

Décima segunda aula de ME5330

Primeiro semestre de 2015



Pretendemos bombear água a 40°C de um reservatório para outro mais elevado (carga estática igual a 21,3 m) através de 250 m de tubo de 12" aço 40 ($D_{int} = 303,2 \text{ mm}$ e $A = 729,6 \text{ cm}^2$) onde o coeficiente de perda de carga distribuída é igual a 0,0139. Operando com uma bomba de 1170 rpm, obtemos uma vazão de trabalho igual a 880 m³/h. Pede-se estimar o NPSH_{req} pelo fator de Thoma.

Outro exemplo de estimativa do NPSH_{req}:

Dados: 1 m³/h = 4,402868 gpm; massa específica da água igual a 992,2 kg/m³, perda de carga localizada na instalação é desprezível e que trata-se de uma bomba axiais ($\phi = 0,00145$).



$$H_B = 21,3 + 0,0139 \times \frac{250}{0,3032} \times \frac{\left(\frac{880}{3600}\right)^2}{19,6 \times \left(729,6 \times 10^{-4}\right)^2}$$

$$H_B \cong 6,6\text{m} \rightarrow n_q = \frac{1170 \times \sqrt{\frac{880}{3600}}}{\sqrt[4]{6,6^3}} \cong 140,5\text{rpm}$$

$$\sigma = 0,00145 \times (140,5)^{4/3} \cong 1,06 \therefore \text{NPSH}_{req} = \sigma \times H_B = 1,06 \times 6,6 \cong 7,0\text{m}$$

Outro exemplo
para Estimar o
rendimento em
função da
rotação
específica
nominal:

Um fabricante promete ter um rendimento de 75% quando sua bomba de 3500 rpm opera com uma vazão de 80 m³/h e uma carga manométrica de 54 m, será que podemos confiar nesta informação?

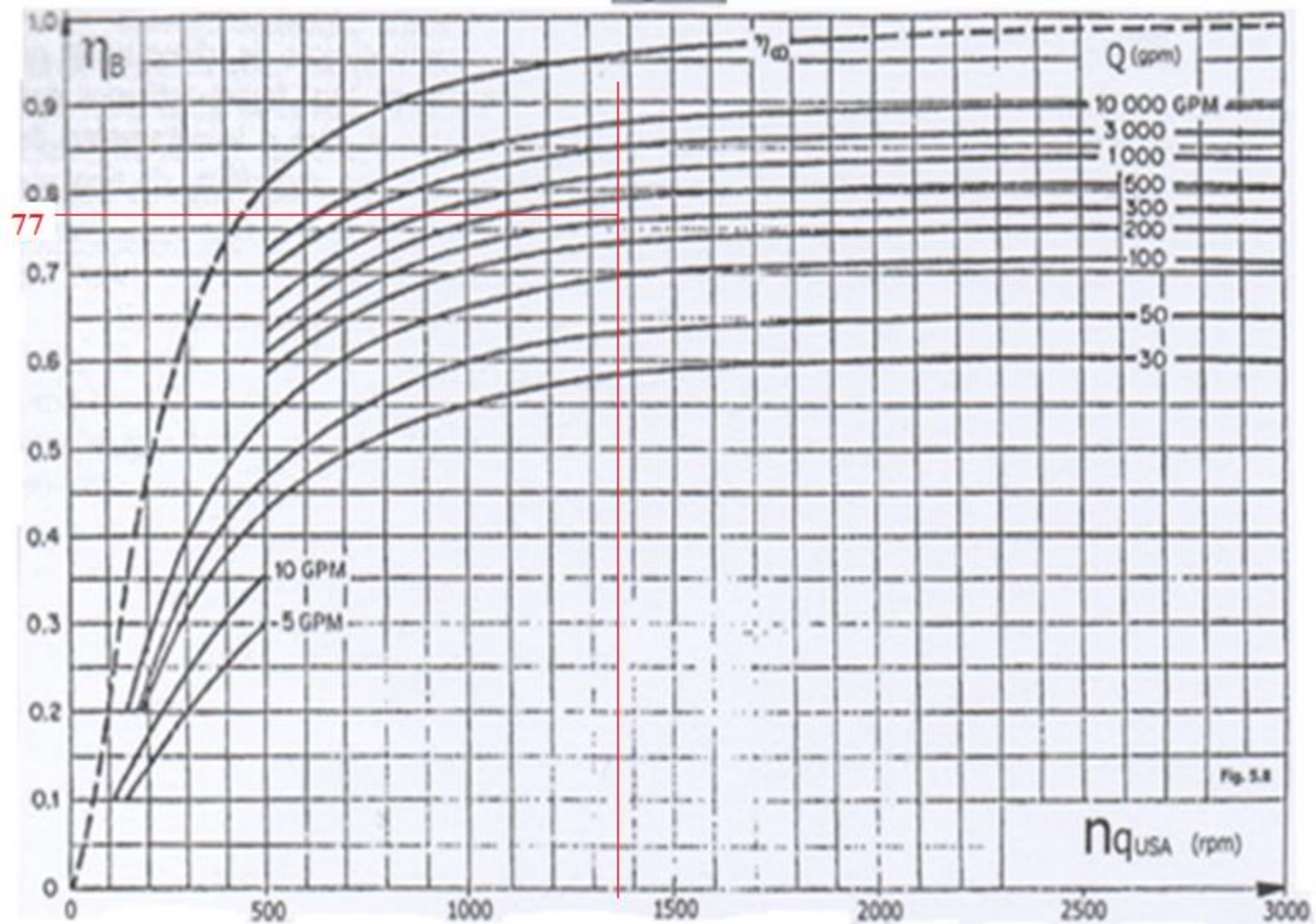


$$n_q = \frac{3500 \times \sqrt{\frac{80}{3600}}}{\sqrt[4]{54^3}} \cong 26,2 \text{rpm} \rightarrow \text{centrifuga radial}$$

$$n_{q\text{USA}} \cong 26,2 \times 51,6475 \cong 1353,2 \text{rpm}$$

$$Q = 80 \times 4,402868 \cong 352,2 \text{gpm}$$

Fig. 5.8



O rendimento encontrado é na ordem de 77 %, portanto a informação do fabricante é confiável.

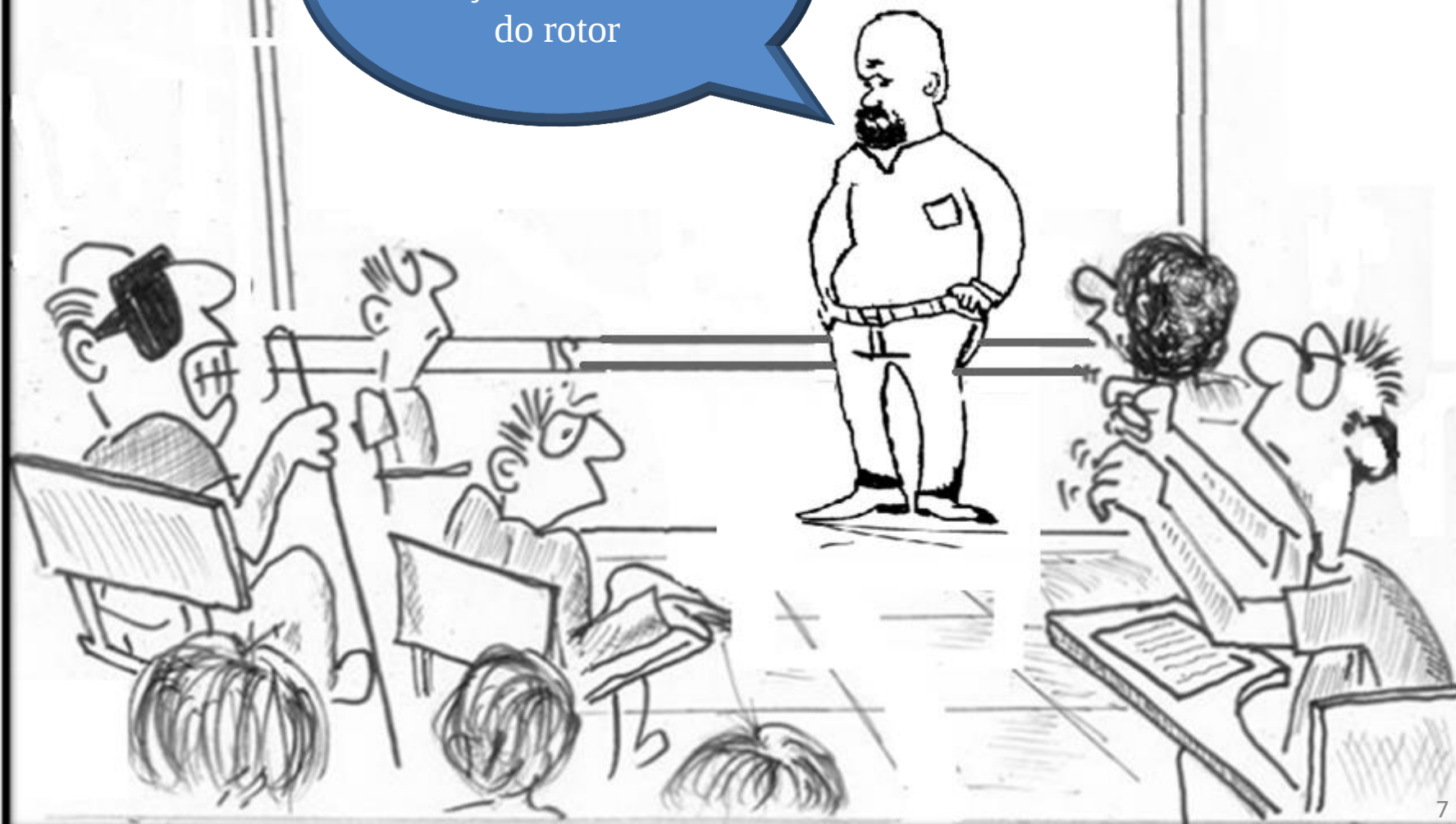


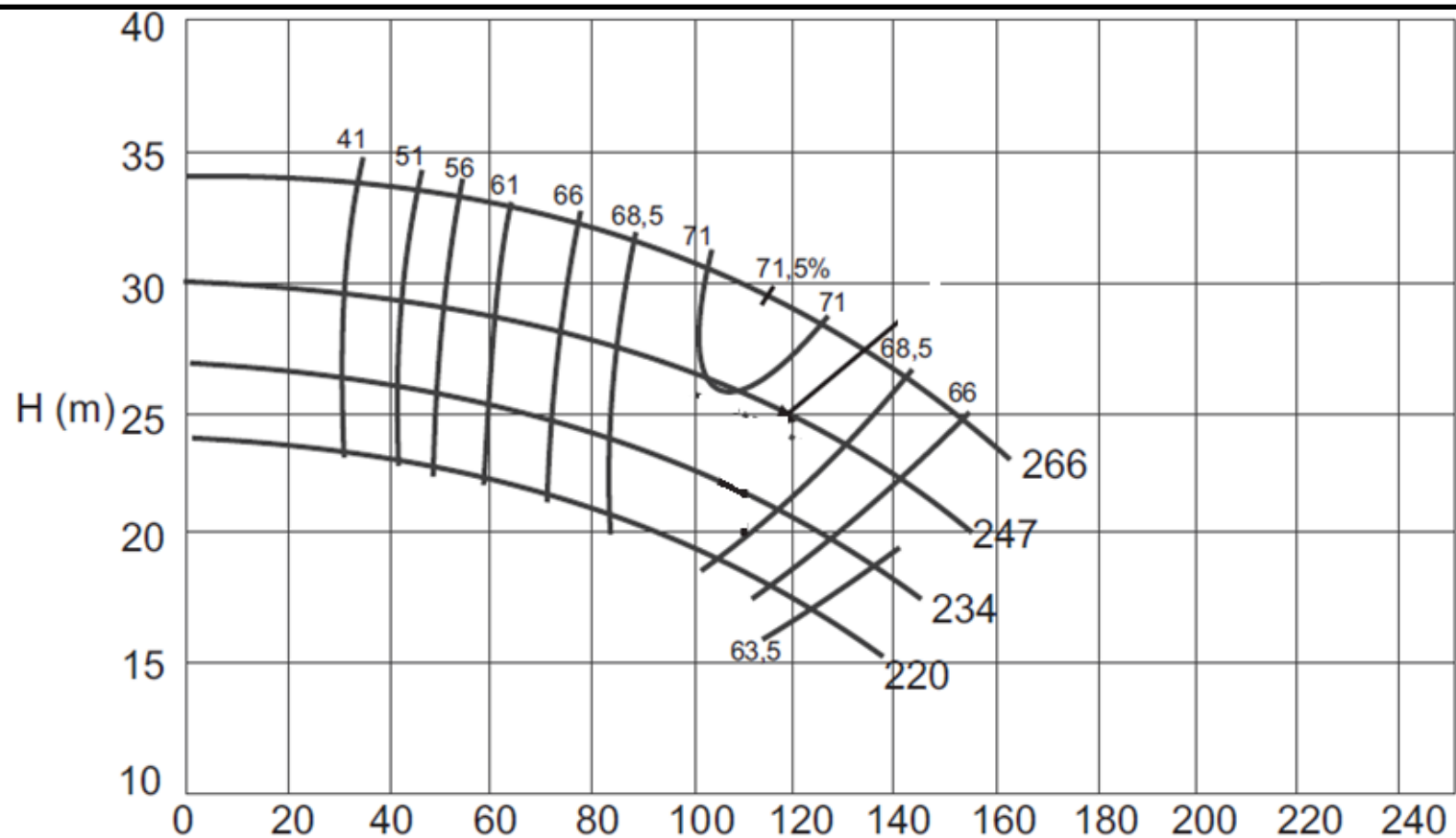
A black and white cartoon illustration of a classroom. A male teacher with a beard and a small patch on his shirt stands at the front, facing a group of students. The students are seated at desks, some looking at papers or books. The scene is set in a simple room with a window in the background. Two blue speech bubbles are overlaid on the image, containing Portuguese text.

Até este ponto sempre
escolhemos o diâmetro do rotor
imediatamente maior ao ponto
de projeto marcado junto as
curvas do fabricante, agora
vamos estudar a determinação
do diâmetro do rotor exato!

Legal, assim
gastamos menos
material!

Verdade, já que
teremos uma
redução do diâmetro
do rotor



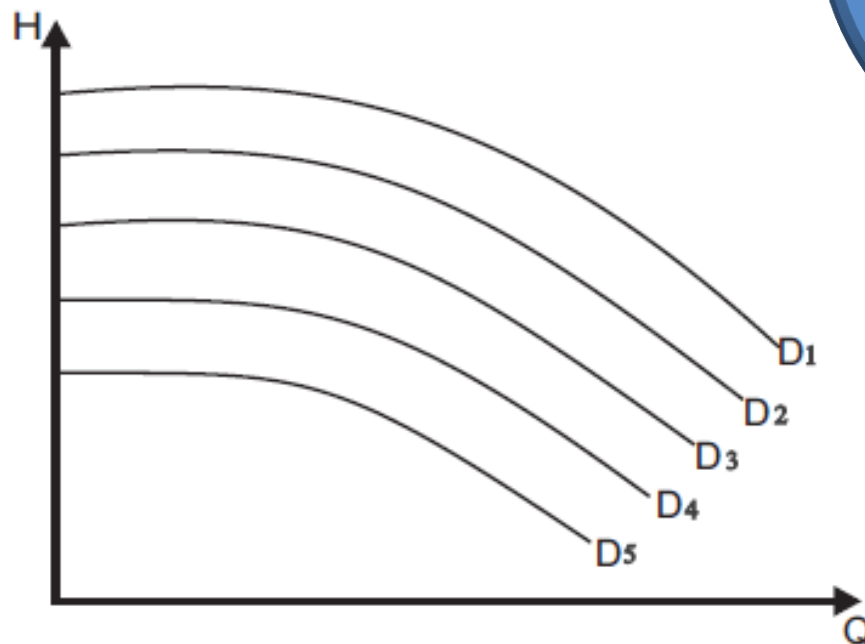


Vamos considerar um exemplo extraído do manual da KSB

Antes vamos refletir sobre as curvas acima.



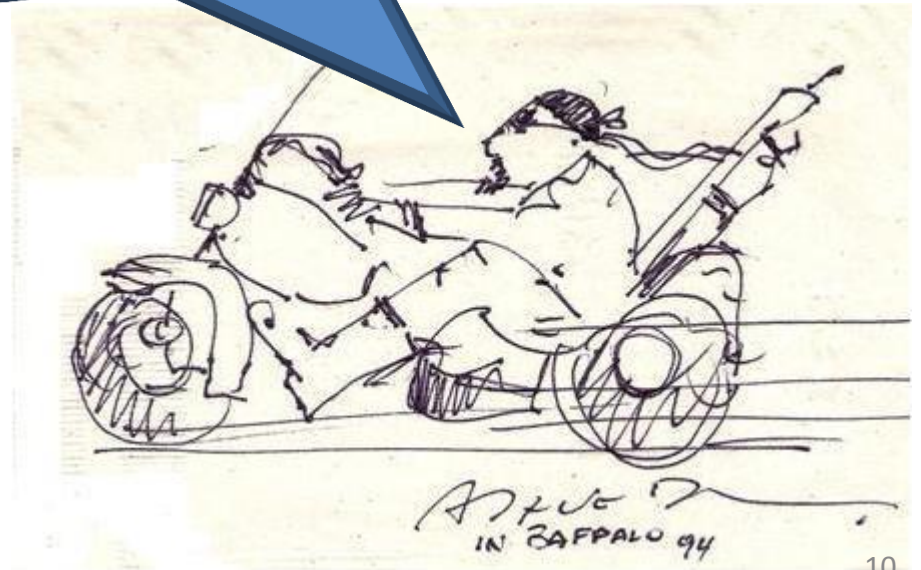
Será que os
fabricantes
ensaia
todos esses
rotores?



$D1 > D2 > D3 > D4 > D5$

NÃO!

Os fabricantes partem do diâmetro do rotor máximo e o cortam em função da necessidade. Nas curvas do exemplo, partiu-se de 266 mm e se reduziu para 247, 234 e 220 mm.



E a redução do diâmetro do rotor radial de uma bomba, mantendo a mesma rotação, a curva característica da bomba se altera aproximadamente de acordo com as seguintes equações:

$$\frac{Q_m}{Q_p} = \frac{D_{Rm}}{D_{Rp}}; \frac{H_{Bm}}{H_{Bp}} = \left(\frac{D_{Rm}}{D_{Rp}} \right)^2;$$

$$\frac{N_{Bm}}{N_{Bp}} = \left(\frac{D_{Rm}}{D_{Rp}} \right)^3$$

$$\therefore \frac{D_{Rm}}{D_{Rp}} = \frac{Q_m}{Q_p} = \sqrt{\frac{H_{Bm}}{H_{Bp}}} = \sqrt[3]{\frac{N_{Bm}}{N_{Bp}}}$$



Importante salientar que existem autores que propõem que o expoente da relação de diâmetros na expressão de Q deva ser entre 0,9 e 1,1 e outros autores afirmam que este expoente deve ser 2.

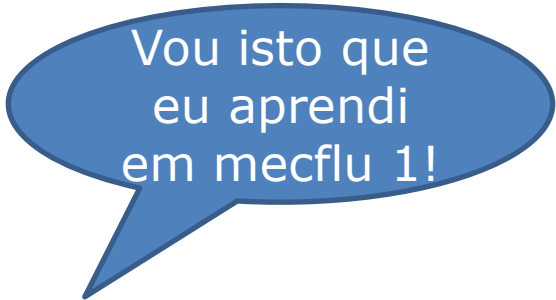
MUITOS DEVEM ESTAR
PENSANDO: “MAS NÃO
FOI ISSO QUE EU
APRENDI EM MECFLU 1”



Influência do Diâmetro do Rotor

Nesta análise é importante se distinguir duas situações diferentes. A primeira delas é quando se trata de bombas geometricamente semelhantes, isto é, bombas cujas dimensões físicas têm um fator de proporcionalidade constante. Neste caso, a análise dos parâmetros adimensionais fornece as relações:

$$\frac{Q_p}{Q_m} = \left(\frac{D_{Rp}}{D_{Rm}} \right)^3; \quad \frac{H_{Bp}}{H_{Bm}} = \left(\frac{D_{Rp}}{D_{Rm}} \right)^2 \quad \text{e} \quad \frac{N_{Bp}}{N_{Bm}} = \left(\frac{D_{Rp}}{D_{Rm}} \right)^5$$

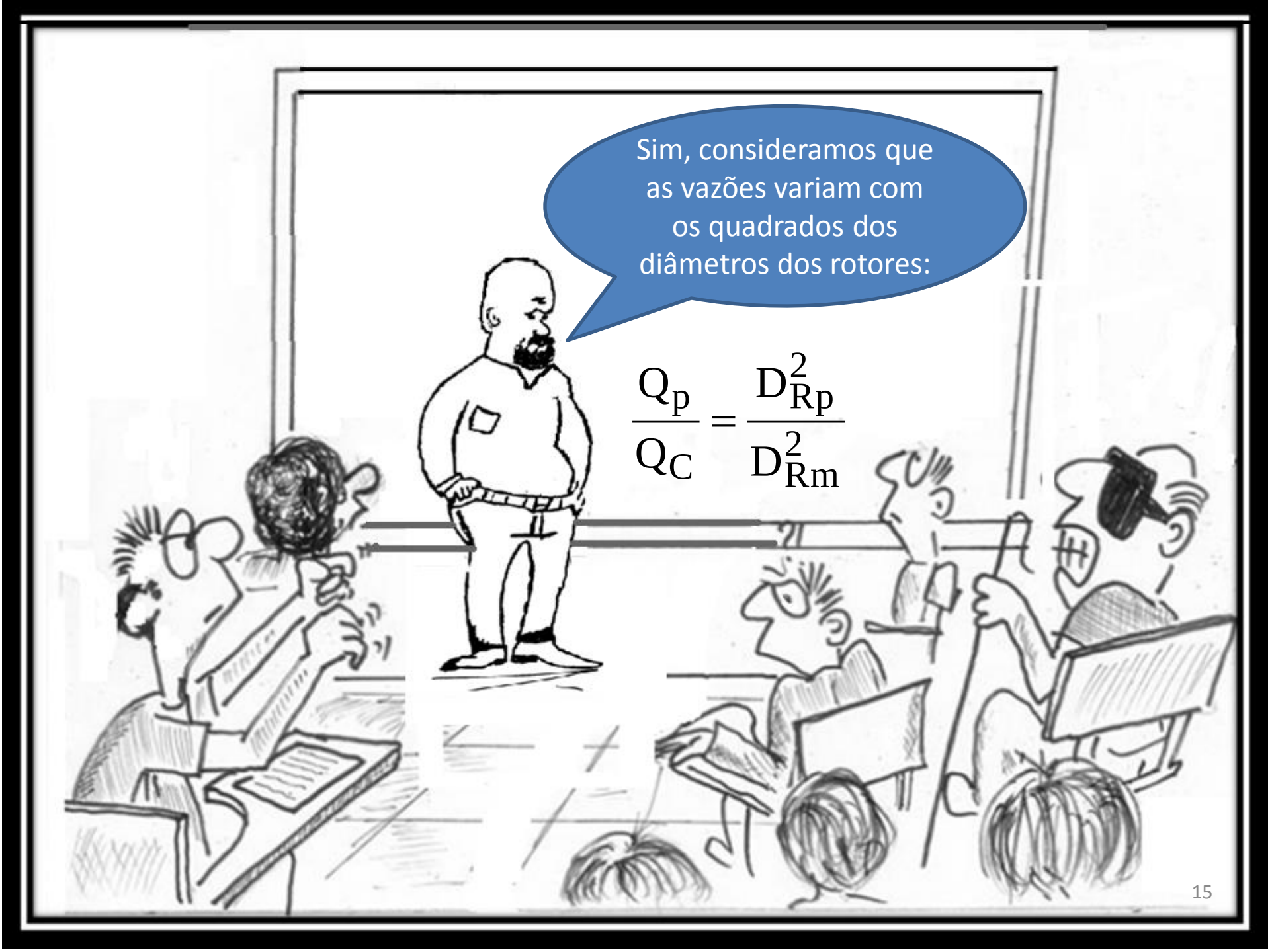


Vou isto que
eu aprendi
em mecflu 1!

A outra situação é aquela na qual existe uma redução no diâmetro externo do rotor, permanecendo as outras características físicas constantes. Esta alternativa é utilizada pelos fabricantes de bombas para ampliar a faixa de operação de suas máquinas. Desta forma, são montadas bombas com volutas idênticas, porém com rotores de diâmetro diferentes. Deve-se ter em mente que esta redução é limitada, pois a redução grande do diâmetro do rotor faz com que a eficiência da bomba seja bastante reduzida. Na prática esta redução está limitada a cerca de 20% do maior rotor. Neste caso, a análise não pode ser feita diretamente pelos parâmetros adimensionais. Pela recomendação de Karassik e Stepanoff, temos:

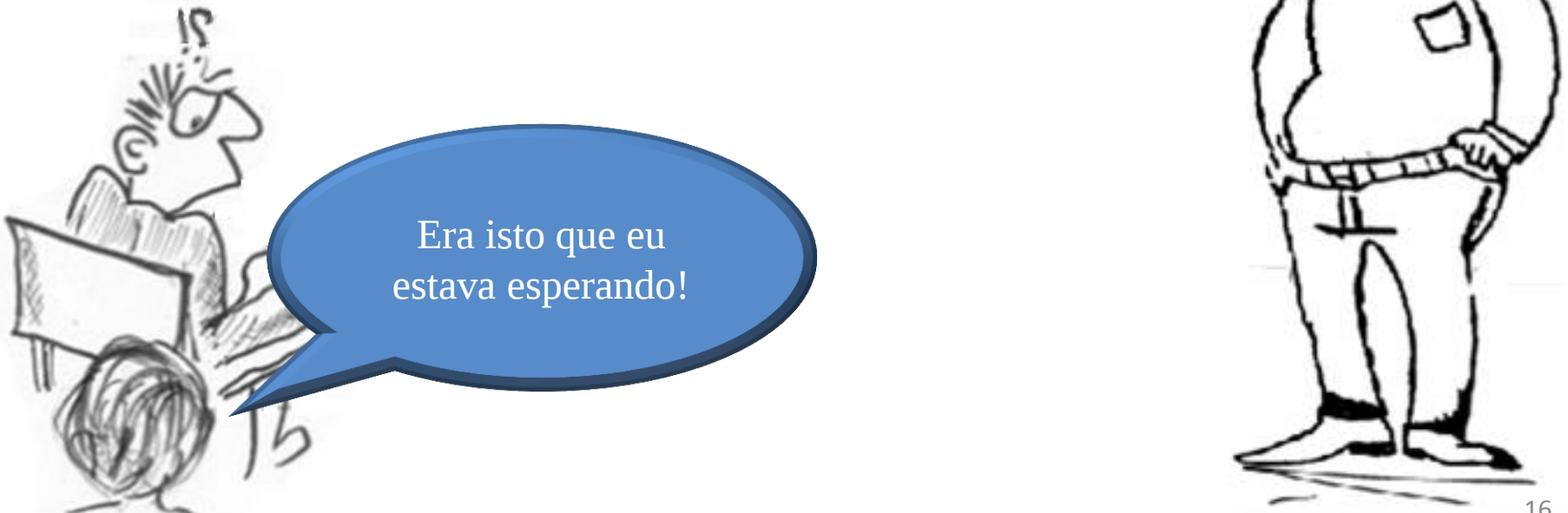
$$\frac{Q_2}{Q_1} = \left(\frac{D_{R2}}{D_{R1}} \right); \quad \frac{H_{B2}}{H_{B1}} = \left(\frac{D_{R2}}{D_{R1}} \right)^2 \quad \text{e} \quad \frac{N_{B2}}{N_{B1}} = \left(\frac{D_{R2}}{D_{R1}} \right)^3$$

E existe outra possibilidade?



Sim, consideramos que
as vazões variam com
os quadrados dos
diâmetros dos rotores:

$$\frac{Q_p}{Q_C} = \frac{D_{Rp}^2}{D_{Rm}^2}$$

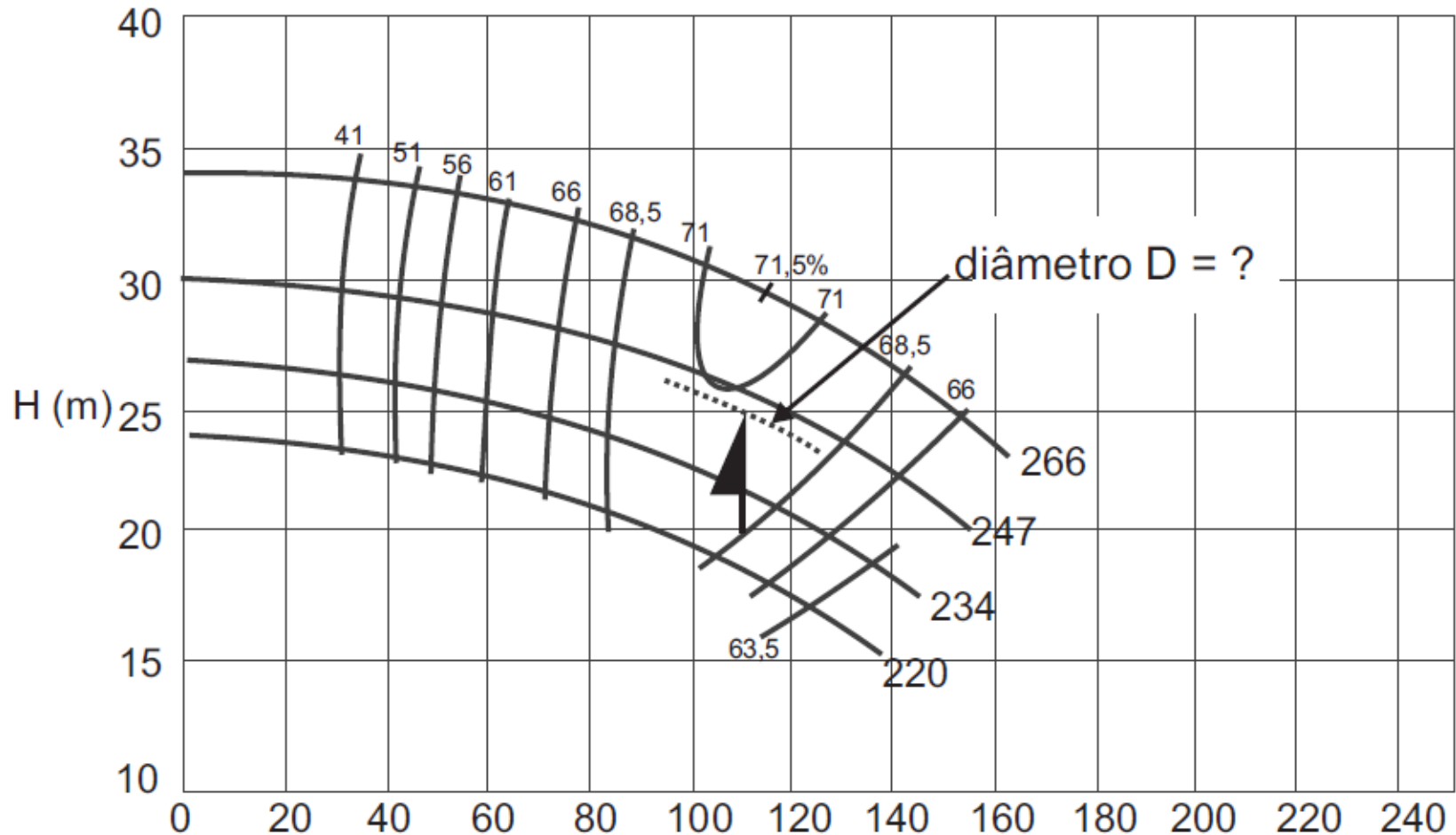


A cartoon illustration featuring two men. On the right, a man with a beard and a white shirt stands with his hands on his hips, looking towards the left. On the left, a man with glasses and a white shirt is sitting at a desk, looking up at the standing man. A large blue speech bubble is positioned between them, containing the text 'Vamos considerar um exemplo numérico.'.

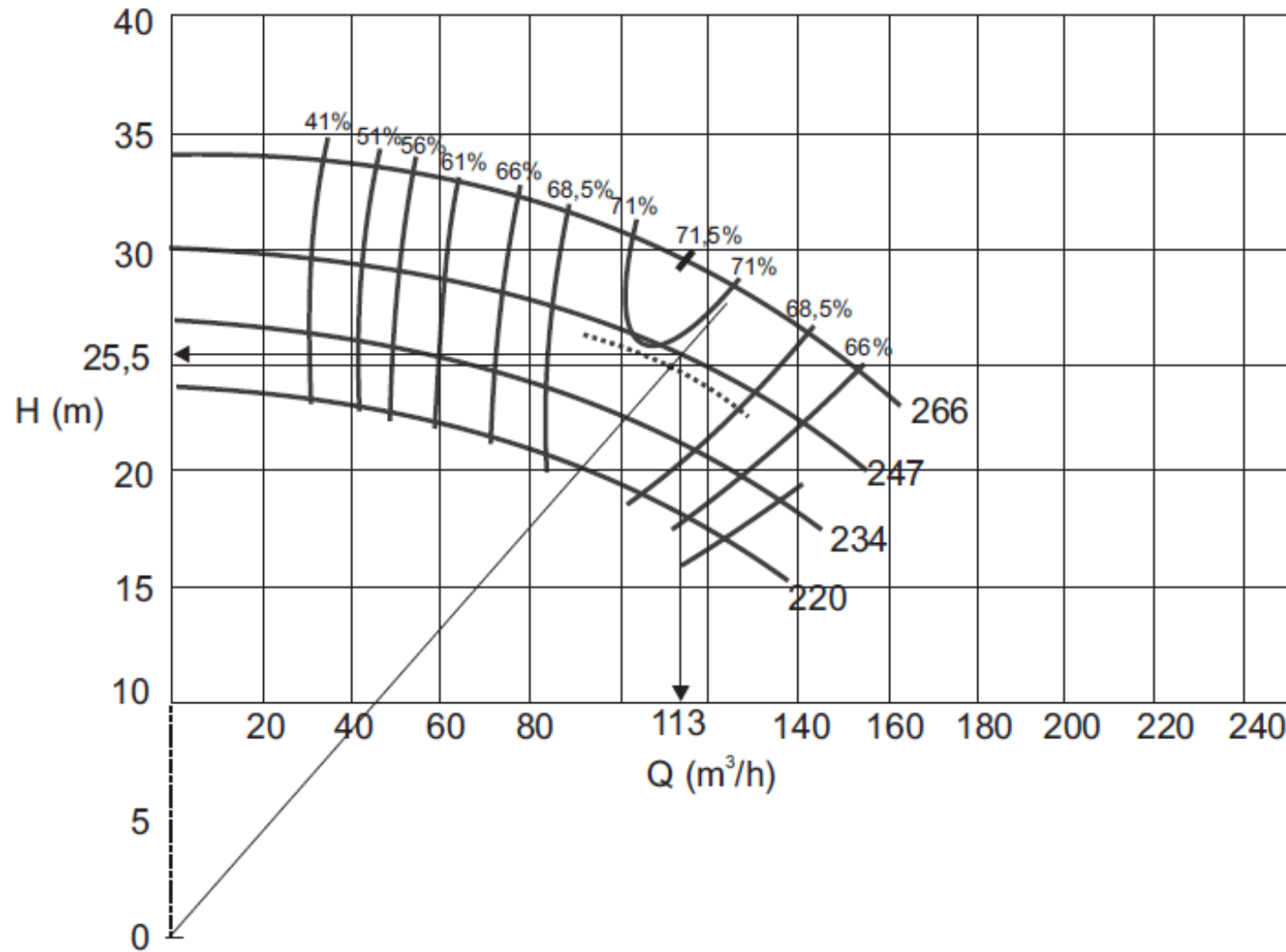
Vamos
considerar um
exemplo
numérico.

Era isto que eu
estava esperando!

Para uma vazão de $110 \text{ m}^3/\text{h}$ e uma altura manométrica de 25 m determine o diâmetro do rotor.



Como este plano cartesiano não apresenta a origem, encontramos a origem do plano utilizando a mesma escala; traçamos a reta desta origem encontrada passando pelo ponto de operação e atingindo o D_{rotor} imediatamente acima, conforme mostrado abaixo, e encontramos $Q = 113 \text{ m}^3/\text{h}$ e $H = 25,5 \text{ m}$ para o $D_{\text{rotor}} = 247 \text{ mm}$.



Utilizando as fórmulas apresentadas, calcula-se o diâmetro do rotor:

$$D = D_1 \times \frac{Q}{Q_1} \Rightarrow D = 247 \times \frac{110}{113} \cong 240,4\text{mm}$$

$$D = D_1 \times \sqrt{\frac{Q}{Q_1}} \Rightarrow D = 247 \times \sqrt{\frac{110}{113}} \therefore D \cong 243\text{mm}$$

$$D = D_1 \times \sqrt{\frac{H}{H_1}} = D = 247 \times \sqrt{\frac{25}{25,5}} \therefore D \cong 244,5\text{mm}$$

Por motivo de segurança,
utilizamos o diâmetro maior, ou
seja, $D = 244,5 \text{ mm}$.

