

LUIS FELIPE FERREIRA E SILVA

**CONTROLE DE SISTEMA DE LIMPEZA E
ESTERILIZAÇÃO DE MÁQUINAS ENVASADORAS
UTILIZANDO CONTROLADORES LÓGICOS
PROGRAMÁVEIS**

**UBERLÂNDIA –MG
2020**

LUIS FELIPE FERREIRA E SILVA

**CONTROLE DE SISTEMA DE LIMPEZA E
ESTERILIZAÇÃO DE MÁQUINAS ENVASADORAS
UTILIZANDO CONTROLADORES LÓGICOS
PROGRAMÁVEIS**

Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia
de Controle e Automação da Universidade
Federal de Uberlândia - UFU - Campus Santa
Mônica, como requisito para a obtenção do
Título de Graduação em Engenharia de
Controle e Automação

Universidade Federal de Uberlândia – UFU
Faculdade de Engenharia Elétrica

Orientador: Prof. Dr. Renato Ferreira Fernandes Jr

**UBERLÂNDIA –MG
2020**

LUIS FELIPE FERREIRA E SILVA

**CONTROLE DE SISTEMA DE LIMPEZA E
ESTERILIZAÇÃO DE MÁQUINAS ENVASADORAS
UTILIZANDO CONTROLADORES LÓGICOS
PROGRAMÁVEIS**

Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia
de Controle e Automação da Universidade
Federal de Uberlândia - UFU - Campus Santa
Mônica, como requisito para a obtenção do
Título de Graduação em Engenharia de
Controle e Automação

Banca de Avaliação:

Orientador: Prof. Dr. Renato Ferreira Fernandes Jr

Membro: Renato Santos Carrijo

Membro: Josué Silva de Moraes

**UBERLÂNDIA –MG
2020**

Silva, Luis Felipe

CONTROLE DE SISTEMA DE LIMPEZA E ESTERILIZAÇÃO DE
MÁQUINAS ENVASADORAS UTILIZANDO CONTROLADORES
LÓGICOS PROGRAMÁVEIS / **Luis Felipe Ferreira e Silva.** -
UBERLÂNDIA, 2020

Orientador: Prof. Dr. Renato Fernandes

Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal de Uberlândia -
UFU Faculdade de Engenharia Elétrica. 2020.

I.1.1. Automação industrial 1.2.Sistema de esterilização e limpeza
1.3. Controlador Lógico Programável
II.2. Universidade Federal de Uberlândia
III. Faculdade de Engenharia Elétrica
IV. Engenharia de Controle e Automação

Aos meus pais e a Deus, que não
mediram esforços para que eu
pudesse concluir essa jornada em
minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus por me conceder a vida e todas as bênçãos que me foram concedidas ao longo de toda minha jornada.

Aos meus pais, Silvia e Wilmar, que me apoiaram ao longo de toda minha jornada de estudos, além do suporte que pude contar ao longo de toda a graduação.

Agradeço imensamente ao orientador Renato Ferreira Fernandes, pela paciência, compreensão, honestidade e por tudo que me ajudou a fazer para conseguir desenvolver esse projeto.

Resumo

Este projeto consiste na automatização de um sistema de esterilização e limpeza em uma indústria alimentícia, otimizando o projeto da mesma, que atualmente contempla muitas etapas manuais, das quais o operador intervém direto na abertura e fechamento de válvulas para realizar todo o processo, sendo que ao final de um levantamento dos processos e do tempo dos mesmo, pode-se perceber que o colaborador está exposto a riscos por realizar tais etapas manuais, além de o processo em si, ser feito com um tempo considerado alto e inconstante, devido a essas etapas manuais que existem no mesmo.

Após realizar o estudo de cada etapa do processo, e também ter feito uma análise de toda a automação e equipamentos no projeto atual pode-se levantar os requisitos necessários para a automação e melhoria no processo. Então, chegou-se à uma solução com a inclusão de um controlador lógico programável S7-1200 e uma IHM, por máquina de envase, bem como válvulas eletropneumáticas para a otimização do controle do processo de CIP e também da regulação de todo fluxo de soda, ácido e água nas tubulações. Desta forma, estima-se que o novo sistema de CIP automatizado irá diminuir em cerca de 39 minutos em cada etapa, e de 76 horas no ano, além de uma maior segurança para os colaboradores na execução do processo.

O sistema proposto ainda está em fase de desenvolvimento, onde ainda não é possível ter todos os equipamentos para a conclusão do mesmo. Desta forma, foi feito um sistema simulado no software Codesys que contempla todas as etapas de controle proposto e que futuramente será implementado e validado no sistema real.

Palavras Chave: Automação Industrial, Sistema de Esterilização e Limpeza, Controlador Lógico Programável, Linguagem de Programação.

ABSTRACT

This project consists of the automation of a sterilization and cleaning system in a food industry, optimizing the design of the same, which currently includes many manual steps, of which the operator intervenes directly in the opening and closing of valves to carry out the entire process, and at the end of a survey of the processes and the time of the same, it can be realized that the employee is exposed to risks by performing such manual steps, in addition to the process itself, be done with a time considered high and fickle, due to these manual steps that exist in it.

After studying each stage of the process, and also having done an analysis of all automation and equipment in the current project can raise the necessary requirements for automation and improvement in the process. Then, a solution was reached with the inclusion of a programmable logic controller S7-1200 and an HMI, per filling machine, as well as electropneumatic valves for the optimization of the control of the CIP process and also the regulation of all soda, acid and water flow in the pipes. Thus, it is estimated that the new automated CIP system will decrease by about 39 minutes at each stage, and 76 hours a year, in addition to greater security for employees in the execution of the process.

The proposed system is still in the development phase, where it is not yet possible to have all the equipment for the completion of the same. Thus, a simulated system was made in the Codesys software that includes all the proposed control steps and that will be implemented and validated in the real system in the future.

Keywords: Industrial Automation, Sterilization and Cleaning System, Programmable Logic Controller, Programming Language.

Lista de abreviaturas e siglas

CLP	<i>Controlador lógico programável</i>
E/S	<i>Entradas e saídas</i>
NA	<i>Normalmente aberta</i>
NF	<i>Normalmente fechada</i>
CIP	<i>Clean in place</i>

Lista de Figuras

Figura 1-Acidentes de trabalho em 2017	15
Figura 2 - Máquina Envasadora SIG	18
Figura 3- Estação de enchimento	19
Figura 4- Pirâmide de automação.....	21
Figura 5- CPU	23
Figura 6 - Símbolos lógica ladder	25
Figura 7 - Contatos não acionados	26
Figura 8 - Contatos Acionados.....	26
Figura 9 – Exemplo de Linguagem SFC	27
Figura 10-Conduktivímetro.....	29
Figura 11- Solenoide energizado.....	30
Figura 12- Solenoide sem energia.....	30
Figura 13 - Bomba Diafragma	31
Figura 14 - Funcionamento Bomba Diafragma.....	31
Figura 15 - Tela sistema de supervisão SCADA BR	32
Figura 16 – Exemplo de IHM de diferentes tamanhos da SIEMENS.....	33
Figura 17 - Tela de acompanhamento dos Processos do Prodwin	34
Figura 18 - Topologia do sistema atual	35
Figura 19 - Procedimento de CIP sistema atual	37
Figura 20 - Ladder Etapa 01.....	38
Figura 21 - Ladder Etapa 02.....	39
Figura 22 - Ladder Etapa 03.....	39
Figura 23 - Ladder Etapa 04.....	40
Figura 24 - SFC Etapa 05.....	40
Figura 25 - SFC Etapa 06.....	41
Figura 26 - Ladder Etapa 07.....	42
Figura 27 - Ladder Etapa 08.....	42
Figura 28 - Ladder Etapa 09.....	43
Figura 29 - Ladder Etapa 10.....	44
Figura 30 - SFC Etapa 11	44
Figura 31 - SFC Etapa 12.....	44
Figura 32 - SFC Etapa 13.....	45
Figura 33 - SFC Etapa 14.....	45
Figura 34 - Proposta de automação do sistema.....	46
Figura 35 – Topologia de comunicação do sistema proposto	48
Figura 36 -Tempo válvulas manuais x Tempo de válvulas automáticos.....	53

Lista de Tabelas

Tabela 1- Levantamento do tempo de abertura e fechamento.....	52
Tabela 2- Análise do tempo gasto do processo de CIP para o sistema atual e proposto	58
Tabela 3- Custo dos equipamentos.....	59

Sumário

1	Introdução	13
	Objetivos Gerais do Trabalho	16
2	Fundamentação Teórica	17
2.1	Automação Industrial	17
2.2	Máquina envasadora.....	18
2.3	O processo CIP.....	19
2.4	Pirâmide de Automação	21
2.5	Controladores Lógicos Programáveis	22
2.6	Sensores e Válvulas.....	29
2.7	Sistema de supervisão	32
3	Projeto de melhoria do sistema de Esterilização e Limpeza	35
3.1	Descrição do sistema atual	35
3.2	Proposta de Automação do sistema.....	45
3.3	Níveis de automação do projeto	48
3.4	Metodologia de validação	50
4	Resultados	52
4.1	Validação das válvulas eletropneumáticas.....	52
4.2	Validação dos condutivímetros	54
4.3	Validação do programa do CLP	54
4.4	Validação do controle pela IHM	55
4.5	Validação dos condutivímetros	55
4.6	Validação do programa do CLP	56
4.7	Custo do projeto	57
5	Comentários e Discussões	59
6	Conclusão	60
7	Referências	61

1 Introdução

A conservação dos alimentos sempre se fez necessária para que o ser humano pudesse garantir que seus alimentos conseguissem durar por mais tempo, sem perder suas propriedades físico, químicas e biológicas. Nesse intuito, cada vez mais, os processos de conservação dos alimentos tornam-se mais eficazes e tecnológicos, para então se garantir todas as propriedades do alimento, por cada vez mais tempo.

Com a chegada da revolução industrial, chegaram também muitas dúvidas a respeito dos processos industriais, dos quais pode-se notar claramente que a durabilidade, conservação e higiene dos alimentos permeiam muito desses questionamentos. Diante desse desafio, o processo de higienização e limpeza dos equipamentos e maquinário teve que evoluir junto, no sentido de buscar cada vez mais um ambiente mais limpo e sem contaminantes, para se conseguir um produto final livre de qualquer microrganismo que possa afetar tanto a conservação, quanto a qualidade do alimento.

Em sua tese, Estudo de sistema de limpeza CIP usando identificação de sistemas, Rodrigo Sislian, (2012, p.01) destaca que:

Nestes processos, o contato dos alimentos com superfícies mal higienizadas pode aumentar a incidência de microrganismos prejudicando sua qualidade. A presença de resíduos também ocasiona problemas operacionais nos equipamentos, pois acarreta queda dos rendimentos nas trocas térmicas e aumento de perda de carga do sistema. Esses fatores são suficientes para justificar a importância da execução de um correto plano de higienização dos insumos utilizados no processamento de alimentos.

Por ser uma etapa importante no conjunto de processos de todas as empresas, o processo de limpeza e higienização das máquinas, deve ser levado a extremo rigor, pois só assim consegue-se garantir um produto final com qualidade e durabilidade. Mas em contrapartida, grande parte das empresas, buscam automatizar cada vez mais esse processo, com o intuito de diminuir o tempo necessário para essa limpeza e higienização, sem perder a eficácia do processo e consecutivamente diminuir a janela na qual a máquina fica sem produzir, período esse considerado tempo perdido de produção.

Quando se automatiza um processo de extrema importância como o da higienização e limpeza numa indústria, consegue-se aumentar consideravelmente a

janela de produção das máquinas, tendo como consequência direta, o aumento da produtividade da empresa, bem como o aumento dos lucros devido ao maior volume de produção. Com essa etapa automatizada, pode-se acompanhar em tempo real e se ter noção de todo o processo, pelo fato de se conseguir rastrear por meio do tempo, qual etapa do processo de limpeza a máquina está, pois, cada etapa terá sempre a mesma média de tempo de duração, engessando assim todo o processo, além de conseguir-se estipular melhor o tempo ao qual a máquina estará disponível para início de produção novamente.

O processo de CIP é definido como:

“O processo escolhido para este estudo é caracterizado por efetuar a higienização nas máquinas utilizadas sem a desmontagem dos componentes e de forma cinética, denominado sistema CIP (Clean in Place), (ANDRADE; MACEDO, 1996; GIBSON et al., 1999; JEURNINK e BRINKMAN, 1994) de reconhecida eficiência na remoção de tipos de resíduos que possam resultar na proliferação de microrganismos e, por sua vez, contaminar alimentos que venham a ser processados no ciclo seguinte”. (SISLIAN, 2012, p.02)

Além das vantagens econômicas, redução de tempo, automatizar o processo de higienização e limpeza das máquinas, pode levar a redução drástica dos índices de acidentes de trabalho, pois o colaborador da empresa, deixará de ter contato com as soluções envolvidas nesse processo.

As estatísticas atuais referentes aos acidentes de trabalho no mundo, relatam, que o Brasil está no quarto lugar de acordo segundo o estudo realizado pela Procuradoria Geral do Trabalho (2018) do ranking das nações, que mais registram mortes durante atividades laborais, perdendo apenas para os Estados Unidos, Tailândia e China. Tendo ciência que a diferença de tempo de um acidente ocorrer e dar início a um novo acidente, é de cerca de 48 segundos, sendo que a cada 38 minutos e 43 segundos, tem-se um acidente com morte no país.

Conforme dispõe o art. 19 da Lei nº 8.213/91, *"acidente de trabalho é o que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço da empresa ou pelo exercício do trabalho dos segurados referidos no inciso VII do art. 11 desta lei, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte ou a perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho"*.

Segundo Mathias (2019) as taxas brasileiras afirmam que o Brasil está no 11 lugar no ranking de óbitos no mundo, e na 25 posição no que se refere a acidentes

Segundo Fernandes, (2017): “O Brasil, registrou 549.405, sendo os acidentes de trabalho no ano, dos quais 340.229 foram relativos a acidentes Típicos, que ocorre quando o segurado está trabalhando a serviço da empresa, 100.685 foram relacionados a trajeto, acidentes esses que ocorrem no trajeto entre a casa e o local de trabalho e por fim 9.700 relativos a doenças do trabalho, que está atrelada as doenças obtidas com o exercício da profissão.”

Os acidentes podem ou não ter o registro CAT, que nada mais é que relatar por meio de documento formal, a ocorrência do acidente de trabalho, relatando o que de fato aconteceu ou que acontece com o segurado.

Figura 1-Acidentes de trabalho em 2017

Ano	Total Geral	Com CAT				Total Sem CAT
		Total Com CAT	Típico	Trajeto	Doença do Trabalho	
2007	659.523	518.415	417.036	79.005	22.374	141.108
2008	755.980	551.023	441.925	88.742	20.356	204.957
2009	733.365	534.248	424.498	90.180	19.570	199.117
2010	709.474	529.793	417.295	95.321	17.177	179.681
2011	720.629	543.889	426.153	100.897	16.839	176.740
2012	713.984	546.222	426.284	103.040	16.898	167.762
2013	725.664	563.704	434.339	112.183	17.182	161.960
2014	712.302	564.283	430.454	116.230	17.599	148.019
2015	622.379	507.753	385.646	106.721	15.386	114.626
2016	585.626	478.039	355.560	108.552	13.927	107.587
2017	549.405	450.614	340.229	100.685	9.700	98.791

Fonte: Zioli, 2017.

Diante dessas estatísticas pode-se observar a necessidade cada vez mais de proporcionar um ambiente mais seguro dentro das empresas e centros industriais, afim que reduzir os índices de acidentes de trabalho e como consequência se ter ambientes melhores para se trabalhar.

Objetivos Gerais do Trabalho

O objetivo consiste em desenvolver um projeto para automatização de todo o processo de esterilização e limpeza, denominado por CIP, das máquinas envasadoras, tendo por intuito diminuir o tempo do processo, melhorar a qualidade, além de torná-lo mais seguro para os colaboradores.

Para possibilitar a execução do projeto de controle, deve-se ter em mente, toda a estrutura que está atrelado a limpeza e esterilização da máquina de envase, bem como todo o conhecimento com relação as concentrações dos ácidos e sodas que são utilizados nesses processos, levando em conta também o tempo do ciclo de todo esse processo. Diante desse fato, podemos estabelecer a utilização de CLP's para controlar todas as válvulas que serão implementadas ao longo das tubulações, juntamente com uma IHM, que será utilizada para acompanhamento e intervenção caso necessário, de todo o processo, bem como estabelecer critérios de segurança que deverão ser implementados no programa que será criado para realizar o controle de todo o sistema de forma automática.

Os objetivos específicos do trabalho são:

- ✓ Levantamento da estrutura física de limpeza e esterilização
- ✓ Levantamento dos dados referentes a concentrações ideais de ácido e soda
- ✓ Selecionar modelos de válvulas que serão utilizados
- ✓ Modelagem do sistema de controle das válvulas
- ✓ Controle das válvulas por meio do CLP
- ✓ Criação de tela de controle na IHM
- ✓ Integração do CLP de controle das válvulas com os CLP's das máquinas

2 Fundamentação Teórica

O objetivo desse capítulo é apresentar e fundamentar alguns conceitos que serão usados no desenvolvimento do projeto proposto, tais como conceitos relativos à esterilização e limpeza, controlador lógico programável, linguagem de programação, IHM.

2.1 Automação Industrial

Segundo MORAES e CASTRUCCI, (2007) “Entende-se por automação qualquer sistema, apoiado em computadores, que substitua o trabalho humano em favor da segurança das pessoas, da qualidade dos produtos, da rapidez da produção ou da redução de custos, assim aperfeiçoando os complexos objetivos das indústrias e dos serviços. ”

O conceito de automação industrial, atualmente está bastante atrelado a redução de custos de produção em uma empresa, pelo fato de se conseguir trocar a atividade humana, por um robô por exemplo, mas equivoca-se quem pensa que o conceito é apenas atrelado a essa perspectiva, pois a automação em si, surge para também auxiliar o homem na sua interação com a máquina, proporcionando assim um maior entendimento, controle e supervisão de todo o processo ao qual o mesmo está envolvido.

A automação atualmente se faz presente em todo o ambiente industrial do projeto ao qual esse trabalho se baseia, mas em específico neste projeto, tem-se contato com as máquinas envasadoras, possuidoras de um alto nível de automação, sendo um exemplo muito fiel do que é automação e como ela pode auxiliar o homem a realizar determinadas atividades, no caso: envasamento de bebidas.

2.2 Máquina envasadora

Amplamente utilizada na indústria de alimentos, bebidas, soros, entre outros, as máquinas envasadoras são as responsáveis por toda a parte de transferência do produto armazenado em tanques para o interior de algum recipiente. Atualmente existem diversos modelos e marcas que possuem a tecnologia para confecção dessas máquinas, sendo algumas delas: SIDEL, TETRA PAK, SIG, entre outras. A Figura 2 mostra um exemplo de máquina envasadora SIG.

Figura 2 - Máquina Envasadora SIG



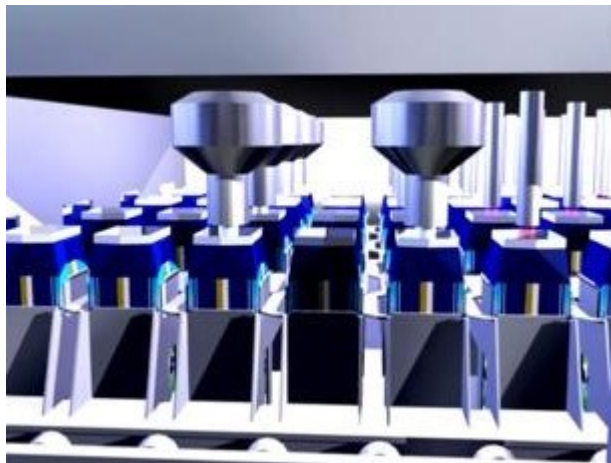
Fonte: SIG CombiCloc, 2018

As envasadoras da SIG, são constituídas de vários conjuntos e sub conjuntos, tais como: estação de enchimento, *feeder*, magazine de embalagens, entre outras, onde cada uma é responsável por realizar alguma atividade no processo de envase do produto, sendo que o processo de circulação de soda e ácido se dá em um conjunto específico da máquina envasadora, denominado por estação de enchimento, representados pela Figura 3, onde ficam os bicos de enchimento, constituído por 4 no primeiro estágio de enchimento, responsável por encher 40% do volume, bem como 4 no segundo estágio que tem por objetivo complementar em mais 60% o volume total da embalagem.

A Central CIP tem como objetivo principal realizar a leitura dos condutivímetros, sensores de temperatura e nível dos tanques por onde a soda e o ácido circulam, tomando ou não a decisão de liberação dos mesmo para circulação, sendo considerada assim o sistema gerenciador de todo o processo de limpeza e esterilização. A envasadora envia sinal para a central CIP dar início as leituras e garantir que os parâmetros de condutividade, temperatura e nível dos tanques são ideais, uma vez

garantidas essas condições, o controlador lógico da central CIP, realiza a liberação de soda, ácido e água para o processo de CIP. Toda a parte que já é automatizada do processo atual é realizada pelo controlador disponível na central CIP.

Figura 3- Estação de enchimento



Fonte: SIG Combioloc, 2018

2.3 O processo CIP

As indústrias desde os primórdios sofrem com diversos problemas que culminam na qualidade do produto final, entre esses problemas está a contaminação do produto durante sua fabricação. O desenvolvimento de biofilmes, que são micro-organismos que ao se multiplicarem dentro da superfície de uma tubulação, formam uma colônia, sendo essa capaz de se transformar em uma massa celular e conseguir agregar nutrientes, resíduos e outros microrganismo. Esse evento, pode acontecer não só em tubulações, bem como em gaxetas de borracha, válvulas, sendo bem frequente em indústrias alimentícias. (ANDRADE, 2018).

A formação de biofilme, pode ser desejável ou não. Eles são considerados bons, em indústrias das quais os produtos necessitam de biorreatores, como é o caso das indústrias que fabricam alimentos fermentados. Eles são indesejáveis em algumas empresas, pois podem produzir alterações e, ou patogênicos, que podem resultar em graves problemas de saúde pública bem como de ordem econômica.

De acordo com a Organização Pan-Americana de Saúde, cerca de uma em cada dez pessoas no mundo adoece e 420 mil pessoas no mundo morrem devido a ingestão

de algum alimento contaminado com alguma bactéria, vírus, parasitas ou substâncias químicas. Diante desse fato deve-se garantir toda a eficácia da cadeia de processo de limpeza e esterilização por parte da indústria para que possa garantir um produto de qualidade para o cliente final.

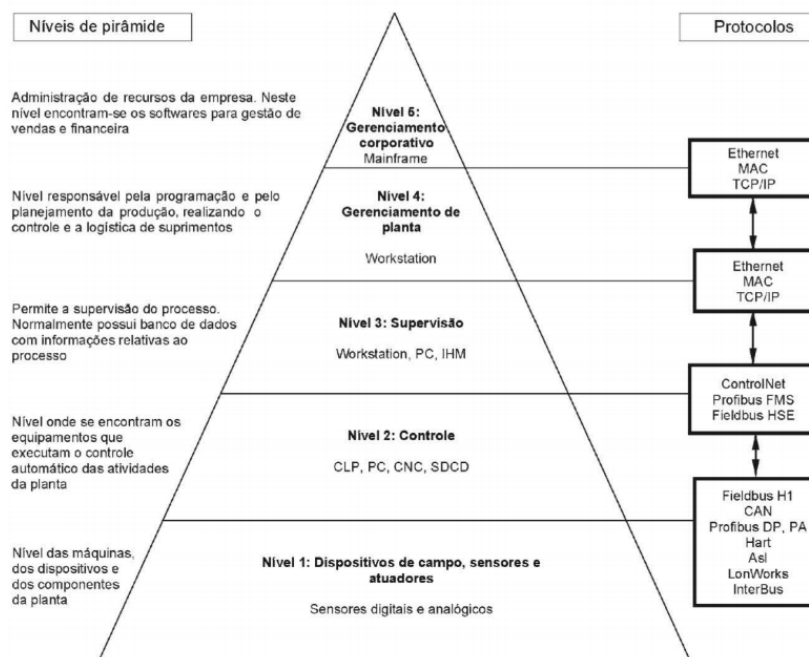
Atualmente as empresas alimentícias vem adotando um método de esterilização denominado por CIP (*Clean In Place*), que se constitui da higienização e limpeza das máquinas, sem que necessite de desmontagem dos componentes possibilitando assim uma remoção eficaz de microrganismos que podem contaminar os alimentos (ANDRADE & MACEDO, 1996). Diante disso o processo consiste na circulação e recirculação de soluções que contenham detergentes ácidos e básicos para remoção de qualquer sujeira a que as tubulações estão expostas devido a passagem dos produtos, impedindo a criação do biofilme e com isso deixando livre de contaminações o produto final.

O processo de CIP inicia-se quando o operador aciona o algoritmo de CIP já disponível no programa e acessado por IHM da envasadora, fazendo com que se inicie os enxágues e circulação de soda e ácido em todo o conjunto de bicos de enchimento, com intuito de diminuição da carga microbiana da tubulação de enchimento e limpeza da mesma. Durante todo o processo de circulação de soda e ácido, existe uma comunicação serial na qual o CLP da envasadora, comunica com uma Central CIP, que tem por objetivo realizar a leitura e supervisão das concentrações e condutividades ideais de soda e ácido nos tanques, para que ao serem atingidos os parâmetros pré-definidos, a central libera a circulação dos mesmos para o conjunto de enchimento da envasadora, iniciando assim todo o processo de limpeza e higienização dos mesmos.

2.4 Pirâmide de Automação

“Os diferentes níveis de automação encontrados nas plantas industriais atualmente, refletem que a automação industrial exige a realização de muitas funções, sendo essas representadas pela “Pirâmide da automação” mostrada na Figura 4 (MORAES & CASTRUCCI, 2007).

Figura 4- Pirâmide de automação



Fonte: MORAES & CASTRUCCI, 2007

Cada nível hierárquico possui um escopo, com responsabilidade específica, sendo eles:

Nível 5 – Esse nível é a parte corporativa da empresa, na qual se administra os resultados e os recursos da empresa, sendo utilizados softwares ligados a gestão de venda, gestão financeira, para se pautarem em dados para a tomada de decisões dentro da empresa, que podem afetar a companhia como um todo.

Nível 4 – Esse nível é responsável pelo planejamento e gerenciamento da produção global da empresa, baseando em softwares de gerenciamento de produção para a tomada de decisões.

Nível 3 – Nesse nível podemos observar os softwares que tem por objetivo realizarem a parte de supervisão dos processos, por meio da aquisição de dados das plantas e posterior análise de qualquer falha que possa vir a ter.

Nível 2 – No segundo nível, pode-se encontrar toda a parte lógica da planta, nesse nível por exemplo que se encontram os CLP's, que concentram toda a parte de programação embarcada dos processos de uma planta.

Nível 1 – Encontra-se nesse nível, os equipamentos tais como sensores, válvulas, que vão realizar a aquisição de dados para toda a planta. São a parte atuante de todo o sistema.

2.5 Controladores Lógicos Programáveis

Nas décadas anteriores a de 1960, o sistema de controle das indústrias, eram baseados em um sistema de relés, onde por meio de ligações elétricas variadas entre os mesmos, conseguia-se ter uma lógica para determinados controles. Na indústria moderna já não se usa mais esse tipo de aplicação de controle.

No início da década de 70, começou-se a usar os computadores para se conseguir realizar o controle e automação dos processos, mas existiam grandes desvantagens devido ao espaço e custo, pois esses computadores eram muito grandes e possuíam custo elevado.

Devido a necessidade da indústria automotiva bem como a necessidade de maior controle dos processos, desenvolve-se o Controlador Lógico Programável (CLP), que nasce com o intuito de ser um controlador dedicado e projetado para trabalhar no ambiente industrial, substituindo assim os painéis controlados por relés.

As lógicas de comando dentro do CLP, são geradas por meio de várias linguagens, tais como: LD (*Ladder Diagram*), FBD (*Function Block Diagram*), SFC (*Sequential Function Chart*), entre outras. Utilizando essas linguagens, pode-se criar programas para se ter o controle da maioria dos processos industriais, além das possibilidades de alterações de acordo com a necessidade de cada planta industrial (FRANCHI & CAMARGO, 2009).

O CLP é um microprocessador que desempenha funções de controle, por meio de softwares de controle e hardwares que suportam operações industriais. Sendo que o mesmo possui sistema operacional de tempo real, possibilitando o controle dos processos em tempo real, onde, de acordo com as entradas, pode-se gerar diversas saídas de controle.

CPU- Central de Processamento

A CPU é a parte principal do CLP, pois é essa parte que faz todo o processamento e controle de toda lógica implementado dentro do controlador, sendo que é nessa parte, que se pode criar, alterar, apagar, toda a lógica de controle do projeto que será feito. A figura 5 mostra um exemplo do CLP S71200 do fabricante Siemens (SIEMENS, 2009).

Figura 5- CPU



Fonte: SIEMENS ,2009

Existem três modos de operação da CPU (SIEMENS, 2009):

- Modo Programação/ Stop: Nesse modo o operador pode criar, apagar e alterar, a lógica implementada, como também realizar o download da lógica para centro do controlador lógico programável, sendo que nesse modo a CPU encontra-se com o todo seu processamento pausado.

- Modo Run: Nesse modo de operação o controlador já está operando por completo, após realizar várias checagens, funções e definidos suas operações. Nesse processo o controlador já conseguiu ter acesso a todas suas entradas e saídas, tendo assim toda a lógica consolidada para seu funcionamento.

- Modo Startup: Nesse modo de operação a CPU inicia a inicialização de todas as variáveis e os eventos de interrupções são não processados.

Entradas e Saídas

As entradas dos CLP's são as portas pelas quais se obtém as informações, os dados, que foram captadores por sensores do processo a ser controlado, para que mediante a lógica inserida na CPU, a mesma consiga decidir por qual caminho e qual

processo deve ser realizado com esses dados advindos dos sensores. Da mesma forma, as saídas são as portas pelas quais os CLP's enviam informações de controle, de acordo com sua programação, para o processo.

Essas entradas e saídas podem ser de diversos tipos, como: digitais, analógicas, chaves, sensores, dispositivos inteligentes e até mesmo módulos de comunicação que são integrados a CPU.

Entradas e saídas digitais

Uma das opções que se tem de entrada nos controladores lógico programáveis, são as entradas digitais, representada por um sinal 0 ou 1 na entrada do CLP, indicando presença ou não de sinal. Sensores de presença ou de fim de curso são exemplos de sensores de entradas digitais, pois ambos utilizam de sinais 0 ou 1 para comunicarem com o controlador.

As saídas digitais bem como as entradas digitais também possuem o sinal 0 ou 1, ou seja, ou a saída é acionada, no caso tem-se 1 ou a saída não está acionada, no caso 0. Válvulas são comumente utilizadas nas saídas digitais pelo fato que seu funcionamento em alguns casos, se limita ao estado de fechada (0) e aberta (1), sendo assim um grande exemplo do funcionamento da saída digital.

Entradas e saídas analógicas

A entrada analógica, diferentemente da digital, recebe até pelo fato de ser analógico, uma gama de intervalos aos quais o CLP aceita como entrada, sendo eles, sinais de corrente de 4 a 20 mA, sinais de tensão de 0 a 10V ou -10V a 10 V. Como exemplo de entrada analógica pode-se ter sensores ligados captação de dados, como condutivímetros, utilizado no projeto proposto neste trabalho, onde o mesmo coleta por meio do seu próprio sensor uma condutividade e envia esse sinal para a entrada do controlador lógico programável, como uma tensão ou uma corrente parametrizada entre os valores aceitos pelo CLP.

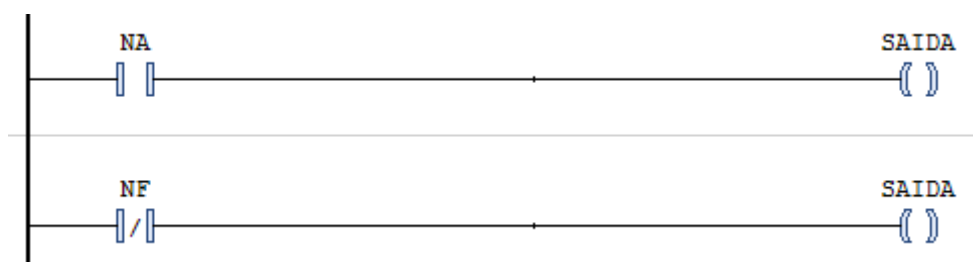
Em relação a saída analógica, tem-se também como a entrada diversas faixas de valores que pode-se ter na saída do controlador lógico programável com o intuito de realizar modulação ou não do próprio sinal de saída do controlador. A velocidade de rotação de um motor por exemplo, pode ser controlada por um sinal analógico de saída.

Linguagem de Programação

Existem 5 tipos de linguagem de programação mais comumente utilizadas na criação de lógica nos controladores lógicos programáveis, que são: Ladder, Structured Text, Instruction list, FBD (Function block diagram) e SFC(Sequencial function chart), sendo as mesmas padronizadas de acordo com a norma IEC 61131 que regulamenta uma série de padrões, estruturas e formas de execução de programas que devem ser respeitadas, tornando o desenvolvimento da lógica do projeto pautado por essa norma reguladora (FONSECA, et. Al., 2008) .

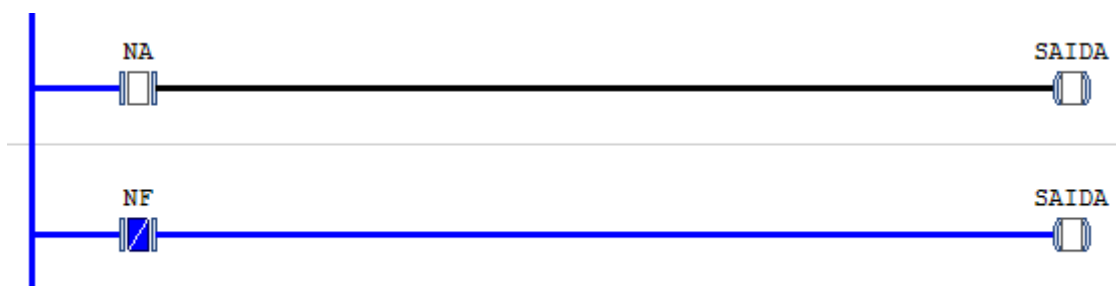
A linguagem LADDER foi a primeira linguagem destinada especificamente a programação de controladores lógicos programáveis, sendo utilizada desde os primórdios até os dias atuais. Essa linguagem consiste em duas barras verticais paralelas, que são interligadas por uma lógica de controle, que é baseada em um conjunto de símbolos que representam contatos, bobinas, sensores, entre outros. A figura 6 mostra um exemplo de lógica Ladder utilizando contatos e bobinas.

Figura 6 - Símbolos lógica ladder



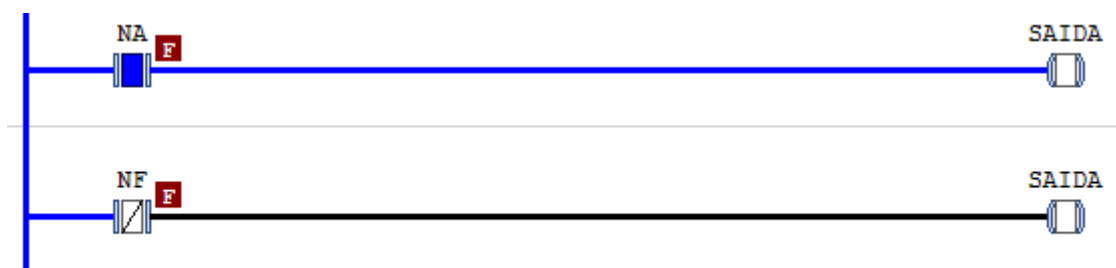
A simbologia da linguagem LADDER é bem simples como pode-se observar na figura 7 pois a mesma contém dois contatos principais, que são o contato normalmente aberto, representado pelas iniciais NA e o contato normalmente fechado, representado pelas iniciais NF. Além destes dois principais, existe ainda os contatos com detecção de borda de subida e borda de descida.

Figura 7 - Contatos não acionados



Na figura 7 consegue-se ter uma noção do estado inicial dos contatos, ou seja, o estado no qual ambos têm sem qualquer comando, com isso pode-se notar que o contato NA, não deixa o fluxo de energia passar para a saída, bloqueando e o NF deixa fluir o fluxo de energia pois em seu estado natural, ou seja sem acionamento, ele funciona como um JUMPER, deixando passar o fluxo de energia.

Figura 8 - Contatos Acionados



Na figura 9 pode-se notar o resultado que se tem quando os contatos NA e NF são acionados. O contato NA deixa passar o fluxo de energia para a saída e o NF bloqueia o fluxo de passagem de energia quando acionados.

Apesar da linguagem ladder ser a mais utilizada pela sua facilidade e simplicidade, ela não é adequada quando se tem projetos grandes e complexos pois é difícil fazer uma modularização do código. Outras linguagens foram desenvolvidas tentando facilitar a programação e a manutenção de projetos mais complexos.

A linguagem de sequenciamento de funções por blocos (SFC) também é uma das linguagens da especificação IEC 61131 e ela é voltada para processos de sequenciamento. Ela é uma linguagem muito poderosa, voltada a modularização de

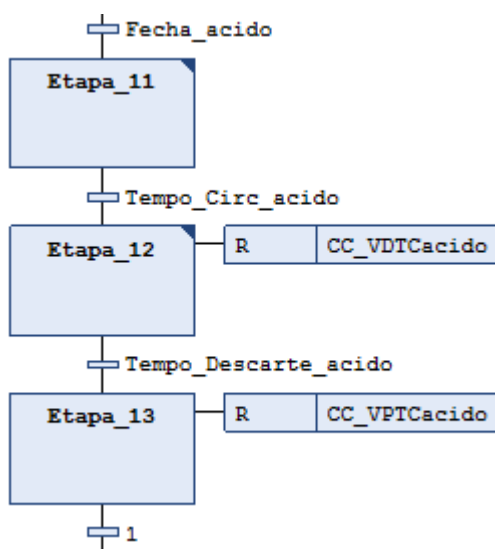
grandes projetos e ela pode ser desenvolvida em qualquer uma outra linguagem 61131. A lógica do SFC é baseada no conceito de passos, transições e ações (FONSECA, et. Al. 2008).

O passo representa o estado atual do programa sendo importante para se conseguir acompanhar todo o desenrolar da lógica programável.

As transições são as condições necessárias para se entrar em cada passo, ou seja, são as restrições ou imposições que deve-se ter para que o programa consiga passar de um passo a outro,

Quando o programa se encontra dentro de um passo, algo deve acontecer ou algo deve ser feito, esse estado é determinado pelas ações, que nada mais são que “tarefas” que devem ser feitas quando o programa entrar em cada passo. Um exemplo da estruturação da linguagem SFC, pode ser observada na Figura 9.

Figura 9 – Exemplo de Linguagem SFC



Na Figura 9 é possível ver a estruturação da linguagem SFC, podendo observar os passos, transições e ações do projeto. De acordo com a figura, o bloco Etapa_11 representa um passo do projeto, seguido de uma transição, representado pela variável Tempo_Circ_acido, seguido de um novo passo, Etapa_12, contemplado pela ação de resetar o estado da válvula representada pela variável CC_VPTCacido. A lógica de sequenciamento funciona da seguinte forma: se o algoritmo estiver no passo Etapa_11 ele somente vai passar para o passo Etapa_12 quando a transição Tempo_Circ_acido for verdadeira. Neste caso, o algoritmo vai resetar a variável CC_VPTCacido.

Dentro de cada passo pode ser desenvolvido um programa em qualquer

linguagem 61131: Ladder, FBD, ST, IL ou até mesmo SFC. Desta forma, é possível modularizar e visualizar de forma muito mais amigável um programa.

Unidade de Programação

Para a programação de um CLP é necessária uma unidade de programação que representa a interface do operador com o CLP. Esta unidade de programação é responsável por funções como:

- Compilar e mostrar erros de lógica no programa usuário
- Enviar o programa do usuário para o CLP
- Visualizar, modificar, controlar o programa
- Simulação da lógica sem necessidade da CPU

Geralmente, cada fabricante de CLP possui sua própria unidade de programação. Por exemplo, no caso do CLP S71200 o software de programação é chamado TIA Portal. Neste caso, o próprio ambiente do sistema possui uma interface de configuração tanto da IHM quanto do CLP onde é possível desenvolver programas, depurar erros, etc. Com relação a programação do CLP, o TIA Portal somente disponibiliza as linguagens de Programação Ladder, FBD e ST (SIEMENS, 2009).

Outro software chamado CODESYS (*Controller Development System*) da empresa 3S-Smart é um ambiente de desenvolvimento de CLPs que segue a especificação e possui todas as linguagens IEC 61131-3. Sua interface de desenvolvimento é gratuita e não é orientado à um tipo específico de CLP e ele possui uma forma amigável de desenvolvimento e de simulação da lógica. Diversos fabricantes de CLP utilizam a plataforma CODESYS (3S-SMART, 2020).

2.6 Sensores e Válvulas

Condutivímetro

O condutivímetro é um instrumento que entra no projeto, para conseguir medir a concentração através da condutância da solução de ácido e soda do sistema de esterilização e limpeza, o mesmo aplica uma tensão entre os dois eletrodos da sonda, gerando assim uma diferença de voltagem entre os eletrodos, que é lida e convertida em *micromhos* ou *microSiemens* por centímetro. Ao atingir-se o parâmetro ideal da concentração, dá-se início aos ciclos de todo o processo de higienização das máquinas envasadoras.

O condutivímetro comunica-se diretamente com o CLP da central CIP, por meio de entradas analógicas, do cartão de entradas e saídas do CLP, onde o mesmo realiza a leitura da condutividade da solução, enviando o valor para o controlador, fazendo com que o mesmo, compare com o ideal, liberando o sinal digital para abertura e fechamento das válvulas de liberação e fechamento de ácido, soda e água, conseguindo assim manter a solução nos parâmetros ideais de circulação.

Figura 10-Condutivímetro



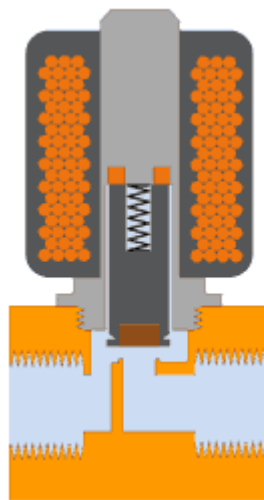
Fonte: Citisystems,2019

Válvulas solenoide

Existe um amplo grupo de válvulas com diversas funcionalidades e aplicações, mas neste projeto as válvulas solenoides são as que devem compor o mesmo. Essas válvulas são compostas por uma bobina ou solenoide, que induz um campo elétrico ao

redor de um êmbolo, constituído de um material ferromagnético, gerando assim um sistema de abertura e fechamento.

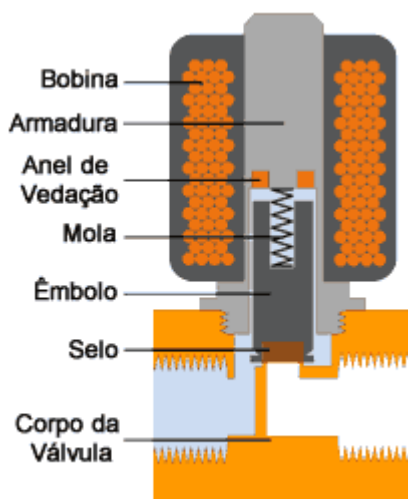
Figura 11- Solenoide energizado



Fonte: TAMENSON,2020.

O sistema funciona da seguinte forma: ao energizar o solenoide, o embolo sobe devido ao campo eletromagnético criado, como mostrado na Figura 11, liberando o fluxo. Quando cessar a energia do solenoide, o embolo desce, bloqueando o fluxo, como mostrado na Figura 12.

Figura 12- Solenoide sem energia



Fonte: TAMENSON,2020.

Observa-se no projeto uma ampla utilização desse tipo de válvula, sendo esse um ponto importante, pois as mesmas refletem cerca de 1/3 do custo total do projeto. O custo estimado de cada válvula solenoide, permeia em torno de R\$900,00. No projeto utiliza-se cerca de 10 válvulas ao todo, tendo assim um custo total de R\$ 9.000,00.

Bomba diafragma

A transferência da soda e do ácido dos reservatórios para os tanques onde dilui-se com água para atingirem a condutividade ideal para circulação no processo de esterilização, projeta-se ser feita por uma bomba diafragma. A figura 13 mostra um exemplo de bomba comercial da empresa ARO.

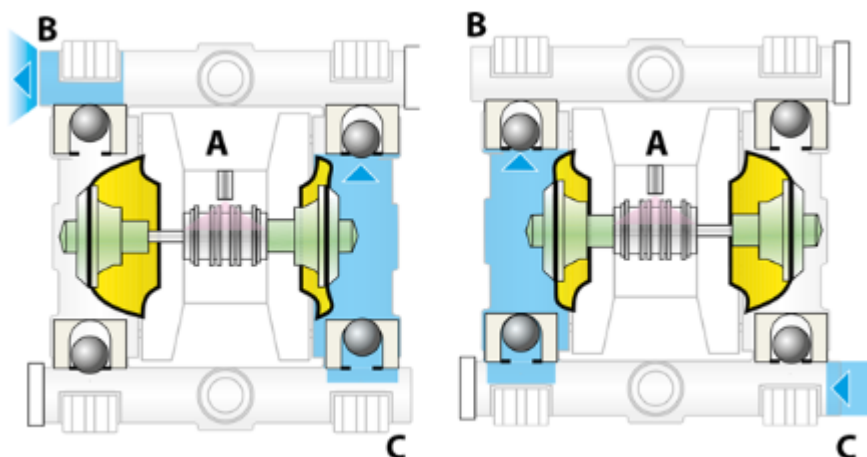
As bombas diafragma são bombas que necessitam de ar comprimido para moverem uma membrana, chamada por diafragma, onde com a introdução do ar, a membrana se desloca de um lado para o outro, gerando uma pressão e um deslocamento positivo do líquido a ser transferido, no caso soda e ácido, hora do lado direito, hora do lado esquerdo, como pode-se observar na figura 14 (STEIGLER,2019).

Figura 13 - Bomba Diafragma



Fonte: ARO, 2015

Figura 14 - Funcionamento Bomba Diafragma



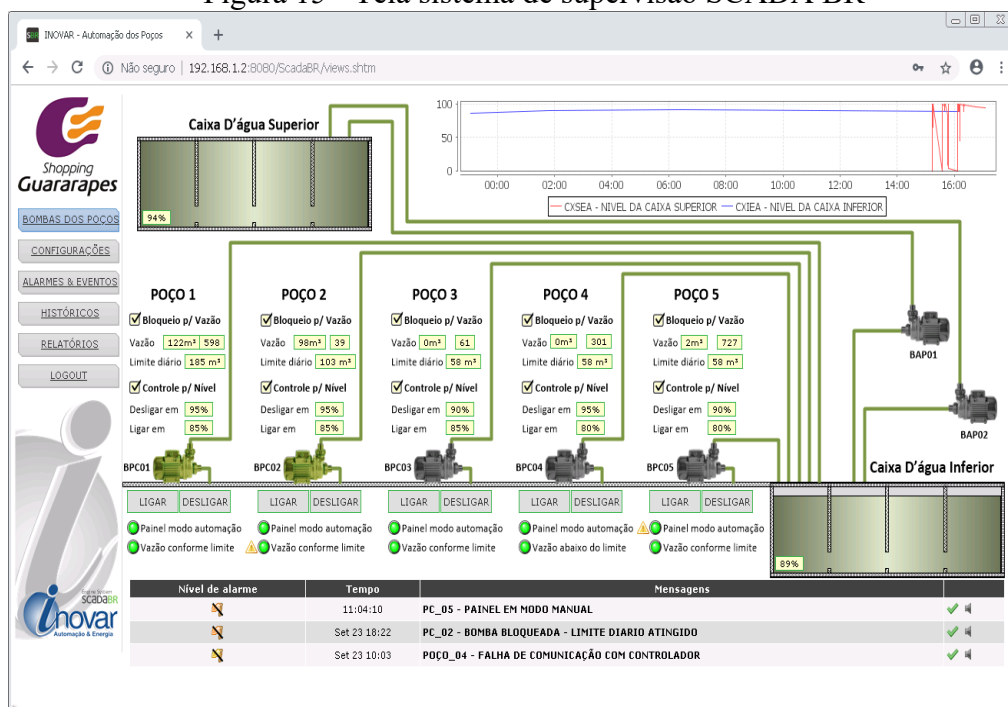
Fonte: PURE WATER, 2020.

O custo aproximado de cada bomba diafragma no mercado atual, gira em torno de R\$ 1.300,00, no projeto, utiliza-se uma para a circulação de soda e uma para circulação de ácido, tendo por total duas, a um custo total estimado de R\$ 2.600,00.

2.7 Sistema de supervisão

São sistemas que realizam o controle dos dados dos equipamentos na indústria em tempo real. E depois, através dos dados armazenados, os sistemas supervisórios SCADA podem gerar desde relatórios estatísticos até relatórios gerenciais para controle de qualidade. A automação industrial, através do sistema SCADA, veio para otimizar e facilitar a produção. Os sistemas SCADA ajudam tanto o operador como o gerente a controlar o processo melhorar o produto. No caso do monitoramento em tempo real, a tela do computador com o sistema SCADA pode funcionar em substituição ou em paralelo a uma IHM (interface homem máquina). Este computador é conectado aos equipamentos através de módulos de comunicação (MORAES, 2018). A figura 15 mostra um exemplo de tela de Supervisório utilizando o software SCADA BR.

Figura 15 - Tela sistema de supervisão SCADA BR



Fonte: MORAES, 2018.

Interface homem Máquina

Apesar de um Supervisório ser também considerado uma interface homem máquina, o termo IHM remete principalmente aos equipamentos de menor tamanho que permite a interação direta do operador no campo com o sistema geralmente através de uma tela gráfica, interface de toque ou botões.

A figura 16 mostra diferentes IHM já com toda a interface de interação com o sistema, sendo utilizada tanto para supervisão, como para interação com a planta controlada do projeto. As IHMs normalmente são instaladas próximo ao processo, e assim permitem a intervenção rápida pelo operador sem a necessidade de ir até uma sala de controle.

A IHM é geralmente um recurso com menor capacidade que um sistema SCADA, porem é um sistema que facilita a operação no campo e permite o acompanhamento em tempo real de suas atuações.

Figura 16 – Exemplo de IHM de diferentes tamanhos da SIEMENS



Fonte: SIEMENS, 2017.

Em relação a este projeto, a interface homem-máquina se dará por uma IHM, onde será implementado toda uma interface de aplicação, para acompanhar como também interferir (operador), caso necessário no sistema de controle de todo o projeto.

Prodwin

Toda empresa atualmente, tem-se alguma forma de acompanhar a produção dos seus produtos, bem como extrair relatórios, descobrir falhas, monitorar em tempo real

os processos, dentre algumas outras opções. Diante disso, a empresa para o qual esse trabalho se desenvolve, utiliza o sistema de gestão e controle da produção, denominado por Prodwin, que é um software que realiza a gestão com apontamento automático de produção em tempo real e o controle da produção através de coletores de dados inteligentes conectados às máquinas ou processos industriais que capturam os dados da produção, como por exemplo, a quantidade produzida, o tempo de parada, refugo, tempo de ciclo, entre outros, e os envia para um sistema inteligente que gera informação estratégica para a gestão da indústria.

Figura 17 - Tela de acompanhamento dos Processos do Prodwin



Fonte: Prodwin,2018.

3 Projeto de melhoria do sistema de Esterilização e Limpeza

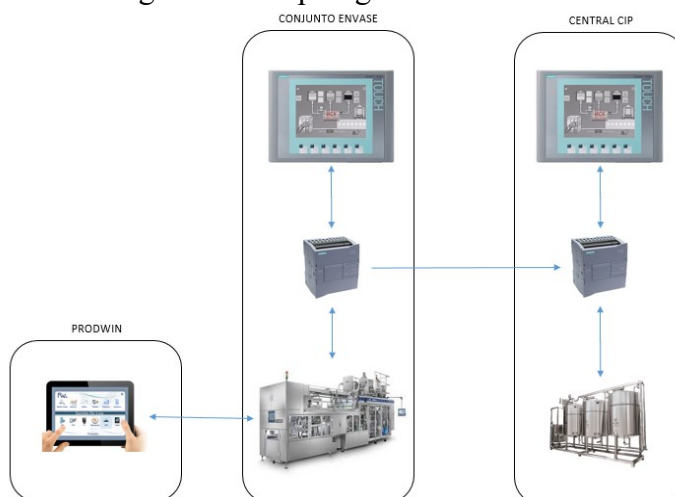
Este tópico descreve o projeto em questão, que tem por objetivo melhorar a automação do sistema de esterilização e limpeza das envasadoras de uma determinada indústria de alimentos. Esse projeto tem efeitos imediatos tanto na parte de redução de tempo e diminuição de perdas, como também na segurança por parte dos operadores do sistema pneumático em questão.

Para isso, na próxima sessão será descrito como é o sistema atual de esterilização e limpeza e nas sessões seguintes serão detalhados a proposta de desenvolvimento deste projeto.

3.1 Descrição do sistema atual

O sistema atual da empresa já possui uma automação no sistema de esterilização conforme mostrado na figura 18.

Figura 18 - Topologia do sistema atual



De acordo com a figura 18, o processo de esterilização é realizado através de dois sistemas: Central CIP e o Conjunto de Envase. Cada um dos sistemas possui um CLP de controle e uma IHM. De forma macro, o processo de CIP é iniciado com o clique de um botão na IHM da envasadora, onde será realizada uma verificação do sistema para que possa começar a partida do CIP. No sistema atual de esterilização e limpeza de uma empresa do ramo alimentício, pode-se contar com 5 ciclos de limpeza, que são:

- Enxágue Inicial: tem por objetivo realizar a primeira remoção de resíduos de suco e de partículas que se encontram nas tubulações.

- Circulação de soda: nessa etapa, libera-se a soda para circulação na tubulação, com o intuito de eliminar bactérias e microrganismos presentes ao longo da tubulação.

- Enxágue: nesse novo processo, usa-se água para a retirada de qualquer resquício de soda na tubulação, deixando a mesma preparada para o início de um novo ciclo.

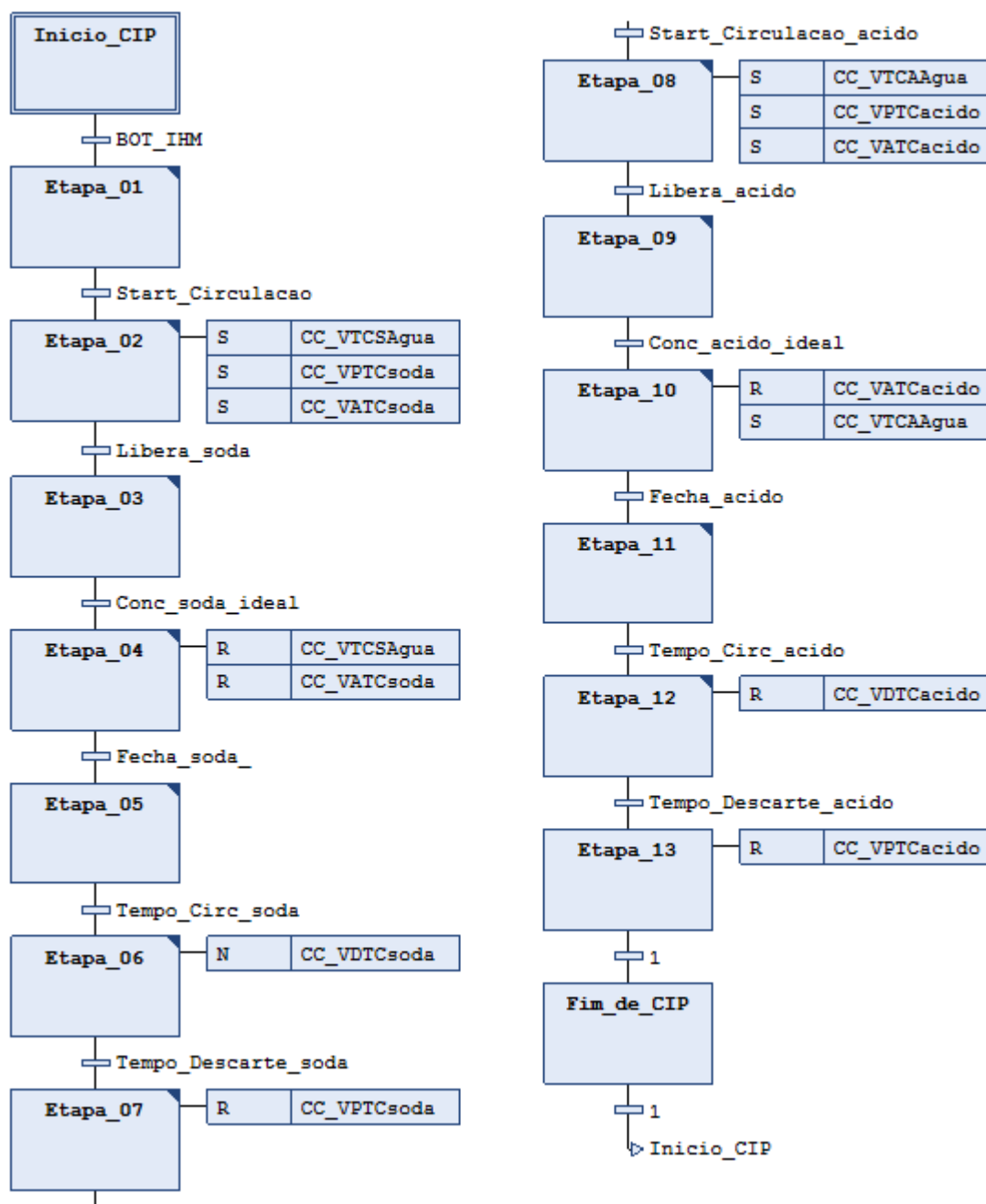
- Circulação de ácido: visa-se nessa etapa, a circulação de ácido na tubulação para também continuar a limpeza e retirada dos microrganismos restantes que ainda ficaram na mesma.

- Enxágue: nessa última etapa, realiza-se o novo enxágue com o intuito de garantir a total retirada da soda da tubulação, liberando assim a máquina para produção.

O processo CIP consiste na higienização e limpeza das máquinas sem a necessidade da desmontagem dos componentes (ANDRADE & MACEDO, 1996; GIBSON, 1999), possibilitando assim uma remoção eficaz de microrganismos que podem contaminar os alimentos.

Após estudo e análise de todo os processos e procedimentos envolvidos no CIP atual, pode-se levantar os dados e etapas para o desenvolvimento do projeto simulado na plataforma de trabalho CODESYS, contemplando todas as válvulas, registros, sensores, com o intuito de simular o ambiente mais próximo ao do campo. Com isso a Figura 19 representa todo o sistema de CIP do projeto atual da empresa, por meio da linguagem de programação SFC, contemplando todas as etapas manuais e automáticas já existente no projeto.

Figura 19 - Procedimento de CIP sistema atual



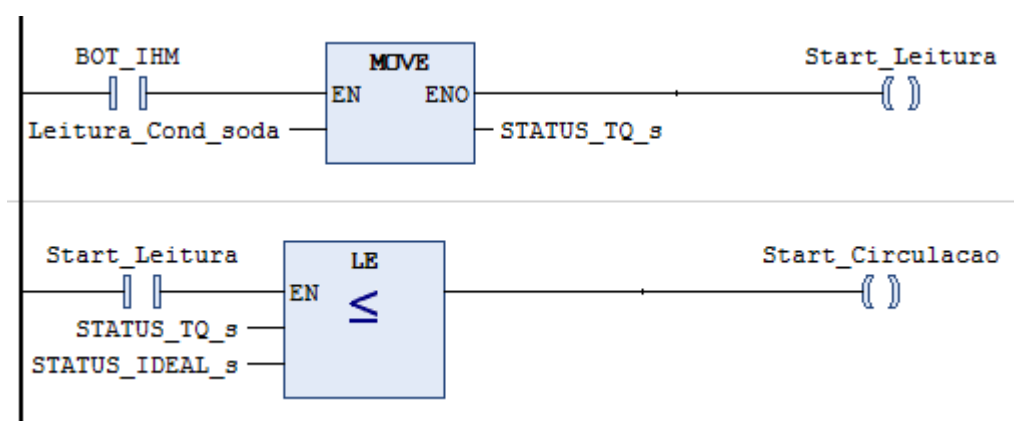
De acordo com a figura 19, pode-se dividir todo o processo em 14 etapas, que são:

Etapa 01 – Entra-se na primeira etapa do processo de CIP, quando o operador da envasadora, clica no botão responsável por dar início a todo o processo, iniciando assim a primeira etapa.

Nessa primeira etapa, com o acionamento do botão da IHM que dá início ao CIP,

a central CIP envia um sinal até o condutivímetro, que está dentro do tanque de soda, para que o mesmo leia a concentração dentro do tanque de circulação de soda e retorne o valor. Após esse retorno, a central guarda esse valor obtido na variável STATUS_TQ_s e o compara com o valor STATUS_IDEAL_s que é o parâmetro ideal que se deve ter para iniciar a circulação de soda durante o processo de CIP. Após a comparação dos valores pelo controlador lógico programável da central CIP, verifica-se que a concentração do tanque de circulação está abaixo da concentração ideal, pois no início do processo não haverá soda alguma dentro do tanque. Com isso a variável Start_Circulacao é acionada, passando assim para a etapa 2. A figura 20 mostra o código correspondente em ladder do acionamento do Start_Circulacao.

Figura 20 - Ladder Etapa 01



Etapa 02 – Na segunda etapa, condiciona-se seu início com a ativação da variável Start_Circulacao, que é a responsável por dar início a etapa de liberação e circulação de soda para o tanque de circulação.

Ao entrar nessa etapa, a central CIP, que gerência todo o processo de CIP, abre as seguintes válvulas para iniciar o processo de circulação:

CC_VTCSAguá - Válvula de entrada de água para tanque de circulação de soda

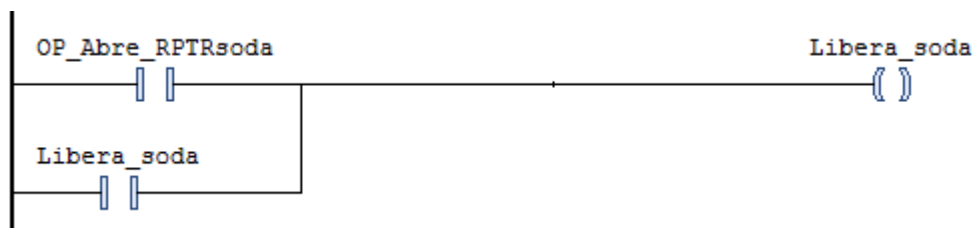
CC_VPTCsoda - Válvula posterior ao tanque de circulação de soda, responsável pela liberação do envio de soda para circulação na envasadora

CC_VATCsoda - Válvula anterior ao tanque de circulação de soda, responsável pela liberação de soda para envio ao tanque de circulação de soda.

Essas válvulas então são acionadas pelo CLP da central CIP, mas ainda não existe circulação de soda no sistema, pelo fato que o registro após o reservatório do tanque reservatório de soda ainda se encontra fechado, necessitando de o operador ir até o

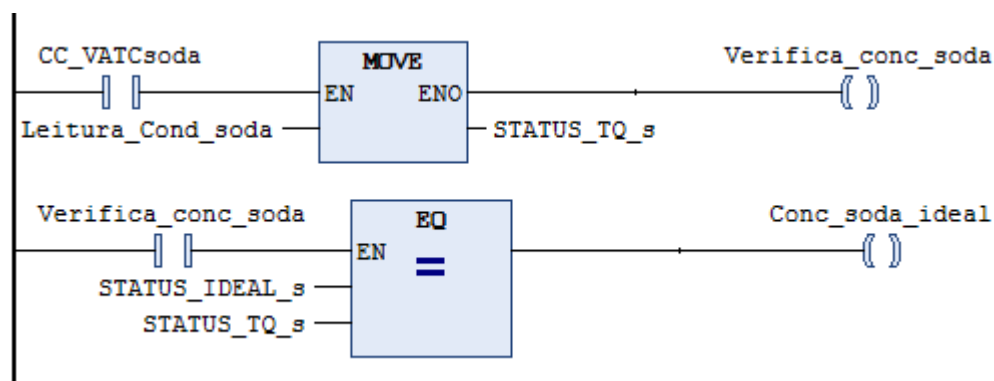
mesmo para liberar soda para o sistema. Após operador realizar manobra de abertura do registro, representada pela variável `OP_Abre_RPTRSoda`, é acionado o contato `Libera_soda`, que tem por objetivo indicar que a soda já fora liberada para o sistema, como pode-se na figura 21, a seguir:

Figura 21 - Ladder Etapa 02



Etapa 03 – Nessa etapa, o operador já abriu o registro de liberação de soda, com isso a válvula que já estava acionada `CC_VATCsoda`, amparada pelo CLP da central, dá início a processo de leitura da concentração de soda, por meio da variável `Leitura_Cond_soda` dentro do tanque de circulação de soda, armazenando em tempo real esse valor na variável `STATUS_TQ_s` e setando a variável `Verifica_cond_soda`, que a todo momento compara o valor ideal da concentração de soda, armazenado na variável `STATUS_IDEAL_s` com o valor atual `STATUS_TQ_s`. Quando essas duas variáveis são iguais, significa que obteve-se a concentração ideal para início do processo de circulação de soda na envasadora, com isso a variável `Conc_soda_ideal` é acionada, como pode-se ver na figura 22, passando assim para a etapa seguinte.

Figura 22 - Ladder Etapa 03



Etapa 04 - Nessa etapa, representada pela figura 23, a concentração de soda já é

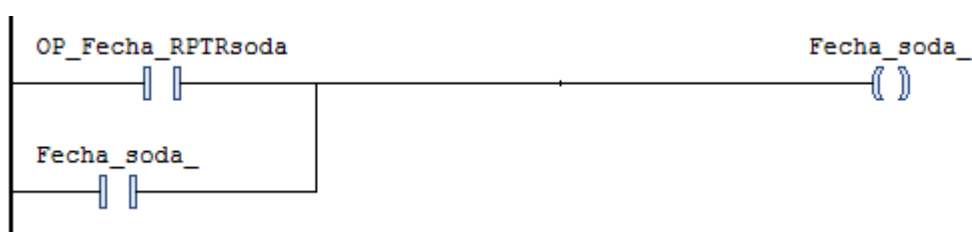
a ideal para início do processo de circulação, com isso a central CIP realiza o RESET das seguintes válvulas:

CC_VTCSAgua - Válvula de entrada de água para tanque de circulação de soda

CC_VATCsoda - Válvula anterior ao tanque de circulação de soda, responsável pela liberação de soda para envio ao tanque de circulação de soda.

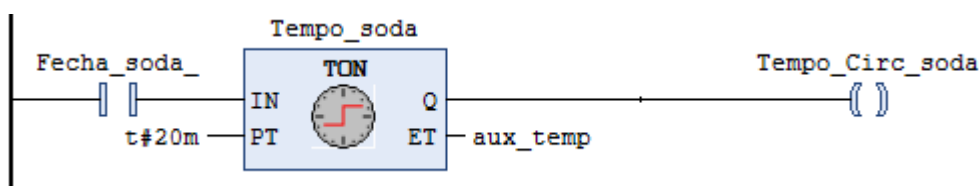
Apesar desse comando enviado pelo CLP da central CIP, a soda ainda se encontra sendo bombeado pela Bomba diafragma para o sistema, devido ao fato do registro pós reservatório de soda ainda não ter sido fechado. O operador então realiza o fechamento do registro, representado pela variável OP_Fecha_RPTRSoda, acionando assim a variável Fecha_soda_, a qual indica que o envio de soda cessou.

Figura 23 - Ladder Etapa 04



Etapa 05 – Com a garantia de que a soda não será mais enviada pela bomba diafragma, graças a ativação da variável (registro) Fecha_soda_, começa-se então nessa etapa o processo de circulação de soda entre o tanque de circulação e a máquina envasadora, por um período fixo de 20 minutos, determinados pelo timer Tempo_soda, sendo que ao final desse tempo, aciona-se a variável Tempo_Circ_soda. Essa etapa só terminará quando finalizar esse tempo de circulação, conforme pode-se notar na figura 24:

Figura 24 - SFC Etapa 05

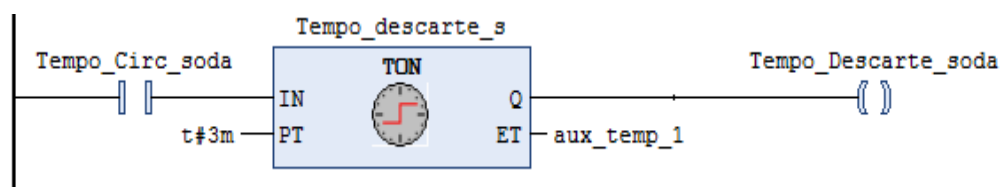


Etapa 06 – Essa etapa inicia-se com o final do tempo de circulação de soda entre a envasadora e o tanque de circulação, sendo essa a etapa responsável pelo descarte da

solução de soda.

Ao entrar nessa etapa, representada pela figura 25, o controlador lógico programável aciona a válvula de descarte da solução de soda, representada pela variável CC_VDTCsoda, que se encontra no tanque de circulação, fazendo com que essa solução de soda seja descartada. A variável Temp_Circ_soda setada na transição anterior, dispara o timer Tempo_descarte_s que determina o tempo de três minutos de descarte da soda, acionado a variável Tempo_Descarte_soda após o termino, como pode-se ver na figura 26, a seguir:

Figura 25 - SFC Etapa 06

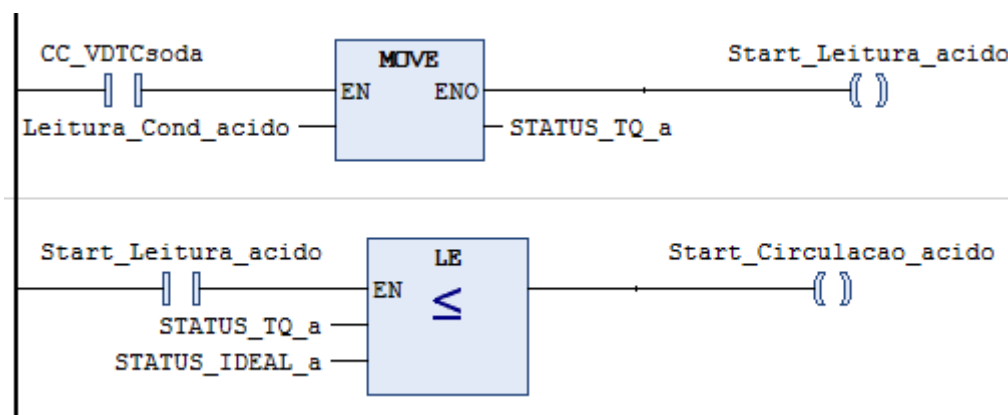


Etapa 07 - A etapa se inicia com o Reset pelo CLP da central CIP, da válvula VP TCsoda, localizada após o tanque de circulação de soda.

Com o comando da válvula de descarte de soda, CC_VDTCsoda, ativo, pois essa válvula é o gatilho dessa etapa, para o condutivímetro realizar a leitura da concentração de ácido no tanque, informação essa que é armazenada na variável Leitura_Cond_acido e mover o valor de concentração de ácido atual do tanque de circulação para ser armazenada na variável STATUS_TQ_a, ativando a variável Start_Leitura_acido, responsável por iniciar o processo de comparação do valor atual de concentração de ácido (STATUS_TQ_a), com o parâmetro ideal armazenado na variável STATUS_IDEAL_a.

Com a comparação já realizada dos parâmetros, nota-se que a concentração atual do tanque é menor que a desejada pelo parâmetro ideal, com isso aciona-se o comando Start_Circulacao_acido, para que na etapa posterior inicie-se o processo de dosagem do ácido. Essa etapa se está representada pela figura 26.

Figura 26 - Ladder Etapa 07



Etapa 08 - Na oitava etapa, representada pela figura 27, condiciona-se seu início com a ativação da variável Start_Circulacao_acido, que é a responsável por dar início a etapa de liberação e circulação de ácido para o tanque de circulação.

Ao entrar nessa etapa, a central CIP, que gerência todo o processo de CIP, abre as seguintes válvulas para iniciar o processo de circulação:

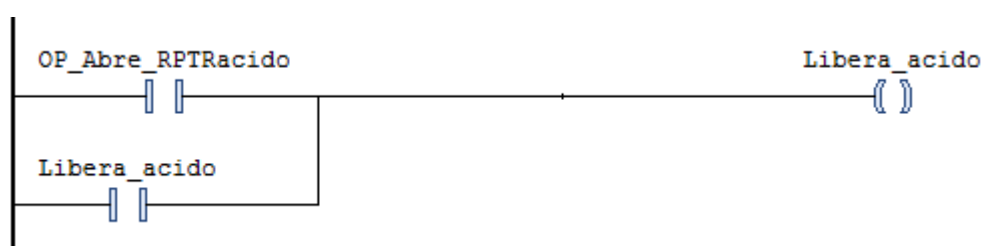
CC_VTCAAgua - Válvula de entrada de água para tanque de circulação de ácido

CC_VPTCacido - Válvula posterior ao tanque de circulação de ácido, responsável pela liberação do envio de ácido para circulação na envasadora

CC_VATCacido- Válvula anterior ao tanque de circulação de ácido, responsável pela liberação de ácido para envio ao tanque de circulação de soda.

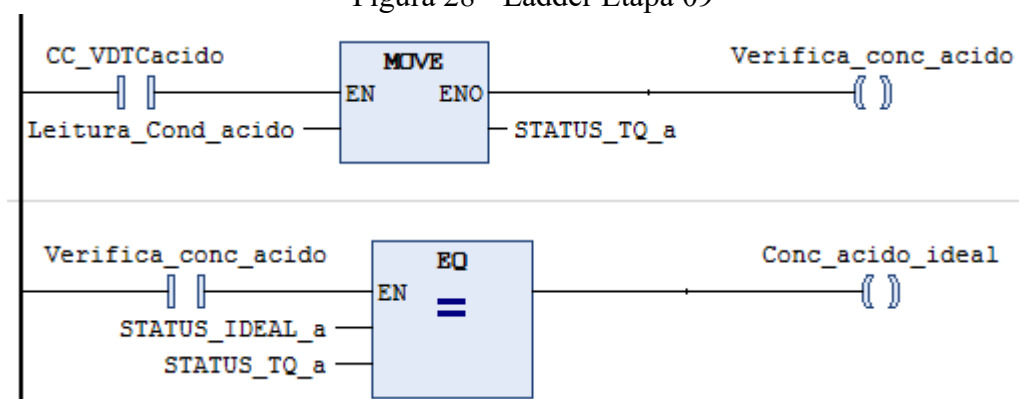
Essas válvulas então são acionadas pelo CLP da central CIP, mas ainda não existe circulação de ácido no sistema, pelo fato que o registro após o reservatório do tanque reservatório de ácido ainda encontra-se fechado, necessitando do operador ir até o mesmo para liberar ácido para o sistema. Após operador realizar manobra de abertura do registro, representada pela variável OP_Abre_RPTRacido, é acionado o contato Libera_acido, que tem por objetivo indicar que o ácido já fora liberada para o sistema.

Figura 27 - Ladder Etapa 08



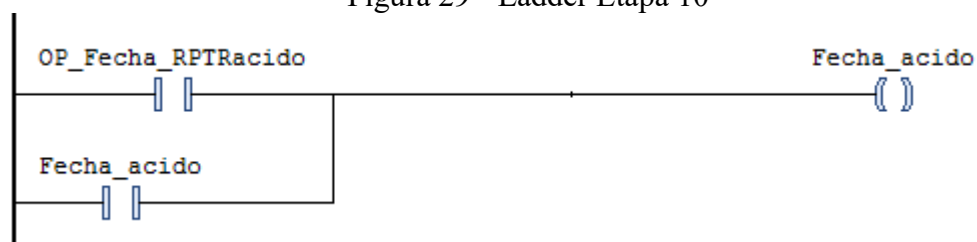
Etapa 09 - Nessa etapa, o operador já abriu o registro de liberação de ácido, com isso a válvula que já estava acionada CC_VATCacido, amparada pelo CLP da central, dá início a processo de leitura da concentração de ácido, por meio da variável Leitura_Cond_acido dentro do tanque de circulação de ácido, armazenando em tempo real esse valor na variável STATUS_TQ_s e setando a variável Verifica_cond_acido, que a todo momento compara o valor ideal da concentração de ácido, armazenado na variável STATUS_IDEAL_a com o valor atual STATUS_TQ_a. Quando essas duas variáveis são iguais, significa que obteve-se a concentração ideal para início do processo de circulação de ácido na envasadora, com isso a variável Conc_acido_ideal é acionada passando assim para a etapa seguinte. A figura 28 resume toda a etapa em questão.

Figura 28 - Ladder Etapa 09



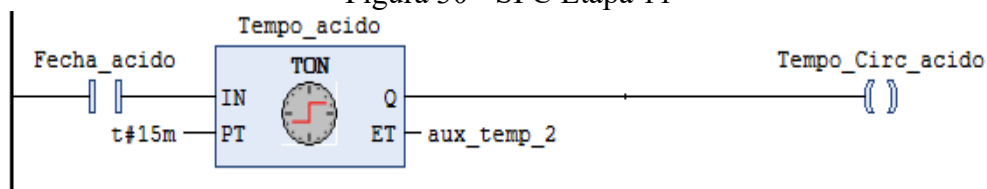
Etapa 10 - Nessa etapa, representada pela figura 29, a concentração de ácido já é a ideal para início do processo de circulação, com isso a central CIP realiza o RESET das válvulas, CC_VTCAAgua, responsável pelo envio de água para o tanque de circulação e a da válvula CC_VATCacido, responsável pela liberação de ácido para envio ao tanque de circulação de ácido. Apesar desse comando enviado pelo CLP da central CIP, o ácido ainda se encontra sendo bombeado pela Bomba diafragma para o sistema, devido ao fato do registro pós reservatório de ácido ainda não ter sido fechado. O operador então realiza o fechamento do registro, representado pela variável OP_Fecha_RPTRacido, acionando assim a variável Fecha_acido, a qual indica que o envio de ácido cessou.

Figura 29 - Ladder Etapa 10



Etapa 11 - Com a garantia de que o ácido não será mais enviado pela bomba diafragma, graças a ativação da variável `Fecha_acido`, começa-se então nessa etapa o processo de circulação de ácido entre o tanque de circulação e a máquina envasadora, por um período fixo de 15 minutos, determinados pelo timer `Tempo_acido`, sendo que ao final desse tempo, aciona-se a variável `Tempo_Circ_acido`. Essa etapa só terminará quando finalizar esse tempo de circulação, como pode-se ver na figura 30.

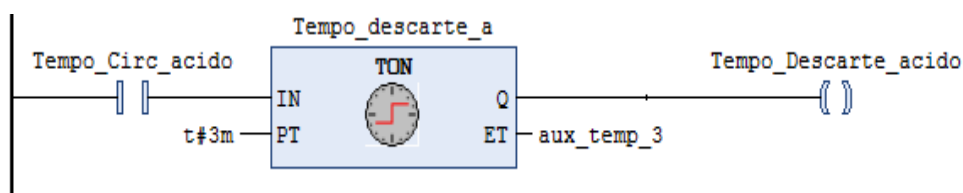
Figura 30 - SFC Etapa 11



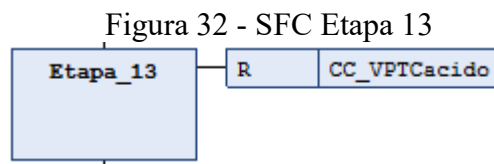
Etapa 12 - Essa etapa inicia-se com o final do tempo de circulação de ácido entre a envasadora e o tanque de circulação, sendo essa a etapa responsável pelo descarte da solução de ácido.

Ao entrar nessa etapa, o controlador lógico programável aciona a válvula de descarte da solução de ácido, representada pela variável `CC_VDTCacido`, que se encontra no tanque de circulação, fazendo com que essa solução de soda seja descartada. A variável `Temp_Circ_acido` setada na transição anterior, dispara o timer `Tempo_descarte_a` que determina o tempo de três minutos de descarte da ácido, acionado a variável `Tempo_Descarte_acido` após o termino, como pode-se ver na figura 31.

Figura 31 - SFC Etapa 12

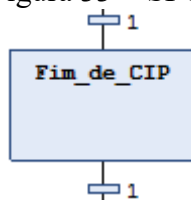


Etapa 13 - Nessa etapa, representada pela figura 32, o tanque de circulação já se encontra vazio, graças ao descarte da solução de ácido feito na etapa anterior, com isso essa etapa consiste apenas no reset feito pelo controlador da central CIP, da válvula pós tanque de circulação de ácido, chamada por CC_VPTCacido, fechando-a.



Etapa 14 - Etapa de confirmação da realização e finalização do CIP da envasadora, sendo representada pela figura 33, a seguir:

Figura 33 - SFC Etapa 14



Pode-se notar nas etapas 02,04,08 e 10 que o sistema atual de esterilização e limpeza, coloca o colaborador da empresa em constante risco de contato com as soluções, devido as etapas manuais, como abertura dos registros que existem no processo descrito acima. Com isso no tópico a seguir, será apontado melhorias na parte de automação do sistema atual, visando eliminar etapas manuais, com o intuito de garantir a segurança do colaborador.

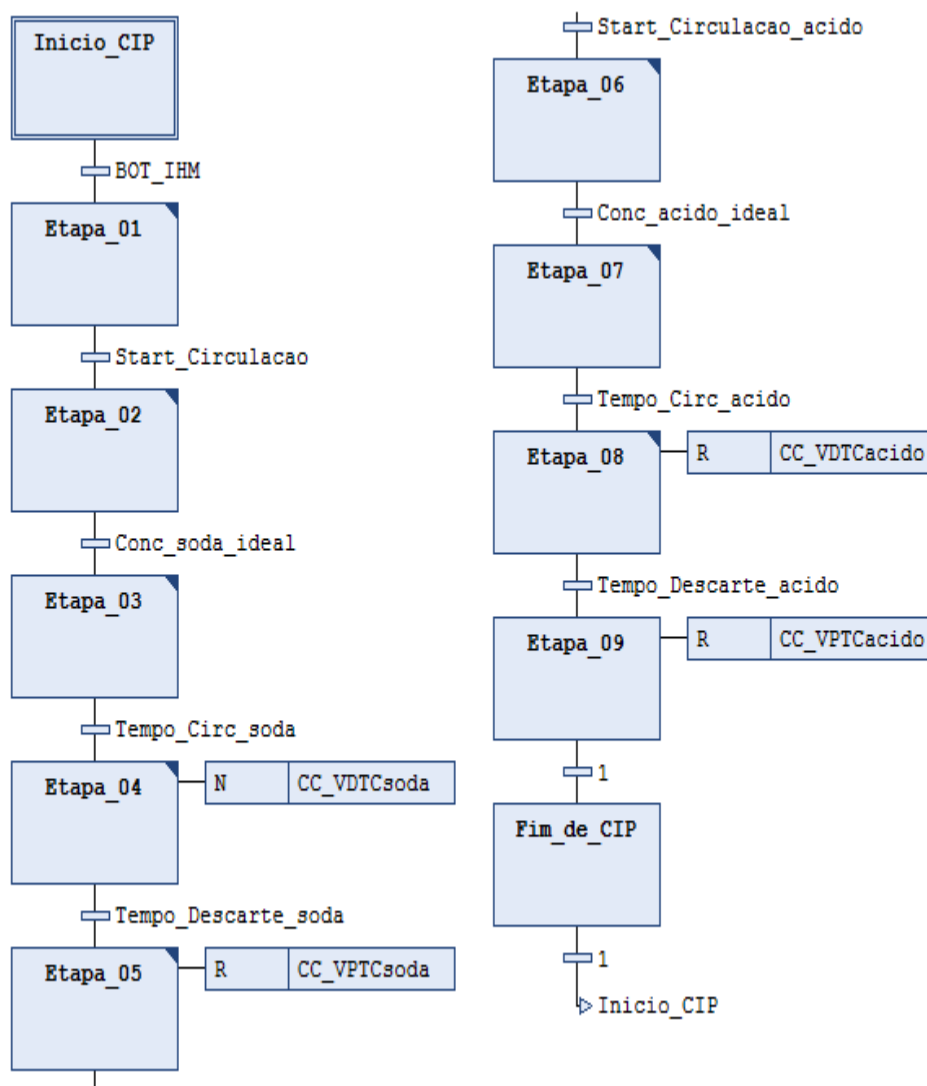
3.2 Proposta de Automação do sistema

A proposta de automação do projeto atual, consiste na implantação de um novo sistema de esterilização e limpeza no processo de CIP da empresa. Este sistema consiste na atuação de três níveis de automação: Sensoriamento, Supervisão e Controle, possibilitando um controle mais seguro de todo o processo de limpeza e esterilização, fazendo com que o colaborador possa com uma interferência mínima realizar de forma assertiva todo o processo sem risco algum a sua integridade.

A proposta consiste em desenvolver um controle de válvulas eletropneumáticas, com o intuito de diminuir a intervenção e contato dos operadores com a soda/ácido, evitando assim acidentes que possam ser gerados devido ao contato com um desses

reagente. A figura 34 mostra um fluxograma da proposta de nova automação do sistema CIP.

Figura 34 - Proposta de automação do sistema



Observado e descrito o funcionamento do projeto atual do sistema de CIP, adotado na empresa em questão, propõe-se então melhorias e adequações em algumas etapas do processo, tendo por objetivo a diminuição total do tempo total de CIP bem como aumento da segurança para o operador da máquina de envase.

As alterações propostas consistem em:

A etapa 01 continua semelhante à do sistema atual, exceto pelo fato de as eletroválvulas CC_VTCSagua, CC_VPTCsoda, CC_VATCsoda serem acionadas

nessa etapa, diferenciando do sistema atual, onde as mesmas são acionadas na etapa 02 do processo.

Outra diferença entre o sistema atual e o proposto na etapa 01, consiste na introdução da eletroválvula CC_VPTRsoda, localizada após o tanque reservatório de soda, em detrimento do registro do sistema atual, no mesmo local, representado no sistema atual pelas variáveis, OP_Abre_RPTRsoda e OP_Fecha_RPTRsoda. Essa alteração consiste em um ponto de automação importante no sistema, pois com isso consegue-se reduzir a dependência operacional do sistema, passando a ser mais autônomo, bem como redução do contato operacional com a soda, eliminando assim a etapa 02 do projeto atual.

No projeto proposto, a etapa 03 do sistema atual passa a ser a etapa 02, sem qualquer alteração.

As etapas 04 e 05 do sistema atual, são resumidas no projeto proposto na etapa 03, pois com a introdução da eletroválvula CC_VPTRsoda, comandada pelo controlador lógico programável da central CIP, retirou-se a necessidade de se ter uma etapa para abertura (etapa 02) e outra para o fechamento (etapa 04), bastando apenas realizar o reset das eletroválvulas acionadas na etapa 01 do sistema proposto, com exceção da CC_VPTCsoda, responsável por dar passagem para circulação da soda entre tanque de circulação e a envasadora.

As etapas 06 e 07 do sistema atual seguem no sistema proposto como as etapas 04 e 05.

A etapa 07 do sistema atual, passa a ser no sistema proposto, a etapa 05, com algumas semelhanças, exceto pelo fato de as eletroválvulas CC_VTCAAguá, CC_VPTCacido, CC_VATCacido serem acionadas nessa etapa, diferenciando do sistema atual, onde as mesmas são acionadas na etapa 08 do processo.

Outra diferença entre o sistema atual e o proposto na etapa 07, consiste na introdução da eletroválvula CC_VPTRacido, localizada após o tanque reservatório de ácido, em detrimento do registro do sistema atual, no mesmo local, representado no sistema atual pelas variáveis, OP_Abre_RPTRacido e OP_Fecha_RPTRacido. Bem como mencionado anteriormente na etapa 01 do sistema proposto, a introdução dessa eletroválvula é de grande valia para se obter um sistema mais autônomo e com menos

etapas, pois com a introdução dessa eletroválvula consegue-se também eliminar a etapa 08.

No projeto proposto, a etapa 09 do sistema atual passa a ser a etapa 06, sem qualquer alteração.

As etapas 10 e 11 do sistema atual, são resumidas no projeto proposto na etapa 07, seguindo a mesma lógica anteriormente mencionada para a circulação de soda.

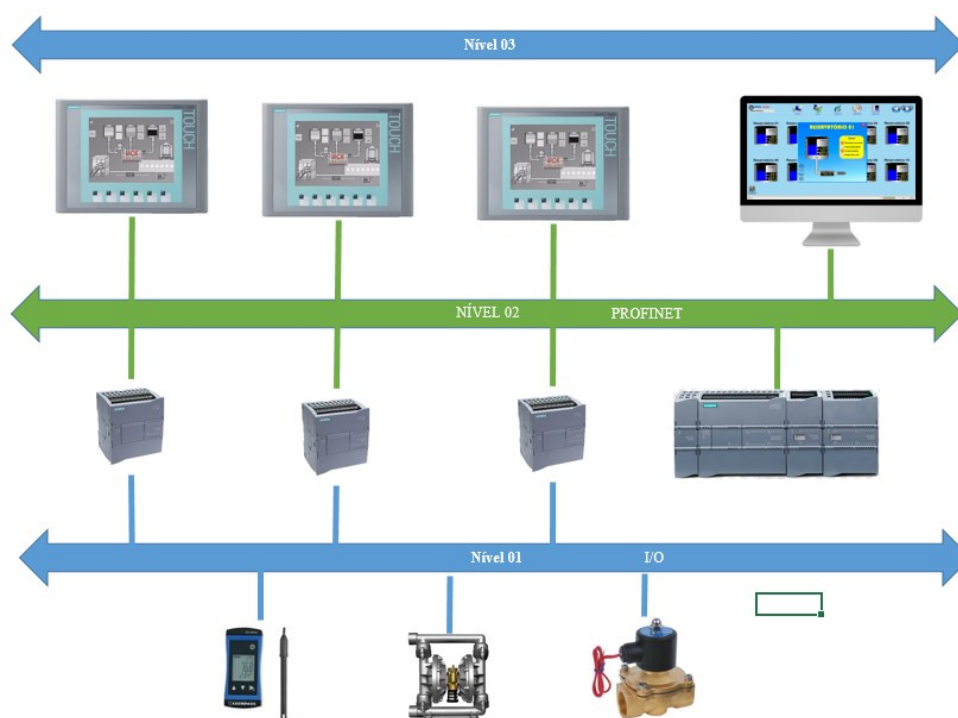
As etapas 12 e 13 do sistema atual seguem no sistema proposto como as etapas 08 e 09.

Diante do proposto no projeto de automação do processo de CIP, o operador de cada envasadora deve intervir apenas na primeira etapa, na qual o mesmo apenas aperta o botão da IHM para desencadear automaticamente todos os processos subsequentes, tornando todo o processo automatizado, seguro e dinâmico, tanto para o colaborador quanto para a empresa.

3.3 Níveis de automação do projeto

O projeto de melhoria no sistema atual de esterilização e limpeza da empresa proposto neste trabalho, visam melhorias nos três primeiros níveis da “pirâmide da automação”, na figura 35 pode-se ver a topologia de comunicação do sistema proposto pelo projeto.

Figura 35 – Topologia de comunicação do sistema proposto



No primeiro nível (válvulas, sensores, atuadores, etc) pretende-se aumentar a quantidade de válvulas de controle, bem como a inserção de atuadores em todo o projeto.

A interferência no segundo nível consiste na alteração da lógica já existente no controlador lógico programável da central CIP, com o intuito de automatizar por completo o processo de CIP da empresa, contemplando com essa nova proposta, todas as eletroválvulas e transmissores que serão inseridos, tendo por intuito reduzir ao máximo a interferência do operador em todo o processo.

Pensando no terceiro nível, o projeto propõe um sistema de supervisão, para que o colaborador e a equipe de manutenção possam acompanhar todo o processo em tempo real, observando seu funcionamento e os possíveis erros que o sistema possa vir a apresentar, para que caso ocorram, a operação consiga de imediato repassar aos manutentores para atuarem na falha.

Nível 1- Válvulas e Instrumentos

O projeto consiste na implementação de válvulas eletropneumática (figura 13), ao longo de todas as três linhas, com o intuito de realizar todo o controle de fluxo tanto de soda, ácido e água do sistema.

Utiliza-se para a parte de controlador os controladores lógicos programáveis, que gerenciaram todos os dados, como também realizaram toda a lógica do processo.

Arelado aos CLP's, a IHM fará a supervisão e interferência quando necessária no sistema de controle do processo todo, podendo ser parte atuante ou não.

A comunicação entre os CLP mestre e as válvulas, será feito através de sinais digitais, onde o mesmo comandará tanto a abertura quanto o fechamento das mesmas. Já o condutivímetro comunicará com os CLP's escravos, por meio das entradas analógicas existentes nos mesmo. Entre os CLP's a comunicação será via Ethernet.

Nível 2 - Sistema de controle

No sistema de controle, será utilizado quatro CLP's fabricados pela empresa Siemens, do modelo S7 1200. Será utilizado a CPU, cujo modelo é o 1214C, possuindo 14 entradas e 10 saídas digitais, possuindo também 2 entradas analógicas.

Os CLP's serão divididos, um para cada linha, no total são três linhas, tendo outro

CLP, para realizar o intertravamento e estabelecer prioridades entre os demais.

Cada CLP “escravo”, que nada mais é que um controlador lógico programável que servirá apenas para realizar a aquisição dos dados vindo das máquinas envasadoras e enviar para o CLP mestre, cujo objetivo é controlar a abertura e fechamento das válvulas. Este “escravo” como entradas, dois condutivímetros (entrada analógica), que serão usados para verificar a concentração ideal da SODA e o ÁCIDO do sistema para início do processo de esterilização e limpeza, sendo mais duas entradas digitais para liberar o processo de controle da Soda e do Ácido. Com relação a saídas, serão necessárias apenas duas saídas digitais para cada CLP “escravo” e 8 saídas digitais para o CLP “mestre”.

Nível 3 – Supervisão do Sistema

No sistema de supervisão do projeto, existem botões para acionamento manual das válvulas para possíveis testes caso alguma venha a dar qualquer problema, juntamente com os botões que proporcionaram dar início a todos os ciclos do processo.

Em outra tela, contempla-se todas as variáveis medidas em tempo real, dos condutivímetros, como também verificar por meio de cores, quais as válvulas que se encontram abertas ou fechadas, para maior controle e verificação de todo o processo em andamento.

Contempla-se em outra tela, a parte de análise de falhas e erros que o sistema possa vir a ter, tornando visual qualquer problema ou erro que venha a gerar durante o processo.

3.4 Metodologia de validação

Conforme já apresentado anteriormente, o projeto encontra-se em processo de desenvolvimento, sendo assim, os resultados obtidos com relação ao tempo e a segurança do mesmo ainda não se encontram integrados. Com isso utiliza-se uma metodologia de validação de cada etapa do projeto, com o intuito de detalhá-las, avaliando cada ponto de vista apresentado.

Validação das válvulas eletropneumáticas: para utilizá-las no projeto, verificaremos a disponibilidade de desenvolvimento de uma linha de ar comprimido exclusiva para a atuação das mesmas, para que não haja qualquer interferência na linha, bem como desenvolvimento de uma linha de alimentação elétrica para as mesmas, com

o objetivo de envio do sinal. Além disso, valida-se a funcionalidade das mesmas, por meio de testes realizados em laboratório, sendo que em caso de sucesso, parte-se para a parte de construção da lógica dentro do CLP.

Validação dos condutivímetros: em primeiro caso, a calibração dos mesmos deve ser feita por empresa terceirizada, para a emissão de laudo de calibração. Com o sucesso da calibração, busca-se em manuais da envasadora SIG, a concentração ideal, tanto de soda, quanto de ácido, que devem ser utilizados para o processo de CIP.

Validação do programa do CLP: para verificar o real funcionamento da lógica criada no controlador lógico programável, pretende-se primeiro realizar testes com uma planta simulada no TIA PORTAL, na qual pode-se notar o funcionamento de todas as válvulas e sensores que devem ser utilizados no projeto, bem como o tempo total que todo o processo será realizado.

Validação do controle pela IHM: com o sucesso da etapa de teste anterior, implementa-se uma interface de controle do processo, por meio de telas de IHM, na qual deve-se observar todo o funcionamento do sistema, possibilitando a intervenção caso necessário, sendo ambiente esse ainda simulado no laboratório, através do software TIA PORTAL.

Validação do sistema de supervisão: a última validação que deve ser feita, consiste na criação do sistema de supervisão (SCADA BR) para a supervisão de todo o projeto, verificando possíveis erros ou problemas durante todo os processos.

4 Resultados

4.1 Validação das válvulas eletropneumáticas

A estrutura de todo o projeto, desde o começo da sua elaboração, visava sempre utilizar as válvulas eletropneumáticas, devido a sua fácil integração com as que já existem no sistema atual, bem como a sua confiabilidade.

Diante do apresentado e da lógica de programação do CLP já criada, fez-se a simulação do funcionamento das válvulas, através de saídas discretas em uma bancada do laboratório C203 na Universidade Federal de Uberlândia, podendo observar o funcionamento e o inter travamento de todas as válvulas durante os processos, mediante o funcionamento verificou-se uma melhora no tempo ao qual abre-se e fecha-se as válvulas, isso se deve devido a automação do projeto, pois agora as mesmas passam de manuais para automáticas.

Toda a estimativa de tempo foi elaborada em cima de medições realizadas por um cronômetro, que era acionado quando o sistema enviava o sinal para liberação da soda e do ácido, e o operador ia até as mesmas realizar a abertura e o fechamento. Com a introdução do sistema automático conseguiu-se ganhar um tempo representativo, como podemos ver na tabela 1.

Tabela 1- Levantamento do tempo de abertura e fechamento

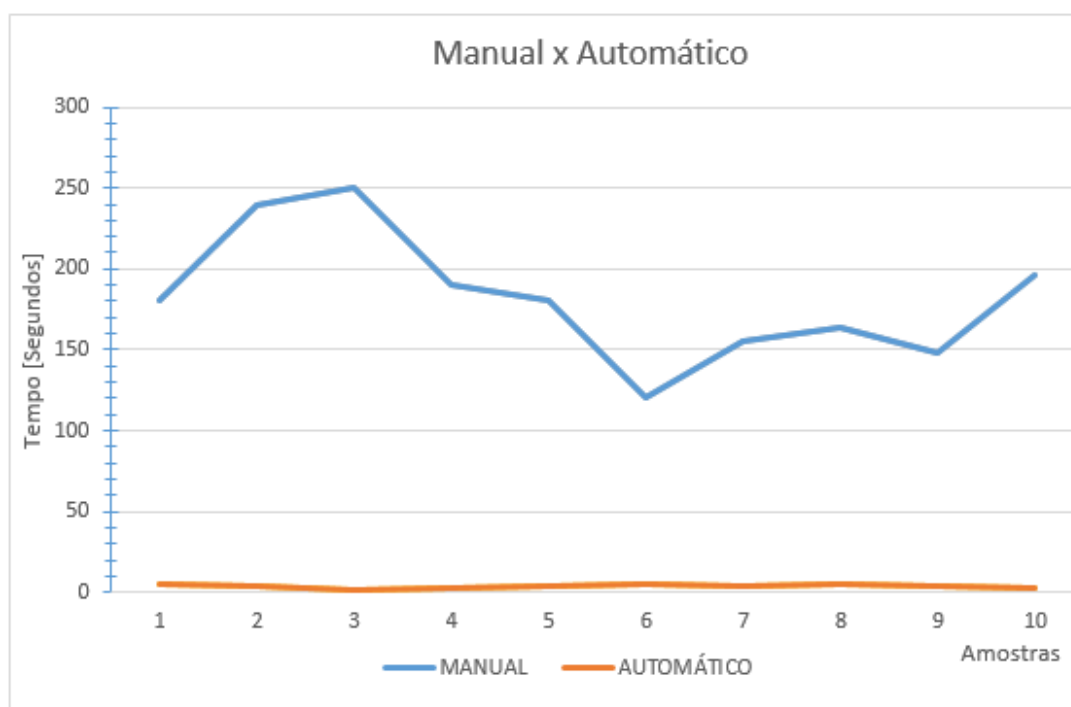
AMOSTRAGEM	MANUAL [s]	AUTOMÁTICO [s]	GANHO EM TEMPO [s]
1	180	5	175
2	240	4	236
3	250	2	248
4	190	3	187
5	180	4	176
6	120	5	115
7	155	4	151
8	164	5	159
9	148	4	144
10	196	3	193
Média	180	4	176

Para montagem da tabela 1 foram realizadas 10 amostragens de tempo de CIP medindo o tempo de abertura e fechamento das válvulas manuais. O tempo representado na tabela nada mais é do que o tempo que o operador demora para acionar

cada válvula. Também foram realizados 10 testes com as eletroválvulas em automático.

Com os dados da tabela 1 foi obtido um gráfico de comparação entre os tempos das válvulas manuais e automáticas mostrado na figura 36. Pode-se notar a discrepância que existe nos tempos de acionamento dos dois sistemas, um com válvula de acionamento manual, que depende exclusivamente do operador para realizar sua abertura, fazendo com que o tempo seja bem maior que o esperado e o outro tipo, uma eletroválvula, que possui acionamento elétrico ao qual está interligada ao programa do projeto em questão, dependendo única e exclusivamente do sinal enviado no início da etapa ao qual a mesma se refere.

Figura 36 -Tempo válvulas em manual x Tempo de válvulas em automático



Na figura 36, pode-se observar que no acionamento manual tem-se um pico na amostragem 03, esse ponto reflete algum problema relacionado a demora por parte do operador em atuar na abertura do registro, seja por negligência ou não acompanhamento do processo por parte do operador, demorando assim a liberar tanto a soda quanto o ácido, refletindo assim em todo os processos subsequentes. Em contrapartida nota-se também na figura 37, que o acionamento das eletroválvulas segue constante, pois o tempo de abertura e fechamento será sempre igual ou parecido, fazendo com que o sistema consiga uma constância maior, podendo assim através da media se conseguir

algo mais próximo do real, para então se conseguir estipular o tempo aproximado de cada etapa, bem como do tempo total de CIP.

Pode-se notar que no caso das válvulas manuais, a média do tempo de acionamento, ficou em 180 segundos ou seja 3 minutos e o tempo de acionamento das eletroválvulas em 4 segundos. Essa discrepância de tempo ficou em cerca de 176 segundos, ou seja, 3 minutos e 56 segundos, tempo que pode-se afirmar que é um tempo perdido, pois não está sendo utilizado para nenhum fim em todo sistema.

Diante dos tempos analisados, pode-se notar o tempo perdido em cada acionamento manual do sistema e mostrar como o projeto de automação do mesmo pode representar um avanço tanto na diminuição de tempo, como na segurança para os colaboradores que operam o mesmo.

4.2 Validação dos condutivímetros

Quando se estava na parte de estudo do projeto, levantou-se toda a estrutura do projeto atual, com isso, deparou-se com a utilização de condutivímetros para realizar a aferição da condutividade da solução água e soda como também água e ácido, contidos dentro do tanque de circulação. Com isso levantou-se, através de manuais da própria envasadora, a concentração ideal na qual a SIG (marca das envasadoras atuais da empresa) necessitava para que pudesse liberar a solução para a circulação da solução soda e água como também a solução ácido e água, os valores ideais são informações confidenciais da empresa, não cabendo informa-las neste projeto.

Diante do proposto, contemplou-se na criação da linguagem LADDER, a concentração ideal ao qual as envasadoras necessitavam, interligando a leitura dos condutivímetros a abertura e fechamento das válvulas eletropneumáticas, realizando assim uma lógica de controle do processo de CIP.

4.3 Validação do programa do CLP

Todo o projeto se baseia na criação uma lógica para interconexão das válvulas juntamente com os condutivímetros presentes nas três linhas de trabalho, que são as linhas das três envasadoras presentes em todo o sistema.

Diante disso buscou-se primeiro um entendimento geral de todo o funcionamento

do sistema CIP, da empresa a qual o projeto se destina, entendendo também todos os instrumentos e equipamentos que compõe todo o sistema, logo após esse entendimento, buscou-se criar o projeto atual no CODESYS, utilizando a linguagem SFC e Ladder, com o intuito de posterior comparação com o projeto proposto.

A próxima etapa do projeto consistiu em realizar as alterações no projeto atual, trocando todo os acionamentos de registros manuais que são feitos no projeto atual, por eletroválvulas, com o intuito de tornar todo o sistema automatizado para que não seja necessário depender de colaborador para realizar a intervenção no sistema para realização do CIP, obtendo assim o projeto proposto em questão, conseguindo assim realizar a comparação do projeto atual versus o proposto.

4.4 Validação do controle pela IHM

Pretende-se realizar todo o controle do projeto, por meio da interface de uma IHM, na qual se pode solicitar a circulação de soda, ácido, bem como o enxague entre as circulações das soluções.

Diante disso, utilizando do programa CODESYS e da linguagem SFC e LADDER já desenvolvidas para o projeto para neste mesmo software, realizar o desenvolvimento de uma tela de comando na qual o usuário consiga comandar todo o projeto por meio da mesma, realizando tanto interferência como supervisão do processo.

Para etapas posteriores, consegue-se desenvolver uma da tela de supervisão bem como tela de controle da IHM, para que com isso os dados do sistema sejam visualizados em tempo real, conseguindo interferir caso alguns parâmetros ou processo não esteja sendo realizado da forma correta.

4.5 Validação dos condutivímetros

Quando se estava na parte de estudo do projeto, levantou-se toda a estrutura do projeto atual, com isso, deparou-se com a utilização de condutivímetros para realizar a aferição da condutividade da solução água e soda como também água e ácido, contidos dentro do tanque de circulação. Com isso levantou-se, através de manuais da própria envasadora, a concentração ideal na qual a SIG necessitava para que pudesse liberar a solução para a circulação da solução (soda + água) como também a solução (ácido + água), os valores ideais são informações confidenciais da empresa, não cabendo

informa-las neste projeto.

Diante do proposto, contemplou-se na criação da linguagem, a concentração ideal ao qual as envasadoras necessitavam, interligando a leitura dos condutivímetros a abertura e fechamento das válvulas eletropneumáticas, realizando assim uma lógica de controle do processo de CIP.

4.6 Validação do programa do CLP

Todo o projeto se baseia na criação de uma lógica em linguagem SFC para interconexão das válvulas juntamente com os condutivímetros presentes nas três linhas de trabalho, que são as linhas das três envasadoras presentes em todo o sistema.

Diante disso buscou-se primeiro um entendimento geral de todo o funcionamento do sistema CIP, da empresa a qual o projeto se destina, entendendo também todos os instrumentos e equipamentos que compõe todo o sistema atual.

Após se ter uma noção de todo o sistema atual, começou-se a etapa de criação da lógica, no programa Codesys, contemplando todas as válvulas e sensores que existiam ao longo dos processos, trocando assim as válvulas manuais, por eletroválvulas, bem como as conectando para criação de todo um intertravamento entre as mesmas, chegando então ao projeto proposto. A seguir pode-se ver na figura 42 o projeto final depurado, no modo simulado no programa Codesys.

O CLP S71200 somente aceita a linguagem Ladder, com isso deve-se converter todo o projeto proposto, desenvolvido na linguagem SFC, para linguagem Ladder, para então conseguir simula-lo em ambiente laboratorial. Essa etapa está comprometida devido a conjunta pandêmica atual, ficando para desenvolvimento posterior

Etapas de implantação

A proposta de melhoria do processo atual, consiste na implantação de automatização em todo o processo, fazendo com que o colaborador tenha contato e interferência mínimo no projeto, tornando-o mais seguro e ágil.

No começo de tudo deve-se trocar todos os registros manuais por válvulas eletropneumáticas, para que possam responder a comandos vindo de um “mestre” que

no caso será o CLP S7 1200 e de uma IHM cujo qual terá por objetivo realizar o controle e intervenção caso necessário no sistema. Diante disso busca-se por meio dessa troca, a não interferência do colaborar na abertura e fechamento manual de qualquer válvula, livrando-o de riscos que podem levar o mesmo a contato direto com os reagentes.

Após a substituição dos registros, levanta-se todas as ligações e prioridades que cada válvula deve possuir, estabelecendo assim uma lógica entre as mesmas, para que o sistema continue funcionando como o anterior, mas de forma mais segura e rápida.

Com a lógica em mãos, consegue-se pular para a próxima etapa, na qual desenvolve-se toda a parte de criação da lógica dentro do software Codesys, contemplando é claro toda a relação e interligação que existem dentro do sistema, finalizando assim a etapa de programação do “mestre”, o CLP S7 1200.

Quando se tem disponível os sensores e atuadores (válvulas e condutivímetros) implementados, juntamente com a lógica do “mestre” criada, pode-se dar início a uma nova etapa, na qual consiste na criação de um sistema que deve proporcionar uma supervisão de todo o projeto, no caso utiliza-se no projeto o software SCADA BR.

Com o sistema supervisor criado, pode-se dar início a fase de testes, no qual consegue-se medir a real diminuição do tempo total de limpeza e esterilização da envasadora, bem como demonstrar toda a eficácia do projeto, no que se refere a diminuição do risco de acidente de trabalho por contato direto com os reagentes químicos, ácido e soda.

4.7 Custo do projeto

Levando-se em consideração que cada envasadora SIG, descrita no projeto, tem produção nominal de 12.000 embalagens por hora, totalizando 288.000 embalagens produzidas em 24 horas, desconsiderando paradas para CIP, enxágue ou quebras.

Faz-se bastante relevante a diminuição do tempo total de CIP, pois com isso consegue-se aumentar a janela de produção da máquina envasadora, aumentando assim todos os dados e valores que aumentam juntamente com a produção.

Com o projeto em questão, o tempo total de CIP, diminui em cerca de 39 minutos, pois em cada etapa, consegue-se diminuir tempos relevantes em cada etapa, diminuindo a ação direta do operador e aumentando a automação do processo, essa redução de tempo de cada etapa é apresentada na tabela 2.

Tabela 2- Análise do tempo gasto do processo de CIP para o sistema atual e proposto

Etapas	Tempo Gasto Atual [minutos]	Etapas	Tempo Gasto Proposto [minutos]
1	1	1	2
2	5	2	15
3	26	3	21
4	5	4	4
5	21	5	2
6	4	6	15
7	5	7	16
8	26	8	4
9	5	9	2
10	16		
11	4		
12	1		
13	1		
Total(minutos):	120m		81m
Total(horas):	2h		1h21m

De posse da informação de que a cada 66 horas a envasadora deve realizar CIP, totaliza de forma aproximada 11 ciclos de CIP por mês, sendo que a cada processo consegue com o projeto proposto em cerca de 39 minutos o tempo total de CIP. Levando essa informação em conta, nota-se que ao final do mês, consegue-se ganhar cerca de 7 horas e 15 minutos de produção a mais todos os meses, totalizando no ano cerca de 85 horas.

Baseando na produção atual de 12.000 embalagens hora, consegue-se produzir cerca de 76.800 embalagens a mais por hora e 1.020.000 embalagens por ano a mais, mostrando que a redução de fato reflete em números consideráveis ao final

De acordo com o observado ao longo de todo o processo de elaboração de um novo projeto para o sistema atual da empresa, chega-se aos equipamentos juntamente com seus custos, listados na tabela 3, para se conseguir implementá-lo.

Nota-se um custo bastante pequeno para a implantação do sistema, baseado na economia de tempo que o mesmo acarretará em cada processo e o impacto gerado na produção a mais de cerca de 1 milhão de embalagens no ano. Baseando em custos estipulados do preço atual de cada embalagem produzida, que é cerca de R\$ 1,00,

consegue-se em números um ganho de R\$ 1.000.000,00 de reais a mais com a redução de 39 minutos do processo de CIP, fazendo com que o projeto se pague em 8 dias de produção.

Tabela 3- Custo dos equipamentos

Itens	Quantidade	Valor	Total
Condutivímetro	6	1600	R\$9.600,00
Válvula Solenóide	10	900	R\$9.000,00
Bomba Diafragma	2	1300	R\$2.600,00
		Total	R\$21.200,00

5 Comentários e Discussões

Após fazer-se um *brainstorming* com toda a equipe de manutenção eletromecânica, conseguiu-se ter o entendimento de todo o processo de realização de CIP, permitindo uma melhor avaliação de todos os pontos a serem melhorados, tanto na parte de tempo, quando ao que se refere a segurança do processo.

Ao longo do desenvolvimento desse novo projeto para a realização do CIP, toda a equipe eletromecânica foi consultada incessantemente para verificar a possibilidade de implementação de cada componente no sistema, com o intuito de viabilizar o desenvolvimento.

Alguns dos componentes como CLP 1200 e algumas eletroválvulas, já se tinha do projeto atual, com isso consegue-se aproveitá-las para o novo projeto, reduzindo ainda mais o custo do mesmo.

6 Conclusão

Este trabalho propôs a melhoria e adequação do sistema de CIP da empresa a qual o projeto foi destino, com o intuito de melhorar a qualidade, eficiência e segurança do mesmo, propiciando a empresa um sistema de esterilização e limpeza mais eficaz e seguro para seus colaboradores e afins, pois o sistema atual da empresa, conta com várias etapas ao longo do seu processo, manuais, que geram perda de tempo do processo e condição insegura para o colaborador, tornando-o processo um tanto quanto inseguro.

Devido ao projeto, o nível tático da empresa, passará a ter maior segurança para com o sistema, pois o operador terá uma menor exposição para com os agentes químicos, bem como a sua maior rapidez, aumentando em cerca de 6 horas e 39 minutos o tempo de produção todo mês, comparando com o sistema anterior. Já na escala gerencial da empresa, nota-se que o custo do projeto, cerca de R\$ 21.000,00, é muito pequeno pelas vantagens que o mesmo pode oferecer mediante as indenizações que a empresa está sujeita a pagar caso algum colaborador sofra algum acidente durante a operação do sistema.

A parte de conversão da lógica de SFC para Ladder e realização de testes em laboratório, segue em desenvolvimento, para que ao final consiga-se ter um modelo já simulado e desenvolvido em ambiente controlado, para então partir para construção e aplicação do mesmo em campo.

O intuito do projeto foi concluído com sucesso, pois através do mesmo, consegue-se ampliar a gama de conhecimento tanto na parte de controladores lógico programáveis, modelagem de sistemas, criação de lógica, bem como na parte de sensores e válvulas aos quais estão inseridos no projeto, possibilitando colocar em prática todo o conhecimento obtido ao longo da graduação.

7 Referências

ANDRADE, N. J.; MACEDO, J. A. B. Higienização na indústria de alimentos. São Paulo: Livraria Varela, 1996. 182 p.

ANDRADE, NÉLIO JOSÉ, Higienização na indústria de alimentos: avaliação e controle da adesão e formação de biofilmes bacterianos, São Paulo - SP, 2018.

ARO, Bombas pneumáticas de duplo diafragma série expert, BRASIL, 2015. Disponível em:
https://www.arozone.com/content/dam/aro/aro-marketing-literature/diaphragm/exp/irits-1215-200_exp-catalog_pt.pdf

BRASIL. art. 19 da Lei nº 8.213/91 Dispõe Das Espécies de Prestações. Diário Oficial da União, Brasília, de 24 de julho de 1991.

CAMPOS, M.C.M.M; TEIXEIRA, H.C.G. Controles Típicos de Equipamentos e Processos Industriais. São Paulo, SP: Ed. Edgard Blucher. 1 ed., 2007.

CATWEB. Tratamento e análise: SmartLab, 2000-2018 . Disponível em:
<https://www.anamt.org.br/portal/2018/04/19/brasil-e-quarto-lugar-no-ranking-mundial-de-acidentes-de-trabalho/>

FRANCHI, C. M.; CAMARGO, V. L. A. de. Controladores Lógicos Programáveis: Sistemas Discretos. 2a ed. São Paulo: Editora Érica, 2009

FERNANDES, A. Z. Anuário estatístico de acidentes de trabalho 2017.. Secretaria de previdência (SPREV), Disponível em:
<http://sa.previdencia.gov.br/site/2018/09/Apresentacao-AEAT-2017-Alexandre-Zioli.pdf>

FONSECA, M. O.; SEIXAS FILHO, C.; BOTTURA FILHO, J.A. Aplicando a Norma IEC 61131 na Automação de Processos, ISA, 2008, ISBN:978-85-61793-00-5

GIBSON, H.; TAYLOR, J. H.; HALL, K. E.; HOLAH, J.T. Effectiveness of cleaning techniques used in the food industry in terms of the removal of bacterial biofilms. *Journal of Applied Microbiology*, v. 87, n. 1, p. 41-48, 1999.

MORAES, LEONARDO - Automação dos poços e supervisão das caixas d'água do Shopping Gararapes, 02 de setembro de 2018. Disponível em:
<http://forum.scadabr.com.br/t/case-de-sucesso-automacao-dos-pocos-e-supervisao-das-caixas-dagua-do-shopping-guararapes-pe/2244>

LUIZ ALBERTO OLIVEIRA LIMA ROQUE, Automação de Processos com Linguagem Ladder e Sistemas Supervisórios, LTC; Edição: 1ª, Obra Nova, 30 de junho de 2014.

MATHIAS, Maíra - EPSJV/Fiocruz. A Ponta do Iceberg. 17/01/2019. Disponível em:
<http://www.epsjv.fiocruz.br/noticias/reportagem/a-ponta-do-iceberg>

Ministério da Fazenda - Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho: AEAT 2017 / vol.1-Brasília:MF,2017. Disponível em:
<http://sa.previdencia.gov.br/site/2018/09/AEAT-2017.pdf>

MORAES; CASTRUCCI. Engenharia de Automação Industrial. [S.l.]: Editora LTC, 2007).

PETRUZELLA, FRANK D. Controladores lógicos programáveis [recurso eletrônico] / FRANK D. PETRUZELLA; tradução: ROMEU ABDO; revisão técnica: ANTÔNIO PERTENCE JUNIOR. – 4. ed. – Dados eletrônicos. – Porto Alegre: AMGH, 2014.

PRODWIN, PW-1 o sistema completo, Brasil, 2018. Disponível em:
<https://www.prodwin.com.br/pt/solucao/>

PURE WATER, Bomba dosadora de duplo diafragma, 2020. Disponível em:
<http://purewaterefluentes.com.br/equipamentos/bomba-dosadora-de-diafragma-pneumatica.html>

SIEMENS, Machine- level visualization with SIMATIC HMI, Germany, 2017.

Disponível em :

<https://c4b.gss.siemens.com/resources/images/articles/dffa-b10135-02-7600.pdf>

SIEMENS, S7 -1200 Easy book, 11/2019. Disponível em:

<https://support.industry.siemens.com/cs/document/39710145/simatic-s7-1200-easy-book?dti=0&lc=en-WW>

SIG COMBIBLOC, O processo de envase asséptico de bebidas, Brazil,2018.

Disponível em:

<https://www.sig.biz/pt/tecnologia/envase/detalhes-do-envase-de-bebidas>

SISLIAN, RODRIGO - Estudo de sistema de limpeza CIP usando identificação de sistemas, Campinas-SP, 2012.

TAMESON. Soleinod Valve – How they work, 2020. Disponível em:

<https://tameson.com/solenoid-valve-types.html>

3S-SMART, 2020 – Codesys Software, 3S-Smart Software Solutions GmbH,

Disponível em: <https://www.codesys.com>, Último acesso: 18/09/2020.