

INSTITUTO DOCTUM DE EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA  
ENGENHARIA ELÉTRICA

**PROJETO DE AUTOMAÇÃO NA FABRICAÇÃO DE BLOCOS**

DANIEL MAGESTE BUTTERS  
JOÃO VICTOR DE LAIA DA MATA

DOCTUM – MINAS GERAIS  
2014

DANIEL MAGESTE BUTTERS  
JOÃO VICTOR DE LAIA DA MATA

## **PROJETO DE AUTOMAÇÃO NA FABRICAÇÃO DE BLOCOS**

Monografia apresentada à banca examinadora da Faculdade de Engenharia Elétrica das Faculdades Integradas de Caratinga – FIC, como exigência parcial para obtenção do grau em Engenharia Elétrica, sob à orientação do professor Rodolfo César Ramos.

DOCTUM – CARATINGA  
2014

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos primeiramente a Deus, por todo apoio, força, saúde e proteção que nos concedeu, para que pudéssemos estar sempre focados nos nossos objetivos, e por toda oportunidade de adquirir conhecimentos e sabedoria. Agradecemos as nossas famílias em especial nossos pais, irmãos, namorada e aos amigos que sempre nos apoiaram e deram base para que conseguíssemos dar mais um passo importante nas nossas vidas. Agradecemos ao Jobert da Silva proprietário da empresa Blocos Forte, pela sua paciência e por nos permitir estudar a sua máquina. Finalmente agradecemos aos professores e especialmente aos orientadores Rodolfo César Ramos e Vagner Bravos Valadares por toda paciência e boa vontade em compartilhar parte de seus conhecimentos e experiência conosco, o que será essencial para nossa vida profissional.

*" A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original. "*

*Albert Einstein*

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 - Máquina VPH 1600

Figura 2 - Blocos de Concreto na área de secagem

Figura 3 - Sistema de produção de blocos

Figura 4 - Partes da máquina VPH 1600

Figura 5 - Pistão Hidráulico

Figura 6 - Simbologia válvula 4/3 vias, com centro fechado

Figura 7 - Válvulas direcionais e seus comandos

Figura 8 - Diagrama multifilar do painel de controle

Figura 9 - Diagrama multifilar do circuito de carga

Figura 10 - Detalhes da prensa, matriz e carro de massa

Figura 11 - Sistema em malha-aberta

Figura 12 - Sistema de malha-fechada

Figura 13 - Diagrama de um sistema de automação

Figura 14 - Sensor fim-de-curso

Figura 15 - Ciclo de funcionamento de um CLP

Figura 16 - CLP CLIC 02, fabricante WEG

Figura 17 - Arduino UNO R3

Figura 18 - Botoeira sem retenção

Figura 19 - Transistores TBJ do tipo PNP e NPN

Figura 20 - Curva característica de um transistor TBJ retenção

Figura 21 - Encapsulamento de um transistor.

Figura 22 - Diagrama esquemático de um contator

Figura 23 - Diagrama esquemático de um relé

Figura 24 - Diagrama esquemático de uma eletroválvula

Figura 25 - Diagrama multifilar, método partida direta

Figura 26 - Diagrama multifilar, método partida estrela triângulo

Figura 27 - Diagrama multifilar do circuito de comando

Figura 28 - Diagrama Multifilar do circuito de carga

Figura 29 - Diagrama multifilar do Circuito eletrônico da Placa

Figura 30 - Circuito Hidráulico

Figura 31 - Fluxograma do funcionamento da máquina automatizada

## **LISTA DE FÓRMULAS**

Fórmula 1 – Cálculo de pressão.

Fórmula 1.a – Cálculo de pressão em cada pistão.

Fórmula 2 – Princípio de Pascal.

Fórmula 3 – Cálculo da força exercida no segundo pistão.

Fórmula 4 – Cálculo da corrente de coletor.

Fórmula 5 – Cálculo da corrente de emissor.

Fórmula 6 – Cálculo da corrente de base.

Fórmula 7 – Cálculo do tempo médio gasto em cada ciclo durante um período

Fórmula 8 – Cálculo da produção estimada em relação as horas de trabalho e o tempo dos ciclos

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Tabela verdade das portas lógicas

Tabela 2 – Tabela verdade das portas lógicas negadas

Tabela 3 – Dados do Arduino UNO R3

Tabela 4 – Cores das botoeiras segundo a IEC 60073

Tabela 5 – Cores dos sinaleiros segundo a IEC 60073

Tabela 6 – Componentes de entrada, saída e suas respectivas portas

Tabela 7 – Tempo necessário em cada movimento da máquina

Tabela 8 – Sequência de movimentos para a produção dos blocos

Tabela 9 – Tabela dos custos de materiais

Tabela 10 – Tempo necessário em cada ciclo de operação

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1 - Diferença de produção entre máquina semiautomática e totalmente automatizada



## LISTA DE SÍGLAS

$\mu A$  – Microamperes

A – Amperes

AND – Porta lógica multiplicadora

CLP – Controlador Lógico Programável

Cm – Centímetros

Cm<sup>2</sup> - Centímetro quadrado

CPU – Central Processing Unit

Cv – Cavalos-vapor

Gnd – Aterramento

I – Corrente

kB – Kilobytes

kg – Quilogramas

kgf – Quilograma força

k $\Omega$  - Quilo-ohms

L – litros

M – Metros

M<sup>3</sup> - Metros cúbicos

mA – Miliamperes

mm – Milímetros

NA – Normalmente aberto

NAND – Porta lógica multiplicadora negada

NF – Normalmente fechado

NOR – Porta lógica somadora negada

NOT – Porta lógica de negação ou inversão

OR – Porta lógica somadora

PID – Proporcional, Integrativo e Derivativo

PWM – Pulse Width Modulation

RAM – Random Access Memory

SRAM – Static Random Access Memory

USB – Universal Serial Bus

V – Volts

Vca – Volts em corrente alternada

Vcc – Volts em corrente contínua

VPH 1600 – Máquina de Blocos

XNOR – Porta lógica “exclusiva” negada

XOR – Porta lógica “exclusiva”

## **RESUMO**

A automação de processos industriais consiste em simplificar algumas tarefas de produção que se tornam repetitivas, o que permite o funcionamento de todo o processo de forma mais rápida e com a mínima intervenção de um operador. Na fabricação de blocos, a automação industrial se torna viável devido à facilidade de implementação do sistema de automação. A máquina semiautomática facilita bastante o processo de produção, porém é necessário um operador em tempo integral, necessitando de mais mão-de-obra e mais tempo gasto para se produzir os blocos. Sem a automação todo o processo está mais sujeito a erros humanos que encarecem e prejudicam a qualidade do produto, além de acarretar em danos na própria máquina. O foco do nosso estudo é automatizar uma máquina semiautomática de maneira mais viável do que a máquina automática existente, utilizando sensores, micro controladores e eletroválvulas convencionais e disponíveis no mercado com um baixo custo. A automação permitirá remanejar a mão de obra do operador para outros setores da produção, além de obter uma maior produção, sendo ela limitada apenas pela capacidade de armazenamento da fábrica, e permitirá a redução de custos ao longo da linha de produção, trazendo ao consumidor final um produto de menor custo e maior qualidade.

**Palavras-chave:** Automação. Fabricação de blocos. Redução de custos.

**ABSTRACT:**

The automation of industrial processes consists in simplify some production tasks that have become recurrent, what allows the operation of all the process to be faster and with minimal intervention of an operator. In the manufacturing of blocks, the industrial automation becomes viable due to the facility of implementing the automation system. The semi-automatic machine simplifies the production process, however it's necessary an operator in full time, more labor force is needed and more time is spent to produce the blocks. With no automation, all the process is subject to human errors, which raise the price and harming the quality of the product, besides bringing on damages to the machine. The focus of our research is to automatize a semi-automatic machine in more viable manner than the current automatic machine, using sensors, micro-controllers and conventional electrovalvules and available on the market at low cost. The automation will allow to redistribute the labor force of the operator to other production sectors, besides obtaining more production, which is only limited according to the factory storage capacity, and it'll allow to reduce costs on the production line, bringing to the final costumer a low cost product with more quality.

**KEY WORDS:** Automation. Production of blocks. Reduction of costs.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>CONSIDERAÇÕES CONCEITUAIS .....</b>	<b>16</b>
<b>1. FUNCIONAMENTO DE UMA MÁQUINA DE FABRICAÇÃO DE BLOCOS SEMIAUTOMÁTICA.....</b>	<b>21</b>
1.1. APLICAÇÃO DOS BLOCOS DE CONCRETO.....	22
1.2. PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE BLOCOS PELA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA .....	22
1.2.1. Partes que compõem a máquina de blocos.....	23
1.2.2. Funcionamento de um sistema hidráulico.....	26
1.2.3. Pistões hidráulicos.....	30
1.2.4. Válvulas direcionais .....	31
1.2.5. Comandos hidráulicos e painel de controle.....	33
1.2.6. Movimentos realizados pela máquina durante o processo de fabricação.....	37
<b>2. TÉCNICAS E SISTEMAS DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO, APLICADOS NA FABRICAÇÃO DE BLOCOS.....</b>	<b>40</b>
2.1. DEFINIÇÃO DE AUTOMAÇÃO.....	40
2.1.1. Vantagens na aplicação de um sistema de automação .....	41
2.1.2. Sistemas de malha-aberta .....	42
2.1.3. Sistemas de malha-fechada .....	43
2.2. PRINCIPAIS COMPONENTES EM UM SISTEMA DE AUTOMAÇÃO .....	44
2.2.1. Sensores.....	45
2.2.2. Sistema de controle .....	47
2.2.3. Atuação.....	48
2.3. CONTROLE PROGRAMÁVEL.....	50
2.3.1. Sistemas digitais.....	51
2.3.2. CLP.....	53
2.3.3. Arduino.....	56
2.4. CIRCUITOS ELÉTRICOS .....	58
2.4.1. Botoeiras e Sinaleiros.....	58
2.4.2. Transistores bipolares de junção (TBJ).....	61
2.4.3. Contatores.....	65
2.4.4. Relés .....	66

2.4.5. Eléctroválvulas.....	68
2.4.6. Partida de motores de indução trifásicos.....	69
<b>3. IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO E ESTUDO DE VIABILIDADE.....</b>	<b>74</b>
3.1. CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA .....	74
3.2. ESQUEMA ELÉTRICO DO SISTEMA AUTOMATIZADO .....	76
3.3. ESQUEMA ELÉTRICO DA PLACA DE CIRCUITO COM ARDUINO .....	80
3.4. CIRCUITO HIDRÁULICO DO SISTEMA AUTOMATIZADO .....	83
3.5. PROGRAMAÇÃO DO ARDUINO. ....	83
3.6. ANÁLISE DE VIABILIDADE .....	87
3.6.1. Cálculo dos custos totais de implementação do sistema.....	87
3.6.2. Comparação com preço de máquina totalmente automatizada .....	88
3.6.3. Comparação da velocidade de produção antes e depois da automação .....	88
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>91</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>92</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>94</b>

## INTRODUÇÃO

O bloco de concreto é umas das principais matérias primas da construção civil, por isso, devem ser produzidos em larga escala e no menor tempo possível, mas mantendo sempre a qualidade e evitando desperdícios. Os custos incrementados na produção dos blocos devido a ineficiência dos métodos de produção acarretam em prejuízos maiores para o consumidor final. Além disso a qualidade de uma construção civil depende diretamente da qualidade dos blocos utilizados, portanto um único bloco defeituoso poderá fragilizar e comprometer toda a estrutura.

No nosso estudo os blocos são produzidos por máquina semiautomática (VPH 1600), que auxilia bastante todo processo mecânico de produção dos blocos, mas como necessita de um operador fixo, estará sempre sujeito a erros humanos, podendo gerar desperdícios, baixa qualidade do produto, falta de um padrão de qualidade, atrasos na produção, desgastes desnecessários de alguns componentes da máquina e acidentes com os demais operadores.

O desafio é realizar um estudo para comprovar a viabilidade de automação de uma máquina de fabricação de blocos semiautomática, projetando um sistema que seja capaz de eliminar a necessidade de ter um operador fixo, que garanta a qualidade do produto final e que os seus custos de implementação sejam mais acessíveis do que o preço de uma máquina automática existente no mercado.

Será feita uma análise para estudar os movimentos efetuados pela máquina no processo de produção e iremos identificar e definir em quais etapas da produção é viável a implantação de um sistema automatizado. No nosso estudo buscamos sempre utilizar métodos convencionais e componentes disponíveis no mercado que garantam o bom funcionamento, a segurança do sistema e com baixos custos de manutenção.

O sistema de controle projetado será capaz de monitorar o posicionamento da máquina e executar os movimentos necessários para a produção, permitindo remanejar a mão-de-obra do operador para outro setor da produção e aumentar a produção, que será limitada apenas pela capacidade de armazenamento da empresa.

A máquina automatizada utilizará sensores instalados em pontos estratégicos, que permitirão ao circuito de controle, enxergar o posicionamento de cada parte da máquina, em cada estágio da produção. O sistema também será composto por um painel de controle que receberá comandos de um operador, permitindo iniciar, parar e encerrar o processo, e ainda permitir que o operador possa executar comando manuais, garantindo liberdade para que possa ser realizado uma manutenção ou outro serviço que não foi programado no micro controlador.

O núcleo do sistema de controle será um micro controlador arduino, que irá receber valores dos sensores instalados na máquina. Esse micro controlador será programado, permitindo assim o processamento de toda a parte lógica do sistema de modo a garantir o pleno funcionamento da máquina, pelo tempo que for necessário. O bom funcionamento e a eficiência da máquina dependerão do código que será carregado no micro controlador, garantindo assim a flexibilidade do sistema e permitindo que sejam feitas alterações futuras, em caso de necessidade de ampliações no sistema ou correções. Tudo isso poderá ser feito sem a necessidade de grandes alterações na parte física. Na maioria das vezes, uma vez que o sistema for implementado, apenas serão necessárias alterações de software, simplesmente atualizando ou substituindo o código no micro controlador.

A máquina semiautomática funciona a partir de uma central hidráulica, ou seja, a maioria dos movimentos efetuados pela máquina são através de pistões hidráulicos, sendo necessário substituir as alavancas manuais das válvulas direcionais por eletroválvulas, para que se possa implementar o sistema automatizado. O restante dos movimentos é feito por motores elétricos trifásicos, e sua atuação pode ser feita por partida direta, necessitando simplesmente da implementação de contadores. No projeto proposto serão necessárias poucas modificações na máquina existente, o que garantirá a implementação do sistema com custos reduzidos.

O presente estudo foi elaborado em três capítulos. No primeiro capítulo, será analisado o funcionamento de uma máquina semiautomática, bem como seus sistemas mecânicos e os processos de produção. O segundo capítulo será focado no estudo de técnicas de controle e automação capazes monitorar e controlar o sistema, abordando conceitos sobre o funcionamento dos sensores, controlador programável e atuadores. E por fim, no terceiro capítulo será apresentado o projeto finalizado, incluindo procedimentos e processos de implementação do sistema de automação em uma máquina semiautomática, assim como a análise de viabilidade e vantagens de implementação do sistema para o proprietário e para o consumidor final.

O tema do trabalho abrange diversas áreas da engenharia elétrica, tais como: Automação, eletrotécnica industrial, instalações elétricas, controle, programação de computadores e eletrônica, sendo este trabalho de grande valor, pois proporciona ganhos intelectuais indispensáveis na vida profissional de um engenheiro eletricista.



## CONSIDERAÇÕES CONCEITUAIS

Com o mercado cada vez mais exigente, a linha de produção industrial tem que atender a uma demanda cada vez maior, necessitando de uma maneira mais rápida e eficiente de produção, pois em muitos casos a produção se torna insuficiente. Uma das soluções pode ser a contratação de mais mão-de-obra e mais maquinários, mas a solução mais viável é fornecida pela automação industrial, que nos dá ferramentas para que a produção se torne bem mais eficiente, mais simples e funcional. Segundo Alves “*A automação é a tecnologia relacionada com a aplicação de sistemas mecânicos, elétricos e eletrônicos, apoiados em meios computacionais, na operação e controle dos sistemas de produção.*”<sup>1</sup>. Em alguns casos essas implementações tecnológicas necessitam de altos investimentos, o que muitas vezes pode estar fora do orçamento da empresa, sendo necessário realizar estudos para encontrar uma maneira mais viável de automatizar o sistema.

Na fabricação de blocos algumas etapas de produção ainda geram atrasos e custos desnecessários com mão-de-obra, além de ocorrerem erros que podem atrasar a produção, comprometer a qualidade do produto e conseqüentemente aumentar o custo para o consumidor final. No processo de fabricação manual, a mistura feita de cimento, areia e pó de pedra é colocada em fôrmas, e depois são depositados até que o cimento seque. Atualmente no mercado existem várias máquinas que facilitam muito esse processo de produção. Porém muitas dessas máquinas necessitam de investimento muito alto, obrigando o pequeno empreendedor a optar por máquinas mais simples que não são totalmente automatizadas e que necessitam de um operador fixo na máquina.

As máquinas mais acessíveis atualmente são máquinas semiautomáticas, como a “[...] *Hidráulica VPH 1600, Máquina de bloco Hidráulica destinada para fabricação de artefatos de cimento tais como; blocos de vedação e estruturais, meio bloco, canaletas, bloquete, pavers e etc.*”<sup>2</sup>. Essa máquina semiautomática facilita bastante o processo de produção, pois todo o sistema mecânico funciona a partir de um sistema hidráulico acionado por válvulas manuais, porém neste caso ainda persiste a necessidade de automação, uma vez que é necessário um operador em tempo integral para acionar as alavancas.

---

<sup>1</sup> ALVES, Toni dos Santos. **Automação Industrial I**. Abrantes: Escola Superior de Tecnologia de Abrantes, 2004. p.1.

<sup>2</sup> BORGESMAQ. **Hidráulica VPH 1600**. Disponível em: <http://borgesmaq.com.br/fabricar-blocos-e-pavers/maquinas-de-bloco/maquina-de-bloco-hidraulica-vph-1600/>. Acesso em: 27 de fevereiro de 2014.

Para produções muito longas, o processo se torna cansativo para o operador, que é responsável por cada movimento feito pela máquina, isso limita o tempo de produção e a torna mais sujeita a erros e atrasos. Nesses casos vê-se a necessidade de automatizar o processo de modo a garantir o funcionamento por períodos longos de tempo, de modo que não dependa do operador, aumentando a produção, e remanejando a mão-de-obra para outros setores, e com o menor investimento possível.

Existem no mercado máquinas totalmente automáticas, que funcionam com os mesmos princípios mecânicos da máquina semiautomáticas, porém possuem sensores e um sistema de controle programável, para acionar eletroválvulas e assim automatizar todo o repetitivo processo.

O nosso projeto busca uma solução simples, que seja funcional e que não necessite de altos investimentos. Existem no mercado uma série de micro controladores com preço bem reduzido e de fácil acesso, que neste caso dispensam o uso de CLP's (Controlador Lógico Programável) que têm um custo mais elevado. Um exemplo de micro controlador de fácil acesso é o Arduino. Segundo McRoberts "*O Arduino é um pequeno computador que você pode programar para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos conectados a ele*"<sup>3</sup>. O arduino é de fácil utilização e possui hardware e software livres e para analisa-lo basta estabelecer uma conexão entre o arduino e um computador através de uma porta USB, e enviar o software para o arduino. A programação do arduino é feita em linguagem C/C++, e possui várias bibliotecas que facilitam bastante o trabalho.

O primeiro passo, em nosso estudo é analisar sua viabilidade, e reconhecer no sistema, os componentes básicos de um sistema de automação. De acordo com o professor Martins:

Sistemas automatizados são, algumas vezes, extremamente complexos, porém, ao observar suas partes nota-se que seus subsistemas possuem características comuns e de simples entendimento. Assim, formalmente, um sistema automatizado possui os seguintes componentes básicos:

- Sensoriamento;
- Comparação e controle;
- Atuação.<sup>4</sup>

A escolha certa dos componentes é que vai garantir a viabilidade e a confiabilidade de todo o sistema. No caso da máquina de blocos, os componentes de sensoriamento podem ser sensores fim-de-curso, sensores magnéticos, sensores de barreiras e outros. A escolha destes

<sup>3</sup> McROBERTS, Michael. **Aduino Básico**. 1.ed., São Paulo: Novatec Editora, 2011. p.22.

<sup>4</sup> MARTINS, M. Geomar. **Princípios de Automação Industrial**. Santa Maria: Universidade federal de Santa Maria, 2012. p.6.

componentes é feita visando a funcionalidade do sistema, vida útil, baixa manutenção, facilidade de instalação e baixo custo.

Na parte de comparação e controle temos como opções o CLP e o Arduino. O CLP se destaca por ser mais robusto, confiável, mais eficaz em meios industriais e quando temos que lidar com um maior número de informações e maior número de portas de entrada e saída além de ser facilmente implementado em um painel de controle, porém para aplicações mais simples como o a máquina de blocos, o seu alto custo pode inviabilizar a implementação do sistema. O arduino possui um custo bem menor, e além de ser mais acessível no mercado, ele possui código aberto e por isso, para várias aplicações é possível encontrar um código ou uma biblioteca pronta, feita por outros usuários e disponibilizado na internet. Sua desvantagem é ser menos confiável e menos robusto, além de trabalhar com potência de saída bem pequenas, e com tensão de apenas 5 volts, necessitando muitas vezes de transistores, tiristores, relés e outros componentes para poder acionar motores, eletroválvulas, lâmpadas e outras cargas com tensões e potências superiores. No nosso estudo focamos no arduino, pois está ao nosso alcance tanto o software como hardware, e nos possibilita realizar testes e simulações, virtuais e práticas, quantas vezes for necessário.

Os componentes de atuação da máquina de blocos são as eletroválvulas e contatores, pois a máquina semiautomática já possui uma central hidráulica da qual partem quase todos os comandos, sendo o restante dos comandos, apenas acionamento de motores com partida direta, que pode ser feito através de contatores.

Um fator importante a ser analisado é que as etapas de produção de blocos não são muito complexas, e grande parte não exigem um sistema realimentado ou sistema de malha-fechada, “[...] é chamado de malha-fechada de controle, ou sistema de realimentação, no qual a saída do sistema influencia diretamente na situação de sua entrada.”<sup>5</sup>. Um sistema de malha-fechada pode fazer com que aumente o número de componentes do sistema, o que dificulta a programação do componente de controle, devido ao aumento de variáveis a serem analisadas, e torna a instalação do sistema mais complexa. Esses fatores incidirão diretamente no aumento de custos e complexidade do sistema.

Em alguns setores da produção é indispensável o uso de malha-fechada. Nesses setores serão utilizados os sensores que irão monitorar o posicionamento de certas partes da máquina e irão impedir movimentos que possam causar danos à máquina e aos operadores, sendo capaz

---

<sup>5</sup> MARTINS, M. Geomar. **Princípios de Automação Industrial**. Santa Maria: Universidade federal de Santa Maria, 2012. p.8.

também de parar a produção quando a linha de produção estiver saturada, quando a matéria prima faltar e em situações de emergência.

Um dos fatores que facilitam o processo de automação dessa máquina, é o fato de que a maior parte da produção não necessita de muita precisão e portanto pode funcionar em malha-aberta, ou seja, sem a necessidade de sensores, de acordo com Silva “*Se não há a medição das saídas dizemos que o sistema tem “malha-aberta”.*”<sup>6</sup>. Esses comandos em malha-aberta serão implementados com a utilização de comandos temporizados. A utilização de controle em malha-aberta, simplifica bastante a automação e torna viável nosso estudo, pois quanto menos variáveis a serem analisadas, mais fácil será a automação e menor será o seu custo de implementação.

Resumidamente, o que o nosso circuito de controle irá fazer é ler valores nas entradas, processar os dados de acordo com os valores obtidos, e depois gerar valores nas saídas de modo a comandar todo o sistema.

Tanto os valores de entrada, quanto os valores de saída serão digitais, isso significa que só existirão dois valores admitidos nas portas de entrada e saída, que são: 1 e 0, respectivamente ligado e desligado, não havendo portanto valores intermediários. Os sensores e botoeiras de comando serão responsáveis pelos valores de entrada, e o circuito de controle atuará sobre as eletroválvulas e contadores, ativando-os e desativando-os, permitindo assim que a máquina execute os movimentos necessários para a produção dos blocos.

A automação industrial é o reflexo do desenvolvimento tecnológico aplicado aos meios de produção.

Na Automação Industrial se reúnem três grandes áreas da engenharia:

1. A mecânica, através das máquinas que possibilitam transformar matérias primas em produtos “acabados”.
2. A engenharia elétrica que disponibiliza os motores, seus acionamentos e a eletrônica indispensável para o controle e automação das malhas de produção;
3. A informática que através das arquiteturas de bancos de dados e redes de comunicação permitem disponibilizar as informações a todos os níveis de uma empresa.<sup>7</sup>

Com o desenvolvimento tecnológico dessas áreas, podemos contar com ferramentas cada vez melhores, mais acessíveis e eficientes. Assim a automação deixa de ser um privilégio apenas das grandes empresas, e passa a ser acessível também para pequenos empreendedores que necessitam de soluções simples. O nosso estudo foca na área da engenharia elétrica e

---

<sup>6</sup> SILVA, Marcelo Eurípedes da. **Curso de automação industrial**. Piracicaba: Fundação Municipal de Ensino de Piracicaba, 2007. p.6.

<sup>7</sup> MARTINS, M. Geomar. **Princípios de Automação Industrial**. Santa Maria: Universidade federal de Santa Maria, 2012. p.6.

informática, pois a máquina semiautomática já conta com um sistema mecânico através de pistões hidráulicos, sendo assim com um pequeno investimento é possível fazer com que a máquina seja totalmente automatizada, e desta forma, a empresa se torna mais competitiva no mercado e gerando mais lucro ao proprietário. Os benefícios se refletirão para o consumidor final, com um produto de maior qualidade e menor custo.

## 1. FUNCIONAMENTO DE UMA MÁQUINA DE FABRICAÇÃO DE BLOCOS SEMIAUTOMÁTICA

O primeiro passo para se automatizar um sistema é conhecer por completo o seu funcionamento. Em um meio de produção devemos conhecer o produto que se deseja produzir, a matéria prima, e os meios físicos e químicos pelos quais, transformam matéria prima em produto final. Por isso esse estudo nos levará para algumas áreas do conhecimento além da Engenharia elétrica, mas que são essenciais para que possamos analisar e implementar o sistema de modo adequado, garantindo sua viabilidade, segurança e funcionalidade.

É necessário primeiramente fazer o estudo mecânico da máquina e analisar o funcionamento de pistões hidráulicos e válvulas. Precisamos conhecer todos os movimentos efetuados pela máquina, para que possamos repetir a função do operador, em um sistema de controle, fazendo com que o processo de produção se torne mais eficiente, e que os blocos tenham sempre o mesmo padrão de qualidade.

Nesse estudo utilizamos, como referência, uma máquina vibro prensa semiautomática VPH 1600. A máquina possui seis comandos, sendo quatro comandados por válvulas hidráulicas e um acionamento elétrico por pedal, além de um comando que liga e desliga a bomba hidráulica, porém este último não será automatizado. A figura 1 mostra a máquina Hidráulica VPH 1600:



*Figura 1: Máquina VPH 1600  
Fonte: Acervo do Autor*

## 1.1. APLICAÇÃO DOS BLOCOS DE CONCRETO

Os blocos de concreto são o material mais utilizado na construção civil, ele se aplica em muros e paredes. Os blocos são produzidos por uma liga de cimento, areia e água e suas dimensões variam de acordo com a aplicação. A liga utilizada na fabricação definirá a resistência desses blocos.

Para a qualidade dos blocos é extremamente importante que se utilize a mistura certa, com os componentes dosados corretamente, pois senão os blocos podem se tornar quebradiços e frágeis, e em outros casos se tornam porosos, o que irá influenciar diretamente na impermeabilidade. Os métodos de produção e secagem também são fatores que influenciam na qualidade. Tanto a qualidade, quanto o custo de uma construção civil, dependem da qualidade e dos métodos de produção de blocos.

A Figura 2 mostra os blocos de concreto que acabaram de sair da máquina semiautomática e foram levados até a área de secagem.



*Figura 2: Blocos de Concreto na área de secagem  
Fonte: Acervo do Autor*

## 1.2. PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE BLOCOS PELA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA

Muitos fabricantes de blocos ainda o fabricam de modo rudimentar, produzem a liga de cimento, areia e água manualmente e preenchem fôrmas de metal ou madeira e posteriormente colocam ao sol para secar. Porém esse processo depende de muita mão-de-obra, desperdiça material e o tempo de produção se torna muito elevado impossibilitando maiores produções. O pior é que esse tipo de produção prejudica e muito a qualidade dos blocos e posteriormente

poderão comprometer a qualidade da construção civil, pois desse modo não existe um padrão nos métodos de produção, o que prejudicará a qualidade no produto final.

Por esses e outros motivos, muitos produtores investiram em métodos de produção mais eficazes. A máquina VPH 1600 conta com sistema hidráulico que auxilia no processo mecânico, porém trata-se de uma máquina semiautomática e necessita do operador para comandá-la. A máquina VPH 1600 é uma vibro prensa, de acordo com o manual da máquina VPH 1600: “As vibro prensas modelos VPH são destinados à fabricação de elementos de concreto tais como: blocos, canaletas, meio bloco, pavers e todo material similar.”<sup>8</sup>

Esta máquina baseia-se nos métodos de produção antigos, porém todos os movimentos que eram anteriormente braçais, agora são realizados por pistões. O processo consiste em preencher uma matriz (fôrma) com a mistura de cimento, areia e água, depois prensá-la para garantir a compactação da mistura e, após esse processo, retira-se a matriz e levam-se os blocos para a secagem, onde permanecem por cinco dias, e são irrigados de tempos em tempos para que não haja trincas nos blocos. De acordo com o manual da máquina VPH 1600:

Detalhes da massa como quantidade de cimento, areia, pedra, etc., são ajustados conforme a necessidade ou preferência da empresa, porém a umidade da massa é de extrema importância para o perfeito acabamento dos blocos e para evitar trincas ou quebras quando forem desmoldados.<sup>9</sup>

Nessa máquina o produtor ainda conta com o auxílio de um vibrador que é acionado no momento de preencher a matriz com a mistura, permitindo uma melhor compactação da mistura e garantindo uma melhor resistência e qualidade ao produto final. Segundo o manual da máquina VPH 1600: “A resistência do produto irá depender de vários fatores do processo tais como: Quantidade de cimento, homogeneidade da massa, tempo de cura, etc.”<sup>10</sup>. Os métodos de produção também influenciaram diretamente na resistência dos blocos.

### **1.2.1. Partes que compõem a máquina de blocos**

Além da máquina VPH 1600, o produtor ainda necessita de componentes auxiliares que são indispensáveis para a linha de produção, são eles: misturador e a esteira. O misturador é responsável por fazer a liga de cimento areia e água e depois jogá-la na esteira que irá transportar a mistura até a máquina. A Figura 3, fornecida pelo fornecedor BORGESMAQ,

<sup>8</sup> MFW MÁQUINAS LTDA. **Manual de Instruções VPH 1600/7000**. p. 3.

<sup>9</sup> MFW MÁQUINAS LTDA. **Manual de Instruções VPH 1600/7000**. p. 5.

<sup>10</sup> MFW MÁQUINAS LTDA. **Manual de Instruções VPH 1600/7000**. p. 5.



mostra como ficam dispostos estes componentes:

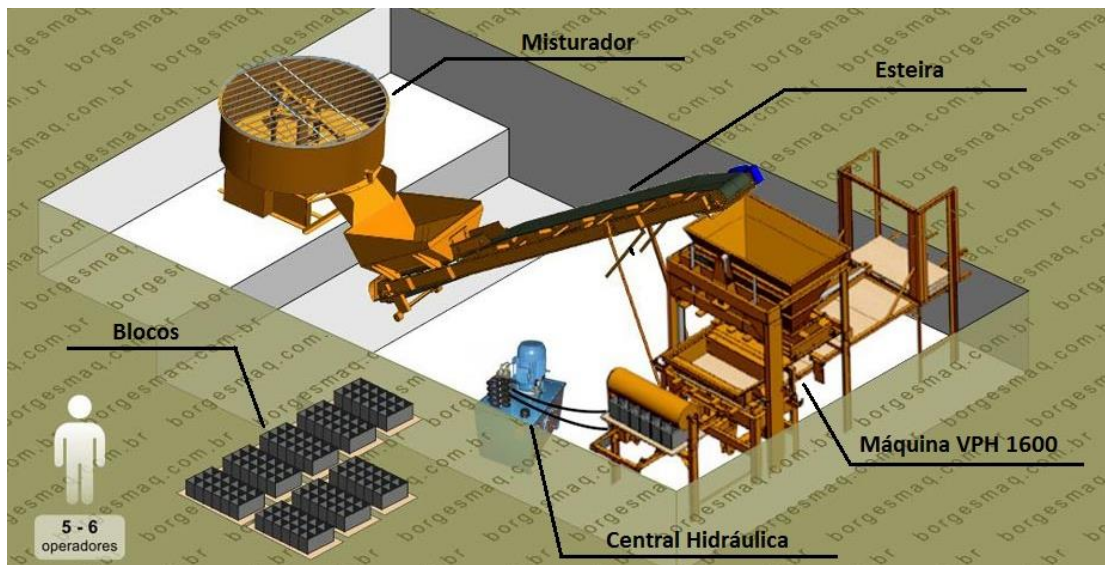


Figura 3: Sistema de produção de blocos  
Fonte: Fornecedor BORGESMAQ<sup>11</sup>

O misturador tem capacidade para 1200 litros, e possui um motor trifásico de 15cv ligado a um redutor de 50:1, o que permite ter sempre uma mistura homogênea. Após o processo de mistura a liga é transportada por uma esteira, que possui um motor trifásico de 3cv com capacidade de 1m<sup>3</sup> por minuto, e a mistura é então despejada no silo da máquina VPH 1600.

A máquina possui onze componentes principais, que são:

- |                          |                                |
|--------------------------|--------------------------------|
| 1. Painel de controle;   | 7. Matriz;                     |
| 2. Central Hidráulica;   | 8. Prensa;                     |
| 3. Pilha de tábuas;      | 9. Vibrador;                   |
| 4. Introdutor de tábuas; | 10. Esteira de Saída;          |
| 5. Silo;                 | 11. Escova ou rolo rebarbador; |
| 6. Carro;                |                                |

O painel de controle possui acionamentos elétricos como botoeiras e contatores, para ligar e desligar a central hidráulica, o misturador e a esteira, a esteira da mesa de descarga e possui também o sistema de parada de emergência.

A central hidráulica conta com um motor trifásico de 7,5cv, com quatro comandos em válvulas manuais e quatro pistões. A central hidráulica conta com um sistema de refrigeração

<sup>11</sup> BORGESMAQ. **Hidráulica VPH 1600**. Disponível em: <http://borgesmaq.com.br/fabricar-blocos-e-pavers/maquinas-de-bloco/maquina-de-bloco-hidraulica-vph-1600/>. Acesso em: 12 de agosto de 2014.

por passagem de água.

São produzidos quatro blocos por vez, e toda a produção é feita sobre uma tábua ou “pallet”, de acordo como o manual da máquina VPH 1600: *“As tábuas deverão ter espessura de 2,5cm, devem ser confeccionadas com matérias de primeira linha. As medidas deverão ser: 0,67m de comprimento, 0,5m de largura e 2,5cm de espessura.”*<sup>12</sup>. Nessas tábuas os blocos podem ser transportados após a desmoldagem. A pilha de tábuas é o local onde até 40 tábuas podem ser armazenadas, e a cada ciclo da produção é necessário acionar o pistão do introdutor de tábuas para mover o que foi produzido para a esteira de saída e também adicionar uma nova tábua para o próximo ciclo de produção.

O silo é o local onde se armazena a mistura proveniente do misturador, é capaz de armazenar 530 litros, e cada remessa de blocos produzidos é necessário que o carro faça o transporte do material do silo até a matriz.

A matriz nada mais é do que a fôrma dos blocos, ela pode ser trocada para se produzir outros produtos como bloquetes, meio blocos, canaletas, pavers e etc. A mistura deve preencher toda a matriz, para isso temos a prensa e o vibrador, que são responsáveis por compactar a mistura. Posteriormente levanta-se a matriz deixando os blocos sobre a tábua. O vibrador é acionado por pedal e possui dois motores elétricos. Segundo o manual da máquina VPH 1600:

Os vibradores são acionados por 2 motores elétricos de 2cv de potência e 2 polos, com acionamento por pedal. [...] A mesa de descarga possui um motor de 1cv e 4 polos com acionamento ininterrupto por chave liga/desliga. [...] Sistema de alimentação, prensagem e desmoldagem composta por rede hidráulica completa, contendo cilindros, válvulas, mangueiras, conexões, etc.<sup>13</sup>

A esteira de saída recebe a tábua com os blocos após o processo de prensagem e transporta-os até um ponto onde um operador possa retirar a tábua com os blocos e leva-los para a área de secagem. Enquanto ainda estão na esteira de saída os blocos passam pela escova (rolo rebarbador), que tem a função de retirar qualquer resíduo que fique sobre os blocos, evitando assim que esses resíduos se sequem e deformem os blocos. O motor que aciona a esteira de saída e o rolo rebarbador é o mesmo.

Nesse método de produção são necessários de cinco a seis operadores, sendo que um deles ficará responsável pelo comando da máquina. Os outros operadores serão responsáveis pelo transporte e armazenamento dos blocos.

---

<sup>12</sup> MFW MÁQUINAS LTDA. **Manual de Instruções VPH 1600/7000**. p. 5.

<sup>13</sup> MFW MÁQUINAS LTDA. **Manual de Instruções VPH 1600/7000**. p. 3.

De acordo com o manual da máquina VPH 1600 as dimensões da máquina são: “1,7m de largura, 2,5m de altura e 5,05m de comprimento.”<sup>14</sup>. A figura 4 demonstra as partes citadas anteriormente:

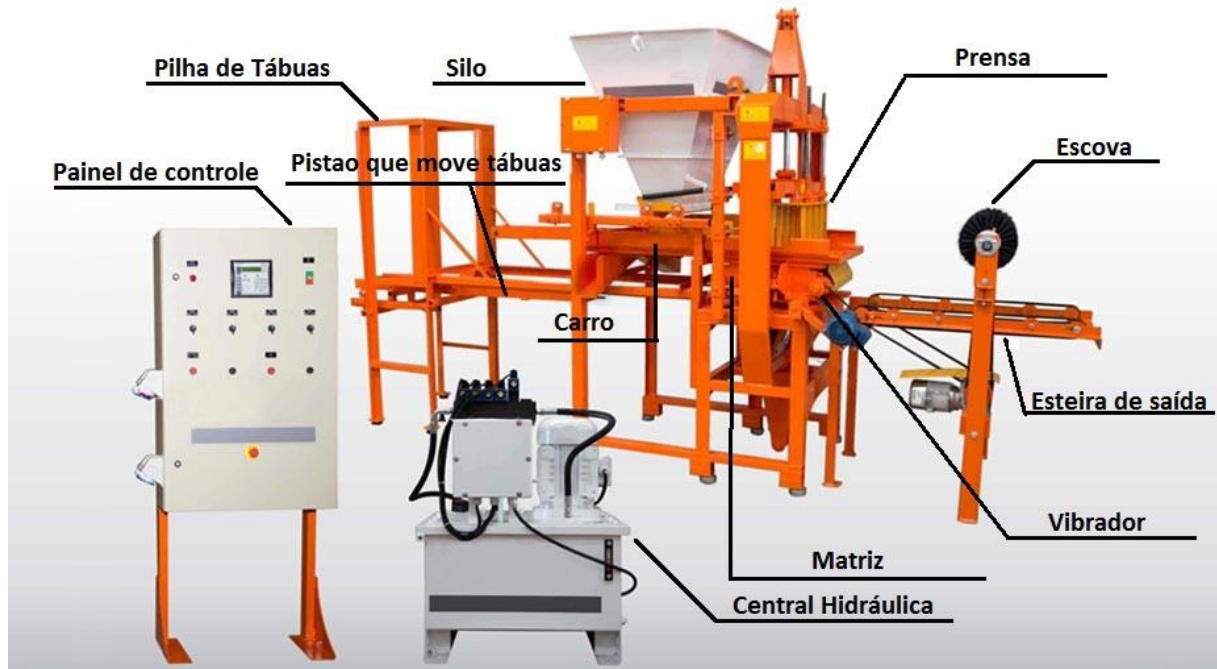


Figura 4: Partes da máquina VPH 1600  
Fonte: Fornecedor BORGESMAQ<sup>15</sup>

### 1.2.2. Funcionamento de um sistema hidráulico

A máquina de blocos possui seis partes móveis principais, e para que cada parte possa se movimentar e realizar trabalho é necessário que seja aplicada alguma forma de energia em algum componente capaz de converter essa energia em energia mecânica, possibilitando que sejam realizados os movimentos da máquina. Existem diversas maneiras de produzir esse movimento, porém uma maneira é a mais vantajosa, e entre seis partes móveis, quatro são alimentadas por um sistema hidráulico, e apenas outros dois são acionados diretamente por um motor elétrico. Segundo Camargo: “Existem apenas três métodos de transmissão de energia na esfera comercial: elétrica, mecânica e fluídica. [...] Entende-se por hidráulica a transmissão, controle de forças e movimentos por meio de fluidos líquidos.”<sup>16</sup>

<sup>14</sup> MFW MÁQUINAS LTDA. **Manual de Instruções VPH 1600/7000**. p. 7.

<sup>15</sup> BORGESMAQ. **Hidráulica VPH 1600**. Disponível em: <http://borgesmaq.com.br/fabricar-blocos-e-pavers/maquinas-de-bloco/maquina-de-bloco-hidraulica-vph-1600/>. Acesso em: 13 de agosto de 2014.

<sup>16</sup> CAMARGO, de Oliveira Guilherme. **Comandos Hidráulicos e Pneumáticos**. Florianópolis: SENAI, 2010. p.14.

Um sistema hidráulico é uma maneira simples e eficiente de se transmitir energia mecânica sem a necessidade de eixos, engrenagens ou embreagens, podendo-se interligar diversos atuadores em um mesmo sistema, garantindo a sua flexibilidade, uma vez que toda energia é transmitida por mangueiras e um fluido hidráulico. Outra vantagem é o fato de que pode-se facilmente ajustar a relação força e velocidade, e controlar a direção e sentido dos movimentos com a utilização de válvulas direcionais.

Para entendermos o funcionamento de um sistema hidráulico é necessário conhecer algumas grandezas físicas como a pressão e o princípio de Pascal.

A pressão, segundo Young e Freedman: *“Quando um fluido está em repouso, ele exerce uma força perpendicular sobre qualquer superfície que esteja em contato com ele, tal como a parede do recipiente ou um corpo imerso no fluido.”*<sup>17</sup> A pressão nada mais é do que a força aplicada em cada unidade de área. A pressão é diretamente proporcional a força e inversamente proporcional a área, portanto podemos concluir que para uma dada pressão em um sistema hidráulico, quanto maior for a área de um pistão, maior será a força exercida por ele, e em contrapartida para uma dada força aplicada, quanto menor for a área, maior será a pressão. A fórmula 1, demonstra esse princípio:

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

Sendo assim:

$$F = P \cdot A$$

*Fórmula 1 – Cálculo de pressão.  
Fonte: (YOUNG, 2004, p. 71)*<sup>18</sup>

Onde “P” representa a pressão, “F” a força e “A” a área.

Segundo Camargo o princípio de Pascal pode ser definido como: *“A pressão exercida em um ponto qualquer de um fluido estático é a mesma em todas as direções e exerce forças iguais, em áreas iguais, sempre perpendiculares à superfície do recipiente.”*<sup>19</sup> Através deste princípio podemos concluir que ao ser aplicada uma força em um fluido, podemos transmitir essa força através de fluidos, e utilizá-la para produzir trabalho em outro ponto. Os fluidos são um dos principais componentes do sistema hidráulico, pois além de transmitir a energia produzida no compressor, ainda possuem a função de lubrificar e trocar calor, garantindo o bom

<sup>17</sup> YOUNG, D. H.; FREEDMAN, A. R. **Física II Termodinâmica e Ondas**. 10.ed; São Paulo: PEARSON, 2004. p.70.

<sup>18</sup> YOUNG, D. H.; FREEDMAN, A. R. **Física II Termodinâmica e Ondas**. 10.ed; São Paulo: PEARSON, 2004. p.71.

<sup>19</sup> CAMARGO, de Oliveira Guilherme. **Comandos Hidráulicos e Pneumáticos**. Florianópolis: SENAI, 2010. p.17.

funcionamento e facilitando o resfriamento do sistema. A maioria dos fluidos hidráulicos consistem em óleos derivados do petróleo.

Outra grande vantagem do sistema hidráulico é a capacidade de se multiplicar a força, pois em alguns movimentos da máquina, como a prensa, necessita de valores elevados de força aplicada, sendo indispensável um sistema capaz de multiplicar a força. É importante lembrar que pode-se multiplicar a força, porém o trabalho realizado será o mesmo, ou seja, quando multiplica-se a força, conseqüentemente diminui-se a velocidade de deslocamento. Como exemplo podemos imaginar um corpo com 10kg de massa, colocado sobre um pistão com uma área de 1cm<sup>2</sup>. Teremos neste caso uma pressão de 10kgf/cm<sup>2</sup>. Se conectarmos este pistão de 1cm<sup>2</sup> a outro pistão de 100cm<sup>2</sup>, sabendo que a pressão será a mesma (conforme o princípio de Pascal), podemos concluir que a força exercida por esse pistão será o produto de 10kg/cm<sup>2</sup> por 100cm<sup>2</sup>, obtendo um valor 1000kgf.

Através da fórmula 1.a, podemos calcular a pressão em cada pistão:

$$P1 = \frac{F1}{A1} \text{ e } P2 = \frac{F2}{A2}$$

*Fórmula 1.a – Cálculo de pressão em cada pistão.  
Fonte: Adaptação nossa.*

Através do Princípio de Pascal, representado pela fórmula 2:

$$P1 = P2$$

*Fórmula 2 – Princípio de Pascal.  
Fonte: (CAMARGO, 2010, p. 17)<sup>20</sup>*

Portanto podemos concluir que a força exercida pelo segundo pistão será dada pela fórmula 3:

$$F2 = F1 \cdot \frac{A2}{A1}$$

*Fórmula 3 – Cálculo da força exercida no segundo pistão.  
Fonte: Adaptação nossa.*

Onde F2 representa a força exercida pelo segundo pistão, F1 a força aplicada no primeiro pistão, A2 a área do segundo pistão e A1 a área do primeiro pistão.

A fórmula 3, mostra que a força será sempre multiplicada pela relação entre as áreas dos pistões, neste caso a área do segundo pistão é 100 vezes maior do que a área do primeiro pistão, portanto a força no segundo pistão também será 100 vezes maior do que a força aplicada no

---

<sup>20</sup> CAMARGO, de Oliveira Guilherme. **Comandos Hidráulicos e Pneumáticos**. Florianópolis: SENAI, 2010. p.17.

primeiro pistão. Porém como a área do primeiro pistão é 100 vezes menor, e como o volume interno do sistema é preenchido por um fluido incompressível, sabemos que esse volume não irá se alterar, dessa maneira podemos concluir que a cada 100 cm que o pistão de menor área se deslocar, o pistão de maior área irá se deslocar apenas 1cm, respeitando assim a lei da conservação de energia pois o trabalho realizado é o produto entre a força e o deslocamento.

Podemos comparar um sistema hidráulico com uma caixa de marchas de um automóvel, capaz de transmitir a potência produzida pelo motor para as rodas e ainda alterar a relação entre torque e rotação através da relação do tamanho das engrenagens. No sistema hidráulico pode-se alterar a relação entre força e velocidade através da relação entre as áreas dos pistões, e no lugar do eixo temos as mangueiras, que servem de ligação entre o compressor e os atuadores, permitindo o escoamento e a transmissão de energia através do fluido, de modo mais flexível e eficiente do que a utilização de eixos e engrenagens. Um sistema hidráulico segundo Camargo é formado basicamente por:

O grupo de geração que transforma energia mecânica em energia hidráulica é constituído pelas bombas hidráulicas, entre outros componentes; o grupo de controle que controla e direciona a energia hidráulica, compõe-se de válvulas direcionais e reguladoras de vazão e pressão. No grupo de atuação, encontraremos os atuadores, que podem ser os cilindros, os osciladores e motores. O grupo de ligação responsável pela transmissão da energia hidráulica é composto por conexões, tubos e mangueiras.<sup>21</sup>

As válvulas direcionais irão permitir que o sistema de controle exerça influência no sistema hidráulico e controle os movimentos da máquina, sendo então indispensável conhecer o funcionamento desses componentes. Além das válvulas direcionais, existem também válvulas de retenção e válvulas limitadoras de pressão, que executam uma função essencial e indispensável no sistema hidráulico, porém ao automatizar a máquina, as funções dessas válvulas não serão alteradas e nem irão influenciar na elaboração do sistema de controle, não sendo necessário analisa-las a fundo.

Apesar da máquina de blocos ter quatro partes móveis acionadas pelo sistema hidráulico, toda a energia é fornecida apenas por um motor, que é o motor elétrico da central hidráulica.

Para o processo de automação é necessário conhecer o funcionamento do comando e da atuação, sendo essencial conhecer os pistões e válvulas hidráulicas, para saber se há ou não a necessidade de modificações nesses setores durante a instalação do sistema automatizado. Caso haja a necessidade de grandes alterações mecânicas na máquina, o processo de automação pode

---

<sup>21</sup> CAMARGO, de Oliveira Guilherme. **Comandos Hidráulicos e Pneumáticos**. Florianópolis: SENAI, 2010. p.65.

se tornar inviável economicamente, porém um sistema hidráulico é bastante adaptável, e na maioria dos casos as alterações necessárias são mínimas.

### 1.2.3. Pistões hidráulicos

Em qualquer sistema hidráulico é indispensável que existam atuadores, de acordo com Camargo: “Os atuadores possuem, como função, a conversão de energia hidráulica em energia mecânica linear ou rotativa, dependendo do seu tipo construtivo.”<sup>22</sup>. Os atuadores permitem a realização dos movimentos que forem necessários e fazem com que todo o sistema funcione. Existem atuadores rotativos e lineares, porém na máquina de blocos os atuadores hidráulicos são todos lineares, e trabalham nos dois sentidos. Os atuadores lineares são também conhecidos como pistões ou cilindros hidráulicos.

Como já foi analisado anteriormente, a força máxima que um pistão poderá exercer será o produto da pressão máxima pela área do pistão. O pistão hidráulico é formado basicamente por um cilindro estático e um êmbolo ou pistão móvel, que ao ser submetido a uma diferença de pressão entre os dois lados, produz movimento em uma direção ou outra. É importante ressaltar que o pistão deve ser móvel, porém não deve permitir a passagem de fluido de um lado para o outro do cilindro, e deverá ser conectado a uma haste para transferir energia mecânica do pistão móvel para a peça que deseja-se mover. Na Figura 5 é possível visualizar os principais componentes, citados anteriormente:

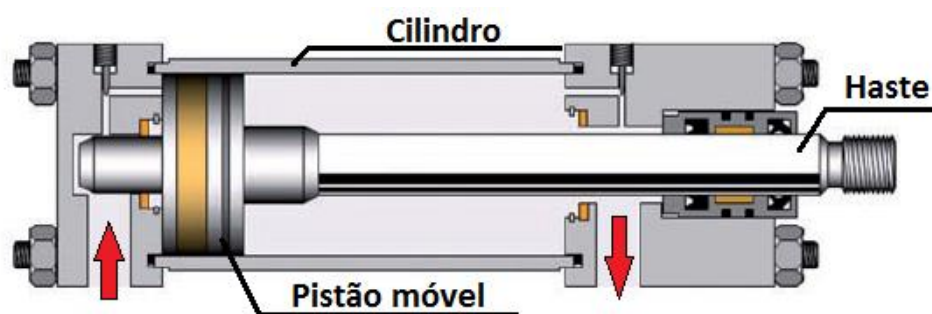


Figura 5: Pistão Hidráulico  
Fonte: (CAMARGO, 2010, p. 83.)<sup>23</sup>

<sup>22</sup> CAMARGO, de Oliveira Guilherme. **Comandos Hidráulicos e Pneumáticos**. Florianópolis: SENAI, 2010. p.83.

<sup>23</sup> CAMARGO, de Oliveira Guilherme. **Comandos Hidráulicos e Pneumáticos**. Florianópolis: SENAI, 2010. p.83.

Existem cilindros de ação simples e cilindros de ação dupla. O cilindro de ação simples só exerce força em um sentido, e o retorno para a posição inicial geralmente é feita por mola ou ação da gravidade. Já os cilindros de ação dupla podem se movimentar nos dois sentidos, basta inverter o sentido do fluxo do fluido aplicado ao cilindro.

Na máquina de blocos todos os cilindros utilizados devem se mover nas duas direções, sendo indispensável o cilindro de ação dupla. Estes cilindros contam ainda com um sistema de amortecimento de fim-de-curso, capaz de evitar que a inércia do sistema danifique o cilindro quando este chegar no final do curso. Este amortecimento de fim-de-curso sempre será indispensável em cilindros que se movem com velocidades mais elevadas.

Quando o cilindro chega ao final do curso, uma válvula de controle de pressão controla a pressão no cilindro de modo a manter a força aplicada, porém sem ultrapassar a pressão estipulada e regulada nesta válvula. Portanto mesmo que o pistão chegue ao final do curso e o operador ou o sistema mantiver a válvula acionada, nenhum dano ocorrerá à máquina ou aos atuadores. Isso facilita bastante o processo de automação, uma vez que não se faz necessário a utilização de sensores fim-de-curso.

Devido as características desses atuadores não será necessária nenhuma alteração nos cilindros ou no sistema de atuação da máquina durante o processo de automação.

#### **1.2.4. Válvulas direcionais**

De nada iria adiantar se o sistema hidráulico pudesse transmitir força e potência necessária, mas se não pudesse controlar o módulo e o sentido de aplicação dessa força, assim como produzir os movimentos apenas no momento desejado. Para essa função existem as válvulas direcionais, que são dispositivos capazes de direcionar ou interromper o fluxo, permitindo acionar ou não os atuadores.

As válvulas direcionais são responsáveis por controlar a vazão, pressão e direção do fluido, permitindo o controle de força e posicionamento dos pistões. Segundo Camargo: “As válvulas direcionais são constituídas de um corpo com ligações internas que são conectadas e desconectadas por uma parte móvel, o carretel.”<sup>24</sup>.

Existe uma grande variedade de válvulas direcionais disponíveis no mercado, a sua escolha deverá ser feita pelo tipo de atuador, o tipo de movimento que deve ser realizado, número de manobras, a vazão que o sistema necessita, o tipo de fluido, o tipo de atuação, entre

---

<sup>24</sup> CAMARGO, de Oliveira Guilherme. **Comandos Hidráulicos e Pneumáticos**. Florianópolis: SENAI, 2010. p.78.



outras características. Devemos analisar primeiramente, o número de comandos que cada válvula deverá possuir, lembrando que a válvula sempre terá uma posição como repouso, e as demais posições serão acionadas pelo operador. Deve-se analisar também o tipo de movimento do atuador para saber se há ou não a necessidade de movimento nas duas direções.

Na máquina de blocos são usadas válvulas direcionais de três posições e quatro vias, com centro fechado, sendo: uma posição de repouso; outra com função de movimentar o pistão em um sentido e a outra posição movimenta o pistão no sentido inverso. Duas das quatro vias são de entrada, se comunicam com o compressor e o reservatório, uma recebe o fluxo pressurizado e a outra retorna o fluido ao reservatório. Já as outras duas vias conectam-se ao pistão, permitindo que o fluido entre em um lado do pistão e retorne do outro lado. Portanto totalizam-se as quatro vias.

A figura 6 demonstra a simbologia de uma válvula 4/3 vias, com centro fechado, conectada a um pistão de ação dupla, exatamente como utilizado na máquina de blocos. Cada quadrado representa uma posição da válvula, e podemos reparar que existem três quadrados, onde o quadrado central está diretamente conectado ao circuito, mostrando que esta é a posição de repouso. A posição de repouso mostra as quatro vias bloqueadas, ou seja, nessa posição o pistão estará imóvel. Nas outras duas posições haverá fluxo nas quatro vias, porém o fluxo será inverso nas duas posições, permitindo o movimento nos dois sentidos.

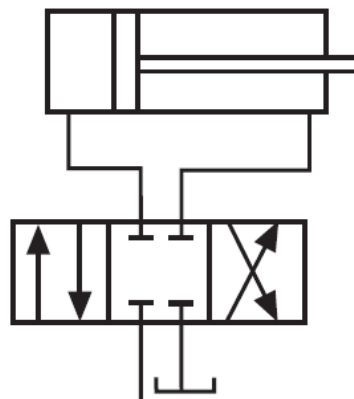


Figura 6: Simbologia válvula 4/3 vias, com centro fechado  
Fonte: (CAMARGO, 2010, p. 80.)<sup>25</sup>

Outra característica importante a ser analisada é o tipo de acionamento da válvula, ou seja, o que irá movimentar o carretel da válvula para permitir o seu acionamento. Na máquina de blocos a válvula existente é acionada manualmente, através de alavanca, porém existem no

<sup>25</sup> CAMARGO, de Oliveira Guilherme. **Comandos Hidráulicos e Pneumáticos**. Florianópolis: SENAI, 2010. p.80.

mercado válvulas acionadas pela própria energia hidráulica, e também por energia elétrica através de um solenoide (bobina).

Para que seja possível a implantação de um sistema automatizado é imprescindível, que o sistema de controle se comunique com o sistema de atuação da válvula, de modo a permitir que o sistema de controle possa efetivamente comandar a máquina. Como o sistema de controle é um circuito elétrico, é necessário a substituição das válvulas manuais por válvulas acionadas por solenoide, essas válvulas são também conhecidas como eletroválvulas. De acordo com Faria:

Quando uma corrente elétrica percorre a bobina, um campo magnético é gerado e atrai os magnetos, o que empurra o carretel da válvula na direção oposta à do solenoide que foi energizado. Dessa forma, é possível mudar a posição do carretel no interior da válvula, por meio de um pulso elétrico. <sup>26</sup>

O sistema de controle deverá acionar as eletroválvulas, de modo a comandar toda a máquina. Existe no mercado válvulas com diferentes níveis de tensão de acionamento, válvulas acionadas por corrente contínua e válvulas acionadas por corrente alternada, podendo ser escolhida a que melhor se adapta ao circuito, lembrando que o tipo de acionamento não influencia em nada no funcionamento interno da válvula.

### **1.2.5. Comandos hidráulicos e painel de controle**

A máquina VPH 1600 possui quatro atuadores hidráulicos que são os pistões que movimentam o carro de massa, a matriz, a prensa, e o introdutor de palete, mas também existem atuadores elétricos, que são os motores. Por isso para que se possa comandar a máquina e os componentes auxiliares é indispensável que o operador trabalhe tanto com comandos hidráulicos, como com comandos elétricos.

Os principais comandos da máquina são feitos por acionamentos hidráulicos. Existe uma central hidráulica contendo quatro alavancas que acionam as quatro válvulas direcionais 4/3 vias. Essas válvulas direcionais são responsáveis por controlar quatro pistões independentes de ação dupla. A primeira válvula comanda a descida e a subida da prensa, a segunda controla a subida e a descida da matriz ou fôrma, a terceira válvula comanda o introdutor de palete e a quarta e última válvula comanda os movimentos do carro de massa. A figura 7, demonstra como estão dispostas as alavancas de comando e suas respectivas atuações:

---

<sup>26</sup> FARIA, Lima de. Arilson. **Acionamentos Hidráulicos e Pneumáticos**. Cataguases: SENAI, 2010. p.84.

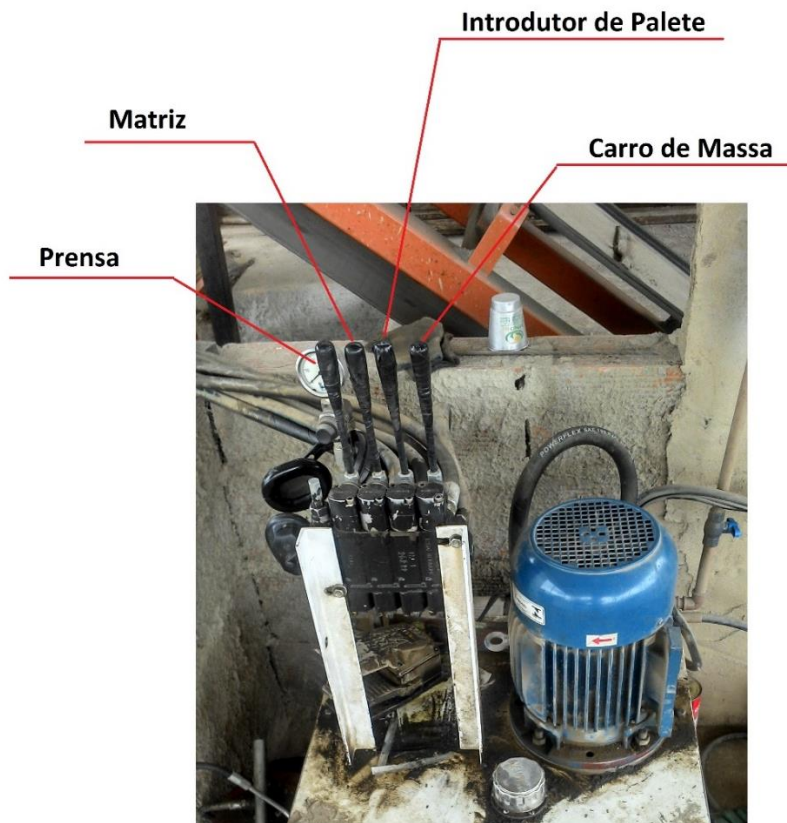


Figura 7: Válvulas direcionais e seus comandos

Fonte: Acervo do Autor.

Além desses quatro comandos hidráulicos, o operador ainda deve acionar através de um pedal, os motores do vibrador. Porém nesse caso, trata-se de um acionamento elétrico.

Existem ainda outros comandos elétricos dispostos em um painel de controle responsável por ligar e desligar os componentes auxiliares como o misturador e a esteira, assim como controlar alguns componentes da máquina VPH 1600, que são o motor da central hidráulica, o motor do rolo rebarbador e o motor do vibrador. Existe para cada comando citado, com exceção do vibrador, um botão sem retenção normalmente aberto para ligar e outro normalmente fechado para desligar. O circuito elétrico de cada comando possui um contator trifásico que é responsável por ligar e desligar os motores elétricos utilizados na máquina e nos componentes auxiliares.

No contator existem contatos que alimentam a carga e também um contato auxiliar responsável por selar o circuito, ou seja, fazer com que o contator seja acionado depois que for pressionado o botão de liga e permaneça ligado mesmo que o operador solte o botão e só desligue quando for pressionado o botão de desliga.

Ainda existe um botão responsável por desligar todo o sistema em situação de emergência. A botoeira de emergência é uma botoeira que possui um contato normalmente fechado e é ligada em série com todo sistema de controle, de modo que quando pressionado

desligue todos os contatores ao mesmo tempo.

O circuito de controle existente no painel de controle é demonstrado pelo diagrama multifilar da figura 8:

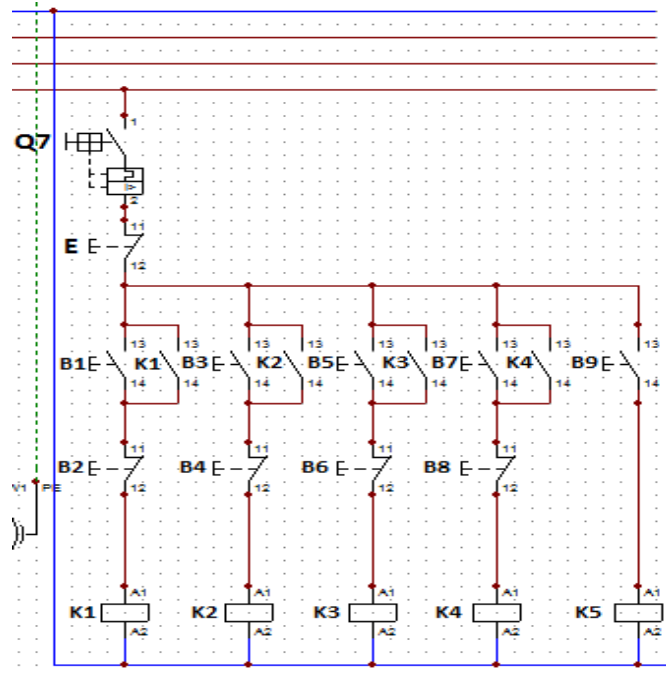


Figura 8: Diagrama multifilar do painel de controle  
Fonte: Acervo do autor

Os contatores K1, K2, K3, K4 e K5, acionam respectivamente o motor do misturador, o motor da esteira, o motor da esteira de saída e do rolo, o motor da bomba da central hidráulica e por último os dois motores do vibrador. O componente “Q7” representa um disjuntor. A botoeira “E”, representa a botoeira de emergência, a botoeira “B9” representa o pedal de acionamento do vibrador e as demais botoeiras que são representadas por números ímpares acionam o seu contator como mostrado no diagrama, e as botoeiras representadas por números pares desligam o seu respectivo circuito.

O nosso estudo está focado na automação somente da máquina VPH 1600, por isso só haverá alteração no painel de controle quando se trata dos motores do vibrador, o da esteira e rolo rebarbador, pois estes fazem parte da máquina e serão ligados diretamente no circuito de controle. Já o controle do motor da bomba hidráulica será acionado assim que o circuito de controle for ligado, pois sem ele nenhum movimento hidráulico seria possível. Os controles do misturador e da esteira serão independentes e acionados da mesma forma que foi mostrado no diagrama, sem necessidades de alterações.

Mesmo com o processo automatizado devemos garantir a autonomia do operador, para isso também será implementado um botão capaz de alternar o sistema entre manual e

automático, que será útil caso haja alguma falha no sistema de controle, quando houver a necessidade de produzir outra sequência de movimentos diferente da que foi programada no circuito de controle, ou ainda quando for realizar a manutenção da máquina, permitindo ao operador realizar o movimento que desejar.

Anteriormente falamos do circuito de controle, porém sabemos que este circuito está associado a um circuito de carga que não tem a necessidade de ser alterado e funciona de acordo com o diagrama abaixo representado na Figura 9:

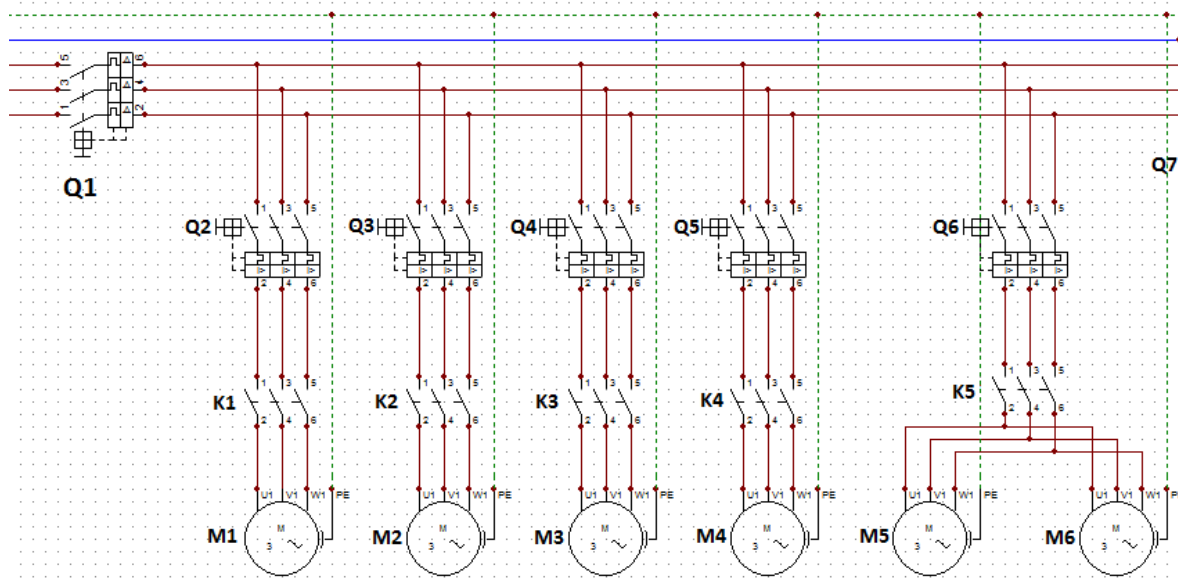


Figura 9: Diagrama multifilar do circuito de carga – Dados do autor  
Fonte: Acervo do Autor

Consideramos o motor “M1” responsável pelo misturador, o “M2” responsável pela esteira, o “M3” aciona a esteira de saída e o rolo rebarbador, o “M4” é o motor da bomba hidráulica e por fim o “M5” e “M6” são os dois motores do vibrador. Os componentes representados pela letra “k” são os contatos de carga dos contatores e os componentes representados pela letra “Q” são disjuntores que protegem cada circuito contra sobrecarga e curto-circuito. Os motores são acionados por partida direta, e possuem fechamento em triângulo, com tensão entre fases de 220volts.

O nosso projeto consiste em substituir as quatro válvulas direcionais acionadas por alavanca, por válvulas acionadas por solenoide. Devemos retirar o pedal que aciona os vibradores, e ligar o seu contator diretamente no circuito de controle. Desse modo a função do operador poderá ser substituída pelo circuito de controle. Restará ao operador controlar o misturador, a esteira e monitorar o funcionamento da máquina, porém essas tarefas não são tão cansativas em comparação com a função de comandar totalmente a máquina, e nem influenciará

diretamente no padrão de qualidade do produto e na velocidade de produção, deixando a produção mais independente e menos sujeita a erros humanos.

### 1.2.6. Movimentos realizados pela máquina durante o processo de fabricação

Antes de utilizar a máquina deve-se abastecê-la com a matéria prima, que é a mistura feita com cimento, areia, pó de pedra e água. Para isso utiliza-se o misturador e depois a esteira para transportar toda essa matéria prima até o silo da máquina. Após todo esse processo o operador dá início a produção dos blocos na máquina VPH 1600, que é o foco do nosso estudo.

Primeiramente o operador pressiona o botão que liga o motor da central hidráulica. Com a central hidráulica em funcionamento podem ser realizados os movimentos da máquina, porém o operador deverá verificar se não há outros operadores na área de risco e também analisar o posicionamento inicial da máquina para que não seja realizado nenhum movimento capaz de danificar a própria máquina.

A primeira coisa a ser verificada é o posicionamento da prensa, que caso esteja abaixada deverá ser totalmente levantada. Posteriormente deverá ser posicionado o carro de massa, recolhendo-o totalmente até que fique localizado abaixo do silo, e por fim deverá ser totalmente levantada a matriz. Além disso o introdutor de palete deve ser totalmente esticado.

Esse procedimento deverá ser feito sempre nessa ordem, caso haja alteração será grande a chance de ocorrerem danos na máquina que além de causar prejuízos pela manutenção, causará prejuízos maiores pelo atraso na produção, portanto é de extrema importância que seja realizado esse procedimento corretamente para garantir a segurança dos operários e da própria máquina. A figura 10, mostra as partes citadas anteriormente:

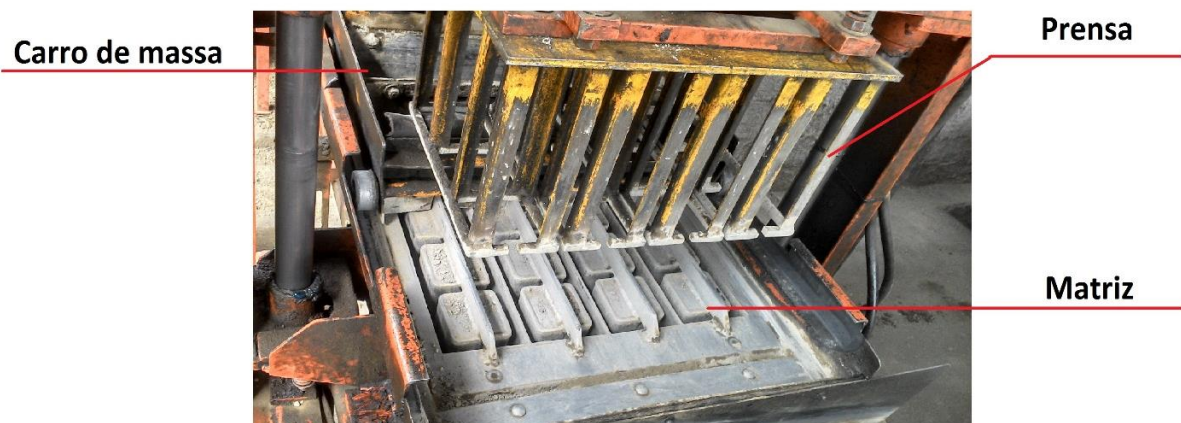


Figura 10: Detalhes da prensa, matriz e carro de massa  
Fonte: Acervo do autor

A partir de agora todos os movimentos se repetirão, produzindo quatro blocos por vez em cada ciclo. Com as partes posicionadas, deve-se recolher o introdutor de palete para trazer uma tábua ou palete até que esteja posicionada abaixo da matriz.

Com a tábua posicionada inicia-se a descida da matriz, depois deverá ser movimentado o carro, que foi abastecido por gravidade com a matéria prima que estava anteriormente armazenada no silo, devendo ser posicionado sobre a matriz para que a mistura caia e preencha todos os espaços. Para facilitar esse processo deverá ser acionado o vibrador e ao mesmo tempo esticar e recolher o carro de massa repetidamente durante vinte vezes, garantindo assim o total preenchimento da matriz, sem espaços vagos que possam posteriormente comprometer a resistência dos blocos.

Com a matriz preenchida deverá ser totalmente recolhido o carro de massa para que possa descer a prensa, que fará pressão sobre a mistura e permitirá sua compactação. Esse processo deverá ser feito também com o vibrador acionado e deverá ser mantida a pressão até a descida total da prensa, que teve sua altura previamente ajustada. Esse processo de compactação influenciará diretamente na resistência dos blocos e por isso é de extrema importância que seja feito corretamente. Ainda com a prensa abaixada levanta-se a matriz para que os blocos caiam sobre a tábua, após esse procedimento levanta-se também a prensa.

O último movimento do ciclo também é o primeiro movimento do próximo ciclo e consiste em utilizar o introdutor de tábuas para posicionar uma nova tábua para baixo da matriz e ao mesmo tempo empurrar a tábua com os blocos para a esteira de saída que levará os blocos até o rolo rebarbador para retirar os resíduos que ficam sobre os blocos e posteriormente levá-los para uma plataforma de saída onde os operários retiram a tábua com os quatro blocos e os levam para a área de secagem.

Todo esse processo leva em média quarenta e cinco segundos, porém irá variar de acordo com o que estiver sendo produzido (blocos, meio-bloco, bloquetes sextavados, canaletas e etc). Com o passar do tempo, o tempo de cada ciclo irá aumentar, pois o operador irá se cansar com esse processo repetitivo e conseqüentemente diminuirá seu rendimento. Além disso o operador não consegue produzir constantemente pois existe a necessidade de uma pausa para descanso. Portanto mesmo que o processo automatizado não diminua muito o tempo de cada ciclo, terá grande vantagem na produção o fato da máquina poder funcionar constantemente e sem interrupções pelo tempo que for necessário.

O processo de automação consistirá em produzir todos esses movimentos sem intervenção do operador e sem alterar nenhum movimento. Serão utilizados sensores para verificar o posicionamento de cada parte da máquina, permitindo realizar o posicionamento

inicial e realizar o inter-travamento para que não ocorra movimentos capazes de danificar a máquina. Haverá ainda um sensor para verificar se os blocos produzidos foram devidamente retirados da plataforma de saída, paralisando a produção caso isso não ocorra, evitando assim a aglomeração na saída e possíveis danos aos blocos produzidos.



## 2. TÉCNICAS E SISTEMAS DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO, APLICADOS NA FABRICAÇÃO DE BLOCOS

Nosso estudo tem por objetivo estudar a máquina VPH 1600 e analisar técnicas que permitam o uso da tecnologia atual para o controle da máquina de modo a torna-la mais independente de um operador em cada movimento realizado. No primeiro capítulo estudamos os principais fundamentos mecânicos, elétricos e hidráulicos que permitem a realização de cada etapa de produção durante a fabricação dos blocos. Agora estudaremos componentes e técnicas que poderão ser aplicadas, levando em consideração a qualidade e o aumento na produção, assim como a segurança e a baixa manutenção de todo o sistema, proporcionando vantagens econômicas tanto ao proprietário quanto ao consumidor final.

Estudaremos a seguir os componentes indispensáveis em um sistema de automação, que permitirão ao sistema enxergar todo o posicionamento da máquina, saber que movimento deverá ser realizado em cada situação e utilizar um meio de interagir o sistema de controle com o sistema de atuação da máquina. Sabemos que existem inúmeras possibilidades de se chegar ao mesmo resultado, porém buscamos um método que seja acessível ao proprietário.

Os avanços tecnológicos atuais, permitem cada vez mais a viabilidade de se automatizar um processo. Dentre os principais avanços e técnicas utilizadas na automação, destaca-se inúmeras áreas da engenharia elétrica, que permitem a criação dos mais diversos componentes de sensoriamento e de controle, que podem ser utilizados com uma ampla versatilidade e permitem automatizar processos que antes se tornavam inviáveis.

### 2.1. DEFINIÇÃO DE AUTOMAÇÃO

A automação consiste em aplicar técnicas capazes de transformar qualquer sistema em um sistema automático, ou seja, com a mínima ou nenhuma intervenção do homem. Um sistema é o conjunto de componentes que interagem entre si, com a finalidade de se obter um determinado objetivo. As técnicas de automação permitem que o próprio sistema se gerencie e execute as ações que forem necessárias para garantir o funcionamento de todo o processo. Segundo Martins a automação pode ser definida como: *“[...] conjunto de técnicas por meio das quais se constroem sistemas ativos capazes de atuar com eficiência através do uso de informações recebidas do meio sobre o qual atuam.”*<sup>27</sup>.

---

<sup>27</sup> MARTINS, M. Geomar. **Princípios de Automação Industrial**. Santa Maria: Universidade federal de Santa Maria, 2012. p.6.

A automação vale-se principalmente de dispositivos eletroeletrônicos e mecânicos. Os dispositivos eletroeletrônicos incluem sensores, computadores, circuitos lógicos, relés, contadores, controladores programáveis entre outros. Já a parte mecânica envolve principalmente os atuadores como motores, pistões hidráulicos e pneumáticos além de toda estrutura que permite o funcionamento do sistema. Por isso a automação reúne diversas áreas do conhecimento, englobando muitas vezes a engenharia elétrica, engenharia mecânica, ciência da computação entre outras áreas da tecnologia.

### 2.1.1. Vantagens na aplicação de um sistema de automação

Os avanços tecnológicos vêm viabilizando cada vez mais a utilização de sistemas industriais automatizados, trazendo benefícios aos produtores e também aos consumidores. Segundo Ogata, as principais vantagens da automação são: “[...]sistemas automáticos propiciam meios para atingir-se ótimo desempenho de sistemas dinâmicos, bem como melhoria na qualidade e diminuição do custo de produção, aumento da taxa de produção, redução das operações manuais repetitivas e etc. [...]”<sup>28</sup>.

A intervenção humana será sempre necessária e indispensável em todo e qualquer processo industrial, porém o fato de muitas etapas da produção serem totalmente dependentes da mão-de-obra humana, podem gerar atrasos na produção, variações no padrão de qualidade, altos custos de produção, além de estar sujeito a erros humanos que podem causar risco às outras pessoas e grandes prejuízos. Por outro lado, devido à complexidade de um sistema, ou a falta de recursos tecnológicos, pode ser exigido altos investimentos, que muitas vezes inviabilizam a implantação do sistema automatizado.

Segundo Alves (ALVES, 2004, p.1), a automação trará inúmeras vantagens na fabricação de blocos, algumas delas são listadas a seguir:

1. Independência de mão-de-obra especializada para operar a máquina;
2. Remanejamento de mão-de-obra para tarefas menos exaustivas e desgastantes;
3. Redução nos atrasos e paradas na produção;
4. Redução do desperdício de material;
5. Eliminação de erros de operação que podem danificar a máquina;
6. Redução dos custos de produção;
7. Redução do custo final do produto;
8. Obtenção de um padrão de qualidade;

---

<sup>28</sup> OGATA, Katsuhiko. **Engenharia de Controle Moderno**. 4.ed., Universidade de Minnesota: Editora Prentice, 1982. p.1.

Podemos ver que a automação desse processo trará grandes vantagens tanto para o produtor quanto para o consumidor final, por isso será muito importante que se faça o estudo correto dos métodos de produção, para que se possa projetar um sistema eficiente que funcione corretamente e que não necessite de muitas alterações mecânicas na máquina, de modo que seu custo-benefício atenda às expectativas do proprietário da máquina.

A automação poderá ser dividida em sistemas de malha-aberta e sistemas de malha-fechada. O sistema em malha-aberta é muito mais simples de ser implementado, porém não garante o total controle do processo. Já o sistema de malha-fechada pode ser mais preciso porém será muito mais complexo e implicará em custos mais elevados. É de extrema importância que seja feita a escolha correta em cada situação, para permitir que a automação se torne viável.

### 2.1.2. Sistemas de malha-aberta

A principal característica de um sistema em malha-aberta é o fato de não necessitarem de componentes de sensoriamento. De acordo com Ogata um sistema em malha-aberta pode ser definido como: “*Sistemas de controle em malha-aberta são sistemas de controle nos quais a saída não tem efeito na ação do controle, isto é, em um sistema de controle em malha-aberta a saída nem é medida nem é realimentada para comparação com a entrada.*”<sup>29</sup>. A grande maioria de sistemas de automação em malha-aberta possuem um sistema de controle temporizado. A figura 11 demonstra um sistema em malha-aberta:

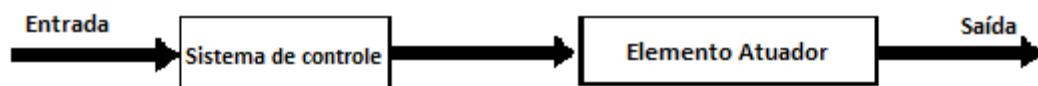


Figura 11: Sistema em malha-aberta  
Fonte: Acervo do autor

Imaginamos, como exemplo, que um fazendeiro deseja encher sua caixa d’água através do acionamento de uma bomba, mas a caixa d’água situa-se distante e impossibilita que o fazendeiro monitore o nível da caixa d’água. Para isso foi analisado o consumo diário de água e o tempo que a bomba deverá permanecer acionada para suprir a quantidade de água que foi utilizada durante o dia. Com essa análise podemos encontrar uma solução simples e de baixo custo para o fazendeiro, basta utilizar um relé temporizador e um contator para acionar a bomba diariamente pelo tempo que foi estipulado, de modo automático. Será uma operação fixa e o bom funcionamento do sistema dependerá apenas do tempo estipulado no relé temporizador e

<sup>29</sup> OGATA, Katsuhiko. **Engenharia de Controle Moderno**. 4.ed., Universidade de Minnesota: Editora Prentice, 1982. p.6.

não dependerá do nível da caixa d'água.

No exemplo anterior podemos perceber que a solução proposta ao fazendeiro era extremamente simples, e possuía um baixo custo de implementação, porém se analisarmos a fundo a situação, perceberemos que nem sempre o consumo de água será o mesmo e o sistema não levará isso em consideração, tendo como consequência o baixo nível da caixa d'água em dias de maior consumo, e em dias de menor consumo a caixa d'água poderá transbordar.

A vantagem do sistema de malha-aberta é a sua simplicidade de implantação e deve ser utilizado em situações em que a falta de precisão não cause problemas significativos. Geralmente é utilizada em situações em que são bem conhecidas as entradas em relação ao tempo. Em malha-aberta o sistema de controle terá menos variáveis a serem analisadas, o que propicia a simplicidade e baixos custos de implementação.

### 2.1.3. Sistemas de malha-fechada

Voltando ao exemplo citado anteriormente, caso o baixo nível na caixa d'água ou o seu eventual desperdício for algo inaceitável pelo fazendeiro será necessário utilizar um sistema em malha-fechada, que é um sistema dinâmico que passa a avaliar os resultados obtidos na saída. Em sistemas de malha-fechada, será indispensável que o sistema de controle enxergue todo o processo, sendo necessário a utilização de sensores. De acordo com Ogata: *“Um sistema de controle em malha-fechada é aquele no qual o sinal de saída possui um efeito direto na ação de controle, isto é, sistemas de controle em malha-fechada são sistemas de controle realimentados.”*<sup>30</sup>.

No exemplo citado anteriormente, para o controle da caixa d'água funcionar em malha-fechada deverá ser utilizado um sensor de nível, que terá a função de monitorar o nível da caixa d'água e permitir que o sistema possa enxergar o nível e desse modo controlar e atuar, para atingir o objetivo de maneira precisa. Assim a caixa d'água teria seu nível controlado constantemente, independente do consumo diário ser maior ou menor. A figura 12 demonstra um sistema de malha-fechada:

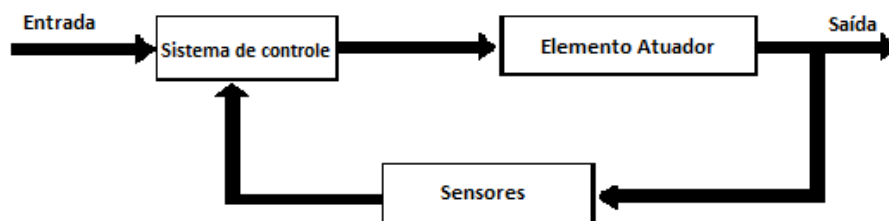


Figura 12: Sistema de malha-fechada  
Fonte: Acervo do autor.

<sup>30</sup> OGATA, Katsuhiko. **Engenharia de Controle Moderno**. 4.ed., Universidade de Minnesota: Editora Prentice, 1982. p.4.

Porém quando se utiliza um sistema de automação em malha-fechada, torna-se mais complexa a sua implementação em comparação com o sistema de malha-aberta, pois nesse caso aumentam as variáveis a serem analisadas pelo sistema de controle, o que implicaria em maiores custos na implementação do sistema.

## 2.2. PRINCIPAIS COMPONENTES EM UM SISTEMA DE AUTOMAÇÃO

Em muitos casos os sistemas automatizados são considerados complexos, porém se analisarmos esses sistemas perceberemos que todos possuem diversas características em comum, independente do seu grau de complexidade.

Em geral os sistemas automatizados possuem sistemas de sensoriamento, controle e atuação. Cada setor anteriormente citado será adaptado de acordo com o sistema analisado e com sua aplicação. Na maioria dos casos os componentes de sensoriamento irão converter os dados físicos para dados elétricos que serão transmitidos para os componentes do sistema de controle. No sistema de controle os dados serão analisados e após isso ele se encarregará de enviar sinais elétricos para os componentes de atuação, que irão converter os dados elétricos em processos físicos, químicos ou mecânicos. A figura 13 demonstra genericamente um sistema de automação e controle:

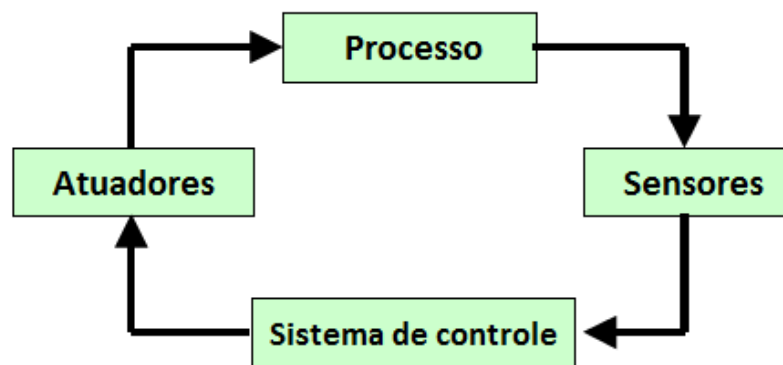


Figura 13: Diagrama de um sistema de automação  
 Fonte: (SILVA, 2007, p. 3.)<sup>31</sup>

Os componentes utilizados irão variar, dependendo se o sistema é malha-fechada ou aberta, do tipo de atuação e do tipo de sensores que serão utilizados. A escolha correta desses componentes irá garantir o funcionamento do sistema e sua viabilidade de implementação.

<sup>31</sup> SILVA, Marcelo Eurípedes da. **Curso de automação industrial**. Piracicaba: Fundação Municipal de Ensino de Piracicaba, 2007. p.3.

### 2.2.1. Sensores

Como já foi citado anteriormente os sensores são componentes indispensáveis no caso de um sistema de malha-fechada, pois são eles que irão informar ao sistema de controle tudo que ocorre no sistema físico. Segundo Amorim: *“Sensores são dispositivos sensíveis à alguma forma de energia do ambiente que pode ser luminosa, térmica, cinética, relacionando informações sobre uma grandeza física que precisa ser mensurada, como: temperatura, pressão, velocidade, corrente, aceleração, posição, etc.”*<sup>32</sup>.

Um sensor nem sempre será ligado diretamente ao circuito de controle, em muitos casos os valores de tensão, corrente ou resistência apresentam uma variação muito pequena quando submetidos às variações físicas, sendo necessário o uso de um circuito eletrônico capaz de amplificar essas variações, tornar o sinal elétrico proporcional à grandeza física medida e só então enviar informação ao circuito de controle, na forma de valores de tensão e corrente previamente estipulados. Atualmente muitos sensores são micro processados e têm a capacidade de transmitir essas informações de maneira digital, através de dados seriais, a partir de algum protocolo de comunicação.

Atualmente existem diversos sensores que utilizam o protocolo I2C. Este protocolo é capaz de permitir a comunicação de até 126 sensores e mais o dispositivo mestre, que pode ser um micro controlador do circuito de controle, todos eles ligados à um mesmo barramento de apenas dois fios. A transmissão de dados se dá através de uma comunicação digital e serial comandados por um dispositivo mestre e regidos por um protocolo de comunicação. A utilização desse tipo de protocolo simplifica bastante o sistema.

Imagine se fosse necessário ligar 126 dispositivos à um mesmo sistema de controle e se em cada dispositivo fosse necessário a utilização de dois fios, no total seriam necessários 252 fios chegando ao circuito de controle, o que se tornaria muito complicado reconhecer qual sensor está ligado em cada fio, conseqüentemente aumentaria os custos e seria muito complicado projetar um circuito de controle que possuísse tantas entradas. Tudo isso dificultaria ou até impossibilitaria automações mais complexas. Utilizando o protocolo I2C todos esses dispositivos poderiam ser ligados no mesmo barramento de dois fios, podendo utilizar tanto sensores digitais quanto analógicos no mesmo barramento, mas sempre lembrando que a transmissão de dados é digital e serial, o que exige um sistema de controle micro processado.

---

<sup>32</sup> AMORIM, A. P. Carlos. **Sensores**. Guaratinguetá: Universidade Estadual Paulista, 2010. p.4.

Na máquina de blocos utilizaremos um sistema de controle micro processado, porém como utilizaremos poucos sensores não teremos a necessidade de utilizar o protocolo I2C, pois esses sensores possuem um custo mais elevado e deixam a programação do sistema mais complexa.

Existem sensores digitais e sensores analógicos, porém essa diferença não está no modo de transmissão de dados, mas sim nos valores que cada sensor pode medir ou produzir. Um sensor analógico pode atingir qualquer valor no seu sinal, desde que esteja dentro de uma faixa de operação e geralmente são empregados em situações que exigem precisão. Já nos sensores digitais só existirão em sua saída dois valores, sendo eles: ligado e desligado, e são muito empregados em contadores, encoders, e sensores fim-de-curso.

Na máquina de blocos, não é necessário conhecer o posicionamento exato de cada peça, apenas será necessário saber se a peça está totalmente recolhida ou totalmente esticada, portanto devemos saber se o pistão completou seu movimento, ou seja, se atingiu o fim do curso. Por isso não será necessário a utilização de sensores do tipo analógico, apenas utilizaremos sensores fim-de-curso, que são digitais.

De acordo com Amorin: “*Sensores fim-de-curso, como o nome sugere, são interruptores ou mesmo chaves comutadoras que atuam sobre um circuito no modo liga/desliga quando uma ação mecânica acontece no seu elemento atuador.*”<sup>33</sup>. Os sensores fim-de-curso indicam quando uma peça atingiu o ponto máximo do seu deslocamento. A figura 14 mostra internamente um sensor fim-de-curso:

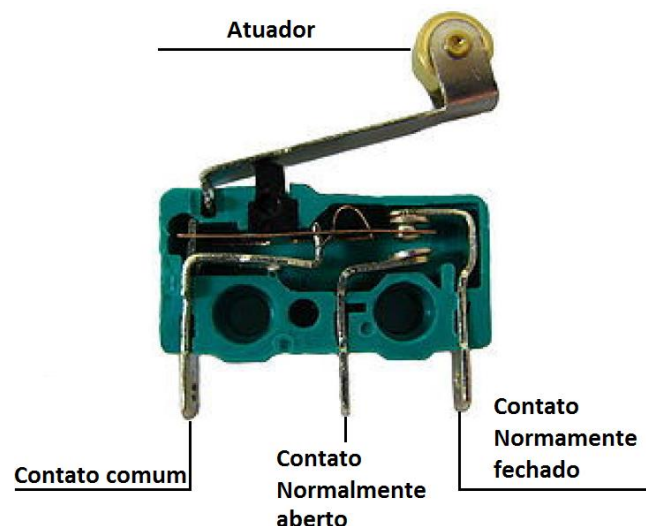


Figura 14: Sensor fim-de-curso – Universidade Estadual Paulista  
Fonte: (AMORIM, 2010, p. 9.)<sup>34</sup>

Na figura 14 podemos entender o funcionamento desses sensores. O atuador recebe uma força mecânica externa do próprio movimento da peça que está sendo monitorada, e então essa ação mecânica movimentará uma lâmina condutora que está permanentemente ligada ao

<sup>33</sup> AMORIM, A. P. Carlos. **Sensores**. Guaratinguetá: Universidade Estadual Paulista, 2010. p.8.

<sup>34</sup> AMORIM, A. P. Carlos. **Sensores**. Guaratinguetá: Universidade Estadual Paulista, 2010. p.9.

contato comum e comutará a lâmina do normalmente fechado para o normalmente aberto, invertendo o nível lógico tanto do contato normalmente fechado, quanto do contato normalmente aberto. Haverá sempre a condução de corrente elétrica entre o contato comum e o contato que estará fechado.

Existem também sensores fim-de-curso que não possuem um atuador mecânico, eles são atuados por uma ação magnética. Para isso, na peça móvel que se deseja monitorar, deve ser fixado um ímã permanente, que ao se aproximar suficientemente do sensor irá movimentar a lâmina, pois nela contém um elemento ferromagnético, deste modo a lâmina se movimentará e fará a comutação entre os contatos, da mesma forma que o fim-de-curso com atuação mecânica, porém não será necessário nenhum contato físico entre a peça móvel e o sensor. Essa característica faz com que estes sensores tenham uma durabilidade maior em relação aos sensores fim-de-curso com atuação mecânica, pois os sensores com atuação mecânica possuem partes móveis que estão sempre sujeitas ao desgaste mecânico e à quebra.

Há uma grande diversidade de sensores disponíveis no mercado, além dos sensores citados existem: sensores ópticos, sensores capacitivos, sensores indutivos, sensores infravermelhos, sensores ultrassônicos, entre outros. Porém na máquina de blocos iremos considerar e analisaremos apenas do sensor fim-de-curso de atuação mecânica.

### **2.2.2. Sistema de controle**

O sistema de controle pode ser considerado o “cérebro” de um sistema automatizado, toda a lógica e matemática necessária ao funcionamento de um sistema é implementado no sistema de controle. A função que o operador realiza ao operar a máquina, que é a capacidade de observar, raciocinar e então comandar a máquina de acordo com o necessário, pode ser parcialmente ou totalmente substituída por um sistema de controle. Segundo Alves: *“Um sistema de controle utiliza a informação dos sensores para regular o acionamento dos atuadores[...]*”<sup>35</sup>.

De acordo com o funcionamento do sistema e sua função, podemos classifica-lo em:

1. Sistema dinâmico;
2. Sistema lógico ou Sistema de eventos;

---

<sup>35</sup> ALVES, Toni dos Santos. **Automação Industrial I**. Abrantes: Escola Superior de Tecnologia de Abrantes, 2004. p.2.



De acordo com Martins:

Além dos sistemas dinâmicos acionados pelo tempo, exemplo típico dos fenômenos químicos, físicos, térmicos, regidos por equações diferenciais, também aparecem em grande quantidade os sistemas de chaveamento manual, automático, as manufaturas, as filas de serviços, etc., que são acionados por eventos, e não são regidos por equações diferenciais. Estes últimos são conhecidos como sistemas de eventos discretos e são sistemas cuja evolução decorre unicamente de eventos instantâneos, repetitivos ou esporádicos.<sup>36</sup>

Os sistemas dinâmicos são utilizados em situações em que podemos descrever o comportamento de um processo físico na forma de equações matemáticas em relação ao tempo. Nesse caso os sensores deverão possuir medição contínua e devem transferir as informações de forma precisa ao sistema de controle. Esse sistema verifica a todo momento os valores obtidos nas saídas através da realimentação e de acordo com a representação matemática do sistema físico é capaz de controlar os componentes de atuação sempre buscando otimizar o processo. Os sistemas dinâmicos só operam em malha fechada e a tecnologia empregada nesse tipo de automação é mais complexa do que a do sistema lógico, e geralmente funcionam a partir de controle PID (Proporcional, Integrativo e Derivativo). Um exemplo clássico para esse tipo de sistema é o controle de temperatura de determinado ambiente, onde um sensor de temperatura mede continuamente a temperatura do ambiente e se a temperatura estiver diferente da temperatura desejada, o sistema acionará um aquecedor ou resfriador para tentar manter a temperatura sempre próxima do valor estipulado.

Os sistemas lógicos ou sistemas de eventos, são sistemas que permitem o funcionamento de processos que não podem ser equacionados matematicamente, e respondem de maneira lógica a partir de regras previamente estabelecidas e que são influenciadas de acordo com eventos internos e externos. Esse tipo de sistema pode utilizar sensores de medição descontínua. Nesse caso os sensores não precisam indicar continuamente o que ocorre no processo, só devem informar ao sistema quando determinado evento acontece, para que assim o sistema de controle possa agir, não importando ao sistema saber o que está ocorrendo antes do determinado evento.

Esse tipo de sistema de controle é mais simples de ser implementado do que o controle dinâmico, e os sinais elétricos que são processados e gerados pelo sistema são geralmente binários, ou seja, possuem apenas dois valores, ligado e desligado.

### 2.2.3. Atuação

Vimos anteriormente que os sensores convertem valores físicos para dados elétricos, para que estes possam ser processados no sistema de controle. Porém de nada adiantaria se estes dados elétricos não

---

<sup>36</sup> MARTINS, M. Geomar. **Princípios de Automação Industrial**. Santa Maria: Universidade federal de Santa Maria, 2012. p.10.

pudessem realizar nenhuma alteração física no processo que se deseja automatizar. Por isso é indispensável um sistema de atuação em qualquer processo automatizado. Um atuador nada mais é do que um componente capaz de converter os sinais elétricos provenientes do sistema de controle em um processo físico.

Os atuadores sempre farão parte da saída do sistema de controle, e assim como na entrada, podemos ter saídas discretas ou digitais e saídas analógicas. A saída discreta ou digital só poderá assumir dois valores de saída, sendo ligado e desligado, de acordo com Martins, as saídas discretas são definidas como: *“É uma saída que pode assumir duas condições: ligada ou desligada. Solenóides, bobinas contadoras, alarmes, sinaleiros, bobinas de relés e lâmpadas, são exemplos de atuadores conectados a uma saída discreta ou digital.”*<sup>37</sup>. Nesse tipo de saída podemos utilizar relés ou transistores, desde que esses transistores estejam operando sempre na região de corte e saturação, ou seja, circuito totalmente aberto ou totalmente fechado.

Já os atuadores analógicos fazem o controle de tensão ou corrente sobre o atuador, de modo a obter na sua saída valores físicos proporcionais à por exemplo, deslocamento, força, velocidade, fluxo, luminosidade, temperatura e etc. Essa saída analógica não poderá ser implementada com relés, deverá neste caso ser usado indispensavelmente saídas transistorizadas, para controlarem os níveis de tensão e corrente analogicamente ou através de modulação PWM (Pulse width modulation), modulação por largura de pulso, que é utilizado para controlar a potência de cargas resistivas, luminosidade de leds e a velocidade de alguns motores de corrente contínua, o que exige chaveamentos em frequências mais elevadas impossibilitando a utilização de relés.

Devemos estar sempre atentos quanto a potência necessária para acionar os atuadores elétricos, pois nos casos em que esta potência for superior a potência suportada pelo circuito de controle deve-se utilizar um outro contator ou relé auxiliar de menor potência e que terá como função acionar outro atuador de maior potência. Na máquina de blocos, caso a potência exigida pelas eletroválvulas for superior à potência máxima que o sistema de controle pode oferecer, deverá ser utilizado um contator auxiliar para que este possa acionar efetivamente as eletroválvulas.

Além da potência necessária aos atuadores, deve-se levar em consideração que tanto os contadores, relés e eletroválvulas são constituídos por solenoides, existindo portanto uma certa indutância no circuito, e como são saídas discretas que ligam e desligam repentinamente, podem haver surtos transitórios de tensão capazes de prejudicar ou danificar o circuito de controle. Por isso é importante a utilização de contadores ou relés auxiliares, para que estes acionem os atuadores elétricos de maior potência e de maior indutância.

---

<sup>37</sup> MARTINS, M. Geomar. **Princípios de Automação Industrial**. Santa Maria: Universidade federal de Santa Maria, 2012. p.33.

Em casos extremos, por questões de segurança, torna-se necessário isolar eletricamente o circuito de controle do circuito de carga, nesses casos são empregados os foto acopladores, que são capazes de isolar completamente um circuito do outro.

### 2.3. CONTROLE PROGRAMÁVEL

Com o avanço tecnológico dos meios computacionais e dos processadores, utiliza-se cada vez mais micro controladores e CLP<sub>s</sub> nos sistemas de controle. Estes dispositivos funcionam a partir de conceitos de eletrônica digital e são capazes de realizar operações matemáticas e lógicas em cada ciclo de operação. Os sistemas computacionais funcionam a partir de comandos previamente estabelecidos e que foram carregados para sua memória.

Com a utilização de controle programável podemos reduzir todo o circuito lógico em apenas um circuito integrado, além disso, ainda terá a capacidade de alterar seu funcionamento sem alterar o hardware, apenas será necessário alterar os comandos e valores que serão salvos em sua memória, porém a função do processador será sempre a mesma.

Os micro controladores e CLP<sub>s</sub> podem ser fabricados em grande escala, pois devido sua versatilidade, podem ser aplicados em infinitas situações e por isto seu custo se torna acessível. Garantindo que os sistemas de controle sejam mais simples de ser implementado, mais compacto, confiável, mais flexível e com um menor consumo de energia elétrica.

O desafio ao usar controle programável está em criar um algoritmo capaz de comandar todo o sistema. Segundo Tonet e Koliver: *“Um algoritmo computacional é um conjunto de milhares de instruções que indicam ao computador, passo a passo, o que ele tem que fazer.”*<sup>38</sup>. Um processador em si não é capaz de executar nenhuma função, é necessário um software para que ele realize alguma tarefa.

Como foi dito anteriormente, os processadores trabalham com eletrônica digital, por isso só enxergam valores binários e seguem uma série de comandos que foram colocados em sua memória, assim temos que converter toda a lógica e matemática necessária para o funcionamento do sistema para uma linguagem que o processador entenda.

Com o uso de controle programável é indispensável a utilização de um software que seja capaz de traduzir comandos de alto nível dado pelo programador em forma de palavras, para linguagem de baixo nível e salva-la na memória. Assim toda vez que o micro controlador for iniciado, ele executará uma série de comandos previamente estabelecidos pelo programador.

---

<sup>38</sup> TONET, Bruno; KOLIVER, Cristian. **Introdução aos algoritmos**. Caxias do Sul: Universidade de Caxias do Sul. p.4.

Essa tecnologia está muito difundida hoje em dia, para se ter uma ideia a capacidade de processamento e de memória da maioria desses micro controladores e CLP<sub>s</sub>, são muito inferiores as capacidades de processamento e memória de um aparelho celular por exemplo, mas mesmo assim conseguem fazer diversas funções e automatizar sistemas complexos.

### 2.3.1. Sistemas digitais

Percebemos que os componentes da máquina que interagem com o sistema de controle são todos digitais, eles possuem seus estados lógicos completamente definidos. Os sensores fim-de-curso, os contadores, relés e eletroválvulas, são dispositivos digitais, pois estarão em apenas dois estados: ligado ou desligado.

A eletrônica digital se tornou uma ferramenta essencial para resolver problemas lógicos, portanto no sistema de controle utilizaremos diversos recursos da eletrônica digital. A eletrônica digital trata os valores elétricos também apenas como “0” ou “1”. Segundo Alves: *“A eletrônica digital moderna está baseada fundamentalmente nos circuitos que têm dois valores únicos, por exemplo: ou passa corrente ou não passa.”*<sup>39</sup>. Nos circuitos integrados digitais por exemplo admite-se o valor lógico “1” quando o nível de tensão na porta de entrada for próximo de 5 volts, e entende-se valor lógico “0” quando a tensão for próxima de 0 volts.

Em eletrônica digital não existem números decimais como estamos habituados a trabalhar. Como já foi dito, só existem “0” e “1”, porém não significa que os números decimais não possam ser representados em números binários. Diferente do que parece, o código binário funciona de maneira semelhante ao sistema decimal, de acordo com Alves: *“Pode-se fazer a mesma coisa com os números binários, apenas os multiplicadores das colunas não são potências de dez, mas são potências de dois.”*<sup>40</sup>. Como exemplo o número  $101_2$  na base binária equivale ao número  $5_{10}$  na base decimal. É importante compreender isso porque todas as operações matemáticas que ocorrem nos processadores e sistemas computacionais do sistema de controle ocorrem na forma binária.

Além de operações matemáticas, a análise dos sistemas digitais nos permite resolver operações lógicas. Com a utilização de uma “tabela verdade” podemos representar todos os valores possíveis nas entradas e determinar a saída que desejamos, após isso podemos através da álgebra booleana determinar um circuito utilizando portas lógicas cujo seu funcionamento respeitará fielmente a tabela verdade. A

---

<sup>39</sup> ALVES, Toni dos Santos. **Automação Industrial I**. Abrantes: Escola Superior de Tecnologia de Abrantes, 2004. p.4.

<sup>40</sup> ALVES, Toni dos Santos. **Automação Industrial I**. Abrantes: Escola Superior de Tecnologia de Abrantes, 2004. p.8.

álgebra booleana é semelhante a matemática que utilizamos, porém os valores são apenas zero e um, e ao invés de soma, subtração, multiplicação e divisão, temos as operações lógicas.

Com as operações lógicas: OR, AND, NOT, XOR; podemos criar diversas combinações e funções lógicas. Essas funções lógicas podem ser elaboradas com circuitos integrados que possuem internamente essas portas, porém também podemos implementar essas funções lógicas através de um algoritmo executado por um micro controlador. Para entender o funcionamento dessas portas lógicas podemos analisar uma porta lógica com duas entradas e uma saída. A função da porta lógica é de comparar os valores de entrada e gerar uma saída de acordo com a tabela verdade característica de cada porta lógica.

A porta lógica “OR” é uma porta somadora, portanto quando pelo menos uma das entradas for “1” a saída também será “1”, nos demais casos a saída será “0”.

A porta lógica “AND” é uma porta multiplicadora, portanto a saída só será “1” quando as duas entradas tiverem nível lógico “1”.

A porta lógica “NOT” é uma porta de negação ou inversão, ela possui apenas uma entrada e uma saída, e o valor lógico da saída será sempre o inverso do valor na entrada.

A porta lógica “XOR” é uma porta lógica “exclusiva”, e a saída só terá nível lógico “1” quando os valores forem diferentes entre si. A tabela abaixo mostra a tabela verdade das portas lógicas citadas:

OR			AND			XOR			NOT	
E1	E2	Saída	E1	E2	Saída	E1	E2	Saída	E	Saída
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0
1	0	1	1	0	0	1	0	1		
1	1	1	1	1	1	1	1	0		

*Tabela 1: Tabela verdade das portas lógicas*

*Fonte: Acervo do autor*

Se adicionarmos na saída dessas portas lógicas uma porta “NOT” iremos inverter a saída dessas portas lógicas e obteremos as portas negadas: NOR, NAND, XNOR. Na Tabela 2 podemos ver as tabelas verdade das portas negadas:

NOR			NAND			XNOR		
E1	E2	Saída	E1	E2	Saída	E1	E2	Saída
0	0	1	0	0	1	0	0	1
0	1	0	0	1	1	0	1	0
1	0	0	1	0	1	1	0	0
1	1	0	1	1	0	1	1	1

*Tabela 2: Tabela verdade das portas lógicas negadas*

*Fonte: Acervo do autor*

Apesar de possuírem uma função simples, as portas lógicas podem ser associadas para produzir lógicas muito mais complexas. Atualmente boa parte da tecnologia que utilizamos como os celulares e computadores modernos, utilizam basicamente os elementos da eletrônica digital.

Geralmente as portas lógicas são implementadas através de transistores em circuitos integrados ou através de um micro controlador, mas em casos mais simples podemos implementar essas portas lógicas com chaves normalmente abertas e normalmente fechadas.

### 2.3.2. CLP

O CLP surgiu com o avanço da tecnologia dos micro processadores, que possibilitou a produção de forma mais compacta e com menores custos, o que permitiu a criação de um dispositivo que funcione através da lógica booleana e através da eletrônica digital, permitindo que a parte lógica do sistema de controle fosse implementada por um código de programação, ao invés da utilização de relés e contadores para esta função. A partir desse avanço a automação deu um salto significativo e pode ser implementada com mais segurança, flexibilidade, menores custos e sistemas menos complexos. De acordo com Carvalho Neto:

[...] CLP é um aparelho digital que usa memória programável para armazenar instruções que implementam funções como: lógica, sequenciamento, temporização, contagem e operações aritméticas, para controlar através de módulos de entrada e saída (digital e analógica) diversos tipos de máquinas e processos.<sup>41</sup>

No controlador lógico programável existem portas de entrada e saída, podendo elas ser digitais ou analógicas, permitindo que o sistema monitore as entradas vindas do sistema de sensoriamento e controle o processo através do acionamento correto das portas de saída.

A partir do momento em que um CLP é ligado, ele segue uma série de passos e repete um ciclo pelo tempo em que estiver ligado, executando assim a função para que foi programado. No início do ciclo o CLP verifica os valores de tensão existentes em cada porta de entrada, após isso transfere os dados recebidos para a memória do dispositivo, onde posteriormente os valores são comparados com a programação feita pelo usuário e atualiza as saídas, terminando o ciclo que se repete várias vezes por segundo. A figura 15 mostra como ocorrem esses processos:

---

<sup>41</sup> CARVALHO NETO, João Teixeira de. **Controladores lógico programáveis**. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2011. p.6.



Figura 15: Ciclo de funcionamento de um CLP  
 Fonte: (CARVALHO NETO, 2011, p. 8.)<sup>42</sup>

A linguagem de programação mais comumente utilizada nos CLP<sub>s</sub> é a LADDER. Essa linguagem é baseada em representações gráficas que permitem ao usuário associar a linguagem de programação com um circuito elétrico com contatos normalmente abertos e normalmente fechados, onde posteriormente esse código será traduzido para uma linguagem de baixo nível ou linguagem de máquina, para que o CLP execute as instruções através de um sistema digital. Segundo Carvalho Neto: “A linguagem LADDER é o sistema de representação que mais se assemelha à tradicional notação de diagramas elétricos.”<sup>43</sup>, por esse motivo essa linguagem é muito utilizada principalmente por engenheiros eletricitas, porém em situações muito complexas essa linguagem pode tornar-se muito complicada para o programador.

Internamente o controlador programável possui uma fonte capaz de converter a tensão da rede elétrica e retifica-la, para tensões comumente utilizados no CLP como 5 Vcc, 12Vcc ou 24Vcc. Existe também uma pequena bateria capaz de manter ligado um relógio do sistema mesmo quando o CLP estiver desligado da rede elétrica, permitindo o funcionamento preciso de funções que utilizam o tempo real.

O núcleo do CLP é uma unidade de processamento CPU que é responsável pelo processamento de dados, juntamente com a memória do programa supervisor, responsável por armazenar um software próprio do sistema que não pode ser alterado pelo usuário; a memória do usuário que armazena o programa criado pelo usuário; a memória RAM, que é utilizada para salvar valores temporários no momento de execução do programa.

<sup>42</sup> CARVALHO NETO, João Teixeira de. **Controladores lógico programáveis**. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2011. p.6.

<sup>43</sup> CARVALHO NETO, João Teixeira de. **Controladores lógico programáveis**. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2011. p.29.

A conexão física entre o CLP e os atuadores do sistema, é feito através dos módulos de entrada e saída, constituídos de relés e transistores, possuindo um circuito capaz de proteger o próprio controlador programável contra sobre correntes e sobre tensões. Muitos CLPs utilizam foto acopladores para isolar totalmente e proteger a CPU do controlador programável.

Podemos perceber que a principal parte do controlador programável é a CPU, porém ela necessita de vários componentes para poder se adaptar em um sistema de controle, portanto os CLPs possuem uma montagem compacta e possuem todos os componentes necessários ao funcionamento e à instalação em um painel de controle, permitindo a fácil e rápida instalação deste dispositivo.

Existem muitos Controladores programáveis disponíveis no mercado, porém para aplicações simples muitos deles podem apresentar custos elevados, variando principalmente de acordo com o número de entradas e saídas digitais e analógicas.

A figura 16 mostra o CLP CLIC 02 do fabricante WEG:

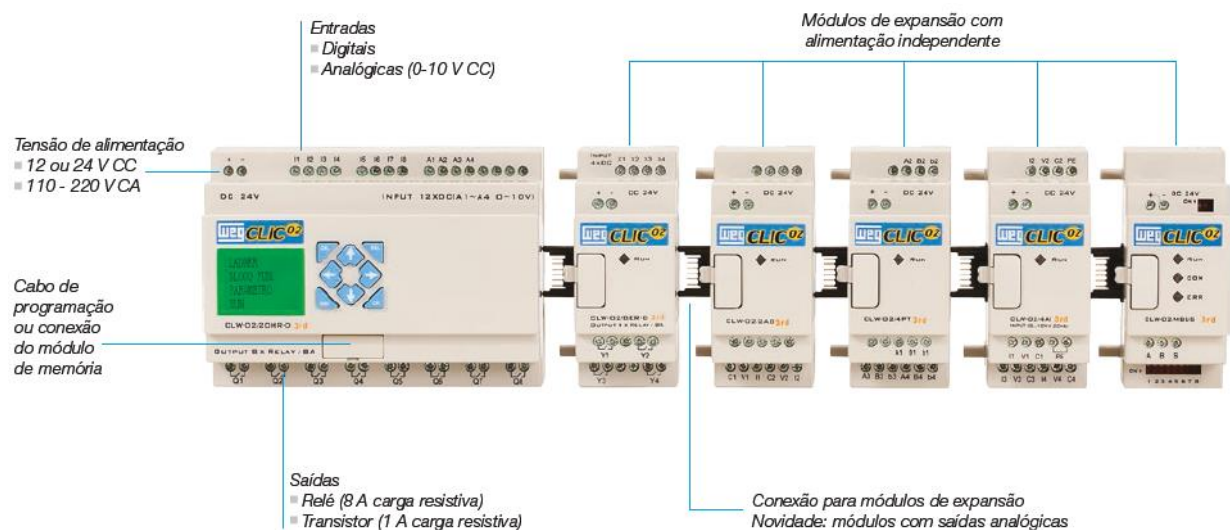


Figura 16: CLP CLIC 02, fabricante WEG

Fonte: (WEG, 2014, p. 2.)<sup>44</sup>

Esse CLP CLIC 02 possui 8 saídas digitais acionadas por relés, 8 entradas digitais e 4 entradas analógicas. Caso seja necessário utilizar mais entradas e saídas, podem ser instalados módulos adicionais. Segundo o fabricante esse CLP possui memória com capacidade de armazenar até 300 linhas de programação em LADDER.

<sup>44</sup> WEG. Controladores lógico programáveis. 2014. p.2.



### 2.3.3. Arduino

O arduino foi criado com o intuito de facilitar a utilização de micro controladores para realizar tarefas simples do nosso dia-a-dia. Foi criado na Itália no ano de 2005. Segundo McRoberts:

O arduino é o que chamamos de plataforma de computação física ou embarcada, ou seja, um sistema que pode interagir com seu ambiente por meio de hardware e software. [...] É um pequeno computador que você pode programar para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos conectados a ele.<sup>45</sup>

O núcleo do arduino é formado por um micro controlador, que nada mais é do que um sistema computacional implementado em um único circuito integrado. A maior parte dos equipamentos tecnológicos que temos hoje em dia utiliza recursos desses micro controladores. Porém por muito tempo, utilizar um micro controlador era uma tarefa complicada, e só era utilizado por quem possuísse conhecimentos na área de eletrônica, uma vez que era necessário não somente o micro controlador, mas uma placa de circuito impresso com diversos componentes necessários ao funcionamento e programação do micro controlador.

Com o arduino, uma única placa compacta possui todos os componentes necessários ao seu funcionamento, assim como reguladores de tensão, filtros, sistemas de proteção, um cristal oscilador, sistemas de comunicação serial incluindo uma porta USB e a fácil conexão de jumpers para que seja utilizado em protoboards por exemplo. Além disso, existe um software livre que é um editor de texto, compilador e ainda permite que o usuário facilmente carregue o código fonte para a memória do arduino. Este software possui a função “Serial monitor”, que permite a fácil comunicação serial entre um computador e uma placa arduino, podendo o usuário monitorar e comandar remotamente a placa através de um computador. A figura 17 mostra uma placa Arduino UNO R3:



Figura 17: Arduino UNO R3

Fonte: Site do Arduino<sup>46</sup>

<sup>45</sup> McROBERTS, Michael. **Aduino Básico**. 1.ed., São Paulo: Novatec Editora, 2011. p. 22.

<sup>46</sup> ARDUINO. **Arduino UNO**. Disponível em: <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>. Acesso em: 31 de outubro de 2014.

Existem diversas placas arduino sendo produzidas, como: Arduino UNO, Arduino Mega, Arduino Nano, entre muitos outros, alterando entre eles, o micro controlador utilizado, o número de entradas e saídas digitais e analógicas e a estrutura de como é montada a placa. O arduino mais comumente utilizado, principalmente por iniciantes, é o Arduino UNO R3. A tabela 3 mostra algumas características de hardware do Arduino UNO R3:

Arduino UNO R3	
Micro controlador	Atmega328
Tensão de funcionamento	5Vcc
Tensão de entrada (recomendado)	7-12Vcc
Tensão de entrada (limites)	6-20Vcc
Portas de entradas e saídas digitais	14 (6 oferecem saída PWM)
Corrente DC máxima por porta de saída	40 mA
Memória Flash	32 KB
Memória SRAM	2 KB
Memória EEPROM	1 KB
Velocidade do Clock	16 MHz

*Tabela 3: Dados do Arduino UNO R3*

*Fonte: Site do Arduino<sup>47</sup>*

A linguagem de programação utilizada pelo arduino é baseada em C/C++. Diferentemente do CLP que utiliza a linguagem Ladder que é uma representação gráfica, a linguagem C/C++ utiliza palavras, sendo necessário ao engenheiro eletricista estudar e se adaptar a esta linguagem, que para situações complexas apresenta vantagens e é mais fácil de ser utilizada do que a Ladder.

Na programação do arduino existem duas funções básicas em todo código, elas são a função “setup()”, que executa funções apenas quando o arduino é iniciado, nessa função ficarão algumas configurações iniciais do programa; e a função “void loop()” onde ficam as funções principais do programa que são repetidas pelo tempo que o arduino estiver ligado.

Uma grande vantagem do arduino é o fato de que tanto o hardware como o software são livres, permitindo que qualquer pessoa possa modificar, ou criar novas placas. Devido a isso, o arduino se tornou bastante acessível e utilizado no mundo todo, até mesmo por pessoas com pouco conhecimento de eletrônica. Com sua difusão, novas placas e módulos foram criados para atender as mais diversas

<sup>47</sup> ARDUINO. **Arduino UNO**. Disponível em: <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>. Acesso em: 31 de outubro de 2014.

necessidades. Existem bibliotecas, códigos e exemplos prontos, disponibilizados na internet por outros usuários, que facilitam bastante a programação do arduino. Além disso a cada dia surgem novos “Shields”, que são placas acessórias que se conectam ao arduino com o intuito de adapta-lo a alguma tarefa específica, como por exemplo, existem módulos de relés prontos para serem conectados ao arduino e deixa-lo com praticamente a mesma funcionalidade de um CLP, porém com custos muito menores do que um CLP.

## 2.4. CIRCUITOS ELÉTRICOS

Apesar do sistema de controle ser a parte mais importante no processo de automação, ainda assim são necessários meios que permitam a comunicação entre componentes de sensoriamento e componentes de interface humana, com o sistema de controle, e a comunicação do sistema de controle com os componentes de atuação. Portanto é necessário a implementação de componentes e circuitos elétricos, capazes de fazer essa função de comunicação e atender as necessidades do sistema automatizado.

### 2.4.1. Botoeiras e Sinaleiros

A automação consiste em realizar tarefas com a mínima intervenção do homem, porém o homem ainda possui uma função essencial, sendo necessária a comunicação entre o homem e a máquina, para que se possa comandar a máquina e também a máquina possa informar ao homem o que está ocorrendo. Para isso existem componentes simples, mas que desempenham uma função primordial no processo de automação.

As botoeiras são as principais responsáveis em transmitir informações do homem para a máquina. Segundo Bisoni, Vaz e Paulo Júnior: *“As botoeiras são chaves elétricas acionadas manualmente que apresentam, geralmente, um contato aberto e outro fechado. De acordo com o tipo de sinal a ser enviado ao comando elétrico, as botoeiras são caracterizadas como pulsadoras ou com trava.”*<sup>48</sup>. Possuem geralmente dois contatos normalmente aberto (NA) e dois contatos normalmente fechados (NF).

Seu funcionamento é simples, quando o botão é acionado, uma ação mecânica comuta ou inverte os contatos, fazendo com que os contatos NA se fechem, e os contatos NF se abram. O funcionamento é o mesmo tanto para as botoeiras sem retenção, como para botoeiras com retenção.

As botoeiras sem retenção, também conhecidas como pulsadoras, são botoeiras que possuem internamente uma mola capaz de retornar os contatos para a posição de repouso, quando não houver mais a ação mecânica do homem pressionando o botão.

---

<sup>48</sup> BISONI. R.P; VAZ. De Oliveira. S. Frederico; PAULO JÚNIOR. P. R. **Instalações Elétricas Industriais**. Florianópolis: SENAI, 2010. p. 43.

No meio industrial as botoeiras sem retenção são as mais utilizadas. A figura 18 mostra genericamente a configuração interna dessas botoeiras:

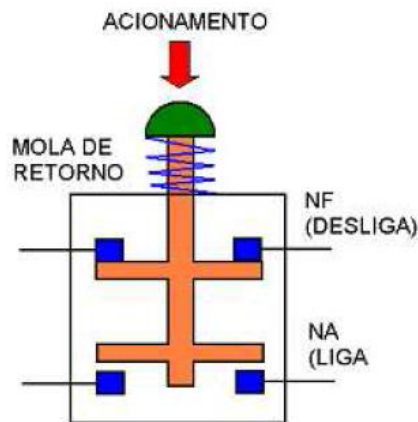


Figura 18: Botoeira sem retenção.

Fonte: (SILVA, 2007, p. 16.)<sup>49</sup>

As botoeiras com retenção ou trava, possuem funcionamento semelhante, porém não possuem retorno por mola, com isso quando um contato é comutado permanece naquele estado até que outra ação mecânica o retorne para posição de origem.

Dentre as botoeiras com retenção, existem as chaves seletoras, que se diferenciam por conter um contato comum, um contato fechado e um contato aberto, e quando são atuadas essas chaves fecham o contato comum ao contato que anteriormente estava aberto e ao mesmo tempo abrem o circuito entre o contato comum e o contato que estava anteriormente fechado, funcionamento de forma semelhante ao sensor fim de curso, porém sem possuir retorno por mola.

Enquanto as botoeiras levam informações do homem para a máquina, os sinaleiros se encarregam de levar informações e acontecimentos da máquina para o homem. De acordo com Bisoni, Vaz e Paulo Júnior:

Sinaleiros são indicadores luminosos constituídos de lâmpadas incandescentes ou LED<sub>s</sub>, utilizados na sinalização visual de eventos ocorridos ou prestes a ocorrer. São empregados, geralmente, em locais de boa visibilidade que facilitem a visualização do sinalizador.<sup>50</sup>

As Tabelas 4 e 5, mostram respectivamente as cores das botoeiras e dos sinaleiros:

<sup>49</sup> SILVA, Marcelo Eurípedes da. **Curso de automação industrial**. Piracicaba: Fundação Municipal de Ensino de Piracicaba, 2007. p.16.

<sup>50</sup> BISONI. R.P; VAZ. De Oliveira. S. Frederico; PAULO JÚNIOR. P. R. **Instalações Elétricas Industriais**. Florianópolis: SENAI, 2010. p. 45.

IDENTIFICAÇÃO DE BOTÕES SEGUNDO IEC 73 e VDE 0199		
Cores	Significado	Aplicações típicas
Vermelho 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Parar, desligar</li> <li>Emergência</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Parada de um ou mais motores.</li> <li>Parada de unidades de uma máquina.</li> <li>Parada de ciclo de operação.</li> <li>Parada em caso de emergência.</li> <li>Desligar em caso de sobreaquecimento perigoso.</li> </ul>
Verde 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Partir, ligar, pulsar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Partida de um ou mais motores.</li> <li>Partir unidades de uma máquina.</li> <li>Operação por pulsos.</li> <li>Energizar circuitos de comando.</li> </ul>
Preto 		
Amarelo 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Intervenção</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Retrocesso.</li> <li>Interromper condições anormais.</li> </ul>
Azul 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Qualquer função, exceto as acima</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reset de relés térmicos.</li> <li>Comando de funções auxiliares que não tenham correlação direta com o ciclo de operação da máquina.</li> </ul>
Branco 		

Tabela 4: Cores das botoeiras segundo a IEC 60073  
Fonte: (BISONI; VAZ; PAULO JÚNIOR, 2010, p. 44.)<sup>51</sup>






IDENTIFICAÇÃO DE SINALEIROS SEGUNDO IEC 73 e VDE 0199		
Cores	Significado	Aplicações típicas
Vermelho 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Condições anormais, perigo ou alarme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Temperatura excede os limites de segurança</li> <li>Aviso de paralisação (ex.: sobrecarga).</li> </ul>
Amarelo 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Atenção, cuidado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>O valor de uma grandeza aproxima-se de seu limite.</li> </ul>
Verde 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Condição de serviço segura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Indicação de que a máquina está pronta para operar.</li> </ul>
Branco 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Circuitos sob tensão, funcionamento normal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Máquina em movimento.</li> </ul>
Azul 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Informações especiais, exceto as acima</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sinalização de comando remoto.</li> <li>Sinalização de preparação da máquina.</li> </ul>

Tabela 5: Cores dos sinaleiros segundo a IEC 60073  
Fonte: (BISONI; VAZ; PAULO JÚNIOR, 2010, p. 45.)<sup>52</sup>

As cores das botoeiras e dos sinaleiros, são padronizadas, para que seja feito um rápido diagnóstico do sistema, mesmo sem ter participado do seu projeto ou construção. Essas cores são definidas pela norma internacional IEC60073.

<sup>51</sup> BISONI. R.P; VAZ. De Oliveira. S. Frederico; PAULO JÚNIOR. P. R. **Instalações Elétricas Industriais**. Florianópolis: SENAI, 2010. p. 44.

<sup>52</sup> BISONI. R.P; VAZ. De Oliveira. S. Frederico; PAULO JÚNIOR. P. R. **Instalações Elétricas Industriais**. Florianópolis: SENAI, 2010. p. 45.

## 2.4.2. Transistores bipolares de junção (TBJ)

Antes dos transistores utilizavam-se válvulas eletrônicas que possuíam um encapsulamento de vidro, com seu interior formado por vácuo e elementos metálicos. Em 1947 surgiram os primeiros transistores, que possuíam a mesma função das válvulas eletrônicas, porém eram feitos de semicondutores, formando uma estrutura sólida.

Os transistores são muito menores do que as válvulas, consomem menos energia, não necessitam de tempo para aquecimento, possuem durabilidade muito maior e podem operar com valores de tensão mais baixos. Os transistores foram um dos maiores avanços tecnológicos da humanidade e permitiram a criação dos equipamentos eletrônicos que temos hoje em dia. Só para se ter uma ideia, em um micro controlador ou nos processadores de nossos computadores e celulares existem milhões ou até bilhões de transistores implementados em um único chip, são microscópios e invisíveis a olho nu. Isso significa que se fossemos criar os mesmos equipamentos com válvulas estes não caberiam em nossas residências, além disso, possuiriam um elevado consumo de energia elétrica.

Os transistores bipolares de junção possuem três terminais, um deles é responsável por controlar a intensidade da corrente elétrica entre os outros dois terminais. Podem ser do tipo “nnp” ou “pnp” de acordo com sua constituição física e seu funcionamento será semelhante, apenas será inverso o sentido da corrente entre os terminais. No transistor bipolar de junção os terminais são chamados de: Coletor, Base e Emissor. O terminal “base” é o responsável pelo controle da corrente entre o “coletor” e “emissor”. A figura 19 mostra os sentidos das correntes em transistores do tipo npn e pnp:

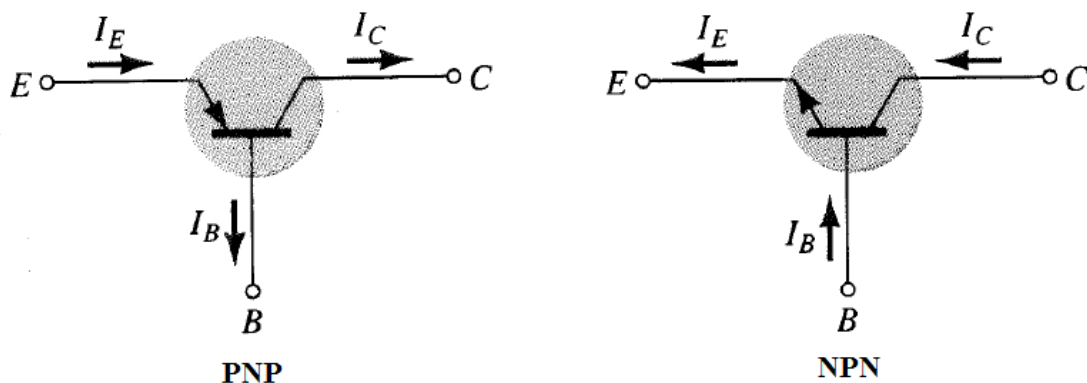


Figura 19: Transistores TBJ do tipo PNP e NPN  
 Fonte: (BOYLESTAD; NASHELSKY, 1999, p. 82.)<sup>53</sup>

<sup>53</sup> BOYLESTAD, Robert; NASHELSKY, Louis. **Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos**. 6.ed., Rio de Janeiro: LTC, 1999. p. 82.

Como pode-se perceber na imagem anterior, existem três correntes no transistor TBJ, são elas:  $I_b$ ,  $I_c$  e  $I_e$ . Representam respectivamente a corrente de base, a corrente de coletor e a corrente de emissor.

A corrente de base sempre irá fluir entre os terminais da base e do emissor, a corrente de coletor irá fluir entre o coletor e o emissor e a corrente do emissor será sempre a soma das correntes de base e de coletor. O sentido dessas correntes irá variar dependendo se o transistor é do tipo PNP ou do tipo NPN.

A função do transistor é simples, ele deve controlar a intensidade da corrente elétrica de coletor ( $I_c$ ), proporcionalmente com a corrente de base ( $I_b$ ). Portanto um transistor apresenta um fator multiplicador da corrente  $I_b$ , conhecido como  $\beta$  (Beta) que dependerá da constituição física do transistor, esse parâmetro  $\beta$  é fornecido pelos fabricantes como “ $h_{fe}$ ”. De acordo com Boylestad e Nashelsky: “[...]  $\beta$  certamente mostra o valor relativo de uma corrente em relação a outra. Para um dispositivo com um  $\beta$  de 200, a corrente de coletor é 200 vezes maior do que a corrente de base.”<sup>54</sup>. A fórmula 4 representa matematicamente o valor  $\beta$ :

$$\beta = \frac{I_c}{I_b}$$

Sendo assim:

$$I_c = \beta \cdot I_b$$

Fórmula 4 – Cálculo da corrente de coletor.  
Fonte: (BOYLESTAD; NASHELSKY, 1999, p. 88.)<sup>55</sup>

A corrente  $I_e$  será a soma das correntes  $I_c$  e  $I_b$ , assim como está representado na fórmula 5:

$$I_e = I_c + I_b$$

Fórmula 5 – Cálculo da corrente de emissor.  
Fonte: (BOYLESTAD; NASHELSKY, 1999, p. 83.)<sup>56</sup>

Através destas equações podemos conhecer o funcionamento de um transistor. É importante lembrar que o parâmetro  $\beta$ , citado anteriormente, pode variar em um mesmo

<sup>54</sup> BOYLESTAD. Robert; NASHELSKY. Louis. **Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos**. 6.ed., Rio de Janeiro: LTC, 1999. p. 88.

<sup>55</sup> BOYLESTAD. Robert; NASHELSKY. Louis. **Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos**. 6.ed., Rio de Janeiro: LTC, 1999. p. 88.

<sup>56</sup> BOYLESTAD. Robert; NASHELSKY. Louis. **Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos**. 6.ed., Rio de Janeiro: LTC, 1999. p. 83.

transistor, principalmente em função da temperatura, por isso em muitos casos pode-se calcular as correntes e tensões entre os terminais de um transistor através de gráficos fornecidos pelo próprio fabricante, feitos a partir de ensaios com diversos valores de corrente de base. A figura 20 mostra um exemplo:

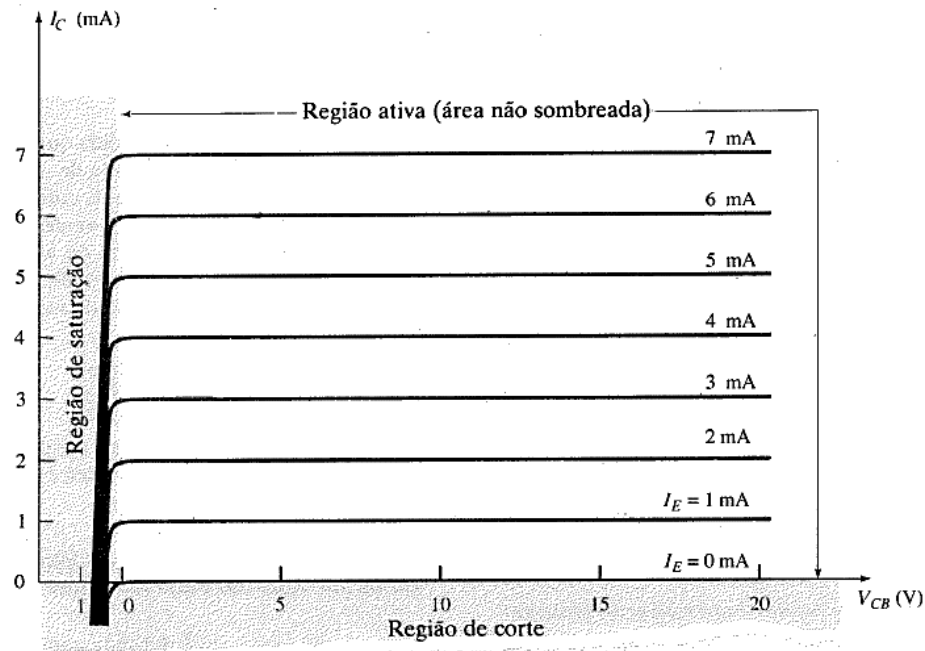


Figura 20: Curva característica de um transistor TBJ.  
Fonte: (BOYLESTAD; NASHESKY, 1999, p. 84.)<sup>57</sup>

Considera-se Região de corte quando um transistor estiver operando de tal modo que a corrente de coletor seja 0 A, sendo assim a tensão entre os terminais do coletor e do emissor deve ser igual a tensão da fonte onde está ligado. A região de saturação é considerada quando um transistor estiver operando de modo que a tensão entre os terminais do coletor e do emissor for praticamente 0 V, nessa situação a corrente de coletor será a máxima possível, sendo limitada pelo circuito no qual está inserido. Na região de corte o transistor funciona como se fosse uma chave aberta, assim nenhuma corrente passará pelo circuito. Já quando o transistor operar em saturação, ele funcionará como uma chave fechada, desse modo o transistor apresentará impedância próximo de zero e a corrente no circuito será máxima.

Assim como os diodos que também constituem-se de semicondutores, para valores muito pequenos de tensão as alterações nesses dispositivos serão praticamente insignificantes, portanto existe uma tensão mínima entre a base e o emissor para a operação de um transistor, pode-se considerar: 0,7 V para transistores fabricados com silício e 0,3 V para transistores

<sup>57</sup> BOYLESTAD, Robert; NASHESKY, Louis. **Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos**. 6.ed., Rio de Janeiro: LTC, 1999. p. 84.



fabricados com Germânio. De acordo com Boylestad e Nashelsky: “[...] o transistor no estado “ligado”, ou ativo, a tensão de base para o emissor será 0,7V, qualquer que seja o valor da corrente de emissor controlada pelo circuito externo.”<sup>58</sup>

Apesar de possuírem uma função simples, os transistores podem ser polarizados e associados de diversas formas permitindo a elaboração de circuitos complexos e com diversas funcionalidades. São amplamente utilizados em amplificadores.

Existe uma grande variedade de transistores, além dos transistores que situam-se dentro de circuitos integrados, existem transistores destinados a trabalhar com potências maiores e portanto com correntes mais elevadas. Esses transistores são constituídos de uma pastilha de silício encapsulada, de modo a permitir a dissipação de calor e a maneabilidade para que se possa instalar e soldar esse transistor em uma placa de circuito. Segundo Boylestad e Nashelsky:

Após o transistor ter sido fabricado, terminais de ouro, alumínio ou níquel são acrescentados à estrutura e encapsulados em um invólucro. Aqueles de construção mais robusta são dispositivos de alta potência, enquanto os de canecos reduzidos ou estrutura de plástico são dispositivos de baixa a média potência.<sup>59</sup>

A figura 21 ilustra basicamente um tipo de encapsulamento de transistores muito comum:

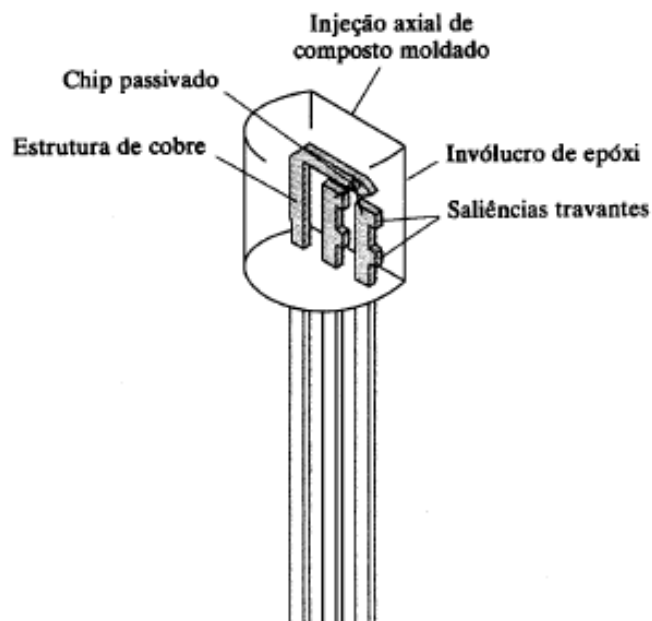


Figura 21: Encapsulamento de um transistor.  
Fonte: (BOYLESTAD; NASHELSKY, 1999, p. 84.)<sup>60</sup>

<sup>58</sup> BOYLESTAD. Robert; NASHELSKY. Louis. **Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos**. 6.ed., Rio de Janeiro: LTC, 1999. p. 84.

<sup>59</sup> BOYLESTAD. Robert; NASHELSKY. Louis. **Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos**. 6.ed., Rio de Janeiro: LTC, 1999. p. 98.

<sup>60</sup> BOYLESTAD. Robert; NASHELSKY. Louis. **Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos**. 6.ed., Rio de Janeiro: LTC, 1999. p. 99.

### 2.4.3. Contatores

Os motores elétricos, assim como a maioria dos equipamentos elétricos industriais necessitam de valores elevados de corrente elétrica para funcionarem, portanto não é possível utilizar interruptores e botoeiras ligadas diretamente às cargas, pois não suportariam as elevadas correntes elétricas e além disso, necessitariam de uma ação manual para operarem o que impossibilitaria a automação e o acoplamento de diversos elementos de proteção a um mesmo dispositivo de manobra. Para isso utiliza-se na maioria dos casos: contatores. Segundo Moraes et al: *“Contatores são dispositivos de manobra mecânica, acionados eletromagneticamente, construídos para uma elevada frequência de operação.”*<sup>61</sup>.

Os contatores possuem contatos capazes de suportar e abrir o circuito com correntes elevadas e diferentemente das botoeiras que são acionadas manualmente, os contatores podem ser acionados à distância através de sinais elétricos de baixa potência, podendo ser ligados no circuito de controle. Possuem uma bobina e quando por esta passa uma corrente elétrica será produzido um fluxo magnético em um núcleo ferromagnético, que será capaz de mover os contatos elétricos e fazer a sua comutação. Os contatores possuem uma posição de repouso mantida por ação de uma mola e não possuem travamento, o que significa que quando a corrente elétrica na bobina cessar, automaticamente os contatos elétricos retornaram a posição de repouso.

Além dos contatos que efetivamente alimentam a carga de potência elevada, existem contatos auxiliares para realizar funções secundárias e lógicas. Esses contatos possuem capacidade para acionar apenas outros contatores ou relés, porém não podem ser usados diretamente para acionar a carga. Os contatos tanto de carga, quanto auxiliares, podem ser normalmente aberto (NA) ou normalmente fechado (NF). A figura 22 ilustra genericamente como é constituído internamente um contator:

---

<sup>61</sup> MORAES, Almeida de. Airton. **Comandos elétricos**. São Paulo: SENAI, 2005. p.29.

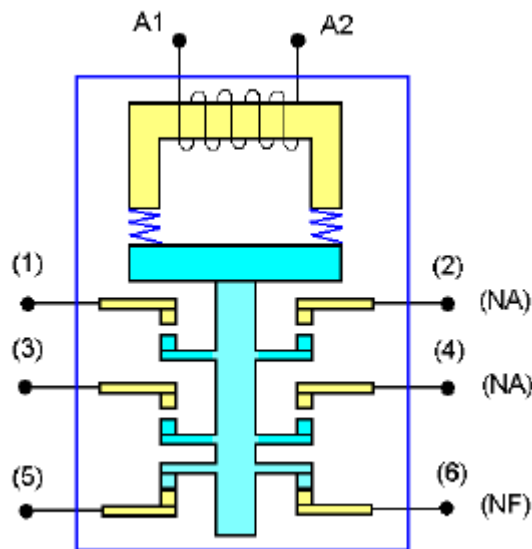


Figura 22: Diagrama esquemático de um contator.  
Fonte: (SILVA, 2007, p. 18.)<sup>62</sup>

Pode-se reparar na figura acima que o contator será acionado quando for aplicada a tensão necessária entre os terminais “A1” e “A2”. Nesse exemplo existem dois contatos normalmente abertos que se fecham quando o contator é atuado e existe um contato normalmente fechado que se abre quando o contator é atuado. Segundo Silva:

Os contatores podem ser classificados como principais (CW, CWM) ou auxiliares (CAW). De forma simples pode-se afirmar que os contatores auxiliares tem corrente máxima de 10 A e podem chegar a 12 contatos. Os contatores principais tem corrente máxima de até 600 A. De uma maneira geral possuem 3 contatos principais do tipo NA, para manobra de cargas trifásicas.<sup>63</sup>

Durante a comutação ocorre o desgaste dos contatos devido ao arco elétrico produzido durante a abertura do circuito, portanto sua vida útil será inversamente proporcional ao número de manobras e à potência das cargas, principalmente quando se tratar de cargas indutivas, pois dessa forma o arco elétrico que se forma na abertura dos contatos é maior.

#### 2.4.4. Relés

Os relés funcionam da mesma forma que os contatores, ambos possuem uma bobina e realizam a manobra através da ação de um fluxo magnético. Segundo Silva: “Os relés são elementos fundamentais de manobra de cargas elétricas, pois permitem a combinação de

<sup>62</sup> SILVA, Marcelo Eurípedes da. **Curso de automação industrial**. Piracicaba: Fundação Municipal de Ensino de Piracicaba, 2007. p.18.

<sup>63</sup>SILVA, Marcelo Eurípedes da. **Curso de automação industrial**. Piracicaba: Fundação Municipal de Ensino de Piracicaba, 2007. p.19.

*lógicas no comando, bem como a separação dos circuitos de potência e comando.*”<sup>64</sup>. A diferença entre os contadores e relés, é que os relés só devem ser utilizados em cargas de pequena potência, assim como os contatos auxiliares dos contadores, além disso os relés podem trabalhar com tensões menores do que os contadores, existem relés que funcionam com apenas 5V. Os relés são muito utilizados para isolar o circuito de controle do circuito de carga e geralmente são eles que acionam os contadores em um sistema automatizado, pois os contadores em muitos casos trabalham com tensão e corrente superiores às capacidades do circuito de controle.

Muitas vezes os relés estão acoplados a outros dispositivos, que dão ao relé uma função particular no sistema de controle, como exemplo, pode-se citar: relés temporizadores; relés térmicos; relés de falta de fase e etc. Os contadores que acionam as cargas geralmente são acoplados aos relés térmicos para prevenir o circuito contra sobrecargas.

Existem relés que devem ser instalados em painéis de comando e relés menores que devem ser inseridos em placas de circuito impresso. Geralmente os relés possuem cinco terminais, sendo um terminal comum, um terminal normalmente fechado e outro normalmente aberto e os outros dois contatos são formados pela bobina que têm a função de atuar o relé. A figura 23 mostra um diagrama esquemático de um relé:

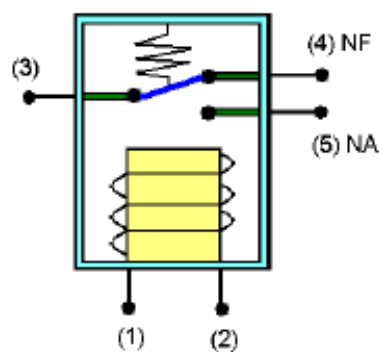


Figura 23: Diagrama esquemático de um relé.

Fonte: (SILVA, 2007, p. 17.)<sup>65</sup>

Como pode-se reparar na figura 23, os terminais 1 e 2 são os terminais da bobina; o terminal 3 é o contato comum; o terminal 4 e 5 são respectivamente o contato normalmente fechado e o contato normalmente aberto. Outra característica que podemos observar nos relés e nos contadores é o fato de não haver contato elétrico entre os terminais de acionamento e os

<sup>64</sup> SILVA, Marcelo Eurípedes da. **Curso de automação industrial**. Piracicaba: Fundação Municipal de Ensino de Piracicaba, 2007. p.17.

<sup>65</sup> SILVA, Marcelo Eurípedes da. **Curso de automação industrial**. Piracicaba: Fundação Municipal de Ensino de Piracicaba, 2007. p.17.

terminais de carga, o que permite o total isolamento entre esses terminais, dessa forma podem trabalhar com tensões diferentes entre si.

#### 2.4.5. Eletroválvulas

Os contatores e relés são dispositivos de comando para atuadores que funcionam com energia elétrica, porém sabe-se que existem atuadores que utilizam energia mecânica e outros que utilizam a energia hidráulica e pneumática. No caso da energia mecânica os dispositivos de comando são eletro embreagens que conectam e desconectam a carga de um eixo ligado ao motor.

Como foi estudado no capítulo I, os dispositivos de comando para os atuadores hidráulicos são as válvulas direcionais, porém assim como alguns acionamentos elétricos, as válvulas direcionais necessitam de uma ação mecânica para direcionar o fluxo, em muitos casos se empregam o uso de alavancas manuais, porém em casos em que se tenha a necessidade de fazer o acionamento à distância ou de automatizar o processo, será necessário utilizar um acionamento que funcione com sinais elétricos. Mais uma vez é utilizado o recurso das bobinas (solenoides), para produzirem um fluxo magnético capaz de promover a ação mecânica necessária ao acionamento.

Para esta função existem as válvulas direcionais acionadas por solenoide, também conhecidas como eletroválvulas. De acordo com Faria:

Em uma eletroválvula, hidráulica ou pneumática, a bobina é enrolada em torno de um magneto fixo, preso à carcaça da válvula, enquanto que o magneto móvel é fixado diretamente na extremidade do carretel da válvula. Quando uma corrente elétrica percorre a bobina, um campo magnético é gerado e atrai os magnetos, o que empurra o carretel da válvula na direção oposta à do solenoide que foi energizado. Dessa forma, é possível mudar a posição do carretel no interior da válvula, por meio de um pulso elétrico.<sup>66</sup>

Diferentemente dos contatores, as eletroválvulas podem possuir mais de duas posições e portanto possuirão em alguns casos, mais de uma bobina. Se analisarmos uma eletroválvula de 4/3vias, assim como aquela que foi citada no capítulo I, percebe-se que ela possui uma posição de repouso com retorno por molas e outras duas posições, sendo necessário duas bobinas, para que uma movimente o carretel em uma direção e a outra bobina quando for

---

<sup>66</sup> FARIA, Lima de. Arilson. **Acionamentos Hidráulicos e Pneumáticos**. Cataguases: SENAI, 2010. p. 84.

acionada movimentará o carretel para a posição oposta. A figura 24 ilustra basicamente o funcionamento de uma eletroválvula com duas bobinas:

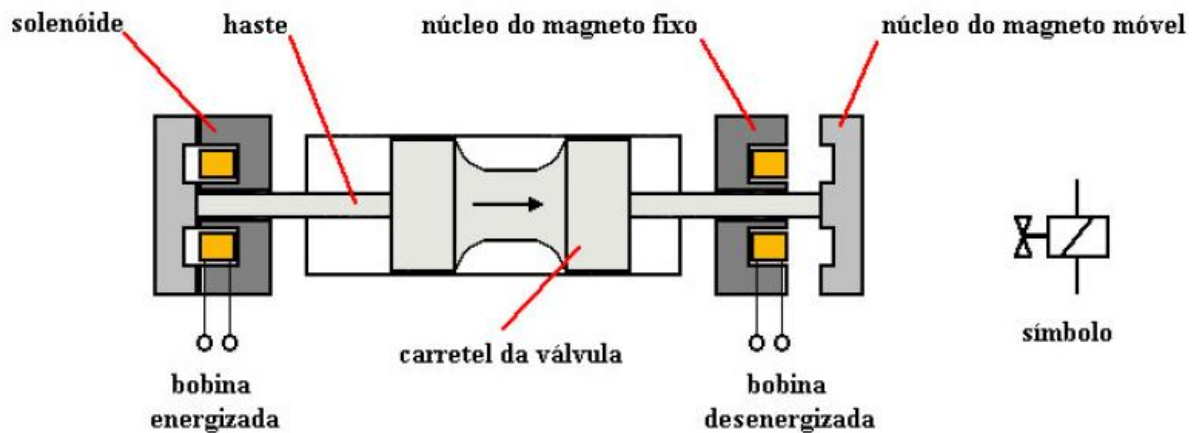


Figura 24: Diagrama esquemático de uma eletroválvula.  
Fonte: (FARIA, 2010, p. 84.)<sup>67</sup>

Apesar dos contadores, relés e eletroválvulas possuírem mecanismos e funções diferentes, o circuito de controle os energizará da mesma forma, como se fossem apenas uma bobina, o que se diferencia é a potência elétrica necessária ao acionamento de cada um.

#### 2.4.6. Partida de motores de indução trifásicos

Os motores de indução trifásicos são amplamente utilizados no meio industrial. Funcionam a partir de um rotor no qual a corrente induzida pelo estator gera um fluxo magnético que faz com que surja um torque devido a interação entre o fluxo magnético do rotor e do estator, desta forma o rotor tende a perseguir o campo magnético girante produzido pelo estator ligado diretamente à rede elétrica trifásica. Um dos motores mais utilizados são os do tipo rotor de gaiola de esquilo. De acordo com Fitzgerald, Kingsley e Umans: “O rotor de gaiola de esquilo possui enrolamento que consiste em barras condutoras encaixadas em ranhuras no ferro do rotor e curto-circuitadas em cada lado por anéis condutores.”<sup>68</sup>. Esse tipo de motor exige pouca manutenção pois dispensa o uso de escovas e anéis coletores, que são os elementos que mais apresentam desgastes devido ao atrito existente entre essas peças. Porém o motor com rotor gaiola de esquilo é um motor de velocidade constante, uma vez que este motor esteja ligado à uma rede elétrica com frequência constante em partida direta.

<sup>67</sup> FARIA, Lima de. Arilson. **Acionamentos Hidráulicos e Pneumáticos**. Cataguases: SENAI, 2010. p. 84.

<sup>68</sup> FITZGERALD. A. E.; KINGSLEY. Jr. Charles; UMANS. D. Stephen. **Máquinas Elétricas**. 6. ed., São Paulo: ARTMED, 2003. p.295.

Uma situação que merece muita atenção nesses motores é quando se trata de sua partida. A corrente necessária para a partida de um motor é muito maior do que a sua corrente nominal, geralmente está em torno de oito vezes maior do que a corrente nominal, mas depende muito da carga ao qual o motor está acoplado. Isso ocorre porque quando o motor está parado o escorregamento é máximo, ou seja a frequência da tensão induzida no rotor é a mesma frequência do estator, ao passo que quando o rotor começa a girar esse escorregamento vai diminuindo, e chega a um ponto em que a frequência da tensão e corrente induzida no rotor seja próximo de zero, porém nunca será zero, nessa condição estará em rotação nominal. Segundo Fitzgerald, Kingsley e Umans: “*A tensão induzida no rotor é proporcional ao escorregamento [...]. Assim a corrente do rotor é também proporcional ao escorregamento [...].*”<sup>69</sup>. Isso significa que quando o rotor estiver parado ou com rotação muito baixa, o escorregamento será maior, portanto a corrente também será maior.

Em alguns casos devido ao valor elevado da corrente de partida, faz com que haja afundamento de tensão capaz de provocar o mau funcionamento de outros componentes ligados à rede elétrica, diminui a vida útil dos condutores e componentes e em casos mais extremos a alimentação elétrica disponível pode ser insuficiente para a corrente de partida, além de se tornar um processo pouco eficiente devido as perdas por efeito Joule que ocorrem nos condutores. Nesses casos torna-se indispensável o uso de algumas técnicas para substituir a partida direta, de modo que se possa reduzir estas correntes durante a partida do motor. Além da partida direta existem a partida com chaves compensadoras série paralela, partida triângulo-estrela e partida compensada com autotransformador. Com o uso de dispositivos eletrônicos temos a partida com soft-starter e inversores de frequência. Veremos a seguir um pouco de cada método citado anteriormente, de acordo com os autores Bisone, Vaz e Paulo Júnior:

1. Segundo Bisoni, Vaz e Paulo Júnior: “*Sempre que for possível, o motor elétrico deverá ter partida direta. Para este tipo de partida o motor parte com valores de conjugado (torque) e corrente de partida plenos, pois suas bobinas recebem tensão nominal da rede.*”<sup>70</sup> Este é o método mais simples de partida e utiliza poucos componentes. A figura 25 mostra o diagrama multifilar deste tipo de partida:

---

<sup>69</sup> FITZGERALD. A. E.; KINGSLEY. Jr. Charles; UMANS. D. Stephen. **Máquinas Elétricas**. 6. ed., São Paulo: ARTMED, 2003. p.298.

<sup>70</sup> BISONI. R.P; VAZ. De Oliveira. S. Frederico; PAULO JÚNIOR. P. R. **Instalações Elétricas Industriais**. Florianópolis: SENAI, 2010. p. 47.

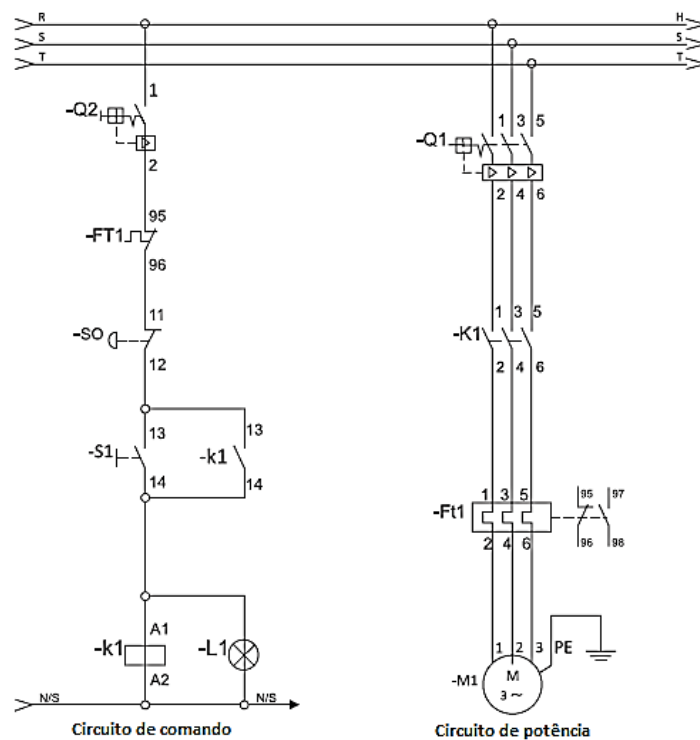


Figura 25: Diagrama multifilar, método partida direta.  
 Fonte: (BISONI; VAZ; JÚNIOR, 2010, p. 47.)<sup>71</sup>

2. A partida com chaves série paralela consiste em colocar as bobinas em série de modo a aumentar a impedância e assim reduzir o valor da corrente. Quando o motor atingir rotação próxima a rotação nominal a chave deverá ser comutada e as bobinas serão colocadas em paralelo, de modo a operar com potência e correntes nominais.

3. A partida com autotransformador consiste em reduzir a tensão de alimentação do motor para 65% ou 80%, que são os valores mais usuais ajustados por taps do autotransformador, no momento de partida. Após a partida, através de chaves ou contatores é possível ajustar os taps para 100% e trabalhar com a tensão nominal.

4. Um dos métodos mais utilizados é a partida estrela-triângulo. Este tipo de partida pode ser implementado através de chaves manuais que fazem esta comutação ou através de três contatores com o auxílio de um relé temporizado, permitindo que a partida ocorra com fechamento em estrela, deste modo a tensão em cada bobina será a tensão de linha dividida por  $\sqrt{3}$ , o que reduz a potência do motor em  $1/3$  e após o tempo ajustado no relé temporizador, os contatores irão comutar e fazer o fechamento em triângulo, permitindo que se tenha a tensão e potências nominais. Este método só pode ser utilizado em motores trifásicos que possuem pelo menos seis fios, de acordo com Bisoni, Vaz e Paulo Júnior:

<sup>71</sup> BISONI. R.P; VAZ. De Oliveira. S. Frederico; PAULO JÚNIOR. P. R. **Instalações Elétricas Industriais**. Florianópolis: SENAI, 2010. p. 47.



Este método é indicado para máquinas com conjugado resistente de partida de até 1/3 do conjugado de partida do motor. Exclusivamente aplicada em partidas de máquinas em vazio, ou com pouca carga. Sua carga plena só poderá ser aplicada após atingir a rotação nominal.<sup>72</sup>

A figura 26 mostra o diagrama multifilar do circuito de comando e de carga de uma partida estrela triângulo:

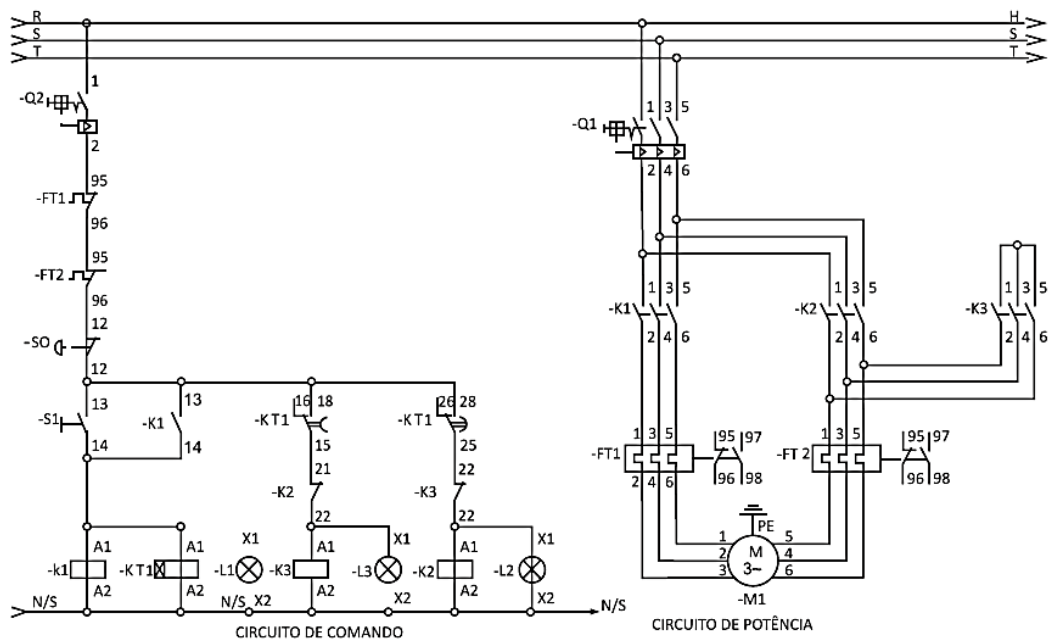


Figura 26: Diagrama multifilar, método partida estrela triângulo.

Fonte: (BISONI; VAZ; PAULO JÚNIOR, 2010, p. 49.)<sup>73</sup>

5. Além desses métodos, são muito utilizados na automação industrial os inversores de frequência e os soft-starters, que funcionam a partir de um controle eletrônico que aciona tiristores de modo a controlar a frequência e corrente no motor. Estes dispositivos permitem a utilização de rampas de aceleração e frenagem, trazendo vantagens não só para as instalações elétricas devido a redução da corrente de partida, mas também vantagens mecânicas ao sistema devido à redução de acelerações e frenagens bruscas. De acordo com Bisoni, Vaz e Paulo Júnior: “O inversor de frequência possui a função de controle da velocidade e torque nos motores de corrente alternada a partir de um comando eletrônico. É utilizado em bombas, pontes rolantes, carregadores, ventiladores, etc.”<sup>74</sup>. Tanto os inversores de frequência quanto os soft-starters funcionam a partir de um controle micro controlado que deve ser programado

<sup>72</sup> BISONI. R.P; VAZ. De Oliveira. S. Frederico; PAULO JÚNIOR. P. R. **Instalações Elétricas Industriais**. Florianópolis: SENAI, 2010. p. 48.

<sup>73</sup> BISONI. R.P; VAZ. De Oliveira. S. Frederico; PAULO JÚNIOR. P. R. **Instalações Elétricas Industriais**. Florianópolis: SENAI, 2010. p. 49.

<sup>74</sup> BISONI. R.P; VAZ. De Oliveira. S. Frederico; PAULO JÚNIOR. P. R. **Instalações Elétricas Industriais**. Florianópolis: SENAI, 2010. p. 71.

de acordo com as necessidades do sistema. A diferença do soft-starter para o inversor de frequência é que o inversor de frequência pode controlar diversos parâmetros do motor, como a rotação, torque, aceleração, frenagem e etc. Já o soft-starter controla somente a partida e frenagem.

### 3. IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO E ESTUDO DE VIABILIDADE

#### 3.1. CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA

A máquina de blocos VPH 1600 é uma máquina vibro prensa semiautomática, sua função é reduzir bastante a participação do homem no processo de produção, porém ainda necessita de um operador para monitorar e realizar cada movimento da máquina. Essa máquina é constituída principalmente por dispositivos mecânicos, e não possuem nenhuma parte lógica, por isso ela se torna dependente de um operador.

Após a análise da máquina, foi possível verificar que todo o seu sistema mecânico pode ser facilmente adaptado a um circuito de controle que funcionará por comandos elétricos e computacionais, que permitirão mais independência da máquina, sendo capaz de realizar todo processo repetitivo de controle das válvulas direcionais, sem a intervenção humana.

Na máquina de fabricação de blocos todos os movimentos realizados pelos pistões hidráulicos deverão ir até o final do curso, o que não necessita em muitos casos saber o posicionamento exato da peça, apenas será necessário saber o tempo que o pistão demora para se mover até o final do curso, podendo portanto implementar grande parte do sistema em malha-aberta. Nesse caso se o tempo que foi estipulado para o deslocamento do pistão for maior do que o tempo necessário para mover o pistão até o fim, não causará nenhum problema grave, pois o sistema hidráulico possui amortecimento de fim de curso e válvulas reguladoras de pressão, apenas irá gerar um pequeno atraso na produção, mas se for bem ajustado esse atraso será praticamente imperceptível.

Na máquina de blocos, quando o sistema for iniciado é necessário que primeiramente todas as partes sejam posicionadas corretamente, pois dependendo do posicionamento de determinadas partes da máquina, como, por exemplo, se a prensa estiver abaixada, de maneira alguma o carro de massa poderá ser movimentado, caso isso ocorra causará graves danos à máquina. Então para que ocorra o intertravamento de determinados movimentos e para posicionar previamente a máquina antes de iniciar a produção, será indispensável o uso de um sistema de malha-fechada em algumas partes da máquina. Com isso o sistema irá reconhecer o posicionamento da máquina no momento em que ela é ligada através dos sensores que foram instalados, caso não esteja posicionada corretamente, o sistema se encarregará de executar os movimentos na ordem correta para posicioná-la. Com a máquina devidamente posicionada, o sistema poderá iniciar os ciclos de produção.

É possível perceber que pode-se utilizar um sistema de controle lógico, uma vez que os sensores utilizados serão sensores fim-de-curso. Esses sensores não possuem medição contínua, ou seja, não

permitem ao sistema saber o exato posicionamento de cada parte da máquina, apenas informam quando essas partes atingem determinada posição, além disso não é possível descrever o processo de funcionamento da máquina de blocos através de uma equação matemática, o que dispensa o uso de controle dinâmico. No funcionamento da máquina, o que existe é apenas uma sequência de movimentos repetitivos, o que significa que o sistema de controle lógico funcionará perfeitamente nesse sistema.

Existem várias maneiras de criar esse sistema lógico, pode-se criar um circuito de controle com contadores e relés temporizadores, utilizando seus contatos normalmente abertos e normalmente fechados. Porém dessa maneira em situações mais complexas o número de componentes necessários seria muito grande, o que implicaria em um maior custo do sistema, mais energia elétrica seria necessária para fazer apenas uma operação lógica e ocuparia muito espaço, além disso, seria muito complexa a sua montagem e manutenção devido à grande quantidade de condutores interligando os diversos contatos.

Com o uso da eletrônica digital e lógica booleana, podemos fazer esse circuito lógico de maneira bem mais compacta, eficiente, com menores custos e maior durabilidade, com a utilização de circuitos integrados e micro controladores soldados em uma placa de circuito impresso.

Atualmente existem diversos micro controladores e CLP<sub>s</sub> (Controlador lógico programável) disponíveis no mercado com custos acessíveis. A vantagem de se utilizar um circuito programável é de transferir toda a complexidade do sistema para um algoritmo, que pode ser alterado sem a necessidade de alterações físicas no circuito de controle, além do mais um mesmo circuito pode ser utilizado em situações diferentes, basta elaborar um algoritmo e carregá-lo na memória do micro controlador.

Nosso projeto de automação utilizará como componente principal do sistema de controle uma placa arduino, que possui um micro controlador e todos os componentes necessários ao seu funcionamento, sendo necessário apenas programá-lo através de uma porta USB e adicionar componentes em suas portas de saída para permitir que o circuito de controle se comunique com os atuadores, que funcionam com tensão e potência muito superiores as do arduino.

O arduino possui um custo pequeno e é muito versátil, podendo ser aplicado em diversas áreas da automação, além disso muito material sobre sua programação está disponível para consulta.

Os atuadores mecânicos e hidráulicos da máquina de blocos são os motores elétricos e os pistões, porém para acioná-los são necessários os atuadores elétricos, que servirão como meio de comunicação entre o sistema de controle e os atuadores mecânicos e hidráulicos.

Na máquina de blocos tanto os motores elétricos, como os pistões hidráulicos, são considerados atuadores binários, pois só podem assumir dois valores: ligado e desligado. Portanto os atuadores elétricos que serão ligados na saída do sistema de controle, serão ligados em saídas discretas ou digitais. O que iremos utilizar na máquina de blocos são os contadores para acionar os motores elétricos, e as válvulas direcionais acionadas por solenoides (eletroválvulas) para acionar os pistões hidráulicos.

### 3.2. ESQUEMA ELÉTRICO DO SISTEMA AUTOMATIZADO

Devido à utilização de um controlador programável (arduino) como núcleo do sistema de controle, as alterações físicas serão as menores possíveis, uma vez que o sistema elétrico já existente pode ser facilmente adaptado para receber comandos de um sistema de controle, ao invés de receber comandos manuais diretamente do operador da máquina.

Já existiam no circuito quatro botoeiras (B1, B3, B5 e B7) responsáveis por acionar o misturador, a esteira do misturador, a esteira de saída e rolo rebarbador, e a central hidráulica respectivamente. Juntamente com esses quatro botões, existem outros quatro botões (B2, B4, B6 e B8) responsáveis por desligar os respectivos circuitos. Além das botoeiras, existe também um comando elétrico acionado por pedal (P1), responsável por acionar o vibrador. Todos os motores anteriormente eram acionados por partida direta e possuíam fechamento em triângulo. Porém como o motor do misturador possui 15cv de potência, torna-se vantajoso a utilização de partida compensada estrela triângulo para reduzir os impactos mecânicos gerados à caixa de redução durante a partida do motor, e além disso trazer benefícios ao sistema elétrico devido à redução da corrente de partida, ampliando assim a vida útil do sistema elétrico e mecânico. Utiliza-se para o motor do misturador os contatores K1, K8 e K9, além do relé temporizador T1.

Foram instalados cinco sensores fim-de-curso (F1, F2, F3, F4 e F5), sendo o primeiro e o segundo acionados quando o quando o carro de massa estiver totalmente recolhido ou totalmente esticados, o terceiro sensor será atuado quando a prensa estiver totalmente recolhida, o quarto sensor será acionado quando a matriz estiver totalmente recolhida, por último, o quinto sensor será acionado quando houver uma tábua na mesa de saída. No introdutor de palete (tábua), não será necessário a utilização de sensores, uma vez que seus movimentos podem ser totalmente controlados através de comandos temporizados. Foram adicionados também duas botoeiras (B9 e B10), para iniciar e parar o processo de produção através do sistema de controle automático. Para garantir a autonomia do operador foi adicionado uma chave seletora (S1) para que se possa escolher o funcionamento no modo automático ou modo manual. Para isso também foram inseridas chaves de três posições (C1, C2, C3 e C4) para comandar o sistema hidráulico através do acionamento dos solenoides das válvulas direcionais (Y1, Y2, Y3, Y4, Y5, Y6, Y7 e Y8), quando a chave seletora estiver no modo manual. Isso permite que o usuário execute movimentos diferentes dos que foram programados em situações de manutenção e limpeza, além de permitir o funcionamento da máquina caso o sistema automático apresente alguma falha. A figura 27 mostra o diagrama multifilar do circuito citado:

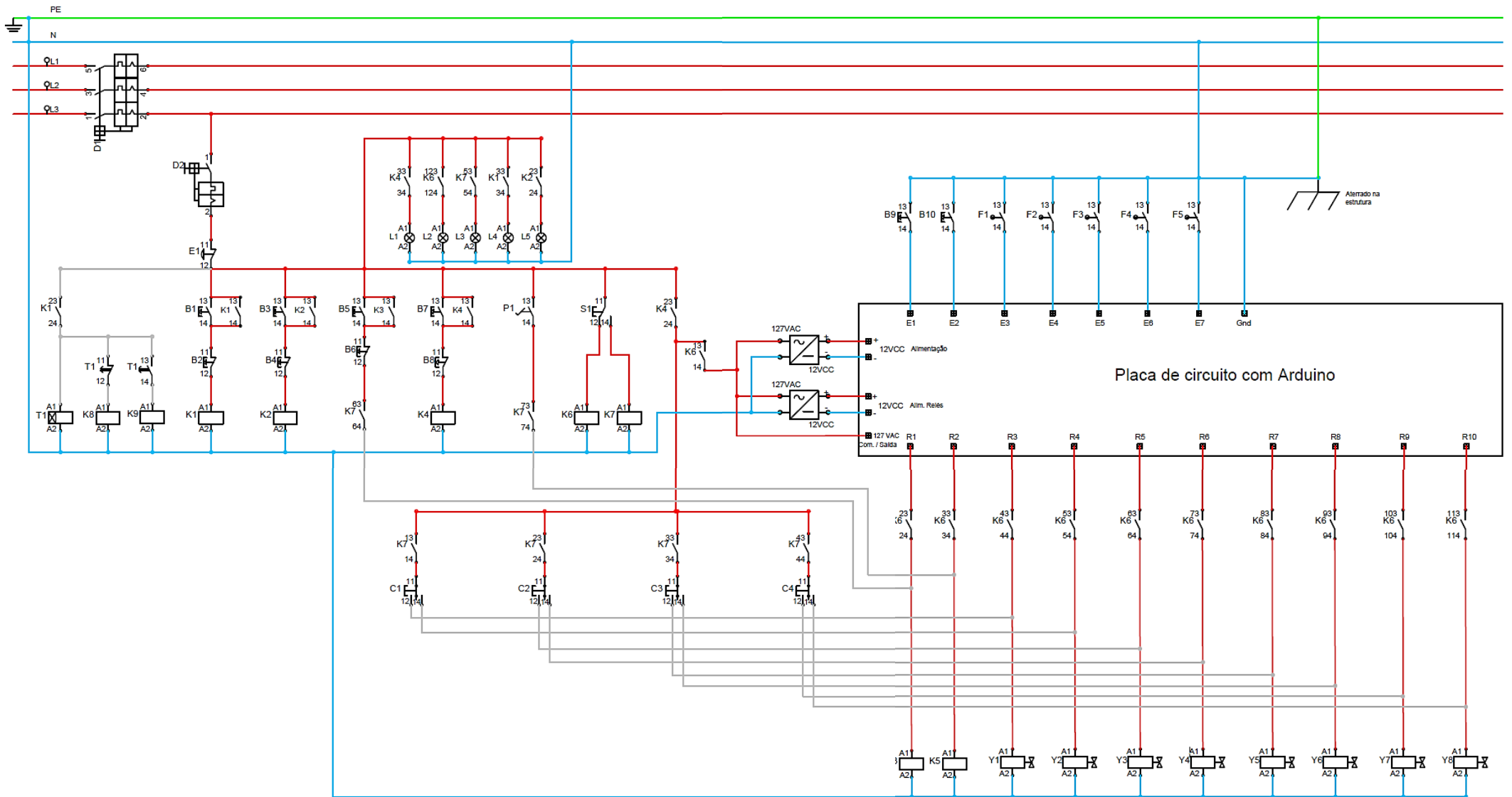


Figura 27: Diagrama multifilar do circuito de comando  
Fonte: Acervo do Autor

A legenda deste diagrama está contida no Anexo 1.

Os contatores K6 e K7 são responsáveis por fazer a comutação entre os componentes de comando manual e comando automático. Podemos perceber que a placa do circuito de controle só será alimentada se o contator K6 estiver acionado. Em contrapartida, quando o contator K7 estiver acionado as eletroválvulas serão comandadas pelas chaves de três posições e o vibrador e a esteira de saída também serão comandadas pelas botoeiras e pelo pedal, assim como funcionavam anteriormente. O circuito automatizado e os comandos hidráulicos só serão acionados quando a central hidráulica estiver ligada.

Os conversores de 127Vac para 12Vcc, podem ser constituídos de uma fonte chaveada ou um transformador associado a um retificador. Existem dois conversores, sendo que um deles alimentará diretamente o arduino e o outro alimentará os relés de entrada e de saída. Isso é feito para evitar que tensões produzidas pela interrupção abrupta das bobinas dos relés prejudique o funcionamento do arduino. Os terminais de saída da placa são ligados diretamente à 127Vac, sendo necessário a utilização de um fusível em cada saída para proteger os relés e a placa.

Temos ainda os sinaleiros L1, L2, L3, L4 e L5 que indicam respectivamente o funcionamento da central hidráulica, o modo automático ativado, o modo manual ativado, o motor do misturador ligado e a esteira do misturador ligada.

Acoplado a este circuito de comando temos ainda o circuito de carga, formado efetivamente pelos contatos de carga dos mesmos contatores utilizados no circuito de comando, alimentando respectivamente seus motores elétricos.

O motor M1 é o motor do misturador, e possui neste diagrama, partida estrela-triângulo, sendo a partida estrela acionada pelo contator K8 e em funcionamento na rotação nominal ativa-se o contator K9 e faz-se o fechamento triângulo.

O motor M2 representa o motor da esteira do misturador, o motor M3 representa o motor da esteira de saída e do rolo rebarbador, com partida direta e fechamento em triângulo. O vibrador possui dois motores, que são representados por M5 e M6, e por fim o motor da central hidráulica é representado por M4.

A figura 28 mostra o diagrama multifilar do circuito de carga, sua legenda está conforme o Anexo 1:

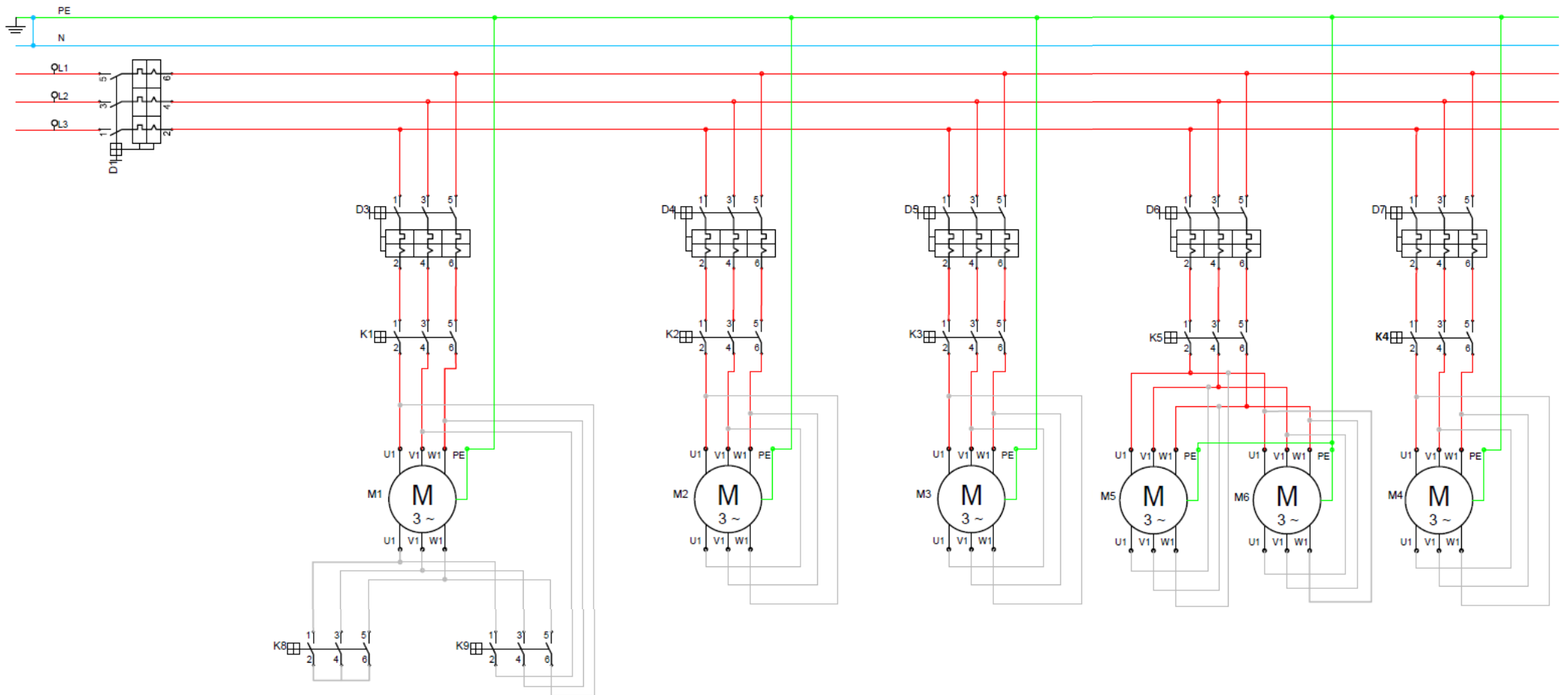


Figura 28: Diagrama Multifilar do circuito de carga.  
 Fonte: Acervo do Autor.



### 3.3. ESQUEMA ELÉTRICO DA PLACA DE CIRCUITO COM ARDUINO

Para que o Arduino Uno R3 possa ser conectado ao circuito elétrico mostrado anteriormente, é necessário a utilização de alguns componentes que permitam o acoplamento entre um circuito que opera com tensões de 127Vac, com o circuito do arduino que opera com tensões de 5Vcc.

Para isso utilizamos relés (G5Q-1-DC12) com bobina de 12Vcc e contatos de carga de 10 A e 250Vca, podendo portanto isolar eletricamente o arduino do circuito que atua os contadores e eletroválvulas.

Existem sete relés nas entradas e dez relés nas saídas. Os relés de entrada são ligados diretamente em 12Vcc, e são acionados pelas botoeiras B9, B10 e pelos sensores fim-de-curso, quando estes são atuados e fecham o circuito utilizando a própria carcaça metálica da máquina.

Quando acionados, os relés de entrada ligam 5Vcc provenientes da própria placa do arduino, nas respectivas entradas. Ainda nas entradas são adicionados resistores de “pull-down” de 10kΩ, que têm a função de aterrar as entradas e forçar o nível lógico 0 nas entradas quando não houver os 5Vcc, evitando valores lógicos incorretos quando não houver nada conectado nas portas de entrada.

Os relés de saída são atuados pelos sinais elétricos do arduino e acionam os contadores K3 e K5, assim como as oito bobinas das quatro eletroválvulas. Como os relés operam com 12Vcc, é necessário a utilização de transistores TBJ (BC337), para fazer o acionamento dos relés. Segundo o fabricante Siemens, o transistor BC337 possui o valor de ganho “hfe ou β” variando entre 100 à 250, admitindo portanto a pior condição do hfe e sabendo que a corrente necessária para ativar o relé (G5Q-1-DC12) é de 35mA, segundo simulações no software Proteus, é possível conhecer a corrente de base necessária através da fórmula 4:

$$I_b = \frac{35ma}{100}$$

Portanto:

$$I_b = 350\mu A$$

*Fonte: Adaptação nossa.*

Através da fórmula 6, podemos calcular o resistor que deve ser ligado na base do transistor:

$$I_b = \frac{V_{cc} - V_{be}}{R_b}$$

*Fórmula 6 – Cálculo da corrente de base*

*Fonte: (BOYLESTAD; NASHELSKY, 1999, p. 104.)<sup>75</sup>*

---

<sup>75</sup> BOYLESTAD. Robert; NASHELSKY. Louis. **Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos**. 6.ed., Rio de Janeiro: LTC, 1999. p. 104.

Sendo:  $I_b$  a corrente de base;  $V_{cc}$  é a tensão aplicada entre o resistor de base e o emissor;  $V_{be}$  a tensão entre os terminais base e emissor do transistor;  $R_b$  é a resistência de base.

Sendo assim:

$$R_b = \frac{5V_{cc} - 0,7}{350\mu A}$$

$$R_b = 12,29K\Omega$$

*Fonte: (Adaptação nossa.)*

De acordo com o fabricante Siemens, a corrente máxima na base do transistor é de 100mA, nessa situação o resistor de base  $R_b$  ligado ao transistor seria de  $43\Omega$ , portanto pode-se concluir que para que o transistor opere com saturação, desde que a corrente de coletor fique fixada em 35mA, o resistor de base  $R_b$  deve estar entre  $43\Omega$  e  $12,29K\Omega$ . No circuito foram utilizados resistores de  $1k\Omega$ , garantindo a saturação do transistor mesmo que o relé necessite de uma corrente de ativação maior.

Foram ligados diodos inversamente polarizados para “drenar” a corrente gerada pela autoindutância da bobina dos relés, quando a corrente nelas é bruscamente interrompida, protegendo assim os demais componentes do circuito, principalmente os transistores.

No terminal comum dos relés de saída foi ligado uma tensão de 127Vca, e os bornes de saída foram conectados nos terminais normalmente abertos. Nessas saídas foram utilizados fusíveis de 10 A para a proteção dos relés.

A figura 29 mostra o diagrama multifilar do circuito da placa:

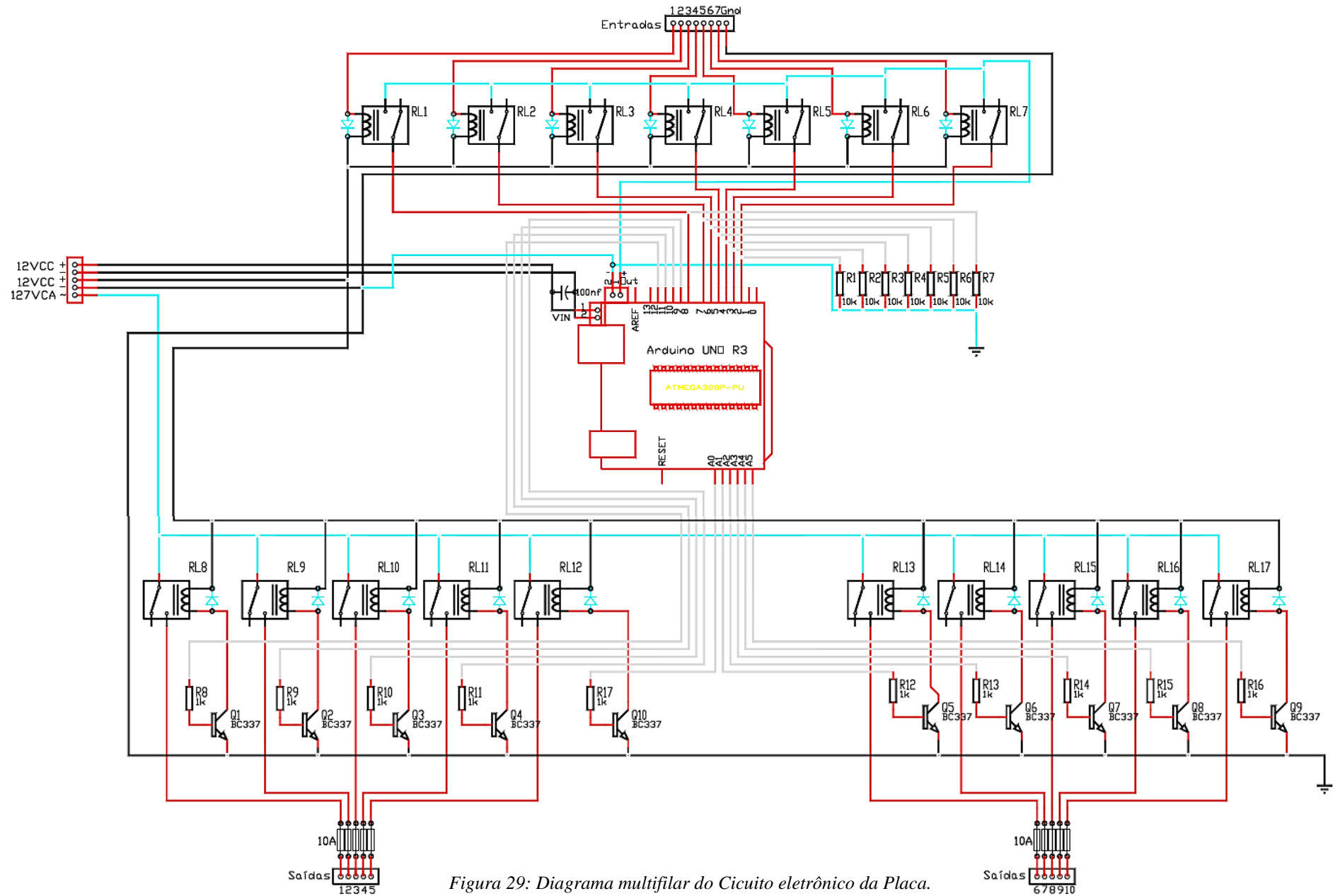


Figura 29: Diagrama multifilar do Circuito eletrônico da Placa.  
Fonte: Acervo do autor

Através do Software Ares Proteus, é possível criar um layout para a placa de circuito impresso e visualização em 3D, conforme Anexo 4. A legenda do diagrama do circuito eletrônico está no Anexo 2.

### 3.4. CIRCUITO HIDRÁULICO DO SISTEMA AUTOMATIZADO

As alterações do sistema hidráulico só ocorreram nas válvulas direcionais. Essas válvulas que anteriormente eram acionadas por alavancas, agora são acionadas por solenoides. Cada válvula direcional possui duas bobinas (solenoides), que permitem a atuação dos cilindros nos dois sentidos, além disso possuem retorno por mola. As válvulas direcionais utilizadas são válvulas 4/3vias com centro fechado.

A figura 30 mostra o circuito hidráulico com as válvulas acionadas por solenoides:

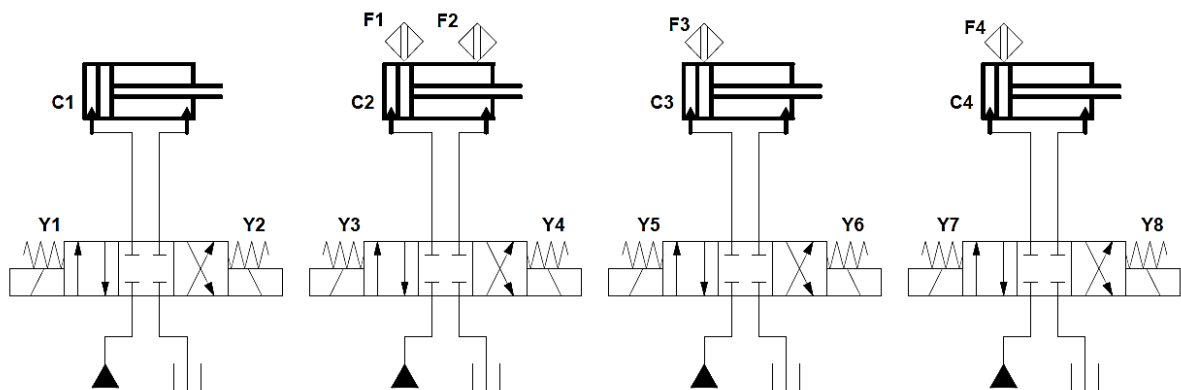


Figura 30: Circuito Hidráulico.  
Fonte: Acervo do autor.

A legenda do circuito hidráulico está de acordo com o Anexo 3.

Pode-se perceber na imagem os pistões hidráulicos: C1, C2, C3 e C4 acionados por suas respectivas válvulas direcionais. O pistão C1 refere-se ao introdutor de palete, o C2 ao carro de massa, o C3 refere-se à prensa e o C4 à matriz. Os elementos são F1, F2, F3 e F4 são sensores os fim-de-curso.

### 3.5. PROGRAMAÇÃO DO ARDUINO.

Utilizando um controle programável, é possível transferir toda a complexidade lógica e algébrica de um processo, para um simples algoritmo. Um algoritmo dita passo-a-passo como ocorrerá um determinado processo. A figura 31 demonstra um fluxograma do sistema que

pretende-se criar, o que permite entender melhor o que ocorre na produção de blocos na vibro prensa VPH 1600, funcionando de maneira automática:

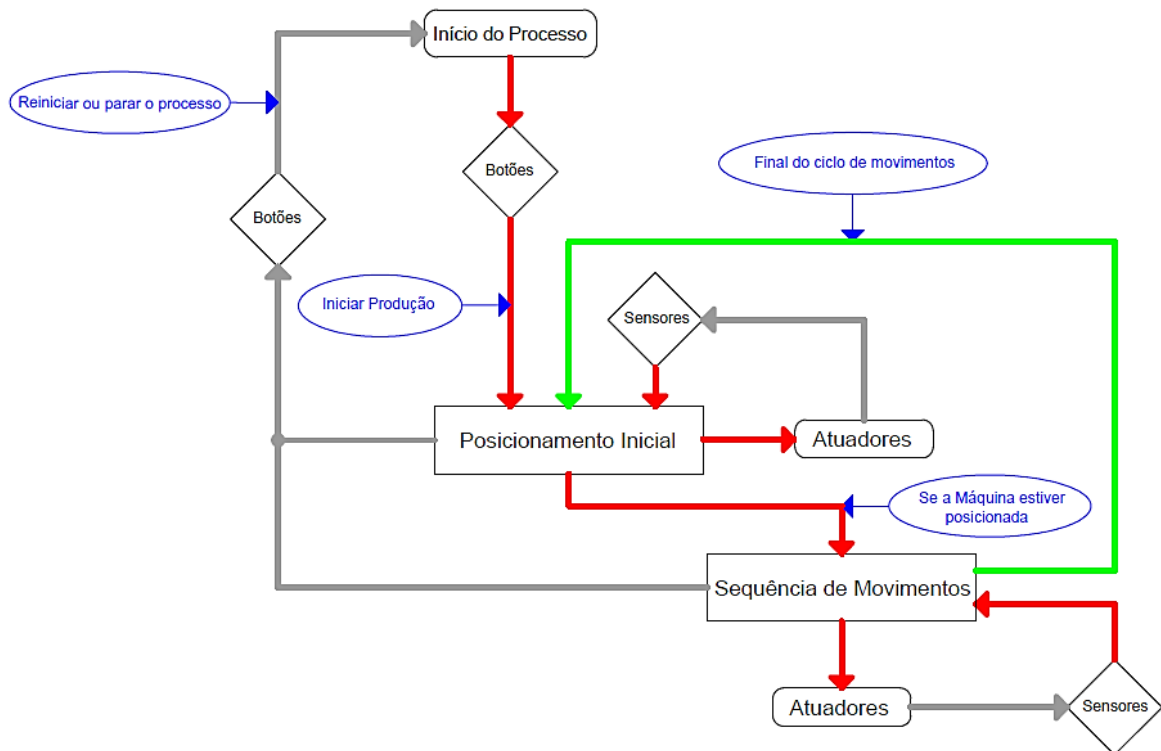


Figura 31: Fluxograma do funcionamento da máquina automatizada  
Fonte: Acervo do Autor.

O início do processo se dá com a energização da placa. Após isso, o sistema irá aguardar que o usuário pressione o botão “Liga” (B9), fazendo com a máquina inicie os movimentos para posicioná-la corretamente antes de iniciar a sequência de movimentos do ciclo de produção. Para que haja o posicionamento, o sistema irá controlar os atuadores e será realimentado pelos sensores que informarão o posicionamento das partes das máquinas.

Quando a máquina estiver corretamente posicionada o sistema dará início a sequência de movimentos do ciclo de produção que controlará os atuadores e será realimentado pelos sensores. Após o término do ciclo de movimentos, o sistema retornará ao posicionamento inicial, dando início a um novo ciclo de produção.

Em qualquer momento o usuário poderá pressionar o botão “Desliga” (B10), assim o sistema retornará ao início e ficará à espera do próximo comando “Liga”.

Conhecendo todo processo, deve-se elaborar um código que possa ser compilado e salvo na memória do arduino, para que este execute os mesmos passos descritos no fluxograma. Porém o que o arduino enxerga é o nível lógico das entradas e gerar níveis lógicos nas saídas de acordo com o código criado. Para isso deve-se estabelecer uma relação entre os botões,

sensores e atuadores com as portas de entrada e saída do arduino. A tabela 6 demonstra essa relação:

<b>Componente</b>	<b>Modo</b>	<b>Porta do Arduino</b>
Botoeira Liga	Entrada	8
Botoeira desliga	Entrada	7
Sensor fim-de-curso F1	Entrada	6
Sensor fim-de-curso F2	Entrada	5
Sensor fim-de-curso F3	Entrada	4
Sensor fim-de-curso F4	Entrada	3
Sensor fim-de-curso F5	Entrada	2
Contator K3 (Esteira de Saída)	Saída	12
Contator K5 (Vibrador)	Saída	11
Solenóide Y1 Cilindro 1	Saída	10
Solenóide Y2 Cilindro 1	Saída	9
Solenóide Y3 Cilindro 2	Saída	A0
Solenóide Y4 Cilindro 2	Saída	A1
Solenóide Y5 Cilindro 3	Saída	A2
Solenóide Y6 Cilindro 3	Saída	A3
Solenóide Y7 Cilindro 4	Saída	A4
Solenóide Y8 Cilindro 4	Saída	A5

*Tabela 6: Componentes de entrada, saída e suas respectivas portas*

*Fonte: Acervo do Autor.*

Como já foi dito, algumas partes da máquina terão de funcionar em malha fechada e utilizarão sensores fim-de-curso para indicar o posicionamento de determinadas partes da máquina. Em algumas pode-se utiliza-se comandos temporizados, sendo portanto necessário conhecer o tempo utilizado para realizar o movimento de esticar ou recolher o pistão. A tabela 7 mostra os tempos necessários para realizar o movimento completo:

<b>Movimento</b>	<b>Tempo de acionamento</b>		<b>Cilindro</b>	<b>Solenóide</b>
	<b>Recolher</b>	<b>Esticar</b>		
Introdutor de Palete	3s	4s	C1	Y2 e Y1
Carro de Massa	Sensor F1	Sensor F2	C2	Y4 e Y3
Prensa	Sensor F3	6s	C3	Y6 e Y5
Matriz	Sensor F4	1,5s	C4	Y8 e Y7
Repetições movimentos do carro	0,7s	Sensor	C2	

*Tabela 7: Tempo necessário em cada movimento da máquina*

*Fonte: Acervo do Autor*

Os valores de tempo estipulados na tabela 7, foram obtidos através de testes realizados com a vibro prensa VPH 1600, durante seu processo de produção.

Como pode-se perceber no fluxograma da figura 31, temos uma sequência de movimento referente ao posicionamento inicial da máquina, para isso o sistema deverá acionar o solenoide Y1 durante 4 segundos para esticar o C1, referente ao introdutor de palete. Ao mesmo tempo verifica-se o posicionamento da prensa, caso o sensor F3 não estiver acionado, deve-se ligar o solenoide Y6 para recolher a prensa até que o sensor F3 atue. Após o posicionamento da prensa, verifica-se se o sensor F1 está atuado, se não estiver, deve-se ligar o solenoide Y4 para recolher o carro de massa até que o sensor F1 atue. Após o posicionamento da prensa e do carro de massa, deve-se verificar o posicionamento da matriz, analisando se o sensor F4 está acionado, se não estiver, deve-se ligar o solenoide Y8 para recolher a matriz até que o sensor F4 atue. Por último, o sistema analisará o sensor F5, esse sensor indicará a presença de alguma tábua ou palete na mesa de saída, caso este sensor estiver acionado a máquina não estará pronta para um novo ciclo, portanto nesse caso o sistema só reconhecerá que a máquina está posicionada quando um operador retirar a tábua com os blocos produzidos no ciclo anterior e leva-los para a área de secagem, evitando aglomerações na saída.

Com a máquina devidamente posicionada, o sistema iniciará a sequência de movimentos relativos à produção dos blocos. A tabela 8 mostra os passos executados pelo sistema de controle para a produção dos blocos, lembrando que os solenoides representados por “Y” e números ímpares esticam o cilindro, enquanto os representados por números pares recolhem:

Passos	Ação	Acionar		Finalização
1.1	Recolher o introdutor de palete	Y2	9	3s
1.2	Acionar a esteira de saída	K3	12	7s
1.3	Esticar a matriz	Y7	A4	1,5s
2.1	Esticar o introdutor de palete	Y1	10	4s
2.2	Esticar o carro de massa	Y3	A0	Sensor F2
3	Acionar o vibrador	K5	11	
4	Recolher o carro de massa	Y4	A1	0,7s
5	Repetir os passos 2.2 e 4			20 Repetições
6	Recolher o carro de massa	Y4	A1	F1
7	Esticar a prensa	Y5	A2	6s
8	Desligar vibrador			
9	Recolher a matriz	Y8	A5	Sensor F4
10	Recolher a prensa	Y6	A3	Sensor F3
11	Conferir o posicionamento Inicial			

*Tabela 8: Sequência de movimento para a produção dos blocos*

*Fonte: Acervo do Autor*

Os passos 1.1, 1.2 e 1.3 ocorrem simultaneamente, assim como os passos 2.1 e 2.2. Todas essas ações se repetem a cada ciclo de produção.

O código fonte criado para o Arduino está conforme o Anexo 5 e foi baseado nos passos propostos na tabela 8. Os principais comandos utilizados foram: “`millis()`”; “`if`”; “`while`”; “`digitalRead`”; “`digitalWrite`”. De acordo com Silveira (SILVEIRA, 2012, p.6):

1. Comando “`millis()`” tem a função de retornar o tempo em milissegundos desde que o programa se iniciou;
2. Comando “`if`” é um controle de fluxo baseado em uma comparação;
3. Comando “`while`” cria um loop para repetir um grupo de instruções enquanto a condição exigida for atendida;
4. Comando “`digitalRead`” lê o valor digital presente em uma determinada entrada;
5. Comando “`digitalwrite`” gera um valor digital em uma porta de saída.

Também foram utilizadas funções aritméticas, assim como “`setup()`” que possui funções que serão executadas apenas quando o arduino for ligado, e a função “`void loop()`”, onde fica inserido o código que se repetirá indefinidamente.

Segundo o software de compilação do arduino, o código carregado do Anexo 5 utiliza apenas 3.338 bytes de um total de 32.256 bytes da memória do micro controlador, representando portanto, apenas 10% da capacidade de memória do arduino. Isso significa que diversas outras funções podem ser implementadas no mesmo controlador futuramente, sem a necessidade de alterações físicas no sistema. Futuramente pode-se por exemplo utilizar a porta serial USB e enviar comandos e receber dados da máquina à distância utilizando um computador.

### 3.6. ANÁLISE DE VIABILIDADE

#### 3.6.1. Cálculo dos custos totais de implementação do sistema

O custo total para a implementação do sistema automatizado será formado pelos custos dos equipamentos elétricos como contadores, botoeiras, sinaleiros e etc., além desses gastos existem os custos dos componentes eletrônicos, como o arduino, os relés, transistores, resistores e etc. Com o sistema hidráulico os custos serão formados pelas quatro válvulas que terão que ser substituídas por válvulas acionadas por solenoides.

A tabela 9 demonstra os custos com a adaptação do sistema:



Orçamento dos materiais		
	Custo	Empresa
Componentes Elétricos	R\$ 1.718,59	Loja Elétrica / SEMA
Componentes Eletrônicos	R\$ 192,00	Ponto da Eletrônica
Componentes hidráulicos	R\$ 2.560,00	Ameriflex
Outros gastos previstos	R\$ 500,00	
<b>Total</b>	<b>R\$ 4.970,59</b>	

*Tabela 9: Tabela dos custos de materiais  
Fonte: Acervo do autor*

Muitos componentes elétricos já existentes no painel de controle podem ser aproveitados com o sistema automatizado, os custos de materiais elétricos apresentado, incluem apenas os componentes além dos que já existem, por isso o custo não é muito alto. Os outros gastos, incluem uma previsão de gastos com diversos componentes de baixo custo que provavelmente serão necessários à instalação do sistema, como: conectores; parafusos; arruelas; fita isolante; solda e etc.

Os orçamentos dos equipamentos elétricos, eletrônicos e hidráulicos encontram-se respectivamente no Anexo 6, Anexo 7 e Anexo 8.

### **3.6.2. Comparação com preço de máquina totalmente automatizada**

Existe vibro prensa VPH 1600 totalmente automatizada, porém de acordo com o orçamento dado pelo fornecedor BORGESMAQ, o custo para a instalação do sistema automatizado na máquina semiautomática custaria R\$29.000,00, como pode ser visto no Anexo 9.

Pode-se perceber uma grande diferença entre o custo da automação proposta pelo nosso estudo, que teria um custo de materiais de R\$4970,59, tendo portanto uma grande margem para gastos com mão-de-obra dos técnicos e com a mão-de-obra do projetista, pois a diferença entre os valores é de R\$24.029,41.

### **3.6.3. Comparação da velocidade de produção antes e depois da automação**

O tempo necessário em cada ciclo da produção com a máquina manual fica em torno de 45 segundos e a produção diária fica em torno de 1800 blocos por dia, de acordo com dados fornecidos pela empresa “Blocos Forte” situada na cidade de Ubaporanga-MG.

Para se calcular o tempo de cada ciclo com a máquina automatizada, considerando a máquina devidamente posicionada, deve-se analisar a tabela 10 e somar os tempos de cada

passo necessário para completar o ciclo de produção, de acordo com o que foi inserido no algoritmo. Em casos que existam mais de uma ação em um mesmo passo, consideraremos o maior tempo. Podemos representar esses valores na tabela 10:

Passos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
Tempo	7s	4s	0s	0,7s	30s	2s	6s	0s	1,5s	1,5s	0s	52,7s

*Tabela 10: Tempo necessário em cada ciclo de operação*

*Fonte: Acervo do autor*

Pode-se perceber que da maneira como está programado, o sistema automatizado é mais lento, se comparado ciclo a ciclo, porém um grande fator favorável é que a máquina automatizada pode funcionar em tempo integral, diferentemente do operador. Além do mais o tempo de 52,7 segundos que obtivemos com o nosso sistema, deve ser aprimorado no instante de sua instalação, uma vez que o tempo de cada passo pode ser facilmente reduzido através de alterações do software, mas deve-se observar que a redução do tempo não poderá interromper determinados movimentos antes do final do curso. Os tempos de cada movimento utilizado no algoritmo e na estimativa de tempo pode ser visto no Anexo 10, esses tempos deverão ser reduzidos gradativamente para o aprimoramento do sistema.

De acordo com o proprietário da empresa Blocos Forte, em um turno diário de 8 horas, produz-se em torno de 1800 blocos. Sabendo que em cada ciclo são produzidos 4 blocos, serão necessários 450 ciclos de produção durante o turno de trabalho. Considerando-se as 8 horas, pode-se calcular um tempo médio de cada ciclo durante um dia de trabalho, de acordo com a fórmula 7:

$$Tm = \frac{n^{\circ} h. 60. 60}{n^{\circ} ciclos}$$

Sendo assim:

$$Tm = \frac{8. 60. 60}{450} = 64 \text{ segundos}$$

*Fórmula 7 – Cálculo do tempo médio gasto em cada ciclo durante um período*

*Fonte: Adaptação nossa*

Na fórmula 7 temos “Tm” representando o tempo médio gasto em cada ciclo em segundos; “n°h” é o número de horas de operação; “n°ciclos” é o número de ciclos realizados em determinado período.

Percebe-se então um valor médio muito superior aos 52,7 segundos do sistema automatizado, mesmo sem considerar o seu aprimoramento que deve ser feito no instante da instalação e calibragem do sistema.

Considerando-se as mesmas 8 horas de trabalho para a máquina automatizada, podemos obter uma previsão de produção de acordo com a fórmula 8:

$$Pr = \frac{n^{\circ}h \cdot 60 \cdot 60}{Tc} \cdot 4$$

Sendo assim:

$$Pr = \frac{8 \cdot 60 \cdot 60}{52,7} \cdot 4$$

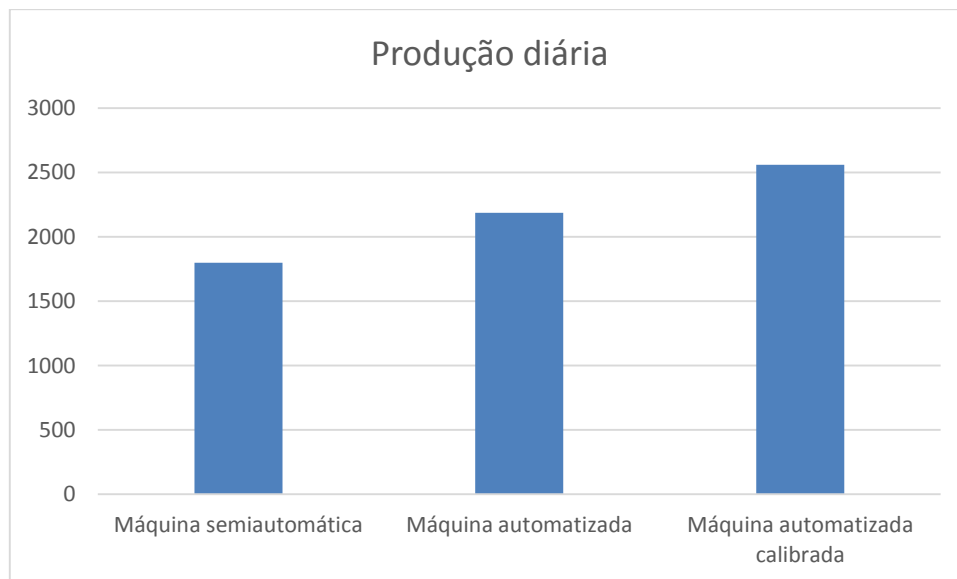
*Fórmula 8 – Cálculo da produção estimada em relação as horas de trabalho e o tempo dos ciclos*

*Fonte: Adaptação nossa*

“Pr” representa a produção diária de blocos; “Tc” é o tempo gasto em cada ciclo; O número “4” é referente ao fato de que são produzidos 4 blocos em cada ciclo.

Deste calculo obtêm-se o valor de 2186 blocos por dia, sendo um aumento considerável na produção, atingindo o valor de aproximadamente 21,4% de aumento na produção.

Com o sistema devidamente calibrado, através da redução gradativa do tempo de cada passo, será possível atingir o mesmo tempo necessário ao operador ou ainda melhor. Portanto nessa condição, utilizando 45 segundos em cada ciclo, seria possível obter uma produção de até 2560 blocos diários de acordo com a fórmula 8, acentuando-se ainda mais essa diferença, com isso a produção será em torno de 42,2% maior. O Gráfico 1 mostra a diferença de produção:



*Gráfico 1: Diferença de produção entre máquina semiautomática e totalmente automatizada*

*Fonte: Acervo do autor*

Além disso não será mais necessário a mão-de-obra qualificada para operar a máquina durante toda a produção, permitindo que quando o operador tiver de se ausentar a produção se mantenha, permitindo também uma maior flexibilidade nas trocas de turno e remanejar toda a mão-de-obra do operador para outros setores da produção.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo analisou a produção de blocos a partir da vibro prensa semiautomática VPH 1600, analisando um método alternativo para resolver o problema da dependência total da máquina de um operador fixo, de modo mais acessível ao proprietário em relação as máquinas automatizadas existentes.

A proposta para a solução do problema utiliza recursos da automação industrial, utilizando como elemento principal do sistema uma placa Arduino, juntamente com sensores e válvulas acionadas por solenoides, trazendo assim as inúmeras vantagens de um sistema com controle programável, que além de baixo custo, permite uma maior flexibilidade do sistema, assim como atualizações e implementações futuras sem necessidade de alterações físicas. Após ser verificado o funcionamento do sistema com o Arduino, deve-se criar uma placa de circuito impresso já com o micro controlador e seus componentes inseridos, pois o Arduino trata-se apenas de uma placa de prototipagem, sendo necessário portanto deixar o sistema mais robusto, principalmente em um ambiente industrial.

Apesar de automatizado, o sistema ainda poderá ser utilizado de forma manual, garantindo ao operador autonomia para realizar tarefas ainda não implementadas no sistema de controle e permitindo a flexibilidade necessária para realizar manutenção e limpeza das partes da máquina.

Com a máquina automatizada é possível obter maior produção e conseqüentemente maior lucro ao proprietário, devido principalmente ao seu funcionamento constante durante o período de trabalho, deixando a produção independente da mão-de-obra do operador, que será remanejado para outros setores da produção.

Uma vez que o proprietário se torna mais competitivo no mercado, o produto final que chegará ao consumidor terá seus custos reduzidos. O processo automatizado garante ainda a padronização dos processos de produção, permitindo ao consumidor adquirir um produto de qualidade que atenda suas necessidades.

A produção automatizada elimina os erros humanos causado por cansativas horas de trabalho repetitivo, que podem causar danos à máquina, atrasos na produção e desperdício de material, portanto esse sistema proposto contribuirá também com a vida útil dos componentes elétricos, mecânicos e hidráulicos da máquina, além de aumentar a segurança pessoal dos trabalhadores.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, Toni dos Santos. **Automação Industrial I**. Abrantes: Escola Superior de Tecnologia de Abrantes, 2004.
- AMORIM, A. P. Carlos. **Sensores**. Guaratinguetá: Universidade Estadual Paulista, 2010.
- ARDUINO. **Arduino UNO**. Disponível em: <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>. Acesso em: 31 de outubro de 2014.
- BISONI, R.P; VAZ, De Oliveira. S. Frederico; PAULO JÚNIOR, P. R. **Instalações Elétricas Industriais**. Florianópolis: SENAI, 2010.
- BORGESMAQ. **Hidráulica VPH 1600**. Disponível em: <http://borgesmaq.com.br/fabricar-blocos-e-pavers/maquinas-de-bloco/maquina-de-bloco-hidraulica-vph-1600/>. Acesso em: 27 de fevereiro e 12 de agosto de 2014.
- BOYLESTAD, Robert; NASHELSKY, Louis. **Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos**. 6.ed., Rio de Janeiro: LTC, 1999.
- CAMARGO, de Oliveira. Guilherme. **Comandos Hidráulicos e Pneumáticos**. Florianópolis: SENAI, 2010.
- CARVALHO NETO, João Teixeira de. **Controladores lógico programáveis**. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2011.
- FARIA, Lima de. Arilson. **Acionamentos Hidráulicos e Pneumáticos**. Cataguases: SENAI, 2010.
- FITZGERALD, A. E.; KINGSLEY, Jr. Charles; UMANS, D. Stephen. **Máquinas Elétricas**. 6. ed., São Paulo: ARTMED, 2003.
- MARTINS, M. Geomar. **Princípios de Automação Industrial**. Santa Maria: Universidade federal de Santa Maria, 2012.
- McROBERTS, Michael. **Aduino Básico**. 1.ed., São Paulo: Novatec Editora, 2011.
- MFW MÁQUINAS LTDA. Manual de Instruções VPH 1600/7000.
- MORAES, Almeida de. Airton. **Comandos elétricos**. São Paulo: SENAI, 2005.
- OGATA, Katsuhiko. **Engenharia de Controle Moderno**. 4.ed., Universidade de Minnesota: Editora Prentice, 1982.
- SILVA, Marcelo Eurípedes da. **Curso de automação industrial**. Piracicaba: Fundação Municipal de Ensino de Piracicaba, 2007.
- SILVEIRA, João Alexandre da. **Cartilha para programação em C**. 2012.

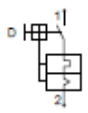

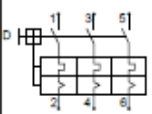

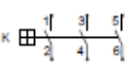



















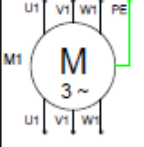

TONET, Bruno; KOLIVER, Cristian. **Introdução aos algoritmos**. Caxias do Sul: Universidade de Caxias do Sul.

WEG. **Controladores lógico programáveis**. 2014.

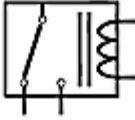


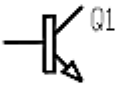
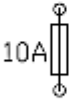



YOUNG, D. H.; FREEDMAN, A. R. **Física II Termodinâmica e Ondas**. 10.ed., São Paulo: PEARSON, 2004.

## ANEXOS

## Anexo 1 – Legenda do circuito elétrico de comando e carga

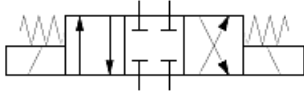




Legenda 1			
	Disjuntor Monofásico		Botoeira NA-sem retenção
	Disjuntor Trifásico		Botoeira NF-com retenção
	Contato de carga trifásico		Botoeira NF-sem retenção
	Conversor 127Vca-12Vcc		Botoeira NF-com retenção
	Bobina-Contator		Botoeira NA-Emergência
	Bobina-Relé temporizador		Botoeira NF-Emergência
	Bobina-Eletroválvulas		Comando Elétrico acionado por pedal-NA
	Contato auxiliar NA		Comando Elétrico acionado por pedal-NF
	Contato Auxiliar NF		Sensor fim-de-curso NA
	Chave seletora de 2 posições-com retenção		Sensor fim-de-curso NF
	Chave de três posições-sem retenção		Aterrado na estrutura
	Sinaleiro luminoso		Contato relé temporizador-NF
	Motor trifásico-6 fios		Contato relé temporizador NA

**Anexo 2 – Legenda do circuito eletrônico da placa com Arduino**

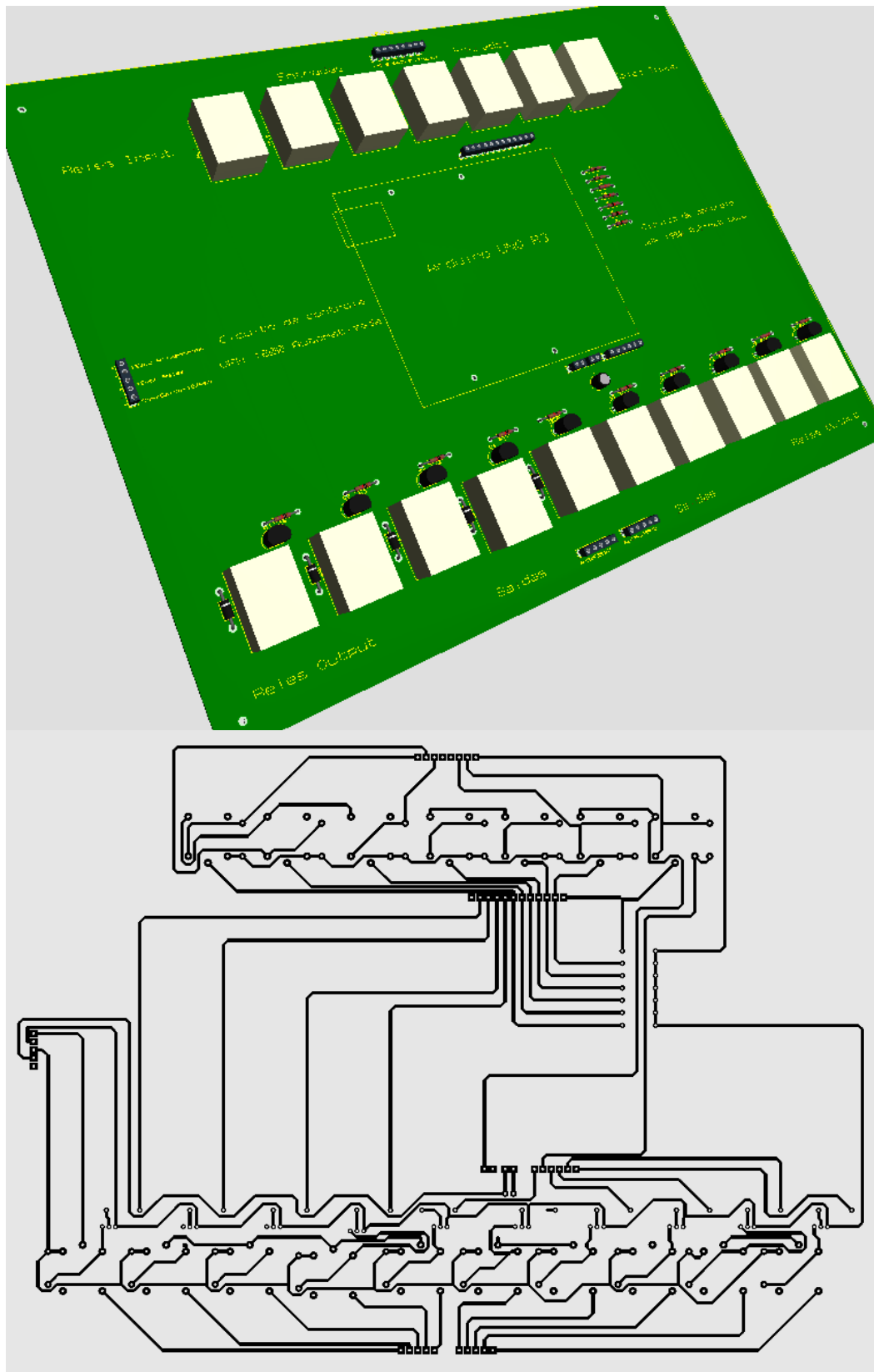
Legenda	
	Relé 5 pinos
	Resistor
	Diodo
	Transistor TBJ
	Fusível 10A
	Capacitor Eletrolítico
	Bloco de terminais
	Aterramento



**Anexo 3 – Legenda do circuito hidráulico**

Legenda 2	
	Válvula 4/3 vias com centro fechado-acionado por solenoide-retorno por mola
	Fonte de pressão hidráulica
	Reservatório de fluido
	Cilindro de ação dupla
	Sensor fim-de-curso

### Anexo 4 – Layout da placa de circuito impresso



## Anexo 5 – Código carregado no arduino

```

M_quina_de_blocos

/*
Programação do sistema de controle da vibro prensa automatizada

Os intervalos podem ser alterados para o aprimoramento da máquina
*/
int botao_liga = 8; //Variável do botão ligar
int botao_desliga = 7; //Variável do botão desligar
int estado_botao_liga = 0; //Armazena o estado lógico do botão liga
int estado_botao_desliga = 0; //Armazena o estado lógico do botão desliga
int controle = 0; //Variável que liga e desliga o sistema
int passos = 1; //variável que controla os movimento a serem executados
int etapa = 1; //Alterna movimentos do passo 5
int repeticoes = 0; //Variável que conta as repetições do passo 5
int introdutor_posicionado = 0; //Variável que controla posicionamento do introdutor de palete
int y2 = 9; //Variável que aciona o recolhimento do introdutor de palete
int k3 = 12; //Variável que aciona a esteira de saída
int y7 = A4; //Variável que aciona a descida da matriz
int y1 = 10; //Variável que estica o introdutor de palete
int y3 = A0; //Variável que estica o carro de massa
int k5 = 11; //Variável que aciona o vibrador
int y4 = A1; //Variável que aciona o recolhimento o carro de massa
int y5 = A2; //Variável que estica a prensa
int y8 = A5; //Variável que aciona o recolhimento da matriz
int y6 = A3; //Variável que aciona o recolhimento da prensa
int sensor_f1 = 6; //Porta que lê o valor do sensor f1
int estado_f1 = 0; //Salva valor lógico do sensor f1
int sensor_f2 = 5; //Porta que lê o valor do sensor f2
int estado_f2 = 0; //Salva valor lógico do sensor f2
int sensor_f4 = 3; //Porta que lê o valor do sensor f4
int estado_f4 = 0; //Salva valor lógico do sensor f4
int sensor_f3 = 4 ; //Porta que lê o valor do sensor f3
int estado_f3 = 0; //Salva valor lógico do sensor f3
int sensor_f5 = 2 ; //Porta que lê o valor do sensor f5
int estado_f5 = 0; //Salva valor lógico do sensor f5
int intervalo_1 = 3000; //intervalo de 3s
int intervalo_2 = 7000; //intervalo de 7s
int intervalo_3 = 1500; //intervalo de 1,5s
int intervalo_4 = 4000; //intervalo de 4s
int intervalo_5 = 700; //intervalo de 0,7s
int intervalo_6 = 6000; //intervalo de 6s
unsigned long contagem = 0; //armazena o tempo de determinado instante
int reset_tempo = 0; //Variável que permitirá a variável contagem
de se igualar ao tempo e zerar a contagem de tempo*/
void setup() {
  pinMode(botao_liga, INPUT);
  pinMode(botao_desliga, INPUT);
  pinMode(sensor_f1, INPUT);
  pinMode(sensor_f2, INPUT); //Define pinos como entrada
  pinMode(sensor_f4, INPUT);
  pinMode(sensor_f3, INPUT);
  pinMode(sensor_f5, INPUT);
  pinMode(y2, OUTPUT);
  pinMode(k3, OUTPUT);
  pinMode(y7, OUTPUT);
  pinMode(y1, OUTPUT);
}

```

```

pinMode(y3, OUTPUT); //Define pinos como saída
pinMode(k5, OUTPUT);
pinMode(y4, OUTPUT);
pinMode(y5, OUTPUT);
pinMode(y8, OUTPUT);
pinMode(y6, OUTPUT);
}

void loop() {

estado_botao_liga = digitalRead (botao_liga); //Lê o botão de ligar
if (estado_botao_liga == HIGH) { //Se estiver pressionado...
    controle = 1; //controle será igual a
}
reset_tempo=0;
repeticoes=0;
unsigned long tempo = millis(); //Lê e salva o tempo desde que o arduino foi ligado na variável tempo

//posicionamento inicial
while (controle == 1) { //Laço que posicionará inicialmente a máquina
    estado_botao_desliga = digitalRead(botao_desliga); //lê o botão desliga
    if (estado_botao_desliga == HIGH) {
        controle = 0; //Desliga o sistema
    }
    unsigned long tempo = millis(); //Lê e salva o tempo desde que o arduino foi ligado na variável tempo
    if (introdutor_posicionado == 0) { //Estica o introdutor de palete

        if (reset_tempo == 0) {
            digitalWrite(y1, HIGH); //liga y1
            contagem = tempo;
            reset_tempo = 1;
        }
        if ((tempo - contagem) >= intervalo_4) {
            digitalWrite(y1, LOW); //Desliga y1 após o intervalo_4
            introdutor_posicionado = 1;
        }
    }

    estado_f3 = digitalRead(sensor_f3);
    if (estado_f3 == LOW) { //Se a prensa não estiver recolhida...
        digitalWrite(y6, HIGH); //Recolhe a prensa
    }
    if (estado_f3 == HIGH) { //Se a prensa estiver recolhida...
        digitalWrite(y6, LOW); //Deliga e para o cilindro
    }

    estado_f1 = digitalRead(sensor_f1);
    if (estado_f3 == HIGH && estado_f1 == LOW) { //Se a prensa estiver recolhida e o carro de massa não estiver...
        digitalWrite(y4, HIGH); //Recolhe o carro de massa
    }
    if (estado_f1 == HIGH) { //Se o carro de massa estiver recolhido...
        digitalWrite(y4, LOW); //Desliga e para o cilindro
    }
}

estado_f4 = digitalRead(sensor_f4);
if (estado_f3 == HIGH && estado_f1 == HIGH && estado_f4 == LOW) {
    /*Se a prensa e o carro estiverem recolhidos e a matriz não estiver...*/
    digitalWrite(y8, HIGH); //Recolhe a matriz
}
if (estado_f4 == HIGH) { //Se a matriz estiver recolhida...
    digitalWrite(y8, LOW); //Desliga e para o cilindro
}

estado_f5 = digitalRead(sensor_f5);
if (introdutor_posicionado == 1 && estado_f3 == HIGH && estado_f1 == HIGH && estado_f4 == HIGH && estado_f5 == LOW) {
    /*Se todas as partes estiverem posicionadas...*/
    controle = 2; // Inicia-se a produção dos blocos
    introdutor_posicionado = 0;
    passos = 1;
    reset_tempo=0;
}
}
}

```

```

//laço que executará os movimentos durante a produção
while (controle == 2) { //enquanto o controle for igual a 1 ...
  estado_botao_desliga = digitalRead(botao_desliga);
  if (estado_botao_desliga == HIGH) {
    controle = 0; //Desliga o sistema
  }
  unsigned long tempo = millis(); //Lê e salva o tempo desde que o arduino foi ligado

  if (passos == 1) {

    if (reset_tempo == 0) {
      digitalWrite(y2, HIGH); //liga y2
      digitalWrite(k3, HIGH); //liga k3
      digitalWrite(y7, HIGH); //liga y7
      contagem = tempo;
      reset_tempo = 1;
    }
    if ((tempo - contagem) >= intervalo_1) { //Desliga y2 após intervalo_1
      digitalWrite(y2, LOW);
    }
    if ((tempo - contagem) >= intervalo_3) { //Desliga y7 após intervalo_3
      digitalWrite(y7, LOW);
    }
    if ((tempo - contagem) >= intervalo_2) { //Desliga K3 após intervalo_2
      digitalWrite(k3, LOW);
      reset_tempo = 0; //habilita igualar a contagem com o tempo
      passos = 2; //passa para o próximo passo
    }
  }
  if (passos == 2) {
    estado_f2 = digitalRead(sensor_f2);
    if (reset_tempo == 0) {
      digitalWrite(y1, HIGH); //liga y1
      contagem = tempo;
      reset_tempo = 1;
    }
    if ((tempo - contagem) >= intervalo_4) { //Desliga y1 após intervalo_4
      digitalWrite(y1, LOW);
    }
    if (estado_f2 == LOW) { //Desliga y3 após o sensor f2 estar acionado
      digitalWrite(y3, HIGH);
    }
    if (estado_f2 == HIGH) { //Desliga y3 após o sensor f2 estar acionado
      digitalWrite(y3, LOW);
      if ((tempo - contagem) >= intervalo_4) {
        /*Se o sensor f2 estiver acionado e tempo for igual ou superior ao intervalo...*/
        reset_tempo = 0;
        passos = 3; //Passa para o passo 3
      }
    }
  }
  if (passos == 3) {
    digitalWrite(k5, HIGH); //liga k5
    passos = 4; //liga para o passo 4
    unsigned long tempo = millis(); //Lê e salva o tempo desde que o arduino foi ligado
  }
  if (passos == 4) {

    if (reset_tempo == 0) {
      digitalWrite(y4, HIGH); //liga y4
      contagem = tempo;
      reset_tempo = 1;
    }

    if ((tempo - contagem) >= intervalo_5) { //Desliga y4 após o intervalo_5
      digitalWrite(y4, LOW);
      reset_tempo = 0;
      passos = 5; //Passa para o passo 5
    }
  }
}

```

```

if (passos == 5) {
  if (etapa == 1) { //Estica o carro de massa
    estado_f2 = digitalRead(sensor_f2);
    digitalWrite(y3, HIGH); //liga y3
    if (estado_f2 == HIGH) { //desliga y3 quando o sensor f2 estiver acionado
      digitalWrite(y3, LOW);
      etapa = 2; //passa para a etapa 2
    }
  }
}
if (etapa == 2) { //recolhe o carro de massa

  if (reset_tempo == 0) {
    digitalWrite(y4, HIGH); //liga y4
    contagem = tempo;
    reset_tempo = 1;
  }

  if ((tempo - contagem) >= intervalo_5) { //desliga y4 após o intervalo_5
    digitalWrite(y4, LOW);
    reset_tempo = 0;
    etapa = 1; //retorna para a etapa 1
    repeticoes++; //conta as repetições
  }
}
if (repeticoes >= 20) { //após as 20 repetições...
  passos = 6; //passa para o passo 6
  repeticoes = 0; //zera a contagem das reptições
}
}
if (passos == 6) {
  estado_f1 = digitalRead(sensor_f1);
  digitalWrite(y4, HIGH); //liga y4
  if (estado_f1 == HIGH) { //desliga y4 quando sensor f1 estiver acionado
    digitalWrite(y4, LOW);
    passos = 7; //passa para o passo 7
    unsigned long tempo = millis(); //Lê e salva o tempo desde que o arduino foi ligado
  }
}
if (passos == 7) {

  if (reset_tempo == 0) {
    digitalWrite(y5, HIGH); //liga y5
    contagem = tempo;
    reset_tempo = 1;
  }


  if ((tempo - contagem) >= intervalo_6) { //desliga o y5 após o intervalo_6
    digitalWrite(y5, LOW);
    reset_tempo = 0;
    passos = 8; //passa para o passo 8
  }
}
if (passos == 8) {
  digitalWrite(k5, LOW); // desliga k5
  unsigned long tempo = millis(); //Lê e salva o tempo desde que o arduino foi ligado
  passos = 9; //passa para o passo 9
}
if (passos == 9) {
  estado_f4 = digitalRead(sensor_f4);
  digitalWrite(y8, HIGH); //liga y8
  if (estado_f4 == HIGH) { //desliga o y8 quando o sensor f8 estiver acionado
    digitalWrite(y8, LOW);
    passos = 10; //passa para o passo 10
    unsigned long tempo = millis(); //Lê e salva o tempo desde que o arduino foi ligado
  }
}
if (passos == 10) {
  estado_f3 = digitalRead(sensor_f3);
  digitalWrite(y6, HIGH); //liga y6

```

```
if (estado_f3 == HIGH) { //desliga y6 quando o sensor f3 estiver acionado
  digitalWrite(y6, LOW);
  passos = 11; //passa para o passo 11
  unsigned long tempo = millis(); //Lê e salva o tempo desde que o arduino foi ligado
}
}
if (passos == 11) {
  controle = 1; //retorna para o posicionamento inicial
  passos = 1;
  reset_tempo = 0;
  repeticoes = 0;
}
}
}
}
```

Anexo 6 – Orçamento dos componentes elétricos

Loja Elétrica:

		AV JOSE JULIO DA COSTA, 1145 - IGUAÇU IPATINGA-MG - 35.162-082 CNPJ: 17.155.342/0009-30 - IE: 062.014.664.0852 TELEFONE: (31) 3828-1800 / FAX: (31) 3828-1801 E-MAIL: <a href="mailto:joseluz@lojaeletrica.com.br">joseluz@lojaeletrica.com.br</a> SITE: <a href="http://www.lojaeletrica.com.br">www.lojaeletrica.com.br</a>		PÁGINA: 1 DE 1			
<b>ORÇAMENTO Nº: 8/045/006505</b>							
<b>INFORMAÇÕES DO CLIENTE</b>							
CÓDIGO / NOME:	909000-00 / JOAO VITOR		CONTATO:				
CPF / CNPJ:			INSCR. ESTADUAL:	ISENTO			
ENDEREÇO:			TELEFONE:				
BAIRRO:			E-MAIL:	<a href="mailto:joseluz@lojaeletrica.com.br">joseluz@lojaeletrica.com.br</a>			
CIDADE / UF:	BELO HORIZONTE/MG		CEP:				
<b>ITEM</b>	<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>CLASSIF.</b>	<b>UN.</b>	<b>QTD.</b>	<b>R\$ UNIT.</b>	<b>R\$ TOTAL</b>
1	222.04.0619.026/8	BOTAO 22,0MM COM.INF MET.VM M2/20BFR-R-1B	85365090	PC	1,00	8,78	8,78
2	222.04.0619.025/1	BOTAO 22,0MM COM.1NA MET.VD M2/20BFR-G-1A	85389090	PC	1,00	8,62	8,62
3	220.03.0619.001/8	BLOCO CONT.1NA SA P/BOTAO M2/P2 M20-1A METALTE	85389090	PC	1,00	1,68	1,68
4	222.07.0619.006/7	COMUTADOR 22MM 3POS.FIXA PL.2NA CURT.P2SSR4B2A	85365090	PC	4,00	8,27	33,08
5	222.07.0619.004/3	COMUTADOR 22MM 2POS.FIXA PLAS.1NA P20SSR2B1A	85365090	PC	1,00	6,42	6,42
6	219.08.0619.008/6	FONTE CHAVEADA 035W S.12VDC 3,0A S/NES 35-12 M	85044090	PC	2,00	126,22	252,44
7	246.05.0659.001/2	RELE TEMPO EST.T 30S.RYD01MC 94-24ZVCA ALTRONI	85364900	PC	1,00	77,73	77,73
8	220.03.0375.060/4	CONTATOR 032A 000 110V CWM32-00 30V15 WEG	85364900	PC	2,00	111,14	222,28
9	220.03.0375.075/8	CONTATOR ALUX.CVCA0-40-00V26 220V 4NA WES	85364900	PC	5,00	31,08	155,40
10	218.33.0000.056/2	CABO 1KV 3X06,00MM2 EPR/HEPR 90GR FLEX. BOBINA	85444900	MT	10,00	7,77	77,70
11	218.09.0000.156/2	CABO FLEXIVEL 750V 001,50MM2 VM BOBINA	85444900	MT	50,00	0,45	22,50
12	218.09.0000.157/9	CABO FLEXIVEL 750V 002,50MM2 AM BOBINA	85444900	MT	50,00	0,71	35,50
13	222.09.0619.002/7	SINALEIRO 22MM C/LED.110V L2-DR1-GP VD META	85318000	PC	3,00	8,16	24,48
14	222.09.0619.001/0	SINALEIRO 22MM C/LED.110V L2-DR1-BLP AZ META	85318000	PC	1,00	9,25	9,25
15	222.09.0619.004/1	SINALEIRO 22MM C/LED.110V L2/20-DR1-Y AM META	85318000	PC	1,00	5,68	5,68
16	232.11.0021.015/0	MICRORUTOR MFJ C/ALAVANCA E ROLD.1NA+1NF KAP	85365090	PC	5,00	105,41	527,05
<b>SUB TOTAL: R\$ 1.468,59</b>							
<b>CONDIÇÕES COMERCIAIS</b>							
DATA DE EMISSÃO:	17/11/2014		VALIDADE:	19/11/2014			
PLANO DE PGTO:	(081) A VISTA		NATUREZA OPERAÇÃO:	(101) VENDA			
ALMOX. SAÍDA:	(008) IPATINGA		TRANSPORTADOR:	(194) DESTINATARIO APANHIA - PROPRIO CLIENTE			
VENDEDOR:	(055) JOSE LUIZ CABRAL CAMPOS - 31 38281800		2º VENDEDOR:				
ORDEM DE COMPRA:			DATA CONTRATUAL:				
FRETE:	CLIENTE - VALOR R\$: 0,00		PRazo ENTREGA:				
PESO LÍQUIDO:	9,45 KG		DATA 1º PGTO:				
Nº PEDIDO ERP:			Nº PRÉ-VENDA:				
<b>TOTAL DE IPI*</b>	<b>TOTAL DE ST*</b>	<b>TOTAL DE ICMS*</b>	<b>FRETE (CLIENTE)</b>	<b>TOTAL GERAL</b>			
R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	<b>R\$ 1.468,59</b>			
<b>OBSERVAÇÕES</b>							
NÃO ACEITAMOS DEVOLUÇÃO OU TROCA DE RETALHOS DE FIOS, CABOS, MANGUEIRAS, NEM DE MERCADORIAS VENDIDAS SOB MEDIDA OU ENCOMENDAS ESPECIAIS. PREÇOS VÁLIDOS SOMENTE PARA ESTE ORÇAMENTO. GERADO EM 17/11/2014 16:59:34							

SEMA:

Pag.1 1      Data: 19/11/2014 Hora: 17:23      ORÇAMENTO MC      034807

Cliente : VENDA AO CONSUMIDOR CARATINGA

Endereco :      Nº: 0

Bairro :      Cidade: Abadia dos Dourados

CNPJ/CPF : 00.000.000/0000-10      Insc.Est :      Fone:

Vendedor : 522 - DEIZE /

Qtde.	Cod.	Alte.	Descricao	vlr.Unit	vlr.Total
1	050233		QUADRO COMANDO ALT.0600 LARG.0600 PROF.0200MM	250,00	250,00
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.

DEVOLUCAO E TROCA, ATE 15 DIAS DA COMPRA      Origem:000000-00

Condição de Pagamento: 01 - A VISTA

Obs.:






Totalizacao	
Total Bruto:	250,00
Desconto...:	0,00
Acrescimo...:	0,00
Total Liq.:	250,00

-----

Assinatura      Despacho      Entregue \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_



## Anexo 7 – Orçamento dos componentes eletrônicos

Produto/Versão/Variação	Quantidade	Preço Unitário	Preço Total
 TRANSISTOR BC337-25 PHILIPS (PCT 10PÇS)	<input type="text" value="1"/> Alterar quantidade Remover da cesta	R\$ 16,00	R\$ 16,00
 RESISTOR 10K 1/6W 5% (PCT 200PÇS)	<input type="text" value="1"/> Alterar quantidade Remover da cesta	R\$ 10,00	R\$ 10,00
 RESISTOR 1K 1/4W 5% (PCT 200PÇS)	<input type="text" value="1"/> Alterar quantidade Remover da cesta	R\$ 10,00	R\$ 10,00
 1N4007 (PCT 300PÇS)	<input type="text" value="1"/> Alterar quantidade Remover da cesta	R\$ 15,00	R\$ 15,00
 RELE AT1RC2 12VCC / FZ412 5TERMINAIS (PCT 5PÇS)	<input type="text" value="4"/> Alterar quantidade Remover da cesta	R\$ 14,00	R\$ 56,00
 PLACA FENOLITE 20CM X 30CM	<input type="text" value="1"/> Alterar quantidade Remover da cesta	R\$ 15,00	R\$ 15,00
 ARDUINO UNO R3 - KIT COM PLACA - CABO - CONECTORES	<input type="text" value="1"/> Alterar quantidade Remover da cesta	R\$ 60,00	R\$ 60,00
 CAPACITOR ELETROLITICO 1 X 50V RD 85° NPL (PCT 50PÇS)	<input type="text" value="1"/> Alterar quantidade Remover da cesta	R\$ 10,00	R\$ 10,00

Para finalizar sua compra calcule o valor do frete:

CEP:

Subtotal: R\$ 192,00

Frete:

**Total: R\$ 192,00**

## Anexo 8 – Orçamento componentes hidráulicos

COTAÇÃONº6911

Cliente: JOÃO VICTOR  
Vendas - Leopoldo / Luciano

A/C: JOÃO VICTOR  
DATA: 18/11/14

IT	QTD	Referência	Preço Unit.	Preço Total
01	04 PÇS	MFH-4/3-1/4 + BOBINA 127	R\$ 640,00	R\$ 2.560,00

TEMOS VALVULA 4 VIAS 3 POSIÇÕES ROSCA 1/4 COM BOBINA 110 VOLTS. RETORNO POR MOLA.

Condições de pagamento	28 DIAS
<b>Prazo de entrega</b>	<b>05 DIAS UTEIS</b>
Transporte	FOB - CLIENTE RETIRA
Validade da proposta	10 DIAS
Impostos (ICMS / IPI)	Incluso

Atuamos como distribuidores de conceituados fabricantes, nacionais e internacionais como: Gates, Ermeto, Festo dentre outros. Além do mais comercializamos toda linha, conexões, flanges, tubos para aplicação em vapor, reparação de equipamentos Festo e outros.

**Anexo 9 – Orçamento da máquina totalmente automatizada fornecida pela empresa BORGESMAQ**



**3 - Preço**

Item	Modelo	Descrição	Qtda.	R\$ à vista
1	<b>VPH 1600</b>	<b>Máquina de bloco hidráulica</b>	<b>1</b>	<b>74.000,00</b>
2	Acessório	automatização (opcional)	1	29.000,00
3	Acessório	alimentador tábuas + mesa descarga (opcional)	1	14.000,00
4	Acessório	kit forma piso (porta formas + prolongador moega)	1	2.300,00
5	Acessório	resfriador bomba hidráulica (opcional)	1	5.000,00
6	<b>MPO 750</b>	<b>Misturador</b>	<b>1</b>	<b>33.800,00</b>
7	Acessório	dosador de água e aditivo	1	20.615,00
8	<b>ETO 6000</b>	<b>Esteira transportadora</b>	<b>1</b>	<b>13.500,00</b>
9	<b>ETO 4500</b>	<b>Esteira transportadora</b>	<b>1</b>	<b>12.500,00</b>

**Anexo 10 – Valores de tempo utilizados no algoritmo para seu respectivo movimento**

<b>Tempo</b>	<b>Recolher</b>	<b>Esticar</b>
Introdutor de Palete	3s	4s
Carro de massa	2s	2s
Prensa	1,5s	6s
Matriz	1,5s	1,5s
Repetições	0,7s	