Sistema de tratamento UHT para produtos lácteos – Araçatuba SP

Direct UHT Treatment System for Dairy Products

Felipe Augusto Polisello Pereira[1]
Gabriel Vieira Soares[1]
João Victor Ferreira Freire[1]
Josué Monteiro de Oliveira[1]
Paulo David Dos Santos Junior[1]
Victor Hugo Seren de Souza[1]
Prof. Ms. Gabriel Biancolin Moimas[2]

Resumo

A indústria de lacticínios envolve uma cadeia muito longa, envolvendo diversos setores na sociedade, indo desde a sua produção, e cuidado na ordenha, até complexos sistemas mecânicos responsáveis pela esterilização, nota-se que hoje é um mercado que envolve muitas pessoas, gerando economia ao redor de todos. Notando esta grande importância viu-se a oportunidade de realizar um projeto que envolvesse este tema, assim desenvolvendo uma linha de esterilização UHT para produtos lácteos. Onde se desenvolve durante a pesquisa os componentes pertencentes a esta linha e os dimensionamentos dos trocadores. Por meio do conhecimento adquirido foi possível aplicar nas escolhas dos componentes. Com explicação de como a linha vai se comportar durante o seu funcionamento.

Palavras Chave: Indústria de lacticínios, linha de esterilização UHT para produtos lácteos, Dimensionamento.

Abstract

The dairy industry involves a very long chain, involving several sectors in society, ranging from its production, and care in milking, to all the mechanical systems responsible for sterilization, it is noted that today it is a market that involves many people, generating savings for everyone. perceiving this great importance, we saw the opportunity to carry out a project that involves this topic, thus developing a UHT sterilization line for dairy products. Where published during a research the components belonging to this line and the dimensions of the exchangers. Through the acquired knowledge, it was possible to apply the choice of components. With an explanation of how the line will behave during its operation.

Keywords: Dairy industry, UHT sterilization line for dairy products.

1

[1] Acadêmicos do curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP.
[2] Engenheiro Mecânico, Mestre em Engenharia Mecânica na Área de Ciências Térmicas na UNESP - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, no Campus de Ilha Solteira-SP. Orientador do trabalho e Docente do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba – SP

Introdução

O tratamento térmico do leite no final do século XIX se tornou tão comum que a maioria dos lacticínios começaram a utilizar o processo. O responsável pela descoberta do combate a proliferação desses patógenos foi Louis Pasteur, ele foi pioneiro nos estudos acerca do efeito letal do calor sobre microrganismos, e o uso dessa técnica permitiu uma maior qualidade sanitária aos lacticínios.

> *A pasteurização é um processo térmico, criado por Louis Pasteur, em 1864. Tem por objetivo o extermínio parcial da flora banal e a eliminação total da flora microbiana patogênica. A temperatura empregada não ultrapassa aos 100ºC e pode ser obtida por água quente, por calor seco, vapor, corrente elétrica e radiação ionizante (EVANGELISTA, 1994, p. 487).*

Acerca da história da pasteurização, embora o seu processo fosse reconhecido pela comunidade científica como um ótimo meio para se vetar a proliferação de patógenos, a utilização desta técnica não era tão padronizada e o processo era controlado de forma muito flexível quando realizado.

Felizmente a forma como o agente patogênico era eliminado era de certa forma simples, onde ocorre a pasteurização do leite por 60°C durante 10 minutos. Tempo esse que garante a eliminação do patógeno do alimento.

> *O organismo mais resistente é o bacilo da tuberculose (T.B.), que é considerado morto pelo aquecimento do leite a 63 ° C durante 10 minutos. A segurança completa pode ser garantida aquecendo o leite para 63 ° C por 30 minutos. TB. é, portanto, considerado como o organismo índice para pasteurização: qualquer tratamento térmico que destrua o T.B. pode ser confiável para destruir todos os outros patógenos do leite. (BYLUND, 2015, p. 75)*

Atualmente, uma das formas de esterilizar o leite é através do tratamento UHT direto. O produto submetido a um sistema de ultra-alta temperatura (UHT – Ultra High Temperature) geralmente é o material que necessita de uma esterilização específica para manter o produto higienizado.

Esse sistema terá uma cadeia padronizada onde poderá esterilizar o material com uma capacidade de produção continua. Esse produto será submetido a uma temperatura entre 135°C e 140°C, onde permanecerá por 2 a 4 segundos. Este procedimento consiste em um tratamento térmico com o fluxo de vapor direto

> *UHT é a abreviatura de Ultra High Temperature. O tratamento UHT é uma técnica para preservar produtos alimentares líquidos, expondo-os a breves, aquecimento intenso, normalmente a temperaturas na faixa de 135 - 140 ° C. Matando*

> *microrganismos que, de outra forma, destruiriam os produtos. (BYLUND, 2015, p. 78)*

Este procedimento consiste em um tratamento térmico com o fluxo de vapor direto, e após ser levado a essas condições o produto é resfriado a uma temperatura específica.

Este projeto tem como foco, desenvolver a construção do sistema que realiza a esterilização por UHT direta, e descreve-as transformações físicas necessárias do produto até a sua higienização, sendo trabalhadas áreas da termodinâmica, transferências de calor, mecânica dos fluidos, esses elementos sendo usados para a explicação dos processos físicos necessários para a esterilização, até o produto ser envasado.

Embora seu alto consumo, o leite é um produto delicado, suas características como alta atividade de água, pH aproximado ao neutro, e sua qualidade nutritiva fornecem um bom ambiente para uma cultura de microrganismos indesejáveis.

Em busca de se dificultar o desenvolvimento dessas culturas, procura-se realizar a esterilização do leite, diminuindo todas as leveduras, fungos, e bactérias existentes no leite.

Um dos processos que fornecem essa esterilização é encontrado em fábricas do ramo lácteo, contando com linhas tecnológicas, que possibilitam o tratamento UHT no leite e seus derivados.

Essa linha de linha de esterilização contém diversos componentes, dentre estes componentes estão trocadores de calor, separadores centrífugos, homogeneizadores, filtros de membrana, dentre outros;

Ainda que diferentes nota-se que os estudos dos compostos do leite identificando as características do produto, e o desenvolvimento de tecnologia que possibilitam a mitigação dos microrganismos acabam se complementando, onde uma possibilita a inativação da enzima identificado em outro estudo.

Deste modo notando-se o potencial mercado existente, e a necessidade das medidas sanitárias serem alcançadas, teve-se a ideia de realizar uma linha de tratamento térmico UHT, onde se é possível obter as variáveis de tempo e temperatura adequadas ao processo, e realizar a esterilização de maneira eficiente no produto.

Linha UHT

Para Bylund (2015) Existem alguns requisitos para que ocorra o processo UHT de maneira eficiente. Esses processos são: Tratamento térmico onde o leite deve ser tratado termicamente de forma que todos os microrganismos patogênicos são mortos. Uma temperatura mínima e tempo de retenção. Gravação da temperatura de aquecimento deve ser registrada automaticamente e salva por um determinado período de tempo. Esclarecimento antes do tratamento térmico. E por último a prevenção de reinfecção. Na figura abaixo pode-se observar de modo generalizado como ocorre o processo de troca de calor com a injeção de vapor e clarificação do leite para que não tenha partículas maiores.

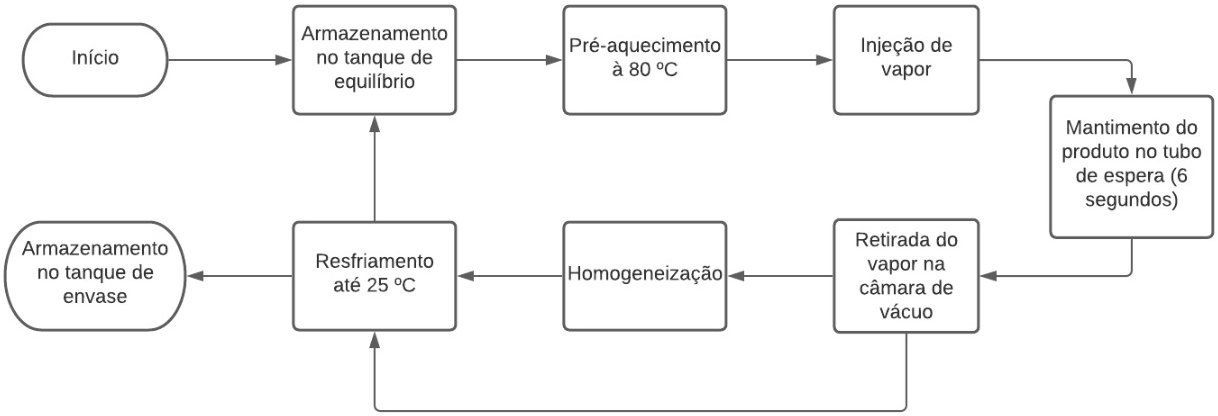

Figura 1: Gráfico de blocos generalizado do processo de esterilização do leite

Fonte: Própria

Equipamentos necessários

De acordo com Bylund (2015) os seguintes equipamentos são necessários:

- Tanques de silo para armazenamento do leite cru.
- Trocador de calor de placas para aquecimento e resfriamento, um tubo de retenção e um aquecedor unidade de água.
- Clarificador centrífugo (como apenas o leite integral deve ser tratado, um centrífugo separador não é necessário neste exemplo).
- Tanque de armazenamento intermediário para armazenamento temporário de leite processado.
- Tubos e acessórios para conectar os componentes principais
- Válvulas pneumáticas operadas para controlar e distribuir o fluxo de produto e fluidos de limpeza.

- Bombas para transporte de leite em toda a estação de tratamento de leite.
- Equipamento de controle para controle de capacidade, temperatura de pasteurização e posições da válvula.
- E alguns sistemas de serviços como: abastecimento de água, produção de vapor, refrigeração, ar comprimido para unidades operadas pneumaticamente, energia elétrica.

Funcionamento da linha

No fluxograma a seguir Bylund (2015) exemplifica o funcionamento da linha. O leite a 4 ° C é fornecido ao sistema a partir do tanque de equilibrio (1) e encaminhado pela bomba de alimentação (2até o pré-aquecimento no trocador de calor de placas (3). Após pré-aquecimento de aproximadamente 80 ° C a pressão do produto é aumentada pela bomba (4) para cerca de 4 bar e o produto então segue para o injetor de vapor com bico circular (5). O vapor injetado no produto aumenta instantaneamente a temperatura do produto para cerca de 140 ° C a pressão nesse sistema evita que o produto ferva. O produto é mantido na temperatura UHT no tubo de retenção (6) por alguns segundos antes de ser resfriado rapidamente. O resfriamento instantâneo ocorre na câmara de expansão equipada com condensador (7) em que um vácuo parcial é mantido por uma bomba (8). O vácuo é controlado de modo que a quantidade de vapor expelido do produto é igual à quantidade de vapor injetado anteriormente. Uma bomba centrífuga (9) alimenta o produto tratado com UHT ao homogeneizador asséptico de dois estágios (10). Após a homogeneização, o produto é resfriado a aproximadamente 20 ° C no trocador de calor de placas (3) e, em seguida, continua diretamente para um enchimento asséptico ou para um tanque asséptico para armazenamento intermediário antes de ser embalado.

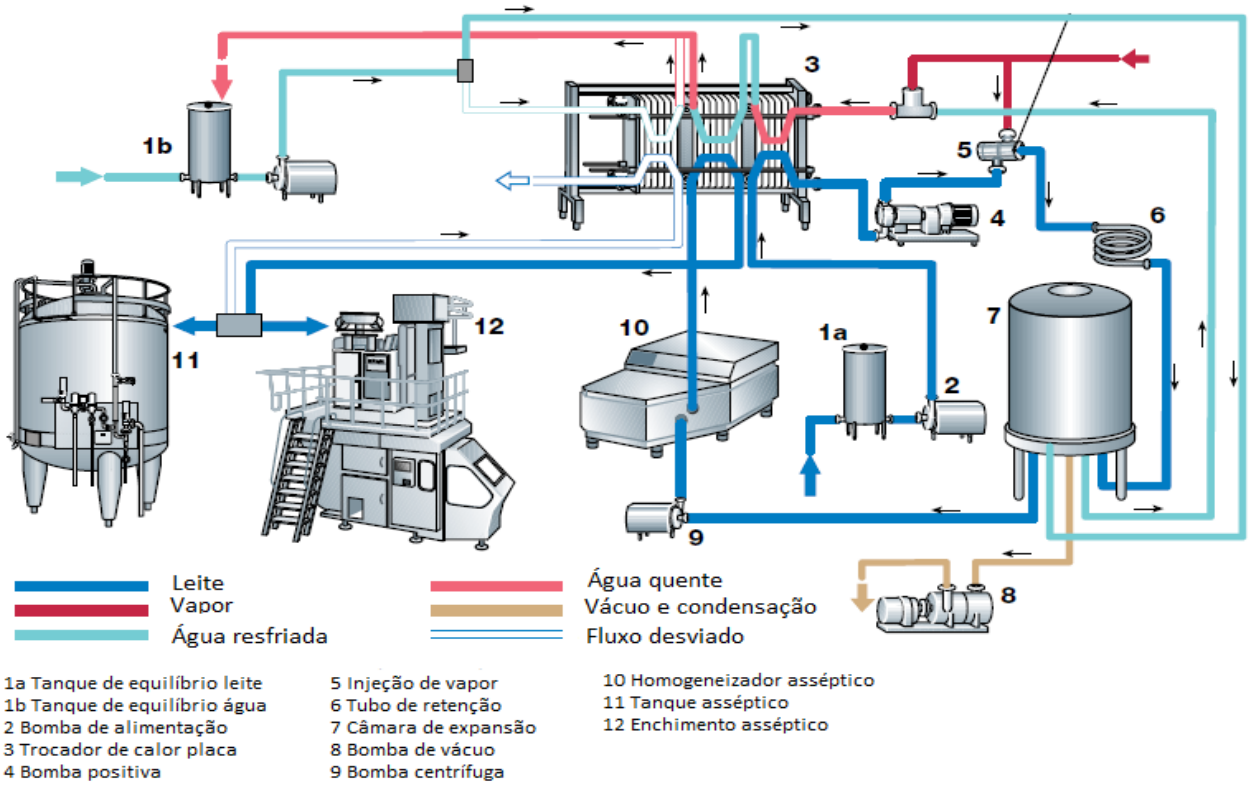

Figura 2: Processo UHT com aquecimento por injeção direta de vapor combinado com trocador de placas

Fonte: Dairy Handbook

Projeto

No início, teremos um tanque de armazenamento. Através de pesquisas de campo em uma empresa deste seguimento, a capacidade média destes tanques é de 20000kg.

Em seguida, deve-se definir a vazão da linha de produção para que seja possível selecionar as bombas adequadas para os processos. Para este projeto, definiremos uma vazão mínima de 6000 litros por hora para que seja possível acompanhar uma máquina de envase padrão.

Deverá ser instalada uma válvula simples de assento para permitir ou restringir a saída de produto do tanque.

Finalizando a primeira seção, temos o tanque de equilíbrio. Este é um tanque de aço inoxidável com capacidade para aproximadamente 250 litros.

Equipado com sensores de nível para garantir que o tanque não transborde ou esvazie, este será responsável por manter a linha abastecida. A figura abaixo ilustra esta primeira seção de produção.

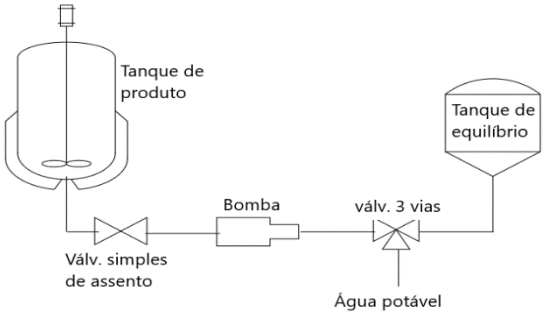

Figura 3: Início do processo

Fonte: Autor próprio.

Em seguida, na segunda seção, deverá ser instalada uma válvula de três vias selecionando se o fluido passará pela bomba de processo ou pela bomba de CIP. Em seguida, será instalada um bomba positiva para retirar o produto do tanque de equilíbrio e bombeá-lo para o trocador de calor, e para isso, foi escolhida a bomba de parafuso excêntrico.

O produto deverá permanecer nestas condições por cerca de quatro segundos para garantir a efetividade da esterilização.

Segundo o calculo apresentado posteriormente, estabelecemos que o produto permanecerá nesta temperatura durante seis segundos. Para isso, após o injetor de vapor será necessário instalar uma tubulação com diâmetro de duas polegadas e comprimento de dois metros. Finalizando esta etapa, deverá ser instalada uma válvula de controle para garantir que esta seção se mantenha pressurizada evitando que o produto ferva.

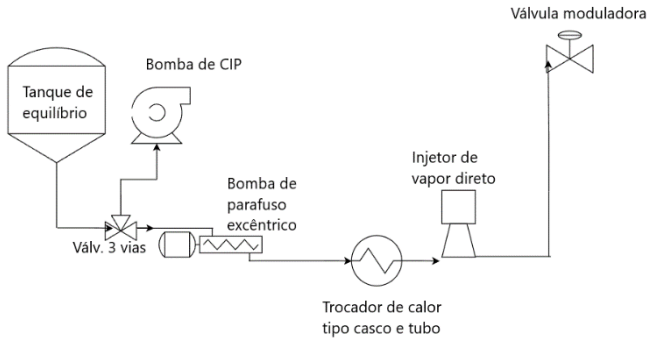

Figura 4: Seção de aquecimento

Fonte: Autor próprio

Após este processo de aquecimento, o vapor precisa ser retirado do produto. Para isto, este deve entrar em uma câmara de vácuo. Esta deve ser feita de aço inoxidável e deve estar encamisada com um sistema de água industrial. A pressão negativa faz com que o produto que entra à alta pressão sofra uma expansão onde o vapor sobe para a superficie da câmara enquanto o produto lácteo é separado e retirado por uma bomba centrífuga.

Já o vapor, ao entrar em contato com as paredes da câmara (refrigerada por um circuto de água industrial), condensa e é retirado por uma outra bomba centrífuga. Por fim, esta câmara de vácuo deve estar conectada à uma bomba de vácuo para que este processo seja possível. A figura ilustra o funcionamento da câmara de vácuo.

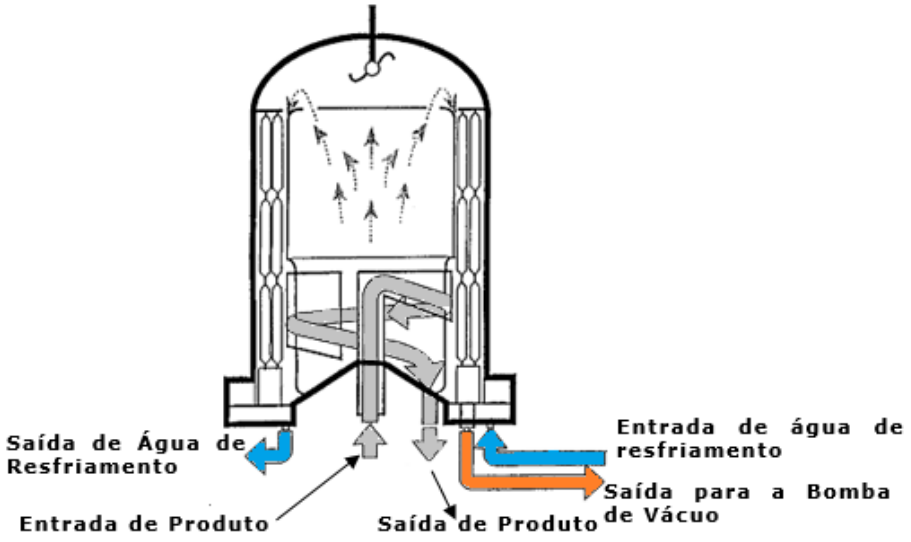

Figura 5: Câmara de vácuo

Fonte: Autor próprio.

Em seguida, entraremos na seção de homogeneização. Nesta, haverá outra válvula de três vias sendo uma das vias para a entrada de produto, uma para a entrada do homogeneizador e a outra via para a saída do homogeneizador. Esta deve ser instalada como segurança para não sobrecarregar o homogeneizador nos processos de CIP onde a vazão é, geralmente, superior à capacidade do equipamento.

Toda esta seção pode ser visualizada na figura:

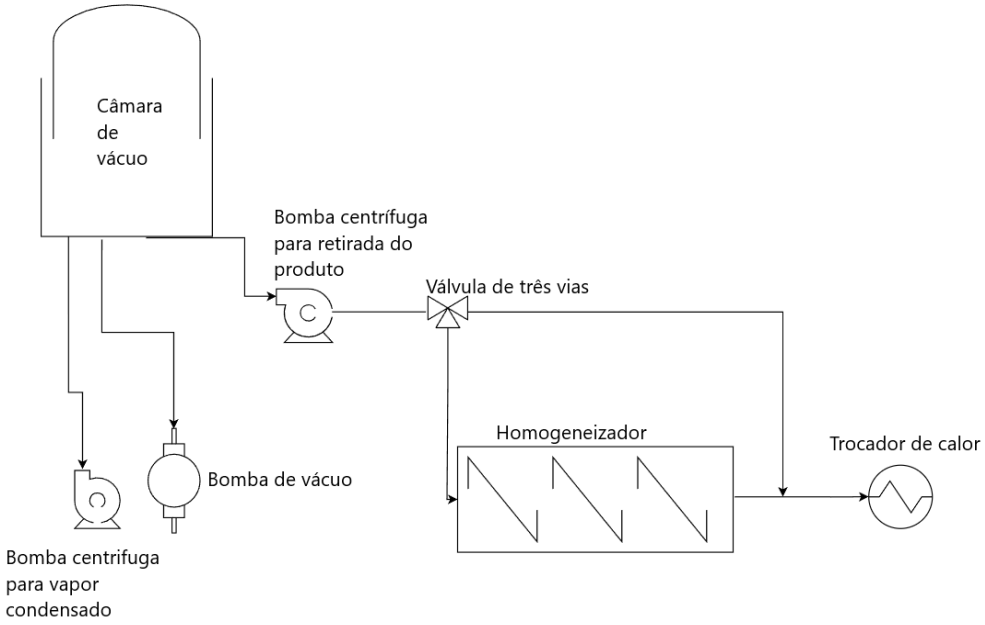

Figura 6: Seção de separação da mistura e homogeneização.

Fonte: Autor próprio.

Finalizando esta seção, temos a escolha do trocador de calor para resfriamento do produto.

Segundo os cálculos apresentados posteriormente, este trocador de calor deverá possuir nove passes de tubo com quatro metros de comprimento, e oito tubos de vinte milímetros de diâmetro em cada passe para que este esfrie o produto de 80 à 25 °C.

Finalizando esta etapa, deverá ser instalada uma válvula de controle para garantir que esta seção se mantenha estável.

Em seguida, deve ser instalada a válvula de três vias, antes do tanque de envase para selecionar se o produto seguirá para esse mesmo tanque ou se seguirá para uma válvula de controle, do mesmo modelo utilizado após a saída do trocador de calor, para garantir que esta seção se mantenha estável. Em seguida passando por uma válvula de três vias para selecionar se o produto retornará para o tanque de equilíbrio ou se será descartado.

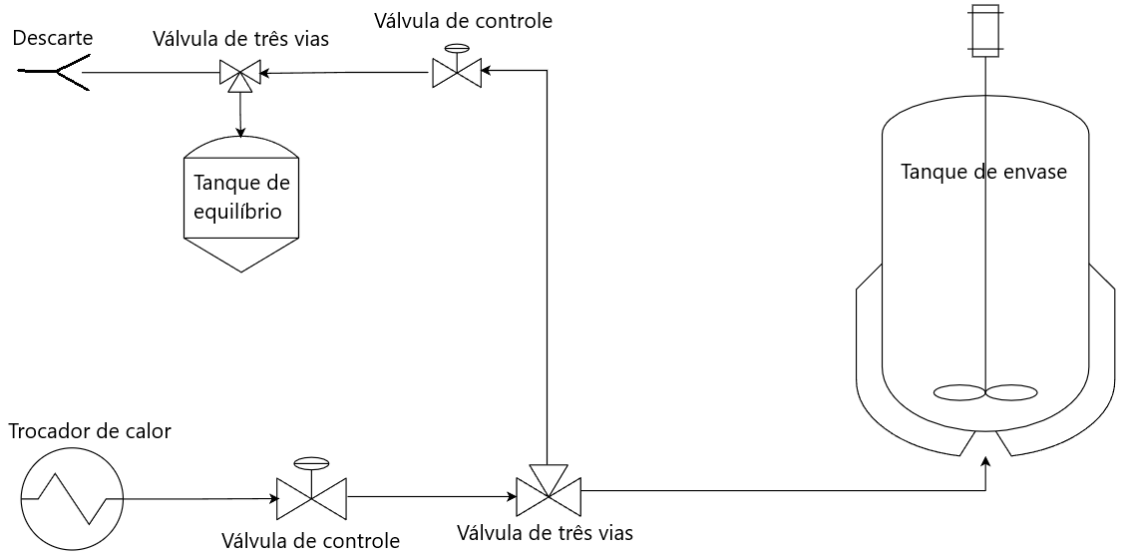

Figura 7: Seção de resfriamento e final da linha.

Fonte: Autor próprio.

Para o processo Cleaning in place, serão criadas duas novas rotas.

A primeira será a de alimentação da linha. Como este tipo de limpeza necessita de uma vazão maior, será instalada uma bomba centrífuga (idêntica à bomba que retira o produto da câmara de vácuo) na saída do tanque de equilíbrio após a válvula de três vias que seleciona se o fluido passará pela bomba de produção ou pela bomba de CIP.

Em seguida, uma válvula de três vias irá selecionar se o produto retornará para o tanque de equilíbrio à fim de limpar a parte superior do mesmo, ou se irá dar sequência no processo levando o fluido ao restante da linha.

Para a segunda nova rota, será instalado um tanque de produtos químicos similar ao tanque de equilíbrio. Este também deverá possuir sensores indicando o nível do mesmo pois servirá para alimentar a linha com produtos quimicos.

Na saída deste tanque, haverá uma válvula de três vias que irá determinar se o fluido irá ser descartado ou se o mesmo irá entrar no tanque de equilíbrio e, consequentemente, na linha de produção.

A figura demonstra a nova seção de equilíbrio.

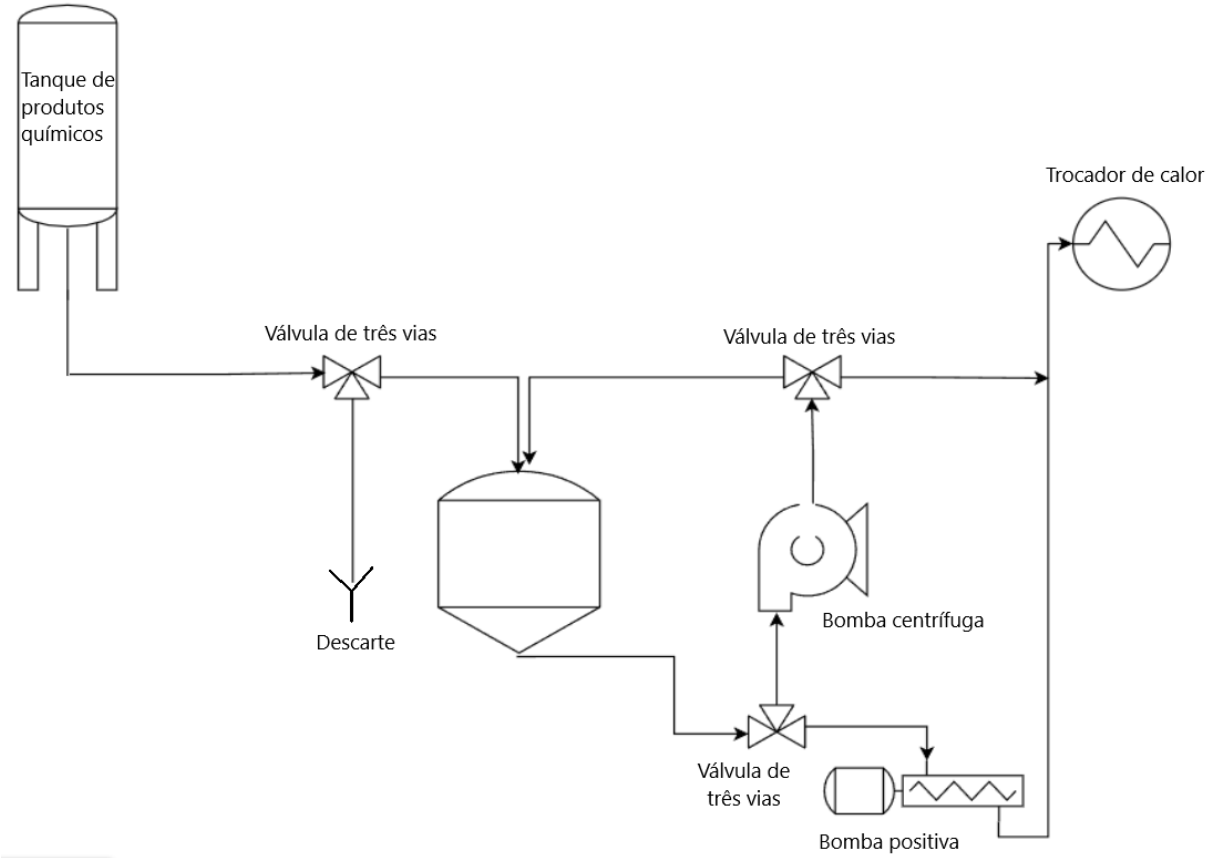

Figura 8: Seção de equilíbrio com rotas de CIP

Fonte: Própria.

Nas tubulações de vapor (circuito de água do trocador de calor de aquecimento e tubo de espera) haverão válvulas redutoras de pressão e controladoras de temperatura para vapor.

O trocador de calor responsável pelo aquecimento será alimentado por um circuito onde há uma mistura entre água quente e vapor d'água. A água que sai deste trocador será reutilizada alimentando as paredes da câmara de expansão à fim de contribuir na condensação do vapor lá presente e em seguida retornará para o tanque de água quente à fim de reiniciar este ciclo.

Já o trocador de calor responsável pelo resfriamento do produto será alimentado por água gelada que seguirá em fluxo contracorrente e irá direto para a estação de água gelada da indústria.

De formar geral, o Aço Inox detém diversas vantagens, a citar: a alta resistência a corrosão, a facilidade de limpeza, aparência brilhante e higiênica, baixo custo de manutenção e resistência a variação de temperatura.

Para assegurar que nenhum material estranho seja levado para as áreas assépticas da linha, deverão ser instalados dois filtros de membrana, sendo um deles no início do processo logo após a saída da bomba de parafuso excêntrico e o outro na saída do trocador de calor de aquecimento antes do injetor de vapor.

Após a escolha de todos os componentes, foi desenvolvido o layout da linha de esterilização UHT direta que atendesse todos os processos citados anteriormente.

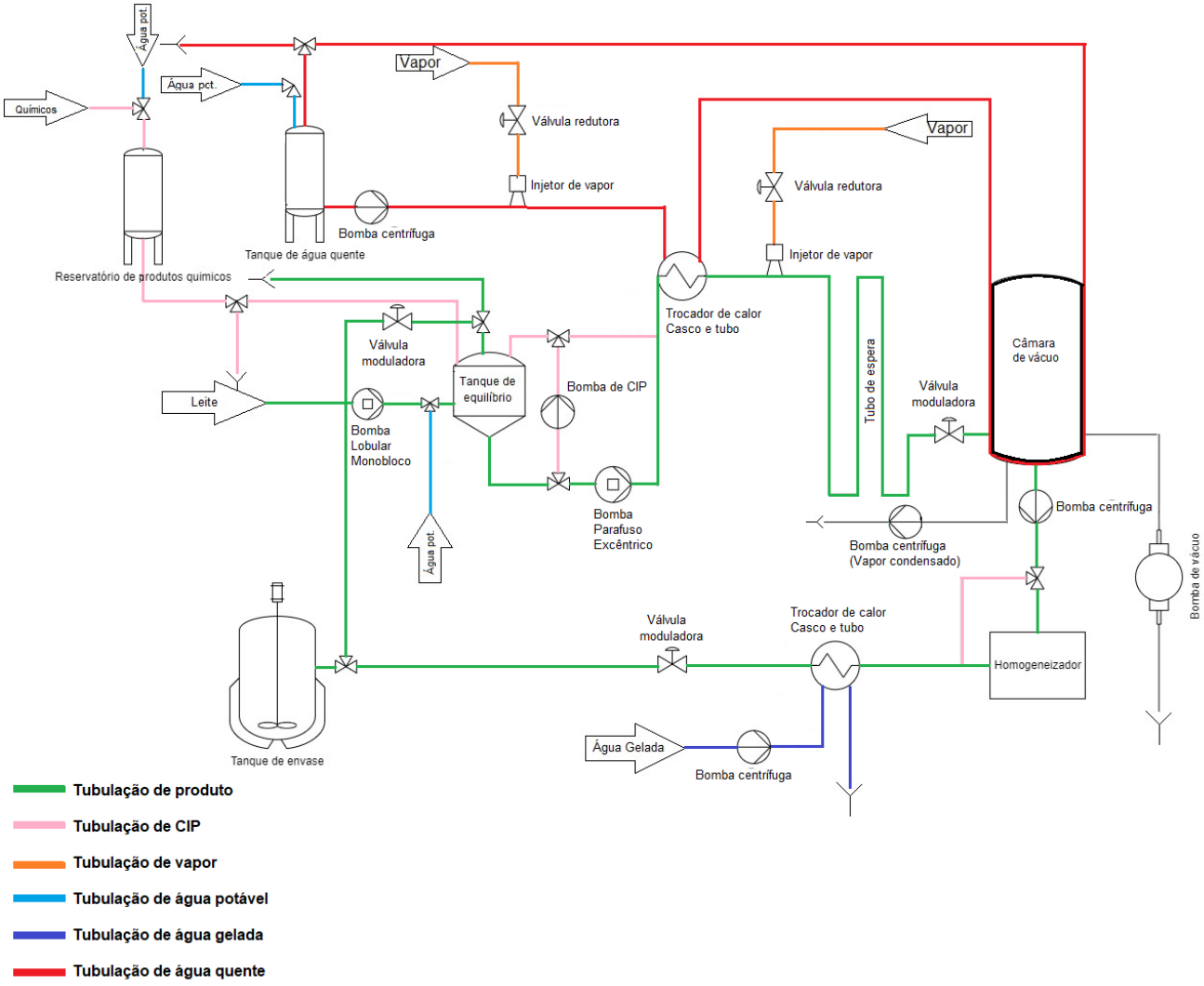

Figura 9: Layout de toda a linha

Fonte: Própria

P&iD

Para o controle de processo deve ser instalado instrumentos como transmissores de temperatura, pressão, vazão e nível. Os mesmos devem sinalizar para uma interface IHM para que o operador na sala de controle possa monitorar todos os processos. A figura demonstra o P&iD deste projeto.

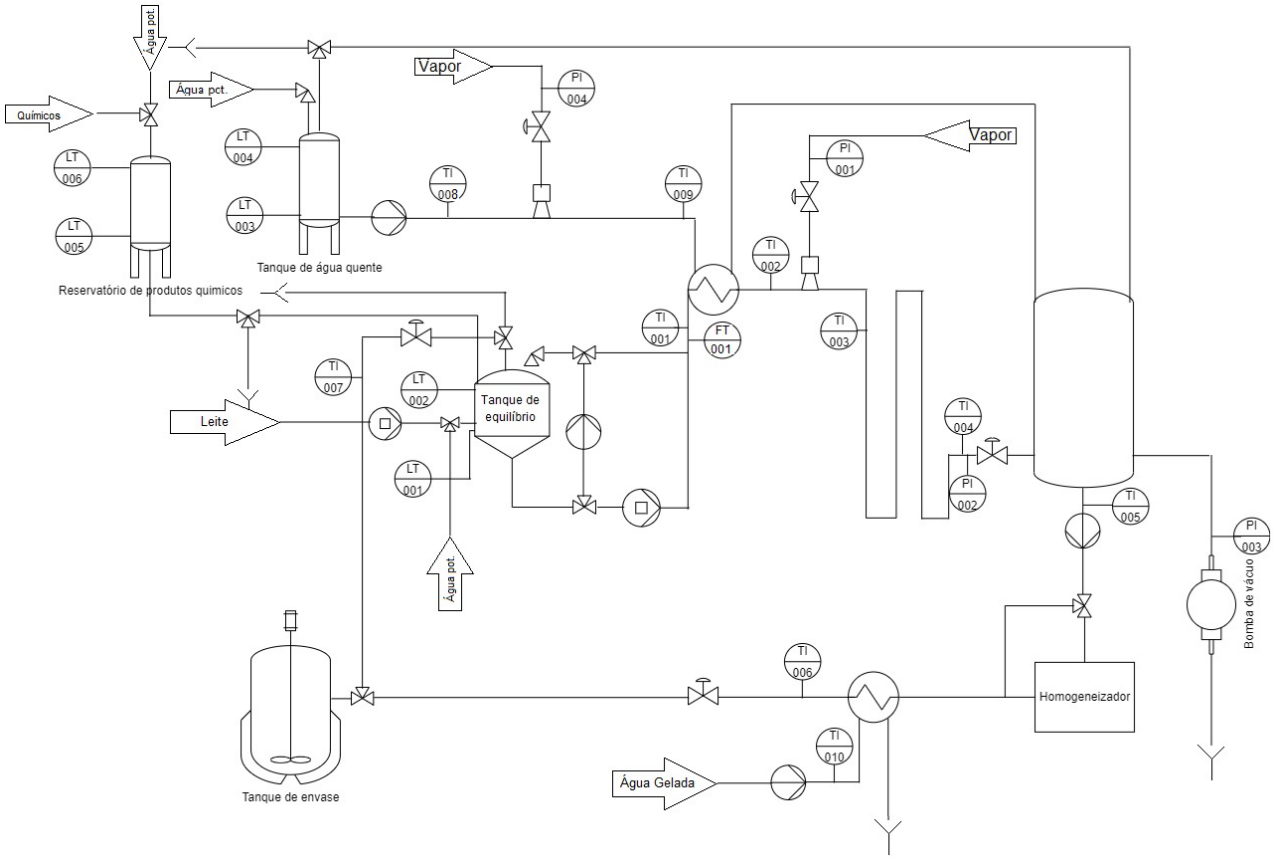

Figura 10: P&iD projeto

Fonte: Própria.

LEGENDAS			
SIGLA	NUMERAÇÃO	DESCRIÇÃO	LOCAL
TI	001	TRANSMISSOR DE TEMPERATURA	ENTRADA DO TROCADOR DE CALOR DE AQUECIMENTO
TI	002	TRANSMISSOR DE TEMPERATURA	SAÍDA DO TROCADOR DE CALOR DE AQUECIMENTO
TI	003	TRANSMISSOR DE TEMPERATURA	INÍCIO DO TUBO DE ESPERA
TI	004	TRANSMISSOR DE TEMPERATURA	FINAL DO TUBO DE ESPERA
TI	005	TRANSMISSOR DE TEMPERATURA	SAÍDA DA CAMARA DE EXPANSÃO
TI	006	TRANSMISSOR DE TEMPERATURA	SAÍDA DO TROCADOR DE CALOR DE RESFRIAMENTO
TI	007	TRANSMISSOR DE TEMPERATURA	FINAL DA TUBULAÇÃO DE RETORNO DA LINHA
TI	008	TRANSMISSOR DE TEMPERATURA	SAÍDA DO TANQUE DE ÁGUA QUENTE
TI	009	TRANSMISSOR DE TEMPERATURA	ENTRADA DE ÁGUA QUENTE DO TROCADOR DE CALOR
TI	010	TRANSMISSOR DE TEMPERATURA	ENTRADA DE ÁGUA GELADA TROCADOR DE CALOR
PI	001	TRANSMISSOR DE PRESSÃO	TUBULAÇÃO DE VAPOR DO TUBO DE ESPERA
PI	002	TRANSMISSOR DE PRESSÃO	FINAL DO TUBO DE ESPERA
PI	003	TRANSMISSOR DE PRESSÃO	CÂMARA DE VÁCUO
PI	004	TRANSMISSOR DE PRESSÃO	TUBULAÇÃO DE VAPOR DA ÁGUA QUENTE
LT	001 + 002	TRANSMISSOR DE NÍVEL	TANQUE DE EQUILÍBRIO
LT	003 + 004	TRANSMISSOR DE NÍVEL	TANQUE DE ÁGUA QUENTE
LT	005 + 006	TRANSMISSOR DE NÍVEL	RESERVATÓRIO DE PRODUTOS QUÍMICOS
FT	001	TRANSMISSOR DE VAZÃO	ENTRADA DO TROCADOR DE CALOR DE AQUECIMENTO

Tabela 1: Tabela P&iD

Fonte: Própria.

Conclusão

A criação e execução deste projeto colaboraram para o desenvolvimento do conhecimento técnico com enfoque na engenharia de termodinâmica, assunto este que é um tema de grande abrangência, com uma vasta aplicabilidade em diversas indústrias. Analisando a indústria de laticínios neste caso, parte onde as operações são realizadas, estilização do leite pelo meio UHT direto mostrou-se bastante útil, sendo capaz de otimizar tempo e custo no processo de esterilização. Para se chegar ao objetivo final foi feito grande estudo sobre termodinâmica, elementos de máquinas, trocadores de calor e máquinas de fluxo.

Outra parte de suma importância e que nos levou tempo e aprendizado, foi a escolha dos componentes adequados. Pois exigiu uma vasta pesquisa entre todos os equipamentos existentes no mercado, não se focando apenas nos utilizados.

Com este projeto podemos ver que a estilização do leite pelo meio UHT direto pode ser um grande passo para uma melhor amplitude de mercado, otimizando tempo e possibilitando aumento de produção, por se tratar de um método eficiente e ágil. Portanto, com a sua viabilidade técnica e econômica apontada, esse projeto pode se tornar um importante contribuidor prático e teórico para essas áreas do mercado.

Ao finalizar o projeto obtivemos uma enorme satisfação pelo conhecimento obtido, não apenas nas áreas de termodinâmica, elementos de máquinas, trocadores de calor e máquinas de fluxo, mas sim na engenharia mecânica como um todo.

Referências

EVANGELISTA, José. **Tecnologia de alimentos.** São Paulo: Livro. Atheneu, 1994. 652p.

BYLUND, Gösta; **Dairy Processing Handbook,** Swenden Lund: Tetra Pak Processing Systems AB; 1st edition. 2003.

SANTOS, N.E.; FERNANDES, V.L.; GALDINO, L.: **Estudo Da Instalação De Transmissores De Pressão No Esterilizador De Um Sistema UHT (Temperatura Ultra Rápida).** Augusto Guzzo Revista Acadêmica, 2015.

TETRAPAK - **Tratamento UHT para alimentos e produtos lácteos** [internet] disponível em: <https://www.tetrapak.com/pt-br/solutions/processing/main-technology-area/uhttreatment#:~:text=Usado%20para%20a%20esteriliza%C3%A7%C3%A3o%20de,para%20distribui%C3%A7%C3%A3o%20em%20temperatura%20ambiente> Acesso em: 07/11/2021