


# Décima primeira aula de laboratório de ME5330

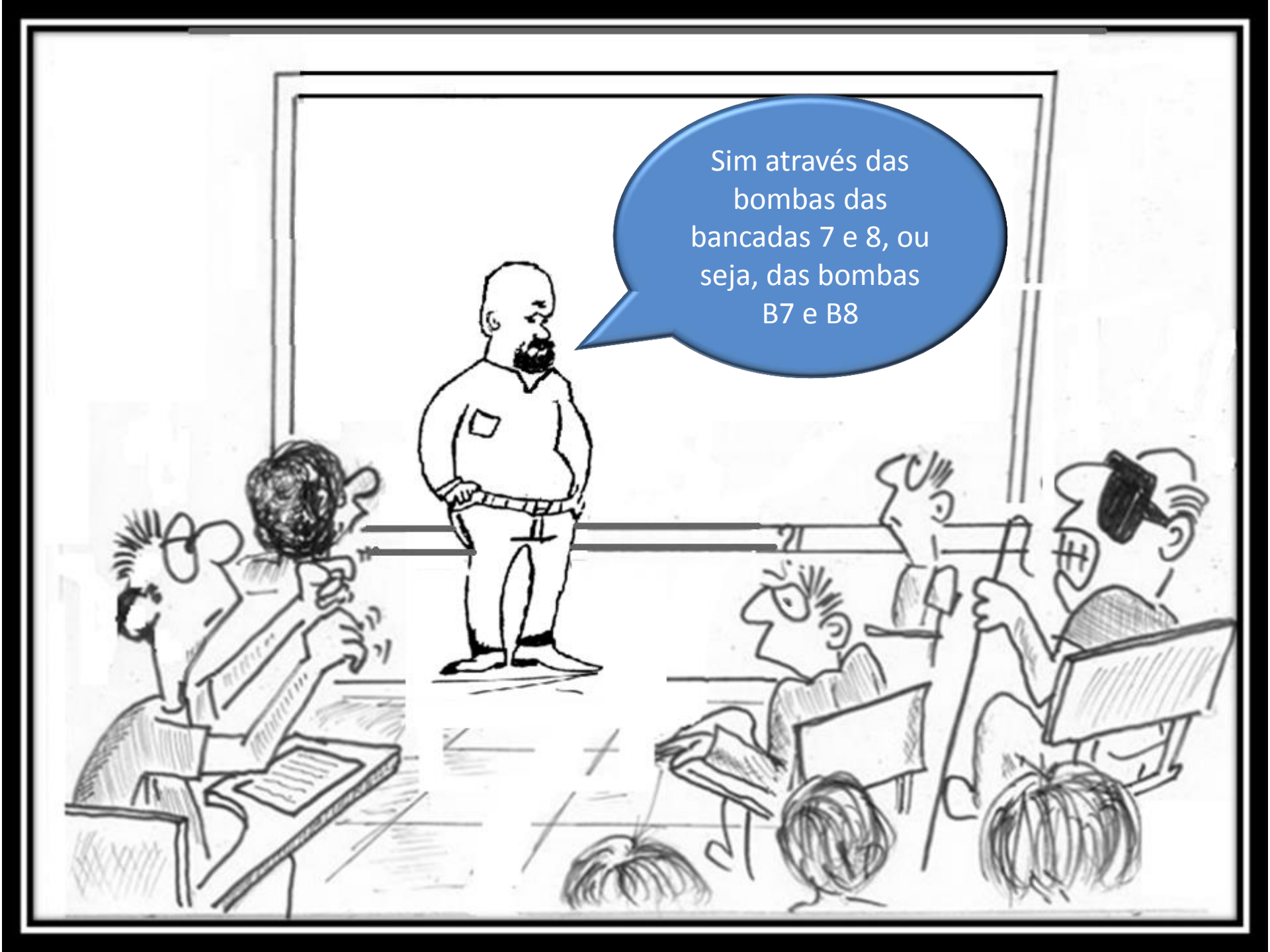
Primeiro semestre de  
2015



A black and white cartoon illustration of a lecture hall. A man with a beard and a white shirt stands at the front, speaking. He has his hands on his hips. A large blue speech bubble next to him contains the text 'Experiência da associação em paralelo de bombas'. In the foreground, several audience members are seated at desks, looking towards the speaker. One man on the right is wearing sunglasses and holding a pen. Another man on the left is looking towards the speaker. The room has a simple rectangular frame in the background.

Experiência da  
associação em  
paralelo de  
bombas

É possível  
visualizar esta  
associação em  
paralelo no  
laboratório?



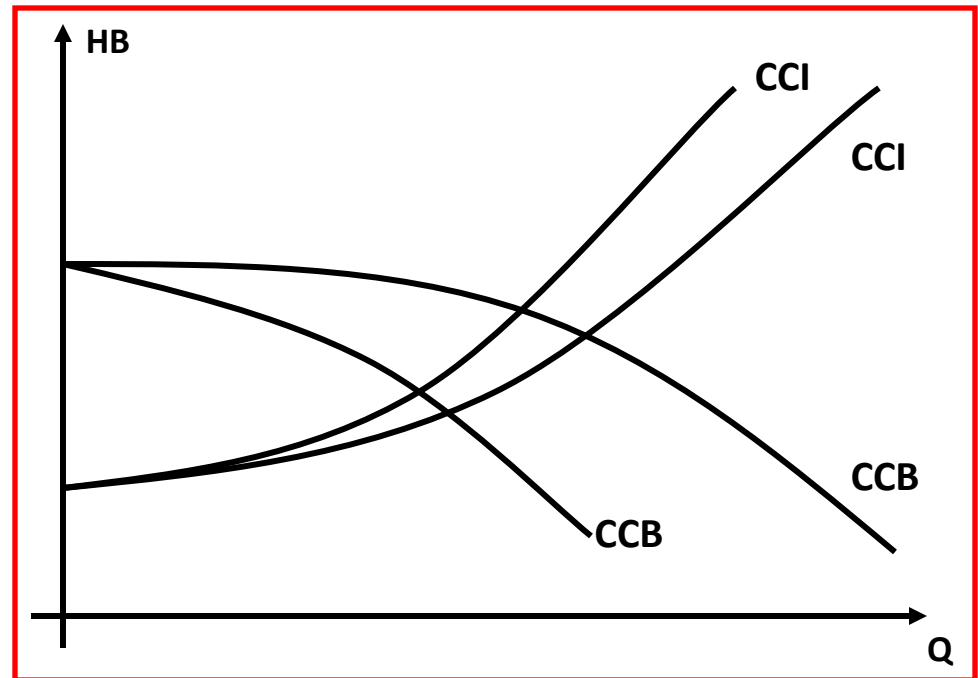
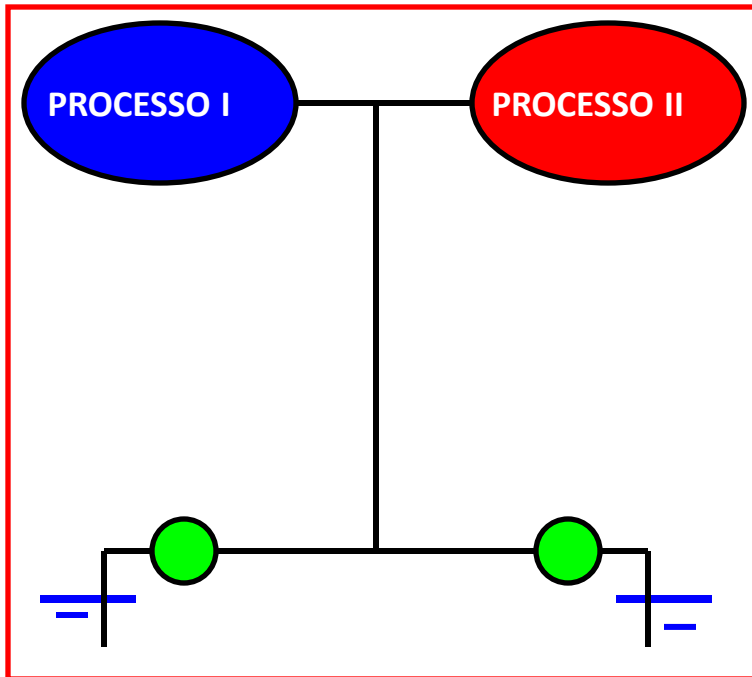
Sim através das  
bombas das  
bancadas 7 e 8, ou  
seja, das bombas  
B7 e B8

## ASSOCIAÇÃO EM PARALELO DE BOMBAS:

 QUANDO É NECESSÁRIA?

 OBTENÇÃO DE UMA MAIOR VAZÃO “Q”...

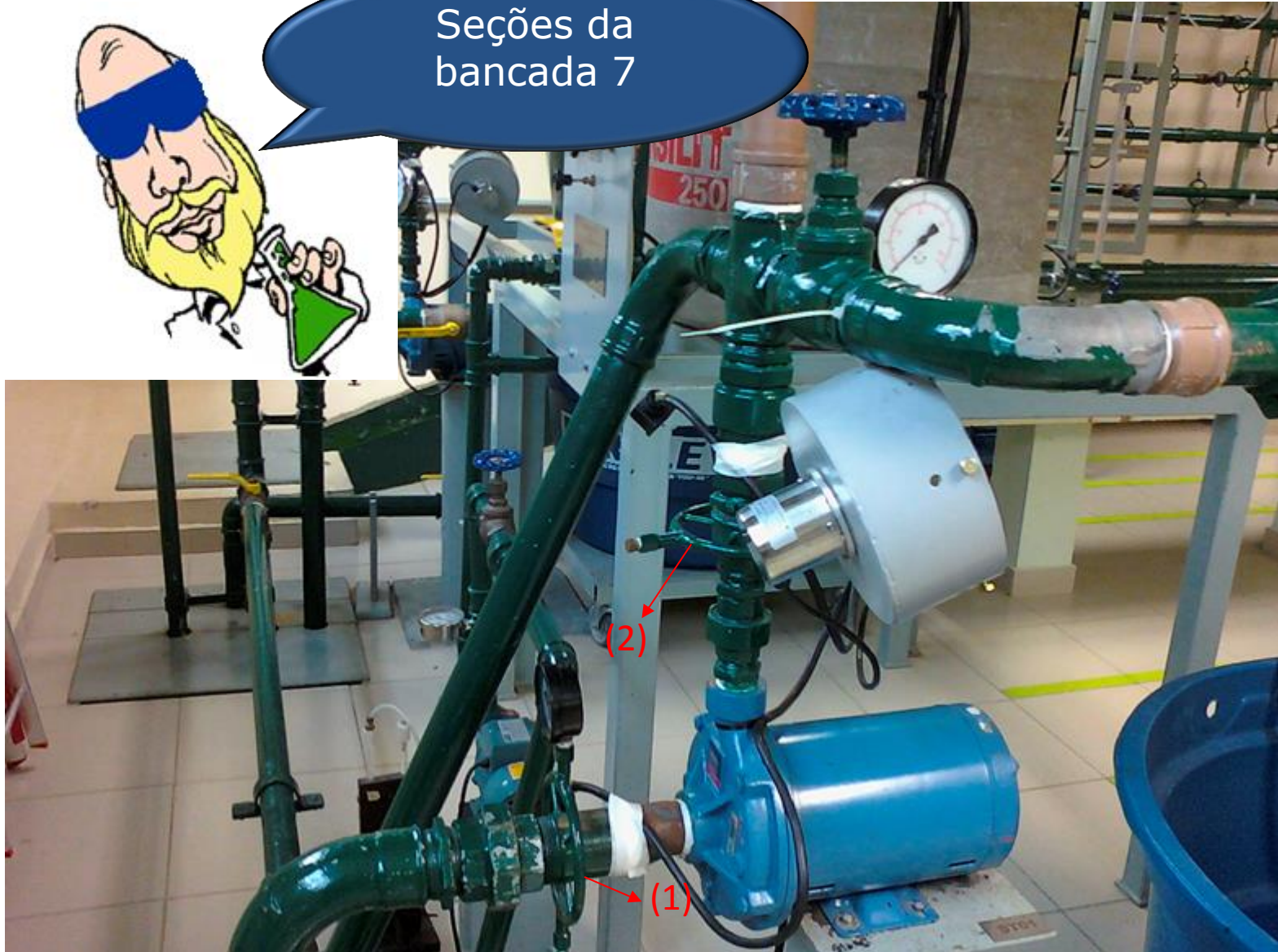
 VARIAÇÃO NO PROCESSO...



Objetivo: determinação da curva  $H_{Bap} = f(Q_a)$  através das bancadas 7 e 8 do laboratório de mecânica dos fluidos do Centro Universitário da FEI



Seções da bancada 7



# BANCADA 8



**Novamente  
a bancada 8**





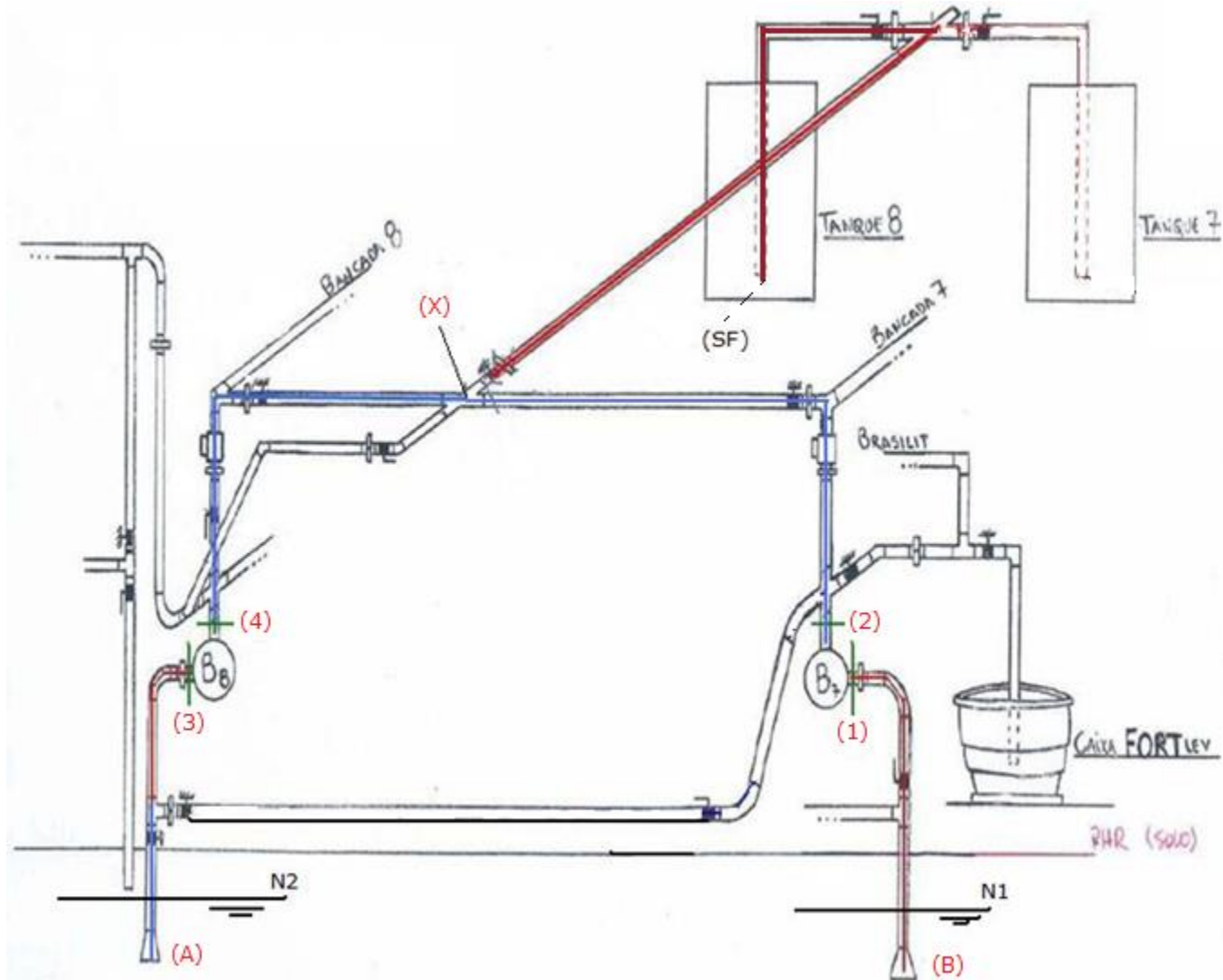
Considera-se as seções (1) e (2), respectivamente a entrada e a saída da bomba da bancada 7 e as seções (3) e (4), respectivamente a entrada e a saída da bancada 8, como mostra a figura a seguir.



As fotos abaixo mostram o caminho percorrido pela água na associação em paralelo das bombas da bancada 7 (B7) e da bancada 8 (B8).



# Esquemáticamente



Efetuando-se um balanço de potências entre as seções (1), (3) e (sf), obtém-se a equação I:

$$\gamma Q_{B7} H_1 + \gamma Q_{B8} H_3 + \gamma Q_{B7} H_{B7} + \gamma Q_{B8} H_{B8} = \gamma(Q_{B7} + Q_{B8}) H_{SF} + \gamma Q_{B7} H_{p_{2-X}} + \gamma Q_{B8} H_{p_{4-X}} + \gamma(Q_{B7} + Q_{B8}) H_{p_{X-SF}}$$

Equação I

Por outro lado, ao se efetuar um balanço de potências entre as seções (2), (4) e (sf), obtém-se a equação II:

$$\gamma Q_{B7} H_2 + \gamma Q_{B8} H_4 = \gamma(Q_{B7} + Q_{B8}) H_{SF} + \gamma Q_{B7} H_{p_{2-X}} + \gamma Q_{B8} H_{p_{4-X}} + \gamma(Q_{B7} + Q_{B8}) H_{p_{X-SF}}$$

Equação II

Observação: nas equações I e II "X" corresponde a cruzeta onde as vazões se unem.

De (II) em (I) e sabendo-se que o peso específico é constante, tem-se:



$$\gamma Q_{B7} H_1 + \gamma Q_{B8} H_3 + \gamma Q_{B7} H_{B7} + \gamma Q_{B8} H_{B8} = \gamma Q_{B7} H_2 + \gamma Q_{B8} H_4$$

A soma  $\gamma Q_{B7} H_{B7} + \gamma Q_{B8} H_{B8} = \gamma Q_{ap} H_{B_{ap}}$ , portanto:

$$\gamma Q_{B7} H_1 + \gamma Q_{B8} H_3 + \gamma Q_{ap} H_{B_{ap}} = \gamma Q_{B7} H_2 + \gamma Q_{B8} H_4$$

$$H_{B_{ap}} = \frac{1}{Q_{ap}} \times [Q_{B7} \times (H_2 - H_1) + Q_{B8} \times (H_4 - H_3)]$$

No desenvolvimento da experiência, deve-se obter a rotação do conjunto motobomba através de um tacômetro.



As pressões nas seções (1), (2), (3) e (4) são obtidas lendo as pressões nos manômetros metálicos tipo Bourdon e corrigindo seus valores lidos.



Bancada 8

Bancada 7



	P barométrica (mmHg)	P <sub>m1</sub> (mmHg)	P <sub>m2</sub> (psi)	n <sub>B7</sub> (rpm)	Q <sub>B7</sub> (m <sup>3</sup> /h)	Q <sub>B8</sub> (m <sup>3</sup> /h)	P <sub>m3</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	P <sub>m4</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	n <sub>B8</sub> (rpm)	
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
Cotas:	PHR no chão	Cota do centro do manômetro até o eixo na seção (1)	Cota do centro do manômetro até o eixo na seção (2)	Cota do centro do manômetro até o eixo na seção (3)	Cota do centro do manômetro até o eixo na seção (4)					
z <sub>1</sub> (m)		h <sub>1</sub> (cm)	h <sub>2</sub> (cm)	h <sub>3</sub> (cm)	h <sub>4</sub> (cm)					
z <sub>2</sub> (m)										
z <sub>3</sub> (m)										
z <sub>4</sub> (m)										
Dados da tubulação:										
	D <sub>H</sub> (m)	A seção livre (m <sup>2</sup> )		Propriedades da água a .....°C:						
2"	0,0525	0,00217		μ (kg/m.s)	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	p <sub>vapor</sub> (Pa)				
1.5"	0,0408	0,00131							16	



Importante:

após os ensaios deve-se comparar a curva  $H_{Bap} = f(Q_{ap})$  obtida na prática com a obtida pelo Excel a partir dos dados de catálogos das bombas B7 e B8, que no caso são iguais e para a rotação de 3500 rpm apresentam as seguintes características:

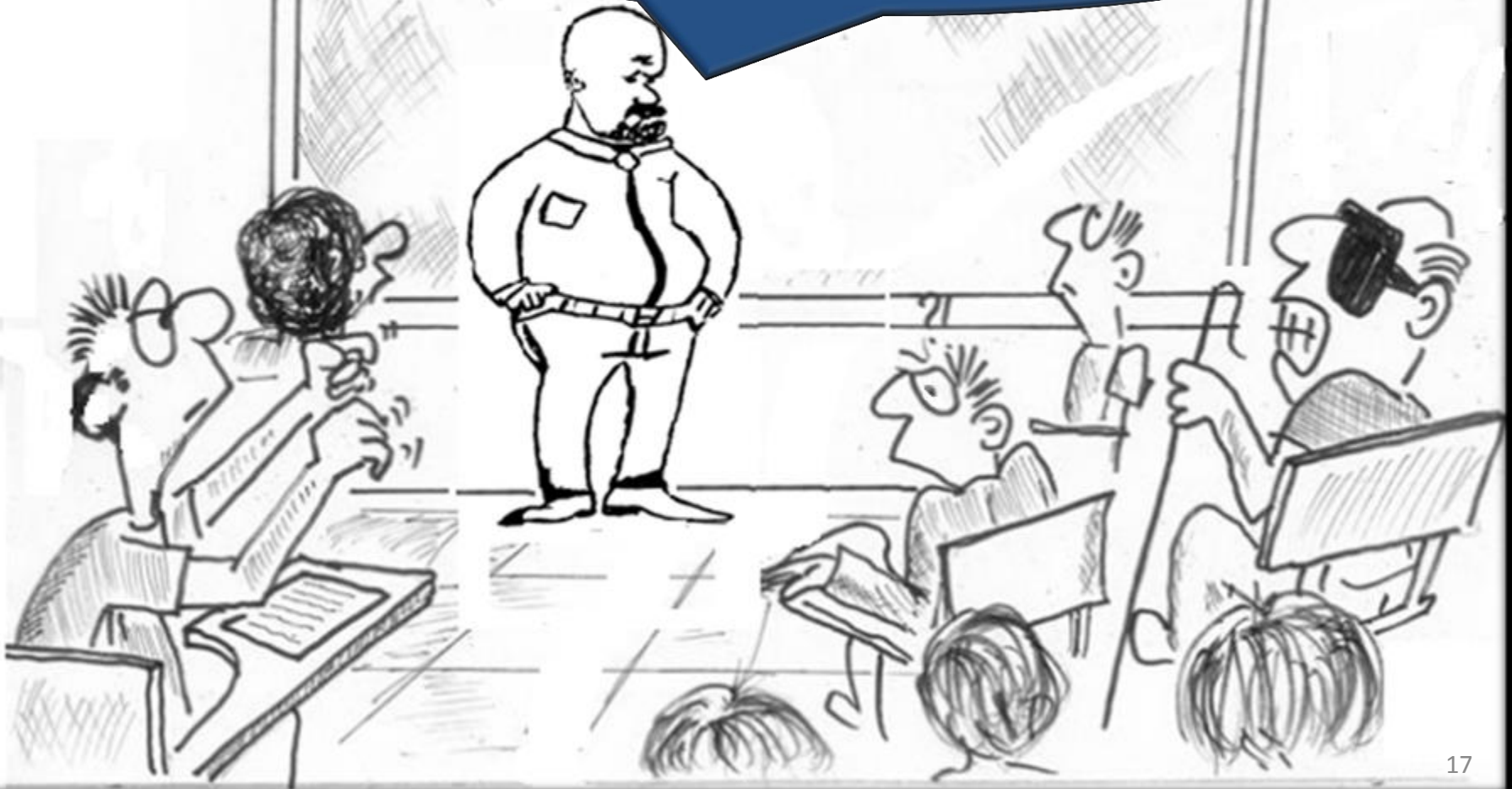


Tabela de dados obtida com o fabricante das bombas da bancada 7 e 8, que teoricamente são iguais.



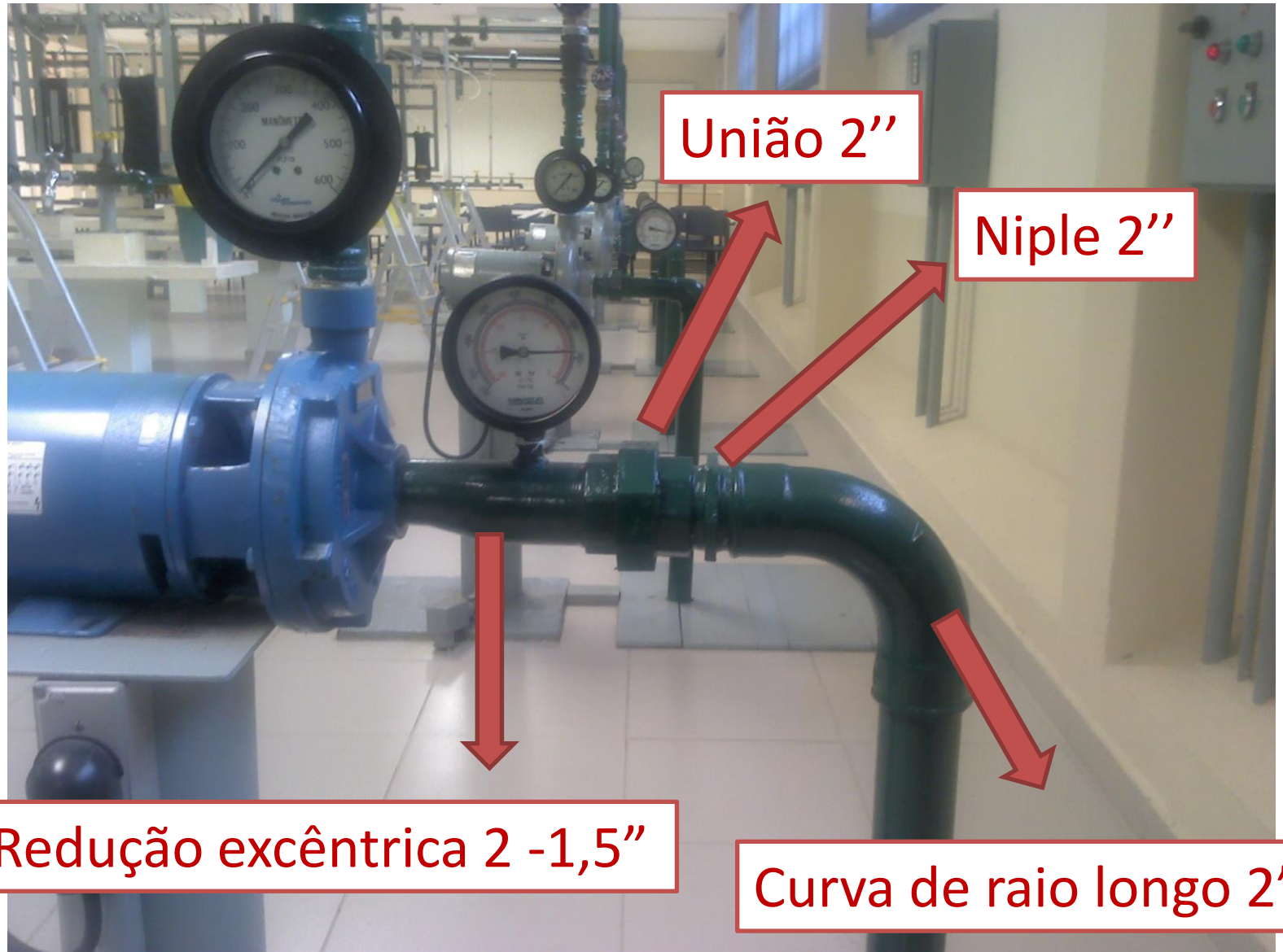
Q fab. (m <sup>3</sup> /h)	Hb fab. (m)
0	39,5
2	39,5
4	39
6	37,5
8	35
10	33
12	30
14	26,5
16	21,5

Vamos agora propor um exercício para determinação do  $NPSH_{\text{disponível}}$  e verificação do fenômeno de recirculação e que deve ser entregue no final da aula.



Um exercício ligado com a bancada 6 cujas informações encontram-se nos dois slides seguintes.





União 2"

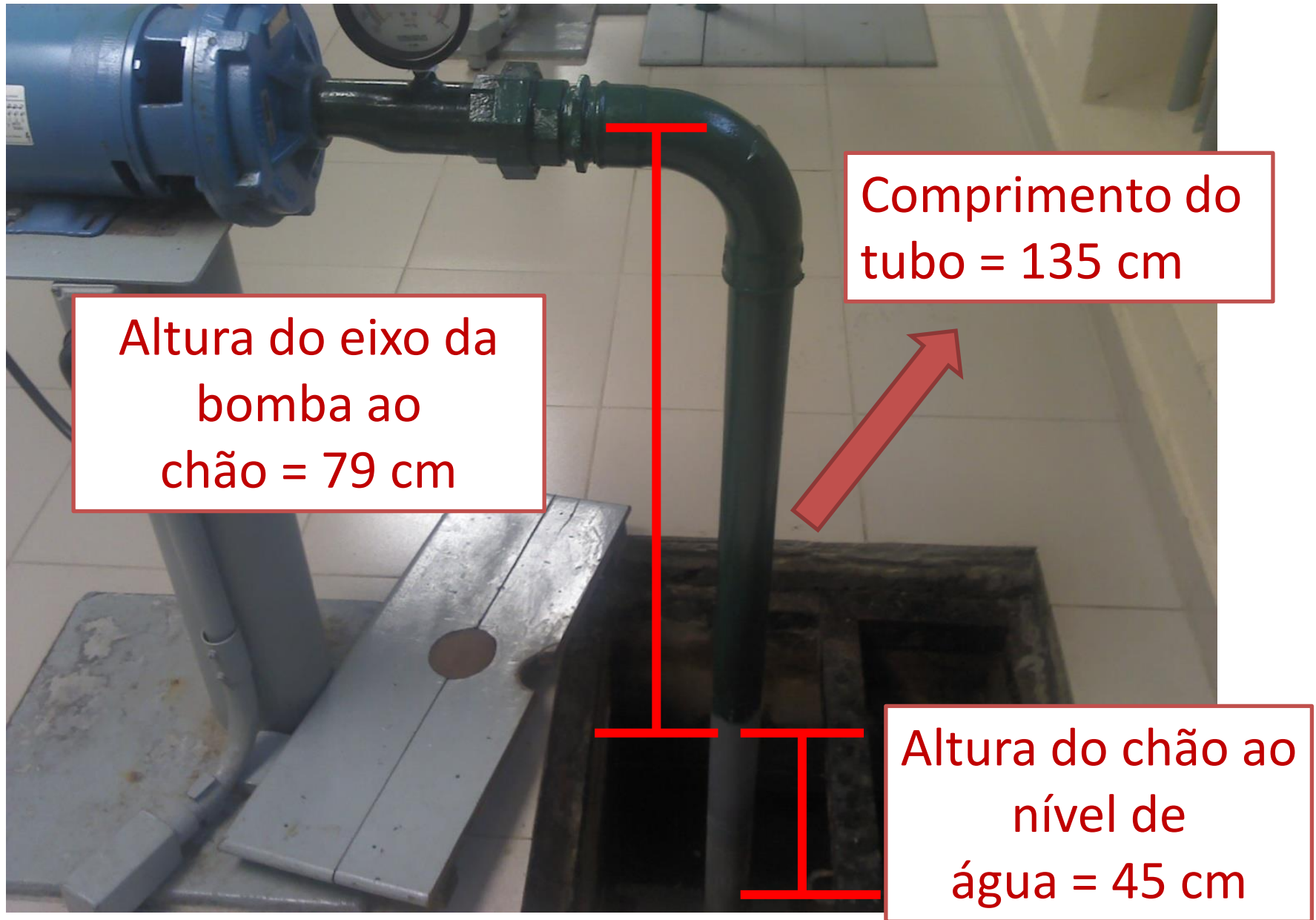
Niple 2"

Redução excêntrica 2 -1,5"

Curva de raio longo 2"

Existe ainda a válvula de poço da Mipel que inicia a tubulação antes da bomba, que no caso é uma tubulação de sucção.





Altura do eixo da  
bomba ao  
chão = 79 cm

Comprimento do  
tubo = 135 cm

Altura do chão ao  
nível de  
água = 45 cm

Considerando a bancada 6 e os dados anteriores, pede-se para uma vazão igual a  $0,578 \text{ L/s}$  o  $\text{NPSH}_{\text{disponível}}$  e uma reflexão sobre o fenômeno de recirculação.

Existe mais algum dado?



Sim a curva da bomba utilizada na bancada.



## Bancada 6 do laboratório - sala ISO1 do Centro Universitário da FEI



ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL EM METROS													
MODELO	CV	14	16	18	20	22	24	26	28	30	35	40	45
RF-5	1.5	12,0	11,0	10,5	10,0	9,5	9,0	8,0	7,0	5,0			
RF-6	2.0			12,8	12,5	12,0	11,5	11,0	10,5	9,6	7,0		
RF-7	3.0								13,5	12,8	11,5	9,2	6,0
VAZÃO EM METROS CÚBICOS POR HORA													

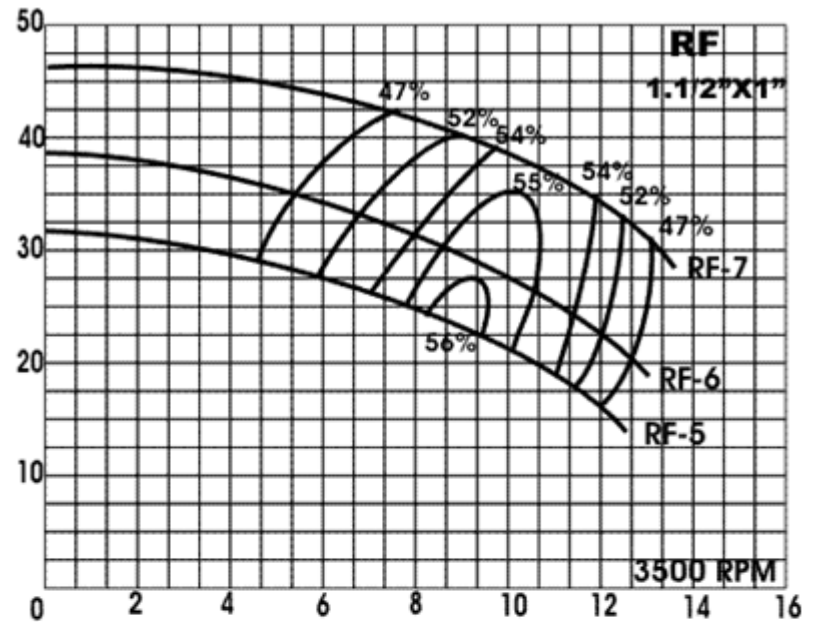
No nosso caso é a RF - 6

RUDC INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA

CURVA RF

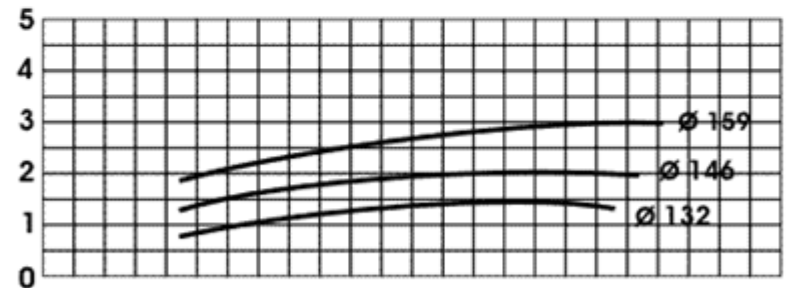


ALTURA MANOMÉTRICA (METROS)



POTÊNCIA (CV)

VAZÃO EM METROS CÚBICOS POR HORA



NPSH (METROS)

