

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS CORNÉLIO PROCÓPIO
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

WÉVERSON DE CARVALHO ELIAS

**ESTUDO DA AUTOMAÇÃO E CONTROLE DO GRAU BRIX DAS
DORNAS DE FERMENTAÇÃO DE UMA DESTILARIA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CORNÉLIO PROCÓPIO
2015

WÉVERSON DE CARVALHO ELIAS

**ESTUDO DA AUTOMAÇÃO E CONTROLE DO GRAU BRIX DAS
DORNAS DE FERMENTAÇÃO DE UMA DESTILARIA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação como requisito parcial para a conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Rodrigues Sumar

CORNÉLIO PROCÓPIO

2015

WÉVERSON DE CARVALHO ELIAS

**ESTUDO DA AUTOMAÇÃO E CONTROLE DO GRAU BRUX DAS
DORNAS DE FERMENTAÇÃO DE UMA DESTILARIA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado às **19 h** do dia **25** de **junho** de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Automação Industrial da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Rodrigo Rodrigues Sumar
Professor Orientador
UTFPR/ Campus Cornélio Procópio

Prof. Dr. Wagner Endo
Professor Convidado
UTFPR/ Campus Cornélio Procópio

Prof. Dr. Emerson Ravazzi Pires Da Silva
Professor Convidado
UTFPR/ Campus Cornélio Procópio

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

A minha avó Maria
Rodrigues de Carvalho. (*In Memoriam*).

A minha avó Zélia Barbosa
Elias. (*In Memoriam*).

AGRADECIMENTOS

- Primeiramente a Deus por ter me dado forças, sabedoria e persistência para poder concluir esse curso.

- Aos meus pais José Aparecido Elias e Silvana De Carvalho Elias por me apoiarem nas minhas escolhas pessoais e me incentivarem nos momentos difíceis.

- Ao meu irmão Wellington José De Carvalho Elias pelo companheirismo.

- Aos meus avôs Wellinton Lauro De Carvalho e José Elias por me incentivarem e serem exemplos de persistência.

- Ao meu orientador Professor Dr. Rodrigo Sumar por ter me orientado e estar sempre disposto a me ajudar para que fosse possível a conclusão desse trabalho.

- A minha banca composta pelos membros: Professor Dr. Wagner Endo e Professor Dr. Emerson Ravazzi por terem acreditado na elaboração desse trabalho e pelas valiosas dicas que agregaram conteúdo ao mesmo.

RESUMO

ELIAS, Wéverson de Carvalho. **Automação e controle do grau brix das dornas de fermentação de uma destilaria.** 2015.50 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Automação Industrial) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2015.

Este trabalho tem como objetivo automatizar o controle do grau brix da destilaria da usina Açúcar e Alcool Bandeirantes S/A. O objetivo do sistema consiste em proporcionar o equilíbrio adequado entre o mel, o caldo misto e a Água para ajuste do grau brix, por isso o controle destes três itens são fundamentais para gerar um bom desempenho da produção de etanol, otimizando a produção e aumentando a produtividade.

Palavras-chave: Controle. Etanol. Grau Brix. Automação. Alcool.

ABSTRACT

ELIAS, Weverson de Carvalho. **Automation and control of brix degree of the fermentation vats of a distillery**. 2015.50 p. Work Completion of course (Diploma in Technology in Industrial Automation) - Federal Technological University of Paraná. Cornélio, 2015.

This paper aims to automate the control of brix degree of distillery plant Sugar and Alcohol Bandeirantes S / A. The purpose of the system is to provide the proper balance between honey mixed broth and the water for adjusting the degree Brix, so the control of these three items are key to generate a good performance in ethanol production, optimizing production and increasing productivity.

Keywords: Control. Ethanol. Brix. Automation. Alcohol.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Primeiro engenho de açúcar do Brasil - São Jorge dos Erasmos.....	15
Figura 2 - Ciclo do CLP	22
Figura 3 - CLP citrino	25
Figura 4 - Tela de supervisorio fix 32	28
Figura 5 - Programação Ladder	29
Figura 6 - Protocolo hart.....	31
Figura 7 - Refratômetro	32
Figura 8 -Transmissor de grau brix DT-301.....	34
Figura 9 - Supervisorio com controle automático	36
Figura 10 - Supervisorio em manual	37
Figura 11 - Ambiente de programação citrino	38
Figura 12 - Arquitetura do sistema	39
Figura 13 - Tela de projeto Citrino Tools	40
Figura 14 - Bloco de entrada analógica.....	41
Figura 15 - Escrita SP	42
Figura 16 - Bloco PID	42
Figura 17 - Blocos de controle em manual e automático	43
Figura 18 - Bloco de saída analógica	44
Figura 19 - Funcionamento de campo.....	44
Figura 20 -Tela Final	45

LISTA DE SIGLAS

CLP	Controlador lógico programável
CPU	Unidade Central de Processamento
DC	Corrente contínua
E/S	Entrada e Saída
FBD	Diagrama de blocos de funções
I/O	Entrada E saída
IL	Lista de Instrução
LD	Diagrama Ladder
MA	Miliamper
ON/OFF	Liga desliga
PC	Computador pessoal
PID	Controlador proporcional integral derivativo
PLC	Programmable Logic Controller
S/A	Sociedade anônima
SFC	Função gráfica de seqüenciamento
ST	Texto Estruturado
V	Volts

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 PROBLEMA	12
1.2 JUSTIFICATIVA	13
1.3 OBJETIVOS	13
1.3.1 OBJETIVO GERAL.....	13
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.4 ESTRUTURA.....	14
2 ESTUDO DO PROCESSO SUCROALCOLEIRO.....	15
2.1 PROCESSO PRODUTIVO DO AÇUCAR E ÁLCOOL.....	16
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	20
3.1 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL	20
3.1.1 Princípio de Funcionamento do Controlador Lógico programável	21
3.2 SINAIS ANALÓGICOS PARA CONTRLOLE DE PROCESSOS	23
3.2.1 Transmissão de sinais em tensão	24
3.2.2 Transmissão de sinais em corrente	24
3.3 CARACTERÍSTICAS DO CLP CITRINO TOOLS.....	25
3.4 SISTEMAS SUPERVISÓRIOS.....	26
3.4.1 Sistema de Supervisão Fix 32	27
3.5 PROGRAMAÇÃO CLP EM LINGUAGEM LADDER.....	29
3.6 PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO.....	30
3.6.1 Protocolo hart de comunicação	31
3.7 MEDIÇÃO DO GRAU BRUX PARA O PROCESSO SUCROALCOOLEIRO	32
3.7.1 Transmissor de Grau Brix DT-301	33
4 ESTUDO DO SISTEMA DE AUTOMAÇÃO.....	35

4.1 SISTEMA AUTOMÁTICO DO BRIX DO MOSTO.....	35
4.2 PROGRAMAÇÃO LADDER DO PROJETO	37
4.3 DESENVOLVIMENTO DA PROGRAMAÇÃO PARA O CLP	39
4.4 DIAGRAMA DE CAMPO	44
4.5 SUPERVISÓRIO COM AS FUTURAS INSTALAÇÕES	45
5 ANÁLISE E DISCUSSÕES OBTIDAS DOS IMPACTOS DA IMPLEMENTAÇÃO DA AUTOMAÇÃO	46
6 CONCLUSÕES	47
REFERÊNCIAS.....	48

1 INTRODUÇÃO

Seguindo as mesmas diretrizes de outras empresas do setor sucroalcooleiro, a Açúcar e Álcool Bandeirantes S/A passou a investir para aumentar o seu desempenho, inicialmente atacando as áreas do seu setor agrícola, ela conseguiu modernizar seus equipamentos e ampliar sua produção de cana-de-açúcar. Entretanto, esse aumento de produção de cana-de-açúcar passou a sobrecarregar o setor industrial, já que as instalações de fábrica passaram a não suportar a nova quantidade de cana moída. Visando solucionar esse problema de maneira rápida e econômica, a equipe de automação e instrumentação, decidiu melhorar seu sistema de produção de álcool.

Essa destilaria passaria por uma melhoria no seu processo de alimentação das dornas de fermentação, e um dos principais fatores dessa melhoria seria a implantação de um sistema de acionamento e controle automatizado, que visa um melhor controle do grau brix do caldo de cana, fazendo assim seu processo com mais rapidez, com menos perdas de produção e uma qualidade maior em seu produto final.

Esse trabalho busca automatizar o processo de controle de brix, que hoje conta com um sistema de supervisão das dornas, e perante esse monitoramento é feito um controle manual de válvulas e acionamento de motores.

1.1 PROBLEMA

O setor sucroalcooleiro vem passando por diversas dificuldades, influenciado por fatores como endividamento, perda da competitividade diante da gasolina e problemas climáticos.

Desde 2007, 58 usinas fecharam as portas só na região Centro-Sul do país. E só neste ano 12 encerraram as atividades. Com isso, nos últimos dois anos, o setor de açúcar e etanol já perdeu 60 mil empregos (ROMESTEC, 2014). E estes problemas também estão afetando a Açúcar e Álcool Bandeirantes s/a, que decidiu pela baixa no preço do açúcar, voltar a focar na produção de etanol.

Com isso a empresa decidiu fazer melhorias no processo de produção de etanol, essas melhorias terão de ser de baixo custo em virtude do momento financeiro da empresa, com o aval da empresa e do departamento de engenharia, o

departamento de automação e instrumentação da usina decidiu fazer uma melhoria em umas das etapas iniciais da produção de etanol, que é o controle de grau brix das dornas de fermentação.

1.2 JUSTIFICATIVA

O crescente desenvolvimento de novas tecnologias e soluções para aplicações de controle e supervisão de processos nas indústrias sucroalcooleiras, vem sendo aplicadas para obter um melhor aproveitamento e funcionalidade dos equipamentos instalados, assim espera-se ter um controle adequado do grau brix nas dornas de fermentação, esse brix será corrigido através de uma válvula automática que controlara a alimentação do mel das dornas através de valores estabelecidos pela equipe de engenharia química da indústria.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo é a automação do sistema, que consiste em proporcionar o equilíbrio adequado entre o mel que vem da fabricação de açúcar, o caldo misto e a água, para ajuste do grau brix.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver uma programação ladder adequada para esta aplicação;
- Fazer alterações no sistema supervisório já existente na destilaria;
- Levantar as necessidades da empresa em relação ao grau brix;
- Realizar a comunicação entre a válvula de mel, o CLP e o sistema supervisório;
- Analisar as características dos equipamentos já instalados na empresa.

1.4 ESTRUTURA

O capítulo 2 apresenta a empresa e sua história em geral.

O capítulo 3 apresenta a metodologia utilizada para desenvolver o projeto.

O capítulo 4 apresenta o desenvolvimento do sistema.

O capítulo 5 apresenta os resultados esperados do projeto.

O capítulo 6 apresenta a conclusão geral da monografia.

2 ESTUDO DO PROCESSO SUCROALCOLEIRO

A cana-de-açúcar tem como origem o sudeste asiático mais precisamente a antiga Pérsia, atual Irã, onde já no século V já circulava certo tipo de açúcar conhecido como Kandi-sefid, extraído da cana-de-açúcar por cozimento do caldo até a cristalização e drenagem do mel excedente por gravidade. No século VII os árabes rumaram para as regiões banhadas pelo Mar Mediterrâneo no ocidente, levando consigo a cana de açúcar, então no século VIII a cana chegara até a Espanha e já se disseminava pela China, África e por todo sul da Europa, alcançando a Ilha da Madeira em Portugal no século XV.

Após a descoberta do Brasil, Martim Afonso de Souza veio para a Capitania de São Vicente, onde foram instalados os primeiros canteiros de cana-de-açúcar na nova terra, com a cana oriunda desse canteiro surgiu em São Vicente o primeiro engenho de açúcar do Brasil, cujo nome era São Jorge dos Erasmos,

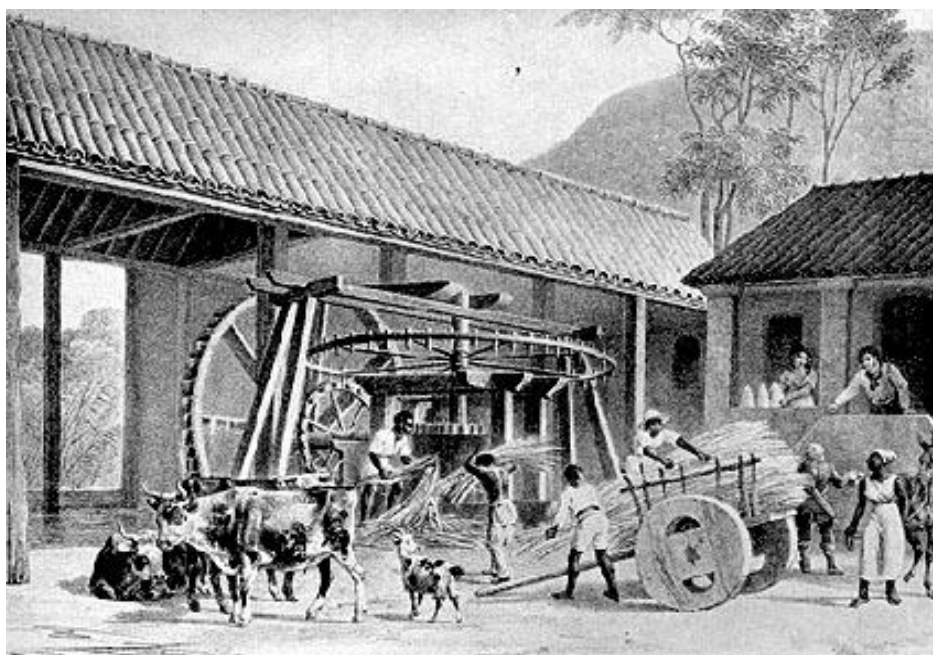


Figura 1-Primeiro engenho de açúcar do Brasil - São Jorge dos Erasmos
Fonte: Usiban

Dois anos depois surgiu o engenho Nossa Senhora da Ajuda, na Capitania de Pernambuco, a partir daí a cana expandiu-se até as Capitanias da Bahia, Espírito Santo, Sergipe, Alagoas, São Paulo e Rio de Janeiro, sendo a Capitania de

Pernambuco a que mais se desenvolveu, tendo no final do século XVI, sessenta e seis engenhos em produção (Fernandes, 1990).

De acordo com Fernandes (Fernandes, 1990) o Brasil tinha o solo e o clima favoráveis para a produção agrícola, e por isso a indústria do açúcar contou com um grande empurrão dos holandeses, resultando em uma grande expansão e elevação do setor açucareiro do Brasil no século XVII, beneficiando principalmente o nordeste que devido a sua proximidade com o continente europeu foi a região que teve maior desenvolvimento agroindustrial. Porém, no século XVIII, a cana e o açúcar sofreram um declínio devido à forte concorrência no mercado europeu, pelo açúcar produzido em Suriname e nas Antilhas, tudo isso aliado à febre do ouro que tomava conta do Brasil colônia, tendo uma melhoria na agroindústria açucareira somente no final do século. Já no século XIX e XX a agroindústria teve altos e baixos devido aos inúmeros problemas com a concorrência de outras culturas.

Chegava-se assim a 3/4 do século XX e o Brasil totalmente vulnerável no campo energético, devido às altas repentinas e inesperadas dos preços do petróleo, pede socorro a uma velha conhecida amiga sua, a “cana-de-açúcar”, para que ela, na sua singeleza e humildade, muitas vezes esquecida e até mesmo desprezada, nos forneça energia e independência econômica, e ela com sua infinita boa vontade, faz com que milhares de veículos se movimentem rumo a um Brasil cada vez mais independente.

O Brasil é hoje o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, com uma área plantada de aproximadamente 4,2 milhões de ha. Conta com mais de 400 indústrias, entre Usinas de Açúcar e Álcool e Destilarias, sendo que a maioria está concentrada em SP, principalmente na região de Ribeirão Preto, que é responsável por mais de 50% da cana produzida no Brasil, tem produtividade média próxima a 80 T/ha com destaque para algumas áreas que chegam a produzir 180 T/ha. Além do Brasil, a Índia e a ex-União Soviética também são grandes produtores. Os dois últimos também são fortes compradores do açúcar brasileiro (Jornal cana, 2003).

2.1 PROCESSO PRODUTIVO DO AÇUCAR E ÁLCOOL

O objetivo da indústria é a extração máxima de açúcares, por isso o controle de produção deve ser bem direcionado, evitando-se perdas na moagem e na fabricação do açúcar e do álcool.

Após o período de crescimento e maturação da cana-de-açúcar, inicia-se o processo de industrialização propriamente dito, relatados a seguir:

- **Corte, Transporte e Pesagem:** A cana-de-açúcar é queimada para facilitar o corte, pois as folhas serrilhadas e pontiagudas provocam acidentes aos que realizam o corte, além da presença de répteis e aracnídeos. Um homem corta em média de 4 a 6 toneladas de cana por dia. Essa cana é transportada e pesada na Usina através de caminhões, totalizando aproximadamente de 8.000 a 9.000 toneladas por dia.

- **Descarga, Estocagem e Extração:** A cana é descarregada diretamente sobre as mesas alimentadoras da Moenda e em barracões de depósito através de guinchos tombadores tipo “hillo” e pontes rolantes com balanço, que tira a carga inteira do caminhão e deposita no barracão. Essa cana passa por uma lavagem para remoção das impurezas nas mesas alimentadoras (3 a 5 m³ de água por tonelada de cana). A seguir, a cana passa através de um picador de facas rotativas, que tem como função picar a cana e obter toletes. Depois de picada, passa pelo desfibrador de martelos para romper as fibras e aumentar a extração.

A separação de impurezas metálicas da cana desfibrada é feita antes da moagem, por um eletroímã suspenso, localizado sobre a esteira de borracha que leva a cana para o primeiro terno.

O extrator é do tipo moenda seis ternos e acionamento por turbinas a vapor. Esse sistema extrai aproximadamente 95% da sacarose existente na cana. Para uma melhor extração da sacarose trabalha-se com o sistema de embebição composta (adição de água no 6º terno). Desta maneira, obtém-se a extração máxima e o bagaço com as composições ideais: umidade de 48 a 50%, fibra de 47 a 50% e sacarose (pol) menor que 2,0.

O bagaço é encaminhado para a geração de vapor (caldeiras), que é o sistema que produz toda a energia térmica de que a Usina necessita para o processo e para a geração de energia elétrica e mecânica.

- **Tratamento do Caldo:** O caldo extraído da moenda é chamado caldo misto. A composição básica deste caldo é açúcar, água e impurezas como bagacilho, terra, areia, dentre outros. Para se retirar estas impurezas fazem-se o tratamento do caldo, que consiste na dosagem de produtos químicos para acelerar o processo de decantação e neutralização.

Após esta etapa, o caldo é aquecido entre 100 e 105°C para favorecer a reação destes produtos e segue para os evaporadores onde o lodo, impurezas, é retirado e misturado ao bagacilho formando a torta de filtro que serve como adubo para a lavoura.

- **Evaporação e Cozimento:** O caldo clarificado dos decantadores é bombeado para os evaporadores de quádruplo efeito, onde o mesmo será concentrado, pela eliminação do excesso de água, obtendo-se o xarope que é armazenado em tanques e que na etapa seguinte será concentrado nos cozedores, ou vácuo, e a sacarose é cristalizada.

Dos vácuos, obtém-se a massa cozida, que consiste numa mistura de cristais e água de cristalização ou mel que deverão ser separados nas turbinas. Essa massa cozida é mandada para os cristalizadores, que são tanques em forma de “U” com palhetas espiraladas para movimentação da massa cozida, evitando o endurecimento da mesma, onde o processo de cristalização se completa através do resfriamento.

- **Centrifugação, Secagem e Ensaque:** As turbinas ou centrífugas fazem a separação do açúcar da água de cristalização ou mel, pela alta velocidade dos cestos ou telas – 750 a 1500 rpm, forçando a saída do mel ou da água, por entre as malhas da tela e a retenção dos cristais de açúcar nos mesmos. O cristal de açúcar então é descarregado, e transportado para os secadores rotativos e, finalmente ocorre a remoção de partículas metálicas pela passagem em eletroímãs, entregando-se o produto acabado para o ensaque.

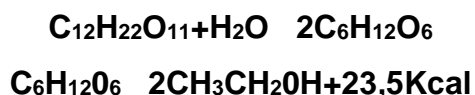
- **Produção do Álcool:** O caldo misto tratado e mais o mel residual da produção do açúcar são enviados à destilaria para fermentação. O caldo chega à destilaria a aproximadamente 90°C, passa por um trocador de calor a placas que o resfria à 30°C. O caldo resfriado é bombeado para o tanque diluidor para preparo da mistura, denominada de mosto. O mosto nada mais é do que uma solução de açúcar cuja concentração é ajustada de forma a facilitar a sua fermentação. Caso haja necessidade, usa-se água para o ajuste do Brix. O mosto obtido sofre esterilização (aquecimento e resfriamento imediato) de modo a eliminar microorganismos interferentes.

O processo de fermentação utilizado é o de Mele-Boinot, cuja característica principal é a recuperação de leveduras através da centrifugação do vinho. Esta suspensão de fermento diluído e acidificado, conhecida na prática com o nome de pé-

de-cuba, permanece em agitação por 1 a 3 horas, antes de retornar à dorna de fermentação.

É nesta fase (fermentação) que os açúcares são transformados em álcool. As reações ocorrem em tanques, denominadas dornas de fermentação, onde se mistura o mosto e o pé-de-cuba na proporção de 2:1, respectivamente.

Os açúcares (sacarose) são transformados em álcool, segundo a reação simplificada de Gay Lussac:



Durante a reação, ocorre intensa liberação de gás carbônico, a solução se aquece e ocorre a formação de alguns álcoois superiores, glicerol, aldeídos, etc.

O tempo de fermentação varia de 8 a 12 horas. Ao final deste período praticamente todo o açúcar já foi consumido, com a conseqüente redução na liberação de gases. Ao terminar a fermentação, o teor médio de álcool é de 7 - 10% e a mistura recebe o nome de vinho.

O vinho obtido é enviado para as centrífugas, para a separação do fermento, que retorna para o pé-de-cuba para tratamento com ácido sulfúrico. O vinho delevurado é bombeado para a coluna de destilação, onde será feita a separação do álcool etílico e dos subprodutos (vinhaça, óleo fúsel etc).

A coluna de destilação tem por finalidade esgotar a maior quantidade de álcool do seu produto de fundo, que é denominado vinhaça.

O álcool etílico é enviado para os tanques de armazenagem, e o subproduto vinhaça, 13 litros por litro de álcool, constituída principalmente de água, sais, sólidos em suspensão e solúveis, é bombeado para aplicação exclusiva na fertilização do solo.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Historicamente, o surgimento da automação está ligado com a mecanização. O objetivo era o de simplificar o trabalho do homem, de forma a substituir o esforço braçal por outros meios e mecanismos, liberando o tempo disponível para outras tarefas, valorizando o tempo útil para as atividades do intelectual, das artes, lazer ou simplesmente entretenimento (NATALE, 1995), citado por (AZEVEDO; AZEVEDO, 2011, p.11).

Entende-se, também, por automação, qualquer sistema, apoiado em computador ou equipamento programável, que remova o trabalhador de tarefas repetitivas e que vise a soluções rápidas e econômicas para atingir os objetivos das indústrias. As máquinas, porém, foram gradativamente evoluindo, tornando-se cada vez mais independentes do controle do homem, assumindo tarefas e tomando decisões (WEG, 2002), citado por (AZEVEDO; AZEVEDO, 2011, p.11).

Essa evolução se deu, inicialmente, por meio de dispositivos mecânicos, hidráulicos e pneumáticos, mas, com a evolução da eletrônica, esses dispositivos foram sendo substituídos, de tal maneira que, hoje, a microinformática assumiu o papel da produção automatizada. Na atualidade, o homem, utilizando técnicas de inteligência artificial materializadas pelos sistemas computadorizados, instrui um processador de informações que passa a desenvolver tarefas complexas e tomar decisões rápidas para controle do processo. (ROSÁRIO, 2005), citado por (AZEVEDO; AZEVEDO, 2011, p.12).

3.1 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

O CLP pode ser definido como um dispositivo de estado sólido um Computador Industrial, capaz de armazenar instruções para implementação de funções de controle (sequência lógica, temporização e contagem, por exemplo), além de realizar operações lógicas e aritméticas, manipulação de dados e comunicação em rede, sendo utilizado no controle de Sistemas Automatizados (SENAI,2008).

A tecnologia dos CLPs só foi possível com o advento dos chamados Circuitos Integrados e da evolução da lógica digital. Segundo SILVA (2005) este equipamento trouxe consigo as principais vantagens:

- Fácil diagnóstico durante o projeto
- Economia de espaço devido ao seu tamanho reduzido
- Não produzem faíscas
- Podem ser programados sem interromper o processo produtivo
- Possibilidade de criar um banco de armazenamento de programas
- Baixo consumo de energia
- Necessita de uma reduzida equipe de manutenção
- Tem a flexibilidade para expansão do número de entradas e saídas
- Capacidade de comunicação com diversos outros equipamentos, entre outras

3.1.1 Princípio de Funcionamento do Controlador Lógico programável

Segundo SILVA (2005) o CLP funciona de forma sequencial, fazendo um ciclo de varredura em algumas etapas. É importante observar que quando cada etapa do ciclo é executada, as outras etapas ficam inativas. O tempo total para realizar o ciclo é denominado CLOCK. Isso justifica a exigência de processadores com velocidades cada vez mais altas.

Início: Verifica o funcionamento da CPU, memórias, circuitos auxiliares, estado das chaves, existência de um programa de usuário, emite aviso de erro em caso de falha. Desativa todas as saídas.

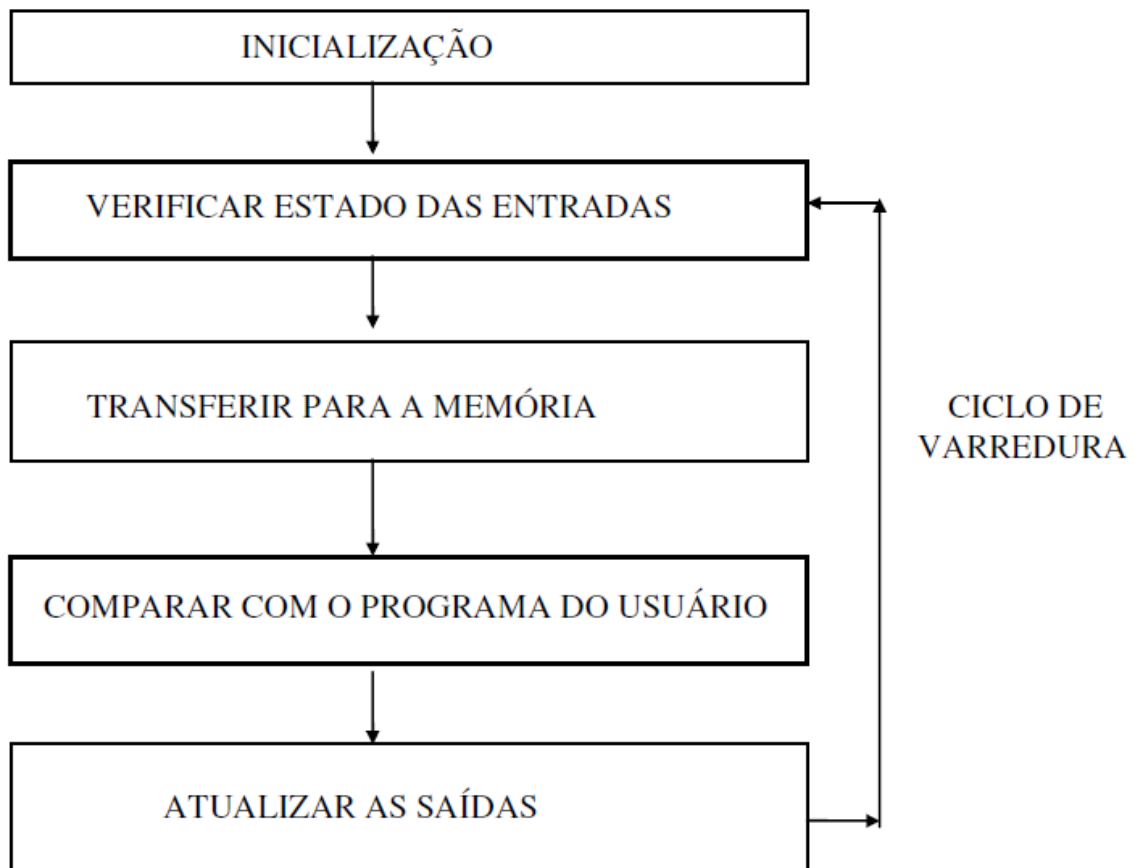


Figura 2- Ciclo do CLP
 Fonte:(SILVA,2005)

Verifica o estado das entradas: Lê cada uma das entradas, verificando se houve acionamento. O processo é chamado de ciclo de varredura.

Compara com o programa do usuário: Através das instruções do usuário sobre qual ação tomar em caso de acionamento das entradas o CLP atualiza a memória imagem das saídas.

Atualiza as saídas: As saídas são acionadas ou desativadas conforme a determinação da CPU. Um novo ciclo é iniciado.

3.2 SINAIS ANALÓGICOS PARA CONTRLOLE DE PROCESSOS

Segundo, PRUDENTE (2011), na automação e na indústria de processos, apresenta-se problemas de gestão de grandezas físicas como temperaturas, pressão, pesos, fluxos de líquidos e outras variáveis ligadas a fenômenos físicos.

Esses fenômenos físicos são transformados em sinais elétricos por um instrumento particular de medida chamada transdutor. Em seguida, esses sinais elétricos detectados pelo sistema de controle são elaborados para posteriormente comandar os atuadores na base de um programa (PRUDENTE,2011).

Em qualquer instrumento de medida, geralmente se distingue dois componentes o transdutor, que converte a grandeza física em um sinal elétrico, e o condicionador de sinal, que adapta o sinal elétrico do transdutor aos padrões dos sinais analógicos. As vezes para algumas medidas, como, por exemplo, temperatura, se utiliza o transdutor sozinho, sem o condicionador de sinal, e a conversão e linearização do sinal são realizados internamente ao sistema de controle. Os instrumentos dotados de condicionador de sinal têm a vantagem de efetuar e compensações locais da medida. Por exemplo: um transdutor de fluxo de líquido pode possuir uma sonda de temperatura ambiente para corrigir a medida segundo a variação da densidade de fluxo (PRUDENTE,2011).

Um sinal analógico pode assumir todos valores entre um valor mínimo e um valor máximo no campo de trabalho. Pode representar os valores de uma grandeza física, assim se apresenta na realidade. Exemplos de transdutores são:

- Transdutor de temperatura
- Transdutor de pressão e fluxo
- Transdutor de peso
- Sonda de umidade
- Transdutor de torção e esforço mecânico
- Transdutor de oxigênio, óxido de carbono e outras medidas químicas

3.2.1 Transmissão de sinais em tensão

Os sinais de tensão são aqueles mais simples e com baixo custo em relação aos equipamentos que utilizam sinal elétricos. Como aspecto negativo, o cabo normalmente tem poucos metros de comprimento e são facilmente sujeitos a distúrbios de tipo elétrico, como por exemplo a irradiação de inversores de frequência.

Um uso típico desses sinais em tensão é nos quadros elétricos de baixa potência, em que o comprimento dos cabos elétricos para sinais analógicos não supera a medida de 15 a 20 metros e os distúrbios eletromagnéticos não são muitos elevados (PRUDENTE,2011).

3.2.2 Transmissão de sinais em corrente

É o sistema mais utilizado para transmissão de sinais analógicos no campo de 4-20 mA. Suas principais características são:

- Elevada imunidade aos distúrbios eletromagnéticos (mesmo que o cabo não seja blindado);
- Flexibilidade elevada no range da fonte de alimentação (por exemplo, de 12 até 30 V em DC);
- Boa tolerância às flutuações na tensão de alimentação;
- Estabilidade de sinal mais elevada em relação àquela em tensão;
- Possibilidade de comprimento nos cabos de até 200 m;
- Possibilidade de detectar uma falha no cabo elétrico ou no transdutor (praticamente quando o sinal é menor que 4-20 mA);
- Possibilidade de levar o mesmo sinal a mais destinatários (por exemplo, display, PIC ...), ligando-os em série, formando um loop de corrente. É necessário que a soma das impedâncias internas de cada destinatário não seja maior do que a carga máxima que o instrumento de medida possa alimentar. Esse valor é tipicamente 500 ohms.

3.3 CARACTERÍSTICAS DO CLP CITRINO TOOLS

O controlador lógico programável Citrino possui um design arrojado e robusto, como se exige nas aplicações de campo, combinando eficiência, modularidade, capacidade de expansão, potencialidade de programação, facilidade de montagem e conectividade em rede. Seus módulos de I/O de alta densidade proporcionam um menor custo de investimento, mesmo para aplicações de pequeno número de I/O (Fertron,2014).



Figura 3- CLP citrino
Fonte: FERTRON,2012

O Citrino Tools é o software de configuração do CLP Citrino. O CLP citrino é um sistema modular contendo fonte, CPU e módulos de Entrada/Saída. A comunicação com PC é feita pelo módulo CPU (MCP-1). Até 32 módulos de E/S e/ou 4 módulos de comunicação (mestres PROFIBUS) podem ser conectados ao sistema onde, para cada módulo PROFIBUS inserido, diminui-se proporcionalmente os módulos de Entrada/Saída ou E/S. Os módulos são instalados em 4 segmentos com 8 módulos E/S em cada segmento. Cada segmento deve ser iniciado com um módulo fonte e uma expansão e depois inserir os demais módulos de Entrada e Saída.

O Citrino Tools permite a criação de um projeto que pode conter várias configurações associadas bem como número de módulos variados. Cada configuração contém uma arquitetura do sistema que refere-se ao projeto físico do sistema. O módulo CPU permite: configuração da comunicação, alocação de memória, edição de tags, configuração ladder ou STL, configuração modbus-RTU, monitoração das configurações via debug e variáveis via gráficos. Permite visualizar as variáveis utilizadas nas configurações ladder/STL e configurar os módulos mestre profibus (FERTRON, 2012).

3.4 SISTEMAS SUPERVISÓRIOS

Esses sistemas são utilizados nas mais diversas aplicações: processos industriais, fornecimento de energia, telecomunicações, sistemas de segurança e entre outros, sendo que atualmente é crescente sua aplicação nos novos projetos de automação predial (GEORGINI, 2006), citado por (MATUCHAKI, 2011, p.21).

Um sistema supervisor permite que sejam monitoradas e rastreadas informações de um processo produtivo ou instalação física. Tais informações são coletadas através de equipamentos de aquisição de dados e em seguida, manipuladas, analisadas, armazenadas e posteriormente, apresentadas ao usuário (PINHEIRO, 2006), citado por (MATUCHAKI, 2011, p.21).

Os primeiros sistemas SCADA, basicamente telemétricos, permitiam informar periodicamente o estado corrente do processo industrial, monitorando sinais representativos de medidas e estados de dispositivos, através de um painel de lâmpadas e indicadores, sem que houvesse qualquer interface aplicacional com o operador (DANEELS, 2000), citado por (AZEVEDO; AZEVEDO, 2011, p.19).

Atualmente, os sistemas de automação industrial modernos atingiram tal nível de complexidade que a intuição e experiência humana não são mais suficientes ou eficientes para construir rapidamente modelos bem definidos dos mesmos. Um ambiente de modelagem torna-se necessário para que se alcance esse objetivo. Nestas circunstâncias, o planejamento da arquitetura do sistema é um dos aspectos mais importantes. (DANEELS, 2000), citado por (AZEVEDO; AZEVEDO, 2011, p.19).

3.4.1 Sistema de Supervisão Fix 32

O Sistema de Supervisão Fix 32 tem como funções básicas a aquisição de dados e o gerenciamento desses dados.

O Fix 32 tem a capacidade de aquisitar os dados em CLPs (ou outros hardwares) no chão da fábrica e processá-los no microcomputador, podendo também enviar valores processados para o chão da fábrica. Após a aquisição dos dados o Fix 32 encarrega-se de manipular e distribuir esses dados para os módulos do software (telas, relatórios, históricos, serviços de alarmes...).

Segundo INTELLUTION (2001), o Fix 32 trabalha com a plataforma SCADA/MMI que tem a função de:

- **Monitoração:** Capacidade de exibir os dados do chão da fábrica em tempo real. No Fix 32 os dados podem ser apresentados em formato numérico, alfanumérico ou gráfico tornando a interface mais amigável para a operação.
- **Supervisão:** Capacidade de apresentar os dados em tempo real combinada à capacidade que os operadores têm de alterar *set points*, ligar/desligar bombas, abrir/fechar válvulas, gerar relatórios de alarmes e históricos... e outros valores, diretamente a partir do computador.
- **Alarmes:** Os Alarmes fornecem a capacidade de reconhecer eventos excepcionais que ocorram no processo e relatá-los imediatamente.
- **Controle:** Capacidade de aplicar automaticamente algoritmos que ajustam valores de processo mantendo-os dentro dos limites definidos. Desta forma o computador pode controlar sozinho o processo. O Fix 32 possui recursos de controle contínuo, controle por processamento em batelada e controle estatístico do processo.

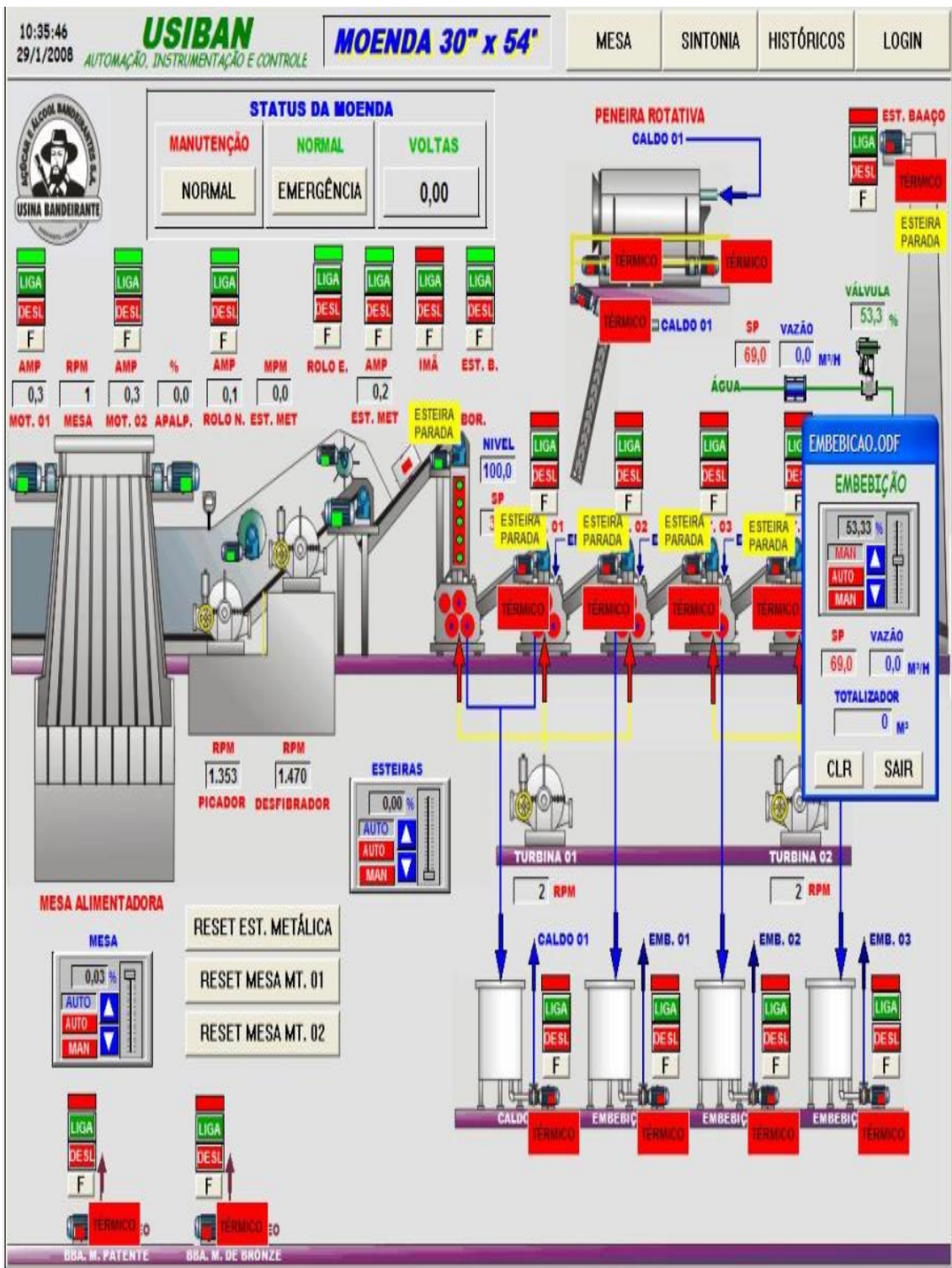


Figura 4- Tela de supervisorío fix 32
Fonte: LULA,2008

3.5 PROGRAMAÇÃO CLP EM LINGUAGEM LADDER

Os motivos que fazem a linguagem ladder ser uma das mais usada pela indústria são:

- Apresentar grande facilidade de programação.
- Ser uma linguagem gráfica, baseada em desenhos.
- Ser tradicionalmente conhecidos em projetos de comando de quadros elétricos.

Segundo MORAES (2007), citado por (GUEDES,2009), a linguagem ladder é uma linguagem gráfica de alto nível que se assemelha ao esquema elétrico de um circuito de comando ou diagrama de contatos. Nesta linguagem todos os tipos de instruções pertencem a dois grandes grupos: as instruções de entrada e as de saída. As instruções de entradas são responsáveis por formular questionamentos, os quais são tratados com respostas pelas instruções de saída, essas por sinal são ainda responsáveis por executar algum tipo de ação.

A CPU do controlador executa todas as funções descritas pelas linhas de comando de forma cíclica, ou seja, começando pela primeira passando por todas as intermediárias até a última linha, para então recomeçar o ciclo.

Para exemplificar os princípios de funcionamento desta linguagem vamos fazer o acionamento de um motor por meio da linguagem gráfica.

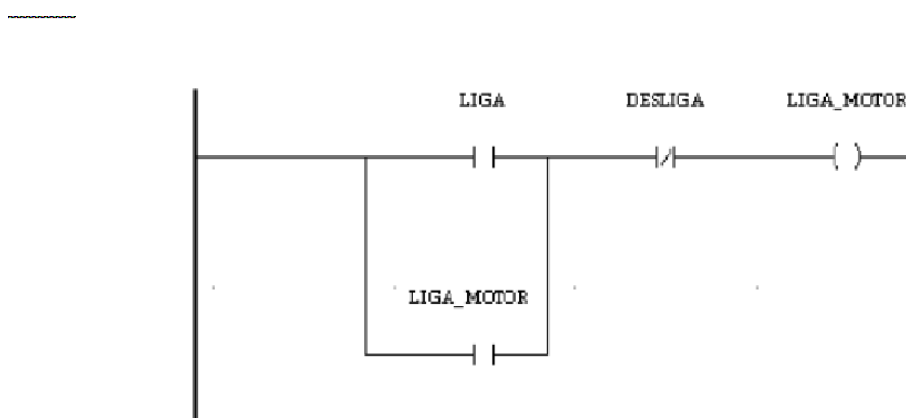


Figura 5-Programação Ladder
Fonte: GHEDES,2009

A representação de um contato normalmente aberto (LIGA) e um contato normalmente fechado (DESLIGA) é mostrado na figura 5. Na prática são os botões tipo push button, largamente utilizados em circuitos de controles elétricos.

As instruções de entrada são os contatos normalmente aberto e normalmente fechado, a instrução de saída, representado pelo símbolo abaixo da palavra LIGA_MOTOR na figura 5 é o estado do motor acionado ou parado.

3.6 PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO

Observando a especificação do protocolo Hart, encontramos diferentes meios físicos: FSK sobreposto ao 4-20 mA, RS-232, RS-485 etc. Neste artigo abordaremos apenas informações relacionadas à comunicação FSK sobreposta ao 4-20 mA, que cobre mais de 95% dos equipamentos Hart de mercado e desde o início é o mais usado, sendo então uma comunicação híbrida analógica.

A sigla Hart significa “Highway Addressable Remote Transducer”, cuja livre tradução é algo como “Rede Endereçável de Transdutores Remotos”.

A versão mais utilizada do protocolo Hart usa o padrão Bell 202 FSK para comunicar a uma taxa de 1200 bps. Um sinal modulado em corrente é superimposto ao sinal de 4-20 mA que corresponde em geral à variável primária do equipamento. Isto é, em um transmissor de temperatura o sinal de 4-20 mA corresponde à temperatura do processo. Como um sinal modulado em FSK tem valor médio nulo pela teoria das comunicações, ele não interfere com o sistema de controle analógico. Sendo ainda um sinal modulado em corrente, é bastante robusto às interferências eletromagnéticas (MECATRONICAATUAL,2013).

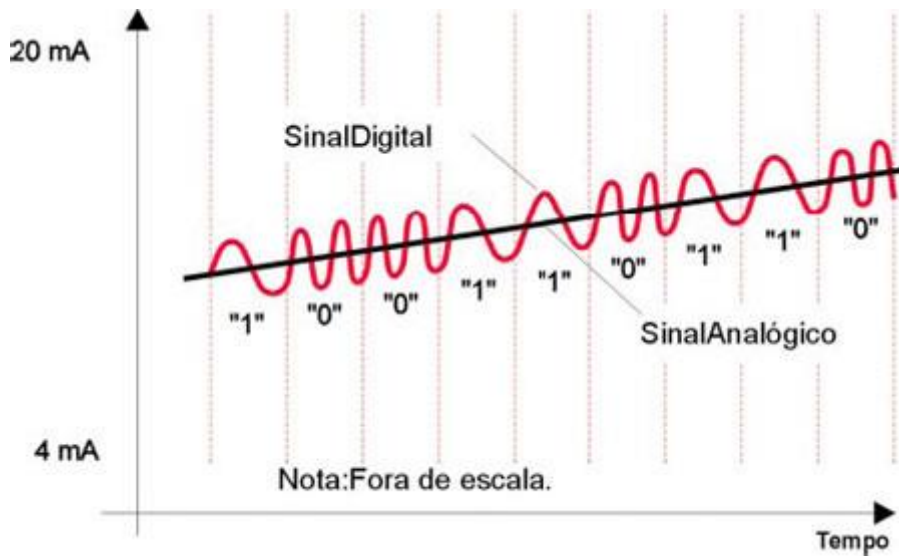


Figura 6-Protocolo hart
Fonte: MECATRONICAATUAL,2013

3.6.1 Protocolo hart de comunicação

A tecnologia Hart surgiu em meados da década de 80 devido à necessidade de se conectar os equipamentos inteligentes no campo, como transmissores de pressão e posicionadores de válvula, até configuradores portáteis e PCs. Essa demanda cresceu à medida que a eletrônica dos instrumentos de campo evoluiu, exigindo maior interação entre o usuário e o equipamento, seja para configurar suas funções e ler suas variáveis ou diagnosticar seu estado operacional (MECATRONICAATUAL,2013).

Hart não define apenas um protocolo de comunicação digital. Define também meio físico, categorias de equipamentos, linguagem de descrição de equipamentos para integração nos sistemas de software e até mesmo técnicas de aplicação. Uma vez que o padrão dominante para controle de processos na indústria era (e ainda é) a sinalização analógica 4-20 mA, nada mais natural que aproveitar o próprio par de fios da malha de corrente para a comunicação digital. Assim, a infraestrutura poderia ser aproveitada, bem como os sistemas de controle analógicos existentes (MECATRONICAATUAL,2013).

3.7 MEDIÇÃO DO GRAU BRX PARA O PROCESSO SUCROALCOOLEIRO

O brix (símbolo °Bx) é uma escala numérica de índice de refração (o quanto a luz desvia em relação ao desvio provocado por água destilada) de uma solução, comumente utilizada para determinar, de forma indireta, a quantidade de compostos solúveis numa solução de sacarose, utilizada geralmente para suco de fruta. A escala Brix é utilizada na indústria de alimentos para medir a quantidade aproximada de açúcares em sucos de fruta, vinhos e na indústria de açúcar, bem como outras soluções. A escala de brix, criada por (ADOLF FERDINAND WENCESLAUS) o brix foi derivada originalmente da escala de Balling, recalculando a temperatura de referência de 15,5 °C.

A quantidade de compostos solúveis corresponde ao total de todos os compostos dissolvidos em água, começando com açúcar, sal, proteínas, ácidos e etc. E os valores de leitura medido é a soma de todos eles. Uma solução de 25 °Bx tem 25 gramas do açúcar da sacarose por 100 gramas de líquido. Ou, para colocar de outra maneira, é 25 gramas do açúcar da sacarose e 75 gramas da água nos 100 gramas da solução. O instrumento usado para medir a concentração de soluções aquosas é o refratômetro.



Figura 7- Refratômetro

3.7.1 Transmissor de Grau Brix DT-301

O DT-301 é um transmissor de sinais proporcionais ao brix de uma mistura em que o eletrodo é submetido, sendo que brix é a unidade de medida de sólidos solúveis em soluções de sacarose. Foi desenvolvida para aplicações em processo de cozimento de massa para fabricação de açúcar, entre outras.

O equipamento utiliza um sensor de pressão diferencial tipo capacitivo que se comunica mediante capilares com os diafragmas submersos no fluido do processo, separados por uma distância fixa. A pressão diferencial sobre o sensor capacitivo será diretamente proporcional à densidade do líquido medido (ver figura e fórmulas). Este valor de pressão diferencial não é afetado pela variação do nível do líquido nem pela pressão interna do vaso. O transmissor de densidade capacitivo possui ainda um sensor de temperatura localizado entre os sensores de pressão para efetuar a correção e normalização dos cálculos levando em conta a temperatura do processo. Com a temperatura do processo corrige-se a distância entre os diafragmas e a variação volumétrica do fluido de enchimento dos capilares que transmitem a pressão dos sensores à célula capacitiva. Sendo o sensor de pressão diferencial utilizado do tipo capacitivo ele gera um sinal digital. Como o processamento posterior do sinal se realiza também digitalmente, obtém-se um alto nível de estabilidade e exatidão na medição. Com a informação gerada pelo sensor de pressão diferencial capacitivo e a temperatura do processo, o software da unidade eletrônica efetua o cálculo da densidade ou da concentração, enviando um sinal de corrente ou digital proporcional à escala de densidade ou concentração selecionada pelo usuário (°Brix, °Plato, °Baumé, g/cm³, etc.). A mesma informação poderá ser acessada no indicador digital local ou de forma remota através de comunicação digital.



Figura 8-Transmissor de grau brix DT-301
Fonte: Smar 2014

4 ESTUDO DO SISTEMA DE AUTOMAÇÃO

Para desenvolver o projeto, primeiro estudou-se os equipamentos instalados na empresa. Foram consultadas as informações do sistema atual, relevantes para o projeto, foi realizada a verificação das necessidades da empresa e dos usuários, definiu-se o controlador lógico programável (CLP) e o sistema supervisor a serem utilizados, levantou-se as características da rede industrial utilizada pela empresa e realizou-se o levantamento dos equipamentos em campo para a obtenção da dependência entre eles. Na sequência, foi desenvolvido um programa para o CLP, as telas gráficas do sistema supervisor e foi realizada a comunicação entre o transmissor de grau brix, o CLP e o sistema supervisor.

4.1 SISTEMA AUTOMÁTICO DO BRUX DO MOSTO

Para que o processo de fermentação alcoólica possa ocorrer com eficiência e precisão, é necessário que a vazão do mosto que alimenta as dornas seja constante. Para isto será realizado um controle em malha fechada, onde um CLP recebe o sinal de um transmissor de vazão, e através de uma válvula de controle, a água é misturada ao caldo para manter a vazão constante de acordo com a capacidade do processo. Porém, como o brix da água é nulo, reduz o brix do mosto, inserindo uma perturbação no processo, visto que o brix necessário para o processo de fermentação é de 18°. Para recuperar o brix adiciona-se melão nesta mistura, sendo o controle executado automaticamente por um controle em malha fechada, onde o CLP recebe o sinal do transmissor de grau brix para atuar uma válvula de controle de injeção de melão no caldo, para manter o brix no valor desejado, conforme a figura 9.

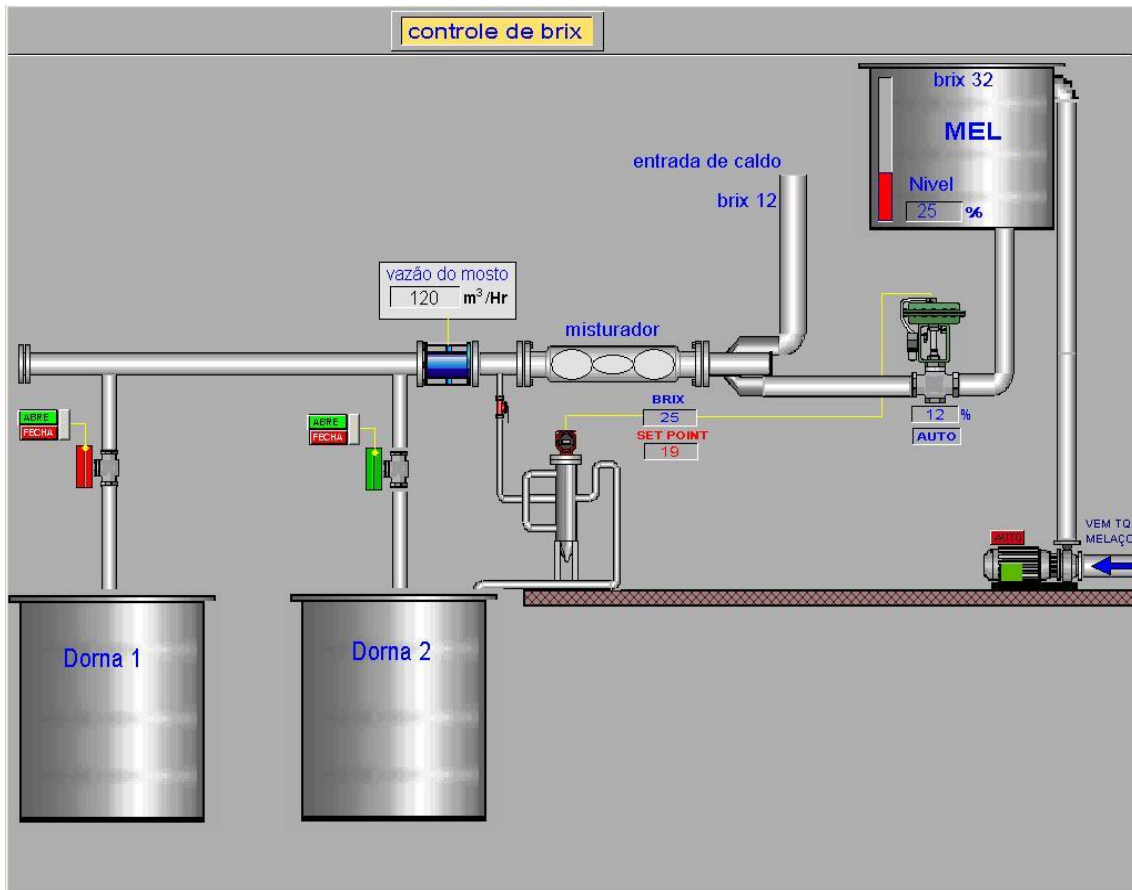


Figura 9-Supervisório com controle automático
Fonte: Autoria própria

Na figura 9 é possível ver a válvula sendo controlada automaticamente em malha fechada com abertura de 12%, a mesma está sendo controlada via variável de saída de 4 a 20 miliampères que sai do transmissor de grau brix, logo abaixo veja na figura 10 a forma de controle em manual.

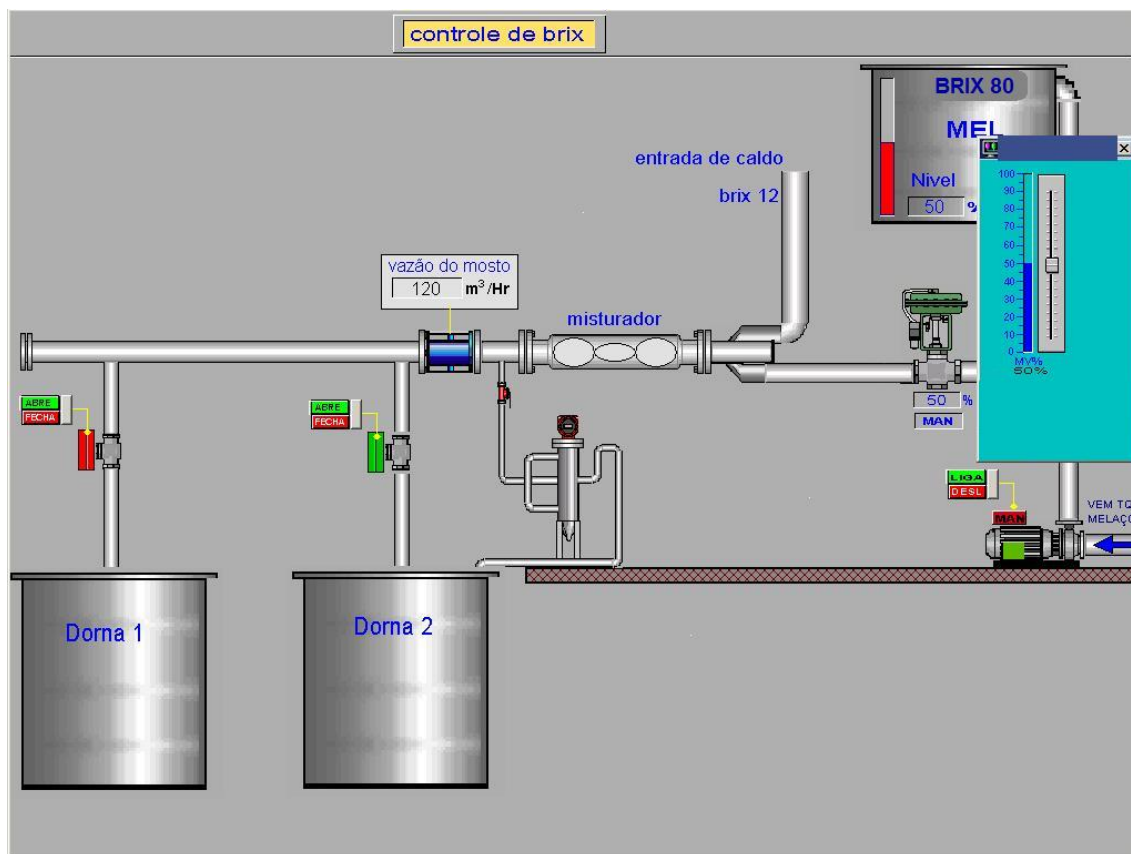


Figura 10-Supervisório em manual
Fonte: Autoria própria

A Figura 10 mostra o controle da válvula sendo feito manualmente via supervisório, o usuário ao dar dois cliques na válvula é aberto um bloco, onde o mesmo pode ajustar a abertura da válvula de 0 ou 100% de abertura ou on off, essa válvula ao ser aberta, na sua frente encontra-se uma válvula volante que manualmente o operário controla a entrada de mel conforme sua necessidade no processo.

4.2 PROGRAMAÇÃO LADDER DO PROJETO

A partir deste ponto será mostrado como foi feito a programação em ladder para automação e controle do grau brix das dornas de fermentação da destilaria. Logo abaixo a figura 11 mostra o ambiente de programação do CLP citrino.

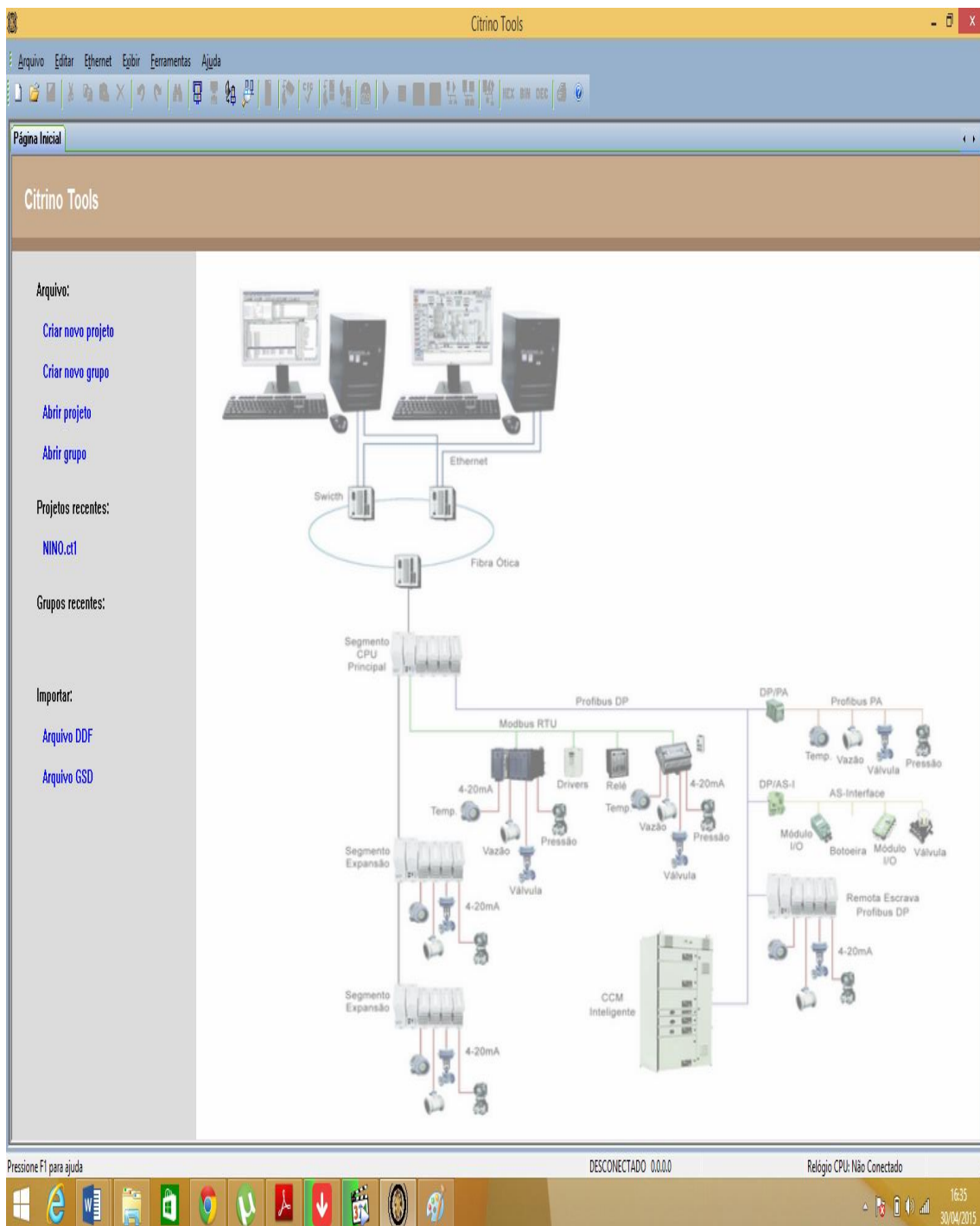


Figura 11-Ambiente de programação citrino
Fonte: Fertron,2012

Na Figura 11 está o ambiente de programação do CLP citrino da fertron, A tela inicial do citrino tools apresenta o menu, a barra de ferramentas, a barra de status e a página Inicial. Existem cinco tipos de linguagens de programação de um controlador lógico programável, são elas:

- Função gráfica de seqüenciamento (SFC)
- Lista de Instrução (IL)
- Texto Estruturado (ST)
- Diagrama de blocos de funções (FBD)
- Diagrama Ladder (LD)

A que será usada na programação será a linguagem ladder, que é no momento umas das linguagens mais usadas em automação industrial para programação de controladores lógicos programáveis.

4.3 DESENVOLVIMENTO DA PROGRAMAÇÃO PARA O CLP

Para o desenvolvimento do programa do CLP foi utilizado o programa citrino da fertron. Para iniciar-se o desenvolvimento do programa, foi escolhida a CPU do CLP instalado, conforme apresentado na Figura 12.

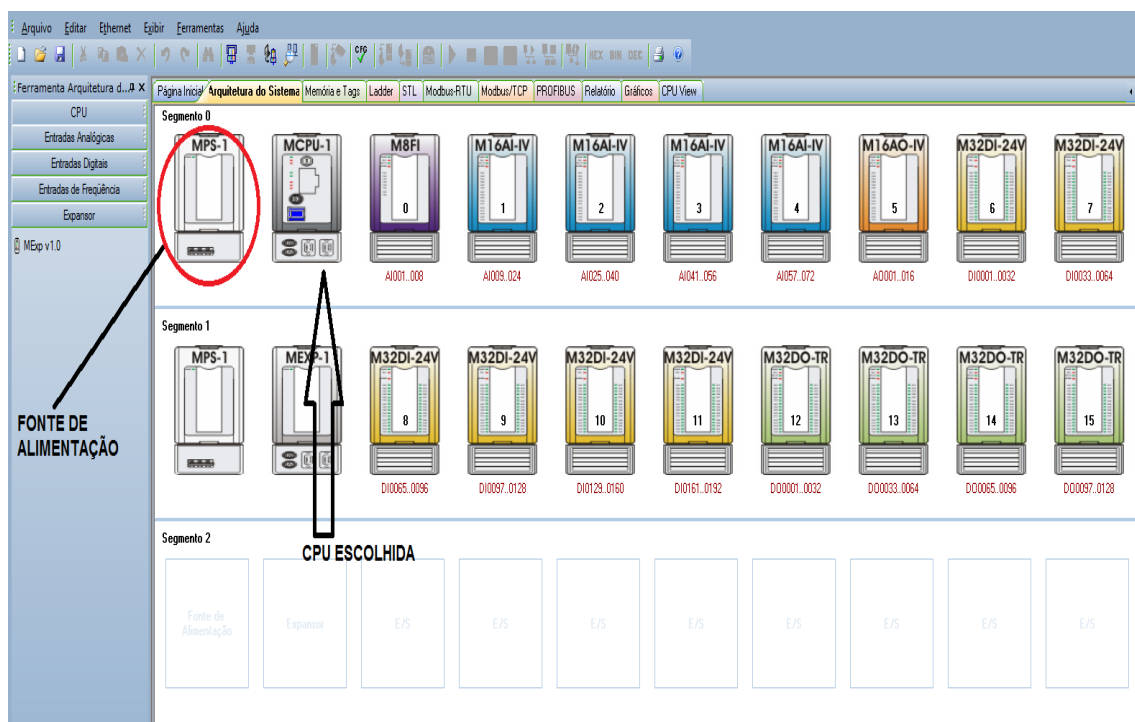


Figura 12-Arquitetura do sistema
Fonte: autoria própria

Ao abrir um projeto ou criar um novo projeto, a primeira tela que é exibida no citrino tools é a da arquitetura do sistema. A arquitetura dos sistemas no citrino tools é usada para configuração e disposição dos módulos em cada seguimento de acordo com o projeto físico do PLC citrino. Para iniciar ou modificar qualquer tipo de configuração no citrino tools, como configuração da alocação de memória, Ladder, STL, Modbus-RTU, Profibus e outras, é necessário definir o módulo CPU na arquitetura do sistema, pois de acordo com a versão deste módulo, é que são definidas todas as outras configurações no citrino tools. Definida a CPU, é possível visualizar diagnósticos da CPU, configurar parâmetros ethernet, diagnósticos dos módulos e o tag da CPU.

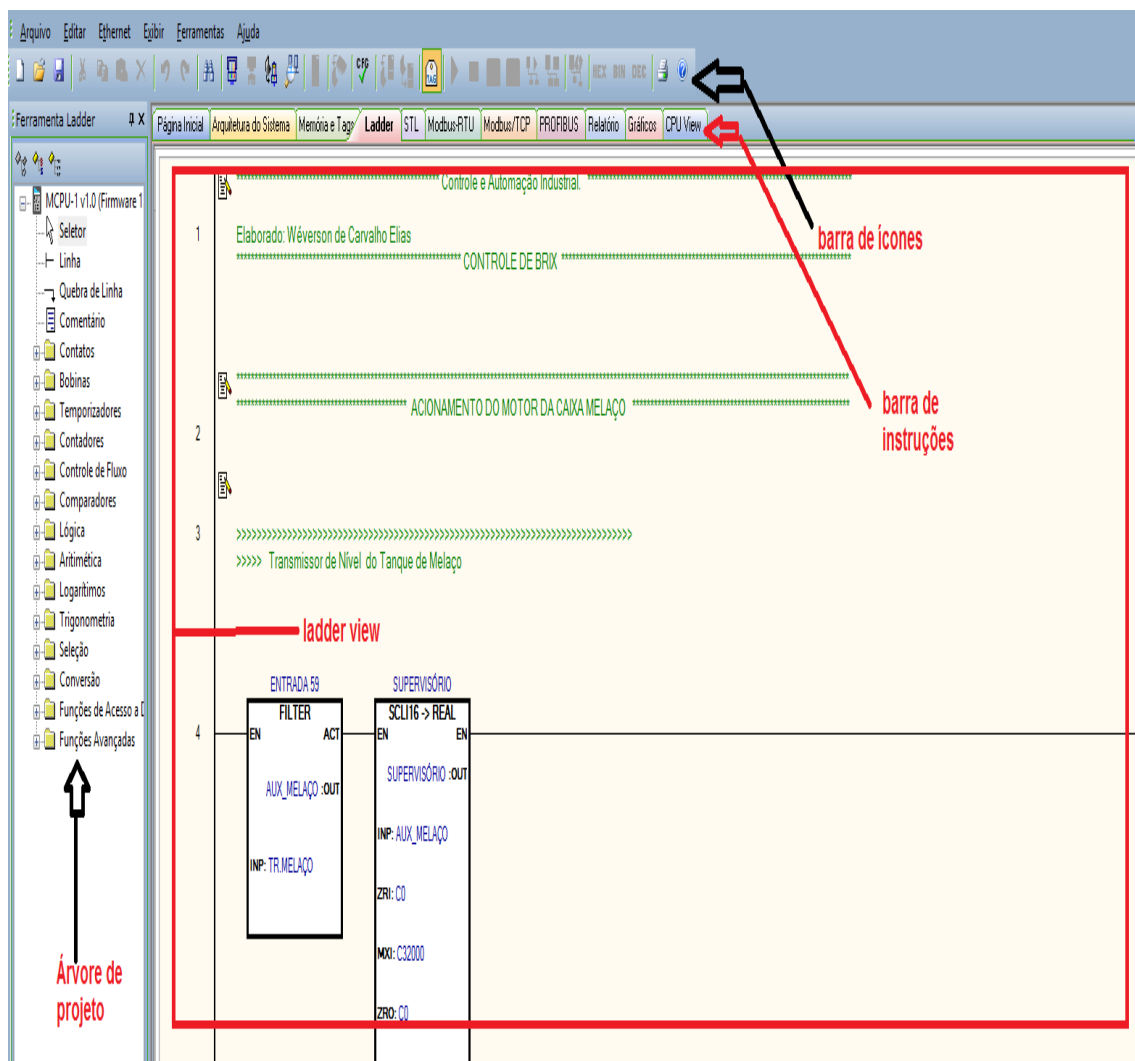


Figura 13-Tela de projeto Citrino Tools
Fonte: Autoria própria

Após a definição do CLP, tem-se a tela inicial apresentada na Figura 13, onde as principais janelas e barras de ferramentas do citrino tools são:

- Barra de Ícones – Contém funções utilizadas repetidamente para desenvolver e testar um programa de lógica;
- Árvore de Projeto - Contém todas as pastas e arquivos contidos no projeto;
- Barra de Instruções – Possui instruções mnemônicas e exibe categorias com guias;
- Ladder View – Local onde se edita a lógica do programa sendo que pode-se visualizar várias linhas de programação ao mesmo tempo.

A figura 14 mostra o início da programação usando o bloco de entrada analógica que recebe o sinal 4 a 20 Ma do transmissor de grau brix e transforma em um valor real de 0 a 32000.

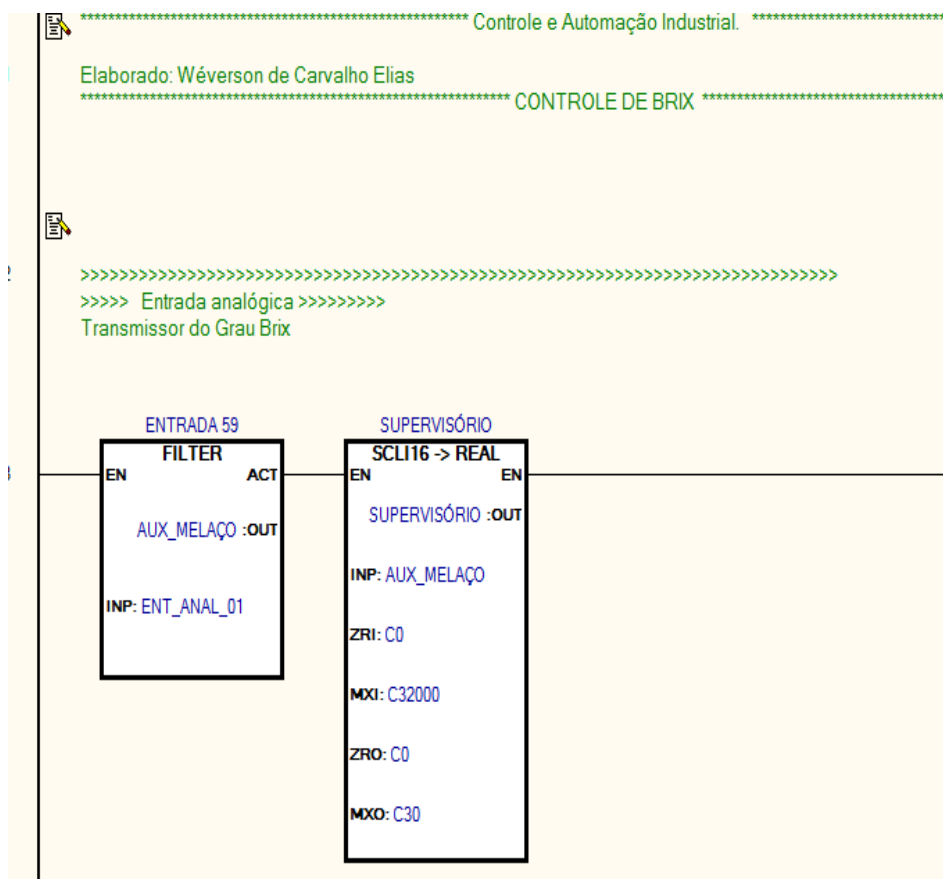


Figura 14 - Bloco de entrada analógica
Fonte: Autoria própria

Na figura 15 abaixo está a escrita do set point, que escreve o valor de 0 a 100 e transfere ao bloco PID.

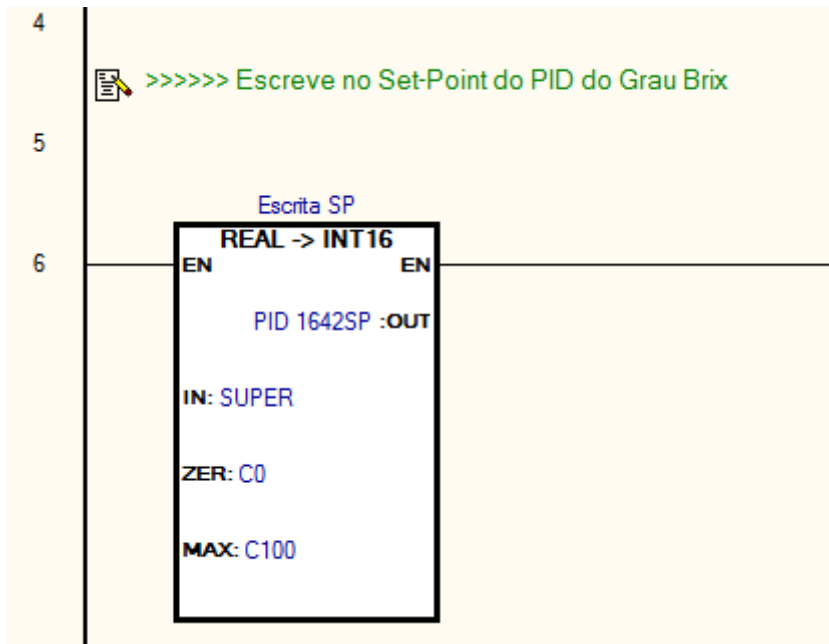


Figura 15- Escrita SP
Fonte: Autoria própria

Na Figura 16 está o bloco PID que fará o controle da válvula de mel. Esse mesmo recebe o sinal do transmissor de grau brix, e mediante este sinal aumenta e diminui a abertura da válvula de mel, fazendo o controle do brix desejado.

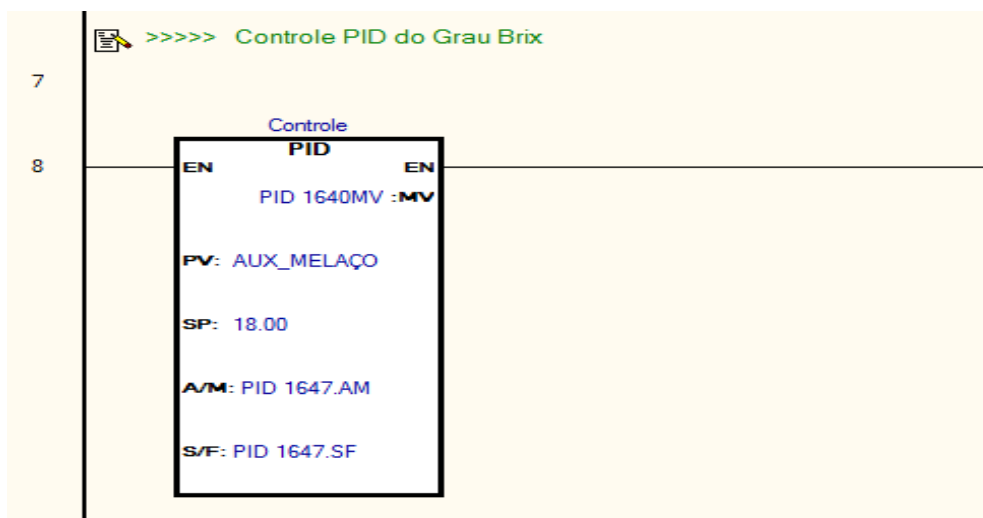


Figura 16- Bloco PID
Fonte: Autoria própria

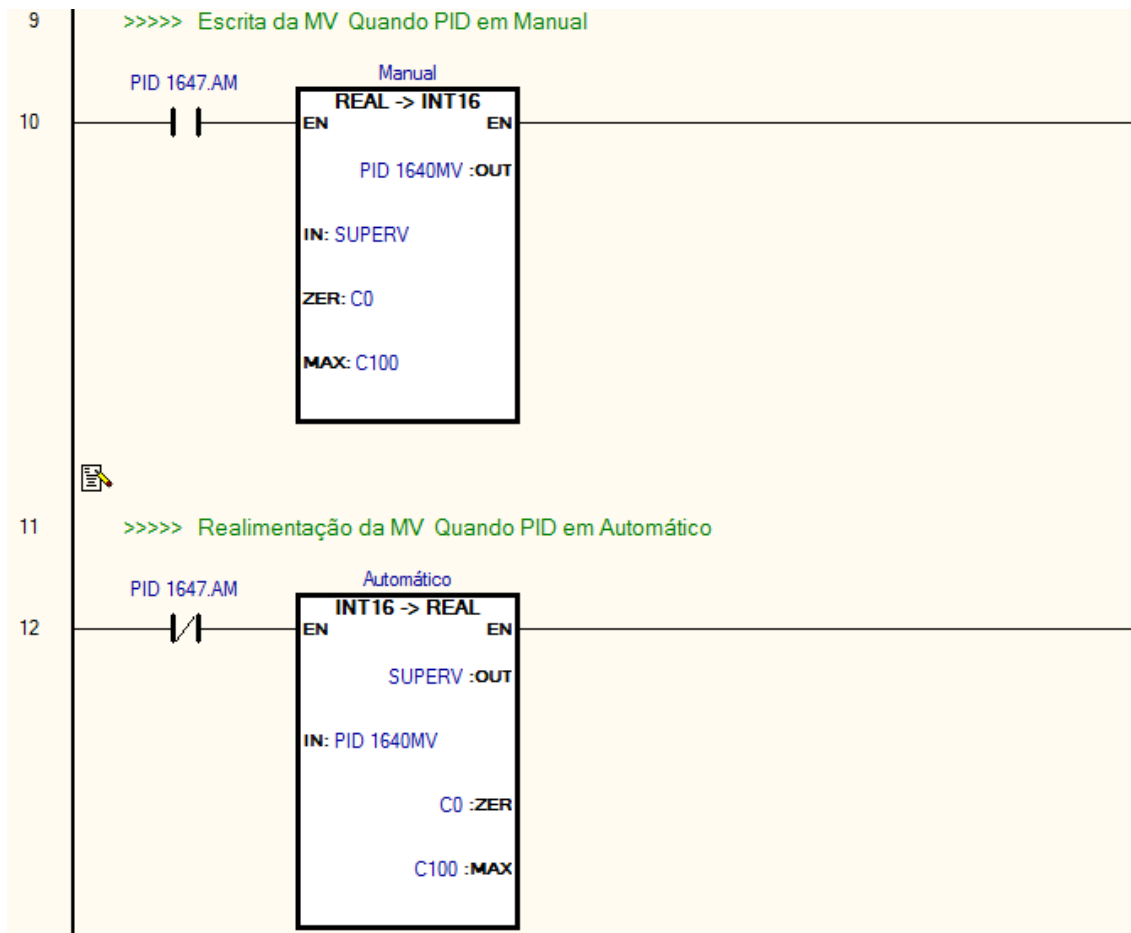


Figura 17- Blocos de controle em manual e automático
Fonte: Autoria própria

Na figura 17 está a escrita da variável manipulável quando o pid em manual, que serve para calibrar a válvula manualmente, e logo abaixo aparece a realimentação da variável manipulável quando o PID em automático. E abaixo na fiura 18 está o bloco de saída analógica que recebe a MV do bloco PID e jogará na saída analógica dos cartões.

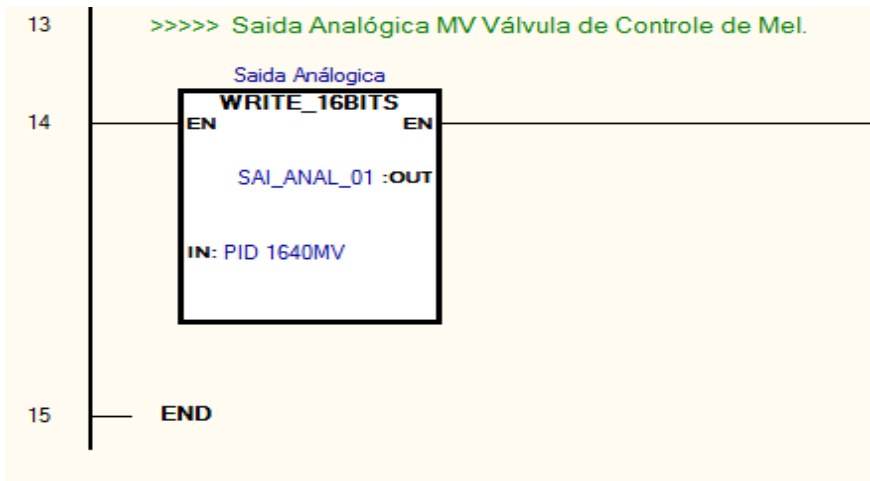


Figura 18- Bloco de saída analógica
 Fonte: Autoria própria

4.4 DIAGRAMA DE CAMPO

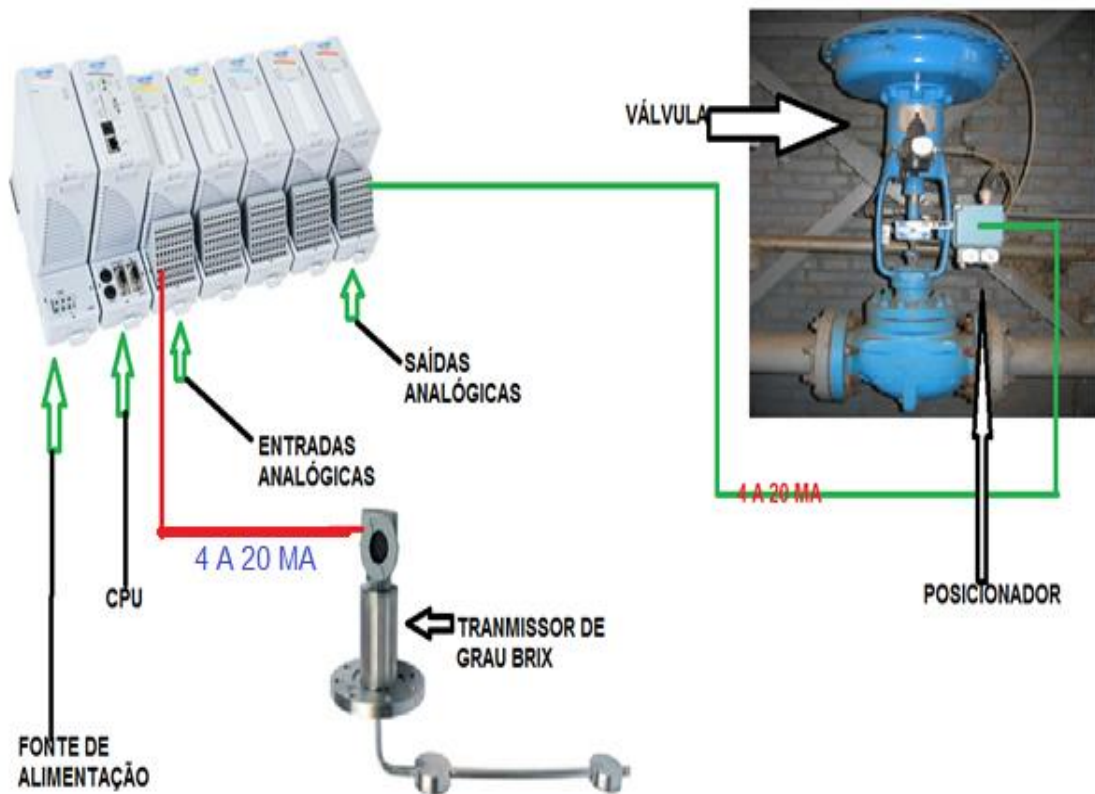


Figura 19- Funcionamento de campo
 Fonte: Autoria própria

A Figura 19 representa o esquema de como ficou os instrumentos instalados no campo. O CLP citrino depois de todas as programações efetuadas, envia de sua entrada analógica, uma alimentação de 24 VC a dois fios para o transmissor de grau brix, e mediante aos mesmos, recebe o sinal de 4 a 20 mA. Após o recebimento de sinais 4 a 20 mA o CLP efetua a lógica do programa configurado, e envia o sinal de 4 a 20 mA para a saída analógica do cartão do CLP, que a dois fios envia o sinal para o posicionador da válvula para sua abertura, sendo 4 mA igual 0% e 20 mA igual a 100% de abertura.

4.5 SUPERVISÓRIO COM AS FUTURAS INSTALAÇÕES

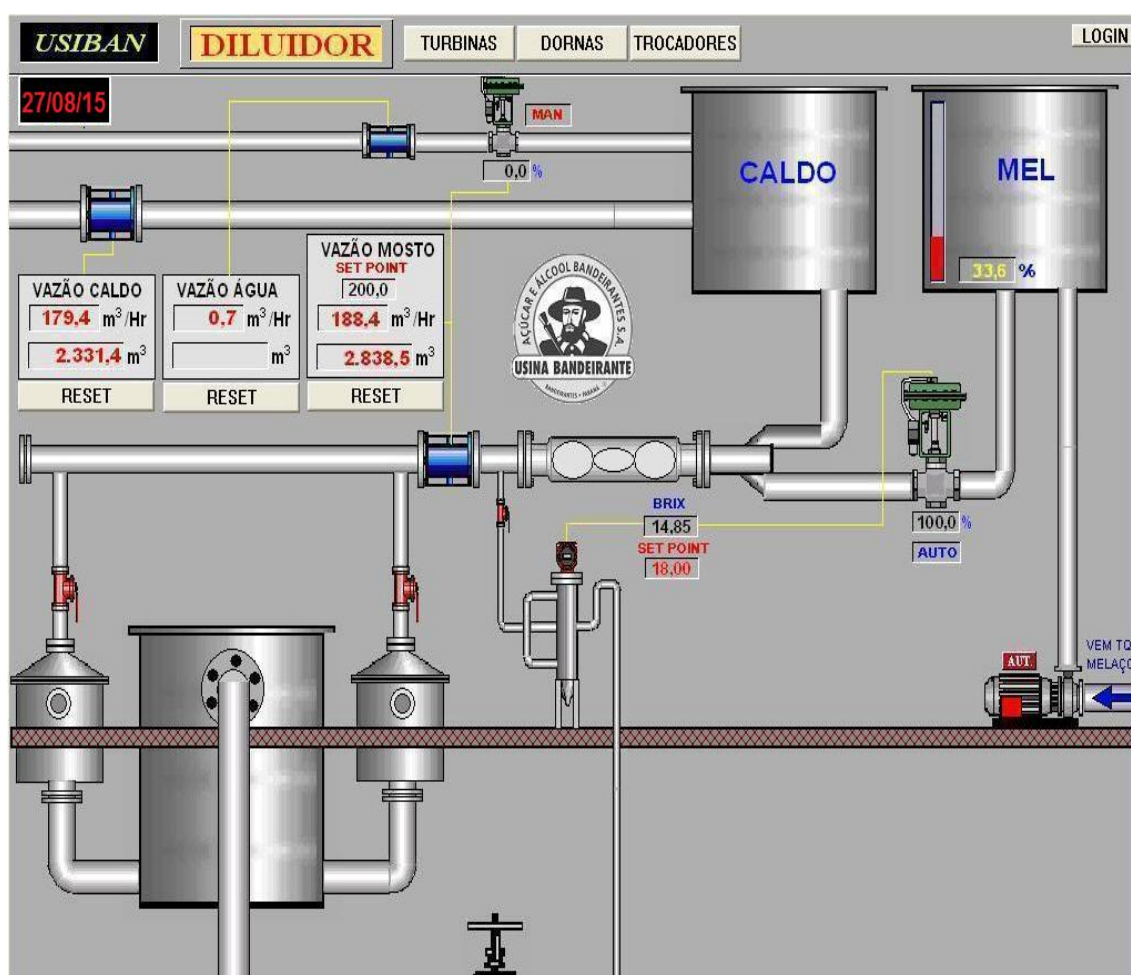


Figura 20-Tela Final
Fonte: Autoria própria

Na Figura 20 está a tela completa com todos os demais equipamentos instalados, e também já com o novo controle automático da válvula de mel, espera-se que em breve a tela antiga seja atualizada para essa, já com o novo controle.

5 ANÁLISE E DISCUSSÕES OBTIDAS DOS IMPACTOS DA IMPLEMENTAÇÃO DA AUTOMAÇÃO

No processo de fermentação alcoólica do mosto para a produção do etanol é de suma importância a estabilidade do grau brix, em torno de 18° para o processo aqui apresentado, de modo a obter uma fermentação rápida, produtiva e de qualidade. Os itens demonstrados abaixo confirmam a expectativa de melhoria no processo através da troca do controle *ON/OFF* por um controle em malha fechada da válvula de mel, utilizado no processo.

Produção atualmente

- Rendimento de vinho nas dornas de fermentação em média de 350.000 litros;
- Rendimentos das centrífugas de fermento com brix baixo em média de 85%;
- Extração de álcool anidro em média 8050 Lts/h;
- Extração de álcool hidratado em média de 10220 Lts/h.

Produção esperada após a implantação do projeto:

- Rendimento de vinho nas dornas de fermentação em média de 370.000 litros;
- Rendimentos das centrífugas de fermento com brix bom em média de 92%;
- Extração de álcool anidro em média 8709 Lts/h;
- Extração de álcool hidratado em média de 11052 Lts/h.

6 CONCLUSÕES

A utilização do álcool etílico como opção combustível, principalmente para automóveis, divide a atenção não somente a nível nacional, mas mundial. A preocupação com a emissão de gases resultantes da combustão torna o álcool como a principal alternativa na substituição dos combustíveis fósseis, com grande e rápida aceitação em diversos mercados, expandindo sua utilização até para aeronaves.

Deste modo, destilarias e usinas possuem um alto grau de importância no cenário econômico, com a responsabilidade de produzir álcool em grande escala e com qualidade, transferindo uma boa parte dessa responsabilidade para a automação industrial.

O processo de fermentação é um dos principais itens na produção do álcool, e se efetuado com qualidade, a produção do álcool ocorre de forma mais rápida e com maior qualidade. Visando aprimorar o processo de fermentação, este trabalho baseou seus objetivos na melhoria do processo de controle do brix do mosto, através do controle da válvula de mel.

Estes fatos tornaram a preparação do mosto mais rápida e eficiente, aumentando a qualidade do produto, possibilitando maior rapidez na destilação do vinho para a produção do álcool. Além desta melhoria no processo de fabricação, este trabalho de diplomação demonstrou de forma muito eficiente, por meio de seu executor, a aplicação concreta do conhecimento técnico, teórico e prático, adquirido no curso de Automação Industrial.

Através do conteúdo programático das disciplinas, principalmente da área de controle de processos, foram obtidas informações para complementar a implementação deste trabalho para os conceitos, princípio de funcionamento e programação de controladores e sistemas supervisórios.

REFERÊNCIAS

PRUDENTE, Francesco. **Automação industrial PLC: PROGRAMAÇÃO E INSTALAÇÃO**. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

GHUEDES, Rodrigo Luiz. **Sistema de controle, utilizando CLP e supervisor, para correção de fator de potência e balanceamento de fases no secundário de um transformador de uma subestação**, Ouro Preto Sp, 2009.

NATALE, Ferdinando. **Automação industrial** .5.ed. São Paulo: Érica, 2003

AZEVEDO, Cleverson L. de; AZEVEDO, Diogo Küster de. **Monitoramento de medidores de água via sistema supervisor**. 2011. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação de Tecnólogo em Eletrônica). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2011.

MOREIRA, Ademilson Rodrigo; Loss, Marcos Clacedir. **Desenvolvimento de um controlador industrial para uso em processos industriais**. 2013. 77 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Tecnologia em Mecatrônica Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

MATUCHAKI, Graziel. **Modificação e Melhoria do Sistema de Climatização de Aviário**. 2011. nº 37. Trabalho de conclusão de curso – Tecnologia em Manutenção Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2011.

SILVA, Marcelo Eurípedes da, **AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL**, Piracicaba, 2005

RICHTER, Claudio, **Curso de Automação Industrial**, 2001

FERTRON Controle e Automação de processos. **Manual do controlador citrino tools**, Sertãozinho, 2012.

PRUDENTE, Francesco. **Automação industrial PLC: Teoria e aplicações-Curso básico**. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

ROMESTEC. Disponível em:

< <http://www.romestec.com.br/noticia/em6-anos-cana-perde300-mil-empregos.html> >. Acesso em: 25 de fevereiro de 2015

MECATRONICAATUAL. Disponível em:

< <http://www.mecatronicaatual.com.br/educacao/1467-tecnologia-hart-na-industria-parte-1-estrutura-do-protocolo>>. Acesso em: 28 de fevereiro de 2015

SMAR. Disponível em:

< <http://www.smar.com/brasil/produto/dt301-transmissor-de-densidade-4-a-20-ma-hart>>. Acesso em: 28 de junho de 2015

FERTRON. Disponível em:

< http://www.fertron.com.br/site_2014/produto/clp-citrino.html>. Acesso em: 10 de março de 2015

SENAI, **INSTRUMENTAÇÃO INDUSTRIAL**, Campinas, 2008