

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA
LUCAS RIBEIRO LEAL

AUTOMAÇÃO DO PROCESSO DE INSERÇÃO, RETIRADA E DESLOCAMENTO
DE PRÉ-MOLDADOS

FORMIGA - MG

2016

LUCAS RIBEIRO LEAL

**AUTOMAÇÃO DO PROCESSO DE INSERÇÃO, RETIRADA E DESLOCAMENTO
DE PRÉ-MOLDADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Minas Gerais - Campus Formiga, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientadora: Prof.^a Msc. Ana Paula Lima dos Santos

FORMIGA - MG

2016

LUCAS RIBEIRO LEAL

**AUTOMAÇÃO DO PROCESSO DE INSERÇÃO, RETIRADA E DESLOCAMENTO
DE PRÉ-MOLDADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto Federal de Minas Gerais - Campus
Formiga, como requisito parcial para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Msc. Ana Paula Lima dos Santos

Prof.^a Dr. Ana Flávia Peixoto de Camargos

Prof.^a Msc. Mariana Guimarães dos Santos

Formiga, 30 de novembro de 2016.

RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso consiste no projeto da automação do sistema de inserção, retirada e deslocamento de pré-moldados da vibro prensa VPO 1600. Máquina que é de posse da empresa Minas Comercial Materiais de Construção LTDA, situada na cidade de Formiga - MG. Para demonstração do processo automatizado, realizou-se a construção de um protótipo, cujos equipamentos especificados serão utilizados na automação do processo real. O atual sistema de inserção e retirada de tábuas base da vibro prensa é feito manualmente, o que retarda o processo produtivo, acarretando em um maior custo final do produto. A automação do sistema visa, então, o aumento da produtividade por meio de ciclos de produção mais rápidos e eficientes, além da redução dos custos associados à mão de obra, tornando o lucro da empresa maior. Para a automação, utilizou-se um Controlador Lógico Programável (CLP), que recebe sinais que informam o estado das variáveis do processo, os quais são enviados por sensores, e realiza todo o controle do processo lógico. Para o deslocamento dos pré-moldados da vibro prensa ao terreiro de secagem utilizou-se uma esteira transportadora controlada por um inversor de frequência. Objetiva-se com este projeto aumentar em 200% a produção de pré-moldados, conseguindo assim um lucro mensal de mais de R\$15.000,00.

Palavras-chaves: Automação; VPO 1600; Controlador Lógico Programável.

ABSTRACT

This work consists in the automation of the processes of insertion, removal and displacement of cement blocks in the VPO 1600 machine; the VPO 1600 belongs to Minas Comercial Materiais de Construção LTDA, Formiga-MG. A prototype was implemented in order to demonstrate the automation processes. In addition, specific equipment used in the construction will be used in the real automation process. Currently, the processes of insertion and removal of cement blocks are done manually which slows down the production affecting the final costs. The system automation's purpose is increasing productivity through faster and more efficient production cycles. As a result, the costs with labor will be reduced, the product final cost will be lower and the company's profit will be higher. To automation process was used a Programmable Logic Control (PLC), this equipment controls the logic process. To displacement of cement blocks was used a transport machine controlled for a frequency inverter. The project goal is increase 200% in the cement blocks production, increasing the month profit more than R\$15.000,00.

Keywords: Automation; VPO 1600; Programmable Logic Control.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização fábrica de pré-moldados da Minas Comercial.....	14
Figura 2 - Protótipo da vibro prensa VPO 1600.....	16
Figura 3 - Manual de instruções - Misturador MPO 500	18
Figura 4 - Vibro Prensa modelo VPO 1600	18
Figura 5 - Desenho em vista explodida VPO 1600	19
Figura 6 - Fluxograma do processo de produção da VPO 1600.....	20
Figura 7 - Silo de armazenagem da matéria prima.....	21
Figura 8 - Terreiro de secagem dos pré-moldados	22
Figura 9 - Fluxograma do processo produtivo geral de pré-moldados.....	23
Figura 10 - Cilindro duplo efeito.....	25
Figura 11 - (A) Detecção de um objeto (B) Diagrama de blocos de um sensor indutivo	26
Figura 12 - Simbologia de um sensor indutivo	26
Figura 13 - (A) Detecção de um objeto (B) Diagrama de blocos de um sensor capacitivo	27
Figura 14 - Simbologia de um sensor capacitivo	28
Figura 15 - Detecção de um objeto por meio de um sensor ótico	28
Figura 16 - Simbologia de sensores óticos por difusão.....	29
Figura 17 - Contatos NA e NF.....	29
Figura 18 - Indicador luminoso	29
Figura 19 - Representação do sistema de controle	30
Figura 20 - CLP Siemens LOGO!	31
Figura 21 - (A) Válvula solenoide (B) Símbolo válvula solenoide.....	32
Figura 22 - Circuito de um conversor de frequência.....	33
Figura 23 - Forças peso no sistema de inserção de tábuas	38
Figura 24 - Esquema de disposição das correias	41
Figura 25 - Simulação eletropneumática do sistema.....	44
Figura 26 - Lógica de controle do processo	46
Figura 27 - Protótipo desenvolvido em laboratório.....	47
Figura 28 - Dados motor trifásico WEG	54
Figura 29 - Dados inversor de frequência CFW08.....	55
Figura 30 - Dados cilindro pneumático	56
Figura 31 - Correias Schneider em V	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produção diária da VPO 1600 na Minas Comercial.....	15
Tabela 2 - Condições de acionamento do cilindro	45
Tabela 3 - Materiais utilizados	48
Tabela 4 - Aumento da produção diária	49

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	10
1.1.	Problemas de Pesquisa.....	11
1.2.	Objetivos.....	11
1.2.1.	Objetivo geral.....	11
1.2.2.	Objetivos específicos	12
1.3.	Metodologia de trabalho	12
1.4.	Justificativa	12
2.	ANÁLISE PRELIMINAR.....	14
2.1.	Cenário atual	14
2.2.	Projeto preliminar de automação	15
3.	DESENVOLVIMENTO.....	17
3.1.	História dos pré-moldados	17
3.2.	Equipamentos utilizados na fabricação dos pré-moldados	17
3.2.1.	Misturador MPO 500	17
3.2.2.	Vibro prensa VPO 1600.....	18
3.3.	Processo produtivo dos pré-moldados na Minas Comercial.....	21
3.4.	Automação do processo	23
3.4.1.	Partes que compõem os sistemas automatizados	23
3.4.1.1.	Atuadores	24
3.4.1.1.1.	Atuador elétrico.....	24
3.4.1.1.2.	Atuador pneumático	24
3.4.1.2.	Sensores	25
3.4.1.2.1.	Sensor indutivo	25
3.4.1.2.2.	Sensor capacitivo	27
3.4.1.2.3.	Sensor ótico.....	28
3.4.1.3.	Dispositivos de comando e sinalização.....	29

3.4.1.4.	Sistema de controle	30
3.4.1.5.	Dispositivos de manobra, proteção e acionamento	32
3.4.2.	Controlador lógico programável	33
3.4.3.	Software utilizado para programação	34
3.4.4.	Linguagem de programação	34
3.4.5.	Processo de controle de velocidade da esteira	34
3.4.5.1.	Cálculos para dimensionamento do motor	34
3.4.5.2.	Escolha do inversor de frequência	36
3.4.6.	Processo de inserção de tábuas base na vibro prensa.....	36
4.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	38
4.1.	Dimensionamentos.....	38
4.1.1.	Dimensionamento do cilindro	38
4.1.2.	Dimensionamento do motor	40
4.1.3.	Dimensionamento do inversor	43
4.2.	Desenvolvimento do circuito eletropneumático	43
4.3.	Desenvolvimento da lógica.....	44
4.4.	Construção do protótipo de inserção e retirada de tábuas.....	46
4.5.	Materiais	48
5.	RESULTADOS	49
6.	CONCLUSÃO.....	50
6.1.	Trabalhos futuros	50
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
	ANEXO A	54
	ANEXO B.....	55
	ANEXO C.....	56
	ANEXO D	57

1. INTRODUÇÃO

A automação industrial teve início no século XVIII, na Inglaterra, com a mecanização dos sistemas de produção. Fato, este, explicado por diversos fatores: a Inglaterra possuía grandes reservas de carvão mineral em seu subsolo, principal fonte de energia da época, e os ingleses possuíam, também, a principal matéria prima, o minério de ferro. Além disso, tinham mão de obra em abundância e a burguesia inglesa possuía capital para financiar as fábricas (CAPELLI, 2008).

Com um desejo insaciável da sociedade contemporânea por produtos mais baratos, melhores e abundantes, gerou-se a necessidade de plantas fabris ágeis, com grande produtividade e um número de paradas muito pequeno. Tudo isso conseguido com a integração de sistemas e distribuição da inteligência nos diversos pontos da cadeia produtiva (GROOVER, 2011).

A evolução do processo produtivo trouxe direta e indiretamente inúmeros benefícios como, por exemplo:

- maior produtividade;
- otimização de espaço nas fábricas;
- melhora da qualidade do produto final;
- maior segurança para os operadores;
- menor consumo de energia elétrica;
- menor consumo de insumos;
- redução de refugos.

Atualmente, qualquer que seja o segmento industrial, a automação tornou-se necessária à sobrevivência em mercados dinâmicos e flexíveis, onde a presença humana é cada vez mais rara e bem remunerada (GUNTZEL; PASSOS, 2013).

Segundo PRUDENTE (2011), um sistema pode ser definido como automatizado quando é capaz de cumprir uma ou mais tarefas, por meio de decisões que são tomadas em função de sinais de várias naturezas que vêm do próprio sistema a ser controlado.

A automação industrial vem se tornando pauta nas discussões de centenas de indústrias brasileiras, nas quais, a tendência é de investimentos expressivos na melhoria de processos e produtos (GOMES, 2014). No entanto, para realizar a automação de um

determinado processo, é necessário compreender com detalhes todas as suas etapas (GROOVER, 2011).

Neste trabalho de conclusão de curso avalia-se uma alternativa para automação do processo de inserção, retirada e deslocamento de pré-moldados da vibro prensa VPO 1600. Este equipamento é de posse da Empresa Minas Comercial Materiais de Construção LTDA, situada na cidade de Formiga – MG. O problema relatado pelos proprietários da empresa é que se perde muito tempo entre a produção e a deposição dos pré-moldados no terreiro de secagem, acarretando em uma baixa produção, comparada à capacidade produtiva indicada no manual da máquina. Com todo o detalhamento e estudos do processo de fabricação, observa-se que a produção realmente é inferior à capacidade da vibro prensa e que há a necessidade de automação para melhoria do tempo gasto no deslocamento dos pré-moldados. Inicia-se, então, diversos estudos para a otimização do processo de produção de pré-moldados.

Com a automação do processo objetiva-se aumentar a produção de pré-moldados por meio do aumento da velocidade de produção. Para isso, as tábuas base armazenadas em um silo serão inseridas por um cilindro pneumático de duas vias. Após a produção, estas tábuas base serão retiradas da vibro prensa por este mesmo cilindro de duas vias e deslocadas até o terreiro de secagem por uma esteira. Todo o processo será controlado por um CLP ou do inglês PLC (*Programmable Logic Control*). Estima-se uma produção de pelo menos 200% a mais que o atual processo de fabricação.

1.1. Problemas de Pesquisa

A necessidade da automação do processo de inserção, retirada e deslocamento de tábuas base da vibro prensa VPO 1600 para sanar alguns problemas no processo de fabricação de pré-moldados, dos quais se destacam o tempo gasto no processo de produção e o alto custo do produto final.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo geral

O presente Trabalho de Conclusão de Curso objetiva desenvolver um projeto para automatizar o processo de inserção, retirada e deslocamento de tábuas base da vibro prensa

VPO 1600 pertencente à empresa Minas Comercial Materiais de Construção LTDA situada na cidade de Formiga-MG, visando maior produção, com custo final dos produtos reduzido.

1.2.2. Objetivos específicos

- inserir tábuas bases na vibro prensa utilizando um cilindro pneumático, controlado por um CLP;
- após o processo de fabricação de pré-moldados da vibro prensa, retirar as tábuas bases com os pré-moldados fabricados utilizando um cilindro pneumático;
- transportar as tábuas base com os pré-moldados ao centro do terreiro de secagem utilizando uma esteira transportadora;
- quando os pré-moldados chegarem ao final do curso da esteira transportadora, o encarregado do transporte de pré-moldados direcionará os mesmos para seus devidos lugares utilizando um carrinho de transporte.

1.3. Metodologia de trabalho

Primeiramente, para que os objetivos mencionados sejam alcançados, é necessário um estudo a respeito do processo de produção de pré-moldados, como materiais utilizados, procedimento de produção da massa, estrutura da vibro prensa, entre outros.

Em seguida, é realizado um levantamento dos pontos a serem melhorados e, a partir de uma análise da condição do local, constatou-se que o tempo de produção dos pré-moldados estava alto. Dessa forma, a necessidade de automação da máquina é confirmada. Para realizar a automação do processo, efetuou-se um levantamento dos materiais necessários e a viabilidade econômica, considerando o custo dos materiais e a mão de obra gasta para a automação.

Finalizando todos estes procedimentos, elaborou-se, no laboratório do Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Formiga, um projeto modelo para simulação e demonstração do processo automatizado.

1.4. Justificativa

Com a necessidade de aumento da produção de pré-moldados e visando uma diminuição considerável de custos no processo, o presente trabalho prevê a elaboração de um projeto de automação de inserção, retirada e transporte de tábuas base da vibro prensa VPO 1600. A automação acarretará em um maior número de pré-moldados produzidos, além da diminuição do custo com mão de obra, conseqüentemente, o lucro da empresa será maior com a venda destes produtos.

2. ANÁLISE PRELIMINAR

A análise preliminar investiga todos os pontos do cenário atual que podem ser melhorados por meio do projeto de automação da vibro prensa.

2.1. Cenário atual

A empresa Minas Comercial Materiais de Construção LTDA atua no ramo de materiais para construção há 26 anos, atendendo Formiga e região. Sua matriz é situada na Av. Guiomar Garcia Neto em Formiga-MG.

Dentre os principais produtos comercializados pela empresa estão os pré-moldados. A atual fábrica de pré-moldados da Minas Comercial é situada na Av. Furtado de Menezes no bairro Lajinha em Formiga (FIGURA 1). Trabalham quatro funcionários no processo de fabricação dos pré-moldados, um na fabricação do composto (massa de cimento, areia, pedriscos e água), outro no comando da vibro prensa e dois no transporte.

Figura 1 - Localização fábrica de pré-moldados da Minas Comercial



Fonte: Google Earth

Os produtos fabricados pela Minas Comercial e sua respectiva produção diária estão na Tabela 1:

Tabela 1 - Produção diária da VPO 1600 na Minas Comercial

PRODUTOS	PRODUÇÃO DIÁRIA
Blocos 40x20x10cm	1920 unidades
Blocos 40x20x12cm	1600 unidades
Blocos 40x20x15cm	1280 unidades
Blocos 40x20x20cm	960 unidades
Blocos Vazados 40x20x20cm	960 unidades
Canaletas 40x20x15cm	1280 unidades
Canaletas 40x20x20cm	960 unidades

Fonte: Elaborada pelo autor

Para a obtenção dos dados da produção diária é calculada a média de fabricação entre o período de Janeiro/2015 à Junho/2016. Segundo o manual da vibro prensa, a produção diária média gira em torno de 7200 blocos 40x20x10cm, ou seja, a produção atual atinge apenas 26,67% da capacidade total da vibro prensa.

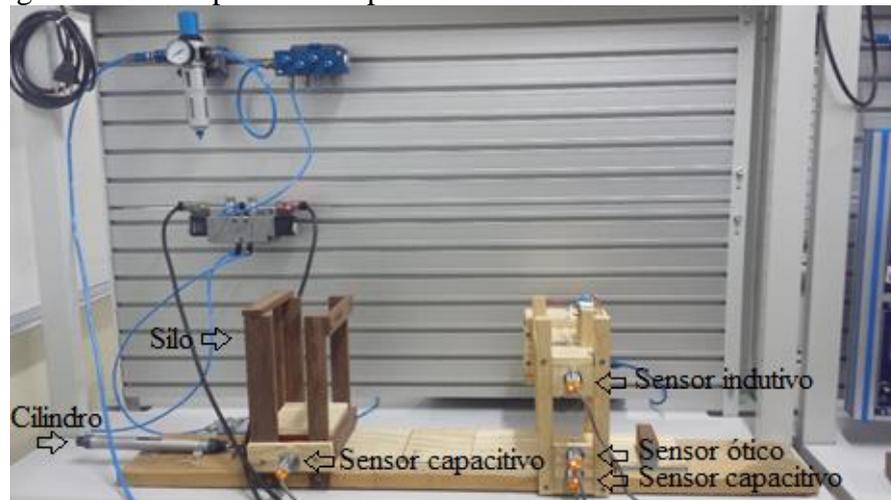
Um dos principais motivos para a baixa produção de pré-moldados é o tempo gasto entre a inserção, retirada e deposição da tábua base no terreiro de secagem. Pelo fato do processo ser manual, os funcionários encarregados da retirada dos blocos percorrem um longo caminho até a deposição dos mesmos no terreiro.

Visando uma melhoria na produção com a VPO 1600, é proposto, então, o projeto de automação de inserção, retira e deslocamento dos pré-moldados até o centro do terreiro de secagem.

2.2. Projeto preliminar de automação

Para demonstração do que se espera do processo após a automação, é desenvolvido no laboratório do Instituto Federal um protótipo da vibro prensa instalada na empresa Minas Comercial, (FIGURA 2).

Figura 2 - Protótipo da vibro prensa VPO 1600



Fonte: Elaborada pelo autor

Como pode-se observar, o sistema será composto de um silo para tábuas base, um cilindro para inserção das tábuas, sensor capacitivo para captar a presença de tábuas no reservatório, sensor capacitivo para captar a presença de tábuas na plataforma da vibro prensa, sensor óptico para captar a presença de pré-moldados e sensor indutivo para captar a presença de elevação da prensa. O controle do processo é realizado por um CLP que irá receber os sinais dos sensores, processar os dados e atuar no cilindro para inserir as tábuas. O projeto é detalhado nos tópicos a seguir.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1. História dos pré-moldados

Segundo SERRA (2005), não se pode precisar a data em que começou a pré-moldagem, mas pode-se afirmar que começou com a invenção do concreto armado. De acordo com CUNHA (2010), o criador dos blocos de concreto é J. Bresser, que abriu a primeira empresa de pré-moldados do mundo na Virgínia-USA em 1904.

O início do século XX abriu as portas para a acirrada corrida do desenvolvimento de máquinas cada vez mais eficientes. O desafio era combinar a vibração e compactação da mistura para que as mesmas pudessem agir de forma harmônica, encontrando assim a melhor tração possível para esses blocos (MARTINS *et al.*, 2014).

Segundo o presidente Milton Moreira Filho da Associação Brasileira da Construção Industrializada em Concreto (ABCIC), a tendência mundial da construção civil é abandonar processos artesanais em prol da industrialização progressiva, porque ela aumenta a velocidade e a qualidade, reduzindo custos.

Atualmente, os blocos de concreto veem substituindo a alvenaria comum. No Brasil, o estado de São Paulo lidera o *ranking* tecnológico da utilização de blocos de concreto em edificações, com uma marca de 56.357 milhões de blocos por mês. Esse potencial é somente das 48 empresas associadas à Bloco Brasil, que são as maiores e melhor equipadas indústrias de blocos de concreto do país (ROCHA, 2011).

Os pré-moldados já se tornaram elementos culturais na construção civil em países que possuem uma construção rápida e eficaz, principalmente no setor de hotelaria e entretenimento. No Brasil, sabe-se que o mercado da construção civil está aberto e amplamente em crescimento (MARTINS *et al.*, 2014).

3.2. Equipamentos utilizados na fabricação dos pré-moldados

3.2.1. Misturador MPO 500

O misturador MPO 500, produzido pela MFW Máquinas, mistura materiais secos ou úmidos, granulados ou em pó, normalmente, com elevado peso específico. Especialmente indicados para misturas de massa de blocos de concreto e similar. É acionado por um motor elétrico CA de indução quatro polos. Os materiais a serem misturados devem ser inseridos na

máquina com a mesma ligada. O sistema de pás giratórias faz a mistura e a massa, quando pronta, é descarregada por uma bica específica com dosagem manual (FIGURA 3).¹

Figura 3 - Manual de instruções - Misturador MPO 500



Fonte: Manual de instruções MPO 500– MFW Máquinas

3.2.2. Vibro prensa VPO 1600

A vibro prensa VPO 1600 desenvolvida pela MFW Máquinas é destinada à fabricação de elementos de concreto tais como: blocos, canaletas, meio bloco, *pavers* e todo tipo de material similar (FIGURA 4).

Figura 4 - Vibro Prensa modelo VPO 1600

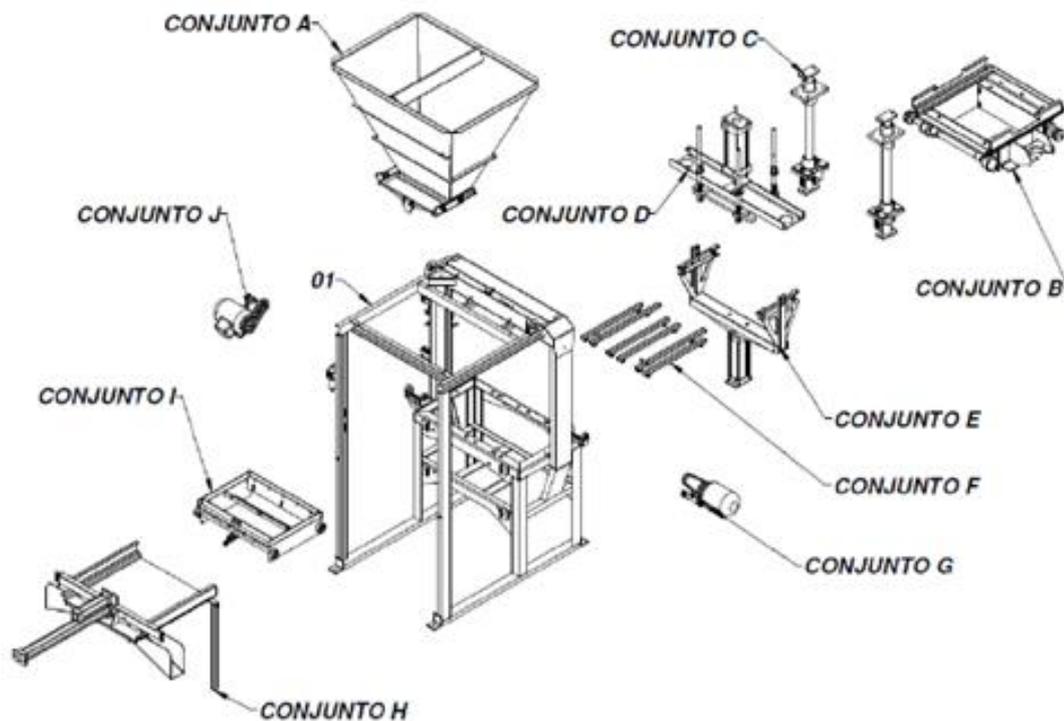


Fonte: Manual de instruções VPO 1600 - MFW Máquinas

¹ http://mfwmaquinas.com.br/web/arquivos/MPO_MAN.pdf

A vibro prensa possui um sistema de vibração composto por: dois motores elétricos de acionamento automático e uma rede pneumática no sistema de prensagem composta por cilindros, válvulas, tubulações, conexões, etc. Seu processo de funcionamento acontece da seguinte forma: a moega de entrada (Conjunto A da Figura 5) é abastecida com a massa da matéria prima feita em um misturador que por gravidade abastece o carro de massa (Conjunto B da Figura 5). O acionamento da válvula manual do comando do carro de massa transporta o material sobre a forma, a qual, em sintonia com o sistema de vibração (Conjunto J e G da Figura 5), enche a mesma uniformemente. Outro comando de válvulas faz a prensagem do material, que depois de prensado libera mecanicamente a moldagem e o acesso para a retirada dos pré-moldados.²

Figura 5 - Desenho em vista explodida VPO 1600

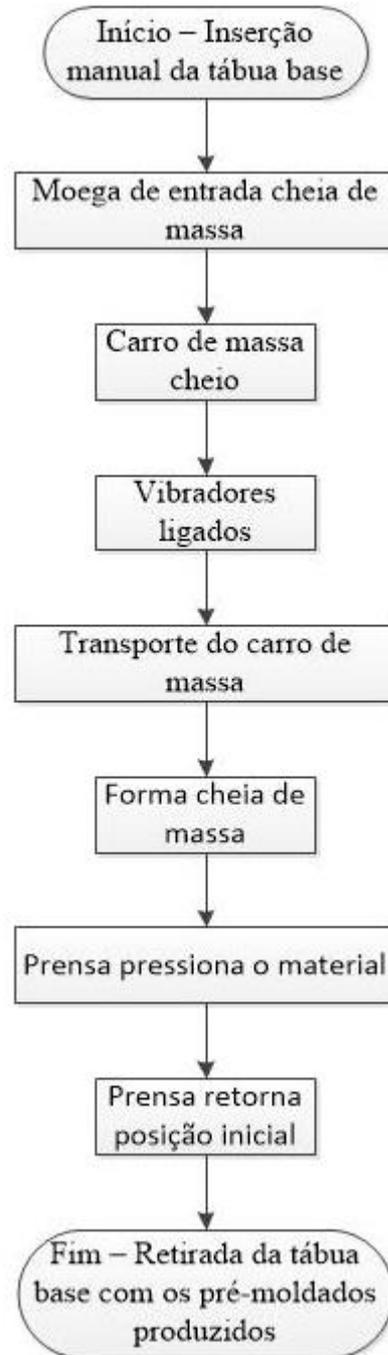


Fonte: Manual de instruções VPO 1600 - MFW Máquinas

² http://mfwmaquinas.com.br/web/arquivos/VPO_MAN.pdf

O fluxograma da Figura 6 mostra o processo de produção da vibro prensa VPO 1600.

Figura 6 - Fluxograma do processo de produção da VPO 1600



Fonte: Elaborada pelo autor

3.3. Processo produtivo dos pré-moldados na Minas Comercial

Primeiramente, a matéria prima é armazenada em um silo dividido em três compartimentos. Dois compartimentos laterais para armazenagem de areia e pedriscos, suportando dez toneladas cada e um compartimento central para armazenagem de cimento (FIGURA 7).

Figura 7 - Silo de armazenagem da matéria prima



Fonte: Elaborada pelo autor

Após a armazenagem da matéria prima, o operador do misturador MPO 500 (FIGURA 3) descarrega uma determinada quantidade de areia, pedriscos e cimento que estavam armazenados no silo e acrescenta água. As medidas são pré-determinadas para que a massa fique com o ponto de umidade ideal para fabricação dos pré-moldados. De acordo com a consistência da massa (muita ou pouca água) deve-se corrigir a mistura acrescentando ou diminuindo materiais. Do contrário, pode haver a perda da massa.

Quando termina o processo de fabricação da massa, o produto é descarregado na moega de entrada da vibro prensa VPO 1600. Então, começa todo o processo de produção dos pré-moldados, explicado anteriormente no item 3.2.2.

Com o fim da fabricação, os pré-moldados são levados para o terreiro de secagem. O processo de retirada dos pré-moldados da máquina é feito manualmente. Os encarregados do transporte pegam os pré-moldados com um carrinho próprio para a atividade e leva-os para o terreiro (FIGURA 8).

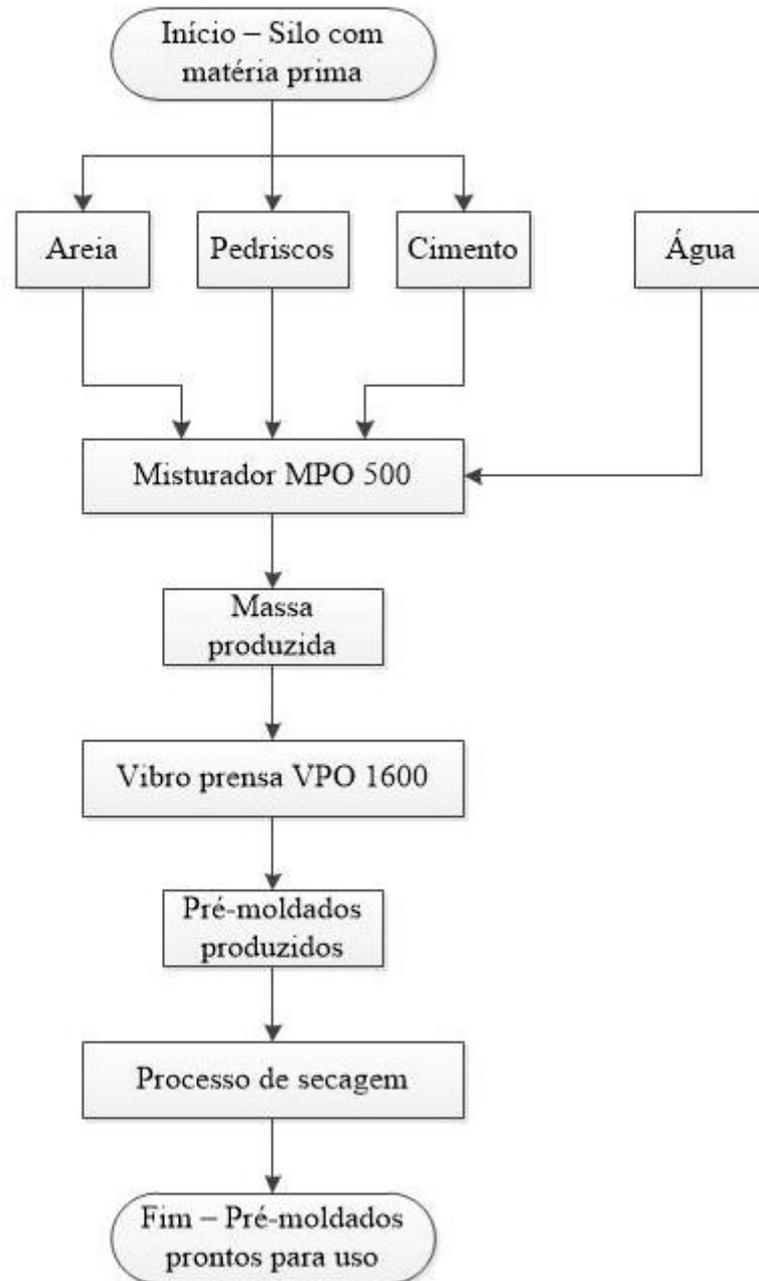
Figura 8 - Terreiro de secagem dos pré-moldados



Fonte: Elaborada pelo autor

O fluxograma da Figura 9 mostra todo processo produtivo geral dos pré-moldados, do composto feito com a matéria prima à retirada dos pré-moldados do terreiro de secagem.

Figura 9 - Fluxograma do processo produtivo geral de pré-moldados



Fonte: Elaborada pelo autor

3.4. Automação do processo

3.4.1. Partes que compõem os sistemas automatizados

Um sistema automático é composto de dois blocos, o bloco de comando e o bloco de potência. O bloco de potência é composto por motores, cilindros pneumáticos, cilindros hidráulicos, entre outros. O bloco de comando corresponde à unidade de gerenciamento do

automatismo; é a parte inteligente que gerencia o processo. São equipamentos que permitem detectar os vários estágios do processo automático e comunicá-lo a um sistema de controle (PRUDENTE, 2011).

3.4.1.1. Atuadores

A operação final consiste em transformar um sinal elétrico, pneumático ou hidráulico em uma outra grandeza física, que normalmente é um deslocamento mecânico. Quando conectados às saídas do CLP, a função dos atuadores é converter o sinal elétrico recebido em uma condição física, normalmente ligando ou desligando algum elemento (FRANCHI; CAMARGO, 2008).

3.4.1.1.1. Atuador elétrico

Os atuadores elétricos convertem energia elétrica em energia mecânica em resposta a um comando manual ou automático. O atuador elétrico utilizado será um motor de indução trifásico com rotor gaiola de esquilo, o qual está presente na maioria dos acionamentos eletromecânicos, devido a sua confiabilidade, robustez, simplicidade de construção e baixo custo. Estes motores são excitados com correntes alternadas que são aplicadas diretamente aos enrolamentos do estator e, então, correntes no rotor são produzidas por indução. O fluxo de armadura do motor de indução adianta-se em relação ao do rotor produzindo um conjugado eletromecânico (FITZGERALD *et al.*, 2006).

3.4.1.1.2. Atuador pneumático

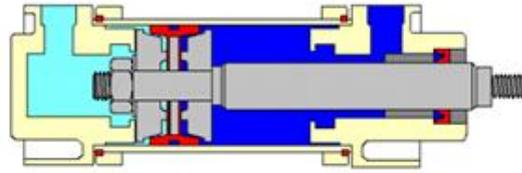
Os atuadores do tipo pneumático ocupam um vasto espaço na automação, seja para levantar, mover, bloquear ou posicionar vários elementos. Os cilindros de duplo efeito (entrada de ar comprimido em duas direções) possuem potência reduzida e velocidade elevada.

Os cilindros de duplo efeito (FIGURA 10) funcionam da seguinte maneira: recebem o ar comprimido em ambos os lados, realizando trabalho tanto no movimento de avanço como no movimento de retardo. No movimento de avanço, o ar comprimido atinge a câmara traseira de tal forma que o ar da câmara dianteira estará em escape fazendo com que o cilindro

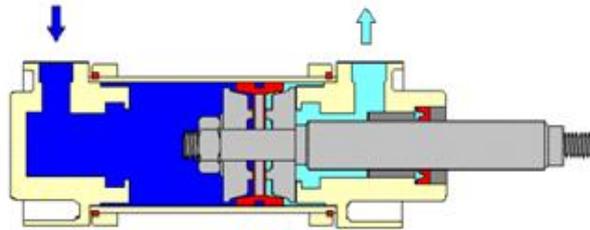
avance. No movimento de retorno, o ar comprimido chega à câmara dianteira e a câmara traseira estará em escape (DORNELES; MUGGE, 2008).

Figura 10 - Cilindro duplo efeito

a) Cilindro em retardo



b) Cilindro em avanço



Fonte: DORNELES e MUGGE (2008)

3.4.1.2. Sensores

Os sensores são dispositivos responsáveis por sentir (detectar, medir) as variáveis de interesse e entregar sinais elétricos proporcionais a uma grandeza física mensurada. Os sinais elétricos entregues pelos sensores são utilizados pelo CLP através de conexões às suas entradas (FRANCHI; CAMARGO, 2008). Geralmente os dispositivos de detecção podem ser divididos em duas grandes categorias (PRUDENTE, 2011):

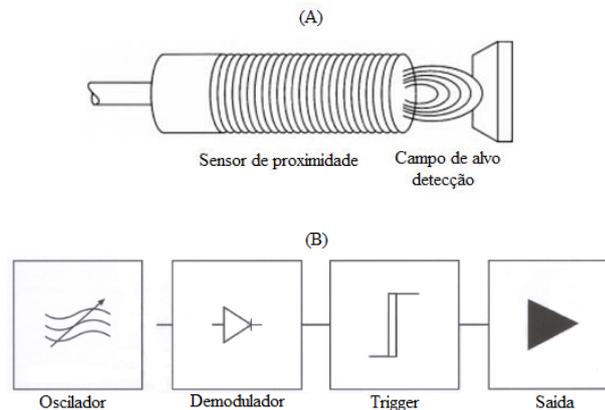
- sensor digital: cuja saída recebe nível lógico 1 ou 0, ou seja, ligado ou desligado;
- sensor analógico: fornece um sinal de saída que pode sofrer variação contínua dentro da faixa de medição.

3.4.1.2.1. Sensor indutivo

Os sensores indutivos (FIGURA 11 – A) são formados por um indutor de núcleo aberto, conhecido como entreferro. Com o núcleo aberto, o campo magnético tem de passar

pelo ar e, por conseguinte, sua intensidade é menor (ROSARIO, 2005). Existe um circuito cuja frequência de oscilação é modificada quando introduz um objeto metálico no campo da bobina. Essas modificações podem ser demoduladas e interpretadas por um circuito de *trigger*, de modo a se obter uma saída digital (FIGURA 11 – B) (BALBINOT; BRUSAMARELLO, 2007).

Figura 11 - (A) Detecção de um objeto (B) Diagrama de blocos de um sensor indutivo

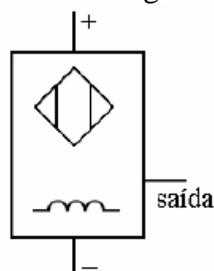


Fonte: BALBINOT e BRUSAMARELLO (2007)

Os sensores indutivos possuem algumas vantagens em relação a outros sensores de proximidade. Eles são relativamente baratos, extremamente confiáveis, operam em uma grande variedade de tensões e podem ser conectados diretamente ao CLP sem componentes externos adicionais, mas possuem desvantagens, pois somente detectam objetos metálicos, sua distância sensora é pequena e podem ser afetados por campos eletromagnéticos (PRUDENTE, 2011).

Na Figura 12 é apresentada a simbologia de sensores indutivos.

Figura 12 - Simbologia de um sensor indutivo

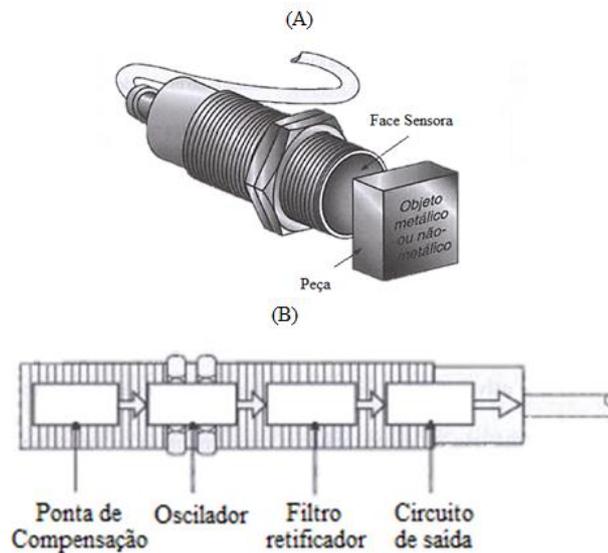


Fonte: CORREIA e AFONSO (2008)

3.4.1.2.2. Sensor capacitivo

O sensor capacitivo é formado por duas placas metálicas na face sensora. Quando um objeto que possui constante dielétrica maior que a do ar é aproximado do sensor capacitivo, o campo elétrico gerado pela atração entre as cargas passa por esse objeto e a capacitância aumenta (FIGURA 13 – A) (ROSARIO, 2005).

Figura 13 - (A) Detecção de um objeto (B) Diagrama de blocos de um sensor capacitivo



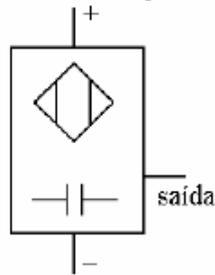
Fonte: BALBINOT e BRUSAMARELLO (2007)

A alteração da capacitância ativa o circuito oscilador e comuta a saída (FIGURA 13 – B). A capacitância do circuito é determinada pelo tamanho do alvo, sua constante dielétrica e a distância até a ponta do sensor (FRANCHI; CAMARGO, 2008).

Sensores de proximidade capacitivos podem ser utilizados em materiais metálicos ou não metálicos, entretanto seu custo é mais elevado, sendo inviáveis para determinadas aplicações. Outra desvantagem dos sensores capacitivos é a pequena distância sensora e a sensibilidade a fatores ambientais como umidade (PRUDENTE, 2011).

Na Figura 14 é apresentada a simbologia de sensores capacitivos.

Figura 14 - Simbologia de um sensor capacitivo



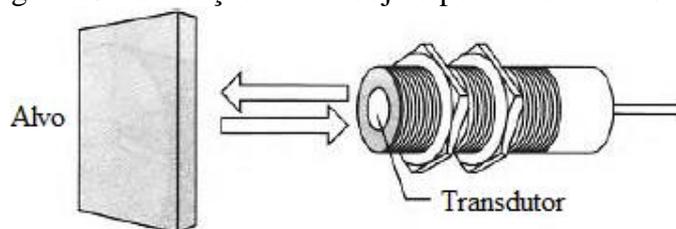
Fonte: CORREIA e AFONSO (2008)

3.4.1.2.3. Sensor ótico

Um sensor ótico é formado por um emissor e por um receptor de luz. O emissor de luz ótico pode ser um LED (diodo emissor de luz). O receptor é um componente fotossensível, isto é, sensível à luz, como fototransistor, fotodiodo ou os resistores variados pela luz (LDR – *light dimmer resistor*) (ROSARIO, 2005).

O funcionamento dos sensores baseia-se na transmissão e recepção de luz infravermelha, a qual é invisível ao olho humano. O transmissor envia o feixe de luz com alta potência e curta duração, para evitar que o receptor confunda a luz emitida com a luz ambiente. O receptor, por meio de um circuito eletrônico, identifica essa luz, emitindo um sinal que poderá ser utilizado para inspeção e controle (FIGURA 15) (CORREIA; AFONSO, 2008).

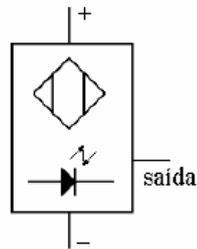
Figura 15 - Detecção de um objeto por meio de um sensor ótico



Fonte: FRANCHI e CAMARGO (2008)

O acionamento do sensor ótico por difusão ocorre quando o alvo a ser detectado entra na região de sensibilidade e reflete a luz emitida pelo transmissor, sendo que o transmissor e o receptor são montados na mesma unidade. Na Figura 16 é apresentada a simbologia de sensor ótico por difusão.

Figura 16 - Simbologia de sensores óticos por difusão



Fonte: CORREIA e AFONSO (2008)

3.4.1.3. Dispositivos de comando e sinalização

Geralmente, o diálogo entre homem e máquina, acontece por meio dos dispositivos de comando (chaves seletoras, botoeiras) e das sinalizações (indicadores luminosos) (DORNELES; MUGGE, 2008).

As chaves seletoras e botoeiras são dispositivos usados para a comutação de contatos e podem ser do tipo normalmente aberto (NA ou NO do inglês) ou normalmente fechado (NF ou NC do inglês), os quais são comutados quando uma força externa é aplicada (FIGURA 17) (FRANCHI; CAMARGO, 2008).

Figura 17 - Contatos NA e NF

Chave de impulso	Desacionado	Acionado
NA		
NF		

Fonte: FRANCHI e CAMARGO (2008)

Os dispositivos de sinalização (FIGURA 18) são utilizados para indicar o estado em que se encontra o processo. As informações mais comuns fornecidas por meio destes dispositivos são: ligado, desligado, falha e emergência (CORREIA; AFONSO, 2008).

Figura 18 - Indicador luminoso



Fonte: <http://www.directindustry.com>

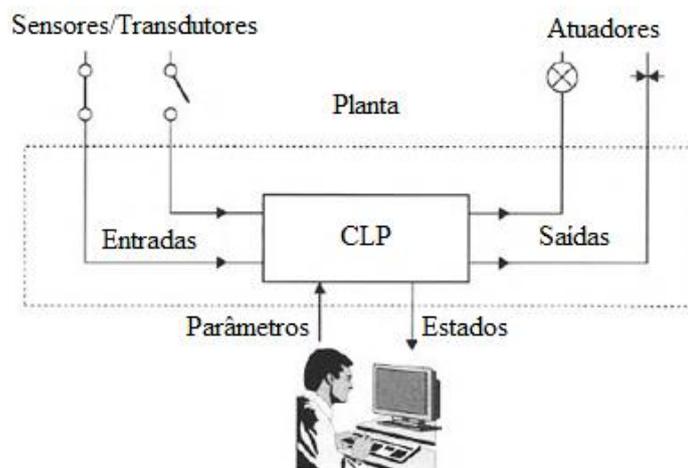
3.4.1.4. Sistema de controle

O sistema de controle é constituído geralmente por computadores e CLP's. Segundo Franchi e Camargo (2008) um controlador lógico programável (CLP) é definido pelo IEC (*International Electrotechnical Commission*) como:

“Sistema eletrônico operando digitalmente, projetado para uso em um ambiente industrial, que usa uma memória programável para a armazenagem interna de instruções orientadas para o usuário para implementar funções específicas, tais como lógica sequencial, temporização, contagem e aritmética, para controlar, através de entradas e saídas digitais ou analógicas, vários tipos de máquinas ou processos.”

Ou seja, os CLP's têm a tarefa de gerenciar o processo por meio das informações enviadas pelos sensores, com base em um programa previamente elaborado. Para atingir um alto nível de automação, é preciso que o CLP possa se comunicar com vários dispositivos de controle ou com computadores organizados em vários níveis. Ele é capaz de supervisionar o funcionamento de uma máquina ou de um departamento produtivo inteiro (PRUDENTE, 2011). Um sistema de controle típico encontra-se na Figura 19.

Figura 19 - Representação do sistema de controle



Fonte: FRANCHI e CAMARGO (2011)

Os CLP's Siemens LOGO! 12/24RC (FIGURA 20) são utilizados em sistemas de gerenciamento na indústria, como:

- acionamentos e comandos em geral;
- controle de dispositivos eletropneumáticos e eletrohidráulicos;

- equipamentos de transporte;
- controles de máquinas;
- soluções especiais e em infraestrutura;
- controle de aquecimento e ventilação;
- automação de edifícios;
- sistemas de monitoramento.

Uma grande gama de módulos torna possível a expansão individual do LOGO! para 24 entradas digitais, 16 saídas digitais, 8 entradas analógicas e 2 saídas analógicas. Módulos de comunicação para interface AS e KNX também estão disponíveis. Com o uso de módulos de expansão, o LOGO! pode-se controlar até mesmo as aplicações mais complexas³.

Algumas vantagens do CLP Siemens LOGO! são:

- substitui diversos dispositivos de comutação;
- requer menor espaço no quadro de comando;
- possui display de mensagens de texto;
- simples programação usando LOGO! Soft Comfort;
- possibilidade de programação no próprio CLP;
- feito para ambiente industrial;
- baixo custo em comparação com outros CLP's.

Figura 20 - CLP Siemens LOGO!



Fonte: <https://w3.siemens.com.br>

³ <https://www.siemens.com.br/logo!>

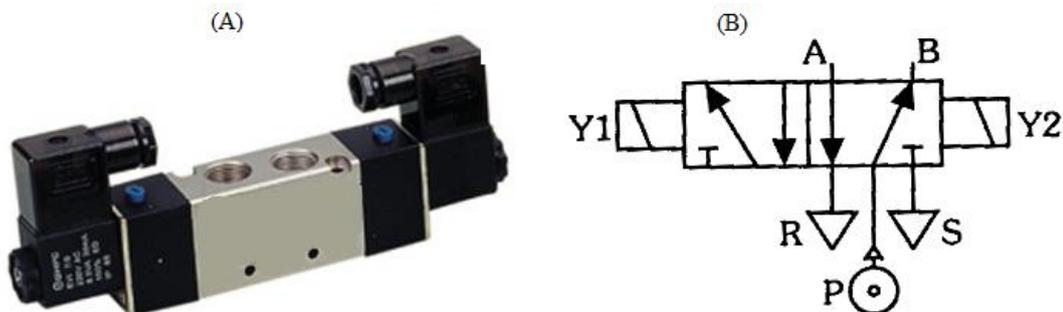
3.4.1.5. Dispositivos de manobra, proteção e acionamento

Na organização de um sistema automatizado, os dispositivos de manobra são indispensáveis, necessários na ligação dos sinais provenientes do sistema de controle com o circuito de potência conectado aos atuadores (PRUDENTE, 2011).

Como dispositivos de manobra têm-se as chaves auxiliares, contatores, botoeiras, e outros, que são comandadas manualmente e têm a finalidade de interromper ou estabelecer momentaneamente, por pulso, um circuito de comando para iniciar, interromper ou comandar um processo de automação (FRANCHI, 2008).

As válvulas solenoides (FIGURA 21), como a utilizada neste projeto, também são dispositivos de manobra, nas quais a passagem de corrente por uma bobina movimenta peças que abrem ou fecham o obturador da válvula. Em estado estacionário, tais dispositivos encontram-se totalmente abertos ou totalmente fechados (AGUIRRE, 2013).

Figura 21 - (A) Válvula solenoide (B) Símbolo válvula solenoide



Fonte: <https://www.nztech.com.br>

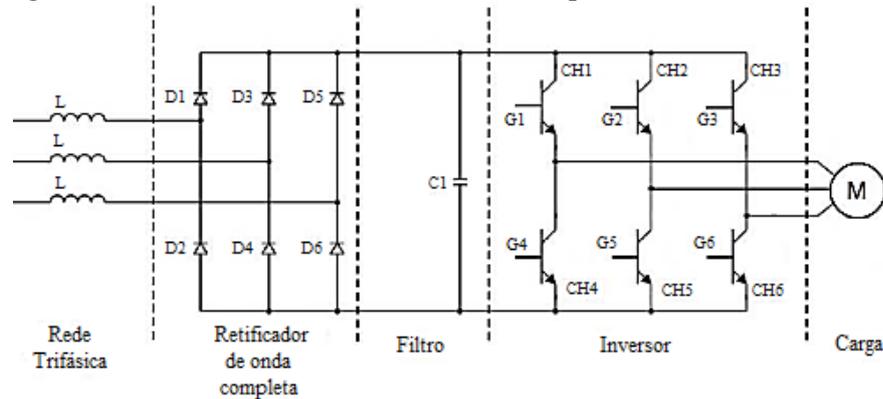
Fazem parte dos dispositivos de proteção os seguintes dispositivos: chaves seccionadoras, fusíveis, disjuntores, relé térmico, entre outros. Eles são utilizados, porque todos os equipamentos que estão conectados a uma rede elétrica estão sujeitos a alguma falha elétrica ou circunstância que acarreta problemas na rede elétrica. Alguns tipos de falha que podem ocorrer são: sobretensão, curtos-circuitos e sobrecorrentes (FRANCHI, 2008).

Entre os dispositivos de acionamentos estão os variadores de velocidade para motores assíncronos (inversores). A utilização de inversores de frequência é o método mais eficiente de controle de velocidade de motores, com menores perdas no dispositivo responsável pela variação (SANTOS, 2013).

Para funcionamento do inversor de frequência, primeiramente, a tensão de entrada é retificada por um retificador de onda completa, transformando a tensão alternada em contínua.

Em seguida, há um controle de chaveamento de tiristores, executado por um circuito de comando, cuja a tensão contínua é transformada em alternada com frequências defasadas de 120 graus (FRANCHI, 2008). A Figura 22 mostra um diagrama esquemático do circuito de um inversor de frequência.

Figura 22 - Circuito de um conversor de frequência



Fonte: FRANCHI (2008)

3.4.2. Controlador lógico programável

Os CLP's foram idealizados e projetados para eliminar as inconvenientes características da lógica cabeada a relé. Entende-se por lógica cabeada um conjunto de equipamentos do tipo eletromecânico (relés, contadores, temporizadores) ou do tipo eletrônico (portas lógicas) que, inseridos na placa eletrônica ou dentro do quadro elétrico, governam uma máquina ou um conjunto de máquinas (PRUDENTE, 2011).

Desfrutando da potencialidade oferecida pela tecnologia eletrônica, e em particular do uso dos microprocessadores, os CLP's são capazes de realizar tarefa impensável para qualquer equipamento eletromecânico. Eles possuem diversos circuitos de saída, os quais são conectados aos atuadores, encarregados de fornecer energia para funcionamento do sistema físico a ser controlado; também possuem diversos circuitos de entrada, nos quais são conectados sensores, os quais fornecem informações sobre as variáveis físicas do processo. Os CLP's permitem desenvolver e alterar (reprogramar) facilmente a lógica para acionamento das suas saídas em função das entradas, mudando assim a estratégia de controle de um determinado sistema (PAZIOS, 2015).

Outras tarefas que podem ser executadas com o uso dos CLP's (PAZOS, 2015):

- gerenciamento de sinais analógicos;
- efetuação de operações matemáticas;

- armazenamento de dados;
- visualização de dados;
- transferência de dados;
- conexão em rede do CLP com computadores.

3.4.3. Software utilizado para programação

O software utilizado para programação do CLP Siemens LOGO! é o LOGO! Soft Comfort. É uma plataforma de automação Siemens. Nela podem ser configurados de modo integrado controladores LOGO!, interfaces homem-máquina (IHM) (LOGO! TDE), dispositivos S7 compatíveis, etc. É um software grátis e, por se tratar de uma plataforma global, pode ser operado com menus em vários idiomas⁴.

3.4.4. Linguagem de programação

A linguagem de programação *Ladder* é a linguagem mais empregada no campo internacional para a programação de CLP. É composta de uma série de sinais gráficos, padronizados pela Norma IEC 61131-3 (MAFIOLETTI, 2010).

3.4.5. Processo de controle de velocidade da esteira

Para retirada das tábuas base da vibro prensa, foi proposto a instalação de uma esteira. Como a velocidade da esteira deve ser rigorosamente controlada, devido à sensibilidade dos pré-moldados a impactos, um inversor de frequência será utilizado. Para especificação do motor, e, conseqüentemente, do inversor, necessita-se do cálculo de torque necessário para movimentação da esteira.

3.4.5.1. Cálculos para dimensionamento do motor

Para dimensionar um motor elétrico, deve-se calcular as necessidades de conjugado e definir a velocidade da carga. O conjugado (também chamado torque, momento ou binário) é

⁴ <http://w3.siemens.com.br/automation/br/pt/seguranca-de-maquinas>

a medida do esforço necessário para girar um eixo⁵. Sendo assim, neste projeto o conjugado total será a soma da força de atrito entre a correia e as espiras mais a força peso da correia. Ou seja, o conjugado será o produto entre a soma destas forças e a distância do eixo do motor à parte externa da correia.

Segundo Hibbeler (2005), o atrito pode ser definido como uma força de resistência que atua em um corpo, evitando ou retardando seu deslizamento em relação a um segundo corpo ou a uma superfície com a qual ele está em contato. Para cálculo das forças de atrito, utiliza a seguinte equação:

$$F_e = \mu_e * N \quad (1)$$

Na qual:

F_e = força de atrito estático [N];

μ_e = coeficiente de atrito estático;

N = normal [N].

A WEG (2009) mostra que a potência exprime a rapidez com que a energia é aplicada. O cálculo da potência é realizado dividindo a energia ou trabalho total pelo tempo gasto em realizá-lo. Assim:

$$P_{mec} = \frac{T_{rab}}{t} [W] \quad (2)$$

Na qual:

T_{rab} = trabalho [J];

t = tempo.

⁵ <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-guia-de-especificacao-de-motores-eletricos-50032749-manual-portugues-br.pdf>

Manipulando a equação (2), chega-se à equação (3).

$$P_{mec} = C_{nom} * \omega [W] \quad (3)$$

Na qual:

C_{nom} = conjugado nominal da carga [N.m];

ω = velocidade angular da carga [rad/s].

Para encontrar a velocidade angular da carga:

$$\omega = \frac{v}{r} [rad/s] \quad (4)$$

Na qual:

v = velocidade linear da esteira [m/s];

r = raio superior do cilindro [m].

Para obter a potência mecânica do motor, basta olhar na tabela de motores da WEG (ANEXO A) e selecionar o motor apropriado para esta atividade.

3.4.5.2. Escolha do inversor de frequência

A tabela de motores da WEG (ANEXO A) fornece todos os dados do motor. Para dimensionar o inversor de frequência, precisa-se da corrente nominal do motor e da potência do mesmo. Então, de posse dos dados do motor, pode-se especificar o inversor ideal para esta aplicação (ANEXO B).

3.4.6. Processo de inserção de tábuas base na vibro prensa

Para inserir as tábuas base na vibro prensa, foi proposta a instalação de um cilindro duas vias, que empurrará a tábua base, a qual está armazenada em um silo. A velocidade de inserção da tábua deve ser controlada por válvulas reguladoras de fluxo de ar, devido à sensibilidade dos pré-moldados a impactos. Para determinar a força necessária para

movimentação das tábuas base, deve-se somar todas as forças presentes no sistema a equação (5) demonstra a somatória destas forças.

$$F_t = (P_{ts} * \mu_{mm}) + (P_{tt} * \mu_{mf}) \quad (5)$$

Na qual:

F_t = força total necessária para movimentação das tábuas [N];

P_{ts} = peso das tábuas no silo [N];

μ_{mm} = coeficiente de atrito entre madeira/madeira;

P_{tt} = peso das tábuas no trilho [N];

μ_{mf} = coeficiente de atrito entre madeira/metal.

A força total necessária para movimentação das tábuas pode ser ajustada pela pressão de trabalho e/ou pela seleção do cilindro com as dimensões apropriadas. Isto deve ser consultado no catálogo de produtos dos fornecedores (ANEXO C).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Dimensionamentos

Para os dimensionamentos a seguir, considera-se que o peso da tábua base é de 2,3 Kg, e que o maior peso de pré-moldados transportados pelo sistema é de 54 Kg. O silo suporta dez tábuas base, e nos trilhos são necessárias cinco tábuas, para que a vibro prensa VPO 1600 funcione sem que haja problema, ou seja, os cálculos são feitos para que o cilindro consiga empurrar as cinco tábuas da esteira, considerando também, o peso das nove tábuas acima da primeira (de baixo para cima) que estão no silo.

4.1.1. Dimensionamento do cilindro

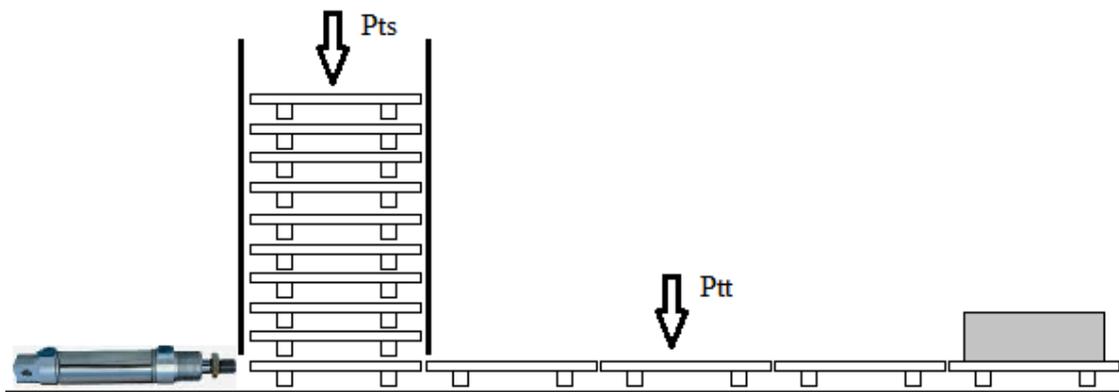
Para inserção das tábuas base de forma automática (FIGURA 23), precisa-se calcular a força necessária que o cilindro precisa para movimentá-las. Para isto, utilizou-se a equação (5). Segundo Hibbeler (2005) o coeficiente de atrito entre madeira/madeira está na faixa de 0,3 a 0,7 e o coeficiente de atrito entre madeira/metal está na faixa de 0,3 a 0,5. Ao utilizar os coeficientes para o pior caso, temos a seguinte equação:

$$F_t = (P_{ts} * \mu_{mm}) + (P_{tt} * \mu_{mf})$$

$$F_t = (9 * 2,3 * 9,8 * 0,7) + (((5 * 2,3) + 54) * 9,8 * 0,5)$$

$$F_t = (142 + 320,95) = 462,95 [N] \quad (6)$$

Figura 23 - Forças peso no sistema de inserção de tábuas



Fonte: Elaborada pelo autor

Ou seja, o cilindro precisa de uma força de 462,95 Newtons para empurrar as tábuas base. Um Newton equivale a 0,101972 kgf. Convertendo para quilograma força, tem-se que a força necessária é de 47,20 kgf.

Utilizando um cilindro de 32 mm de diâmetro da empresa Conecfit (ANEXO C), tem-se a seguinte área do êmbolo:

$$A = \pi * \frac{d^2}{4}$$

$$A = \pi * \frac{3,2^2}{4} = 8,04 \text{ cm}^2 \quad (7)$$

Na qual:

A = área do êmbolo (cm^2);

d = diâmetro (cm).

Como a força aplicada no êmbolo é transmitida para a ponta da haste, a pressão de trabalho é:

$$P = \frac{F_t}{A}$$

$$P = \frac{47,20}{8,04} = 5,87 \text{ kgf/cm}^2 \quad (8)$$

Na qual:

P = pressão de trabalho (kgf/cm^2).

Ou seja, a pressão de trabalho necessária é de 5,87 kgf/cm^2 . De acordo com o Anexo B, o cilindro SIM32x750S2 poderá ser utilizado.

4.1.2. Dimensionamento do motor

Para dimensionar o motor elétrico calcula-se o conjugado, que é a medida do esforço necessário para girar o eixo do motor (CARVALHO, 2013).

Para cálculo da força de atrito entre as espiras e a correia transportadora utilizou-se a equação (1). De acordo com Hibbeler (2005) o coeficiente de atrito metal/couro é de 0,3 a 0,6. Para os cálculos, assumiu o pior coeficiente de atrito e a equação foi multiplicada por dois, pois quando as tábuas base estão sendo transportadas pela correia, duas espiras são pressionadas pela mesma. Então:

$$F_e = 2 * \mu_e * N$$

$$F_e = 2 * 0,6 * (9,8 * (54 + 2,3))$$

$$F_e = 662,09 [N] \quad (9)$$

Para cálculo da força peso da correia, utilizou a tabela de correias em “V” (ANEXO D) da fabricante Schneider. De acordo com o Anexo, as correias 8V possuem peso de 0,575 Kg/m. Selecionando a maior correia disponível pelo fabricante e calculando o peso total da mesma, tem-se a seguinte equação:

$$Peso_c = 0,575 * Per_c$$

$$Peso_c = 0,575 * 12,7 = 7,30 Kg \quad (10)$$

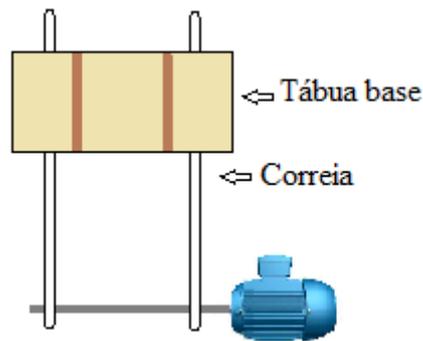
Na qual:

Per_c = perímetro da correia [m];

$Peso_c$ = peso da correia [Kg].

Considerando que serão utilizadas duas correias em paralelo na esteira transportadora como na Figura 24:

Figura 24 - Esquema de disposição das correias



Fonte: Elaborada pelo autor

$$F_{pe} = F_g * (n^{\circ} \text{ correias} * P_{eso_c})$$

$$F_{pe} = 9,8 * (2 * 7,30)$$

$$F_{pe} = 143,08 [N] \quad (11)$$

Na qual:

F_{pe} = força peso da correia [N].

F_g = força da gravidade.

Tomando o transporte simultâneo máximo pela esteira de três tábuas com pré-moldados:

$$F_T = ((662,09 * 3) + 143,08)$$

$$F_T = 2129,4 [N] \quad (12)$$

Na qual:

F_T = força total [N].

Como dito anteriormente, o conjugado nominal é o produto da força pela distância. Considerando que o raio da espira acoplada ao eixo do motor é de 10 cm, temos:

$$\begin{aligned}
 C_{nom} &= F_T * d \\
 C_{nom} &= 2129,4 * 0,1 \\
 C_{nom} &= 212,94 \text{ [N.m]}
 \end{aligned}
 \tag{13}$$

Na qual:

d = raio da espira conectada ao eixo do motor [m].

Utilizando a equação (4) para encontrar a velocidade angular da carga e supondo que a velocidade linear é de 1 m/s:

$$\begin{aligned}
 \omega &= \frac{v}{r} \\
 \omega &= \frac{1,0}{0,1} = 10 \left[\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]
 \end{aligned}
 \tag{14}$$

Para obter a potência total do motor, utilizou-se a equação (3).

$$\begin{aligned}
 P_{mec} &= C_{nom} * \omega \\
 P_{mec} &= 212,94 * 10 \\
 P_{mec} &= 2129,4 \text{ [W]}
 \end{aligned}
 \tag{15}$$

De acordo com o Anexo A, o motor WEG comercial que mais aproxima da potência encontrada é o de 2,2 KW ou 3 cv. Tal motor será acionado por um inversor de frequência, para que se tenha um maior controle de velocidade da esteira. A esteira é responsável por transportar as tábuas base da vibro prensa ao terreiro de secagem.

4.1.3. Dimensionamento do inversor

De posse do catálogo de inversores de frequência da WEG (ANEXO B), pode-se encontrar o inversor para esta aplicação. O inversor escolhido foi o CFW08 da WEG. É um inversor de uso geral, compacto, com alto desempenho, ideal para as mais diversas aplicações industriais, como esteiras rolantes⁶.

Os dados necessários para dimensionamento do inversor são: tensão de alimentação, corrente nominal de saída e potência do motor. Estes dados são encontrados na tabela de motores trifásicos IP55 (classe de proteção) (ANEXO A). A tensão de alimentação do motor é trifásica de 220 [V], a corrente nominal de saída é de 11,8 [A] e a potência do motor é de 3 [KW]. De acordo com a tabela dos inversores de frequência WEG CFW08 (ANEXO B), o inversor indicado é o CFW080160T202PSZ. O inversor pode ser conectado diretamente à rede, sem passar por transformador ou retificador.

4.2. Desenvolvimento do circuito eletropneumático

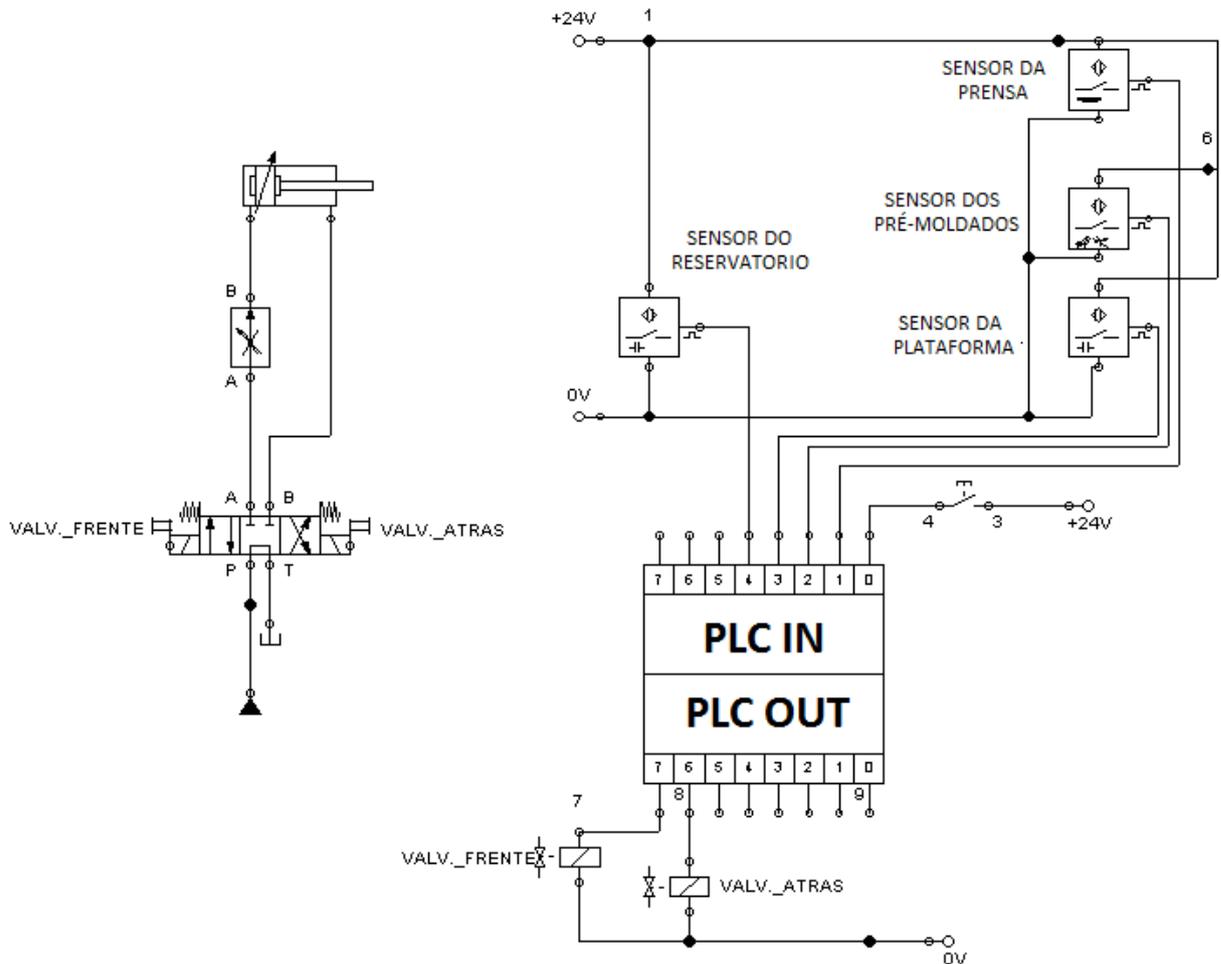
Para análise e desenvolvimento do sistema eletropneumático foi realizada uma simulação do processo utilizando o software Fluidsim® (FIGURA 25). Esta simulação é composta por duas partes, o sistema elétrico, com quatro sensores para captação de presença das tábuas base, pré-moldados e prensa, o CLP, representado por suas entradas e saídas digitais, e a válvula solenoide, responsável pela liberação de ar comprimido para o cilindro.

Para a detecção das tábuas base são utilizados sensores capacitivos, os quais detectam materiais como madeira, vidro, entre outros. Para detecção dos pré-moldados é utilizado o sensor ótico por difusão, sensor capaz de detectar materiais mais distantes da sua face sensora. Para detecção da prensa é utilizado um sensor indutivo, que é capaz de detectar metais como o da prensa. O CLP que será utilizado na execução do projeto será o CLP Siemens LOGO! 12/24RC, CLP com melhor custo benefício para o projeto.

No sistema pneumático, têm-se: o cilindro de duplo efeito (entrada de ar comprimido em duas direções) para inserir as tábuas base na vibro prensa e a válvula reguladora de fluxo, a qual controla a velocidade de avanço do cilindro. Lembrando que o CLP é ligado em 24 Volts DC, por isso, deve-se transformar 220 Volts AC para 24 Volts DC.

⁶<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-cfw08-inversor-de-frequencia-10413066-catalogo-portugues-br.pdf>

Figura 25 - Simulação eletropneumática do sistema



Fonte: Elaborada pelo autor

4.3. Desenvolvimento da lógica

O desenvolvimento da lógica programada foi realizado no software LOGO! Soft Comfort utilizando a linguagem *ladder* de programação. Para ajudar na compreensão da lógica, desenvolveu-se a tabela-verdade (TABELA 2), na qual estão destacadas as combinações possíveis para as entradas e as correspondentes saídas.

Tabela 2 - Condições de acionamento do cilindro

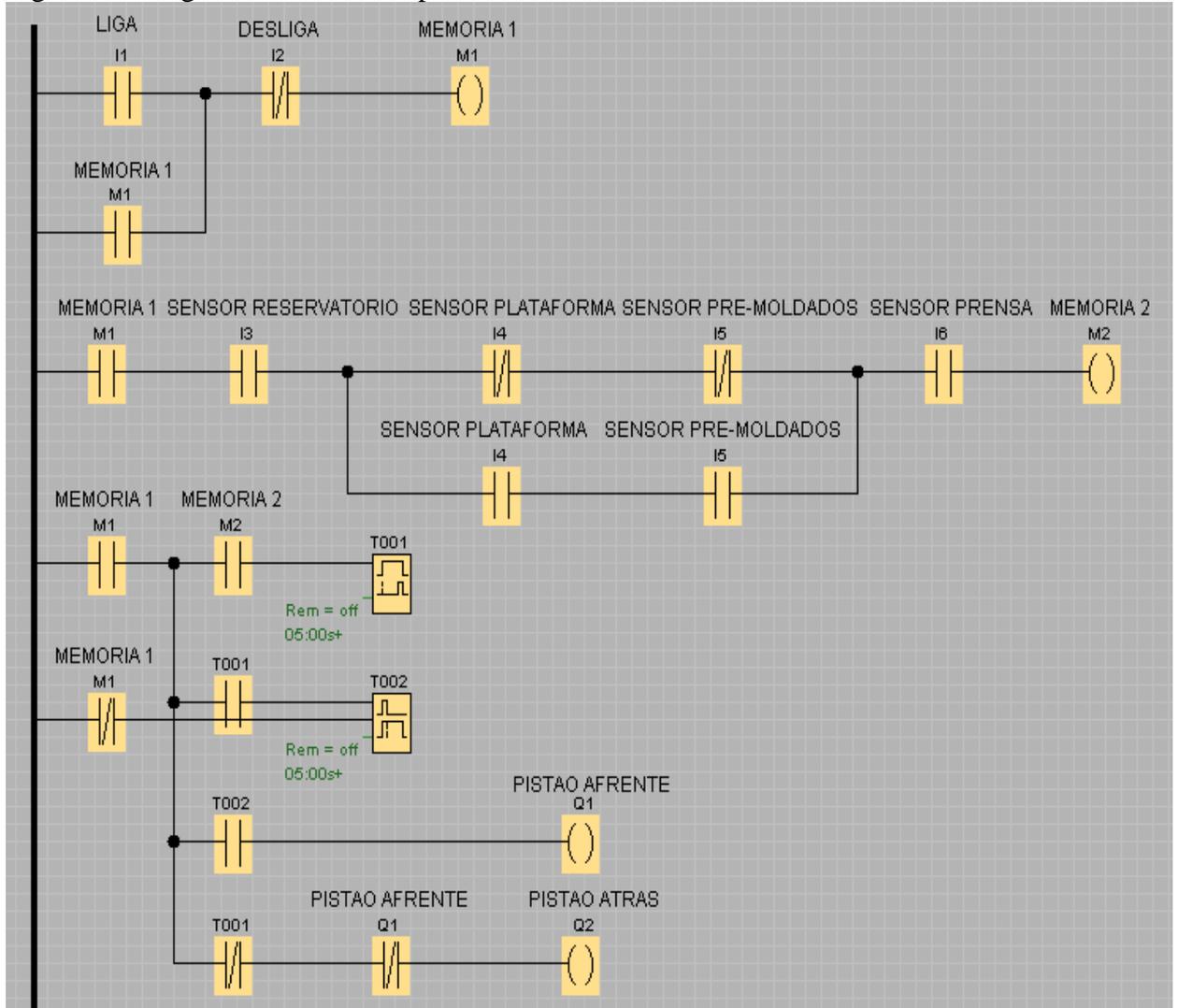
CILINDRO	SENSORES			
	RESERVATÓRIO	PLATAFORMA	PRÉ-MOLDADOS	PRENSA
Desativado	Não	Não	Não	Não
Desativado	Não	Não	Não	Sim
Desativado	Não	Não	Sim	Não
Desativado	Não	Não	Sim	Sim
Desativado	Não	Sim	Não	Não
Desativado	Não	Sim	Não	Sim
Desativado	Não	Sim	Sim	Não
Desativado	Não	Sim	Sim	Sim
Desativado	Sim	Não	Não	Não
Ativado	Sim	Não	Não	Sim
Desativado	Sim	Não	Sim	Não
Desativado	Sim	Não	Sim	Sim
Desativado	Sim	Sim	Não	Não
Desativado	Sim	Sim	Não	Sim
Desativado	Sim	Sim	Sim	Não
Ativado	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: Elaborada pelo autor

Por meio das condições da Tabela 2, a lógica de programação foi criada. Na qual, o cilindro só será acionado em duas condições, a primeira quando o sensor do reservatório e da prensa estiverem no nível lógico 1 e o da plataforma e de pré-moldados estiver em 0, ou na outra condição, quando todos os sensores estiverem com nível lógico 1. A segunda condição indica que os pré-moldados foram fabricados e já podem ser retirados da vibro prensa.

A Figura 26 mostra a lógica de controle do processo desenvolvida. Na qual, tem-se o barramento positivo do lado esquerdo e o negativo do lado direito. Para ligar e desligar o processo fez-se a lógica de intertravamento das botoeiras liga-desliga utilizando a memória 1. A lógica dos sensores foi desenvolvida a partir da tabela-verdade (TABELA 2), que quando verdadeira, ativa-se a memória 2. Com a memória 2 energizada, o temporizador com retardo para energizar (T001) é energizado, ele contará 5 segundos e energizará o temporizador com retardo para energizar (T002). Com o Timer T002 energizado, o cilindro será acionado fazendo com que o pistão seja avançado, após a desenergização do T002 o cilindro só será recolhido após 5 segundos. Estes temporizadores foram utilizados para evitar acidentes no acionamento do cilindro.

Figura 26 - Lógica de controle do processo



Fonte: Elaborada pelo autor

4.4. Construção do protótipo de inserção e retirada de tábuas

Para melhor visualização do processo e validação de funcionamento do mesmo, foi construído no laboratório do IFMG um protótipo da vibro prensa VPO1600. Foram utilizados somente equipamentos disponibilizados pelo laboratório do Campus, como por exemplo, o CLP da Siemens Simatic S7-1200. Os equipamentos que serão aplicados em campo são similares. A Figura 27 mostra o protótipo desenvolvido no laboratório.

Figura 27 - Protótipo desenvolvido em laboratório



Fonte: Elaborada pelo autor

Os equipamentos utilizados foram enumerados para maior entendimento do processo:

- 1- Sensor capacitivo – capta a presença de tábuas base no silo;
- 2- Silo – armazenagem das tábuas base;
- 3- Tábuas base – suporte para fabricação dos pré-moldados;
- 4- Sensor capacitivo – capta a presença de tábuas base na plataforma da vibro prensa;
- 5- Sensor ótico – capta a presença de pré-moldados;
- 6- Sensor indutivo – capta a presença da prensa;
- 7- Prensa – pressiona os pré-moldados no processo de fabricação;
- 8- Válvula solenoide – responsável pela liberação ou não do ar para o cilindro duas vias;
- 9- CLP – controlador lógico programável;
- 10- Inversor de frequência – controle de velocidade da esteira;
- 11- Botoeiras – liga/desliga o processo;
- 12- Cilindro duas vias – insere tábuas base na vibro prensa;
- 13- Válvula de controle de fluxo – controla o fluxo do ar.

4.5. Materiais

Os materiais utilizados para automação do processo e seus respectivos valores estão listados da Tabela 3.

Tabela 3 - Materiais utilizados

MATERIAL	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
Siemens LOGO!	1	R\$ 500,00	R\$ 500,00
Sensor capacitivo	2	R\$ 19,80	R\$ 39,60
Sensor indutivo	1	R\$ 26,89	R\$ 26,89
Sensor ótico	1	R\$ 26,89	R\$ 26,89
Botoeiras	2	R\$ 7,23	R\$ 14,46
Cilindro duas vias	1	R\$ 823,92	R\$ 823,92
Válvula 5/2 vias	1	R\$ 67,22	R\$ 67,22
Válvula retenção de ar	2	R\$ 34,96	R\$ 69,92
Motor WEG 3 CV	1	R\$ 1315,28	R\$ 1315,28
Inversor de frequência	1	R\$ 1854,00	R\$ 1854,00
Correias	4	R\$ 622,90	R\$ 2491,60
Roldanas	200	R\$ 8,90	R\$ 1780,00
Mão de obra	1	R\$ 15000,00	R\$ 15000,00
Materiais para construção	1	R\$ 1500,00	R\$ 1500,00
Total	219	R\$ 21807,99	R\$ 25509,78

Fonte: Elaborada pelo autor

Dessa forma, o investimento inicial para a automação do processo de inserção, retirada e deslocamento de pré-moldados da vibro prensa VPO 1600 é de R\$ 25509,78, cobrindo todas as despesas, de compra de materiais à contratação de mão de obra.

5. RESULTADOS

De acordo com a produção atual de blocos 40x20x10cm que é de 1920 unidades/dia, pretende-se aumentar em 3840 a quantidade produzida, atingindo uma produção diária após a automatização do processo de 5760 unidades, como apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 - Aumento da produção diária

Quantidade máxima de acordo com o manual da VPO1600
7200 unidades
Quantidade produzida atualmente
1920 unidades
Quantidade esperada
5760 unidades
Porcentagem de Aumento
200%

Fonte: Elaborada pelo autor

Assumindo que um mês possui cerca de vinte dias úteis, a quantidade mensal de pré-moldados produzidos será de 76800 unidades. O lucro líquido com cada pré-moldado gira em torno de R\$ 0,20. Então, o lucro da empresa, por mês, com o aumento da produção, será de R\$15360,00. Conseguindo, assim, recuperar o investimento inicial em menos de três meses de funcionamento do sistema automatizado.

Espera-se que o sistema seja implantado no mês de Dezembro, mês no qual os funcionários da fábrica recebem férias coletivas. Além do aumento de produção, a implantação do projeto economizará mão de obra de um funcionário, que possui salário em torno de 1,5 salários mínimos.

6. CONCLUSÃO

Com a evolução da automação industrial, as empresas vêm procurando processos de fabricação mais ágeis e eficientes, visando uma maior produção e baixo custo. O mercado também exige das empresas o aprimoramento do processo produtivo, pois precisam de produtos de qualidade com preços acessíveis.

Para tentar sanar o problema do processo de produção de pré-moldados da empresa Minas Comercial Materiais de Construção LTDA, desenvolveu-se este trabalho de conclusão de curso, que pretende aumentar a produção diária de pré-moldados em 200%, por meio da automatização do processo que reduz o tempo de produção. Conforme o manual da vibro prensa, pode-se chegar a uma produção diária de 7200 unidades. A produção estimada pode então ser atingida, porque no ciclo de produção atual é gasto um minuto e meio para fabricação de seis pré-moldados e com a implantação do sistema automatizado, espera-se gastar trinta segundos.

Contudo, este trabalho demonstrou uma solução para automatizar o processo de inserção, retirada e deslocamento de pré-moldados da vibro prensa VPO1600. Apesar do modelo físico do processo ainda não ter sido implementado, foi possível prever a quantidade produzida e o lucro da empresa após a automação do processo. Este desenvolvimento pode servir como referência para que a empresa Minas Comercial adote-o no seu processo de produção.

6.1. Trabalhos futuros

O tema estudado neste trabalho de conclusão de curso é vasto e sofre constante influência dos desenvolvimentos na área de automação. Dessa forma, algumas propostas de continuidade para trabalhos futuros, que proporcionariam um maior grau de automação da planta, podem ser citadas, como:

- automação total da vibro prensa VPO 1600, podendo chegar a atingir sua produção máxima de pré-moldados;
- inserção de válvulas solenoides para controle de elevação e descida da prensa;
- controle dos movimentos do carrinho de massa;
- controle do tempo de vibração da mesa para produção dos pré-moldados;
- inserção de sensores para realizar barreiras de segurança.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIRRE, Luis Antonio. **Fundamentos da instrumentação**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013.

BALBINOT, Alexandre; BRUSAMARELLO, Valner João. **Instrumentação e fundamentos de medidas**. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

CAPELLI, Alexandre. **Automação industrial: controle do movimento e processos contínuos**. 2ª edição. São Paulo: Érica, 2008.

CARVALHO, Diego Moraes. **Dimensionamento da potência mecânica de motores elétricos de indução trifásicos gaiola pelo critério do tempo de aceleração**. Monografia – IFG. Jataí, 2013.

CONECFIT. **Cilindros ISSO 6431**. Disponível em: < <http://www.conecfit.com.br/pdf/catalogo-cilindros-acessorios.pdf>>. Acesso em: 07 Novembro 2016.

CORREA, Carlos Jesus Anghinoni; AFONSO, Vladimir. **Princípios básicos de automação industrial**. CEFET – RS. Pelotas, 2008.

CUNHA, André. **Fabricação de blocos de concretos**. PUC, 2010.

DIRECTY INDUSTRY. **Indicadores luminosos com lâmpadas**. Disponível em: < <http://www.directindustry.com/pt/fabricante-industrial/indicador-luminoso-com-lampada-116024.html>>. Acesso em: 07 Novembro 2016.

DORNELES, Viviane; MUGGE, Tobias. **Pneumática base**. Escola Técnica SENAI Plínio Gilberto Kroeff – CETEMP. São Leopoldo, 2008.

FITZGERALD, A. E.; KINGSLEY Jr., Charles; UMANS, Stephen D. **Máquinas Elétricas**. 6ª edição. São Paulo: Bookman, 2006.

FRANCHI, Claiton Moro. **Acionamentos elétricos**. São Paulo: Érica, 2008.

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

GOMES, Bruno Souza. **Automação e robótica nas indústrias Brasileiras: um estudo exploratório**. Dissertação – EBAPE. Rio de Janeiro, 2014.

GROOVER, Mikell. **Automação Industrial e sistemas de manufatura**. 3ª edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

GUNTZEL, Djonathan Luan; PASSOS, Jorge Adriano Ferreira. **Desenvolvimento de um modelo funcional do dispositivo coletor de grãos para análise do nível de retilha de uma colhedora**. Monografia – Faculdade Horizontina. Horizontina, 2013.

HIBBELER, R.C. **Estática: mecânica para engenharia**. 10ª edição. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

MAFIOLETTI, Alan Stanger. **Automação I - Linguagens de Programação**. Faculdade SATC. Criciúma, 2010.

MARTINS, Vitor William Batista et al. **Análise da capacidade produtiva de uma indústria de blocos pré-moldados utilizando o estudo de tempos cronometrados**. Iberoamerican Journal of Industrial Engineering. Santa Catarina, 2014. p. 311-327.

MFW Máquinas LTDA. **Manual de instruções Misturador MPO 500**. Disponível em: <http://mfwmaquinas.com.br/web/arquivos/MPO_MAN.pdf>. Acesso em: 13 junho 2016.

MFW Máquinas LTDA. **Manual de instruções Vibro Prensa VPO 1600**. Disponível em: <http://mfwmaquinas.com.br/web/arquivos/VPO_MAN.pdf>. Acesso em: 13 junho 2016.

NZ TECH. **Soluções em automação industrial e softwares de gestão**. Disponível em: <<http://www.nztech.com.br>>. Acesso em: 22 setembro 2016.

PAZOS, Fernando Agustín. **Curso de controladores lógicos programáveis - Universidade Federal do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: COPPE, 2015.

PRUDENTE, Francesco. **Automação industrial PLC: teoria e aplicações**. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

ROCHA, S. **Fabricação de blocos atende a demanda de projetos populares minha casa minha vida**. Revista Prisma, São Paulo, n. 39, p. 32-36, Março 2011.

ROSARIO, João Mauricio. *Princípios de mecatrônica*. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

SANTOS, Vitor Alexandre. **Caso de estudo da utilização de modelos matemáticos em aplicações de inversores de frequência**. Monografia – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.

SCHNEIDER CORREIAS. **Correias em “V”**. Disponível em : < <http://www.correias-schneider.com.br/correias-em-v/pdf/correias-em-v-3vx---5vx.pdf>>. Acesso em: 24 Outubro 2016.

SERRA, S.M.B.; FERREIRA, M.A.; PIGOZZO, B.N. **Evolução dos pré-fabricados de concreto**. Núcleo de Estudos e Tecnologia em Pré-moldados (NET-PRÉ), Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos, 2005.

SIEMENS INDUSTRY SECTOR. **LOGO! Soft Confort**. Disponível em: <<http://w3.siemens.com.br/automation/br/pt/seguranca-de-maquinas>>. Acesso em: 30 agosto 2016.

SIEMENS INDUSTRY SECTOR. **Novo LOGO! Ainda mais Genial!** Disponível em: <<http://www.siemens.com.br/logo!>>. Acesso em: 30 agosto 2016.

WEG. **Especificação**. Disponível em: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-guia-de-especificacao-de-motores-eletricos-50032749-manual-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 30 agosto 2016.

WEG. **Inversor de frequência CFW08**. Disponível em: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-cfw08-inversor-de-frequencia-10413066-catalogo-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 07 Novembro 2016.

ANEXO A

Figura 28 - Dados motor trifásico WEG

Motor trifásico IP55



Potência		Carcaça	RPM	Corrente nominal em 220V (A)	Corrente com rotor bloqueado I_p / I_n	Conjugado nominal C_n (kgfm)	Conjugado com rotor bloqueado C_p / C_n	Conjugado máximo C_{max} / C_n	Rendimento η %			Fator de potência $\cos \phi$			Fator de serviço F S	Momento de inércia J (kgm ²)	Tempo máx. com rotor bloqueado (s) a quente	Nível médio de pressão sonora dB (A)	Peso aprox. (kg)
cv	kW								% da potência nominal										

4 Pólos - 60 Hz

0,16	0,12	63	1720	0,89	4,5	0,07	3,2	3,4	45,0	52,0	57,0	0,46	0,55	0,62	1,15	0,00045	31	48	7
0,25	0,18	63	1710	1,14	4,5	0,10	2,8	3,0	53,0	60,0	64,0	0,47	0,57	0,65	1,15	0,00056	18	48	8
0,33	0,25	63	1710	1,44	4,5	0,14	2,9	2,9	59,0	64,0	67,0	0,48	0,59	0,68	1,15	0,00067	20	48	8
0,50	0,37	71	1720	2,07	5,0	0,21	2,7	3,0	56,0	64,0	68,0	0,48	0,59	0,69	1,15	0,00079	10	47	10
0,75	0,55	71	1705	2,90	5,5	0,31	3,0	3,2	62,0	69,0	71,0	0,49	0,60	0,70	1,15	0,00096	10	47	11
1,0	0,75	80	1720	3,02	7,2	0,42	2,5	2,9	72,0	77,5	79,5	0,62	0,74	0,82	1,15	0,00294	8	48	15
1,5	1,1	80	1720	4,43	7,8	0,62	2,9	3,2	72,0	77,0	79,5	0,60	0,73	0,82	1,15	0,00328	5	48	16
2,0	1,5	90S	1740	6,12	6,4	0,82	2,5	3,0	77,0	81,0	82,5	0,60	0,72	0,78	1,15	0,00560	7	51	21
3,0	2,2	90L	1725	8,70	6,8	1,25	2,6	2,8	79,0	82,0	83,0	0,64	0,75	0,80	1,15	0,00672	6	51	23
4,0	3,0	100L	1725	11,8	7,5	1,66	2,6	2,8	82,0	83,0	83,5	0,61	0,73	0,80	1,15	0,00918	7	54	31
5,0	3,7	100L	1715	14,0	7,6	2,09	2,9	3,1	82,5	84,3	85,5	0,63	0,75	0,81	1,15	0,00995	7	54	33
6,0	4,5	112M	1745	16,7	7,4	2,46	2,2	2,8	85,0	86,0	86,2	0,66	0,77	0,82	1,15	0,01741	11	58	44
7,5	5,5	112M	1740	20,0	7,0	3,09	2,2	2,8	86,6	87,5	88,0	0,63	0,74	0,82	1,15	0,01741	11	58	44
10	7,5	132S	1760	26,6	8,0	4,07	2,2	3,0	86,0	88,0	89,0	0,66	0,77	0,83	1,15	0,04652	5	61	62
12,5	9,2	132M	1755	33,3	8,7	5,10	2,5	2,9	86,3	87,8	88,5	0,62	0,73	0,82	1,15	0,05427	5	61	69
15	11	132M	1755	39,3	8,3	6,12	2,3	2,8	86,8	88,2	88,5	0,68	0,80	0,83	1,15	0,05815	5	61	72
20	15	160M	1760	52,6	6,3	8,14	2,3	2,2	88,0	89,3	90,2	0,69	0,79	0,83	1,15	0,09535	13	69	114
25	18,5	160L	1755	64,3	6,3	10,2	2,3	2,4	89,0	90,0	91,0	0,70	0,79	0,83	1,15	0,11542	15	69	128
30	22	180M	1765	75,5	7,5	12,2	2,8	2,8	89,3	90,0	91,0	0,70	0,80	0,84	1,15	0,16145	12	68	158
40	30	200M	1770	101	6,6	16,2	2,3	2,5	89,5	90,5	91,7	0,72	0,82	0,85	1,15	0,27579	19	71	216
50	37	200L	1770	122	6,6	20,2	2,3	2,3	90,2	91,5	92,4	0,75	0,83	0,86	1,15	0,33095	16	71	252
60	45	225SM	1775	146	7,2	24,2	2,3	2,7	91,0	92,2	93,0	0,75	0,84	0,87	1,00	0,69987	20	75	363
75	55	225SM	1775	176	7,4	30,3	2,2	2,7	90,3	92,0	93,0	0,76	0,84	0,88	1,00	0,80485	15	75	386
100	75	250SM	1780	242	8,8	40,2	3,2	3,2	92,0	93,0	93,5	0,74	0,83	0,87	1,15	1,15478	12	75	486
125	90	280SM	1780	293	7,3	50,3	2,2	2,5	91,5	92,9	93,8	0,75	0,83	0,86	1,00	1,92710	25	80	658
150	110	280SM	1785	353	8,0	60,2	2,6	2,7	91,5	93,5	94,1	0,78	0,84	0,87	1,00	2,56947	20	80	753
175	132	315SM	1785	433	7,5	70,2	2,5	2,5	91,0	93,0	94,1	0,79	0,83	0,85	1,00	2,81036	14	82	859
200	150	315SM	1785	484	7,5	80,2	2,4	2,6	90,5	93,0	94,5	0,75	0,83	0,86	1,00	3,21184	19	82	924
250	185	315SM	1785	597	8,3	100	2,8	2,8	91,0	93,0	94,5	0,76	0,84	0,86	1,00	3,77391	22	82	1010
300	220	355M/L	1790	691	7,0	120	2,2	2,3	93,0	94,5	95,0	0,79	0,85	0,88	1,00	6,33813	48	83	1428
350	260	355M/L	1790	815	7,3	140	2,3	2,4	92,9	94,6	95,1	0,77	0,85	0,88	1,00	7,45663	32	83	1544
400	300	355M/L	1790	939	6,6	160	2,1	2,1	93,3	94,7	95,3	0,81	0,86	0,88	1,00	9,32079	37	83	1723
450	330	355M/L	1790	1030	7,1	180	2,1	2,1	93,8	94,8	95,4	0,77	0,85	0,88	1,00	10,25287	39	83	1837
500	370	355M/L	1790	1160	6,6	200	2,1	2,2	93,9	95,0	95,4	0,79	0,85	0,88	1,00	11,18495	31	83	1923

* Motores com sobrelevação de temperatura ΔT de 105KFonte: <https://www.weg.com.br>

ANEXO B

Figura 29 - Dados inversor de frequência CFW08

Inversor de frequência CFW08				Máximo motor aplicável ¹⁾			
Referência	Tensão de alimentação (V)		Tamanho	Corrente nominal de saída (A)	Tensão de alimentação (V)	Potência	
						cv	kW
CFW080016S2024PSZ	220	Monofásica	1	1,6	220	0,25	0,18
CFW080026S2024PSZ			1	2,6		0,5	0,37
CFW080040S2024PSZ			1	4		1	0,75
CFW080016B2024PSZ		Monofásica ou trifásica	1	1,6		0,25	0,18
CFW080026B2024PSZ			1	2,6		0,5	0,37
CFW080040B2024PSZ			1	4		1	0,75
CFW080073B2024PSZ ²⁾		2	7,3	2		1,5	
CFW080100B2024PSZ ²⁾		2	10	3		2,2	
CFW080070T2024PSZ		Trifásica	1	7		2	1,5
CFW080160T2024PSZ ²⁾			2	16		5	3,7
CFW080170T2024POH3Z ²⁾			2	17		5	3,7
CFW080220T2024PSZ ²⁾			3	22		7,5	5,5
CFW080280T2024PSZ ²⁾			4	28		10	7,5
CFW080330T2024PSZ ²⁾			4	33		12,5	9

Fonte: <https://www.weg.com.br>

ANEXO C

Figura 30 - Dados cilindro pneumático

ISO6431 Dimensões Básicas

Código

SI — **D** — **M** — **32 X 50** — **S** — **1** — **V**

Diâmetro X Curso: 32-160mm / 0-1900mm
 S: Magnético
 Blank: Camisa perfurada / M: Camisa Mickey Mouse
 1 - Haste em inox 304-H8
 2 - Haste em aço 1045 retificado e cromado
 Blank: Buna-N / V: Viton

SI: De acordo com a norma ISO6431; Standard-dupla ação
 SIS: De acordo com a norma ISO6431; Standard-simples ação
 SID: De acordo com a norma ISO6431; Standard-dupla ação, haste passante
 SIT: Standard-dupla ação (Diâmetro 160mm)

Especificações

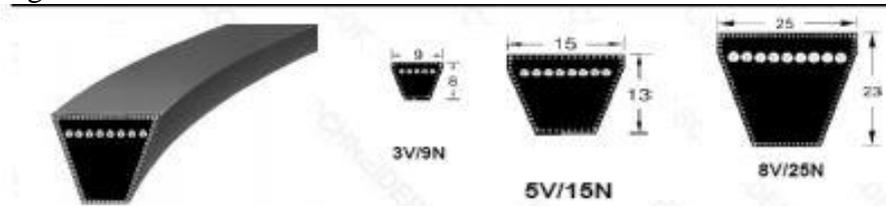
Diâmetro do Cilindro (mm)	32	40	50	63	80	100	125	160
Ação	Simples / Dupla Ação				Dupla Ação			
Fluido	Ar							
Tipo Fixação (Traseiras)	FA/FB CA CB LB SO							
Tipo Fixação (Ponteiras)	Y I F KB							
Pressão de Trabalho (Kgf/cm ²)	1~9.0							
Pressão Máxima de Trabalho (Kgf/cm ²)	13.5							
Temperatura de Trabalho (C°)	-5~70							
Velocidade de Trabalho (mm/s)	50~800							
Diâmetro da Rosca (mm)	PT1/8	PT1/4	PT3/8	PT1/2	PT3/4			

CNC

Fonte: <http://www.conecfit.com.br/pdf/catalogo-cilindros-acessorios.pdf>

ANEXO D

Figura 31 - Correias Schneider em V



Referência da Correia	Compr. Ext. (mm)	Compr. Ext. (pol)	Referência da Correia	Compr. Ext. (mm)	Compr. Ext. (pol)	Referência da Correia	Compr. Ext. (mm)	Compr. Ext. (pol)
3V 250	635,0	25,0	5V 500	1270,0	50,0	8V 1000	2540,0	100,0
3V 265	675,0	26,5	5V 530	1345,0	53,0	8V 1060	2690,0	106,0
3V 280	710,0	28,0	5V 560	1420,0	56,0	8V 1120	2845,0	112,0
3V 300	760,0	30,0	5V 600	1525,0	60,0	8V 1180	2995,0	118,0
3V 315	800,0	31,5	5V 630	1600,0	63,0	8V 1250	3175,0	125,0
3V 335	850,0	33,5	5V 670	1700,0	67,0	8V 1320	3355,0	132,0
3V 355	900,0	35,5	5V 710	1805,0	71,0	8V 1400	3555,0	140,0
3V 375	955,0	37,5	5V 750	1905,0	75,0	8V 1500	3810,0	150,0
3V 400	1015,0	40,0	5V 800	2030,0	80,0	8V 1600	4065,0	160,0
3V 425	1080,0	42,5	5V 850	2160,0	85,0	8V 1700	4320,0	170,0
3V 450	1145,0	45,0	5V 900	2285,0	90,0	8V 1800	4570,0	180,0
3V 475	1205,0	47,5	5V 950	2415,0	95,0	8V 1900	4825,0	190,0
3V 500	1270,0	50,0	5V 1000	2540,0	100,0	8V 2000	5080,0	200,0
3V 530	1345,0	53,0	5V 1060	2690,0	106,0	8V 2120	5385,0	212,0
3V 560	1420,0	56,0	5V 1120	2845,0	112,0	8V 2240	5690,0	224,0
3V 600	1525,0	60,0	5V 1180	2995,0	118,0	8V 2360	5995,0	236,0
3V 630	1600,0	63,0	5V 1250	3175,0	125,0	8V 2500	6350,0	250,0
3V 670	1700,0	67,0	5V 1320	3355,0	132,0	8V 2650	6730,0	265,0
3V 710	1805,0	71,0	5V 1400	3555,0	140,0	8V 2800	7110,0	280,0
3V 750	1905,0	75,0	5V 1500	3810,0	150,0	8V 3000	7620,0	300,0
3V 800	2030,0	80,0	5V 1600	4065,0	160,0	8V 3150	8000,0	315,0
3V 850	2160,0	85,0	5V 1700	4320,0	170,0	8V 3350	8510,0	335,0
3V 900	2285,0	90,0	5V 1800	4570,0	180,0	8V 3550	9017,0	355,0
3V 950	2415,0	95,0	5V 1900	4825,0	190,0	8V 3750	9525,0	375,0
3V 1000	2540,0	100,0	5V 2000	5080,0	200,0	8V 4000	10160,0	400,0
3V 1060	2690,0	106,0	5V 2120	5385,0	212,0	8V 4250	10795,0	425,0
3V 1120	2845,0	112,0	5V 2240	5690,0	224,0	8V 4500	11430,0	450,0
3V 1180	2995,0	118,0	5V 2360	5995,0	236,0	8V 4750	12065,0	475,0
3V 1250	3175,0	125,0	5V 2500	6350,0	250,0	8V 5000	12700,0	500,0
3V 1320	3355,0	132,0	5V 2650	6730,0	265,0			
3V 1400	3555,0	140,0	5V 2800	7110,0	280,0			
			5V 3000	7620,0	300,0			
			5V 3150	8000,0	315,0			
			5V 3350	8510,0	335,0			
			5V 3550	9017,0	355,0			

3V / 3VX → $L_2 = L_3 - 4,0$ mm; Peso por correia = 0,074 kg/m.
 $L_1 = L_2 - 42,0$ mm;
 5V / 5VX → $L_2 = L_3 - 11,0$ mm; Peso por correia = 0,195 kg/m.
 $L_1 = L_2 - 71,0$ mm;
 8V → $L_1 = L_2 - 120,0$ mm; Peso por correia = 0,575 kg/m.

Fonte: <http://www.correias-schneider.com.br/correias-em-v/pdf/correias-em-v-3vx---5vx.pdf>