

ADEQUAÇÃO DO SISTEMA HIDRÁULICO DE BOMBAS DE VÁCUO

Alain Ramos¹
Cátia Capeletto²
Euclésio Giuliani³
Simone Merlini⁴
Paulo Miguel de Toni⁵

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo propor e validar a adequação do sistema hidráulico das bombas de vácuo utilizadas em misturadoras industriais, com foco na redução do consumo de água potável e na otimização operacional do processo. Inicialmente, foram realizadas análises técnicas e medições de campo para quantificar o volume de água utilizado e descartado durante o funcionamento das bombas de vácuo de anel líquido. O consumo médio identificado foi de aproximadamente 200 m³/dia, correspondente a um ciclo único de uso. A partir desses dados, foi desenvolvido e implementado um sistema de recirculação composto por reservatório de aço inoxidável, rede de retorno com válvulas de retenção e sistema de resfriamento por serpentina com glicol. Essa adequação possibilitou a reutilização da água no processo, reduzindo o descarte para cerca de 3 m³/mês, referentes apenas às trocas periódicas de limpeza. Os resultados obtidos demonstram a viabilidade técnica e ambiental da proposta, promovendo significativa economia de recursos hídricos e eficiência energética, alinhadas aos princípios de sustentabilidade e às boas práticas industriais.

Palavras-chave: eficiência hídrica; bombas de vácuo; reaproveitamento de água; sustentabilidade industrial; processo de mistura.

1 INTRODUÇÃO

Na indústria alimentícia, atualmente, o processo de mistura da massa para embutidos, ocorre em misturadores horizontais e verticais, sendo que, estes equipamentos possuem sistemas de extração de vácuo, a fim de melhorar a homogeneidade e eliminar o ar existente na massa a ser misturada. Geralmente, os misturadores horizontais possuem pás em sua estrutura e os misturadores verticais possuem contentores móveis e helicoides verticais com líquido refrigerante, que fluem dentro de sua estrutura a fim de reduzir a temperatura do produto por resfriamento com contato direto durante a mistura, garantindo uma massa mais compacta para o envase.

Nesse processo de mistura são utilizadas bombas de vácuo de anel líquido e, devido ao

¹ Graduando (a) em Engenharia Mecânica (UCEFF, 2025). E-mail: alain.amos@hotmail.com

² Mestra em Ciências Ambientais, Professora Titular UCEFF - E-mail: catia@uceff.edu.br

³ Mestre em Projetos e Processos de Fabricação – (UPF) – E-mail: euclesio@uceff.edu.br.

⁴ Docente da UCEFF Faculdades.

⁵ Docente da UCEFF Faculdades.

tipo específico de instalação, estas utilizam água potável como líquido refrigerante do anel. Para manter a temperatura abaixo do ponto de vapor do líquido utilizado deve-se realizar a troca contínua do mesmo, inserindo-o nas bombas através das tubulações existentes conforme pressão normal da rede utilizada e temperatura ambiente da água. Desta forma, a quantidade adicionada é a mesma quantidade de água descartada, após a sucção e compressão. **Com base na operação atual deste processo, como podemos evitar este desperdício indevido de água?**

Este projeto visa uma solução para evitar o desperdício de água, avaliando o volume de água descartada no processo de extração de vácuo nas misturadoras, visando o seu reaproveitamento e otimizando o sistema de vácuo utilizado atualmente. Para isso, torna-se necessário analisar dados *in loco* e avaliar premissas do processo.

O sistema funciona através do direcionamento da água de descarte para um tanque em aço inoxidável, através da própria pressão de saída da bomba de vácuo, que ocorre com um fluxo turbulento. A água reaproveitada retorna, para as bombas de vácuo, através de uma bomba hidráulica que pressuriza a alimentação do sistema, garantindo o ciclo. O procedimento de troca da água é feito conforme a sujidade da mesma, através de seu contínuo monitoramento, ou em um período máximo de 15 dias.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O processo fabril está em constante evolução e as empresa buscam sistemas que otimizem sua produção e possam garantir a qualidade de seus produtos. Os sistemas de vácuo são essenciais no processo produtivo de industriais farmacêuticas, químicas e agroindustriais. Seja no transporte a vácuo ou em processos de inertização, destilação ou secagem, o vácuo é sempre usado para tornar os processos mais seguros, rápidos e econômicos (Busch, 2025c).

De acordo com Halliday et al., (2016): “Um vácuo é um espaço no qual a pressão do gás é substancialmente menor que a pressão atmosférica padrão. Embora o vácuo perfeito com ausência completa de moléculas, seja uma idealização inatingível, é possível produzir condições de pressões muito baixas que são chamadas de vácuo.”

Na indústria, o conceito de vácuo visa a remoção dos gases removido de um sistema através da utilização de bombas de vácuo. Como todo sistema está sujeito a pressão atmosférica, o processo de remoção denomina-se pressão de vácuo ou simplesmente vácuo (Omel,2025)

Segundo o fabricante Omel (2025), o vácuo é medido através da pressão, cujas unidades são diversas, sendo frequente o uso de mmHg (milímetro de mercúrio), Torr e mbar (milibar).

Segundo Roberto A. Stempniak da Sociedade Brasileira de Vácuo, as pessoas que utilizam sistemas de vácuo precisam conhecer as bombas necessárias para atingir a pressão exigida, saber medir a pressão com bastante segurança e conhecer os materiais necessários para suportar os efeitos externos e os materiais necessários para vedar os recipientes a fim de que o ar externo não penetre. Os materiais que vedam as partes do recipiente são, muitas vezes, tipos especiais de lubrificantes, juntas com superfícies muito polidas, anéis de metal, borrachas especiais e muitos outros. Os equipamentos utilizados neste processo são os vacuômetros e perfil de silicone, juntamente com gaxetas grafitadas para vedação nas tampas e eixos.

2.1 MISTURA

A produção de embutidos exige uma ampla variedade de ingredientes cárneos e não cárneos, cada um exercendo uma função específica de acordo com a sua propriedade. Dentre os ingredientes cárneos existe uma grande variação da sua composição, devido às variadas fontes das quais essas matérias-primas são obtidas (Guerreiro, 2006).

As matérias-primas utilizadas no processo de fabricação da massa dos embutidos são muito variadas. Devem ser puras, frescas e devidamente inspecionadas, a fim de garantir a qualidade e higiene dos produtos (Villena, 1982). As características organolépticas dos produtos finais são dependentes da natureza e proporção das matérias primas (Ordonéz, 2005)

O misturador é um equipamento utilizado na indústria de carnes para a homogeneização da massa cárnea durante a fabricação de embutidos. Sua função é misturar uniformemente carne, gordura, gelo, condimentos e aditivos funcionais, garantindo distribuição adequada dos ingredientes, incorporação de gelo para controle de temperatura e desenvolvimento das características de textura e liga da massa. O processo de mistura influencia diretamente a qualidade final do produto, afetando parâmetros como rendimento, cor, sabor e estabilidade da emulsão (Terra, 2005).

O parâmetro que podem variar entre eles é o tempo necessário para se completar a mistura. Algumas situações colaboram para reduzir sua capacidade de mistura e, com isso, aumenta o tempo necessário para completar a mistura do produto (Lindley, 1991).

O desempenho do misturador pode ser alterado devido a fatores como: tempo de mistura, forma e tamanho das partículas, massa específica dos ingredientes, partes quebradas ou desgastadas do misturador, limpeza e carga do misturador com quantidades diferentes da recomendada para a sua operação (Biagi, 1998).

Para que os produtos embutidos mantenham suas propriedades funcionais e permaneçam seguros ao consumidor, o acondicionamento dos mesmos deve ser feito pelo emprego de envoltórios, afim de garantir a qualidade e segurança alimentar no processo de embutimento (Correti, 1997; Pardi *et al.*, 1996).

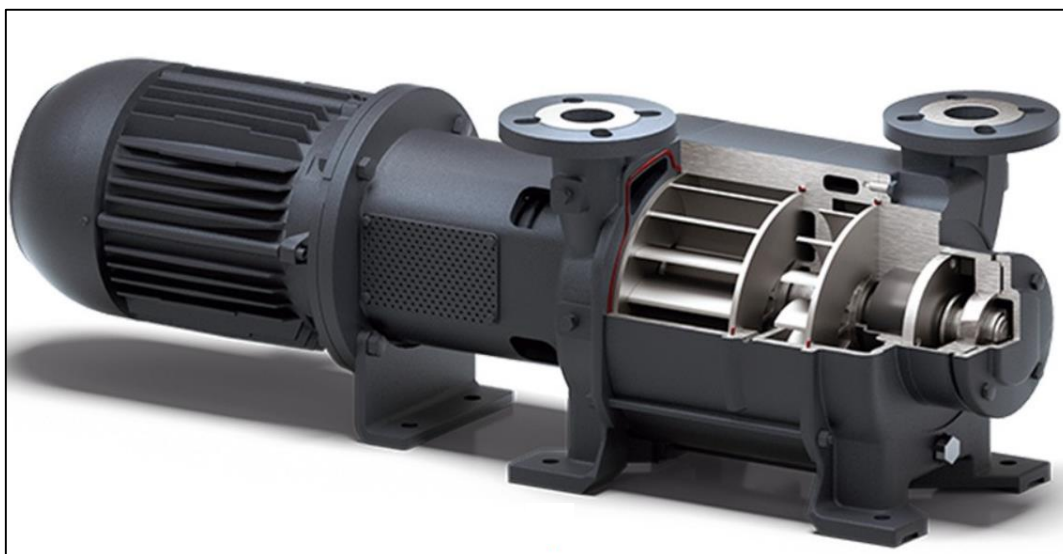
Na Legislação brasileira, os produtos cárneos comercializados no país estão regulamentados pela Portaria número 361 da Ministério da Saúde (Brasil, 2019).

2. 2 BOMBAS DE ANEL LIQUIDO

Segundo (Omel 2025), as bombas de vácuo de anel líquido são bombas de deslocamento positivo, que fornecem baixo e médio vácuo para diversos tipos de aplicações industriais que lidam com gases úmidos, vapores condensáveis e fluidos corrosivos. Seu diferencial está na capacidade de operar de forma confiável em ambientes severos, onde outras tecnologias poderiam falhar.

As bombas de anel líquido estão disponíveis nas versões de estágio único e duplo estágio. Nas versões de estágio único, a compressão é feita uma vez. Nas versões de duplo estágio, o meio bombeado é comprimido novamente para permitir o alcance de níveis de vácuo maiores. A operação como compressor também é possível com alguns modelos de bombas de vácuo de anel líquido (Busch, 2025a). A Figura 1 apresenta uma bomba de vácuo com corte na estrutura mostrando os rotores do equipamento.

Figura 1 - Bomba de vácuo anel liquido

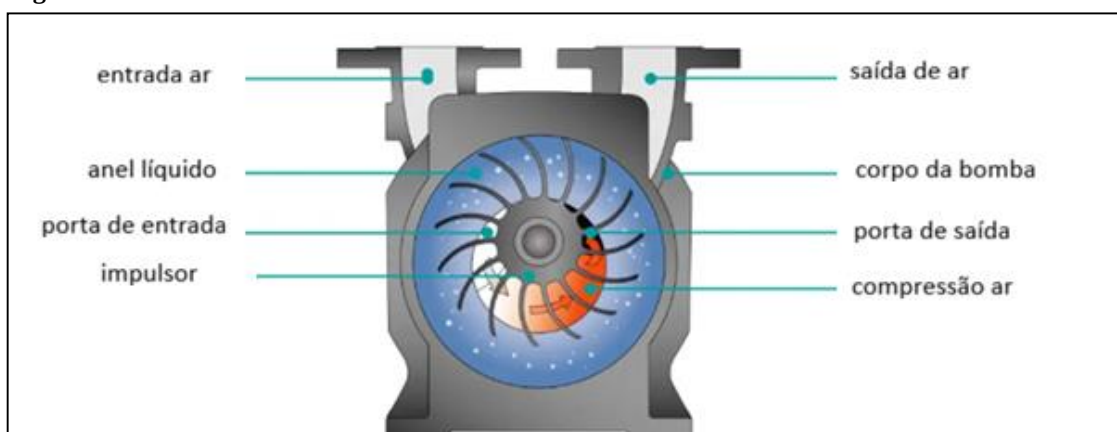


Fonte: (Busch 2025a).

A tecnologia de anel líquido é sinônimo de construção robusta e um design comprovado e altamente confiável. Um impulsor montado excetricamente rotaciona em uma carcaça preenchida parcialmente com fluido de operação. As palhetas do impulsor mergulham no fluido e a força centrífuga exercida pela rotação delas forma o chamado anel líquido dentro da carcaça (Busch, 2025a).

O meio bombeado é transportado nos espaços entre as palhetas e o anel líquido. A rotação excêntrica do impulsor altera o volume desses espaços. Desse modo, o gás é retirado, comprimido e expelido (Busch, 2025b). Na Figura 2 a seguir verificamos o fluxo em uma bomba.

Figura 2 - Fluxo do sistema



Fonte: (Busch 2025b).

2.3 MECANISMOS E LIQUIDO SELANTE

A bomba de anel líquido da série BLN, utilizadas no processo, opera com líquido auxiliar (usualmente água) em quantidade controlada. Os equipamentos aceitam o uso/aplicação de ejetores simples para aumento do nível de vácuo e de ejetores a vapor como terceiro estágio. Utiliza vedação por gaxetas ou selo mecânico. Possuem baixo nível de ruído e vibração. Pode ser aplicada em operações de extrusão de plásticos, empacotamento a vácuo, desgaseificação, cozimento, desodorização, desaeração, exaustão de condensadores, entre outros (Omel, 2025). A Figura 3 apresenta uma bomba de vácuo de anel líquido da marca Omel conforme modelo real utilizado no processo.

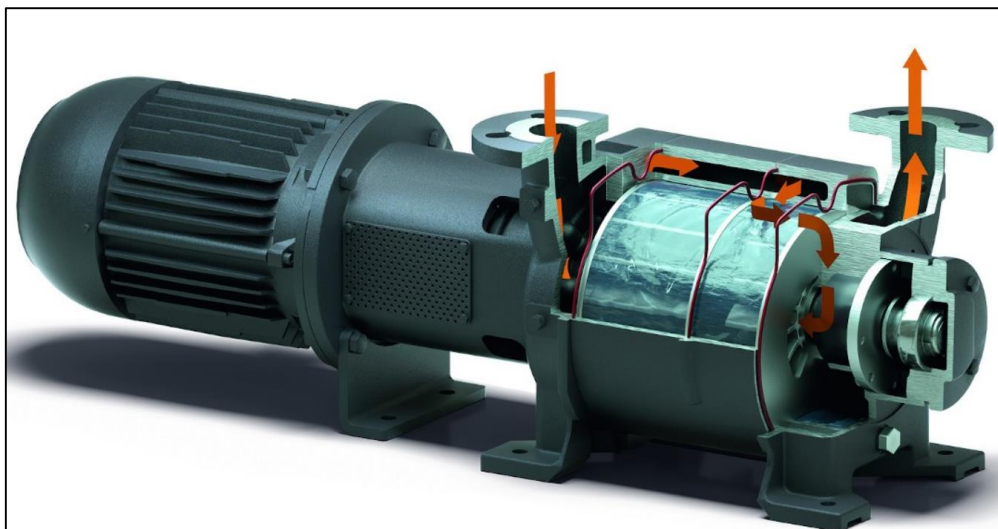
Figura 3 - Bombas vácuo BLN aplicada



Fonte: (Omel, 2025).

Devido ao fluido de operação utilizado, este mecanismo apenas pode ser utilizado na faixa de vácuo industrial. Isto acontece porque o nível de vácuo alcançável depende da pressão de vapor do fluido de operação, que é constantemente bombeado através da bomba de vácuo. Isso permite que a bomba de vácuo de anel líquido seja operada a temperaturas relativamente baixas. Além disso, a operação é, predominantemente, isotérmica. Isso significa que o meio a ser bombeado praticamente não se aquece durante o processo de compressão. Portanto, as bombas de vácuo de anel líquido são ideais para bombear vapores e gases com alto teor de umidade. As baixas temperaturas na bomba de vácuo são favoráveis à condensação dos vapores e gases úmidos do processo (Busch 2025a). A Figura 4 representa o fluxo do ar e fluido no processo de extração do vácuo.

Figura 4 - Vista fluxo ar / fluido



Fonte: (Busch 2025a).

A operação sem recirculação é a variante mais simples para operar uma bomba de vácuo de anel líquido e é utilizada sempre que esteja disponível fluido suficiente para operação. O estágio de compressão é constantemente abastecido com fluido de operação. Então, o fluido é descarregado juntamente com o gás e o condensado (Busch 2025a).

2.4 COLETA DE DADOS (HIDRÔMETROS)

A vazão de operação de um sistema de abastecimento de água pode ser estimada utilizando-se os procedimentos tradicionais de dimensionamento de instalações prediais de água fria, como os citados na norma NBR5626:2020 e em livros e manuais usados por projetistas prediais (Netto e Fernandes, 2018). Desconsiderando métodos empíricos baseados na experiência ou “bom senso”, a maior parte dos métodos de dimensionamento de instalações prediais baseiam-se em procedimentos estatísticos aplicados em paralelo com verificações experimentais amostrando e registrando o consumo.

No Brasil, a absoluta maioria das instalações fazem o uso de micro medidas provenientes de medidores tipo turbina vertical, os conhecidos hidrômetros taquimétricos, especificados pela norma NBR 8193, e previsto pela legislação metrológica em vigor (Instituto Nacional Metrologia, 1994).

A Companhia Catarinense de Água e Saneamento define um consumo mínimo a ser pago, por economia, de 10 m³. Sendo assim, para um edifício com 100 apartamentos, por exemplo, a fatura mínima a ser paga será referente a um consumo mínimo de 1.000 m³, mesmo que o consumo medido esteja abaixo desta faixa. Os consumidores de água são divididos em 4 categorias: doméstico, comercial, industrial e público. Esta divisão se dá pela necessidade de cobranças diferenciadas para cada tipo de consumo, devido às suas características. O consumo doméstico tende a ser mais padronizado, sem grandes variações e em menores volumes, diferentemente das outras categorias, principalmente os comerciais e industriais, que podem ir de pequenos consumidores como bares, padarias e pequenas indústrias, até grandes consumidores como shopping center e grandes indústrias (Tsutiya, 2006).

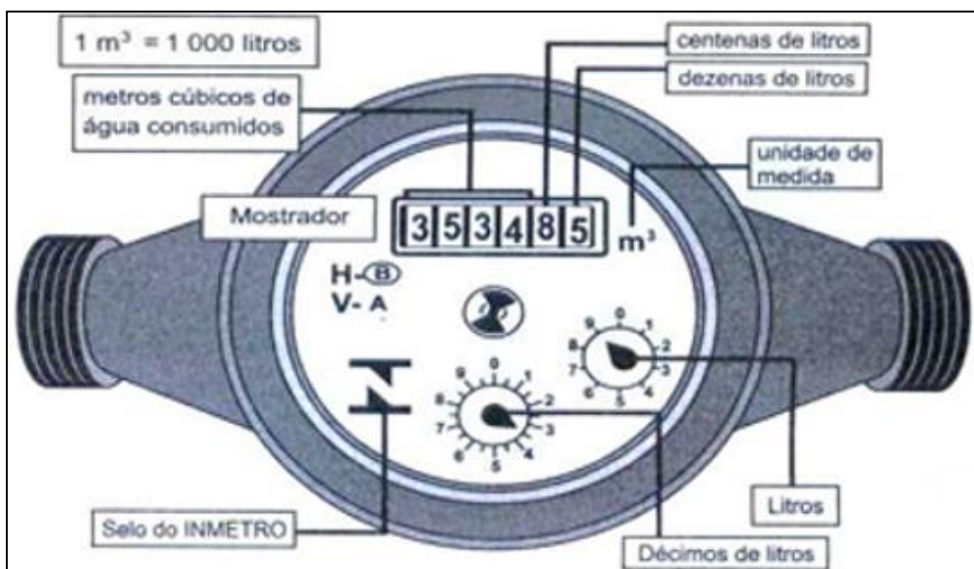
No sistema de alimentação indireta, a alimentação de água interna é feita através de reservatório intermediário, o qual recebe a água diretamente da rede de distribuição, reservando-a e disponibilizando-a conforme a demanda. Este reservatório intermediário pode ser tanto superior, instalado acima da edificação, quanto inferior, instalado no subsolo. Há também a possibilidade de execução de um reservatório superior e outro inferior no mesmo sistema, dependendo das características. Entre as vantagens deste tipo de sistema estão o

fornecimento contínuo de água, a garantia de menores variações de pressão garantindo um menor consumo (Reali *et al*, 2002).

Como desvantagens tem-se a possível contaminação da água nos reservatórios, devido ao acúmulo de detritos, a baixa pressão quando não for possível elevar o reservatório superior e o maior custo das instalações (Reali *et al*, 2002).

Segundo Águas do Brasil, os hidrômetros são marcadores de consumo de água em residências e estabelecimentos comerciais. Existem vários modelos de mostradores de hidrômetros, sendo que os mais comuns possuem uma combinação de um mostrador e dois relógios de ponteiro. O número formado pelos quatro primeiros algarismos do mostrador fornece o consumo em m^3 . Os dois últimos algarismos representam as centenas de litros de água consumidos. Um dos relógios de ponteiros indica a quantidade em litros e o outro em décimos de litros. A Figura 5 apresenta uma imagem ilustrando as especificações de um hidrômetro e seus componentes.

Figura 5 – Hidrômetro



Fonte: (Águas do Brasil, 2013).

2.5 SISTEMA DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA

A água é uma fonte de vida, energia, conforto e prazer, um símbolo universal de purificação e renovação. Mais do que qualquer outro elemento além das árvores e dos jardins, tem o potencial de forjar um elo emocional entre o homem e a natureza na cidade. A água é um elemento de qualidades surpreendentes. Pode ser encontrada em três fases físicas, como sólido, líquido e vapor. Absorve e transforma a energia. Transporta outros elementos em suspensão ou

em solução, moldando a paisagem e nutrindo a vida. Permeia o ambiente terrestre e todos os organismos vivos. Pura, no lugar certo e no tempo certo, a água é um recurso essencial; contaminada e no lugar e tempos errados é uma ameaça a vida (Spirn, 1995, p.158).

A água é essencial para muitos processos geológicos. Os rios e o gelo glacial são os principais agentes de erosão, ajudando a esculpir a paisagem dos principais continentes. A água é importante também para o intemperismo, como solvente de minerais das rochas e do solo ou como um agente de transporte que carrega para longe materiais dissolvidos e alterados. A água que se infiltra nos materiais superficiais forma imensos reservatórios subterrâneos: ela também tem o papel de lubrificar os materiais envolvidos em escorregamentos e outros movimentos de massa. A água quente que circula em corpos ígneos ou nas dorsais mesoceânicas produz depósitos de minério hidrotermal (Press *et al.*, 2006).

A água é vital para todos o planeta. Os seres não sobrevivem sem esse líquido. Imensas quantidades de água são utilizadas na indústrias, na agricultura e em sistemas de abastecimentos das cidades. Press *et al.* (2006) afirmam que a quantidade total de água disponível no mundo é cerca de 1,46 bilhões de quilômetros cúbicos distribuídos entre os vários reservatórios. Esse volume de água existente no planeta é constante, mudando somente seu fluxo de um reservatório para outro.

Tucci (1997) é categórico em afirmar que atualmente tem sido previsto que a crise do próximo século deverá ser a da água, principalmente pelo aumento de consumo e deteriorização dos mananciais existentes, que tem capacidade finita. Isso se deve principalmente a contaminação dos mananciais urbanos através do despejo dos efluentes domésticos e industriais e dos esgotos pluviais.

Michael (1998, p.39) destaca que a água é um componente crucial dos sistemas urbanos. É essencial compreender os processos hidrológicos para fazer uso e gestão prudentes desse elemento. Muitos dos problemas de contaminação da água começam na cidade, portanto, é nela que devemos centrar nossa atenção, seja para sanar o problema de abastecimento seja para resolver o problema de descarte da água.

Para o aproveitamento da água descartada em processos fabris deve-se avaliar o dimensionamento do reservatório, levando em consideração a aplicação e espaço disponível, avaliar o processo e o consumo individual do equipamento, podendo assim ter uma definição do volume a ser utilizado nos ciclos do sistema onde o mesmo é aplicado.

2.6 LÍQUIDO REFRIGERANTE DA ÁGUA NO RESERVATÓRIO

Conforme Chardon Labs (2025), o glicol é um líquido sintético viscoso, incolor e inodoro. Ele pode absorver e liberar grandes quantidades de calor, mantendo uma temperatura constante. Essa capacidade única o torna adequado para refrigeradores de bebidas e outras aplicações de refrigeração industrial. O etilenoglicol, por si só, não conduz calor tão eficientemente quanto a água. Quando combinado com água, no entanto, sua transferência de calor e seu alcance funcional se expandiram significativamente, proporcionando uma transferência de calor excepcional.

Os resfriadores de glicol atendem a uma ampla gama de indústrias, da automotiva à cervejeira. Para perfeito funcionamento o sistema deve possuir um sistema de refrigeração que resfria um recipiente de glicol, em um sistema de água em circuito fechado. O glicol passa por um circuito fechado de tubulação conectados ao resfriador, resfriando o sistema. O sistema de resfriamento de um circuito fechado pode variar dependendo da configuração e das suas operações (Chardon Labs, 2025).

Segundo Chardon Labs (2025), as poderosas propriedades anticongelantes de um misturador com glicol podem proporcionar um desempenho consistente e confiável em diversas operações. Ao considerar os benefícios de um misturador com glicol, este sistema de resfriamento tem uma vantagem sobre os processos convencionais de resfriamento industrial à base de gelo e água. Os sistemas de glicol geralmente utilizam serpentinas que proporcionam tempos de manutenção de temperatura mais longos, menor manutenção e recuperação pós degelo.

2.7 TROCA DO SELANTE

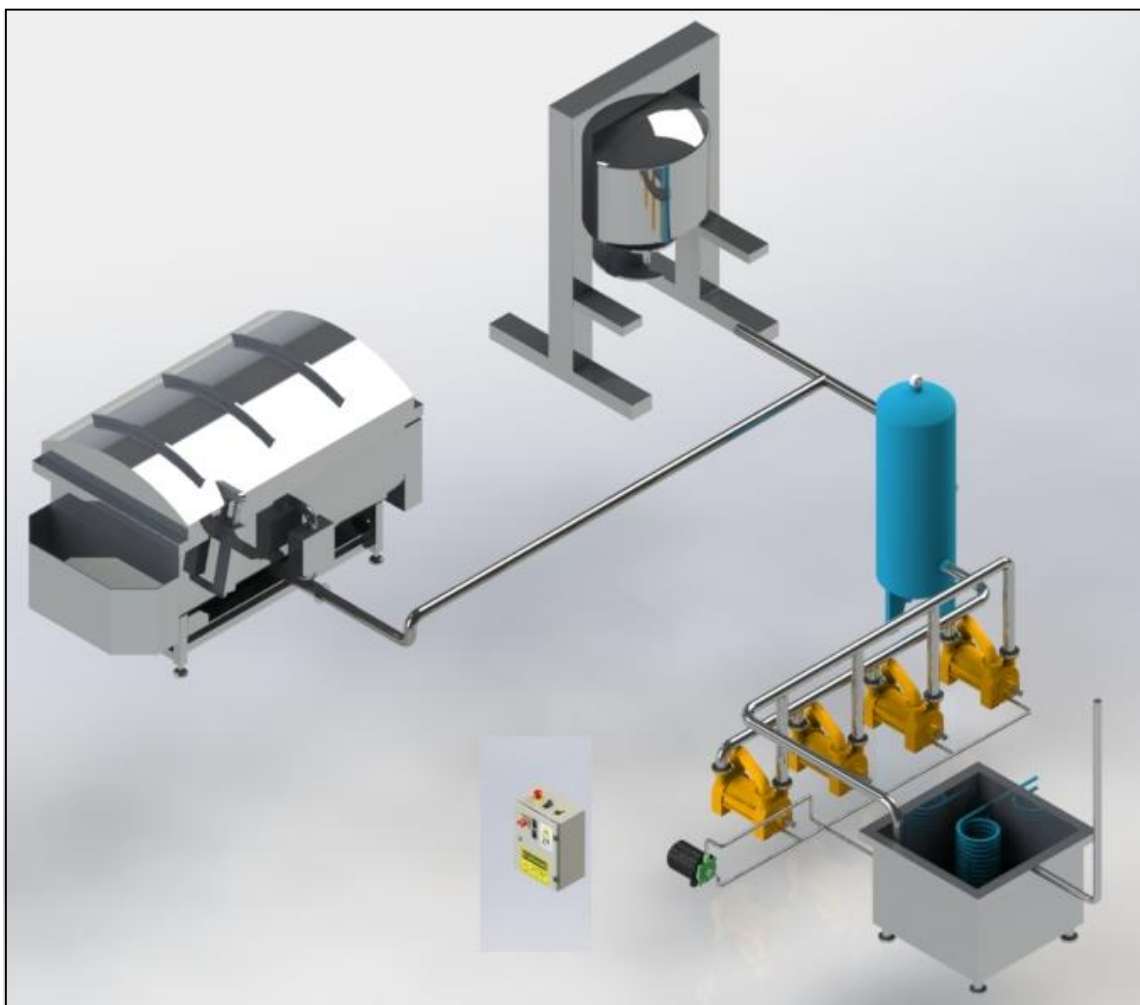
A troca da água de um reservatório industrial dentro das Boas Práticas de Fabricação (BPF) não é apenas uma atividade operacional, mas um ponto crítico de controle, já que a água é considerada insumo direto em muitos processos. Recomenda-se criar um procedimento operacional, definindo um padrão para limpeza do reservatório, sendo que o mesmo, deverá ser analisado afim de definir uma periodicidade. Perante a Portaria GM/MS nº 888/2021, reservatórios de água potável: recomenda-se limpeza e troca completa da água a cada 6 meses, mas para água de consumo para ser humano, não sendo está a finalidade do processo, pois a água é utilizada no processo fabril como líquido selante, mas deve seguir as boas práticas de fabricação garantindo qualidade da mesma e higiene do reservatório.

O reservatório deve ser tampado, identificado e protegido contra contaminação externa. Deve existir um manual de BPF/APPCC descrevendo a periodicidade e o procedimento de higienização. Todo o pessoal envolvido precisa estar treinado em BPF e segurança química.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido a partir de pesquisas bibliográficas e documentais, com base nos manuais técnicos do fabricante das bombas de vácuo, e de uma pesquisa de campo conduzida em ambiente industrial. O objetivo consistiu em analisar as etapas operacionais e coletar dados referentes ao consumo de água no processo de mistura da massa de embutidos, com ênfase na operação das bombas de vácuo.

Figura 6 – Sistema de operação



Fonte: Autor (2025).

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE VÁCUO

O sistema de vácuo das misturadoras é composto por quatro bombas de vácuo de anel líquido da marca Omel, modelo BLN, que operam sem reservatório intermediário. A ausência deste reservatório impede a retenção de resíduos succionados, o que pode ocasionar o arraste de partículas e líquidos para o sistema de exaustão.

De acordo com o fabricante Omel (2025), as bombas de vácuo de anel líquido da série BLN utilizam líquido auxiliar (geralmente água) em volume controlado, e são constituídas por rotores, placas e elementos excêntricos fabricados em aço carbono, eixo em aço-cromo e corpo em ferro fundido. Essas bombas possuem ampla aplicação em processos industriais como desgaseificação, desaeração, destilação, filtração a vácuo, empacotamento, entre outros.

3.2 LEVANTAMENTO DE DADOS OPERACIONAIS

Durante a observação em campo, verificou-se que o consumo de água nas bombas de vácuo ocorria de forma não racional, resultando em desperdício e impacto ambiental significativo, visto que toda a água utilizada era descartada após um único ciclo de operação.

Para quantificar o consumo, foi instalado um medidor de vazão (hidrômetro) na bomba responsável pela pressurização da rede de água. O registro diário indicou um consumo médio de aproximadamente 200.000 litros de água por dia, volume que percorre apenas uma vez o sistema antes de ser direcionado ao efluente como descarte.

A rede de alimentação de água de todo processo fabril, é controlada pela sala de máquinas que gera histórico de operação, controlando pressão das bombas de água e temperatura da água do processo, com diversos sensores e leitores, analógicos e digitais, instalados estrategicamente no processo de operação.

3.3 DESCRIÇÃO DO SISTEMA HIDRÁULICO

O acionamento do fluxo de água ocorre simultaneamente à ativação das bombas de vácuo, por meio da abertura manual de uma válvula de esfera de $\frac{3}{4}$ ", instalada na linha principal de alimentação. A água tem a função de formar o anel líquido dentro da bomba e realizar a troca térmica no interior do rotor. Após o processo de compressão, o mesmo volume de líquido é descartado.

O sistema de vácuo é composto por duas tubulações principais de 2” de diâmetro, cada uma conectada a duas misturadoras (horizontal e vertical) com entradas de 1”. A extração é acionada manualmente pelo operador após a adição das matérias-primas.

3.4 MISTURADORAS E SISTEMA DE RESFRIAMENTO

A misturadora vertical possui um helicóide interno com aletas tubulares de 100 mm de espessura, através das quais circula o líquido refrigerante (glicol). Esse sistema promove o resfriamento por contato direto, mantendo a temperatura da massa dentro dos parâmetros desejáveis de processo. A misturadora horizontal possui pás internas como sistema de movimentação da massa, não utilizando sistema de resfriamento em seu processo de mistura.

O glicol é armazenado em um tanque de 2 m³, equipado com duas bombas (pressão e sucção) que garantem a circulação contínua do fluido refrigerante. O líquido é recirculado para o tanque após cada ciclo de operação. Todo o processo é monitorado e controlado pela equipe técnica responsável, localizada na sala de máquinas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta etapa serão apresentados os dados coletados e a periodicidade das coletas realizadas em campo, durante operação normal da produção, não levando em consideração os intervalos do departamento, trocas de turno e horário de higienização.

Na tabela 1 são apresentados os dados coletados referente ao consumo diário de água obtidos em período normal de produção durante o prazo de monitoramento estabelecidos para os estudos e identificação de oportunidade de redução, focados no medidor instalado na rede de alimentação de água das bombas de vácuo e a temperatura da água na entrada, sendo verificado pelo sensor PT100, existente na rede e na saída das bombas, sendo verificada através de termômetro a laser com certificado de calibração, conforme rastreabilidade, gerada pelo departamento responsável.

Tabela 1 - Levantamento de dados

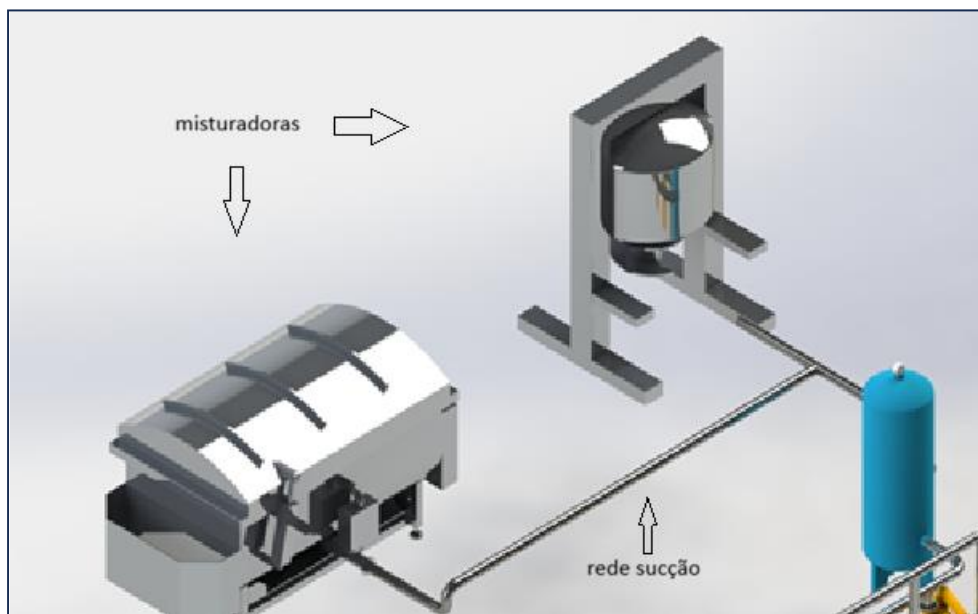
Dias Sequenciais De Leitura	Temperatura Entrada (°C)	Temperatura Saída (°C)	Hora Registro (HRS)	Leitura Do Hidrômetro (M³)	Consumo Em (M³)
INSTALAÇÃO	0	0	07:30	2	0
1	28	40	08:00	197	195
2	27	39	07:30	399	202
3	28	41	07:45	598	199
4	29	41	08:00	800	202
5	28	39	07:50	1003	203
6	26	39	07:30	1201	198
7	28	39	08:00	1387	186
8	27	38	07:40	1565	178
9	29	39	07:50	1794	229
10	29	39	07:45	1986	192
MÉDIA CONSUMO DE ÁGUA (M³/DIA)					198

Fonte: Autor (2025).

4.1 REDE DE SUCÇÃO

A rede de sucção do sistema de vácuo que liga a bomba de vácuo e a misturadoras possui uma tubulação de 2" de diâmetro com suas devidas conexões de entrada, não sendo necessário realizar nenhuma alteração nestes componentes já instalados, pois atendem a demanda necessária e devido a distância, não é viável o custo para troca da mesma. A Figura 7 apresenta uma imagem ilustrando a rede de sucção do sistema entre a bomba de vácuo até as misturadoras.

Figura 7 – Rede de sucção

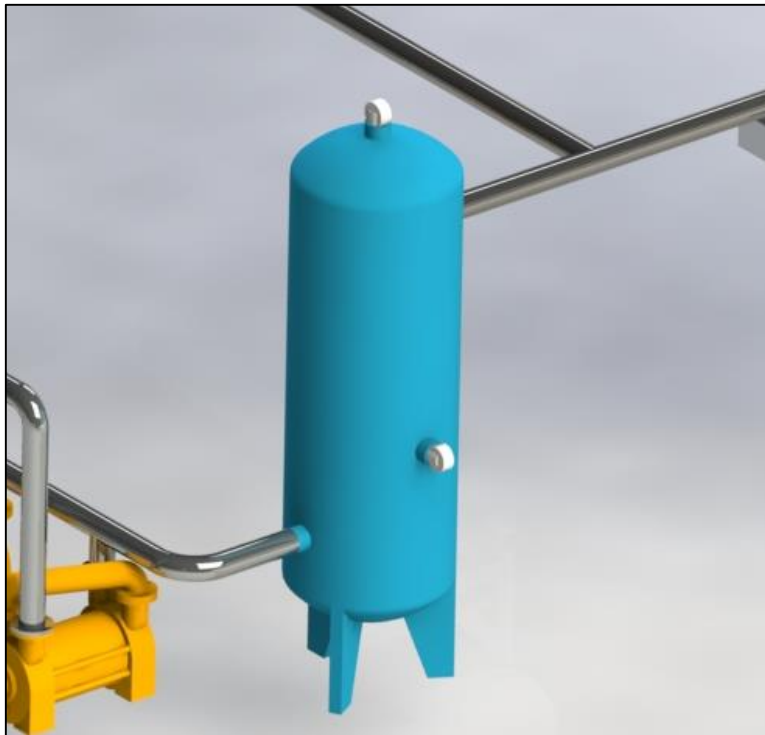


Fonte: Autor (2025).

4.2 RESERVATÓRIO DE SUCÇÃO

Na rede de sucção deve ser instalado um reservatório. O reservatório armazena vácuo, permitindo que o sistema atenda a demandas repentinas e de alto volume (picos de consumo) sem que a pressão geral reduza imediatamente. O tanque atua como um "estoque sanitário" ou reservatório de segurança, evitando que sujeira ou detritos oriundos da linha de vácuo cheguem diretamente à bomba. Isso previne danos ao equipamento, reduz a necessidade de manutenção e prolonga sua vida útil. O reservatório ajuda a manter um nível de vácuo mais estável e uniforme em todo o sistema, resultando em um desempenho mais consistente e previsível. A Figura 8 apresenta uma imagem ilustrando o reservatório do sistema antes da bomba de vácuo.

Figura 8 - Reservatório rede vácuo



Fonte: Autor (2025).

4.3 REDE DE SAÍDA DE ÁGUA

A rede de saída de água das quatro bombas deve ser munida de válvulas de retenção garantindo que não ocorra o contra fluxo da água entre as bombas, sendo que a rede será interligada entre as mesmas com direcionamento único do líquido para o tanque de recirculação. Com base na forma construtiva das bombas de vácuo a rede de saída deve ser confeccionada em tubo inox, 1 ¼" de diâmetro, Schedule 40, pois o mesmo possui espessura da parede de 3,56

mm, sendo ideal para o processo devido vibração do sistema e qualidade e resistência da solda TIG (Tungstênio Gás Inerte), nas curvas e derivações do sistema de retorno de água para o tanque de recirculação. A Figura 9 ilustra a rede de retorno de água para o reservatório após o líquido selante passar pela bomba de vácuo.

Figura 9 - Rede saída líquido selante

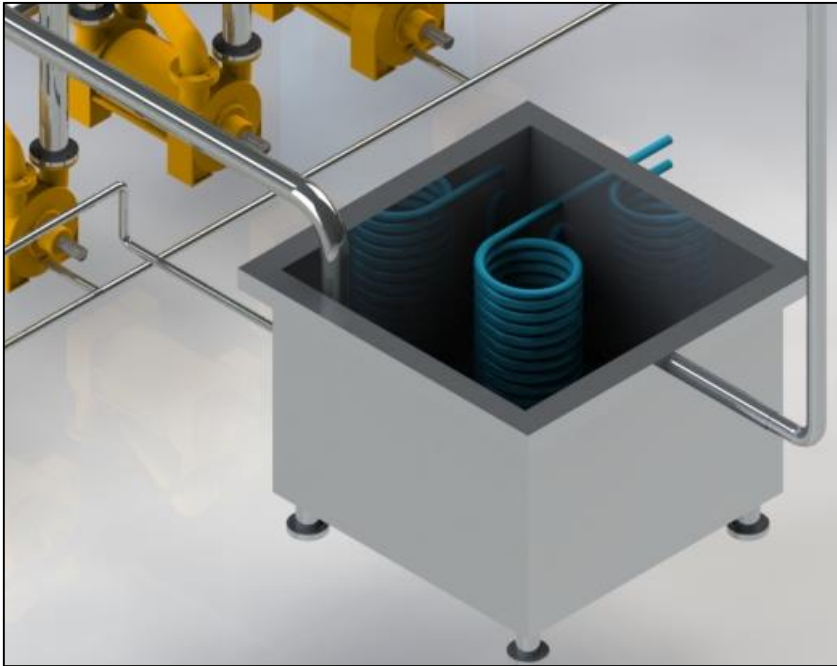


Fonte: Autor (2025).

4.3 RESFRIAMENTO DE ÁGUA NO RESERVATÓRIO

A água quando retornar para o reservatório estará com uma temperatura acima da temperatura fornecida pelo sistema de abastecimento, devido ao aquecimento do processo de extração de vácuo. Com base nesta temperatura será instalada uma serpentina, na parte interna do reservatório, sendo utilizado o próprio Glicol utilizado para resfriamento do helicoide da misturadora horizontal, sendo realizado uma derivação na tubulação do sistema, pois o fluido permanece sempre em circulação quando a linha está operando. Com base neste processo, conseguimos garantir uma saída de água do reservatório com temperatura abaixo dos 15 °C, sendo excelente para o processo. A serpentina utilizada neste reservatório é a mesma utilizada dentro do tanque de glicol, conforme o projeto do equipamento de movimentação, já existente. Na Figura 10 mostra uma ilustração da serpentina instalada dentro do reservatório de água.

Figura 10 - Serpentina de resfriamento



Fonte: Autor (2025).

4.6 RESERVATÓRIO

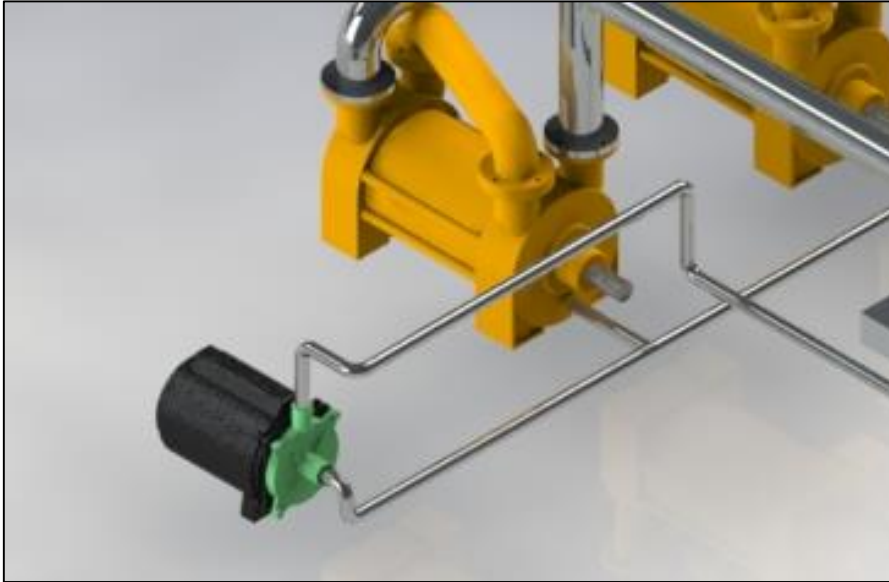
O reservatório foi fabricado com capacidade de 2m³ de água e possui estrutura em aço inox AISI 304, soldado, com as devidas conexões de entrada e saída de água, tanto para escoamento e alimentação do mesmo após limpeza, quanto para alimentação das bombas de vácuo. O reservatório possui sensor de nível automático que controla a capacidade em 75% do volume do tanque, afim de garantir uma boa refrigeração e eficiência da serpentina e deve ser monitorado para avaliar a sujidade do mesmo, afim de garantir qualidade da água neste processo. A limpeza deve ser realizada no reservatório a cada 15 dias ou conforme necessidade, gerando assim um consumo previsto de 3m³ de água a cada 30 dias.

4.6 BOMBA DE ÁGUA DE RETORNO

Para alimentação do liquido refrigerante das bombas de vácuo, após o resfriamento do tanque de recirculação foi utilizado uma moto bomba Schneider BC 91 1 CV 380V, 2 polos com rotor de bronze, selo de viton e sucção de 1 ¼" e recalque de 1", afim de atender a quantidade de água necessária para as bombas de vácuo. O nível de água de selagem necessário para uma boa performance da bomba e deve ser coincidente com a linha de centro da bomba. Toda vez que este nível for ultrapassado, haverá maior demanda de potência absorvida pela

bomba, bem como, carga excessiva nas pás do rotor. A Figura 11 ilustra a bomba de alimentação das bombas de vácuo.

Figura 11- Serpentina de resfriamento



Fonte: Autor (2025).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo demonstrou a eficácia da adequação proposta para o sistema hidráulico das bombas de vácuo, evidenciando que a implementação do reservatório de recirculação, da serpentina de resfriamento por glicol e da rede de retorno pressurizada resultou em desempenho operacional superior e significativo ganho de eficiência hídrica. A intervenção possibilitou a redução do consumo de água de aproximadamente 200 m³/dia para 3 m³/mês, mantendo a temperatura do líquido de selagem dentro dos parâmetros de operação e assegurando a estabilidade do nível de vácuo durante a operação.

A solução adotada também mitigou o desgaste dos componentes das bombas de anel líquido, reduziu oscilações de pressão e aprimorou a confiabilidade do processo de mistura. Os benefícios ambientais e econômicos obtidos confirmam a viabilidade da proposta, que se apresenta como alternativa tecnicamente robusta e compatível com práticas industriais sustentáveis.

Conclui-se, portanto, que o sistema desenvolvido atende integralmente às exigências operacionais, promove uso racional de recursos naturais e representa uma estratégia eficiente para otimização e evolução de processos que utilizam bombas a vácuo com líquido de selagem.

REFERÊNCIAS

ÁGUAS DO BRASIL. **Hidrômetros**. Disponível em:

www.grupoaguasdobrasil.com.br/aguas-aracoiaba/ Acesso em: 12 set 2025

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Instalações prediais de água fria**, NBR 5626, 2020

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Hidrômetros taquimétricos para água fria** - Especificação, NBR 8193, 1992

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626:1982 – Instalações prediais de água fria**. Rio de Janeiro: ABNT, 1982.

BIAGI, J.D. **Implicações da granulometria de ingredientes na qualidade de pellets e na economia da produção de rações**, In: **Simpósio sobre granulometria de ingredientes e rações para suínos e aves**; 1998, Concórdia, SC, Brasil.

BRASIL, 2019, Ministério da Saúde. Agência Nacional da Vigilância Sanitária – ANVISA. Portaria nº 361/2019. **Resolução da diretoria colegiada – RDC nº 272**. Diário Oficial da União (seção 1), Brasília, 14/03/2019, disponível em

https://www.in.gov.br/web/guest/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/67378977/do1-2019-03-18-resolucao-da-diretoria-colegiada-rdc-n-272-de-14-de-marco-de-2019-67378770 Acesso em: 03 dez 2025.

BUSCH Vacuum Solutions. Disponível em:

<https://www.buschvacuum.com/br/pt/knowledge/liquid-ring-vacuum-pumps-classic-vacuum-technology-and-yet-still-state-of-the-art.html> Acesso em: 05 set 2025a.

BUSCH Vacuum Solutions. Disponível em:

<https://www.buschvacuum.com/br/pt/products/vacuum-pumps/liquid-ring/liquid-ring-technology/> Acesso em: 01 set 2025b.

BUSCH Vacuum Solutions. Disponível em: <https://www.buschvacuum.com/br/pt/success-stories/dry-vacuum-technology-for-chemical-and-pharmaceutical-processes.html> Acesso em: 05 set 2025c.

CASAN – Companhia Catarinense de Água e Saneamento. **Perdas de água**. Disponível em <intranet.casan.com.br/conteúdo.php?&sys=noticias¬icia=620&pg=1> Acesso em: 12 set 2025

CHARDON LABS. **Used in Cooling Systems?** Disponível em:

<https://www.chardonlabs.com/resources/why-glycol/> Acesso em: 05 set 2025.

CORETTI, K. O desenvolvimento da indústria de tripas. **Revista Nacional da Carne**, n. 245, p. 49, 1997.

GUERREIRO, Lilian. **Dossiê Técnico: produção de salsicha**. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas, Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro, 2006.

