

BANCADA DIDÁTICA PARA PERDA DE CARGA

Talles Rauan Justino de Assunção¹

Resumo: Foi efetuado no presente trabalho uma revisão da literatura sobre o tema abordado com o propósito de pôr em prática os assuntos abordados em sala, que resultou em um projeto instrutivo de baixo custo, no qual consiste em identificar a perda de carga presente em diferentes linhas de tubulações. Utilizando a aplicação de fatores de variação entre as linhas, com a finalidade de obter a variação de altura da coluna de fluido entre cada linha, ou entre cada singularidade individualmente. O projeto foi modelado com base em pesquisas anteriores, formado por sistema de tubulação ramificada em quatro linhas, utilizando tubulações com comprimentos iguais aplicando fator de variação com a finalidade de obter a perda de carga distribuída e localizada. Os objetivos foram alcançados à medida que a bancada foi sendo desenvolvida, é observado que existe uma diferença de coluna de água entre as linhas. Por problemas que surgiram após a montagem, se fez a necessidade de solução, para realização dos testes. Foi possível solucionar o problema para a primeira linha, realizando então o teste de validação do cálculo teórico.

Palavras-chave: Bancada didática; Sistema de tubulação; Perda de carga

1. INTRODUÇÃO

Como na Engenharia é apresentado aos discentes uma vasta quantidade de equações e teorias, é necessário um complemento prático das temáticas abordadas em sala, de maneira a observar com clareza as definições apresentadas.

Um dos temas mais relevantes em mecânica dos fluidos é a perda de carga, por estar presente em situações cotidianas e profissionais, ao analisarmos sistemas de tubulações. A perda de carga pode ser analisada por uma diferença de altura de coluna de fluido, que representa um valor a mais em que o fluido deve ser elevado pela bomba para superar as perdas ocasionadas pelo atrito nas paredes internas do tubo.

Examinando mais a fundo sobre o escoamento do fluido no interior das tubulações, é possível distinguir a perda de carga em dois tipos, as grandes perdas ou perda de carga distribuída ($h_{L,dist}$) que ocorre em tubulações retas e longas devido a tensão de cisalhamento gerada pelo atrito entre as partículas do fluido e a parede do tubo.

A segunda é chamada de perdas menores ou perda de carga localizada (h_L) que ocorre em trechos específicos da linha de tubulação com a presença de singularidades, que ocasiona uma perturbação no escoamento do fluido, seja uma mudança de sentido ou variando o diâmetro da seção do tubo, uma observação a ser feita é que essa perda pode ser maior que as perdas maiores dependendo da singularidade daquele trecho, por exemplo uma válvula parcialmente aberta.

O tema tratado foi escolhido com base na escassez de experimentos práticos referentes ao assunto abordado, com isso foi discutido o que seria necessário estar presente na bancada para auxiliar no entendimento da teoria apresentada em sala de aula, com o intuito da disponibilidade do projeto para a utilização por meio dos discentes. Assim foi traçado a meta para a produção de uma bancada didática de baixo custo baseada em exemplos comercializados por empresas renomadas no ramo de bancadas didáticas, que possuem um custo elevado de aquisição, o projeto une disciplinas presentes no curso de engenharia, desde mecânica dos fluidos na pesquisa teórica e dimensionamento, disciplina de desenho técnico na criação do layout da bancada, processo e materiais de fabricação/construção e parte de planejamento e financeiro. E por possuir dimensões grandes, necessitar de instalação hidráulica para tomada de escoamento, assim a bancada é de uso exclusivo em âmbito laboratorial.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Escoamento Laminar e Turbulento

O fluxo laminar é definido por linhas suaves e um movimento alinhado, enquanto o turbulento é definido por oscilações na velocidade e um movimento extremamente desalinhado.

Segundo Reynolds o escoamento de um fluido é definido a partir do número de Reynolds que depende da relação entre as forças inerciais ($V_{méd}$ e D) e as forças viscosas (ν) do fluido. Essa relação é representada para um escoamento interno de um tubo pela Equação (1):

$$Re = \frac{V_{méd} * D}{\nu} \quad (1)$$

Onde: $V_{méd}$ = Velocidade média (m^2/s); D = Diâmetro do tubo (m); ν = Viscosidade cinemática do fluido (m^2/s).

A transição do escoamento laminar para o turbulento também depende do grau de perturbação do escoamento por rugosidade superficial, vibrações do tubo e flutuações do escoamento. Na maioria das condições práticas, o escoamento de um tubo circular é laminar para $Re \leq 2300$, turbulento para $Re \geq 4000$ e de transição entre esses valores. [1]

2.2. Região de entrada e comprimento de entrada

Levando em conta um fluido entrando em um tubo com seção circular e velocidade constante, as partículas que entram em contato com a superfície do tubo param, devido a condição de não-eskorregamento. As partículas próximas perdem velocidade gradativamente em razão ao atrito. Para vencer essa redução da velocidade é necessário elevar a velocidade do fluido, acarretando um gradiente de velocidade que se desenvolve ao longo do tubo.

Essa região na qual sofre com as forças de cisalhamento viscosas, é denominada por camada limite. O escoamento no interior do tubo é dividido em duas regiões, camada limite e o escoamento central, que possui a velocidade radial constante, por não sofrer influência do atrito.

O projeto possui um escoamento turbulento, o comprimento de entrada vai ser focado nesse tipo de escoamento, no qual apresenta uma mistura potente durante as flutuações aleatórias, que superam os efeitos da difusão molecular, assim seu comprimento de entrada hidrodinâmica pode ser abordado pela Equação (2):

$$L_{h,turbulento} = 1,359 D Re_D^{1/4} \quad (2)$$

Onde: D = Diâmetro do tubo (m); Re = Número de Reynolds.

Esse escoamento apresentar um comprimento bastante curto e uma dependência menor ao número de Reynolds. Em experimentos práticos na engenharia, os efeitos do comprimento de entrada se tornam irrelevantes para tubos com comprimentos acima de 10 vezes o diâmetro, desse modo o comprimento de entrada pode ser abordado pela Equação (3):

$$L_{h,turbulento} \approx 10D \quad (3)$$

Onde: D = Diâmetro do tubo (m).

2.3. Queda de pressão

Um dos pontos observados na análise foi a queda de pressão, por ser uma variável relevante no cálculo de potência da bomba, com a finalidade de perdurar o fluido escoando. A queda por ação dos efeitos viscosos caracteriza uma perda de pressão inconvertível, denominada por perda de pressão (ΔP_L). A queda de pressão é ligada diretamente com a densidade (ρ) do fluido que escoar por um tubo com diâmetro (D) e comprimento (L) com uma velocidade média ($V_{méd}$). Assim é apropriado expressar essa perda para os vários tipos de escoamentos internos completamente desenvolvidos pela Equação (4):

$$\Delta P_L = f \frac{L}{D} \frac{\rho V_{méd}^2}{2} \quad (4)$$

a pressão dinâmica é $\frac{\rho V_{méd}^2}{2}$ e o f é o fator de atrito de Darcy.

Onde: L = Comprimento do tubo (m); D = Diâmetro do tubo (m); ρ = Densidade do fluido (Kg/m^3); $V_{méd}$ = Velocidade média (m^2/s).

2.4. Perda de carga

A perda de carga é observada em altura de coluna de fluido, em que deve ser elevado para superar todas as perdas geradas no fluido. Pode ser dividida em dois tipos, a perda de carga distribuída ocasionada pelo atrito gerado pela tubulação e a perda de carga localizada ocasionada pelas singularidades presentes no sistema de tubulação.

2.4.1. Perda de carga distribuída

A perda de pressão dada em altura equivalente de coluna de fluido, e denominada por perda de carga (h_L), a partir da estática dos fluidos, tem-se a Equação (5):

$$\Delta P = \rho gh \quad (5)$$

Onde: ρ = Densidade do fluido (Kg/m^3); g = Gravidade (m/s^2); h = Altura do fluido (m).

essa diferença de pressão é equivalente a altura de coluna de fluido equivale a $h = \Delta P / \rho g$, a partir disso a perda de carga distribuída se dá pela divisão da perda pressão pela massa específica da água e pela gravidade, resultando na Equação (6):

$$h_L = f \frac{L}{D} \frac{V_{\text{méd}}^2}{2g} \quad (6)$$

Onde: L = Comprimento do tubo (m); D = Diâmetro do tubo (m); $V_{\text{méd}}$ = Velocidade média (m^2/s); f = Fator de atrito; g = Gravidade (m/s^2).

Essa perda de carga é chamada de grandes perdas, por se apresentar em tubos longos e a perda se dar pelo atrito gerado nas partículas do fluido ao decorrer do comprimento do tubo. Para o escoamento turbulento o fator de atrito vai submeter-se ao número de Reynolds e da rugosidade relativa, esse fator de atrito pode ser calculado a partir da Equação de Haaland de acordo com a referência [1], pela Equação (7):

$$1/\sqrt{f} \cong -1,8 \log \left[\frac{6,9}{Re} + \left(\frac{\varepsilon/D}{3,7} \right)^{1,11} \right] \quad (7)$$

Onde: f = Fator de atrito; Re = Número de Reynolds; ε = Rugosidade relativa (m); D = Diâmetro do tubo (m).

O fator de atrito também pode ser encontrado por outras maneiras, como a Equação de Colebrook e pelo Diagrama de Moody de acordo com a referência [2], que exhibe o fator de atrito de Darcy como função com um amplo intervalo do número de Reynolds e a rugosidade relativa.

2.4.2. Perda de carga localizada

O escoamento na tubulação pode passar através de singularidades ou acessórios, como curvas, joelhos, válvula, entre outros, caracterizados como perdas adicionais, por provocar a mistura e separação do escoamento do fluido. Estas perdas serão relativamente menores (daí o termo perdas menores), se o sistema incluir longos trechos retos de tubo de seção constante. [3]

As perdas menores podem ser calculadas por meio da Equação (8):

$$h_L = K_L \frac{V^2}{2g} \quad (8)$$

Onde: K_L = Coeficiente de perda; V = Velocidade do escoamento (m^2/s); g = Gravidade (m/s^2).

O coeficiente de perda (K_L) no geral é fornecido pelos fabricantes para cada tipo de acessório, com variação de fabricante para fabricante e de material para material, mas o coeficiente de perda pode ser calculado a partir da Equação (9):

$$K_L = \frac{h_L}{V^2/2g} \quad (9)$$

Onde: h_L = Perda de carga (m); V = Velocidade do escoamento (m^2/s); g = Gravidade (m/s^2).

Outra maneira de calcular o coeficiente de perda, por meio do comprimento equivalente para a singularidade em questão, a partir da Equação (10)

$$K_L = \frac{L_{\text{eq}} f}{D} \quad (10)$$

Onde: L_{eq} = Comprimento equivalente (m); f = Fator de atrito; D = Diâmetro do tubo (m).

2.4.3. Perda de carga total

A perda de carga total é o somatório da perda de carga distribuída com a perda de carga localizada, expressa pela equação (11):

$$h_{L,total} = h_{L,distribuida} + h_{L,localizada}$$

$$h_{L,total} = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} + K_L \frac{V^2}{2g} \quad (11)$$

Onde: L = Comprimento do tubo (m); D = Diâmetro do tubo (m); $V_{méd}$ = Velocidade média (m^2/s); f = Fator de atrito; g = Gravidade (m/s^2); K_L = Coeficiente de perda.

3. Metodologia de construção da Bancada

A figura 1 apresenta o esquema da linha de raciocínio para a metodologia de concepção da bancada.

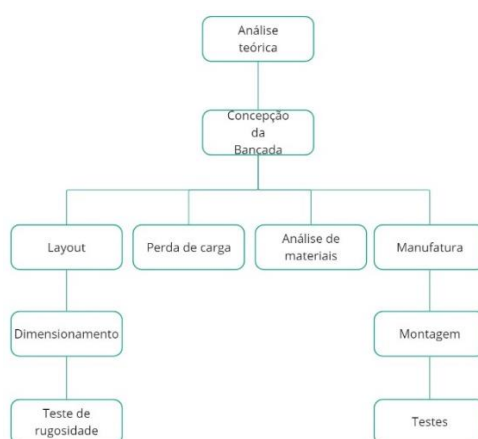


Figura 1. Fluxograma da concepção da bancada. (Autoria própria)

3.1. Layout

A concepção da bancada foi pensada a partir do zero. Foi estudado como seria projetado o layout, tomando como referência os textos [4],[5] e [6], chegando à conclusão da utilização de fatores de variação para diferentes linhas com a finalidade de determinar diferentes perdas de carga, definindo a aplicação de quatro linhas diferentes, como a bancada foi pensada no cotidiano, concluiu-se que o tubo mais usual é o de diâmetro DN 20 de PVC rígido.

Com os fatores de variação de medida definidos, foi determinado um sistema com quatro linhas diferentes: Para a primeira linha foi definida a utilização de um tubo PVC liso rígido novo com o objetivo de medir a perda de carga distribuída gerada pelo atrito provocado pela parede da tubulação; A segunda linha foi definida a aplicação do fator tempo, utilizando um tubo PVC liso rígido envelhecido com o intuito de determinar a variação da perda de carga distribuída gerada pela rugosidade presente na tubulação; A terceira linha foi definida a utilização de singularidades, utilizando tubos de PVC liso rígido e acessórios com fixação soldável com o interesse de efetuar a medição da perda de carga localizada para determinados acessórios de diferentes tipos; A quarta linha foi aplicada o fator de variação na fixação das singularidades e da tubulação, foi definida a utilização de tubo PVC liso rígido com rosca e acessórios com fixação por rosca, com a finalidade de medir a variação que o tipo de fixação vai ocasionar na perda de carga localizada.

Como o diâmetro da tubulação definido, a altura da coluna de fluido escolhida em dez centímetros, a velocidade definida a partir da vazão fornecida pela bomba disponível no laboratório, e o fator de atrito para tubo PVC novo tabelado, restava calcular qual o comprimento de tubulação que iria ser utilizado, a partir da Equação (6) e o comprimento de entrada para o escoamento turbulento desenvolvido, a partir da Equação (3). A partir desse ponto foi efetuado o desenho do croqui da bancada (Figura 2) por meio de um software de desenho, o qual foi escolhido para o presente trabalho o Autocad da Autodesk.

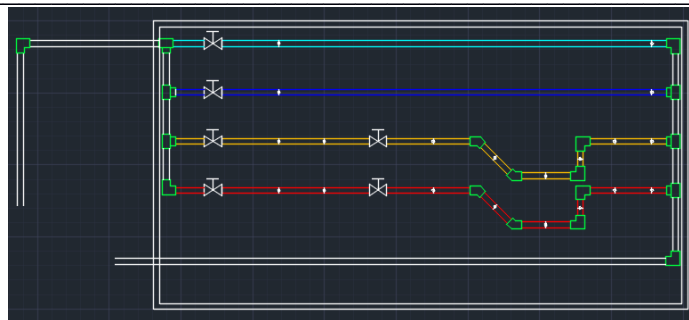


Figura 2. Croqui da bancada. (Autoria própria)

3.2. Teste de rugosidade

Como foi visto que a rugosidade influencia na variação da altura da coluna de fluido, e devido a aplicação do fator tempo na segunda linha, foi necessário a realização de um teste de rugosidade (Figura 3) na superfície dos tubos. Ao qual foi realizado a partir de um rugosímetro portátil da Insize, modelo ISR-C300. Para o ensaio nos tubos PVC foi inserido a variável Sample com o valor de 2,5mm, com a finalidade de determinar a diferença de rugosidade entre os tubos, o teste forneceu um resultado de uma rugosidade do tipo Ra de 2,635 μ m para o tubo envelhecido (Figura 4) e para o tubo novo uma rugosidade do tipo Ra de 1,762 μ m.



Figura 3. Teste de rugosidade. (Autoria própria)

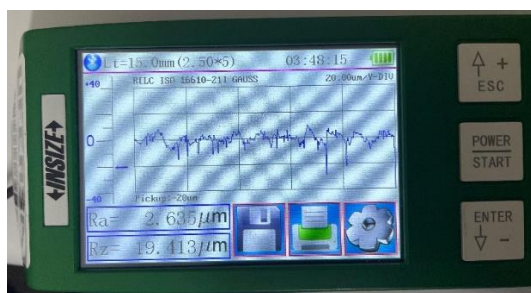


Figura 4. Resultado do teste de rugosidade para o tubo envelhecido. (Autoria própria)

3.3. Perda de carga

Com a confirmação da diferença de rugosidade entre os tubos, foi efetuado o cálculo da perda de carga distribuída para a primeira e segunda linha, a partir da Equação (6).

Na ausência de informações do fabricante para as singularidades sobre o coeficiente de perda (K) para os dois tipos de fixação dos acessórios, foram realizados cálculos a partir da Equação (10), utilizando o comprimento equivalente da válvula de esfera de acordo com Fox, 2014, e o comprimento equivalente para o joelho de 90 graus e 45 graus de acordo com o fabricante, obtendo os coeficientes de perda apresentados no Quadro 1.

Quadro 1. Coeficientes de perda

Acessório	Coeficiente de perda (K)
-----------	--------------------------

Válvula de esfera	9
Joelho 90°	3,3
Joelho 45°	1,2

Fonte: Autoria própria

Posteriormente foi realizado o cálculo da perda de carga localizada a partir da Equação (8). A partir dos dados obtidos no ensaio experimental, é possível constatar a partir da Equação (9) se o coeficiente de perda será igual para ambos os tipos de fixação.

3.4. Análise de materiais

Definido a etapa de layout e realizado o dimensionamento dos componentes, foi realizado um levantamento de todos os materiais e quantidades necessárias para a manufatura da bancada, Quadro 2.

Quadro 2. Materiais utilizados na manufatura da bancada

Componentes	Quantidade	Unidade
Abraçadeira PVC	6	Peças
Adesivo plástico PVC krona	1	Peças
Compensado 1000mmx1000mm	1	Peças
Conexão pneumática 10x1/4	20	Peças
Joelho 45° 20mm tigre soldável	2	Peças
Joelho 45° 20mm tigre rosca	2	Peças
Joelho 90° 20mm tigre soldável	6	Peças
Joelho 90° 20mm tigre rosca	2	Peças
Mangueira 1/4x2mm	30	Metros
Metalon 20x30	6	Metros
Parafuso auto brocante	6	Peças
Tambor de 200 L	1	Peças
Tarraxa 20mm	1	Peças
Tê 20mm tigre soldável	6	Peças
Tinta dialine 500ml	1	Lata
Torneira krona	1	Peças
Tubo PVC 20mm tigre soldável	12	Metros
Tubo PVC 20mm tigre rosca	6	Metros
Tubo PVC 32mm tigre soldável	1	Metros
União Fortlev 20mm soldável	1	Peças
Válvula de esfera 32mm krona soldável	1	Peças
Válvula de esfera 20mm tigre soldável	6	Peças
Válvula de esfera 20mm krona soldável	2	Peças
Válvula de esfera 20mm tigre rosca	1	Peças

Fonte: Autoria própria

3.5. Manufatura e montagem

O processo de montagem se iniciou a partir da manufatura da armação de sustentação. Para a manufatura foi utilizado um metalon de perfil retangular 30x20-20 com união por processo de soldagem, com função de fixação e sustentação para o sistema das linhas hidráulicas, foi instalado um sistema de apoio utilizando madeira do tipo MDF para proporcionar maior estabilidade para a armação.

A manufatura do sistema hidráulico (as linhas de análise) (Figura 5), foi realizado a partir do corte dos comprimentos necessários das seções de análise para cada parâmetro. E realizada a separação dos acessórios para suas respectivas localizações. Concluído processo de corte e separação, foi iniciado o processo de fixação das tubulações e acessórios em suas respectivas posições com união por adesivo plástico para tubos e conexões de PVC rígido soldável e união por fita veda rosca para tubos e conexões de PVC rígido rosqueado.



Figura 5. Montagem do sistema hidráulico. (Autoria própria)

Para realizar as tomadas de medição, foi necessário a inserção de conexões para utilização da mangueira de nível para captação da altura de coluna de água, a partir de uma pesquisa de mercado foi definida a utilização de conexões pneumáticas. Esse tipo de conexão possui união por meio de rosca, desse modo foi realizado a furação e fixação, utilizando uma broca de 11mm e um macho de rosca NPT-1/4 para abertura da rosca NPT (Figura 6). Para garantir a vedação, se fez necessário a utilização de fita veda rosca nas conexões pneumáticas com a finalidade de evitar vazamentos entre a conexão e o tubo.



Figura 6. Rosca NPT-1/4. (Autoria própria)

A montagem final da estrutura principal (Figura 7), foi executada pela fixação do sistema hidráulico na armação de sustentação, para isso foi utilizado abraçadeiras de PVC de 20mm fixadas por parafusos auto brocante fixados na parede do metalon, em sequência foi instalado o reservatório (Tambor) para a alimentação de fluido no sistema de tubulação. Por fim foi inserido e fixados os últimos acessórios para a linha de entrada e saída do sistema hidráulico que se fez necessário para a finalização da fixação do sistema hidráulico completo na armação.



Figura 7. Montagem final. (Autoria própria)

Concluído a manufatura e montagem da armação e do sistema hidráulico. Pela exigência dos pontos de medição, se fez necessário a produção de um painel de medição (Figura 8). Foi executada a manufatura utilizando chapa de compensado de 15mm para confecção da estrutura principal, na fixação das mangueiras de nível se fez necessário a utilização de um tubo PVC rígido perfurado, abraçadeiras de PVC para fixação do tubo na estrutura e a utilização de um adesivo de régua escanográfica para medição das colunas de água.

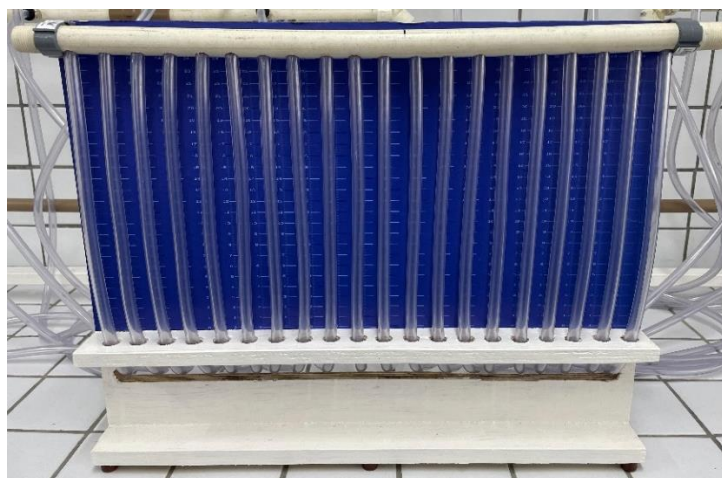


Figura 8. Painel de medição. (Autoria própria)

3.6. Custos

O projeto teve como propósito manter o baixo custo em relação as bancadas comercializadas. Com isso foi definido alguns objetivos: custo baixo na aquisição dos materiais; Manufatura própria, evitando gastos com mão de obra de terceiros. Diante disso, foram realizadas pesquisas de preços em diferentes lojas para os materiais específicos, com a finalidade de encontrar o menor preço disponível dentre as opções disponíveis. Na etapa de manufatura a soldagem da armação foi realizada pela mão de obra de serviço de terceiros, enquanto os outros processos foram realizados por meio de mão de obra própria, garantindo uma produção eficiente, de qualidade e custo reduzido. Ao final o gerenciamento de custo se mostrou bastante eficaz, alcançando as metas propostas para a concepção da bancada, o Quadro 3 a seguir, lista o custo total detalhadamente.

Quadro 3. Custo da bancada

Componentes	Quantidade	Unidade	Valor unidade (R\$)	Valor total (R\$)
Abraçadeira PVC	6	Peças	0,40	2,40
Adesivo plástico PVC krona	1	Peças	15,90	15,90
Compensado 1000x1000	1	Peças	50,00	50,00
Conexão pneumática 10x1/4	20	Peças	6,90	138,00
Joelho 45° tigre 20mm soldável	2	Peças	1,41	2,82
Joelho 45° tigre 20mm rosca	2	Peças	5,35	10,70
Joelho 90° tigre 20mm soldável	6	Peças	0,64	3,84
Joelho 90° tigre 20mm rosca	2	Peças	2,27	4,54
Mangueira 1/4x2mm	30	Metros	2,90	87,00
Metalon 20x30	6	Metros	6,67	40,00
Parafuso auto brocante	6	Peças	0,20	1,20
Solda da estrutura	1	-	60,00	60,00
Tambor de 200 L	1	Peças	Doação	Doação
Tarraxa 20mm	1	Peças	38,90	38,90
Tê tigre 20mm soldável	7	Peças	1,09	7,63
Tinta dialine 500ml	1	Lata	Doação	Doação
Torneira krona	1	Peças	10,00	10,00
Tubo PVC tigre 20mm soldável	12	Metros	4,03	48,36

Tubo PVC tigre 20mm rosca	6	Metros	11,40	68,41
Tubo PVC krona 32mm soldável	1	Metros	8,00	8,00
União Fortlev 20mm soldável	1	Peças	7,70	7,70
Válvula de esfera krona 20mm soldável	2	Peças	4,40	8,80
Válvula de esfera tigre 20mm soldável	5	Peças	17,78	106,68
Válvula de esfera tigre 20mm rosca	1	Peças	18,18	18,18
Válvula de esfera krona 32mm soldável	1	Peças	10,00	10,00
Total	-	-	-	731,28

Fonte: Autoria própria

Como o projeto foi utilizado o fluxo da torneira, não foi considerado o custo de uma bomba, mas adicionando uma bomba periférica autoaspirante, cujo valor cotado foi de R\$180,00, o custo total passaria a ser de R\$911,28. Desse modo ainda sendo considerada uma bancada de baixo custo.

4. Resultados e Discussões

São apresentados os parâmetros calculados de entrada para a realização do cálculo da perda de carga, Quadro 4.

Quadro 4. Parâmetros de entrada

Parâmetro	Valor	Unidade
Vazão (Q)	0,000384	m ³ /s
Velocidade (V)	0,306	m/s
Reynolds (Re)	6854,81	-
Coefficiente de atrito tubo PVC novo (f)	0,0344	-
Coefficiente de atrito tubo envelhecido(f)	0,0345	-

Fonte: Autoria própria

A partir dos dados de entrada da Quadro 4, foram realizados os cálculos para as perdas de carga distribuída e localizadas. As grandes perdas, presentes na primeira e segunda linha, foram calculadas a partir da Equação (6), obtendo os resultados presentes no Quadro 5.

Quadro 5. Perda de carga distribuída teórica

Linha	Perda de carga (m)
1	0,01002
2	0,01005
3	-
4	-

Fonte: Autoria própria

A partir dos dados dos coeficientes de perda apresentados no Quadro 1, e os dados do Quadro 4, foram calculadas as perdas de carga localizadas dos acessórios presentes na terceira e quarta linha, a partir da Equação (8), obtendo os resultados apresentados no Quadro 6.

Quadro 6. Perda de carga localizada teórica

Acessório	Perda de carga (m)
Válvula de esfera	0,043
Joelho 90°	0,016
Joelho 45°	0,006

Fonte: Autoria própria

Devido a problemas na bomba que iria ser utilizada inicialmente, se fez necessário um ajuste rápido para a realização dos testes da bancada, sendo utilizado como sistema de alimentação o fluxo do sistema hidráulico do laboratório.

Como surgiram problemas de vazamentos nas conexões pneumáticas e vazão excessiva durante os primeiros testes, se fez necessária várias tentativas para solucionar os problemas. Ao final foi possível regular a vazão e solucionar o problema de vazamento das conexões da primeira linha e realizar a medição da perda de carga, resultando nos dados apresentados na Quadro 7.

Quadro 7. Perda de carga distribuída real

Linha	Perda de carga (m)
1	0,02
2	-
3	-
4	-

Fonte: Autoria própria

Mesmo com o resultado mascarado pela presença de ar presente na mangueira de medição, comparando a perda de carga real com a teórica calculada no dimensionamento da primeira linha, a bancada se mostrou bastante fiel, obtendo um resultado razoável.

5. CONCLUSÕES

Com o estudo a respeito sobre escoamento em tubos, conclui-se que a perda de carga possui extrema importância para os sistemas hidráulicos presentes no uso doméstico e no âmbito industrial. Desse modo é necessário a aplicação das técnicas de dimensionamento para evitar perda de desempenho nos sistemas hidráulicos.

A construção da bancada se mostrou fiel em toda a sua etapa de dimensionamento realizada, e sua construção pode levar os discentes a construir outras bancadas didáticas, agregando cada vez mais ao ensino do curso. A bancada possui pontos a ser melhorados em relação a vazamentos presentes nas conexões pneumáticas das linhas dois, três e quatro, bem como a solução para retirada do ar presente nas mangueiras de medição. Melhorar o sistema de alimentação de fluido, implantando uma bomba com vazão próxima ao valor calculado para o sistema hidráulico do laboratório, e melhorar ou refazer o painel de medição.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Cengel, Y. A.; Cimbala J. M. **Mecânica dos fluidos: fundamentos e aplicações**. 3.ed. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda, 2012.
- [2] White, F. M. **Mecânica dos fluidos**. 6.ed. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda, 2011.
- [3] Fox, R. W.; McDonald, A. T.; Pritchard, P. J. **Introdução à mecânica dos fluidos**. 8.ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2014.
- [4] Nascimento, E. R. B. et al. **Construção de uma bancada didática de baixo custo para realização de ensaios de bombas em série e bombas em paralelo**. Google Acadêmico, 2013. Disponível em: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=pt-BR&user=1_-ZRK4AAAAJ&citation_for_view=1_-ZRK4AAAAJ:Y0pCki6q_DkC. Acesso em: 31 agosto 2023.
- [5] Casagrande, K. T. H.; Veiga, L. C. D.; Castorini, L. D. C. **Construção de bancada didática para teste de perda de carga**. RIUT, 2014. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/28405/1/CP_COMIN_2014_2_18.pdf. Acesso em: 31 agosto 2023
- [6] Paiva, M. R. P.; Fagundes, G. F.; Cavallaro, R. J. **Projeto de bancada didática para determinar perda de carga em tubulação e conexões**. ResearchGate, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/346467250_Projeto_de_bancada_didatica_para_determinar_perda_de_carga_em_tubulacao_e_conexoes. Acesso em: 31 agosto 2023