

DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE BOMBEAMENTO PARA AS ETAPAS DE SEPARAÇÃO E PASTEURIZAÇÃO EM INDÚSTRIA DE LEITE EM PÓ¹

Daniela Dall’Olivo Pereira², Amanda Neumann Sanches³, Luís Gustavo Bohn³, Thajana Suelen de Oliveira Marinho³, João Carlos Segatto Leite⁴

¹ Projeto teórico-prático da disciplina de Planejamento e Projeto da Indústria Química do Curso de Engenharia Química da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUI

² Acadêmica do Curso de Engenharia Química da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUI, danieladallolivopereira@hotmail.com

³ Acadêmico(a) do Curso de Engenharia Química da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUI

⁴ Professor Mestre do Curso de Engenharia Química da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUI, joao.leite@unijui.edu.br

INTRODUÇÃO

De acordo com Venturini *et al.* (2007), o leite é um alimento de grande importância na alimentação humana, devido ao seu elevado valor nutritivo, atuando como fonte de proteínas, lipídios, carboidratos, minerais e vitaminas. Com o aumento do consumo e da produção do leite, surgiu a necessidade do aprimoramento de técnicas e de higienização na obtenção, transporte e conservação, visando garantir um produto limpo e com maior tempo de conservação.

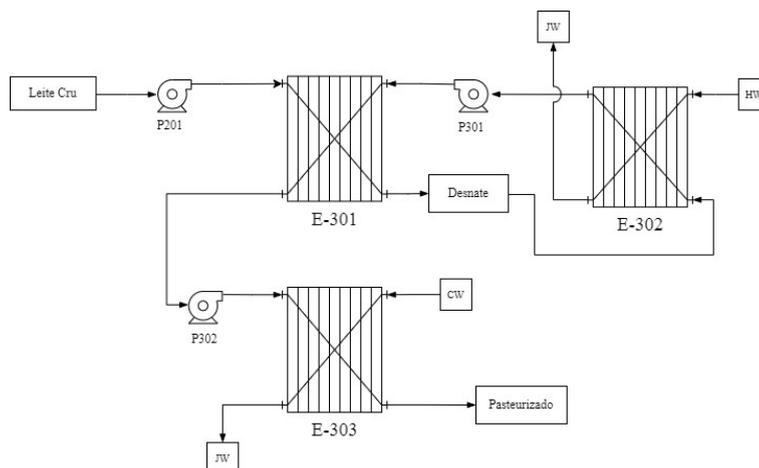
O Art. 255 do Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017, define a pasteurização como o tratamento térmico aplicado ao leite com objetivo de evitar perigos à saúde pública decorrente de microrganismos patogênicos eventualmente presentes (Brasil, 2017). Nas indústrias de processamento, como nas de laticínios, uma das operações básicas é o transporte de fluidos, e para que um fluido escoe ao longo de uma tubulação, é necessária a ação de uma força impulsora (Chaguri, 2019). Em vista desta necessidade, as bombas centrífugas são turbomáquinas utilizadas no deslocamento de fluidos de diversas propriedades (Gülich, 2008).

Assim, o objetivo do presente trabalho é descrever, dimensionar e selecionar um sistema de bombeamento para os processos de separação e pasteurização do leite, a partir do planejamento teórico de uma planta de produção de leite em pó desnatado, desenvolvido na disciplina de Planejamento e Projeto da Indústria Química do curso de Engenharia Química da UNIJUI. O projeto inclui-se nas premissas da ODS 9 - Indústria, Inovação e Infraestrutura da Agenda 2030.

METODOLOGIA

A unidade fabril em questão conta com uma produção de 20 toneladas por dia e uma produção máxima de 600 toneladas por mês, sendo a vazão do processo de 12000 L/h. Para o dimensionamento do sistema de bombeamento, foi realizado um fluxograma de processo específico, no qual é possível visualizar a disposição das bombas, identificadas como P201, P301 e P302, conforme demonstrado na Figura 1.

Figura 1 - Diagrama de fluxo do sistema de bombeamento



Fonte: Autores (2023).

De acordo com Brunetti (2008), a equação da continuidade conclui que, para que a hipótese de regime permanente seja verdadeira, a massa de fluido que escoar por uma seção de um tubo corrente deve ser idêntica àquela que o abandona por outra seção qualquer. Sendo assim, a Equação de Bernoulli (Eq.1) é uma equação fundamental na mecânica dos fluidos, a qual desempenha um papel crucial no cálculo de potência da bomba.

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{u_1^2}{2} + z_1 + H_M - h_L total = \frac{p_2}{\rho} + \frac{u_2^2}{2} + z_2 \quad (\text{Eq. 1})$$

Se for examinado o comportamento do escoamento de fluidos em condutos, será possível distinguir dois tipos de perdas de carga. O primeiro tipo é chamado de perda de carga distribuída (h_D) e acontece ao longo de tubos de seção constante, devido ao atrito das próprias

partículas do fluido entre si. O segundo tipo corresponde às perdas de carga localizadas (h_L) e ocorrem nos locais das instalações em que o fluido sofre perturbações bruscas no seu escoamento. Tais perdas de carga podem ser calculadas pelas Equações 2 e 3.

$$h_D = f \frac{LV^2}{D \cdot 2g} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$h_L = k_L \frac{V^2}{2g} \quad (\text{Eq. 3})$$

Torna-se possível, desta forma, calcular a potência da bomba (N), que é representada pela Equação 4. Para o sistema representado no projeto, foi considerada uma eficiência de 85%.

$$N = \frac{\rho g Q H_M}{\eta_B} \quad (\text{Eq. 4})$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dimensionamento e escolha em catálogo

Considerando as Equações 2 e 3 calcularam-se, respectivamente, a perda de carga distribuída (h_D) e a perda de carga localizada (h_L), sendo obtidos os seguintes valores:

$$h_D = 1,04 \times 10^{-4} \text{ m} \quad \Rightarrow \quad h_L = 7,53 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Para fins de simplificação dos cálculos, foram considerados os mesmos valores de perdas de carga para todas as bombas. Por meio da Equação 1, foi possível calcular a altura manométrica (H_M) das bombas.

Para a bomba a jusante da linha de leite cru (P201), determinou-se uma altura manométrica de 340 m. Dispondo deste valor, determina-se a potência necessária para a bomba:

$$N = \frac{1023 \cdot 9,81 \cdot 0,00375 \cdot 340}{0,85} \Rightarrow N = 15 \text{ kW}$$

A partir do dado calculado, definiu-se pela aquisição da bomba centrífuga monoestágio MSA-21 F 20 CV, com motor WEG IP-55, 2 polos, 60 Hz e rotor semiaberto de

ferro fundido nodular. A bomba definida a partir do catálogo da Schneider Motobombas opera com vazões de até 175 m³/h e pode ser observada na Figura 2.

Figura 2 - Bomba Schneider MSA-21 F 20 CV



Fonte: Schneider Motobombas (2023).

Utilizou-se, da mesma forma, a Equação 1 para o cálculo das alturas manométricas (H_M) das bombas a jusante do trocador de calor E-302 (P301) e a jusante do trocador de calor E-303 (P302), as quais foram determinadas em 18,7 m. A potência necessária para ambas as bombas foi calculada em:

$$N = \frac{1023 \cdot 9,81 \cdot 0,00333 \cdot 18,7}{0,85} \Rightarrow N = 733 \text{ W}$$

Tendo posse deste parâmetro, foi selecionada a bomba centrífuga monoestágio MCI-RQ IP-21 2 CV, com motor WEG, 2 polos, 60 Hz e rotor semiaberto de aço inox. A bomba também foi escolhida por meio do catálogo da Schneider Motobombas e opera com vazões de até 24,7 m³/h e é representada na Figura 3.

Figura 3 - Bomba Schneider MCI-RQ IP-21 2 CV



Fonte: Schneider Motobombas (2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A disciplina de Planejamento e Projeto da Indústria Química desempenha um papel fundamental na formação do Engenheiro Químico, visto que se concentra na aplicação dos conceitos verificados ao longo do curso para projetar, otimizar e gerenciar os processos industriais. Por se tratar de uma disciplina dos semestres finais, o estudante já traz consigo uma base sólida no que diz respeito aos princípios fundamentais da Engenharia Química, preparando ainda mais o aluno para situações que irá vivenciar enquanto profissional.

Ainda, através do dimensionamento realizado, foi possível concluir que o aumento da vazão de projeto seria favorável, tendo em vista os valores existentes para os parâmetros de escolha dos equipamentos. Os requisitos calculados no dimensionamento das bombas não atenderam às condições mínimas de especificação do mercado, tornando um desafio a seleção das bombas para o processo em questão.

Palavras-chave: Bernoulli. Bomba centrífuga. Pasteurização. Perda de carga. Potência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017**. Regulamenta a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõe sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017. Brasília, DF, p. 1-17. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/mpa/legislacao/legislacao-geral-da-pesca/decreto-no-9-013-de-29-03-2017.pdf/view>. Acesso em: 10 jul. 2023.

BRUNETTI, Franco. **Mecânica dos Fluidos**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008. 431 p.

CHAGURI, Livia. **Bombeamento de Fluidos**. 2019. Victor Ferreira da M. L. Fonseca.

GÜLICH, Johann Friedrich. **Centrifugal pumps**. 2. ed. London: Springer, 2008.

SCHNEIDER MOTOBOMBAS. **Centrífugas Monoestágio**. 2023. Disponível em: <https://schneider.ind.br/produtos/motobombas-de-superf%C3%ADfcie/large/centr%C3%ADfugas-monoest%C3%A1gio/>. Acesso em: 21 jul. 2023.

VENTURINI, Katiane Silva *et al.*. **Processamento do leite**. Universidade Estadual do Espírito Santo, Espírito Santo, 2007.