

Roteiro Aula Prática



MÁQUINAS DE FLUXO

ROTEIRO DE AULA PRÁTICA

NOME DA DISCIPLINA: MÁQUINAS DE FLUXO

Unidade: U1_ Fundamentos de máquina de fluxo, análise de turbomáquinas e curvas características de bombas centrífugas.

Aula: A3_ Curvas características de bombas centrífugas.

OBJETIVOS

Definição dos objetivos da aula prática:

Obter as curvas características de uma bomba centrífuga;

Analisar as curvas características obtidas.

SOLUÇÃO DIGITAL:

Microsoft Excel

O Microsoft Excel, mais conhecido por apenas Excel, é um editor de planilhas produzido pela Microsoft para computadores que utilizam o sistema operacional Microsoft Windows, além de computadores Macintosh da Apple Inc. e dispositivos móveis como o Windows Phone, Android ou o iOS

Microsoft Excel com licença estudantil: <https://www.microsoft.com/pt-br/education/products/office>.

PROCEDIMENTOS PRÁTICOS E APLICAÇÕES

Procedimento/Atividade nº 1

Determinação das curvas características de uma bomba centrífuga.

Atividade proposta: Calcular e traçar as curvas características de uma máquina de fluxo utilizando dados fornecidos e o software Excel. Os alunos deverão realizar cálculos para determinar a Altura Manométrica (H), Potência Hidráulica (Ph) e Mecânica (Pm), e Eficiência (n) da máquina em função da Vazão Volumétrica (Q) e traçar as respectivas curvas $H \times Q$, $P \times Q$ e $n \times Q$.

Procedimentos para a realização da atividade:

As bombas centrífugas são amplamente utilizadas em indústrias e sistemas de bombeamento de água por sua capacidade de movimentar grandes volumes de fluido com eficiência. Elas operam convertendo energia mecânica em energia hidráulica através da rotação de um impulsor.

Quando o fluido entra no centro do impulsor, ele é acelerado e empurrado para a periferia pela força centrífuga, aumentando sua velocidade e pressão.

Uma das principais ferramentas para avaliar o desempenho de uma bomba centrífuga são suas curvas características. Elas fornecem informações cruciais sobre como a bomba responde a diferentes condições operacionais, permitindo otimizar seu uso em várias aplicações.

Curva $H \times Q$ – Altura Manométrica vs. Vazão: Mostra a relação entre a altura manométrica, ou seja, a pressão gerada pela bomba, e a vazão volumétrica. Normalmente, à medida que a vazão aumenta, a altura manométrica diminui. Esse comportamento ocorre porque a bomba tem um limite de energia que pode ser transferido ao fluido, e com maior quantidade de fluido (vazão maior), a capacidade de gerar pressão é reduzida.

Curva $P \times Q$ – Potência vs. Vazão: Relaciona a potência absorvida pela bomba e a vazão. À medida que a vazão aumenta, a bomba requer mais energia para manter o fluxo, resultando em um aumento da potência consumida. Essa informação é essencial para garantir que a bomba esteja operando de forma eficiente, evitando sobrecargas no sistema.

Curva $\eta \times Q$ – Eficiência vs. Vazão: É uma das mais importantes, pois mostra como a eficiência da bomba varia com a vazão. A eficiência tende a atingir um pico em uma determinada vazão, conhecido como ponto de operação ideal, onde a bomba trabalha de maneira mais eficiente. Operar fora desse ponto pode resultar em perdas de energia e maior desgaste do equipamento. Agora que compreendemos as curvas características de uma bomba centrífuga, é hora de colocar esses conceitos em prática. O Quadro 1 mostra os dados coletados de uma bomba centrífuga.

Quadro 1 - Dados coletados

DADOS - Bomba centrífuga								
P(kPa) entrada	P (kPa) saída	u	I (A)	η_M	$\cos\phi$	$Q(m^3/s)$	ρ	g
172369	0	220	1,3	0,436	0,96	0,000000	997,00	9,81
145870	8,031	220	1,7	0,436	0,96	0,000250	997,00	9,81
131000	10,1592	220	2,3	0,436	0,96	0,000489	997,00	9,81
125300	10,532	220	2,5	0,436	0,96	0,000822	997,00	9,81
110316	11,0735	220	2,6	0,436	0,96	0,001069	997,00	9,81
82737,1	12,32645	220	2,7	0,436	0,96	0,001550	997,00	9,81
65212	12,951	220	2,8	0,436	0,96	0,001950	997,00	9,81
55158,1	13,5456	220	2,9	0,436	0,96	0,002119	997,00	9,81

Para caracterizar o desempenho de uma bomba centrífuga é necessário conhecer a altura de elevação, a potência consumida no acionamento e sua eficiência, sendo que cada um desses parâmetros são função da vazão.

A altura de elevação H da bomba pode ser calculada por:

$$H = \left| \frac{P}{\rho g} + \frac{\overline{V^2}}{2g} + z \right|_{\text{Saída}} - \left| \frac{P}{\rho g} + \frac{\overline{V^2}}{2g} + z \right|_{\text{Entrada}}$$

Sendo P é a pressão, V é a velocidade média e z é a altura de referência. Essas variáveis são medidas nas seções de descarga (saída) e sucção (entrada) da bomba.

A potência mecânica consumida pela bomba pode ser determinada a partir de parâmetros elétricos, para tal é necessário conhecer as características do motor. Para um motor elétrico trifásico, a potência mecânica é calculada por:

$$P_m = u \cdot I \cdot \eta_M \cdot \cos \varphi$$

Sendo u é tensão, I é a corrente elétrica, η_M é a eficiência do motor elétrico e $\cos \varphi$ é o fator de potência. A eficiência da bomba pode ser obtida pela razão entre a potência hidráulica fornecida ao fluido e a potência mecânica consumida em seu acionamento, assim:

$$\eta_B = \frac{P_h}{P_m} = \frac{\rho g H Q}{P_m}$$

Agora, com base no Quadro 1, determine as curvas características curvas $H \times Q$, $P \times Q$ e $\eta \times Q$ desta bomba.

Avaliando os resultados:

Você deverá entregar um relatório (formato docx) contendo:

As curvas características de altura, potência e eficiência em função da vazão, além de responder às seguintes questões:

- Quais foram as alturas manométricas, potências e eficiências encontradas em cada ponto?
- Qual é a geometria das curvas características apresentadas?
- Qual é a correlação entre as curvas características?

Checklist:

- ✓ Potência Mecânica (P_m) calculada corretamente.
- ✓ Potência Hidráulica (P_h) calculada corretamente.
- ✓ Eficiência (η) calculada corretamente.

- ✓ Altura Manométrica (H) calculada corretamente.
- ✓ Curva $H \times Q$ (Altura Manométrica x Vazão).
- ✓ Curva $P \times Q$ (Potência Hidráulica x Vazão).
- ✓ Curva $\eta \times Q$ (Eficiência x Vazão).
- ✓ Responder as perguntas.
- ✓ Elaborar o relatório.

RESULTADOS

Resultados do experimento:

Ao final dessa aula prática, você deverá enviar um arquivo em word contendo as informações dos cálculos realizados, dos gráficos plotados, das perguntas respondidas e em conjunto com um texto conclusivo a respeito das informações obtidas. O arquivo não pode exceder o tamanho de 2Mb.

- Referências bibliográficas ABNT (quando houver).

Resultados de Aprendizagem:

Espera-se que o aluno adquira conhecimento sobre as curvas características de uma bomba centrífuga. O aluno deve realizar anotações do experimento detalhando os procedimentos realizados, assim como traçar as curvas características de desempenho da bomba:

$H \times Q$: Altura de elevação em função da vazão.

$P_m \times Q$: Potência mecânica de acionamento em função da vazão.

$\eta \times Q$: Eficiência em função da vazão.

NOME DA DISCIPLINA: MÁQUINAS DE FLUXO

Unidade: U2_Análise dimensional, leis de similaridade e associações de bombas centrífuga

Aula: A3_Associação de bombas centrífugas

OBJETIVOS

Definição dos objetivos da aula prática:

Descrever o objetivo da aula prática

SOLUÇÃO DIGITAL:

Microsoft Excel

O Microsoft Excel, mais conhecido por apenas Excel, é um editor de planilhas produzido pela Microsoft para computadores que utilizam o sistema operacional Microsoft Windows, além de computadores Macintosh da Apple Inc. e dispositivos móveis como o Windows Phone, Android ou o iOS

Microsoft Excel com licença estudantil: <https://www.microsoft.com/pt-br/education/products/office>.

PROCEDIMENTOS PRÁTICOS E APLICAÇÕES

Procedimento/Atividade nº 2

Inserir o nome do experimento: **Associação de Bombas**

Atividade proposta: Nesta atividade, os alunos irão determinar as curvas características de bombas associadas em série e em paralelo, observando como essas associações afetam a altura manométrica, a vazão e a potência do sistema. Utilizando dados fornecidos e o Excel, os alunos deverão calcular as variáveis e traçar as curvas $H \times Q$ (Altura Manométrica x Vazão) para uma única bomba e para as associações.

Procedimentos para a realização da atividade:

Considere o seguinte cenário: Você trabalha como engenheiro responsável por um sistema de bombeamento em uma planta industrial que precisa garantir o transporte de água para diferentes setores da fábrica. Cada setor possui requisitos distintos de pressão e vazão, o que exige um ajuste no sistema de bombas para atender às necessidades da operação de forma eficiente.

Atualmente, há uma bomba única operando no sistema, e você precisa avaliar o desempenho dela em comparação com possíveis associações de bombas para melhorar o transporte de fluido. Sua tarefa é analisar e comparar três cenários:

1. Bomba Única: Você começará avaliando a bomba já instalada, determinando suas curvas características e identificando seu ponto de operação.

Sistema considerando uma única bomba						
Válvula	Vacuômetro [mmHg]	Vacuômetro [Kgf/vm ²]	Manômetro [Kgf/cm ²]	Vazão [m ³ /h]	Altura Manométrica [Kgf/cm ²]	Altura Manométrica [m]
Fechado	0	0	1,80	0,0	1,80	17,99
1/2 Aberto	140	-0,19032834	1,10	3,6	1,29	12,90
Aberto	180	-0,24470787	0,90	4,0	1,14	11,44

2. Associação em Série de Bombas Diferentes: Em alguns setores da planta, a altura manométrica necessária é muito maior do que a que a bomba atual pode fornecer. A solução proposta é adicionar uma segunda bomba em série para aumentar a altura manométrica. Ambas as bombas têm características diferentes, e você deve determinar a curva H x Q para essa configuração. OBS: Uma das bombas possui a mesma característica do caso 1.

Sistema considerando duas bombas ligadas em série						
Válvula	Vacuômetro [mmHg]	Vacuômetro [Kgf/vm ²]	Manômetro [Kgf/cm ²]	Vazão [m ³ /h]	Altura Manométrica [Kgf/cm ²]	Altura Manométrica [m]
Fechado	0	0	3,7	0	3,70	36,99
1/2 Aberto	220	-0,2990874	1,5	4,8	1,80	17,98
Aberto	240	-0,32627716	1,3	5,0	1,63	16,26

3. Associação em Paralelo de Bombas Diferentes: Em outros setores, a demanda de vazão é elevada, mas a pressão requerida é moderada. Para lidar com essa demanda, a proposta é associar duas bombas diferentes em paralelo, de modo a aumentar a vazão sem alterar significativamente a pressão. Assim, será necessário analisar como as bombas em paralelo atendem a essa demanda. Você deve determinar a curva H x Q para essa configuração. OBS: Uma das bombas possui a mesma característica do caso 1.

Sistema considerando duas bombas ligadas em paralelo						
Válvula	Vacuômetro [mmHg]	Vacuômetro [Kgf/vm ²]	Manômetro [Kgf/cm ²]	Vazão [m ³ /h]	Altura Manométrica [Kgf/cm ²]	Altura Manométrica [m]
Fechado	0	0	1,8	0	1,8	17,99
1/2 Aberto	110	-0,149543698	1,3	3,0	1,45	14,49
Aberto	240	-0,326277158	1,0	5,1	1,33	13,26

A curva característica H x Q de **cada sistema** pode ser obtida a por meio da equação a seguir:

$$Hm(Q) = aQ^2 + bQ + c$$

Avaliando os resultados:

Você deverá entregar um relatório (formato docx) contendo:

As curvas características obtidas para o sistema com uma única bomba e para as associações em série e paralelo, além de responder às seguintes questões:

- Por que a equação $Hm(Q)$ pôde ser utilizada?
- Como a altura manométrica total varia entre as bombas associadas em série e em paralelo?

- Como a vazão total varia em ambas as associações?
- Quais são as vantagens de associar bombas em série e em paralelo em sistemas de bombeamento?
- Em quais situações seria mais eficiente utilizar bombas associadas em série? E em paralelo?

OBS: Mostrar todos os cálculos no relatório.

Checklist:

- ✓ Realizar o cálculo dos coeficientes a, b e c para todos os casos;
- ✓ Determinar o valor de H em função da vazão Q (faça a variação de 0 até 4,5 m³/s);
- ✓ Traçar as curvas características de cada caso;
- ✓ Traçar um gráfico contendo as três curvas;
- ✓ Responder as questões;
- ✓ Elaborar o relatório.

RESULTADOS

Resultados do experimento:

Ao final dessa aula prática, você deverá enviar um arquivo em word contendo as informações dos cálculos realizados, dos gráficos plotados, das perguntas respondidas e em conjunto com um texto conclusivo a respeito das informações obtidas. O arquivo não pode exceder o tamanho de 2Mb.

- Referências bibliográficas ABNT (quando houver).

Resultados de Aprendizagem:

Espera-se que o aluno adquira conhecimento sobre as associações de bombas e as curvas características da associação. O aluno deve realizar anotações do experimento detalhando os procedimentos realizados, assim como traçar as curvas características de desempenho da bomba:
H x Q: Altura de elevação em função da vazão.

NOME DA DISCIPLINA: MÁQUINAS DE FLUXO

Unidade: U3_Cavitação, curva de carga de sistemas e aplicação a sistemas de fluidos

Aula: A3_ Cavitação em turbo máquinas.

OBJETIVOS

Definição dos objetivos da aula prática:

- Avaliar as condições de pressão e vazão para verificar a possibilidade de cavitação na bomba de sucção negativa.
- Calcular perdas de carga e comprimento equivalente (L_{eq}) considerando os componentes da tubulação.
- Propor ajustes no sistema para minimizar o risco de cavitação e melhorar o desempenho do sistema de refrigeração.

SOLUÇÃO DIGITAL:

Microsoft Excel

As soluções podem ser realizadas com o software Microsoft Excel, mas não há obrigatoriedade.

O Microsoft Excel, mais conhecido por apenas Excel, é um editor de planilhas produzido pela Microsoft para computadores que utilizam o sistema operacional Microsoft Windows, além de computadores Macintosh da Apple Inc. e dispositivos móveis como o Windows Phone, Android ou o iOS

Microsoft Excel com licença estudantil: <https://www.microsoft.com/pt-br/education/products/office>.

PROCEDIMENTOS PRÁTICOS E APLICAÇÕES

Procedimento/Atividade nº 1

Seleção de bomba e análise de cavitação.

Atividade proposta: Analisar o fenômeno da cavitação em um sistema de bombeamento de uma Usina Termoeletrica, por meio de cálculos específicos para verificar a ocorrência de cavitação e a adequação dos parâmetros do sistema.

Procedimentos para a realização da atividade:

A cavitação é um fenômeno que ocorre em sistemas de bombeamento e turbomáquinas quando a pressão do fluido cai abaixo do seu ponto de vapor, formando bolhas de vapor dentro

do líquido. Esse fenômeno geralmente começa em regiões de alta velocidade e baixa pressão, como restrições ou curvas nas tubulações e dentro das bombas, onde o fluido passa por uma rápida redução de pressão. Quando essas bolhas de vapor entram em regiões de maior pressão, elas colapsam de forma abrupta, liberando microjatos de alta pressão e ondas de choque.

O colapso das bolhas de cavitação próximo a superfícies metálicas pode causar erosão, comprometendo a integridade dos componentes do sistema, especialmente de bombas e turbinas. Esse desgaste gradual, conhecido como erosão por cavitação, reduz a eficiência e pode levar a falhas estruturais. Além dos danos físicos, a cavitação também gera ruído e vibrações excessivas, prejudicando o desempenho e a estabilidade do sistema. Para evitar a cavitação, é fundamental projetar os sistemas de forma a manter a pressão do fluido acima do ponto de vapor, o que pode ser feito controlando as condições de operação, como pressão de entrada, velocidade e temperatura do fluido.

No cenário atual, você trabalha em uma equipe de engenharia que foi contratada com urgência para investigar um problema no sistema de refrigeração de uma Usina Termoelétrica, que vem sofrendo apagões recorrentes e perdas na produção de energia. Uma análise preliminar sugere que a bomba de água utilizada no sistema de refrigeração pode estar sofrendo cavitação, levando à perda de desempenho. A formação e colapso de bolhas de vapor dentro da bomba podem estar causando danos aos componentes, reduzindo a eficiência de bombeamento e aumentando as vibrações e ruídos, o que compromete a estabilidade do sistema de refrigeração.

O objetivo da sua equipe é analisar as condições de operação da bomba, verificando se a cavitação realmente está ocorrendo e identificando as possíveis causas, como pressão de entrada insuficiente ou velocidades elevadas de escoamento. Com base nessa análise, é essencial propor soluções para minimizar o risco de cavitação, garantindo que o sistema de refrigeração funcione de forma eficiente e evitando novos apagões que possam impactar a produção de energia da usina.

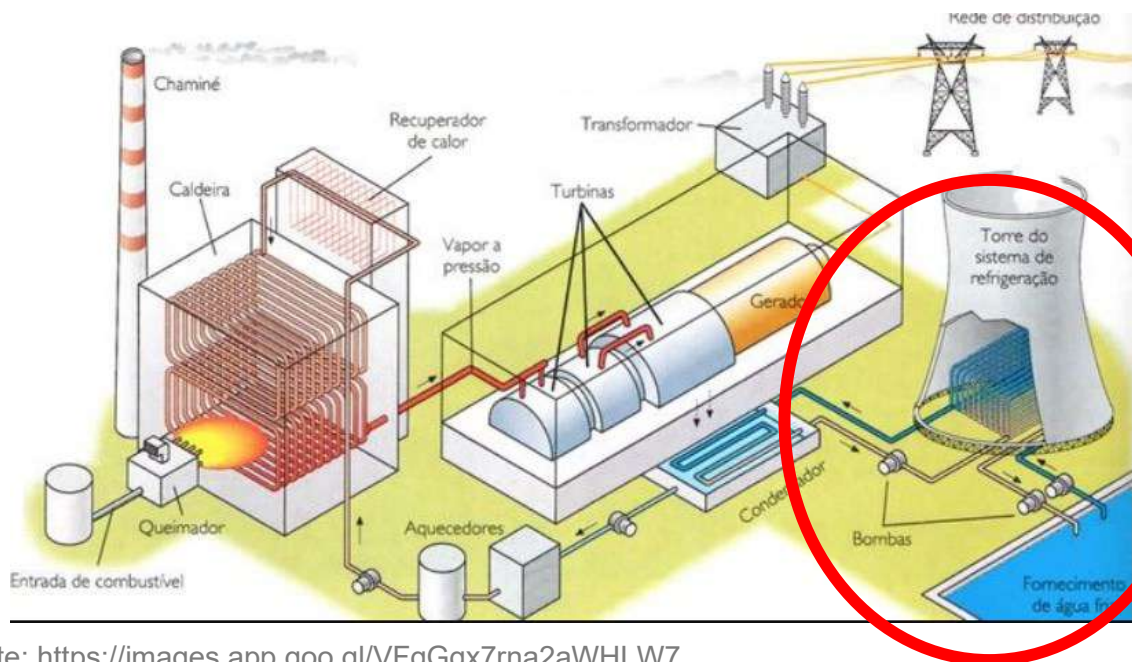
Figura 1 – Efeito da cavitação em uma bomba.



Fonte: <https://images.app.goo.gl/RdL8f8NidrA7JJc57>

O esquema da usina pode ser visto na Figura 2, onde está destacado a parte de interesse para sua equipe.

Figura 2 – Esquema da usina termoeletrica

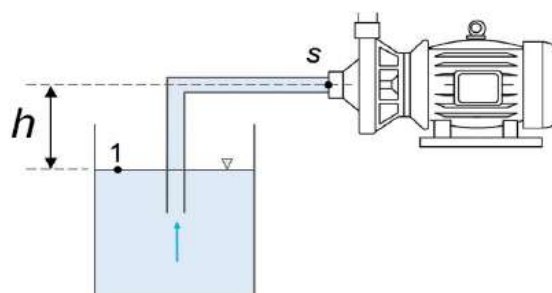


Fonte: <https://images.app.goo.gl/VFgGgx7rna2aWHLW7>

A bomba utilizada no sistema de refrigeração necessita fazer uma operação com altura de elevação de 30 m, com vazão de 50 m³/h e líquido bombeado água a 25° C. O comprimento/altura* da tubulação de sucção deverá ser verificada na planta da usina e a de recalque é de 114 m. Para este sistema de bombeamento com sucção negativa, Figura 3, é necessário que verifique, também, os diâmetros* da tubulação de sucção e de recalque. Além disso, há um cotovelo de 90° e uma curva 45° na região de recalque e um "T" de passagem direta na sucção.

*Sua equipe deve estipular os valores de comprimento/altura da tubulação de sucção, assim como o diâmetro

Figura 3 – Bomba de sucção negativa



Fonte: Verde (2018)

Tabela 1 - Equações de regressão para L_{eq}

Conexão	Aço, galvanizado ou não	Plástico e cobre
	L_{eq} [m], D [mm]	L_{eq} [m], D [mm]
Cotovelo 90°	$L_{eq} = 0,0378.D - 0,057$	$L_{eq} = 1,9314.\ln(D) - 4,402$
Cotovelo 45°	$L_{eq} = 0,0178.D - 0,062$	$L_{eq} = 0,9647.\ln(D) - 2,379$
Curva 90°	$L_{eq} = 0,027.D - 0,045$	$L_{eq} = 0,7445.\ln(D) - 1,709$
Curva 45°	$L_{eq} = 0,0153.D - 0,0009$	$L_{eq} = 0,4339.\ln(D) - 0,995$
Tê – passagem direta	$L_{eq} = 0,0066.D - 0,016$	$L_{eq} = 1,2912.\ln(D) - 2,955$
Tê – saída lateral	$L_{eq} = 0,0553.D - 0,103$	$L_{eq} = 3,8385.\ln(D) - 8,410$

Fonte: Filippo Filho (2015)

Tabela 2 – Pressão e temperatura de saturação da água

T (°C)	P (kPa)
0,01	0,6113
5	0,8721
10	1,2276
15	1,705
20	2,339
25	3,169
30	4,246
35	5,628
40	7,384
45	9,593
50	12,350
55	15,758
60	19,941
65	25,03
70	31,19
75	38,58
80	47,39

Fonte: Borgnakke e Sonntag (2012).

O catálogo para seleção de bombas pode ser encontrado no link abaixo: <https://tinyurl.com/tetgrle>

Apresente os cálculos para a verificação de cavitação para este sistema que possui uma tubulação de aço.

Avaliando os resultados:

Você deverá elaborar um relatório detalhado, mostrando todos os cálculos realizados para verificar a ocorrência de cavitação e garantir a eficiência do sistema de bombeamento na usina. O relatório deve conter as seguintes seções:

- **Introdução:**

Apresentação do problema de cavitação no sistema de bombeamento e sua importância para o desempenho da usina.

- **Cálculos para Verificação de Cavitação;**
- **Cálculo das Perdas de Carga:**
- **Determinação do NPSH:**
- **Análise dos Resultados:**

Avaliar se a bomba está operando em condições seguras contra a cavitação com base nos cálculos realizados.

Discutir o impacto das perdas de carga e dos componentes de tubulação no desempenho da bomba.

- **Conclusões e Recomendações.**

Checklist:

- ✓ Descrever o problema de cavitação e sua importância para o sistema de bombeamento da usina.
- ✓ Explicar os objetivos geral e específicos da análise.
- ✓ Calcular a pressão de entrada na bomba, considerando a altura de sucção e a pressão atmosférica.
- ✓ Consultar a tabela de pressão e temperatura de saturação da água para obter a pressão de vapor a 25°C.
- ✓ Identificar e listar os elementos da tubulação (cotovelo, curva de 45° e “T” de passagem direta).
- ✓ Calcular o comprimento equivalente (L_{eq}) para cada componente usando as equações de regressão.
- ✓ Somar o comprimento equivalente ao comprimento total da tubulação e calcular a perda de carga total.
- ✓ Determinar o NPSH disponível no sistema e comparar com o NPSH requerido da bomba, usando o catálogo fornecido.

RESULTADOS

Resultados do experimento:

Ao final dessa aula prática, você deverá enviar um arquivo em word contendo as informações obtidas no experimento, os cálculos realizados, em conjunto com um texto conclusivo a respeito das informações obtidas. O arquivo não pode exceder o tamanho de 2Mb.

- **Referências bibliográficas ABNT (quando houver).**

Resultados de Aprendizagem:

Ao final desta atividade, os alunos deverão ser capazes de compreender o fenômeno de cavitação em sistemas de bombeamento e identificar suas causas, aplicar conceitos de hidráulica para calcular o NPSH (Net Positive Suction Head) disponível e requerido, determinando as condições necessárias para evitar cavitação.

NOME DA DISCIPLINA: MÁQUINAS DE FLUXO

Unidade: U3_Cavitação, curva de carga de sistemas e aplicação a sistemas de fluidos

Aula: A4_Curvas de carga de sistemas

OBJETIVOS

Definição dos objetivos da aula prática:

Determinar e analisar a perda de carga localizada em um sistema de tubulação utilizando um manômetro digital para medir as diferenças de pressão em acessórios variados.

SOLUÇÃO DIGITAL:

Laboratório Virtual Algetec

Laboratório Virtual Algetec - simulador: "Perda de Carga Localizada".

O laboratório virtual é uma plataforma para simulação de procedimentos em laboratório e deve ser acessado preferencialmente por computador.

PROCEDIMENTOS PRÁTICOS E APLICAÇÕES

Procedimento/Atividade nº 1

Perda de Carga Localizada

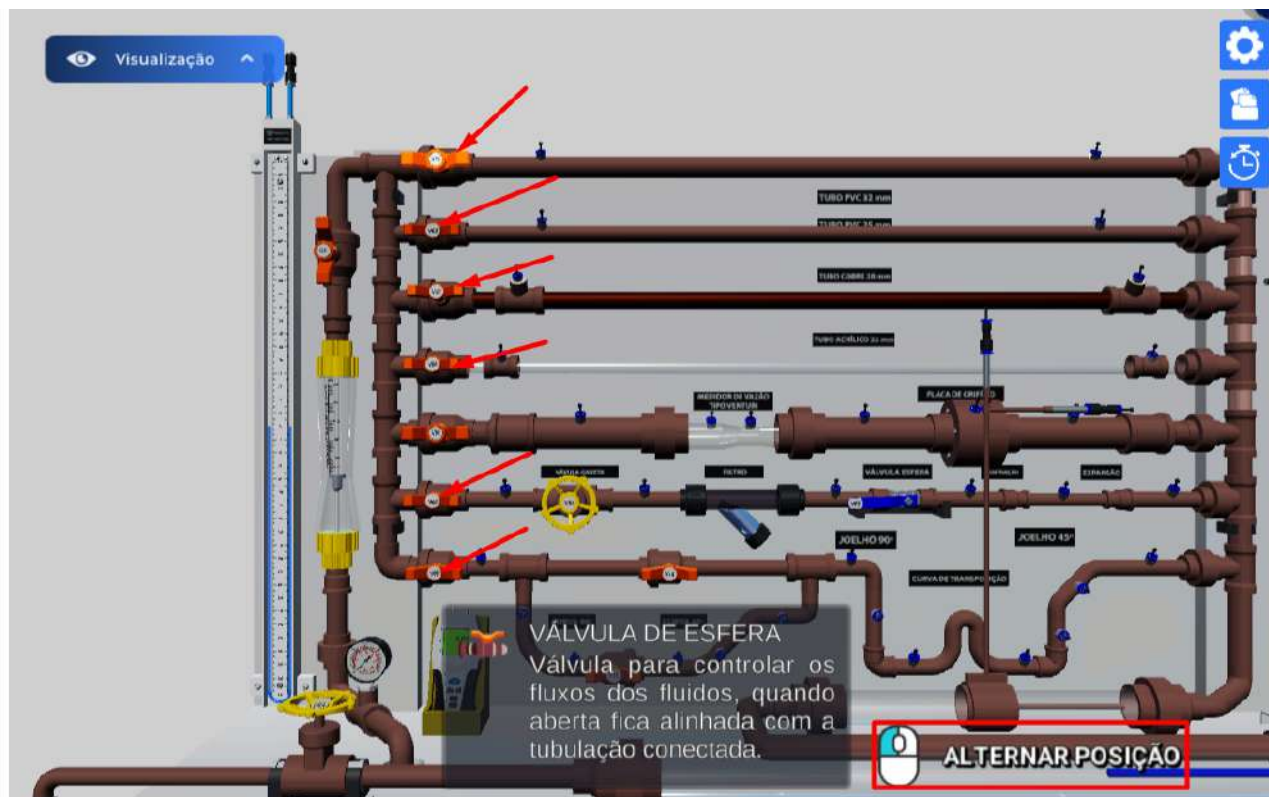
Atividade proposta: Os alunos deverão realizar um experimento para determinar a perda de carga localizada em um sistema de tubulação. Utilizando um manômetro digital, os alunos irão medir as pressões antes e depois de componentes específicos, como válvulas e curvas, para calcular a diferença de pressão gerada por cada elemento.

Procedimentos para a realização da atividade:

Configuração 1:

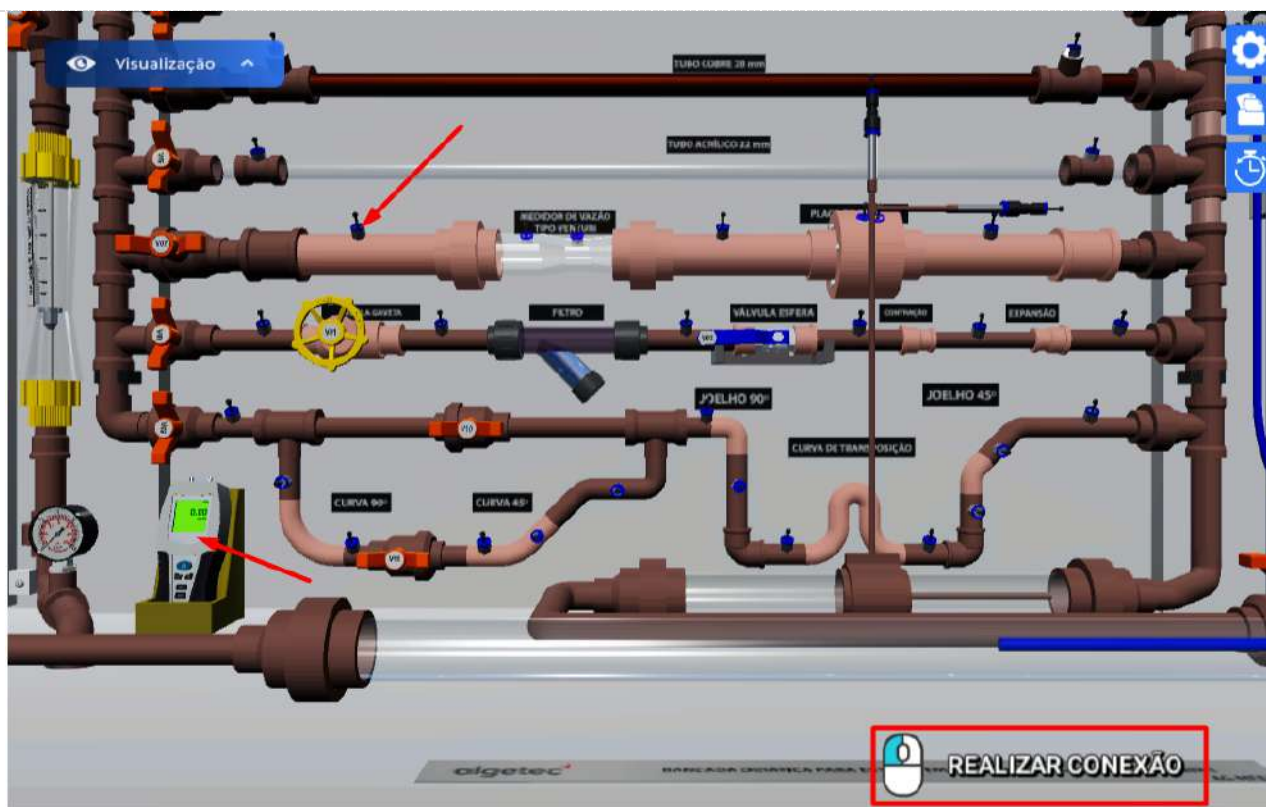
- **POSICIONANDO AS VÁLVULAS**

Feche as válvulas de controle 3, 4, 5, 6, 8 ,9 clicando com o botão esquerdo do mouse sobre elas.

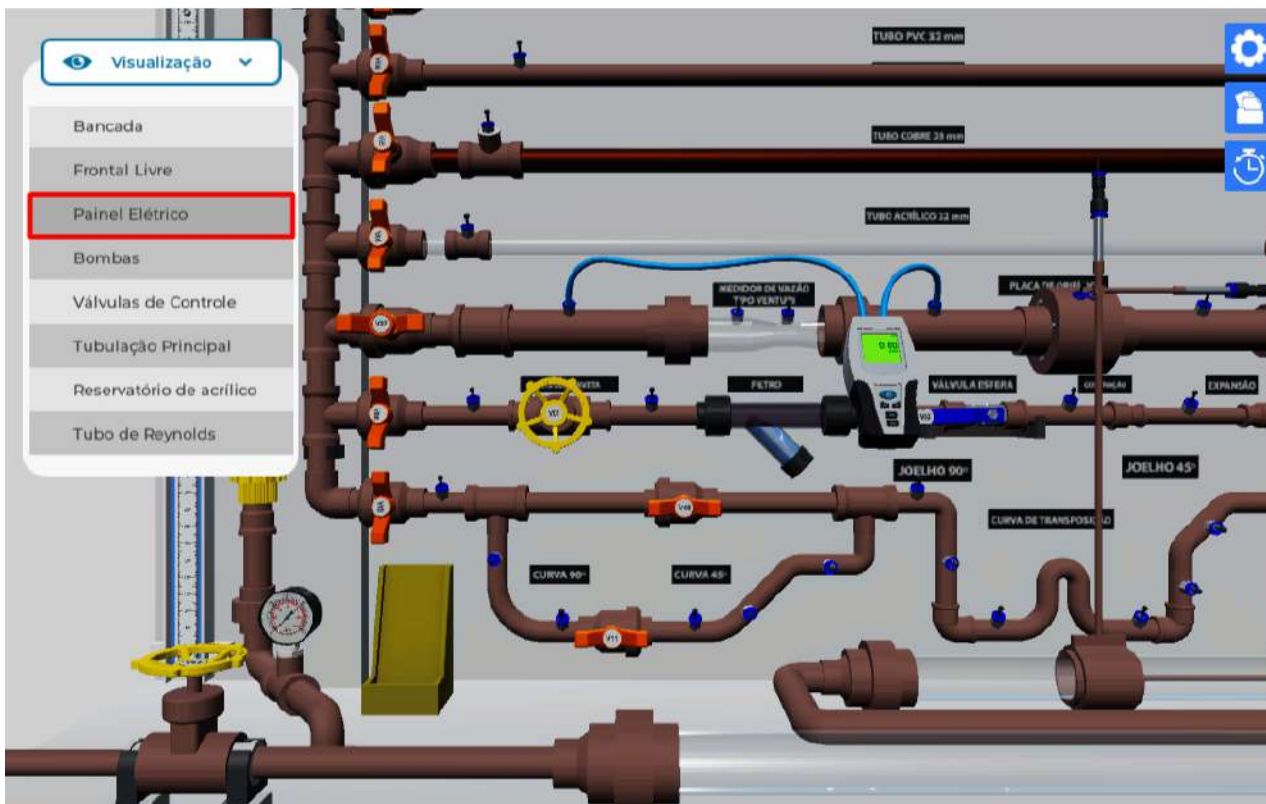


2. POSICIONANDO AS VÁLVULAS

Conecte o manômetro digital clicando com o botão esquerdo do mouse sobre ele, e selecione o tubo indicado.



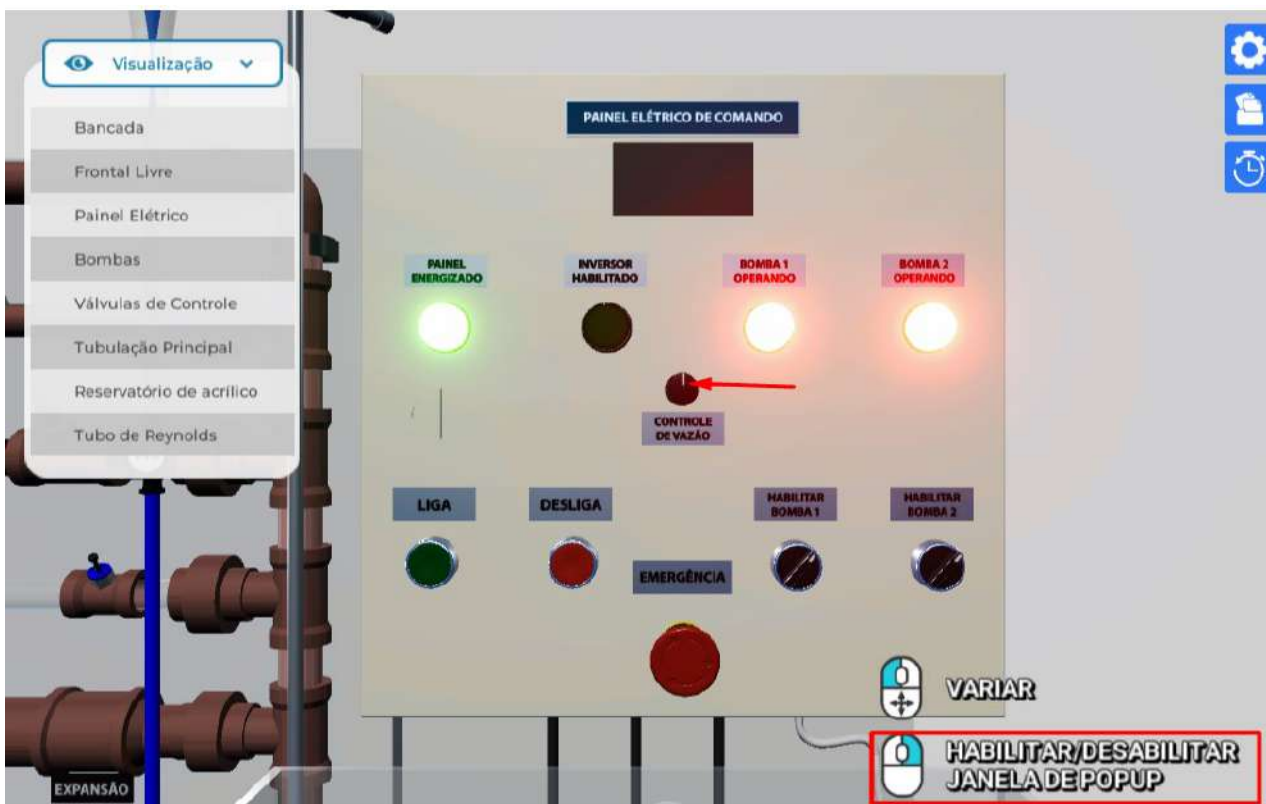
Visualize o painel elétrico clicando com o botão esquerdo do mouse na câmera com o nome “Painel Elétrico” localizada dentro do painel de visualização no canto superior esquerdo da tela.



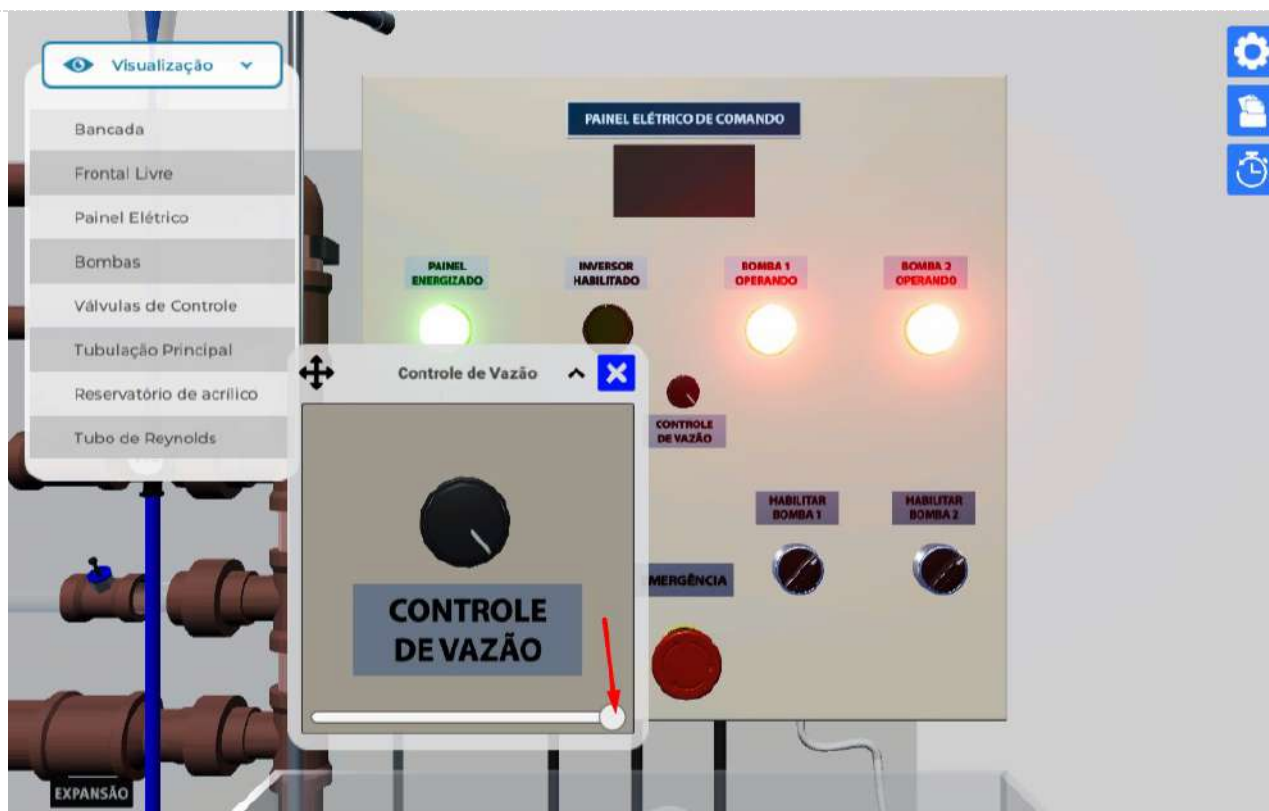
Habilite as duas bombas clicando com o botão esquerdo do mouse sobre as chaves indicadas.



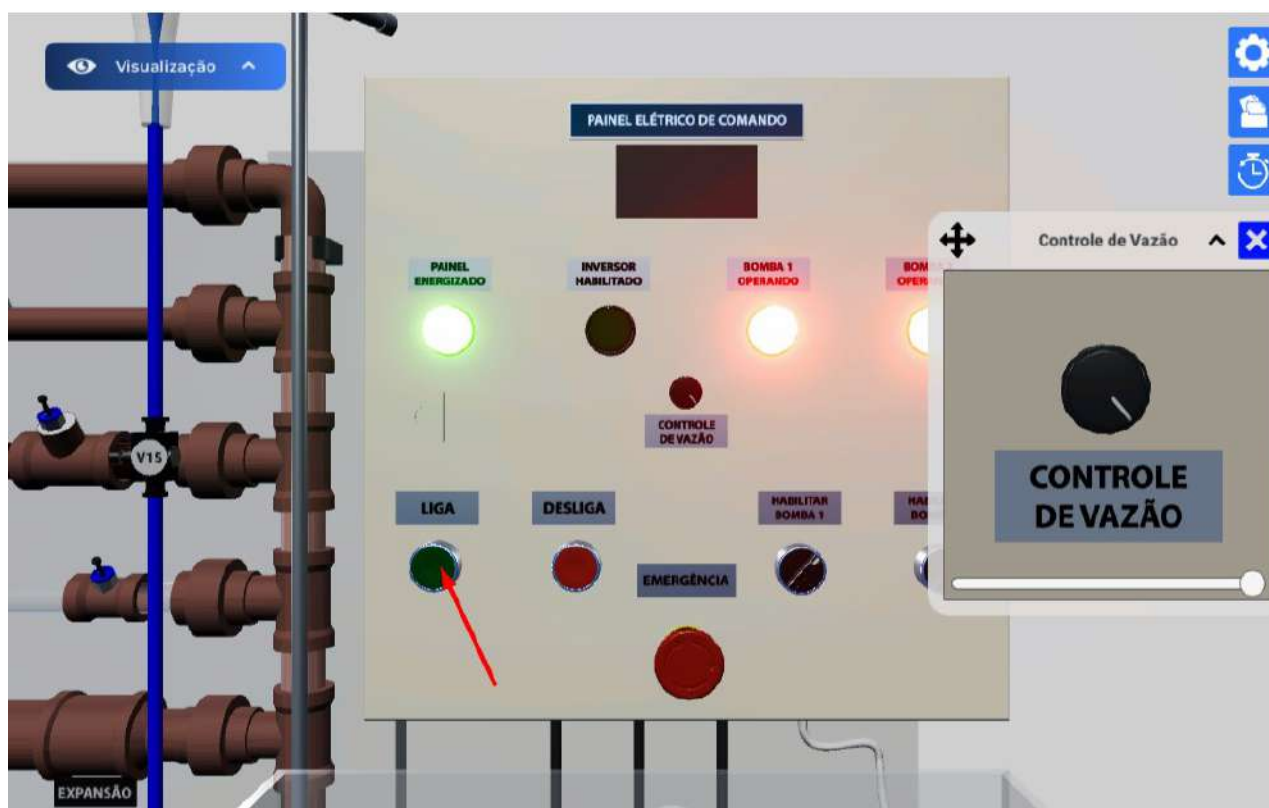
Habilite o popup do controle de vazão clicando com o botão direito do mouse sobre a chave indicada.



Aumente a vazão clicando e segurando o botão esquerdo do mouse sobre o local indicado e arraste para a direita.



Ligue o sistema clicando com o botão esquerdo do mouse sobre o botão "Liga".

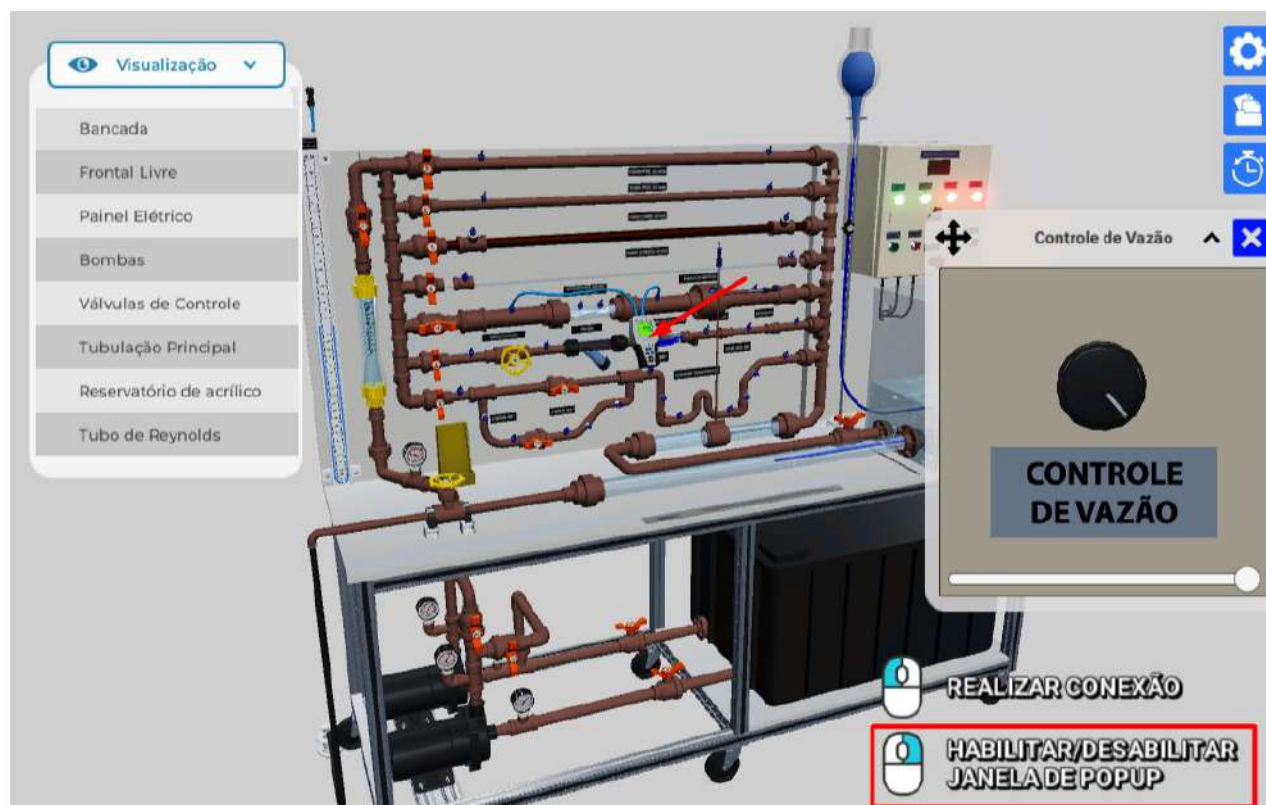


3. REALIZANDO AS MEDIÇÕES

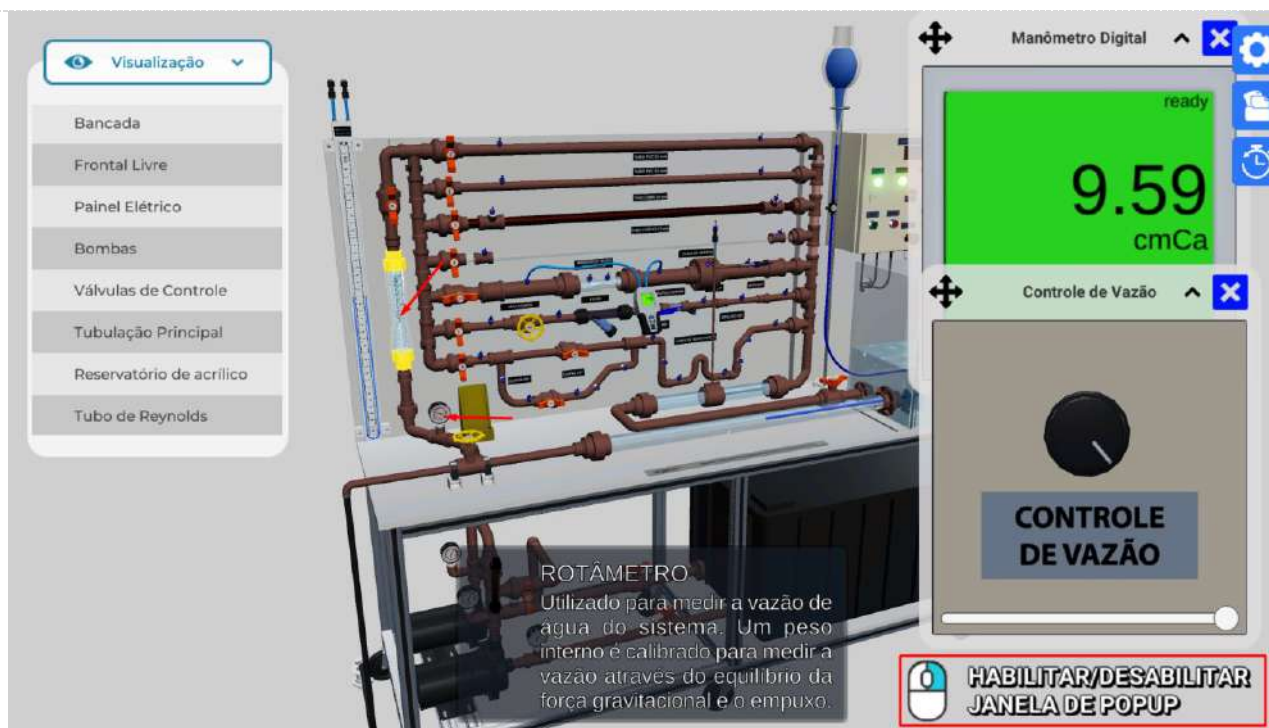
Visualize a bancada clicando com o botão esquerdo do mouse na câmera com o nome "Bancada".



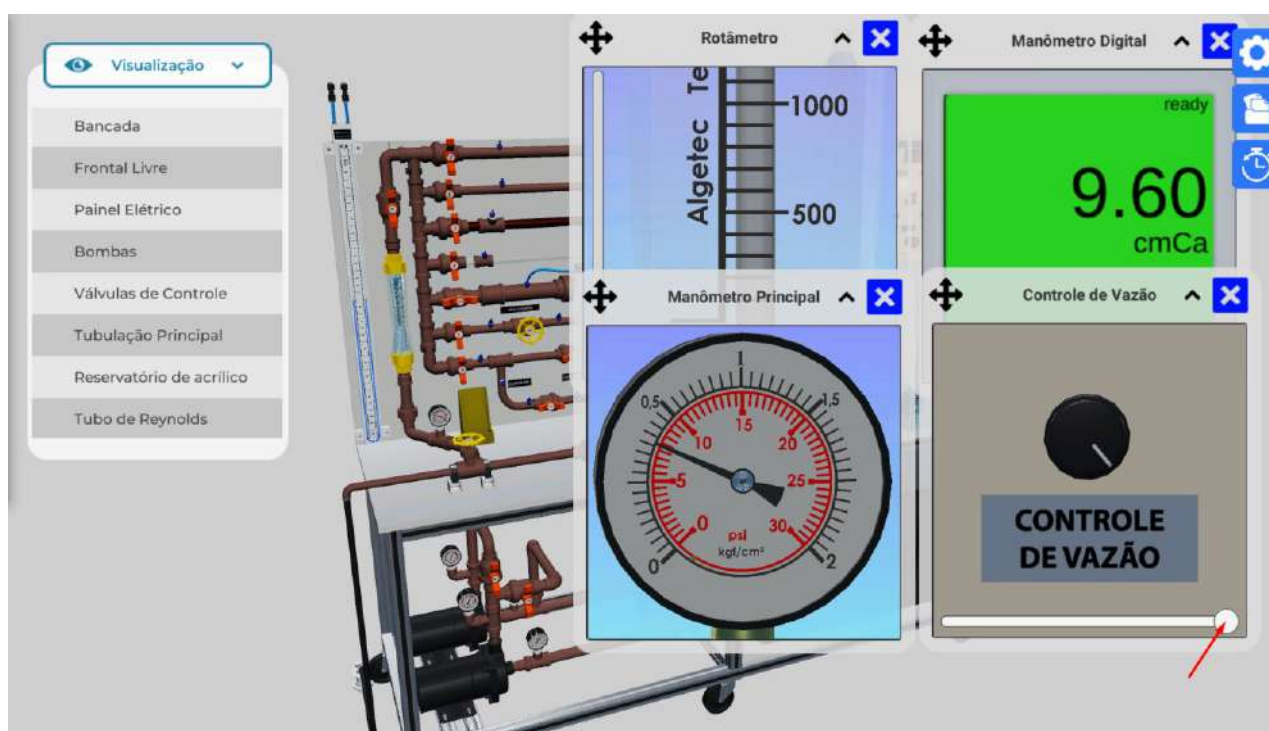
Habilite o popup do manômetro digital clicando sobre ele com o botão direito do mouse.



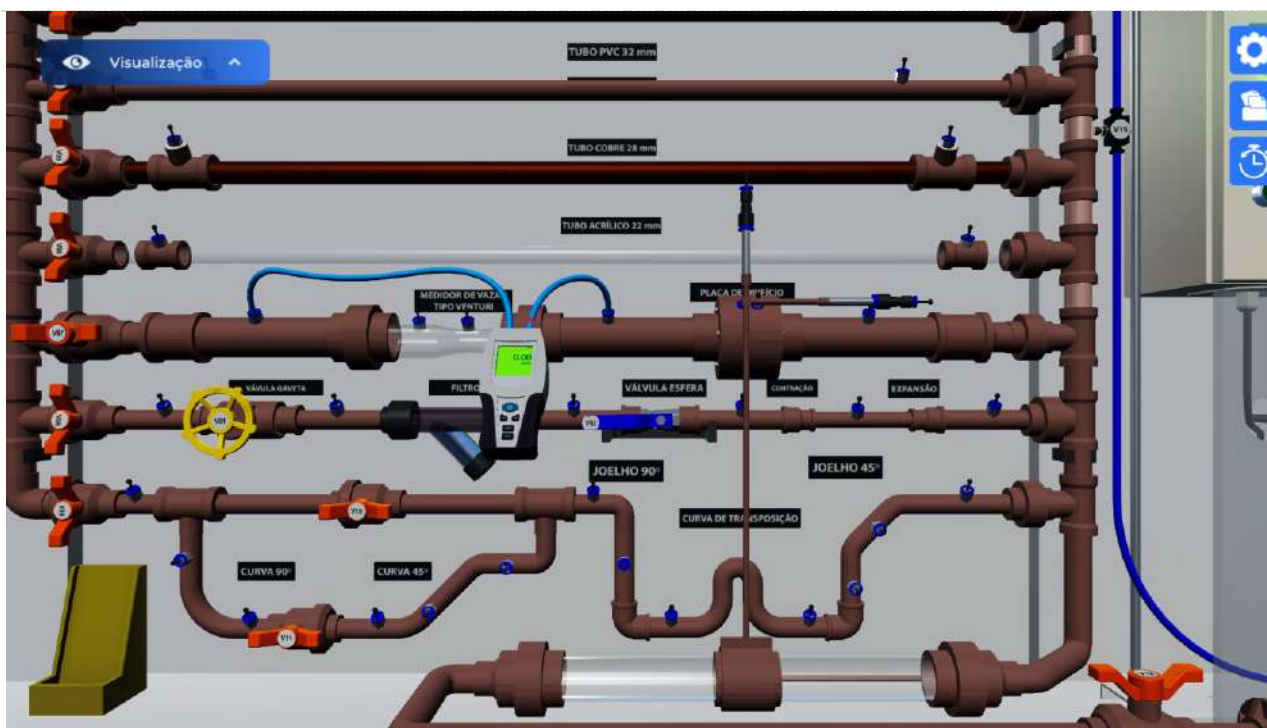
Repita o procedimento anterior para habilitar os popups do manômetro principal e do rotâmetro.



Altere a vazão clicando com o botão esquerdo do mouse e arrastando, e realize as novas medições. Faça ao menos 5 medições para cada acessório.



Para remover o manômetro digital do tubo de ventura, click no tubo de conexão.

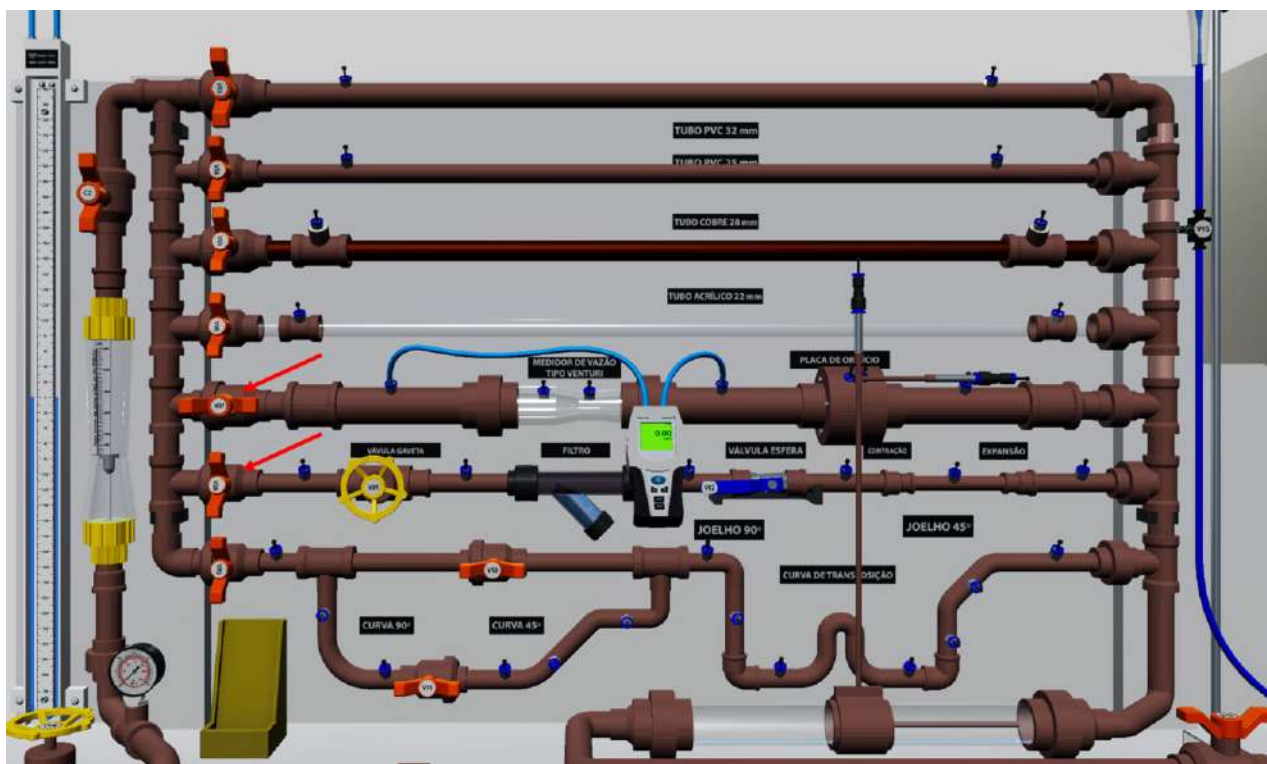


Após as medições no tubo de venturi, repita os passos anteriores para realizar as medições na placa de orifício.

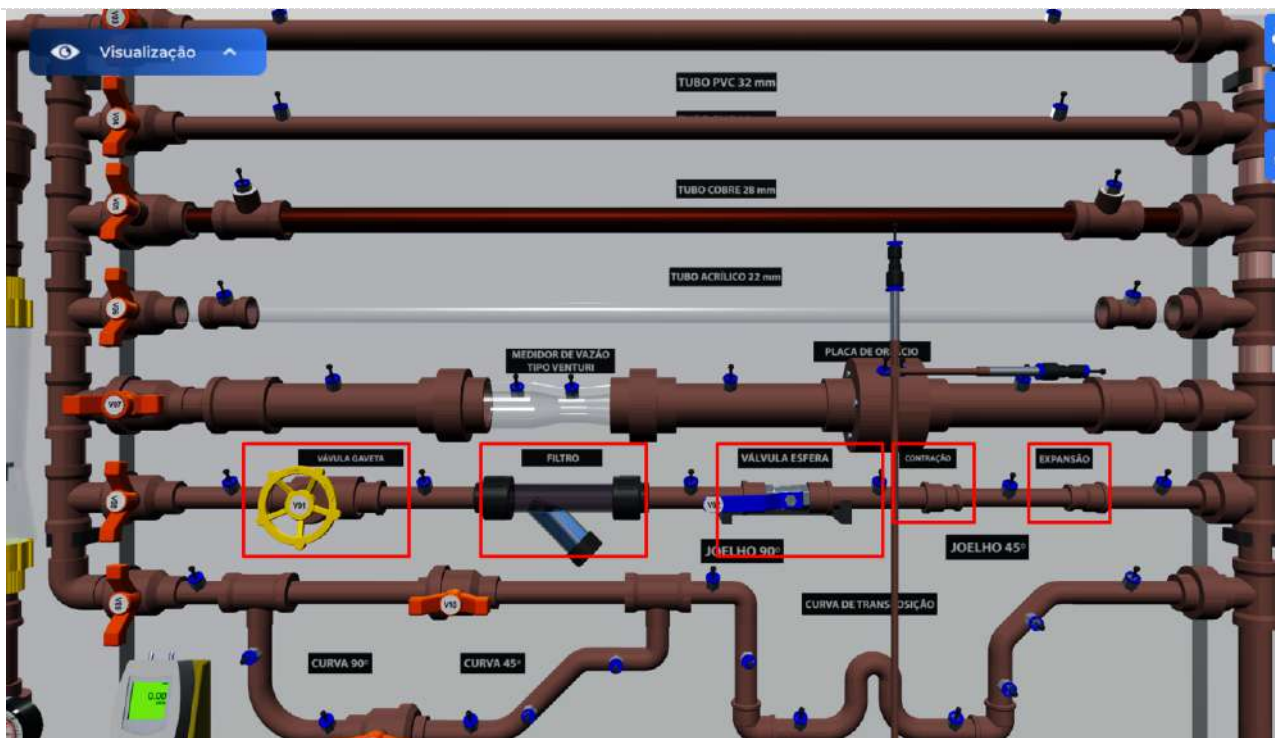
Configuração 2:

- **POSICIONANDO AS VÁLVULAS**

Feche a válvula de controle 7 e abra a 8 clicando com o botão esquerdo do mouse sobre elas.



Repita os passos anteriores para cada um dos acessórios da linha da válvula 08, sendo eles a válvula gaveta, filtro, válvula esfera e as seções de contração e expansão.



OBS: trabalhe com as válvulas 01 e 02 abertas.

Avaliando os resultados:

O manômetro digital fornecerá a pressão em dois pontos específicos da tubulação: antes e depois do elemento onde ocorre a perda de carga, ou seja, fornecerá a perda de carga de cada acessório medido. Pois, a perda de carga localizada (ΔP) é a diferença entre as pressões medida nos dois pontos:

$$\Delta P = P1 - P2$$

Essa diferença de pressão (ΔP) representa a perda de carga causada pelo elemento específico. Você também pode converter a perda de carga em metros de coluna de água (mca) ou em outra unidade de altura de coluna de líquido, use a equação:

$$\Delta H = \frac{\Delta P}{\rho \cdot g}$$

Sendo:

- ΔH é a perda de carga em metros de coluna de água (m);
- ΔP é a diferença de pressão (Pa ou N/m²);
- ρ é a densidade do fluido (kg/m³);
- g é a aceleração da gravidade (9,81 m/s²).

Após realizar o experimento e anotar os dados de cada acessório, elabore um relatório com os seguintes componentes:

- Imagens do passo a passo da execução da aula prática.
- Imagens dos *popups* com os dados obtidos para cada acessório.

- Análise dos dados para cada acessório e o gráfico Vazão x Perda de carga para cada um deles.
- A resposta das seguintes perguntas:
A. O que é perda de carga localizada e por que ela ocorre em sistemas de tubulação?
B. Quais são as outras formas de se determinar a perda de carga localizada?
C. Em quais situações práticas é necessário calcular a perda de carga localizada? Dê um exemplo de aplicação industrial.

Checklist:

- ✓ Acessar o Algetec;
- ✓ Acessar a prática Perda de Carga localizada no laboratório de Mecânica dos Fluidos e Bombas;
- ✓ Ler o Sumário Teórico: Perda de Carga localizada;
- ✓ Realizar o experimento conforme instruído no roteiro;
- ✓ Realizar a variação da vazão e anotar os valores de perda de carga e de vazão;
- ✓ Plotar os gráficos;
- ✓ Responder as perguntas;
- ✓ Elaborar e entregar o relatório.

RESULTADOS

Resultados do experimento:

Ao final dessa aula prática, você deverá enviar um arquivo em word contendo as informações obtidas no experimento, os cálculos realizados, em conjunto com um texto conclusivo a respeito das informações obtidas. O arquivo não pode exceder o tamanho de 2Mb.

- **Referências bibliográficas ABNT (quando houver).**

Resultados de Aprendizagem:

Como resultados dessa prática os alunos deverão compreender e diferenciar a perda de carga localizada e distribuída, utilizar e interpretar medições com instrumentos como manômetro digital e rotâmetro, calcular a perda de carga aplicando corretamente as fórmulas, analisar o impacto de diferentes componentes sobre o sistema de escoamento, e desenvolver habilidades práticas de medição, cálculo e interpretação de dados, documentando os resultados de forma clara em um relatório detalhado.