



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA DE
CONTROLE E AUTOMAÇÃO - CECAU**



VITOR GUIMARÃES

**ESTUDO DE CASO: APLICAÇÃO DA NORMA ANSI/ISA-88 NA INDÚSTRIA DE
CONDIMENTOS ALIMENTÍCIOS**

**MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
CONTROLE E AUTOMAÇÃO**

**OURO PRETO – MG
2019**

VITOR GUIMARÃES

ESTUDO DE CASO: APLICAÇÃO DA NORMA ANSI/ISA-88 NA INDÚSTRIA DE
CONDIMENTOS ALIMENTÍCIOS

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro de Controle e Automação.

Orientador: Doutor Agnaldo José da Rocha Reis

Coorientador: Mestre Henrique Nogueira Soares

OURO PRETO – MG
2019

G963e

Guimarães, Vitor.

Estudo de caso: aplicação da norma ANSI/ISA-88 na indústria de condimentos alimentícios [manuscrito] / Vitor Guimarães. - 2019.

66f.: il.: color; tabs.

Orientador: Prof. Dr. Agnaldo José da Rocha Reis.

Coorientador: Prof. MSc. Henrique Nogueira Soares.

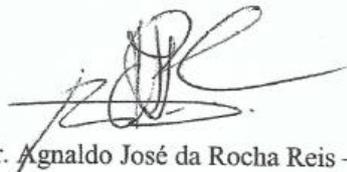
Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia de Controle e Automação e Técnicas Fundamentais.

1. Controlador lógico programável. 2. Sistema supervisorio. 3. ANSI/ISA-88. I. Reis, Agnaldo José da Rocha. II. Soares, Henrique Nogueira. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU: 681.5

Catálogo: ficha.sisbin@ufop.edu.br

A comissão avaliadora constituída pelos professores listados abaixo atesta que a monografia intitulada “Estudo de Caso: Aplicação da Norma ANSI/ISA-88 na Indústria de Condimentos Alimentícios” foi defendida e aprovada em 11 de julho de 2019.



Prof. Dr. Agnaldo José da Rocha Reis – Orientador

Henrique Nogueira Santos
Me. Henrique Nogueira Santos



Prof. Dr. Paulo Marcos de Barros Monteiro – Professor Convidado



Prof. Dr. Henor Artur de Souza – Professor Convidado

Dedico este trabalho aos meus pais, por todo o incentivo, esforço e dedicação para que eu chegasse até aqui.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e familiares, que sempre acreditaram no meu potencial e me deram forças pra concluir mais essa etapa.

À República Quitandinha, por todo o aprendizado, amizade e experiências de vida adquiridos ao longo desses anos.

À Domínio Automação pela oportunidade de crescimento profissional.

À UFOP, Escola de Minas e DECAT pelo ensino público de qualidade.

“O início da sabedoria é a admissão da própria ignorância. Todo o meu saber consiste em saber que nada sei.”
Sócrates

RESUMO

A automação está presente em todos os setores da indústria atualmente, de forma que o número de manufaturas sem nenhum nível de automação está cada vez menor. Sendo assim, a necessidade de normas que regularizem os sistemas de automação se torna cada vez maior, à medida que a indústria caminha para sua quarta Revolução Industrial. Essa necessidade de normas é justificada do ponto de vista econômico, social e ambiental, uma vez que uma produção otimizada tem impacto direto em cada um desses aspectos. Este trabalho busca exemplificar os ganhos obtidos por uma manufatura de processos em batelada ao adotar os padrões propostos pela norma ANSI/ISA-88. Foi feito um estudo de caso na linha de produção de condimentos de uma grande empresa do setor alimentício, analisando seus processos produtivos e desenvolvendo um sistema supervisorio que controlasse toda a planta utilizando conceitos da norma ANSI/ISA-88. Os programas utilizados foram o RSLogix 5000, FactoryTalk View e FactoryTalk Batch da Rockwell Automation e o startup da linha de produção foi concluído com sucesso.

Palavras chave: Controlador Lógico Programável, Sistema Supervisorio, ANSI/ISA-88, Batelada.

ABSTRACT

Automation is present in every industry sector nowadays, in a way that the number of manufactures with no automation whatsoever is gradually smaller. Therefore, the need for rules to administrate automation systems becomes greater, as the industry moves towards its fourth Industrial Revolution. This need for rules is justified by economic, social and environmental aspects, since optimized production affects directly each one of them. This work tries to exemplify the benefits obtained by a batch process manufacture by adopting the rules proposed by the ANSI/ISA-88 standard. A case study was elaborated at the production line of a large food industry manufacturer of condiments, analyzing their production process and developing a supervisory system that could control the whole plant while using concepts from the ANSI/ISA-88 standard. The softwares used in this project were RSLogix 5000, FactoryTalk View and FactoryTalk Batch from Rockwell Automation and the production line startup was successfully concluded.

Key words: Programmable Logic Controller, Supervisory System, ANSI/ISA-88, Batch.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Topologia de um Sistema SCADA.....	20
Figura 2.2 - Lógica de SFC.	22
Figura 2.3 - Relação E/OU do SFC.	23
Figura 2.4 - Modelo Físico.	25
Figura 2.5 - Modelo Procedural.....	27
Figura 2.6 - Hierarquia das receitas.....	29
Figura 2.7 - Transição de estados de elementos procedurais.	32
Figura 2.8 - Etapas do processo de fabricação do ketchup.....	36
Figura 2.9 - Processo de produção da maionese.....	37
Figura 2.10 - Círculo de Sinner.	39
Figura 2.11 - Central CIP.	41
Figura 3.1 - Rack do PLC.....	43
Figura 3.2 - Bloco PID.	44
Figura 3.3 - Arquitetura do sistema.	45
Figura 3.4 - Fases do Ketchup.....	47
Figura 3.5 - Fases da Maionese.	49
Figura 3.6 - Fases do CIP.	51
Figura 3.7 - Exemplo de fases utilizadas.....	53
Figura 3.8 - Comandos utilizados nas fases.	53
Figura 3.9 - Formulação Oleosa.	55
Figura 3.10 - Transferência Oleosa.	56
Figura 3.11 - Estocagem Oleosa.....	57
Figura 3.12 - Formulação Aquosa.	58
Figura 3.13 - Pasta de Tomate.	59
Figura 3.14 - Formulação Ketchup.....	60
Figura 3.15 - Tela de Alarmes.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Estados de comandos de elementos procedurais	31
---	----

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABIA	Associação Brasileira das Indústrias de Alimentos
ANSI	American National Standards Institute
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CIP	<i>Cleaning In Place</i>
CLP	Controlador Lógico Programável
CNNPA	Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos
FBD	Diagrama de Blocos Funcionais
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEC	International Electrotechnical Commission
IHM	Interface Homem Máquina
IL	lista de Instruções
ISA	The International Society of Automation
PIB	Produto Interno Bruto
PID	Proporcional Integral Derivativo
SCADA	Sistema Supervisório e de Aquisição de Dados
SFC	Diagrama de Fluxo Sequencial
ST	Texto Estruturado
TA	Tecnologia da Automação
TI	Tecnologia da Informação

SÚMARIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Formulação do Problema.....	14
1.2	Justificativa.....	15
1.3	Objetivos.....	16
1.3.1	Objetivo Geral	16
1.3.2	Objetivos Específicos	16
1.4	Metodologia.....	16
1.5	Estrutura do Trabalho	17
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1	O CLP.....	18
2.2	Linguagens de programação do CLP.....	18
2.3	Sistemas Supervisórios	19
2.4	Tipos de Manufaturas	20
2.5	SFC	21
2.6	A norma ANSI/ISA-S88.....	23
2.7	O Modelo Físico	24
2.8	O Modelo Procedural.....	26
2.9	Receitas (<i>Recipes</i>).....	27
2.10	Tipos de Controle	29
2.11	Estados e Comandos do controle de batelada.....	30
2.12	Conceitos básicos sobre condimentos	34
2.13	Composição e produção do Ketchup.....	35
2.14	Composição e produção da Maionese	36
2.15	O processo de limpeza Clean in Place (CIP).....	38
2.16	Procedimentos do CIP	39
2.17	O equipamento do CIP	40
3	ESTUDO DE CASO	42
3.1	O PlantPAx	42
3.2	Implantação da solução	42
3.3	Arquitetura do sistema.....	44
3.4	Modelagem de processos (Ketchup).....	45
3.5	Modelagem de processos (Maionese).....	48
3.6	Modelagem de processos (CIP).....	50
3.7	Lógicas de Controle do PLC	52

3.8	Benefícios obtidos com a utilização da norma ANSI/ISA-88.01	54
3.9	O Produto Final	54
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62
4.1	Conclusão	62
4.2	Sugestões para trabalhos futuros	62
	REFERÊNCIAS	64
	ANEXO.....	66

1 INTRODUÇÃO

O ciclo de vida dos produtos no mercado atual está cada vez menor, tornando a necessidade por inovações e a competição cada vez maiores. Tendo isso em vista, as indústrias estão reexaminando seus investimentos em tecnologia para adquirir vantagens competitivas. Com isso, fornecedores de *hardware* e *software* de controle de processos têm oferecido uma vasta gama de soluções para atender ao mercado, aumentando a necessidade de normas e padrões (GALANTE, 2019).

O padrão ANSI/ISA-88 foi desenvolvido com a intenção de unificar o escopo das manufaturas de processos através de um *framework* comum, permitindo que engenheiros, operadores, vendedores e clientes tivessem uma linguagem clara para projetar e descrever fábricas. Apesar do padrão ter sido muito bem elaborado, provou-se que o mesmo serve mais como uma forma de referência para engenheiros de automação do que uma diretriz a ser seguida de forma rígida (PARSHALL; LAMB, 2000, ISA, 1995).

Graças aos avanços tecnológicos, a integração de sistemas de automação e o uso de softwares de gerenciamento atingiram patamares que permitem o controle de processos a partir de uma única sala de operação, tornando a comunicação e gestão de operações uma tarefa mais ágil e eficaz. Juntamente com a possibilidade de agrupar o controle das operações em um único ambiente, cada etapa do processo é facilmente monitorada e capaz de fornecer dados instantaneamente (PESCIO, 2016).

Este trabalho foi desenvolvido com base na aplicação *in situ* da solução PlantPax da Rockwell Automation em uma fábrica de grande porte de condimentos alimentícios, analisando como a aplicação das normas propostas pelo comitê SP88 permitiram a elaboração de um sistema supervisório capaz de monitorar e controlar uma linha de produção de condimentos.

1.1 Formulação do Problema

O Brasil passou por uma grave recessão econômica nos últimos anos. Entretanto, de acordo com a Associação Brasileira das Indústrias de Alimentos (ABIA), a indústria alimentícia cresceu 4,6% em 2017, atingindo a marca de R\$ 642 bilhões de faturamento, correspondendo a aproximadamente 10% do Produto Interno Bruto (PIB) do país naquele ano e representando um crescimento de 1,25% na produção alimentícia (DUAS RODAS, 2018).

O setor alimentício emprega 1,6 milhões de funcionários entre 32,5 mil empresas e tem um valor bruto de produção de R\$ 550,8 bilhões, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2014. A produção de especiarias, molhos, temperos e condimentos cresceu de 764.112 toneladas em 2006 para 1.425.569 em 2015, simultaneamente com uma capacidade ociosa de 20,3%. (sendo que a capacidade ociosa corresponde ao volume efetivamente produzido e aquele que poderia ter sido produzido com o uso pleno da capacidade instalada). Isso demonstra que esse setor da indústria pode ser otimizado e conseqüentemente, gerar mais empregos e capital (VIANA, 2018).

Na atual conjuntura econômica e dada a importância da indústria alimentícia para a economia do país, surge o questionamento: haveria uma forma de otimizar segmentos da indústria alimentícia para permiti-la movimentar mais do que apenas 10% do PIB nacional?

1.2 Justificativa

A habilidade de adequar, de forma rápida e eficaz, o desempenho de processos manufaturados às decisões de solicitação de demanda é uma das maiores condições para se determinar a eficiência econômica de uma fábrica. Com isso, a capacidade de compreender e empregar as melhores práticas da Tecnologia da Informação (TI) juntamente com a Tecnologia da Automação (TA) para adquirir dados diretamente do chão de fábrica e utilizá-los em ambientes virtuais podem trazer inúmeros benefícios à indústria manufatureira (GAMA, 2011).

Levando em conta os aspectos socioeconômicos, a discussão automação versus emprego tende a remeter sempre à ideia de que, com o crescente uso e aperfeiçoamento de técnicas automatizadas, haverá menos empregos. Entretanto, é possível observar que a longo prazo, os ganhos na produtividade exercem um efeito positivo sobre a quantidade de empregos. Um bom exemplo seria a máquina a vapor que, anos após ter sido inventada, foi um agente propulsor da Revolução Industrial (FERREIRA; BORGES, 1984).

Do ponto de vista da eficiência energética, empresas que buscam controlar os gastos com energia elétrica devem fazer investimentos na área de automação a fim de otimizarem seus processos, uma vez que, com os dispositivos corretos, é possível executar comandos, obter dados e controlar parâmetros de processo automaticamente, minimizando a intervenção humana e conseqüentemente, a margem de erros. Com uma produção otimizada, tem-se um gasto energético menor e, com isso, tem-se um menor impacto ambiental (FORNAZARI; BORGES, 2016).

O avanço tecnológico da automação desenvolveu ferramentas capazes de tornar o trabalho mais produtivo, seguro e de maior qualidade. Ao mesmo tempo, a competitividade também trouxe à indústria uma busca maior por produtividade e qualidade, impulsionando investimentos cada vez maiores em sistemas automatizados. Portanto, pode-se afirmar que o estudo de modelos que busquem otimizar a produção através do uso controladores lógicos programáveis (CLPs) e sistemas supervisórios em manufaturas é um assunto a ser explorado por razões econômicas, sociais e ambientais, por incentivar a indústria gerando empregos e com isso movimentando a economia e também reduzindo o custo energético da produção.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desse trabalho é contribuir no estudo da integração de sistemas de automação aplicados à indústria alimentícia com a utilização da norma ANSI/ISA-88, apresentando a análise do desenvolvimento e integração de um sistema de automação à linha de produção de uma fábrica de condimentos de grande porte.

1.3.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- Desenvolver um sistema supervisório para controlar uma linha de produção de uma fábrica de condimentos;
- Aplicar os conceitos da ANSI/ISA-88 na fábrica estudada;

1.4 Metodologia

Primeiramente, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre controladores lógicos programáveis, sistemas supervisórios e a norma ANSI/ISA-88, dando ênfase ao estudo de controle de bateladas, e o processo de fabricação de ketchup e maionese, utilizando-se de artigos científicos e base de dados disponíveis na literatura atual. Posteriormente, os processos modelados foram analisados de acordo com as normas estudadas na revisão bibliográfica. Utilizou-se o software RSLogix 5000 para a elaboração do programa do controlador, o software FactoryTalk View para o sistema supervisório e o programa FactoryTalk Batch para a elaboração e gestão das receitas, de acordo com a solução PlantPAx proposta pela Rockwell

Automation. Por fim, acompanhou-se os testes de campo de comissionamento de equipamentos e validação da solução integrada desenvolvida.

1.5 Estrutura do Trabalho

No primeiro capítulo fez-se uma breve introdução acerca de controladores lógicos programáveis, ANSI/ISA-88 e o mercado de alimentos no Brasil nos últimos anos, contendo a formulação do problema, a justificativa, os objetivos, a metodologia empregada e a estrutura do trabalho. Já o segundo capítulo refere-se a um estudo de revisão bibliográfica a respeito de controladores lógicos programáveis, sistemas supervisórios, a produção de condimentos (ketchup e maionese) e o processo de limpeza *Cleaning In Place* (CIP). O terceiro capítulo diz respeito a um estudo de caso da implantação da solução PlantPax para administrar a linha de produção de uma fábrica de condimentos de grande porte. Por fim, o quarto capítulo contém a conclusão deste trabalho e as sugestões de trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O CLP

Um Controlador Lógico Programável (CLP)¹ é um computador que monitora entradas e saídas (analógicas e digitais) e toma decisões baseadas em lógicas para processos automatizados. Foram introduzidos nos anos 60 com o intuito de substituir os painéis elétricos com relés utilizados na época, uma vez que o sistema de relés é propenso a falhas e tende a responder de forma lenta. Por isso, a linguagem de programação Ladder, utilizada nos controladores, se assemelha aos diagramas elétricos (MACHINE DESIGN, 2015).

Os CLPs são altamente robustos para serem capazes de operar normalmente em ambientes industriais considerados hostis (condições extremas de temperatura, poeira, resíduos, umidade etc.). São equipamentos modulares, compostos por uma unidade de processamento central (CPU), que geralmente é um microcontrolador de 16 ou 32 bits, um módulo de memória ROM/RAM que armazena o sistema operacional do CLP e as informações adquiridas pelos módulos I/O que, por sua vez, farão a comunicação entre os dispositivos de campo (sensores, relés, válvulas, *switches* etc.). Por fim, o CLP necessita de um módulo de comunicação (serial, ethernet, Devicenet etc.) para se comunicar com outros dispositivos como uma Interface Homem Máquina (IHM) ou um computador, necessário para a programação do mesmo (ALL ABOUT CIRCUITS, 2018).

2.2 Linguagens de programação do CLP

Atualmente são utilizadas cinco linguagens de programação para CLP definidas pelo padrão International Electrotechnical Commission (IEC 6113-1) (INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, 2019). A linguagem mais comum é a linguagem Ladder. A lógica Ladder é baseada nos diagramas de relés elétricos onde os elementos do programa (contadores, contatos, chaves de nível e blocos de operações matemáticas) são interpretados da esquerda para a direita em uma linha. Cada linha possui uma única saída, mas uma mesma saída pode aparecer em mais de uma linha (MACHINE DESIGN, 2015).

Em seguida, tem-se o Diagrama de Blocos Funcionais (FBD). Essa linguagem descreve funções entre variáveis de entrada e de saída. As funções são representadas por blocos e essa linguagem

¹ *Programmable Logic Controller* (PLC), do inglês.

é amplamente utilizada para lógicas de sistemas de controle interconectados (MACHINE DESIGN, 2015).

A Lista de Instruções (IL) é uma linguagem mais simples, com funções e variáveis definidas por uma lista simples. De certa forma, se assemelha à linguagem Assembly de programação e uma de suas grandes vantagens é a rápida velocidade de processamento (WISDOMJOBS, [s.d.]).

A quarta linguagem é o Texto Estruturado (ST). É uma linguagem de alto nível, similar a PHP, Python ou C, onde os programadores utilizam sentenças, instruções e declarações de variáveis para executar uma rotina (MACHINE DESIGN, 2015).

Por fim, a quinta linguagem é o Diagrama de Fluxo Sequencial (SFC). O SFC é uma forma eficiente de programar sistemas de controle complexos. Ele utiliza blocos de função que executam suas próprias sub-rotinas, dividindo tarefas complexas em tarefas menores de gerenciamento mais simples (MOTION CONTROL TIPS, [s.d.]).

2.3 Sistemas Supervisórios

Sistemas supervisórios são, de uma maneira geral, sistemas de arquitetura aberta que integram e coordenam processos individuais, monitorando variáveis de processo e módulos de controle. São basicamente uma camada de software sobreposta ao hardware de forma interfaceada através de um controlador lógico programável (DANEELS; SALTER, 1999).

Uma forma mais específica para se referir ao sistema supervisório seria Sistema Supervisório e de Aquisição de Dados (SCADA). Os sistemas SCADA eram inicialmente telemétricos, capazes de mostrar os estados de processos através de um painel com lâmpadas e indicadores. À medida que a tecnologia evoluiu, os computadores passaram a fazer parte do processo produtivo das indústrias, e conseqüentemente na supervisão do mesmo. Com isso, os sistemas supervisórios evoluíram de apenas uma interface para o operador e passaram a executar três atividades básicas: supervisionar (monitorar processos), operar (ligar e desligar equipamentos ou mudar seus modos de operação) e controlar a produção (juntamente com um CLP, ajustando

setpoints de acordo com o comportamento do processo). Além disso, um sistema supervisório é caracterizado por ser tolerante a falhas, disponibilizar dados visualmente, fazer a aquisição de dados do processo e processar eventos e alarmes. A topologia básica de um sistema SCADA pode ser observada na Figura 2.1 (SOUZA, 2005).

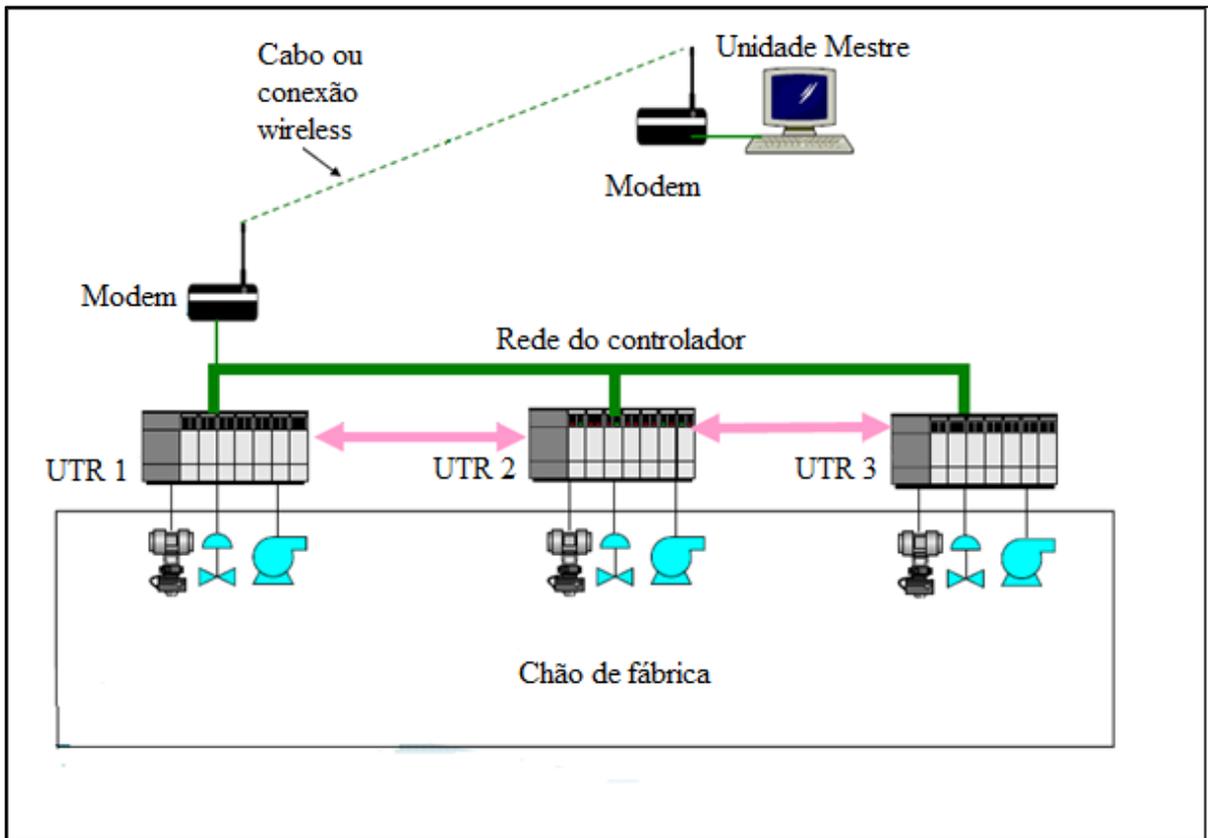


Figura 2.1 - Topologia de um Sistema SCADA.

Fonte: (AUTOMATIONFORUM, 2017).

2.4 Tipos de Manufaturas

Segundo Parshall e Lamb (2000), manufatura é o processo de transformação de matérias primas em produtos terminados para comercialização. O termo também contempla processos de elaboração de produtos semi-faturados, desde o artesanato até a alta tecnologia. Neste trabalho, são abordados os seguintes tipos de manufatura: Discreta, Contínua e Batelada.

Discreta: nas manufaturas discretas, as partes que compõe um grupo são movidas de uma estação de trabalho para outra, ganhando valor em cada etapa. Entretanto, nenhuma dessas

partes sofre alterações significativas, mantendo sua identidade. Um exemplo clássico desse tipo de manufatura é a indústria automobilística (AGOSTINHO, 1996).

Contínua: manufaturas contínuas mantêm um fluxo ininterrupto de materiais através do equipamento de processamento. O objetivo é chegar ao produto final no menor espaço de tempo possível. Portanto, as características principais deste tipo de processo são o alto volume de produção e a baixa variabilidade. Ex: Refinaria de gasolina (PERALES, 2001).

Batelada (Batch): uma manufatura em batelada consiste na produção de quantidades finitas de um determinado produto após submeter uma quantidade finita de material de entrada à um conjunto de atividades unitárias de processamento em um período de tempo finito. É um processo descontínuo e não discreto. Exemplos de processos em batelada: indústria farmacêutica e alimentícia (PARSHALL, LAMB, 2000).

2.5 SFC

O SFC, como citado anteriormente, é uma linguagem de programação reconhecida pela IEC-61131-3, entretanto, essa linguagem também pode ser utilizada na documentação de uma metodologia de trabalho através de blocos, chamados de passos (*steps*), ligados através de linhas verticais. O passo inicial sempre será representado por uma caixa contornada. As transições são representadas por linhas horizontais cortando as linhas que conectam dois passos distintos e um passo pode estar ativo ou inativo em um determinado instante. A partir de uma transição, o passo ativo se torna inativo e o passo subsequente (antes inativo) se torna ativo. Uma transição pode ser verdadeira em mais de uma ocasião, porém, um passo só se tornará ativo se o passo anterior a ele estiver sendo executado quando a transição for disparada, conforme observa-se na Figura 2.2 (PARSHALL; LAMB, 2000).

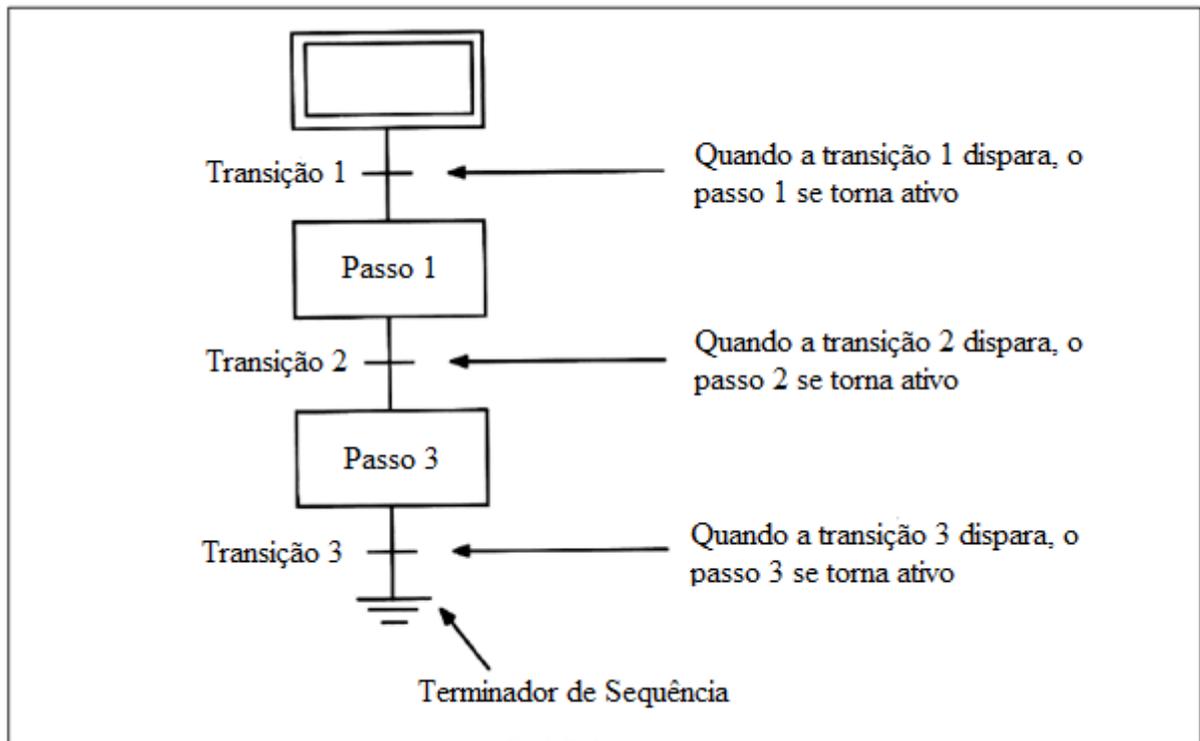


Figura 2.2 - Lógica de SFC.

Fonte:(PARSHALL; LAMB, 2000).

Outras condições a serem consideradas incluem a relação de E/OU, chamadas de divergência como ilustrado na Figura 2.3. Para casos de múltiplas transições, o caminho à esquerda costuma ser o de maior prioridade, mas isso irá depender da implementação do programa.

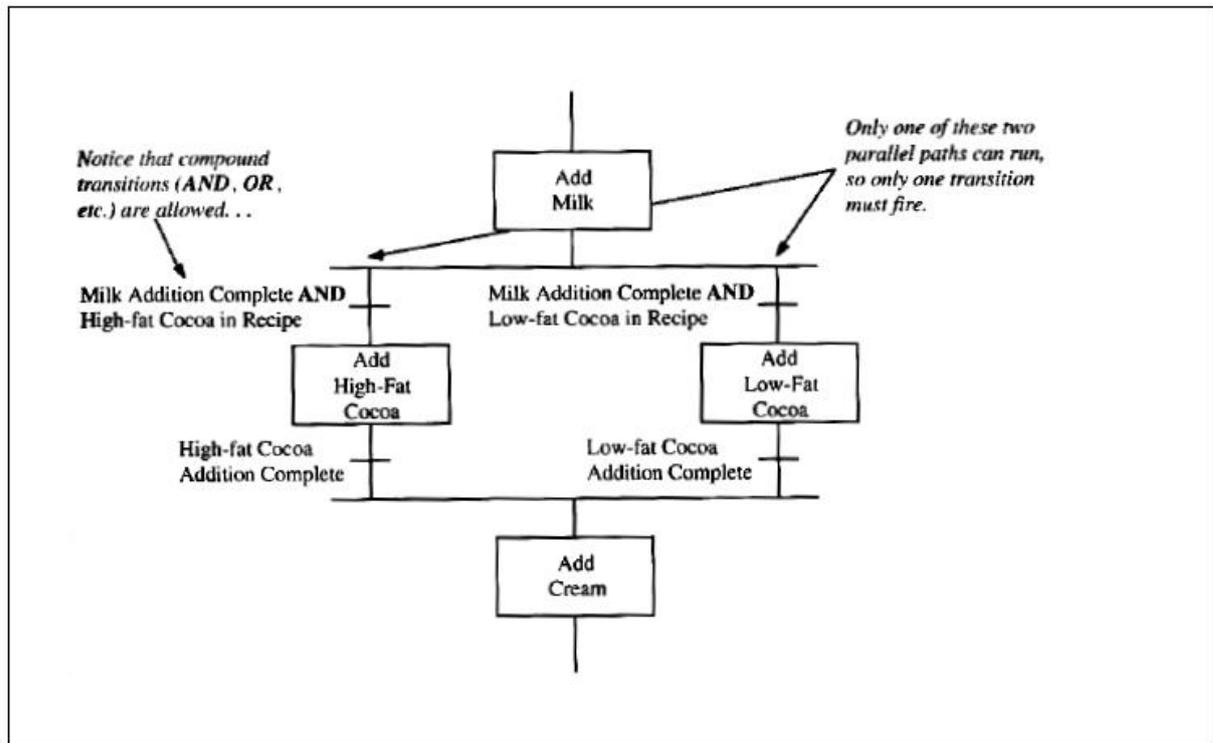


Figura 2.3 - Relação E/OU do SFC.

Fonte:(PARSHALL; LAMB, 2000).

Por fim, vale ressaltar que um passo não pode ser seguido por outro passo sem uma transição entre eles e duas transições não podem ser colocadas em seguida sem um passo entre as mesmas. Essa é uma regra básica do SFC (PARSHALL; LAMB, 2000).

2.6 A norma ANSI/ISA-S88

Em 1989, um comitê técnico, o SP88, foi formado por membros de diversas instituições com o objetivo de regulamentar os processos de batelada². Os quatro problemas básicos que eles buscaram solucionar foram a ausência de um modelo universal para controle de bateladas, a dificuldade dos usuários para comunicar suas necessidades de processamento, a dificuldade dos engenheiros em integrar soluções de marcas diferentes e, por fim, a dificuldade de engenheiros e usuários para configurar as soluções de controle de batelada (LIBERALESSO, 2010).

Por esses motivos, os sistemas de gerenciamento de controle de batelada até então eram muito caros e pouco eficientes. Em outubro de 1995, a norma ANSI/ISA-88.01-1995 foi publicada, contendo as diretrizes de gerenciamento para processos de batelada. Vale ressaltar que o objetivo da norma nunca foi o de criar um método único para implementar o controle de

² *Batch Process*, do inglês.

batelada nem incentivar os usuários a abandonarem seus métodos previamente desenvolvidos (MATOS, 2007). O principal conceito a ser analisado da norma S88.01 é a separação dos equipamentos das receitas (equipamentos usados nos processos produtivos e procedimentos). Dessa maneira, um mesmo equipamento (*unit*) pode ser utilizado em diferentes etapas para produzir diferentes produtos ou realizar diferentes operações em um mesmo produto. Com isso, tem-se a divisão entre o Modelo Físico e o Modelo Procedural (PARSHALL; LAMB, 2000).

2.7 O Modelo Físico

Segundo o comitê SP88, este é o modelo utilizado para descrever equipamentos físicos associados à operação de produção em batelada. Seus conceitos básicos são:

Enterprise (Empresa): uma empresa. Para empresas maiores, uma *enterprise* pode se referir a uma divisão ou unidade de negócios. Segundo a S88.01, decisões corporativas são feitas pela *enterprise*, como quando e quais produtos serão manufaturados.

Site (Local): uma planta, parte de uma *enterprise*, delimitada física ou geograficamente. *Sites* diferentes podem ou não manufaturar produtos diferentes.

Area (Área): áreas são seções de um *site*. Da mesma maneira que os *sites*, áreas podem ser organizadas de diferentes maneiras, como as funções desempenhadas nas mesmas ou limitações físicas. Nem toda seção de uma planta precisa ser considerada uma área.

Process Cell (Célula de Processo): uma célula de processo irá conter todos os equipamentos necessários para produzir uma batelada inteira. A ordem dos equipamentos utilizados para produzir uma batelada em particular é chamada de caminho.

Unit (Unidade): de acordo com a S88.01, *units* são equipamentos onde parte do processo de batelada (como reações químicas, agitação, cristalização, etc) ocorrem. Uma *unit* irá agregar valor ao produto final ao combinar ingredientes, realizar algum processamento de material ou ação que beneficie a matéria prima ou produto semi-acabado. Em suma, uma *unit* irá agrupar *control modules* e *equipment modules* e só poderão executar uma operação por vez.

Equipment Module (Módulo Equipamento): são agrupamentos de dispositivos físicos com o intuito de realizar uma ou mais tarefas específicas. Pode ser composto por outros *equipment modules* ou até mesmo por *control modules*.

Control modules (Módulo de Controle): os elementos mais básicos do Modelo Físico. São definidos pela ISA como uma coleção de sensores, atuadores, módulos de controle e equipamentos associados ao processo que operam como uma única unidade do ponto de vista de controle. A principal diferença entre um *equipment module* e um *control module* é que o primeiro consegue executar uma *phase* enquanto o outro não.

Na Figura 2.4 apresenta-se o Modelo Físico de forma hierárquica com todos os seus sete níveis.

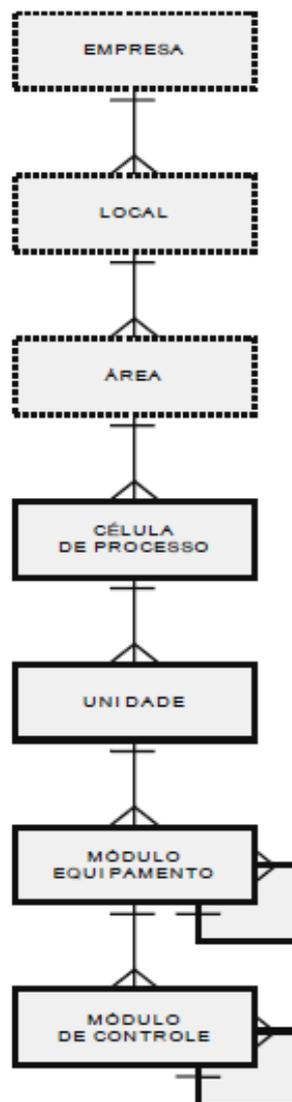


Figura 2.4 - Modelo Físico.

Fonte:(MATOS, 2007).

2.8 O Modelo Procedural

Este modelo descreve a sequência que uma série de ações deverão obedecer para executar uma batelada. Como o Modelo Físico, pode ser dividido em vários níveis, descritos a seguir:

Procedure (Procedimento): um *procedure* explica como materiais brutos devem ser combinados para fazer uma batelada. É uma descrição completa de uma sequência de atividades que devem ser executadas em ordem para se obter um determinado produto, bem como as *units* que serão utilizadas em cada atividade.

Unit Procedure (Procedimento de Unidade): conjunto de operações executadas em uma única *unit*. Somente um *unit procedure* pode estar ativo em uma *unit* em um determinado momento, porém, múltiplos *unit procedures* podem ser executados paralelamente em *units* diferentes.

Operation (Operação do Processo): uma *operation* é um conjunto ordenado de *phases*. Essas *phases* serão executadas até a conclusão em uma única *unit*. Geralmente, uma *operation* envolve a ocorrência de alguma mudança física, química ou biológica no material em processamento.

Phase (Fase): as *phases* são os menores elementos do controle procedural. São responsáveis por executar tarefas básicas e geralmente independentes umas das outras. Uma *phase* pode operar em diferentes *units*, desde que não ao mesmo tempo. Além disso, pode ser que uma *phase* só entre em operação se outras *phases* diferentes estiverem sendo executadas.

O Modelo Procedural pode ser ilustrado conforme a Figura 2.5 e a relação entre os dois modelos, Físico e Procedural, segundo Parshall e Lamb (2000), é explicada através do conceito de Receitas (*recipes*), abordado no próximo tópico deste trabalho.



Figura 2.5 - Modelo Procedural.

Fonte:(MATOS, 2007).

2.9 Receitas (*Recipes*)

Recipes, ou Receitas, são o conjunto de informações necessárias que identificam exclusivamente os requisitos para a fabricação de um produto específico. De acordo com a S88, existem quatro tipos de receitas e cada uma delas deve conter, obrigatoriamente, as seguintes informações (ISA, 1995).

Header (Cabecalho): informação administrativa e um sumário do processo;

Equipment Requirements (Equipamentos Necessários): dados sobre os equipamentos necessários para produzir uma batelada (ou parte dela);

Procedure (Procedimento): a estratégia para executar um projeto;

Formula (Fórmula): variáveis de entrada/saída e parâmetros do processo;

Other Information (Outras Informações): normas de segurança e regulamentadoras do produto.

Os quatro tipos de receitas existentes e suas relações hierárquicas são:

General Recipe (Receita Geral): usada no nível da *Enterprise*, é a base para as receitas de níveis mais baixos. Essa receita irá definir as matérias primas e suas quantidades, juntamente com o processamento necessário para a fabricação de um produto. Entretanto, essa receita é montada de forma a abranger múltiplas localizações onde um mesmo produto será manufaturado, sem especificar equipamentos ou *sites*. A receita geral se encarrega de processos, mas, também pode ser utilizada como uma base para o planejamento e futuros investimentos de uma planta. A receita geral não é uma exigência da S88.01.

Site Recipe (Receita Local): receita específica para um *site*. Pode ser gerada a partir de uma receita geral, estabelecendo restrições e condições específicas do *site* em questão. Esse tipo de receita deve ser detalhado o suficiente para garantir a operação de longo prazo de um *site*.

Master Recipe (Receita Mestre): a receita mestre é direcionada para células de processamento e é derivada da receita geral ou da receita do *site*. São receitas focadas no equipamento e servirão de base para as receitas de controle. Além disso, são exigências da S88.01.

Control Recipe (Receita de Controle): é uma receita para controle da batelada em execução, como o nome sugere. Será, inicialmente, uma cópia da *Master Recipe*, porém os parâmetros originais estarão abertos a modificação para atender as necessidades da batelada em produção. É importante ressaltar que até para casos em que uma mesma *Control Recipe* é utilizada para fazer centenas de bateladas idênticas, cada uma dessas receitas é considerada única e exclusiva de sua respectiva batelada.

Na Figura 2.6 é possível observar a ordem hierárquica das receitas.

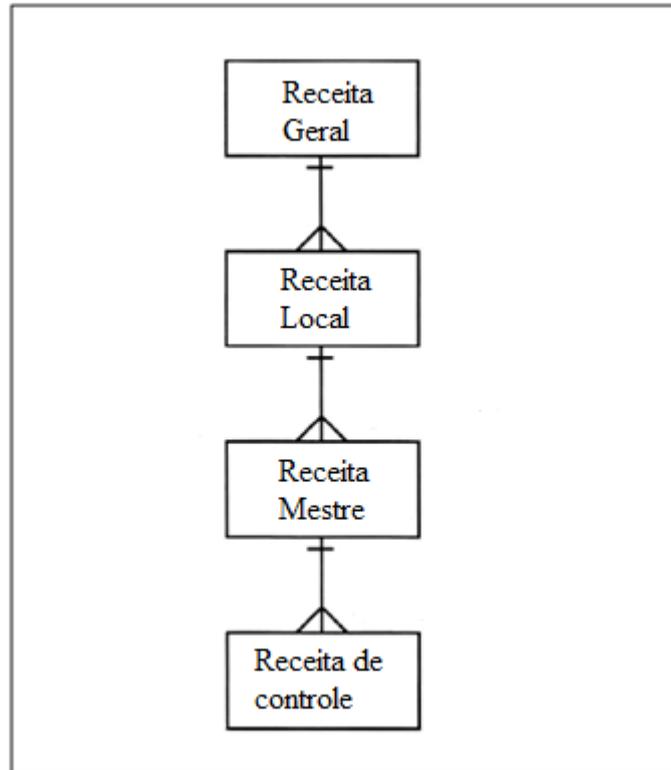


Figura 2.6 - Hierarquia das receitas.

Fonte: (PARSHALL; LAMB, 2000).

2.10 Tipos de Controle

Existem, de acordo com a S88.01, três tipos de controle de processos que independem do nível de automação utilizado em uma planta. Eles são divididos em controle básico, controle procedural e controle de coordenação (ISA, 1995).

Controle Básico: é o controle dedicado a estabelecer e manter um estado específico de equipamentos e processos. Pode ser inteiramente manipulado pelo operador e todos os níveis do Modelo Físico previamente mencionado podem ser executados dessa maneira.

Controle Procedural: direciona as ações orientadas a equipamentos, de forma que as mesmas sigam uma sequência pré-determinada para realizar uma tarefa. É o tipo de controle que permite os equipamentos executarem uma batelada.

Controle de Coordenação: direciona, inicia ou modifica a execução do controle procedural e a utilização dos equipamentos. Semelhante ao controle básico, o controle de coordenação lida com as funções necessárias para executar um processo (no caso, a produção de uma batelada).

2.11 Estados e Comandos do controle de batelada

Um estado, de acordo com o padrão S88, especifica a condição corrente de um elemento procedural ou de um equipamento. Já os comandos são métodos para mover um elemento procedural ou equipamento de um estado para outro. O conjunto de estados e comandos adotados pelo SP88 não é obrigatório, entretanto, eles abrangem a maioria dos casos de todos os sistemas de batelada utilizados atualmente. (PARSHALL; LAMB, 2000).

Observa-se na Tabela 2.1 a matriz de transição de estados e comandos para elementos procedurais sugeridos pelo SP88 e adotados neste trabalho.

Tabela 2.1 - Estados de comandos de elementos procedurais

	Estado seguinte se nenhum comando for dado	Comandos							
		Iniciar	Interromper	Reiniciar	Pausar	Retomar	Parar	Abortar	Resetar
Estado Inicial									
Inativo		Executando							
Executando	Completo		Interrompendo		Pausando		Parando	Abortando	
Completo									Inativo
Interrompendo	Interrompido						Parando	Abortando	
Interrompido				Reiniciando			Parando	Abortando	
Reiniciando	Executando		Interrompendo				Parando	Abortando	
Pausando	Pausado		Interrompendo				Parando	Abortando	
Pausado			Interrompendo			Executando	Parando	Abortando	
Parando	Parado							Abortando	
Parado								Abortando	Inativo
Abortando	Abortado								
Abortado									Inativo

Fonte: (PARSHALL; LAMB, 2000)

Observa-se na Figura 2.7 um diagrama simplificado da transição de estados e comandos citados anteriormente.

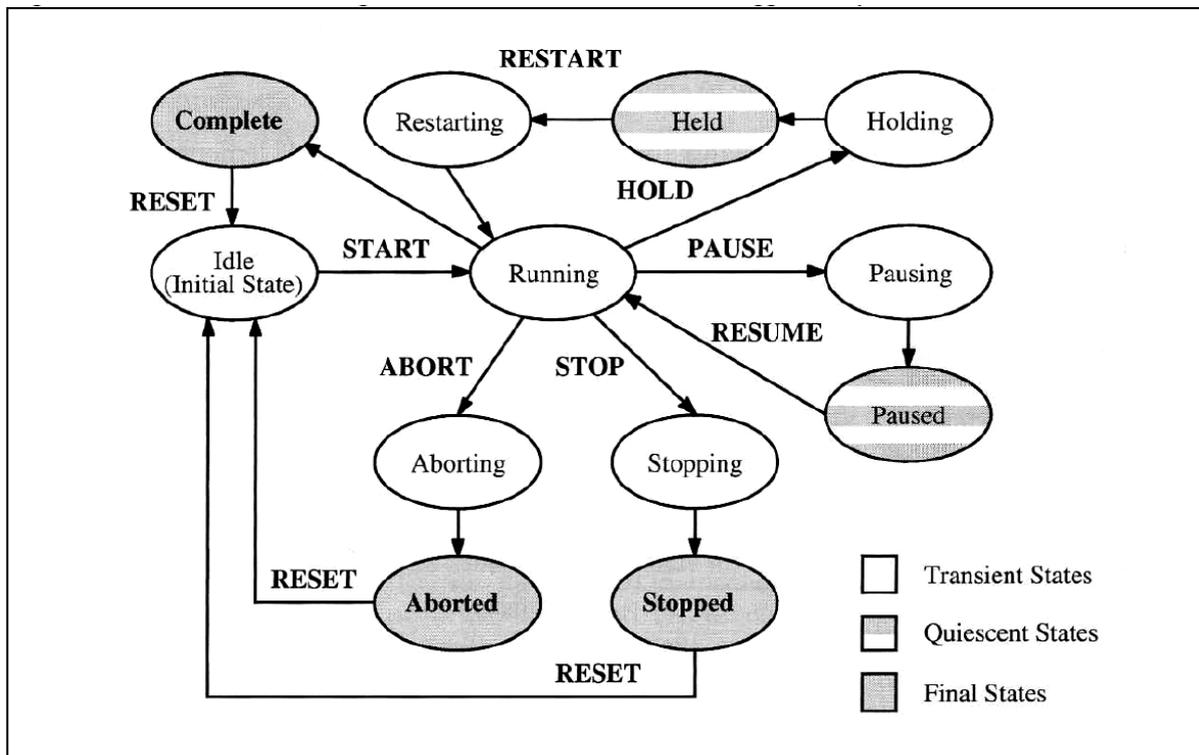


Figura 2.7 - Transição de estados de elementos procedurais.

Fonte: (PARSHALL; LAMB, 2000).

Os estados procedurais utilizados são:

Idle (Inativo): O elemento procedural está aguardando o comando *start* (iniciar), que o levará ao estado de *running* (executando);

Running (Executando): modo normal de operação do elemento;

Complete (Finalizado): a operação foi executada normalmente. O elemento aguarda o comando de *reset* para voltar ao estado *idle*;

Holding (Interrompendo): O elemento procedural está obedecendo ao comando *hold* previamente recebido;

Held (Interrompido): o elemento está parado e aguarda um comando para continuar a operação. Essa interrupção costuma ser utilizada em paradas mais demoradas do processo de batelada;

Restarting (Reiniciando): o elemento procedural recebeu o comando para reiniciar a partir do estado de *held* (interrompido) e irá executar a lógica de *restarting* para voltar ao estado de *running* (executando);

Pausing (Pausando): o elemento procedural recebeu um comando de *pause*. Com isso, ele irá para o estado pausado na próxima posição estável de sua lógica de execução;

Paused (Pausado): o elemento está parado na posição estável após o comando de *pause*. Um comando *resume* (retomar) faz com que o elemento continue sua lógica de execução. Esse estado é utilizado normalmente em paradas breves do processo de batelada;

Stopping (Parando): o elemento recebeu o comando *stop* (Parar) e está executando sua lógica de parada. Se nenhuma ação adicional é necessária, o elemento vai diretamente para o estado de parado.

Stopped (Parado): o elemento terminou sua lógica de parada e está aguardando um comando *reset* para retornar ao estado *idle*.

Aborting (Abortando): o elemento recebeu o comando *abort* e está iniciando uma parada anormal rápida, não necessariamente controlada;

Aborted (Abortado): o elemento completou sua lógica de *aborting* e está aguardando um comando *reset* para voltar ao estado *idle* (semelhante ao estado *stopped*).

Os comandos procedurais utilizados são:

Start (Iniciar): somente válido para um elemento no estado *idle*, esse comando ordena ao elemento que execute sua lógica do estado *running*;

Hold (Pare): somente válido para os estados *running*, *pausing*, *paused* ou *restarting*. Ordena ao elemento que execute sua lógica de *hold*;

Restart (Reiniciar): válido apenas para elementos em *held*. Ordena que o elemento procedural execute sua lógica de *restarting* e volte ao estado de *running*;

Pause (Pausar): Somente válido para o estado *running*, o comando *pause*, ordena ao elemento procedural que pause na próxima pausa programada (transição de estados) dentro de sua lógica normal de execução e guarde um comando de *resume* antes de prosseguir.

Resume (Retomar): válido apenas para o estado *paused*, ordena ao elemento procedural que retome sua execução normal da lógica de executando (*running*);

Stop (Parar): válido para elementos em *running, pausing, paused, holding, held ou restarting*. Ordena ao elemento procedural que execute sua lógica de parar. Esse comando só perde em prioridade para o comando *abort*;

Abort (Abortar): ordena o elemento procedural que execute sua lógica de *aborting*. Válido para todos os estados exceto *idle, complete, aborting e aborted*. Esse é o comando de maior prioridade, podendo ser dado a partir de quase todos os estados;

Reset (Resetar): ordena ao elemento que vá para o estado *idle*. Válido somente quando o elemento se encontra em *complete, stopped ou aborted*.

Para os equipamentos (*equipment entities*), os estados podem variar bastante. Uma bomba pneumática pode estar ligada/desligada ou em falha, por exemplo, da mesma forma que uma válvula pode estar aberta/fechada, parcialmente aberta/fechada ou em falha, portanto, o comitê SP88 não chegou a um consenso para estes casos (PARSHALL; LAMB, 2000).

2.12 Conceitos básicos sobre condimentos

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), em sua resolução RDC nº 276, de 22 de setembro de 2005, tem-se:

Molhos: são os produtos em forma líquida, pastosa, emulsão ou suspensão à base de especiaria(s) e ou tempero(s) e ou outro(s) ingrediente(s), fermentados ou não, utilizados para preparar e ou agregar sabor ou aroma aos alimentos e bebidas.

Catchup: é o produto elaborado a partir da polpa de frutos maduros do tomateiro (*Lycopersicum esculentum L.*), podendo ser adicionado de outros ingredientes desde que não descaracterizem o produto.

Maionese: é o produto cremoso em forma de emulsão estável, óleo em água, preparado a partir de óleo(s) vegetal(is), água e ovos podendo ser adicionado de outros ingredientes desde que não descaracterizem o produto. O produto deve ser acidificado.

2.13 Composição e produção do Ketchup

A composição básica do ketchup é polpa de tomate, sal, vinagre, condimentos e especiarias/aromatizantes, cebola/alho, sacarose/xarope de glicose (ou uma mistura dos dois). As proporções desses ingredientes irão variar de acordo com o fabricante, enquanto o teor de sal varia de 1,5 a 3,0% e o teor de acidez acética varia de 0,4 a 2,3% no produto final. A polpa de tomate será a base da suspensão bifásica constituinte do ketchup, portanto, quanto maior a qualidade da polpa de tomate, maior a qualidade do ketchup, bem como a quantidade de sólidos insolúveis, que também está diretamente relacionada à qualidade da polpa utilizada (SILVA, 2018).

O ketchup é finalmente obtido através de uma série de operações, cujas principais são: formulação, tratamento térmico, desaeração, homogeneização e envase. A formulação é feita misturando os ingredientes citados anteriormente, de forma que os ingredientes secos sejam devidamente dispersos na fase aquosa. O tratamento térmico consiste num processo de pasteurização ou esterilização cuja finalidade é reduzir a quantidade de microrganismos presentes no produto (aumentando seu prazo de validade) e deve ser feita de preferência sob agitação. A desaeração remove o excesso de oxigênio incorporado ao produto ao longo das outras etapas, a fim de evitar reações indesejadas, como a alteração de coloração do ketchup. A homogeneização busca aumentar a consistência através de alterações na conformação de fibras de tomate, além de reduzir a separação de fases da mistura. Por fim, o envase deve ser feito de forma a evitar qualquer adição extra de ar ao produto. Para envases abaixo de 82°C, pode haver uma segunda etapa de tratamento térmico com o produto já embalado. Antes da paletização e estocagem, o ketchup deve ser resfriado. É possível observar as etapas do processo de produção de ketchup na Figura 2.8 (BANNWART, 2006).

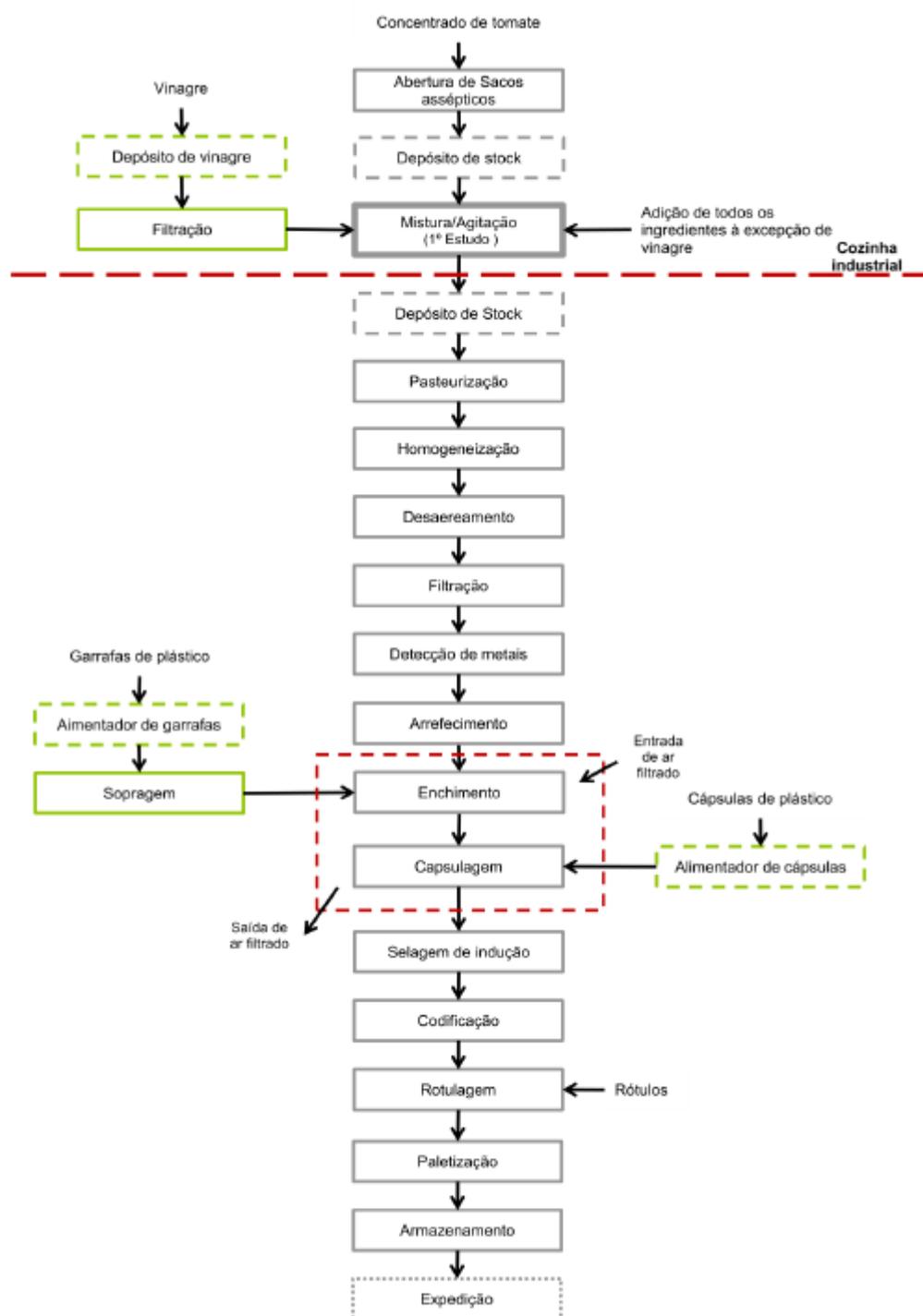


Figura 2.8 - Etapas do processo de fabricação do ketchup.

Fonte: (SILVA, 2018).

2.14 Composição e produção da Maionese

A maionese consiste numa emulsão composta de óleo vegetal (entre 60 e 80% da composição), água, ovos, vinagre, estabilizantes, conservantes e sal. A Resolução CNNPA nº 12 de 1978 (já revogada) estabelecia que era proibida a adição de corantes e a maionese deveria conter pelo

menos três gemas de ovos por litro e 65% de óleo vegetal comestível, e um máximo de 0,5% de amido. O Regulamento Técnico para Especiarias, Temperos e Molhos (publicada no Diário Oficial da União no dia 23 de setembro de 2005) citado no tópico 2.12 deste trabalho traz a definição atual da maionese.

O processo de produção da maionese tem início com a preparação de uma pré-mistura dos ingredientes sólidos (sal, açúcar, amido, temperos e especiarias, que variam de acordo com o fabricante) que serão posteriormente adicionados, em um tanque misturador, a uma solução aquosa (água, vinagre), formando a fase aquosa da emulsão. Emulsões são sistemas dispersos compostos por dois líquidos insolúveis entre si e a utilização de agentes emulsificantes para garantir a estabilidade das mesmas é um procedimento comum (BRAGANTE, 2009).

Os ovos são previamente pasteurizados pelo fornecedor e após a entrega são mantidos em um tanque refrigerado até a hora de serem adicionados à fase aquosa num tanque misturador. Em seguida, ocorre a adição de óleo. As duas emulsões (solução aquosa e solução oleosa) são misturadas nas devidas proporções e passam por um emulsificador com agitação elevada e constante por um tempo pré-determinado para em seguida serem transportadas para um moinho coloidal, onde se tem a maionese. Nesta etapa, amostras são retiradas e testadas para consistência, cor, pH e sabor. Após o fim do processo dos testes, a maionese é enviada para um tanque pulmão para posteriormente ser embalada. É possível observar na Figura 2.9 os passos necessários para a produção de maionese (REIS, 2013).

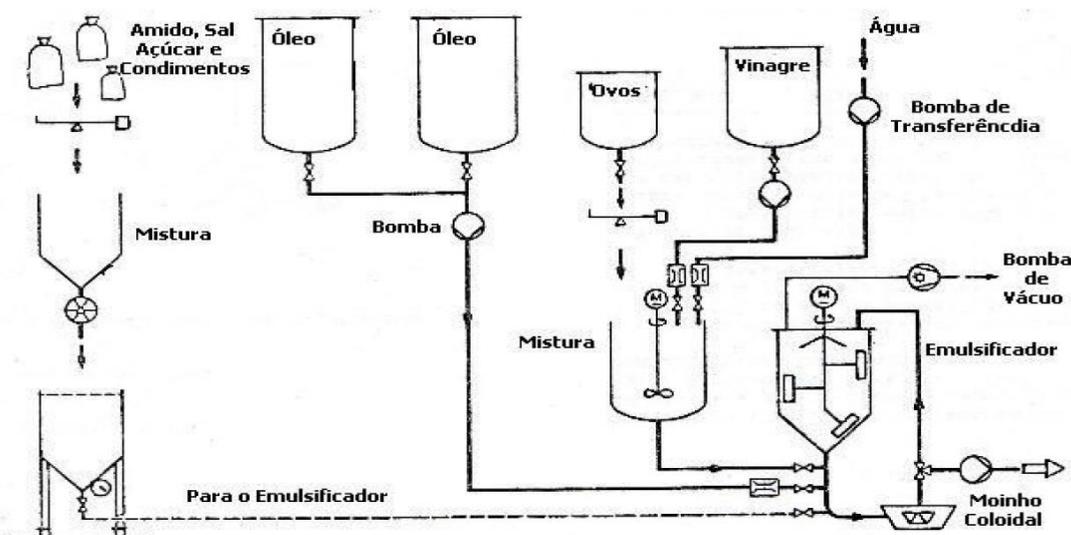


Figura 2.9 - Processo de produção da maionese.

Fonte:(BRAGANTE, 2009).

2.15 O processo de limpeza Clean in Place (CIP)

A indústria alimentícia (bem como a farmacêutica) trabalha com um grande volume de matéria orgânica e inorgânica. Por isso, existe o risco da ação de agentes patogênicos nas linhas de produção e, a fim de evitar que aconteça alguma contaminação, deve-se realizar um processo de higienização da linha. O *Cleaning in Place* (CIP) foi desenvolvido para que a superfície interna dos equipamentos (tubulações, tanques misturadores, tanques pulmões, máquinas de envase etc.) sejam higienizados sem que sejam desmontados. Essa limpeza é feita através da recirculação de uma solução química pela linha de produção. É um processo que deve ser empregado em qualquer planta onde a higiene seja de importância crítica e, geralmente, é parte integral de uma planta automatizada moderna (GARCÍA; DÍAZ, 2011).

O conceito de higienização é definido como limpeza e desinfecção de superfícies, instalações e equipamentos. A limpeza irá remover partículas abióticas (material orgânico, inorgânico, detritos) enquanto a desinfecção irá destruir os agentes patogênicos (THOMAS; SATHIAN, 2014).

Os agentes que costumam ser utilizados no processo de CIP são soda cáustica, ácido nítrico e fosfórico, hipoclorito de Sódio e ácido peracético. O modelo conhecido como Círculo de Sinner relaciona tempo com os agentes químicos, térmicos e mecânicos necessários para realizar a higienização. A nível microscópico, o Círculo de Sinner, ilustrado na Figura 2.10, relaciona os agentes mencionados anteriormente com o tempo necessário para romper as ligações que mantêm os resíduos aderidos à superfícies, com uma relação diretamente proporcional. Os agentes químicos atuam através da ação do pH, oxidação e coagulação de proteínas. Os agentes térmicos têm relação direta com a velocidade da reação (cinética química) e, como regra geral, a linha deve ser limpa na mesma temperatura da operação. Os agentes mecânicos, por sua vez, são obtidos através de equipamentos auxiliares, como esfregões e até mesmo jatos de água pressurizada (TAMIME, 2009).

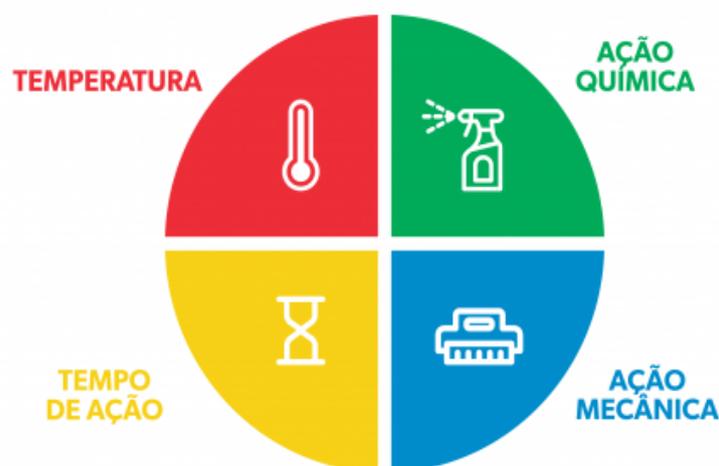


Figura 2.10 - Círculo de Sinner.

Fonte: (IPCBRASIL, 2017).

Os resíduos podem ser divididos em dois tipos: resíduos solúveis em água e resíduos insolúveis em água, que, por sua vez, são divididos em orgânicos (gorduras, óleos e proteínas removíveis por detergentes alcalóides) e inorgânicos (depósitos minerais e de sal, que são removidos por detergentes ácidos) (FORNI, 2002).

O CIP pode ser realizado de duas maneiras. A primeira consiste em utilizar os detergentes no circuito imediatamente após sua utilização, empregada em situações quando há uma alta quantidade de resíduos presentes no equipamento (*single use cleaning*). O outro método consiste na recirculação de uma solução química em objetos com menos resíduos como tanques ou tubulações. Como a solução pode ser reutilizada várias vezes por não acumular muitos resíduos, esse método é chamado de *recovery cip* (GARCÍA; DÍAZ, 2011).

As vantagens desses métodos são: o baixo custo dos equipamentos utilizados no primeiro caso e a menor quantidade de recursos (detergentes, água e energia) utilizados no segundo. As desvantagens são o maior impacto ambiental (*single use cleaning*) e o alto custo do equipamento (*recovery cip*) (GARCÍA; DÍAZ, 2011).

2.16 Procedimentos do CIP

Após o fim de uma batelada, é considerado procedimento padrão realizar a limpeza da linha antes de iniciar uma nova receita. Para isso, o processo de CIP é dividido em várias etapas. A primeira delas visa eliminar os resíduos da linha através da circulação de água (entre 40°C e

60°C) para remover os açúcares e derreter as gorduras. Em seguida, o detergente alcalino é circulado no sistema para remover resíduos orgânicos. A solução alcalina é adicionada e a temperatura é elevada até ambos atingirem seus respectivos *setpoints*. A vazão é mantida a um nível satisfatório (FORNI, 2002).

O próximo passo consiste em utilizar água para purgar a solução alcalina e parte dos resíduos, para que, em seguida, a solução ácida seja adicionada. Entretanto, essa etapa costuma ser realizada com menos frequência (cerca de uma vez por semana em superfícies frias), de acordo com a necessidade. A concentração, vazão e temperatura da solução ácida são mantidas no seu *setpoint* pré-determinado (GARCÍA; DÍAZ, 2011).

Por fim, repete-se a circulação de água. Dessa vez, a recirculação final irá eliminar quaisquer resquícios de solução ácida, detergentes, detritos e partículas sólidas. Quando a única substância presente nos equipamentos e tubulações é a água, dá-se início à esterilização da linha. Com isso, considera-se que o processo de limpeza foi devidamente concluído (GARCÍA; DÍAZ, 2011).

2.17 O equipamento do CIP

Sistemas de CIP são compostos de bombas centrífugas radiais, tubulações, tanques de solução CIP e dispositivos aspersores (*sprayballs*, *flying saucers* e *jet heads*), como pode ser visto na Figura 2.11. Para sistemas automatizados tem-se a adição de atuadores, sensores e controladores (TAMIME, 2009).

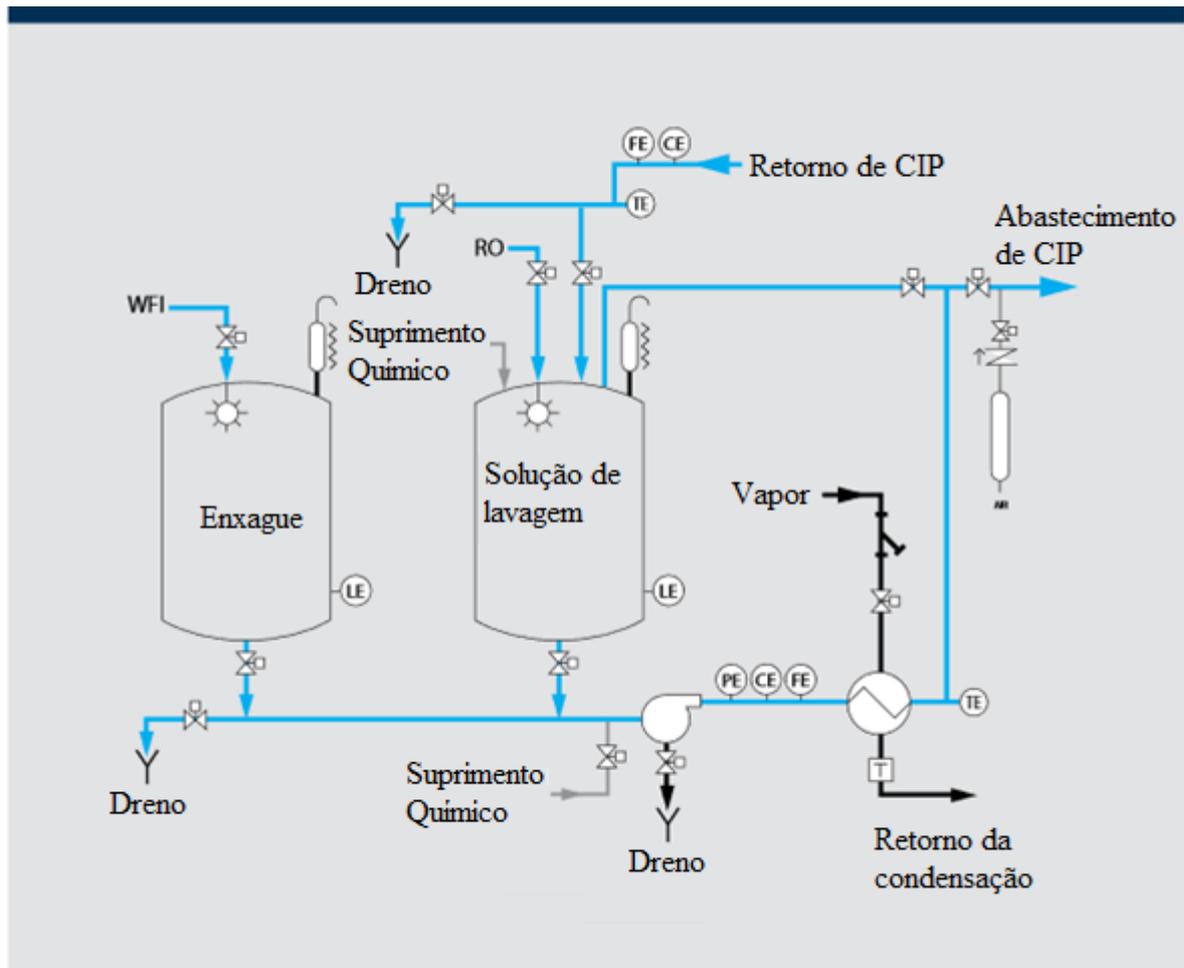


Figura 2.11 - Central CIP.

Fonte:(SANIMATIC, 2017).

As unidades CIPs podem ser centralizadas, utilizadas com mais eficiência em plantas menores, (onde a distância entre a central e os objetos a serem limpos é menor), ou descentralizadas. A diferença entre os dois tipos é que ao invés de se utilizar apenas uma central CIP, as unidades descentralizadas utilizam várias centrais distribuídas, próximas aos locais onde ocorrerá a limpeza (GARCÍA; DÍAZ, 2011).

É importante ressaltar que não existe, até o presente momento, uma técnica para medir o quanto uma linha de produção está limpa de maneira contínua. Por isso, mesmo com uma central CIP completamente automatizada, ainda assim é necessário que os equipamentos sejam abertos periodicamente e testes químicos sejam realizados para determinar o nível de limpeza da linha (GARCÍA; DÍAZ, 2011).

3 ESTUDO DE CASO

Realizou-se um estudo de caso em uma empresa de grande porte do setor alimentício em uma de suas linhas de produção de ketchup e maionese para a implementação de um software supervisor que controlasse os processos de produção.

A norma ANSI ISA-88 permite que os modelos representados possam ser reduzidos desde que mantenham sua consistência. Considerando as dimensões dos processos observados e o escopo deste trabalho, as modelagens deste capítulo foram simplificadas para facilitar o entendimento das mesmas.

3.1 O PlantPax

A solução PlantPax da Rockwell Automation é um sistema de controle distribuído (SDCD) de alto nível, com capacidade para gerenciar e otimizar o controle de toda a planta. Seguindo uma arquitetura de padrões, o PlantPax é capaz de ser integrado facilmente à vários dispositivos, de forma flexível e expansível. Sua comunicação é feita através de padrões abertos, sendo o principal o Ethernet/IP, o que permite que a comunicação seja feita em tempo real. Por ter uma arquitetura expansível, uma mesma aplicação pode ser utilizada em estações individuais ou arquiteturas distribuídas. Além disso, graças a uma biblioteca de objetos modular com lógicas pré-definidas, o tempo de desenvolvimento é consideravelmente reduzido (ROCKWELL AUTOMATION, 2018).

Por fim, o PlantPax possui uma interface intuitiva com diagnósticos integrados e alarmes baseados em padrões. Quanto a administração de lotes, o PlantPax foi desenvolvido com a estrutura ISA-S88 em mente, tornando o controle de processos de batelada (desde o controle das matérias primas utilizadas até a geração de relatórios) o mais simplificado possível (ROCKWELL AUTOMATION, 2018).

3.2 Implantação da solução

A implantação da solução PlantPax é feita gradativamente. O processo é dividido em etapas menores com o objetivo de minimizar o impacto na produção e encontrar quaisquer falhas de equipamento.

Inicia-se a implantação com a montagem do rack de CLP (que pode ser observado na Figura 3.1), juntamente com os dispositivos de I/O, cabos de rede e alimentação, seguidos de testes

ponto a ponto para averiguar a integridade dos sinais elétricos que serão enviados e recebidos pelo sistema. Os switches são configurados permitindo a comunicação entre os dispositivos de campo e o CLP via Ethernet/IP.



Figura 3.1 - Rack do PLC.

Fonte: (AUTOR, 2019).

Em seguida, tem-se a fase de comissionamento. Nesta etapa, é realizado o teste de campo do sistema supervisor e observa-se a resposta dos equipamentos. Portanto, todas as válvulas, bombas, motores, medidores de pressão, vazão, temperatura e demais dispositivos são acionados individualmente. Com isso, os equipamentos são validados utilizando-se o supervisor e, caso haja alguma discrepância entre a situação em campo e o que é apontado pela Interface Homem Máquina (IHM), as medidas corretivas necessárias podem ser tomadas.

Na próxima etapa ocorrem os testes de funcionamento integrados. Rotas de CIP e de produção são testadas individualmente, validando novamente o supervisor e as lógicas de controle do CLP, juntamente com os intertravamentos de segurança do sistema. Além disso, os controladores Proporcionais Integrais Derivativos (PID) são ajustados para que haja um desempenho ótimo do sistema. O ajuste das malhas de controle é feito no próprio CLP, utilizando a função Autotune do bloco P_PIDE do RSLogix 5000, que pode ser observado na Figura 3.2.

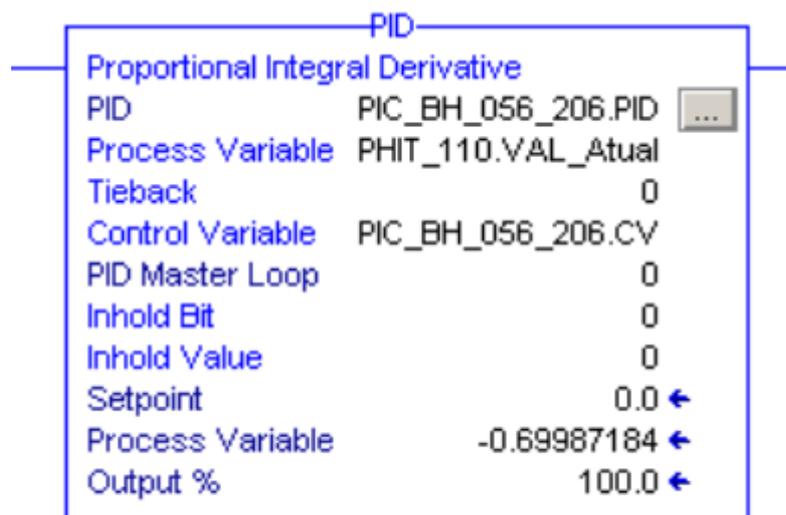


Figura 3.2 - Bloco PID.

Fonte: (AUTOR, 2019).

Após a validação das rotas de produção e CIP, são elaboradas as receitas, juntamente com o responsável pelos processos. As receitas serão responsáveis por todas as fases que envolvem algum tipo de dosagem ou preparação de ingredientes e devem ser testadas até que os parâmetros estejam perfeitamente ajustados e os resultados satisfatórios para o controle de qualidade. Um exemplo de receita pode ser observado no anexo deste trabalho.

Por fim, ocorre o treinamento da equipe de operadores e a fase operação assistida. Essa etapa visa garantir o bom funcionamento do sistema e instruir os responsáveis pela operação sobre as funcionalidades do supervisório, como a navegação de telas, controle de processos e medidas de segurança. A implantação estará concluída assim que todo o sistema estiver funcionando em plenas condições e os operadores aptos a produzir bateladas sem o auxílio do engenheiro de automação.

3.3 Arquitetura do sistema

A arquitetura do sistema é feita em camadas. No nível mais baixo tem-se os dispositivos de campo, como válvulas e atuadores, ligados às remotas. Acima das remotas tem-se os inversores de frequência que são conectados ao CLP. Nas camadas superiores tem-se os switches que farão a comunicação com os servidores virtualizados.

Os servidores virtualizados contêm o servidor de telas do FTView (juntamente com o servidor de alarmes) que se comunica com o servidor contendo as receitas utilizadas no FTBatch. O

FTBatch se comunica com um servidor SQL que, por sua vez, se comunica através de um *browser* de internet com as estações de engenharia e IHMs, possibilitando a visualização de relatórios e controle do sistema supervisorio. A arquitetura do sistema pode ser observada na Figura 3.3.

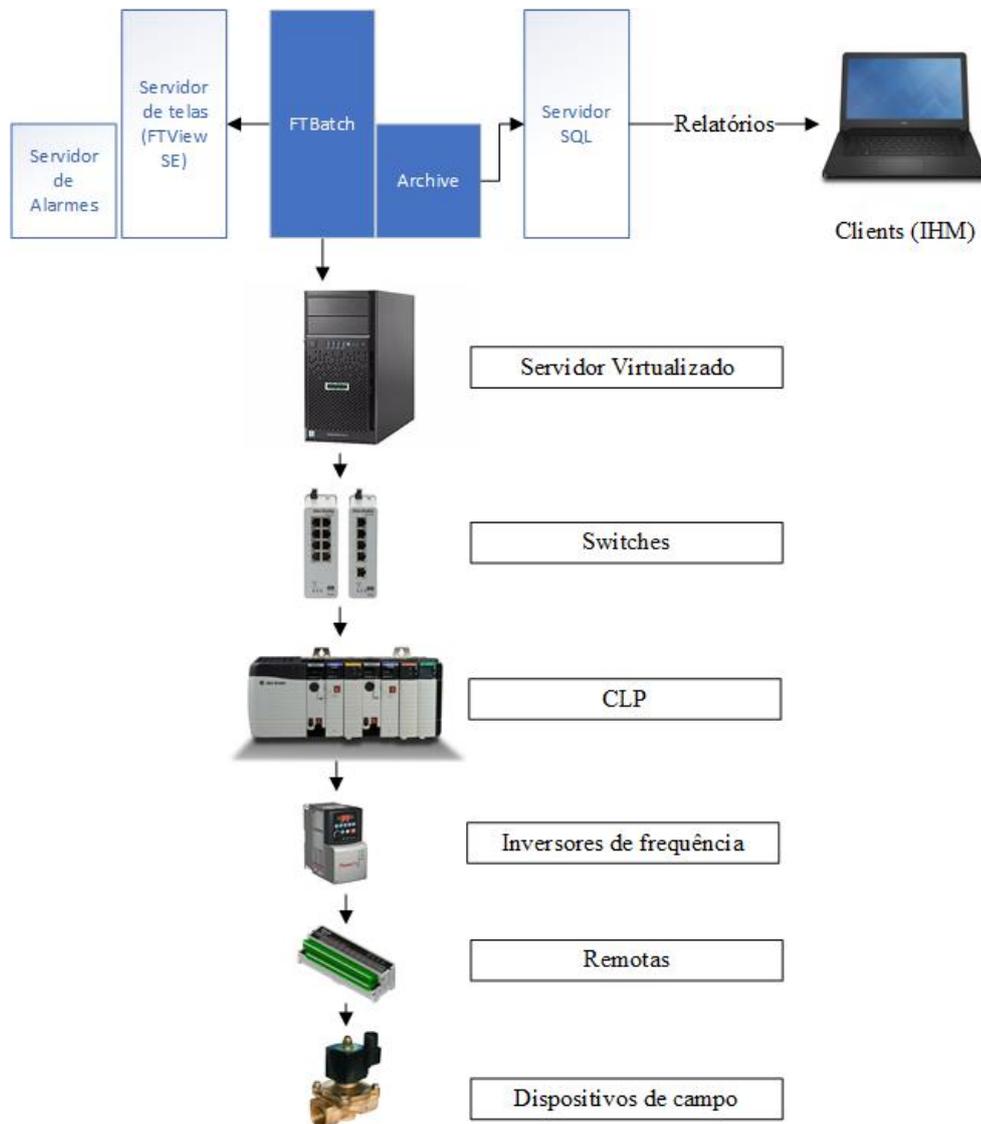


Figura 3.3 - Arquitetura do sistema.

Fonte: (AUTOR, 2019).

3.4 Modelagem de processos (Ketchup)

Com base nos processos necessários para a fabricação de ketchup, as fases são modeladas da seguinte maneira:

Fases de adição: são adicionados polpa de tomate, condimentos, cebola, sacarose, água e vinagre, dosados na ordem e quantidades definidas.

Fase de agitação: os ingredientes são agitados num tanque misturador;

Fase de pasteurização: a mistura é aquecida em um tanque pulmão, com a temperatura controlada, para eliminação de bactérias;

Fase de homogeneização: o ketchup é homogeneizado em uma bomba de pistões por um tempo pré-determinado;

Fase de desareamento: o ketchup é submetido a ação de uma bomba de vácuo em um tanque pulmão, retirando o ar do mesmo;

Fase de filtração: o ketchup passa por dois filtros para eliminar quaisquer partículas sólidas restantes e em seguida passa por um detector de metais;

Fase de controle de qualidade: o ketchup é movido para um último tanque pulmão onde amostras são retiradas para testar a qualidade do produto;

Fase de envase: o ketchup é enviado do tanque pulmão para as linhas de envase, onde será embalado em frascos ou sachês;

As unidades utilizadas para a produção de ketchup, nesse modelo, são:

Tanque misturador: onde ocorrem as fases de adição e agitação;

Tanque de pasteurização: um tanque pulmão aquecido eletricamente onde ocorre a fase de pasteurização;

Bomba de pistões: uma bomba de pistões industrial para a fase de homogeneização;

Filtros: os filtros onde serão retiradas o restante das partículas sólidas do ketchup.

A modelagem do ketchup pode ser observada na Figura 3.4.

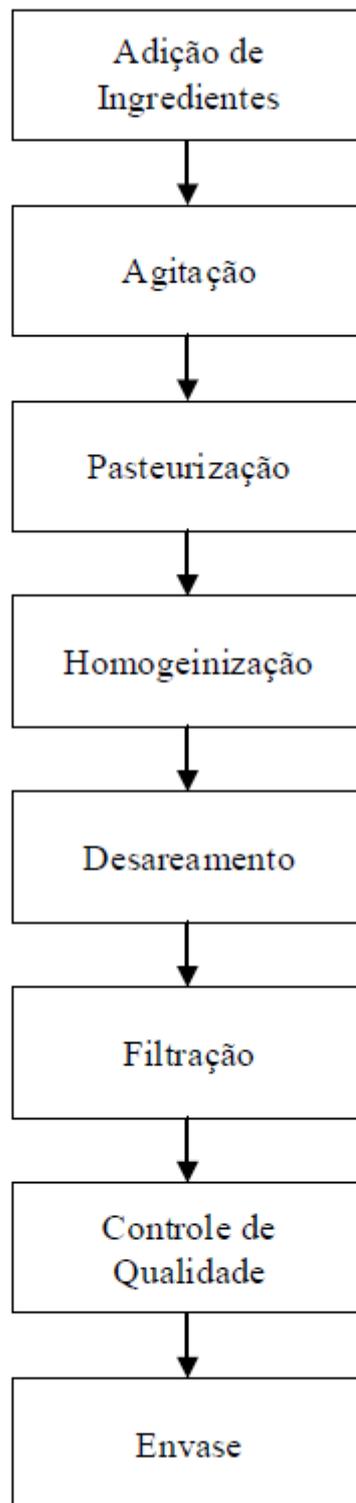


Figura 3.4 - Fases do Ketchup.

Fonte: (AUTOR, 2019).

3.5 Modelagem de processos (Maionese)

Com base nos processos necessários para a fabricação de maionese, as fases são modeladas da seguinte maneira:

Fase de preparação aquosa: os ingredientes sólidos são misturados à solução de água e vinagre num tanque misturador;

Fase de preparação oleosa: o óleo vegetal e o ovo líquido são carregados para seus respectivos contêineres;

Fase de adição de aquosa: a solução aquosa é transferida de um tanque shot para um tanque misturador;

Fase de adição de ovo líquido: ovo líquido é adicionado à fase aquosa no tanque misturador;

Fase de adição de oleosa: o óleo vegetal é adicionado no tanque misturador ao ovo líquido junto com a fase aquosa;

Fase de agitação: a mistura das fases aquosa e oleosa são centrifugadas no tanque misturador por um tempo pré-determinado;

Fase de controle de qualidade: a maionese vai para um tanque pulmão onde amostras serão retiradas para analisar suas características;

Fase de envase: a maionese é transferida de um tanque pulmão para a linha de envase.

As unidades utilizadas no modelo para a produção de maionese são:

Tanque misturador: onde ocorrem as fases de adição e agitação;

Moinho coloidal: onde ocorre o processamento final e obtém-se a maionese.

A modelagem da maionese pode ser observada na Figura 3.5.

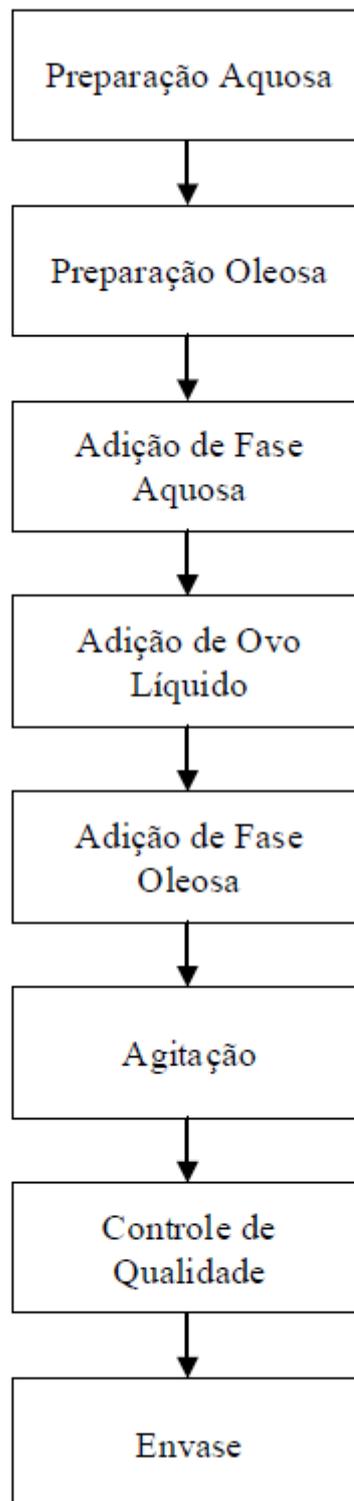


Figura 3.5 - Fases da Maionese.

Fonte: (AUTOR, 2019).

3.6 Modelagem de processos (CIP)

O processo de CIP é modelado com as seguintes fases:

Fases de adição: fase que controla a adição de água quente, soda cáustica, ácido nítrico e sanitizante no tanque misturador e circuito de tubulação por um tempo pré-determinado;

Fase de recirculação: fase que controla a recirculação dos produtos utilizados na limpeza através do circuito de volta aos seus contêineres de origem.

A unidade utilizada no processo de CIP é o tanque misturador pois ele receberá os agentes higienizantes durante o CIP.

A modelagem do CIP pode ser observada na Figura 3.6.

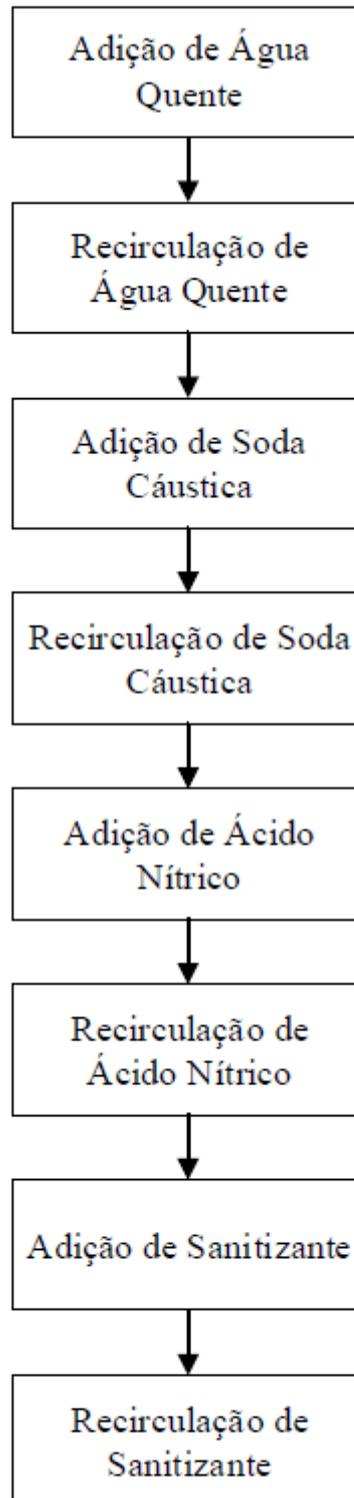


Figura 3.6 - Fases do CIP.

Fonte: (AUTOR, 2019).

3.7 Lógicas de Controle do PLC

As lógicas utilizadas no modelo seguem os padrões recomendados pela norma S88.01. Há uma fase de comando geral que controla todas as demais e é controlada diretamente pelo operador. Todas as fases são compostas de sete subrotinas que servem para mover o estado de uma *unit* e executar a fase em questão. As subrotinas e suas respectivas funções são:

Prestate: avalia as condições de intertravamentos e falha de equipamentos, além de comandar a mudança de estados da *unit* durante a execução da fase. É executada paralelamente à fase;

Aborting: lógica que assume o controle de todos os equipamentos da fase e os coloca em estado inicial (fechar todas as válvulas, desligar o agitador e bombas) e leva a *unit* para o estado de *aborted*;

Holdind: lógica que pausa a execução da fase devido alguma falha de equipamento ou intertravamento. Semelhante à rotina de *Aborting*, desativa todos os equipamentos, porém os mesmos podem voltar a ser executados de onde pararam novamente com um comando de *restart* assim que a falha for corrigida;

Reseting: comanda a *unit* para retornar ao seu estado inicial de *idle* após a operação ser abortada;

Restarting: lógica que permite a retomada de operações após uma parada dada pelo comando de *hold* ou *stop*;

Running: lógica de operação padrão da fase. Irá comandar os equipamentos de forma que eles sigam sua programação (fechar ou abrir válvulas para depois partir um motor, por exemplo)

Stopping: lógica que pausa uma fase. Funciona de forma análoga a lógica de *Holdind*.

As fases utilizadas no startup podem ser observadas na Figura 3.7 enquanto suas transições e os comandos para que mudem de estado podem ser observadas na Figura 3.8.

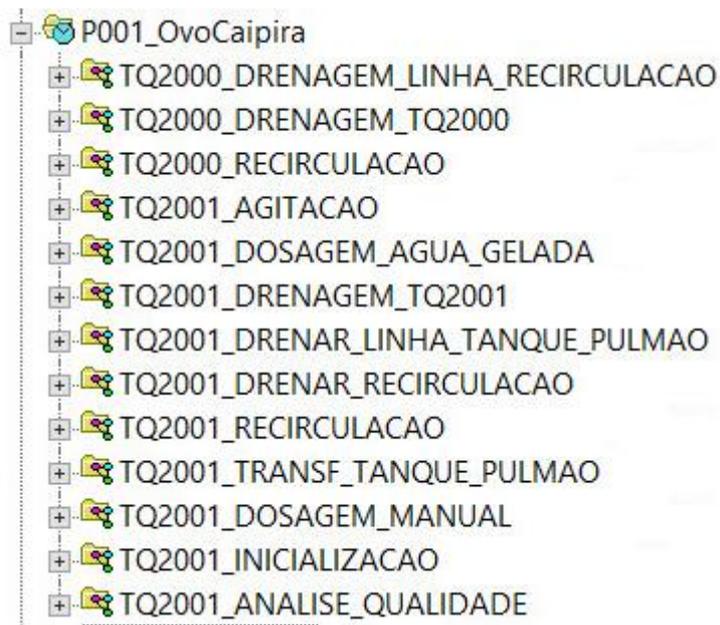


Figura 3.7 - Exemplo de fases utilizadas.

Fonte: (AUTOR, 2019).

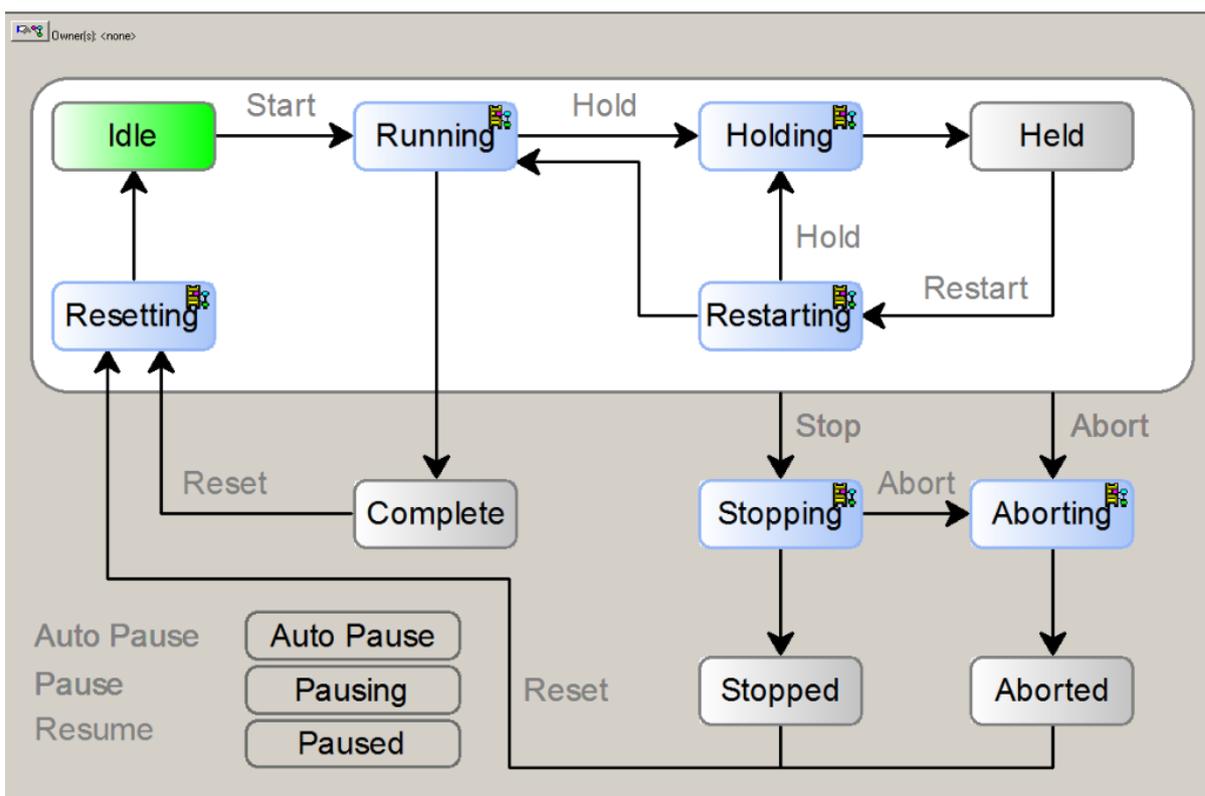


Figura 3.8 - Comandos utilizados nas fases.

Fonte: (AUTOR, 2019).

3.8 Benefícios obtidos com a utilização da norma ANSI/ISA-88.01

Com a adoção do padrão proposto pelo comitê SP88, os seguintes benefícios ficaram evidentes na fábrica de condimentos analisada:

Rastreamento de dados: soluções integradas, como o PlantPax, que seguem o padrão S88 mantém um registro de atividades durante a produção de uma batelada. Dessa forma, revisar dados de produção passados se torna uma tarefa mais simples.

Modularidade: as receitas utilizadas na fábrica em questão, bem como a programação das fases e rotinas, podem ser replicadas e reutilizadas com alguns ajustes em outras fábricas do mesmo grupo. Com isso, atividades como definir rotas de CIP ou alterar parâmetros do processo se tornam consideravelmente mais simples.

Facilidade de validação: o processo de comissionamento foi simplificado pois as fases foram testadas de forma independente, facilitando a validação do funcionamento de lógicas e equipamentos. Isso reduziu o tempo necessário para o startup da fábrica.

Menor ciclo de produção: definindo o ciclo de produção como o intervalo entre bateladas, com a utilização da norma S88 tem-se uma redução considerável neste intervalo. Isso ocorre graças a automação de fases, que reduz a necessidade da ação humana em cada etapa do processo.

3.9 O Produto Final

O sistema supervisorio foi desenvolvido no ambiente FactoryTalk View Site Edition da Rockwell Automation, seguindo a arquitetura modular da solução PlantPax. O programa do CLP foi desenvolvido no ambiente RSLogix 5000, também da Rockwell Automation. Por isso, os dois programas funcionam de forma integrada, permitindo o controle de processos através do sistema supervisorio que recebe as informações processadas do CLP.

Até a conclusão deste trabalho, a fábrica onde esse estudo foi realizado se encontrava em plena operação e produzindo no máximo de sua capacidade. Todo o processo de operação foi automatizado e é operado através do sistema supervisorio desenvolvido. As principais telas podem ser observadas na Figura 3.9, Figura 3.10, Figura 3.11, Figura 3.12, Figura 3.13, Figura 3.14, Figura 3.15.

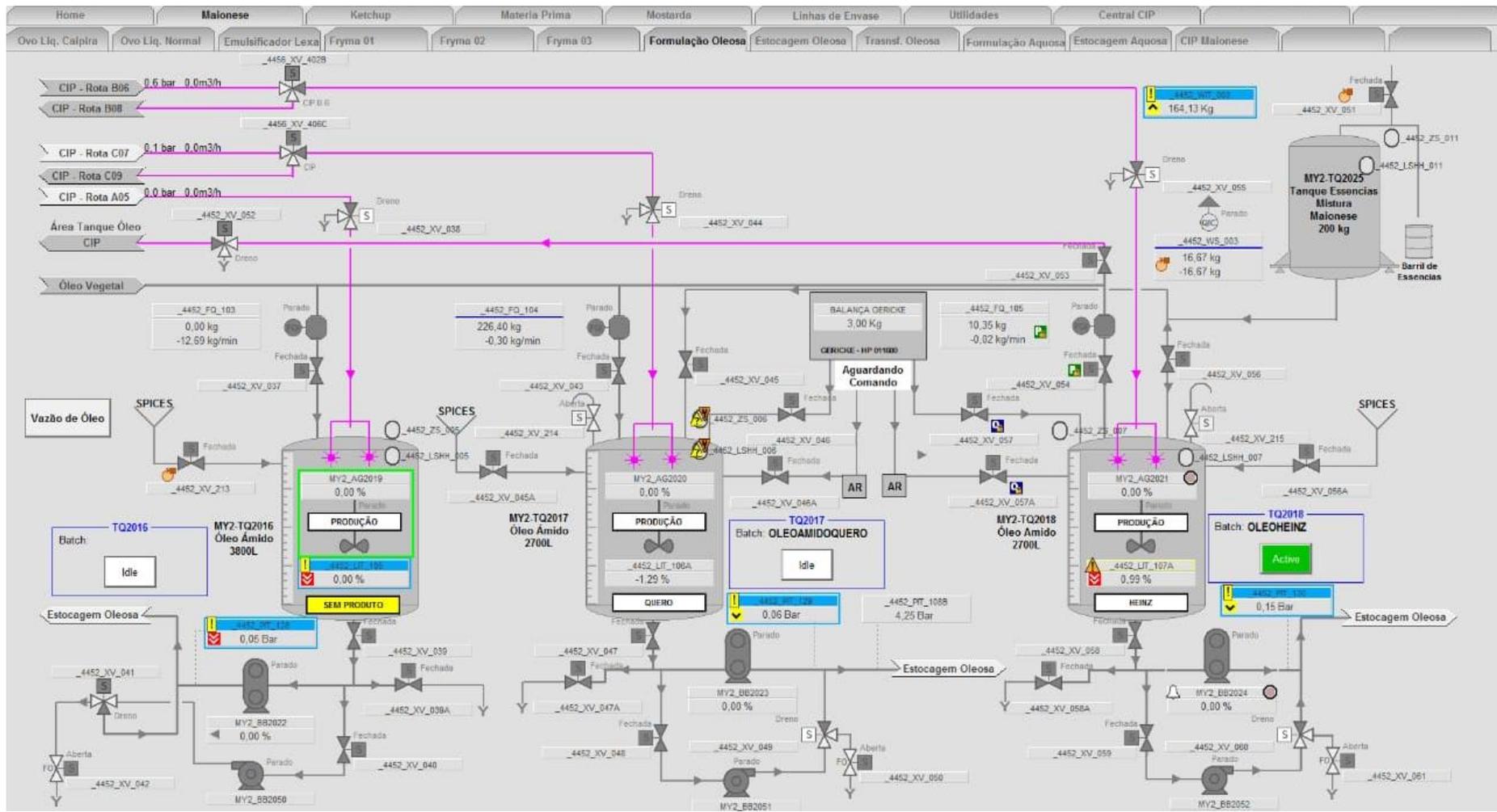


Figura 3.9 - Formulação Oleosa.

Fonte: (AUTOR, 2019).

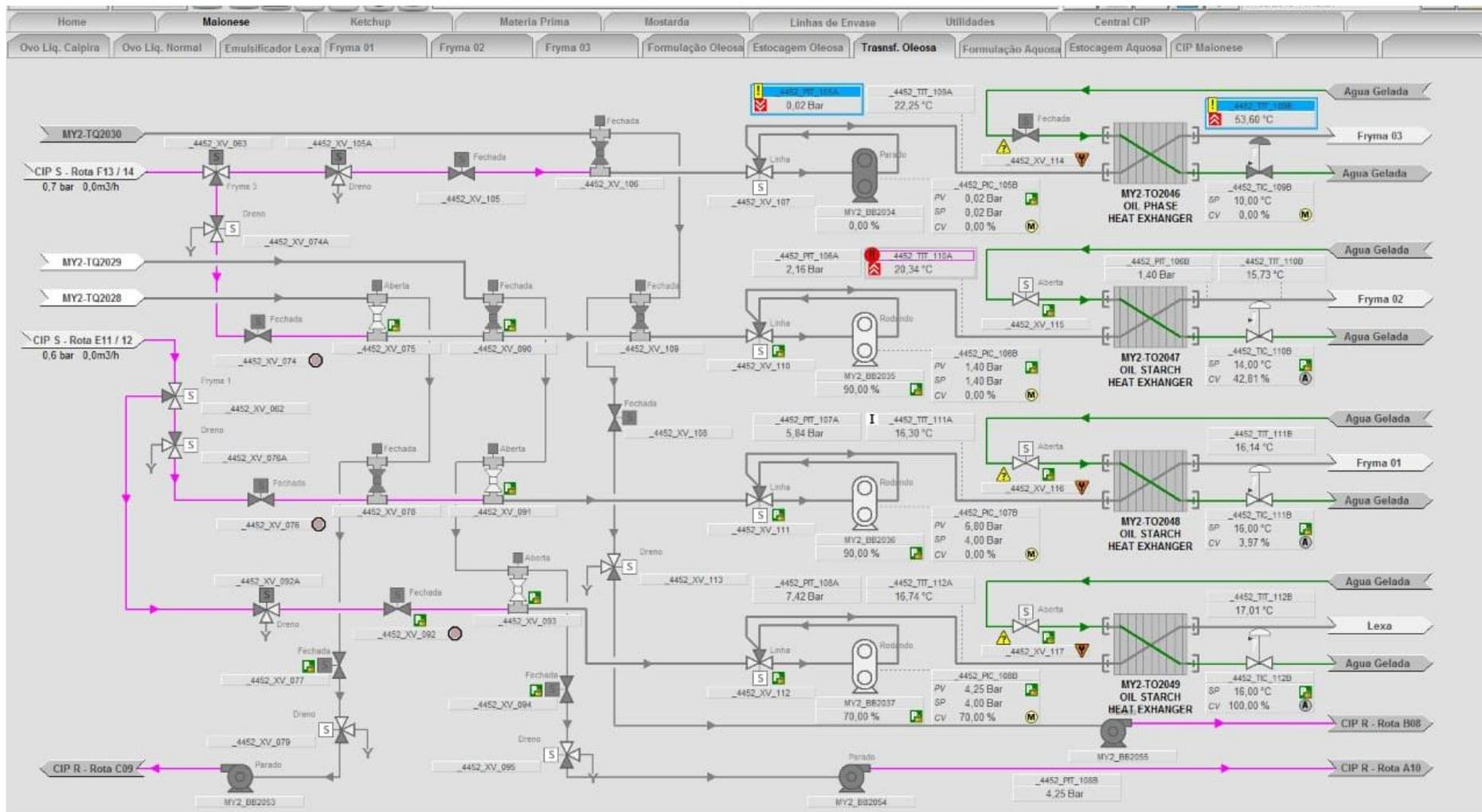


Figura 3.10 - Transferência Oleosa.

Fonte: (AUTOR, 2019).

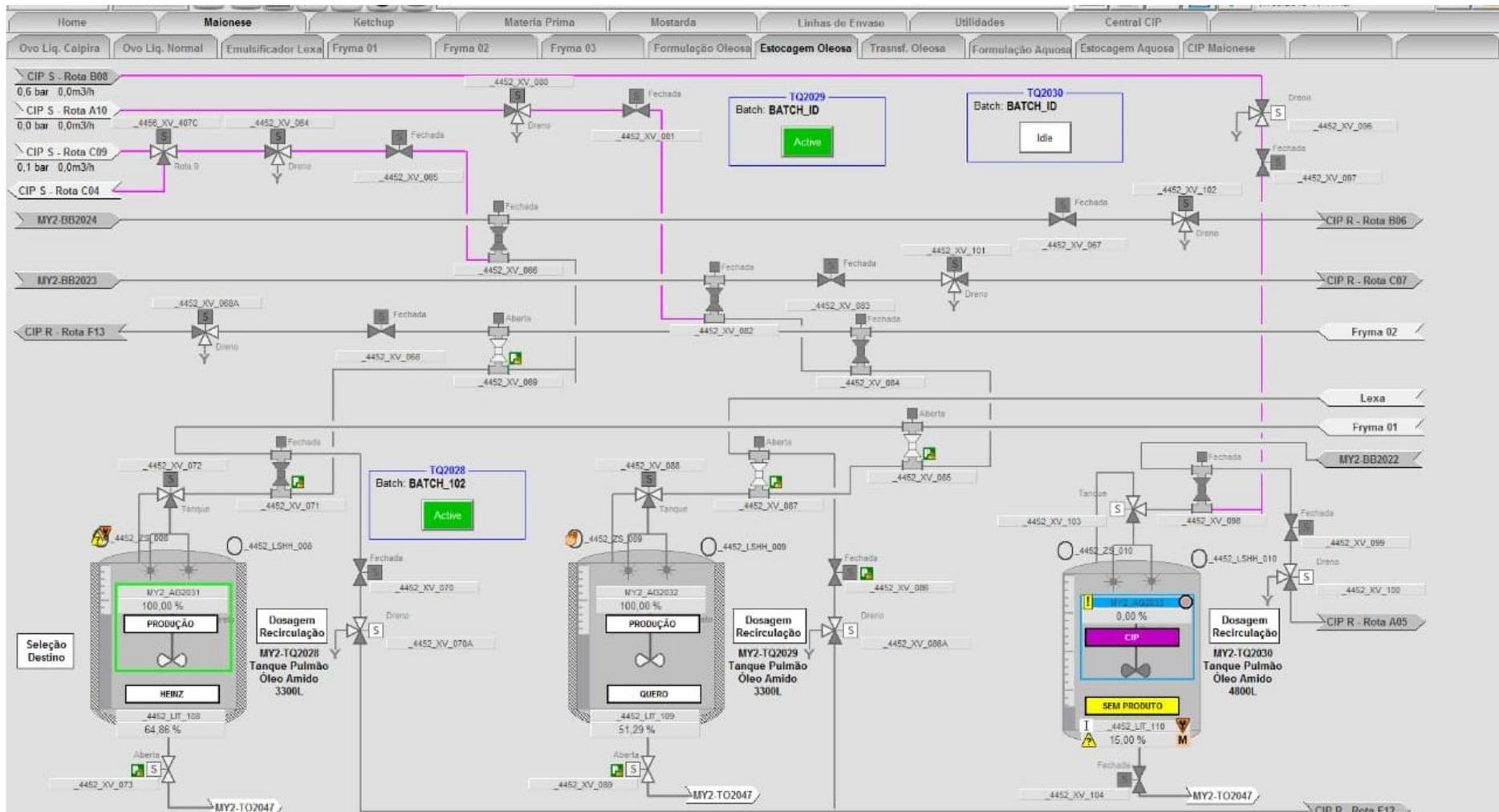


Figura 3.11 - Estocagem Oleosa.

Fonte: (AUTOR, 2019).

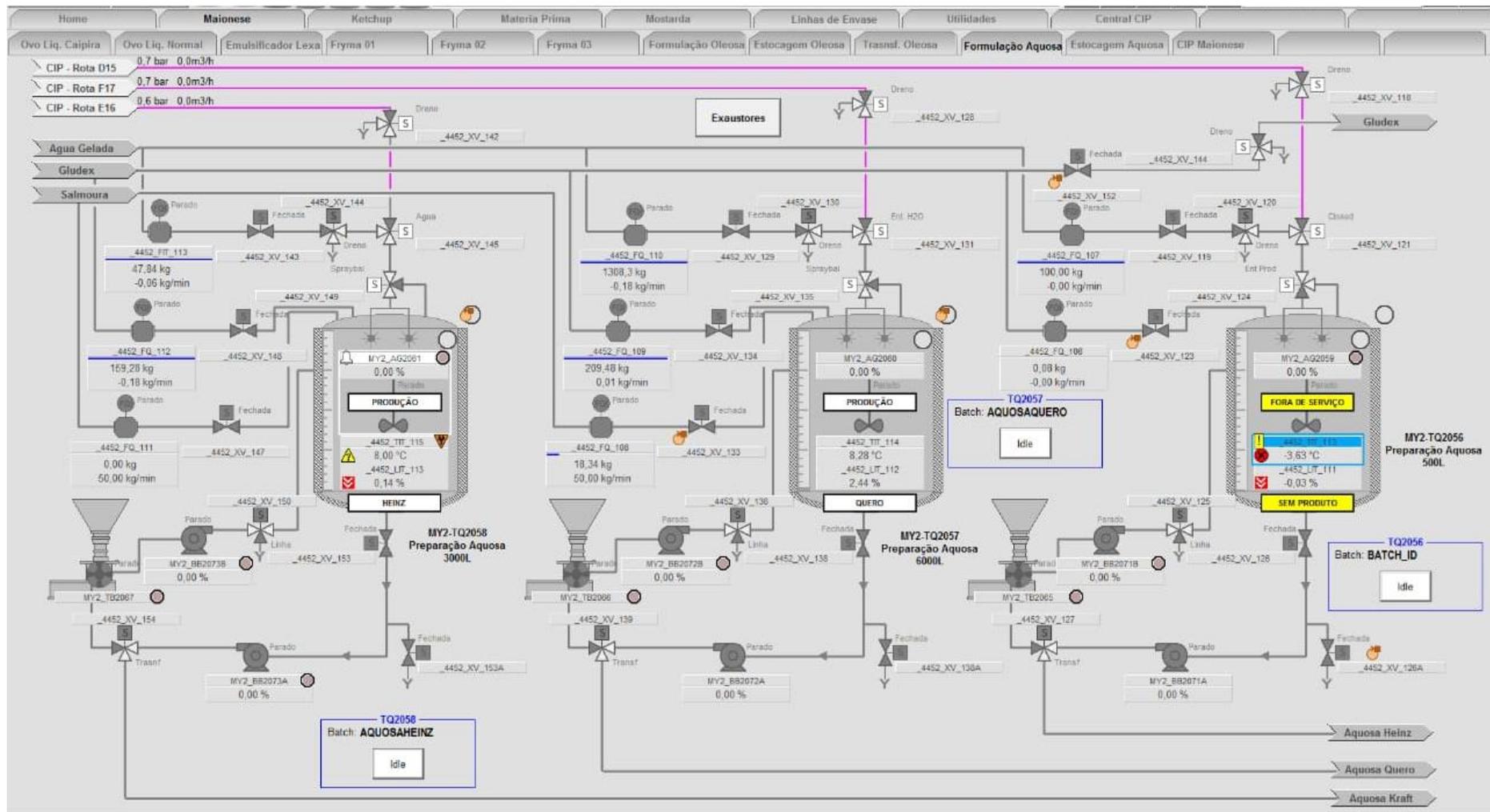


Figura 3.12 - Formulação Aquosa.

Fonte: (AUTOR, 2019).

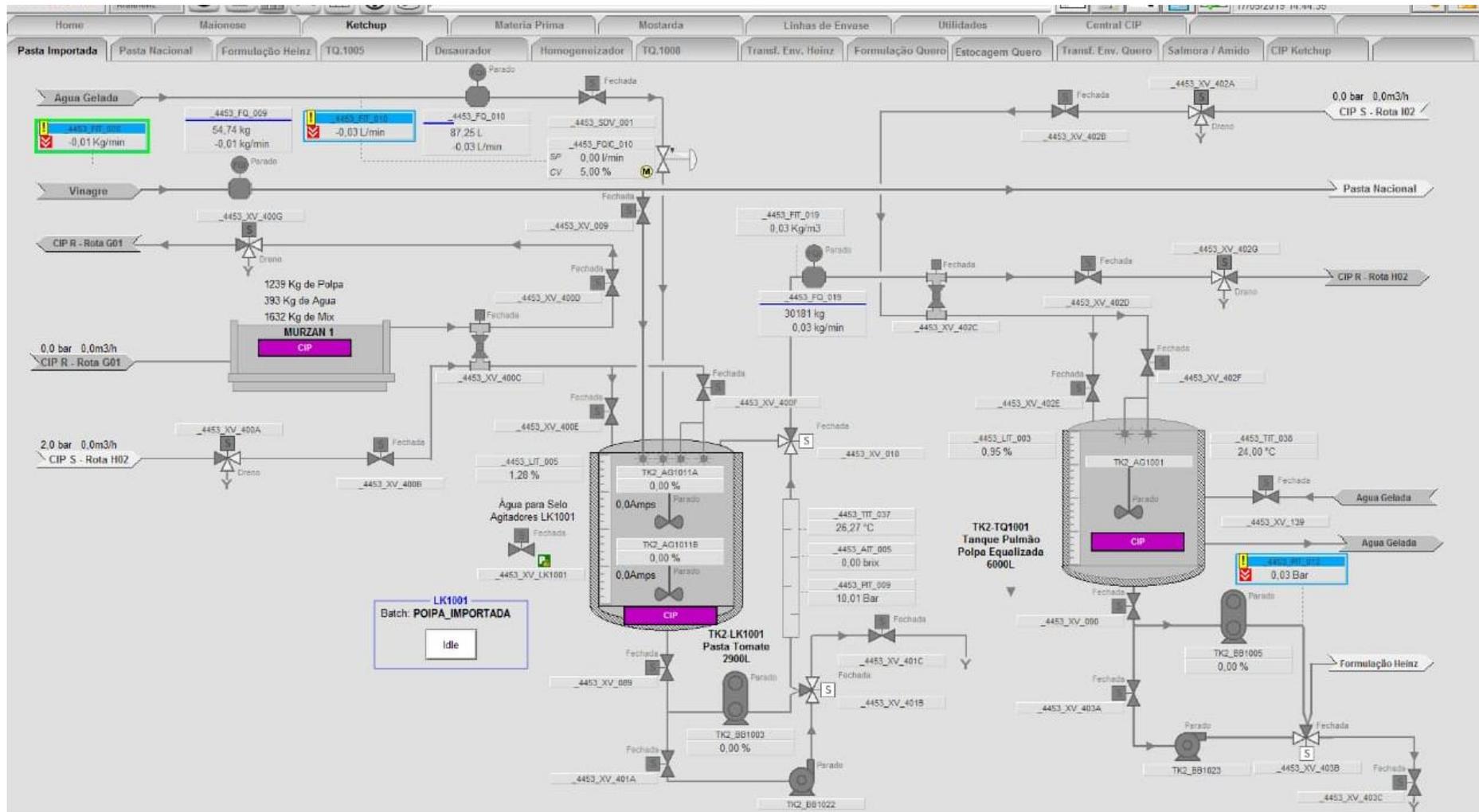


Figura 3.13 - Pasta de Tomate.

Fonte: (AUTOR, 2019).

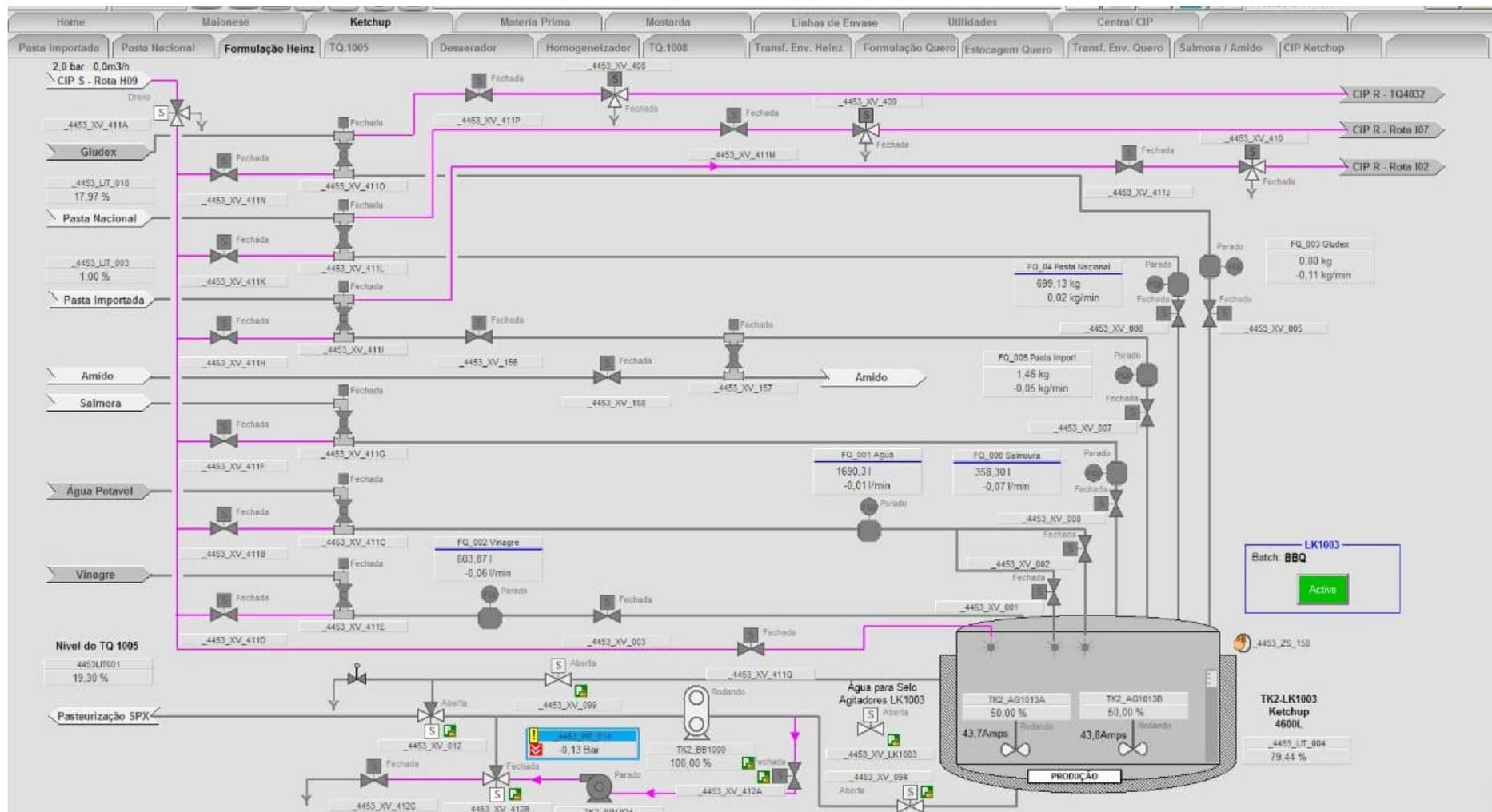


Figura 3.14 - Formulação Ketchup.

Fonte: (AUTOR, 2019).

Alarms and Events (Filter - Maionese)

!	Sev...	Event Time	Group	Alarm Name	Message
!	3	5/6/2019 10:06:17 AM	MAIONESE	4452_XV_008_Alm_TransitStall	Alarm fault cleared: Alarm input quality is good
!	3	5/6/2019 10:06:17 AM	MAIONESE	4452_XV_061_Alm_TransitStall	Alarm fault cleared: Alarm input quality is good
!	3	5/6/2019 10:06:17 AM	MAIONESE	4452_XV_007_Alm_TransitStall	Alarm fault cleared: Alarm input quality is good
!	3	5/6/2019 10:06:17 AM	MAIONESE	4452_XV_050_Alm_TransitStall	Alarm fault cleared: Alarm input quality is good
!	3	5/6/2019 10:06:17 AM	MAIONESE	4452_XV_089_Alm_TransitStall	Alarm fault cleared: Alarm input quality is good
!	1000	5/6/2019 10:06:17 AM	MAIONESE	4452_XV_054_Alm_TransitStall	Alarm fault cleared: Alarm input quality is good
!	3	5/6/2019 10:06:17 AM	MAIONESE	4452_XV_086_Alm_TransitStall	Alarm fault cleared: Alarm input quality is good
!	3	5/6/2019 10:06:17 AM	MAIONESE	4452_XV_011_Alm_TransitStall	Alarm fault cleared: Alarm input quality is good
!	3	5/6/2019 10:06:17 AM	MAIONESE	...2_XV_197D1_Alm_TransitStall	Alarm fault cleared: Alarm input quality is good
!	3	5/6/2019 10:06:17 AM	MAIONESE	4452_XV_197C_Alm_TransitStall	Alarm fault cleared: Alarm input quality is good
!	3	5/6/2019 10:06:17 AM	MAIONESE	4452_XV_197A_Alm_TransitStall	Alarm fault cleared: Alarm input quality is good
!	3	5/6/2019 10:06:17 AM	MAIONESE	4452_XV_119_Alm_TransitStall	Alarm fault cleared: Alarm input quality is good
!	3	5/6/2019 10:06:17 AM	MAIONESE	4452_XV_153_Alm_TransitStall	Alarm fault cleared: Alarm input quality is good
!	3	5/6/2019 10:06:17 AM	MAIONESE	4452_XV_164_Alm_TransitStall	Alarm fault cleared: Alarm input quality is good
!	3	5/6/2019 10:06:17 AM	MAIONESE	4452_XV_158_Alm_TransitStall	Alarm fault cleared: Alarm input quality is good
!	3	5/6/2019 10:06:17 AM	MAIONESE	4452_XV_156_Alm_TransitStall	Alarm fault cleared: Alarm input quality is good
!	3	5/6/2019 10:06:17 AM	MAIONESE	4452_XV_153A_Alm_TransitStall	Alarm fault cleared: Alarm input quality is good
!	3	5/6/2019 10:06:17 AM	MAIONESE	4452_XV_173_Alm_TransitStall	Alarm fault cleared: Alarm input quality is good
!	3	5/6/2019 10:06:17 AM	MAIONESE	4452_XV_178_Alm_TransitStall	Alarm fault cleared: Alarm input quality is good
!	3	5/6/2019 10:06:17 AM	MAIONESE	4452_XV_176_Alm_TransitStall	Alarm fault cleared: Alarm input quality is good
!	3	5/6/2019 10:06:17 AM	MAIONESE	4452_XV_173A_Alm_TransitStall	Alarm fault cleared: Alarm input quality is good
!	3	5/6/2019 10:06:17 AM	MAIONESE	4452_XV_115_Alm_TransitStall	Alarm fault cleared: Alarm input quality is good
!	3	5/6/2019 10:06:17 AM	MAIONESE	4452_XV_116_Alm_TransitStall	Alarm fault cleared: Alarm input quality is good
!	3	5/6/2019 10:06:17 AM	MAIONESE	4452_XV_117_Alm_TransitStall	Alarm fault cleared: Alarm input quality is good
!	3	5/6/2019 10:06:17 AM	MAIONESE	4452_XV_126_Alm_TransitStall	Alarm fault cleared: Alarm input quality is good
!	3	5/6/2019 10:06:17 AM	MAIONESE	4452_XV_138A_Alm_TransitStall	Alarm fault cleared: Alarm input quality is good
!	1000	5/6/2019 10:06:17 AM	MAIONESE	4452_XV_213_Alm_TransitStall	Alarm fault cleared: Alarm input quality is good
!	3	5/6/2019 10:06:17 AM	MAIONESE	4454_XV_027B_Alm_TransitStall	Alarm fault cleared: Alarm input quality is good
!	968	5/6/2019 10:06:17 AM	MAIONESE	...52_XV_204D_Alm_TransitStall	Alarm fault cleared: Alarm input quality is good
!	3	5/6/2019 10:06:17 AM	MAIONESE	4452_XV_204F_Alm_TransitStall	Alarm fault cleared: Alarm input quality is good
!	1000	5/6/2019 10:06:17 AM	MAIONESE	...52_XV_204H_Alm_TransitStall	Alarm fault cleared: Alarm input quality is good
!	3	5/6/2019 10:06:17 AM	MAIONESE	4452_XV_204J_Alm_TransitStall	Alarm fault cleared: Alarm input quality is good
!	3	5/6/2019 10:06:17 AM	MAIONESE	4452_XV_204L_Alm_TransitStall	Alarm fault cleared: Alarm input quality is good
!	3	5/6/2019 10:06:17 AM	MAIONESE	4452_XV_199I_Alm_TransitStall	Alarm fault cleared: Alarm input quality is good

Figura 3.15 - Tela de Alarmes.

Fonte: Autor (2019).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

4.1 Conclusão

O estudo de revisão bibliográfica foi de extrema importância para a elaboração deste trabalho, permitindo a compreensão da norma ANSI/ISA-88 e sua vasta aplicação prática, desde a busca por economia de recursos até a implementação de um sistema supervisorio para controle de uma fábrica inteira. Além disso, a revisão bibliográfica também permitiu analisar o ponto de vista econômico da indústria alimentícia no Brasil e como ele é afetado diretamente pela qualidade da produção, juntamente com as consequências socioambientais de uma produção otimizada.

No estudo de caso, observa-se que a necessidade de seguir normas e padrões é de extrema importância e, com sua utilização correta, o trabalho do engenheiro se torna muito mais eficiente. O startup foi concluído com sucesso; da elaboração dos softwares até os testes de validação da solução. Portanto, os objetivos propostos foram atingidos com êxito.

Pode-se concluir que ainda existe uma grande expectativa quanto a aplicabilidade da norma S88 na indústria, sendo necessário a execução de estudos quantitativos e de longo prazo para validação de dados, o que poderia beneficiar em muito a eficiência da produção em batelada nacional. A adoção da norma por mais empresas da indústria alimentícia traria grandes benefícios para o setor em um curto espaço de tempo.

4.2 Sugestões para trabalhos futuros

Para trabalhos futuros, é proposto uma análise de eficiência entre uma planta automatizada utilizando a norma S88 e uma planta de porte similar automatizada sem o uso da norma S88, observando o volume produzido ao longo de um período de tempo, bem como os custos para essa produção. Portanto, propõe-se uma análise da influência da norma S88 na competitividade do mercado. Além disso, seguindo essa mesma abordagem, propõe-se uma análise da influência da norma S88 na qualidade final do produto.

Outra possibilidade de trabalho seria a aplicação da norma S88 em outras produções de batelada, como a indústria farmacêutica, demonstrando assim a versatilidade da norma e sua vasta aplicabilidade.

Por fim, uma possibilidade futura de trabalho seria a integração da norma S88 com a Indústria 4.0, permitindo o monitoramento da planta e o gerenciamento de receitas de forma remota, possibilitando que o responsável pelas operações tenha acesso à fábrica sem a necessidade de uma estação de engenharia ligada à rede.

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, L. O. **Sistemas de Manufatura Apostilas de Curso, Universidade Estadual de Campinas**. Campinas - SP: [s.n.].

ALL ABOUT CIRCUITS. **What Is a PLC? An Introduction to Programmable Logic Controllers**. Disponível em: <<https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/what-is-a-plc-introduction-to-programmable-logic-controllers/>>. Acesso em: 13 maio. 2019.

AUTOMATIONFORUM. **Basics of SCADA system and it's application**. Disponível em: <<https://automationforum.in/t/basics-of-scada-system-and-its-application/2817>>.

BANNWART, G. **APLICAÇÃO DE NEOTAME EM CATCHUP: AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO E ESTIMATIVA DE INGESTÃO**. [s.l.] UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, 2006.

BRAGANTE, A. G. **PRODUÇÃO DE MAIONESE TRADICIONAL**.

DANEELS, A.; SALTER, W. What is Scada? **International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Sytems, Trieste, Italy**, p. 339–343, 1999.

DUAS RODAS. **O panorama do mercado de alimentos no Brasil em 2018**. Disponível em: <<https://www.duasrodas.com/blog/tendencias/o-panorama-do-mercado-de-alimentos-no-brasil-em-2018/>>. Acesso em: 13 maio. 2019.

FERREIRA, C. G.; BORGES, R. F. O IMPACTO DA AUTOMAÇÃO SOBRE O NÍVEL DO EMPREGO - ALGUMAS Automação e Crise. v. 5, n. 1, p. 65–81, 1984.

FORNAZARI, E.; BORGES, F. G. **ELÉTRICA EM BLOCOS DE SALAS DE AULAS EM UNIVERSIDADES**. [s.l.] UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, 2016.

FORNI, R. **Projeto mecânico de um sistema de higienização CIP**The Brewer International, 2002.

GALANTE, V. R. **Ciclo de vida de um produto: Do desenvolvimento ao declínio**. Disponível em: <<https://usemobile.com.br/ciclo-de-vida-de-um-produto/>>. Acesso em: 13 maio. 2019.

GAMA, E. B. DA. **Benefícios obtidos na colaboração entre sistemas MES e sistemas de manufatura digital do PLM-Diagnóstico**. [s.l.] Universidade Federal de São Carlos, 2011.

GARCÍA, L. A.; DÍAZ, M. Cleaning in Place. **Comprehensive Biotechnology, Second Edition**, v. 2, p. 983–997, 2011.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **Programmable controllers – Part 10: PLC open XML exchange format**International Organization. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://plcopen.org/sites/default/files/downloads/iec_61131-10_preview.pdf>.

IPCBRASIL. **CÍRCULO DE SINER**. Disponível em: <<https://ipcbrasil.com.br/limpeza-a-vapor-quando-e-onde-usa-la/circulo-de-sinner/>>. Acesso em: 22 maio. 2019.

ISA, I. **S88. 01: Batch Control Part 1: Models and Terminology**. [s.l.] Instrument Society of America, 1995. Disponível em: <<http://www.gmpua.com/GAMP/ISA-88.pdf>>.

LIBERALESSO, A. Norma ANSI/ISA S88 e utilização no controle de bateladas. **InTech**, 2010.

- MACHINE DESIGN. **Engineering Essentials: What Is a Programmable Logic Controller?** Disponível em: <<https://www.machinedesign.com/engineering-essentials/engineering-essentials-what-programmable-logic-controller>>. Acesso em: 13 maio. 2019.
- MATOS, C. J. G. **ANÁLISE E IMPLEMENTAÇÃO DA NORMA ANSI/ISA S88.01 NO CONTROLE AUTOMATIZADO DE UM SISTEMA EM PROCESSO POR BATELADA.** [s.l.] UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, 2007.
- MOTION CONTROL TIPS. **What are sequential function charts (SFCs) for PLCs?** Disponível em: <<https://www.motioncontroltips.com/sequential-function-charts-sfcs-plcs/>>.
- PARSHALL, J.; LAMB, L. **Applying S88.** [s.l: s.n.].
- PERALES, W. **Classificações dos sistemas de produção** Encontro Nacional de Engenharia de Produção. [s.l: s.n.].
- PESCIO, P. H. **Análise da integração da tecnologia da automação aplicada ao processo de fabricação de papel.** [s.l.] Universidade de São Paulo, 2016.
- REIS, J. P. M. F. **Desenvolvimento de Novas Formulações de Maionese Tradicional , Light e Fat-Free.** [s.l.] Universidade Nova de Lisboa, 2013.
- ROCKWELL AUTOMATION. **PlantPax Distributed Control System.** [s.l: s.n.].
- SANIMATIC. **Clean-In-Place (CIP) Systems: Validatable Cleaning of Process Lines, Tanks and Vessels.** 2017.
- SILVA, C. I. DA C. B. DA. **Estudo do funcionamento de uma linha de produção de ketchup Catarina Isabel da Costa Batista da Silva.** [s.l: s.n.].
- SOUZA, R. B. DE. **Uma Arquitetura para Sistemas Supervisórios Industriais e sua Aplicação em Processos de Elevação Artificial de Petróleo.** [s.l: s.n.].
- TAMIME, A. **Cleaning-in-Place: Dairy, Food and Beverage Operations: Third Edition.** [s.l: s.n.].
- THOMAS, A.; SATHIAN, C. T. **Cleaning-In-Place (CIP) System in Dairy Plant- Review. IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology**, v. 8, n. 6, p. 41–44, 2014.
- VIANA, F. L. E. Indústria de alimentos. **Caderno Setorial ETENE**, n. 27, p. 1–17, 2018.
- WISDOMJOBS. **Instruction Lists - Programmable Logic controllers.** Disponível em: <<https://www.wisdomjobs.com/e-university/programmable-logic-controllers-tutorial-523/instruction-lists-14693.html>>.

ANEXO

A1 - Cabeçalho da receita de maionese.

Header Data from \\KLABRNWGWOBAT\BATCHCTL\KRAFT\RECIPES\ X

Procedure Identifier	OP_AQUOSA [REDACTED]		
Version Number	1.0		
Version Date	3/15/2018 11:37:27 AM		
Author	KLABRNWGO\FTADMIN		
Approved By			
Product Name	[REDACTED]		
Product Code			
Batch Size: Min	0	Default	0
		Max	0
	Units of Measure		
Estimated Duration	0		
Procedure Description			
Procedure Abstract			
Area Model File Name	\\KLABRNWGWOBAT\BATCHCTL\KRAFT\RECIPES\KRAFT.I		
Date/Time Stamp of Area Model	3/14/2018 8:12:01 PM		
Time of Verification	Recipe verification not executed.		
File Name	OP_AQUOSA_ [REDACTED]		

Release Recipe as Step

Release Recipe to Production

A2 - Receita de maionese.

