

Universidade Federal de Santa Catarina
Centro de Blumenau
Departamento de Engenharia de
Controle e Automação e Computação



Caique Sanches

Automação de Fábrica de Farinha e Óleo Animal

Blumenau
2019

Caique Sanches

Automação de Fábrica de Farinha e Óleo Animal

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Título de Engenheiro de Controle e Automação.
Orientador: Prof. Dr. Marcelo Roberto Petry

Universidade Federal de Santa Catarina
Centro de Blumenau
Departamento de Engenharia de
Controle e Automação e Computação

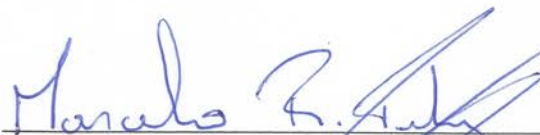
Blumenau
2019

Caique Sanches

Automação de Fábrica de Farinha e Óleo Animal

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Controle e Automação.


Comissão Examinadora



Prof. Dr. Marcelo Roberto Petry
Universidade Federal de Santa Catarina
Orientador



Prof. Dr. Marcos Vinicius Matsuo
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Dr. Leonardo Mejia Rincon
Universidade Federal de Santa Catarina

Blumenau, 31 de janeiro de 2019

Dedico este trabalho aos meus pais, à minha irmã
e a todos os professores envolvidos que, de alguma forma,
auxiliaram para a concretização desta etapa.

Agradecimentos

Agradeço à minha família por todo suporte durante meus estudos que, apesar da distância, me apoiaram em todos os momentos. Sou grato à universidade por me proporcionar um bom ambiente para os estudos e à todos os professores envolvidos. Agradeço também ao professor Marcelo Petry, responsável pela orientação do projeto, e à empresa AGPR5 que me proporcionou a oportunidade de desenvolver este trabalho junto com o estágio.

"Others dream of things that were, and ask 'Why?'
I dream of things that never were, and ask 'Why not?.'"
(Cardinal Saint-Saens)

Resumo

O abate animal para produção de carne gera uma grande quantidade de subprodutos e de resíduos que podem contaminar o ambiente em que forem descartados, por isso é importante que sejam destinados adequadamente. A melhor forma de serem aproveitados é com a produção de farinhas, utilizadas para alimentação animal, e óleo para a fabricação de produtos químicos e biodiesel.

O processo para a fabricação de farinha de origem animal consiste no cozimento dos subprodutos do abate para eliminar patógenos bacterianos e reduzir a umidade. Ao realizar este processo as proteínas presentes são modificadas, passando a ser digestíveis por outros animais. As fábricas envolvem equipamentos que requerem altas temperaturas e pressões, o que torna o processo perigoso quando operado manualmente. A automação pode diminuir estes riscos, fazendo com que os operadores não precisem verificar constantemente os equipamentos, nem manusear o produto.

Neste trabalho foi desenvolvido projeto de automação de uma fábrica de farinha que utiliza como insumos os subprodutos do abate de frangos. São utilizadas as penas, as vísceras e o sangue para produzir dois tipos de farinha e a extração de óleo. Para a execução do trabalho foi realizado o levantamento do fluxo de produção e os requisitos funcionais que o processo deve possuir. Com base nisso foram levantadas as soluções mais adequadas de sensores e atuadores a serem utilizados. O projeto foi programado seguindo as especificações e o fluxo da fábrica, para isso foi utilizado o software Tia Portal da Siemens. Foi proposta a utilização de um CLP que possuísse capacidade para processar todas as variáveis do processo e as lógicas desenvolvidas. Foram elaboradas as telas do sistema supervisor para auxiliar a operação da fábrica desde uma sala de comando, de onde é possível monitorar os equipamentos, os alarmes, as etapas e variáveis do processo como temperatura e pressão.

Os resultados foram obtidos com base em simulações realizadas divididas em cinco categorias, processos, telas do sistema SCADA, alarmes e níveis, intertravamentos e processamento do CLP. Foi comprovado o correto funcionamento do sistema proposto, envolvendo todas as lógicas de produção e de segurança. Foi comprovado que o CLP escolhido possui a capacidade necessária para realizar o controle do processo.

Com o desenvolvimento deste trabalho foi adquirido um amplo conhecimento envolvendo visitas na fábrica para levantamento do fluxo e análise dos dispositivos necessários para o projeto da automação. Também foram aprendidas novas ferramentas de programação e técnicas para estruturação de projetos.

Palavras-Chave: 1. Automação. 2. Controlador. 3. Farinha. 4. Óleo 5. Animal.

Abstract

Animal slaughtering for meat production generates a large amount of by-products and waste that can contaminate the environment in which they are disposed of, so it is important that to find a proper way to dispose them. The best way to take advantage of it is with the production of flour, used for animal feed, and oil for the manufacture of chemicals products and biodiesel.

The process for the manufacture of meat and feather meal consists of cooking the by-products of the slaughter to eliminate bacterial pathogens and reduce the humidity. By performing this process, the present proteins are modified, becoming digestible by other animals. The rendering industries involve equipment that require high temperatures and pressures, which makes the process dangerous when operated manually. Automation can reduce these risks, so operators do not have to constantly check equipment or handle the product.

In this work was developed the automation project of a flour mill that uses the by-products of chicken slaughtering as inputs. Feathers, viscera and blood are used to produce two types of flour and the extraction of oil. For the execution of the work, was carried out the survey of the production flow and the functional requirements that the process must have. Based on this the most appropriate solutions of sensors and actuators to be used were listed. The project was programmed according to the specifications and flow of the factory, using the Tia Portal software from Siemens. It was proposed the use of a PLC that had the capacity to process all the variables of the process and the logics developed. The screens of the supervisory system were developed to assist the operation of the plant from a control room, from where it is possible to monitor equipment, alarms, steps and process variables such as temperature and pressure.

The results were obtained based on simulations divided into five categories: processes, SCADA system screens, alarms and levels, interlocks and PLC processing. The correct functioning of the proposed system has been proven, involving all production and safety logics. It has been proven that the chosen PLC has the necessary capacity to perform the process control.

With the development of this work was acquired a wide knowledge involving visits in the factory to survey the flow and analysis of the devices needed for the automation project. New programming tools and techniques for structuring projects have also been learned.

Keywords: 1. Automation. 2. Controller. 3. Flour. 4. Oil. 5. Animal.

Lista de figuras

Figura 1 – Equipamentos utilizados na produção de farinha de penas. Digestor de penas (a) [1], secador (b) [2] e peneira (c) [3].	19
Figura 2 – Pirâmide da Automação Industrial [4].	22
Figura 3 – Exemplo de aplicação OPC UA [5].	26
Figura 4 – Exemplo de definição de <i>units</i> [6].	28
Figura 5 – Fluxograma das principais etapas para a produção de farinha de penas.	31
Figura 6 – Peneira para recebimento de penas e rosca transportadora.	32
Figura 7 – Saída dos digestores para o percolador.	33
Figura 8 – Fluxograma das principais etapas para a produção de farinha de vísceras.	34
Figura 9 – Carregamento de caixas de penas.	36
Figura 10 – Digestor de penas.	37
Figura 11 – Fluxo do detector de metais e secador.	38
Figura 12 – Fluxo do digestor de vísceras e seu carregamento.	39
Figura 13 – CLP utilizado para o processo de vísceras.	45
Figura 14 – Remota destina ao processo de penas.	45
Figura 15 – Arquitetura de automação utilizada.	46
Figura 16 – Tela de supervisão do recebimento de penas e sangue.	48
Figura 17 – Tela de supervisão dos digestores de pena.	49
Figura 18 – Tela de supervisão dos digestores de vísceras.	50
Figura 19 – Tela de supervisão da prensa e moinho.	51
Figura 20 – Tela de supervisão do processamento de óleo.	52
Figura 21 – Tela de supervisão da expedição de farinha.	53
Figura 22 – Tela de supervisão da expedição de óleo.	54
Figura 23 – Tela de supervisão do processamento de lodo.	55
Figura 24 – Tela de supervisão do filtro biológico.	56
Figura 25 – Resultados obtidos nos testes do CLP. Memória do CLP utilizada (a) e em (b) Tempo de ciclo do CLP.	65

Lista de tabelas

Tabela 1 – Principais parâmetros do processamento de penas.	34
Tabela 2 – Entradas e saídas do processo.	41
Tabela 3 – Sensores utilizados para a automação da fábrica.	42
Tabela 4 – Equipamentos utilizados para a automação da fábrica.	42
Tabela 5 – Potência dos principais equipamentos da fábrica de farinha e óleo. . . .	42
Tabela 6 – Comparação entre o CLP SIMATIC S7-1200 com CPU 1214C e o ET 200SP com CPU 1512SP-1 PN.	43
Tabela 7 – Número total de expansões e bases utilizadas.	46

Lista de Siglas e Abreviaturas

CLP	<i>Controlador Lógico Programável</i>
CPU	<i>Unidade de Processamento Central</i>
FFO	<i>Fábrica de Farinha e Óleo</i>
IHM	<i>Interface Homem-Máquina</i>
PC	<i>Computador</i>
SCADA	<i>Sistemas de Supervisão e Aquisição de Dados</i>
SCD	<i>Sistema de Controle Distribuído</i>
UFSC	<i>Universidade Federal de Santa Catarina</i>

Sumário

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Motivação e contexto	13
1.2	Objetivos	15
1.2.1	Objetivo Geral	15
1.2.2	Objetivos Específicos	15
1.3	Estrutura do documento	15
2	REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1	Fábrica de Farinha e Óleo	17
2.1.1	Farinha de Penas	18
2.1.2	Farinha de Vísceras	20
2.1.3	Óleo	20
2.1.4	Sangue	21
2.2	Automação Industrial	21
2.2.1	Nível 1: Dispositivos de Campo	21
2.2.2	Nível 2: Controle	23
2.2.3	Nível 3: Supervisão	25
2.2.4	Níveis 4 e 5: Gerenciamento da Planta e Corporativo	25
2.2.5	Comunicação	26
2.3	Trabalhos Relacionados	27
3	METODOLOGIA	30
3.1	Requisitos Funcionais	30
3.1.1	Processamento de Penas	31
3.1.2	Processamento de Vísceras	34
3.1.3	Processamento de Resíduos Sólidos	36
3.2	Solução Proposta	36
4	RESULTADOS	57
4.1	Testes de Processo	57
4.1.1	Recebimento e Dosagem de Sangue	57
4.1.2	Digestor de Penas	58
4.1.3	Detector de Metais e Secador	59
4.1.4	Digestor de Vísceras	59
4.1.5	Prensa e Moinho	60
4.1.6	Processo de Óleo	60

4.1.7	Processo de Resíduos Sólidos	60
4.1.8	Expedição	61
4.2	Teste do Sistema SCADA	61
4.3	Testes de Alarmes e Níveis	62
4.4	Testes de Intertravamento	64
4.5	Teste de Processamento	64
5	CONCLUSÕES	66
5.1	Considerações Finais	66
5.2	Principais Contribuições	67
5.3	Trabalhos Futuros	67
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68

1 Introdução

1.1 Motivação e contexto

O abate de animais para a produção de carne gera uma grande quantidade de subprodutos e de resíduos, variando entre 48% e 66% do peso total do animal [7]. O descarte destes, se realizado de forma incorreta, pode provocar diversos impactos negativos como odor, propagação de agentes patógenos no material decomposto, e contaminação do solo e águas subterrâneas ou rios.

O uso de gorduras animais para produção de velas e sabonetes ocorreu durante séculos. No século 20 deu-se início à produção de farinha utilizando os subprodutos para alimentar outros animais devido à preocupação com o descarte das sobras do abate animal, que era realizado em rios ou aterramentos [8].

Deu-se início ao processamento destas sobras para terem um destino mais adequado. Por terem pouca importância na época, eram malcuidadas, com pouco investimento e seu produto era vendido com baixo valor. Foram chamadas de graxarias devido as condições de trabalho que eram expostas [9].

Com o passar dos anos, os abatedouros viram que poderia gerar um lucro considerável com este tipo de processo e, por isso, começaram a investir nas graxarias. Os locais receberam maior cuidado com a limpeza das estruturas e equipamentos, preocupação com a qualidade do produto gerado e qualificação da mão de obra utilizada nas fábricas. Com esta evolução, passaram a serem chamadas de Fábricas de Farinha e Óleos ou subprodutos de origem animal. Em 1985 foi reportado que eram processados aproximadamente 1,3 milhões de toneladas de subprodutos anualmente [8].

Entretanto, durante o processamento desses produtos, os operadores se submetem a péssimas condições de trabalho. Os equipamentos utilizados geram grande ruído e calor, além do perigo gerado pela pressão de vapor. Este processo pode exigir muito trabalho manual próximo dos equipamentos e constante supervisão destes.

Anteriormente, o controle era feito com uma grande quantidade de relés e contadores e requeriam botões para realizar acionamentos e luzes para realizar indicações ao longo da fábrica. Também era necessário que muitos trabalhadores estivessem ao lado dos equipamentos para verificar parâmetros como temperatura, pressão e nível.

Nesse cenário, se apresenta uma grande oportunidade para a automação, trazendo muitas vantagens para a produção assim como para os operadores. Entre elas pode ser citada a qualidade do produto e segurança, devido a que a fábrica pode ser controlada e supervisionada desde um ambiente isolado e com melhores condições.

A automação vem crescendo exponencialmente em diversas áreas, dentre estas po-

demos encontrar a automação na indústria alimentícia. Atualmente empresas que não buscam a implementação da tecnologia em seus processos podem deixar de serem competitivas no mercado devido à qualidade dos produtos e à capacidade de produção. Cada vez mais são procurados melhores sensores e atuadores, com menor necessidade da operação humana, mais agilidade e precisão para aprimorar as fábricas.

Com o avanço da tecnologia é possível desenvolver sensores e atuadores que possuem mais precisão e com capacidade de mensurar diferentes grandezas que antes não eram possíveis. Isso faz com que novos processos possam ser automatizados, fazendo com que aumente a produção e reduza os custos, sendo o principal motivo para a busca da automação. Outras vantagens obtidas são a melhoria na qualidade, redução da mão de obra, aumento da segurança dos trabalhadores, assim como o planejamento da produção, maior controle de estoques e de custos.

Em uma fábrica é possível desenvolver um sistema integrado, incluindo todos seus equipamentos. Também é feito o controle de equipamentos, inclusive utilizando controladores PID, entre outros. Existem muitas áreas onde podem ser aplicados, cada um com suas devidas modificações, facilitando o trabalho dos operadores sobre o processo e ajudando ter um maior controle sobre sua produção, com mais informações sobre as etapas.

Neste projeto será especificada a automação para uma fábrica de farinha e óleo de subprodutos avícolas, mostrando os equipamentos necessários e possíveis soluções. Este trabalho foi desenvolvido em conjunto com a empresa AGPR5, uma empresa brasileira com sede em Criciúma, Santa Catarina. Atua nas áreas de automação, elétrica e mecânica para diversos setores industriais, principalmente para agroindústrias. Seus trabalhos são em todos os níveis de automação, desde o fornecimento dos painéis elétricos até o sistema de integração de todo o processo produtivo e instalação de servidores.

Este projeto foi desenvolvido para uma fábrica de farinha animal, localizada em Minas Gerais. Esta é encarregada de toda sua produção de frangos, incluindo o incubatório, a criação das aves, o abate e o correto descarte dos seus resíduos. Atualmente a sua linha possui uma capacidade de abate de 12.000 frangos por hora.

Esta fábrica procura o constante crescimento e desenvolvimento com a utilização de novas tecnologias implementadas no processo, sendo cliente em algumas ocasiões da AGPR5. Já foram instaladas soluções da AGPR5 na casa de máquinas e em diversas etapas do abatedouro. A automação desenvolvida cuida da linha produtiva, transporte, refrigeração e controle de produção.

Neste novo projeto será realizada a automatização da fábrica de farinha, localizada ao lado do abatedouro. Como o processo é encarregado dos subprodutos do abate, é importante que possua um correto funcionamento e que atenda a capacidade de processamento para evitar o descarte inadequado. A matéria prima da fábrica de farinha são as penas, vísceras e sangue.

A empresa continua investindo cada vez mais em soluções de automação, fazendo com que possa aumentar sua produção e qualidade dos produtos. No local é utilizado um sistema supervisorio envolvendo todas as áreas automatizadas, facilitando o controle e protegendo as informações do processo.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Realizar o projeto para automatizar uma fábrica de farinha e óleo animal, que utiliza subprodutos do abate de aves, considerando os equipamentos existentes e uma ampliação do processo.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Estudar sobre o processo de fábrica de farinha e óleo;
- Estudar sobre equipamentos utilizados na automação de fábricas de subprodutos animais;
- Verificar o hardware existente na fábrica;
- Definir os requisitos funcionais do processo;
- Realizar a programação do CLP, considerando a expansão, novos equipamentos e sensores;
- Elaborar as telas do sistema supervisorio;
- Realizar testes de funcionamento e segurança.

1.3 Estrutura do documento

Este trabalho foi dividido em cinco capítulos para apresentar sua base teórica, métodos utilizados e resultados obtidos. No segundo capítulo é feita uma revisão bibliográfica com relação ao trabalho. É apresentada de forma teórica os principais processos das fábricas de farinhas e a obtenção de óleo. Também são discutidos os principais níveis da automação industrial e os pontos mais importantes a serem considerados em cada um deles. Foi realizada uma pesquisa por trabalhos relacionados, envolvendo assuntos como fábricas do mesmo produto, utilização de sensores e integração de sistemas.

O terceiro capítulo mostra a metodologia que foi utilizada para o desenvolvimento, os requisitos funcionais do sistema e a solução proposta, envolvendo quais os sensores e

atuadores necessários para atender as demandas. Desta maneira também é apresentada a lógica que o programa deve seguir e os métodos utilizados para a integração de todo o sistema.

Ao longo do quarto capítulo são demonstrados os testes realizados durante o projeto. São apresentados os resultados obtidos em cada um deles e o que foi modificado para o próximo. Desta maneira chegando a melhor solução encontrada para a resolução do problema, atendendo os requisitos solicitados.

Finalmente, no quinto capítulo são tratadas as conclusões obtidas, descrevendo o que foi obtido com o desenvolvimento do trabalho e quais foram as maiores dificuldades enfrentadas. Também são apresentados os trabalhos futuros, possíveis ampliações e melhorias que podem ser aplicadas à solução em próximas etapas.

2 Revisão de Literatura

2.1 Fábrica de Farinha e Óleo

As fábricas de farinha e óleo de subprodutos animais possuem como insumos os principais materiais descartados pelos abatedouros de animais. Estes podem ser carcaças, pelos, couro, animais condenados, penas, sangue, vísceras, entre outros. Quando são retirados devem ser transportados rapidamente e com higiene para que não ocorra a decomposição e contaminação dos produtos.

Estes produtos são recebidos e processados para criar farinha que, posteriormente, será utilizada para a produção de ração animal. Os óleos obtidos deste processo também são aproveitados nas fábricas de ração e para criação de sabonetes e outros produtos de limpeza.

Segundo [10], a quantidade de subprodutos gerados por um abatedouro de aves pode ser calculada utilizando as porcentagens destes em cada animal. As porcentagens consideradas são: penas (7,47%), sangue (0,79%), vísceras (7,16%), condenações sanitárias (1,21 %) e resíduos (0,37%).

O processo de fabricação de farinha consiste na eliminação de patógenos bacterianos presentes, redução da umidade e a separação do óleo do produto. Após serem recebidos os insumos são enviados para o digestor, considerada como principal etapa do processo. A função do digestor é realizar a transferência de calor com o material recebido, a uma determinada pressão. Para isso é utilizado vapor que preenche internamente a camisa, o eixo e as pás. O interior do equipamento atinge em média 150°C, o que causa a eliminação de bactérias presentes. Por este motivo, é possível utilizar materiais que foram descartados no momento do abate. A estrutura e funcionamento do digestor pode variar de acordo com o subproduto que será utilizado. Após o cozimento deve ser retirado óleo ainda presente, moer e peneirar a farinha para deixá-la com a granulometria desejada.

O processo realizado no digestor é considerado como o gargalo da produção e a manutenção e limpeza deste equipamento é de extrema importância. É possível a formação de uma crosta interna que dificulta a transferência de calor entre o produto e o equipamento, fazendo com que o processo demande mais tempo do necessário. Outro problema que deve ser considerado é o vazamento de óleo do digestor sobre o produto, reduzindo drasticamente a qualidade da farinha. Por isso é importante a revisão e manutenção diária do equipamento.

Este equipamento pode ser classificado de duas maneiras: processamento contínuo ou de bateladas. No primeiro, como o nome já faz referência, o processo é contínuo. Não é necessário realizar a parada do equipamento para a adição ou remoção do produto,

podendo gerar uma economia de tempo e de energia. Por outro lado, no digestor por bateladas é feito o carregamento sem iniciar o processo. Apesar de levar mais tempo para processar a mesma quantidade, existem estudos que mostram que o produto sai com um melhor cozimento, aumentando a digestibilidade [11].

É importante que a matéria prima seja separada antes de ser processada para criar, por exemplo, farinha apenas de penas, vísceras ou de ossos. Em alguns casos podem ser misturadas entre eles para criar determinadas receitas, inclusive a adição de sangue para melhorar as propriedades da farinha.

Após a etapa do digestor, a matéria pode ainda passar por secadores para diminuir e umidade do produto. Além disso, também podem passar por um moinho para padronizar a granulometria desejada.

Neste trabalho será analisado o processamento de subprodutos de avícolas. Os principais são penas e vísceras. Cada um deles possui uma maneira ligeiramente diferente de ser transformado em farinha, assim como alguns dos equipamentos utilizados.

2.1.1 Farinha de Penas

Quando se trata de produção de farinha a partir das penas de aves, os principais equipamentos utilizados são o digestor, o secador e a peneira, representados na Figura 1. Diferentes equipamentos podem ser utilizados para melhorar a qualidade e quantidade produzida, variando em cada fábrica.

As moegas são utilizadas no recebimento da matéria prima. Consistem em compartimentos metálicos, onde o caminhão descarrega o produto, com uma rosca transportadora no fundo, para passar o produto para a seguinte etapa. Estas devem ser higienizadas constantemente para evitar a contaminação entre produtos e a retirada de restos que podem apodrecer no local. Sua importância é manter um transporte constante, mantendo uniformidade no carregamento dos demais equipamentos.

As penas recebidas podem passar por peneiras, que ajudam na remoção de poeira e sujeiras indesejadas no produto. Uma delas é a hidrostática, onde as penas são movimentadas por um fluxo de água. É de extrema importância manter o equipamento limpo para evitar o acúmulo de sujeiras e também o entupimento da peneira.

Nessa etapa as penas adquirem alta umidade, então são colocadas em uma prensa, que consiste em um helicóide cujo passo diminui no final do eixo, fazendo com que o produto seja prensado. É feita a retirada da umidade em excesso e parte do óleo existente. Isso reduz o volume do produto e, de acordo com [9], ajuda a diminuir aproximadamente 30% do tempo necessário no digestor gerando uma grande economia de energia.

Através de roscas transportadoras, as penas são levadas para o digestor, onde são inseridas até cobrir metade do equipamento, que é considerado o nível máximo. Como mencionado anteriormente, esta é a parte mais importante do processamento da farinha.



Figura 1 – Equipamentos utilizados na produção de farinha de penas. Digestor de penas (a) [1], secador (b) [2] e peneira (c) [3].

O produto é submetido a um aumento de temperatura e pressão para realizar o cozimento e tornar as proteínas mais digestíveis. Esta etapa é chamada de hidrólise das penas. Se o produto ficar por muito tempo no digestor pode obter uma aparência e gosto de queimado e, se ficar pouco tempo, não será feito o cozimento adequado das proteínas.

Na saída do digestor, são colocados percoladores para que possa ser feito o descarregamento rápido do equipamento e evitar a queima do produto. A massa retirada é depositada no percolador. Este equipamento consiste em uma pequena moega com um transportador helicoidal na parte inferior para continuar com o transporte do material. Deve-se ter cuidado pois se o produto for deixado durante muito tempo dentro do percolador pode ocorrer o aumento da umidade e a proliferação de fungos e bactérias.

A massa é levada por uma esteira magnética para que possam ser retirados quaisquer elementos metálicos presentes. Estes podem ser provenientes de algum equipamento do processo que esteja em mal estado ou do transporte da matéria prima.

Com isso, a massa pode ser levada para os secadores. Com aquecimento por vapor indireto e exaustão controlada, estes reduzem a umidade presente na farinha. No final deste, o produto pode passar por uma nova peneira e por um moinho para padronizar a

granulometria. Estas etapas podem variar em cada fábrica, de acordo com sua necessidade.

Assim finaliza o processo de produção de farinha de penas, com a granulometria desejada e baixa umidade. O produto final pode possuir até 84,56% de proteína com 47,96% de digestibilidade se o processo for operado corretamente e a matéria prima chegar em bom estado [12].

2.1.2 Farinha de Vísceras

A recepção das vísceras ocorre da mesma maneira que as penas. São descarren gadas em moegas com roscas transportadoras. Estas passam por uma peneira hidrostática, porém com maior abertura. Neste caso o transporte pode ser feito também com sistemas pneumáticos ou vácuo.

Após peneiradas, as vísceras são levadas para um silo onde podem ser misturadas com ossos triturados para aumentar a quantidade de cálcio da farinha e levadas para o digestor posteriormente. Com este produto o digestor não realiza a pressurização, apenas o aquecimento para poder fritar as vísceras.

Na saída do digestor é colocada a caixa percoladora. Seu funcionamento é igual ao utilizado com as penas, porém sua base possui furos para realizar a retirada de óleo. Posteriormente, o produto é levado para as prensas onde é retirado o restante do óleo junto com o excesso de água.

A massa compacta resultante é levada para um moinho com a intenção de triturá-la e deixá-la com a granulometria desejada. Em alguns casos também são utilizados secadores para diminuir a umidade final do produto. Finalmente, a farinha passa por novas peneiras para retirar elementos maiores que podem ter sido processados em conjunto.

2.1.3 Óleo

O óleo coletado durante o processamento da farinha de vísceras é armazenado em um tanque até seu processamento. Inicialmente são levados para tanques decantadores onde são deixados para separar a borra, e posteriormente para as centrífugas. Os resíduos sólidos destes processos devem ser tratados antes de serem descartados.

O óleo resultante pode ser armazenado para ser utilizado novamente no processamento da farinha ou para a venda. Alguns processos submetem o óleo a uma determinada temperatura e pressão para realizar uma limpeza e, em seguida, passa para a clarificação. Ele é aquecido até a fervura e depois é enviado para o tanque de depósito.

O produto pode ser vendido e utilizado em diversas aplicações, como a produção de sabonete e adição em rações para animais. Cada uma pode ter suas exigências quanto a temperatura de armazenagem e adição de antioxidantes que devem ser seguidas.

2.1.4 Sangue

Todo abate de animal inicia com a insensibilização, feita com a utilização de gás ou choque elétrico. Este processo é realizado para que não ocorra o sofrimento da ave durante a sangria. A sangria consiste no corte dos principais vasos de circulação de sangue do animal para realizar o escoamento do sangue [13].

Se a fábrica de farinha estiver anexa ao abatedouro, o sangrador faz a coleta do sangue e o envia para a fábrica de farinha por meio de dutos. Caso contrário, o produto deve ser armazenado em tanques com agitadores para evitar a coagulação, e posteriormente realizar o transporte em caminhões para o local de processamento.

De acordo com [11] o sangue é considerado um dos subprodutos do abate mais prejudiciais ao meio ambiente, e por isso deve ser buscado o melhor destino. Este pode ser utilizado em diversas áreas como farmacêutica, extração de soro, e em rações animais.

O primeiro passo para seu processamento é centrifugação para eliminar componentes sólidos e a coagulação, geralmente utilizando o aquecimento indireto com vapor. Este pode ser adicionado à farinha de penas ou de vísceras para melhorar suas propriedades, causando também o escurecimento do produto. Em alguns sistemas é adicionado o sangue no digestor antes de ser coagulado para que seja processado junto com as penas [11].

2.2 Automação Industrial

Para realizar a automação de qualquer processo são necessários diversos equipamentos que se comunicam entre eles. Com o aumento da complexidade da produção, também aumenta o número de equipamentos necessários. Para simplificar o entendimento e a classificação das partes necessárias na automação industrial, será utilizada a pirâmide apresentada na Figura 2.

Esta é dividida em níveis de controle e processamento da informação, desde os equipamentos encontrados em campo, o local onde as informações sobre o processo são armazenadas, até o gerenciamento da produção. A seguir será feita uma explicação detalhada de cada nível e seus componentes.

2.2.1 Nível 1: Dispositivos de Campo

No nível inferior da pirâmide são encontrados os equipamentos localizados em campo. Estes podem ser máquinas do processo, atuadores e sensores. Geralmente é o nível com maior número de unidades. Existe uma grande variedade de equipamentos que podem ser usados neste nível, cada um com um princípio diferente mais adequado para sua aplicação.

Para cada processo que vai ser automatizado, é importante realizar um estudo prévio do funcionamento de cada etapa e seus requisitos. Com base nisso é possível escolher quais atuadores e sensores se adequam mais.

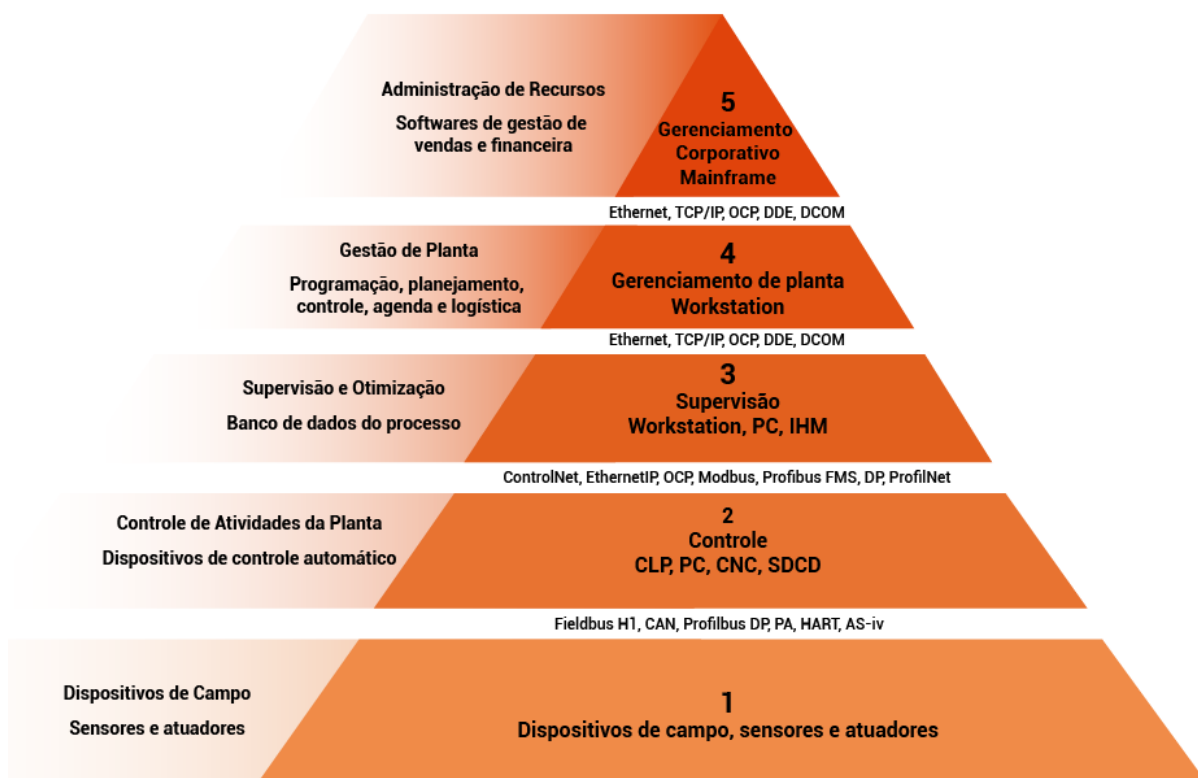


Figura 2 – Pirâmide da Automação Industrial [4].

Segundo [14] um atuador é um dispositivo que usa um tipo de energia e produz uma força necessária, provocando o movimento em um objeto ou ativando algo. Estes produzem movimentos mecânicos em qualquer processo físico em uma indústria. Pode ser encontrada uma grande variedade de atuadores, geralmente classificados de acordo com seu princípio de funcionamento, seja térmico, hidráulico, pneumáticos e elétricos. Cada uma destas contém diversos dispositivos que podem ser utilizados de acordo sua necessidade. Alguns exemplos são solenoides, pistões pneumáticos ou hidráulicos, e motores.

Sensores são definidos como dispositivos que transformam uma grandeza física em um sinal que pode ser processado por um computador. Geralmente representam fenômenos físicos como sinais elétricos que são enviados para uma central de processamento, como a CPU (Unidade de Processamento Central) de um CLP (Controlador Lógico Programável). Na indústria existem muitos tipos de sensores, variando para cada etapa e tipo de processo. Os mais conhecidos são sensores de presença, temperatura, pressão, umidade e nível. Dentro de cada uma destas funções existem diferentes princípios para obtenção das grandezas.

Os principais tipos de sinais utilizados são classificados de duas maneiras: sinais digitais e analógicos. O primeiro destes pode possuir apenas dois valores, conhecidos como 1 e 0 ou alto e baixo. São utilizados para representar fenômenos com apenas duas condições, como quando há presença de um material na frente do sensor ou o envio de um comando para iniciar um motor. O segundo tipo trata de sinais que podem assumir uma faixa

de valores, entre eles estão sensores de temperatura, umidade e pressão. Os fenômenos são transformados em sinais elétricos também entre uma faixa de valores de tensão ou corrente, para representar o nível medido. Com eles pode ser definido um número como *setpoint* de velocidade de um motor, entre outros.

2.2.2 Nível 2: Controle

No segundo nível são encontrados os dispositivos encarregados do controle da indústria. Estes são programados para tomar decisões de processo com base nos estados no nível inferior, monitorar e alterar os valores de saída. Estes podem atuar como um único dispositivo principal ou estar conectados entre eles e distribuídos pelo sistema. Os principais são PC (computador), SCD (Sistema de Controle Distribuído) e CLP [15].

Além de poderem ser utilizados para a programação, os computadores podem ser utilizados como o próprio controlador. Sua vantagem é que são de baixo custo devido à sua grande disponibilidade e, como geralmente vêm junto com um monitor e mouse, aplicações de interface homem-máquina podem ser implementadas facilmente. Ainda são pouco utilizadas por não terem bom desempenho em executar tarefas em tempo real comparado com os demais controladores industriais. Estão sendo desenvolvidos novos sistemas operacionais, apenas com as funções necessárias para este tipo de controle para poder obter uma resposta mais rápida [15].

O SCD é formado por múltiplos processadores. Cada um deles é responsável pelo controle de uma unidade de processo de toda a fábrica. Como, por exemplo, um controlador destinado apenas para uma saída controlada em relação a entrada de um único sensor [16]. Sua vantagem é que em caso de falha do processador, apenas uma parte da planta irá parar, sem afetar os outros. Estes ainda podem estar interligados entre eles e possuir sistemas redundantes para evitar perdas. Atualmente é possível implementar diferentes lógicas de controle e trabalhar com múltiplas saídas e entradas. A desvantagem que é ainda possui um tempo de execução da lógica menor do que um CLP, e as informações ficam armazenadas apenas neles, podendo ocorrer a perda destes. De acordo com [17] é possível construir sistemas híbridos, onde são utilizados SCD e CLP interligados, realizando troca de dados entre eles.

O CLP faz parte da família de computadores utilizados em aplicações comerciais e industriais. Este é responsável por monitorar entradas, tomar decisões baseado no seu programa e controlar as saídas para automatizar um processo ou uma máquina. A vantagem deste é a capacidade de processamento da informação em tempo real e sua robustez, capaz de operar em condições severas como altas temperaturas, poeira, umidade e ruídos elétricos [18].

A estrutura de um CLP consiste, basicamente, em uma unidade central de processamento (CPU) e pontos ou módulos de entrada e saída. As entradas podem ser de diversos

sinais, analógicos ou digitais, provenientes de dispositivos localizados em campo. Estes sinais são processados de maneira adequada para que o programa que se encontra na CPU possa interpretar.

Com a ajuda de dispositivos de programação, é carregado na CPU um programa que determina o comportamento do processo de acordo com o estado das entradas. Este programa pode incluir controles PID, blocos para controle de motores e válvulas, temporizadores, comunicação com outros dispositivos, entre outros. Os parâmetros podem ser alterados utilizando uma interface gráfica para os operadores, onde também são exibidas informações importantes sobre o processo.

Uma vez tomada a decisão adequada, o CLP realiza uma conversão da resposta para que possa ser transmitida pelos módulos de saída. Estes sinais podem ser tanto digitais quanto analógicos, e são direcionados para atuadores ou sinalizadores localizados em campo.

Os CLPs podem ser de diferentes fabricantes e modelos. Alguns deles já possuem entradas e saídas integradas, podendo variar a quantidade. Em algumas aplicações industriais, este número é inferior ao necessário para realizar um controle de todo o processo. Para isso são utilizados módulos de expansão, que podem ser acoplados à CPU por meio de um rack.

Cada fabricante possui uma grande variedade de módulos para serem utilizados. Os principais são os módulos de entradas e saídas (I/O), analógicas ou digitais. Os módulos de comunicação também são amplamente utilizados pois permitem a troca de dados entre CLPs, com sistemas de gerenciamento de produção e com os dispositivos de campo. Também é comum encontrar a utilização de placas remotas, utilizando módulos de interface. Sua função é obter a informação dos dispositivos, enviá-las para o CLP e, posteriormente, realizar a função inversa, sem realizar nenhum tipo de controle nelas. Estas auxiliam na diminuição da quantidade de cabos ou vias de comunicação até a CPU.

Ao selecionar o sistema de controle é importante verificar a capacidade deste pois possui uma quantidade máxima de pontos de entrada e saída assim como memória de processamento. Um estudo prévio do processo e a simulação auxilia na obtenção desses dados.

Estes controladores possuem a capacidade de serem programados em diversas linguagens. Isto faz com que o desenvolvedor possa escolher a que possui maior conhecimento, facilidade para realizar o programa ou a linguagem que seja mais otimizada, importante em algumas aplicações com dinâmica rápida. Atualmente os sistemas podem possuir mais de um tipo e podem ser convertidos para outra linguagem com facilidade. As mais conhecidas são Ladder, lista de instruções, texto estruturado e diagrama de blocos de funções [19].

2.2.3 Nível 3: Supervisão

No terceiro nível é realizada a supervisão e otimização do processo. A partir deste ponto, o sistema não necessariamente opera de forma automática. Pode haver intervenção humana para dar comandos ou ajustar parâmetros necessários. Os principais sistemas são a IHM (Interface Homem-Máquina) e SCADA (Sistemas de Supervisão e Aquisição de Dados) [20]. Em muitos casos é utilizado um banco de dados para salvar informações referentes à produção, como valores de entradas analógicas, usuário, data, hora e procedência da matéria prima. A quantidade e campos varia de acordo com cada indústria e suas necessidades [21].

O sistema SCADA é uma tecnologia que permite o usuário coletar informações de um ou mais dispositivos a longa distância e enviar informações de controle para estes mesmos [22]. Isso permite com que um operador não precise ficar ou visitar com frequência lugares remotos. Este pode visualizar com facilidade o processo e enviar comandos, como inicializar um equipamento de maneira forçada ou bloquear outro para realizar manutenção. Também é possível alterar os parâmetros de controle necessários no CLP, como *setpoint* de temperatura, pressão, tempos de cozimento, entre outros. Os seus principais propósitos são a aquisição, armazenagem e compartilhamento de informação. Esta pode ser obtida a cada certo período ou baseado em um evento e, geralmente, enviada para um banco de dados para uma análise posterior, geração de gráficos e de relatórios [15]. Geralmente estes sistemas são instalados em salas para isolar o operador de ruído, calor ou outros riscos os quais possa estar exposto.

Dispositivos IHM possuem um funcionamento similar ao SCADA, porém geralmente mostram informações mais específicas sobre alguma área da indústria e são localizadas próximo ao processo. Isso permite ao operador tomar uma ação rapidamente sem a necessidade de ir até a sala de controle. Estes devem ser mais robustos por encontrar-se em campo.

Neste caso também é possível utilizar sistemas mistos, em que são utilizados IHM próximos aos equipamentos e uma sala de controle com um sistema SCADA e um servidor de banco de dados. O seu uso depende se o processo requer que um operador acione uma etapa apenas quando está ao lado, para estar atento a falhas. Em outros casos, o recomendado pode ser que esteja longe de todo o processo, assim pode ter um controle e supervisionar a produção fora de riscos.

2.2.4 Níveis 4 e 5: Gerenciamento da Planta e Corporativo

Os níveis quatro e cinco são encarregados do gerenciamento da planta e corporativo. Primeiramente é feito um controle dos processos industriais e da logística de matéria prima. Este também é encarregado da programação e planejamento da produção. Em seguida vem a administração de recursos como venda e gestão financeira [21].

Para estas etapas são encontrados diversos programas que podem auxiliar nas tarefas, aumentando o desempenho e controle da produção. Segundo [15] estes sistemas podem ser divididos em cinco categorias: gestão de relacionamento com clientes; planejamento de recursos empresariais; gestão de conteúdo; planejamento de requerimento de materiais; e planejamento de recursos de manufatura.

2.2.5 Comunicação

Como pode ser observado no lado esquerdo da Figura 2, existem diferentes padrões de comunicação entre os níveis da pirâmide da automação. Uns podem ser mais específicos, outros podem ser aplicados entre quase todas as camadas. Neste trabalho serão tratados os protocolos Profinet e OPC UA, pois serão os utilizados durante o desenvolvimento.

Profinet é um sistema de comunicação para automação baseado em Ethernet Industrial. Pode atender a nível de campo e de controladores independente de a aplicação envolver automação de manufatura, de processos ou acionamentos. O uso deste tipo de rede facilita a expansão da fábrica com uma rápida configuração e conexão [23] [24].

O protocolo OPC UA surgiu em 1966 após a dificuldade encontrada na incompatibilidade de tipos de dados entre os computadores baseados em Windows e a grande variedade de interfaces de automação [5].

Atualmente o OPC UA suporta conexão com as interfaces SCADA, IHM, SCD, CLP, MES, sistemas baseados em PC e programas para gestão de processos. Com isso é possível realizar a troca de informações entre diferentes arquiteturas de automação como mostra a Figura 3. Este é utilizado apenas para compatibilidade de dados, não realiza o link físico entre equipamentos, sendo necessário outro meio como o profinet.

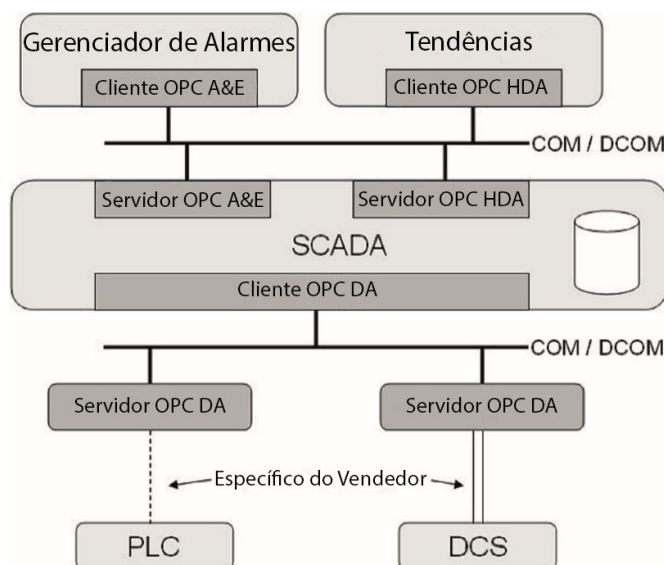


Figura 3 – Exemplo de aplicação OPC UA [5].

2.3 Trabalhos Relacionados

O processo para a fabricação da farinha pode possuir variações, tanto em parâmetros utilizados como em equipamentos. Os níveis de automação também são diferentes para cada produtor, podendo ser desde manual até totalmente automatizada. Alguns estudos mostram o desenvolvimento de sistemas e o controle de alguns equipamentos específicos como secadores e monitoração de silos.

Os sensores mais utilizados na indústria de rações e farinhas são os que identificam apenas o nível cheio. Em alguns casos torna-se interessante saber quantidade de produto que está dentro dele e com isso poder identificar a quantidade produzida ou retirada. Lewis [25] apresentou uma comparação entre diferentes tipos de sensores que podem ser utilizados para a medição de nível em silos. Como existem muitas dificuldades para realizar a obtenção de dados, cada sensor possui suas vantagens e desvantagens. Com isso o produtor deve escolher o que melhor se adéqua à suas necessidades.

Os primeiros descritos são os sensores de cabo e peso. Consistem em um peso que desce até atingir o nível do silo, determinando sua altura. Estes não respondem a mudanças instantâneas e geralmente a frequência de medição utilizada é de 15 minutos. Não é recomendado seu uso em quanto o produto está sendo carregado ou descarregado pois pode provocar o travamento o sistema. Apesar de serem resistentes a temperatura e poeira, requerem manutenção e limpeza após determinados ciclos de uso. Estes sensores são encontrados por um baixo custo, porém, não são capazes de medir o enchimento desuniforme do silo.

Posteriormente são tratados os sensores ultrassônicos. Estes podem medir continuamente o nível, porém podem sofrer interferências quando há muita poeira no silo ou quando o produto está muito aerado devido a absorção das ondas. A posição deste deve ser calculada para evitar ressonâncias que interfiram nas medições.

Foram apresentados dois tipos de sensores que utilizam a tecnologia radar. Um deles é o sensor de onda guiada, que possui uma haste inserida no interior do silo. O problema com este tipo é que realiza a medição apenas em um ponto e é intrusivo no material, dificultando seu uso em algumas aplicações. O outro tipo trata-se do TAR (Thru-air Radar) o qual emite ondas que refletem no material para determinar o nível do silo. É necessário um correto posicionamento e calibração para obter melhores resultados.

Yigit [26] demonstrou o uso de algoritmos de sensoriamento comprimido (CS) para melhorar a obtenção de dados e diminuir a interferência provocada pelo material metálico que os silos são fabricados assim como a poeira no interior. Este método consiste na utilização de uma menor amostragem e resolução de sistemas para a reconstrução do sinal. Os resultados foram positivos, reduzindo o ruído provocado e obtendo melhores medições.

Outro método para obter a quantidade de produto no interior de um silo é o uso

de células de carga e balanças. Desta maneira é possível obter uma quantidade precisa de quanto material foi produzido ou descarregado, porém, não possui muita precisão em relação ao nível do silo já que é uma medição indireta.

Em muitas indústrias a produção se dá em bateladas, isto quer dizer que é feito por cargas. Quando uma carga finaliza seu processamento, o produto é retirado completamente para que possa ser adicionada outra carga, geralmente com quantidades definidas. James [6] apresenta os princípios para automação de bateladas e a escolha de um sistema de controle adequado.

O primeiro passo é definir padrões para serem seguidos durante o projeto e fazer uma documentação destes. Isto ajudará para que outros integrantes do projeto possam entender com facilidade o que foi feito e dar continuidade ao trabalho. Também deve ser feito um levantamento sobre o processo que será automatizado, e dividi-lo nas principais etapas. Cada etapa deve ser dividida nas suas respectivas operações e posteriormente em ações. Exemplos desta última categoria são adição de vapor ou de matéria prima.

Com essas divisões é possível mapear os equipamentos e atuadores físicos e separá-los em *units*. Cada uma representa um módulo de controle e suas divisões devem ser verificadas para que seja feito o controle de batelada adequado. Geralmente, cada uma é composta por um equipamento, ou silo, e os atuadores necessários para o desenvolvimento do processo. A Figura 4 mostra um exemplo de como é feita esta definição, delimitadas pela região em amarelo.

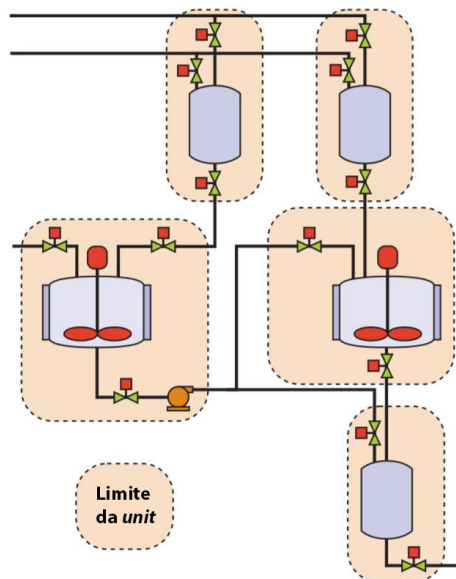


Figura 4 – Exemplo de definição de *units* [6].

Os projetos de automação se tornam mais simples utilizando este método de definição de processo. Cada batelada de produto passa por uma *unit*, completa seu processo e passa para a seguinte quando estiver desocupada. Em cada etapa, podem ser registrados

o tempo, temperatura, pressão, entre outras grandezas as quais o produto foi submetido e, posteriormente, gerar relatórios e armazenar informações importantes sobre cada lote.

Em [6] descreve-se a importância da realização da documentação do programa realizado. Isto garante que operadores possam procurar sobre o funcionamento e encontrar soluções a possíveis problemas. Quando for proposta uma atualização, também facilitará o trabalho do desenvolvedor ao entender como deve ser operado o sistema.

Na indústria, é muito comum encontrar sistemas supervisórios SCADA para auxiliar no controle e acionamentos de uma fábrica. Gianini [27] realizou uma monografia sobre o desenvolvimento de um sistema SCADA para uma graxaria, ou seja, uma fábrica de farinha animal. Este sistema foi desenvolvido no *software* FactoryTalk View do fabricante Allen Bradley, contendo os principais equipamentos para a fabricação de farinha. No total foram três telas de processo e outra para visualização da arquitetura de controle. Janelas complementares foram utilizadas para controle de motores e ajustes de parâmetros de engenharia.

3 Metodologia

Para o desenvolvimento do trabalho foi feita uma visita na fábrica de farinha para realizar levantamento dos equipamentos e do fluxo utilizado. No local, foram reunidos o gerente e o supervisor do processo para obter todos os detalhes e quais alterações deveriam ser consideradas, como implementação de um digestor e localização dos sensores.

Para simplificar o entendimento, os fluxos foram divididos em duas partes. O primeiro consiste no processamento de penas, recebimento e dosagem de sangue, armazenagem e expedição das farinhas de penas e vísceras. A segunda parte consiste na extração, limpeza, armazenagem e expedição do óleo, o processamento de vísceras e o processamento do lodo da estação de tratamento de efluentes.

Foi elaborada uma proposta de funcionamento do sistema de automação e revisada pelo cliente. Com base nisso foi possível discutir qual seria a arquitetura mais adequada para atingir o processamento correto. A seguir são apresentados os requisitos funcionais acordados e a solução proposta.

3.1 Requisitos Funcionais

No capítulo 2, foi descrito o funcionamento de uma fábrica de farinha e óleo e seus principais equipamentos. Para seu correto funcionamento e atender os padrões de qualidade necessários, devem ser seguidas algumas especificações, de acordo com o que foi solicitado pelo cliente. A seguir é descrito o processo com estas requisições.

A empresa possui um abatedouro de aves onde é realizado todo o processo de abate, depenagem, evisceração e corte das aves. A linha possui diversos pontos de coleta de produtos para serem enviados para a fábrica, localizada ao lado do abatedouro. Os produtos enviados variam entre penas, aves e cortes condenados, vísceras e sangue. Um ponto de coleta é destinado apenas para o processo de depenagem. Outro é para obter o sangue resultante do abate e outros três pontos são utilizados para vísceras, cortes e aves condenadas. Estes consistem na maior quantidade de subproduto utilizada na fabricação de farinha.

Primeiro será tratado o processo de produção da farinha a partir das penas, incluindo o recebimento e processamento do sangue. Posteriormente são apresentados os requisitos para a obtenção da farinha de vísceras e a extração de óleo. Finalmente são descritas as etapas do lodo recebido da estação de tratamento de efluentes.

Os processos possuem botoeiras e avisos luminosos para indicar cada etapa. Um requisito do projeto de automação foi a retirada dos botões para dar continuidade ao processo ou um painel de luzes, por isso foi proposto um sistema supervísório, que mantém

controle de cada batelada dos digestores e indica quais são as funções que estão sendo executadas. Todas as alterações ou instalações mecânicas foram acordadas que seria de responsabilidade dos colaboradores da fábrica.

3.1.1 Processamento de Penas

A Figura 5 apresenta o fluxograma das principais etapas utilizadas na fábrica para a produção de farinha de penas. Esta ajudará a compreensão sobre os processos e quais requisitos devem ser seguidos a cada passo.

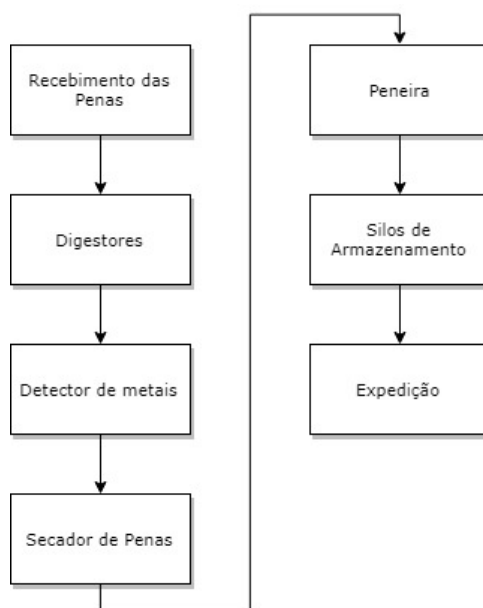


Figura 5 – Fluxograma das principais etapas para a produção de farinha de penas.

Após coletadas na depenadeira, as penas são enviadas por meio do fluxo de água para o recebimento na fábrica de farinha onde uma peneira estática, mostrada na Figura 6, faz a retirada da água excedente. Estas são transportadas para o digestor até que atinja seu nível médio, considerado como capacidade máxima de produto.

No projeto a carga dos digestores de penas ainda se manteve de maneira manual. Na expedição manoplas farão o acionamento da carga dos caminhões ou saco, processo que posteriormente pode ser automatizado. Estes fatos foram discutidos com a empresa para encontrar uma solução adequada. Para realizar a automação seria necessária a aquisição de diversos sensores e atuadores, o que teria um alto custo. Com isso o cliente optou por mantê-los de forma manual.

Após a carga das penas, deve ser adicionado o sangue. O sangue utilizado durante o processo, é coletado da sala de abate das aves e enviado por vácuo para um tanque de recebimento na fábrica de farinha. Depois, utilizando ar comprimido, é levado para dois tanques de armazenamento. Neste local deve ser mantido sob agitação para evitar



Figura 6 – Peneira para recebimento de penas e rosca transportadora.

a coagulação. Após serem dosados nos digestores, as vias devem ser limpas com ar para evitar também a coagulação e entupimento.

Com as penas e o sangue dosado é possível iniciar a batelada com o aquecimento do digestor, causando a pressurização interna. Esta é a principal etapa do processo então é importante manter um correto controle da pressão e temperatura internas, assim como o tempo que as penas são retidas nestas condições para atingir uma hidrólise adequada.

Ao atingir a pressão de hidrólise das penas, é iniciada a contagem de tempo. Os parâmetros devem poder ser alterados pelo operador para obter um melhor rendimento do processo. A Tabela 1 apresenta os principais parâmetros, porém podem variar conforme as condições das penas recebidas e cabe aos operadores analisar a qualidade do produto e realizar os ajustes necessários.

Quando finalizar o tempo determinado, é iniciada a despressurização do digestor. Esta é uma etapa que requer muito cuidado por parte dos operadores. As guilhotinas do digestor não podem ser abertas enquanto a pressão interna do digestor seja maior do que zero. Com isso inicia o processo de pré-secagem do produto, realizado no próprio digestor. É adicionado vapor, porém com a exaustão acionada para que não seja pressurizado, mantendo um controle da temperatura interna.

É de extrema importância que seja feito o controle das bateladas durante esta etapa e que não haja mistura entre elas, mantendo registrado o que foi realizado em cada lote. Cada uma delas pode variar o tempo de cozimento devido à pressão, temperatura do digestor, ou quantidade de penas e outros produtos que podem ter sido inseridos juntos como, por exemplo, cabeças ou algum corte condensado.

Com o eixo do digestor girando no mesmo sentido, é aberta a guilhotina de descarga

para retirar primeiro o excesso de produto, posteriormente o digestor pára e inverte seu sentido para fazer a descarga completa do produto. É necessária uma precaução com o tempo para evitar a queima do produto no seu interior. Atualmente a abertura é feita de maneira manual, o projeto deve incluir estes acionamentos para realizá-los de maneira automática.

A empresa possui dois digestores para este processo e foi solicitado uma adequação e projeto de outro digestor, anteriormente utilizado para vísceras. Diversos aspectos devem ser levados em conta como localização, aumento de roscas transportadoras, modificação do interior dos digestores, aquisição de mais sensores e ampliação das entradas e saídas necessárias.

A massa resultante do digestor é retirada para os percoladores, como pode ser observado na Figura 7, e levada para um detector de metais. No detector de metais, o produto passa por uma banda transportadora que possui um sensor para verificar se existe algum material metálico junto com o produto. Quando o sensor for acionado, a banda inverte seu sentido para retirar o produto junto com o metal que está nela. Após um tempo determinado esta volta ao seu sentido normal para dar continuidade ao processo.



Figura 7 – Saída dos digestores para o percolador.

O produto é então levado para o secador para retirar os excessos de umidade. São acionadas as pás internas pelas quais circula vapor para fazer um aquecimento indireto, de acordo com os parâmetros mostrados na Tabela 1. Deve-se ter cuidado com a temperatura que se realiza a secagem e o tempo de exposição para não queimar o produto. Este controle é realizado monitorando a temperatura do sistema e a entrada de vapor. Os gases extraídos do equipamento devem ser passados por um lavador de gases para retirar partículas suspensas.

A farinha de penas é então passada por uma nova peneira para retirar objetos maiores presentes e enviada para o silo de expedição por meio de um sistema de ar comprimido. Este sistema possui dois filtros de ar para garantir que a farinha não seja levada por arrasto, um do tipo ciclone e outro filtro de mangas. Para expedição, a farinha poderá ser levada de duas maneiras. A primeira consiste em sacos de até 50 kg, utilizando a ensacadora e a segunda é por meio de sacos com capacidade para 1.500 kg, chamados de *Big Bags* que são enchidos diretamente dos silos.

Tabela 1 – Principais parâmetros do processamento de penas.

Parâmetros do processo	Valor	Duração da etapa
Pressão de Hidrólise	3 bar	40min
Temperatura de Pré-secagem	120°C	10min
Temperatura do Secador	140°C	20min

3.1.2 Processamento de Vísceras

Na Figura 8 é apresentado o fluxo das principais etapas da produção de farinha de vísceras. Este possui diferentes equipamentos em relação ao de penas devido à necessidade de retirada de óleo e a composição da matéria prima.

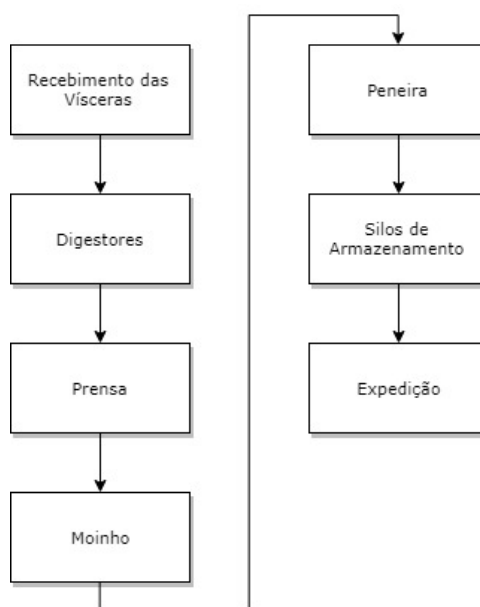


Figura 8 – Fluxograma das principais etapas para a produção de farinha de vísceras.

O recebimento das vísceras na fábrica de farinha é feito por três métodos: vácuo, pneumático (chute) e água. Todos os sistemas devem ser descarregados no mesmo local que, posteriormente, irá fazer o carregamento dos digestores de vísceras.

O projeto deve incluir uma ordem de carregamento, em que o operador seleciona quais digestores serão carregados primeiro e quanto de produto será utilizado. Primeiro é dosada a quantidade de óleo e depois as vísceras, ambos em um silo pulmão. Quando atingir a quantidade certa, o produto é descarregado para o digestor.

As vísceras são aquecidas de maneira indireta, utilizando vapor no interior do eixo, até atingir uma temperatura de 180°C para garantir que serão fritas. É importante que o produto não passe da temperatura determinada pois pode queimar e afetar a batelada inteira. A fábrica possui quatro digestores dedicados para o processamento de vísceras. Foi proposta a modificação de um deles para ser utilizado com penas e instalação de um novo para as vísceras com maior capacidade.

Quando o produto atinge sua temperatura o digestor abre e inicia seu descarregamento. Neste caso o eixo não inverte seu sentido de giro. O formato das pás internas faz com que o produto possa ser descarregado por completo e depositado nos percoladores. Estes, diferentemente do usado com as penas, possui furos para que óleo das vísceras fritas escorra e seja levado até o tanque de óleo bruto. A massa resultante é levada para uma moega, onde é mantido em constante movimentação e aquecimento por vapor, até ser levado para a prensa.

A prensa consiste em um helicóide que pressiona o produto contra dois pistões. Quando atingir a pressão determinada os pistões abrem, liberando o produto. Na parte inferior da máquina, existe uma outra rosca que faz a retirada do óleo extraído por meio da prensagem do produto. Este também é levado para o tanque de óleo bruto. Deve ser feita uma dosagem fina de água na entrada da prensa a cada determinado tempo e caso ocorra o entupimento deve ser feita uma dosagem grossa.

O resultado da prensa é uma massa de vísceras fritas e secas, porém ainda é necessário que passe por um moinho. Primeiramente é enviada para uma segunda moega, com o mesmo funcionamento que a primeira, e na saída é transportada para o moinho martelo. Neste equipamento, o produto é quebrado até atingir a granulometria desejada. Posteriormente a farinha é peneirada para retirar objetos indesejados que ainda estejam presentes e enviada para os silos de expedição.

Uma bomba realiza o transporte do óleo presente no tanque de óleo bruto para um segundo tanque onde é armazenado. Este tanque possui aquecimento por meio de vapor e uma válvula na parte inferior para fazer a retirada da borra acumulada. Posteriormente, o óleo é enviado para duas centrífugas, onde é realizada a limpeza, e enviado para os tanques de expedição ou para a carga dos digestores novamente. O resíduo sólido resultante deste processo é bombeado para a primeira moega de vísceras, retornando para o processo.

O óleo deve ser mantido a uma temperatura de 70°C nos tanques para realizar a expedição para os caminhões. O início e final da carga também é indicado por uma manopla assim como com as farinhas. Em alguns casos, é possível dosar antioxidante junto com o carregamento.

3.1.3 Processamento de Resíduos Sólidos

O lodo retirado das estações de tratamento de efluentes é processado em um digestor exclusivo para este produto. Primeiramente este é recebido e deve passar por um cozimento de maneira contínua em um tanque e depois por um tridecanter, equipamento centrífugo utilizado para separar o lodo em óleo, água e resíduos sólidos.

A água é enviada diretamente para o esgoto da fábrica. O óleo retirado é utilizado para realizar a dosagem do quarto digestor de vísceras e os resíduos sólidos são enviados para o digestor específico deste produto. Seu cozimento é feito por meio da definição de uma temperatura, similar ao processo de vísceras. Finalmente o produto deve ser resfriado e ensacado para poder dar o destino adequado.

3.2 Solução Proposta

Tendo em vista os princípios de um processo de fabricação de farinha e os requisitos especificados pelo cliente, foi proposta a arquitetura explicada a seguir. Um aspecto importante a ser levando em consideração é a necessidade de sincronização dos equipamentos, intertravamento e controle de bateladas nos equipamentos necessários. Primeiramente serão descritos os dispositivos de campo propostos para o projeto, e em seguida os sistemas de controle e de supervisão.

O recebimento de vísceras utiliza uma peneira rotativa acionada por um motor e uma bomba para higienização. A peneira de recebimento das penas possui um motor para evitar o entupimento, porém não possui um eixo de giro da malha. Uma rosca transportadora levará as penas para o local onde é feita a carga dos digestores. Neste lugar a empresa optou por deixar o processo manual, onde o operador coloca as penas em caixas, como mostra a Figura 9, até acumular uma carga do digestor.



Figura 9 – Carregamento de caixas de penas.

A guilhotina do digestor irá abrir automaticamente quando este estiver pronto para ser carregado. O operador encarregado colocará o produto no interior e, ao finalizar, deve comunicar a sala de comando por rádio para que o processo continue.

A guilhotina de carga fechará automaticamente e o processo de digestão iniciará, um motor fará o acionamento do seu eixo interno. A alimentação de vapor é feita na camisa e eixo do digestor, como mostrado na Figura 10, passando por uma válvula proporcional. Esta realizará o controle da pressurização e temperatura interna.

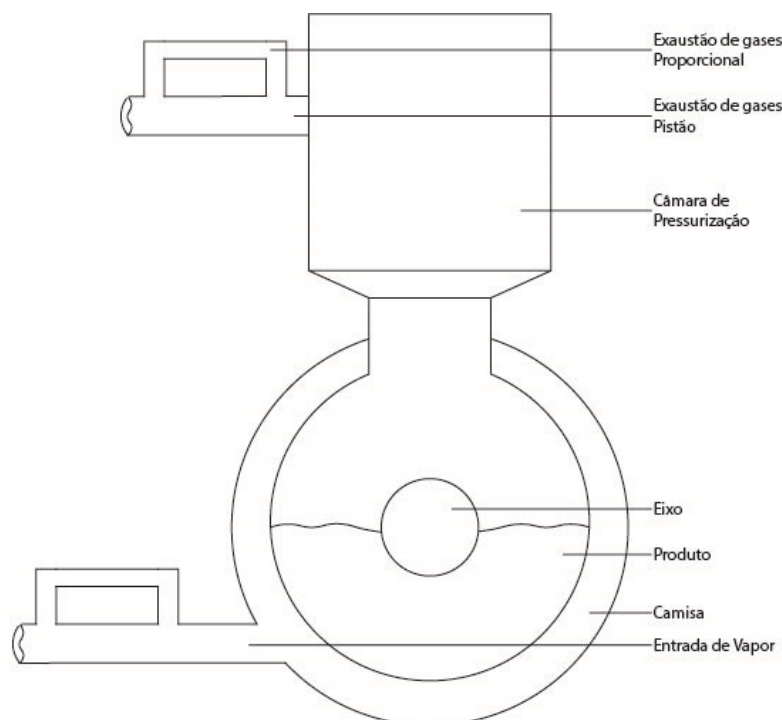


Figura 10 – Digestor de penas.

Para manter a pressurização dentro do digestor de penas serão utilizados um pistão e uma válvula proporcional na exaustão. O vapor faz o aquecimento indireto do produto e a evaporação da água presente pressuriza o interior. As condições adequadas para hidrólise serão mantidas por um tempo determinado para o correto cozimento. A válvula proporcional iniciará a depressurização lentamente. O pistão, que está em paralelo com a válvula, irá abrir quando a pressão for nula para permitir a maior passagem de gases durante a pré-secagem.

Uma guilhotina com pistão hidráulico realizará a descarga do digestor quando o processo finalizar. A rosca do percolador iniciará automaticamente assim como a rosca transportadora que leva o produto para o detector de metais. O sensor realizará a detecção de metais do produto. Caso ocorra, a lógica de retirada do produto será executada. A farinha será levada para o secador por uma rosca transportadora. Este possui um motor de acionamento do seu eixo, uma válvula de entrada de vapor e um sensor de temperatura (PT100) para realizar o controle da temperatura interna. Outro motor faz o acionamento

dos exaustores, ajudando a retirada da umidade. A Figura 11 apresenta o fluxo do detector de metais e secador onde é representada a entrada de vapor e medição de temperatura e pressão.

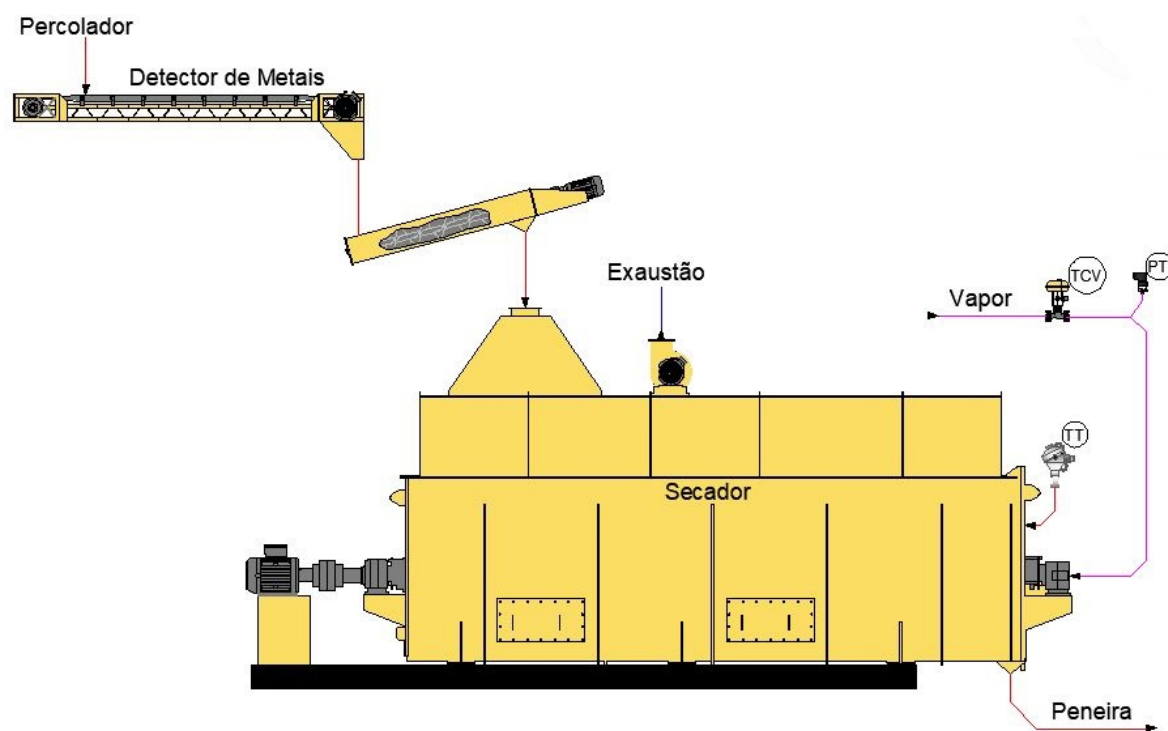


Figura 11 – Fluxo do detector de metais e secador.

Na saída do secador está localizada a segunda peneira e depois deste equipamento, a farinha será transportada por ar comprimido. O primeiro filtro de ar será do tipo ciclone. Uma válvula solenoide realizará pulsos de ar comprimido para evitar o entupimento do sistema. Um segundo filtro de ar (filtro de mangas) irá garantir que partículas sólidas não sejam levadas para a exaustão. Será instalado um sensor de nível do tipo radar no silo de expedição para determinar a quantidade de farinha produzida e verificar se este está atingindo sua capacidade máxima.

Uma bomba faz recircular água no lavador de gases do secador e um sensor de nível mecânico faz com que o tanque de reservatório de água seja abastecido, abrindo uma válvula solenoide. Uma válvula na parte inferior do ciclone permite a higienização do equipamento.

As vísceras que são recebidas pela peneira serão transportadas por um helicóide até o local onde estão os demais recebimentos (pneumático e vácuo). Duas roscas transportadoras farão o carregamento do silo pulmão dos digestores. Cada um possui sua gaveta respectiva para permitir a entrada de produto na ordem correta.

A quantidade de produto em cada silo de carregamento é medida com uma marcação mecânica, obtida após vários testes de quantidade. O operador verifica quando o produto

atinge este nível e para o carregamento.

Foram estudadas diversas possibilidades para fazer a medição automática do produto, porém qualquer corpo que fosse colocado em contato com o produto iria dificultar a descarga para o digestor. A instalação de células de carga foi considerada como uma opção, porém foi descartada após realizar uma análise dos custos das adaptações mecânicas necessárias.

Após o estudo das possíveis formas de medição, foram escolhidos os sensores do tipo radar por possuírem boa precisão e sua instalação não exigir muitas alterações mecânicas. Serão instalados em cada um dos silos de carga para poder determinar a quantidade que será carregada ao digestor sem entrar em contato com o produto. Isso dará maior precisão à medição, além de possibilitar o registro de todas as cargas feitas.

Uma guilhotina, acionada por um pistão, fará a carga para o digestor quando a quantidade de produto for atingida. Os mesmos equipamentos do sistema de vapor e temperatura dos digestores de penas serão colocados para as vísceras, porém sem a medição da pressão interna. A Figura 12 mostra as roscas transportadoras encarregadas de realizar o carregamento dos silos pulmões e o primeiro digestor com a entrada de vapor e medição de temperatura.

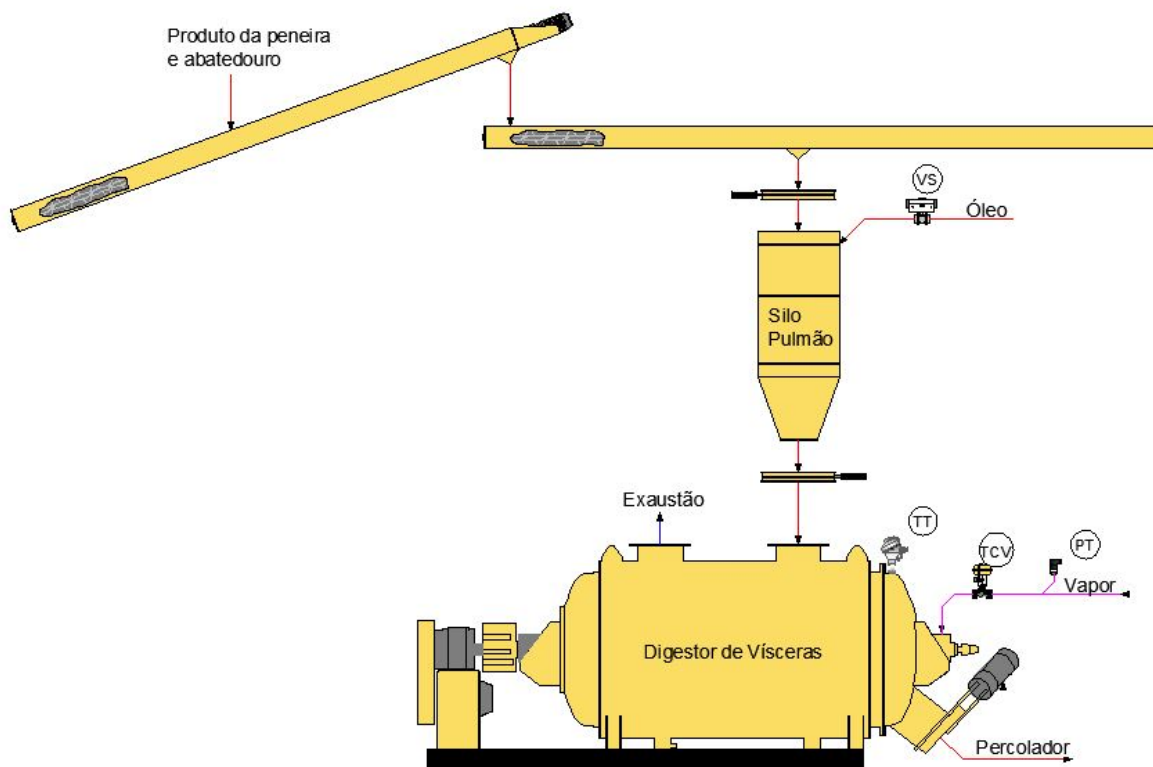


Figura 12 – Fluxo do digestor de vísceras e seu carregamento.

Ao atingir a temperatura desejada, a guilhotina de descarga do digestor abrirá auto-

maticamente e ligará o percolador. Duas roscas transportadoras levarão o produto para a primeira moega. Nesta serão colocados sensores capacitivos de nível alto e baixo para controlar a entrada e descarga de produto, evitando a sobrecarga e a operação com pouca carga. Uma válvula abrirá o sistema de vapor do equipamento para realizar o aquecimento.

As vísceras são levadas para a prensa por uma rosca transportadora. Entre estes dois equipamentos será instalado um sensor capacitivo para indicar se ouve um entupimento na entrada. Duas válvulas são encarregadas de fazer as dosagens de água, fina e grossa, na entrada da prensa. Os pistões de abertura da prensa são acionados quando a corrente do motor aumenta bruscamente e atinge um valor determinado.

Uma gaveta na rosca que retira o produto da prensa será acionada quando for desejado realizar um reprocesso do produto. Dessa gaveta, uma rosca retornará o produto para o percolador de vísceras. Se não for selecionada a opção de reprocesso, um helicóide levará a farinha para a segunda moega, onde também serão instalados sensores capacitivos de nível alto e baixo para fazer o devido controle dos seus motores e da rosca alimentadora.

A farinha é transportada por uma rosca para o moinho martelo e, em seguida, um elevador e duas roscas fazem o transporte para os silos de expedição. A última rosca possui duas gavetas para poder selecionar em qual silo será armazenada. Estes silos possuem sensores de níveis do tipo radar assim como no silo de farinha de penas.

O conceito de *units*, apresentado na seção 2.3, será utilizado apenas nos digestores. Com isso será possível ter um controle sobre quanto produto foi utilizado em cada batelada e quais foram as temperaturas e pressões utilizadas. O restante do processo é considerado contínuo, onde será registrada uma produção final por dia.

Para o sistema de óleo, duas bombas retiram o óleo bruto do tanque e um motor aciona o agitador. O óleo é levado por uma tubulação que passa pelos silos de carga dos digestores de vísceras, onde cada um possui uma válvula para fazer a dosagem. A linha segue para o segundo tanque de óleo, onde uma válvula controla o vapor para aquecimento utilizando como referência a temperatura lida por um PT100.

Uma válvula de dreno será instalada para retirada de borra do tanque e duas bombas mandam o óleo para as centrífugas. Cada centrífuga bombeia a borra retirada para a primeira moega do processo de vísceras. O óleo limpo retirado é enviado para um tanque de armazenamento que possui um sensor de nível capacitivo e, em seguida, para os oito tanques de expedição. Serão instalados sensores do tipo radar em cada um deles para ter um controle das válvulas e das rotas de abastecimento, assim como da quantidade de produto em cada tanque.

Um sensor de temperatura e uma válvula de vapor fazem o controle da temperatura no tanque de lodo inicial. O fluxo por este tanque será controlado por uma bomba e uma válvula que fazem o envio para os tridecanters. Cada via possui uma entrada de água por uma válvula para realizar a limpeza do equipamento.

Na saída de cada um destes equipamentos é utilizada uma bomba para mandar o resíduo sólio para o digestor destinado para este produto. O óleo retirado é enviado para um tanque e posteriormente dosado no quarto digestor de vísceras por uma válvula.

O digestor de resíduos sólidos possui o mesmo funcionamento que o de vísceras, porém sua saída é destinada para duas roscas transportadoras. Neste local é realizado o resfriamento do produto até que possa ser ensacado. A verificação da temperatura não foi solicitada pelo cliente por isso não foi incluído no projeto a monitoração e controle desta variável.

Após o levantamento do fluxo e dos equipamentos necessários, foi criada uma lista para verificar todos os pontos de entradas e saídas que seriam utilizados no CLP e, com isso, verificar quantas expansões deveriam ser adquiridas. Todos os pontos novos que deveriam ser incluídos, entre sensores e atuadores, foram discutidos com o cliente para encontrar qual seria a melhor solução considerando a eficiência e o custo dos dispositivos.

Para uma melhor organização do projeto e dos pontos físicos, o processo foi dividido em dois. O primeiro (referenciado como pena) envolve o recebimento de sangue, processamento das penas, de resíduo e a expedição de farinha. O segundo (referenciado como víscera) engloba o recebimento do lodo, processo das vísceras, do óleo e sua expedição. A Tabela 2 mostra a quantidade de entradas e saídas utilizados em cada um destes grupos. No total, foram utilizados 273 entradas e 209 saídas digitais, 72 entradas e 16 saídas analógicas.

Tabela 2 – Entradas e saídas do processo.

Tipo de Sinal	Quantidade	
	Pena	Víscera
Entrada Digital	101	172
Saída Digital	90	119
Entrada Analógica	29	43
Saída Analógica	10	6

Com isso será possível obter importantes informações para o controle da fábrica e da produção. Os sensores do tipo radar serão utilizados nos quatro silos pulmão dos digestores de vísceras, nos oito tanques de expedição de óleo e nos três silos de expedição de farinha. Como discutido por [25], existem outras maneiras de obter a mesma informação e de maneira mais precisa. O cliente optou por esta solução em relação as outras devido a que, apesar de não ser a mais precisa, apresenta bons resultados por um menor custo de instalação. A Tabela 3 mostra todos os sensores que serão utilizados, com seu respectivo tipo de entrada e funcionamento.

Os equipamentos utilizados no programa são apresentados na Tabela 4. Cada tipo possui um bloco específico que deve ser configurado com as entradas e saídas correspondentes, tempo para acionamento, alarmes, sentidos de giro ou de abertura. Oito destes

Tabela 3 – Sensores utilizados para a automação da fábrica.

Tipo de Sensor	Quantidade	Tipo de entrada
Indutivo	88	Digital
Capacitivo	28	Digital
Transdutor de Temperatura	18	Analógica - 4 a 20mA
Transdutor de Pressão	16	Analógica - 4 a 20mA
Radar	16	Analógica - 4 a 20mA

serão conectados ao CLP por rede Profinet, os demais serão por pontos de entrada e saída. A Tabela 5 mostra a potência dos principais equipamentos utilizados na fábrica.

Tabela 4 – Equipamentos utilizados para a automação da fábrica.

Tipo de Equipamento	Quantidade
Motor	76
Bomba	30
Válvula	86
Total	192

Tabela 5 – Potência dos principais equipamentos da fábrica de farinha e óleo.

Equipamento	Potência (CV)
Secador de Penas	75
Digestores de Vísceras 3 e 4	50
Digestores de Vísceras 1 e 2	25
Digestores de Penas	25
Digestores de Resíduos Sólidos	25
Tridecanters	25
Centrífugas	12
Roscas transportadoras	2 a 3
Peneiras	2
Esteira detector de metais	1,5

O cliente possui três CLPs do modelo SIMATIC S7-1200, CPU 1214C para realizar o controle dos processos da fábrica de farinha, levando em conta que muitos acionamentos eram feitos por botões em campo, o que limitava o nível de automação. Foi acordado que seria incluído no projeto um novo CLP Siemens, do modelo ET 200SP, CPU 1512SP-1 PN, para unificar toda a fábrica. Este foi escolhido pelo cliente pois já possuem módulos para este modelo.

A Tabela 6 mostra um comparativo entre os CLPs mencionados. É possível ver que a CPU 1512SP-1 PN possui uma capacidade muito superior à 1214C, tanto em memória de processamento quanto de armazenamento. Não seria possível utilizar um único CLP do

modelo antigo devido a que o número máximo de pontos de entradas e saídas é inferior a quantidade utilizada no projeto.

Tabela 6 – Comparação entre o CLP SIMATIC S7-1200 com CPU 1214C e o ET 200SP com CPU 1512SP-1 PN.

CPU	1214C	1512SP-1 PN
Memória de Trabalho	75 kB	200 kB
Memória de Carga	4 MB	até 32 GB com cartão de memória
Memória retentiva (temporizadores, contadores, flags)	10 kB	128 kB
Tempo de processamento por instrução binária	85ns	48ns
Número máximo de módulos	8	2048
Número máximo de pontos de entrada e saída	242	32.000
Temperatura ambiente máxima durante operação	60°C	60°C
Temperatura ambiente mínima durante operação	-20°C	0°C

Para a programação do CLP foi utilizado o software TIA Portal v15, no mesmo que foi desenvolvida a automação do abatedouro, o que facilitará uma posterior unificação de projeto. A AGPR5 possui um padrão de blocos para controle dos equipamentos, entradas analógicas e alarmes digitais, assim como uma estrutura para a lógica do programa. Estes foram mantidos para realizar o desenvolvimento do projeto.

Os blocos padrão mantidos, foram programados na linguagem lista de instruções, assim como o cadastro dos dispositivos. Para as partes referentes ao processo, a linguagem utilizada foi Ladder. Esta decisão foi apenas por preferência do desenvolvedor e não influencia no resultado do processo. As definições de tempos, temperaturas e pressões foram deixadas como variáveis para que possam ser ajustadas no momento de iniciar o sistema, de acordo com a engenharia de processos da fábrica.

Como as etapas do processo não requerem um controle com alta precisão, foram utilizados os blocos de controle PID da biblioteca da Siemens que possuem o sistema de auto-tuning (obtenção dos parâmetros de controle de forma automática). Cada um deles possui uma variável de entrada, uma de saída e uma condição de início. Os controles utilizados foram:

- Pressurização interna digestor pena 01;
- Despressurização interna digestor pena 01;
- Temperatura secagem digestor pena 01;

- Pressurização interna digestor pena 02;
- Despressurização interna digestor pena 02;
- Temperatura secagem digestor pena 02;
- Pressurização interna digestor pena 03;
- Despressurização interna digestor pena 03;
- Temperatura secagem digestor pena 03;
- Temperatura digestor resíduo;
- Temperatura secador;
- Temperatura tanque resíduos;
- Temperatura digestor víscera 01;
- Temperatura digestor víscera 02;
- Temperatura digestor víscera 03;
- Temperatura digestor víscera 04;
- Temperatura tanque de óleo;
- Temperatura do tanque de expedição de óleo 01;
- Temperatura do tanque de expedição de óleo 02;
- Temperatura do tanque de expedição de óleo 03;
- Temperatura do tanque de expedição de óleo 04;
- Temperatura do tanque de expedição de óleo 05;
- Temperatura do tanque de expedição de óleo 06;
- Temperatura do tanque de expedição de óleo 07;
- Temperatura do tanque de expedição de óleo 08.

Ao desenvolver o programa no software Tia Portal, foi necessário incluir todas as expansões do CLP que serão utilizadas, assim como conexões com inversores por rede e estações de monitoramento para poder simular os valores de entrada e saída. O cálculo de quantas expansões eram necessárias foi feito utilizando a informação da Tabela 2, tomando como base que cada módulo de entrada ou saída digital possui 16 pontos e os analógicos possuem 4 pontos cada um.

A Figura 13 apresenta a estrutura do *rack* principal, contendo as entradas e saídas do processo de vísceras. No primeiro *slot* está localizada a CPU, responsável pelo processamento da informação. Dos *slots* dois à doze estão localizadas as entradas digitais, e do treze ao vinte as saídas digitais. As entradas analógicas ocupam os *slots* do vinte e um ao trinta e um e as saídas analógicas o trinta e dois e trinta e três.

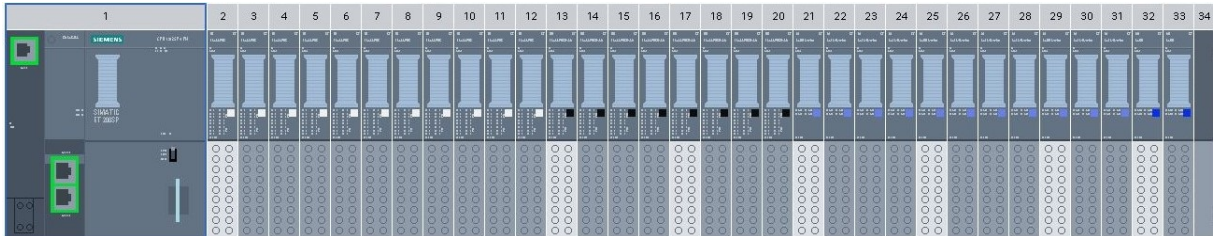


Figura 13 – CLP utilizado para o processo de vísceras.

A Figura 14 apresenta o segundo *rack* com um módulo de interface e os módulos de entrada e saída utilizados para o processo de penas. No primeiro *slot* encontra-se o módulo de interface, que realiza a comunicação com o CLP. Os *slots* um à sete são destinados para entradas digitais e de oito a treze para saídas digitais. As entradas analógicas encontram-se nos *slots* quatorze à vinte e saídas analógicas nos últimos três.

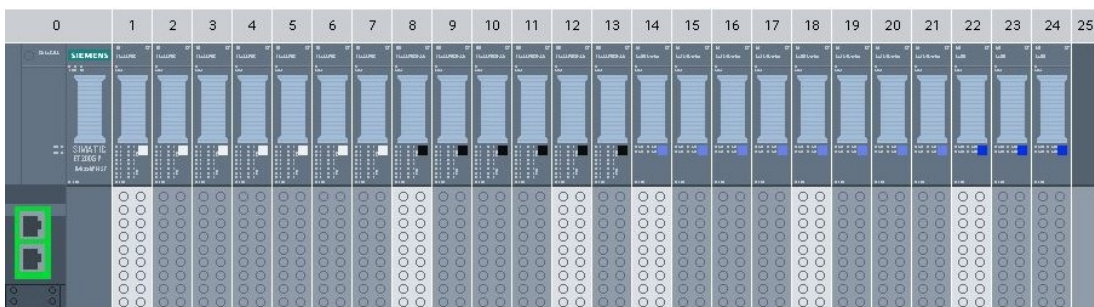


Figura 14 – Remota destinada ao processo de penas.

Neste modelo de CLP, cada expansão necessita uma base, que pode ser com fonte ou sem. Isto facilita a troca de expansões com o hardware, sem precisar retirar todos os pontos instalados. A Tabela 7 mostra a quantidade de expansões totais, contando o *rack* principal e o remoto, que foram necessárias para o controle de todo o processo, assim como suas respectivas fontes.

Apesar das especificações da Siemens indicar que para este tipo de aplicações uma base com fonte tem capacidade de alimentar todas as expansões do mesmo tipo, na AGPR5 é utilizado o padrão de uma base com fonte para cada quatro módulos de saídas digitais. Da mesma maneira são projetadas as entradas e saídas analógicas. Para as entradas digitais, apenas a primeira é instalada com fonte. Com isso, é garantido o envio da energia suficiente para todos os módulos.

Com esse hardware especificado foi possível construir a arquitetura mostrada na Figura 15. Na parte inferior temos os inversores para controle de motores, conectados por

Tabela 7 – Número total de expansões e bases utilizadas.

Descrição da Expansão	Quantidade
Entrada digital, base com fonte	2
Entrada digital, base sem fonte	16
Saída digital, base com fonte	4
Saída digital, base sem fonte	10
Entrada analógica, base com fonte	5
Entrada analógica, base sem fonte	14
Saída analógica, base com fonte	2
Saída analógica, base sem fonte	3

rede Profinet. Em seguida foi projetada a instalação de um PAC3200. Este é utilizado para monitorar a corrente, potência e fator de potência do centro de controle de motores.

Posteriormente temos a camada de controle com o CLP e o módulo de interface utilizados no projeto. Na parte superior encontra-se a estação que será instalado o sistema de supervisão. A conexão física também é realizada por Profinet, porém o servido OPC UA instalado no computador faz a compatibilidade entre os tipos de dados.

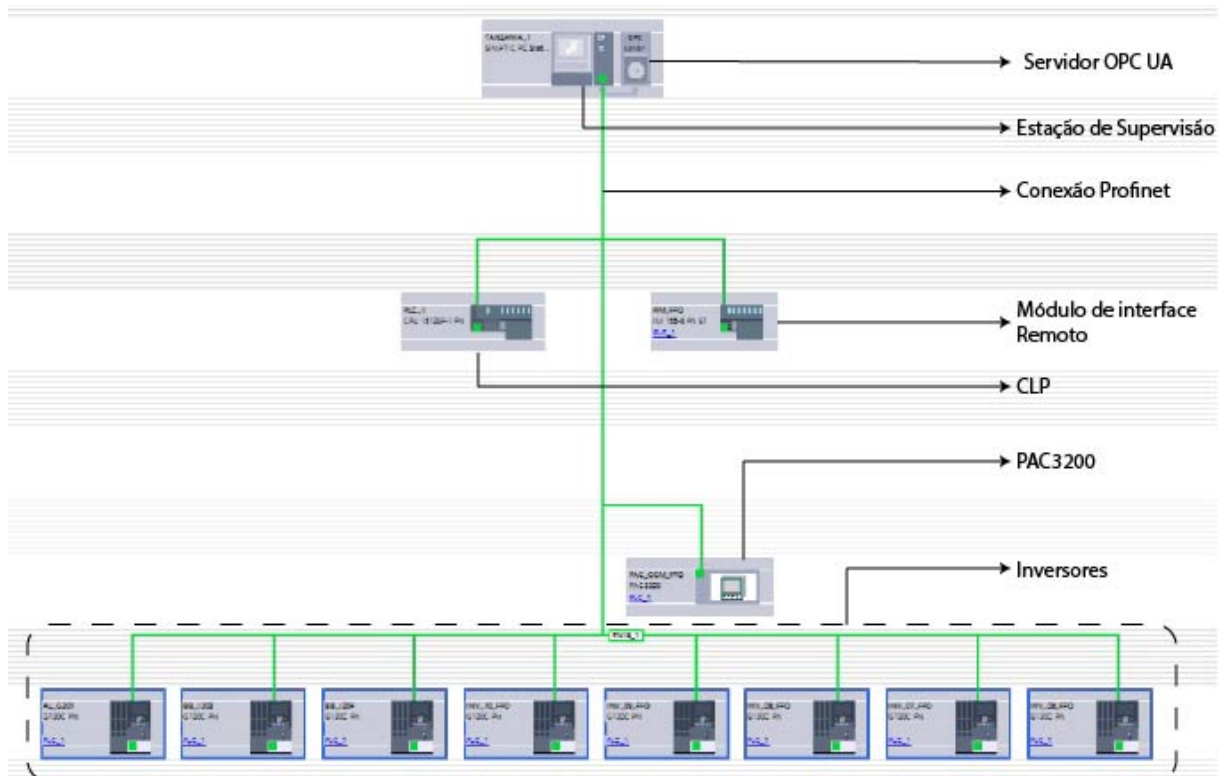


Figura 15 – Arquitetura de automação utilizada.

Junto com a AGPR5 foram elaboradas as telas do sistema SCADA, utilizando o software Eclipse E3. Este programa utiliza um servidor e um sistema de visualização que podem estar na mesma máquina ou em locais separados. Desta maneira é possível isolar

o local onde é armazenada a informação do ambiente fabril, evitando possível perdas de informações.

As telas do supervisor foram elaboradas utilizando bibliotecas desenvolvidas pela empresa. Estas incluem desenhos dos equipamentos, blocos para monitoramento de analógicas e dos controladores PID. Os blocos dos dispositivos fazem comunicação com os utilizados no CLP e permitem o acionamento de três maneiras distintas. O primeiro é automático, que segue a programação de processo feita. O segundo é em cascata, que não respeita a lógica, porém pode ser bloqueado pelos intertravamos. Por último temos o forçado, que irá fazer o acionamento independente das condições da programação ou de intertravamento.

Todo o processo foi dividido em nove telas para uma melhor visualização por parte do operador e facilitar o comando dos equipamentos. Em cada uma delas são mostrados os valores das leituras analógicas correspondentes, equipamentos e controles PID. Também foram incluídas linhas de fluxo para auxiliar no entendimento e na navegação entre as telas.

As Figuras 16 e 17 apresentam as telas feitas para o processamento das penas. Na Figura 16 foram inseridos os equipamentos para recebimento das penas e do sangue, realizado com o ciclo de vácuo e sistema pneumático. A Figura 17 possui diversas etapas, entre elas estão as válvulas para a dosagem de sangue, os digestores de penas e o secador. Também foi incluído o digestor usado para os resíduos sólidos para representar sua proximidade física na fábrica.

Os equipamentos para o recebimento das vísceras, os digestores e o percolador foram colocados em uma única tela, apresentada na Figura 18. É possível direcionar-se para outras duas telas seguindo as linhas de fluxo. A primeira delas é a Figura 19 onde é representado o processamento da farinha com a prensa e o moinho. A Figura 20 mostra a segunda opção, sendo o processamento do óleo extraído.

A seção de expedição foi dividida em duas telas devido a quantidade de silos e tanques. A Figura 21 mostra a expedição de farinhas, incluindo a última etapa das penas referente a peneira e ao filtro. Na segunda tela, representada na Figura 22, foram colocados os tanques de óleo com suas respectivas válvulas para carga, descarga e controle da temperatura.

A tela da Figura 23 mostra o recebimento do lodo da estação de tratamento de efluentes da fábrica que será posteriormente processado no digestor respectivo da Figura 17. O retângulo pontilhado que abrange quatro bombas representa que estas estão em um local físico diferente dos demais presentes na tela.

Finalmente temos a tela mostrada na Figura 24. Esta mostra o aerocondensador e filtro biológico localizados na exaustão da fábrica. A função destes é condensar os gases provenientes dos processos, reduzindo a poluição do ambiente. As águas são passadas pelo filtro biológico e posteriormente por estações de tratamento.

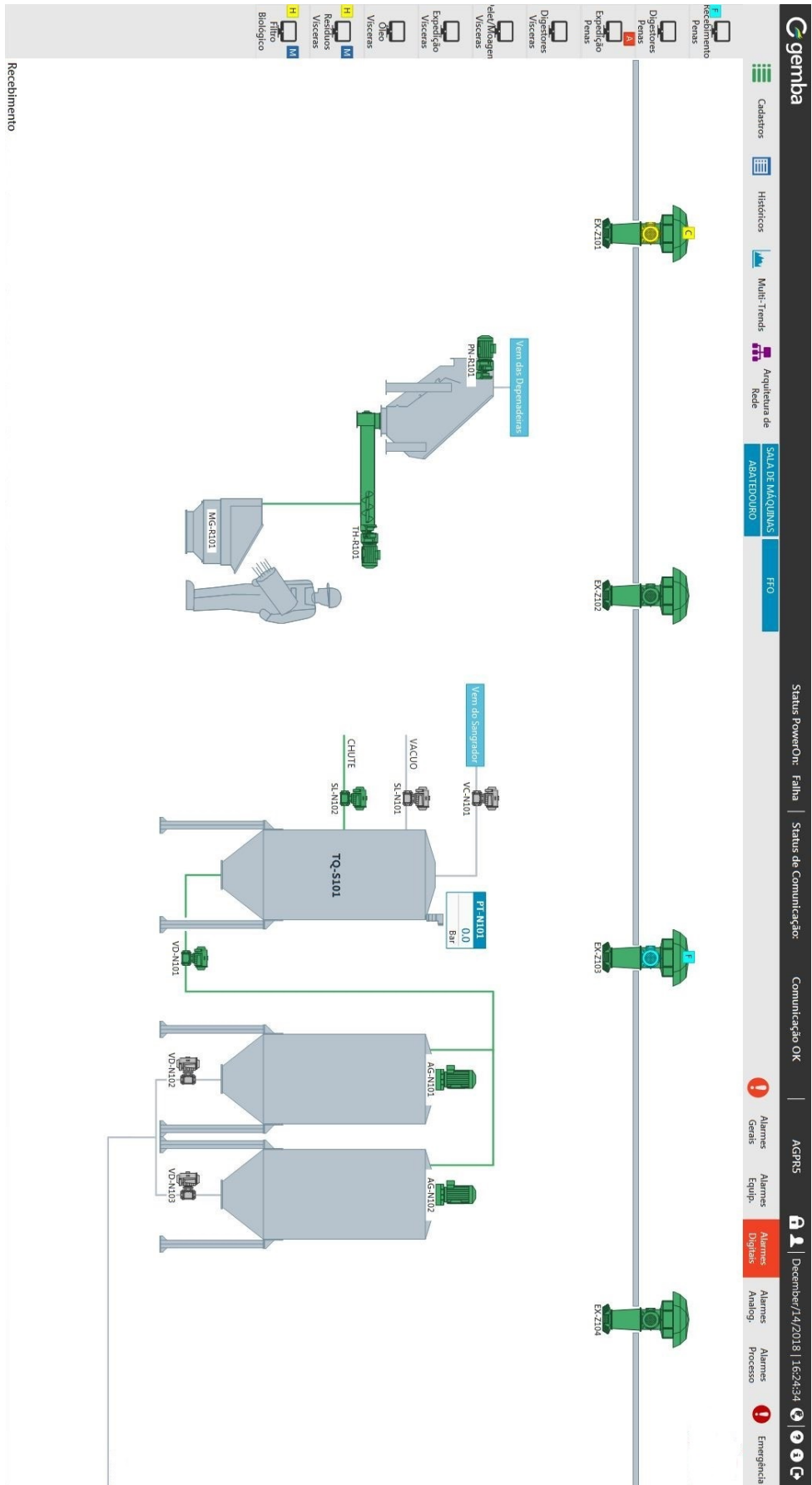


Figura 16 – Tela de supervisão do recebimento de penas e sangue.

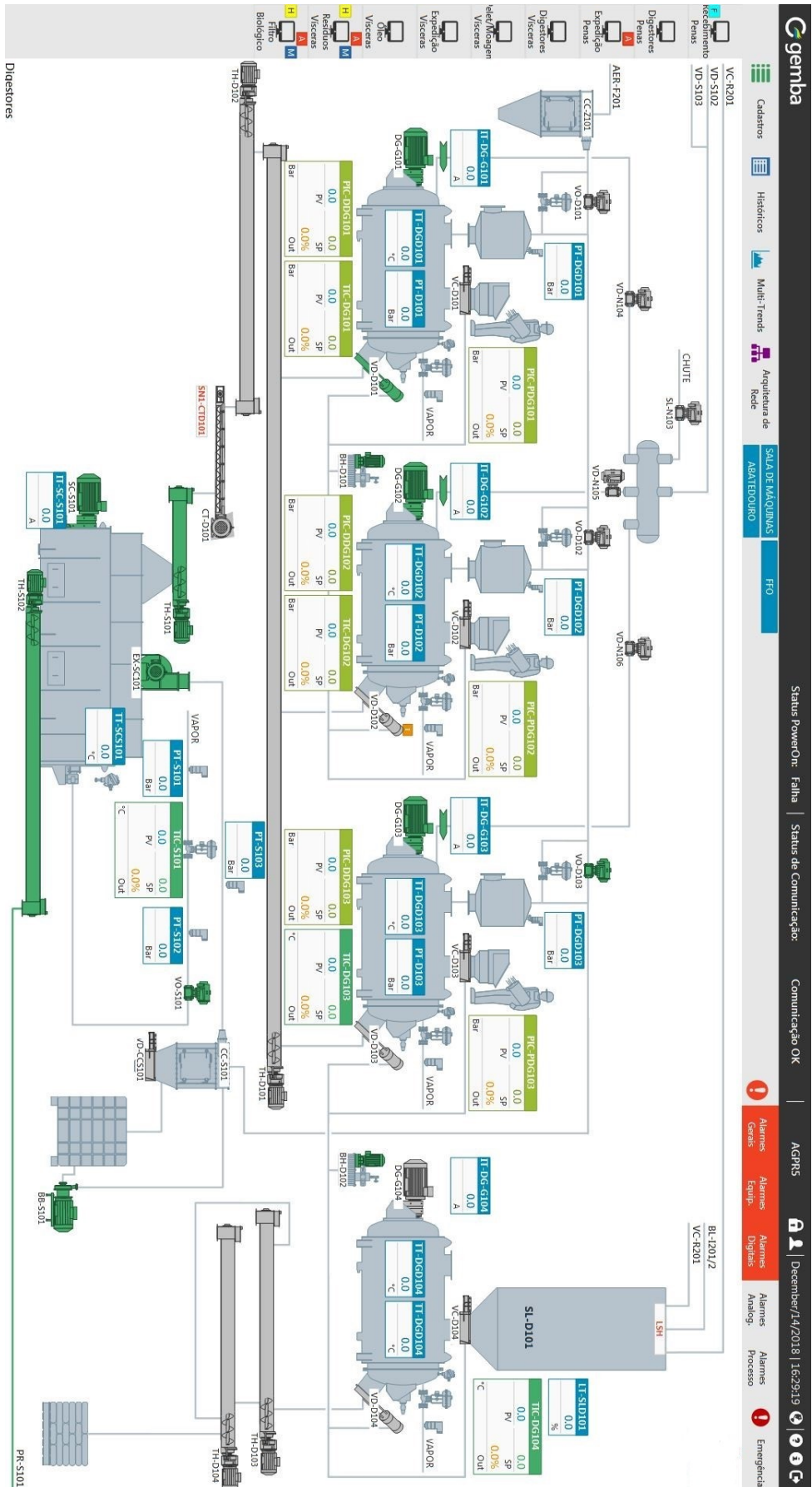


Figura 17 – Tela de supervisão dos digestores de pena.

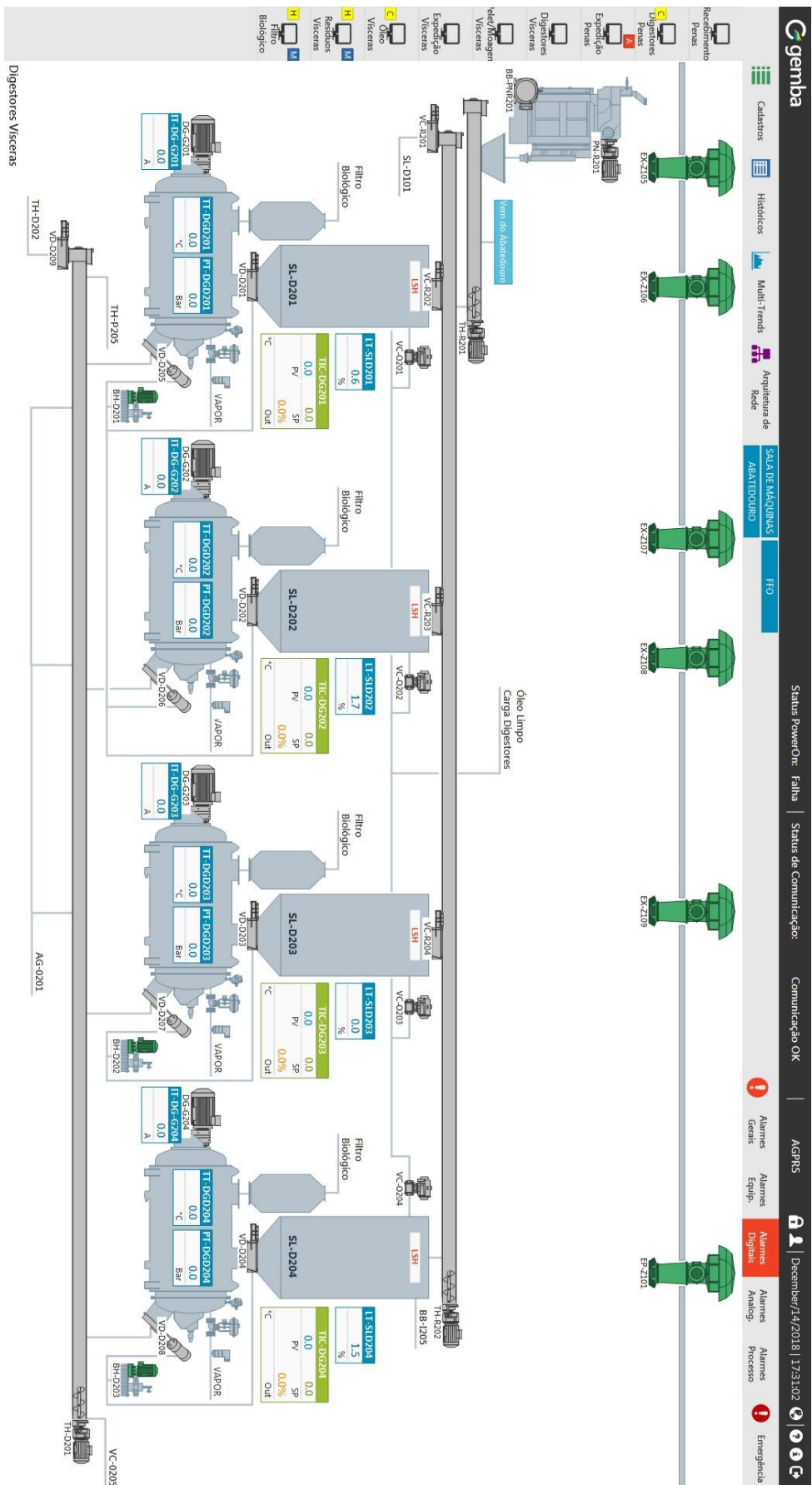


Figura 18 – Tela de supervisão dos digestores de vísceras.

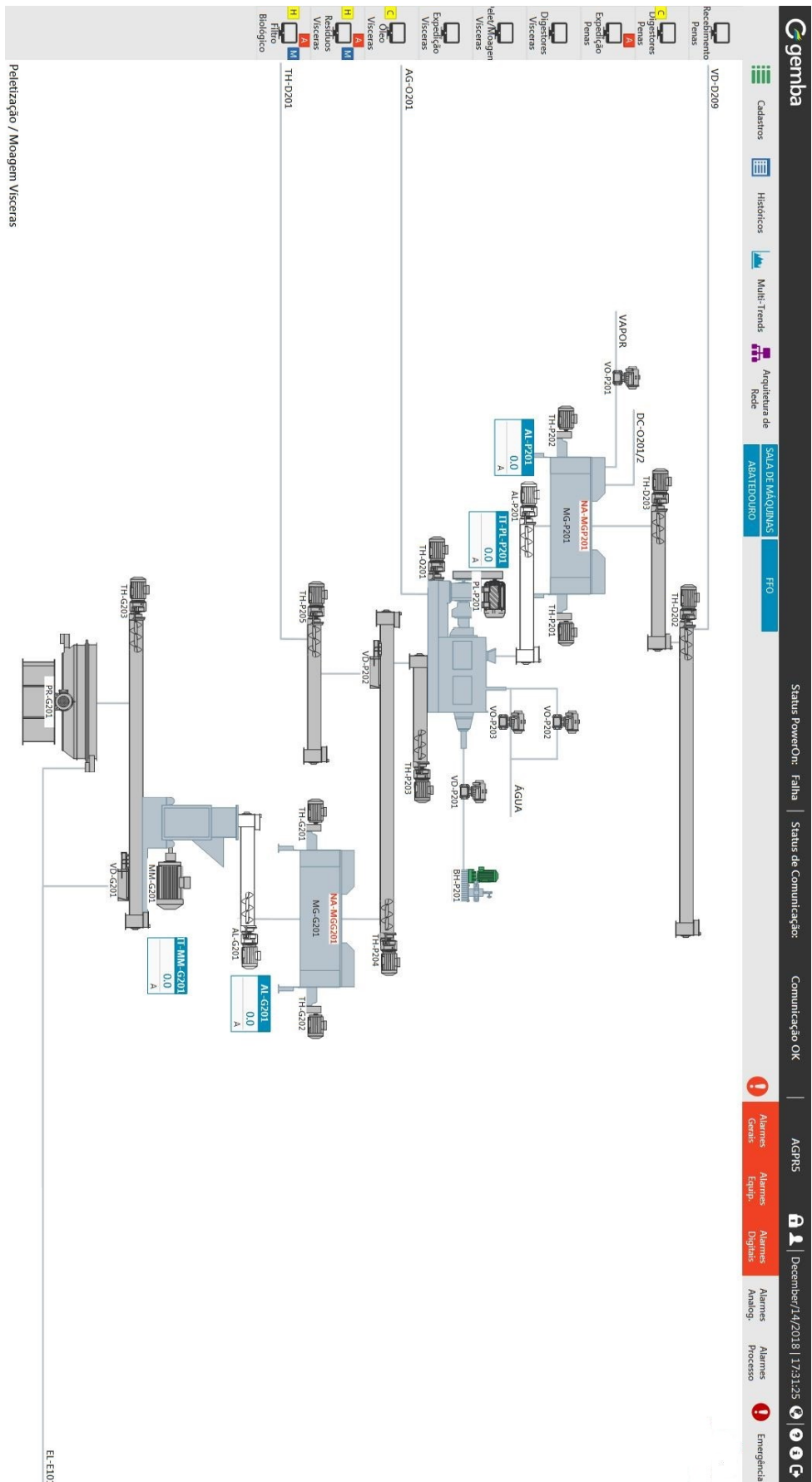


Figura 19 – Tela de supervisão da prensa e moinho.

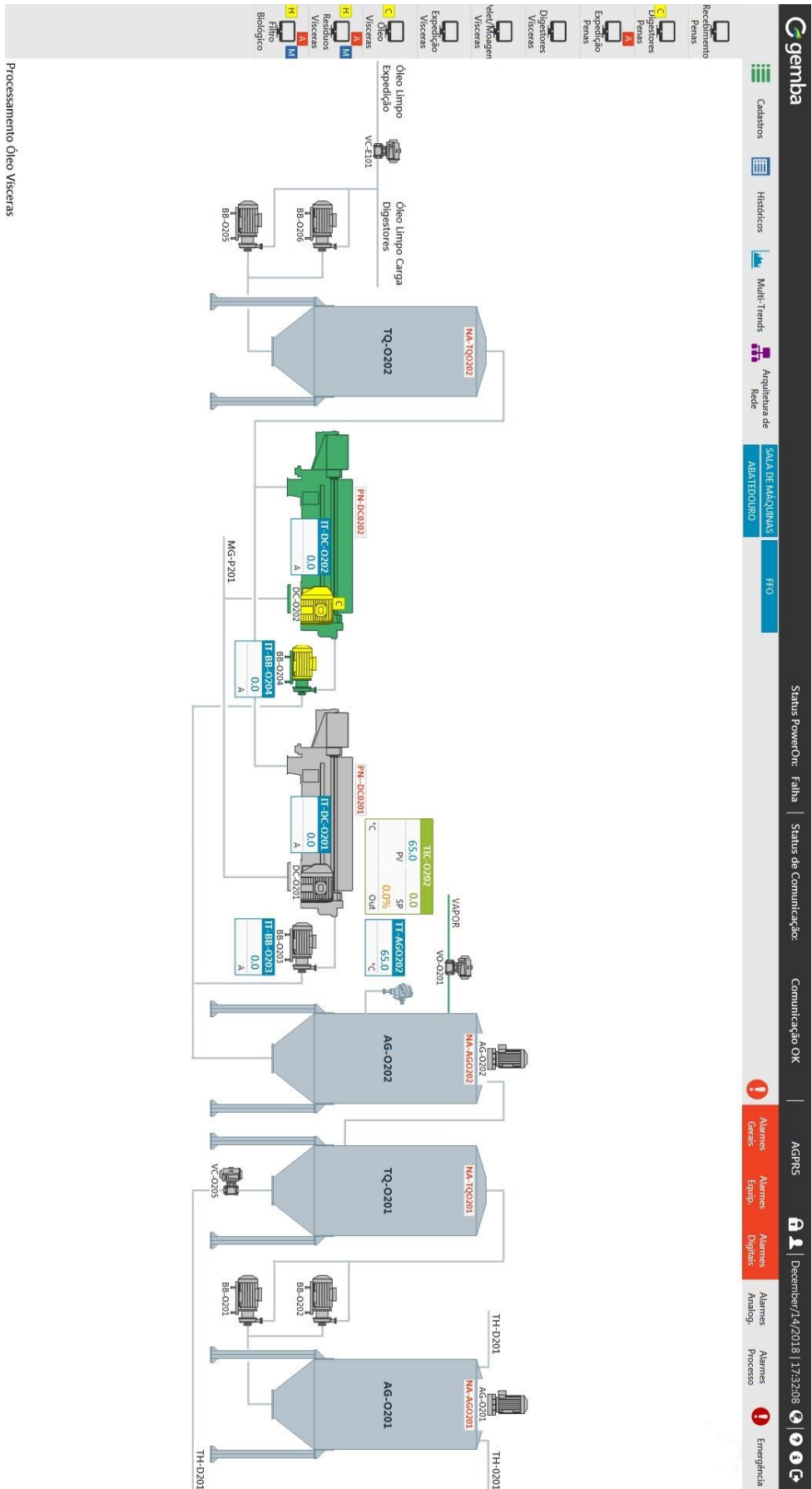


Figura 20 – Tela de supervisão do processamento de óleo.

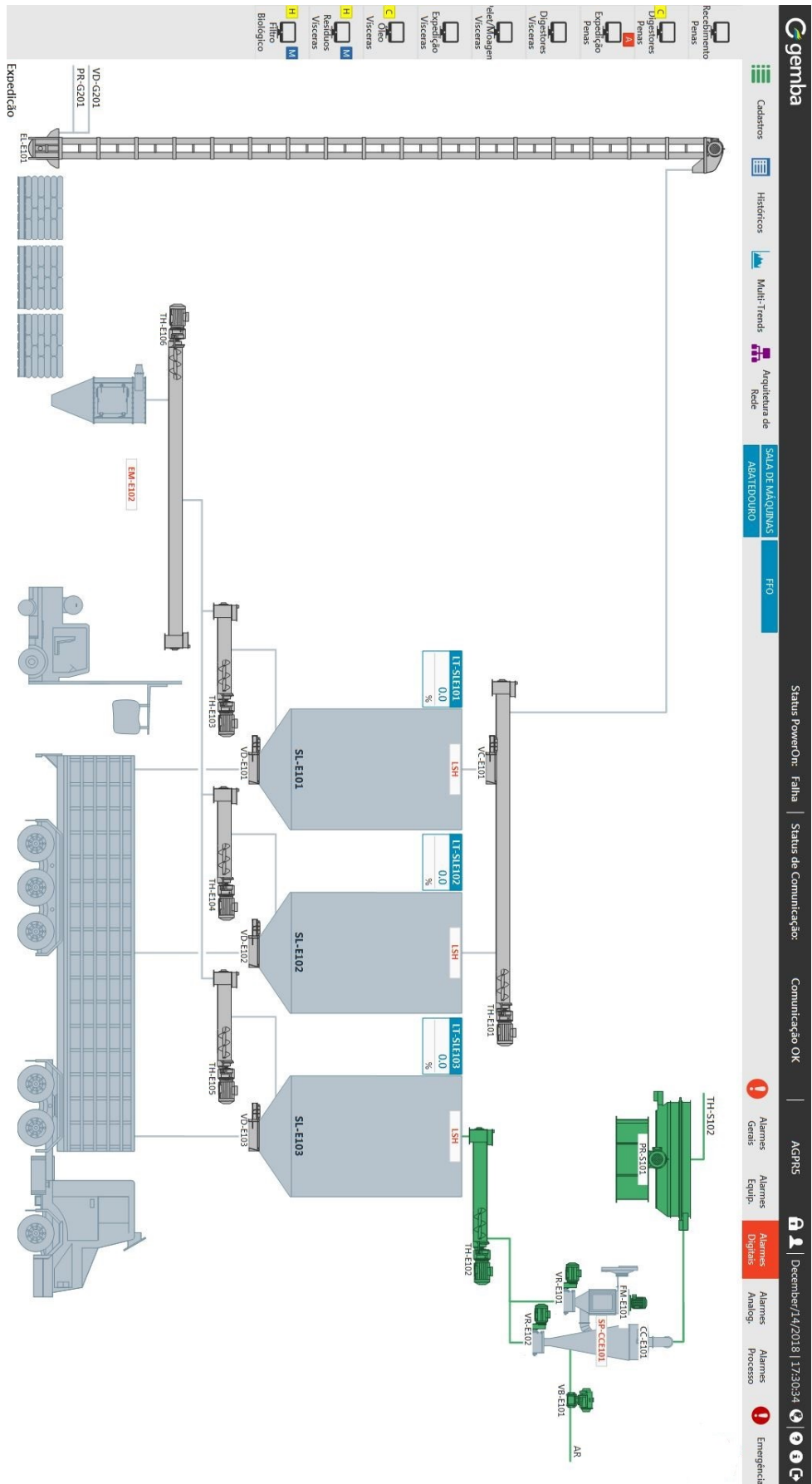


Figura 21 – Tela de supervisão da expedição de farinha.

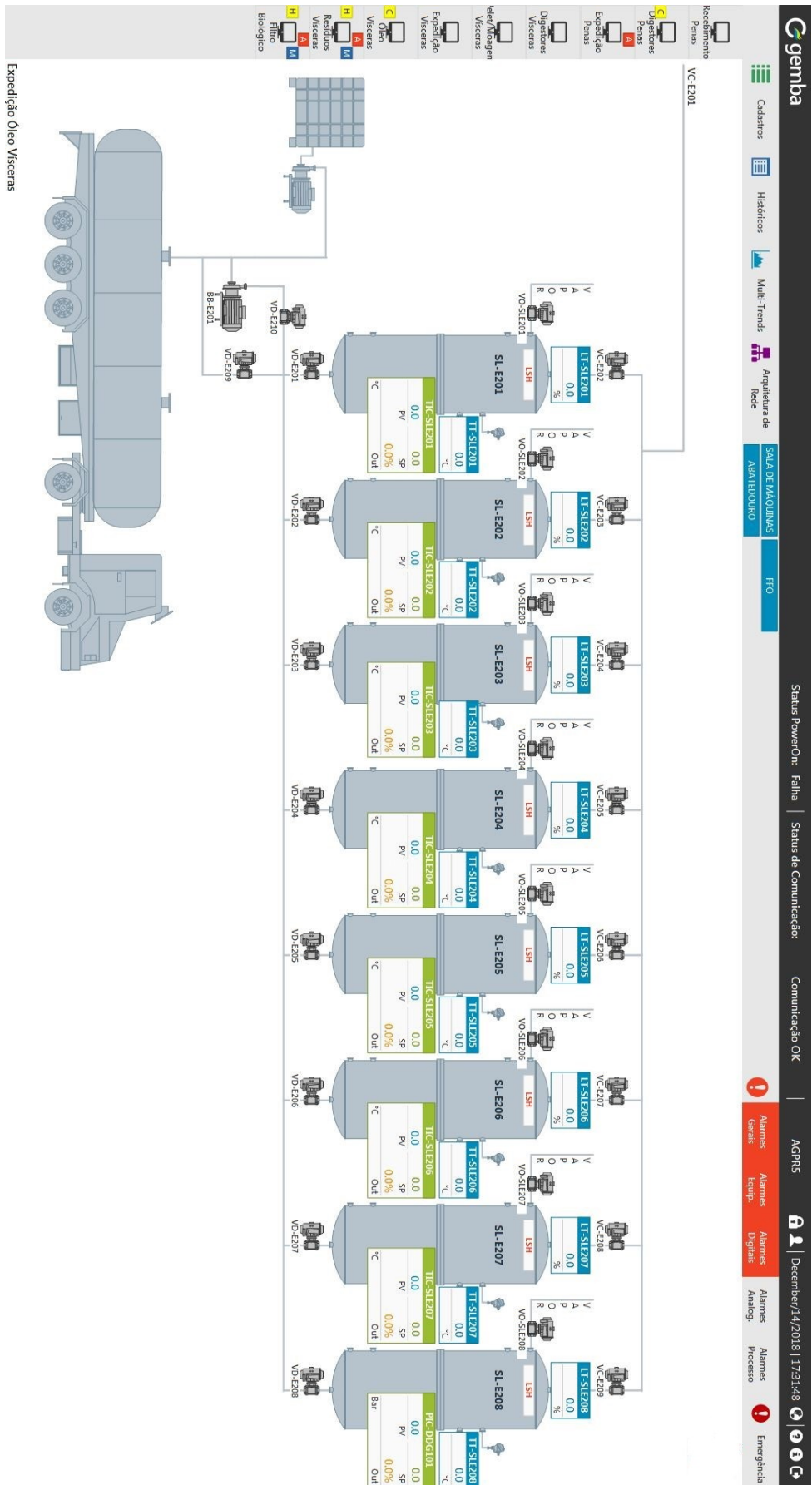


Figura 22 – Tela de supervisão da expedição de óleo.

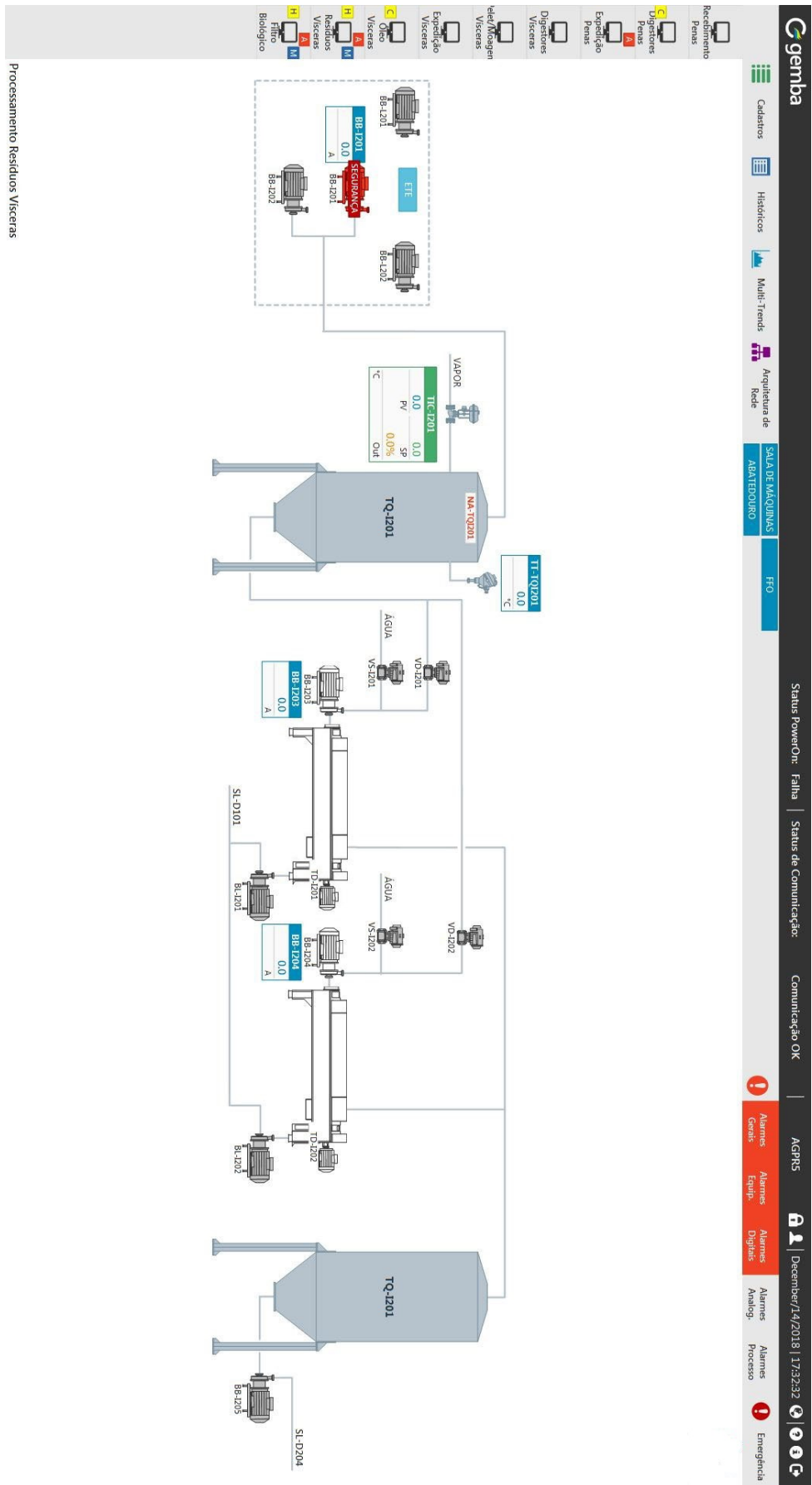


Figura 23 – Tela de supervisão do processamento de lodo.

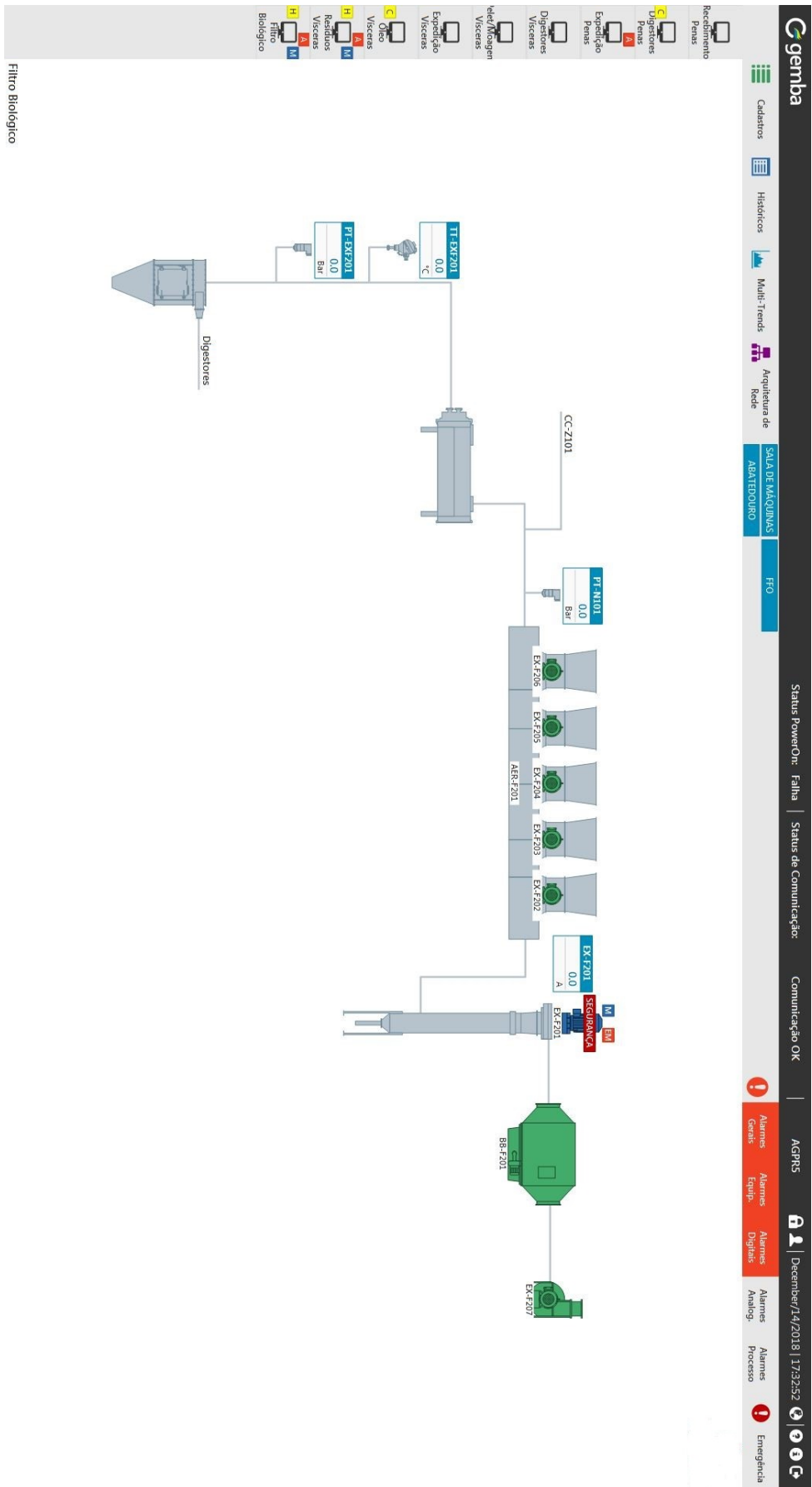


Figura 24 – Tela de supervisão do filtro biológico.

4 Resultados

Após o desenvolvimento do projeto, foram elaborados diversos testes em bancada física na AGPR5 para verificar o correto funcionamento do projeto. Cada teste foi realizado para analisar aspectos do projeto, tais como: processo, sistema supervisorio, níveis altos e alarmes, intertravamentos e capacidade de processamento do CLP. A seguir cada um dos testes é descrito e tem seus resultados apresentados.

Para a execução dos testes foi utilizado um CLP do mesmo modelo que será instalado. Tempos e parâmetros de temperatura e pressão foram inseridos apenas para verificação da lógica de funcionamento, e estão sujeitos a alterações no momento de implementação. Os blocos padrão para controle de equipamentos possuem uma entrada para acionar o modo teste. Este modo possui a função de acionar o retroaviso de cada equipamento acionado, como se este realmente estivesse ligado, facilitando a simulação das lógicas do processo.

4.1 Testes de Processo

A primeira categoria consiste em testes de processo que são utilizados para verificar o funcionamento correto dos equipamentos. Cada acionamento de equipamento deve seguir uma lógica de acordo com o fluxo de produção e os requisitos definidos na metodologia, sendo de extrema importância que estes respeitem a ordem.

4.1.1 Recebimento e Dosagem de Sangue

Nesta etapa foram testados o recebimento e a dosagem de sangue nos digestores. Foi utilizado um bit da memória interna do CLP para simular uma entrada como comando para iniciar o recebimento, e outro para realizar a dosagem. Foram definidos o tanque que será retirado o sangue e qual digestor será dosado, além dos tempos de vácuo e chute.

Ao dar o comando para iniciar a dosagem foi verificada a correta sequência de abertura das válvulas, iniciando pelo vácuo e posteriormente o transporte pneumático. Foi necessária a simulação da entrada analógica de pressão do tanque pois a válvula para receber sangue abre somente quando a pressão for nula ou negativa.

Durante a simulação foi vista a necessidade de acionar um temporizador entre as duas etapas uma vez que as válvulas que devem ser fechadas podem levar um tempo até completar esse processo. Também foi constatado que o controle poderia ser realizado com um sensor de nível do tipo radar. Este evitaria o enchimento total do tanque e seria possível realizar um controle da quantidade de produto recebida. Este foi proposto ao cliente para a inclusão no projeto, porém foi recusado devido ao custo e a baixa necessidade deste controle no momento.

Os testes de dosagem de sangue foram realizados com cada uma das rotas possíveis. As válvulas abriram corretamente em todos eles, assim como a de ar comprimido para limpeza das vias. Mesmo que as válvulas possuem retroaviso das suas posições, foi adicionado um temporizador entre a dosagem e a limpeza para garantir que o ar não seja enviado para os tanques se ocorrer um atraso no fechamento completo das válvulas.

Os resultados dos testes envolvendo o sangue ocorreram de acordo com o esperado e com eles foi possível perceber os momentos em que poderia ocorrer uma falha no sistema. Neste caso foram corrigidos com a adição de temporizadores pois não possuem nenhum custo na sua implementação.

4.1.2 Digestor de Penas

Para realizar os testes de funcionamento dos digestores de penas foi necessário simular as variáveis de temperatura e pressão interna de cada um. Também foram simulados dois comandos através do acionamento de bits de memória do CLP, um deles para iniciar o recebimento das penas e outro para representar que o operador finalizou a carga. Cada digestor foi testado separadamente para verificar seu correto funcionamento em todas as etapas. Posteriormente os três digestores foram iniciados simultaneamente para constatar que não haveria interferência entre eles.

O recebimento funcionou corretamente quando foi dado o comando, acionando o motor da peneira e a rosca transportadora. Por se tratar de um processo simples não foram detectadas possíveis falhas ou melhorias na programação.

O programa possui um bit para representar que o digestor não está sendo utilizado, o que significa que a carga pode ser realizada. Ao acionar o comando de carga pronta do primeiro digestor este iniciou seu processo com a abertura da válvula de entrada de vapor para realizar a pressurização interna. Neste momento a variável de pressão foi alterada para o *setpoint* definido e o processo continuou com a despressurização, acionando as válvulas proporcionais de exaustão. Como não foi possível realizar a simulação dos controladores, foi verificado apenas se o CLP enviava o comando de abertura das válvulas respectivas.

A variável de pressão foi novamente alterada para passar para a etapa de pré-secagem. A válvula que aciona o pistão da exaustão foi acionada corretamente e o processo do digestor finalizou corretamente com a inversão do eixo para a descarga.

Os testes com os outros dois digestores ocorreram corretamente assim como no primeiro. Entretanto, quando foram iniciados os três simultaneamente, foi verificado que a bomba hidráulica para a abertura das guilhotinas de carga e descarga era utilizada ao mesmo tempo. O cliente especificou que esta não possui capacidade para tal função então foi modificada a lógica para que esta fosse usada apenas por um pistão de cada vez.

4.1.3 Detector de Metais e Secador

A simulação do detector de metais e do secador ocorreu logo em seguida da descarga dos digestores, devendo acionar o percolador, as roscas transportadoras, o detector de metais, o secador, a peneira e os filtros de ar. Como esta etapa do processo é contínua todos os equipamentos devem ser acionados ao mesmo tempo. O sinal do sensor detector de metais foi alterada para verificar o comportamento do sistema. Foi definido um valor para a variável de temperatura do secador e para o tempo de inversão da banda transportadora do detector de metais.

Quando a guilhotina de algum dos digestores de penas abria, o programa acionava o percolador e os equipamentos seguintes. Não houve erros durante esta etapa e todos iniciaram corretamente. Ao simular a detecção de um metal, o percolador e a rosca transportadora seguinte pararam seu funcionamento. A banda do detector de metais inverteu seu sentido, e após o tempo determinado inverteu novamente para continuar com o processo. Neste momento os equipamentos que foram detidos anteriormente voltaram a serem acionados. Durante este evento o secador continuou ligado, assim como programado pois trata-se de um equipamento grande que leva um tempo para atingir seu funcionamento regular se for detido. A peneira e os filtros também continuaram acionados.

Ao longo dos testes foi detectado um erro na programação no sistema de limpeza do primeiro filtro (ciclone). A válvula pneumática deveria abrir periodicamente para retirar produto acumulado no equipamento e não estava sendo acionada. Após a verificação da programação, foi alterada a área de memória de uma variável auxiliar que estava sendo utilizada. Antes esta estava sendo alocada em uma memória temporária e não retinha o valor do temporizador.

Foram adicionados temporizadores em cada um destes equipamentos para que desligassem sequencialmente, retirando todo o produto presente neles. Com as alterações feitas, o sistema foi testado novamente e todos os acionamentos ocorreram corretamente.

4.1.4 Digestor de Vísceras

Para realizar os testes dos digestores de vísceras foi definida uma ordem de carregamento. Esta consiste na sequência em que devem ser carregados os digestores e a quantidade de óleo e de vísceras em cada um deles. Com estas configurações realizadas, foi utilizado um comando auxiliar da memória do CLP para dar início ao carregamento. Foi necessária a simulação das variáveis de quantidade de produto em cada silo e temperatura interna dos digestores.

Durante a simulação, o processo funcionou corretamente, as válvulas e bombas de óleo foram acionadas de maneira correta até atingir a quantidade desejada, assim como as gavetas para o produto. Quando uma posição era definida com o digestor 0, o programa pula para a próxima. Desta maneira é possível deixar um digestor sem utilizar caso seja

necessária uma limpeza ou manutenção. Se todos os silos já estavam carregados então o programa bloqueia o recebimento para evitar o acúmulo de produto.

Os digestores funcionaram corretamente, abrindo as guilhotinas de carga somente quando a quantidade de produto era atingida e dando início ao aquecimento. Quando a temperatura foi definida igual ao *setpoint* desejado a contagem do tempo de cozimento iniciou. A descarga foi acionada corretamente após o término do tempo, assim como o acionamento do percolador.

4.1.5 Prensa e Moinho

Nesta etapa foram testados apenas o acionamento das moegas prensa e moinho, porém sem utilizar os sensores de nível, uma vez que estes serão testados em outro experimento (Seção 4.3). Estes devem ser acionados automaticamente quando o percolador estiver ligado. Foi necessário realizar a simulação do valor da corrente do motor da prensa para verificar a abertura dos pistões.

Todos os motores dos equipamentos iniciaram quando foi recebido o retroaviso do percolador, assim como a dosagem periódica de água na prensa. Os pistões da prensa abriram corretamente quando o valor da corrente ultrapassou o limite definido. A dosagem grossa ocorreu no momento adequado, ou seja, quando o foi acionado o sensor de entupimento.

O moinho martelo também funcionou corretamente, sendo acionado junto com a prensa. Uma variável interna é modificada para selecionar se a farinha deve passar pela peneira. Foram testadas ambas condições e os resultados foram positivos, sendo acionada a peneira apenas quando o valor da variável estava positivo.

4.1.6 Processo de Óleo

Foi simulado o processamento e envio de óleo para os tanques de expedição, o funcionamento das centrífugas e das rotas para os tanques de expedição. Para isso foram utilizados comandos auxiliares com valores na memória do CLP para selecionar qual centrífuga será utilizada, para qual tanque será enviado o óleo e para dar início aos agitadores dos tanques e ao bombeamento para o próximo tanque.

A válvula para retirar a borra periodicamente funcionou corretamente, podendo ser alterado seu ciclo. Ambas centrífugas foram testadas independentemente e o acionamento das bombas e válvulas auxiliares foi feito de acordo com o solicitado. As válvulas de carga dos tanques também foram abertas apenas quando o respectivo tanque era selecionado.

4.1.7 Processo de Resíduos Sólidos

O processo de resíduo foi simulado desde o recebimento do lodo até a expedição. Primeiramente foi testado o bombeamento do lodo com o processo de aquecimento de

maneira contínua. Foram simuladas as temperaturas no tanque inicial e no interior do digestor.

O aquecimento inicial do lodo funcionou corretamente com o acionamento das bombas e válvulas para o tridecanter selecionado e com os tempos definidos para testes. Foi iniciada a limpeza do outro tridecanter e foi verificado que não há interferência entre os dois processos, podendo ser realizados simultaneamente.

O lodo foi enviado diretamente para o digestor respectivo que possui o mesmo comportamento que os utilizados para vísceras. Seu funcionamento foi simulado variando a variável da temperatura interna e todas as etapas ocorreram como definido.

4.1.8 Expedição

Primeiramente foi feita a simulação dos silos de farinha, realizando uma expedição das duas maneiras existentes. O processo foi repetido com cada um dos silos para analisar o acionamento das rotas. Os valores de leitura dos sensores radar também foram modificados para simular o comportamento do sistema. Também foram realizadas expedições de óleo com cada tanque. Variáveis do tipo inteira foram utilizadas para a seleção do silo, do tanque de óleo e do modo de expedição de farinha

As rotas para a expedição de farinha foram acionadas corretamente, dando o comando para ligar as roscas transportadoras quando foi selecionado o modo em sacos e abrindo apenas a gaveta quando selecionada a opção de BigBags ou caminhão. O programa realizou o cálculo correto de quanto produto o silo deveria possuir após a expedição e parou os equipamentos quando este valor foi atingido.

As válvulas para expedição de óleo abriram de acordo com o silo selecionado e os sensores também funcionaram corretamente, fechando as válvulas da rota quando a quantidade de produto foi atingida. O controle de temperatura neste local não foi possível ser testado, porém foi verificado que o programa aciona o bloco de controle quando há produto dentro do tanque.

4.2 Teste do Sistema SCADA

Nas telas do sistema SCADA foi testada a comunicação com o CLP utilizado para as simulações. Válvulas, motores e bombas foram ligados para verificar o correto acionamento e associação no sistema supervisório. Cada equipamento pode ser acionado como automático, cascata ou forçado, por isso todos os modos foram testados. As animações de cores nos equipamentos e nas linhas de fluxo também foram testadas.

Foi necessário corrigir o nome de alguns equipamentos para haver consistência com os nomes utilizados no CLP. Em alguns casos, ao duplicar imagens nas telas, algumas

associações podem passar despercebidas. Ao acionar os motores, as bombas e as válvulas foi possível verificar a correta animação das cores padrão.

Como a empresa utiliza um padrão nas telas desenvolvidas questões como usuários, menu, acesso a telas e blocos de equipamentos e alarmes não precisaram ser testadas. Estes apenas foram adequados para o processo que estava sendo utilizado. Por fim, não foi possível testar as funções de histórico de alarmes e relatórios pois estas só podem ser utilizadas com a integração com um banco de dados.

4.3 Testes de Alarmes e Níveis

O teste seguinte consistiu na verificação do comportamento dos sensores de nível e de emergência. Ao longo do processo foram projetadas botoeiras de emergências e outros sinais de entrada de alarme que devem gerar uma parada da produção ou o reconhecimento por parte de um operador. Estes devem funcionar corretamente para evitar possíveis incidentes ou perda de produto. Cada um destes opera em uma etapa diferente por isso foram testados individualmente. Os sensores de nível foram testados com a finalidade de assegurar a segurança no carregamento dos silos e a troca de rota quando necessário.

Os primeiros sensores simulados foram os situados ao longo do processamento de penas, envolvendo o sensor de entupimento do primeiro filtro de ar, o alarme de nível alto do silo e dois botões de emergência localizados na expedição. Para isso foi simulada uma produção e acionado cada um para verificar seu efeito no processo.

Os dois botões de emergência pararam toda a expedição de farinhas, assim como o carregamento dos silos. Como o processamento da farinha de penas após o digestor é contínuo, todos os equipamentos desta rota também foram bloqueados para que não seja enviado mais produto para a expedição. Uma representação do botão na tela do supervisor alterou sua cor para vermelho e o alarme também foi representado na lateral da tela e em uma aba de alarme ativos.

Quando o sensor de entupimento do filtro foi acionado, este parou o envio de produto da peneira. Foi acionado um temporizador antes de fazer efeito nos demais equipamentos da linha, já que o problema pode ser resolvido sem interromper a produção completa. Quando finalizou o tempo e o alarme não foi desativado, o secador e as roscas transportadoras foram detidas.

A leitura do sensor de nível do silo de farinha de penas foi modificada para simular o alarme de nível alto. Este alarme foi representado na tela junto ao silo, sinalizando o nível alto e parando com o envio de produto.

Na seção das vísceras, quando os sensores de nível dos silos pulmão dos digestores atingiram o valor da quantidade de produto desejado não foi gerado um alarme. Estes apenas pararam o carregamento do respectivo silo e deram continuidade à ordem de

carregamento. Foi simulada uma leitura acima deste limiar e neste caso foi acionado um alarme, representando que houve algum erro no fechamento da gaveta do silo.

Foi simulado o acionamento do botão de emergência no recebimento das vísceras. O alarme gerado fez com que parasse o carregamento dos digestores assim como o recebimento das vísceras do abatedouro. Este foi representado na tela do supervisório ao lado da peneira de recebimento e na aba de alarmes.

Foram testados os sensores de nível alto e baixo das moegas. Em ambos casos, quando o sensor de nível alto foi ativado, foi parado o transporte que leva produto até elas. A prensa também parou quando ocorreu na segunda moega. A entrada de vapor e as roscas internas continuaram com seu processo normal. Quando foi acionado o de nível baixo, ambas param de enviar produto para a próxima etapa e suas roscas e aquecimento foram interrompidos até que o sensor foi desativado. Neste caso nenhum alarme foi gerado, apenas uma indicação em cada moega na tela do supervisório.

Os quatro tanques envolvidos no processamento de óleo possuem sensores de níveis. Para realizar o teste foi iniciada a produção e ativados cada um separadamente. O primeiro fez o bloqueio do percolador e da prensa, para que não fosse enviado mais produto. O segundo e o terceiro funcionaram de maneira correta, parando as bombas de envio de óleo. Finalmente, o quarto provocou a parada apenas das centrífugas, pois estas fazem o envio de produto para o tanque. Os quatro alarmes acionaram uma representação na tela do supervisório, ao lado de cada tanque respectivo, e na aba de alarmes para que o operador reconheça que estes foram ativados.

Os tanques de expedição de óleo também possuem sensores de níveis, porém de entrada analógica. Todos os sensores foram testados separadamente para analisar qual seria o comportamento. Quando algum destes ultrapassou o limiar, foi bloqueado o envio de óleo para o tanque respectivo. Foi selecionado outro tanque para que o processo continuasse e o alarme não interferiu neste novo carregamento. Cada alarme acionado gerou um aviso na tela do supervisório sobre o tanque e na aba de alarmes. No CLP foi bloqueada a rota deste tanque até que o alarme seja reconhecido.

A prensa, as centrífugas e os tridecanters possuem sensores de segurança e estes foram acionados para realizar o teste da programação. O alarme da prensa parou apenas o equipamento e a rosca de alimentação. O das centrífugas pararam o bombeamento de produto, assim como os alarmes dos tridecanters. Os três equipamentos foram representados em vermelho quando os alarmes foram gerados e foi necessário selecionar o rearme destes para poder ligá-los novamente.

Todos os alarmes que foram gerados na aba de alarmes do supervisório continuaram ativados até que a opção de reconhecimento foi selecionada. Isso garante que todos foram visualizados e que as devidas providências foram tomadas.

4.4 Testes de Intertravamento

A quarta categoria de testes trata sobre os intertravamentos existentes no sistema. Estes foram programados em uma função específica e fazem a configuração dos blocos de controle de equipamentos. Esta verificação é importante para garantir que não ocorra acúmulo de produto entre dois equipamentos e para evitar o acionamento de simultâneo em situações específicas. Os testes foram realizados com o auxílio do sistema SCADA. Os equipamentos foram ligados no modo cascata para verificar se seriam iniciados ou se o intertravamento impediria esta função.

Foi realizada a simulação da abertura das válvulas de dosagem de sangue para verificar que apenas uma delas seja aberta de cada vez e a válvula pneumática não pode abrir enquanto uma das válvulas dos tanques esteja aberta. As válvulas de carga e descarga dos tanques de óleo também foram testadas já que não podem ser acionadas simultaneamente. Todos os equipamentos de transporte de produto como roscas e o elevador foram iniciados em cascata para verificar seu intertravamento com o equipamento localizado em seguida.

Após iniciar uma dosagem de sangue no primeiro digestor, foi tentado abrir as demais válvulas no modo cascata, porém estas não abriram devido ao intertravamento programado entre elas. Durante a dosagem também não foi possível abrir a válvula pneumática já que a via para um dos tanques estava aberta. Na tela do SCADA foi acionada uma sinalização ao lado da válvula para indicar que não abriu devido à um intertravamento existente. Durante o carregamento de um dos tanques de óleo, as válvulas das demais rotas foram colocadas em modo cascata. Foi verificado que estas não iriam abrir enquanto o processo estava em andamento pois uma delas já estava aberta. A sinalização de intertravamento também foi ativada ao lado de cada uma das válvulas que foram tentadas acionar.

As roscas transportadoras não ligaram quando foram testadas de maneira independentemente, apresentando o resultado esperado pois causariam o acúmulo e perda de produto. Entretanto, todos os equipamentos de transporte ligaram quando o seu posterior também estava ligado. Assim como o caso das válvulas citadas anteriormente, todos os equipamentos apresentaram uma sinalização quando não puderam ser iniciados devido ao intertravamento.

4.5 Teste de Processamento

O teste de processamento foi realizado para verificar se as especificações do CLP escolhido eram compatíveis com as necessidades do processo. Para a realização deste teste foram simuladas todas as etapas da produção simultaneamente para obter uma aproximação do caso real. O programa TIA Portal, que foi utilizado para a programação do projeto, possui funções para analisar diferentes aspectos do CLP. Neste teste foram

analisadas a memória de processamento e o tempo de ciclo do programa.

A Figura 25 (a) mostra os resultados obtidos referentes à memória do CLP utilizada, onde é possível ver que é consumido 67% da memória de trabalho. A CPU usada no projeto (1512SP-1 PN) possui uma memória de trabalho de 200 kB [28] então, para o processamento do programa foram utilizados 154 kB.

Os CLPs instalados na fábrica, do modelo S7-1200, CPU 1214C, possuem uma memória de trabalho de apenas 100 kB [29]. Portanto um destes não seria suficiente para o processamento do código e foi decidido que posteriormente seriam alocados em outros projetos da empresa.

A Figura 25 (b) mostra os resultados obtidos do tempo de ciclo do CLP. O tempo máximo registrado foi de 193 ms e o mínimo de 33,478 ms. Em média a execução leva 100 ms aproximadamente, considerado aceitável para a produção.



Figura 25 – Resultados obtidos nos testes do CLP. Memória do CLP utilizada (a) e em (b) Tempo de ciclo do CLP.

A principal etapa do processo trata-se dos digestores e é na qual são processadas as bateladas. Quando são processadas as vísceras, o tempo médio de cozimento é de uma hora e meia para cada batelada. Para as penas, o tempo ideal é de quarenta minutos de hidrólise e vinte para a pré-secagem [12]. Por isso o processo é considerado com dinâmicas lentas e não requerem um tempo de resposta muito rápido. O tempo de ciclo médio de 100 ms é aceitável e não apresentará impactos negativos na produção.

5 Conclusões

O objetivo deste projeto foi desenvolver um projeto para a automação de uma fábrica de farinha para melhorar sua produção e qualidade do produto. Da mesma maneira auxiliar os operadores desta, evitando riscos e exposição a más condições de trabalho.

Primeiramente foi realizado o levantamento do fluxo utilizado e quais seriam os equipamentos utilizados. Com isso foi possível analisar os requisitos propostos pelo cliente e quais alterações deveriam ser realizadas. Foram estudadas e discutidas diversas situações como quais sensores seriam os mais adequados a serem usados, assim como outros dispositivos de hardware. Foi realizado o levantamento de todos os pontos que seriam necessários e dar início a programação no software da Siemens.

Para a realização da programação, inicialmente foram cadastrados todos os equipamentos, alarmes e entradas analógicas com os blocos utilizados pela AGPG5. Em seguida foi dado início às lógicas de processos que deveriam ser feitas cuidadosamente para seguir as especificações.

O cliente solicitou que fosse utilizado apenas um CLP para o controle de todos os processos da fábrica de farinha. No projeto foi adicionada a troca dos CLPs existentes devido a que apenas um deles não seria capaz de suportar todos os pontos de entrada e saída e também não possui memória de processamento suficiente para suportar a execução do programa.

Junto com a empresa foram desenvolvidas as telas do sistema supervisorio que irá auxiliar na operação do processo. Neste também será possível realizar o monitoramento de equipamentos, produção, alarmes e outras variáveis.

Os testes realizados obtiveram resultados positivos, sendo possível verificar o correto funcionamento das lógicas de processo utilizadas. Os alarme e níveis também apresentaram o comportamento correto, interferindo no processo a fim de evitar incidentes ou perda de produto. Os testes de intertravamento foram exitosos, realizando o bloqueio de equipamentos em situações que poderiam afetar a produção.

Com o desenvolvimento deste trabalho foi possível adquirir um amplo conhecimento, envolvendo visitas no campo para levantamento de fluxo e análise de equipamentos. Também foram aprendidas novas ferramentas de programação e técnicas que auxiliarão na realização de futuros projetos e atividades profissionais.

5.1 Considerações Finais

A AGPR5 foi de grande apoio, auxiliando no desenvolvimento do projeto e fornecendo as ferramentas necessárias. Os padrões utilizados em blocos e formatação de programa

facilitam a programação dos projetos de automação, podendo ser utilizados em futuros projetos.

O projeto foi configurado com temporizadores e demais parâmetros de processo que devem ser alterados pela engenharia da fábrica. Assim como está sujeito a alterações no momento de implementação, seja por atraso nas instalações mecânicas ou adaptações necessárias.

5.2 Principais Contribuições

A principal contribuição deste trabalho foi o levantamento e realização de um projeto que a empresa não possuía anteriormente. Este poderá ser utilizado como modelo para futuros clientes que possuam um processo similar e também desejem implementar a automação nas suas fábricas.

Isso é possível devido a criação de bibliotecas criadas com os equipamentos para desenhos de fluxo e para criação das telas do sistema supervisor. Outro aspecto é a lógica de funcionamento pois podem ser realizadas adaptações facilmente para outros fluxos semelhantes.

5.3 Trabalhos Futuros

Após o desenvolvimento do trabalho, restam muitos aspectos para serem concluídos durante a implementação do sistema real na fábrica. No momento do *start-up* deve ser feita a configuração dos motores utilizados, assim como a verificação das conexões de todos os sensores e alarmes em campo para que funcionem corretamente. Também devem ser aplicados novos testes de produção, utilizando os equipamentos reais e com produto neles.

A seção de banco de dados não foi desenvolvida neste projeto, porém pode ser implementada para poder realizar agendamentos, controle de produção e de vendas. Com isso, torna-se possível a geração de relatórios com aspectos importantes sobre o processo como temperaturas e pressões utilizadas durante as bateladas. Compradores da farinha ou óleo podem solicitar estas informações para verificar se a produção está seguindo os requisitos de qualidade do produto. Por isso torna-se importante mantê-las armazenadas para poderem ser apresentadas e analisadas.

Futuramente pode ser projetada a implementação de novos sensores e equipamentos para obter mais informações do processo ou automatizar etapas que ainda são manuais. Outros projetos podem ser anexados à este, podendo ser uma expansão da fábrica ou alterações no fluxo de produção para melhorar a qualidade dos produtos.

Referências Bibliográficas

- 1 HAARSLEV. *Batch Cooker*. 2019. <www.haarslev.com>.
- 2 TÉCNICA, D. *Sistema de Secagem*. 2019. <www.dheytecnica.com.br>.
- 3 INDUSTRIAIS, S. *Peneira Vibratória*. 2019. <www.solucoesindustriais.com.br>.
- 4 ROURE, M. de. *Pirâmide da Automação industrial*. 2018. <www.instrumentacaoecontrole.com.br>.
- 5 MAHNKE, W.; LEITNER, S. H.; DAMM, M. *OPC Unified Architecture*. 1. ed. [S.l.]: Springer, 2009.
- 6 JAMES, D. Applying the principles of batch automation and selecting a suitable control system and supplier is only part of the story. 2006.
- 7 INDUSTRIAL, A. *Subprodutos da indústria cárnea*. 2002. <www.aviculturaindustrial.com.br>.
- 8 AUVERMANN, B.; KALBASI, A.; AHMED, A. *Carcass Disposal: A Comprehensive Review*. [S.l.]: National Agricultural Biosecurity Cente, 2004.
- 9 FERROLI, P. *Balanceamento do Sistema Produtivo de Farinhas e Óleos: Fábricas de Subprodutos de Origem Animal*. [S.l.: s.n.], 1999.
- 10 PICCHI, V. *Graxaria: Estrutura e Operacionalização*. [S.l.: s.n.], 1994.
- 11 BELLAVÉR, C. Qualidade no processamento em fábricas de farinhas e gorduras animais. 2009.
- 12 SINHORINI, M. R. Processo de produção de farinha de penas hidrolisadas: estudo de otimização do teor protéico e do valor de digestibilidade da proteína. 2013.
- 13 DARIVA, B. P.; OLIVEIRA, L. M. de; LIMA, D. V. de. A utilização de resíduos de abatedouro de frangos para a produção de farinha. 2014.
- 14 MANESIS, S.; NIKOLAKOPOULOS, G. *Introduction to Industrial Automation*. 1. ed. [S.l.]: CRC Press, 2018.
- 15 LAMB, F. *Industrial Automation Hands-On*. [S.l.]: McGraw-Hill Education, 2013.
- 16 RÍOS, J. Honeywell: Sistemas de control distribuido en la industria. 2008.
- 17 RODRIGUES, A. C.; PETROFF, A. Siemens: Tendências em automação. 2009.
- 18 NERES, F. Clp - controladores lógicos programáveis. 2016.
- 19 JOHN, K. H.; TIEGELKAMP, M. *Programming Industrial Automation Systems*. 1. ed. [S.l.]: Springer, 1995.
- 20 OMER, A. I.; TALEB, M. Architecture of industrial automation systems. 2014.

- 21 SANTOS, G. *A pirâmide da Automação Industrial*. 2012. <www.automacaoindustrial.info>.
- 22 BOYER, S. A. *SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition*. [S.l.]: ISA, 2004.
- 23 PROFIBUS-BRASIL. Profinet - descrição do sistema.
- 24 PIGAN, R.; METTER, M. Automating with profinet. 2008.
- 25 LEWIS, J. Technology review level measurement of bulk solids in bins, silos and hoppers. 2004.
- 26 YIGIT, E. et al. Cs-based rada measurement of silos level. 2015.
- 27 GIANINI, L. Desenvolvimento de um sistema supervisório scada para controle de processo de uma graxaria. 2017.
- 28 SIEMENS. Simatic et 200sp, cpu 1512sp-1 pn. 2016.
- 29 SIEMENS. Simatic s7-1200, cpu 1214c. 2018.