

FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI CIMATEC
PÓS-GRADUAÇÃO EM AUTOMAÇÃO, CONTROLE E ROBÓTICA
PROPOSTA DE AUTOMAÇÃO PNEUTRÔNICA PARA UMA
MAQUINA PERFURATRIZ.

Cleidison César Ferreira Lima*
Milton Bastos de Souza (Orientador)

RESUMO

Este trabalho trata sobre uma proposta de automação, para uma máquina perfuratriz que utiliza atuadores lineares para realizar as operações envolvidas no processo. Para isso foi desenvolvida uma proposta utilizando elementos pneumáticos, eletro-pneumáticos e CLP, foram produzidos diagramas funcionais para modelar e implementar a solução proposta.

Palavras-chave: CLP, SFC, pneumática, eletro-pneumática.

ABSTRACT

This paper deals with an automation proposal for a drilling machine that uses linear actuators to carry out the operations involved in the process. For this, a proposal was developed using pneumatic, electro-pneumatic and PLC elements, functional diagrams were produced to model and implement the proposed solution.

Keys-words: PLC, SFC, electro-pneumatic

1. INTRODUÇÃO

Pneutrônica é o vocábulo utilizado para indicar a revolução da eletro-pneumática em que a eletrônica passa a ter uma aplicação muito maior, com a aplicação controladores lógicos programáveis e sensores digitais. (FIALHO, 2008)

Inspirado nessa tendência industrial foi elaborado uma proposta de automação para uma máquina perfuratriz, utilizando elementos pneumáticos, eletro-pneumático e Controladores lógicos Programáveis (CLP) para automatizar o processo produtivo executado pelo equipamento. Dessa forma foram produzidas diversas documentações de projeto, tais como Diagrama Trajeto-Passo, Diagrama funcional, Diagrama Eletro pneumático, Diagrama Elétrico, e programa em linguagem *ladder*, que são fundamentais para a implementação futura da solução proposta.

2. PROPOSTA DE AUTOMAÇÃO PNEUTRÔNICA

2.1 Descrição verbal da situação problema

Peças de aço quadradas são alimentadas, através da gravidade e a máquina realiza a fixação, perfuração e ejeção do objeto perfurado, conforme mostrado na figura 1 abaixo. Conforme critérios de projeto o sistema deve funcionar em malha fechada, permitindo ao controlador a confirmação da conclusão das etapas da operação, descritas a seguir:

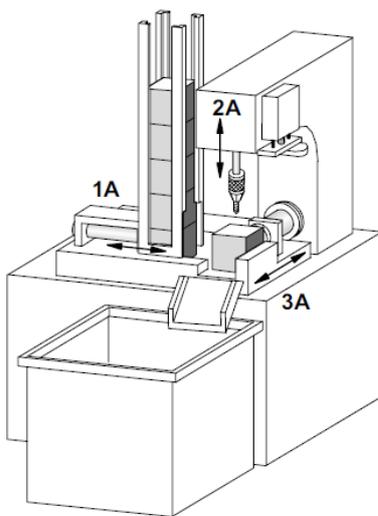


Figura 1. Desenho da Máquina perfuratriz
Fonte: FESTO

- Um cilindro (1A) instalado horizontalmente empurra as peças alimentadas pela gravidade para um anteparo, onde peça é fixada no final do curso.
- Em seguida o segundo atuador (2A), avança para perfurar a peça, e ao chegar ao final do seu curso, o mesmo retorna a posição inicial.
- Quando o Cilindro 2A, estiver completamente recuado o cilindro 1A deve retornar a posição inicial.
- Quando houver a confirmação que o cilindro 1A, está completamente recuado, o (3A) avança, ejetando a peça perfurada no final do seu curso.
- Após ejetar a peça o cilindro 3A, deve voltar a sua posição inicial e quando o mesmo estiver completamente recuado, o cilindro 1A, reinicia o ciclo.

2.2 Painel de Comando

Para atender aos requisitos básicos de operação, a máquina possuirá um botão para acionamento, outro para desligamento e um para situações de emergência, conforme figura 2 abaixo. Diferentemente dos demais botões que serão elétricos (push-botton), com representação no esquema elétrico, bem como no programa em linguagem *ladder* implementado, o botão de emergência será um válvula direcional, que cortará a energia pneumática que alimenta o sistema, garantindo uma maior segurança operacional.



Figura 2. Painel de Comando
Fonte: Autor

2.3. Circuito pneumático da solução a ser implantada.

A figura 3 abaixo mostra circuito eletro-pneumático proposto, em adequação a situação problema apresentada.

Os Atuadores pneumáticos são elementos mecânicos que por meio de movimentos lineares ou rotativos, transformam em energia mecânica (movimento) a energia gerada pelo ar pressurizado em expansão, produzindo trabalho. (Fialho, 2008)

Para a solução proposta, foram utilizados dois cilindros de duplo efeito (1A e 2A), associados a válvulas de controle de fluxo unidirecionais nos quais, podem-se controlar de maneira mais eficiente, as velocidades de avanço e retorno, fundamentais para as operações de fixação e perfuração. Para a operação de Ejeção da peça, foi utilizado um cilindro de simples ação, com retorno por mola, associado a uma válvula de escape rápido, proporcionando uma maior rapidez no recuo do atuador e reinício do ciclo operacional.

As válvulas direcionais têm por função, orientar a direção que o fluxo de ar deve seguir, a fim de realizar um trabalho proposto. (Parker Tranning, 2000)

Para acionamento dos atuadores foram utilizadas válvulas de direcionais (5/2 vias para os atuadores 1A e 2A e 3/2 vias para o atuador 3A), todas com acionamento por solenóide e retorno mola, permitindo um controle elétrico e simplicidade na lógica de programação associada, uma vez que a mesma possuirá apenas dois estados lógicos possíveis e diretamente associados aos estados dos atuadores.

Para garantir uma maior segurança operacional, foram utilizadas duas válvulas de alívio de pressão (com manômetro) associadas aos atuadores que realizam a operação de fixação e perfuração, de maneira a verificar sobrecarga nessas operações. Conforme dito anteriormente o botão de emergência será uma válvula direcional de 3/2 vias, normalmente aberta, que cortará o suprimento de ar do sistema conforma acionada.

Para garantir a confirmação das posições dos atuadores, permitindo ao sistema verificar os estados e eventos do sistema, atuando assim em malha fechada, formam propostos sensores de fim curso eletro-mecânico, nos quais o contato físico com o atuador fecha o contato elétrico, enviando a informação ao sistema de controle.

Para garantir uma melhor qualidade do ar comprimido, bem como garantir a adequada pressão de trabalho, foi proposto no ponto inicial do circuito pneumático a unidade de condicionamento pneumático, conhecido popularmente como “Lubrificador”, no qual é um conjunto composto por um filtro regulador e um lubrificador, melhorando também a eficiência do sistema, bem como aumentando a vida útil dos seus elementos.

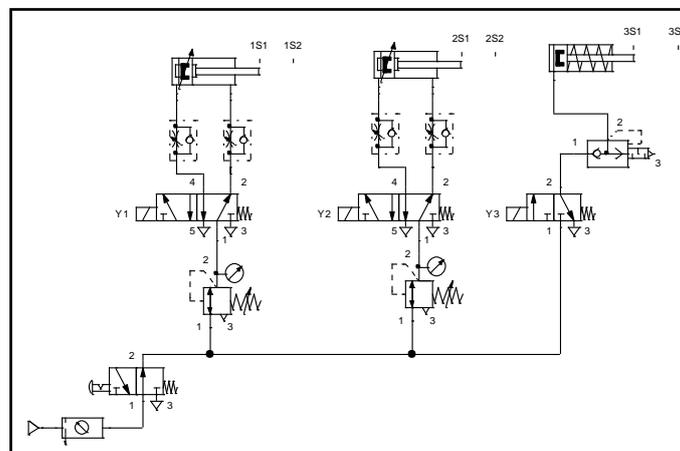


Figura 3. Circuito pneumático associado

Fonte: Autor

De maneira a facilitar o processo de montagem e programação, os atuadores, válvulas, e sensores fim de curso possuem os seus símbolos de identificação, seguindo uma lógica de formação, conforme figura 4 abaixo.

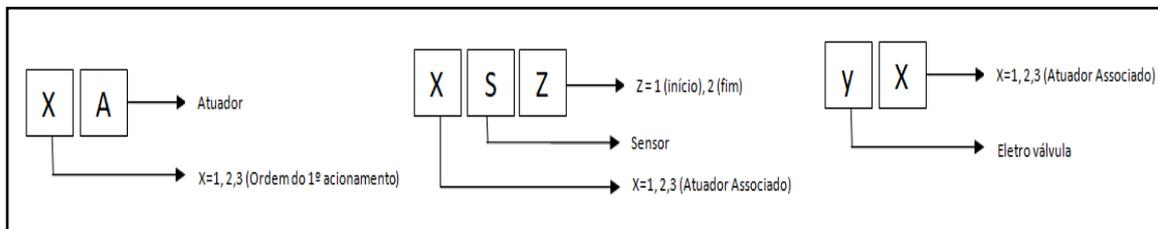


Figura 4. Símbolo associado os elementos utilizados na lógica de programação.
Fonte: Autor

A tabela 1 abaixo mostra a especificação técnica e a finalidade dos elementos do circuito eletro-pneumático, descritos anteriormente.

Nº	ELEMENTO	FINALIDADE
1	Atuador linear de duplo efeito.	Avançar, e fixar a peça para a mesma ser usinada (perfurada).
2	Atuador linear de duplo efeito.	Em conjunto com um conector em sua extremidade, perfurar a peça.
3	Atuador linear de simples ação, com retorno por mola.	Ejetar a peça, após a perfuração da mesma.
4	Válvula direcional, 5/2 acionamento elétrico (solenóide) retorno por mola.	Permitir o avanço/recuo dos atuadores 1A e 2A (Duplo efeito).
5	Válvula direcional, 3/2 acionamento elétrico (solenóide) retorno por mola.	Permitir o avanço/recuo do atuador 3A (Simple efeito).
6	Válvula reguladora de fluxo unidirecional.	Permitir o controle da vazão, influenciando na velocidade dos elementos atuadores (1A e 2A)
7	Válvula limitadora de pressão.	Limitar a pressão a ser exercida no atuador 2ª, fornecendo segurança operacional.
8	Válvula de Escape rápido.	Aumentar a velocidade de retorno do um atuador 3A.
9	Unidade de Condicionamento Pneumático (Lubrífil).	Regular a pressão de trabalho adequada para o circuito, bem como filtrar as impurezas e auxiliar na lubrificação dos elementos do circuito pneumático.

Tabela 1. Finalidade dos elementos do circuito pneumático de controle.
Fonte: Autor

2.4 Expressão Algébrica e Diagrama Trajeto-passo

A expressão algébrica associada à operação proposta é representada na Figura 5 abaixo, nestes casos o sinal “+” representa o avanço e o sinal negativo “-”, representa o recuo o atuador que antecede o sinal. Essa expressão é o ponto de partida para elaboração do diagrama trajeto passo, elaborado a seguir.

$$1A+ 2A+ 2A- 1A- 3A+ 3A-$$

Figura 5. Expressão Algébrica

Fonte: Autor

A movimentação de um ciclo de trabalho é representada através do diagrama trajeto-passo, com o qual é possível executar o desenvolvimento inteiro das diversas fases do sistema. (PRUDENTE,2015)

O diagrama trajeto-passo para representar o comportamento dos atuadores, no processo produtivo estudado, é apresentado na figura 1 abaixo, o qual apresenta visualmente a seqüência dos movimentos dos elementos de trabalho, permitindo a construção outros diagramas funcionais e facilitando a implementação da lógica de programação. Neste caso o estado lógico “0” é o cilindro completamente recuado e o estado lógico “1” o elemento atuador completamente avançado.

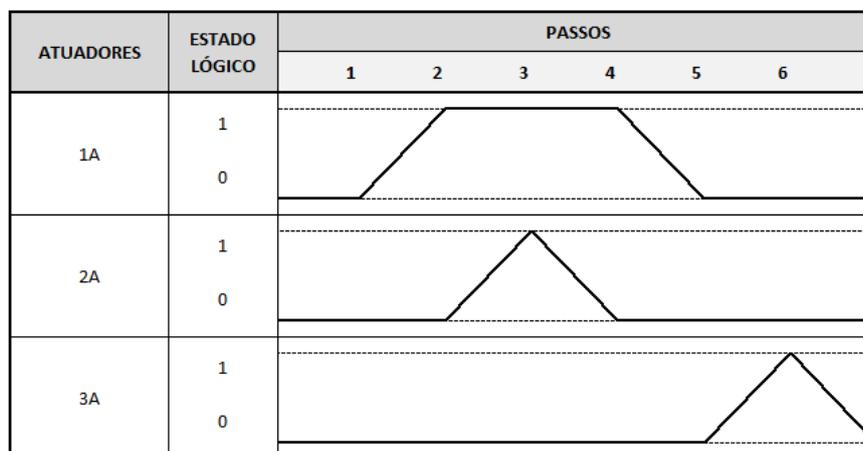


Figura 6: Diagrama Trajeto passo

Fonte: Autor

2.5 Diagrama Funcional

Para a situação proposta foi desenvolvido o diagrama funcional SFC (Sequencial Flow Chart), elaborado de maneira simplificada para converter a descrição verbal do problema de lógica seqüencial em um nível de abstração que permitisse elaborar a linguagem *ladder* para execução via CLP.

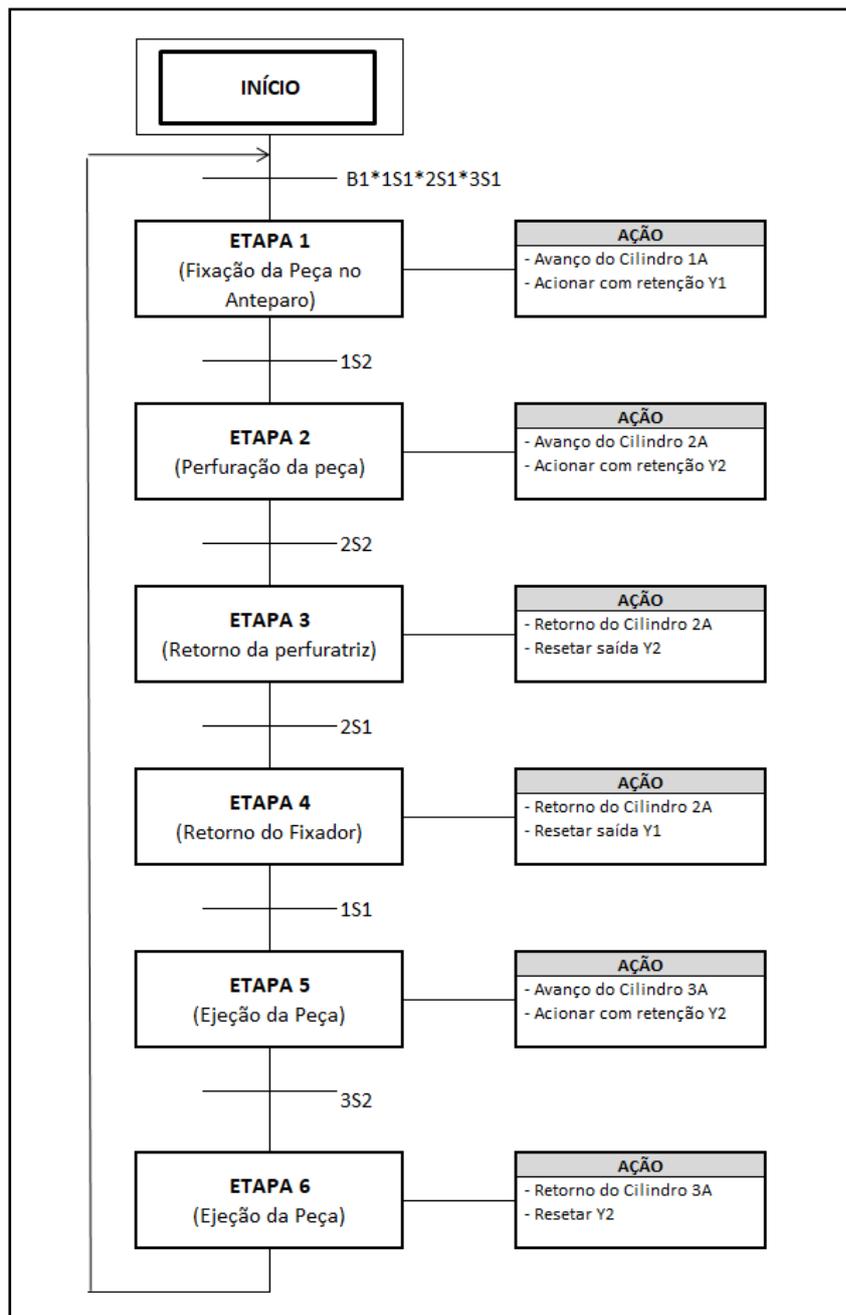


Figura 6: Diagrama Trajeto passo
Fonte: Autor

5.3 Diagrama Elétrico

Na variedade da automação chamada de “Complexidade média” os elementos fundamentais para a sua realização física são os controladores programáveis. (MORAES, 2015)

Em geral o CLP pode ser dividido em duas partes, que são os blocos de entrada e saída, e a unidade central de processamento. Essas partes básicas podem ser subdivididas, como por exemplo, as entradas/saídas podem ser analógicas ou digitais. A figura abaixo mostra o diagrama de blocos com os principais elementos de uma CLP. (FRANCHI, 2008).

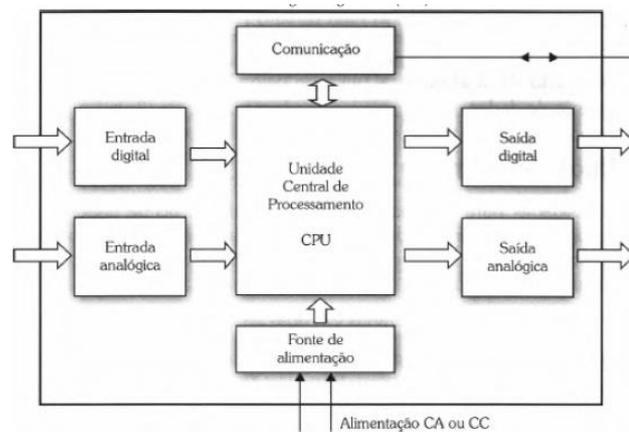


Figura 7. Diagrama de blocos de uma CLP
Fonte: FRANCHI, Claiton

O papel do CLP, é fundamental em um sistema de controle, pois o mesmo é o elemento intermediário que relaciona as entradas (Sensores, Botões, Chaves de fim de curso) com as saídas (Motores, Válvulas, Lâmpadas, dentre outros). É em sua memória interna que é gravada a lógica de programação iniciada quando o mesmo entra em operação.

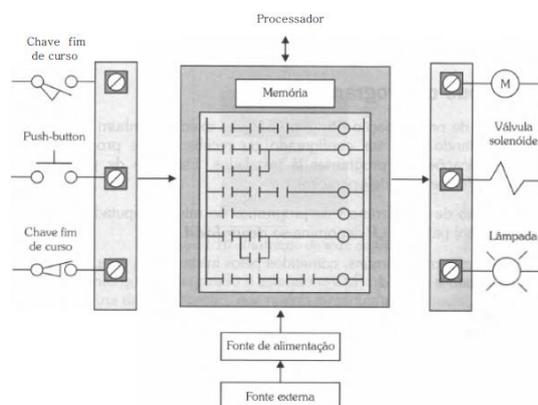


Figura 8. Diagrama de blocos de uma CLP
Fonte: FRANCHI, Claiton

Dessa forma, para a situação proposta, foi elaborado um diagrama elétrico no qual o CLP, interliga os elementos de entrada, e aciona as saídas de acordo o programa armazenado em sua memória. A figura 1 mostra a interligação física entre botões de acionamento, sensores de início/fim de curso e válvulas solenóides

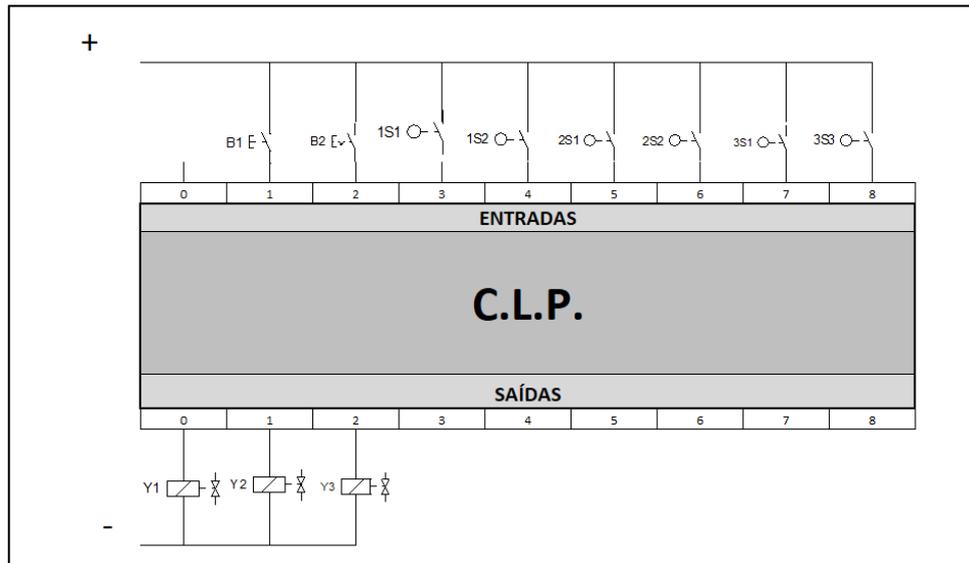


Figura 9: Diagrama Elétrico, com C.LP
Fonte: Autor

A tabela 2 abaixo relaciona as conexões físicas (Entradas/Saídas) com os símbolos de identificação utilizados e descrição dos mesmos.

PORTAS	CONEXÃO	SÍMBOLO	DESCRIÇÃO
ENTRADAS	1	B1	Botão de Partida
	2	B2	Botão de Desligamento
	3	1S1	Sensor de início de curso 1A
	4	1S2	Sensor de fim de curso 1A
	5	2S1	Sensor de início de curso 2A
	6	2S2	Sensor de fim de curso 2A
	7	3S1	Sensor de início de curso 3A
	8	3S2	Sensor de fim de curso 3A
SAÍDAS	0	Y1	Válvula Solenóide Associada ao atuador 1A
	1	Y2	Válvula Solenóide Associada ao atuador 2A
	2	Y3	Válvula Solenóide Associada ao atuador 3A

Tabela 10: Lista das entradas e saídas
Fonte: Autor

5.3 Programação Ladder

Embora existam diversas linguagens nas quais os controladores lógicos possam ser programados, a linguagem *ladder* foi a que mais se popularizou, provavelmente em virtude de sua similaridade com os diagramas elétricos de relés.

Dentre os elementos básicos para construção dos programas em linguagem *ladder*, estão os contatos NF (Normalmente fechado), Também conhecido com XIO (*Examine if Open*) e o contato NA (Normalmente aberto), conhecido também como XIC (*Examine if Closed*). A bobina energizada, também conhecida como OTE (*Output Terminal Energize*), verifica se há ou não continuidade lógica na linha que antecede a instrução. As figuras 1 e 2 apresentam a simbologia instruções acima citadas.

Fabricante	Contato Normalmente Fechado (NF)	Contato Normalmente Aberto (NA)
IEC 61131-3		

Figura 11: Contatos NA e NF
Fonte: FRANCHI, Claiton (Adaptado)

Fabricante	Bobina	Bobina negada
IEC 61131-3		

Figura 12: Contatos NA e NF
Fonte: FRANCHI, Claiton (Adaptado)

Existem também outras duas instruções que, quando utilizadas, reduzem o código produzido, facilitando a programação e otimizando a capacidade do ciclo de varredura. Essas instruções são Bobina Set, Também conhecida como OTL (*Output Terminal Latch*, “L”) e Bobina reset, conhecida também com OTU (*Output Terminal Unlatch*, “U”). A figura 2 abaixo relaciona o símbolo básico com a funcionalidade da instrução.

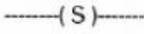
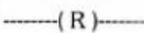
Bobina set A bobina é ativada e só pode ser desativada pela instrução <i>reset</i> .	
Bobina reset A bobina é desativada e permanece nesse estado até ser ativada novamente pela instrução <i>set</i> .	

Figura 13: Contatos NA e NF
Fonte: FRANCHI, Claiton (Adaptado)

Para a situação proposta inicialmente, foi desenvolvido um programa em linguagem *ladder* abaixo, que executa as operações detalhadas nos diagramas funcionais elaborados anteriormente. Conforme se observou no diagrama SFC, trata-se de um sistema seqüencial no qual o sistema deve memorizar as etapas anteriores do sistema, de maneira a executar a próxima. Para isso foram utilizadas as memórias internas (M0,M1,M2,M3,M4,M5,M6).

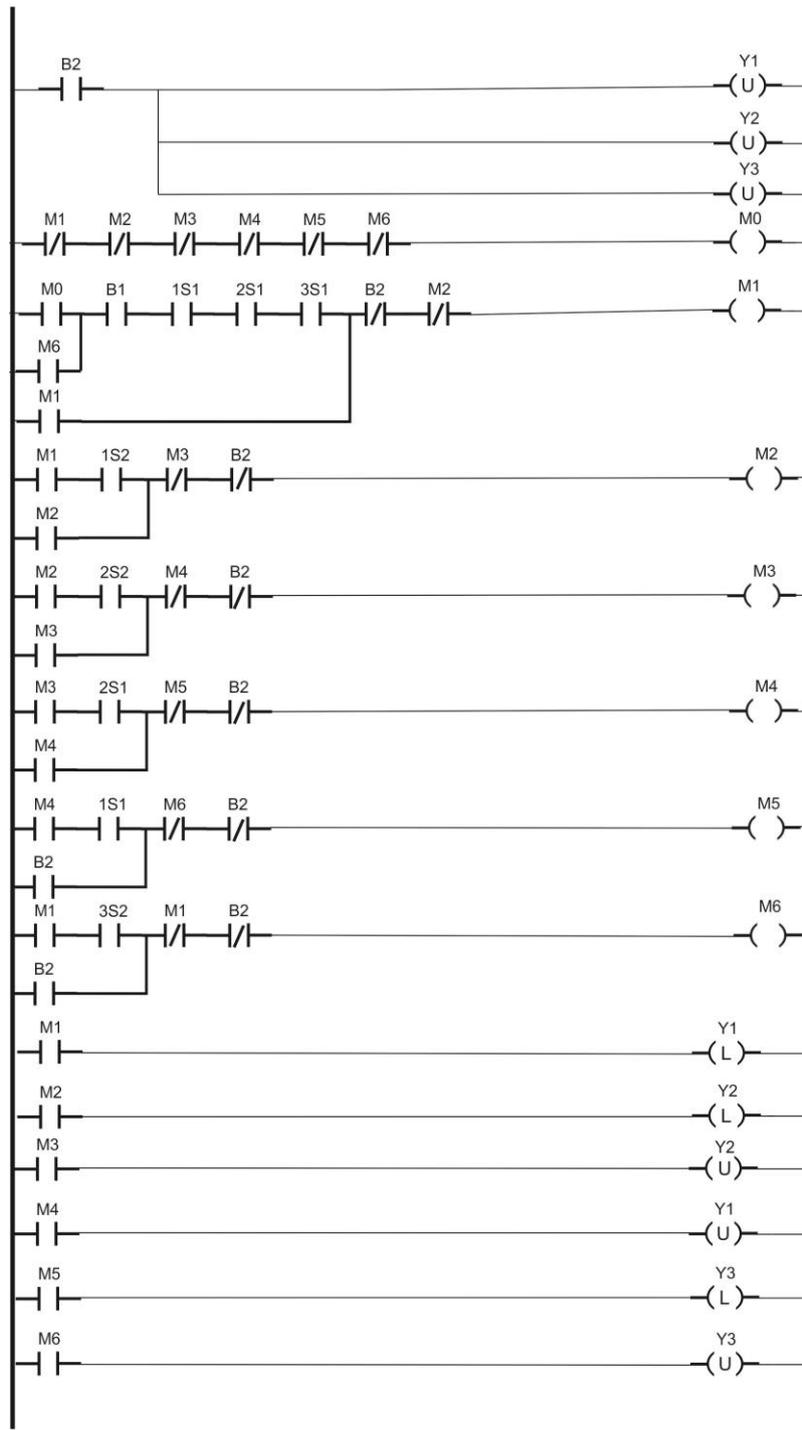


Figura 14. Programa Ladder da Proposta de Automação
Fonte: Autor

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme idéia inicial, foi realizado uma proposta de automação utilizando eletro-pneumática e CLP, por se tratar de um problema envolvendo lógica seqüencial foi necessário a construção de diagramas funcionais para auxiliar no processo de implementação da lógica de programação a ser implementada em um CLP. Foram escolhidos elementos que ao serem combinados permitem um maior controle e segurança nas operações. Dessa forma a construção do SFC, bem como do diagrama trajeto-passo se mostrou eficiente no âmbito de descrever e facilitar a solução proposta. Entende-se que este trabalho representa um ponto de partida para possibilidades de otimização do sistema, das quais se destacam a possibilidade de incluir um quarto atuador, sendo o mesmo rotativo (responsável pela perfuração), contagem de ciclos, e detecção de peças para alimentação, além da montagem de um sistema físico real associado.

6. REFERÊNCIAS

1. PARKER, Tranning. Tecnologia pneumática Industrial. SP, 2000.
2. FIALHO, Arivelto. Automação Pneumática: Projetos, Dimensionamento e Análise de circuitos. 6 ed – São Paulo. Érica, 2008.
3. PRUDENTE, Francesco. Automação Industrial Pneumática: Teoria e Aplicações. Rio de Janeiro: LTC, 2015.
4. MIYAGI, Paulo Eigi. Controle programável. Fundamentos de Controle a eventos discretos. 1ª Edição
5. MORAES, Cícero Couto. Engenharia de Automação Industrial. Rio de Janeiro: LTC, 2015.
6. SOUZA, Milton. Apostila Controladora Lógicos. SENAI/CETIND, 2002.
7. BEGA, Egidio. Instrumentação Industrial. 2 ed. – Rio de Janeiro: Interciência: IBP, 2006.
8. WALLER, D. Automation, Production Systems, and Computer Integrated Manufacturing. FESTO, 2002.