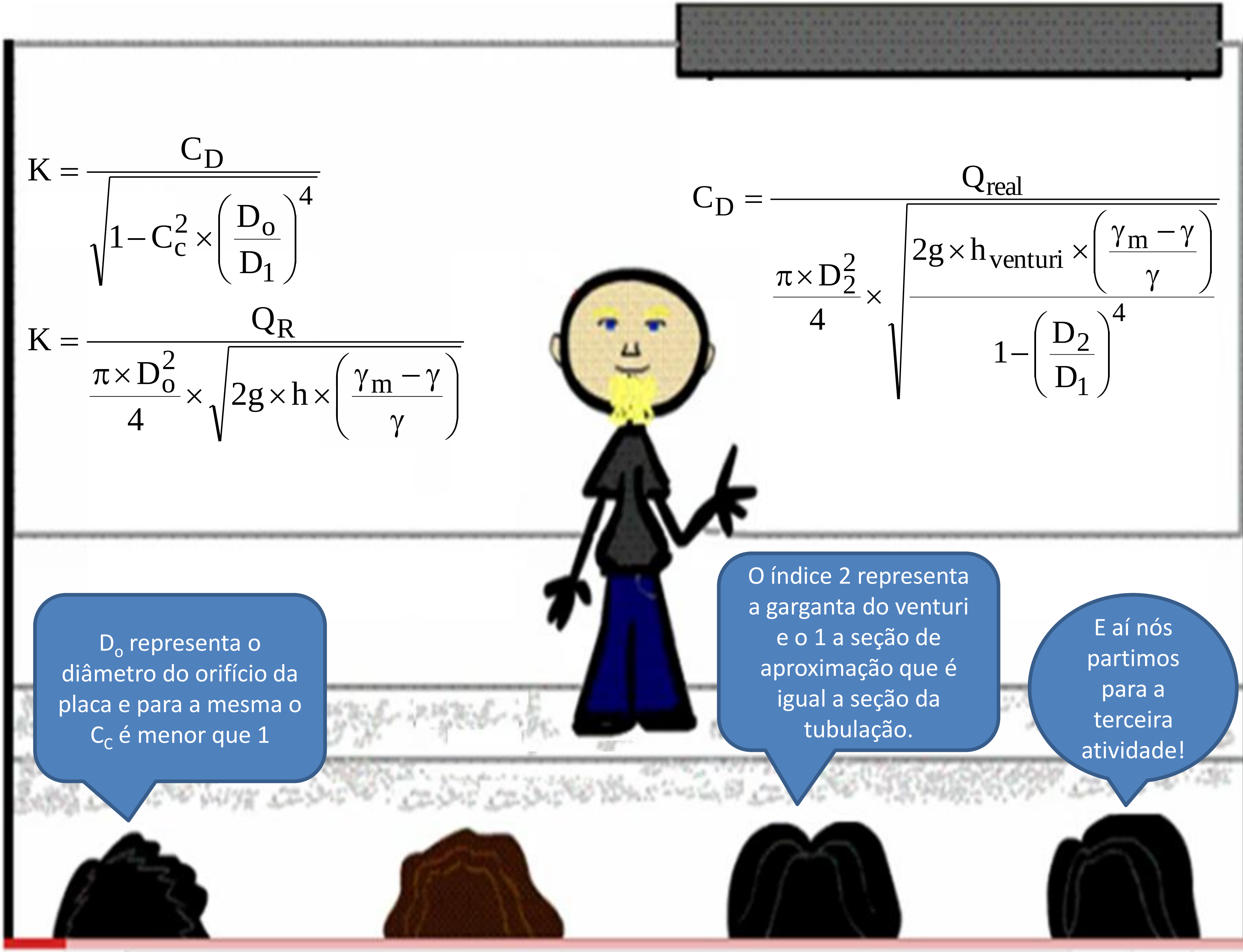

Se for 380V, temos:
motores em CV → 1/2 . . . 200; 250; 300; 350; 425; 475; 530; 600; 675; 750; 850; 950; 1000.
Especificado o motor elétrico, podemos calcular o seu consumo de energia.
Sim, mas antes vamos calcular o rendimento real do motor elétrico!
$\eta_{m_{real}} = \frac{N_{B_\tau}}{N_{m_{comercial}}}$
$\text{Consumo}_{\text{energia}_{\text{ex.mensal}}} = A$
$A = N_{m_{comercial}}(kW) \times a\left(\frac{h}{dia}\right) \times b\left(\frac{dia}{mes}\right)$

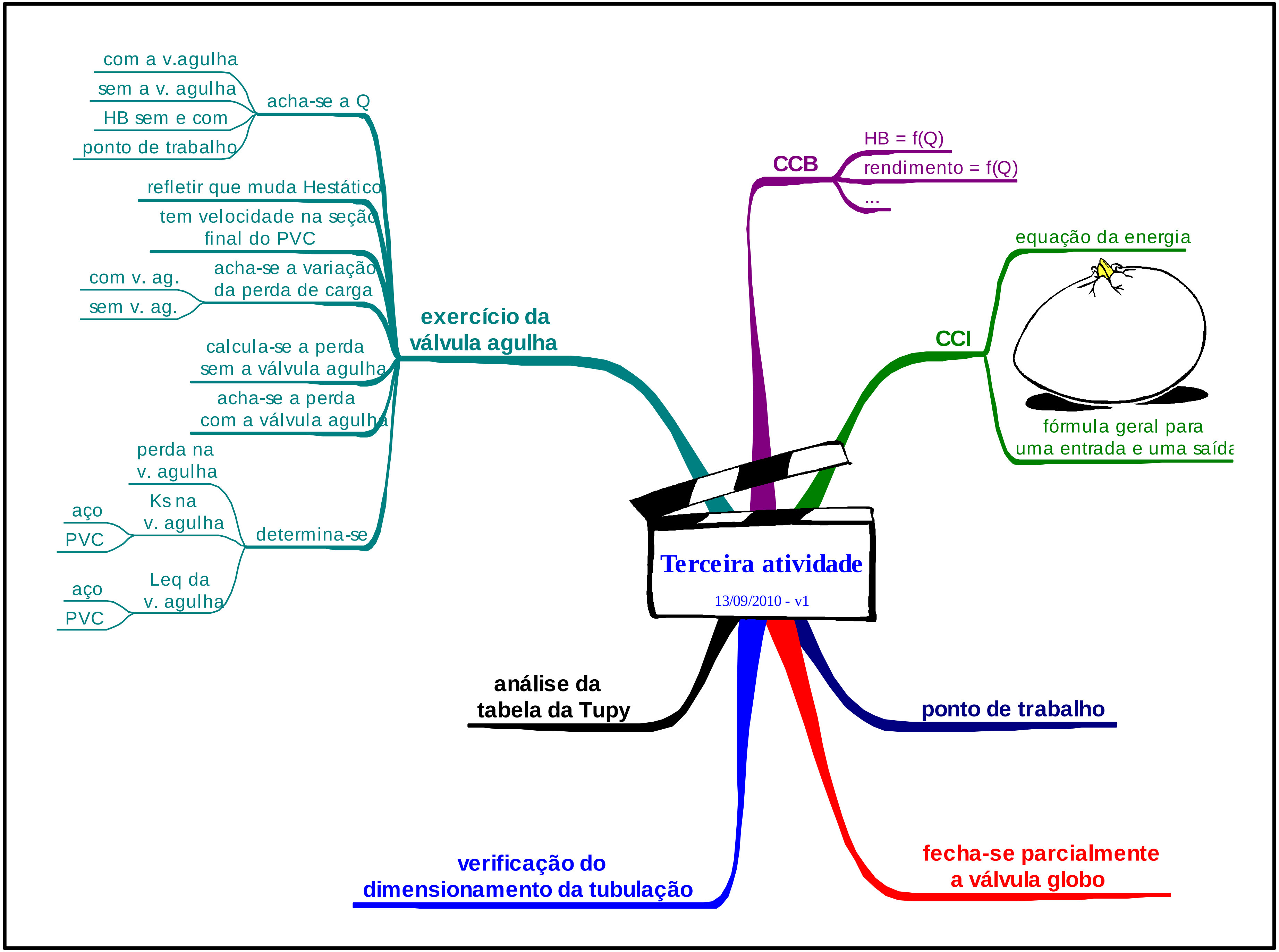

Vamos recordar agora a obtenção da perda de carga entre as seções (a) e (c) supondo que as suas cargas totais sejam conhecidas.
$H_{p_{a-c}} = H_a - H_c$
Aí fica fácil!
E se as cargas totais não fossem conhecidas?
$H_{p_{a-c}} = f_{a-c} \times \frac{(L + \sum Leq)_{a-c}}{D_{H_{a-c}}} \times \frac{Q^2}{2g \times A^2}$
Isto supondo um único diâmetro D.
Determinação experimental do coeficiente de Darcy (f), do coeficiente de perda localizada (K_S) e do comprimento equivalente.
$f = \frac{h_f \times D_H \times 2g}{L \times v^2} \rightarrow K_S = \frac{h_S \times 2g}{v^2}$
$Leq = \frac{K_S \times D_H}{f}$



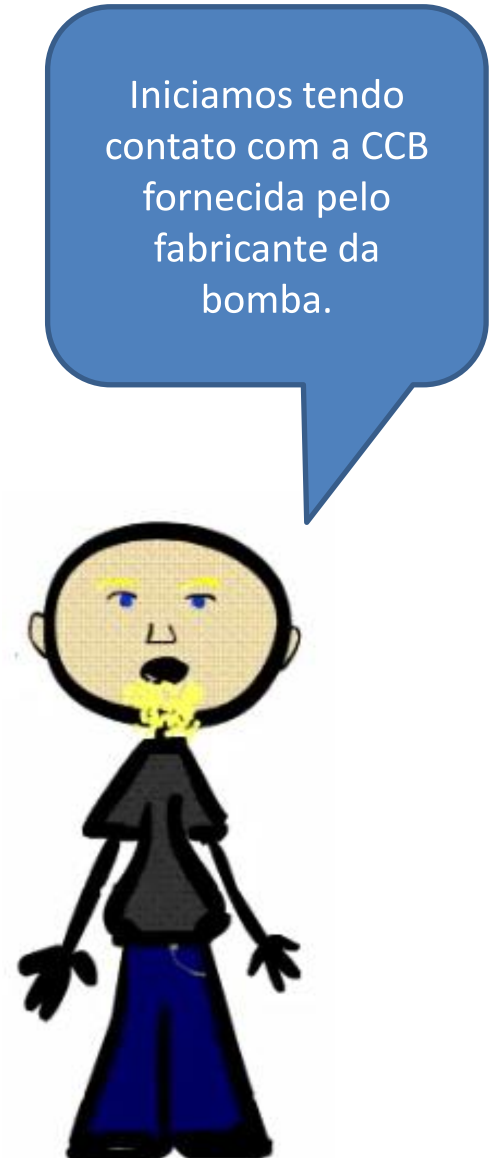
$$Q_{real} = C_D \times \frac{\pi \times D_{medidor}^2}{4} \times \sqrt{\frac{2g \times h_{medidor} \times \left(\frac{\gamma_m - \gamma}{\gamma}\right)}{1 - C_c^2 \times \left(\frac{D_{medidor}}{D_{tubo}}\right)^4}}$$

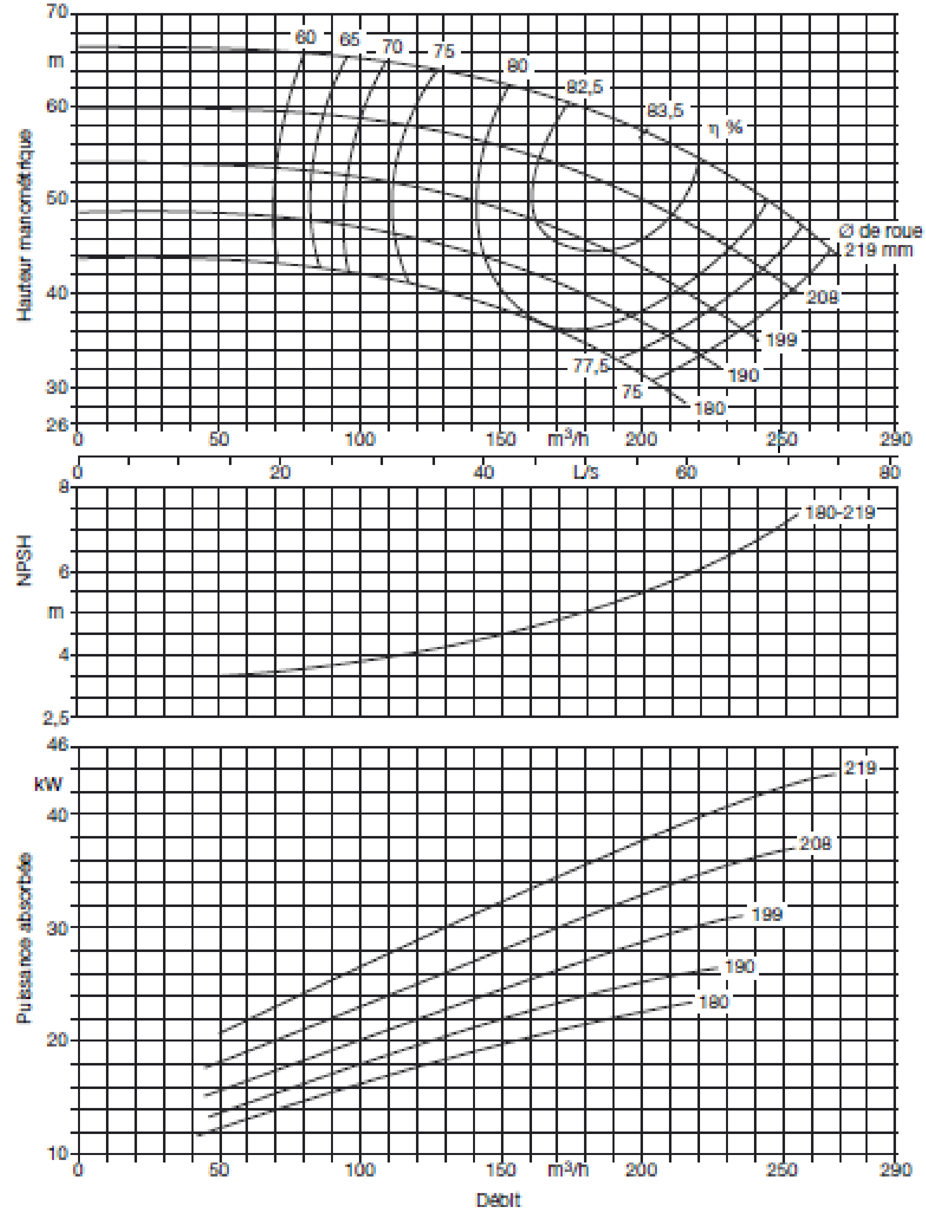
Coeficientes de correção da vazão dos medidores venturi e placa de orifício.

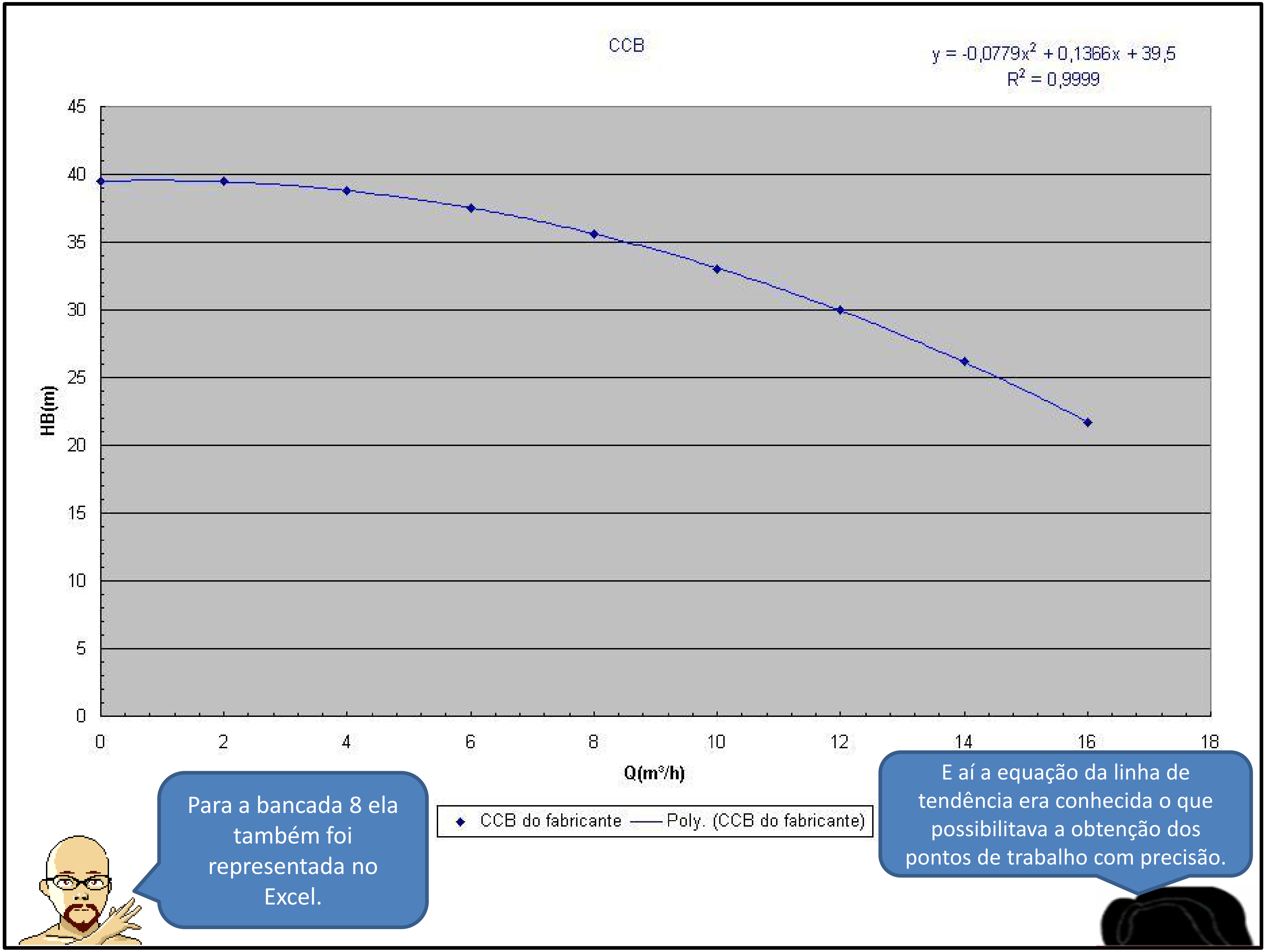

$K = \dfrac{C_D}{\sqrt{1 - C_c^2 \times \left(\dfrac{D_o}{D_1}\right)^4}}$
$K = \dfrac{Q_R}{\dfrac{\pi \times D_o^2}{4} \times \sqrt{2g \times h \times \left(\dfrac{\gamma_m - \gamma}{\gamma}\right)}}$
$C_D = \dfrac{Q_{real}}{\dfrac{\pi \times D_2^2}{4} \times \sqrt{\dfrac{2g \times h_{venturi} \times \left(\dfrac{\gamma_m - \gamma}{\gamma}\right)}{1 - \left(\dfrac{D_2}{D_1}\right)^4}}}$
D_o representa o diâmetro do orifício da placa e para a mesma o C_C é menor que 1
O índice 2 representa a garganta do venturi e o 1 a seção de aproximação que é igual a seção da tubulação.
E aí nós partimos para a terceira atividade!



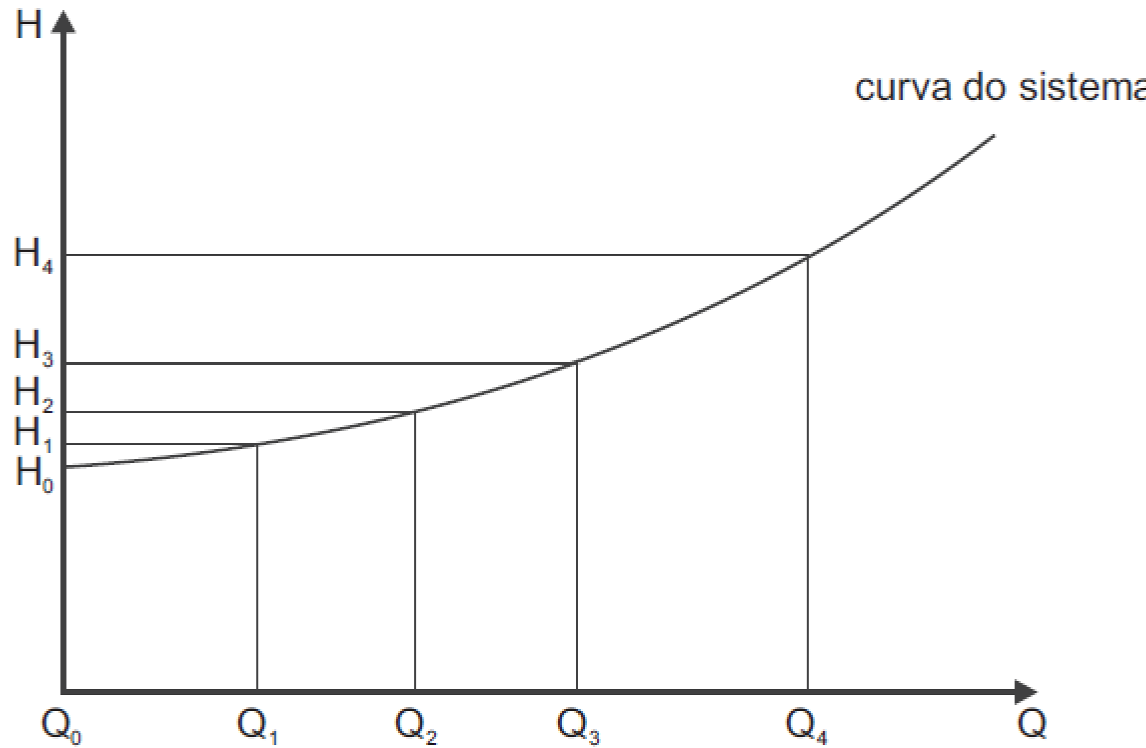
Terceira atividade
13/09/2010 - v1
exercício da válvula agulha
acha-se a Q
com a v.agulha
sem a v. agulha
HB sem e com
ponto de trabalho
refletir que muda Hestático
tem velocidade na seção final do PVC
acha-se a variação da perda de carga
com v. ag.
sem v. ag.
calcula-se a perda sem a válvula agulha
acha-se a perda com a válvula agulha
determina-se
perda na v. agulha
Ks na v. agulha
aço
PVC
Leq da v. agulha
aço
PVC
CCB
HB = f(Q)
rendimento = f(Q)
...
CCI
equação da energia
fórmula geral para uma entrada e uma saída
análise da tabela da Tupy
ponto de trabalho
verificação do dimensionamento da tubulação
fecha-se parcialmente a válvula globo


Iniciamos tendo contato com a CCB fornecida pelo fabricante da bomba.


Hauteur manométrique
m
η %
Ø de roue 219 mm
208
199
190
180
77,5
75
m³/h
L/s
NPSH
m
180-219
Puissance absorbée
kW
219
208
199
190
180
Débit



CCB
$y = -0,0779x^2 + 0,1366x + 39,5$
$R^2 = 0,9999$
HB(m)
Q(m³/h)
CCB do fabricante
Poly. (CCB do fabricante)
Para a bancada 8 ela também foi representada no Excel.
E aí a equação da linha de tendência era conhecida o que possibilitava a obtenção dos pontos de trabalho com precisão.



1 = seção inicial

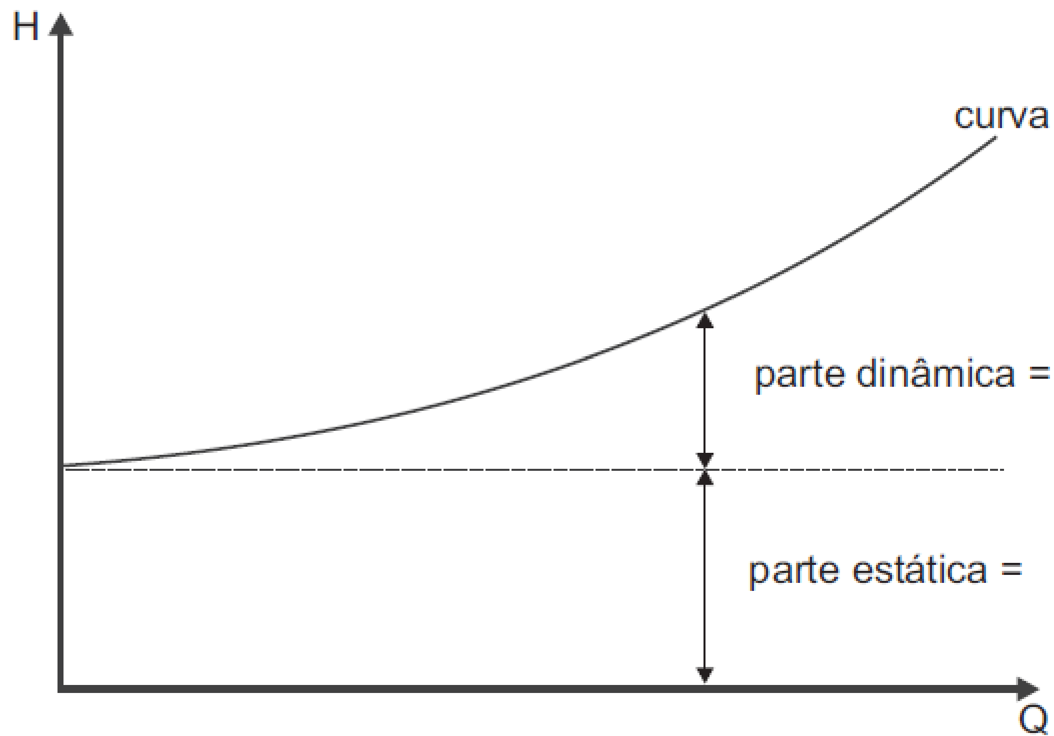
2 = seção final

$$H_1 + H_s = H_2 + H_{p_{totais}}$$

$$H_s = H_2 - H_1 + H_{p_{totais}}$$

$$H_s = (z_f - z_i) + \left(\frac{p_f - p_i}{\gamma}\right) + \left(\frac{\alpha_f \times v_f^2 - \alpha_i \times v_i^2}{2g}\right) + H_{p_{totais}}$$

$$H_s = H_{estática} + \left(\frac{\alpha_f \times v_f^2 - \alpha_i \times v_i^2}{2g}\right) + H_{p_{totais}}$$

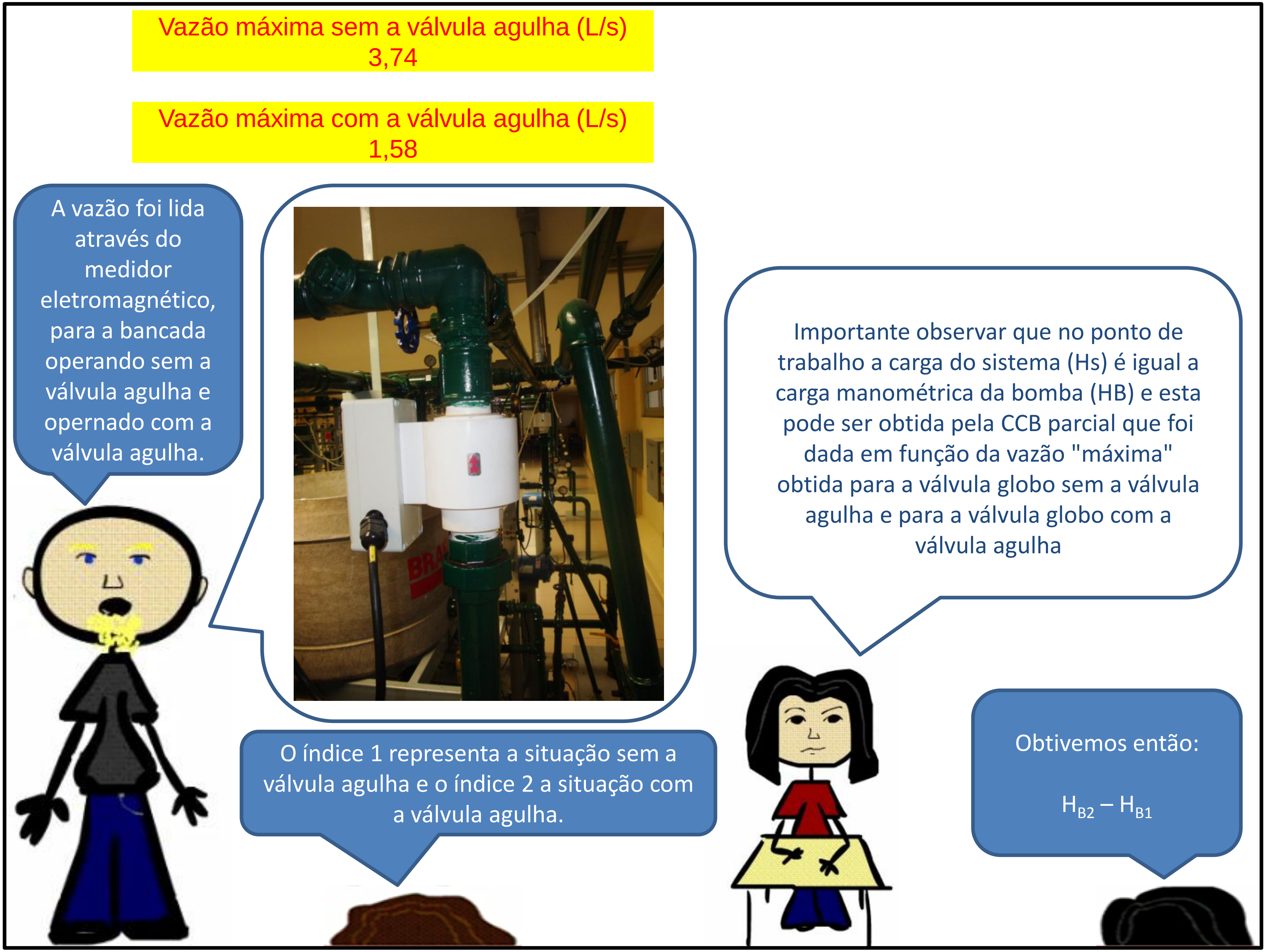


parte dinâmica $= \left(\dfrac{\alpha_f \times v_f^2 - \alpha_i \times v_i^2}{2g}\right) + H_{p_{totais}}$

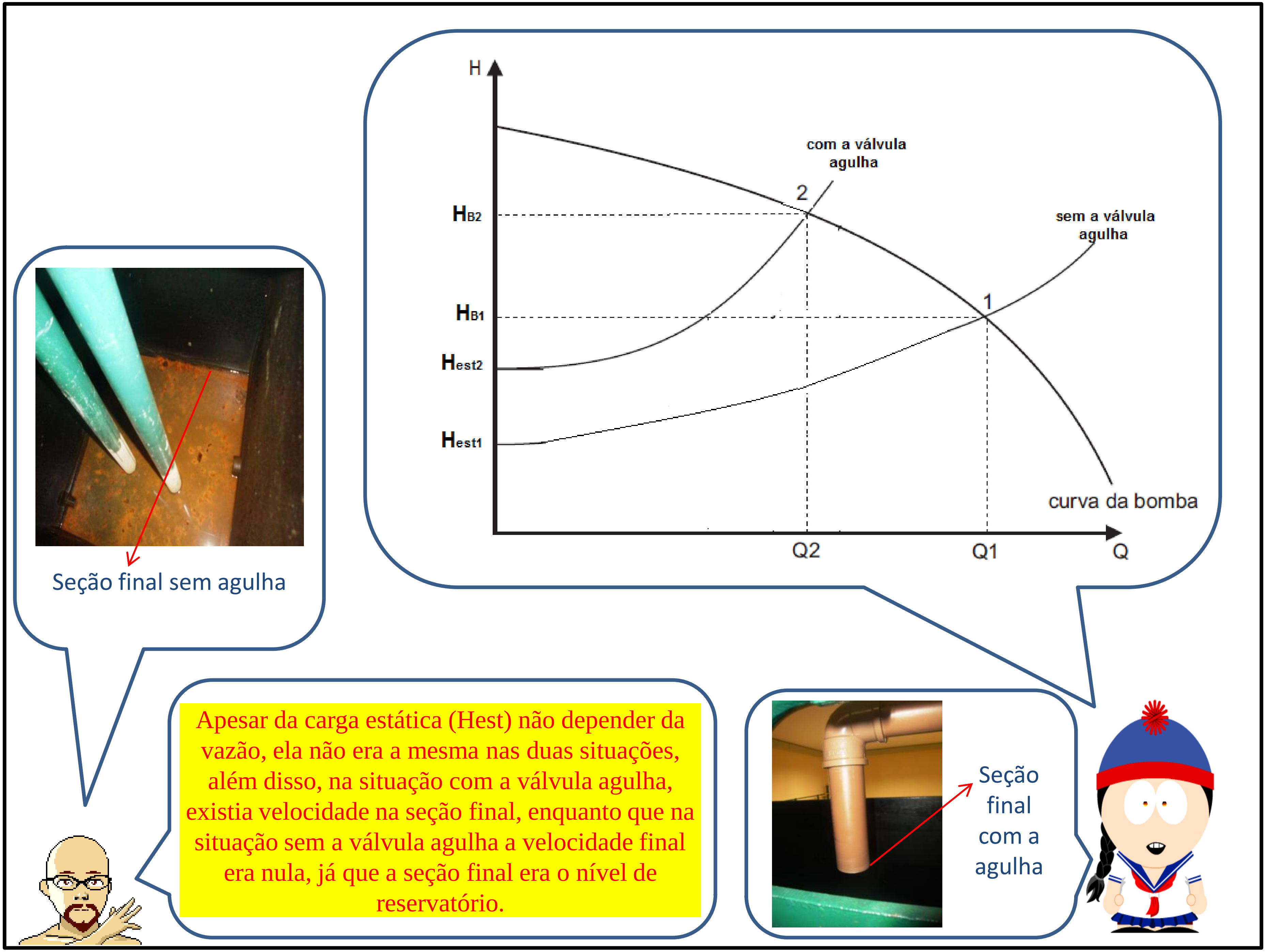
parte estática $= (z_f - z_i) + \left(\dfrac{p_f - p_i}{\gamma}\right)$

Importante observar que a CCI é formada por uma parcela que não depende da vazão (parte estática) e uma que depende da vazão (parte dinâmica).

Evocando o conceito do ponto de trabalho (cruzamento da CCB com a CCI) e como conhecíamos a equação da CCB, êle pode ser obtido para a bancada operando sem a válvula agulha e operando com a válvula agulha.



Vazão máxima sem a válvula agulha (L/s) 3,74
Vazão máxima com a válvula agulha (L/s) 1,58
A vazão foi lida através do medidor eletromagnético, para a bancada operando sem a válvula agulha e opernado com a válvula agulha.
Importante observar que no ponto de trabalho a carga do sistema (Hs) é igual a carga manométrica da bomba (HB) e esta pode ser obtida pela CCB parcial que foi dada em função da vazão "máxima" obtida para a válvula globo sem a válvula agulha e para a válvula globo com a válvula agulha
O índice 1 representa a situação sem a válvula agulha e o índice 2 a situação com a válvula agulha.
Obtivemos então:
$H_{B2} – H_{B1}$



H
H_{B2}
H_{B1}
H_{est2}
H_{est1}
com a válvula agulha
sem a válvula agulha
2
1
curva da bomba
Q2
Q1
Q
Seção final sem agulha
Apesar da carga estática (Hest) não depender da vazão, ela não era a mesma nas duas situações, além disso, na situação com a válvula agulha, existia velocidade na seção final, enquanto que na situação sem a válvula agulha a velocidade final era nula, já que a seção final era o nível de reservatório.
Seção final com a agulha

De
OFF FECHA
ABRE

Portanto:

$$H_{B_2} - H_{B_1} = H_{B_{com_{v.agulha}}} - H_{B_{sem_{v.agulha}}}$$

$$H_{B_{com_{v.agulha}}} - H_{B_{sem_{v.agulha}}} = H_{est_{com_{agulha}}} - H_{est_{sem_{agulha}}} + \left(\frac{\alpha_f \times v_{f\,PVC}^2}{2g} \right) + H_{p_{totais_{com_{agulha}}}} - H_{p_{totais_{sem_{agulha}}}}$$

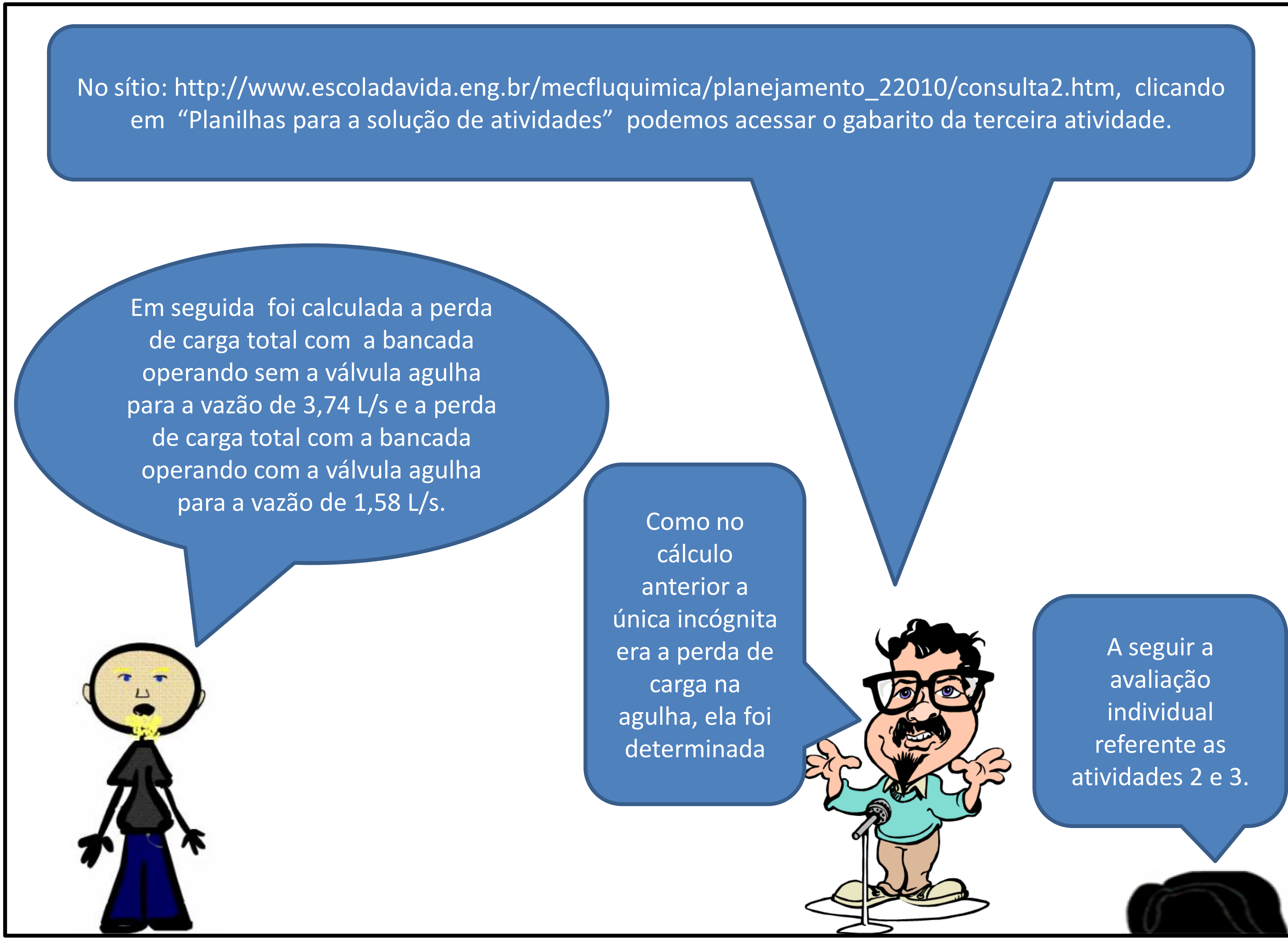
$$\therefore H_{est_{com_{agulha}}} - H_{est_{sem_{agulha}}} + \left(\frac{\alpha_f \times v_{f\,PVC}^2}{2g} \right) + H_{p_{totais_{com_{agulha}}}} - H_{p_{totais_{sem_{agulha}}}}$$

E como a parcela:

$$H_{est_{com_{agulha}}} - H_{est_{sem_{agulha}}} + \left(\frac{\alpha_f \times v_{f\,PVC}^2}{2g} \right)$$

era conhecida, pode-se determinar:

$$H_{p_{totais_{com_{agulha}}}} - H_{p_{totais_{sem_{agulha}}}}$$


No sítio: http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/planejamento_22010/consulta2.htm, clicando em “Planilhas para a solução de atividades” podemos acessar o gabarito da terceira atividade.
Em seguida foi calculada a perda de carga total com a bancada operando sem a válvula agulha para a vazão de 3,74 L/s e a perda de carga total com a bancada operando com a válvula agulha para a vazão de 1,58 L/s.
Como no cálculo anterior a única incógnita era a perda de carga na agulha, ela foi determinada
A seguir a avaliação individual referente as atividades 2 e 3.

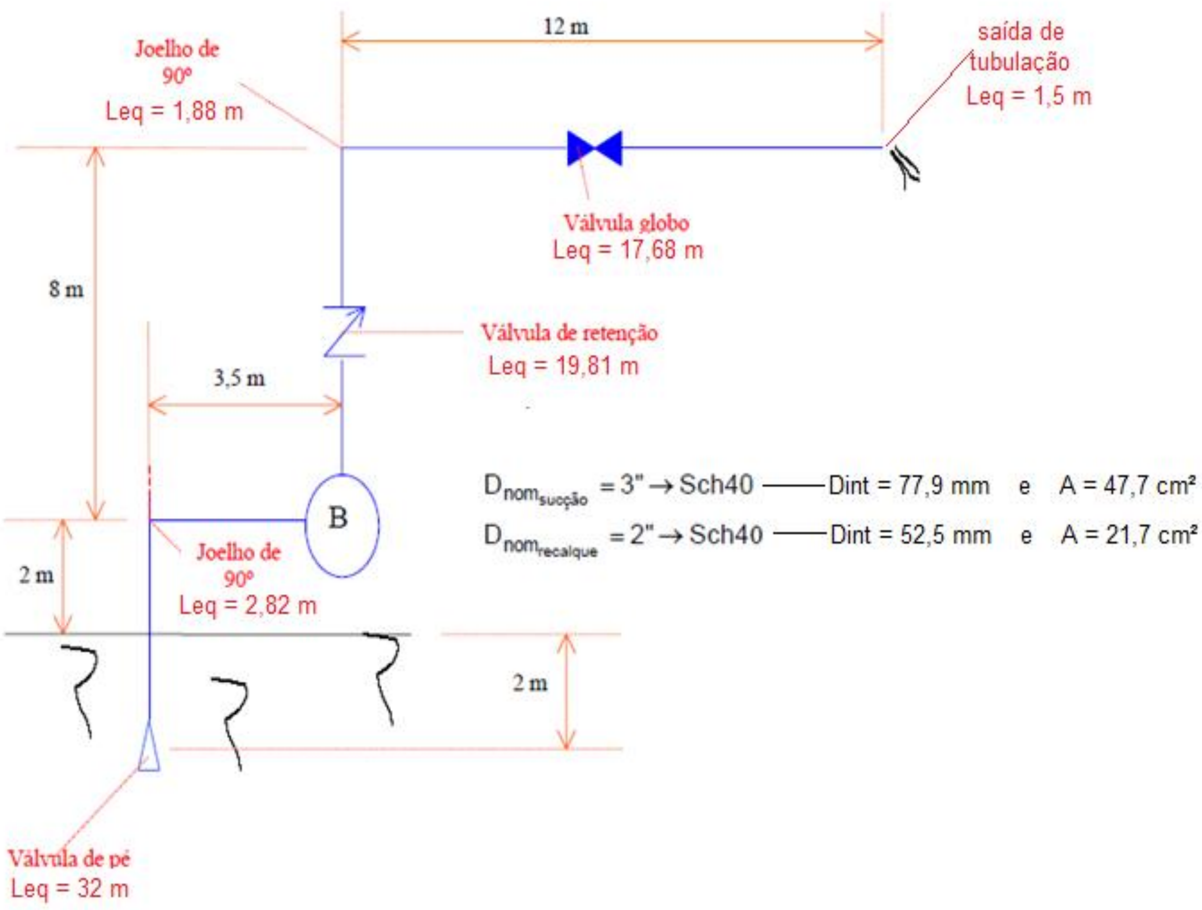
Dada a instalação abaixo, pede-se:

a) Determinar a equação $H_S = f(Q)$ da instalação (CCI) que também deve ficar em função dos coeficientes de perda de carga distribuída; (valor – 1,0)

b) O ponto de funcionamento da bomba para máxima vazão; (valor – 1,0)

c) A potência da bomba quando colocada nesta instalação; (valor – 0,5)

d) O K_S da válvula, se a válvula for fechada até que a vazão caia à metade. (valor 1,5)



Dados:

Através de uma planilha eletrônica e com os dados do fabricante, obteve-se:

$$H_B = -0{,}0066Q^2 + 0{,}1195Q + 38 \rightarrow [H_B] = m \rightarrow [Q] = m^3/h$$
$$\eta_B = -0{,}0592Q^2 + 4{,}1966Q - 1{,}5619 \rightarrow [\eta_B] = \% \rightarrow [Q] = m^3/h$$

Com os dados do fluido bombeado e com as vazões fornecidas pelo fabricante da bomba, obtiveram-se os valores médios para os coeficientes de perda de carga distribuída:

$$f_{3''} = 0{,}0211 \rightarrow f_{2''} = 0{,}0214$$

Massa específica do fluido bombeado igual a 998,2 kg/m³ e aceleração da gravidade local igual a 9,8 m/s².

Para a vazão a metade (item d) considere:

$$f_{3''} = 0{,}0216 \rightarrow f_{2''} = 0{,}0217$$