

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR EM
TECNOLOGIA EM MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

DIEGO RONOEL RECH
JULIANO HOBOLD

**AUTOMAÇÃO E MELHORIA DO SISTEMA DE FILTRAGEM DE ÁGUA
DE UMA MÁQUINA DE LAVAR BACIAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA
2013

DIEGO RONOEL RECH
JULIANO HOBOLD

AUTOMAÇÃO E MELHORIA DO SISTEMA DE FILTRAGEM DE ÁGUA DE UMA MÁQUINA DE LAVAR BACIAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Manutenção Industrial, do curso de Tecnologia em Manutenção Industrial da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Me. Filipe Marangoni
Coorientador: Prof. Me. Samir de Oliveira Ferreira

MEDIANEIRA
2013



TERMO DE APROVAÇÃO

AUTOMAÇÃO E MELHORIA DO SISTEMA DE FILTRAGEM DE ÁGUA DE UMA MÁQUINA DE LAVAR BACIAS

Por:

Diego Ronoel Rech
Juliano Hobold

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado às 10:30 h do dia 14 de fevereiro de 2014 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo no Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Medianeira. Os acadêmicos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Me. Filipe Marangoni
UTFPR – Câmpus Medianeira
(Orientador)

Prof. Me. Samir de Oliveira Ferreira
UTFPR – Câmpus Medianeira
(Coorientador)

Prof. Me. Evandro André Konopatzki
UTFPR – Câmpus Medianeira
(Convidado)

Prof. Me. Rubisson Duarte Lamperti
UTFPR – Câmpus Medianeira
(Convidado)

Prof. Me. Yuri Ferruzi
UTFPR – Câmpus Medianeira
(Responsável pelas atividades de TCC)

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na coordenação do Curso de Tecnologia em Manutenção Industrial.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus por nos dar a oportunidade de estarmos vivos.

Agradecemos também aos professores Filipe Marangoni e Samir de Oliveira Ferreira, pela contribuição e auxílio neste trabalho, nos apontando a direção certa.

Agradecemos a empresa Frimesa Coperativa Central pela oportunidade de trabalho e assim proporcionando o nosso crescimento profissional.

RESUMO

RECH, Diego Ronoel; HOBOLD, Juliano. Automação e melhoria do sistema de filtragem de água de uma máquina de lavar bacias. 2013. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso Superior em Tecnologia em Manutenção Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira. 2013.

Este trabalho apresenta o projeto e execução da automação de uma máquina de lavar bacias visando diminuir o consumo de energia elétrica, permitir o aumento da quantidade de bacias lavadas por hora, diminuir o número de paradas da máquina e melhoria do seu sistema de filtragem da água. No processo de automação foi utilizado um CLP Siemens LOGO 12/24RC, onde o seu programa aciona a esteira e as bombas, somente quando uma caixa passar pelos sensores fim de curso, desta maneira as principais cargas estarão ligadas somente quando houver caixas em seu interior. Para aumentar a quantidade de bacias lavadas foi instalado um inversor de frequência que aciona o motor da esteira, assim incrementando a frequência aumenta-se a velocidade da esteira e conseqüentemente aumenta-se a capacidade de lavar bacias. Para melhorar o sistema de filtragem da água, foi projetado, montado e instalado dois anteparos filtrantes nas laterais da máquina visando facilitar a retirada dos pedaços maiores de sujeira. Com a automação foi possível economizar aproximadamente 50 kW.h por dia, após a instalação do inversor foi possível lavar mais caixas em menos tempo sem perder a qualidade da lavagem. Ao melhorar o sistema de filtragem com o novo projeto, foi possível diminuir o custo e o tempo de manutenção da máquina, facilitar a limpeza gerando menos risco de contaminação, conseqüentemente aumentando a confiabilidade da máquina.

Palavras-chave: Automação. Controlador Lógico Programável. Processo de Produção.

ABSTRACT

RECH, Diego Ronoel; HOBOLD, Juliano. Automation and improvement of water filtering of a basins washing machine. 2013. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso Superior em Tecnologia em Manutenção Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira. 2013.

This paper presents the design and implementation of an automation on a basins washing machine, to decrease the power consumption, allowing increased amounts of basins cleaned per hour, reduce the number of machine breakdowns and improving its water filtration system. In the automation process we used a Siemens PLC LOGO 12/24RC where the program triggers the treadmill and the water bombs, when a box activate the sensor, thus the main loads are turned on only when boxes are present inside the machine. To increase the amount of washed basins was installed a frequency inverter that drives the motor of the treadmill, thus increasing the frequency increases the treadmill speed is increased and consequently the capacity to wash the basins. To improve water filtration system was designed, assembled and installed two filter screens on the sides of the machine to facilitate the removal of larger pieces of dirt. With automation was possible to save approximately 50 kW / h per day, after installing the inverter was possible to wash more basins in less time without losing the quality of the wash. By improving the filtration system with the new project, it was possible to reduce the cost and the time maintenance machine, make easier cleaning and generating less risk of contamination, thereby increasing the reliability of the machine.

Keywords: Automation. Programmable Logic Controller. Production Process.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – CICLO DE PROCESSAMENTO DE UM CLP.....	13
FIGURA 2 – CAMPO MAGNÉTICO CONSTANTE E GIRANTE.....	16
FIGURA 3 – CORRENTE ELÉTRICA.....	16
FIGURA 4 – CONDUTOR PERCORRIDO POR CORRENTE ELÉTRICA.....	17
FIGURA 5 – RESULTADO DOS VETORES.....	17
FIGURA 6 – COMPONENTES DO MOTOR.....	19
FIGURA 7 – DIAGRAMA DE BLOCOS DO INVERSOR DE FREQUÊNCIA.....	20
FIGURA 8 – CONFIGURAÇÃO DAS CHAVES DO INVERSOR DE FREQUÊNCIA.....	21
FIGURA 9 – EXEMPLOS DE SENSOR FIM DE CURSO.....	22
FIGURA 10 – ESQUEMATIZAÇÃO DO CORTE A PLASMA.....	24
FIGURA 11 – ESQUEMATIZAÇÃO DA SOLDAGEM TIG.....	25
FIGURA 12 – ÂNGULOS DE CORTE.....	26
FIGURA 13 – PROCESSO SEQUENCIAL DE DOBRAMENTO DE CHAPAS METÁLICAS.....	27
FIGURA 14 – DIAGRAMA DE COMANDO CONEXÕES AO CLP LOGO.....	29
FIGURA 15 – PERFIL EM CORTE ESQUEMÁTICO DA MÁQUINA DE LAVAR BACIAS.....	31
FIGURA 16 – SENSOR FIM DE CURSO 1 INSTALADO.....	31
FIGURA 17 – DIAGRAMA DE BLOCOS DO PROGRAMA DE CONTROLE.....	32
FIGURA 18 – CONTROLADOR DE TEMPERATURA NOVUS N480D.....	33
FIGURA 19 – CONEXÕES AOS TERMINAIS DO CONTROLADOR N480D.....	34
FIGURA 20 – SENSOR EM UM COPO COM GELO.....	35
FIGURA 21 – VISUALIZAÇÃO DA GRADE NO PERFIL LATERAL DA MÁQUINA SISTEMA ANTIGO.....	37
FIGURA 22 – VISUALIZAÇÃO DA GRADE NO PERFIL LATERAL DA MÁQUINA SISTEMA ATUAL.....	38
FIGURA 23 – PENEIRAS MÓVEIS.....	38
FIGURA 24 – BACIA LAVADA NA MENOR VELOCIDADE (A) E BACIA LAVADA NA MAIOR VELOCIDADE (B).....	42
FIGURA 25 – VISTA FRONTAL DO QUADRO DE COMANDO.....	42
FIGURA 26 – ANTEPAROS FILTRANTES (1) E (2).....	45
FIGURA 27 – NOVA GRADE LATERAL COM CHAPA COM FURO DE 5 MM.....	45

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – DADOS DE TEMPERATURA AQUISITADAS PELO LOGBOX.....	40
GRÁFICO 2 – HORAS LIGADA AO LONGO DO DIA DOS DOIS SISTEMAS.....	43
GRÁFICO 3 – CONSUMO DE ENERGIA AO LONGO DO DIA NOS DOIS SISTEMAS.....	44

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – TIPOS DE TERMOPARES.....	23
TABELA 2 – ENTRADAS, SAÍDAS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.....	30
TABELA 3 – PARÂMETROS DO CONTROLADOR E CONFIGURAÇÃO REALIZADA.....	34
TABELA 4 – PARÂMETROS DO INVERSOR E CONFIGURAÇÃO REALIZADA.....	36
TABELA 5 – RELAÇÃO ENTRE FREQUÊNCIAS E NÚMERO DE BACIAS LAVADAS.....	40
TABELA 6 – TABELA DE CUSTOS E HORAS TRABALHADAS DA MÁQUINA DE LAVAR BACIAS.....	46
TABELA 7 – TABELA DE CUSTOS PARA OS DOIS PERÍODOS.....	47

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 OBJETIVO GERAL.....	10
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 AUTOMAÇÃO.....	12
2.2 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL (CLP).....	12
2.3 LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO.....	14
2.4 MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO.....	15
2.4.1 Princípio de Funcionamento.....	15
2.5 INVERSOR DE FREQUÊNCIA.....	20
2.6 SENSORES.....	21
2.6.1 Sensor Chave Fim de Curso.....	22
2.6.2 Sensor De Temperatura.....	23
2.7 FABRICAÇÃO MECÂNICA DOS ANTEPAROS FILTRANTES.....	23
2.7.1 O Corte a Plasma.....	24
2.7.2 Soldagem.....	24
2.7.2.1 Soldagem a arco elétrico com proteção gasosa (TIG).....	25
2.8 FURAÇÃO.....	26
2.9 DOBRA.....	27
2.10 CONTROLADOR DE TEMPERATURA DA ÁGUA.....	28
3 MATERIAIS E MÉTODOS	29
3.1 DIAGRAMAS ELÉTRICOS.....	29
3.2 PROGRAMA CLP LOGO.....	30
3.3 CONTROLADOR DE TEMPERATURA.....	33
3.4 INVERSOR DE FREQUÊNCIA.....	35
3.5 FABRICAÇÃO DOS ANTEPAROS FILTRANTES.....	36
3.6 AQUISIÇÃO DOS DADOS DE TEMPERATURA E HORIMETRO.....	39
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1 AQUISIÇÃO DOS DADOS DE TEMPERATURA DA ÁGUA.....	40
4.2 AUMENTO DA CAPACIDADE DE LAVAR BACIAS.....	41
4.3 CONSUMO DE ENERGIA.....	43
4.4 ANTEPAROS MONTADOS.....	44
4.5 HISTÓRICO DE MANUTENÇÃO.....	46
5 CONCLUSÃO	48
BIBLIOGRAFIA	50
APÊNDICE A – DIAGRAMAS ELÉTRICOS DE FORÇA E COMANDO	53
ANEXO A – CONEXÕES COM OS TERMINAIS DE ACESSO DE COMANDO DO INVERSOR	68

1 INTRODUÇÃO

Durante o processo de industrialização de carnes, as peças de carne retiradas das carcaças são depositadas em bacias específicas para este trabalho. Essas bacias são transportadas por uma corrente chamada Norea, e necessitam estar sempre bem higienizadas e desinfetadas. Para esse trabalho é utilizada uma máquina de lavar. Esta máquina de lavar contava apenas com o acionamento manual simples de todos os seus componentes, como bomba d'água, esteira e válvulas.

Com as novas metas de crescimento da produção houve a necessidade de se otimizar a máquina para que acompanhe o novo ritmo de produção, pois não é possível a instalação de mais uma máquina no mesmo local, a única alternativa é aumentar a capacidade desta existente.

Mais um problema é que o seu quadro de comando se encontrava em péssimo estado de conservação, onde haviam orifícios não vedados que permitiam a entrada de água e sujeira, isso poderia dar origem a falhas e parada de produção, o que acarreta em grades perdas.

Outro inconveniente presente nesta máquina é o fato que a água utilizada para enxaguar as bacias, a qual passa por recirculação, estava sempre suja e com grandes pedaços de sujeira ao entrar na bomba. Esta sujeira se depositava no rotor da bomba, assim, caso o rotor emperrasse devido ao grande acúmulo de sujeira, iria ocasionar a parada de toda a linha de produção, pois sem bacias higienizadas os setores internos de controle de qualidade e o Serviço de Inspeção Federal (SIF) não liberam as atividades. Esta sujeira acaba por entupir os bicos aspersores que jogavam água nas bacias, e desta forma, com menos água, as bacias não ficam higienizadas adequadamente, o que poderia ocasionar contaminação.

1.1 OBJETIVO GERAL

Realizar a automação e implementar melhorias no sistema de filtragem de água de uma máquina de lavar bacias da empresa Frimesa Cooperativa Central.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar os pontos onde serão utilizados sensores e atuadores para a realização da automação da máquina.
- Desenvolver a programação de um CLP para realizar o controle de todo o processo de operação.
- Reduzir o número de paradas e o número de horas paradas da máquina.
- Desenvolver um sistema de anteparos filtrantes capaz de segurar a sujeira que está presente na água que passa pela recirculação. Melhorando desta forma a limpeza da água.
- Avaliar, com base nos históricos de manutenção da máquina, se houve uma redução no número de paradas e a quantidade de horas parada, através de gráficos comparativos.
- Proporcionar economia de energia ao ligar as principais cargas da máquina somente quando houver caixas em seu interior.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica sobre alguns conceitos e definições que são utilizados no trabalho.

2.1 AUTOMAÇÃO

A automação industrial verifica-se quando novas técnicas de controle são introduzidas num processo, associado ao aumento da produtividade e qualidade. A automação acontece quando um conceito e um conjunto de técnicas são unidas e constroem sistemas ativos capazes de atuar com eficiência ótima em determinados processos.

A automação de maneira geral é instalar e dispor de maneira mais otimizada possível, equipamentos que fazem o acionamento automático dos componentes dos sistemas controlados, visando o melhor desempenho dos processos, sem a necessidade de grande interferência do homem.

A automação é um conceito e um conjunto de técnicas por meio das quais se constroem sistemas ativos capazes de atuar com uma eficiência ótima pelo uso de informações recebidas do meio sobre o qual atuam (SILVEIRA e SANTOS, 2010)

2.2 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL (CLP)

Um dos equipamentos mais utilizados para fazer a automação dos processos industriais atualmente é o Controlador Lógico Programável (CLP).

O CLP foi desenvolvido com base nas situações encontradas na indústria automobilística, que a partir de 1968 sentiu necessidade de diminuir custos com instalação e manutenção de suas plantas industriais contendo enormes painéis de controle a relés que além de complexos consumiam demasiada energia e gerava muitos problemas, além da dificuldade de fazer alguma mudança nestes. O novo

dispositivo programável eliminaria o alto custo reverente à fiação e à manutenção e consumo de energia, à medida que suprimia a lógica de certa quantia de relés em um pequeno componente único (ALVES, 2010). O CLP é 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 (GEORGINI, 2006). O princípio de funcionamento do CLP é a execução, por parte da Unidade Central de Processamento (CPU), de um programa conhecido por “executivo”, que é de responsabilidade do fabricante, que realiza internamente as ações de leitura das entradas, compara com o programa que o usuário desenvolveu e atualiza as saídas, conforme mostra a Figura 1.

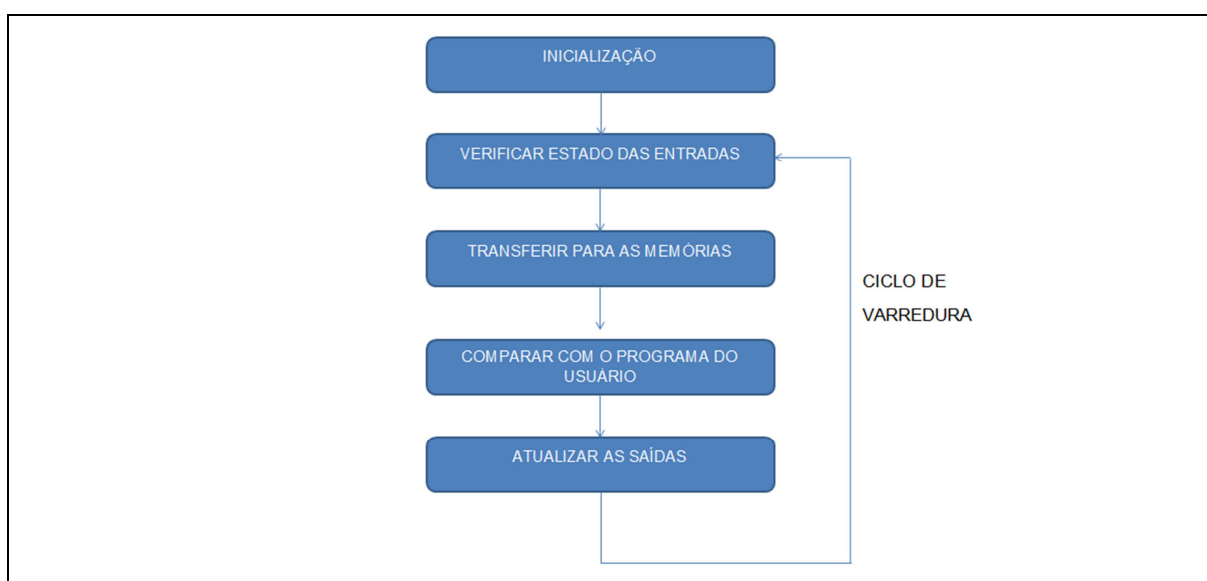


Figura 1 – Ciclo de processamento de um CLP

Fonte: Adaptado de Georgini (2006).

O ciclo de processamento de um CLP pode ser dividido em três partes: entradas, programa e saídas.

As variáveis de entrada são os sinais externos recebidos pelo CLP, que podem vir do processo controlado ou por comandos gerados pelo operador. O sinal pode ser tanto digital quanto analógico. O sinal digital pode ter dois níveis lógicos: um (1) e zero (0), ou $+V_{CC}$ e $0V$, respectivamente. O sinal analógico pode ser de tensão (0 a $10 V_{CC}$) ou de corrente (4 a 20 mA). Os sinais de entrada podem ser de sensores diversos, chaves, botoeiras, dentre outros.

As variáveis de saída são os dispositivos controlados por cada ponto de saída do CLP. Tais pontos podem servir para intervenção direta no processo controlado por acionamento próprio, ou também para sinalização de estado em painel sinótico. As saídas podem ser acionadas ou não, de acordo com as variáveis de entrada e o programa. Podem ser utilizados como variáveis de saída as contadores, válvulas solenoides, lâmpadas, inversores, entre outros.

O programa é uma sequência específica de instruções selecionadas de um conjunto de opções oferecidas pelo CLP em uso e, que efetuam as ações de controle desejadas, ativando ou não as memórias internas e os pontos de saída, a partir da monitoração do estado das mesmas memórias internas e/ou dos pontos de entrada do CLP (SILVEIRA E SANTOS, 2010).

2.3 LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO

Para que os programadores pudessem programar com os CLPs, foram desenvolvidas durante o tempo, diversas Linguagens de Programação.

A linguagem de programação é um conjunto padronizado de instruções que o sistema computacional é capaz de reconhecer. Nos últimos anos, houve grande avanço nas linguagens de programação, visando atender aos mais diversos setores.

A norma IEC 61131-3 padronizou cinco linguagens de programação, sendo duas textuais: Texto Estruturado (ST – *StructuredText*), Lista de Instruções (IL – *InstructionList*), e três gráficas: Linguagem *Ladder*(LD – *LadderDiagram*), Seqüenciamento Gráfico de Funções (SFC – *System Function Chart*) e Diagrama de Blocos de Funções (FBD – *FunctionBlockDiagram*), que serão descritas a seguir:

A linguagem Texto Estruturado, é um algoritmo textual de alto nível, inspirada na linguagem Pascal (instruções condicionais – IF / THEN / ELSE e CASE OF – e instruções de interações – FOR, WHILE e REPEAT). É a mais recomendada para aplicações complexas que envolvam a descrição de comportamento sequencial.

A Lista de Instruções é inspirada na linguagem *Assembly*. Textual e sequencial funciona por meio de instruções, que são separadas por vírgulas. Esta linguagem é indicada para CLPs de pequeno porte ou para processos simples.

Atualmente está entrando em desuso.

Na linguagem Diagrama de Blocos de Funções, a lógica de programação é feita por blocos interligados, parecidos com os usados em eletrônica digital (AND, OR, NOT). Esta linguagem permite desenvolver o *software* de forma hierárquica e modular, pois podem ser construídos blocos de funções mais complexos a partir de menores e mais simples. É considerada poderosa e versátil.

A Linguagem *Ladder* é baseada na lógica de relés e contatos elétricos para a realização da lógica de comando. Esta linguagem é a mais difundida e encontrada em quase todos os CLPs da geração atual, utilizando símbolos como bobinas e os contatos. Os contatos são colocados em linha horizontal e representam as condições que serão avaliadas de acordo com a lógica. As bobinas representam o controle de uma saída ou memórias internas.

O Sequenciamento Gráfico de Funções permite a descrição de ações sequenciais, paralelas e alternativas numa aplicação de controle. É descendente do *Grafcet*, portanto, fornece meios para estruturar uma unidade de organização de um programa num conjunto de etapas separadas por transições. Cada etapa está associada a um conjunto de ações. Cada transição está associada a uma receptividade, que tendo a transposição satisfeita, muda de transição e o sistema evolui para a etapa seguinte. Esta linguagem é mais usada para CLP's de grande porte, ideal para processos sequenciais (FRANCHI e CAMARGO, 2008).

2.4 MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO

Para a movimentação dos vários componentes da máquina foram utilizados motores de indução, devido à sua robustez, sua simplicidade e seu baixo custo operacional.

2.4.1 Princípio de Funcionamento

Conforme Figura 2 (B), uma corrente elétrica, passando por um condutor, produz um campo magnético ao redor do condutor, semelhante às linhas de força de

um ímã, ou seja, vai se constituir em um eletroímã, é o caso do estator que ao ser percorrido por uma corrente alternada gera um campo magnético constante e girante que pode ser visto em uma vista superior em corte na Figura 2 (A).

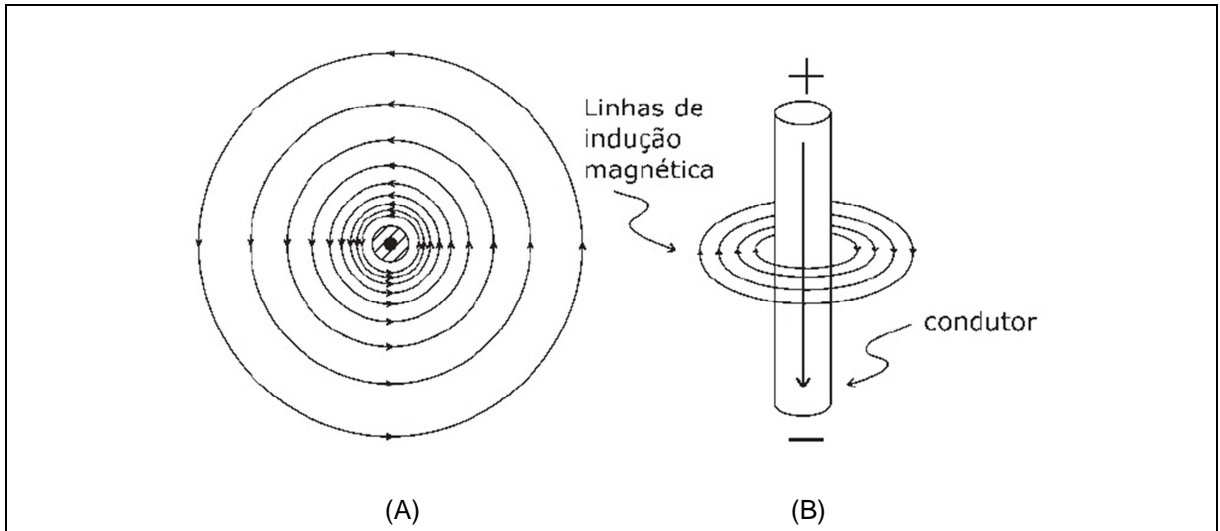


Figura 2 – Campo magnético constante e girante
Fonte: WEG (2013)

De acordo com a Figura 3, suponha-se que um condutor em um circuito fechado, colocado em um campo magnético, a superfície determinada pelo condutor é atravessada por um fluxo magnético. Se, por uma causa qualquer esse fluxo variar, aparecerá no condutor uma corrente elétrica. Esse fenômeno é chamado indução eletromagnética é o que acontece com o rotor do motor que pode ser formado por bobinas (rotor bobinado) ou por barras condutoras curto-circuitadas por anéis (rotor gaiola de esquilo). Ao ficar imerso no campo magnético girante criado pelo estator aparecerá nele uma corrente elétrica.

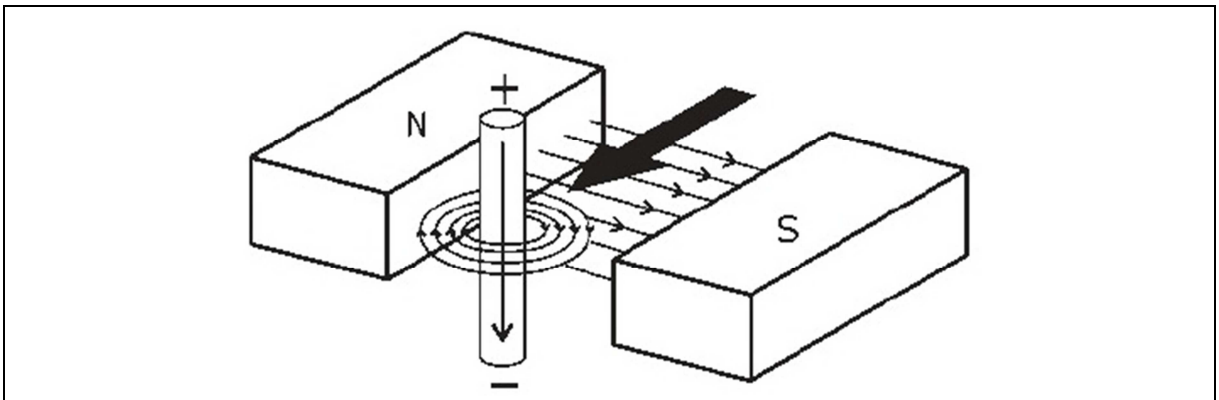


Figura 3 – Corrente elétrica
Fonte: WEG (2013)

Conforme a Figura 4, um condutor, percorrido por corrente elétrica, colocado em um campo magnético, fica sujeito a uma força, que é a força que faz com o rotor entre em movimento.

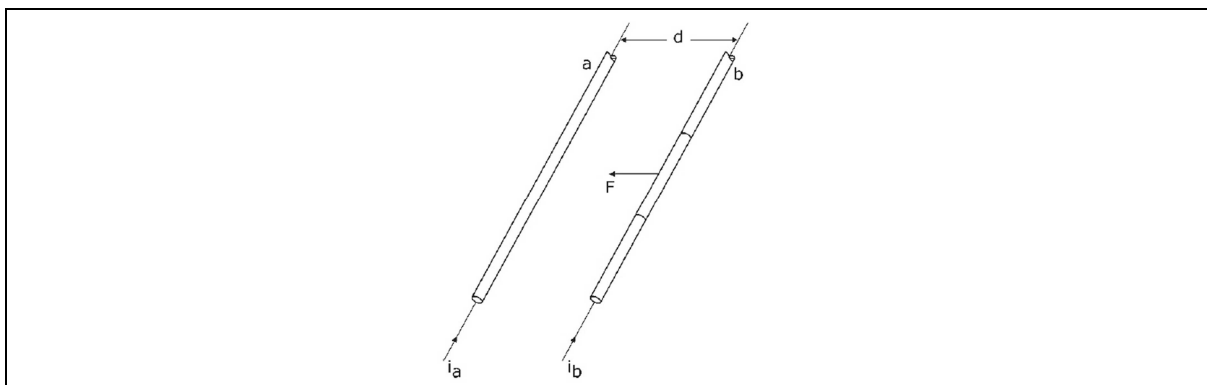


Figura 4 – Condutor percorrido por corrente elétrica

Fonte: WEG (2013)

Na Figura 5, os pontos identificados com os números 1 a 7, correspondem aos momentos em que a tensão de uma das três fases é igual a zero. Na figura pode-se ver que a resultante destes vetores está girando (campo girante) com uma velocidade determinada pela frequência e ao número de polos do motor.

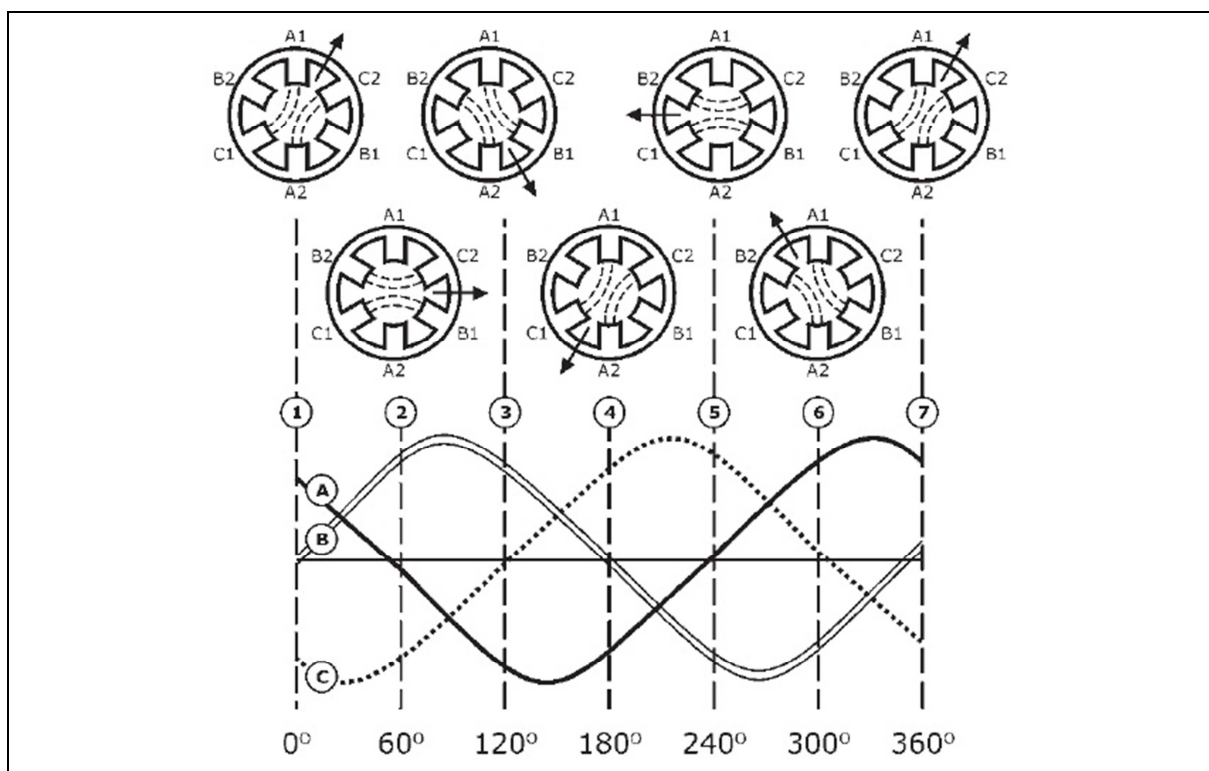


Figura 5 – Resultado dos vetores

Fonte: WEG (2010)

O campo produzido no rotor pelo estator, se alinha com o vetor resultante das fases que apresentarem os maiores valores, por exemplo, no primeiro passo as fases A e C apresentam os maiores valores, assim neste instante o campo do rotor estará alinhado entre as fases A e C. Com o passar do tempo e todas as fases avançarem 60° no tempo, as fases B e C assumem os maiores valores assim o vetor resultante estará entre as bobinas B e C assim o campo do rotor se alinhará com estes, com o tempo as fases vão variando seus valores em forma de senoide, produzindo um campo girante.

A velocidade em que este campo gira é chamada de velocidade síncrona, que depende da frequência da tensão de alimentação e do número de polos do motor. Ela pode ser calculada pela Equação (1).

$$n_s = \frac{120 \times f}{p} \quad (1)$$

Onde:

n_s = velocidade síncrona;

f = frequência de alimentação.

p = número de polos do motor.

O rotor, por sua vez, tende a acompanhar a velocidade síncrona, porém se o rotor girasse na mesma velocidade do campo girante, o campo magnético criado pelo estator em relação aos condutores do rotor não seria variável. O campo, não sendo variável, não induzirá corrente no rotor, não havendo a força geradora do torque. Então a velocidade em que o rotor gira é sempre menor que a velocidade síncrona, e é dada pela Equação (2).

$$n = \frac{120 \cdot f \cdot (1 - s)}{p} \quad (2)$$

Onde:

n = velocidade em rotações por minutos;

f = frequência da rede em Hertz;

s = escorregamento;

p = nº de polos.

Quando a velocidade do rotor se aproxima da velocidade síncrona o torque produzido diminuirá, fazendo diminuir também a velocidade do rotor. Existirá então um ponto de equilíbrio entre a carga do motor e a velocidade do rotor. Se a carga no eixo do motor aumenta, a velocidade do rotor tenderá a diminuir, e o escorregamento aumentará. Se o escorregamento aumenta, a velocidade com que as linhas de indução do campo magnético do rotor “cortam” o estator aumentará, aumentando também a tensão e corrente induzida no rotor. Se a corrente é maior, o campo magnético gerado por esta também será maior, aumentando assim o torque disponível no eixo do motor, chegando novamente numa condição de equilíbrio. Se o torque requerido pela carga é maior que o nominal do motor, e se esta condição é mantida por muito tempo, a corrente do motor será maior que a nominal e o motor será danificado.

A Figura 6 mostra os principais componentes de um motor de indução. O estator é composto pela carcaça (1), núcleo de chapas (2) e o enrolamento trifásico (8). O rotor é composto pelo eixo (7), núcleo de chapas (3), barras e anéis de curto-circuito (12). As outras partes são as tampas (4), ventilador (5), proteção do ventilador (6), caixa de ligação (9), terminais (10) e rolamentos (11).

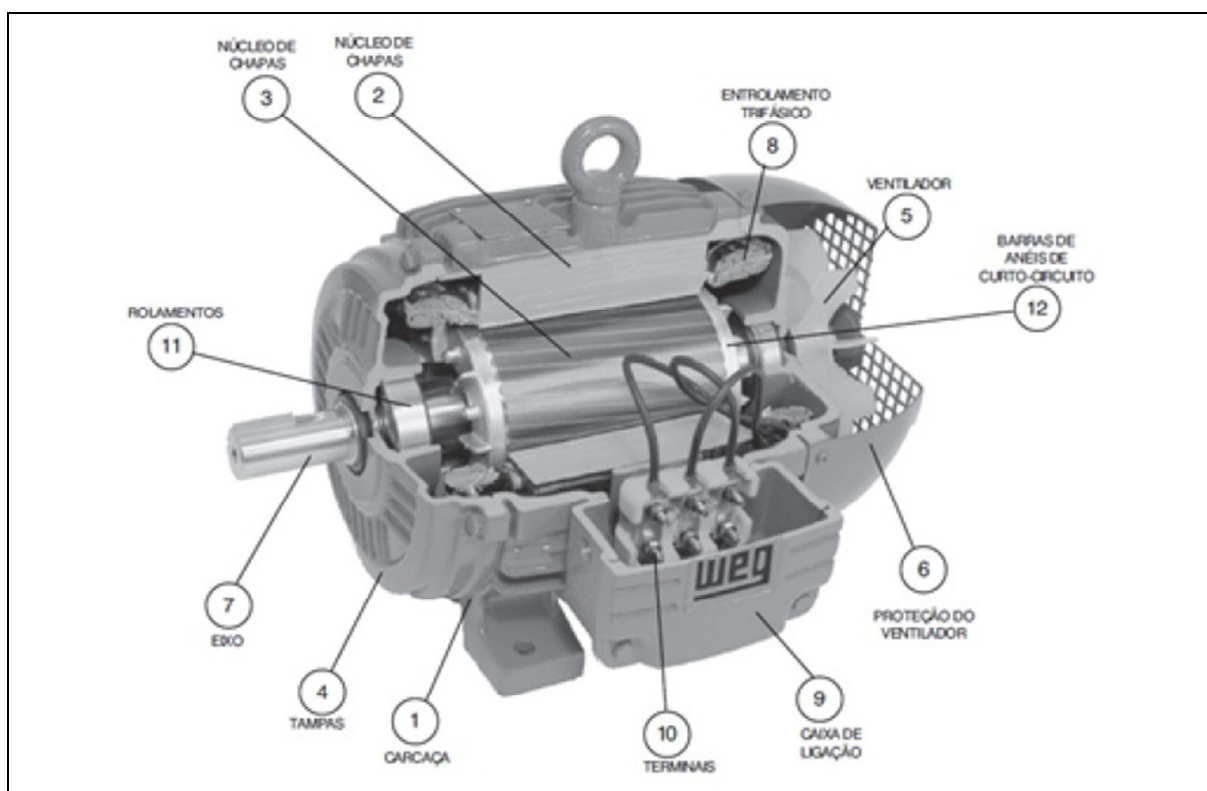


Figura 6 – Componentes do motor
Fonte: WEG (2013)

A carcaça do motor é feita de tal forma a facilitar a troca térmica, e fornecer resistência mecânica para as diversas aplicações. O núcleo é feito de chapas que diminuem as perdas, o enrolamento é feito de fios de cobre de baixa resistência, o rotor é feito com liga de alumínio e contem os anéis de curto circuito para fechar o circuito, as tampas são construídas de ferro fundido e motores IP67, contém retentores, para impedir a entrada de sujeira e água. O ventilador é conectado ao eixo juntamente com a tampa defletora traseira e o formato da sua hélice e a carcaça possibilita a refrigeração do motor quando ele estiver ligado. Os terminais são de fácil acesso e permitem versatilidade na conexão e desconexão.

2.5 INVERSOR DE FREQUÊNCIA

Um inversor de frequência é um dispositivo capaz de gerar uma tensão de saída trifásica com frequência ajustável, com a finalidade de controlar a velocidade de um motor de indução. Ele é um dos principais dispositivos da automação industrial. De acordo com Capelli (2008) a função do inversor de frequência é controlar a velocidade e torque do motor de corrente alternada através de um comando eletrônico. Os inversores se constituem numa das melhores soluções para variação de velocidade de motores na indústria.

Um inversor de frequência é composto basicamente por um bloco retificador, filtro, inversor e unidade de controle. A Figura 7 mostra resumidamente o diagrama em blocos de um inversor de frequência.

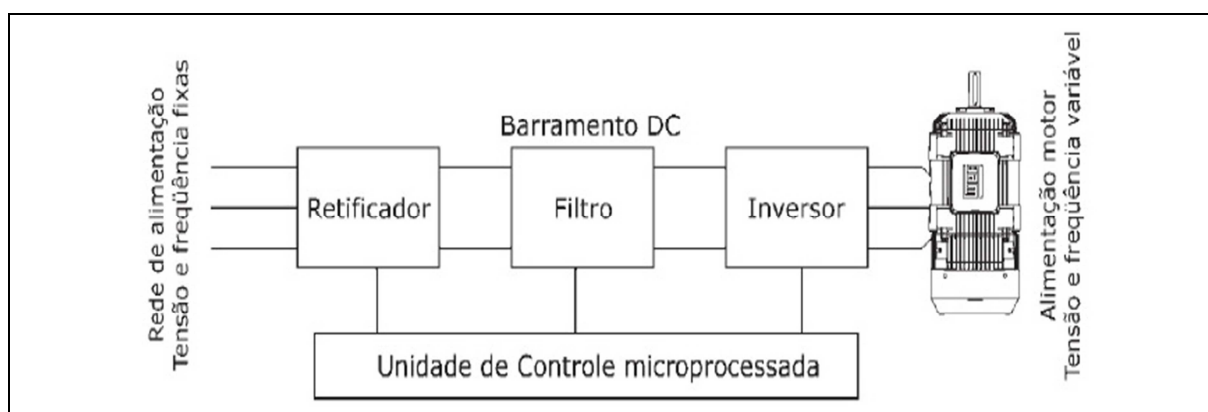


Figura 7 – Diagrama de blocos do inversor de frequência
Fonte: WEG (2013)

O retificador é responsável por transformar a tensão alternada V_{CA} da rede, em tensão contínua V_{CC} , que é posteriormente filtrada por capacitores e introduzida no bloco seguinte, chamado de Inversor. O inversor é formado por seis chaves, como mostra a Figura 8.

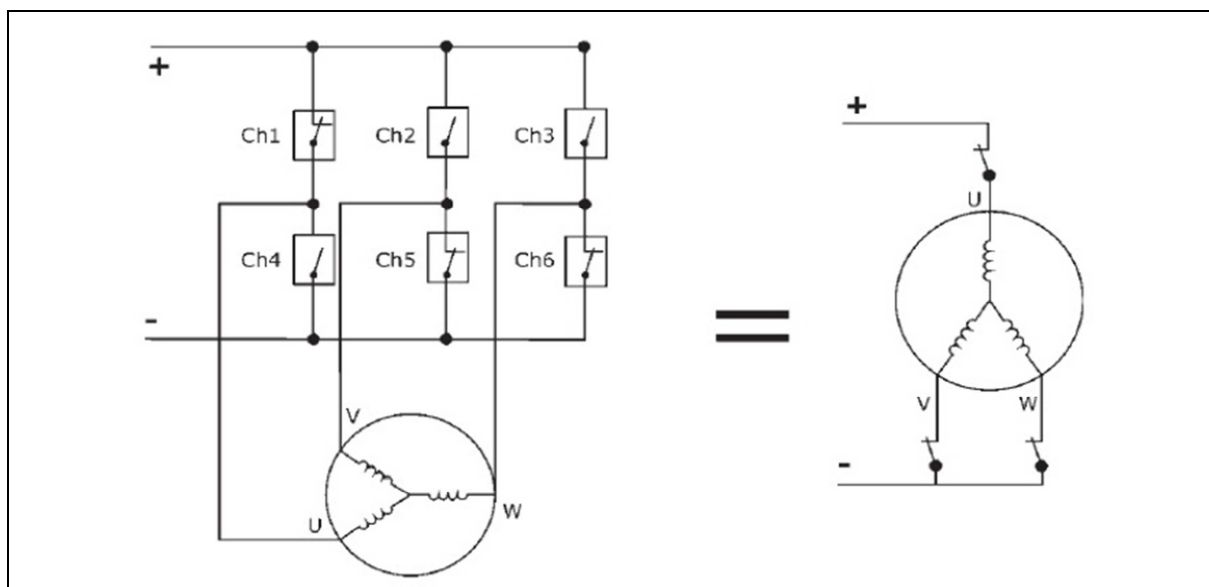


Figura 8 – Configuração das chaves do inversor de frequência
Fonte: WEG (2013)

Conforme o acionamento sequencial das chaves, pode se obter na saída do inversor formas de onda de diferentes frequências. Nos inversores são utilizados transistores de potência, comumente o Transistor Bipolar com Porta Isolada (IGBT, do inglês *Insulated Gate Bipolar Transistor*).

Os inversores de frequência utilizam normalmente, para acionamento das chaves, uma estratégia chamada de Modulação por Largura de Pulsos (PWM do inglês *Pulse Width Modulation*). Esta estratégia permite a geração de ondas senoidais de frequência variável com resolução de até 0,01 Hz.

2.6 SENSORES

Os sensores são componentes eletrônicos ou mecânicos praticamente utilizados em toda indústria, além de estarem presentes no dia-a-dia nas mais variadas situações como carros, portas automáticas, elevadores, entre outros. Esse

componente está presente em todos os tipos de automação, seja industrial, predial ou comercial (CAPELLI, 2008).

Em diversos processo é necessário que se saiba ao longo do equipamento onde estão localizados os produtos para poder fazer o controle e acionar os equipamentos para que possa posiciona-los de maneira correta ao longo da linha ou instalação. Identificar onde estão localizados ao longo do equipamento os produtos as serem processados.

2.6.1 Sensor Chave Fim de Curso

Para fazer o controle dos processos é necessário obter informações do estado que se encontra ou da posição que se encontram as partes das máquinas ou peças a serem processadas.

A chave fim de curso permite fazer a leitura de algumas destas informações e transformá-las em sinais elétricos que possam ser processados por sistemas de controle, como um CLP.

A chave fim de curso detecta o movimento a partir de pouco esforço físico, assim aciona seus contatos com o menor esforço que nela for aplicada, ela também se caracteriza por ter uma alta durabilidade, normalmente superior a 1 milhão de ciclos. Alguns exemplos de sensor fim de curso podem ser vistos na Figura 10 (SIEMENS, 2013).



Figura 9 – Exemplos de sensor fim de curso
Fonte: Siemens (2013)

2.6.2 Sensor De Temperatura

Os sensores de temperatura, a serem apresentados neste texto, são transdutores que convertem a grandeza física temperatura em um sinal elétrico que será fornecido a um CLP.

São vários os tipos de sensores existentes utilizados na indústria, variando sua aplicação de acordo com suas características.

Sensores bifilares ou termopares são sensores que produzem uma tensão conforme a variação da temperatura. Esses sensores são amplamente utilizados na indústria devido a sua linearidade, repetibilidade, grande faixa de medição, e robustez. Podem ser de vários tipos variando os materiais de sua junção, como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Tipos de Termopares

Tipo E	Tipo J	Tipo K	Tipo R	Tipo S	Tiopo T
Niquel-Cromo(+) Vs Cobre-Niquel(-)	Ferro(+) Versus Cobre-Niquel(-)	Niquel-Cromo(+) Versus Niquel- Aluminio(-)	Platina 13% Ródio Versus Platina(-)	Platina – 10% Ródio(+) Versus Platina(-)	Cobre(+) Versus Cobre-Niquel(-)
-100°C a 1000°C ±5°C 9ª ordem	0°C a 760°C ±0,1 5ª ordem	0°C a 1370°C ±0,7°C 8ª ordem	0°C a 1000°C±0,5°C 8ª ordem	0°C a 1750°C ±1°C 9ª ordem	-160°C a 400°C ±0,5°C 7ª ordem

Fonte: Adaptado de IOPE (2014).

As termoresistências são instrumentos que variam a sua resistência conforme a temperatura. Por norma elas são classificadas pela resistência que apresentam a temperatura de zero grau célsius, por exemplo, uma termoresistência PT-100 apresenta 100 Ω à 0 °C (IOPE, 2014).

2.7 FABRICAÇÃO MECÂNICA DOS ANTEPAROS FILTRANTES

Na fabricação dos novos anteparos filtrantes é utilizado em sua maior parte o aço INOX. Para trabalhar com este material serão usados alguns processos de fabricação industriais tradicionais, como o corte a plasma, soldagem, furação e dobramento.

2.7.1 O Corte a Plasma

O gás de corte flui pelo centro que contém o eletrodo negativo, um toque da tocha no metal produz um arco-elétrico que ioniza o gás, formando o plasma. Desde que ele é condutor, a corrente elétrica e o fluxo do gás mantêm o processo. Um gás protetor é injetado em torno da área de corte para prevenir oxidação e também proporcionar certa regulagem da largura do corte. A alta temperatura do plasma funde o metal, produzindo o corte visualizado na Figura 11.

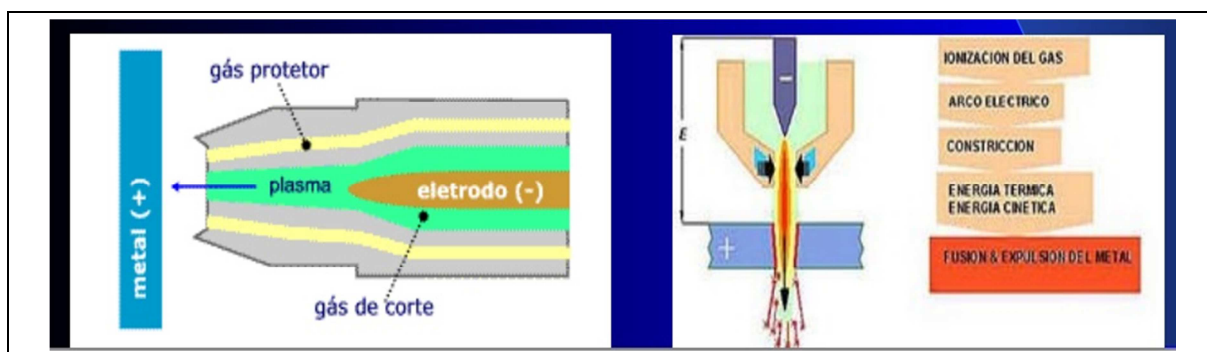


Figura 10 – Esquematização do corte a plasma
Fonte: Tobiasmugge (2013).

No processo de corte a plasma, o material-base é fundido e, parcialmente vaporizado, antes de ser removido para fora da área de corte pela força do jato plasma. Algumas vantagens apresentadas por Angeli (2011) são:

- Economia de gás oxi-combustível e oxigênio.
- Maior velocidade de corte.
- Corte mais limpo sem rebarbas, resultando num melhor acabamento.
- Utilização em latão, alumínio, aço inox, ferro carbono, etc.
- Facilidade operacional porque o corte á plasma é de fácil aprendizagem.

2.7.2 Soldagem

Existem várias definições de solda, segundo diferentes normas. A solda pode ser definida como uma união de peças metálicas, cujas superfícies se

tornaram plásticas ou liquefeitas, por ação de calor ou de pressão, ou mesmo de ambos (ABRAMAN, 1996). Poderá ou não ser empregado metal de adição para se executar efetivamente a união.

Na soldagem, os materiais das peças devem ser se possível igual ou no mínimo, semelhante em termos de composição. As peças podem unidas através de um material de adição, também igual em termos de características, pois os materiais se fundem na região da solda. O metal de adição deve ter uma temperatura de fusão próxima àquela do metal-base ou, então, um pouco abaixo dela, caso contrário, ocorrerá uma deformação plástica significativa.

2.7.2.1 Soldagem a arco elétrico com proteção gasosa (TIG)

São frequentemente chamados de Heliarc, Heliwelding e Argonarc, nomes derivados da combinação entre o arco e o gás. Os gases normalmente empregados são o argônio ou o hélio, que têm a função de proteger o metal em estado de fusão contra a contaminação de outros gases da atmosfera, tais como o oxigênio e o nitrogênio Figura. 11.

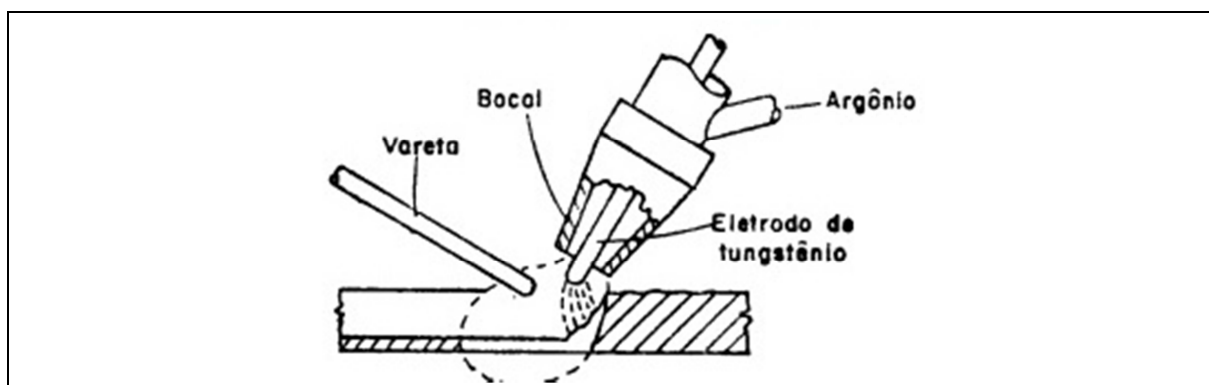


Figura 11 – Esquemática da soldagem TIG
Fonte: Abraman (1996)

O calor necessário para a soldagem provém de um arco-elétrico estabelecido entre um eletrodo de tungstênio (não consumível) e o metal-base. O processo TIG difere da solda convencional e do MIG, pois o eletrodo não se funde e não deposita material. Quando necessário, pode-se utilizar metal de adição. É normalmente utilizado para todos os aço, aços inoxidáveis, ferro fundido, ligas

resistentes ao calor, cobre, latão, prata, ligas de titânio, alumínio e suas ligas (ABRAMAN,1996).

2.8 FURAÇÃO

A furação é um processo de usinagem que tem por objetivo a geração de furos, na maioria das vezes cilíndricos, em uma peça, através do movimento relativo de rotação entre a peça e a ferramenta, denominada broca. A continuidade da retirada de material é garantida pelo movimento relativo de avanço entre a peça e a ferramenta, que ocorre segundo uma trajetória coincidente ou paralela ao eixo longitudinal da ferramenta.

A broca é constituída de uma aresta de corte, que tem o formato de cunha, assim o torque produzido pela furadeira é concentrado em um único ponto, que faz com que se eleve a pressão neste ponto e acaba por gerar o cisalhamento do material a ser retirado da peça (STOETERAU, 2013).

A furação é, geralmente, o método de usinagem mais eficiente e econômico para executar um furo em um metal sólido e, frequentemente, é realizada em conjunto com outras operações de usinagem.

A ferramenta utilizada no processo de furação é a broca. A broca mais comum utilizada na furação é a broca helicoidal, mas existe um grande número de tipos de brocas para as mais diversas aplicações. Na Figura 12 podem ser observados alguns detalhes construtivos de uma broca helicoidal.

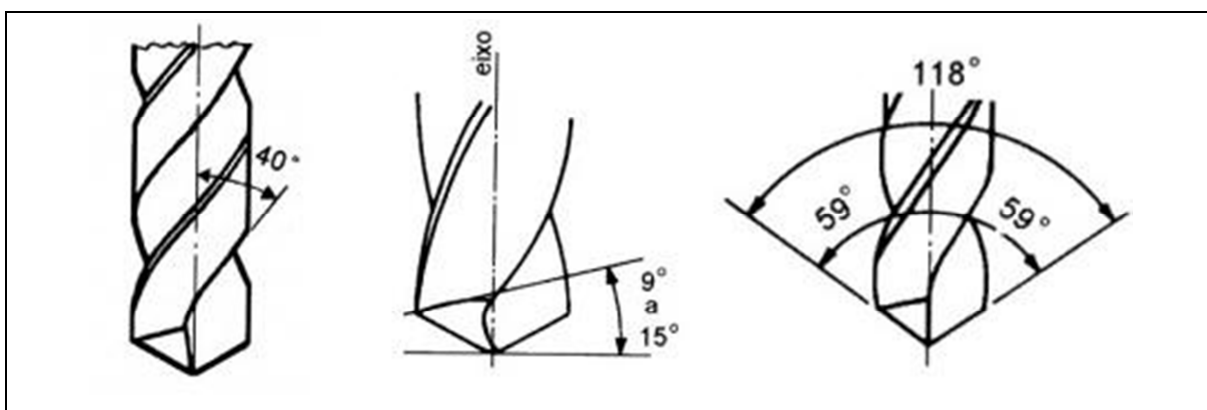


Figura 12 – Ângulos de corte
Fonte: Stoeterau (2013).

Atualmente existem brocas com insertos intercambiáveis, com canais de refrigeração e de materiais mais resistentes que o tradicional aço rápido. O equipamento utilizado para executar a furação é a furadeira. Estas máquinas têm como função principal a execução de furos, mas outras operações, tais como alargamento e rebaixamento, também podem ser realizadas. As furadeiras possuem um motor que aplica uma rotação a uma ou mais brocas que são responsáveis pela remoção do material através da aresta de corte da broca.

Segundo Stoeterau (2013) na escolha da furadeira mais adequada para cada trabalho a ser realizado devem ser avaliados os seguintes aspectos:

- Forma da peça;
- Dimensões da peça;
- Número de furos a serem abertos;
- Quantidade de peças a serem produzidas;
- Diversidade no diâmetro dos furos de uma mesma peça;
- Tolerâncias requeridas para a peça.

2.9 DOBRA

O dobramento é usualmente definido como a deformação plástica de uma chapa metálica ao longo de uma linha reta. A operação de dobramento pode ser considerada como um sistema com sete componentes: produto peça/material, equipamento, punção/matriz, zona de deformação, interface e ambiente (WEISS, 2012). Uma ilustração do processo de dobra pode ser visualizada na Figura 13.

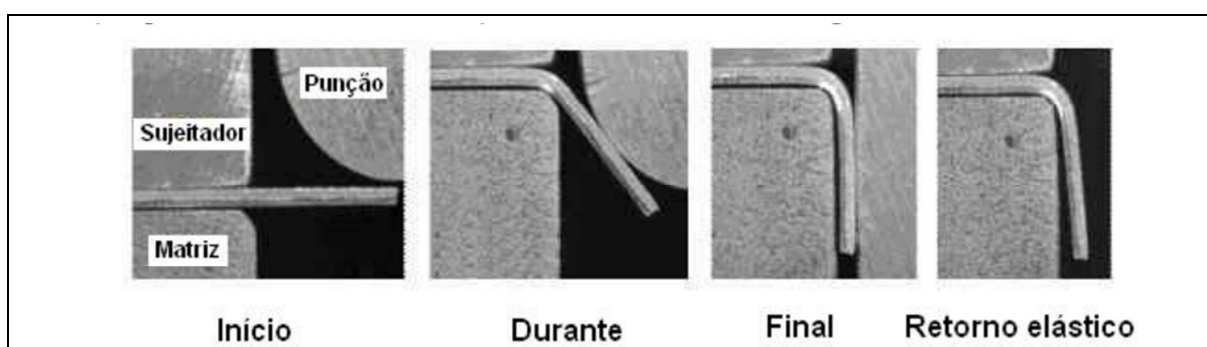


Figura 13 – Processo sequencial de dobramento de chapas metálicas
Fonte: Marcondes (2013).

O dobramento não é somente usado para produzir geometrias funcionais tais como bordas, flanges, curvas, emendas e corrugação, mas também para elevar a rigidez das peças aumentando o momento seccional transversal de inércia (MARCONDES, 2013).

2.10 CONTROLADOR DE TEMPERATURA DA ÁGUA

Em diversos processos industriais é necessário que a temperatura fique em certo valor para que se possa fazer o processamento do produto ou executar a atividade de maneira satisfatória, como estufas, tanques de água, câmaras frias.

O termostato digital basicamente é um equipamento que liga e desliga algum equipamento baseado nas comparações da temperatura que se encontra o ambiente a ser controlado e os níveis de *set-points* configurados dentro do programa do controlador. Assim fazendo com que a temperatura não varie além desses limites estabelecidos através do acionamento de elemento que permite fazer a intervenção no equipamento corrigindo a temperatura.

Permite fazer o chaveamento da abertura de válvulas, acionamento de bombas, acionamento de resistores etc. dependendo do fabricante possibilita fazer o controle de acordo com a rampa de temperatura (ISSEP, 2009/2010).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 DIAGRAMAS ELÉTRICOS

Para fazer a automação do processo, definiu-se como deveriam ser feitas as ligações físicas do sistema de automação. Estas se basearam primeiramente na tensão da rede elétrica da Frimesa e nas especificações do controlador LOGO! A alimentação do CLP e de todo comando foi feito em 24 V_{CC}, proveniente de uma fonte 24 V_{CC}. No modo automático o acionamento dos motores da maquina é feito pelos comandos através da leitura dos sensores fim de curso, como visualizado na Figura 14.

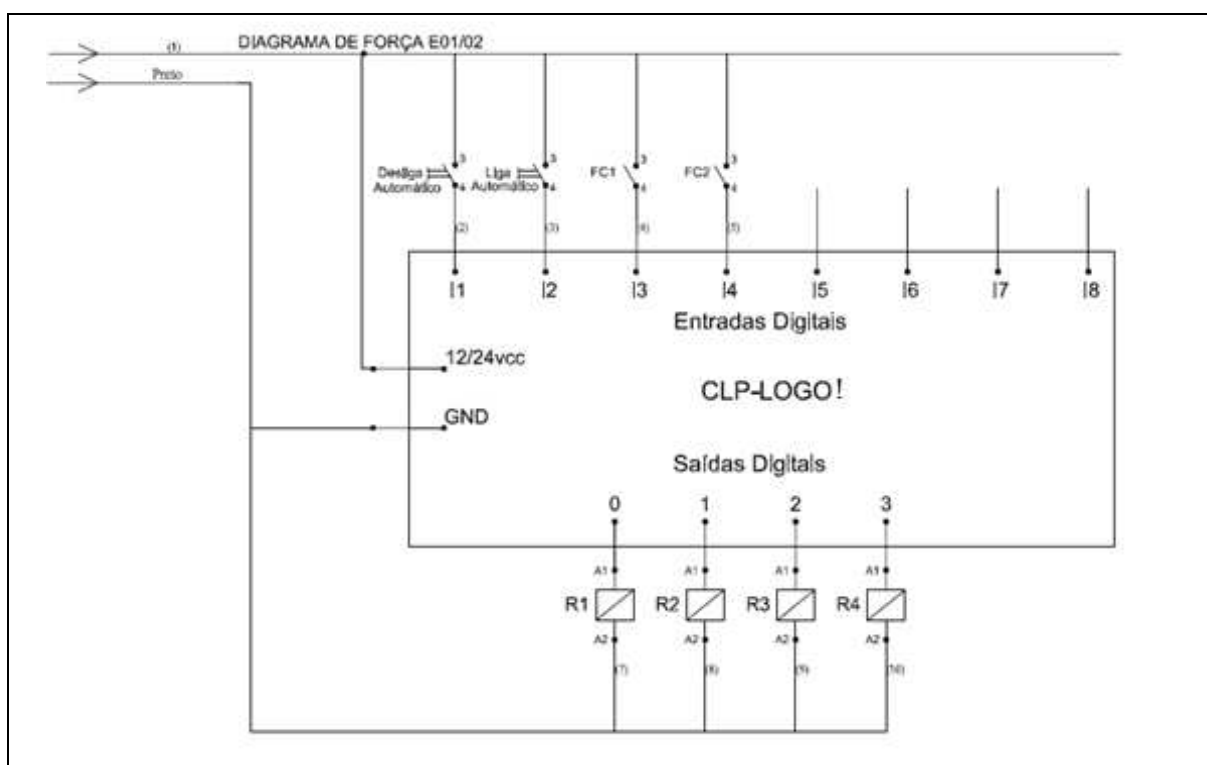


Figura 14 – Diagrama de comando conexões ao CLP LOGO!
 Fonte: fonte

No modo manual todas as máquinas são ligadas e desligadas por botões liga/desliga, o sistema conta com um botão de emergência que interrompe a fase que chega ao comando dos sistemas manual e automático. O projeto completo encontra-se no Apêndice A.

3.2 PROGRAMA CLP LOGO

Para o desenvolvimento da programação, primeiramente foram levantadas todas as entradas e as saídas necessárias para o funcionamento do programa, que podem ser observadas na Tabela 2. Após isso, se elaborou a lógica do funcionamento do programa.

Tabela 2 – Entradas, saídas e equipamentos utilizados

Entradas e Saídas	Equipamento relacionado
Saída Q1	Bombas zona suja
Saída Q2	Bombas Zona limpa
Saída Q3	Inversor do motor da esteira
Saída Q4	Exaustores
Entrada 1	Liga automático
Entrada 2	Liga manual
Entrada 3	Sensor fim de curso 1
Entrada 4	Sensor fim de curso 2

Fonte: Autores

A proposta principal da programação é reduzir o tempo que a esteira e as bombas ficam ligadas, e que este comando seja automático. Pensando nisso foi idealizado um desenho em que a máquina permaneça ligada somente nos momentos em que as bacias estiverem circulando pela máquina, e não continuamente.

Desta forma, foram instalados dois sensores fim de curso, com o intuito de identificar quando há bacias circulando por dentro da máquina. O sensor fim de curso 1, observado na Figura 15, aciona (conforme a lógica do programa) as bombas 1 e 2 localizadas na zona suja da máquina, juntamente com a esteira. Caso este sensor fim de curso não seja acionado em um período de 30 segundos o CLP irá desligar a esteira e as bombas 1 e 2.

Ao sensor fim de curso 2 ser acionado, as bombas 3 e 4 localizadas na zona limpa juntamente com a esteira são acionadas pelo programa. Caso este não seja acionado, em um período de 30 s, o CLP desligará a esteira e as bombas 3 e 4.

Os exaustores são ligados permanentemente, para manter a pressão negativa sobre a máquina de lavar, pois a água que permanece quente todo o período libera constantemente vapores que devem ser retirados do local.

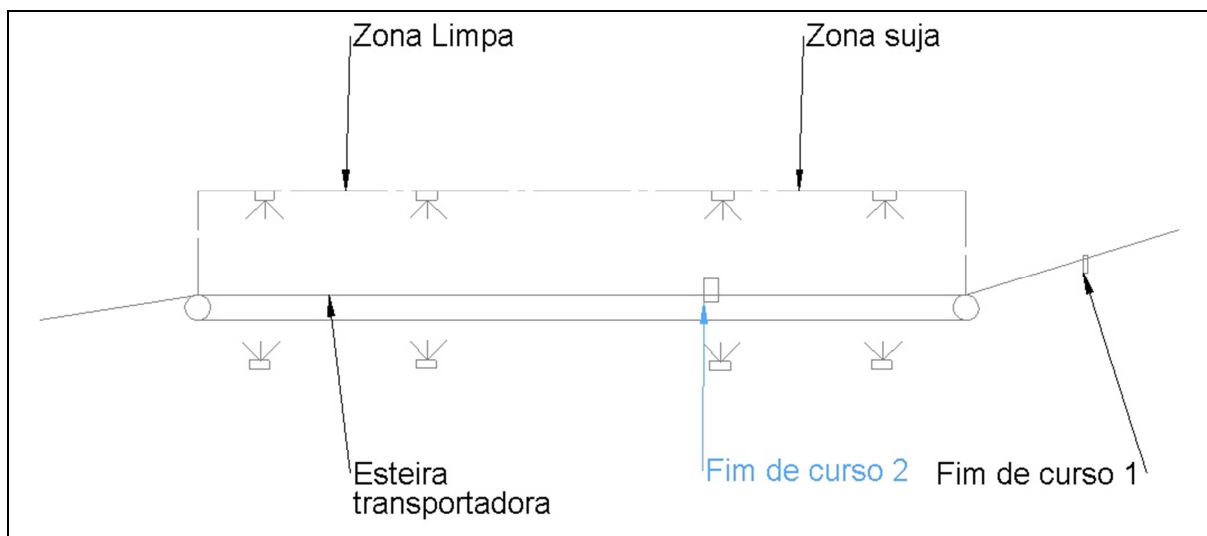


Figura 15 – Perfil em corte esquemático da máquina de lavar bacias
Fonte: Autor

O sensor fim de curso 1 está posicionado antes da entrada da máquina (mostrado na Figura 16), para que quando a caixa entrar na máquina a pressão já esteja estabelecida. O mesmo ocorre para o fim de curso 2, que aciona a zona limpa. Este será posicionado dentro da zona suja, a fim de que, ao entrar a bacia na zona limpa a pressão já esteja estabelecida.



Figura 16 – Sensor fim de curso 1 instalado
Fonte: Autor

Ao apertar o botão automático é habilitado que os sensores fim de curso liguem as saídas e consequentemente os motores e os exaustores. Ao apertar o botão manual cada motor é ligado manualmente por botoeiras de liga desliga. Caso o botão de emergência seja pressionado, tanto no modo automático como no modo

manual, todos os motores ficam impedidos de serem acionados pelas contadoras.

A programação foi elaborada no software LOGO! Soft Comfort 7, que é o programa desenvolvido pela Siemens. A programação utiliza os blocos lógicos disponibilizados, que permitem a elaboração do programa em Diagrama de Blocos de Funções ou em Linguagem *Ladder*, além disso, permite fazer a conversão de um método para outro e realizar a simulação. A programação foi elaborada no método de Diagrama de Blocos de Funções, e pode ser visualizada na Figura 17.

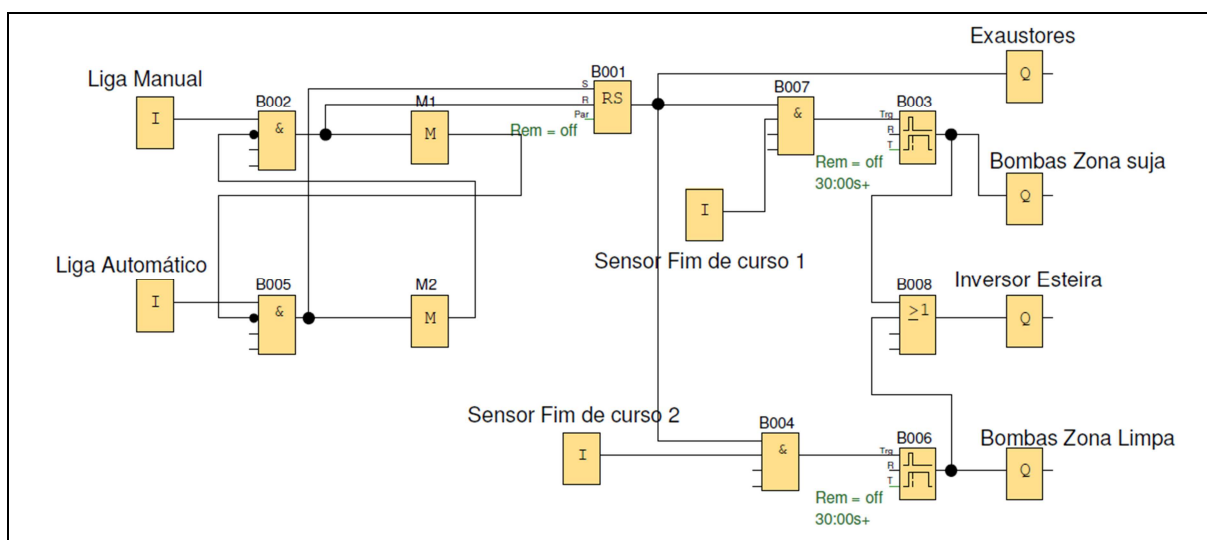


Figura 17 – Diagrama de blocos do programa de controle

Fonte: Autores

Para fazer a seleção entre o manual e o automático, foi montado um flip-flop juntamente com um bloco de *set-rest*. Ao ligar o modo automático são liberadas, através da saída, as duas funções B007 e B004.

Quando é habilitado o modo automático, o exaustor fica ligado permanentemente, pois é necessária a retirada dos vapores da água que fica permanentemente no ambiente, a saída que aciona o inversor da esteira sempre estará ligada quando alguma das bombas estiver ligada por uma função OU.

Foi atribuído o intervalo de tempo de 30 segundos para que uma bacia possa sair da máquina na menor frequência de operação, pois na menor velocidade a esteira irá se deslocar 10 metros por minuto. Em 30 segundos a esteira irá se deslocar 5 metros, sendo que o fim de curso 2 (que liga a zona limpa e a esteira) está posicionado a 3 metros da saída. Desta forma, a bacia saí da máquina e se movimenta por 2 metros, garantindo assim, que nenhuma bacia fique parada dentro da máquina.

No modo manual o flip-flop é resetado, não permitindo o acionamento das saídas pelo CLP. Para garantir isso foi montada uma lógica de seleção no diagrama elétrico com um contato da saída do exaustor, ou seja, quando o modo automático está ligado a saída do exaustor abre o contato que dá acesso ao acionamento dos motores pelas botoeiras e aciona um contato que libera o acionamento por parte dos contatos da saída do CLP, isto pode ser visualizado no Apêndice A.

3.3 CONTROLADOR DE TEMPERATURA

Para manter a temperatura da água da máquina no valor recomendado (que é de 80°C), é injetado vapor, diretamente na água, proveniente da rede da indústria. Mas para manter a temperatura neste valor é necessário que seja fornecido vapor quando a temperatura estiver abaixo de 80°C e que seja interrompido o fornecimento quando a temperatura ultrapassar os 80°C. A função de identificar a temperatura é executada por termostatos.

Até então a máquina contava com um termostato analógico, que já não estava funcionando corretamente, por isso optou-se por instalar um termostato digital. Com sua instalação foi possível aumentar a confiabilidade da medição e permitir um controle mais preciso da temperatura.

O termostato digital escolhido foi o controlador da Novus n480d, mostrado na Figura 18, que é amplamente utilizado na indústria.



Figura 18 – Controlador de temperatura novus n480d
Fonte: Novus (2013)

Para a sua instalação foi seguido o diagrama fornecido pelo fabricante, Figura 19, onde na saída OUT A, foi conectada a bobina da válvula solenóide que aciona o vapor. já disponível na máquina. Nos terminais 10, 11 e 12 foram conectados os terminais do sensor pt100 com resolução de 1°C. A tensão de alimentação do termostato provém da rede de comando da máquina.

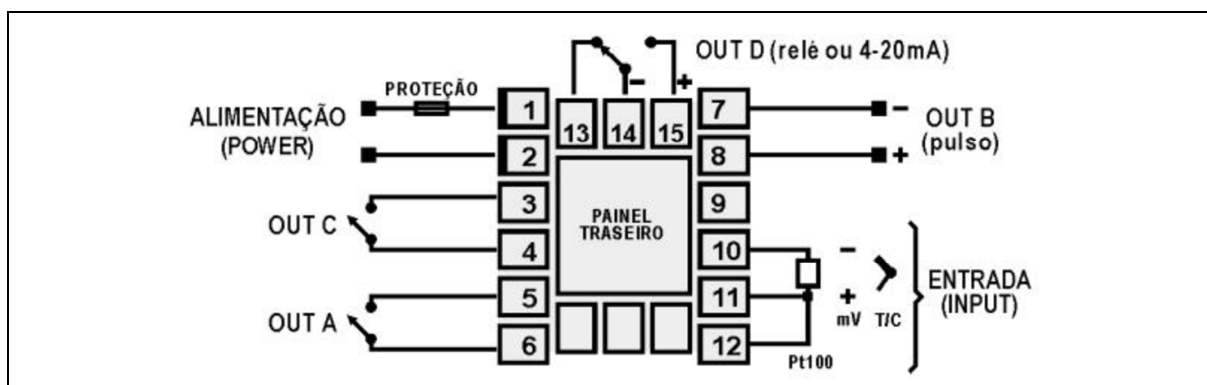


Figura 19 – Conexões aos terminais do controlador n480d
Fonte: Novus (2013)

A programação do controlador está descrita na Tabela 3. As configurações utilizadas são para ativar internamente as conexões realizadas externamente. Na função *action* foi selecionada a ação reversão, ou seja, ela desliga ao atingir o valor que foi incrementado.

Tabela 3 – Parâmetros do controlador e configuração realizada

Parâmetro	Configuração
Type	4- pt100 com resolução de 1°C
Unit	0-Graus Celsius °C
Action	Ação reversa-utilizada para aquecimento
Out A	0-Define OUTA como saída de controle
SP LowLimit, mínimo valor configurável	70
SP High Limit, máximo valor configurável	90
OFF Set	+2

Fonte: Autores

Na função *OFF-Set* foi selecionado o incremento de + 2°C, pois para e fetuar a calibração foi fornecida ao sensor uma excitação de valor conhecido, proveniente de um copo com gelo que produz uma temperatura teórica de 0 °C. O procedimento de calibração realizado pode ser observado na Figura 20.

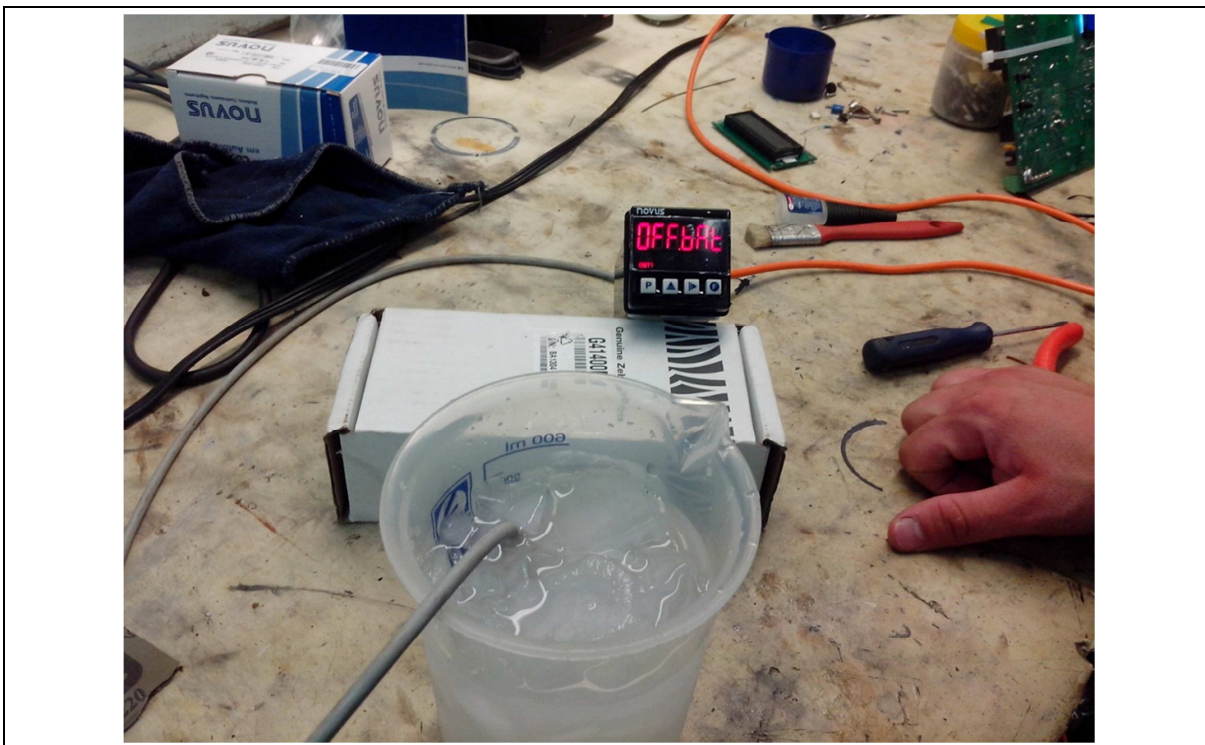


Figura 20 – Sensor em um copo com gelo
Fonte: Autores

Foi constatado no visor do controlador que a temperatura ficou e -2°C assim para corrigir esta leitura incorreta selecionou-se um OFF Set de $+2^{\circ}\text{C}$, o que produzira assim uma leitura correta (NOVUS, 2013).

3.4 INVERSOR DE FREQUÊNCIA

Para fazer o controle da velocidade da esteira e assim possibilitar aumentar a produtividade da maquina pelo aumento da velocidade de deslocamento foi utilizado um inversor de frequência da Danfoss modelo fc51. As conexões forma realizadas conforme o digrama disponibilizado no manual do fabricante, que pode ser visualizado no Anexo A.

Para fazer o acionamento da esteira o contato NA do rele 2 na opção automática fara o acionamento do inversor, na opção manual uma chave seletora fara o acionamento.

A alimentação do inversor é feita pela rede trifásica de 380 V_{CA} da indústria. Depois de instalado no quadro e efetuadas as conexões, foi feito a programação do

inversor para que este funcione de maneira desejada. A Tabela 4 mostra os principais parâmetros configurados no inversor (DANFOSS, 2013).

Tabela 4 – Parâmetros do inversor e configuração realizada

Parâmetro	Configuração
1-20 Potencia do motor (kW)(cv)	(0,245kW)(1/3cv)
1-22 Tensão do motor (V)	380 V
1-23 Frequência do motor (Hz)	Regulada sob solicitação
1-24 Corrente do motor (A)	1.4A
1-25 Velocidade nominal do motor (rpm)	1710 rpm
3-41 Tempo de aceleração (s)	2s
3-42 Tempo de desaceleração (s)	2s

Fonte: Adaptado de Danfoss (2013).

Para fazer a regulação da frequência de operação é necessário que o encarregado do setor envie uma solicitação, pedindo para aumentar ou diminuir o número de bacias lavadas, para reposição mais rápida das bacias.

Para poder determinar o número de bacias que a máquina irá lavar dependendo da frequência selecionada, primeiramente foi calculada a velocidade do motor (com a Equação 2) para uma série de valores de frequência.

Com os valores de rotação obtidos, aplicou-se a relação da caixa redutora, que é de 1-60, ou seja, para cada 60 rotações de entrada terá 1 rotação na saída. Assim foram divididas as velocidades do motor por 60 e obteve-se a rotação na saída da caixa redutora.

Para determinar a velocidade de deslocamento foi medido o diâmetro da polia da esteira transportadora, que é de 0,2 m. Com base na rotação por minuto foi calculado o deslocamento em metros por minuto. Finalmente para determinar o número de bacias lavadas, este valor foi dividido pelo comprimento da bacia, que é de 80 cm. Desta forma foi obtida uma relação entre a variação da frequência e a variação de caixas que podem ser lavadas em um minuto.

3.5 FABRICAÇÃO DOS ANTEPAROS FILTRANTES

Na máquina de lavar bacias a água utilizada para o enxague passa por um sistema de recirculação e limpeza contínuo. A água é aspergida sobre as bacias, e

cai em uma grade localizada abaixo da linha de aspersores, onde ficam retidos alguns dos pedaços maiores de sujeira. A água cai para o tanque abaixo, e, lateralmente a este tanque primário, está localizado um tanque secundário que contém uma grade que separa os dois tanques, que tem o papel de reter a sujeira que se decantou no tanque primário. A máquina pode ser observada na Figura 21.

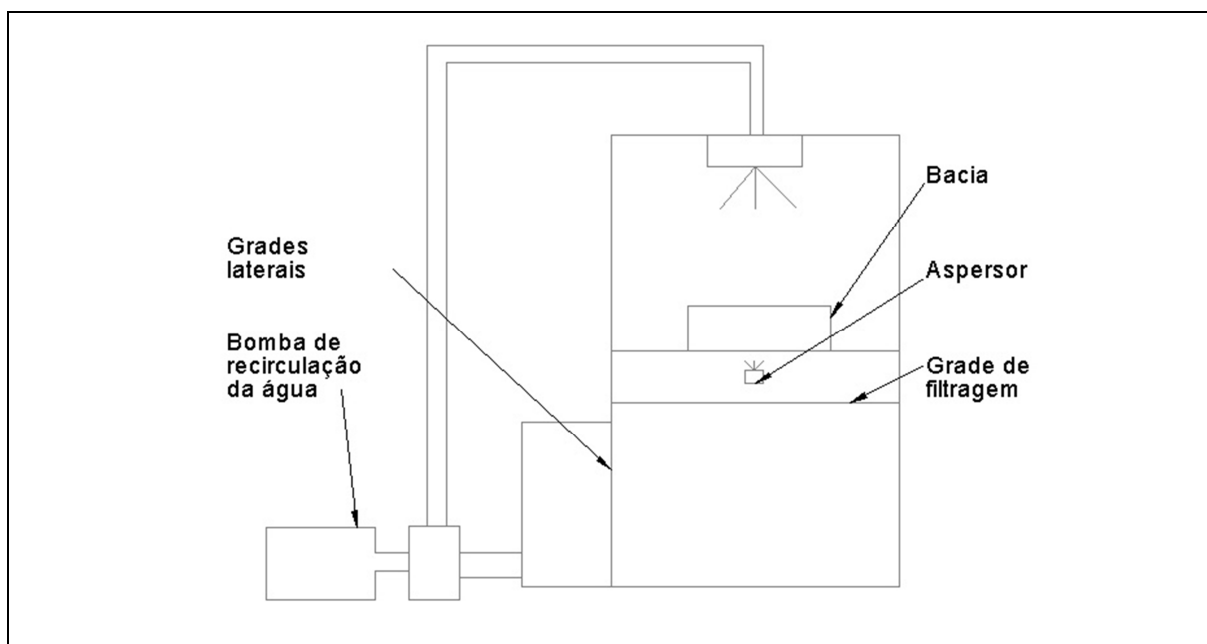


Figura 21 – Visualização da grade no perfil lateral da máquina sistema antigo
Fonte: Autores.

Neste tanque secundário a água é captada por uma bomba que a asperge novamente, completando o ciclo. As bacias são lavadas de boca para baixo, assim os pedaços maiores de carne que restaram da última utilização ficam depositados na grade disposta abaixo da esteira e abaixo da linha de aspersores inferiores. Estes pedaços sempre foram retirados de maneira manual, por uma janela. Com frequência estes pedaços atravessavam a grade, pois há furos grandes que permitem a passagem de pedaços maiores. Esses pedaços se acumulam no fundo do tanque dificultando a limpeza, pois alguns acabam não sendo retirados devido a dificuldade de acesso.

Outro problema é de que as grades laterais são montadas utilizando uma grade com furos de 10 mm o que permite a entrada de pedaços consideravelmente grandes no tanque de captação da água. Estes pedaços grandes se incrustam no rotor e interior da bomba, causando a sua obstrução e conseqüente seu travamento, gerando assim uma parada.

Baseado nisso, foi projetado um sistema de anteparos filtrantes na zona suja da máquina, como observado na Figura 22. Foi colocada uma chapa de maneira inclinada, para que estes pedaços, que caem das caixas, fiquem sobre esta chapa e sejam levados pela água até os anteparos filtrantes. Desta forma eles ficam retidos sobre as grades para posterior limpeza.

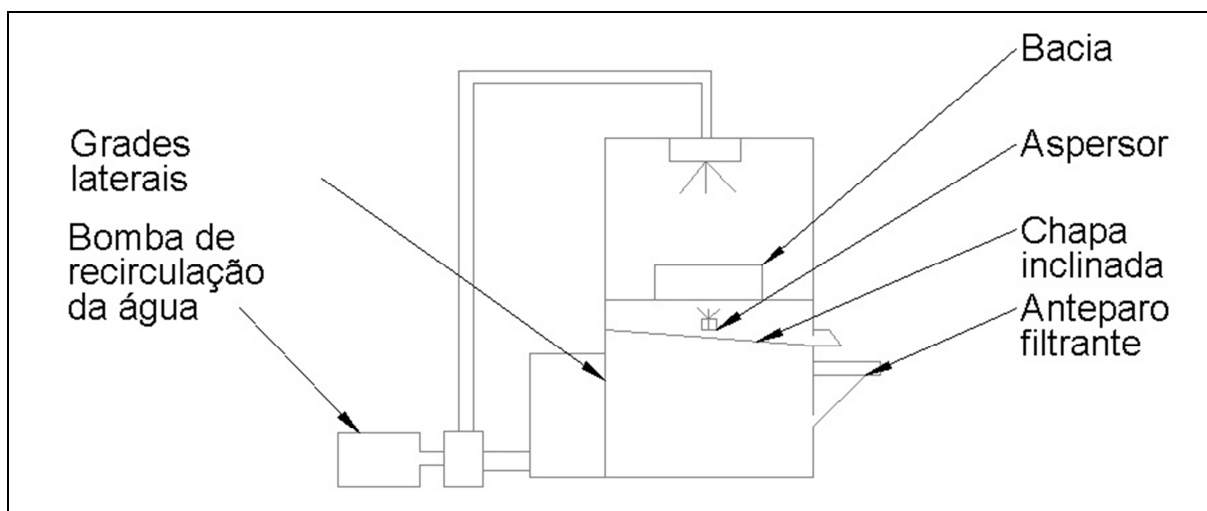


Figura 22 – Visualização da grade no perfil lateral da máquina sistema atual

Fonte: Autores.

Nos anteparos filtrantes foram projetadas peneiras móveis, observadas na Figura 23, para agilizar o processo de limpeza. O material utilizado em todas as partes foi o aço inox.

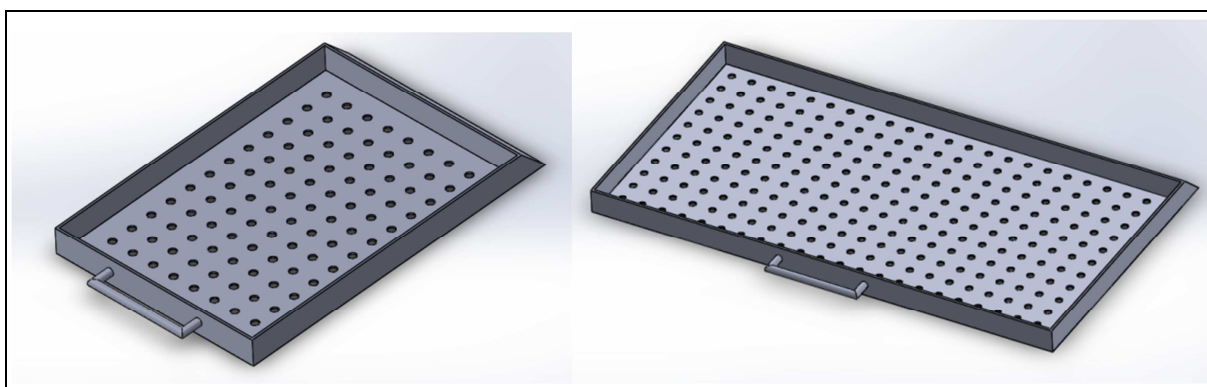


Figura 23 – Peneiras móveis

Fonte: Autores.

Nas laterais foram utilizadas chapas de aço inox com perfurações de 5 mm, com a intenção de diminuir a entrada de sujeira nas bombas e conseqüentemente diminuir a necessidade de manutenção.

Para a fabricação foi elaborado um projeto onde foram descritos os passos de como fabricar o anteparo, para ser executado por terceiros, pois, por regulamento interno da empresa, somente são habilitados a soldar os que têm cargo de mecânico. O projeto detalhado pode ser visto no Apêndice B.

O material utilizado em todas as peças foi o aço inox, que por não oxidar elimina a possibilidade de ocorrer o acúmulo de sujeira em pontos de corrosão, que podem ser o local de multiplicação de bactérias e conseqüentemente contaminação.

3.6 AQUISIÇÃO DOS DADOS DE TEMPERATURA E HORÍMETRO

Para avaliação da confiabilidade do novo sistema de controle da temperatura da água, foi instalado um sistema de aquisição de dados de temperatura. Para isso foi utilizado um registrador de umidade e temperatura da Novus, o LogBox. Ele foi instalado em campo com um termopar em contato com a água, o tempo para fazer o registro dos dados foi o intervalo de 1 minuto.

Com o objetivo de verificar se com o novo sistema, a máquina permaneceu por menos tempo ligada, foi instalado um horímetro elétrico. O seu contato é acionado quando a esteira é ligada, desta forma foram coletados os dados sem a automação e com a automação, para se realizar uma comparação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção serão comparados os dados referentes ao sistema anterior e ao novo sistema (automatizado). Serão apresentadas as informações sobre o aumento da capacidade de lavar bacias, sobre a redução no consumo de energia elétrica e o histórico de manutenção da máquina.

4.1 AQUISIÇÃO DOS DADOS DE TEMPERATURA DA ÁGUA

O tempo regulado para fazer o registro do valor da temperatura foi o intervalo de 1 em 1 minuto. Após a coleta dos dados durante 17,5 horas foi possível elaborar o Gráfico 1.

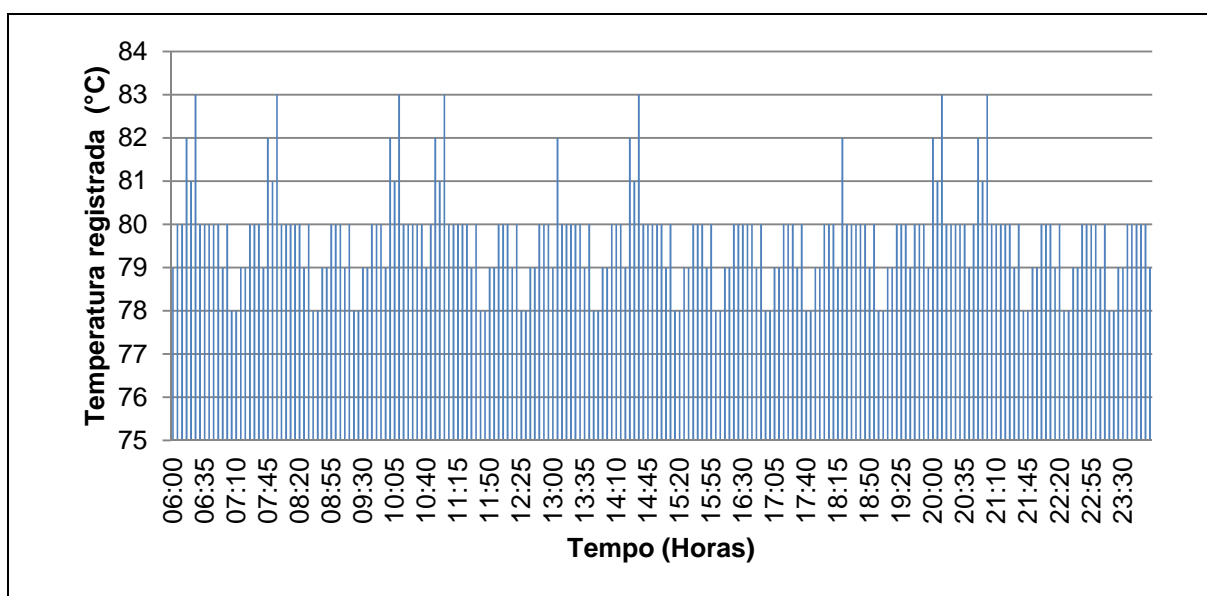


Gráfico 1 – dados de temperatura aquisitadas pelo LogBox
Fonte: Autores.

Observando o gráfico é possível verificar que há pouca variação em torno da temperatura ideal, de 80°C, onde os valores mínimos não são inferiores a 78°C, e os valores máximos não ultrapassam 83°C. Assim, a variação máxima não ultrapassa os 4%, o que indica que o controle de temperatura realizado pelo n480d foi efetuado de maneira satisfatória.

4.2 AUMENTO DA CAPACIDADE DE LAVAR BACIAS.

Com o intuito de aumentar a capacidade de lavar bacias foi instalado um inversor de frequência para controlar a velocidade do motor que aciona a esteira que movimenta as caixas no interior da máquina. A Tabela 5 mostra as relações obtidas ao variar a frequência do motor em relação à capacidade de lavar bacias por minuto.

Tabela 5 – Relação entre frequências e número de bacias lavadas

Frequência	Rotação por Minuto	Rotação da saída da caixa redutora	Metros por minuto	Bacias por minuto
35	987	16	10	13
40	1128	19	12	15
45	1269	21	13	17
50	1410	24	15	18
55	1551	26	16	20
60	1692	28	18	22
65	1833	31	19	24
70	1974	33	21	26
75	2115	35	22	28
80	2256	38	24	30
85	2397	40	25	31
90	2538	42	27	33
95	2679	45	28	35
100	2820	47	30	37
105	2961	49	31	39
110	3102	52	32	41
115	3243	54	34	42
120	3384	56	35	44

Como é possível verificar pela Tabela 4, na menor frequência programada (35 Hz) há um deslocamento de 10m/min da esteira, gerando assim a possibilidade de lavar 13 caixas na mínima velocidade. Para a frequência máxima atribuída (de 120 Hz) se obtém um deslocamento de 35 metros por minuto e a possibilidade de lavar 44 caixas por minuto.

Foi feita a comparação entre uma bacia lavada na frequência mínima e uma lavada na frequência máxima e observou-se que a alteração da velocidade não diminuiu a qualidade da limpeza.

Na Figura 24 pode ser visualizada em (A) uma bacia lavada na menor velocidade, e em (B) uma bacia lavada na maior velocidade.

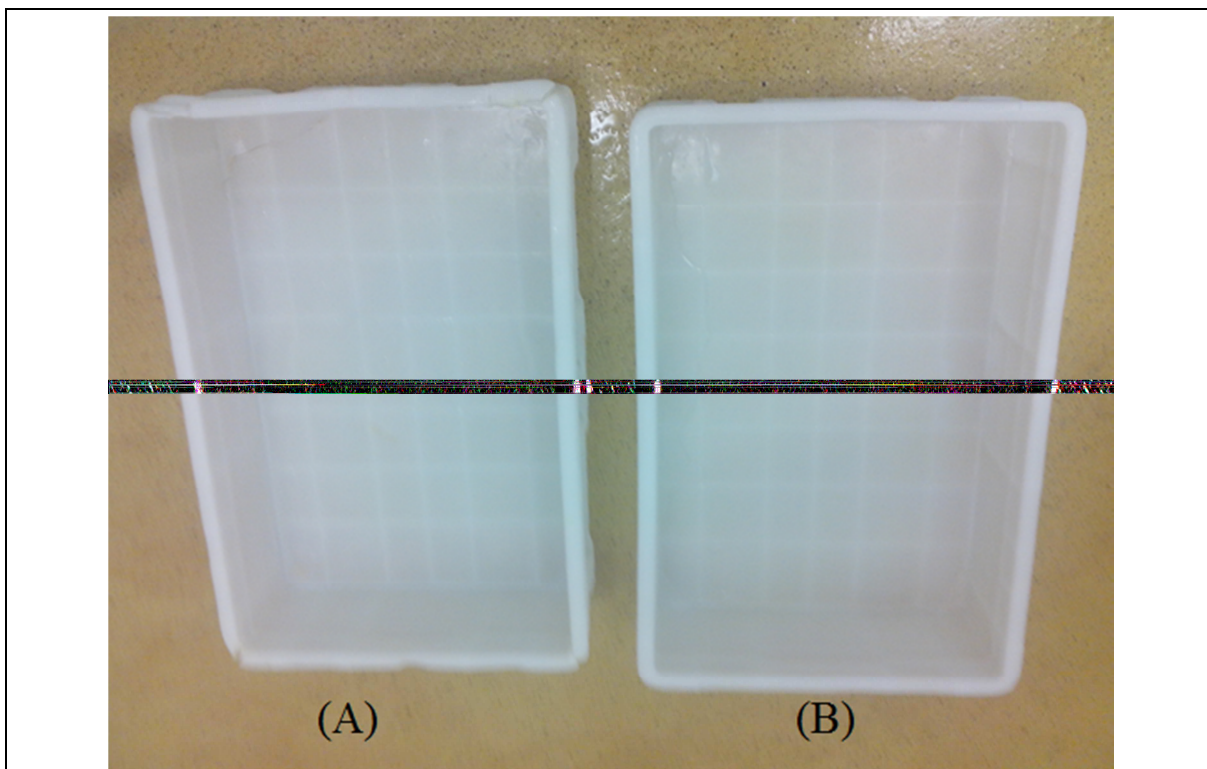


Figura 24 – Bacia lavada na menor velocidade (A) e bacia lavada na maior velocidade (B)
Fonte: Autores.

O painel elétrico para atender as necessidades, montado e instalado conforme os diagramas, pode ser visualizado na Figura 25.

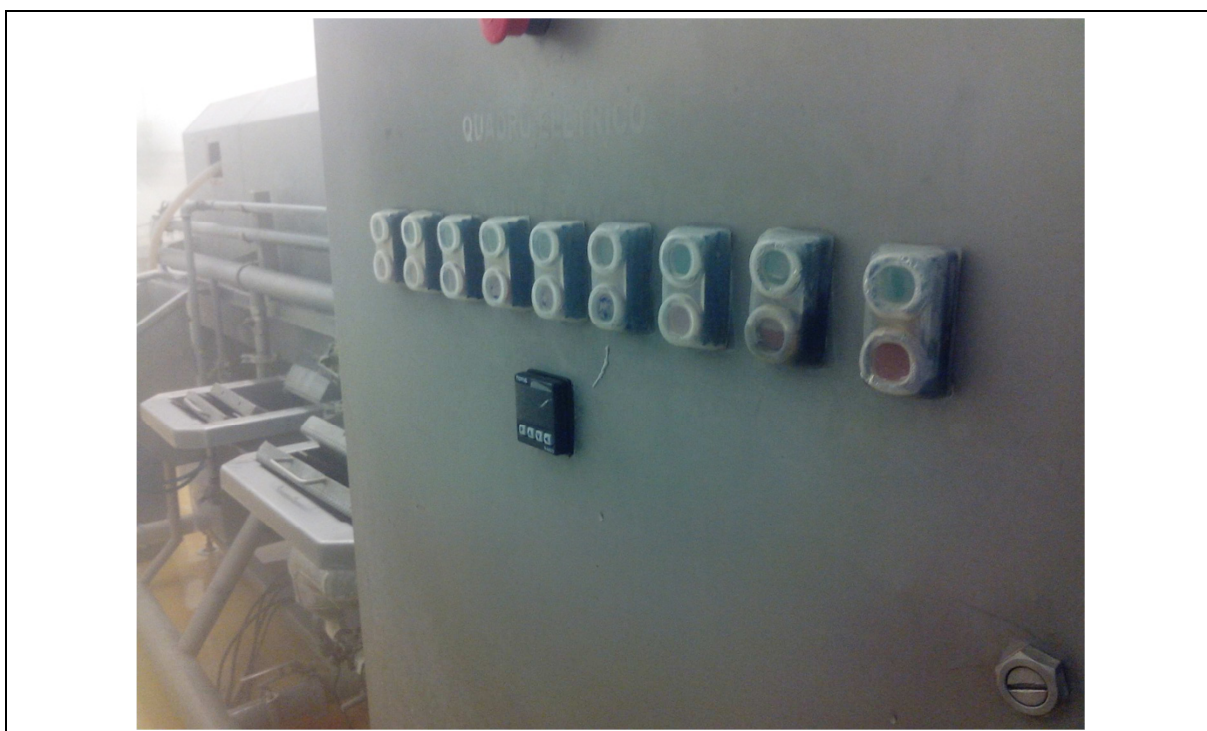


Figura 25 – Vista frontal do quadro de comando.
Fonte: Autores.

O quadro (Figura 25) foi instalado utilizando botoeiras com vedação, para que o ambiente em que estão expostas não as danifiquem. Também houve a diminuição de problemas de origem elétrica, devido à isolação dos terminais elétricos, que antes estava com infiltração.

4.3 CONSUMO DE ENERGIA.

Com a instalação do horímetro foi possível comprovar que houve redução no tempo em que as principais cargas da máquina (motor e bombas) permaneceram ligadas, conforme observado no Gráfico 2. Após a instalação do sistema de automação, as principais cargas somente são acionadas quando há caixas próximas ou dentro da máquina.

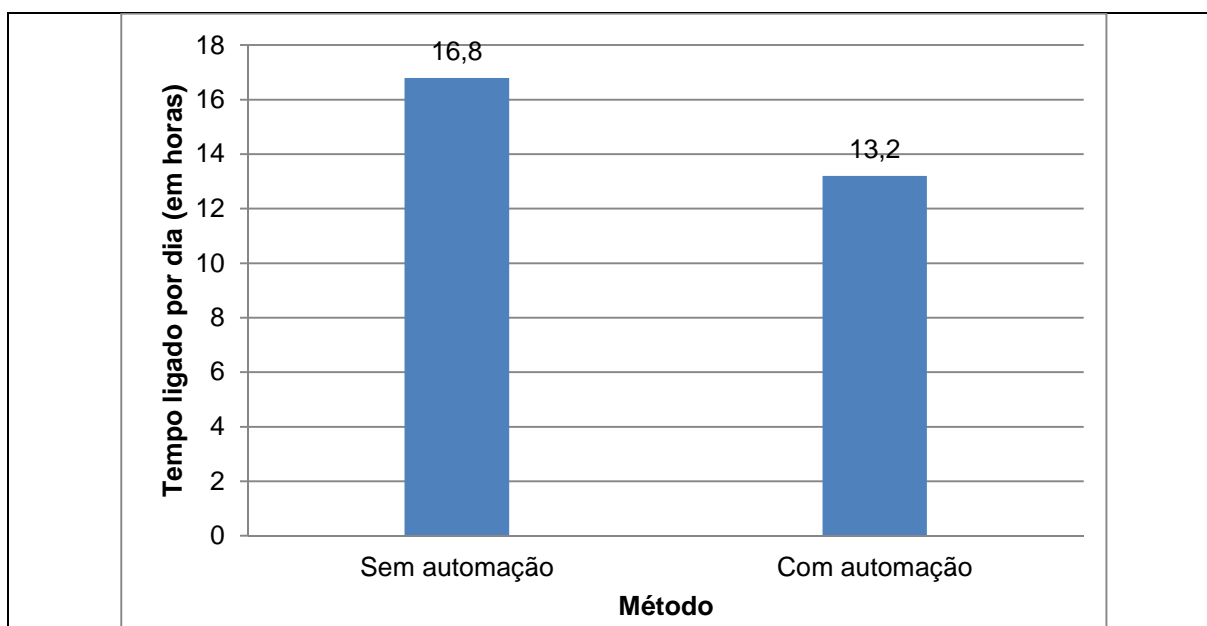


Gráfico 2 – Tempo de máquina ligada (em horas) ao longo do dia nos dois sistemas
Fonte: Autores.

Para uma potência instalada controlada pelas cargas, que é composta pelas duas bombas da zona suja (cada uma com 5 cv), duas bombas na zona limpa (cada uma com 5 cv), e a esteira (com 1/3 cv), conforme Apêndice A, há um total de 14,9 kW de potência controlada. No Gráfico 3 pode ser observado que o consumo diário era de 250 kW.h e passou para 200 kW.h.

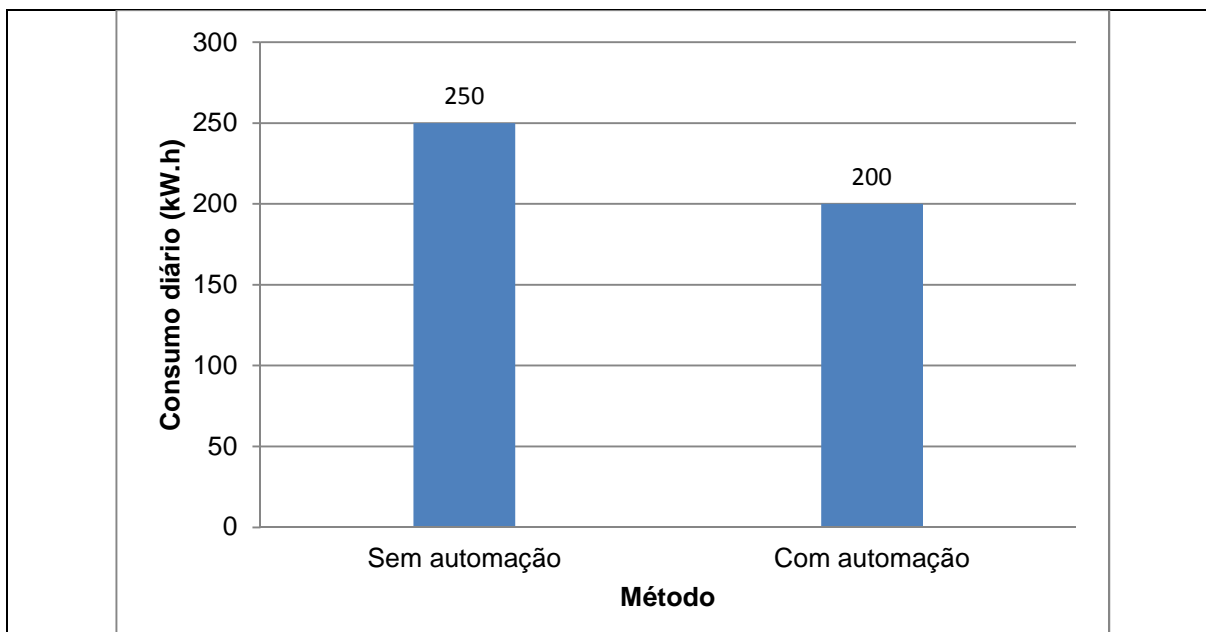


Gráfico 3 – Consumo de energia ao longo do dia dos dois sistemas
Fonte: Autores.

Ao observar a comparação da quantidade de horas ligadas no Gráficos 2, proveniente da leitura do Horímetro instalado, é possível verificar uma diferença de 200 minutos, ou seja, 3 horas e 20 minutos ao longo do dia.

Para uma potência instalada que pode ser automatizada de 14,9 kW, resultou em uma redução de consumo da ordem de 50 kW.h por dia, perfazendo uma economia percentual de 20%. No entanto, acredita-se que o consumo possa ser ainda menor, pois quando a esteira está ligada não significa obrigatoriamente que todas as bombas estejam ligadas, desta forma a diminuição do consumo pode ser maior ainda.

4.4 ANTEPAROS MONTADOS

Após montado as partes mecânicas, conforme o projeto mecânico, o novo sistema de filtragem, com os anteparos filtrantes, foi instalado em um final de semana. O processo de fixação das peças novas na máquina foi feito com a utilização do processo de soldagem TIG.

Com os anteparos 1 e 2 instalados, que são visualizados na Figura 26 e foi facilitada a retirada dos pedaços grandes de carne.

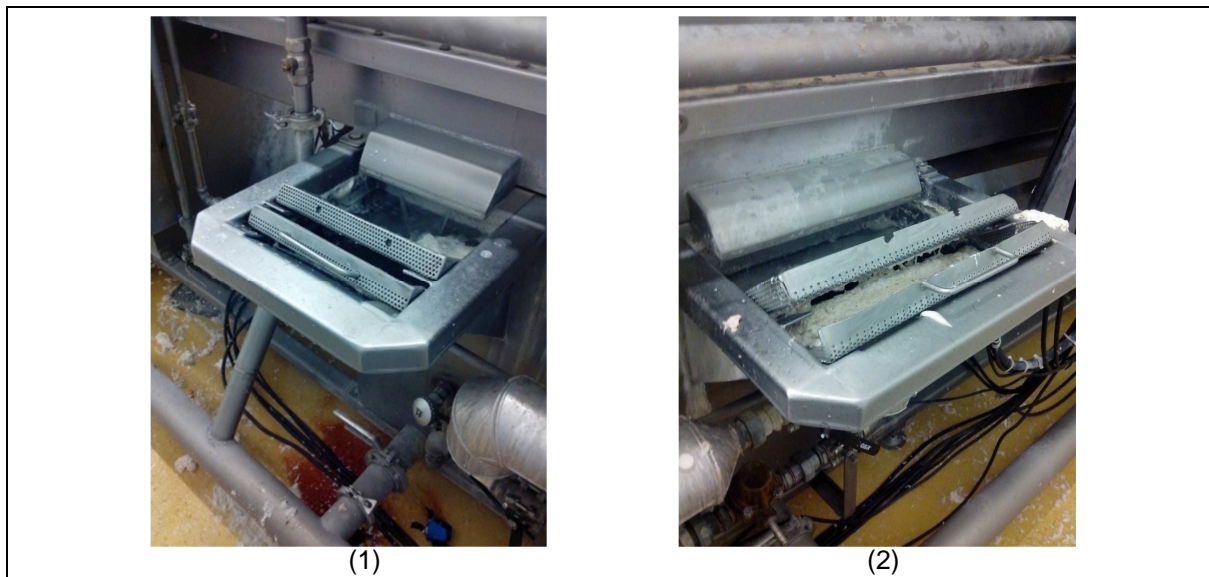


Figura 26 – Anteparos filtrantes (1) e (2)
Fonte: Autores.

Com essas duas peneiras móveis foi possível reter os maiores pedaços de sujeira que saem com a água da máquina, e por serem móveis facilitou a retirada e limpeza tornando o sistema mais versátil.

Com a instalação da grade lateral com furos de espessura de 5 mm diâmetro, Figura 27, houve uma considerável redução das paradas da máquina, pois não havendo contato direto entre a sujeira e a bomba, foi possível diminuir a possibilidade de incrustação sobre o rotor da bomba.



Figura 27 – Nova grade lateral com chapa com furo de 5 mm
Fonte: Autores.

4.5 HISTÓRICO DE MANUTENÇÃO

A Tabela 6 apresenta somente os custos ligados à manutenção, não sendo incluso os custos de parada de produção, hora extra no caso das grandes paradas do pessoal da limpeza e em alguns momentos o pessoal da produção.

Tabela 6 – Tabela de custos e horas trabalhadas da máquina de lavar bacias

Problema	Antes da reforma 06/04/2013 - 06/09/13		Após a reforma 06/09/2013 - 23/11/13	
	Horas trabalhadas	Custo mão de obra (R\$)	Horas trabalhadas	Custo mão de obra (R\$)
A água está fria	2,7	81	0,3	9
Água não esquentada	1	30	Não ocorreu	0
Bacia travada	0,5	15	1,3	36
Chave liga desliga solta	1,2	36	Não ocorreu	0
Esteira não liga	3,4	102	5,5	165
Exaustores não ligam	1,1	33	Não ocorreu	0
Maquina de lavar bacias não fica ligada	1,9	57	Não ocorreu	0
Não está jogando água	4	120	Não ocorreu	0
Não liga esteira	2	60	Não ocorreu	0
Não liga maquina de lavar	0,4	12	Não ocorreu	0
Não sai água nos bicos	1,2	36	Não ocorreu	0
Sem água	0,7	21	2	60
Total	20,1	603	9	270

Apesar de os dois períodos serem de espaço de tempos distintos, é possível verificar que muitos dos problemas que aconteciam com frequência antes da reforma, agora diminuíram ou simplesmente deixaram de acontecer. Como, por exemplo: a água não esquentada, esse problema não ocorreu mais devido a instalação do novo controlador de temperatura; não sai água nos bicos, deixou de acontecer devido à instalação do novo sistema de filtragem.

Com a instalação do novo comando, problemas relacionados à parte elétrica diminuíram consideravelmente. Isso acarretou em um grande aumento da confiabilidade da máquina, pois com a diminuição das paradas a máquina passa a não mais atrair a atenção por não apresentará mais tantas falhas.

Um único ponto que vale ser ressaltado é que no período inicial de instalação a esteira ficou parada algumas horas, devido a alguns ajustes que acabaram não sendo feitos no dia da instalação.

No período analisado antes da reforma (do dia 06/04/2013 até o dia 06/09/13) foi verificado que em 150 dias gastou-se com manutenção R\$ 603,00

assim perfazendo uma média de R\$ 4,00 por dia. No período após a reforma (que vai do dia 06/09/2013 até o dia 23/11/13) foi constatado que em 80 dias gastou-se R\$ 270,00 com manutenção, assim gerando aproximadamente um custo de R\$ 3,38 por dia, como pode ser visualizado na Tabela 7.

Tabela 7 – Tabela de custos para os dois períodos

Período	Tempo dias	Custo	Custo diário da manutenção
06/04/2013 - 06/09/13	150	R\$ 603,00	R\$ 4,00
06/09/2013 - 23/11/13	80	R\$ 270,00	R\$ 3,38

Comparando os dois resultados é possível calcular que houve 15% de redução dos custos de manutenção, que já representa um grande avanço na questão de confiabilidade. Mas esta comparação não pode ser conclusiva, pois o período analisado após a reforma caracteriza um período inicial, ou seja, dentro da curva da banheira que leva em conta a data inicial do uso de uma máquina, é um dos períodos que mais apresenta falhas. Com o tempo a tendência é diminuir consideravelmente o tempo de manutenção da máquina, sendo assim a máquina estará mais disponível, e conseqüentemente, será mais confiável perante a administração do setor.

5 CONCLUSÃO

Sendo a máquina de lavar bacias um equipamento de grande importância no processo produtivo da empresa Frimesa, conclui-se que as melhorias propostas neste trabalho e realizadas no equipamento levaram a consideráveis benefícios em diversos aspectos.

Com o uso do CLP para comando do equipamento, foi possível aumentar a eficiência do processo. Após a instalação do sistema de automação da máquina, com comando que permite somente acionar as principais cargas quando houver bacias próximas ou dentro da máquina, o número de horas em funcionamento da máquina foi reduzido, diminuindo seu consumo energético em cerca de 50 kWh por dia, perfazendo uma economia percentual de 20%.

Adicionalmente, a instalação do inversor de frequência para acionamento da esteira da máquina possibilitou não somente o aumento da capacidade de lavagem da máquina, como o controle da velocidade desta, de forma a permitir à máquina se adequar a demanda variável de lavagem de bacias do setor. Vale notar também que o aumento da capacidade de lavagem de bacias, proporcionado pelo novo acionamento e controle do sistema, não implicou em perda da qualidade da lavagem, uma vez que foi verificada a máxima velocidade de operação da máquina que permitia uma lavagem satisfatória, e foram dadas instruções aos operadores do equipamento.

Na forma como se apresentava o sistema de filtragem original da máquina de lavar bacias, este era de difícil limpeza e apresentava diversos problemas relacionados a paradas não programadas, principalmente devido à filtragem pouco eficiente que afetava os equipamentos auxiliares da máquina. Dessa forma, outro ponto tratado neste trabalho foi readequar o sistema de filtragem de água empregado na máquina.

Por meio de melhorias em seu projeto este se tornou capaz de melhor segurar a sujeira presente na água de lavagem que passa pela recirculação. Este resultado melhorou tanto a qualidade da água reutilizada no processo, como passou a impedir que pedaços grandes de sujeira tivessem a possibilidade de entrar na bomba d'água, reduzindo assim a ocorrência de paradas por este motivo.

Ao longo do trabalho foi notado também que outra fonte importante de paradas não programadas da máquina de lavar bacia era o controle de temperatura da água de lavagem. Sendo assim, este sistema também foi reformulado, por meio de um controlador em malha fechada, conduzindo a melhoras significativas no perfil de manutenção referente a esse sistema.

Dessa forma, a implementação do projeto de automatização proposto neste trabalho acabou por mitigar as maiores fontes de problemas corriqueiros relacionados a máquina de lavar bacias, reduzindo expressivamente sua frequência de ocorrência. Estes fatos se refletem diretamente em um aumento de confiabilidade em todo o processo, que de acordo com estimativas permitiriam a redução dos custos de manutenção em aproximadamente 15%.

O setor de lavagem de bacias, agora com menor necessidade de atenção por parte da equipe de manutenção da Frimesa, fez com que os resultados deste trabalho também se refletissem no âmbito geral da empresa. Uma vez que houve aumento da disponibilidade dos mantenedores para dar atenção para outras máquinas mais importantes da linha de produção, onde os custos de parada são mais altos.

BIBLIOGRAFIA

ABRAMAN, **Noções básicas de processos de soldagem e corte**. SENAI-Serviço Nacional De aprendizado Industrial. 1996. Disponível em <<http://www.abraman.org.br/Arquivos/19/19.pdf>> acesso em 15 de novembro de 2013.

ALVES, José Luiz Loureiro. **Instrumentação, Controle e Automação de Processos**. 2 Ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora LTDA, 2010.

ANGELI .L.L.P. **Comparação de características do processo de corte a plasma com o oxi-corte**. FMEP-Fundação Municipal de Educação de Piracicaba. 2011. Disponível em <<http://brasil.fumep.edu.br/~phlbiblio/10023478.pdf>> acesso em 10 de novembro de 2013.

ANTONELLI, P.L. **Introdução aos Controladores Lógicos Programáveis (CLPs)**. Disponível em <<http://www.ejm.com.br/download/Introducao%20CLP.pdf>> Acesso em: 05 de novembro de 2013

CAPELLI, Alexandre. **Automação industrial: Controle do movimento e processos contínuos**. São Paulo: Érica, 2008.

FRANCHI, Claiton Moro; CAMARGO, Valter Luís Arlindo de. **Controladores Lógicos Programáveis: Sistemas Discretos**. São Paulo: Érica, 2008.

GEORGINI, Marcelo. **Automação Aplicada: descrição e implementação de sistemas sequenciais com plcs**. São Paulo: Editora Érica, 2006.

SILVEIRA, Paulo R. da; SANTOS, Winderson E. **Automação e Controle Discreto**. 9. Ed. São Paulo: Editora Érica, 2010.

ISEP. **Relatório termóstato**. ISEP – Instituto de Engenharia do Porto. 2010. Disponível em <<http://pt.scribd.com/doc/37671802/Relatorio-Termostato#download>> Acesso em 18 de novembro de 2013.

IOPE. Termopares. Catalogo versão 5.2013 Disponível em <http://www.iope.com.br/3ia3_termopares.htm> Acesso em 15 de janeiro de 2014

MANUAL n480d. **Controlador universal - manual de instruções – v4.0x a 2013.**

Disponível em

<http://www.novus.com.br/downloads/Arquivos/v40x_a_manual_n480d_portuguese_a4.pdf>
acesso em 20 de novembro de 2013.

Manual Danfoss fc51. **Guia Rápido do VLT Micro Drive FC 51.** Danfoss 2013.

Disponível em

<http://www.lynxauto.com.br/novos_downloads/Danfoss/Conversores%20de%20Frequencia/Manual_FC51_Port.pdf> acesso em 21 de novembro de 2013.

MARCONDES P.V.P. **Manufatura de chapas metálicas – Dobramento.** UFPR -

Universidade Federal do Paraná. 2 2013. Disponível em

<ftp://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EME717/Artigos/Edicao25_Art_Tec_UFPR_PauloMarcondes_Dobramento_Versao01.pdf>

Acesso em 18 de novembro de 2013

MORAES, P. S. **Lógica de Programação.** Unicamp- Centro de Computação- DSC,

2000. Disponível em: <http://www.siban.com.br/destaque/21_carta.pdf >

Acesso em: 24 de novembro de 2013.

WEG.M.E, **Motores de indução alimentados por inversor de frequência,** versão 3, 2013. disponível em:

<<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-motores-de-inducao-alimentados-por-inversores-de-frequencia-pwm-027-artigo-tecnico-portugues-br.pdf>> acessado em 05 de novembro de 2013.

NEGRI, V. J. **Sistemas Hidráulicos e Pneumáticos Para Automação e Controle – Parte I – Princípios Gerais de Hidráulica e Pneumática.** 2001. p.8

Disponível em <<http://laship.ufsc.br/site/wp-content/uploads/2013/06/Sistemas-Hidr%C3%A1ulicos-e-Pneum%C3%A1ticos-para-Controle-e-Automa%C3%A7%C3%A3o-Parte-I-%E2%80%93-Princ%C3%ADpios-Gerais-da-Hidr%C3%A1ulica-e-Pneum%C3%A1tica.pdf>>

Acesso em: 05 de novembro de 2013

SIEMENS.Catálogo-3SE5-

Final<<http://www.industry.siemens.com.br/automation/br/pt/seguranca-de-maquinas/fim-de-curso/Documents/Catalogo3SE5-Final.pdf>>

Acesso em: 08 de novembro de 2013.

STOTEARAU R. L. **Apostila sobre brocas.** 2013.

Disponível em <<http://files.mecanicabasica.webnode.com.br/200000076-520ac53047/apostila%20sobre%20brocas.PDF>>

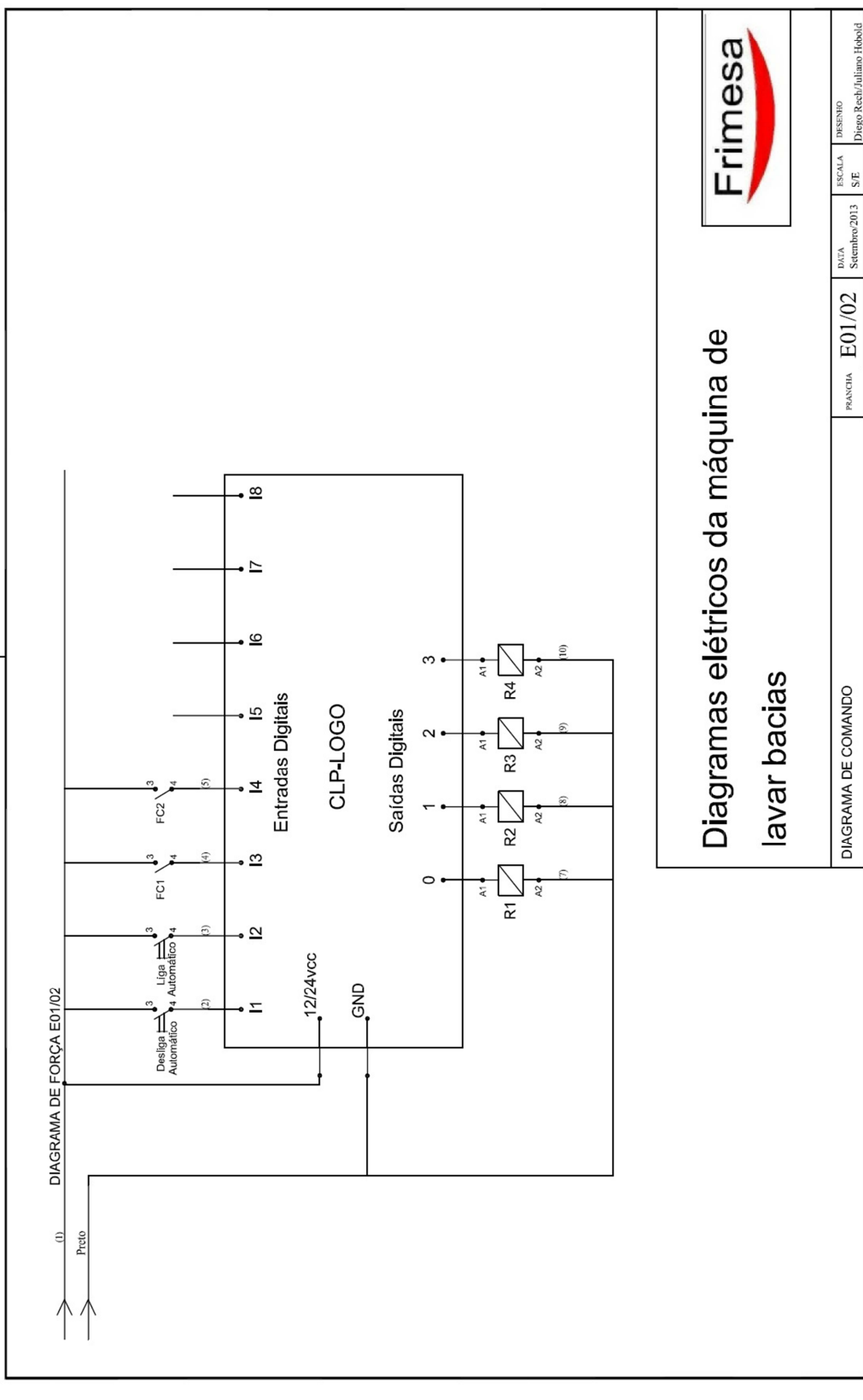
Acesso em 16 de novembro de 2013

SIEMENS LOGO! **Manual Logo!** Disponível em
<http://www.industry.siemens.com.br/automation/br/pt/automacao-e-controle/automacao-industrial/simatic-plc/logo-ml/Documents/Manual_LOGO!_0BA7_en.pdf> acesso em 19 de novembro de 2013.

TOBIASMUGGE. Apresentação corte a plasma.
<http://tobiasmugge.files.wordpress.com/2008/10/apresentacao-corte-plasma.pdf>
Acesso: 08 de novembro de 2013.

WEISS. A. **Processos de fabricação mecânica**. 1 ed. Curitiba-PR. Editora LT-Livro. Técnico.2012.d

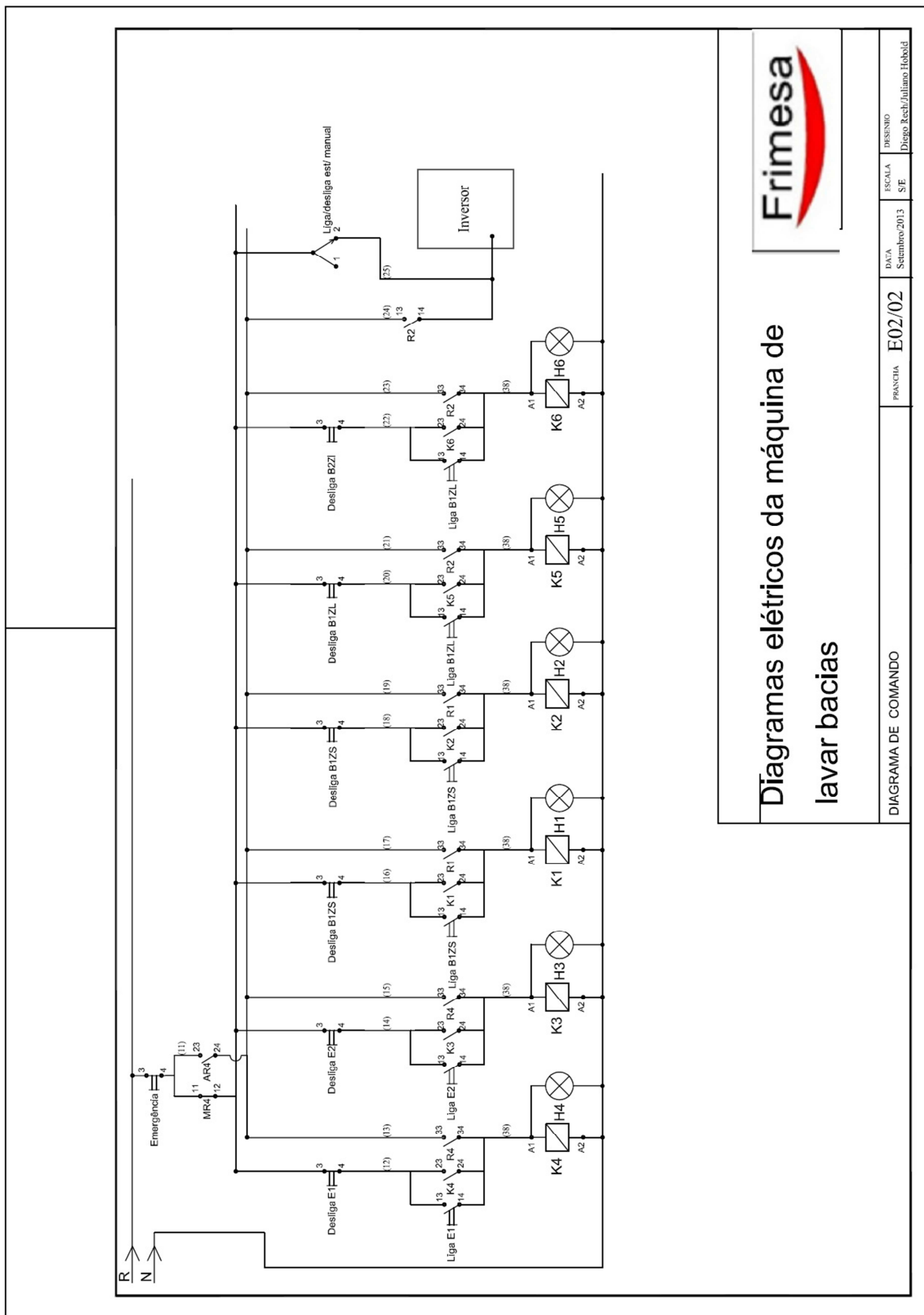
APÊNDICE A – DIAGRAMAS ELÉTRICOS DE FORÇA E COMANDO



Diagramas elétricos da máquina de lavar bacias



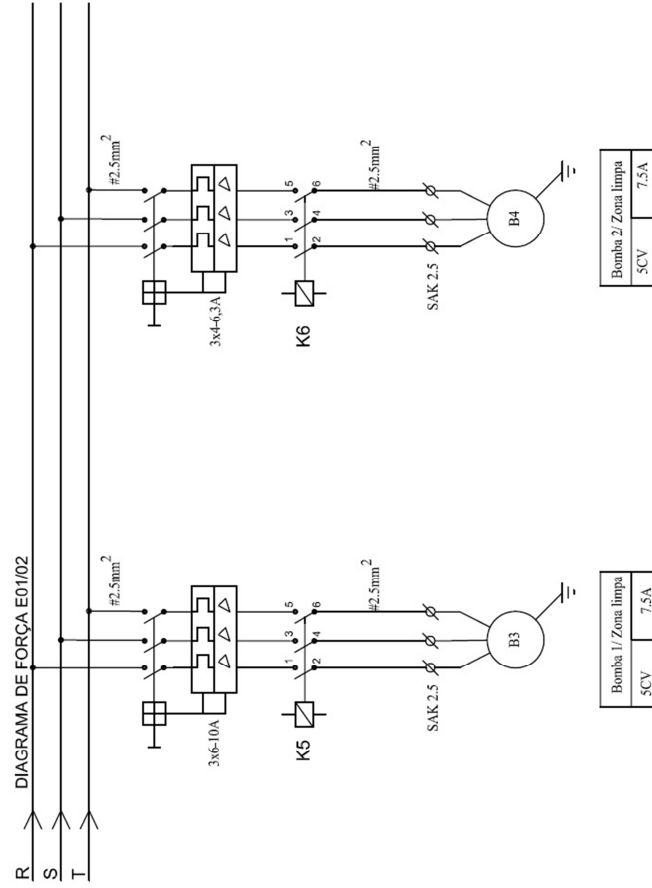
DIAGRAMA DE COMANDO	FOLHA	E01/02	DATA	ESCALA	DESENHO
			Setembro/2013	S/E	Diego Rech/Juliano Hobald



Diagramas elétricos da máquina de lavar basias

DIAGRAMA DE COMANDO	PRANCHIA	E02/02	DATA	SETEMBRO/2013	ESCALA	SFE	DESENHO	DIEGO REECH/JULIANO HOBOLD
---------------------	----------	--------	------	---------------	--------	-----	---------	----------------------------

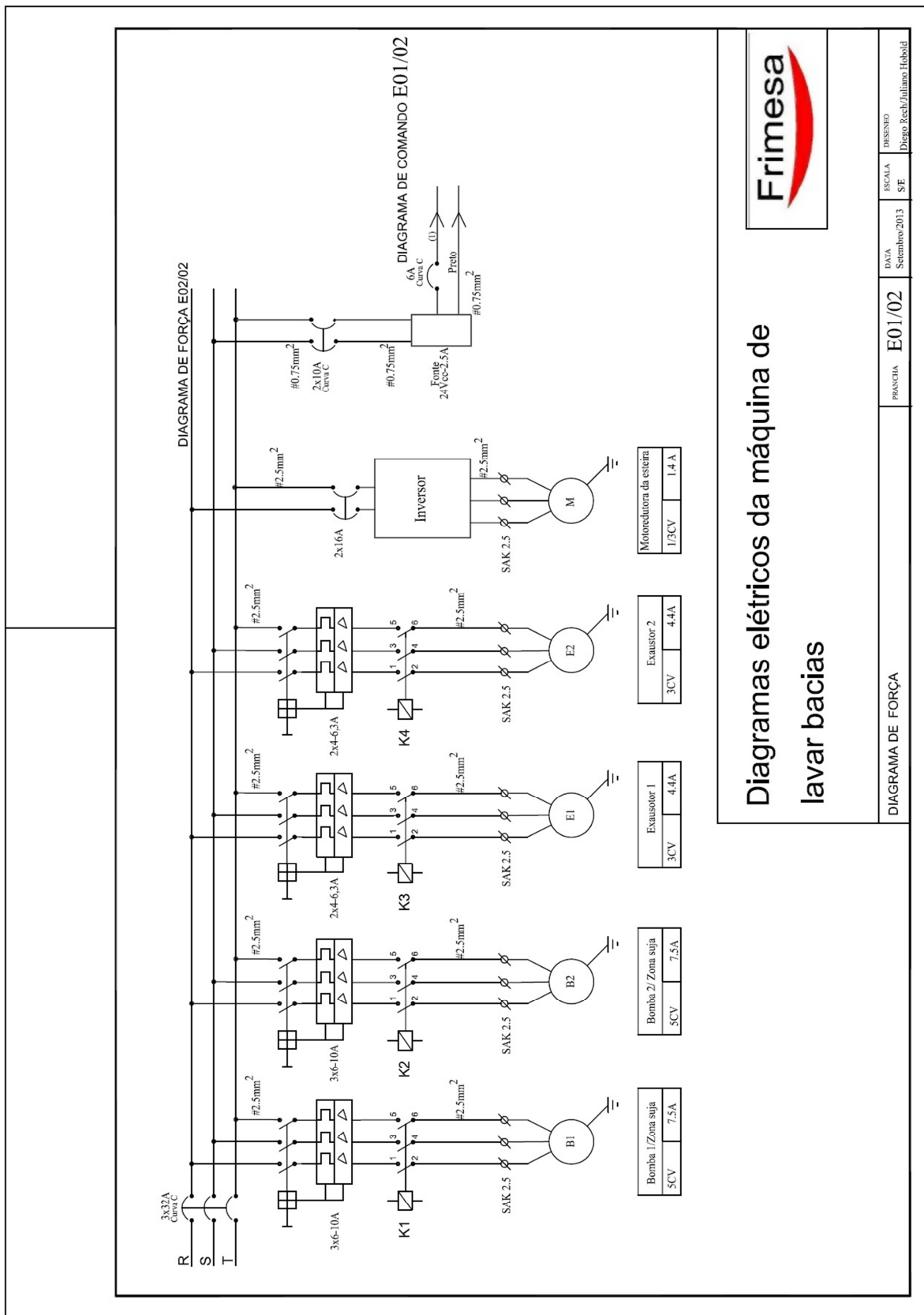
DIAGRAMA DE FORÇA E01/02



Diagramas elétricos da máquina de lavar bacias



DIAGRAMA DE FORÇA	FRANCHA	E02/02	DATA	ESCALA	DESENHO
			Setembro/2013	SE	Diego Resch/Juliano Hobold

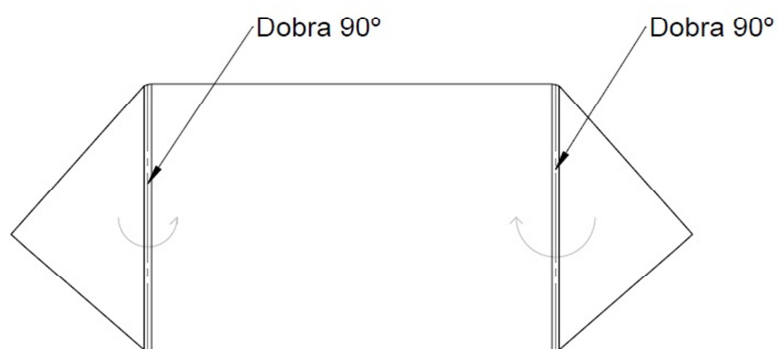
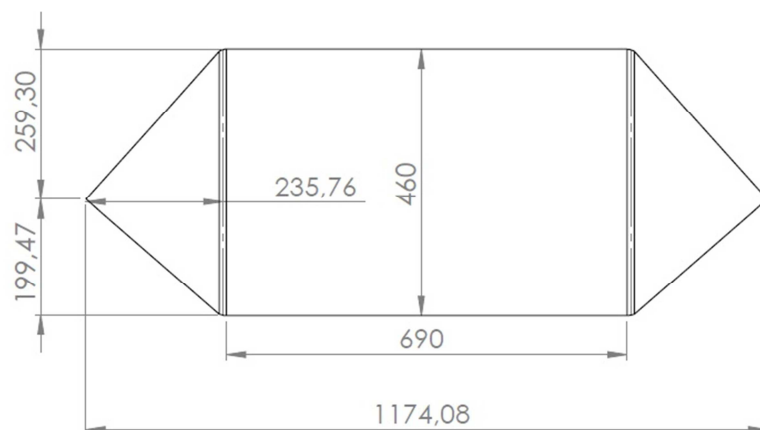


Diagramas elétricos da máquina de lavar bacias



FRANQUIA	E01/02	DATA	SETEMBRO/2013	ESCALA	SE	DESENHO	DIEGO RECH/JULIANO HOBIID
DIAGRAMA DE FORÇA							

APÊNDICE B – Projeto mecânico de fabricação dos anteparos filtrantes.



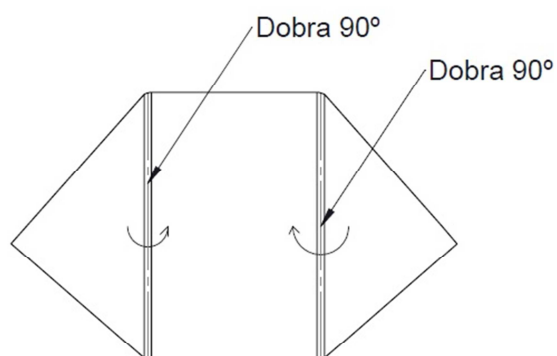
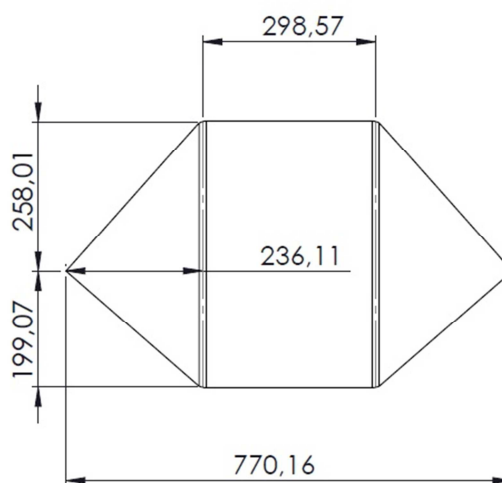
Projeto mecânico dos anteparos filtrantes
da máquina de lavar bacias

Frimesa

Base bandeja 1

Data:
Setembro/2013

Desenho:
Diego Rech/Juliano hobold



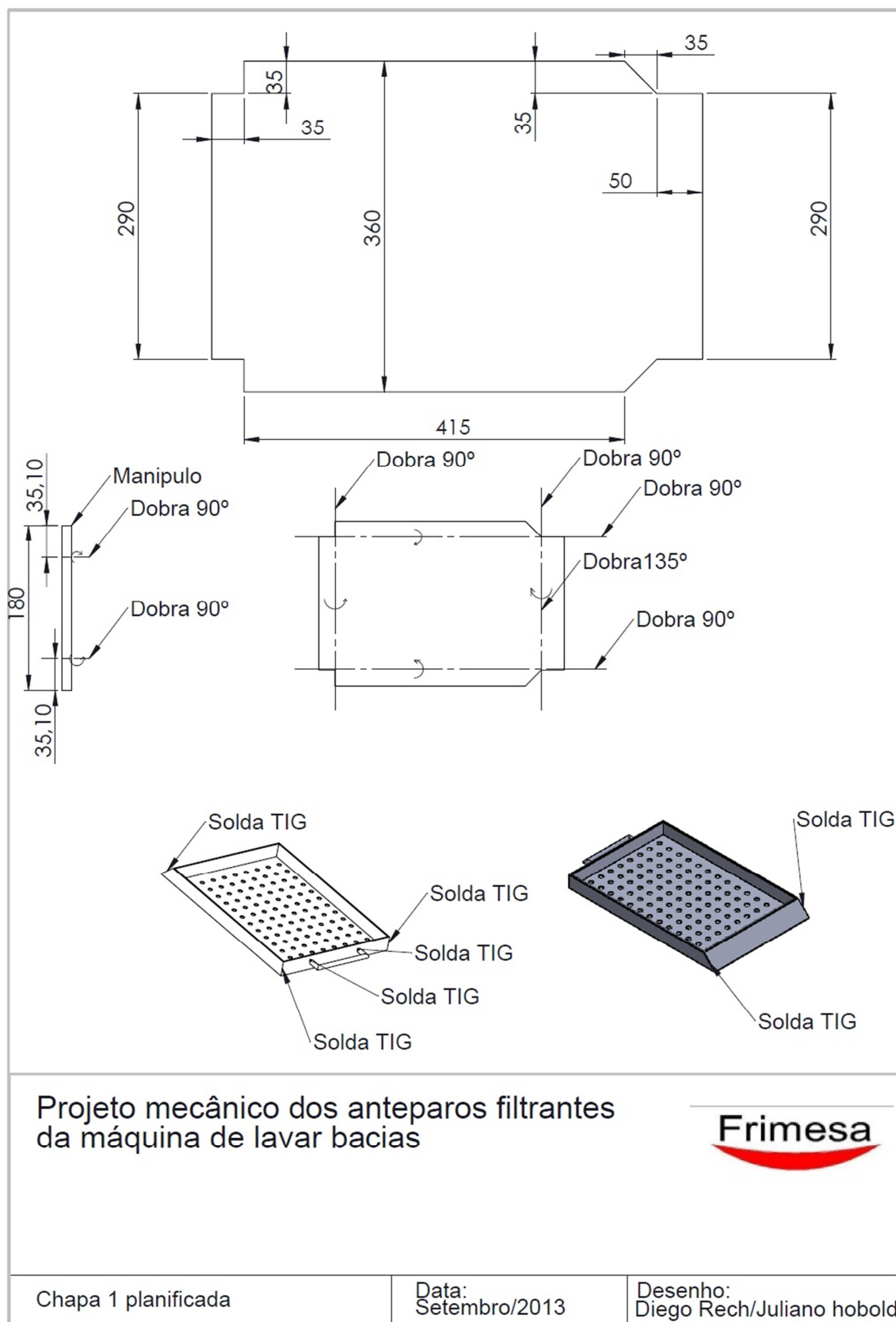
Projeto mecânico dos anteparos filtrantes
da máquina de lavar bacias

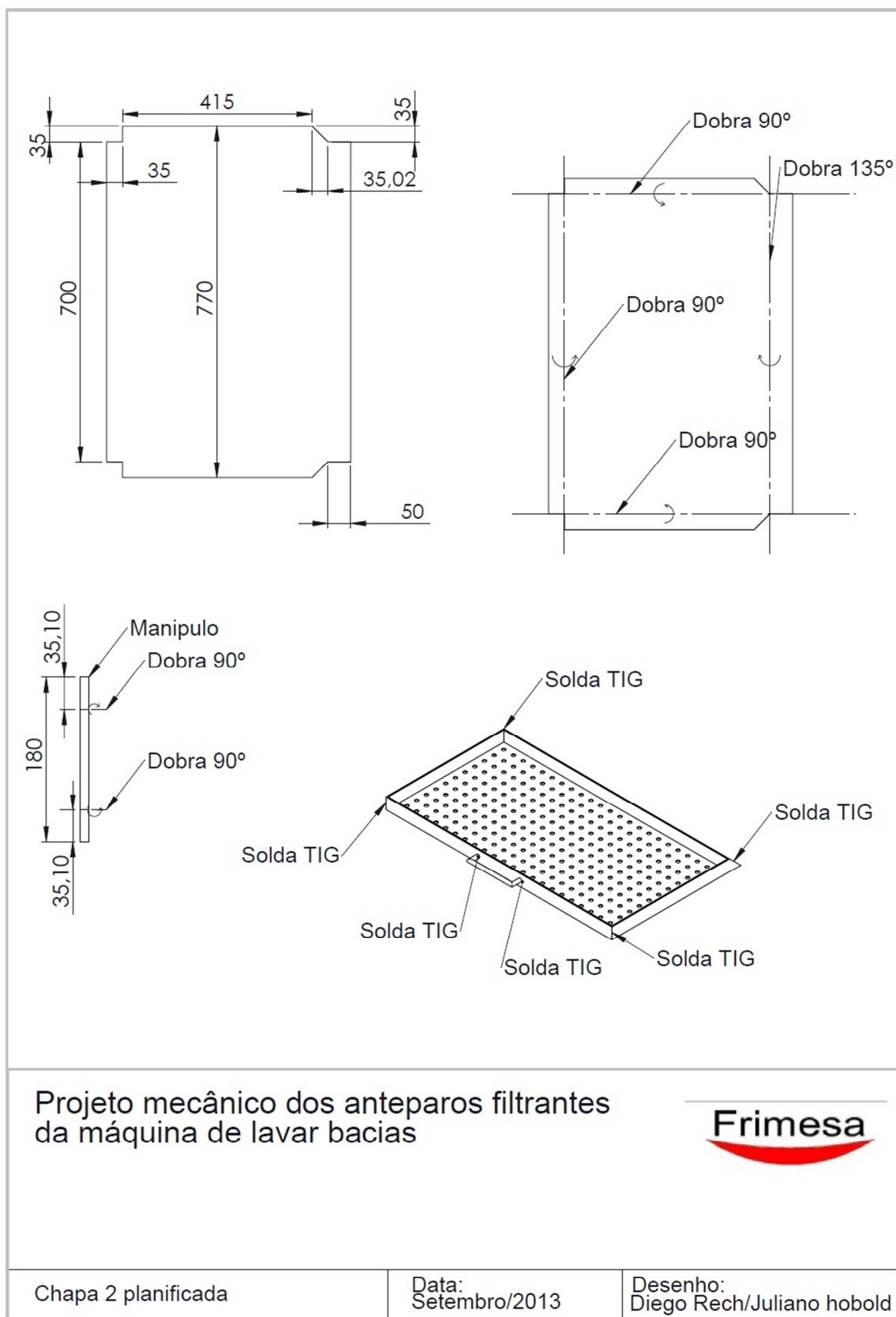
Frimesa

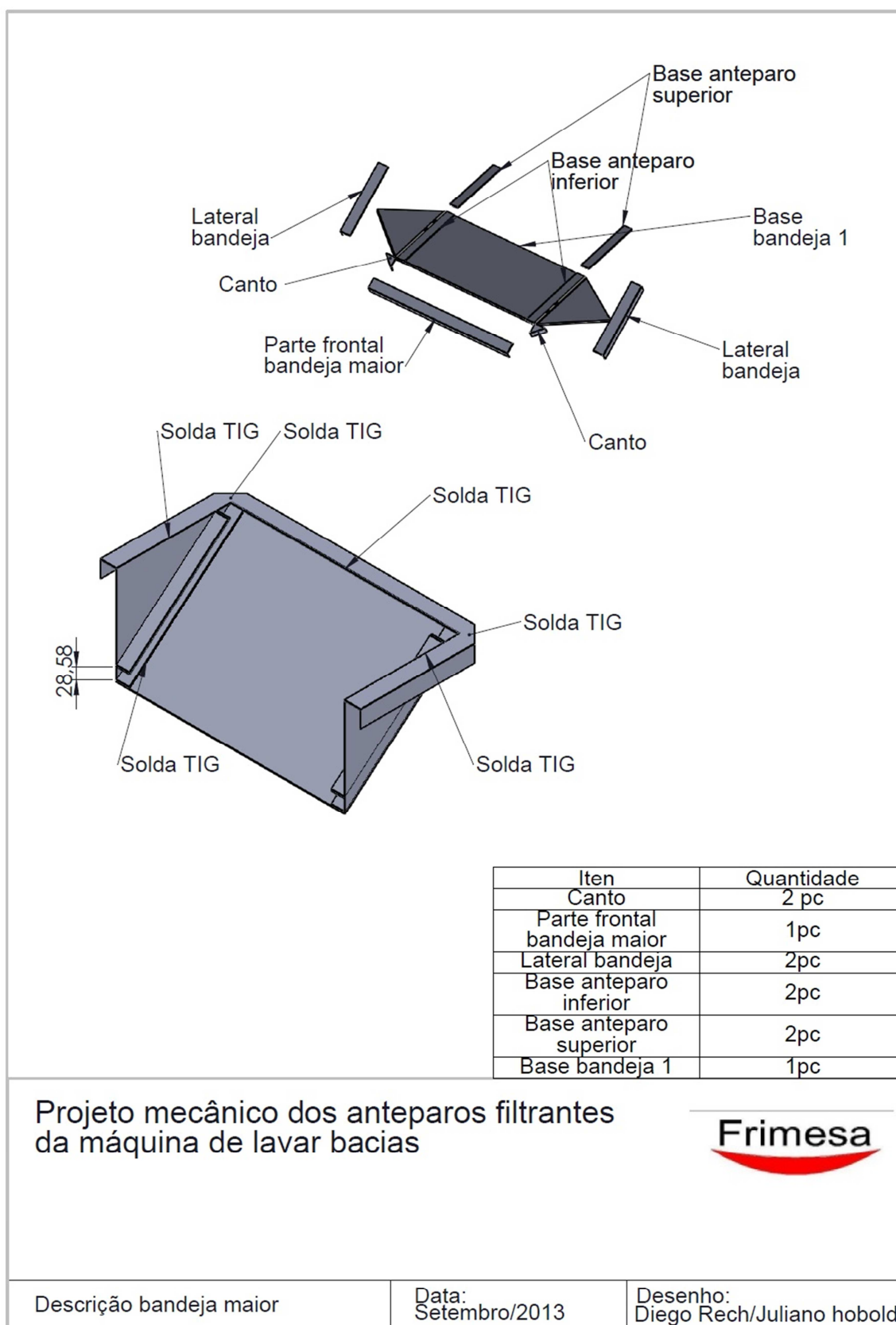
Base bandeja 2

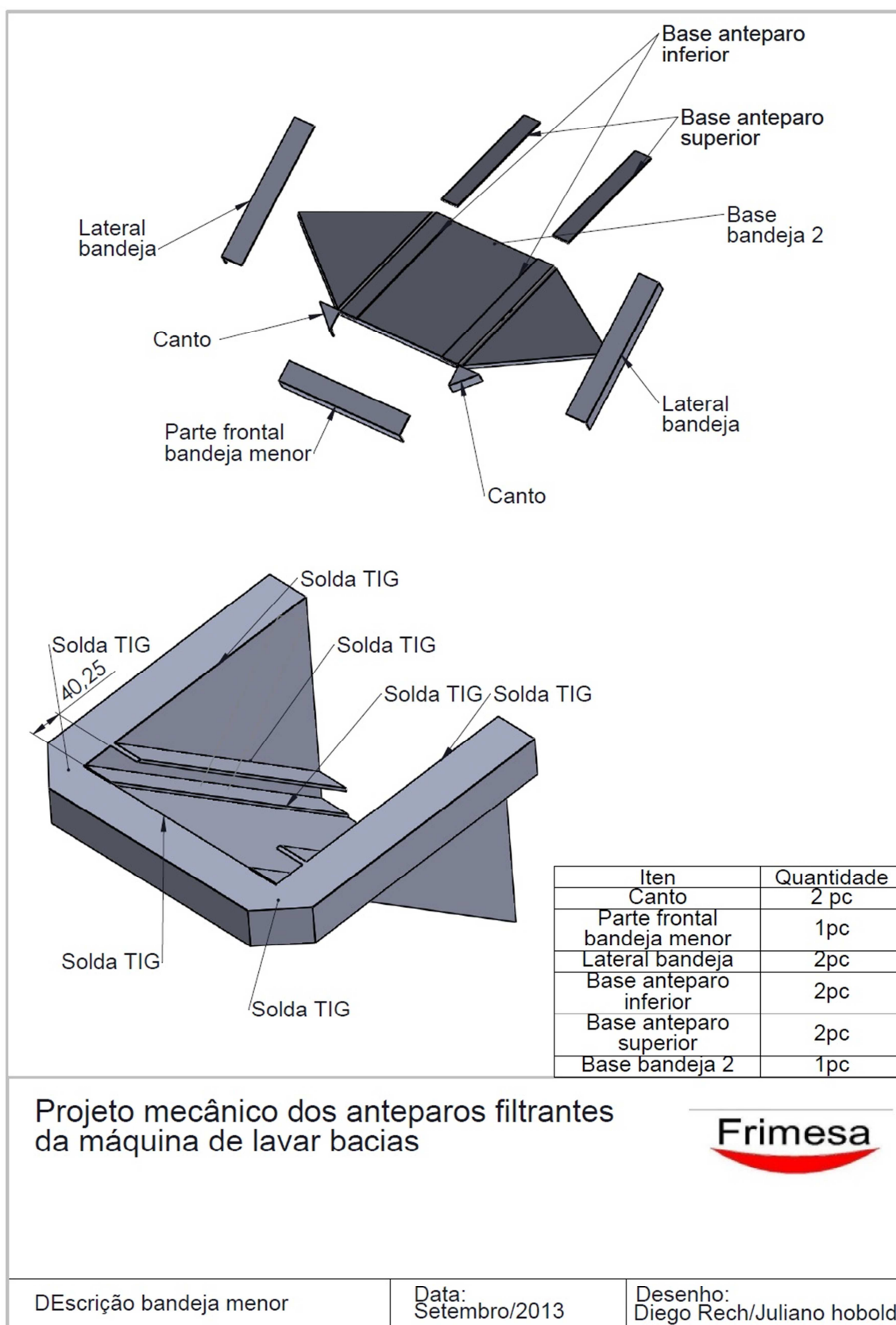
Data:
Setembro/2013

Desenho:
Diego Rech/Juliano hobold









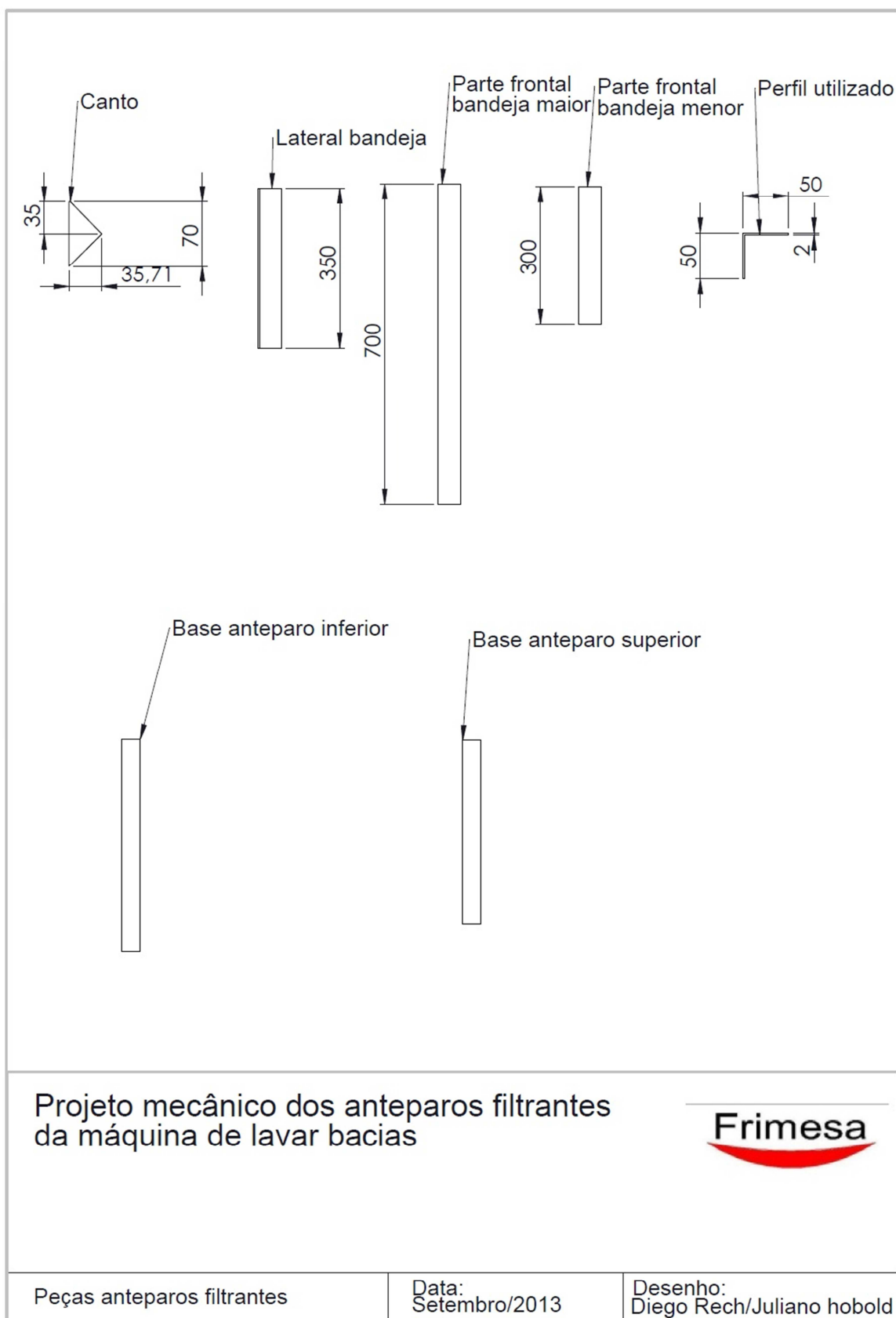
Projeto mecânico dos anteparos filtrantes da máquina de lavar bacias

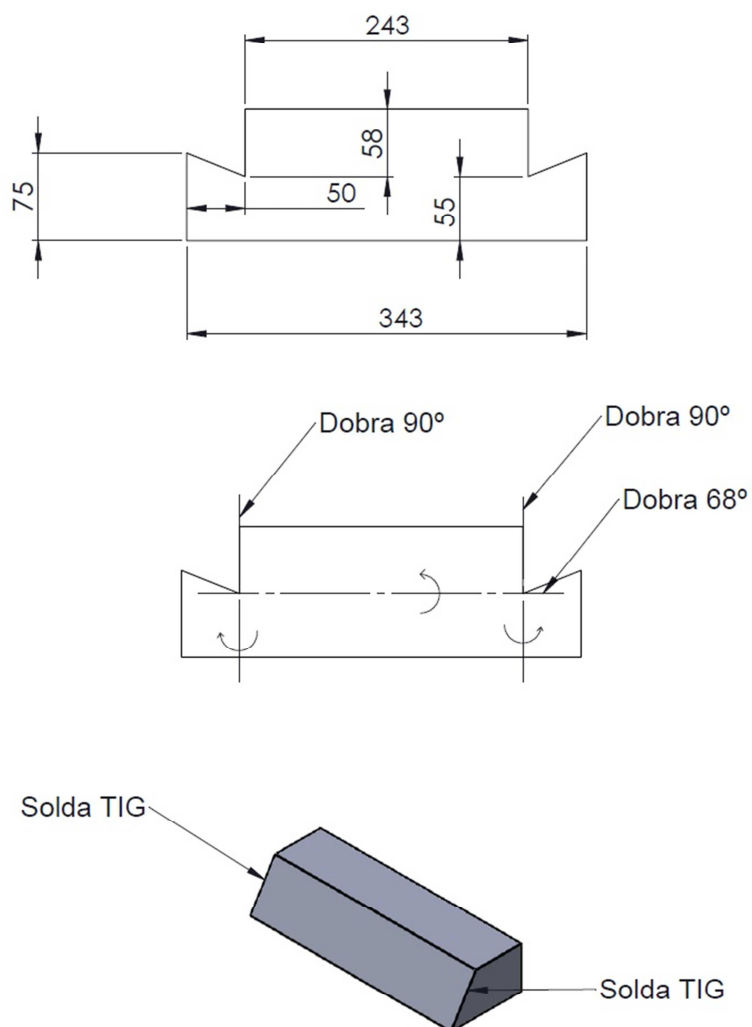
Frimesa

DEscrição bandeja menor

Data:
Setembro/2013

Desenho:
Diego Rech/Juliano hobold





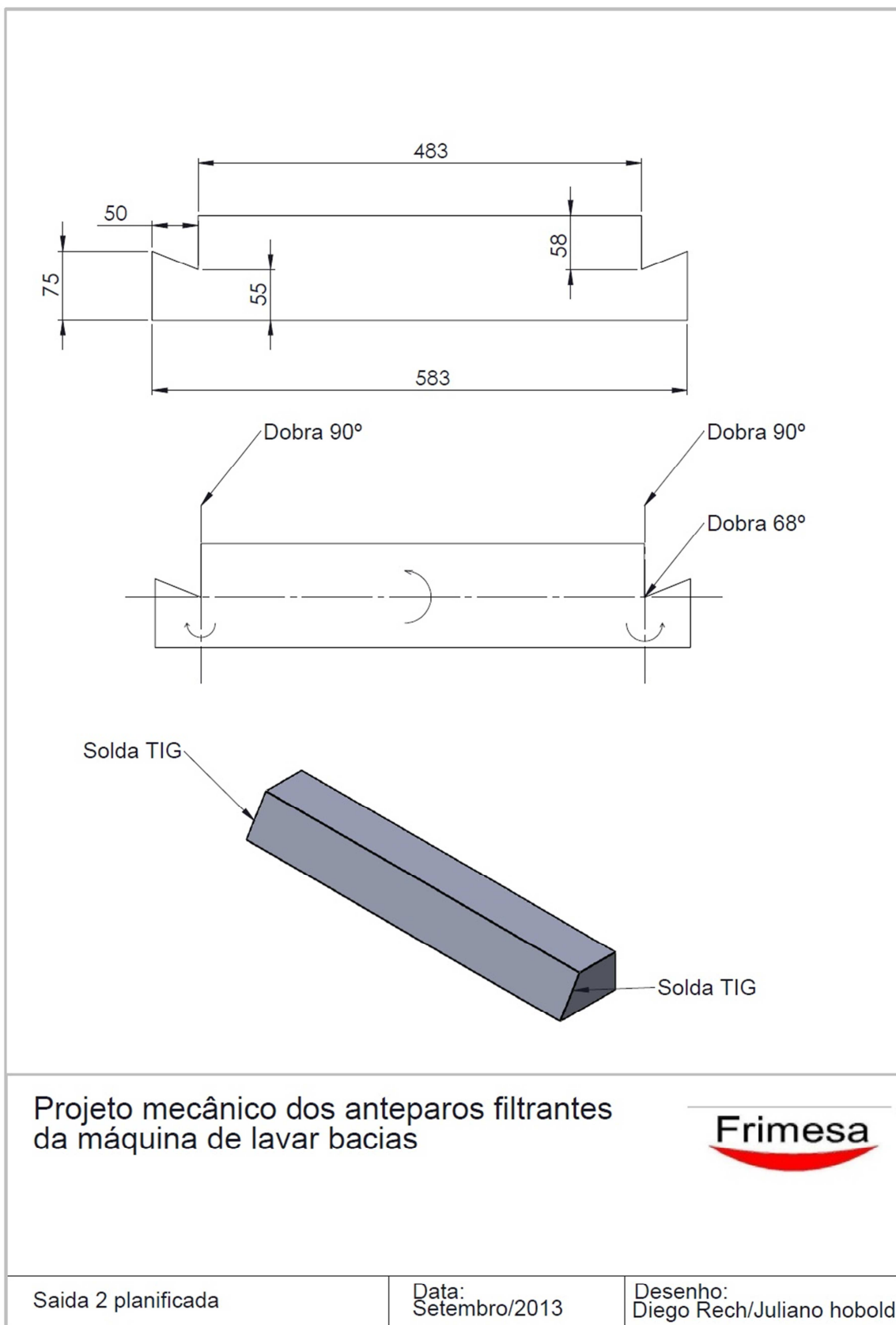
Projeto mecânico dos anteparos filtrantes
da máquina de lavar bacias

Frimesa

Saida 1 planificada

Data:
Setembro/2013

Desenho:
Diego Rech/Juliano hobold



ANEXO A – Conexões com os terminais de acesso de comando do inversor

