

PROPOSTA DE AUTOMAÇÃO DE UMA MÁQUINA HIDRÁULICA PARA PRODUÇÃO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS

Leandro Nascimento, Daniel Khéde Dourado Villa

1. Introdução

Diante dos desafios de atenuar impactos ambientais, o tijolo ecológico tem surgido como uma alternativa sustentável aos tijolos convencionais queimados em forno. Esse tipo de tijolo é composto basicamente por argila, cimento e água e são formados por conformação, sem a necessidade de passar por processo de queima. A conformação é a etapa fundamental na formação desse tipo de tijolo pois lhes confere as características físicas e de resistência que são traduzida em qualidade final do produto. Esta etapa é realizada por meio de mecanismos que podem agir por meio de esforço manual, pelo movimento de um braço de alavanca, ou mecânicos, através de sistemas hidráulicos.

A automatização de um mecanismo para produção de tijolos ecológicos pode proporcionar ganhos na qualidade e quantidade de uma produção, além de garantir produtos padronizados. De forma geral, um operador pode produzir 250 tijolos por hora de trabalho utilizando uma máquina hidráulica. Baseando em máquinas automáticas similares disponíveis no mercado, estima-se que este número alcance 400 tijolos por hora.

O objetivo deste trabalho é desenvolver um projeto de automação para uma máquina hidráulica produtora de tijolos ecológicos. Em específico, este trabalho trata das etapas de elaboração do diagrama ladder, baseado na dinâmica de funcionamento da máquina e implementação de funções auxiliares, e da escolha dos componentes para estruturar o sistema de automação. Vale ressaltar que esse projeto pode ser aplicado à máquinas produtoras de pavimentos e blocos de concreto que utilizam o mesmo princípio de funcionamento.

2. Contextualização

Este trabalho trata do projeto de automação desenvolvido para implementação em uma máquina comercial produtora de tijolos. Essa máquina é produzida e comercializada pela empresa Mecamig. A Mecamig é uma empresa de engenharia que projeta, produz e comercializa máquinas e equipamentos para os setores da construção civil e agroindustrial.

Antes de apresentar o desenvolvimento deste projeto, é necessário conhecer a estrutura da máquina e entender a sua dinâmica de funcionamento para compreender todo o sistema de controle do processo. Assim, a estrutura deste modelo da máquina e seu funcionamento são descritos a seguir.

2.1. Descrição da máquina

A máquina produtora de tijolos ecológicos funciona como uma prensa hidráulica, atuando com a função de comprimir uma quantidade de massa base (mistura de argila, cimento e água) dentro de uma câmara para formar o tijolo. A prensa hidráulica tem estrutura composta por um carrinho, um funil de carga de material, uma câmara de compressão, um suporte superior (prensa), um suporte inferior, duas hastes laterais articuladas, e um sistema hidráulico. A Figura 1 ilustra o modelo da máquina e mostra a identificação de alguns de seus componentes.

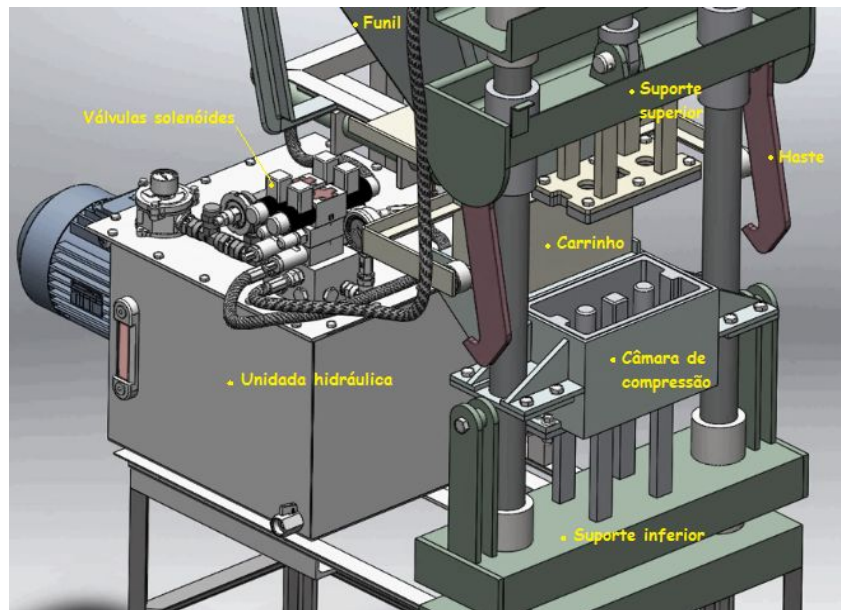


Figura 1 - Modelo da prensa hidráulica com identificação de componentes.

O funil de carga de material é um recipiente aberto por cima e por baixo, instalado na parte superior da máquina onde deve ser depositada a massa base do tijolo.

O carrinho é o elemento responsável por transportar a massa base desde a parte inferior do funil de carga até depositá-la na câmara de compressão. Sua estrutura é formada por uma caixa retangular aberta por cima e por baixo. Nas laterais, possui dois “braços” fixados com a função de empurrar as hastes laterais, desengatando-as do suporte inferior, quando o carrinho se mover para frente. Na sua parte frontal, o carrinho possui empurradores que, no movimento de avanço do carrinho, empurram o tijolo para fora da máquina. E na parte superior traseira, o carrinho possui ainda uma plataforma utilizada para fechar a parte inferior do bocal de entrada quando se mover para frente.

A câmara de compressão é o local onde a massa base é comprimida pela prensa dando forma ao tijolo. As paredes internas da câmara de compressão, a sua base que está fixada no suporte inferior e a peça fixada na extremidade do suporte superior são removíveis e intercambiáveis. Essas peças são denominadas moldes e permitem a confecção de diferentes tipos de tijolos.

O suporte superior (prensa) é a estrutura fixada à extremidade do cilindro vertical e que se movimenta para baixo e para cima comandada pelo movimento do cilindro. Essa estrutura contém o molde que entra na câmara de compressão para conformar o tijolo. Nas laterais do suporte superior estão fixadas, por articulação, as hastes laterais. As hastes laterais tem a função de realizar o engate ao suporte inferior quando a prensa descer e elevá-lo quando a prensa subir.

O suporte inferior é a estrutura móvel, similar ao suporte superior, que fica situada abaixo da câmara de compressão. Essa estrutura contém a base da câmara de compressão e os pontos de engate das hastes, fixados nas laterais. Ela se movimenta para cima pelo engate com as hastes laterais e desce quando o carrinho desengata as hastes. Quando é movida para cima, ela eleva o tijolo formado para fora da câmara de compressão.

O sistema hidráulico é composto por dois cilindros hidráulicos, duas válvulas de comando direcional hidráulicas com acionamento por solenóides, um bloco *manifold*, mangueiras com conectores e uma unidade hidráulica. A unidade hidráulica é formada, basicamente, por uma bomba hidráulica, um motor trifásico, filtros, manômetros e o reservatório de óleo. A Figura 2 mostra um esquema do circuito hidráulico da máquina.

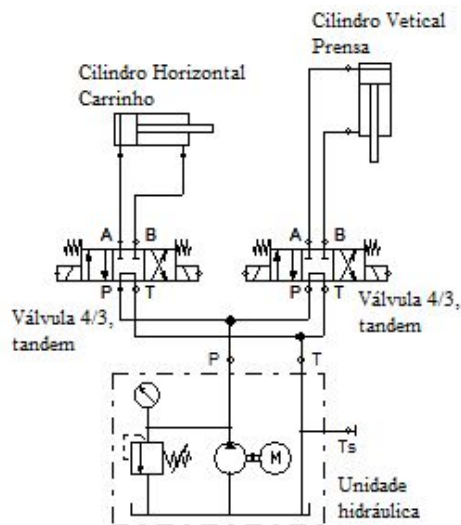


Figura 2 - Circuito hidráulico da máquina.

Os cilindros são caracterizados como cilindro vertical e cilindro horizontal de acordo com sua posição na máquina. O cilindro vertical é o responsável pela prensagem do tijolo. Ele fica posicionado na parte superior da máquina, na posição vertical, e movimenta o suporte superior. O cilindro horizontal é responsável pelo movimento de avanço e recuo do carrinho. Este cilindro fica posicionado na parte traseira da máquina, na posição horizontal. Ambos os cilindros são do tipo de dupla ação porém possuem dimensionamento diferentes, sendo o cilindro vertical um cilindro mais robusto para atender à necessidade do esforço requerido para a prensagem.

A válvula de comando é o elemento responsável por controlar e direcionar o fluxo de óleo para dentro dos cilindros. O sistema conta com duas válvulas do tipo 4 vias e 3 posições, com centro tipo *tandem*, duplo solenóide e retorno por mola. As solenóides controlam o

avanço e retorno do cilindro. Quando as solenóides são desativadas a válvula retorna à sua posição inicial centrada. Este tipo de válvula permite a paralisação do cilindro em qualquer posição do movimento, com o cilindro permanecendo estático até que a válvula seja acionada.

Um bloco *manifold* é utilizado para distribuir a pressão do fluxo óleo para as válvulas de forma equilibrada. O bloco *manifold* é uma peça prismática sólida que contém canais internos que regulam a passagem do óleo entre a bomba e os atuadores. O bloco recebe a pressão vinda da bomba e repassa às válvulas que ficam anexadas sobre o bloco. O bloco *manifold* simplifica o circuito hidráulico, uma vez que elimina a necessidade de mangueiras e conexões para cada válvula separadamente.

Uma unidade hidráulica fornece energia de pressão para alimentar o funcionamento dos cilindros. Esta unidade é responsável por armazenamento, filtragem e resfriamento do óleo, aferição de pressão do sistema e fornecimento de fluxo de óleo pressurizado para permitir o movimento dos atuadores.

2.2. Descrição do princípio de funcionamento da máquina

O funcionamento da máquina é conduzido pelo sistema hidráulico que comanda o movimento dos cilindros. As válvulas de comando controlam os cilindros que, por sua vez, movimentam os componentes da máquina. O carrinho é movido pelo cilindro horizontal até o fim do seu curso, transportando a massa base até a câmara de compressão. Ao atingir o fim do percurso, o carrinho deposita a massa base na câmara de compressão e retorna para sua posição inicial. Essa etapa do processo está ilustrada na Figura 3.

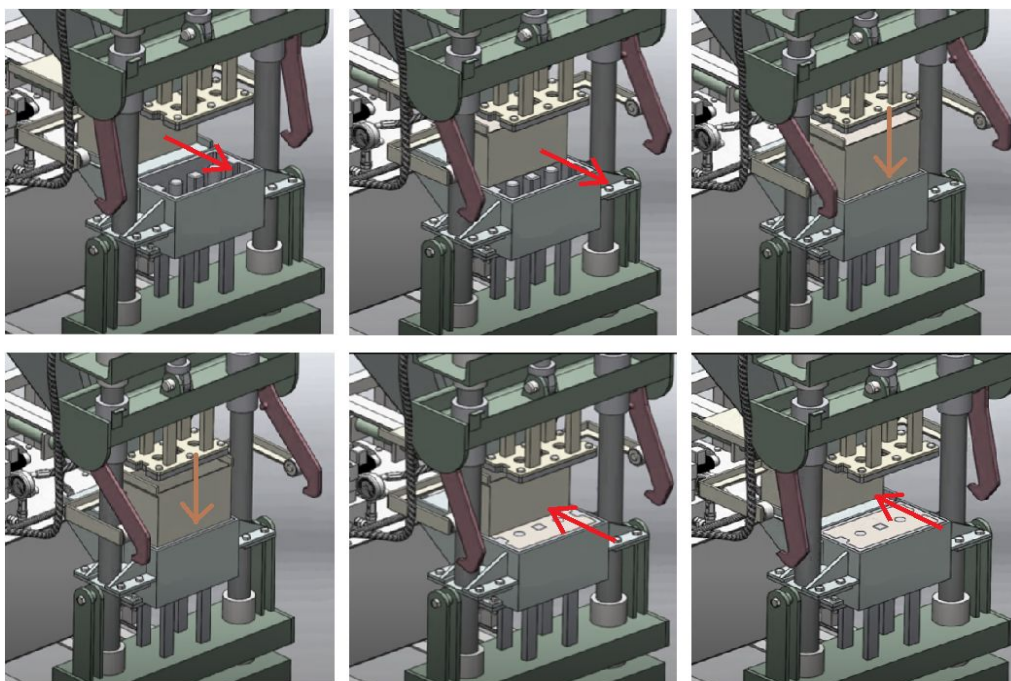


Figura 3 - Avanço do carrinho e preenchimento da câmara de compressão.

Após o retorno do carrinho, inicia-se a processo de prensagem com a descida do suporte inferior. O suporte superior desce, movido pelo cilindro vertical, e comprime a massa base dentro da câmara de compressão, até o limite de conformação. Quando o suporte superior inicia seu retorno, as hastes laterais engatam-se ao suporte inferior fazendo-o subir e, com isto, elevando o tijolo formado para fora da câmara de compressão. Um novo movimento do carrinho para frente desengata as hastes laterais do suporte inferior, fazendo o suporte inferior descer. Assim, a câmara de compressão se abre e recebe a massa transportada pelo avanço do carrinho. Essa etapa do processo está ilustrada na Figura 4.

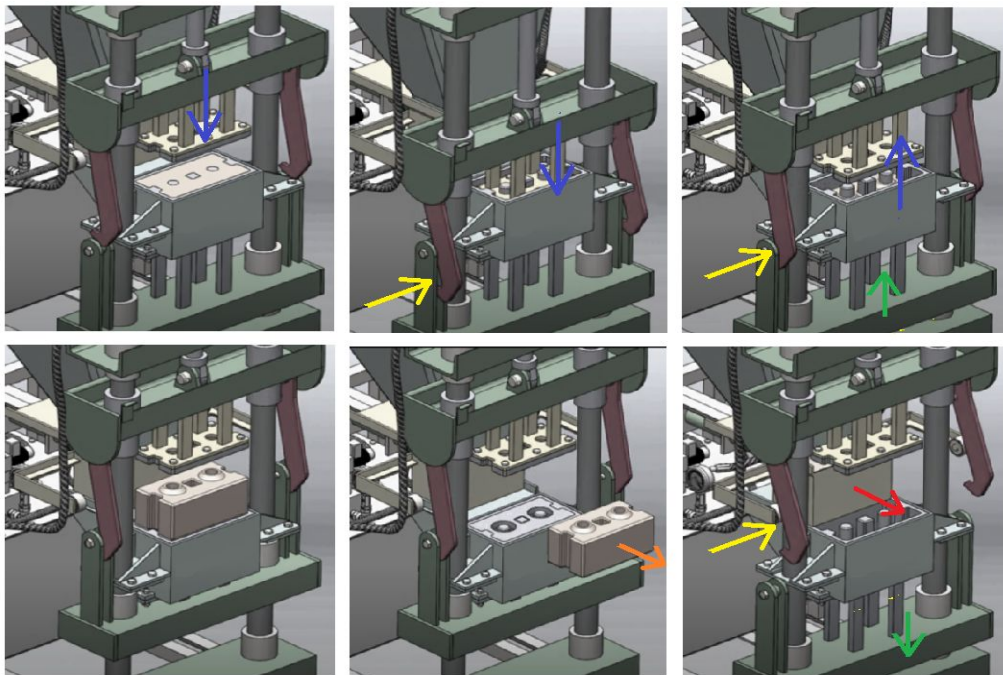


Figura 4 - Prensagem e formação do tijolo.

3. Projeto de Automação

O projeto de automação consiste em desenvolver um sistema controlado que seja capaz de gerenciar o funcionamento da máquina. Segundo define Dorf e Bishop (2009, p. 437), “o projeto de um sistema de controle trata da concepção e da realização da estrutura do sistema e da seleção de componentes e parâmetros adequados”. Assim, este projeto é dividido em duas etapas: uma trata-se da concepção e desenvolvimento de uma lógica de automação que coordene as tarefas básicas da dinâmica de funcionamento e outras funcionalidades; a outra trata-se da escolha dos instrumentos de acionamento, controle e resposta, e da concepção de um painel de comando para o sistema.

3.1. Sistema de automação

Basicamente, o sistema de automação deve controlar o movimento de avanço e retorno dos cilindros de forma executar, sincronamente, as tarefas de prensagem e formação do tijolo. Além da execução das tarefas básicas da máquina, o sistema de automação desenvolvido é configurado com os seguintes funcionalidades:

- Modo automático: esta função é acionada pela comutação da chave seletora, no painel de comando, e habilita o funcionamento automático do processo, ou seja, as tarefas de avanço e retorno do carrinho e da prensa são realizados de forma autônoma controlados pelo sistema de automação.
- Modo manual: esta função é habilitada pela comutação da chave seletora e permite que a máquina seja operada manualmente através do acionamento de botoeiras no painel de comando.
- Função “*pause/play*”: acionado através de uma botoeira sem retenção, esta função permite paralisar e retomar o processo a qualquer instante da operação no funcionamento da máquina no modo automático.
- Função “modo contínuo”: é acionado através de uma botoeira com retenção e possibilita que a produção de tijolo seja realizada de modo contínuo ou unitário, sendo válida somente no modo automático.

3.2. Instrumentos do sistema de automação

Segundo a definição de Bonacorso e Noll (2006), “os sistemas de automação podem ser divididos nas seguintes partes: elementos de sinal, elementos de trabalho, elementos de comando e elementos de controle”. Neste contexto, o sistema possui, como elemento de controle, um CLP que comanda as funções da máquina coordenadas pela execução das instruções do programa em linguagem ladder inserido no dispositivo. O CLP recebe sinais externos emitidos por sensores fim de curso e botoeiras, os elementos de sinal, e emite sinais para controlar as válvulas solenóides, o elemento de comando. As válvulas solenóides, uma vez acionadas, controlam o movimento dos cilindros que são os elementos de trabalho. Esses componentes compõem o sistema de automação e são descritos a seguir.

3.2.1. Botoeiras, chave seletora e Botoeira de Emergência

A botoeira é um dispositivo de comando manual que permite o acionamento ou interrupção de determinada carga. As botoeiras são distribuídas para o acionamento da máquina e a intervenção no processo. O acionamento da máquina é realizado através de uma botoeira com retenção, denominada ON/OFF, mostrada na Figura 5.



Figura 5 - Botoeira com retenção ON/OFF.

A chave seletora é um componente de comando manual que permite a comutação em um circuito elétrico. As chaves seletoras podem ter duas ou mais posições de seleção, com ambas mantendo a posição do contato ou mola de retorno para estabelecer uma operação de contato momentâneo. A Figura 6 mostra uma chave seletora de 3 posições, duas normalmente abertas, que comuta o sistema entre os modos manual e automático. Na configuração do sistema de automação, as posições da chave são denominadas Automático e Manual, para referenciar o modo de operação correspondente.



Figura 6 - Chave seletora.

Uma vez acionado o modo manual, o sistema dispõe de 4 botoeiras sem retenção, mostradas na Figura 7, para acionamento das válvulas solenóides. As funções “*pause/play*” e “modo contínuo”, além do comando Iniciar, são exclusivas do modo automático.

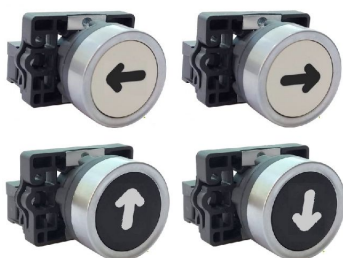


Figura 7 - Botoeiras para acionamento no modo manual.

No modo automático, a função “*pause/play*” e o comando Iniciar são acionados, cada um, por uma botoeira sem retenção. A função “modo contínuo” é selecionada por uma botoeira com retenção. Essas botoeiras são mostradas na Figura 8.



Figura 8 - Botoeiras “Iniciar”, “Pause/Play” e “Modo contínuo”.

A botoeira de emergência é uma tipo de botoeira com retenção, acionada por pressão e desacionada por giro, e serve para interromper o circuito em caso de emergência. Uma botoeira de emergência do modelo Easy Harmony XA2E, mostrada na Figura 9, foi selecionada para integrar o sistema.



Figura 9 - Botoeira de emergência Schneider.

O Quadro 1 traz a relação das botoeiras adotadas mostrando suas características e funções.

Quadro 1 - Relação das botoeiras do sistema.

Botoeiras	Modelo	Características	Função
Pause/Play	XA2EA51	Cor amarela; sem retenção.	Parar e reiniciar após pausa.
Iniciar	XA2EA3311	Cor verde com I; sem retenção.	Iniciar a operação.
ON/OFF	XA2EH031	Cor verde; com retenção.	Ligar e desligar a máquina.
Emergência	XA2ES642	Cor vermelha	Parada de emergência
Contínuo	XA2EH061	Cor azul; com retenção.	Acionar modo contínuo.
Automático	XA2EJ33	Chave seletora.	Acionar modo automático.
Manual	XA2EJ33	Chave seletora.	Acionar modo manual.
Botão 1	XA2EA3341	Cor branca, seta para direita; sem retenção.	Avançar carrinho.
Botão 2	XA2EA3341	Cor branca, seta para esquerda; sem retenção.	Recurar carrinho.
Botão 3	XA2EA3351	Cor preta, seta para baixo; sem retenção.	Avançar prensa.
Botão 4	XA2EA3351	Cor preta, seta para cima; sem retenção.	Recurar prensa.

Fonte: autor.

3.2.2. Sinalizadores Luminosos

Os sinalizadores luminosos são dispositivos elétricos que emitem um sinal luminoso, quando acionados, para indicar que determinada ação deve ser executada ou confirmar um comando ou uma condição da máquina. Conforme define Moraes e Castrucci (2010), “os sinalizadores luminosos deverão estar relacionados com a cor no que diz respeito à condição (estado) da máquina”. Assim, os sinalizadores luminosos implementados no sistema são mostrados na Figura 10 e relacionados no Quadro 2 de acordo com suas funções no sistema.



Figura 10 - Sinalizadores luminosos da Schneider.

Quadro 2 - Relação dos sinalizadores luminosos com os sensores.

Sinalizador	Modelo	Função
Vermelho	XA2EVB4LC	Sinalizar emergência acionada.
Branco	XA2EVB1LC	Sinalizar modo manual/automático acionado.
Verde	XA2EVB3LC	Sinalizar máquina ligada.
Azul	XA2EVB6LC	Sinalizar modo contínuo de produção habilitado.
Amarelo	XA2EVB5LC	Sinalizar função “pause” acionada.

Fonte: autor.

3.2.3. Sensores Fim de Curso

Os limites do movimento da prensa são determinados por dois sensores fim de curso modelo XCKN2110G11, mostrado na Figura 11, que possui cabeça com pistão tipo êmbolo com mola de retorno e permite acionamento vertical unidirecional.



Figura 11 - Sensor Fim de Curso modelo XCKN2110G11.

Dois outros sensores fim de curso, modelo XCE181, mostrado na Figura 12, com cabeça de haste plástica sobre mola e acionamento multidirecional, determinam os limites do movimento do carrinho.



Figura 12 - Sensor Fim de Curso modelo XCE181.

3.2.4. Válvula de Comando Direcional Hidráulica

Duas válvulas de comando hidráulicas 4/3 vias e centro tipo *tandem* são utilizadas para atuação no processo. Essas são acionadas por solenóides com alimentação 24V. A Figura 13 mostra o modelo da válvula selecionada.

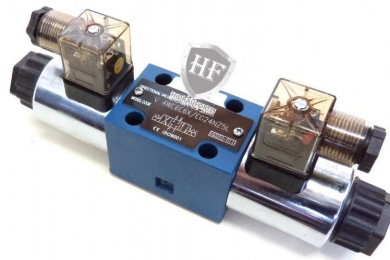


Figura 13 - Válvula de comando 4/3 vias e centro tipo *tandem*.

3.2.5. Controlador Lógico Programável

Um Relé Inteligente, modelo SR3B261BD, mostrado na Figura 14, assume as funções de controle do sistema.

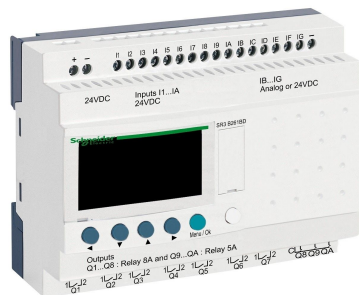


Figura 14 - Relé Inteligente da marca Schneider.

3.2.6. Painel de Comando

Após a seleção dos componentes do sistema de automação, os instrumentos foram instalados num painel de comando com configuração organizada, simples e acessível. A configuração do painel de comando é ilustrada na Figura 15.

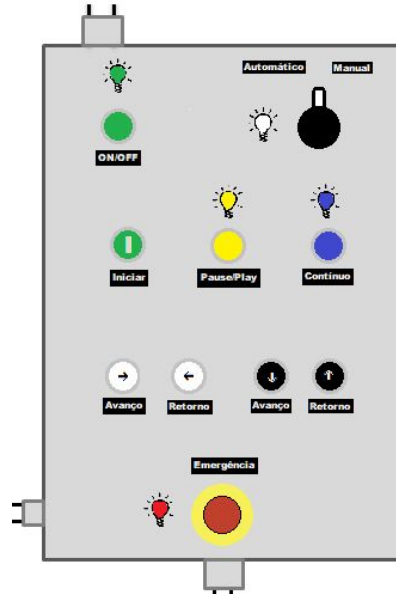


Figura 15 - Ilustração da configuração do painel de comando.

O sistema conta com uma fonte 24V para alimentação do CLP e das válvulas solenóides. Com isto, um relé de interface é utilizado para o acionamento do contator que liga o motor.

3.3. Software de Programação e diagrama *ladder*

As instruções de comando desenvolvidas para o controle do funcionamento da máquina foram construídos em diagrama ladder. O software utilizado para construção do diagrama ladder foi o Zelio Soft 2, da Schneider Electric. A Figura 16 mostra a interface do software.

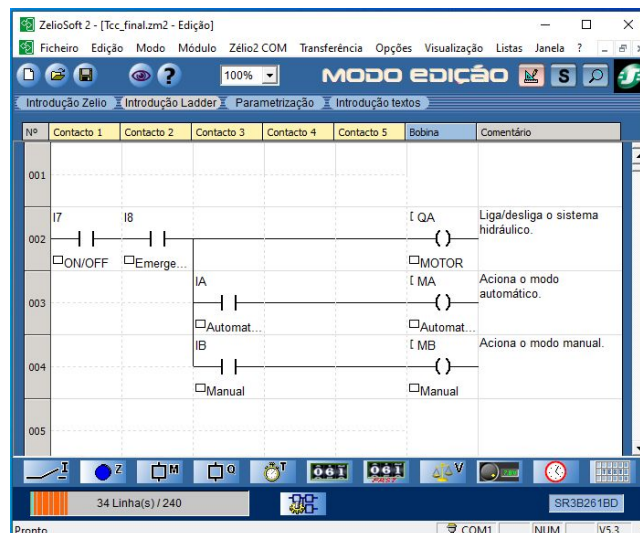


Figura 16 - Interface do software Zelio Soft 2 (Schneider Electric).

De forma geral, o sistema de automação deve ser configurado para funcionar da seguinte maneira: Ao pressionar a botoeira “ON/OFF” liga-se o motor do sistema hidráulico. Um sinalizador deve acender indicando o funcionamento da máquina. Em seguida, o operador deve selecionar o modo de operação da máquina, através de uma chave seletora, selecionando a posição identificada correspondente ao “modo manual” ou “modo automático”. Quando o modo automático é acionado, acende-se o sinal luminoso. Quando o modo manual é acionado, o sinalizador luminoso fica piscando. No modo manual, o controle da máquina fica submetido ao acionamento de quatro botoeiras que controlam o avanço e o retorno, tanto da prensa quanto do carrinho. As botoeiras são devidamente sinalizadas para indicar qual etapa do processo correspondem. No modo automático, a formação do tijolo começa pelo acionamento da botoeira “Iniciar”. O processo de formação de tijolos pode seguir continuamente pelo acionamento da botoeira “modo contínuo” ou realizar a formação de uma unidade do tijolo por vez quando esta botoeira está desacionada. Neste último caso, a botoeira “Iniciar” deve ser acionada para o início do processo de cada tijolo. Um sinalizador indica quando o modo contínuo está acionado. O acionamento da botoeira “Pause/Play” paralisa o processo a qualquer instante e um novo acionamento retoma o processo do ponto de parada. Um sinalizador indica quando o processo está paralisado. Para realizar o desligamento da máquina no modo manual, basta concluir a formação do tijolo e então pressionar a botoeira “ON/OFF”. No modo automático, quando o “modo contínuo” estiver acionado, deve-se desaciona-lo, concluir a formação do tijolo e pressionar a botoeira “ON/OFF”. Uma botoeira de emergência permite o desligamento da máquina em casos de emergência. quando esta botoeira é acionada, um sinal luminoso é acionado.

Um diagrama *ladder* foi desenvolvido e construído contendo as instruções de comando que serão executadas pelo controlador. O Quadro 3 traz as variáveis de entrada e saídas relacionadas com suas nomenclaturas no sistema de automação e utilizadas no diagrama *ladder*. A Figura 17 mostra o esboço do diagrama *ladder* desenvolvido.

Quadro 3 - Variáveis de entrada e saída no diagrama ladder.

Entradas			Saídas	
I1 Sensor 1	I6 Iniciar	IB Manual	Q1 Avança o carrinho	Q6 Luz vermelha (emergência)
I2 Sensor 2	I7 On/Off	IC Botão 1	Q2 Retorna o carrinho	Q7 Luz branca (automático/manual)
I3 Sensor 3	I8 Emergência	ID Botão 2	Q3 Avança a prensa	Q8 Luz amarela (pause)
I4 Sensor 4	I9 Contínuo	IE Botão 3	Q4 Retorna a prensa	Q9 Luz azul (modo contínuo)
I5 Pause/Play	IA Automático	IF Botão 4	Q5 Luz verde (ligado)	QA Motor

Fonte: autor.

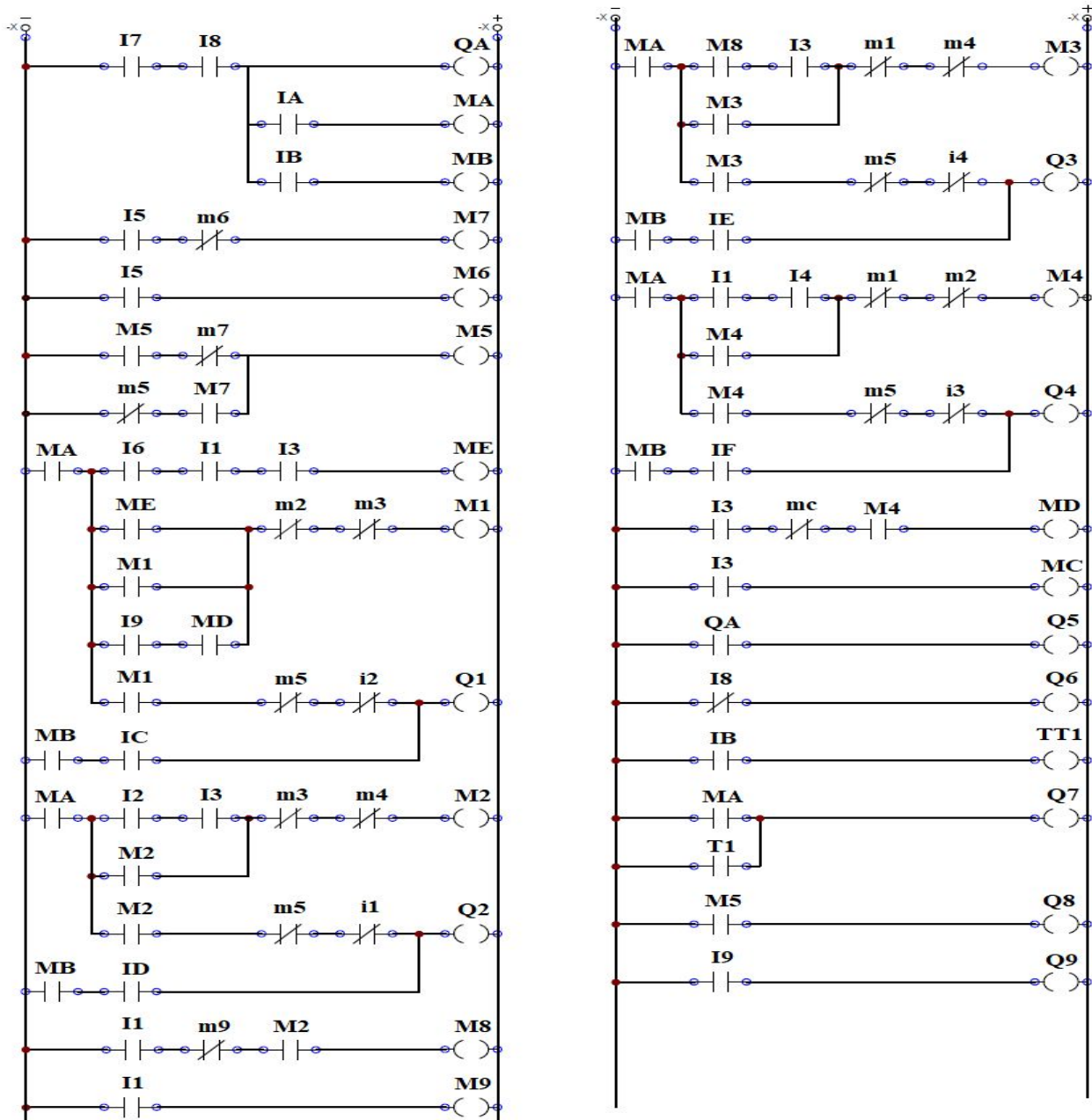


Figura 17 - Esboço do diagrama *ladder*.

4. Considerações finais

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um projeto de automação visando estabelecer um sistema para automação do funcionamento de uma máquina hidráulica produtora de tijolos ecológicos.

Seguindo as etapas de desenvolvimento do diagrama ladder, baseado na dinâmica de funcionamento da máquina e implementação de funções auxiliares, e de escolha dos componentes para estruturar o sistema de controle, pôde-se determinar a composição de um sistema que executa e controla o funcionamento da máquina.

5. Referências

PETRUZELLA, Frank D. **Controladores Lógicos Programáveis**. 4ª ed. Porto Alegre : AMGH, 2014.

LAMB, Frank. **Automação Industrial na prática**. 4ª ed. Porto Alegre : AMGH, 2014.

PESSÔA, M. S. de P.; SPINOLA, M. M. **Introdução à automação: para cursos de engenharia e gestão**. 1ª ed. Rio de Janeiro : Elsevier, 2014.

FIALHO, Arivelto B. **Automação Hidráulica: Projetos, Dimensionamento e Análise de Circuitos**. 2ª ed. São Paulo: Érica, 2004.

BONACORSO, N. G.; NOLL, V. **Automação Eletropneumática**. 9ª. ed. São Paulo: Érica, 2006.

DORF, Richard C.; BISHOP, Robert H. **Sistemas de Controle Modernos**. 8ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

FRANCHI, Claiton M.; CAMARGO, Valter L. A. **Controladores Lógicos Programáveis: Sistemas Discretos**. 1ª ed. São Paulo: Érica, 2008.

MORAES, C. C.; CASTRUCCI, Plínio de L. **Engenharia de automação industrial**. 2ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.