

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**HENRIQUE RIBEIRO RANGEL
WILLIS CORRÊA DA SILVA**

**RETROFIT DO SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO DO LAMINADOR DE
TIRAS A FRIO 1**

VOLTA REDONDA

2017

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**RETROFIT DO SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO DO LAMINADOR DE
TIRAS A FRIO 1**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Elétrica do UniFOA como requisito à obtenção do título de bacharel em Engenharia Elétrica.

Alunos:

Henrique Ribeiro Rangel

Willis Corrêa da Silva

Orientador:

Prof. MSc. Edson de Paula Carvalho

Co-orientador:

Prof. Aloano Regio de Almeida Pereira

VOLTA REDONDA

2017



Fundação Oswaldo Aranha



FOLHA DE APROVAÇÃO

Curso: Engenharia Elétrica

Acadêmica: Matrícula: Henrique Ribeiro Rangel 201310709 Willis Corrêa da Silva 201310761

Título do TCC: Retrofit do Sistema de Lubrificação do Laminador de Tiras à Frio1

Apresentado publicamente perante a Banca Avaliadora, como parte dos requisitos para conclusão do Curso de Engenharia Elétrica

Aprovada em 10 de novembro de 2017

Banca Avaliadora:

Professor Orientador

Edson de Paula Carvalho, Mestre, UniFOA

Professor Avaliador

Aloano Regio de Almeida Pereira, Especialista, UniFOA

Professor Avaliador

Hélio de Paiva Amorim Júnior, Doutor, UniFOA

Dedico primeiramente a Deus, que iluminou
nossos caminhos durante está caminhada.
Ao professor Aloano, pela orientação, sua
grande disponibilidade em ajudar.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus e a todos pela força e determinação, pois em tantas ocasiões difíceis, tudo fica mais fácil quando temos pessoas que ao nosso lado nos fortalecem e amparam em todos os momentos.

RESUMO

Este trabalho apresenta o Retrofit do Sistema de Lubrificação do Laminador de tiras a Frio 1 da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) de Volta Redonda. O conceito de Retrofit consiste em modernizar um equipamento considerado obsoleto. O projeto consiste no planejamento, desenvolvimento e análise dos resultados esperados diante da substituição do sistema de controle de lubrificação do laminador. Através da análise dos indicadores de performance é possível notar que o sistema de lubrificação se encontra no limite da vida útil de seus equipamentos. A mudança na tecnologia equivale implementar um controlador lógico programável para substituir a lógica com relés, proporcionando um aumentando da flexibilidade e melhorando seu tempo de resposta para atuação da malha e controle. A modernização do sistema de lubrificação resultará no decréscimo dos números de parada não programadas, garantindo uma melhoria na produtividade, diante da automação de processos manuais e da modernização dos equipamentos antigos, o controle de lubrificação se tornará mais confiável e ocasionando uma melhoria na qualidade ao produto final do LTF1.

Palavras-chave: Retrofit, Laminador de Tiras, Controlador Lógico Programável

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Justificativa.....	16
1.2	Objetivo Geral	16
1.2.1	Objetivo Específico.....	16
1.3	Metodologia.....	17
2	EMBASAMENTO TEÓRICO	18
2.1	Siderurgia.....	18
2.1.1	Redução do Minério	19
2.1.2	Refino.....	20
2.1.3	Solidificação	20
2.2	Laminação.....	21
2.2.1	Laminação a quente.....	22
2.2.2	Laminação a Frio.....	22
2.2.3	Tipos de Laminadores.....	23
2.2.4	Lubrificação.....	24
2.2.5	Refrigeração.....	29
2.2.5.1	Coroamento Térmico	30
3	ACIONAMENTOS ELÉTRICOS.....	32
3.1	Contatos elétricos.....	32
3.2	Botões ou botoeiras	33
3.3	Fusíveis.....	33
3.4	Relés.....	34
3.5	Relé Térmico de Sobrecarga.....	34
3.6	Contatores.....	34
3.7	Disjuntor	35
3.8	Temporizadores	35
4	INSTRUMENTAÇÃO.....	36
4.1	Sensores	36
4.1.1	Sensor de nível	36

4.1.2	Sensor de pressão	37
4.1.3	Sensor de temperatura.....	37
4.1.4	Sensor de vazão	37
5	MALHA DE CONTROLE	38
5.1	Variáveis de estado.....	38
5.2	Sistema de Controle Realimentado.....	39
5.3	Servomecanismo.....	39
5.4	Instrumentos de Medição e Transmissão.....	40
5.5	Elemento Final de Controle.....	40
5.6	Controle de Malha Aberta	41
5.7	Controle de Malha Fechada	41
6	AUTOMAÇÃO	42
6.1	Controle Supervisório.....	44
6.2	Tempo de Scan	45
7	DESENVOLVIMENTO	47
7.1	Análise do Problema	47
7.1.1	Análise Econômica.....	48
7.1.2	Análise técnica	50
7.1.3	Estudo da Solução	51
7.1.4	Escopo do Projeto	52
7.1.5	Atividades do Projeto	53
8	RESULTADOS ESPERADOS.....	58
9	CONCLUSÃO.....	60
10	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	61
11	APÊNDICE	64
12	ANEXO.....	65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Processo Siderúrgico	19
Figura 2 – Aciaria	20
Figura 3 - Lingotamento Contínuo.....	21
Figura 4 - Princípios básicos de laminação.....	21
Figura 5 - Tipos de Laminadores mais utilizados.....	24
Figura 6 – Lubrificação pelos bicos de aplicação.....	25
Figura 7 - Proveta medindo o teor de etanol anidro à gasolina.....	28
Figura 8 – Rotor estator de uma bomba agitadora.....	28
Figura 9 – Refrigeração básica.....	29
Figura 10 – Exemplo de Rollbending	30
Figura 11 – Esquemático básico de um Laminador de Tiras à Frio.....	31
Figura 12 – Contato Normal Fechado e Contato Normal Aberto.....	32
Figura 13 – Botão do tipo Normal e Botão do Tipo Cogumelo	33
Figura 14 – Fusível do tipo NH.....	33
Figura 15 – Contatores Tetra polares.....	35
Figura 16– Bloco de Malha.....	39
Figura 17– Diagrama de Bloco de Relação Sensor x Transmissor	40
Figura 18 – Diagrama de Bloco de Elementos Final de Controle.....	40
Figura 19 – Diagrama de Bloco de Controle de Malha Aberta.....	41
Figura 20 – Diagrama de bloco de Controle de Malha Fechada	41
Figura 21 – Controlador Lógico Programável.....	42
Figura 22 – Esquema de Conexão de Rede de um Processo, CLP e IHM.....	45
Figura 23 – Ciclo de Scan.....	46
Figura 24 – Programa de acionamento da bomba agitadora do tanque de mistura.....	53
Figura 25 - Tela do supervisor utilizando LabVIEW.....	55
Figura 26 – Tela com a visão geral do sistema de aplicação direta.....	56
Figura 27 – Tela para inserir a taxa de concentração desejada.....	57
Figura 28 – Função teclado para as telas.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Levantamento de Paradas por Manutenção.....	49
Tabela 2 – Cálculo dos indicadores de desempenho.....	50
Tabela 3 – Levantamento de componentes	52

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Gráfico de disponibilidad.....	58
--	----

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABCE	Associação Brasileira de Consultores de Engenharia
BQD	Bobina Quente Decapada
CI	Circuito Integrado
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CLP	Controlador Lógico Programável
CPU	<i>Central Processing Unit</i>
GLF	Gerência de Laminação a Frio
LTF-1	Laminador de Tiras a Frio 1
LTF-2	Laminador de Tiras a Frio 2
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IHM	Interface Homem-Máquina
MTBF	<i>Mean Time Between failures</i>
MTTR	<i>Mean Time To Repair</i>
MTTF	<i>Mean Time To Failure</i>
NA	Normal Aberto
NF	Normal Fechado
OPC	<i>Ole for Process Control</i>
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice 1 – Fluxograma de programação.....	64
---	----

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 – Transmissor de Pressão LD301 – SMAR.....	65
Anexo 2 – Sensor de vazão SU8000 – IFM	66
Anexo 3 – Sensor de temperatura PT100	67
Anexo 4 – Cartão de entrada digital 1756-IV32.....	68
Anexo 5 – Cartão de saída digital 1756-OW16	69
Anexo 6 – Cartão de entrada analógica 1756-IF16.....	70
Anexo 7 – Cartão de saída analógica 1756-OF8	71

1 INTRODUÇÃO

Na atualidade do cenário industrial, renomadas empresas estão gradativamente inovando para trazer qualidade em seus serviços prestados. Com isso, é imprescindível o processo de modernização tecnológica, trazendo uma maior competitividade. Atualmente, o Brasil é um grande competidor no mercado mundial, gerando milhares de empregos, principalmente para as pessoas mais qualificadas, pois é notável o crescimento tecnológico e a automatização e modernização de várias áreas industriais.

“A laminação é um processo de conformação que essencialmente consiste na passagem de um corpo sólido entre dois cilindros que giram à mesma velocidade periférica, mas em sentidos contrários. Dessa forma, tendo o corpo da peça inicial uma dimensão maior do que a distância entre as superfícies laterais dos cilindros, ele sofre uma deformação plástica na passagem entre os cilindros que resulta na redução de sua secção transversal e no aumento do seu comprimento e largura.” (BRESCIANI, 2011)

A laminação, processo pelo qual o material passa entre dois cilindros, chamado de cilindros de trabalho, gira em sentidos opostos, em que a distância entre si é menor que a espessura do material, assim, deformando o mesmo. A laminação primária é feita a quente, onde o material sofre a maior deformação possível, nesta etapa a qualidade do material não é o principal objetivo, mas sim o aproveitamento máximo de sua plasticidade.

Após a laminação à quente o material já é aproveitado, porém em alguns casos a qualidade superficial e o bom acabamento são parâmetros de análise necessários, caso não estejam adequados o material não pode ser levado adiante devido ao problema de qualidade que resultaria.

A laminação de Tiras à Frio é amplamente usada no mundo todo, devido ao acabamento e qualidade ser superior quando comparado a Laminação de Tiras à Quente. Além disso, este processo possui uma grande influência no material, deixando com uma maior resistência. O nome “Laminação de Tiras à Frio” indica que o processo de laminação é feito em baixas temperaturas, a mesma deve ser controlada para que, a qualidade do material mantenha o melhor perfil possível.

A matéria prima usada na laminação à frio, são os produtos providos do Laminador de Tiras à Quente.

No LTF-1, o processo tem como seu objetivo atingir cerca de 1800 toneladas de bobinas diariamente, com o máximo de qualidade superficial, podendo chegar no mínimo ao valor de 0,17 mm de espessura.

É de suma importância para um Laminador de Tiras à frio a lubrificação em vários aspectos. Com isso, a lubrificação que é aplicada diretamente no material produzido pelo equipamento, que deve estar em ótimas condições de processo para garantir uma boa qualidade do mesmo. Onde, em um dos seus aspectos, deve-se averiguar uma taxa de concentração de óleo da solução para as cadeiras do laminador, estrutura mecânica onde reside os parafusos eletromecânicos responsáveis pelo aperto do laminador, no qual também se situa os cilindros de trabalho, cilindros de encosto e os bicos de aplicação, encarregados por lubrificar e refrigerar a chapa sendo laminada.

A fim de apresentar as condições necessárias para manter o perfil desejado do produto final do Laminador de Tiras a Frio, é imprescindível a utilização do sistema de lubrificação do laminador, que envolve o atrito presente na laminação assegurando itens como: redução de atrito, diminuição do desgaste, refrigeração, proteção contra corrosão e diminuir o consumo de energia recorrente ao processo.

Uma das condições do processo é uma determinada taxa de concentração em cada cadeira, que com seus respectivos parâmetros de aperto, atrito entre outras variáveis, necessita de um valor de taxa de concentração da emulsão para que o processo fique em condições nominais para determinado material com a finalidade de garantir todas os aspectos necessários no sistema atual. A lubrificação e refrigeração depende do acionamento das bombas de aplicação e seu controle, que é feito manualmente pelos operadores, por causa de um controle pretérito e de um painel de acionamento com uma tecnologia obsoleta, além dos repentinos defeitos por deterioração dos equipamentos, dificuldade de identificação e materiais utilizados na montagem do mesmo, diminuindo os indicadores de desempenho do processo da planta.

1.1 Justificativa

Para obter uma melhoria dos indicadores do processo do Laminador de Tiras à Frio 1, é necessário que ocorra uma modernização da tecnologia do painel de acionamento responsável pelo Sistema de Lubrificação para trazer benefícios como: o tempo de reparo gasto, número de paradas por conta do equipamento, repetibilidade baixa da taxa de concentração da solução, mais praticidade e confiabilidade.

1.2 Objetivo Geral

O projeto apresentado tem como finalidade apresentar o procedimento tomado para o Retrofit do sistema de aplicação direta do Laminador de Tiras à Frio 1.

Apresentar os princípios básicos da laminação, das relações e importância dos sistemas de controle, as etapas do projeto, a análise do sistema de controle atual e os principais problemas obtidos pelo mesmo, o caminho tomado para a solução do problema, com eficiência, para que possa almejar o resultado esperado com uma baixa taxa de custo com base em desenhos técnicos, normas técnicas e projetos existentes possuindo tributos similares.

1.2.1 Objetivo Específico

Promover a troca do sistema de acionamento e controle do sistema decorrente de um mecanismo antigo, coletando informações para que possa obter o resultado esperado. Analisar as etapas do projeto do sistema de controle atual, definindo principais problemas encontrados pelo mesmo. Buscar a melhor solução para o sistema, proporcionando sempre a qualidade no produto final. Promover a troca de todo sistema de comando, controle, sinalização e lógica por sistema atual. O controlador lógico programável será responsável pela lógica, monitoramento, o

aumento da capacidade do sistema e flexibilidade. A sua troca de tecnologia resultará no declínio da quantidade de paradas não programadas.

A remodelação do método de medição da taxa de concentração de óleo proporcionará a possibilidade de aumentar sua repetibilidade.

1.3 Metodologia

Observa-se o processo de controle do processo de lubrificação direta do Laminador de Tiras à Frio 1, determinando os principais problemas através de verificação de dados e descrições técnicas diante de paradas por manutenção. Analisando todos dados de tempo médio entre falhas e tempo médio para reparo definindo-se a viabilidade da troca do sistema que faz o controle e supervisiona todo processo.

2 EMBASAMENTO TEÓRICO

2.1 Siderurgia

De acordo com KIRCHHOF (2017), Afonso Sardinha, em 1587 na exploração da região de Sorocaba, descobriu a magnetita, que foi utilizado para a produção de ferro. Nesta região foi construída a primeira fábrica de ferro no Brasil, logo depois da sua morte, a siderurgia no Brasil entrou em estagnação durando até o século seguinte.

O aço é basicamente produzido a partir de minério, carvão e cal. O aço pode ser fabricado por meio da aciaria, que com a modificação e a variação dos elementos de ligas que modificam as suas propriedades mecânicas.

Em toda a história, o aço se tornou algo requisitado na fabricação de vários outros produtos, como por exemplo: produção de carros, eletrodomésticos, equipamentos navais e aérea, entre tantas outras, auxiliando o desenvolvimento mundial.

A fabricação do aço é dividida em:

- Preparação da carga;
- Redução do minério;
- Refino;
- Solidificação;
- Laminação;
- Revestimento.

A figura 1 representa um modelo do processo siderúrgico, contendo explicações resumidas e breves, sobre as etapas do processo possibilitando uma noção básica do trabalho apresentado.

A preparação da carga aplica-se na relação do preparo da matéria prima, quando o carvão é processado na coqueria à uma temperatura altíssima de aproximadamente 1300°C e não permitindo nenhum contato com o ar. O gás evaporado da coqueria é denominado de coque, formado por uma massa excedente de carbono. O processo contínuo é que a massa deve ser resfriada, peneirada e britada, só depois estará pronta para o uso.

A mistura de alguns componentes, tais como: minério de ferro, fundentes e finos de coque, são processados na coqueria, queimando o coque e a aglomeração das partículas. Este procedimento se dá o resultado de um outro produto denominado de Sínter, que possui o mesmo método antes de estar pronto para o uso.

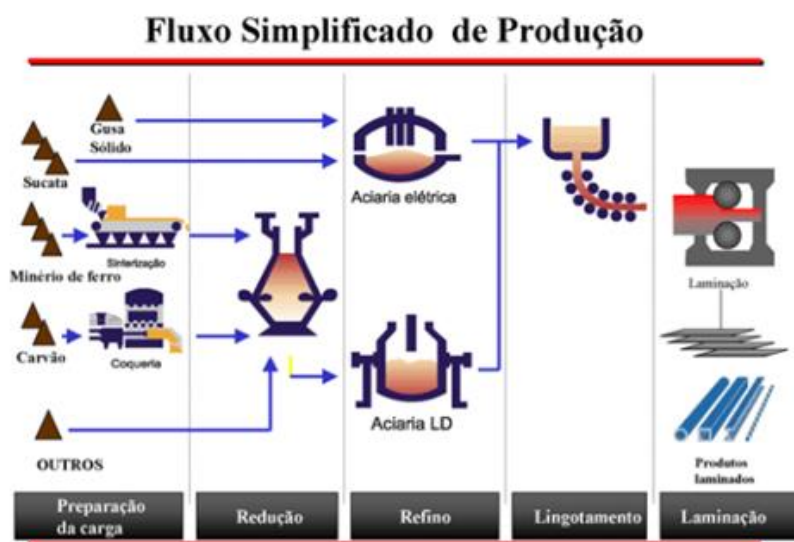


Figura 1 - Processo Siderúrgico
Fonte: SILVA (2011).

2.1.1 Redução do Minério

As matérias primas necessárias são inseridas no alto forno, onde são expostas a temperaturas elevadas no centro do equipamento, o Monóxido de Carbono (CO) é contido com a fusão do oxigênio do óxido de ferro, formando outro composto químico chamado de dióxido de carbono (CO₂).

Ao fundir a carga metálica, é onde se inicia o procedimento de redução de minério ferro em metal líquido denominado de ferro-gusa, que possui um altíssimo teor de carbono.

2.1.2 Refino

De acordo com COSTA (2017), dentro de uma siderurgia integrada, as operações de refino são aquelas referenciadas aos processos após o vazamento do ferro gusa no interior do alto forno até o processo de solidificação do aço.

O Refino ocorre quando o ferro-gusa, em seu estado líquido é levado para a aciaria com a intenção de ser convertido em aço por meio da redução do teor de carbono, silício, fósforo e enxofre nos conversores gerando o aço líquido, conforme a figura 2.

A sucata é utilizada como matéria prima nos conversores para absorver o calor, evitando que atinja temperaturas muito altas durante a oxidação.



Figura 2 – Aciaria
Fonte: CSP (2017).

2.1.3 Solidificação

De acordo com SHIOTSUKI (2016), o termo solidificação se dá ao processo de transformação de aço líquido em placas sólidas pelo meio do lingotamento contínuo, como um produto semiacabado no modelo de tarugo, lingotes e aço bruto. Na figura 3 podemos ver este processo.



Figura 3 - Lingotamento Contínuo
Fonte: CSN (2017).

2.2 Laminação

“A laminação é um processo de conformação que essencialmente consiste na passagem de um corpo sólido (peça) entre dois cilindros (ferramentas) que giram a mesma velocidade periférica, mas em sentidos contrários.” (BRESCIANI FILHO, 2011).

Conforme o esboço da figura 4, a passagem entre as cadeiras, o material de entrada sofre de uma deformação plástica ao passar entre os cilindros de trabalho, como consequência disso temos uma redução na secção transversal do material, tanto como o aumento do seu comprimento e largura.

Para atingir um determinado valor de espessura é necessário um modelo matemático atuando no laminador para calcular os parâmetros necessários, como aperto e tensão.

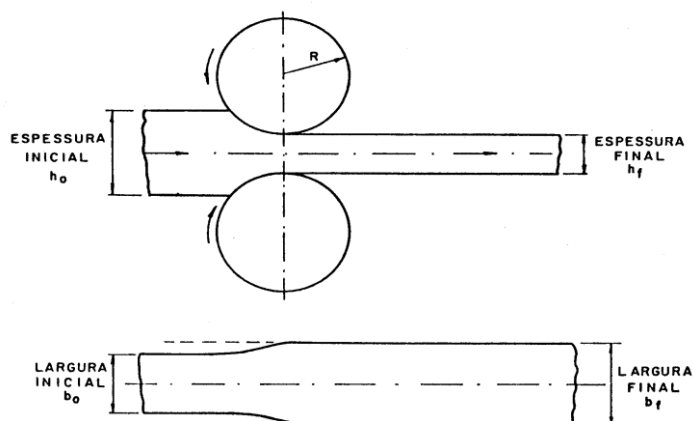


Figura 4 - Princípios básicos de laminação.
Fonte: BRESCIANI (2011).

A força de atrito consequente da passagem dos materiais pelos cilindros é proporcional ao coeficiente de atrito entre o produto a ser laminado, os cilindros de trabalho e a força na superfície de contato.

Conforme BRESCIANI (2011), no momento em que a chapa de aço entra em contato com a superfície na parte inferior dos cilindros de trabalho decorre por meio da ação da força de atrito exercida na superfície de contato a meio das peças e dos cilindros. O coeficiente de atrito é proporcional a força de atrito entre a peça e os cilindros e à força normal da superfície de contato. A pressão exercida pelos cilindros se dá pela força normal dividida pela área da superfície de contato. A resultante da pressão exercida advém da resistência à deformação plástica do material da chapa dentro das condições de processamento.

2.2.1 Laminação a quente

De acordo com BRESCIANI (2011), o material de entrada de um Laminador de Tiras a Quente é um lingote fundido, obtido pelo processo de lingotamento convencional, ou até mesmo placa e tarugo que foram processados em um equipamento de lingotamento contínuo. O material é passado múltiplas vezes por um conjunto de dois cilindros até que se encontrem nos aspectos necessários para atingir a espessura requerida, a temperaturas altíssimas, acima da temperatura de recristalização do metal da peça, alterando o valor de dureza e ductilidade para os valores originais obtidos anteriormente no processo.

De acordo com SHIOTSUKI (2016), o material que percorre através do Laminador de Tiras a Quente, é aquecido numa faixa de temperatura de 1.100°C à 1500°C, onde pode-se chegar a espessuras no valor mínimo de 1,2 mm e no limite máximo de 12,7 mm.

A laminação a frio atua na etapa final do processo, proporcionando um acabamento brilhante para as chapas e outros tipos de materiais fabricados com aço.

2.2.2 Laminação a Frio

De acordo com BRESCIANI (2011), dentro da laminação à frio, ocorre a redução de espessura da chapa, criando um produto que possui um acabamento superficial elevado, ou seja, uma pequena taxa de rugosidade nele, que lhe dá propriedades mecânicas melhores.

No Laminador de Tiras a Frio, o material que se encontra na entrada do equipamento é um produto semiacabado, ou seja, uma chapa que passou pelo processo de laminação a quente. Com a temperatura inferiores a temperatura de recristalização, a peça processada obtém características de maior resistência à deformação.

O Laminador de Tiras a Frio é um equipamento que consegue alcançar valores de espessuras menores ainda comparado ao Laminador de Tiras a quente, podendo atingir valores de espessura de até 0,17 mm.

Dentro da laminação a frio existem alguns tipos de produtos finais, tais como: de estampagem, que são fáceis de trabalhar e aplicados em carrinhos de mão, filtros e suportes. Outro produto adianta derivado da laminação a frio é o *Aço Bake Hardening*, com um bom endurecimento e podendo ser submetidos a pinturas, que diminuem o peso sem alterar suas características, podendo ser utilizado em portas e veículos, por exemplo.

Além de outros tipos de aços:

- Aços para Esmaltagem Vítreo;
- Aços para fins elétricos
- Aço de qualidade comercial

2.2.3 Tipos de Laminadores

Na figura 5 é possível ver os diferentes tipos de laminadores classificadas de acordo com seu grau de importância:

- Laminador ou Cadeira Duo;
- Laminador ou Cadeira Trio;
- Laminador ou Cadeira Duplo-duo;
- Laminador ou Cadeira Qúadruo ou Quádruplo;
- Laminador ou Cadeiras Universais;
- Laminadores ou Cadeiras Especiais.

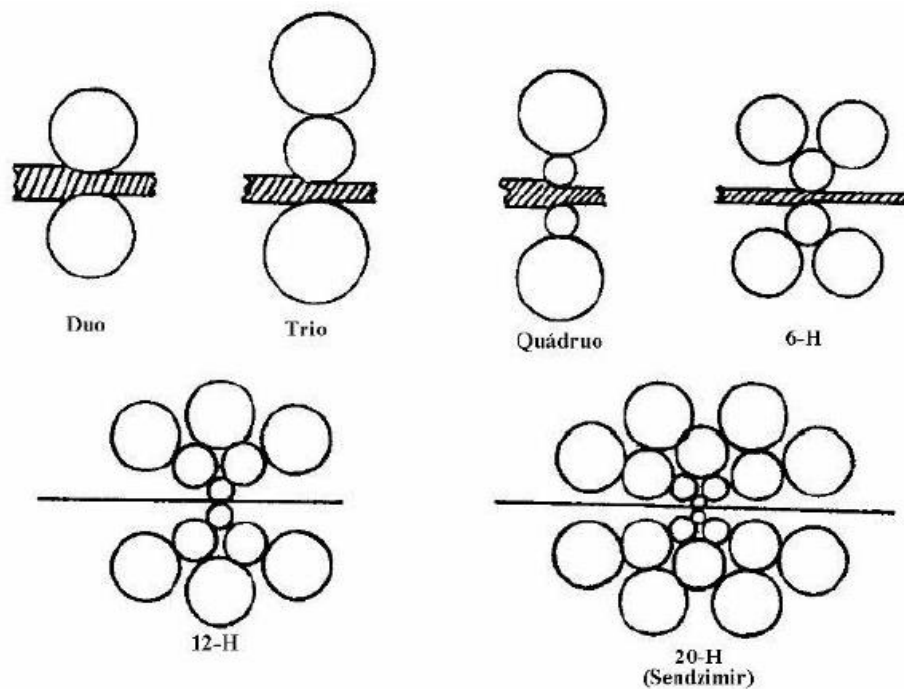


Figura 5 - Tipos de Laminadores mais utilizados.
Fonte: Lovato (2006).

2.2.4 Lubrificação

De acordo com ARAÚJO (1996), o movimento relativo que ocorre entre a tira e o cilindro é possível devido à aplicação da lubrificação entre ambos. Quando o mesmo não ocorre, a superfície da tira é rasgada e caso ocorra um excesso de aplicação da lubrificação os cilindros escorregam o suficiente para que não ocorra a redução correta do material.

Quando o material a ser laminado é submetido ao equipamento, a área de contato entre os cilindros de trabalho e a chapa de aço causa um atrito entre eles para diminuir esta força de atrito um fluido lubrificante tem de ser aplicado no material e no

próprio cilindro, durante o processo, o fluido é aplicado por bicos de aplicação dentro das cadeiras do laminador, conforme a figura 6.

Sendo assim, a lubrificação é usada para a redução de atrito entre duas superfícies, com um movimento relativo em relação ao outro, introduzindo uma substância química para este propósito. O lubrificante procura atuar nos seguintes itens:

- Na redução do atrito e desgaste;
- Na refrigeração;
- Proteger contra corrosão;
- Diminuir o Consumo de Energia.

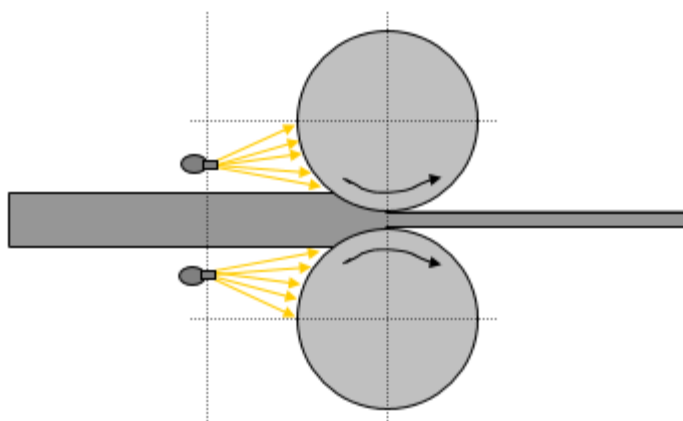


Figura 6 – Lubrificação pelos bicos de aplicação.
Fonte: CSN (2017).

De acordo com ANDRADE et al (1997), os lubrificantes mais utilizados são o de tipo líquido podendo ser subdivididos em:

- Óleos minerais puros;
- Óleos graxos;
- Óleos compostos;
- Óleos aditivados
- Óleos sintéticos.

Antigamente, o LTF1 empregava um óleo de tipo vegetal para aplicações de lubrificações na laminação, contudo, este tipo de óleo possui um ponto de fulgor muito baixo que quando submetido à grandes esforços mecânicos, o que é normal na laminação, aumenta a temperatura do material. O contato do óleo com o material

liberava vapores inflamáveis causando risco aos equipamentos e aos colaboradores. Este tipo de adversidade foi uma das principais razões que contribuiu com a substituição do óleo de palma para óleo sintético, a fins de garantir mais segurança, pois a temperatura mínima do óleo sintético para dar início à liberação destes vapores inflamáveis é bem maior em comparação ao óleo de palma.

A laminação a frio de chapas finas necessita de algumas variáveis para auxiliar no coeficiente de atrito ideal para o processo. Para este fim é utilizado lubrificantes, emulsões de óleos minerais e sintéticos, por exemplo. Destas, possuem um propósito de melhorar o coeficiente de atrito e diminuir o calor gerado pelo processo.

De acordo com SHIOTSUKI (2016), dentro da laminação a frio existe uma prática de aplicar grandes quantidades de óleo e água, sobrepostas diretamente nas duas substâncias mencionadas ou em emulsão.

Na aplicação direta o lubrificante é utilizado uma única vez e descartado através de um sistema de calhas e tubulações localizado nas partes inferiores dos equipamentos de laminação, onde, estes vestígios da emulsão são lançados para um tanque. Na saída deste tanque é enviado pelas tubulações para uma estação de tratamento oleosos, por meio de um sistema de acionamento de bombas e controle, chamado de Skimmer.

Nos materiais com espessuras inferiores a 0,35 milímetros geralmente é utilizado o óleo de palma, também chamado de azeite de dendê. O consumo deste óleo é dado em média 9 quilos por tonelada produzida (Araújo, 1997).

“A palavra emulsão deriva o latim emulgeo, que significa mungir, aplicando-se de modo geral, a todas as preparações de aspecto leitoso com as características de um sistema disperso de duas fases líquidas. O emprego da forma emulsão como veículo para preparações de uso tópico deriva do primeiro —cold cream, criado por Galeno, sendo historicamente a forma mais antiga de aplicação cosmética.” (MORAIS, 2006)

Pode-se definir a emulsão como a mistura de dois líquidos que não são suscetíveis a misturar entre si, sendo um deles espalhado em glóbulos (fase dispersa) em outro líquido (fase contínua) (HILL, 1996). De acordo com LIMA (2008) a emulsão é um sistema heterogêneo, consistindo-se em um líquido imiscível completamente difundido em outro.

“Para além desses dois componentes existe um terceiro designado de agente emulsivo, o qual contribui para tornar a emulsão mais estável, pois interpõe-se entre a fase dispersa e dispersante, retardando assim a sua separação e que constitui a interfase. Desta forma, trata-se de um sistema termodinamicamente instável sendo necessário um considerável aporte de energia para obtê-las, geralmente energia mecânica” (Lachman, 2001; Martina, 2005).

Emulsificantes possuem uma atuação predominante no desempenho das emulsões de óleo de laminação, tais como:

- Formação de filme;
- Quantidade de lubrificante;
- Estabilidade da emulsão;
- Dispersão dos finos de ferro;
- Limpeza superficial da tira;
- Limpeza do laminador.

Como citado, o emulsificante é um dos fatores que estabiliza a emulsão possuindo um grande impacto na qualidade do processo. As formações de filmes em emulsões são definidas por:

- Tamanho da partícula;
- Concentração de óleo;
- Tipo de emulsificante;
- Concentração do emulsificante.

Dentro da aplicação direta, trabalha-se com concentrações de óleo expressos em porcentagem, determinando a quantidade de óleo dentro da emulsão. Para o processo é de grande importância a utilização de taxas de concentração estipuladas através de um modelo matemático envolvendo variáveis de processo, e do tipo de material, para adquirir à aplicação correta da taxa de concentração de óleo necessária em cada cadeira de laminação, certificando-se da qualidade do produto final da laminação de tiras a frio.

O método utilizado para a medição de taxa de concentração é o de quebra ácida, adicionando ácido clorídrico ou nítrico, a uma amostra da emulsão de um dos tanques de mistura.

Após este procedimento, deve-se aguardar um intervalo de tempo até que os dois líquidos se separem por completo. Na figura 7 é possível ver a separação de dois líquidos.



Figura 7 - Proveta medindo o teor de etanol anidro à gasolina.
Fonte: BRASILPOSTOS (2016).

De acordo com ALMEIDA (2014), existem certos tipos de agitadores mecânicos utilizados no processo que necessita da emulsão, podendo variar desde pás de agitação até do tipo rotor-estator. A figura 8 ilustra o tipo de agitador de uso mais comum utilizado na produção de emulsões, que são modelos do tipo rotor estator.



Figura 8 – Rotor estator de uma bomba agitadora.
Fonte: ALMEIDA (2014).

A bomba agitadora possui um cilindro perfurado (estator), e as lâminas de um agitador rotatório (o rotor), que em seu movimento rotatório consegue produzir gotas de aproximadamente $1\mu\text{m}$. Para obter valores menores que este, é altamente recomendável a utilização de dispersores de ultrassom (PARTICLES SCIENCES, 2009).

2.2.5 Refrigeração

Quando o material é laminado no equipamento, é gerado um calor pelo processo, então os cilindros de trabalho absorvem toda esta energia, com essa necessidade previu-se a utilização de uma refrigeração destes cilindros para que tenham uma vida útil maior, uma redução das perdas por desvios e na retificação dos cilindros, em consequência trazendo uma melhoria na qualidade superficial do produto, conforme a figura 9.

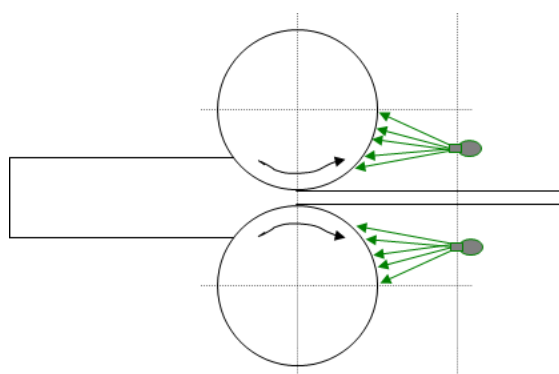


Figura 9 – Refrigeração básica.

Fonte: CSN (2017).

Quanto maior a eficiência da refrigeração menor o aquecimento do cilindro de trabalho, lembrando que este calor é formado devido a conformação mecânica que existe na laminação. Com esse grande teor de eficiência garante-se algumas vantagens, tais como:

- Aumento das campanhas dos cilindros;
- Redução de perdas devido à desvios dimensionais;
- Redução na retificação do cilindro;
- Melhoria na qualidade superficial do produto.

2.2.5.1 Coroamento Térmico

A coroa térmica tem como origem o balanceamento da deformação plástica recorrente no processo, causado pelo calor gerado pela resistência entre as duas áreas de contato, ou seja, a força de atrito. Sendo influenciado pela refrigeração é possível ter um controle de temperatura ideal nos cilindros para que mantenha uma estabilidade, em aplicações práticas é muito difícil manter um equilíbrio ideal na refrigeração, mas é extremamente necessário para que mantenha uma boa qualidade de material laminado.

O sistema Rollbending, visto na laminação a frio, ocorre sobre os cilindros de trabalho ou de encosto, tendo um coroamento positivo ou negativo. Exemplar na figura 10.

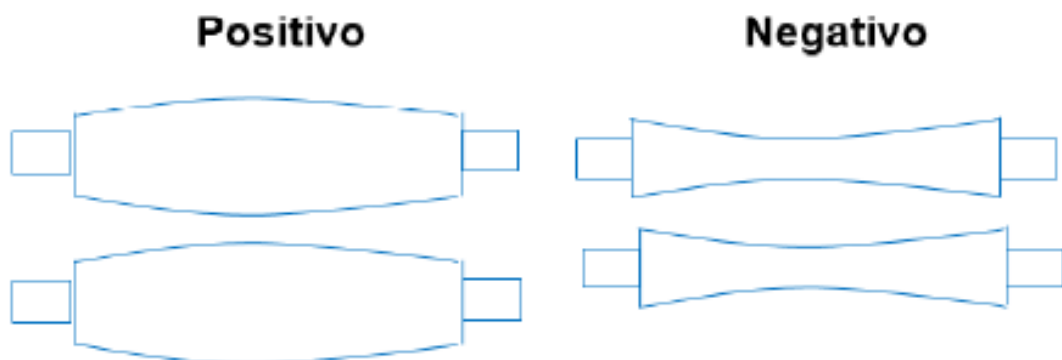


Figura 10 – Exemplo de Rollbending
Fonte: SHIOTSUKI (2016).

Obtendo o controle de temperatura sobre estes cilindros, através da aplicação de um fluido de refrigeração, é possível controlar a deformação resultante deles. Este mecanismo resulta em consequências para o material a ser laminado, podendo ser laminado mais no centro ou nos eixos. Vale ressaltar que o Rollbending ocorre nos cilindros de trabalho e que seus movimentos de deformação podem ser identificados, conforme a figura 11.

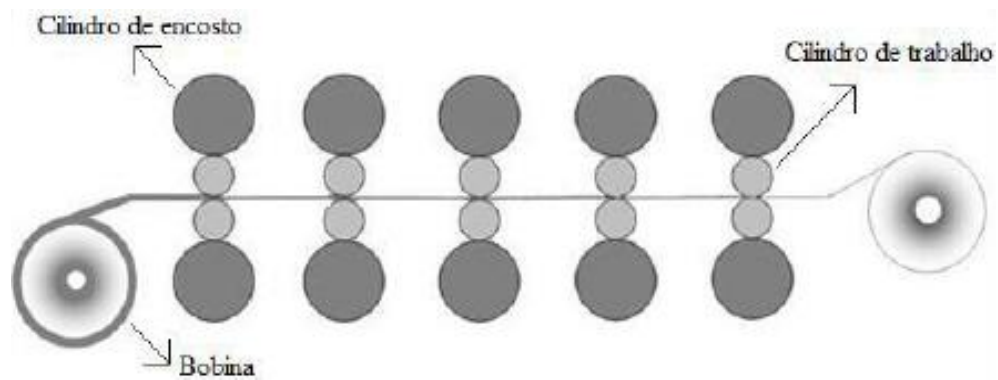


Figura 11 – Esquemático básico de um Laminador de Tiras à Frio.
Fonte: SHIOTSUKI (2016).

3 ACIONAMENTOS ELÉTRICOS

Para o entendimento de acionamento elétrico, é fundamental saber o funcionamento de alguns componentes elétricos e circuito que o mesmo está integrado. Conhecer os elementos elétricos e os fatores importantes como tensões e correntes elétricas de operação. Os circuitos elétricos são divididos em proteção, comandos e potência.

3.1 Contatos elétricos.

Em circuitos elétricos, contato é um elemento simples que se forma as lógicas de um circuito, são eles que permitem a passagem ou não da corrente elétrica. Dividido pelo tipo de aplicação, contato principal e contato auxiliar, contato por onde circula maior corrente do circuito de potência e contato com corrente relativamente baixa do circuito de comando, respectivamente. Dividido também pela posição de repouso, contato normalmente aberto, não há passagem de corrente elétrica enquanto que, o contato normalmente fechado ocorre uma passagem de corrente elétrica, conforme a figura 12.



Figura 12 – Contato Normal Fechado e Contato Normal Aberto.

Fonte: Autores.

3.2 Botões ou botoeiras

Botoeiras são componentes elétricos acionados por botões com objetivo de comutar os contatos. Nas botoeiras há retorno para posição de repouso através de molas.

Os tipos mais conhecidos são botão normal e botão tipo cogumelo, conforme figura 13.



Figura 13 – Botão do tipo Normal e Botão do Tipo Cogumelo
Fonte: Athos Electronics (2016).

3.3 Fusíveis

Constituído por material condutor por onde passa a corrente elétrica, ocorrendo o rompimento em caso de curto-circuito ou sobrecarga, envolvido por material isolante e dois contatos para conexão na instalação elétrica. Pode ser classificado quanto ao tipo de ação: ação rápida ou normal, ação ultrarrápida ou ação retardada. Conforme Figura 14.



Figura 14 – Fusível do tipo NH.
Fonte: SIEMENS (2017).

3.4 Relés

Os relés são componentes destinados a manobra de cargas elétricas, capaz de permitir a combinação de lógicas no comando. Composto por dois terminais destinados a alimentação da bobina de excitação. Além dos contatos normalmente aberto (NA) e normalmente fechado (NF), principais e auxiliares que são comutados assim que a bobina é excitada. As principais características de operação é tensão e a corrente.

Circuito de comando dos relés age como interface com dispositivo que o comanda. Circuito de potência dos relés são responsáveis por acionamento direto das cargas elétricas.

3.5 Relé Térmico de Sobrecarga

É um componente responsável para proteção de carga elétrica contra sobrecargas. É um dos principais componentes de proteção do equipamento. Existem dois tipos basicamente: Bi metálico e eletrônico.

3.6 Contatores

Os contatores possuem mesmo princípio de funcionamento dos relés. O contator é um dispositivo eletromagnético, com uma única posição de repouso. Composto por núcleo magnético móvel que é atraído por forças magnéticas que a bobina é percorrida por corrente elétrica através de um fluxo magnético (FRANCHI, 2008). Quando não existe corrente percorrendo a bobina, o núcleo volta a posição de repouso por ação de molas, assim como os contatos. Exemplo de um contator na figura 15.



Figura 15 – Contatores Tetra polares
Fonte: SIEMENS (2017).

3.7 Disjuntor

Equipamento considerado de manobra e proteção, capaz de conduzir corrente em condições normais de operação e interromper em caso de condições anormais especificadas do circuito.

3.8 Temporizadores

O temporizador é um componente similar ao contator auxiliar, na função de comutar os seus contatos, o que difere é o delay, ou seja, o atraso na mudança do contato. O retardo pode ser ajustado dependendo da necessidade de cada instalação.

Os mais conhecidos são temporizadores com retardo na energização, também chamados de ON-delay. Quando a bobina é energizada os contatos comutam após um tempo predeterminado. Outro tipo, é o temporizador com retardo na desenergização, chamados de OFF-delay, energiza-se a bobina, os contatos mudam a posição instantaneamente, quando retira a energização, os contatos demoram um tempo predeterminado para voltar a posição de repouso.

4 INSTRUMENTAÇÃO

Devido ao crescimento industrial, avanço tecnológico, a procura é cada vez maior pela confiabilidade em equipamentos e segurança, isso demanda hoje uma evolução na área da instrumentação. É a área responsável pela medição e controle do processo.

Um instrumento é um dispositivo utilizado para medir, transmitir, indicar ou controlar as variáveis do processo.

4.1 Sensores

Esse elemento é de suma importância para o fornecimento de informações sobre o processo que está inserido, o mesmo é sempre encontrado na entrada dos controladores. Os sensores podem indicar algumas variáveis, tais como, vazão, pressão, nível e temperatura. Sinais de saída de 4 a 20 mA, 0 a 10 V e 0,5 a 4,5 V se tornaram padrão na indústria. A grande vantagem para sensores de 4 a 20mA é permitir o monitoramento de diferença de potencial, evitando possível erro de leitura devido a rompimento de fios, sinais com zero de leitura, além de curto-circuito (THOMAZINI; URBANO, 2008).

4.1.1 Sensor de nível

Os sensores de níveis medem ou detectam a presença de alguma matéria retida em um reservatório. A medição de nível é importante para observação do volume retido de líquido ou sólido dos tanques para a dosagem correta do material. A medição pode ser feita com ou sem contato direto do dispositivo com o material.

4.1.2 Sensor de pressão

Mede a força exercida por um material sobre a área de medição. O funcionamento desse sensor dar-se por meio da conversão de pressão imposta pelo material numa força ou deslocamento, a mesma posteriormente será convertida em um sinal elétrico.

4.1.3 Sensor de temperatura

Sensor que fornece uma saída proporcional a temperatura medida no processo. Um sensor de temperatura funciona com dois metais diferentes unidos por uma extremidade, quando a diferença de temperatura entre as extremidades gera uma diferença de potencial e assim com essa relação dar-se a medição da grandeza.

PT-100 é um sensor termo resistivo, o princípio de funcionamento é baseado na variação da resistência ôhmica para medição, trata-se da relação em função da temperatura, conforme aumento da temperatura há aumento proporcional da resistência.

4.1.4 Sensor de vazão

Mede-se a quantidade de matéria passando em um ponto durante um período de tempo. Geralmente a medição é feita pelo fluido deslocando-se por fenda ou tubo introduzido no processo. Alguns sensores de vazão são baseados na pressão de um fluido em locomoção é equivalente a vazão.

5 MALHA DE CONTROLE

Tornou-se mais concretizado quando os seres humanos passaram a pensar mais nos afazeres, entrando, em uma evolução de pensamentos para desenvolver novos modos de procedimentos para construções, aumento da produtividade, eficiência e um controle sobre todo o processo.

Por exemplo, na indústria possuímos uma produção elevada, considerando a mão de obra limitada, a velocidade também era ineficiente quando a demanda era maior. Diante disso, alguns meios de “controlar” este sistema para trazer melhorias para o mesmo foi desenvolvendo novas técnicas e tecnologia capazes de aumentar a produção e garantir uma maior segurança no trabalho, surgindo então o controle automático.

Contudo, podemos dizer que o sistema de controle busca extinguir a influência de perturbações externas no sistema, garantir constância do processo e otimizar o desempenho do mesmo.

Isso traz alguns benefícios, tais como:

- Melhoria de eficiência operacional;
- Confiabilidade;
- Redução de mão de obra;
- Redução de custo operacional.

Um sistema de controle serve para monitorar, supervisionar e alterar os tipos de sinais existentes em um processo, mesmo com o efeito de perturbações externas. Podendo ser temperaturas de tanque, velocidade de um laminador, tensão da chapa dentro do mesmo, acionamento das bombas de água, dos motores de alta potência e assim por diante. Tudo isso feito de uma forma automática e controlada, garantindo maior segurança e rentável.

5.1 Variáveis de estado

São as variáveis essenciais para retratar a malha interna do processo.

5.2 Sistema de Controle Realimentado

É um sistema onde se obtém um feedback, onde compara-se os valores da saída do sistema com o da entrada.

5.3 Servomecanismo

Sistema de controle para movimento mecânico. Os valores de saída podem variar posição, velocidade, aceleração entre outros, incluso no sistema de controle com realimentação.

Temos como um exemplo a fricção do solo com a força do motor ao movimentar-se a uma determinada velocidade, conforme figura 16.

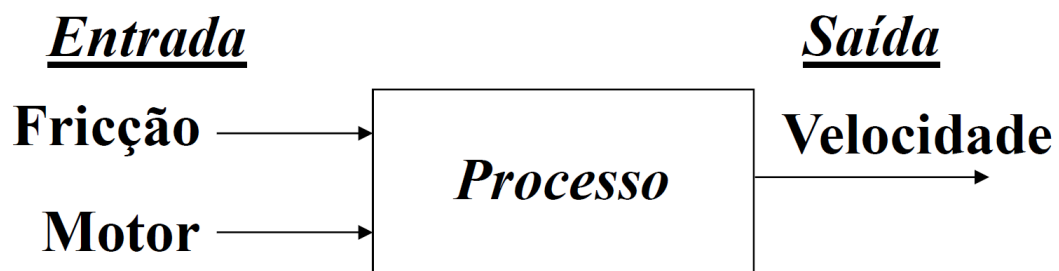


Figura 16– Bloco de Malha.
Fonte: BOJORGE (2013).

De acordo com (BOJORGE, 2013) o mapeamento do raciocínio lógico da malha de controle tem como etapas:

- Processo;
- Instrumentos de Medição;
- Instrumentos de Controle;
- Instrumentos de Atuação.

5.4 Instrumentos de Medição e Transmissão

Os instrumentos podem ser vistos de outra forma, ou melhor, de um aspecto mais técnico conforme na figura 17.

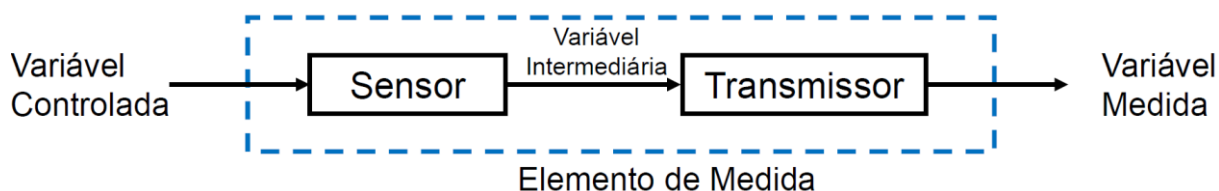


Figura 17– Diagrama de Bloco de Relação Sensor x Transmissor
Fonte: BOJORGE (2013).

O sensor é responsável pela medição, enquanto o transmissor recebe e transmite o sinal de determinada grandeza física para o sinal padrão.

5.5 Elemento Final de Controle

De acordo com BOJORGE (2013), os elementos finais de controle são responsáveis por atuação direta nos processos, onde ele recebe um sinal de um controlador para a correção de um valor almejado (set point). Temos exemplos de bombas, solenoides, pistões, motores elétricos entre outros. É possível observar a ordem lógica na figura 18.

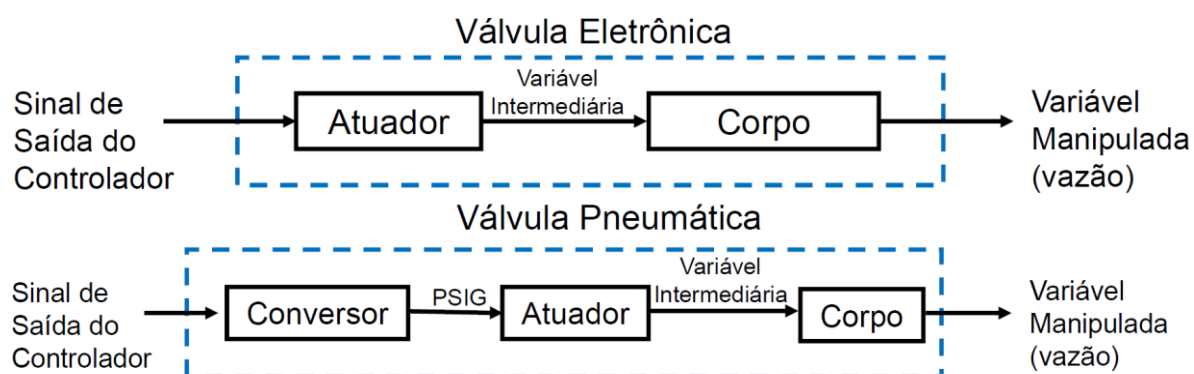


Figura 18 – Diagrama de Bloco de Elementos Final de Controle.
Fonte: BOJORGE (2013).

Na automação industrial os processos podem ser categorizados em: processos contínuo e processos descontínuos. Em um sistema de controle, o sinal de saída é comparado com o valor desejado e toma uma ação de correção.

5.6 Controle de Malha Aberta

Neste tipo de malha o sinal de saída não desempenha nenhuma intervenção no controle do sistema. Quer dizer que, somente poderá ser utilizada quando não houver distúrbios internos e externos, conhecendo bem suas entradas e saídas. Conforme figura 19.



Figura 19 – Diagrama de Bloco de Controle de Malha Aberta.
Fonte: BOJORGE (2013).

5.7 Controle de Malha Fechada

Os sistemas de controle de malha fechada são sistemas com realimentação, onde possui um sinal de erro, sendo a diferença do sinal de realimentação (sinal de saída ou uma função da mesma) que suas informações são recebidas pelo controlador, de maneira que consiga corrigir o erro e atingir o valor de saída desejável. Exemplo encontra-se na figura 20.

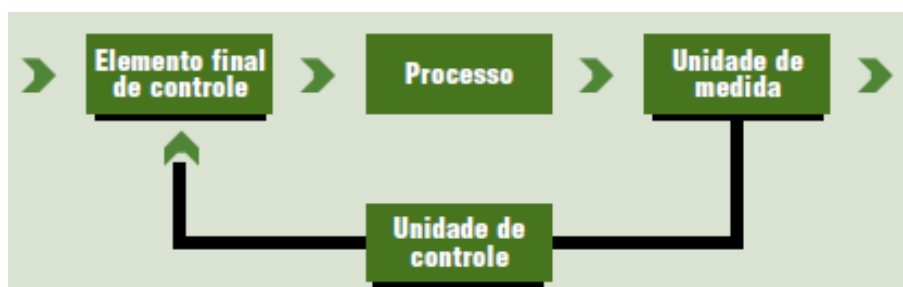


Figura 20 – Diagrama de bloco de Controle de Malha Fechada
Fonte: Petrobras (2016).

6 AUTOMAÇÃO

O Controlador lógico programável surgiu em 1968, voltado a princípio para indústria automobilística americana, devido à grande dificuldade na mudança de lógicas de controle de equipamentos a toda mudança na linha de montagem. O aperfeiçoamento do CLP e das tecnologias de microprocessadores desenvolvendo a capacidade de processamento, flexibilidade e expansão do processo.

Segunda a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), controlador lógico programável é um “equipamento eletrônico digital com hardware e software compatíveis com aplicações industriais”.

Já para a National Electrical Manufacturers Association (NEMA), se trata de um “aparelho eletrônico digital que utiliza uma memória programável para o armazenamento interno de instruções para implementações específicas tais como, lógicas, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, para controlar através de módulos de entrada e saídas vários tipos de máquinas e processos”.

O CLP, demonstrado na figura 21, trouxe a facilidade da troca na lógica de programação, podendo ser executada em menor tempo, muitas vezes sem nenhuma modificação física das ligações, devido a ligação não ser mais física.



Figura 21 – Controlador Lógico Programável.
Fonte: Blog Controlador Industrial (2011).

Os CLP's trouxeram agilidade e benefícios na aplicação industrial, podendo sobressair economicamente o custo do CLP. As vantagens do CLP comparadas a outros dispositivos de controle industrial.

Suas principais vantagens baseiam-se em:

- Menos espaço ocupado em um painel;
- Reutilização;
- Programável, em caso de mudança de requisitos de controle;
- Alta confiabilidade;
- Pequena manutenção;
- Permite interface com outros CLP's e outros dispositivos;
- Projeto trabalha com um tempo de resposta mais rápido;
- Potência elétrica requerida é menor.

O CLP é basicamente composto por 3 processos principais:

- Entradas: responsável por coletar os dados e sinais oriundo do processo.
- Processamento: onde é processado o programa e feitas as lógicas para que possa obter a saída desejada.
- Saídas: é responsável por repassar o comando considerando a lógica programada do CLP.

É importante para entendimento do controlador lógico programável os tipos de saídas, tais como:

- Saída a Transistor: Geralmente esse tipo de saída não possui a capacidade de condução de corrente muito grande, até 0,5 ampere e com sinal de saída de 24 volts contínuos.
- Saída a Tiristor: Funciona com tensão alternada no sinal de saída, de 127 ou 220 volts e corrente entre 0,5 a 1 ampere.
- Saída a Relé: A saída aciona um relé interno no cartão, isso possibilita uma maior capacidade para condução de corrente, chegando a ultrapassar 5 amperes, dependendo da especificação do fabricante, além da tensão poder ser de variáveis tensões.

O CLP é capaz de trabalhar com diferentes lógicas, tais como: lógica "E", "OU", "NÃO", "OU EXCLUSIVO", "NÃO E" e "NÃO OU". Internamente o CLP tem blocos de funções que facilitam e expande a possibilidade de criação de lógicas, tais como: Função Set/Reset, Pulso, Contador, Comparador, Ganho e entre outros. São essas funções que possibilitam com que o CLP faça toda a lógica e programação,

substituindo um conjunto de relé, temporizadores e entre outros componentes. Facilitando desde instalação até manutenções (FRANCHI; CAMARGO, 2008).

6.1 Controle Supervisório

“Os sistemas supervisórios permitem 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, manipulados, analisados, armazenados e, posteriormente, apresentados ao usuário.” (SILVA, 2005, p. 01)

Os Sistemas Supervisórios, também sendo denominados como SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), possui funções básicas de supervisão operação e controle. Seu objetivo quando foi lançado no mercado foi de reduzir o tamanho alocado dos painéis e fazer um aperfeiçoamento na interface homem/máquina.

As funções de supervisão incluem a monitoração das variáveis do processo através de telas gráficas e animadas, que correspondem os principais aspectos do processo.

Exemplos dessas funções variam de; acionamento de equipamentos, operação de malhas PID, mudança de modo manual e automático de determinado equipamento e entre outros.

Por fim, as funções de controle englobam o controle de um SDCD (Sistema Digital de Controle Distribuído), onde é conveniente o uso de parâmetros de controle de um processo inteiro.

As informações se comunicam entre IHM (Interface Homem Máquina) e os seguintes itens:

- Controladores Lógicos Programáveis;
- Com outras estações SCADA;
- Outros sistemas.

A comunicação entre um Supervisório e um CLP é feita através de Hardware, utilizando a comunicação referentes ao protocolo ideal de utilização e o Software, que neste caso é denominado de *Driver*, responsável por interpretar estes dados e distribuí-los de forma correta, conforme a figura 22.

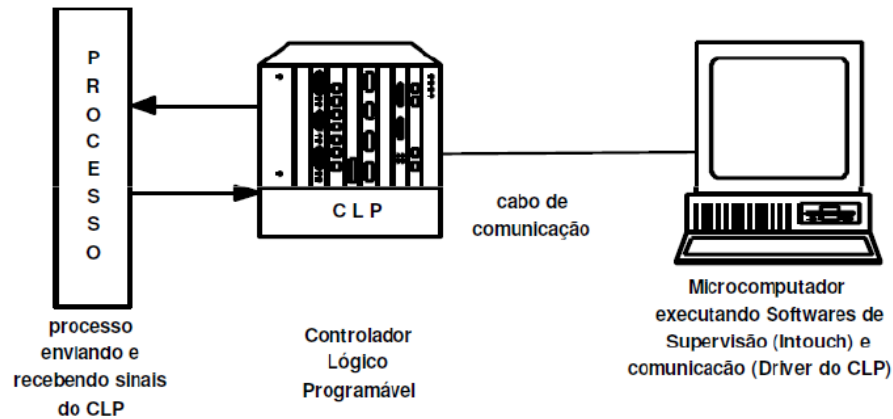


Figura 22 – Esquema de Conexão de Rede de um Processo, CLP e IHM.
Fonte: CASILLO (2017).

A utilização dos protocolos é de grande importância, os mais utilizados hoje no setor industrial é o OPC (Ole for Process Control) e DDE (Dynamic Data Exchange). Além dos dois citados ainda temos:

- Modbus;
- HART (Highway Addressable Remote Transducer);
- DeviceNET;
- Profibus;
- Foundation Fieldbus;
- Rede AS-I (Actuator Sensor Interface);
- Ethernet Industrial.

6.2 Tempo de Scan

O Controlador Lógico Programável funciona segundo uma lógica, conforme a figura 23, respeitando a programação previa armazenado em uma memória. Executando uma série de operações de forma cíclica, sequencial e repetitiva o chamado tempo de scan. Esse tempo de scan consiste em uma varredura em alguns elementos importantes do ciclo, tais como:

- Varredura das entradas: o CLP verifica a presença, ou não, de tensão nos dispositivos de entrada, e assim, é atualizado o estado e armazenado temporariamente.

- Execução do programa: é durante esta etapa que o programa é executado, seguindo a programação de controle, utiliza o estado de entradas e estabelece o estado de saída será energizado ou não e então é armazenada.
- Atualização das saídas: baseado na programação executada, o CLP energiza ou não o circuito correspondente de saída.



Figura 23 – Ciclo de Scan.
Fonte: site PLC Max (2013)

O ciclo se repete por diversas vezes, este tempo pode chegar até em microssegundos, realizado ao final de cada ciclo de scan. Em alguns modelos de controladores a CPU verifica a ocorrência de qualquer tipo de falha em algum componente interno do CLP. Quanto maiores os números de entradas e saídas, naturalmente será maior o tempo gasto de leitura e atualização das mesmas.

7 DESENVOLVIMENTO

Um projeto nasce de problemas ou necessidades de um determinado serviço, tais como, necessidade de competitividade, melhoria de resultados e outros motivos. Quando é percebido o problema existente é indispensável fazer uma análise de consequências daquele problema. Isso requer uma análise técnica para conceber soluções para o problema.

A criação de soluções não é suficiente, pois ela deve possuir uma análise de viabilidade econômica para obter o melhor resultado dentro de um custo benefício com o possível orçamento que é oferecido.

O planejamento é a chave mestra de todo projeto, onde é necessário analisar, organizar, dividir responsabilidades, controlar e supervisionar tudo o que acontece para conseguir alcançar a finalidade do projeto com qualidade.

7.1 Análise do Problema

O problema assume uma série de consequências que geram outros tipos de problemas, centralizado no fato que a tecnologia existente na área para este tipo de serviço é antiquada em relação ao mercado da atualidade, que acaba acarretando alguns outros que irão ser discutidos.

A tecnologia obsoleta, em comparação ao mercado atual, presente no painel em operação utiliza relés e temporizadores com a finalidade de fazer um controle de toda a lubrificação do sistema. Através de limites, sensores e indicadores trazendo um sistema complexo e que demanda muito espaço. As identificações presentes no cabeamento e nos componentes do painel já se encontram gastas devido ao tempo, o que dificulta bastante a equipe de manutenção, consequentemente aumentando o intervalo necessário para fazer manutenções. Além disso, o que toma uma grande porção na frequência das ocorrências de falhas é o rompimento de cabos.

Os controles que foram projetados no passado já não suportam a necessidade de controle que o processo precisa, deixando a desejar na eficiência nos padrões de qualidade e de produtividade.

Outro item muito importante é o controle de taxa de concentração para cada tanque de mistura. Atualmente, o operador manualmente faz o ajuste na bomba dosadora de óleo da quantidade de óleo que deverá ser adicionado por um determinado tempo e a verificação da taxa de concentração, que é feita através de uma proveta. Até que a medição da taxa de concentração seja efetuada, é requisitado a espera de aproximadamente 15 minutos até que esteja propenso a um resultado adequado. Isso consome uma grande quantia de tempo, além de ter uma repetibilidade de 15 minutos para cada resultado e em cada tanque. Ou seja, o colaborador responsável faz a medição, espera determinado tempo, percebe que não é o valor que o processo necessita, exerce os ajustes necessários e atua no acionamento.

Todos esses problemas impactam de certa forma no processo e cada um com sua determinada parcela. É extremamente necessário à aquisição dos valores adequados para cada tipo de situação, para não causar qualquer tipo de problema ao produto sendo laminado.

7.1.1 Análise Econômica

Para viabilizar a condição de um projeto sobre determinado problema deve-se realizar análises de consequências, para isso é essencial uma análise de impacto no processo através de indicadores, denominados como *Key Performance Indicator* (KPI), ou seja, um indicador de performance como um todo. É muito usado na parte de gestão de equipamentos, mas como um cálculo geral. Existem vários indicadores que podem ser mensurados, a principal parte é analisar quais são decisivos no levantamento e controle. Medem a performance dos objetivos que a gestão procura atingir. Os principais pontos para analisar se o KPI irá indicar informações verdadeiras é através de alguns aspectos:

- Disponibilidade para ser mensurado;
- Importância para a base do negócio;
- Relevância e periodicidade;
- Auxiliar em escolhas inteligentes;

Os indicadores de desempenho que irão ser utilizados no projeto serão focados na disponibilidade de determinada aplicação, que no caso discutido é da operação contínua do painel de acionamento. Serão utilizadas as seguintes métricas:

- *Mean Time Between Failures* (MTBF);
- *Mean Time to Repair* (MTTR);
- Disponibilidade.

MTBF é o tempo médio entre falhas, enquanto o MTTR significa o tempo médio para reparo, ou seja, a quantidade de tempo que foi levada para a manutenção realizada após a detecção de um problema e a disponibilidade é a porcentagem de tempo em que o sistema ficou disponível para o funcionamento correto.

MTBF é calculado através da seguinte fórmula:

$$\frac{\text{Tempo total de funcionamento correto em um determinado período}}{\text{número de falhas ocorridas}}$$

Enquanto o MTTR é calculado através da fórmula:

$$\frac{\text{Total de horas de sistema parado ocasionado por falhas}}{\text{número de falhas ocorridas}}$$

Através do cálculo desses dois itens, é praticável o uso da fórmula do cálculo do tempo de disponibilidade do equipamento:

$$\frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)}$$

Os indicadores foram calculados através dos dados referente a tabela 1, dentro de um ano de ocorrências.

Tabela 1 – Levantamento de Paradas por Manutenção

(continua)

Onde	Data	Tipo	Minutos	Sistema
LTF1	22/02/2017	ME - Manutenção Elétrica	21	Painel atual
LTF1	13/04/2017	ME - Manutenção Elétrica	57	Painel atual
LTF1	27/04/2017	ME - Manutenção Elétrica	79	Painel atual
LTF1	27/04/2017	ME - Manutenção Elétrica	20	Painel atual
LTF1	27/04/2017	ME - Manutenção Elétrica	30	Painel atual
LTF1	27/04/2017	ME - Manutenção Elétrica	30	Painel atual

				(conclusão)
Onde	Data	Tipo	Minutos	Sistema
LTF1	02/05/2017	ME - Manutenção Elétrica	134	Painel atual
LTF1	03/05/2017	ME - Manutenção Elétrica	24	Painel atual
LTF1	09/06/2017	ME - Manutenção Elétrica	90	Painel atual
LTF1	09/06/2017	ME - Manutenção Elétrica	85	Painel atual
LTF1	17/08/2017	ME - Manutenção Elétrica	10	Painel atual
LTF1	17/08/2017	ME - Manutenção Elétrica	60	Painel atual

Fonte: CSN (2017)

De acordo com as fórmulas previamente já exemplificadas, a tabela 2 demonstra os valores obtidos através dos cálculos e seus resultados perante os indicadores de performance do sistema de aplicação direta do LTF1.

Tabela 2 – Cálculo dos indicadores de desempenho.

Indicadores	Cálculos	Resultados(h)
MTBF	$\frac{(8760-576-10,6667)}{12}$	681,1111
MTTR	$\frac{10,6667}{12}$	0,8889
Disponibilidade	$\frac{681,1111}{682} \times 100$	99,8697%

Fonte: Autores.

O fator de disponibilidade não causa tanto impacto com o índice de alta porcentagem, porém, devido a este número não atingir o valor de 100%, o restante das horas que o laminador não estava disponível corresponde a perda de produção pertinente as ocorrências de falhas neste sistema. O tempo que o equipamento deixou de produzir, resulta em uma perda de lucro devido ao tempo de parada.

7.1.2 Análise técnica

A troca de tecnologia do sistema resultará em um investimento inicial, mão de obra qualificada, equipamentos, análise financeira e de viabilidade. Contudo, buscando um retorno vantajoso financeiramente e proporcionando um avanço tecnológico para a empresa.

Já o Controlador Lógico Programável é facilmente programável e reprogramável possibilitando alteração da lógica, manutenção em blocos de entradas e saídas modulares, redução de tamanho de ocupação em painéis de controle, possibilidade de entradas e saídas digitais 127V, 25V ou analógicas 4 a 20mA, expansão do sistema sem grandes alterações, memória programável, interface homem máquina amigável (IHM), aumentando de forma positiva a confiabilidade quando comparado ao painéis a relés.

7.1.3 Estudo da Solução

A equipe técnica de laminação a frio aceitou o desafio e a responsabilidade, de realizar um projetos de baixo custo com elevado índice de retorno.

Diante deste tipo de demanda, foi percebido que o aproveitamento de itens já pertencentes a área contribuiria para reduzir o custo do projeto, com exceção de alguns itens críticos para o funcionamento preciso do novo sistema, incluindo a aquisição de certos itens, como os sensores de vazão para o cálculo indireto da taxa de emulsão presente em cada tanque de mistura.

O tempo de medição feita pelo operador da taxa de concentração de óleo presente é feita com um intervalo de tempo de 15 minutos, além de que somente pode ser realizada uma vez para cada tanque, resultando até mesmo no tempo de resposta para a alteração dessa taxa de concentração de acordo com o material a ser laminado. Além da atuação do operador em relação a mudança da taxa de concentração, que também é feita manualmente no dispositivo de ajuste manual das bombas dosadoras, alterando diretamente o quanto de dosagem por determinado tempo.

A inserção de um sensor de medição de concentração de óleo seria inviável devido ao grande investimento necessário para adquiri-lo, impossibilitando a realização do projeto que foi proposto à equipe.

Analisando o sistema supervisório atual, encontra-se algumas delimitações como funções sem utilizações, gráficos e relatórios sendo preenchidos manualmente pelos operadores, além de um software de banco de dados antigo tanto como o programa utilizado para a criação da tela, dificultando a equipe de realizar qualquer tipo de manutenção ou mudança, caso seja necessário.

7.1.4 Escopo do Projeto

Na primeira fase, o principal procedimento a ser feito é o dimensionamento das variáveis de processo para verificar a suportabilidade dos controladores, a análise do que é permitido e vantajoso de ser aproveitado ou não.

O levantamento de dados das ocorrências foram observados com suporte dos colaboradores que trabalham diretamente com o processo de lubrificação, levando em conta suas considerações para elaboração do projeto.

Através da digitalização de uma nova linha de produção, foram encontrados sobressalentes de controladores lógicos programáveis, na quantidade suficiente para o dimensionamento de entradas e saídas, tanto digitais como analógicas, para o projeto atual, conforme com a tabela 3.

Tabela 3 – Levantamento de componentes

Item	Referência	Preço unitário	Quantidade	Total
Controlador	CPU, Control Logix 1756 Modelo: L55/A	R\$ 22.031,61	2	R\$ 44.063,22
Entradas Digitais	1756-IV32A	R\$ 1.766,73	8	R\$ 14.133,84
Saídas Digitais	1756-OW16	R\$ 1.376,61	4	R\$ 5.506,44
Entradas Analógicas	1756-IF16	R\$ 736,00	6	R\$ 4.416,00
Saídas Analógicas	1756-OF8	R\$ 1.200,00	4	R\$ 4.800,00
Rack	17 Slots, 17156PA75/B	R\$ 2.266,65	2	R\$ 4.533,30
Custo Parcial				R\$ 77.452,80

Fonte: Autores

Com fundamento nos indicadores de performance calculados no trabalho, a necessidade de substituir o sistema de comando e controle é de extrema importância, devido ao final da e sua vida útil. Com isso, a criação da lógica baseada no mesmo sistema de acionamento atual, com melhorias de processo, além de uma funcionalidade de fazer cálculos indiretos através dos valores dos sensores de vazão, para estimar o valor de concentração referente a cada tanque. A medição da concentração de óleo foi determinada como um dos principais pontos do projeto, além de montar um novo sistema supervisor, possibilitando não somente o monitoramento das variáveis de processo, como também o acionamento de bombas e controle de modo manual e automático, ora também a substituição do antigo controlador sustentando o sistema supervisor atual.

Foi determinado a implementação de um novo painel, com novos cabos, componentes eletrônicos, a passagem de eletrodutos e eletrocalhas, para dar suporte ao cabeamento para sistema de controle e acionamento.

7.1.5 Atividades do Projeto

A programação do controlador é feita com base no sistema atual, com um olhar crítico e analítico para melhorias do mesmo. Em relação ao controlador, a grande maioria da lógica foi composta pela linguagem de programação LADDER, onde a prioridade de rotina se dá ao cálculo de taxa de concentração de óleo dando os permissíveis para o acionamento das bombas de água e bombas dosadoras de óleo a cada tanque referente, conforme mostrado na figura 24.

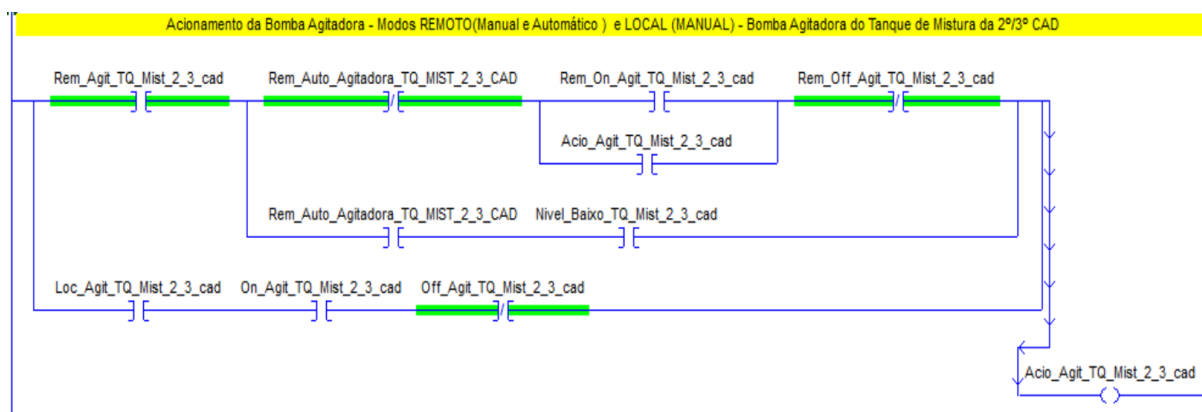


Figura 24 – Programa de acionamento da bomba agitadora do tanque de mistura.

Fonte: Autores.

A lógica referente a programação do controle de taxa de concentração de um tanque de mistura, pode ser vista conforme o “APÊNDICE 1” e segue com as variáveis de vazão e nível, para o controle da taxa de concentração.

A taxa de concentração atual da emulsão é manualmente inserida pelo operador, que através de uma proveta consegue medir a taxa de óleo referente na solução. Esse dado é inserido através do novo sistema supervisor e enviado diretamente para o controlador.

Conhecendo o valor de concentração atual, é possível saber a quantidade de água e óleo atual.

$$\text{Quantidade de óleo atual} = \text{Concentração Atual} * \text{Volume Atual}$$

$$\text{Quantidade de água atual} = \text{Volume Atual} - \text{Quantidade de Óleo atual}$$

Os valores de vazão são somados em relação ao tempo. É a partir deste processo, que calculamos a taxa atual de concentração de óleo no tanque de mistura.

Dada situação em que o sistema se inicia e o tanque já está preenchido com um volume de emulsão, é necessário saber a quantidade atual de água e óleo e somá-las no processo de total de vazão instantânea, somente uma única vez, na sequência da lógica, para que a variável de taxa de concentração atual inicialize com esses números e só sejam atualizados com a incrementação dos valores de vazão, em relação ao tempo.

$$\text{Quant. Total de Óleo} = (\text{Vazão de Óleo} * \text{tempo de SCAN}) + \text{Quant. Total de Óleo}$$

$$\text{Quant. Total de Água} = (\text{Vazão de Água} * \text{tempo de SCAN}) + \text{Quant. Total de Água}$$

O cálculo da taxa de concentração atual é baseado na quantidade armazenada de óleo e água.

$$\text{Concentração Atual} = \frac{\text{Quant. Total de Óleo}}{\text{Quant. Total de Óleo} + \text{Quant. Total de Água}}$$

A concentração desejada é inserida pelo operador através do sistema supervisorio novo e enviada a controlador. Conhecido este valor, a condição de comparação entre concentração atual de óleo e a concentração desejada de óleo entra, dando início a um *loop*. Neste caso, ocorre à adição de água e/ou de óleo através do acionamento das bombas, este *loop* termina somente quando o nível alto é atingido e volta para a condição inicial do fluxograma.

É importante enfatizar que, os valores de nível alto e médio presetados são variáveis, que podem ser alteradas de acordo com o processo, devido à necessidade de manter uma emulsão estável mesmo com uma bomba agitadora em cada tanque de mistura e nos tanques de óleo, o nível ainda altera esse equilíbrio.

Em relação ao sistema supervisorio, para seu desenvolvimento foi o utilizado o software LabVIEW, sendo uma ótima ferramenta para uso em automação, onde também pode ser usada para a criação de sistemas supervisorios, simulações, comunicação entre protocolos, aquisição de dados e entre outros.

A tela criada corresponde ao controle do sistema, junto com as variáveis de campo, tais como: nível, temperatura e concentração da emulsão em cada tanque de

mistura, além da seleção do acionamento das bombas em modo automático ou manual.

Os objetos vermelhos no sinótico, correspondem ao retorno de status de sensores, válvulas e bombas. Quando qualquer um destes dispositivos se encontram no estado ligado, a cor altera-se para verde, conforme a figura 25.

Os acionamentos das bombas podem ser feitos remotamente através dos comandos das telas, porém no campo se encontram botoeiras com uma chave seletora para optar entre modo manual e no modo remoto. O comando de acionamento feito remotamente através do sistema supervisorío somente irá funcionar se o estado da chave seletora, em determinada botoeira da bomba desejada, se encontrar no modo remoto.

Para acionar o modo automático das bombas é necessário selecionar o botão de automático na tela e para desligar o modo automático basta clicar no botão novamente.

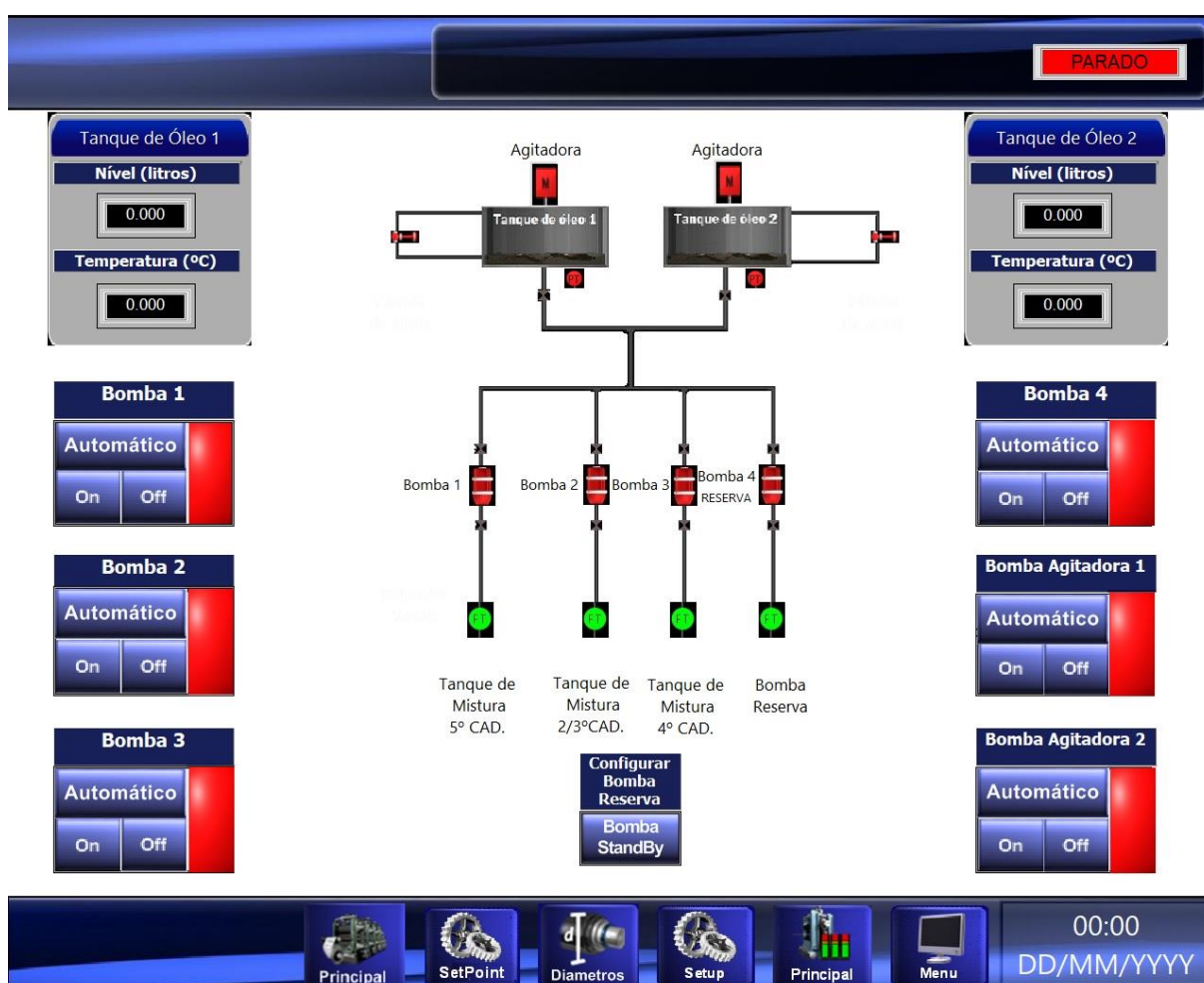


Figura 25 - Tela do supervisorío utilizando LabVIEW
Fonte: Autores.

A tela do sinótico geral do sistema de lubrificação direta do LTF-1 pode ser visto na figura 26, contendo os dados de nível, temperatura e taxa de concentração de óleo dos tanques de mistura. Além das variáveis do sistema de aplicação direta os ícones em vermelhos representam as bombas de óleo, água e agitadoras, a cor vermelha representa o status desligado enquanto a verde sinaliza que as bombas se encontram ativas.

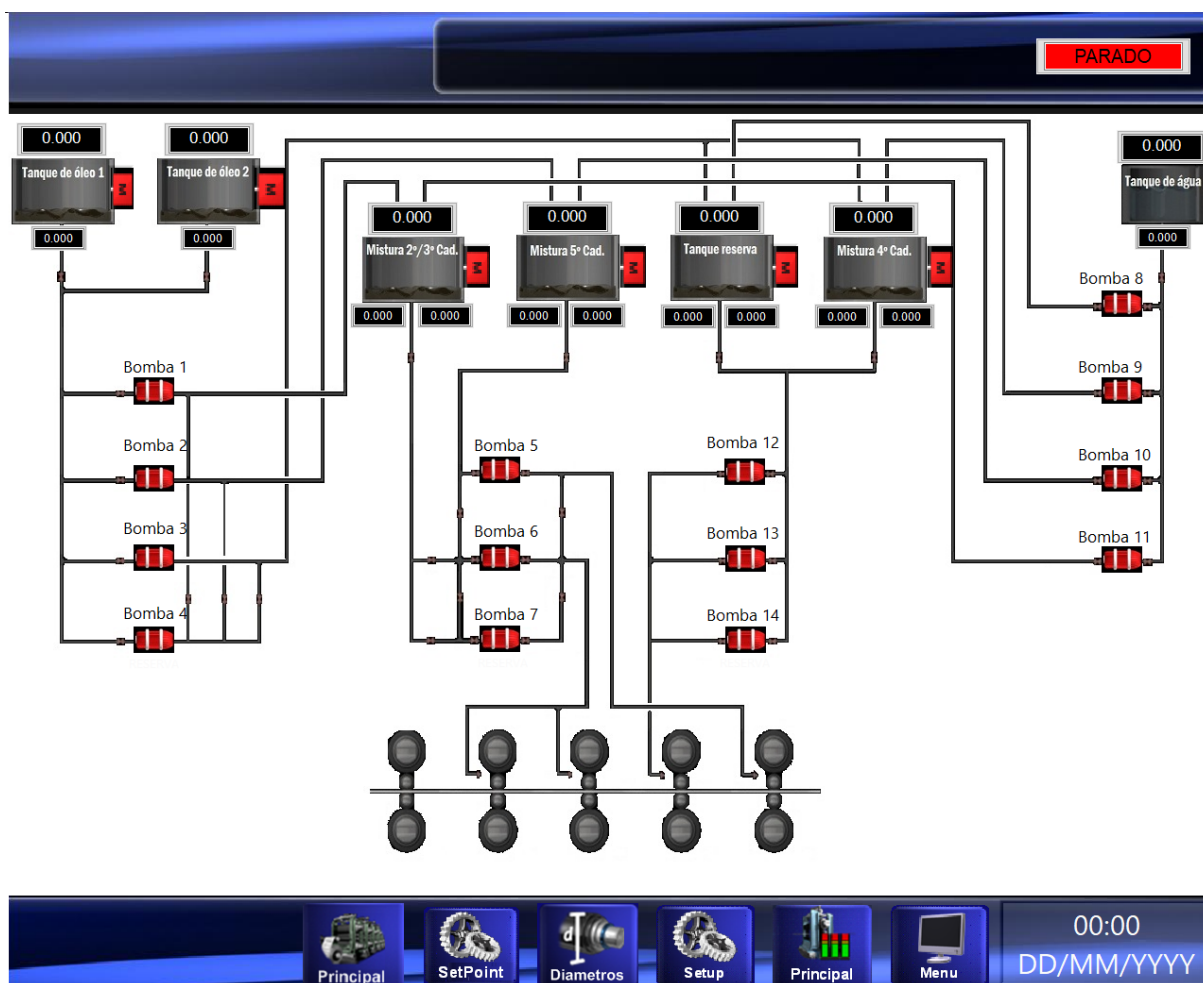


Figura 26 – Tela com a visão geral do sistema de aplicação direta.
Fonte: Autores.

A tela para inserir a taxa de concentração desejada em cada tanque de mistura pode ser vista na figura 27, ao clicar no indicador abre uma tela com função de teclado para inserir as informações conforme figura 28. Essas informações são enviadas para o controlador para realizar a lógica explicada no fluxograma deste trabalho.



Figura 27 – Tela para inserir a taxa de concentração desejada.
Fonte: Autores.

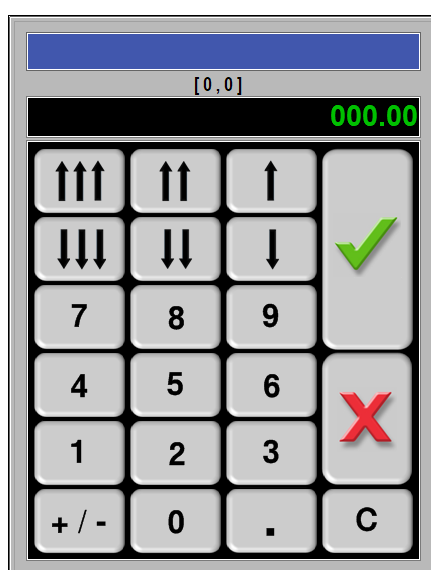


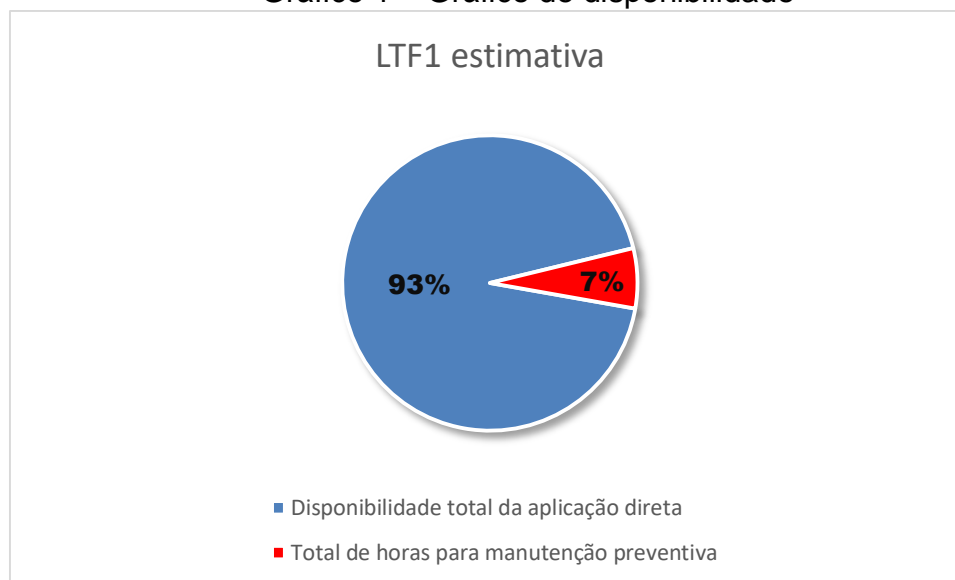
Figura 28 – Função teclado para as telas.
Fonte: Autores.

8 RESULTADOS ESPERADOS

Estima-se o aumento do tempo médio entre falhas (MTBF) e a diminuição do tempo médio para reparo (MTTR), e assim, obtendo como referência as informações do outro laminador de tiras a frio da empresa.

Com base nos dados comparativos entre o laminador de tiras a frio 1 com o laminador de tiras a frio 2, a qual o sistema de controle da aplicação direta já é feito com o Controlador Lógico Programável, teve-se a possibilidade de relacionar, e determinar, a disponibilidade esperada para o Retrofit implementado no LTF1.

Gráfico 1 – Gráfico de disponibilidade



Fontes: Autores.

Conforme estimativa apresentada no gráfico 1, a disponibilidade do sistema de controle da aplicação direta do laminador é de 93%, enquanto, a indisponibilidade destinada as paradas para manutenção preventivas e manutenções previamente programadas representa 7%. O valor de total de não disponibilidade do laminador expressa que não irá ocorrer manutenções corretivas para o sistema de aplicação direta após a implementação do projeto em sua fase final e estável, representando uma redução significativa das falhas.

Além disso, a tela de supervisão é capaz de analisar e monitorar os dados obtidos pelo controlador lógico programável. O aumento da confiabilidade,

repetibilidade e resposta do sistema podem ser mensuradas através do mesmo e com o relatório de paradas não programadas.

O tempo de resposta em relação à medição da taxa de concentração de óleo presente na emulsão, sofrerá um decréscimo significativo devido aos cálculos indiretos feitos pelo controlador lógico programável e sua malha de controle, sendo capaz de obter um valor de 10 milissegundos a cada varredura da lógica programada. Em comparação ao grande intervalo de tempo do sistema atual, estimando-se 15 minutos para a obtenção de apenas uma amostra de concentração de óleo de um tanque de mistura, resulta-se em um grande avanço em termos de tempo de resposta de um determinado sistema de uma malha de controle, assegurando assim, uma melhoria nos índices de qualidade do produto e de um sistema com bons indicadores de confiabilidade.

9 CONCLUSÃO

Devido aos avanços tecnológicos, o CLP está se tornando uma constante no ambiente industrial, principalmente pelo seu poder de processamento. Os ganhos do projeto em questão irão trazer melhorias como um todo, tais como:

- Aumento da confiabilidade adequada à tecnologia implementada;
- Melhor controle da malha, resultando na diminuição da quantidade de insumos desperdiçados;
- Melhoria do aspecto do produto final laminado, diminuindo a necessidade excessiva do operador se movimentar até o campo para realizar trabalhos manuais, assegurando um maior resguardo para o mesmo.
- Melhoria na qualidade do produto, pertinente ao ajuste aprimorado na mudança da concentração de óleo da emulsão, imprescindível para garantir a qualidade do produto final.

Sendo assim, a troca de um painel de acionamento por um controlador lógico programável e seus respectivos sistemas auxiliares de controle ocasiona uma melhoria nos indicadores de desempenho. Conseqüentemente, os números de paradas ocasionadas diminuem e o tempo que seria para manutenção é otimizado, resultando numa melhoria da produtividade de toda empresa.

10 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALMEIDA, Monique Lombardo de. **Estabilidade de emulsões de água-em-óleo na presença de campo elétrico externo**. 2014. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

ANTÔNIO RIBEIRO, Marco. **Automação Industrial**. 4º ed. Salvador: [s.n.], 1999. 498 p.

ANDRADE, Luís Cláudio Magnago et al. **CPM - Programa de Certificação de Pessoal de Manutenção: Mecânica Lubrificação**. Vitória, Es: Senai, 1997. 98 p. Disponível em: <<http://www.abraman.org.br/docs/apostilas/mecanica-lubrificacao.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2017.

Araújo, Luiz Antônio de. **Manual de Siderurgia – Produção Vol.01**. São Paulo: Editora: Arte &Ciência, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONSULTORES DE ENGENHARIA (ABCE), Preços de venda de serviços de empresas de consultoria de engenharia, 2015. Disponível em: <<http://www.abceconsultoria.org.br/levantamento/tabela.pdf>>. Acesso em: 30 de março de 2017.

BRESCIANI FILHO, Ettore. **Conformação plástica dos metais**. 6º ed. (primeira digital), 2011.

COMPANHIA SIDERÚRGICA NACIONAL (CSN), laminados a frio, 2017. Disponível em: <http://www.csn.com.br/conteudo_pti.asp?idioma=0&conta=45&tipo=59677&id=224902>. Acesso em: 13 de março de 2017.

COSTA, André Luiz V. da Costa. **Refino do Aços – Avanços e perspectivas**. Universidade Federal Fluminense – UFF, Volta Redonda – RJ.

FRANCHI, Claiton Moro; CAMARGO, Valter Luís Arlindo. Controlador Lógico Programável. 1º Edição. Editora Érica, 2008.

LACHMAN, L., Liederman, H. A. e Kanig, J. L. (2001). The theory and practice of industrial pharmacy, Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian.

LIMA, C. G.; VILELA, A. F. G.; SILVA, A. A. S.; PIANNOVSKI, A. R.; SILVA, K. K.; CARVALHO, V. F. M.; MUSIS, C. R.; MACHADO, S. R. P.; FERRARI, M. Desenvolvimento e avaliação da estabilidade física de emulsões O/A contendo óleo de babaçu (*Orbignya oleifera*). Revista Brasileira de Farmácia, Rio de Janeiro, 89, 239-245, 2008.

HILL, S. E. Emulsions. In: HALL, G.M. Methods of testing protein functionality. 1. ed. London: Chapman e Hall, 1996. p. 153-185

MORAIS, G. G., Desenvolvimento e avaliação da estabilidade de emulsões O/A com cristais líquidos acrescidas de xantina para tratamento da hidrolipodistrofia ginóide (celulite), Ribeirão Preto, 2006.

OPSERVICES. **MTTR e MTBF, o que são e quais suas diferenças?**. Disponível em: <<https://www.opservices.com.br/mttr-e-mtbf/>>. Acesso em: 09 jun. 2017.

PARTICLE SCIENCE Inc, Emulsion stability and testing. Technical Brief, v. 2, 2011.

PARTICLE SCIENCE Inc, Surfactants. Technical Brief, v. 1, 2010.

PARTICLE SCIENCE Inc, Emulsions and emulsification. Technical Brief, v. 9, 2009.

PROCESSAMENTO dos Materiais: Recristalização e Crescimento de Grão. THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga. Sensores Industriais. 1º Edição. Editora Érica, 2011. Título Disponível em: <<http://www.cienciososmateriais.org/index.php?acao=imprimir&cap=12&top=63>>. Acesso em: 30 de maio de 2017.

RODRIGUES, Felipe Soares; OLIVEIRA, Júlio de; RODRIGUES, Yago Pires da S. **Digitalização do sistema de lubrificação de um laminador de tiras a frio**. 2017. 72 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Centro Universitário de Barra Mansa, Volta Redonda, 2017.

SANTOS SILVA, José Nazareno. Siderurgia. Belém do Para – P.A: [s.n.], 2011. 110 p.

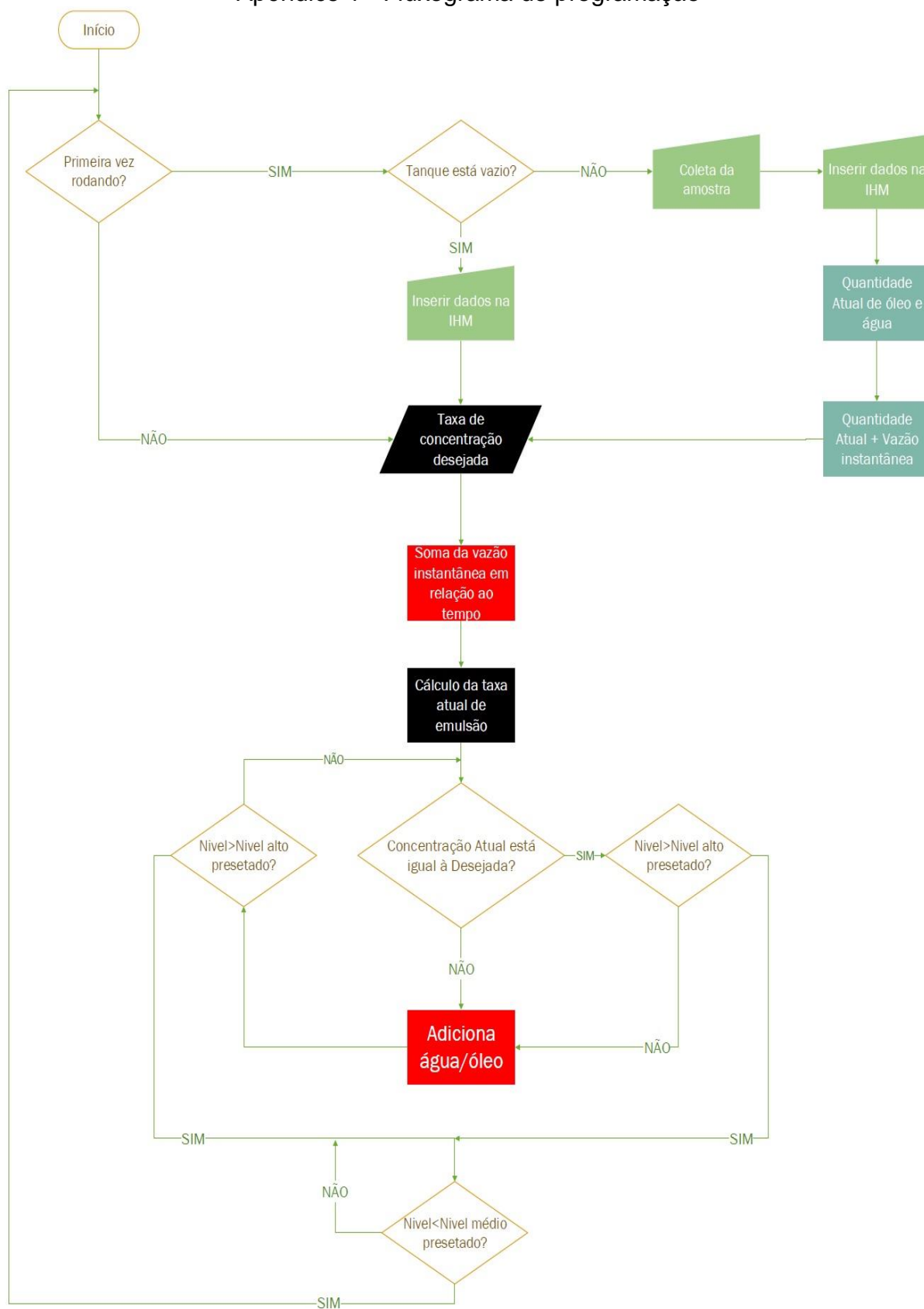
SHITOSUKI, Joyce da Silva. **Análise quantitativa dos parâmetros do processo para redução da ruptura da tira durante a laminação à frio para espessuras finas destinadas a fabricação de folhas de flandres**. 2016. 99 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Industrial Metalúrgica, Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, 2016.

URIFÉR. Conheça o processo de laminação a frio e veja por que escolhê-lo. Título Disponível em: <<http://urifer.com.br/blog/processo-de-laminacao-frio-veja-por-que-escolher/>>. Acesso em: 30 de maio de 2017.

ZANCAN, Marcos Daniel. Controladores Programáveis. 3.ed. Rio Grande do Sul: Santa Maria, 2010. Disponível em: <http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos_automacao/setima_etapa/controladores_programaprog_2012.pdf>. Acesso em: 20 de março de 2017.

11 APÊNDICE

Apêndice 1 - Fluxograma de programação



12 ANEXO

Anexo 1 – Transmissor de Pressão LD301 – SMAR

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Especificações Funcionais	
Fluido de Processo	Líquido, gás ou vapor.
Corrente de Saída	Dois fios, 4-20 mA controlado de acordo com as especificações da NAMUR NE43, com comunicação digital sobreposta (Protocolo HART®).
Alimentação	12 a 45 Vcc.
Indicador	Indicador LCD de 4½ dígitos numéricos e 5 caracteres alfanuméricos (optional).
Certificação em Área Classificada (Ver Apêndice A)	Segurança Intrínseca e Prova de Explosão (ATEX (NEMKO, e DEKRA EXAM), FM, CEPEL, CSA e NEPSI)). Projetado para atender às Diretivas Europeias (ATEX Directive (94/9/EC) e Diretiva LVD (2006/95/EC))
Ajuste de Zero e Span	Não interativo. Via ajuste local e comunicação digital. Jumper de ajuste local com três posições: Simples, Desabilitado e Completo.
Limitação de Carga	

CEPEL

smar LD301 Transmissor de Pressão
BR - 14160

Segurança

Ex d IIC T6 Gb CEPEL 96.0039 ()
Ex ia IIC T5 Ga CEPEL 95.0049 X ()
Tamb = -20° a 50°C
Ui = 30 V Ii = 100 mA Pi = 0,7 W
Ci = 6,4 nF Li = desp

IP 66 68

0044333 - 2007 HART CE 137401

FM

smar LD301 Pressure Transmitter
BR - 14160

Temp. Class: T4A
Tamb. 60°C max.
Vmax. 30 VDC
I max. 110 mA
Ci 8 nF
Li 0.24 mH

XP CL I, DIV 1, GP A,B,C,D.
DIP CL II, III, DIV 1, GP E,F,G
S CL III, DIV 1.
IS CL I, II, III, DIV 1, GP A,B,C,D,E,F,G
NI CL I, DIV 2, GP A,B,C,D.
Per inst. dwg 38A2075. Pmax= 5800 psi.

Assembled in Venezuela by ELEINCA C.A.

0044333 - 2007 HART CE 134000

Type 4/6

smar LD301 Pressure Transmitter
NY - 11779
Made in USA

Temp. Class: T4A
Tamb. 60°C max.
Vmax. 30 VDC
I max. 110 mA
Ci 8 nF
Li 0.24 mH

XP CL I, DIV 1, GP A,B,C,D.
DIP CL II, DIV 1, GP E,F,G
S CL III, DIV 1.
IS CL I, II, III, DIV 1, GP A,B,C,D,E,F,G
38A-2075/2 - ENTITY.
NI CL I, DIV 2, GP A,B,C,D.
Pmax= 5800 psi.

0044333 - 2007 HART CE 134000

Type 4/6

Anexo 2 – Sensor de vazão SU8000 – IFM

■ Características do produto		
sensor ultra-som de vazão		
Conexão		
Conexão de processo: G1 de vedação plana		
função programável		
função de totalizador		
2 saídas		
OUT1 = monitoramento de fluxo (binário), contador de quantidade (impulsos), contador de pré-ajuste (binário)		
OUT2 = monitoramento de fluxo ou de temperatura (análogo ou binário)		
Entrada para reset/zerador do contador		
faixa de medição:		
0...100 l/min		
-10...80 °C		
Taxa máxima de vazão permitida		
110 l/min (6,6 m³/h)		
conexão à tubulação através de adaptador		
■ Aplicações		
Campo de aplicação	Fluidos líquidos do grupo de fluidos 2 conforme Diretiva de equipamentos sob pressão (DESP): água, soluções de glicol, óleos (óleos de baixa viscosidade 7...40 mm²/s a 40°C; óleos de alta viscosidade 30...68 mm²/s a 40°C)	
Resistência à pressão [bar]	16	
Temperatura do fluido [°C]	-10...80	
■ Dados elétricos		
Função elétrica	DC PNP/NPN	
Tensão de operação [V]	19...30 DC (1)	
Consumo de corrente [mA]	100	
Resistência de isolamento [MΩ]	> 100 (500 V DC)	
Classe de proteção	III	
Proteção contra inversão de polaridade	sim	
■ Saídas		
Saída	OUT1: contato NO / contato NC programável ou impulso OUT2: contato NO / contato NC programável ou análogo (4...20 mA / 0...10 V, escalonável)	
Capacidade de carga da corrente [mA]	2 x 250	
Queda de tensão [V]	< 2	
Proteção contra curto-circuitos	por impulso	
Proteção contra sobrecarga	sim	
saída analógica	4...20 mA; 0...10 V	
Carga máx. [Ω]	500	
Carga mín. [Ω]	2000	
saída de impulso	Medição de vazão	
■ Faixa de medição / de ajuste		
Controle de fluxo		
Alcance de medição	0,0...100,0 l/min	0,000...6,000 m³/h
Escala do display	0,0...120,0 l/min	0,000...7,200 m³/h
Resolução	0,1 l/min	0,005 m³/h
Ponto de acionamento, SP	0,2...100,0 l/min	0,010...6,000 m³/h
Ponto de desligamento, rP	0,0...99,8 l/min	0,000...5,990 m³/h
Ponto inicial do sinal analógico, ASP	0,0...80,0 l/min	0,000...4,800 m³/h
Ponto final do sinal analógico, AEP	20,0...100,0 l/min	1,200...6,000 m³/h
em intervalos de	0,1 l/min	0,005 m³/h
Monitoramento da quantidade do fluxo volumétrico		
valência de impulso	0,1 l...1 000 000 m³	
comprimento do pulso [s]	0,025...2	
controle de temperatura		
Alcance de medição [°C]	-10...80,0	
Resolução [°C]	0,2	
Ponto de acionamento, SP [°C]	-9,8...80,0	
Ponto de desligamento, rP [°C]	-10,0...79,8	
Ponto inicial do sinal analógico, ASP [°C]	-10,0...62,0	

Anexo 3 – Sensor de temperatura PT100

DADOS TÉCNICOS

	TUBO CERÂMICO	FILME PLANO
Coefficiente de temper. da resistência (TCR)	3850 PPM/C	3850 PPM/C
Repetibilidade	Aproximadamente 0,1°C	Aproximadamente 0,1°C
Estabilidade	Menor 0,1°C	Menor 0,1°C
Corrente máxima permitida	1mA	1mA
Resistência de Isolação	Maiores que 100 mΩ a 500Vcc (temperatura ambiente)	Maiores que 100 mΩ a 500Vcc
Tempo de resposta	90% - 30seg. max.(no ar - 1m/seg.)	90% - 10seg. Max.(no ar - 1m/seg.)
Dissipação térmica	5mW / °C (no ar - 1m/seg.)	2,5mW / °C (no ar - 1m/seg.)
Temperatura de operação	-50 a 500°C	-50 a 500°C
Tipo de montagem	Fio de Platina enrolado na forma helicoidal, encapsulado em envólucro cerâmico	Camada de filme fino de platina, depositado em substrato de óxido de Alumínio com cobertura de vidro fundido.
Valor de resistência a 0°C	Modelo SA101-TC-A: 100 ± 0,06Ω Modelo SA101-TC-B: 100 ± 0,12Ω	Modelo SA101-FP-A: 100 ± 0,06Ω Modelo SA101-FP-B: 100 ± 0,12Ω Modelo SA101-FP-C: 100 ± 0,24Ω
Classe de tolerância	Modelo SA101-TC-A: A Modelo SA101-TC-B: B	Modelo SA101-FP-A: A Modelo SA101-FP-B: B Modelo SA101-FP-C: C
Desvio	Modelo SA101-TC-A: 0,15 °C Modelo SA101-TC-B: 0,3 °C	Modelo SA101-FP-A: 0,15°C Modelo SA101-FP-B: 0,3°C Modelo SA101-FP-C: 0,6°C
Testes físicos realizados		
Alta temperatura	1000 horas a 500°C	
Baixa temperatura	1000 horas a -50°C	
Umidade	1000 horas entre 90 e 95 RH a 60°C	
Choque térmico	de 0°C (água gelada) por 15 seg. para 100°C (água fervendo) por 15 seg. Repetido 10 vezes.	

Anexo 4 – Cartão de entrada digital 1756-IV32

Technical Specifications - 1756-IV32

Attribute	1756-IV32
Inputs	32 (16 points/group)
Voltage category	12/24V DC source
Operating voltage range	10...30V DC
Input voltage, nom	24V DC
Input delay time (screw to backplane) Off to On On to Off	Hardware delay: 350 μ s nom/1 ms max + filter time User-selectable filter time: 0 ms, 1 ms, or 2 ms Hardware delay: 540 μ s nom/2 ms max + filter time User-selectable filter time: 0 ms, 1 ms, 2 ms, 9 ms, or 18 ms
Current draw @ 5.1V	120 mA
Current draw @ 24V	2 mA
Total backplane power	0.66 W
Power dissipation, max	4.1 W @ 60 °C (140 °F)
Thermal dissipation	14 BTU/hr @ 60 °C (140 °F)
Off-state voltage, max	5V
Off-state current, max	1.5 mA
On-state current, min	2 mA @ 10V DC
On-state current, max	3.5 mA @ 30V DC
Inrush current, max	250 mA (decaying to <37% in 22 ms, without activation)

Anexo 5 – Cartão de saída digital 1756-OW16

Technical Specifications - 1756-OW16I

Attribute	1756-OW16I
Outputs	16 N.O. individually isolated
Pilot duty	C300/R150
Operating voltage range	5...125V DC 10...240V AC
Output voltage range (load dependent)	1 A @ 5...30V DC 0.5 A @ 48V DC 0.22 A @ 125V DC 1.5 A @ 120V AC 50/60 Hz 0.75 A @ 240V AC 50/60 Hz
Output delay time Off to On On to Off	10 ms max 10 ms max
Current draw @ 5.1V	150 mA
Current draw @ 24V	150 mA
Total backplane power	4.4 W
Power dissipation, max	4.5 W @ 60 °C (140 °F)
Thermal dissipation	15.35 BTU/hr
Off-state leakage current per point, max	1.5 mA per point
Minimum load current	10 mA per point
Initial contact resistance, max	100 m Ω @ 6V 1 A

Anexo 6 – Cartão de entrada analógica 1756-IF16

Technical Specifications - 1756-IF16

Attribute	1756-IF16
Inputs	16 single ended, 8 differential or 4 differential (high speed)
Input range	±10V 0...10V 0...5V 0...20 mA
Resolution	320 µV/count (15 bits + sign bipolar) @ ±10.25V 160 µV/count (16 bits) @ 0...10.25V 80 µV/count (16 bits) @ 0...5.125V 0.32 µA/count (16 bits) @ 0...20.5 mA
Current draw @ 5.1V	150 mA
Current draw @ 24V	65 mA
Total backplane power	2.33 W
Voltage and current ratings	Backplane: 5.1V DC, 150mA max 24V DC, 65mA max Input Voltage Range: -10...+10V Input Current Range: 4...20mA Limited to 100VA
Power consumption	2.3 W
Power dissipation	Voltage: 2.3 W Current: 3.9 W
Thermal dissipation	Voltage: 7.84 BTU/hr Current: 13.3 BTU/hr
Input impedance	Voltage: >10 MΩ Current: 249 Ω
Open circuit detection time	Differential voltage - Positive full scale reading within 5 s Single-ended/differential current - Negative full scale reading within 5 s Single-ended voltage - Even-numbered channels go to positive full scale reading within 5 s, odd-numbered channels go to negative full scale reading within 5 s
Overvoltage protection, max	Voltage: 30V DC Current: 8V DC
Normal mode noise rejection	>80 dB @ 50/60 Hz ⁽²⁾
Common mode noise rejection	>100 dB @ 50/60 Hz

Anexo 7 – Cartão de saída analógica 1756-OF8

Signal and User Counts - 1756-OF8

Range	Low Signal and User Counts	High Signal and User Counts
0...20 mA	0 mA -32768 counts	21.2916 mA 32767 counts
±10V	-10.4336V -32768 counts	10.4336V 32767 counts

Attribute	1756-OF8
Outputs	Eight voltage or current
Output range	± 10V 0...20 mA
Resolution	15 bits across 21 mA - 650 nA/bit 15 bits across 10.4V - 320 μ V/bit
Current draw @ 5.1V	150 mA
Current draw @ 24V	210 mA
Total backplane power	5.8 W
Voltage and current ratings	Backplane: 5.1V DC, 150mA max, 24V DC, 210mA max Output Voltage: -10...+10V Output Current: 4...20mA
Power consumption	5.8 W backplane power
Power dissipation	5.8 W to 3.15 W; 0 to 750 ohm loads
Thermal dissipation	16.78 BTU/hr
Open circuit detection	Current output only (Output must be set to >0.1 mA)
Overvoltage protection	24V DC
Short circuit protection	Electronically current limited to 21 mA or less
Drive capability	Voltage: > 2000 Ω Current: 0...750 Ω
Settling time	< 2 ms to 95% of final value with resistive loads
Calibrated accuracy @ 25 °C (77 °F)	Better than 0.05% of range from 4...21 mA, -10.4...10.4V
Calibration interval	12 months typical
Offset drift	50 μ V/°C typical (Voltage mode) 0.1 μ A/°C typical (Current mode)
Gain drift with temperature, max	Voltage: 25 ppm/°C max Current: 50 ppm/°C max
Module error	Voltage: 0.15% of range Current: 0.3% of range
Module scan time, min	12 ms floating point 8 ms integer