



Faculdade de Engenharia Química
Graduação em Engenharia Química

MARIA EDUARDA MOUTINHO

**SISTEMA DE LIMPEZA CIP (CLEAN IN PLACE) APLICADO
À PLANTA-PILOTO DE PROCESSAMENTO DE *ALOE VERA***

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Uberlândia

2022

MARIA EDUARDA MOUTINHO

**SISTEMA DE LIMPEZA CIP (CLEAN IN PLACE) APLICADO
À PLANTA-PILOTO DE PROCESSAMENTO DE *ALOE VERA***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Química da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos indispensáveis para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Rubens Gedraite
Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo Sislían

Uberlândia
2022

Resumo

Nos últimos anos, o gel da *Aloe vera*, popularmente conhecida no Brasil como babosa, vem atraindo interesse dos mais diversos setores industriais. Sua aplicação é tão ampla que novos produtos estão surgindo no mercado, abrangendo desde a indústria farmacêutica até alimentícia e de bebidas. Desperta-se, então, a necessidade de estudos relacionados não apenas às propriedades do extrato da planta, mas também sobre o processamento em larga escala bem como a limpeza de equipamentos envolvidos neste processo. São apresentados os principais pontos relacionados às propriedades da *Aloe vera* e seu gel, sua aplicação industrial e todas as etapas de processamento, desde a colheita até o envase final do gel. Também é abordado o procedimento que o sistema de limpeza CIP deverá obedecer, bem como definidos os equipamentos e condições requeridas para o seu correto funcionamento. O desenvolvimento deste trabalho foi baseado em uma instalação piloto destinada ao processamento do gel da babosa e que se encontra em fase de montagem no *campus* Guarulhos do Instituto Federal de São Paulo. O procedimento de limpeza CIP proposto para a planta apresenta 5 etapas: pré-enxágue, limpeza alcalina com hidróxido de sódio, enxágue intermediário, sanitização com hipoclorito de sódio e enxágue final. O tempo estimado para um ciclo de limpeza completo da planta-piloto é de, aproximadamente, 43 minutos. A central CIP foi projetada para usar um trocador de calor e quatro tanques de armazenamento, a saber: tanque de água limpa, tanque de água recuperada, tanque de detergente básico e tanque de desinfetante. A automação do sistema de limpeza considera o uso de controladores de nível, vazão, temperatura e condutividade, além das respectivas válvulas. Os controladores serão configurados na base de dados de um CLP (Controlador Lógico Programável).

Palavras-chave: *Aloe*, *Aloe vera* (babosa), planta-piloto, automação, sistema CIP.

Abstract

In recent years, Aloe vera gel, popularly known in Brazil as aloe, has been attracting interest from the most diverse industrial sectors. Its application is so wide that new products are appearing on the market, ranging from the pharmaceutical to the food and beverage industries. Therefore, there is a need for studies related not only to the properties of the plant extract, but also to large-scale processing as well as the cleaning of equipment involved in this process. The main points related to the properties of Aloe vera and its gel, its industrial application and all the processing steps, from harvesting to the final filling of the gel, are presented. The procedure that the CIP cleaning system must comply with is also discussed, as well as the equipment and conditions required for its correct operation. The development of this work was based on a pilot installation intended for the processing of aloe vera gel, which is being assembled at the Guarulhos campus of the Instituto Federal de São Paulo. The proposed CIP cleaning procedure for the plant has 5 steps: pre-rinse, alkaline cleaning with sodium hydroxide, intermediate rinse, sanitization with sodium hypochlorite and final rinse. The estimated time for a complete pilot plant cleaning cycle is approximately 43 minutes. The CIP plant is designed to use a heat exchanger and four storage tanks, namely: clean water tank, reclaimed water tank, basic detergent tank and disinfectant tank. The automation of the cleaning system considers the use of level, flow, temperature, and conductivity controllers, in addition to the respective valves. The controllers will be configured in the database of a PLC (Programmable Logic Controller).

Keywords: *Aloe*, *Aloe vera* (babosa), pilot-plant, automation, CIP System.

Lista de Figuras

Figura 1 - Guerreiro asteca próximos a uma Aloe.....	11
Figura 2 - Paredes egípcias com plantas de Aloe retratadas.....	11
Figura 3 - Plantação de Aloe na República Dominicana	12
Figura 4 - Plantação de Aloe na República Dominicana	12
Figura 5 - Babosa vista de perto	13
Figura 6 - Corte transversal nas folhas da planta.....	13
Figura 7 - Látex escorrendo após corte na folha.....	14
Figura 8 - Sabonete de Aloe vera	15
Figura 9 - Shampoo e condicionador à base de Aloe vera	15
Figura 10 - Loção pós-sol à base de Aloe vera.....	16
Figura 11 - Pomada à base de Aloe vera.....	16
Figura 12 - Iogurte de Aloe vera	17
Figura 13 - Bebidas à base de Aloe vera	17
Figura 14 - Biofertilizante à base de babosa.....	18
Figura 15 - Aspecto visual do gel.	19
Figura 16 - Aspecto visual do gel após o teste de centrifugação	20
Figura 17 - Colheita manual das folhas de Aloe vera	21
Figura 18 - Colheita manual	22
Figura 19 - Folhas de Aloe vera colocadas em caixas de plástico para transporte	22
Figura 20 - Recebimento da matéria-prima.	23
Figura 21 - Lavagem manual das folhas.....	23
Figura 22 - Esfregação das folhas para remoção de sujidades	23
Figura 23 - Filetagem: remoção das cascas	24
Figura 24 - Filetagem: filete da polpa sendo extraído.....	24
Figura 25 - Máquina mecânica alemã de filetagem de folhas de <i>Aloe vera</i>	25
Figura 26 - Filetagem da <i>Aloe vera</i> que elimina uma face por passagem.....	25
Figura 27 - Típica despoldadora industrial	26
Figura 28 - Filtro prensa.....	26
Figura 29 - Envase de gel e seu armazenamento em câmara fria.....	27
Figura 30 - Círculo de Sinner	29
Figura 31 - Típico sistema CIP	30
Figura 32 - Diagrama esquemático parcial da bancada experimental existente	32
Figura 33 - Diagrama esquemático parcial da bancada experimental existente (cont.)	32
Figura 34 - Reologia das soluções de limpeza, influenciado pela velocidade.....	33

Lista de Figuras

Figura 35 - Cabeçote de jato (bico) rotativo.....	35
Figura 36 - Cabeçote de jato(bico) rotativo em funcionamento.....	35
Figura 37 - Informações para uso de detergente alcalino	36
Figura 38 - Informações para uso de detergente ácido.....	37
Figura 39 - Classificação de perigo do hidróxido de sódio.....	38
Figura 40 - Informações para uso de desinfetante hipoclorito de sódio	39
Figura 41 - Classificação de perigo do hipoclorito de sódio	40
Figura 42 - Medidor de temperatura.....	42
Figura 43 - Válvula com Atuador Pneumático.....	42
Figura 44 - Controlador de temperatura.....	43
Figura 45 - Representação esquemática do CIP proposto	48

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Composição do Gel de <i>Aloe vera</i>	19
Tabela 2 - Contagem de microrganismos viáveis - Fungos (UFC/ml).....	20
Tabela 3 - Procedimento de higienização	34
Tabela 4 - Etapas do processo CIP para a planta-piloto de <i>Aloe vera</i>	44
Tabela 5 - Volume de água e insumos utilizados em um ciclo de limpeza CIP	45

Sumário

1	Introdução	9
1.1	Objetivo	10
1.1.1	Geral	10
1.1.2	Específicos	10
2	Fundamentação Teórica.....	11
2.1	<i>Aloe vera</i>	11
2.2	Industrialização e uso da <i>Aloe vera</i>	14
2.3	Caracterização e especificações técnicas do produto.....	18
2.4	Etapas do processamento da <i>Aloe vera</i>	21
2.4.1	Colheita e recebimento da matéria-prima.....	21
2.4.2	Filetagem e extração da polpa.....	24
2.4.3	Homogeneização	25
2.4.4	Clarificação e filtragem.....	26
2.4.5	Esterilização e estabilização	27
2.4.6	Armazenamento e envase para transporte.....	27
2.5	Sistema de limpeza CIP e as indústrias.....	28
3	Metodologia	31
3.1	A planta-piloto de extração do gel de <i>Aloe vera</i>	31
3.2	Aplicação do CIP	33
3.2.1	Limpeza das tubulações do processo	33
3.2.2	Limpeza dos tanques	34
3.2.3	Pré-enxágue	35
3.2.4	Detergente.....	36
3.2.5	Enxágue.....	38
3.2.6	Desinfecção: uso de desinfetantes.....	38
3.2.7	Enxágue final.....	41
3.2.8	Tanques de armazenamento	41
3.3	Estratégia de automação.....	41
4	Resultados e Discussão	44
4.1	Procedimento de higienização da planta-piloto de extração do gel de <i>Aloe vera</i>	44
4.2	Tempo total de limpeza e volumes gastos.....	44
4.3	Central CIP	45

4.3.1	Tanques de armazenamento	46
4.3.2	Elementos do sistema de automação.....	46
5	Conclusão.....	48
	Referências	49

1 Introdução

As indústrias de cosméticos e de alimentos empenham esforços para manter a qualidade de seus produtos, reduzir custos e diminuir o risco de contaminação e, assim, contribuir para assegurar uma boa condição de saúde pública. Após o processamento dos produtos é fundamental a higienização de superfícies dos equipamentos e tubulações utilizadas durante o processo. A higienização consiste na limpeza e sanitização e busca remover resíduos visíveis e não visíveis, como carboidratos, gorduras, proteínas, sais minerais, produtos químicos e micro-organismos.

A presença de micro-organismos na superfície destes equipamentos e tubulações pode acarretar na adesão microbiana e formação de biofilme. Esse fenômeno pode dificultar a ação de sanitizantes, comprometer a qualidade do produto final e gerar sérios riscos à saúde pública (KUMARI e SARKAR, 2014).

Desenvolver estratégias efetivas em sistemas CIP para reduzir a adesão microbiana e o biofilme nas superfícies industriais, torna-se um aspecto fundamental para indústria e para saúde pública. Além disso, minimizar custos com consumo de energia e perda de produtividade, relacionadas a inatividade da planta frente a longas paradas para higienização, é de suma importância para o cenário industrial.

Neste trabalho, será proposta uma estratégia qualitativa de limpeza CIP para uma planta-piloto de processamento do gel de *Aloe vera*. Além da dificuldade natural de remoção deste produto de equipamentos, devido sua alta viscosidade, há, também, a presença de organismos microbiológicos que podem, em determinada quantidade, afetar a saúde de quem consome estes produtos.

Vale ressaltar que o gel da *Aloe* vem sendo utilizado não somente pelas indústrias de cosméticos mas também pelas indústrias farmacêuticas e de alimentos e bebidas, realidade que escancara ainda mais a necessidade de um bom processo CIP e consequente higienização e sanitização de equipamentos e tubulações do processo.

1.1 Objetivo

1.1.1 Geral

Desenvolver qualitativamente um projeto de sistema de limpeza CIP aplicado à planta-piloto utilizada para o processamento do gel da planta *Aloe vera* (babosa), tendo por premissas tanto a economia de água como a economia de insumos químicos utilizados no sistema.

1.1.2 Específicos

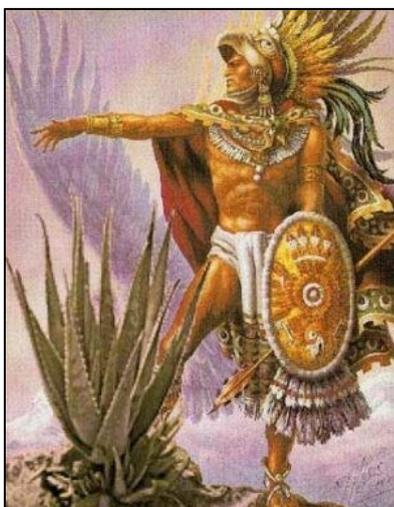
- Explicitar os principais equipamentos que devem estar presentes no sistema CIP da planta-piloto;
- Estimar o consumo de água de lavagem;
- Definir o número de tanques necessários para o CIP; e
- Definir a estratégia de automação.

2 Fundamentação Teórica

2.1 *Aloe vera*

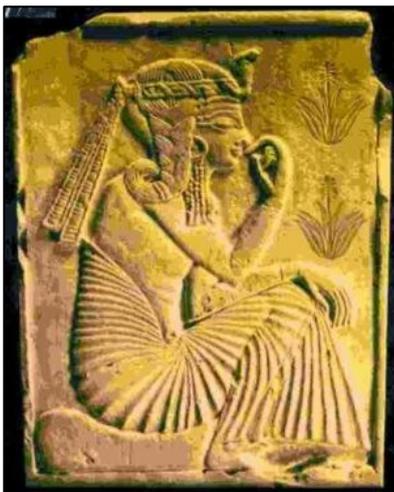
A *Aloe vera*, popularmente conhecida no Brasil como babosa, é uma planta do gênero *Aloe*. Dentre todas as mais de 500 espécies pertencentes a esse gênero, a *Aloe vera* é a que apresenta maior atividade biológica e, portanto, a que desperta maior interesse comercial (SILVA *et al.*, 2013). Sua utilização abrange desde a área medicinal até a alimentícia, sendo possível encontrar registros de seu uso, elaborados por civilizações egípcias, que datam de mais de 3500 anos antes de Cristo (QUEIROGA *et al.*, 2019), como pode ser visto nas Figuras 1 e 2.

Figura 1 - Guerreiro Asteca próximo a uma *Aloe*.



Fonte: Mundo Aloe (s.d.)

Figura 2 - Paredes egípcias com plantas de *Aloe* retratadas.



Fonte: Mundo Aloe (s.d.)

A babosa é uma planta suculenta que pode atingir de 0,6 até 2 metros de altura. Apresenta folha carnosa e contém no seu interior um líquido claro, viscoso e macio, semelhante a uma geleia (SILVA *et al.*, 2013). É uma planta típica de regiões áridas, porém, apresenta boa adaptação a outros tipos de solos e climas. Atualmente é cultivada em várias partes do mundo como Estados Unidos e México, (onde se localizam as maiores áreas cultivadas, ultrapassando os 30 000 acres), China e alguns países da América do Sul, incluindo o Brasil (QUEIROGA *et al.*, 2019). Nas Figuras 3 e na 4 são mostradas imagens de plantações de *Aloe vera* na República Dominicana e na Figura 5 uma imagem ampliada da planta.

Figura 3 - Plantação de *Aloe* na República Dominicana.



Fonte: Magical Aloe Forever (s.d.)

Figura 4 - Plantação de *Aloe* na República Dominicana.



Fonte: Magical Aloe Forever (s.d.)

Figura 5 - Babosa vista de perto.



Fonte: Aloe vera Milagrosa (2012)

Suas folhas são constituídas por cerca de 96% de água e 4% de moléculas complexas de carboidratos como polissacarídeos, ácidos orgânicos, enzimas de diversos tipos, proteínas com 18 aminoácidos, vitaminas, minerais, cálcio, sulfato, ferro, entre outras (VIANA, 1997). Assim, apresenta inúmeras e importantes propriedades como alta ação anti-inflamatória, coagulante, cicatrizante, antibiótica, nutritiva, desintoxicante, digestiva, reidratante, transportadora e regeneradora. Por tais motivos, é chamada por muitos de “a planta milagrosa”. Na Figura 6 é apresentada uma vista em corte da folha da *Aloe vera*.

Figura 6 - Corte transversal nas folhas da planta.



Fonte: Left Cosméticos (2021)

Das folhas da *Aloe* se utilizam dois compostos diferentes para elaboração de produtos: o látex e o gel de *Aloe* (QUEIROGA *et al.*, 2019). O gel da planta, que será o composto de interesse neste trabalho, refere-se a polpa transparente das folhas e conta com mais de 75 substâncias ativas já identificadas, dentre elas, vitaminas, enzimas, antraquinonas, lignina, saponinas, esteróis, aminoácidos, ácido salicílico, entre outros (ACIOLE, 2019).

Já o látex (Figura 7) possui coloração amarelada, odor e sabor amargos. O mesmo é obtido através da casca das folhas e possui alta toxicidade devida ao seu alto teor de antraquinonas (25-40%), sendo a aloína o seu principal composto fenólico, com alta propriedade laxante (QUEIROGA *et al.*, 2019).

Figura 7 - Látex escorrendo após corte na folha.



Fonte: G1 (2019)

Apesar de seu uso milenar, suas propriedades e benefícios passaram a ser estudados e comprovados com pesquisas científicas apenas no início do século XX. Com isso, grandes empresas passaram a processar a planta e comercializar produtos cosméticos, farmacêuticos e alimentícios tendo a *Aloe vera* como principal componente. Vale ressaltar que, em 2015, seis das oito maiores companhias fornecedoras do gel eram norte-americanas, evidenciando a supremacia estadunidense no setor.

Ainda, segundo dados divulgados pela Future Market Insights (FMI), projeções mundiais indicam que o consumo do gel da planta poderá movimentar receitas superiores a 3,3 bilhões de dólares até 2026, sendo o setor de cosméticos o responsável por cerca de 50% desse consumo (FMI, 2016).

2.2 Industrialização e uso da *Aloe vera*

A *Aloe vera* vem sendo empregada nos mais diversos setores da indústria mundial.

No setor de cosméticos, é empregada como umectante, emoliente, calmante, repigmentante para vitiligo, produtos antienvelhecimento, géis ou loções pós-sol, xampus e condicionadores, como fortalecedor do couro cabeludo e no tratamento da alopecia seborreica. Também é encontrada em absorventes higiênicos, bases faciais, removedores de maquiagem, produtos antiacne devido ao seu alto poder cicatrizante, cremes para massagem para mãos e pés, desodorantes, protetores solares, cremes de barbear, géis pós-barba e sabonetes (PEREIRA; FRASSON, 2007).

Pesquisas recentes, apontam que os glicosídeos antraquinônicos presentes na planta possuem poder de absorver radiações próximas a 300 nm, sendo considerado assim um filtro solar UVB que quando combinado com filtros sintéticos apresenta bom efeito sinérgico (PEREIRA; FRASSON, 2007). Na Figura 8 é apresentado um exemplo típico de embalagem de sabonete à base de *Aloe vera* e na Figura 9 é apresentado um exemplo típico de xampu e condicionador à base de *Aloe vera*.

Figura 8 - Sabonete de *Aloe vera*.

Fonte: Farmácia Eficácia (s.d.)

Figura 9 - Xampu e condicionador à base de *Aloe vera*.

Fonte: Ikesaki Cosméticos (s.d.)

Na indústria farmacêutica tem sido utilizada principalmente para a manufatura de produtos de uso tópico, como pomadas e preparações em gel e ainda na produção de comprimidos e cápsulas, tendo demonstrado potencial para ser utilizado como um excipiente.

Outra propriedade farmacêutica importante que foi recentemente descoberta tanto para o gel de *Aloe vera* como para extratos da folha inteira foi a sua capacidade de melhorar a biodisponibilidade de vitaminas coadministradas em humanos. Conseqüentemente, o gel pode ser utilizado para tornar biodisponíveis, com eficácia, medicamentos que são normalmente mal absorvidos através da via oral de administração (SILVA *et al.*, 2013).

Na Figura 10 é apresentado um exemplo de embalagem de gel protetor à base de *Aloe vera* e na Figura 11 é apresentado um exemplo de pomada à base de *Aloe vera*.

Figura 10 - Loção pós-sol à base de *Aloe vera*.



Fonte: Droga Raia (s.d.)

Figura 11 - Pomada à base de *Aloe vera*.



Fonte: Schraiber (s.d.)

Já na indústria alimentícia, a *Aloe vera* é bastante empregada na fabricação de bebidas tais como sucos e refrescos saudáveis, uma vez que é tida como um alimento funcional. Além do setor de bebidas, é também utilizada em saladas, gomas de mascar, geleias, leites, gelados, doces, biscoitos e iogurtes (QUEIROGA *et al.*, 2019). Alguns iogurtes são comercializados até mesmo com cubos da polpa da planta para proporcionar texturização.

Na Figura 12 é apresentada uma foto de embalagem de iogurte à base de *Aloe vera* e na Figura 13 é apresentada foto de embalagens de bebidas à base de *Aloe vera*.

Figura 12 - Iogurte de *Aloe vera*.

Fonte: Luria e Diogo no Japão (2009)

Figura 13 - Bebidas à base de *Aloe vera*.

Fonte: Embalagem Marca (s.d.)

Porém, no Brasil, a fabricação, importação e comercialização de produtos alimentícios da planta não é permitida pela Anvisa (apenas é permitido o uso como aditivo aromatizante, ou seja, como parte da composição de alguns aromas). Apesar de a Anvisa não registrar ingredientes alimentares, a segurança de “novos ingredientes” deve ser comprovada com base na Resolução (n). 17/1999, por meio do encaminhamento de documentação técnico-científica à Anvisa (ANVISA, 2011).

Segundo informe técnico da Anvisa no ano de 2011, diversos casos foram reportados na literatura evidenciando possível toxicidade da *Aloe vera* por consumo via oral. A presença de antraquinonas em sua composição é uma das grandes preocupações, uma vez que a substância é mutagênica (causa mutações às células). Casos como alterações morfológicas no reto e cólon, processos inflamatórios e degenerativos, toxicidade hepática, hipotireoidismo e insuficiência renal aguda foram associados ao consumo da planta na forma de sucos, extratos, chás caseiros e pó encapsulado. Muitos dos casos foram reversíveis após a descontinuação do uso e outros, porém, foram irreversíveis. Vale ressaltar que todos os relatos reforçam a necessidade de uma avaliação de segurança ampla e cientificamente fundamentada.

Entre os anos de 2009 e 2011, diversas empresas apresentaram documentações e estudos internacionais a Agência, porém, a mesma afirmou que são “insuficientes para comprovar a segurança de uso” e que “observa-se ausência de estudos toxicológicos adequados, bem como falta de padronização ou especificação adequada do ingrediente”, uma vez que a grande diversidade na forma de obtenção dos produtos a base de *Aloe vera* torna difícil obter um padrão na composição de seus produtos e, conseqüentemente, nos seus efeitos diretos na saúde humana.

Em audiência pública, o pesquisador do Conselho Internacional de Ciência do *Aloe* (IASC), Michael Peuser afirmou que “o Brasil está atrasado em relação à utilização do *Aloe vera* como suco vitalizante” e que “infelizmente, é uma chance que o Brasil perde, pois, devido às condições climáticas do país, poderia ser o maior exportador mundial do produto” (SENADO NOTÍCIAS, 2016).

Dessa forma, surge a possibilidade de parcerias entre empresas, universidades e centros de pesquisa para a realização de estudos nacionais aprofundados sobre a babosa. No país, são pouco conhecidas as propriedades e possíveis formas de uso da mesma não só no meio acadêmico, mas com a população de maneira geral. Apenas através de pesquisas e estudos adequados, “o novo ingrediente” pode, um dia, vir a ser aceito pelos órgãos reguladores nacionais.

Outro uso recente da babosa é a produção de fertilizantes orgânicos. No ano de 2017, Magno Alves, produtor de babosa há mais de 15 anos, começou a produção dos biofertilizantes à base da planta. Testes em pequena e larga escala mostraram que o extrato glicólico da *Aloe*, combinado com princípios ativos do alho e da palma (espécie de cactácea), gerou benefícios significativos às lavouras da cidade de Santa Cruz do Rio Pardo, SP. Os fertilizantes naturais produzidos pela ALOE Fértil Brasil®, indústria criada por Alves, proporcionam às lavouras: proteção solar e conservação pós-colheita, controle e combate á insetos e predadores, maior absorção de nutrientes pelas raízes e folhas, entre outros benefícios (ALOE FERTIL BRASIL, [s. d.]).

Assim, é evidente que a *Aloe* é uma forte aliada não apenas na produção de alimentos orgânicos, mas como também na preservação do meio ambiente, uma vez que os biofertilizantes não contaminam os solos, lençóis freáticos e não são prejudiciais aos seres vivos. Na Figura 14 é apresentada uma foto de biofertilizantes à base de *Aloe vera*.

Figura 14 - Biofertilizante à base de babosa.



Fonte: Compre Rural (2017)

2.3 Caracterização e especificações técnicas do produto

Na literatura disponível para consulta, não foi possível obter informações técnicas sobre o gel puro da *Aloe vera*. Assim, as especificações técnicas citadas a seguir se referem ao gel composto da *Aloe*. As informações apresentadas na Tabela 1 são de autoria de Italy Heibe Mendes Aciole, no ano de 2019, para a defesa de sua monografia de conclusão de curso visando a obtenção do título de Bacharel em Farmácia pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Tabela 1 - Composição do Gel de *Aloe vera*.

COMPONENTES	QUANTIDADE (GRAMAS)
Carbopol 940	1
Glicerina	5
EDTA	0,10
ÁGUA	q.s.p 100
PROPILENOGLICOL	2,70
METILPARABENO (NIPAGIN ®)	0,20
TRITANOLAMINA	1,15
EXTRATO GLICÓLICO	10

Fonte: Aciole (2019)

Quanto as características organolépticas, o gel obtido apresentou-se homogêneo, translúcido, inodoro e sem grumos conforme observado na Figura 15 (ACIOLE, 2019).

Figura 15 - Aspecto visual do gel.



Fonte: Aciole (2019)

Em relação ao pH, duas formas foram empregadas na determinação: o método de fita e o uso do peagâmetro. Pelo método de fita, o valor obtido foi de 5 e com o uso do peagâmetro, o pH obtido foi de 5,44 (ACIOLE, 2019).

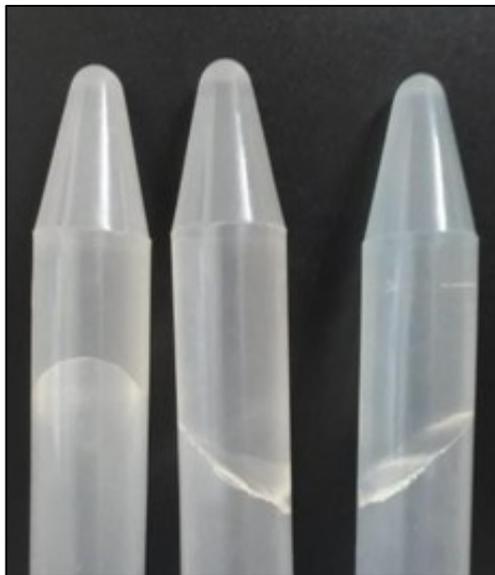
A densidade aparente também foi determinada. Após a análise de três diferentes amostras, a média obtida foi de $\pm 0,1018$ g/L, com desvio padrão de $\pm 0,0008$. A densidade aparente dos produtos é dependente das características dos componentes presentes em sua formulação, e ainda da existência ou não de ar incorporado durante o processo de mistura (ACIOLE, 2019).

De acordo com a literatura consultada, a viscosidade não foi possível de ser determinada uma vez que excedeu o limite máximo de leitura do viscosímetro de Brookfield. Assim, através dos cálculos desenvolvidos, a viscosidade absoluta pode ser considerada maior que 10.000 cP (ACIOLE, 2019).

A espalhabilidade também foi determinada através do método de Knosrt, proposto em 1991. Os testes revelaram comportamento de espalhabilidade variando de 1.994,65 mm², quando submetida ao peso da placa de vidro, a 4.042,97 mm² com a massa adicional de 750 g (ACIOLE, 2019).

Através de testes de centrifugação, em diversas condições, a amostra continuou estável sem qualquer tipo de alteração. Não foram observadas coalescência, mudanças de fases, cor ou odor, demonstrando-se estável conforme observado na Figura 16.

Figura 16 - Aspecto visual do gel após o teste de centrifugação.



Fonte: Aciole (2019)

O controle de qualidade microbiológico apresentou crescimento bacteriano nulo, porém, crescimento fúngico acima do limite recomendável pela Farmacopeia Brasileira (2010), a qual estabelece para produtos não estéreis de uso tópico o limite máximo de 10^2 UFC/mL para bactérias e 10^1 UFC/mL para fungos (ACIOLE, 2019). Tanto o extrato glicólico, usado como base, quanto o gel produzido apresentaram crescimento fúngico, como pode ser visualizado na Tabela 2.

Tabela 2 - Contagem de microrganismos viáveis - Fungos (UFC/mL).

Extrato Glicólico	Gel
$2,5 \times 10^2$	$5,8 \times 10^2$

Fonte: Aciole (2019)

Com base nos resultados obtidos em laboratório e considerando que o produto foi desenvolvido para uso tópico, é possível determinar que o gel formulado com o extrato glicólico da *Aloe* apresentou:

- 1) Características organolépticas satisfatórias, com aspecto homogêneo, sem odor aparente e de cor translúcida, sem alteração destas características;
- 2) PH ácido, compatível com a pele, o que favorece a cicatrização de feridas;
- 3) Aspectos reológicos adequados com boa viscosidade, espalhabilidade;
- 4) Inexistência de qualquer alteração relacionada a estabilidade, nas condições avaliadas, e
- 5) Ausência de contaminação bacteriana, porém, crescimento fúngico fora dos limites farmacopeicos.

2.4 Etapas do processamento da *Aloe vera*

2.4.1 Colheita e recebimento da matéria-prima.

O recebimento das folhas de *Aloe vera* na unidade de processamento é uma das principais etapas. A colheita nas lavouras é feita manualmente e requer extremo cuidado para que haja o menor dano possível às folhas. A comercialização dessa matéria-prima deve atender normas de qualidade em seu aspecto e forma, tais como: ser isenta de doenças, apresentar bom aspecto em relação a sua cor e vigor, ausência de manchas e sem danos físicos, etc (QUEIROGA *et al.*, 2019). Assim, além de um bom manejo durante o cultivo, deve-se ter mão-de-obra qualificada para a extração das folhas, visto que qualquer falha nos procedimentos de corte pode causar uma rápida oxidação da folha, produzindo perdas de qualidade no produto final (QUEIROGA *et al.*, 2019). Nas Figuras 17, 18 e 19 está ilustrado o procedimento de colheita da *Aloe vera*.

O gel no interior da *Aloe vera* se contamina e se decompõe com maior facilidade 48 horas após a colheita. Assim, recomenda-se que a distância máxima entre a lavoura e a unidade de processamento seja de no máximo 100 km, garantindo, dessa forma, que a matéria-prima não perca suas principais propriedades devido a longos tempos de transporte (QUEIROGA *et al.*, 2019).

Figura 17 - Colheita manual das folhas de *Aloe vera*.



Fonte: Queiroga (2019)

Figura 18 - Colheita manual.



Fonte: Queiroga (2019)

Figura 19 - Folhas de *Aloe vera* colocadas em caixas de plástico para transporte.

Fonte: Queiroga (2019)

O recebimento da *Aloe* (Figura 20) nas unidades de processamento consiste na lavagem das folhas logo após o seu descarregamento, como mostrado na Figura 21.

A lavagem da matéria-prima é realizada com o auxílio de soluções sanitizantes. As folhas são imergidas em tanques de aço-inox contendo solução composta de água e de um agente surfactante aniônico (QUEIROGA *et al.*, 2019) e podem prosseguir o processo de forma manual ou mecanizada. Contudo, a forma manual é mais empregada, pois, garante uma maior limpeza às folhas que podem estar com sujidades devido à colheita. As folhas são esfregadas com escova e sabão em ambas as faces e posteriormente são imersas em nova solução de limpeza composta por água e um agente bacteriano (iodo, peróxido de hidrogênio, etc), como mostrado na Figura 22 (QUEIROGA *et al.*, 2019).

Figura 20 - Recebimento da matéria-prima.



Fonte: Queiroga (2019)

Figura 21 - Lavagem manual das folhas.



Fonte: Queiroga (2019)

Figura 22 - Esfregação das folhas para remoção de sujidades.



Fonte: Queiroga (2019)

2.4.2 Filetagem e extração da polpa.

Após a lavagem, as folhas seguem para o processo de filetagem em ambiente climatizado e equipado com bancadas em aço-inox. A filetagem consiste na retirada das partes superior e inferior da planta e a remoção das cascas de ambos os lados, utilizando faca ou bastão de plástico duro, restando apenas o filete da polpa. Este processo requer atenção para não rasgar a casca verde que pode contaminar o filete com o látex (QUEIROGA *et al.*, 2019). A filetagem geralmente é feita de maneira manual devido à sua simplicidade, porém, por demandar bastante mão-de-obra, torna-se um processo dispendioso. Na Figura 23 está ilustrada a operação de filetagem manual e na Figura 24, o detalhe da extração da polpa da *Aloe vera*.

Figura 23 - Filetagem: remoção das cascas.



Fonte: Queiroga (2019)

Figura 24 - Filetagem: filete da polpa sendo extraído.



Fonte: Queiroga (2019)

Máquinas filetadoras vêm sendo desenvolvidas de modo a agilizar o processo de filetagem. Essa filetagem mecânica consiste em separar a casca da polpa, mediante navalhas de altura reguláveis, apesar de que sua alimentação com folhas seja feita manualmente, como mostrado nas Figuras 25 e 26 (QUEIROGA *et al.*, 2019).

Mesmo com a agilidade no processo, o uso desse equipamento resulta em um produto com quantidades superiores de antraquinonas que o método tradicional; visto que se torna difícil o corte correto das folhas sem a contaminação pelo látex devido à irregularidade dos tamanhos e formas da matéria-prima.

Figura 25 - Máquina mecânica alemã de filetagem de folhas de *Aloe vera*

Fonte: Queiroga (2019)

Figura 26 - Filetagem da *Aloe vera* que elimina uma face por passagem

Fonte: Queiroga (2019)

2.4.3 Homogeneização.

Após a filetagem, a polpa é lavada por aspersão de água e deixada em repouso para que o látex presente na polpa contaminada durante o corte seja eliminado, uma vez que o mesmo é solúvel em água.

A polpa é então bombeada para tanques cilíndricos construídos em aço inoxidável, denominados despulpadoras, para homogeneização. As despulpadoras (Figura 27) estão equipadas com agitadores mecânicos que irão facilitar o escoamento da polpa e auxiliar na futura remoção do excesso de fibras. A despulpadora possui um sistema de refrigeração que reduz a temperatura da polpa resultante. Ao se fazer a transferência da polpa para o tanque de depósito, deve-se deixá-la decantar por 24 horas (QUEIROGA *et al.*, 2019).

Figura 27 - Típica despoldadora industrial.



Fonte: Max Machine (s.d.)

2.4.4 Clarificação e filtragem.

A mucilagem obtida após a homogeneização é bombeada para uma centrífuga horizontal de discos para o processo de clarificação. Este processo ocorre a altas velocidades e pode, inclusive, auxiliar na remoção de grandes bactérias (QUEIROGA *et al.*, 2019). Dois produtos são obtidos da clarificação: o gel e as fibras.

Em seguida, a polpa (gel) é filtrada para que o restante das fibras seja separado e o gel seja totalmente depurado. Com isso, o gel puro é obtido.

Algumas indústrias realizam a etapa de filtração com filtros prensa (Figura 28) com carvão ativado. O carvão ativado auxilia na remoção de componentes fenólicos, como a aloína, e também de restos microscópicos de fibras, casca, terra e outras partículas. O gel é continuamente filtrado até o produto obtido apresentar 99,9% ou mais de aloína removida (IASC, 2016).

Figura 28 - Filtro prensa.



Fonte: Global Company Market System (s.d.)

2.4.5 Esterilização e estabilização.

Nessa etapa, o gel puro é submetido rapidamente à tratamentos de calor: pasteurização com temperatura elevada e, em seguida, arrefecimento a baixa temperatura.

Primeiramente, o gel é estabilizado por pasteurização de 85 °C a 95 °C, de 1 a 2 minutos (QUEIROGA *et al.*, 2019). Esta etapa evita o mau sabor e atividade biológica, porém, deve ser rigorosamente realizada para que não haja alteração na composição devido a períodos maiores de exposição ao calor. O gel é, então, resfriado abaixo de 5 °C, de 10 a 15 segundos. O rápido arrefecimento é essencial para preservar o nível de atividade biológica do gel e para auxiliar na redução da contagem microbológica do produto (QUEIROGA *et al.*, 2019).

Irradiação ultravioleta, microfiltração e ultracentrifugação são outros métodos que também podem ser utilizados para a esterilização.

A adição de conservantes e antioxidantes ao gel, como benzoato sódico, ácido cítrico e vitamina E, auxiliam na conservação das propriedades farmacológicas e terapêuticas presentes. Após essa etapa, o gel estabilizado está pronto para beneficiamento (QUEIROGA *et al.*, 2019).

2.4.6 Armazenamento e envase para transporte.

É importante realizar um bom armazenamento e posterior envase dos produtos de gel de *Aloe*. O envase do gel após a estabilização geralmente é feito de duas formas.

A forma mais comum e também a mais barata é a estocagem do produto em “bags” ou em barris (Figura 29). Neste tipo de envase, o produto deve ser conservado a frio até o momento de seu envase final para ser comercializado. Os envases mais modernos incorporam válvulas de silicone e dosificadores que impedem a entrada de oxigênio para conservar a máxima eficácia de seus princípios ativos.

Figura 29 - Envase de gel e seu armazenamento em câmara fria.



Fonte: Queiroga (2019)

Outra forma para armazenagem e envase do gel é a transformação do mesmo em pó. Apesar de passar por um processo mais dispendioso, o pó, além de possuir uma maior vida útil, não necessita de conservação a frio, facilitando seu transporte.

A transformação do gel em pó requer duas etapas: a concentração e a secagem.

A concentração pode ser feita por: a) Nanofiltração por membranas seletivas: opera a baixa pressão, onde os solutos de baixa massa molecular são retidos, mas os sais passam, total ou parcialmente, através das membranas. De um lado da membrana, o gel é submetido a uma pressão elevada e a uma temperatura de 30-35°C, passando apenas água e sais dissolvidos; b) Evaporação em película descendente com alto vácuo: consiste em aquecer o gel a 30-35°C em curto período de tempo e logo enviá-lo ao evaporador de película descendente, onde se faz um vácuo de 18 milibares. O procedimento é bastante rápido, menos de 10 segundos, e permite obter concentrações de até 20:1. A temperatura é inferior a 36°C, o que impede alterações na composição do produto (QUEIROGA *et al.*, 2019).

Já a secagem pode ser feita por: a) Liofilização: é um processo de desidratação em que o produto é congelado sob vácuo e o gelo formado é sublimado. A liofilização é o método mais comum de produção do pó de *Aloe vera*. O produto concentrado pode então ser liofilizado a temperatura entre -45 °C e 30 °C ou pode ser “spray dried” com o produto a uma temperatura abaixo de 60 °C sem perda de atividade biológica; b) Secado por aspersão: consiste em um processo contínuo de secagem que dá lugar a formação de uma fase líquida dispersa (gotas) em uma câmara com ar quente. O tempo de secagem é muito curto, cerca de 10 segundos, evitando assim um aquecimento e possível desnaturação do produto (QUEIROGA *et al.*, 2019).

O pó é então ensacado e pode ser transportado e comercializado.

Após estas etapas, o produto obtido (gel ou pó) é encaminhado a outras indústrias para ser usado como matéria-prima e/ou aditivo em novos produtos.

2.5 Sistema de limpeza CIP e as indústrias

Antes dos anos 50, a limpeza de equipamentos nas indústrias era realizada manualmente quando os mesmos estavam parciais ou totalmente desmontados. A remoção das sujidades era efetuada com soluções químicas e enxágue com água com o auxílio de escovas, esfregões ou raspadores, e mangueiras de alta ou baixa pressão e outros utensílios manipulados a mão. Tal processo demandava além de altos custos com mão-de-obra e desmontagem de equipamentos, maior tempo de parada e conseqüentemente, menor taxa de produção.

Com o surgimento da produção em larga escala, a partir da década de 50, houve a necessidade de sistemas de limpeza automatizados, surgindo assim o CIP. A sigla CIP tem origem na língua inglesa (“Clean in Place”) e significa “limpeza no local”. A higienização manual foi gradualmente substituída por sistemas de limpeza automatizados que, nos últimos 10-15 anos tem sido bastante empregados nas indústrias alimentícias, de bebidas, farmacêuticas e cosméticas, entre outras, sendo hoje em dia um sistema bastante comum (TAMIME, 2008).

No CIP a remoção dos depósitos ocorre com circulação ou pulverização de soluções de detergentes químicos, com vazão e tempo pré definidos, e posteriormente há enxágue com água ((DALE A. SEIBERLING, 2007); (TAMIME, 2008); (P.J. FRYER, K. ASTERIADOU, 2009)). Ademais, o CIP, por ser um sistema fechado, apresenta inúmeras vantagens quando comparado à limpeza manual tais como uma maior eficiência, ciclos mais curtos e um menor impacto ambiental ((PALMOWSKI, 2005)).

A eficiência do processo de CIP, ou qualquer outro processo de higienização, é geralmente descrita seguindo o modelo de Sinner, ou o “Ciclo de Sinner” (Figura 30). Segundo Sinner, o processo ideal de limpeza é descrito como uma sinergia entre a ação mecânica, a ação química, a temperatura e o tempo (BARBOSA, 2010). Tais fatores, quando bem combinados, asseguram a correta remoção de resíduos da produção.

Figura 30 - Ciclo de Sinner.



Fonte: SPSP (2020)

O processo CIP começa após o fim da produção e de seu escoamento dos equipamentos e consiste, normalmente, nas seguintes etapas (TAMIME, 2008):

- 1) Remoção da sujidade sólida e solta;
- 2) Pré-enxágue;
- 3) Circulação de detergente (ácido ou alcalino);
- 4) Enxágue intermediário;
- 5) Segunda circulação de detergente (ácido ou alcalino) - Opcional;
- 6) Segundo enxágue intermediário - Caso a etapa 5 ocorra;
- 7) Desinfecção;
- 8) Enxágue final.

Analisando as etapas do processo CIP apresentadas acima é evidente a grande demanda de água para atender as etapas de enxágue. Com isso, algumas formas de reúso de água podem ser aplicadas. Por exemplo: No pré-enxágue (Etapa 2) é comum a utilização da água utilizada e reciclada da etapa 4 (enxágue intermediário/final)(TAMIME, 2008); tal mecanismo, além de reduzir o consumo de água e a geração de efluentes, utiliza resíduos de detergente que estão presentes na água reciclada, otimizando, assim, o pré-enxágue.

A escolha do detergente utilizado no processo é de extrema importância para a eficácia do mesmo. Os principais atributos que um detergente deve ter são (BARBOSA, 2010):

- Poder Dispersante e de Suspensão: para suspender resíduos insolúveis e impedir a sua redeposição sobre superfícies limpas;
- Poder Emulsificante: para manter as gorduras na solução de limpeza;
- Poder Sequestrante: para combinar com os sais de cálcio e de magnésio de maneira a formar compostos solúveis em água e auxiliar a detergência;
- Poder Molhante: para reduzir a tensão superficial e auxiliar na penetração dos resíduos;
- Poder de Enxaguamento: de modo a obter uma capacidade de arraste completo, sem deixar quaisquer vestígios de resíduos ou de detergente nas superfícies.

Além do tipo certo, a correta concentração da solução-detergente utilizada irá garantir um processo menos dispendioso.

A eficiência de um processo CIP pode ser verificada através de medições de pH, de contagem microbiológica e de ausência de agentes nocivos na água de enxágue final. A verificação da eficiência é tão importante quanto o processo em si, pois, evidencia não só a eficácia da limpeza como também possíveis contaminantes da nova produção, caso o CIP não tenha sido adequado.

Vale ressaltar que o custo do processo CIP impacta diretamente nos gastos totais de produção. Assim, o uso adequado de água de enxágue e de energia, o reciclo e regeneração de soluções-detergente (BARBOSA, 2010) são importantes para garantir além do menor custo operacional (OPEX), um menor impacto ambiental.

Na Figura 31 está representado um típico sistema CIP industrial. Estão presentes: 2 tanques encamisados para preparação das soluções de limpeza, 1 tanque para armazenamento de água recuperada, bombas, coletores, controladores de nível, temperatura e vazão, filtros e manômetros.

Figura 31 - Típico sistema CIP.



Fonte: Perfinox (s.d.)

3 Metodologia

O desenvolvimento deste trabalho foi baseado em uma instalação piloto pré-existente destinada ao processamento do gel da babosa (*Aloe vera*) e que se encontra em fase de montagem no campus Guarulhos do Instituto Federal de São Paulo para a realização de experimentos visando a sua automatização.

Considerando que a referida instalação necessita ser limpa periodicamente visando assegurar a qualidade e a segurança do produto processado, é necessário especificar o procedimento que o sistema de limpeza CIP deverá obedecer, bem como definir os equipamentos e condições requeridas para o seu correto funcionamento.

3.1 A planta-piloto de extração do gel de *Aloe vera*.

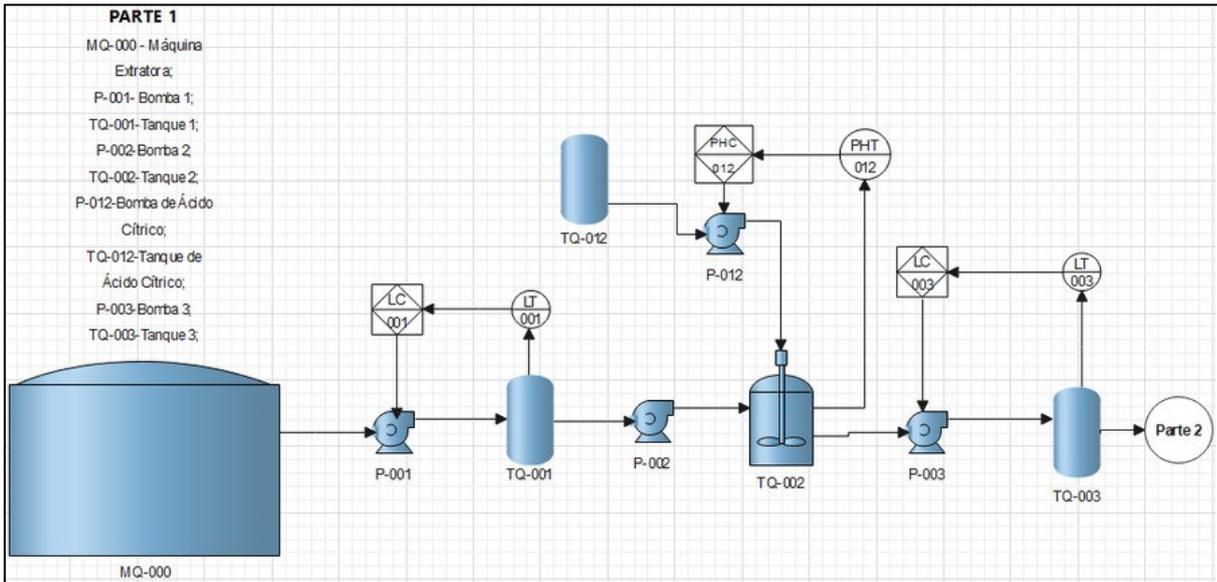
O sistema CIP proposto tem como base uma planta-piloto de extração do gel de *Aloe vera*. A instalação é composta por 4 tanques, localizados após a máquina extratora (MQ-000). Os tanques identificados como TQ-001, TQ-002, TQ-003 e TQ-004 são construídos em aço inoxidável e possuem 0,8 metro de diâmetro e 1 metro de altura.

Após a etapa de extração, o gel é transferido para o tanque TQ-001; sendo este um tanque pulmão, utilizado para manter constante a vazão alimentada ao processo. O nível neste tanque é controlado por meio do ajuste da vazão de entrada utilizando-se um transmissor (LT-001) e controlador de nível (LC-001) que atuam sobre a bomba centrífuga P-001.

O gel de *Aloe* é então transferido mediante bombeamento, à vazão constante pela bomba P-002, para o tanque TQ-002. Neste tanque ocorre o ajuste do índice de acidez (pH) da matéria-prima. O pH deve ter seu valor mantido próximo de 3,5 através da adição de ácido cítrico, que é armazenado no tanque TQ-012 e adicionado ao mesmo com o auxílio de uma bomba dosadora, P-012. O pH no interior no tanque TQ-002 é medido com o auxílio de um transmissor (PHT-012) e controlado com o auxílio do controlador (PHC-012), que regulará a vazão da bomba dosadora. Com o pH dentro do padrão estabelecido, o gel é transferido para o TQ-003 por meio da bomba P-003. O tanque TQ-003 é, também, um tanque pulmão para controle de vazão.

Na Figura 32 está representada a primeira parte do fluxograma do processo da instalação piloto existente.

Figura 32 - Diagrama esquemático parcial da bancada experimental existente.

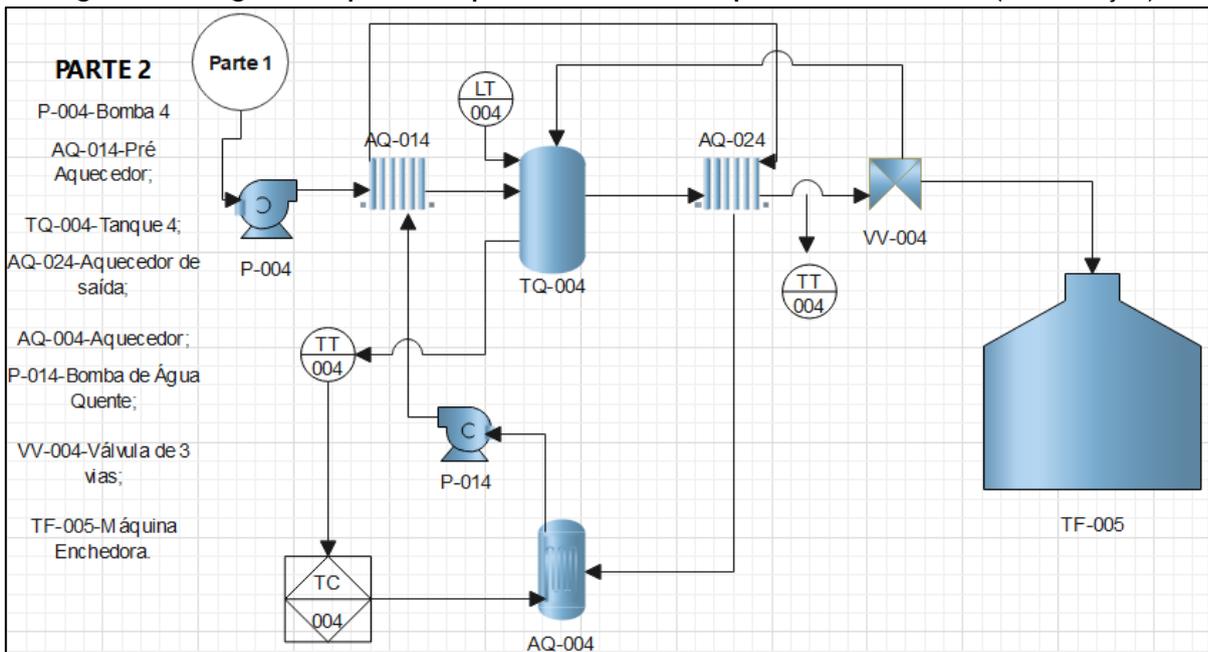


Fonte: Brusaferrro (2021)

Na sequência, como pode ser observado na Figura 33, o gel é transferido pela bomba P-004 para o tanque TQ-004, tendo seu nível monitorado através de um transmissor. A temperatura do gel no tanque TQ-004 é mantida entre 50 °C e 65 °C com o auxílio de dois aquecedores AQ-014 e AQ-024.

O nível no interior do TQ-004 é mantido em 30% da altura útil. A válvula de 3 vias VV-004 é empregada para garantir que a temperatura do gel permanecerá no intervalo requerido antes de ser transferido para a máquina enchedora.

Figura 33 - Diagrama esquemático parcial da bancada experimental existente (continuação).



Fonte: Brusaferrro (2021)

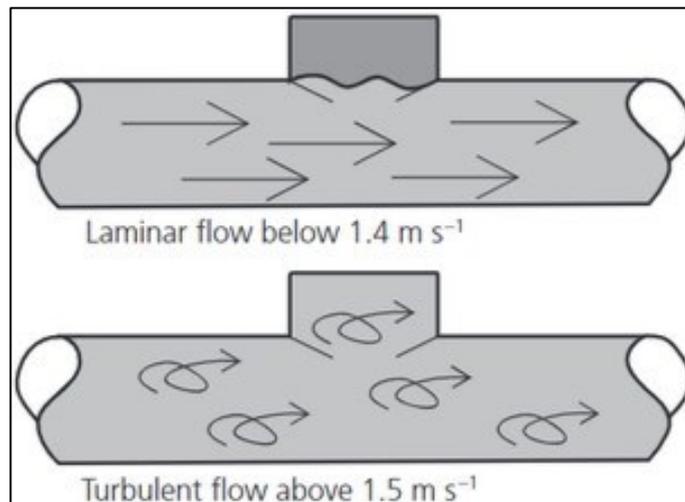
O sistema CIP proposto será responsável pela limpeza dos 4 tanques (TQ-001, TQ-002, TQ-003, TQ-004), 4 bombas (P-001, P-002, P-003, P-004), 2 aquecedores (AQ-014 e AQ-024) e tubulações e válvulas presentes no processo.

3.2 Aplicação do CIP.

3.2.1 Limpeza das tubulações do processo.

A eficiência da higienização das linhas do processo está diretamente ligada com a velocidade de escoamento das soluções de limpeza. Escoamentos laminares (Figura 34), com velocidades menores que $1,4 \text{ m.s}^{-1}$, não garantem uma limpeza efetiva enquanto velocidades acima de $2,1 \text{ m.s}^{-1}$ não proporcionam ganhos significativos na remoção de sujidades (apenas gasto excessivo e desnecessário com bombeamento, por exemplo) (TAMIME, 2008). Assim, a velocidade ideal de escoamento nas linhas do processo encontra-se na faixa compreendida entre $1,5 \text{ m.s}^{-1}$ e $2,1 \text{ m.s}^{-1}$.

Figura 34 - Reologia das soluções de limpeza, influenciado pela velocidade.



Fonte: Tamime (2008)

Neste trabalho, foi adotada a velocidade de escoamento igual a $1,5 \text{ m.s}^{-1}$.

O diâmetro das tubulações utilizadas na planta-piloto é igual a 1 polegada (0,0254 metro). Assim, a vazão nas tubulações pode ser calculada, como mostrado na Equação 3.1.

$$Q(\text{tubulação}) = 1,5 \times \frac{\pi(0,0254)^2}{4} = 7,6006 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 45,6037 \frac{\text{L}}{\text{min}} \quad (3.1)$$

O comprimento dos trechos retos de tubulação do processo é igual a 12 metros. Não serão considerados no dimensionamento os volumes das conexões e das válvulas por serem pouco representativos. Assim, o volume da tubulação pode ser calculado com base na Equação 3.2.

$$V(\text{tubulação}) = 12 \times \frac{\pi(0,0254)^2}{4} = 6,0805 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 6,0805 \text{ L} \quad (3.2)$$

Considerando a dificuldade de encontrar publicado na literatura técnica informações sobre a higienização de instalações de processamento da *Aloe Vera*, foi adotado como procedimento de referência para este trabalho as informações publicadas por Garcia et al (2015). É importante ressaltar que o trabalho das autoras citadas não está relacionado diretamente com o gel da *Aloe Vera*; contudo, por serem aplicados à indústria de cosméticos, que usualmente processam materiais com consistência similar àquela estudada neste trabalho, foram consideradas como adequadas.

Tabela 3 - Procedimento de higienização.

Sistema de Limpeza	Procedimento de Limpeza	Tempo (minutos)	Frequência de Limpeza	Concentração (%)	Temperatura (°C)
	Pré-enxágue	5	A cada processo	Não aplicável	Ambiente até 50°C
	Detergência Alcalina	10 a 15	A cada processo	2,0	Ambiente até 50°C
CIP	Enxágue intermediário	2	A cada processo	Não aplicável	Ambiente
	Desinfecção	10 a 15	A cada processo	0,2	Ambiente
	Enxágue final	2	A cada processo	Não aplicável	Ambiente

Fonte: Garcia et al (2015)

Como pode ser verificado, não há a necessidade de elevados tempos de circulação de água e de químicos pela tubulação, visto seu pouco volume. Assim, pode-se considerar que um tempo de escoamento de cerca de 2 minutos garantirá o emprego de um volume de água de enxágue 15 vezes maior que o volume total da tubulação do projeto. Já para o detergente e para o sanitizante, pode-se considerar o tempo de circulação de 15 minutos visando garantir a limpeza e assepsia do processo.

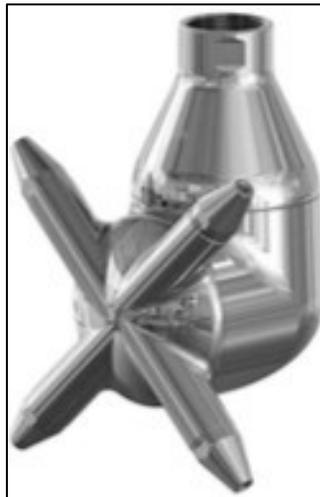
3.2.2 Limpeza dos tanques.

A higienização de tanques em um processo CIP é realizada com o auxílio de cabeçotes de limpeza. Os cabeçotes são peças acopladas no interior e topo dos tanques que auxiliam na limpeza dos mesmos, molhando as superfícies internas com água e produtos químicos.

Existem cabeçotes de alta e baixa pressão. Cabeçotes de alta pressão geram a limpeza dos tanques através de seus fortes jatos (força mecânica), requerendo baixa vazão e baixo uso de detergentes. Já os cabeçotes de baixa pressão trabalham com altas vazões e sua ação de limpeza se deve aos detergentes utilizados.

Analisando o produto deste trabalho, nota-se que o mesmo, apesar de não possuir sólidos em suspensão, apresenta alta viscosidade e consequente aderência as paredes do tanque. Assim, o cabeçote escolhido para os tanques principais (TQ-001, TQ-002, TQ-003, TQ-004) foi o cabeçote de jato rotativo (Figura 35).

Figura 35 - Cabeçote de jato (bico) rotativo.



Fonte: Tetralon (2019)

O funcionamento desses equipamentos (Figura 36) se dá pela rotação em dois eixos. Os mesmos são acionados e lubrificados com o próprio fluido de limpeza e seus jatos impactam de forma direta a parede do tanque (zona de alta tensão de cisalhamento na parede). A pressão fornecida ao líquido é convertida em velocidade do jato de água (TETRALON, [s.d.]).

Apesar de apresentar um custo maior de aquisição (CAPEX) quando comparado a outros cabeçotes, o cabeçote de jato rotativo garante um baixo consumo de água de enxágue, detergentes e assim, um tempo menor de inatividade da planta e uma menor geração de efluentes. Por requerer uma baixa vazão, a bomba necessária no bombeamento dos efluentes destes tanques não necessita possuir grande potência (menor CAPEX e OPEX).

Figura 36 - Cabeçote de jato (bico) rotativo em funcionamento.



Fonte: Tetralon (2019)

3.2.3 Pré-enxágue.

O pré-enxágue dos tanques será feito à 40°C por 5 minutos. Essa temperatura irá favorecer a retirada de sujidades das paredes dos tanques, agilizar o CIP e garantir um menor uso de detergentes e água de enxágue.

3.2.4 Detergente

Os detergentes utilizados no CIP são necessários para dissolver os sólidos e removê-los dos equipamentos. Grande parte dos detergentes são mais efetivos quando utilizados em soluções entre 50°C e 70°C; nas concentrações adequadas, o aumento de temperatura não garante grande melhora na limpeza (TAMIME, 2008). Os detergentes utilizados no CIP se dividem, genericamente, em duas classes: os detergentes básicos e os ácidos.

Os detergentes básicos são ótimos na remoção de gorduras e proteínas, pois, eles as dissolvem e removem rapidamente. Hidróxido de sódio ou soda cáustica é o principal alcalino utilizado como detergente. Com concentrações na faixa de 5 e 20 g.L⁻¹ para a maioria das aplicações e acima de 40 g.L⁻¹ para sólidos densos.

Apesar de a soda cáustica ser excelente na remoção de sólidos, a mesma não consegue mantê-los em suspensão. Para melhorar essa deficiência, alguns sequestrantes podem ser adicionados à solução (TAMIME, 2008).

Os detergentes ácidos são utilizados para a remoção de sólidos mais leves, colorações e calcificações provenientes de acúmulos de sais. Os ácidos mais comuns utilizados são os ácidos nítrico e fosfórico. Grande parte dos CIP que utilizam detergentes básicos fazem uma nova circulação com detergentes ácidos para garantir a remoção de manchas e proporcionam brilho à superfície.

O uso de detergentes com altas concentrações de ácido nítrico deve ser realizado com cautela, pois, muitas vezes o mesmo pode atacar vedações em bombas e válvulas, se as mesmas não forem feitas de um material adequadamente resistente (TAMIME, 2008).

A concentração necessária de detergente, tempo e temperatura de circulação em sistemas CIP são informações que constam, geralmente, nos rótulos das embalagens desses produtos. Nas figuras a seguir são apresentadas as informações para detergentes ácidos (Figura 38) e alcalinos (Figura 37) tipicamente empregados em processos CIP.

Figura 37 - Informações para uso de detergente alcalino.

Propriedades:
CAUSTIC CLEANER é um desincrustante de elevada alcalinidade indicado para limpeza CIP em laticínios, frigoríficos, indústrias de bebidas e alimentos em geral. CAUSTIC CLEANER é formulado com álcalis, sequestrantes de ferro e cálcio e inibidor de ataque cáustico. Devido a sua composição possui alto poder de saponificação de gorduras, atuando na prevenção de formação de precipitados inorgânicos nas superfícies do sistema. É de baixa formação de espuma, aumentando com isto a eficiência da limpeza por circulação, removendo com facilidade a sujidade orgânica. CAUSTIC CLEANER é indicado para limpeza por circulação (sistema CIP) em tubulações, lavadoras de garrafas, carretilhas, lavadoras de caixas e equipamentos através de dosador automático. CAUSTIC CLEANER também pode ser usado em limpeza por imersão (COP) em utensílios, equipamentos, caixas, etc. Obs.: Caso deseje uma limpeza COP com espuma, adicionar o aditivo FOAM ADDITIVE.

Instruções de uso:
Limpeza por circulação (CIP): Utilizar na limpeza de sistema CIP em diluições de 1% (1:100) a 3% (1:33) e circular por 20 a 30 minutos na temperatura de 70 a 80° C. Drenar e enxaguar circulando com água limpa. Limpeza por imersão (COP): Utilizar em tanques de imersão na diluição de 1% (1:100) a 2% (1:50) durante 20 a 30 minutos a temperatura de 60°C a 70°C. Drenar e enxaguar com água limpa até completa eliminação dos resíduos alcalinos.

Fonte: Spartan (s.d.)

Figura 38 - Informações para uso de detergente ácido.

Propriedades:
HIGH ACID CLEANER é um detergente desincrustante de baixa espuma indicado para limpeza em frigoríficos, laticínios, indústrias de pescados, indústrias de bebidas e indústrias alimentícias em geral; para utilização por circulação (sistemas CIP) como: ordenhadeiras, pasteurizadores, tanques, tubulações e lavadoras de garrafas, tambores e caixas. HIGH ACID CLEANER também pode ser utilizado em sistema COP em utensílios por imersão e manual em pisos, equipamentos e paredes. HIGH ACID CLEANER é formulado com ácido inorgânico e tensoativo não iônico, recomendado para remoção de depósitos inorgânicos, tais como carbonatos e oxalatos. Promove a remoção de sujidades e incrustações inorgânicas evitando a formação de biofilme nas superfícies. Obs.: Caso deseje uma limpeza COP com espuma, adicionar o aditivo FOAM ADDITIVE.

Instruções de uso:
Após a etapa do processo de limpeza alcalina, utilizada para remoção das sujidades orgânicas, aplicar HIGH ACID CLEANER no sistema CIP ou COP na concentração de 0,5% (1:200) a 2,0% (1:50), conforme o grau e natureza da incrustação, temperatura de operação e condições dos equipamentos a serem limpos. Em sistema CIP utilizar temperaturas de 70 a 80°C com tempo de circulação de 20 a 30 minutos, variando de acordo com as características dos equipamentos.

Fonte: Spartan (s.d.)

Analisando as características do processo estudado, o detergente escolhido para a limpeza dos tanques principais (TQ-001, TQ-002, TQ-003, TQ-004) será o hidróxido de sódio com diluição de 0,5%. O tempo de circulação do álcali será de 20 minutos à temperatura de 70 °C. A manipulação da soda cáustica deve ser realizada com cautela (vide Figura 39).

Uma vez que o gel não apresenta grande quantidade de compostos inorgânicos em sua composição, a circulação de detergentes ácidos será desconsiderada.

Figura 39 - Classificação de perigo do hidróxido de sódio.

Classe de risco	Categoria	Palavra de advertência	Frase de perigo	Pictograma
Corrosivo para os metais	1	Cuidado	Pode ser corrosivo para os metais	
Corrosão/ Irritação à pele	1	Perigo	Provoca queimaduras severas à pele e dano aos olhos	
Lesões oculares graves/ Irritação ocular	1	Perigo	Provoca lesões oculares graves	
Toxicidade para órgãos – alvos específicos - Exposição única	1	Perigo	Provoca danos ao trato gastrointestinal e ao trato respiratório se ingerido ou inalado	
Toxicidade para órgãos – alvos específicos – Exposição repetida	1	Perigo	Provoca danos aos pulmões por exposição repetida ou prolongada pela via inalatória	
Perigoso ao ambiente aquático – Agudo	3	Não exigido	Nocivo para os organismos aquáticos	Não exigido

Fonte: Química Credie (2012)

3.2.5 Enxágue.

O enxágue intermediário será realizado a temperatura ambiente por aproximadamente 3 minutos.

3.2.6 Desinfecção: uso de desinfetantes.

Além dos detergentes, desinfetantes também podem ser utilizados para garantir a qualidade da água de enxágue e para eliminar qualquer contaminação microbiana remanescente. Os desinfetantes mais comuns no CIP são o hipoclorito de sódio e o ácido peracético (PAA). Todos os desinfetantes são muito fracos na remoção de sujidades, e pequenos resíduos podem neutralizar rapidamente seus ingredientes ativos e os tornam inúteis. A planta deve, portanto, ser limpa antes de os mesmos serem aplicados (TAMIME, 2008).

Apesar do benefício de auxiliar no controle microbiológico no sistema, ambos os compostos citados acima devem ser manipulados com extremo cuidado, pois, além de prejudiciais ao meio ambiente, são também prejudiciais a saúde humana. Ambos devem ser armazenados sob condições adequadas para que acidentes, como explosões (PAA) ou asfixia de operários (hipoclorito de sódio), não ocorram. Na Figura 40 são apresentadas as informações de uso do desinfetante hipoclorito de sódio.

Figura 40 - Informações para uso de desinfetante hipoclorito de sódio.

Propriedades:
SANIT-CHLOR é um desinfetante a base de hipoclorito de sódio especialmente desenvolvido para uso geral na indústria alimentícia em superfícies como: pisos, paredes, bancadas de trabalho, equipamentos, utensílios, ou quaisquer outras superfícies laváveis onde se dê o preparo, estocagem dos gêneros alimentícios encontradas em laticínios, frigoríficos, indústria de alimentos e bebidas, através de aplicação manual, imersão ou recirculação (CIP). SANIT-CHLOR age eficientemente sobre um amplo espectro de microorganismos: *Staphylococcus aureus*, *Salmonella choleraesuis* e *Escherichia coli*.

Instruções de uso:
Após limpeza previa da superfície a ser higienizada, diluir o produto na concentração de 0,25% (equivalente a 1:400) e aplicar através do método manual, imersão e recirculação (CIP). Aplicar a solução de SANIT-CHLOR e aguardar 10 minutos em contato com a superfície.

Fonte: Spartan Vale (s.d.)

A circulação de desinfetantes será incluída, pois, a contaminação por microorganismos pode ocorrer tanto no extrato glicólico como no gel de *Aloe vera* (vide Item 2).

O desinfetante escolhido é o hipoclorito de sódio. Além de ser um composto relativamente barato, seu tempo de recirculação para desinfecção é cerca de 3 vezes menor quando comparado com o ácido peracético, proporcionando um menor tempo de inatividade da produção. Sua utilização deve ser realizada com extremo cuidado: em altas concentrações, pode ser altamente corrosivo em aço, liberando gás cloro que, quando combinado com a umidade do ar, gera o ácido hipocloroso. Tal componente, além de causar danos materiais, é altamente nocivo à saúde humana (Figura 41) (TAMIME, 2008).

Figura 41 - Classificação de perigo do hipoclorito de sódio.

Classe de risco	Categoria	Palavra de advertência	Frase de perigo	Pictograma
Corrosão/ Irritação à pele	1	Perigo	Provoca queimaduras severas à pele e dano aos olhos	
Lesões oculares graves/ Irritação ocular	1	Perigo	Provoca lesões oculares graves	
Toxicidade para órgãos – alvos específicos - Exposição única	1	Perigo	Provoca danos ao trato gastrointestinal e ao trato respiratório se ingerido ou inalado	
Toxicidade para órgãos – alvos específicos - Exposição repetida	1	Perigo	Provoca danos aos pulmões por exposição repetida ou prolongada pela via inalatória	
Perigoso ao ambiente aquático – Agudo	1	Atenção	Muito tóxico para os organismos aquáticos	
Líquidos oxidantes	1	Perigo	Pode provocar incêndio ou explosão, muito comburente	
Corrosivo para os metais	1	Cuidado	Pode ser corrosivo para os metais	

Fonte: Química Credie (2012)

Vale ressaltar que é imprescindível o conhecimento dos operadores sobre os riscos e os protocolos de segurança necessários para evitar qualquer acidente. Ao manusear produtos concentrados, deve-se usar equipamentos de segurança apropriados, especialmente óculos, luvas e máscaras. Além disso, quando usados em sistemas CIP, os produtos químicos geralmente são empregados em altas temperaturas, o que adiciona mais um risco para os trabalhadores (TAMIME, 2008).

O hipoclorito de sódio será então recirculado no sistema por cerca de 10 minutos, em concentrações de 0,25% em massa, a temperatura ambiente.

3.2.7 Enxágue final.

O enxágue final deve ser realizado com água a temperatura ambiente. Este processo deve ser acompanhado com a medição da condutividade do efluente da planta-piloto e deve ser interrompido quando o mesmo apresentar valores próximos da condutividade típica da água potável, indicando a eficácia na remoção dos resíduos dos químicos utilizados no processo.

Para fins de cálculo deste trabalho, o tempo de duração do enxágue final será considerado de 5 minutos.

O efluente desta etapa do CIP será reutilizado no pré-enxágue do CIP posterior, de modo a minimizar o gasto com água de enxágue e a quantidade de efluentes do processo, diminuindo utilidades, insumos e o impacto ambiental.

3.2.8 Tanques de armazenamento

A limpeza dos tanques de armazenamento de ácido cítrico e de água de aquecimento deverá ocorrer com menor frequência, devido à ausência de contato direto com o gel processo e conseqüente não contaminação de suas soluções (SEBRAE, 2014). A recomendação é que limpezas *in loccu* manuais ocorram, em média, a cada seis meses.

3.3 Estratégia de automação

A automação de um processo é definida como a medição ou alteração de uma variável física, sem a necessidade de um operador para analisá-la (FORNI, 2007). A automação industrial é primordial para gerar redução dos custos de energia e matéria-prima, tornar os processos mais ágeis, menos poluentes e oferecer melhores condições de segurança (SOSMEK, 2019).

Para controlar as variáveis de um processo, existem 3 tipos de controle: controle automático, automático por realimentação e automático por programa. No caso de um sistema CIP, normalmente a automação é realizada tanto com controle por realimentação quanto por programa. Isso porque são necessárias cumprir rotinas pré-determinadas de higienização (FORNI, 2007).

Os equipamentos voltados para a automação se enquadram em 3 classificações: os medidores, os atuadores e os controladores. Um sistema CIP automático deve possuir pelo menos um equipamento de cada classe (FORNI, 2007).

Os medidores ou sensores são responsáveis pela medição de uma propriedade particular do sistema a ser controlado. Exemplo: medidores de vazão, medidores de temperatura (Figura 42), medidores de pressão, medidores de nível.

Figura 42 - Medidor de temperatura.



Fonte: LTL Serviços (s.d.)

Já os atuadores são dispositivos que executam um comando recebido de outro dispositivo, com base em uma entrada, com o objetivo de modificar a dinâmica física de um sistema. Como exemplo, pode-se citar atuadores de movimento induzido por cilindros hidráulicos e pneumáticos, motores hidráulicos e motores elétricos, válvulas (Figura 43), contadores, pás, cancelas, aquecedores resistivos.

Figura 43 - Válvula com Atuador Pneumático.



Fonte: MP Automação (s.d.)

Já o controlador de processos (Figura 44), como o próprio nome sugere, são equipamentos responsáveis pelo controle de processo industrial ou parte dele através de algoritmos de controle específicos, tais como PID, lógica fuzzy ou redes neurais. Podem ser ainda equipamentos programáveis capazes de realizar diversos tipos de algoritmos lógicos e matemáticos.

Figura 44 - Controlador de temperatura.



Fonte: West Control Solutions (s.d.)

4 Resultados e Discussão

4.1 Procedimento de higienização da planta-piloto de extração do gel de *Aloe vera*.

Na Tabela 4 são apresentadas as etapas propostas para o sistema Clean-in-Place da planta-piloto estudada.

Tabela 4 - Etapas do processo CIP para a planta-piloto de *Aloe vera*.

Sistema Limpeza	Procedimento de Limpeza	Tempo (minutos)	Frequência de Limpeza	Concentração (%)	Temperatura (°C)
	Pré-enxágue	5	A cada processo	Não aplicável	40
	Limpeza Alcalina	20	A cada processo	0,5	70
CIP	Enxágue intermediário	3	A cada processo	Não aplicável	Ambiente
	Sanitização	10	A cada processo	0,25	Ambiente
	Enxágue final	5*	A cada processo	Não aplicável	Ambiente

Fonte: A autora (2022)

*Tempo considerado apenas para cálculo: medição de condutividade é o procedimento mais adequado (vide 3.2.7).

4.2 Tempo total de limpeza e volumes gastos.

As informações apresentadas na Tabela 5 consideram apenas o enxágue dos tanques principais e tubulações, não incluindo, portanto, a limpeza do tanque de ácido cítrico, pois a mesma é efetuada isoladamente. A vazão para os tanques principais (TQ-001, TQ-002, TQ-003, TQ-004) será de 25 L.min⁻¹ para cada tanque e a vazão de escoamento nas tubulações do processo é de 1,5 L.min⁻¹. O tempo de cada etapa do processo está baseado nos valores apresentados na Tabela 4.

Algumas análises podem ser feitas observando as informações apresentadas na Tabela 5.

O tempo total de um ciclo de limpeza completo de CIP para este processo será de, aproximadamente, 43 minutos. Considerando a dificuldade de limpeza do gel de *Aloe* e a necessidade de circulação de desinfetante para evitar contaminações microbiológicas, o tempo apresentado neste trabalho está dentro dos limites aceitáveis para que um processo de limpeza ocorra sem prejuízo da próxima produção.

Tabela 5 - Volume de água e insumos utilizados em um ciclo de limpeza CIP.

ETAPA	Tempo (min.)	TANQUE		LINHAS DO PROCESSO	
		Volume Água (L)	Volume Insumos (L)	Volume Água (L)	Volume Insumos (L)
Pré-enxágue	5	125	-	7,5	-
Limpeza Alcalina	20	500	2,5	30	0,15
Enxágue intermediário	3	75	-	4,5	-
Sanitização	10	250	0,625	15	0,0375
Enxágue final	5	125	-	7,5	-
Para 4 tanques		4.300	12,5	-	
TOTAL	43	4.300	12,5	64,5	0,1875

Fonte: A autora (2022)

Em relação aos insumos gastos: volume total de, aproximadamente, 12,7 L, sendo 10,15 L de detergente alcalino e 2,54 L de desinfetante. Tais volumes foram calculados considerando as concentrações indicadas pelos fabricantes dos insumos, ou seja, nas proporções adequadas para a limpeza correta dos equipamentos, evitando gastos desnecessários.

Observando o volume de água gasto: aproximadamente 4.364,5 L em um processo completo. No consumo de água, dois pontos merecem destaque, como explicado na sequência.

Primeiramente, o uso de cabeçotes de alta pressão (cabeçote de jato rotativo). A escolha deste tipo de cabeçote auxilia na redução dos gastos com água de enxágue visto que seu princípio de limpeza se baseia nas zonas de altas tensões de cisalhamento geradas nas paredes devido à alta pressão, não necessitando de volumes maiores de água e de desinfetantes para que a limpeza seja bem executada (vide Item 3.2.2).

Merece destaque também a proposta de reutilização da água de enxágue final como afluente no pré-enxágue de um novo ciclo CIP. O reúso desta água gera uma economia de cerca de 11,63% de água a cada CIP, o equivalente a, aproximadamente, 507,5 L. Tal redução, por mais que aparentemente pequena, auxilia na minimização de gastos com água, utilidades e tratamento de efluentes.

4.3 Central CIP

Serão necessários 4 tanques de armazenamento na Central CIP, são eles: Tanque de água limpa, tanque de água recuperada, tanque de detergente básico e tanque de desinfetante. Também foi considerada a existência de um trocador de calor para aquecimento das soluções de limpeza.

4.3.1 Tanques de armazenamento.

Os volumes mínimos dos tanques de armazenamento de água devem ser: 4 m³ para o tanque de água limpa, 0,5 m³ para o tanque de água de recuperação.

Os tanques de armazenamento de detergente e desinfetante devem possuir capacidade de 0,5 m³ cada. Tal volume terá capacidade para mais de 50 ciclos de limpeza completos.

Segundo TAMIME (2008), as dimensões típicas para tanques de 4 m³ são 1,60 metro de diâmetro e 2 metros de altura, enquanto que, para tanques com 0,5 m³ as dimensões são 1 (um) e 1,50 metro, respectivamente.

4.3.2 Elementos do sistema de automação

O objetivo deste tópico é propor os elementos básicos que devem estar presentes no sistema de automação da planta-piloto, de modo a realizar toda a etapa de preparação de solução química e as rotinas de higienização.

No sistema CIP proposto, são empregados 3 tipos de medidores, a saber:

- i. um medidor de temperatura, que deverá ser instalado na saída do trocador de calor de modo a garantir a temperatura adequada para cada etapa do CIP;
- ii. medidores de nível para os diferentes tanques da planta-piloto; e
- iii. condutímetro. Este equipamento irá medir a condutividade tanto das soluções empregadas quanto da água de enxágue, permitindo o encerramento do enxágue final, além do controle de abertura e fechamento das válvulas de retorno. Deve ser instalado em malha fechada no retorno do efluente para o tanque de armazenamento de água de recuperação.

Os atuadores do sistema podem ser válvulas solenóides acopladas às válvulas hidráulicas convencionais. Elas serão responsáveis pela liberação de fluxo de fluido. Outra válvula atuadora chamada de válvula proporcional deve ser instalada na entrada de vapor do trocador de calor. A mesma é uma válvula analógica e regula sua abertura de acordo com a sinal recebido. Estas válvulas são utilizadas em tubulações de vapor com o objetivo de modular a vazão do mesmo (FORNI, 2007).

Por fim, o elemento controlador utilizado em sistemas CIP são os CLP's (Controlador Lógico Programável). São controladores programáveis, onde uma ação depende de lógicas de comando. A estrutura do CLP é dividida em entrada, unidade de processamento e saídas.

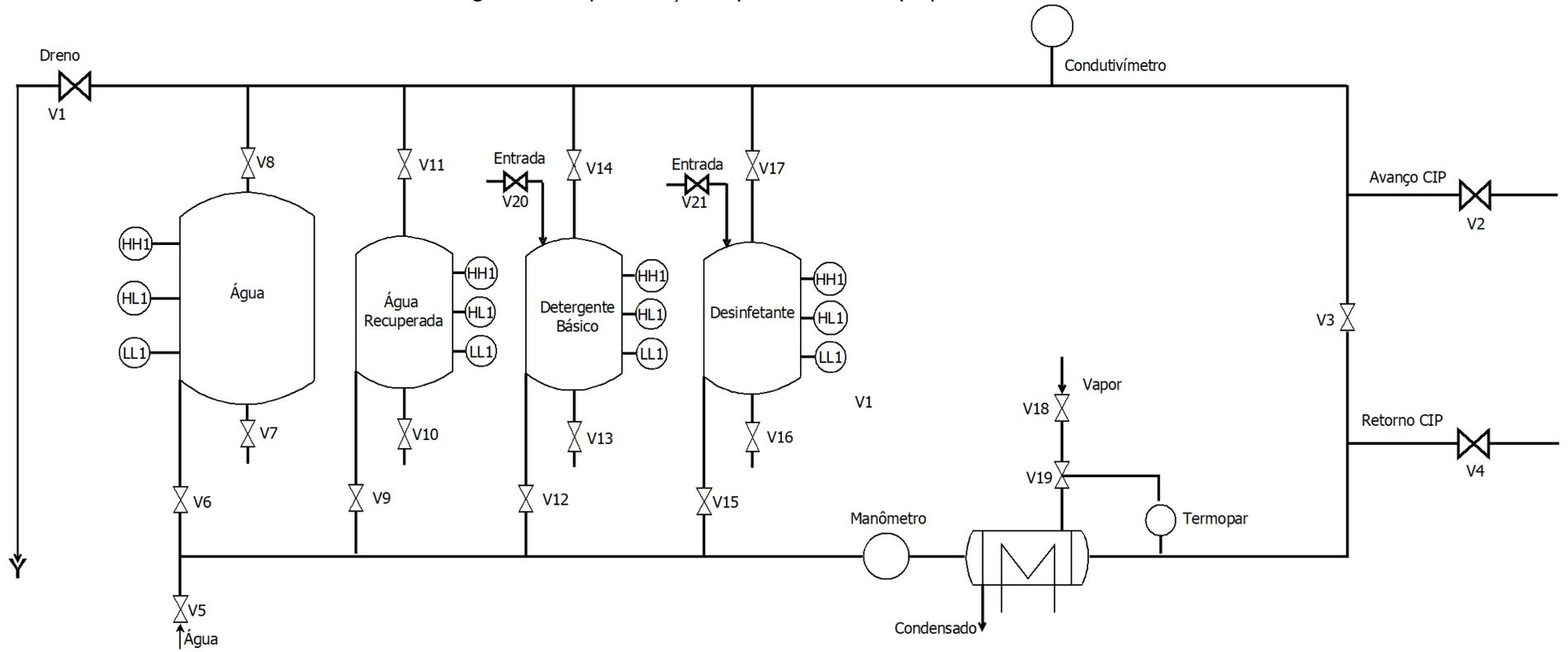
Além de possibilitar a programação de lógicas de controle envolvendo realimentação, como, por exemplo, o ajuste de temperatura de solução química, o CLP possibilita a programação de etapas baseadas em tempos de processos (FORNI, 2007).

Na Figura 45 é apresentada uma representação simplificada do sistema de limpeza CIP proposto. Além dos 4 tanques anteriormente explicados, é possível identificar a presença de um trocador de calor. Este equipamento será responsável por garantir a temperatura adequada para cada solução de limpeza proposta.

Pode-se identificar, também, 21 válvulas que auxiliam no controle do fluxo dos fluidos presentes no sistema e um condutímetro, um termopar e um manômetro. Tais medidores possibilitam o controle preciso das variáveis importantes no sistema, sendo, respectivamente, condutividade, temperatura e pressão.

Nota-se ainda a presença de 3 medidores de nível em cada tanque que serão responsáveis por monitorar o volume de líquido adequado nos tanques da Central CIP.

Figura 45 - Representação esquemática do CIP proposto.



Fonte: A autora (2022)

5 Conclusão

O sistema CIP dimensionado para uso na planta-piloto considerada foi dimensionado de maneira adequada e coerente, considerando a disponibilidade das informações na literatura técnica pertinente.

O funcionamento da planta-piloto necessita ser melhor esclarecido, pois a mesma não estava operacional durante a realização do presente estudo, o que dificultou muito o estabelecimento das condições mais adequadas de limpeza dos equipamentos. Importante destacar a necessidade de realização de experimentos para definir a maneira mais adequada de limpar os equipamentos que compõem a planta-piloto.

O dimensionamento dos equipamentos que compõem o sistema CIP foi realizado com base em informações disponíveis na literatura para produtos cosméticos que possuem características físico-químicas próximas às do gel da *Aloe vera*.

É sugerida a continuidade da pesquisa sobre o tema, considerando a realização de experimentos em laboratório acerca da incrustação provocada pelo gel da Aloe Vera, para que seja possível estabelecer a cinética mais representativa da remoção das incrustações do material em estudo.

Referências

ACIOLE, I.H.M. **Desenvolvimento de gel de babosa para a farmácia escola Manoel Casado de Almeida**. Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Campina Grande, 2019. 47 p. Trabalho de conclusão de curso.

ALOE FERTIL BRASIL. [S.L.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.aloefertilbrasil.com.br/?v=9a5a5f39f4c7>. Acesso em: 02.fev.2022

ALOE VERA MILAGROSA. Disponível em: <http://aloeveramilagrosa.blogspot.com/2012/01/introducao-aloe-vera.html>. Acesso em: 10 dez. 2021.

ANVISA. **Informe Técnico nº. 47**. [S.L.: s.n.], 2011. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/alimentos/informes-anexos/48de2012/arquivos/10335json-file-1> .

BARBOSA, T.J.A. **Optimização de Sistemas CIP**. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2010. 75 p. 2010. Dissertação de mestrado.

BÉNEZECH, T.; FAILLE, C. Two-phase kinetics of biofilm removal during CIP. Respective roles of mechanical and chemical effects on the detachment of single cells vs cell clusters from a *Pseudomonas fluorescens* biofilm. *Journal of food engineering*, (219) 2018. 121-128

BRUSAFERRO, J.C.S. **Simulação e controle de uma planta industrial para extração de *Aloe Vera***. IFSP, Campus Guarulhos, 2021. 80 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Automação Industrial).

COMPRE RURAL. **Produtor-desenvolve-biofertilizante-base-de-babosa/**. Disponível em: <https://www.comprerural.com/produtor-desenvolve-biofertilizante-base-de-babosa/>. Acesso em: 16 dez. 2021.

DROGA RAIA. **Needs solar gel pos sol**. Disponível em: <https://www.drogaraia.com.br/needs-solar-gel-pos-sol-120g.html>. Acesso em: 15 dez. 2021.

EMBALAGEM MARCA. **Forever-living-products-leva-gel-de-aloe-vera-para-embalagens-tetra-pak**. Disponível em: <https://embalagemmarca.com.br/2018/03/forever-living-products-leva-gel-de-aloe-vera-para-embalagens-tetra-pak/>. Acesso em: 16 dez. 2021.

FARMÁCIA EFICÁCIA. **Sabonete de Aloe vera**. Disponível em: <https://www.farmaciaeficacia.com.br/sabonete-de-aloe-vera>. Acesso em: 15 dez. 2021.

FISPQ. **fispq-hipoclorito-de-sodio.pdf**. Disponível em: <file:///E:/fispq-hipoclorito-de-sodio.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2022.

FMI. **Global Demand for Aloe Vera Extracts to Reach 60,720 Tonnes in 2016**. [S. l.], 2016. Disponível em: <https://www.futuremarketinsights.com/press-release/aloe-vera-extracts-market>. Acesso em: 9 dez. 2021.

FORNI, R. **Projeto mecânico de um sistema de higienização CIP (*Cleaning In Place*)**. Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade de São Paulo, 2007. Trabalho de conclusão de curso.

FRYER, P.J.; ASTERIADOU, K. A prototype cleaning map: A classification of industrial cleaning processes. *Trends in Food Science & Technology*, v. 20, p. 255-262, 2009

FRYER, P.J.; CHRISTIAN, G.K.; LIU, W. How hygiene happens: physics and chemistry of cleaning. *International Journal of Dairy Technology*, 59, 2006. P.76-84

G1.COM. **Aprenda a aproveitar a babosa como planta medicinal sem correr riscos.** Disponível em <https://g1.globo.com/sp/campinas-regiao/terra-da-gente/noticia/2019/08/14/aprenda-a-aproveitar-a-babosa-como-planta-medicinal-sem-correr-riscos.ghtml>. Acesso em: 10 dez. 2021.

GARCIA, V. FATUCHE, N. DA SILVA, JÉSSICA. **Aplicação do sistema CIP em uma indústria de cosméticos.** Disponível em: <http://engemausp.submissao.com.br/17/anais/arquivos/356.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2021.

GCMS. **Despolpadeira.** Disponível em: <http://gcms.itdotum.pl/pt/Cd/i/idc/1264/e/M%C3%ADdia/idcm/15338>. Acesso em: 15 jan. 2022.

IASC. **Internacional Aloe Science Council.** Disponível em: <https://www.iasc.org/>. Acesso em: 03 dez.2021.

IKESAKI COSMÉTICOS. **Kit seduction babosa shampoo.** Disponível em: <https://www.ikesaki.com.br/kit-seduction-babosa-shampoo---condicionador-800ml/p>. Acesso em: 15 dez. 2021.

JAPAO FAMILIA CALIFORNIA. **logurte de babosa.** Disponível em: <https://japao.familiacalifornia.com/2009/06/iogurte-de-babosa/>. Acesso em: 16 dez. 2021.

KUMARI, S. SARKAR, P.K. In vitro model study for biofilm formation by *Bacillus cereus* in dairy chilling tanks and optimization of clean-in-place (CIP) regimes using response surface methodology. *Food Control*, n 36, p.153-158. 2014.

LEFT COSMÉTICOS. Disponível em: <https://leftcosmeticos.com.br/blogs/news/babosa-aloe-vera-pele-e-cabelos>. Acesso em: 10 dez. 2021.

LOJA SCHRAIBER. **Gel corporal e facial de aloe vera e calendula.** Disponível em: <https://loja.schraiber.com.br/cosmeticos/gel-corporal-e-facial-de-aloe-vera-e-calendula>. Acesso em: 16 dez. 2021.

LTL SERVIÇOS. **Medidor-temperatura-industrial.** Disponível em: <https://www.ltlservicos.com.br/medidor-temperatura-industrial#group1-3> . Acesso em: 025 fev. 2022.

MAGICAL ALOE FOREVER. Disponível em: <https://www.magicalaloe forever.com/why-forever/> Acesso em: 9 dez. 2021.

MARCHANT, R., BANAT, I.M. Biosurfactants: a sustainable replacement for chemical surfactants? *Biotechnol. Lett.* n. 34, p.1597-1605. 2012.

MAX MACHINE. **Despolpadeira.** Disponível em: <https://www.maxmachine.com.br/despolpadeira> . Acesso em: 20 dez. 2021.

MP AUTOMAÇÃO. **Valvulas/valvulas-de-esfera/atuadores-de-esfera-com-atuador/valvulas-com-atuador-pneumatico**. Disponível em: <https://mpautomacao.com/valvulas/valvulas-de-esfera/atuadores-de-esfera-com-atuador/valvulas-com-atua%20dor-pneumatico>. Acesso em: 025 fev. 2022.

PALMOWSKI, D. L. **Clean in Place - A Review of Current Technology and its Use in the Food and Beverage Industry**. Report from Deaken University, 2005.

PEREIRA, D.C.; FRASSON, A.P.Z. Uso da *Aloe Vera* em produtos farmacêuticos e análise da estabilidade físico-química de creme aniônico contendo extrato glicólico desta planta. *Revista UNIJUÍ*, [s. l.], p. 27-34, 2007. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.21527/2176-7114.2007.12.27-34>

PERFINOX. **Limpeza CIP**. Disponível em: <https://www.perfinox.pt/limpeza-cip.html> . Acesso em: 20 jan. 2022.

QUEIROGA, V. de P.; GIRAO, E.G.; FIRMINO, P. de T.; ALBUQUERQUE, E. M. B. de. **Aloe Vera (babosa) - Tecnologias de plantio em escala comercial para o semiárido e utilização**. Campina Grande: Ed. A Barriguda. 2019. 152p.

SANTOS, M.G. **Eficiência do processo Clean In Place (CIP) na remoção de biofilmes formados por *Listeria monocytogenes* simulando diferentes condições encontradas em laticínios**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queirós, da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009. 87p. Dissertação de mestrado. <https://doi.org/https://doi.org10.11606/D.11.2009.tde-10092009-085724> .

SEBRAE. **Limpeza de tanque de ácido sulfúrico**. [S.l.], 2014. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/sbrt/limpeza-de-tanque-de-acido-sulfurico,dfa3dae67d541710VgnVCM1000004c00210aRCRD> . Acesso em: 23 fev. 2022.

SEIBERLING, D.A. **Clean-In-Place for Biopharmaceutical Processes**. 1. ed. [S.l.]: Taylor & Francis Inc, 2007. ISBN 9780849340697.

SENADO NOTÍCIAS. **Falta de pesquisas no Brasil dificulta utilização da babosa como alimento e remédio**. [S.l.], 2009. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2009/12/08/falta-de-pesquisas-no-brasil-dificulta-utilizacao-da-babosa-como-alimento-e-remedio>. Acesso em: 15 dez.2021.

SILO TIPS. **Soda-caustica-liquida**. Disponível em: <https://silo.tips/download/soda-caustica-liquida>. Acesso em: 30 jan. 2022.

SILVA, N. da; SILVA, W. L. da; SILVA, T. da; MARTINS, F.; ALVES, L.F.P. **Aloe Vera: Extrato a base de seu Gel e Usos**. In: *Anais do VII Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial*, 2013. http://www.fecilcam.br/anais/vii_eepa/data/uploads/artigos/12-08.pdf.

SOSMEK. **Automação Industrial: Conheça a história e a importância em nosso dia a dia**. 2019. Disponível em: <https://sosmek.com.br/automacao-industrial-conheca-a-historia-e-a-importancia-em-nosso-dia-a-dia/>. Acesso em: 03/03/2022.

SPARTAN VALE. **Caustic-cleaner-industria-alimenticia**. Disponível em: <https://www.spartanvale.com.br/CAUSTIC-CLEANER-INDUSTRIA-ALIMENTICIA>. Acesso em: 30 jan. 2022.

SPARTAN VALE. **INDUSTRIAS-ALIMENTICIAS-SPARTAN-VALE/Detergente-Desincrustante-Acido**. Disponível em: <https://www.spartanvale.com.br/INDUSTRIAS-ALIMENTICIAS-SPARTAN-VALE/Detergente-Desincrustante-Acido>. Acesso em: 30 jan. 2022.

SPARTAN VALE. **INDUSTRIAS-ALIMENTICIAS-SPARTAN-VALE/SANIT-CHLOR-DESINFET ANTE-INDUSTRIA-ALIMENTICIA**. Disponível em: <https://www.spartanvale.com.br/INDUSTRIAS-ALIMENTICIAS-SPARTAN-VALE/SANIT-CHLOR-DESINFET ANTE-INDUSTRIA-ALIMENTICIA>. Acesso em: 03 fev. 2022.

SPSP. **Dicas de limpeza ciclo de sinner**. Disponível em: <https://www.spsp.com.br/post/dicas-de-limpeza-ciclo-de-sinner>. 24p. Acesso em: 15 jan. 2022.

TAMIME, A. *Cleaning-in-place: dairy, food and beverage operations*. Ayr, UK: Blackwell Pub, 2008.

TETRALON. **Cabeçotes de bicos rotativos ScanJet**. [S.l.], [s.d.].

TETRALON. **Comparativo-cabecote-rotativo-X-spray-ball**. Disponível em: <https://www.tetralon.com.br/wp-content/uploads/2019/11/comparativo-cabecote-rotativo-X-spray-ball.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2022.

VIANA, P. *Aloe Vera, a planta milagrosa*. Editora Globo, [S.l.], 1997. Disponível em: <https://document.onl/documents/aloe-vera-559abc4167c82.html>

WEST CS. **Controlador-duplo-de-temperatura-west-pro-ec44**. Disponível em: <https://www.west-cs.com.br/produto/controlador-duplo-de-temperatura-west-pro-ec44/>. Acesso em: 25 fev. 2022.