

UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

**PROJETO DE MÓDULO DE TESTES DE PROGRAMAS PARA
CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS – CLP**

Área de Engenharia Elétrica

por

Rodrigo Miranda Silva

William Cesar Mariano Msc.
Orientador

Itatiba (SP), Dezembro de 2009

UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

**PROJETO DE MÓDULO DE TESTES DE PROGRAMAS PARA
CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS – CLP**

Área de Engenharia Elétrica

por

Rodrigo Miranda Silva

Monografia apresentada à Banca Examinadora
do Trabalho de Conclusão do Curso de
Engenharia Elétrica para análise e aprovação.
Orientador: William Cesar Mariano, Msc.

Itatiba (SP), dezembro de 2009

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais que me ajudaram a começar essa empreitada e principalmente minha mãe Marli que esteve comigo me apoiando, sempre, durante todos esses anos de dedicação aos estudos e que sempre me intitulou de teimoso, por conta de nossa condição financeira, por ter ingressado neste curso e ter vencido tantas dificuldades ao longo desses anos que se passaram.

Mãe, obrigado, sem você com certeza eu não chegaria até aqui.

A minha irmã Aline, que assim como minha mãe esteve ao meu lado durante todos esses anos de estudo, bem como meu tio Wilson e alguns outros familiares.

A minha namorada Giovanna que sempre me apoiou e soube entender os momentos de ausência para que eu pudesse completar essa grande etapa de minha formação sua mãe Catia Regina que mesmo sem saber do tamanho da importância que um determinado gesto poderia influenciar e me ajudar de tão grande forma.

Aos amigos que adquiri durante esses anos todos de estadia na Universidade, aos que já concluíram o curso e aos que comigo concluirão, por terem me ensinado muitas coisas e por terem tornado essa empreitada mais alegre e amena, obrigado Henrique, Rodolfo, André e todos os outros.

Aos meus amigos Diego, Almir, Victor, Claudio, Polece, Marcos, Pedro, Rodrigo, Wagner, entre outros, da Kromberg & Schubert, que me ajudaram durante meu primeiro estágio na área de Engenharia.

Aos meus amigos e Professores Fernando Lopes, Pedro, Adamo, Rodrigo, Luis, Reinaldo, Leonardo, Paulo, Ricardo, Tony, Fernando Silvano entre outros da Bosch Rexroth, que me acolheram na empresa durante esse novo desafio de se tornar estagiário novamente, me apoiaram, me ensinaram e me ensinam muito, não só agregando valores para minha vida acadêmica, como para minha vida profissional e pessoal.

Ao meu amigo Eduardo, que não teve paciência de suportar minha ausência por conta de minha dedicação aos estudos, mas que sempre procurou me incentivar de alguma forma.

Aos componentes da banca examinadora Professor Dr. Geraldo P. Caixeta e Engenheiro Luis Ricardo Ferreira, pela prontidão em que aceitaram a tarefa de examinadores, e pelas valiosas contribuições durante todos esses anos.

Ao meu orientador Professor Msc. William Mariano por todas as suas horas de contribuição dedicadas a elaboração deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE EQUAÇÕES.....	ix
RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. OBJETIVOS	2
1.1.1.Objetivo Geral	2
1.1.2.Objetivos Específicos.....	2
1.2. METODOLOGIA	2
1.2.1. REVISAO TEORICA	3
1.2.2. PESQUISA DE CAMPO	3
1.2.3. INTEGRAÇÃO DE TECNOLOGIAS.....	3
1.2.4. ESTUDO DA NORMA	3
1.2.5. MODELAGEM DO SISTEM.....	3
1.2.6. ANALISE DA SIMULAÇÃO	4
1.2.7. PROJETO MÓDULO DE TESTES PARA PROGRAMAS DE CLP.....	4
1.2.8. ESTUDO DE NECESSIDADES DO MÓDULO DE TESTES.....	4
1.2.9. LAYOUT DOS COMPONENTES E DISPOSITIVOS DE COMANDO... 	4
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO	5
1.3.1. INTRODUÇÃO	5
1.3.2. FUNDAMENTACAO TEORICA	5
1.3.3. DESCRIÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO	5
1.3.4. O MODELO E RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES.....	5
1.3.5. SIMULAÇÃO, INTERPRETAÇÃO E ESTUDOS	5
1.3.6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	5
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	6
2.1. SURGIMENTO DOS CLP	6
2.2. RELÉS	7
2.3. FUNCIONAMENTO DOS CLP Surgimento do CLP.....	11
2.4. SUBSTITUIÇÃO DE UM RELÉ POR UM CONTROLADOR	12
2.5. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA DOS CLP	13
2.6. PASSOS PARA CRIAÇÃO DE UM PROGRAMA PLC	15
2.7. LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO.....	16
2.7.1. LADDER DIAGRAM (LD).....	16
2.7.2. FUNCTION BLOCK DIAGRAM (FBD)	17

2.7.3. INSTRUCTION LIST (IL)	17
2.7.4. CONVERSÃO ENTRE LINGUAGENS	17
2.7.5. SEQUENTIAL FUNCTION CHART (SFC)	17
2.7.6. SEQUENTIAL FUNCTION CHART (SFC) – PASSO	18
2.7.7. SEQUENTIAL FUNCTION CHART (SFC) – TRANSIÇÃO	19
2.7.8. SEQUENTIAL FUNCTION (SFC) – AÇÃO	19
2.7.9. STRUCTURE TEXT - ST	20
2.8. NORMA IEC 61131-3	20
2.8.1. ELEMENTOS COMUNS	21
2.9. TIPOS DE LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO	21
2.9.1. GRÁFICA	21
2.9.2. TEXTUAIS	23
2.8.1. ELEMENTOS COMUNS	23
3. PROJETO	24
3.1. PROGRAMA DA PRENSA	25
3.2. PROJETO MODULO DE TESTES	33
3.3. LAY OUT MODULO DE TESTES	34
3.4. CIRCUITO ELÉTRICO	34
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
GLOSSÁRIO	46
APÊNDICE # – Projeto Modulo de testes	47

LISTA DE ABREVIATURAS

TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
USF	Universidade São Francisco
CLP	Controladores Lógicos programáveis
IEC	Comissão Eletrotécnica Internacional
LED	Diodo Emissor de Luz

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Relé.....	8
Figura 2. Circuito com Relé Fonte: Adaptado de UFMG DEMEC (2005).....	8
Figura 3. Circuito com 2 Relés Fonte: Adaptado de UFMG DEMEC (2005).....	9
Figura 4. Controle através de Relés Fonte: Adaptado de UFMG DEMEC (2005).....	10
Figura 5. Circuito de Relés substituído por CLP Fonte: Adaptado de UFMG DEMEC (2005).....	11
Figura 6. Simplificação Elementar Fonte: Adaptado de UFMG DEMEC (2005).....	12
Figura 7. Circuito de acionamento de Lâmpada através de um Relé.....	12
Figura 8. Substituição de Relé por CLP.....	13
Figura 9. Comparativo entre circuito com Relé e Lógica de funcionamento do CLP.....	13
Figura 10. Circuito com Lógica de funcionamento de CLP.....	13
Figura 11. Circuito com lógica clássica entre dois Relés.....	14
Figura 12. CLP Scan Time.....	14
Figura 13. Revisão Lógica Booleana e Circuitos Equivalentes.....	15
Figura 14. Linguagem de Programação Ladder.....	16
Figura 15. Function Block Diagram.....	17
Figura 16. Exemplo de comparação entre linguagens.....	17
Figura 17. Linguagem SFC.....	18
Figura 18. Linguagem SFC - Passo.....	19
Figura 19. Linguagem SFC - Ação.....	19
Figura 20. Linguagem ST.....	20
Figura 21. Esquema hidráulico Bloco de Prensa(a); (b) Data Sheet de bloco Hidráulico.....	24
Figura 22. Interface do software de programação de CLP – Sequência de Funcionamento.....	26
Figura 23. Interface do software de programação de CLP – Sequência da Unidade Hidráulica.....	27
Figura 24. Interface do software de programação de CLP – Sequência do Martelo hidráulico.....	28
Figura 25. Interface do software de programação de CLP – Sequência de intertravamento.....	29
Figura 26. Interface do software de programação de CLP – Function Block.....	30
Figura 27. Interface do CLP – Simulação do Martelo.....	31
Figura 28. Interface do software de programação de CLP – Simulação do Martelo.....	32
Figura 29. Interface do software de programação de CLP – Simulação da Prensa.....	33
Figura 30. Página de Lay Out dos comandos da Maleta.....	35
Figura 31. Lay Out dos dispositivos utilizados.....	36
Figura 27. Interface do CLP – Simulação do Martelo.....	31
Figura 32. Página de Alimentação 1 do Módulo.....	37
Figura 33. Página de Alimentação 2 do Módulo.....	38
Figura 34. Simbologia de Representação de Saídas Digitais do CLP.....	39
Figura 35. Circuito Divisor de Tensão.....	39
Figura 36. Entradas Analógicas do Cartão de CLP.....	41
Figura 37. Saídas Analógicas do Cartão de CLP.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Lista de Materiais Utilizados	34
---	----

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 Lei de OHM	38
Equação 2 Fórmula Divisor de tensão	40
Equação 3 Fórmula Divisor de tensão Simplificada.....	40

RESUMO

Miranda, Rodrigo. Projeto de módulo de testes de programas para Controladores Lógicos Programáveis – CLP. Itatiba, 2009. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade São Francisco, Itatiba, 2009.

Neste trabalho foi feita a análise do funcionamento de Controladores Lógicos Programáveis e realizado o estudo da Norma IEC 61131-3 aplicada à padronização das linguagens de programação. Foi feito ainda, o desenvolvimento de um projeto de um Módulo de testes para CLP que pode ser aplicado em uma empresa de automação que possuem uma real necessidade de utilização. Sendo assim, foi feita a automação de uma prensa hidráulica através de um programa de CLP, cujo propósito é simular e analisar o funcionamento de programas e prever possíveis erros apresentados pelo dispositivo sugerindo assim um propósito para a utilização do Módulo de testes.

Palavras-chave: Controladores Lógicos Programáveis. Norma IEC. Módulo de testes.

ABSTRACT

This paper was done the analyze of the operation of programmable logic controllers and conducted the study of the IEC 61131-3 Standard applied to the standardization of programming languages. Has been done yet, the development of a design of a test module to the PLC that can be applied in an automation company that has a real need to use. Thus, we made the automation of a hydraulic press through a PLC program, whose purpose is to simulate and analyze the operation of programs and predict possible errors made by the device thus suggesting a purpose for the utilization of the test.

Keywords: Programmable Logic Controller. IEC Standard. Test Module.

1. INTRODUÇÃO

O CLP nasceu na indústria automobilística americana, especificamente na Hydronic Division da General Motors, em 1968. Seu surgimento é função da grande dificuldade em mudar a lógica de controle de painéis de Módulo, sempre que a mudança na linha de montagem fosse necessária. Tais mudanças implicavam em alto custo de tempo e dinheiro.

Sob a liderança do engenheiro Richard Morley, foi preparada uma especificação que refletia as necessidades de muitos usuários de circuitos à reles, não só da indústria automobilística, como de toda a indústria manufatureira.

Nascia assim, um equipamento bastante versátil e de fácil utilização, que vem se aprimorando constantemente, diversificando cada vez mais os setores industriais e suas aplicações, justificado hoje por um mercado mundial estimado em 4 bilhões de dólares anuais.

Como por consequência da utilização dos CLP os Módulos de teste se fizeram necessários para que além dos testes e simulações hoje, muito evoluídos, podendo-se fazê-los através dos próprios softwares, eles vêm como um filtro para que os erros não se façam presentes nos dispositivos em campo e que possíveis falhas já sejam encontradas e solucionadas ainda antes de chegarem ao cliente final. O projeto do Módulo de testes apresentado neste trabalho possuirá entradas e saídas digitais, bem como, entradas e saídas analógicas, sendo capaz de além de realizar a simulação através de Led's sinalizadores em seu painel terá saídas através de bornes para conexão de fios para a alimentação de dispositivos de 24V/2A, oferecendo com isso maior poder de simulação ao usuário.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Atualmente, existem grandes investimentos que visam melhorar a qualidade dos sistemas de automação. Em muitos casos, encontram-se situações em que os mesmos não atendem às necessidades operacionais ou de manutenção requeridas pelos usuários finais. Em outros casos, o problema não se deve aos sistemas em si, mas sim à falta de padrão entre todos eles. Os vários padrões de desenvolvimento utilizados pelos diferentes fornecedores de sistemas de automação numa mesma planta dificultam a padronização dos sistemas de automação presentes na mesma.

Nesse trabalho será realizado o estudo da norma IEC, que padroniza as linguagens de programação, e também será desenvolvido um projeto de módulo de testes que permitirá a realização da simulação de programas desenvolvidos no CLP. Esse procedimento será feito através de um programa de automatização de uma prensa hidráulica a fim de realizar uma prévia simulação do funcionamento do programa.

1.1.2. Objetivos Específicos

Ao chegarmos ao final deste trabalho pretende-se obter um melhor entendimento da funcionalidade deste dispositivo, tanto quanto da eficácia do emprego da norma IEC 61131-3, ter desenvolvido um programa para automatização de uma prensa, analisar seu funcionamento através de uma simulação do próprio software, desenvolver e construir o projeto do módulo de testes para controladores lógicos programáveis e realizar uma simulação de testes de campo no programa que comandará a prensa no próprio módulo de testes.

1.2. METODOLOGIA

1.2.1. Revisão Teórica

No início deste trabalho foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre os assuntos de linguagens de programação, Normas IEC, circuitos elétricos entre outros, buscando reunir materiais disponíveis sobre o assunto para servir como auxílio no desenvolvimento do trabalho, tanto na análise sobre o funcionamento dos dispositivos, no desenvolvimento do programa para a automatização da prensa, quanto no desenvolvimento do projeto elétrico do Módulo de testes para a simulação do programa.

1.2.2. Pesquisa de Campo

Foi realizada uma pesquisa de campo em uma planta industrial, pesquisa essa devidamente autorizada pelos responsáveis do departamento de acionamentos elétricos e automação industrial de uma empresa com o intuito de coletar informações sobre as reais necessidades de profissionais que trabalham na área de automação com CLP.

Para que com base nisso, fosse desenvolvido um projeto de módulo de testes que realmente atendesse as aplicações do mundo real da engenharia de automação, bem como, para se obter uma aplicação real de automação, como a adquirida para o desenvolvimento do trabalho no caso um esquema hidráulico de uma prensa hidráulica para se desenvolver um programa de CLP e no final do trabalho simular a eficácia do programa no módulo de testes.

Após adquirida a aplicação foi realizada uma reunião com Engenheiros de Aplicação da área de Hidráulica Industrial para se discutir sobre o quesito segurança para o desenvolvimento do projeto do programa.

1.2.3. Integração de Tecnologias

Tendo em mãos o esquema hidráulico e as informações fornecidas pelos engenheiros responsáveis da área outra reunião foi realizada, agora com os engenheiros do departamento de acionamentos elétricos e programação de CLP a fim de se obter tanto uma fundamentação teórica quanto prática sobre esses dispositivos, bem como, material bibliográfico para complementação dos estudos para a análise da aplicação da Norma a ser estudada.

1.2.4. Estudo da Norma

Com a ajuda dos materiais bibliográficos e das informações fornecidas por engenheiros de aplicação foi realizado um estudo sobre a Norma IEC 61131-3 para se ter um melhor entendimento da mesma e através dela aplicar a linguagem que melhor se adéque a aplicação do programa de automação da prensa hidráulica.

1.2.5. Modelagem do Sistema

Com os dados levantados em campo e com o estudo da Norma, foi desenvolvido um programa que atendesse as características do esquema hidráulico através do próprio software do CLP utilizado na empresa, para que ao termino da programação seja possível a realização de uma simulação do programa.

1.2.6. Análise da Simulação

Foi realizada uma análise dos resultados apresentados pela simulação a fim de validar o modelo o qual servirá como ferramenta de análise para os próximos programas desenvolvidos.

1.2.7. Projeto Módulo de Testes para programas de CLP

Tendo desenvolvido o programa de automação e posteriormente sua simulação, foi dado início ao projeto do módulo de testes para CLP, projeto esse que nasceu de uma necessidade de se elaborar testes dos programas desenvolvidos para os CLP além dos testes de simulação feitos através do software para se evitar possíveis falhas na apresentação do produto a um cliente e ou até mesmo evitando de se realizar os testes no equipamento do mesmo.

1.2.8. Estudo de necessidades do Módulo de Testes

Realizou se então uma pesquisa de necessidades para que o projeto do Módulo de testes fosse viável e contemplasse a capacidade de testar um programa de CLP de pequeno a médio porte e além da simulação com led's realizasse a comutação de algumas válvulas solenóides.

Com a escassez de verba para o desenvolvimento do Módulo, e a necessidade de se atender as aplicações, o projeto exigiu que se realizasse um estudo de viabilidade para adequar o mesmo a esses parâmetros.

Decidiu-se então que o ponto de partida do desenvolvimento do projeto seria a partir de uma maleta fabricada em perfil de alumínio, da qual retirou-se suas medidas para o desenvolvimento do lay out dos componentes de controle e dos dispositivos usados para sua confecção.

1.2.9. Layout dos componentes e dispositivos de comando

Todo o projeto do Módulo de testes foi desenvolvido através do software Auto Cad, o qual possibilitou o estudo e análise de layout dos comandos de controle e dos dispositivos que fariam parte do Módulo de testes, assim como o esquema elétrico, contemplando todo o sistema de alimentação, simbologia utilizada, layout, entradas e saídas digitais e analógicas.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

1.3.1. Introdução

Essa etapa apresenta um resumo sobre o surgimento dos Controladores Lógicos Programáveis e sobre o propósito do dispositivo desenvolvido neste trabalho, no caso, o Módulo de testes e sua importância.

1.3.2. Fundamentação Teórica

Serão apresentados conceitos importantes e necessários para o entendimento do assunto e poder tornar o trabalho compreensível, será apresentado o que foi encontrado na pesquisa bibliográfica e tem relação direta com a teoria necessária para o desenvolvimento do trabalho.

1.3.3. Descrição do Objeto de Estudo

O objeto de estudo que será a Norma IEC 61131-3, sua aplicação estudo do programa desenvolvido para a automação de uma prensa e o projeto elétrico de um módulo de testes para programas de CLP.

1.3.4. O Modelo da Simulação

O modelo realizado será apresentado com o resultado da simulação em software onde foi desenvolvido o programa.

1.3.5. Simulação, Interpretação e Estudos

Será feito um comentário sobre os resultados obtidos com a simulação em software de forma que seja constatada a eficácia da simulação desenvolvida durante a apresentação do trabalho.

1.3.6. Considerações Finais

Serão apresentadas análises entre as expectativas pretendidas sobre o trabalho e as definitivamente encontradas, as conclusões, experiências, adquiridas e o aprendizado com a realização deste trabalho.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Surgimento do CLP

Na engenharia acadêmica, normalmente, o termo “controle” implica em controle analógico ou digital de sistemas dinâmicos que possuem comandos contínuos. Exemplos destes tipos de sistemas incluem controle de voo, controle de posicionamento em máquinas CNC, controle de temperatura, etc. Entretanto, muitas vezes máquinas industriais requerem controle nos quais as entradas e saídas são sinais on/off. Em outras palavras, os estados são modelados como variáveis que apresentam somente dois valores distintos. Embora os sistemas tenham dinâmica, esta é ignorada pelo controlador. O resultado é um desempenho mais limitado, no entanto, com um controle mais simples. Exemplos do dia a dia destes sistemas são as máquinas de lavar louça, máquinas de lavar roupa, secadoras e elevadores. Nestes sistemas, as saídas podem ser sinais de 120 volts AC que alimentam motores, válvulas solenóides e luzes de indicação; ou então podem ser sinais dc (por ex.: 24 volts) que também podem ser utilizados para acionar válvulas, luzes de indicação, e indiretamente, para acionar motores. Os sinais de entrada são sinais dc ou AC provenientes de chaves de interface com o usuário (chaves de emergência, de interrupção, etc.), chaves de limites de movimento, sensores de nível de líquido, termostato, pressostato, etc. Uma outra função principal nestes tipos de controladores é a temporização.

Um controlador programável é um elemento capaz de armazenar informações para implementar funções de controle como:

- Seqüenciamento
- Temporização
- Contagem
- Funções aritméticas
- Manipulações de dados
- Comunicação

As interfaces de entrada e saída fornecem a conexão entre o Controlador e as informações enviadas por botões, sensores, etc. e controla dispositivos como válvulas relés, lâmpadas, etc.

2.2. Relé

Um relé é um interruptor acionado eletricamente. A movimentação física deste "interruptor" ocorre quando a corrente elétrica percorre as espiras da bobina do relé, criando assim um campo magnético que por sua vez atrai a alavanca responsável pela mudança do estado dos contatos. O relé é um dispositivo eletromecânico ou não, com inúmeras aplicações possíveis em comutação de contatos elétricos. Servindo para ligar ou desligar dispositivos. É normal o relé estar ligado a dois circuitos elétricos. No caso do Relé eletromecânico, a comutação é realizada alimentando-se a bobina do mesmo. Quando uma corrente originada no primeiro circuito passa pela bobina, um campo eletromagnético é gerado, acionando o relé e possibilitando o funcionamento do segundo circuito. Sendo assim, uma das aplicabilidades do relé é utilizar-se de baixas correntes para o comando no primeiro circuito, protegendo o operador das possíveis altas correntes que irão circular no segundo circuito (contatos).

A mudança de estado dos contatos de um relé ocorre apenas quando há presença de tensão na bobina que leva os contatos a movimentarem-se para a posição normal fechado (NF) ou normal abertos (NA) quando esta tensão é retirada - este princípio aplica-se para relés tudo ou nada. Em diversos países a nomenclatura NA e NF são encontradas como NO (Normal Open) ou NC (Normal Closed).

As partes que compõem um relés são:

- eletroímã (bobina) - constituído por fio de cobre em torno de um núcleo de ferro macio que fornece um caminho de baixa relutância para o fluxo magnético;
- Armadura de ferro móvel;
- Armadura de ferro móvel;
- Mola de rearme;
- Terminais - estes podem variar dependendo da aplicação: *Terminais tipo Faston; *Terminais para conexão em Bases (Sockets); *Terminais para conexão em PCI's (Placas de Circuito Impresso);

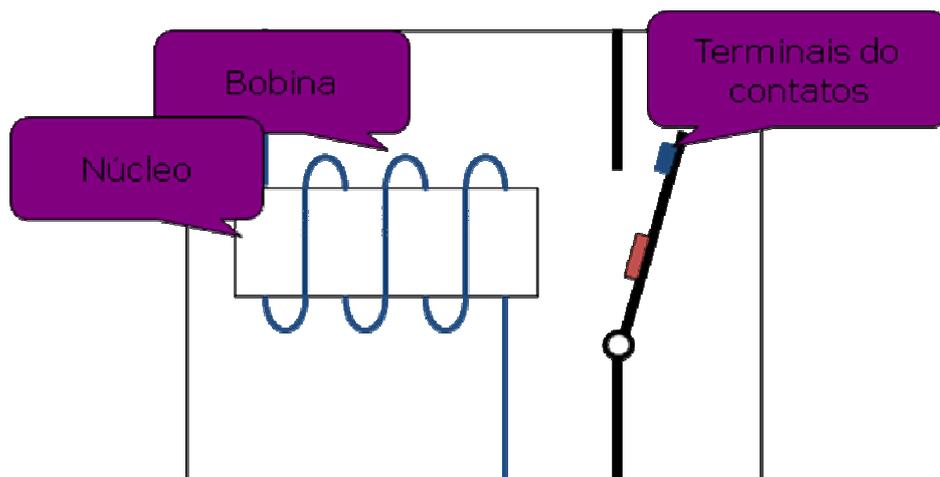


Figura 1. Relé.

Antes de 1980, controladores deste tipo eram implementados com relés. No relé (figura 1), quando a corrente flui pela bobina, o contato elétrico é fechado, fazendo com que um circuito se feche (relé normalmente aberto - NA), ou seja, interrompido (relé normalmente fechado - NF). Os relés são eletricamente, termicamente e mecanicamente robustos, baratos e capazes de controlar correntes altas em sua saída.

Por exemplo, se dois relés normalmente aberto são ligados em série, conforme ilustrado na figura 2, as duas bobinas irão formar as entradas de uma porta AND : quando houver corrente fluindo pelas duas bobinas, as duas chaves irão se fechar e portanto haverá corrente no circuito de saída.

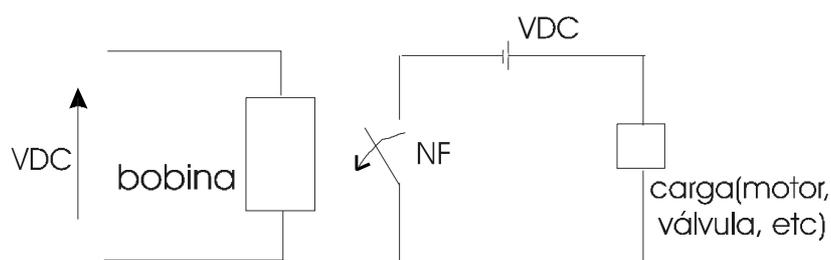


Figura 2. Circuito com Relé.

Fonte: Adaptado de UFMG DEMEC(2005)

Devido ao fato da lógica com relés ser implementada com o uso de fios, é difícil alterar tal lógica quando novas funções são requeridas. Um exemplo de aplicação da lógica de relés é na monitoração e controle de máquinas ferramentas, mostrado na figura 3.

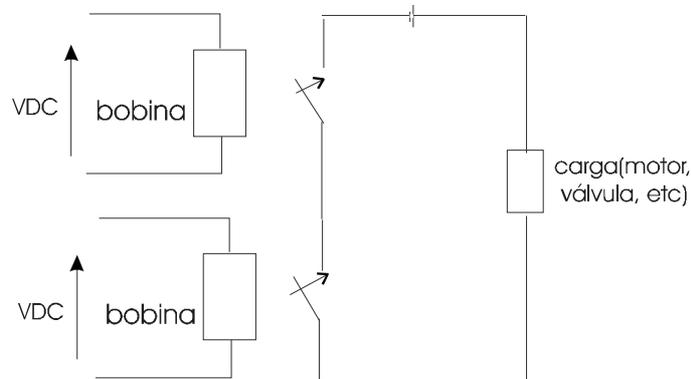


Figura 3. Circuito com 2 Relés
Fonte: Adaptado de UFMG DEMEC (2005)

Assim como podemos a chave de fim de curso, Ch0, se situa no lado positivo do eixo e quando tocada pelo carro da máquina (significa que o fim de curso foi alcançado), esta chave se fecha. Com isso, circulará corrente pela bobina do relé e conseqüentemente a chave c0 se abre interrompendo o circuito de acionamento do motor e também fazendo com que a lâmpada de sinalização se acenda. No caso, o motor é acionado através de um drive, que normalmente possui uma entrada de habilitação. O drive só estará habilitado (e conseqüentemente permitirá que o motor seja acionado) se o sinal que chega nesta entrada estiver de acordo com o esperado. No caso, este sinal deve ser igual à VDC para que o motor gire.

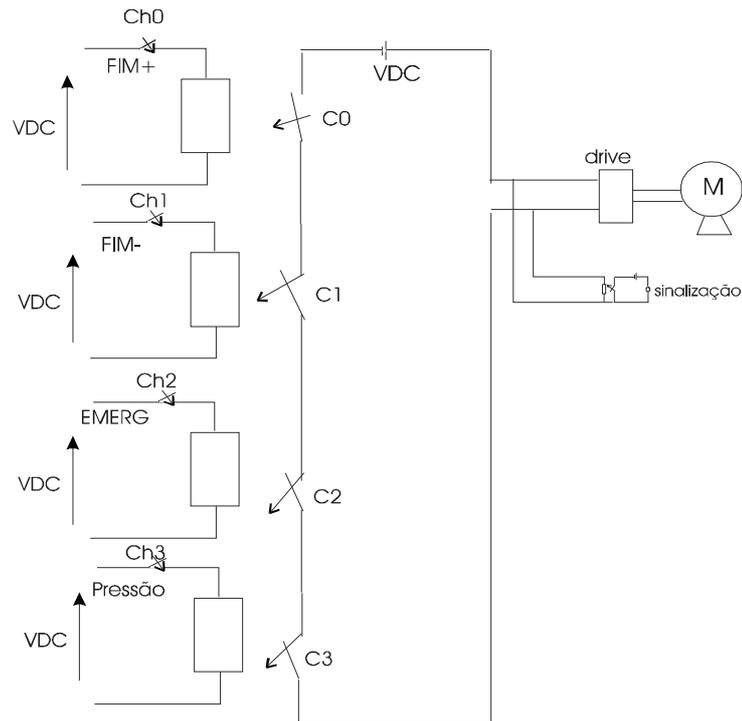


Figura 4. Controle através de relés
 Fonte: Adaptado de UFMG DEMEC(2005)

Ch1 é a chave de fim de curso situada no lado negativo do eixo e quando tocada pelo carro da máquina, esta chave se fecha. A chave Ch2 é acionada manualmente pelo operador em caso de emergência. A chave Ch3 é o sinal de saída do pressostato. Enquanto a pressão for menor que 5 bar, esta chave se manterá aberta, quando a pressão ultrapassar este valor, esta chave se fecha. Basta que uma das quatro chaves se feche para que a alimentação do motor seja interrompida.

Para se implementar o circuito mostrado na figura 5, basta ligar as chaves de entrada do circuito anterior (chave de emergência, fim de curso, etc.) nos pinos de entrada. Os pinos de entrada do CLP terão como entrada zero volts quando as chaves estiverem abertas e 24 volts quando as chaves estiverem fechadas. Um programa previamente desenvolvido e gravado na memória do CLP monitora as entradas e envia o comando correto para as saídas.

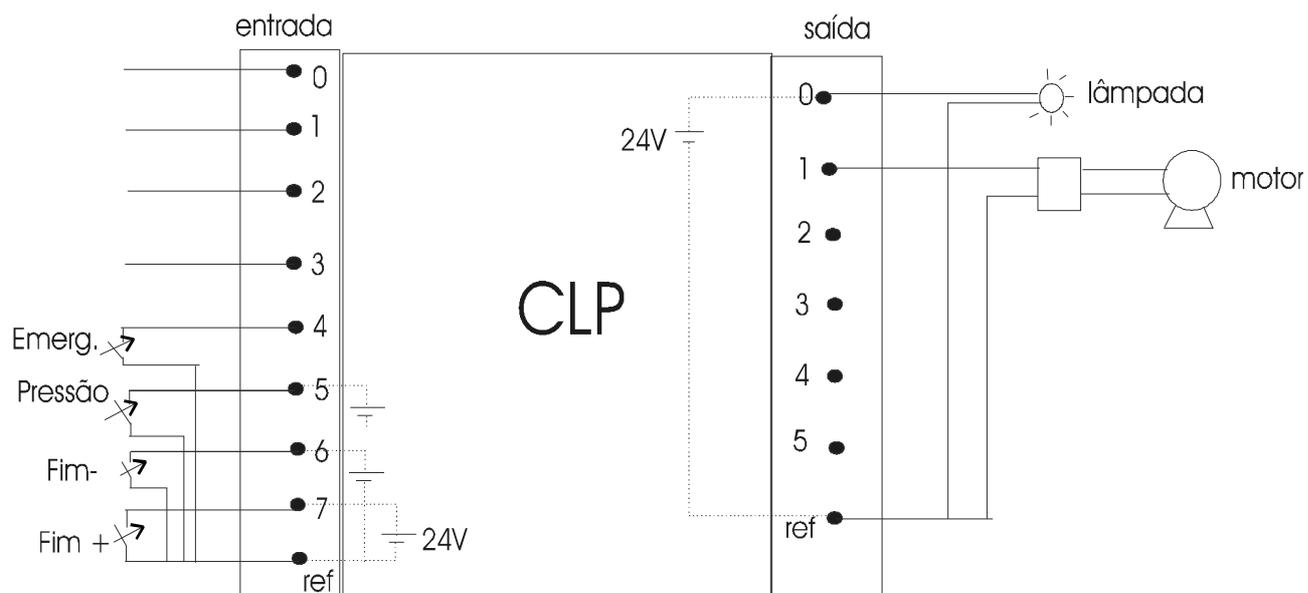


Figura 5. Circuito de relés substituído por CLP.

Fonte: Adaptado de UFMG DEMEC(2005)

2.3. Funcionamento dos CLP

Os fundamentos básicos do CLP começaram a tomar corpo no final da década de 1960, devido à necessidade de se agilizar mudanças na lógica de controle dos quadros de comando. Com a evolução da informática, esta tecnologia passou a ser implementada com micro controladores ou microprocessadores e outros circuitos lógicos. No início a programação era feita em Assembly, estando diretamente relacionada com o Hardware utilizado.

Com o tempo sistemas de programação melhorados e não tão específicos ao Hardware foram sendo utilizados, o programa passou a ser compilado antes de ser gravado na EPROM e posteriormente conectado ao Controlador.

Hoje possuímos Controladores cada vez mais rápidos, integrados a memórias tipo “Flash” que nem sequer necessitam de baterias.

Abaixo segue o modelo de simplificação básica de um CLP.

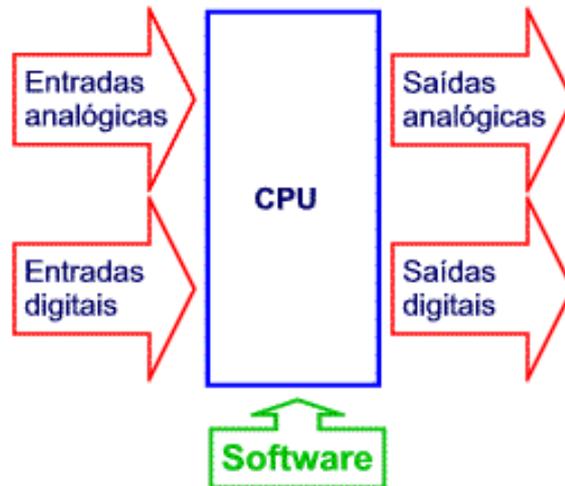


Figura 6. Simplificação Elementar
 Fonte: Adaptado de UFMG DEMEC (2005)

2.4. Substituição de um Relé por um Controlador

O funcionamento do circuito elétrico ilustrado na figura 7 consiste em quando for pressionado o botão S1, a bobina do relé K1 será energizada, o que irá chavear o contato que ligará a lâmpada L1!

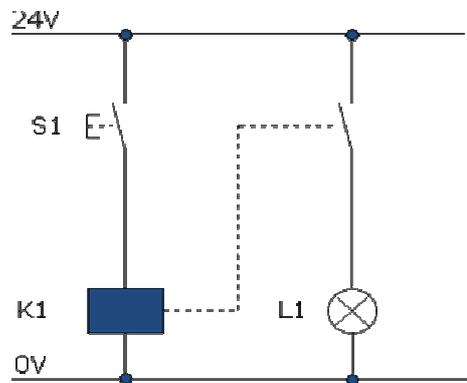


Figura 7. Circuito de acionamento de Lâmpada através de um Relé.

Na figura 8 observamos um comparativo do circuito com utilizando Relé e outro utilizando o CLP.

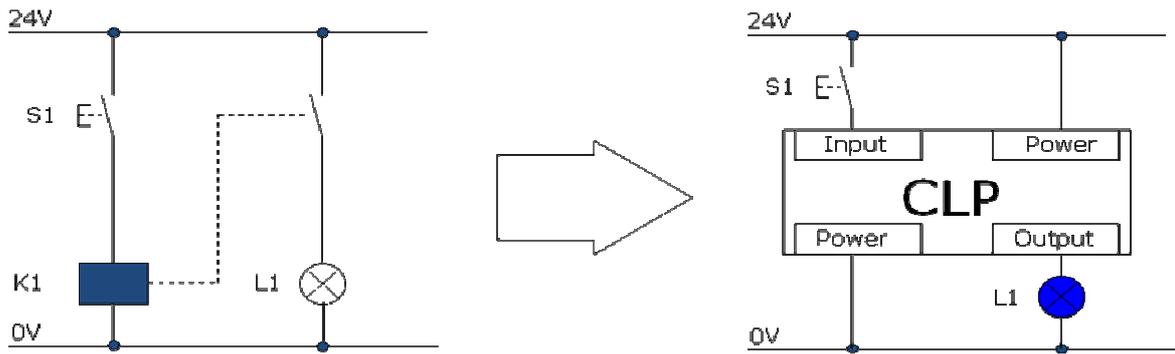


Figura 8. Substituição de Relé por CLP.

Na figura 9 podemos visualizar uma representação da lógica interna de funcionamento do CLP.

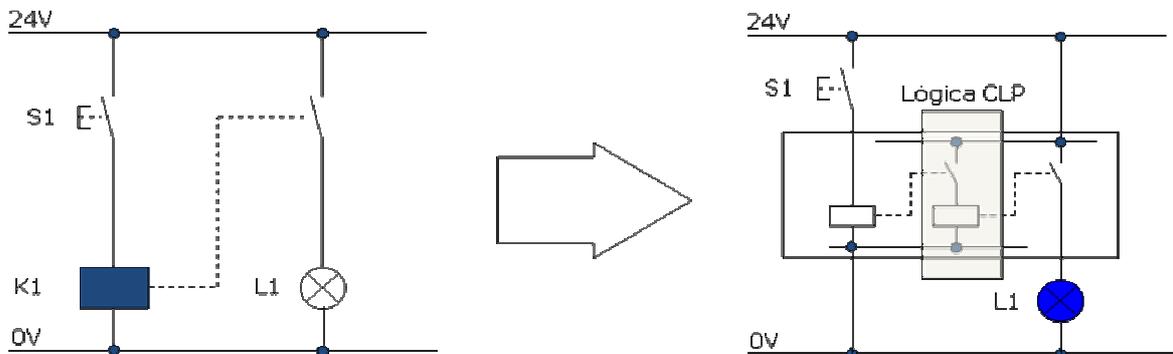
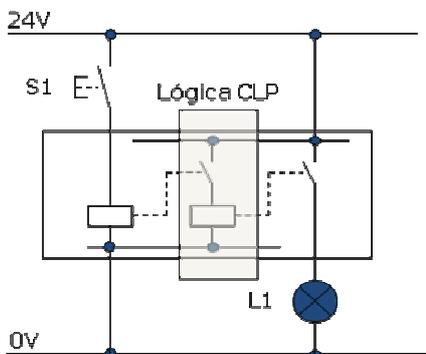


Figura 9. Comparativo entre circuito com Relé e Lógica de funcionamento do CLP.

2.5. Funcionamento do Programa dos CLP

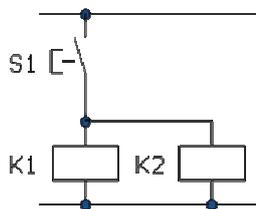
A Lógica de um Controlador Programável é um Código criado com uma ferramenta especial de programação (software) em um PC e depois descarregado no CLP, aonde o processador executa as informações contidas nesse Código.



O programa no CLP é iniciado automaticamente, no modo de operação normal.

Figura 10. Circuito com Lógica de funcionamento de CLP.

Um dos requisitos iniciais do CLP era que funcionasse de modo similar à lógica de relé mas este requisito é um problema para o CLP, veja no exemplo a seguir na figura 11.



Na lógica clássica, estes dois relés se tornam ativos ao mesmo tempo...

Figura 11. Circuito com lógica clássica entre dois Relés.

Programa é uma lista de comandos que só podem ser executados um por vez!

O programa CLP não funciona diretamente com as entradas e saídas (I/O). Ao invés disso, o programa CLP usa duas diferentes imagens: imagem de entradas e imagem de saídas. Ambas as imagens são parte da memória do CLP. Antes de ser executada a lógica do programa, o CLP copia o estado das entradas dentro das entradas de imagem.

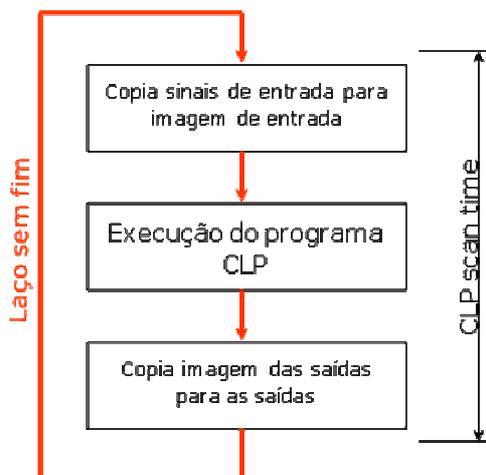
É iniciado o processo de execução do programa se o programa necessitar informações a respeito do estado do sinal de entrada, ele pegará da imagem de entrada.

Se houverem mudanças após a cópia dos estados da imagem de entrada, estas não serão consideradas na execução do programa.

Durante a execução do programa, as mudanças

de estado serão avaliadas somente na imagem de saída. Após as execuções do programa O CLP copia a imagem de saídas para as saídas físicas. Após o término da varredura do programa e de a imagem de saída ter sido copiada para as saídas, a seqüência repete-se novamente.

Isto significa que:



O CLP necessita de três tempos específicos: e este tempo é chamado *scan time*.

O tempo máx. de *scan* do CLP é determinado pelo tamanho e complexidade do programa executável. Se o tempo de *scan* for excedido, o CLP pára com mensagem de erro.

Figura 12. CLP Scan Time

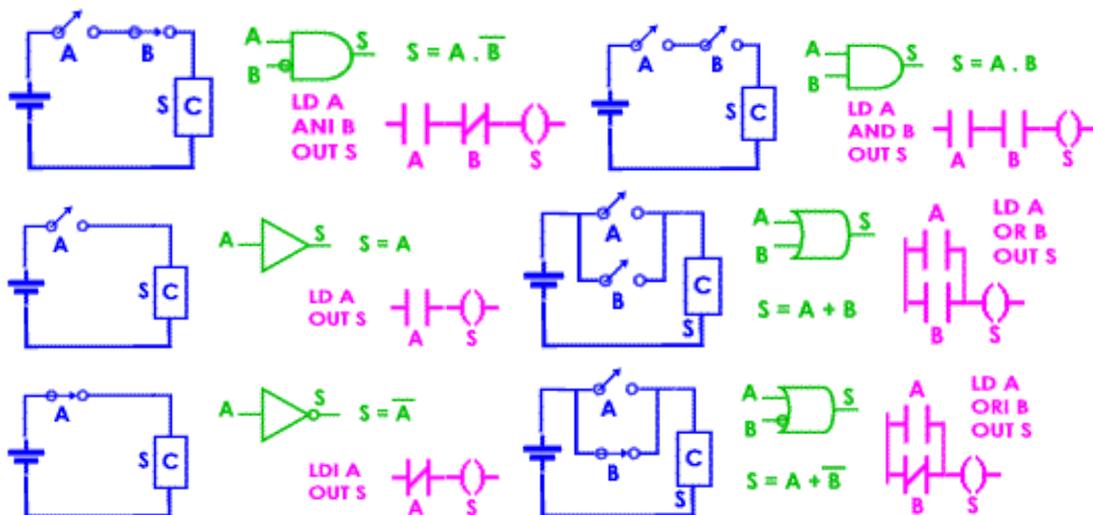


Figura 13. Revisão Lógica Booleana e Circuitos Equivalentes

2.6. Passos para criação de um programa PLC

Instalação da ferramenta de programação

Criar a lógica PLC com ferramenta de programação

Conectar PLC com o PC

Compilar e carregar o programa dentro do PLC

O PLC inicia automaticamente após o término do carregamento

Conseguir informações do PLC através das variáveis utilizadas

A função da ferramenta de programação é:

- Criar programa.
- Carregar programa.
- Mostrar estado das variáveis.
- Mostrar mensagens de erros.
- Documentar programas criados.
- Administrar programas.

2.7. Linguagens de Programação

Há cinco possibilidades de programação:

- Ladder Diagram (LD)
- Function Block Diagram (FBD)
- Instruction List (IL)
- Structured Text (ST)
- Sequential Function Chart (SFC)

Todas as linguagens são baseadas na norma IEC61131-3.

2.7.1. Ladder Diagram (LD)

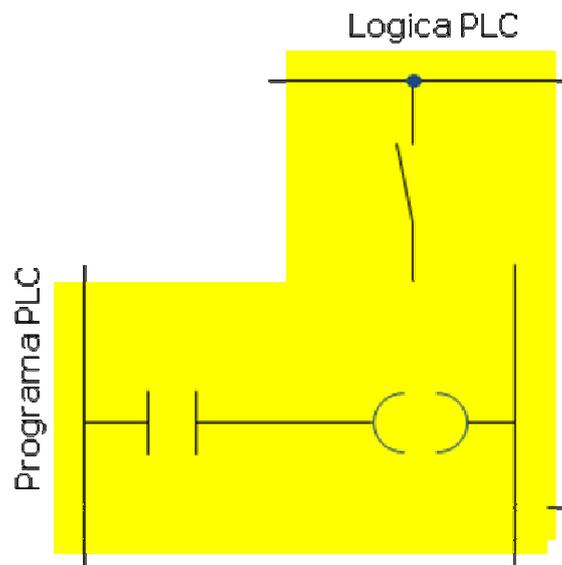


Figura 14. Linguagem de Programação Ladder

A linguagem ladder é similar a lógica de relés. Há diferentes símbolos de desenhos técnicos e estes símbolos são compatíveis com ASCII .

Não há pontos de conexão no diagrama ladder.

2.7.2. Function Block Diagram (FBD).

Na linguagem Function Block Diagram as instruções são baseadas na simbologia de blocos lógicos. Os elementos básicos destes circuitos são:



Figura 15. Function Block Diagram

2.7.3. Instruction List (IL)

Na lista de instrução, o programa é escrito como uma seqüência de instruções: cada seqüência começa numa nova linha que contém um operador ex: (LD,AND,OR,...) ou modificadores (ex. (, N...)).

2.7.4. Conversão entre linguagens

Há sempre possibilidade de converter uma linguagem gráfica em lista de instruções: na maioria dos casos, a conversão entre outras programações gráficas também será possível, mas deverá observar certas considerações durante a programação.

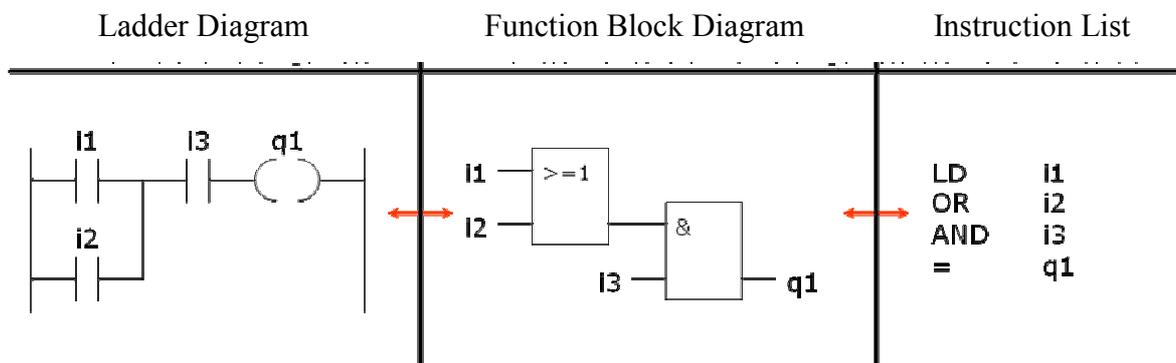


Figura 16. Exemplo de comparação entre linguagens

2.7.5. Sequential Function Chart (SFC)

Sequential Function Chart são estruturas de instruções definidas para organização interna do programa PLC e funções blocos. Habilita seqüência para setar instruções dentro de funções blocos ou programa para movimentos de máquinas.

Os Elementos de um SFC são:

- Passos;
- Transições e
- Ações.

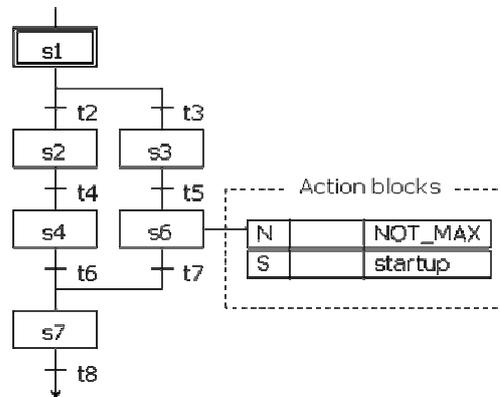


Figura 17. Linguagem SFC.

2.7.6. Sequential Function Chart (SFC) - Passo

Passo ou etapa (Sx) no quadro, é o momento do programa em que são realizadas as ações de controle do programa, quer dizer, é quando são ligadas e desligadas as válvulas, lâmpadas, motores e demais elementos da máquina ou processo.

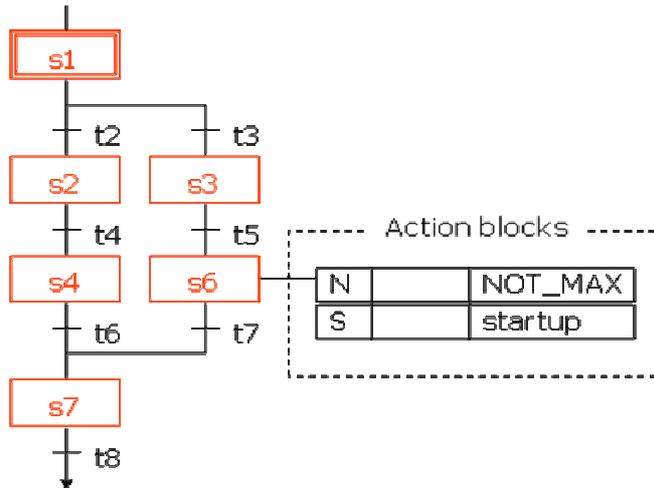


Figura 18. Linguagem SFC - Passo.

2.7.7. Sequential Function Chart (SFC) - Transição

Uma transição representa a condição no qual o controle passa um ou mais passos precedendo a transição de um ou mais sucessor de passos junto com o link correspondente. Transição pode ser programada em três linguagens de programação, (LD, FBD, IL).

2.7.8. Sequential Function (SFC) - Ação

Uma ação pode ser uma variável booleana ou uma várias instruções de uma lista de instruções , varias instruções dentro de um programa ladder ou várias funções blocos.

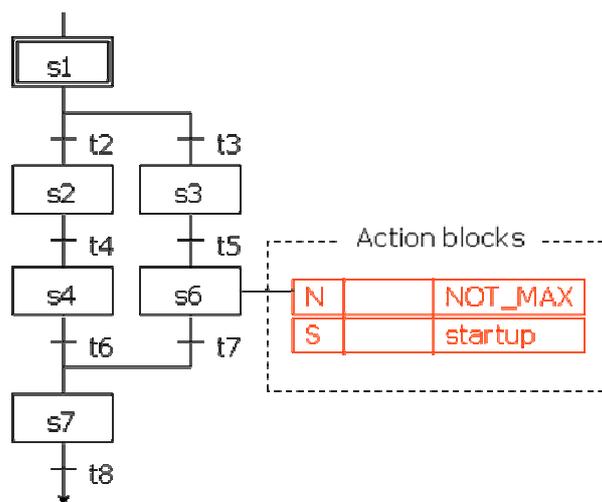


Figura 19. Linguagem SFC – Ação.

2.7.9. Structure Text - ST

É uma forma de Programação de alto nível muito poderosa, com raízes em Linguagens tradicionais como: Pascal, C e ADA (Algorithm Description Language) e de grande utilidade para realizar funções e cálculos matemáticos complexos de forma compacta e legível.

```
0005 ELSE
0006     sensor_recuado:=FALSE;
0007 END_IF
0008
0009 IF (posicao=curso) THEN
0010     sensor_avancado:=TRUE;
0011     flag_avancar:=FALSE;
0012     flag_movendo:=FALSE;
0013 ELSE
0014     sensor_avancado:=FALSE;
0015 END_IF
0016
0017 IF (botao=FALSE AND flag_movendo=TRUE) THEN
0018     flag_movendo:=FALSE;
0019     IF (flag_avancar=TRUE) THEN
0020         flag_avancar:=FALSE;
0021     ELSE
0022         flag_avancar:=TRUE;
0023     END_IF
0024 END_IF
0025
0026 IF (botao=TRUE AND flag_avancar=TRUE) THEN
0027     flag_movendo:=TRUE;
0028     posicao:= posicao + velocidade * tempo;
0029     IF (posicao>=curso) THEN
0030         posicao:=curso;
0031         botao:=FALSE;
0032         flag_movendo:=FALSE;
0033     END_IF
```

Figura 20. Linguagem ST

2.8. Norma IEC 61131-3

Considerando-se o reconhecimento da necessidade de um padrão para CLP, por parte da comunidade industrial internacional, em 1979, foi designado um grupo de trabalho com o IEC (International Electro-technical commission) voltado para este propósito. Este grupo tinha como objetivo analisar o projeto completo de CLP (inclusive hardware), instalação, testes, documentação, programação e comunicações. Este grupo designou 8 frentes de trabalho para desenvolver diferentes partes do padrão para CLP. A primeira parte do padrão foi publicada em 1992 (General Information – conceitos e definições de terminologias básicas). A parte 3, referente às linguagens de programação, foi publicada em 1993.

A IEC 61131-3 é o único padrão global para programação de controle industrial. Uma interface de programação padrão permite a pessoas com diferentes habilidades e formações, criar elementos diferentes de um programa durante estágios diferentes do ciclo de vida de um software: especificação, projeto, implementação, teste, instalação e manutenção. O padrão inclui a definição da linguagem *Sequential Function Chart (SFC)*, usada para estruturar a organização interna do programa, e de quatro linguagens: Lista de Instrução (IL), Diagrama Ladder (LD), Diagrama de blocos de funções (FBD) e Texto Estruturado (ST).

Uma maneira elegante de se olhar para o padrão IEC 61131-3 é dividindo-o em duas partes:

- Elementos comuns;
- Linguagens de Programação;

2.8.1 Elementos Comuns

2.8.1.1 Tipos de dados

Usado para definir o tipo de dado de qualquer parâmetro, evitando-se dividir tipos diferentes de variáveis, por exemplo. Os tipos de dados são: *booleana, inteiro, real, byte e word*, mas também *data, hora e string*. Baseado nestes tipos é possível também definir-se um tipo de dado próprio, chamado tipo derivado de dado. Por exemplo, pode-se definir um tipo de dado como sendo *analog input channel*.

2.8.1.2. Variáveis

Variáveis podem ser atribuídas somente para explicitar endereços de hardware (entradas e saídas) em configurações, recursos e programas. Isto garante um alto nível de independência do hardware, viabilizando sua reutilização. O uso dos nomes das variáveis é normalmente limitado à POU em que ela foi declarada, e podem, portanto, serem reusadas em outras POU's, sem conflito. Para que uma variável seja global, deve ser declarada como tal.

2.8.1.3. Configuração, Recursos e Tarefas

Configuração - formulação de um software completo, requerido para resolver um problema particular de controle. Uma configuração é especificada para um tipo particular de sistema de controle, incluindo os recursos de hardware. Para uma dada configuração pode-se definir um ou mais recursos.

Recursos - corresponde a uma facilidade de processamento que é capaz de executar programas baseados no padrão IEC. Para um dado recurso uma ou várias tarefas podem ser definidas.

Tarefas - controlam a execução de um conjunto de programas e/ou blocos de função. Podem ser executadas periodicamente ou na ocorrência de algum evento (trigger), como, por ex., a mudança de uma variável para uma região limite.

Programas - construídos a partir de elementos diferentes de software, escritos em qualquer linguagem definida pelo padrão IEC.

CLP convencional: contém um recurso, executa uma única tarefa, controlando um único programa, executado em malha fechada.

IEC 61131-3: oferece muito mais possibilidades que isto. Abre novas perspectivas para o futuro. Incluindo multiprocessamento e programas de execução controlada por evento.

2.8.1.4. Unidades de Organização de Programas - POU

2.8.1.4.1. Funções

IEC define algumas funções padrão (ADD, ABS, SQRT, SIN, COS) e funções definidas pelo usuário.

2.8.1.4.2. Blocos de funções (Functions blocks diagrams - FBD)

São equivalentes a circuitos integrados, CIs, representando uma função de controle especializada. Eles contém dados e algoritmo, o que equivale a dizer que possuem memória passada (o que consiste em uma das diferenças entre uma FBD e uma função). Como um CI ou uma caixa preta, eles possuem uma interface bem definida. Permite separar bem os níveis de programação e manutenção. Ex.: PID. São altamente reutilizáveis.

2.8.1.4.3. Programas (Programs)

Tipicamente, um programa consiste em uma rede de funções (functions) e blocos de função (function blocks), que podem trocar dados. Funções e blocos de funções são blocos de construção, básicos, contendo uma estrutura de dados e um algoritmo.

2.9. Tipos de Linguagens de Programação

2.9.1. Gráfica

- Sequential Function Chart (SFC);
- Diagrama Ladder (Ladder Diagram – LD)
- Blocos de Função (Function Block Diagram – FBD)

2.9.2. Textuais

- Lista de Instruções (Instruction List – IL)
- Texto Estruturado (Structured Text – ST)

3. PROJETO

Para a realização do projeto do módulo de teste, buscou-se o desenvolvimento de uma aplicação real do dia a dia de uma empresa através da automação de uma prensa hidráulica.

O esquema hidráulico ilustrado nas figuras 21A e 21B abaixo são de um bloco básico utilizado para o desenvolvimento de uma prensa hidráulica e suas condições de aplicação.

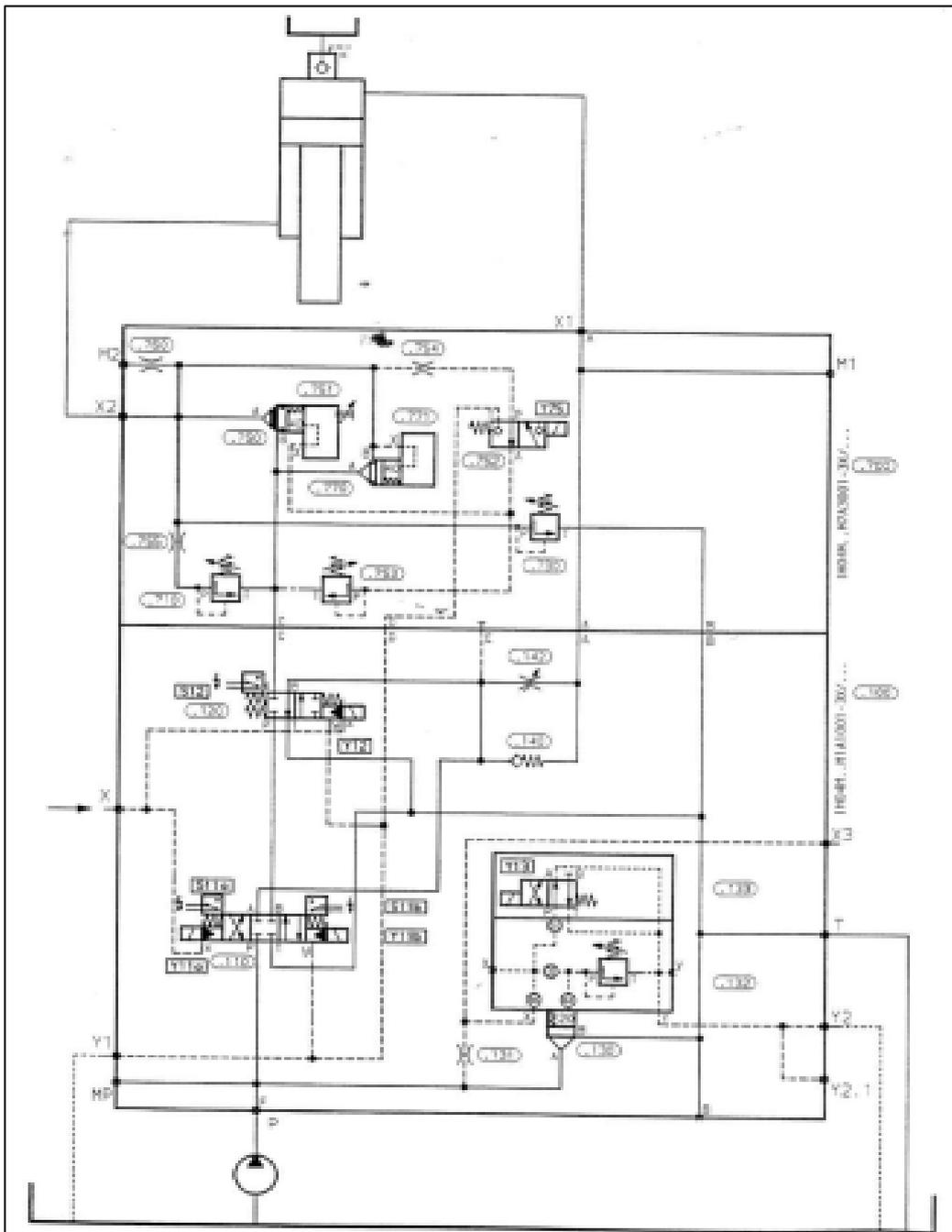


Figura 21(a). Esquema hidráulico Bloco de Prensa
Fonte: Rexroth Catálogo (1994)

Application conditions	
<ul style="list-style-type: none"> - Free-fall downstroke under own weight. - Min. holding pressure at max. permissible flow (see pages 10 and 11). - Fast forward and pressing speed determined by pump. - Pilot pump required from size 12 upwards. 	
<p>Module 1, type 1A1001-3X/</p> <p>Pressure relief valve, items .130 to .133 serves to protect the hydraulic pump. The maximum operating pressure is set at pressure relief valve, item .132. With the directional valve, item .133 in neutral position, the pressure relief valve, item .132 is switched to low pressure bypass.</p> <p>When solenoid Y13 is energised, the pressure set at the pressure relief valve, item .132 becomes effective.</p> <p>The direction of travel of the cylinder is determined by directional valve, item .110. Limit switches S11a and S11b monitor the return to the "safe" 0-position after each press cycle.</p> <p>When using spool type "T" bypass at zero pressure is possible as an additional configuration, but is not possible with spool types "E" or "L". Alternative spool types are not permissible.</p> <p>Directional valve, item .120 serves as a safety valve to meet UVV requirements (Accident Prevention Regulations). Using limit switch S12, the return to the "safe" 0-position after each press cycle is monitored.</p> <p>The decompression time is set at throttle valve, item .142.</p> <p>Remote pressure setting via port X3</p> <p>The pressing force may be remotely set by means of a pressure control valve which is connected to port X3. Attention must be paid here, that the set press pressure exceeds the required return (break-out) pressure.</p>	<p>Module 7, type 7A3001-3X/</p> <p>The holding pressure (counterbalance pressure) incl. safety margin for the platen weight compensation is set at pressure relief valve, item .710. When the machine is stationary, the cylinder is also held stationary without leakage, since in the starting position the logic element item .750 is also held closed without leakage.</p> <p>Operation of directional poppet valve, item .752 opens the logic element, item .750. The cylinder now begins the fast downstroke, the fast forward speed being set with the stroke limiter on the logic element, item .750. At the end of the fast forward movement, the directional poppet valve, item .752 is de-energised. The required pressure to close valve, item .750 is set at pressure relief valve, item .753. The deceleration force may be smoothly varied, so that hard or gentle deceleration of the press ram from fast forward to pressing speed can be selected as required.</p> <p>Oil can flow through logic element, item .750 from A to B only. During return travel item .750 is bypassed by means of logic element item .770 operating as a check valve.</p> <p>Pressure relief valve, item .730 serves as a safety valve to prevent pressure intensification. The valve pressure is set to 10% above the maximum operating pressure and the setting is then lead sealed.</p>

Figura 21(b). Data Sheet de bloco Hidráulico.
Fonte: Rexroth Catálogo (1994)

Com base no esquema da figura 21A, foi desenvolvido um programa que atendesse as necessidades de aplicação de uma prensa para que posteriormente já existisse um programa para o teste no módulo de testes.

3.1. Programa da Prensa

Para o desenvolvimento do programa foi utilizado uma ferramenta fornecida pela empresa na qual foi desenvolvido todo o trabalho de campo, um software exclusivo desenvolvido pela própria empresa, no qual atende por completo todas as exigências que contemplam a norma IEC

61131-3, e com isso lhe dando toda a liberdade para a mobilidade do programa para um CLP de um outro fabricante desde que o mesmo atenda as especificidades da norma IEC comentada acima.

Primeiramente foi criada uma POU (Unidade de Organização de Programas) e a partir dela foi criada a estrutura do programa, ou seja, determinadas funções desenvolvidas com determinadas linguagens de programação.

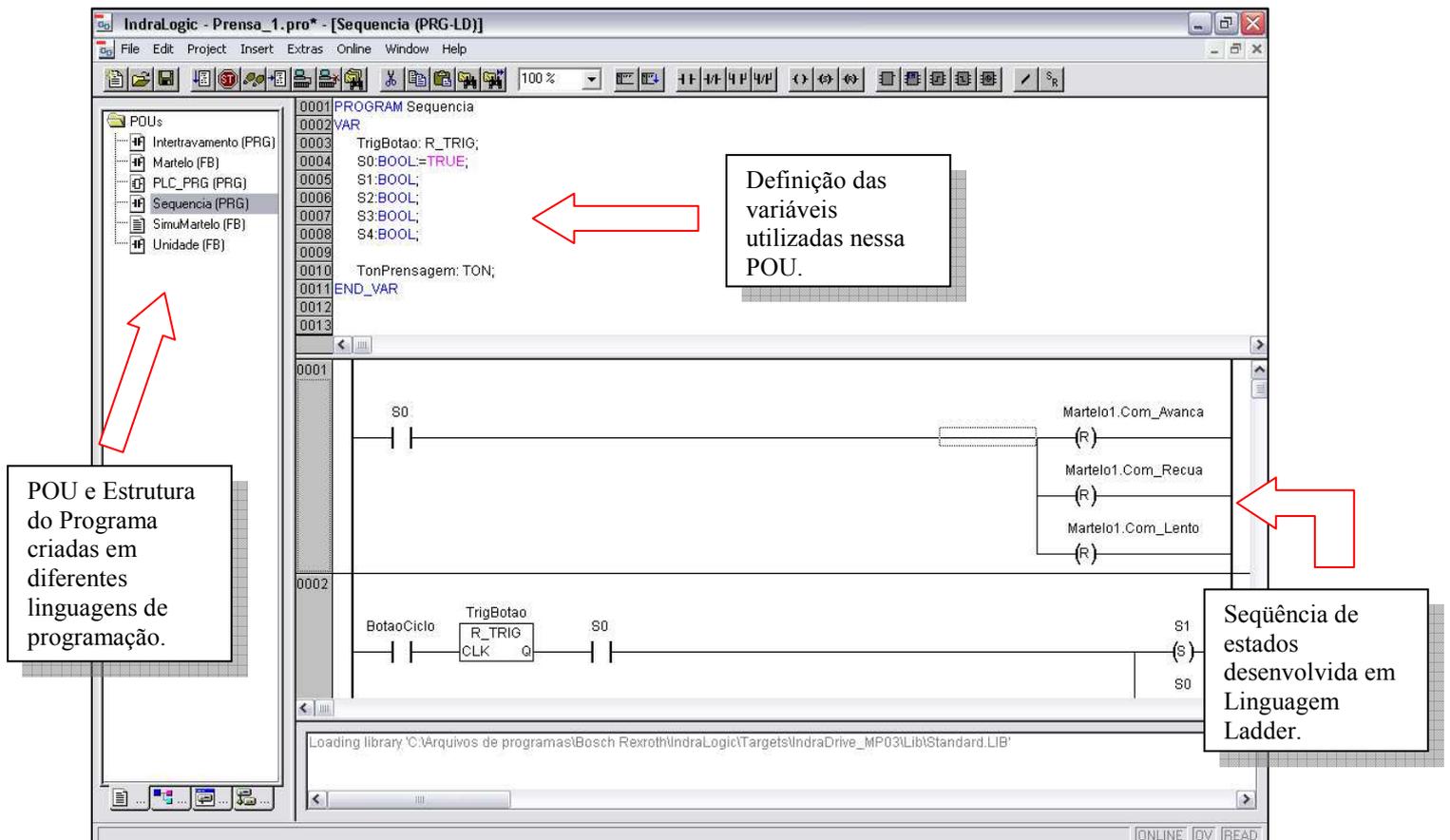


Figura 22. Interface do software de programação de CLP – Seqüência de Funcionamento.

Nessa etapa foi definida a seqüência de trabalho do programa, ou seja, sua máquina de estados que divide o programa em etapas de trabalho utilizando a linguagem de programação Ladder.

Na etapa seguinte foi elaborada a seqüência de trabalho da unidade hidráulica que compõe o circuito hidráulico da prensa em questão. Foram criadas variáveis como de controle tais como liga e desliga motor, desbloqueio, limite de temperatura entre outros.

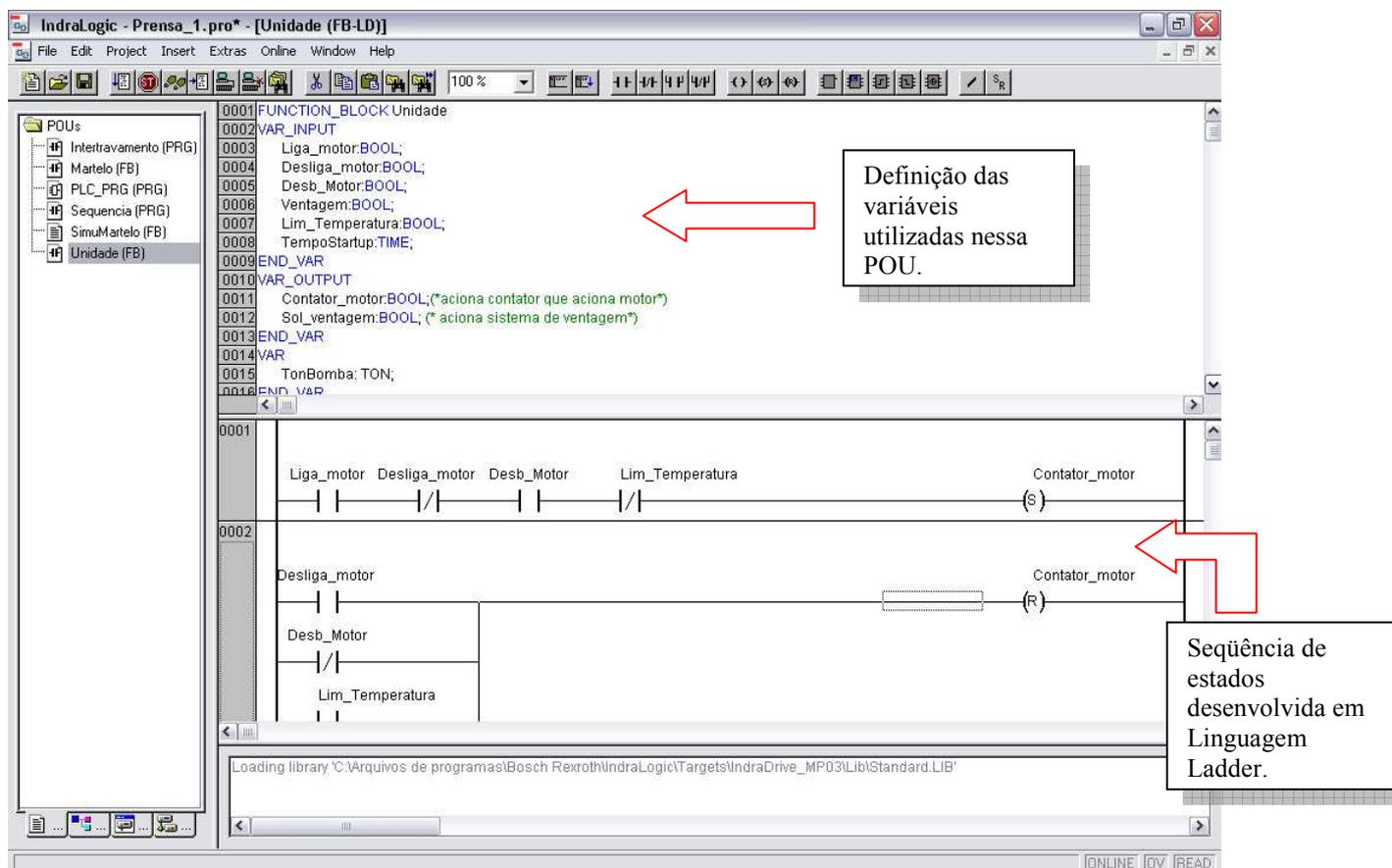


Figura 23. Interface do software de programação de CLP – Seqüência da Unidade Hidráulica.

Nessa etapa mostrada pela figura 24 foi definida a seqüência de trabalho do martelo da prensa (martelo- parte do equipamento que realiza a compressão do material desejado.) E definido seus comandos de acionamento como avança, recua, entre outras utilizando a linguagem de programação ladder.

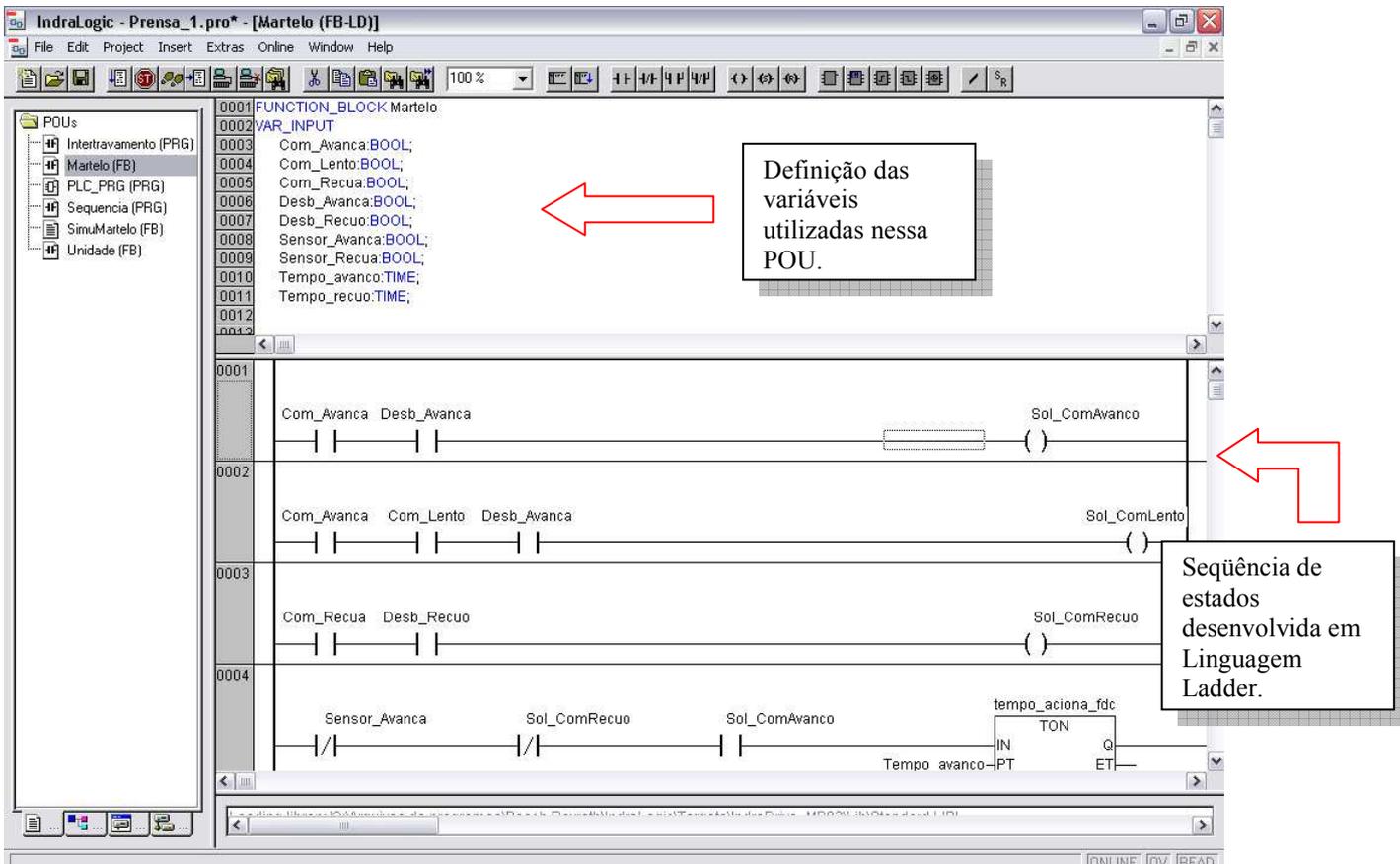


Figura 24. Interface do software de programação de CLP – Seqüência do Martelo hidráulico.

Na figura 25, ilustramos a seqüência de intertravamentos do programa, ou seja, se trata de uma seqüência de funções que no caso de serem ou não habilitadas desativam o funcionamento do mecanismo de automação da prensa.

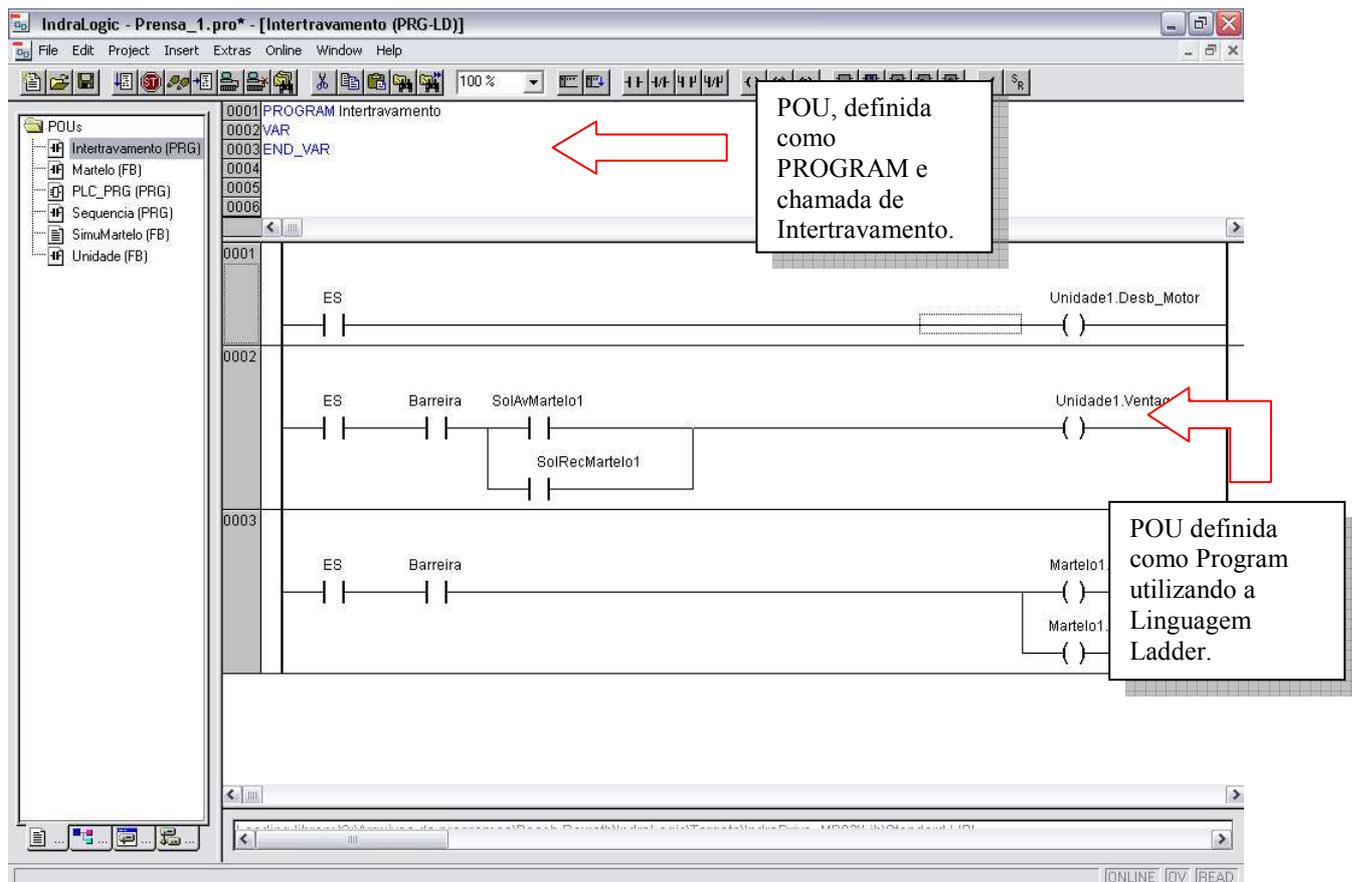


Figura 25. Interface do software de programação de CLP – Sequência de intertravamento.

Nessa POU chamada de PLC definida como um programa assim como a POU chamada de Sequência, utiliza a linguagem de programação FB (Function Block), com essa linguagem podemos criar blocos e definir entradas e saídas para os mesmos e através dos nomes dados aos blocos assim como ilustrado na figura 26, podemos criar um link com as outras POUs que foram criadas através de outros tipos de linguagens.

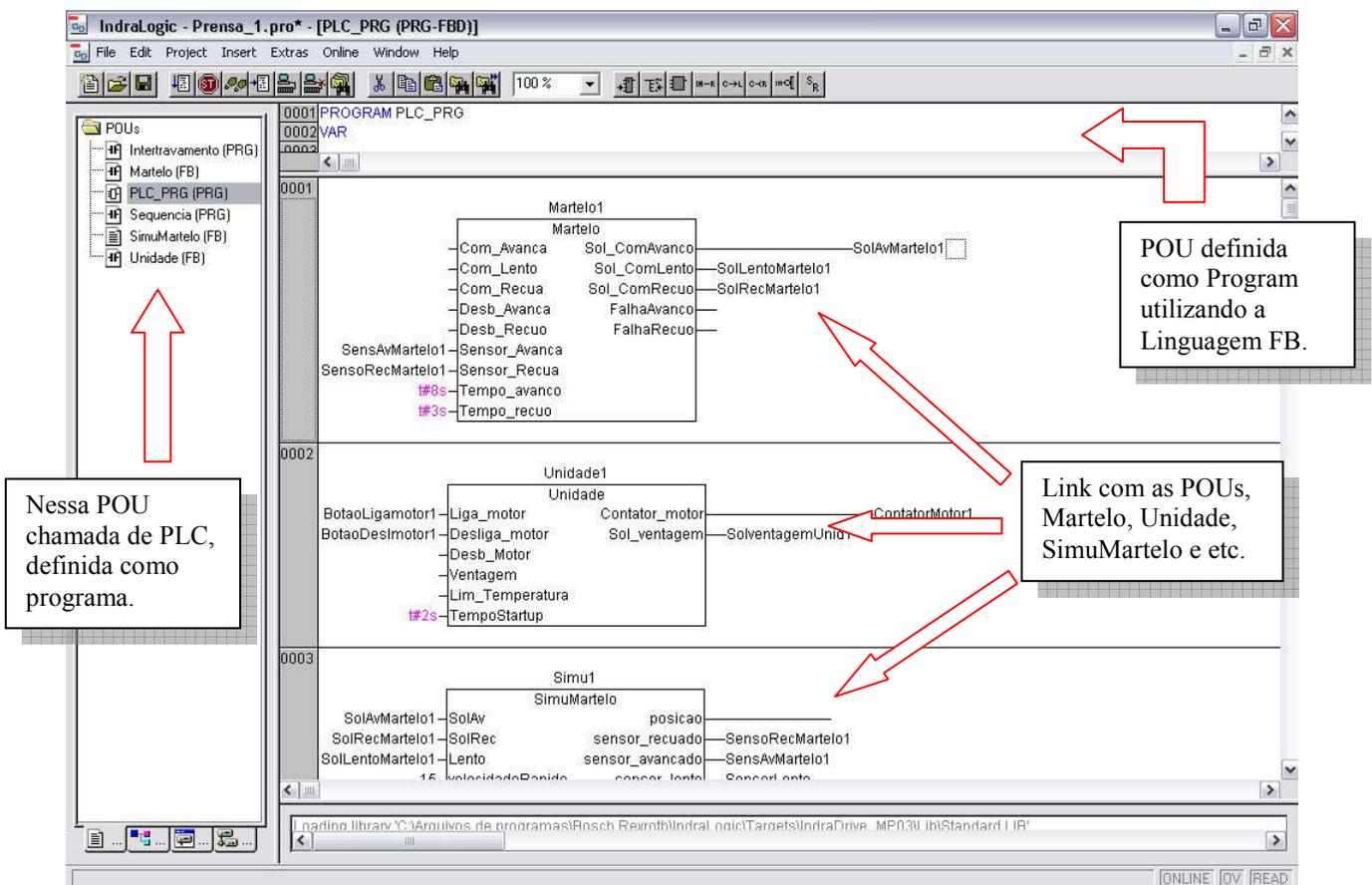


Figura 26. Interface do software de programação de CLP – Function Block.

Esta POU definida como SimuMartelo, foi desenvolvida através da linguagem de programação ST (Texto Estruturado), porém, esta POU foi definida como (FB) ou seja, Function Block, porque se trata de um link entre essa POU e o bloco criado dentro da POU PLC_PRG definindo assim suas entradas e saídas de comando do bloco SimuMartelo, que, por sua vez, tem a função de comandar a simulação criada em outra interface do software.

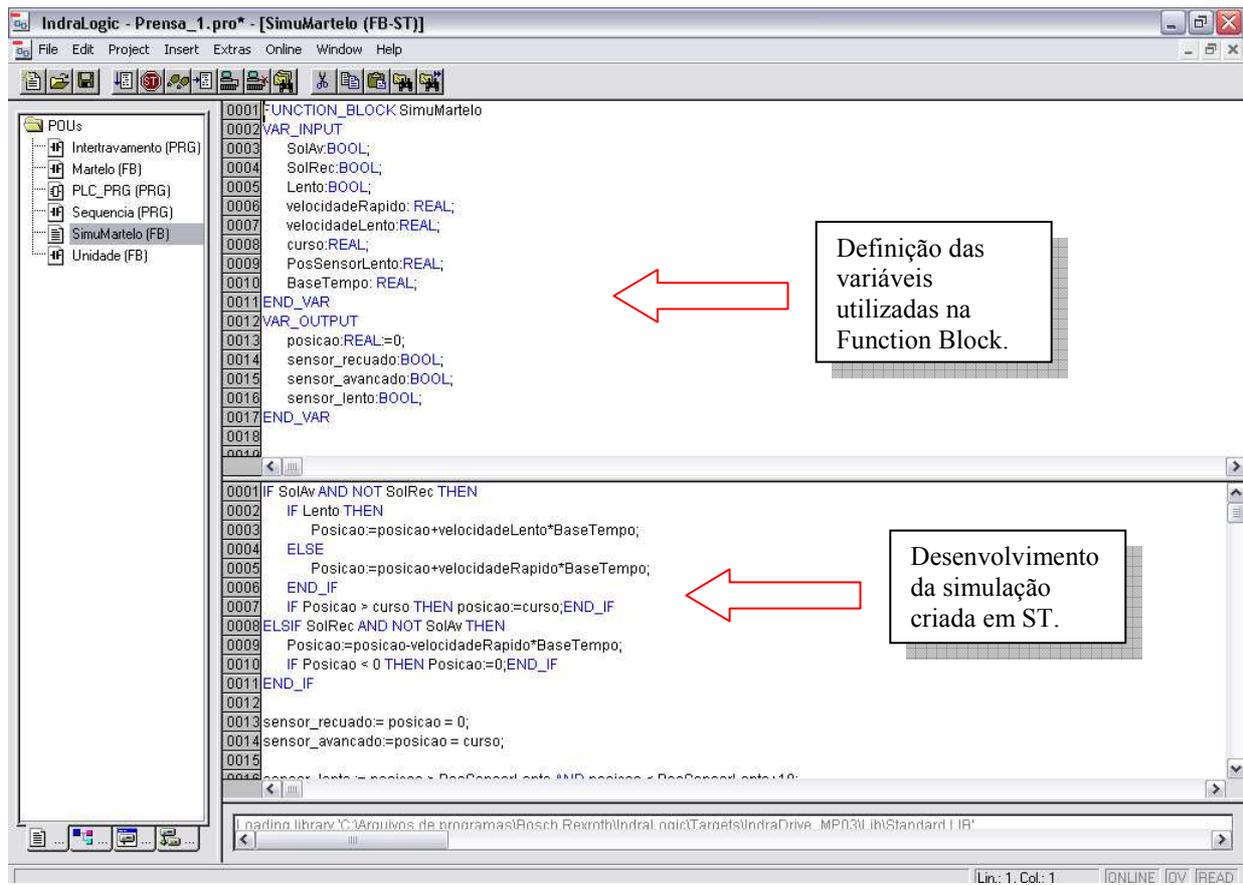


Figura 27. Interface do CLP – Simulação do Martelo.

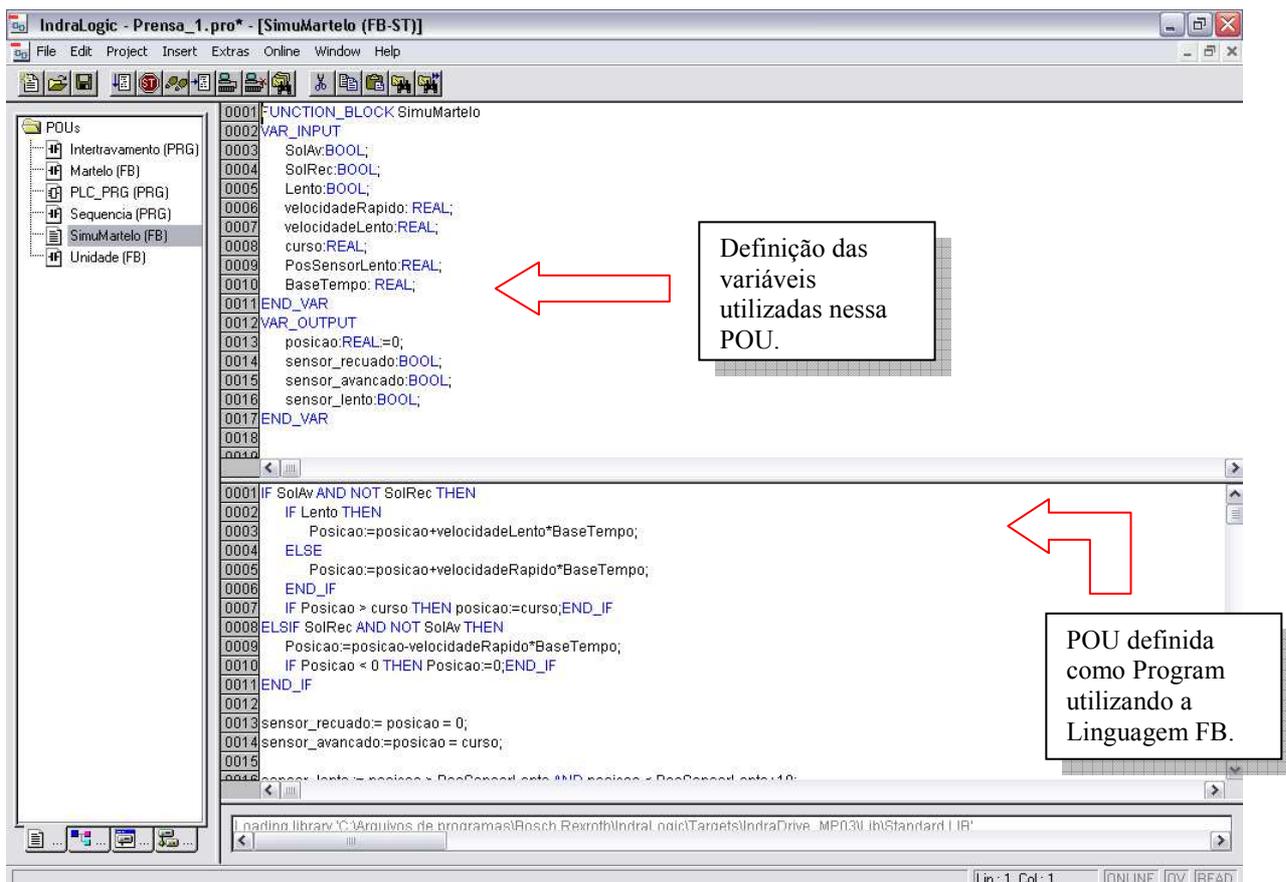


Figura 28. Interface do software de programação de CLP – Simulação do Martelo.

A seguir na figura 29, podemos observar a interface do software do CLP que nos permite visualizar uma prévia simulação do que seriam os movimentos da prensa.

Este software não somente nos permite visualizar os movimentos, mas também, nos permite a criação de detalhes tais como o acender do painel de sinalizando o acionamento da válvula de ventagem, os sensores de fim de curso, entre outros detalhes.

Assim como podemos observar também ao lado do que seria a prensa existe um painel de comando onde através dele são feitas algumas simulações com os botões nele inseridos, como por exemplo, a simulação do botão de emergência, o acionamento de um sensor térmico do sistema ou até mesmo a simulação de uma barreira de luz, item necessário e exigido por norma para a utilização de uma prensa hidráulica.

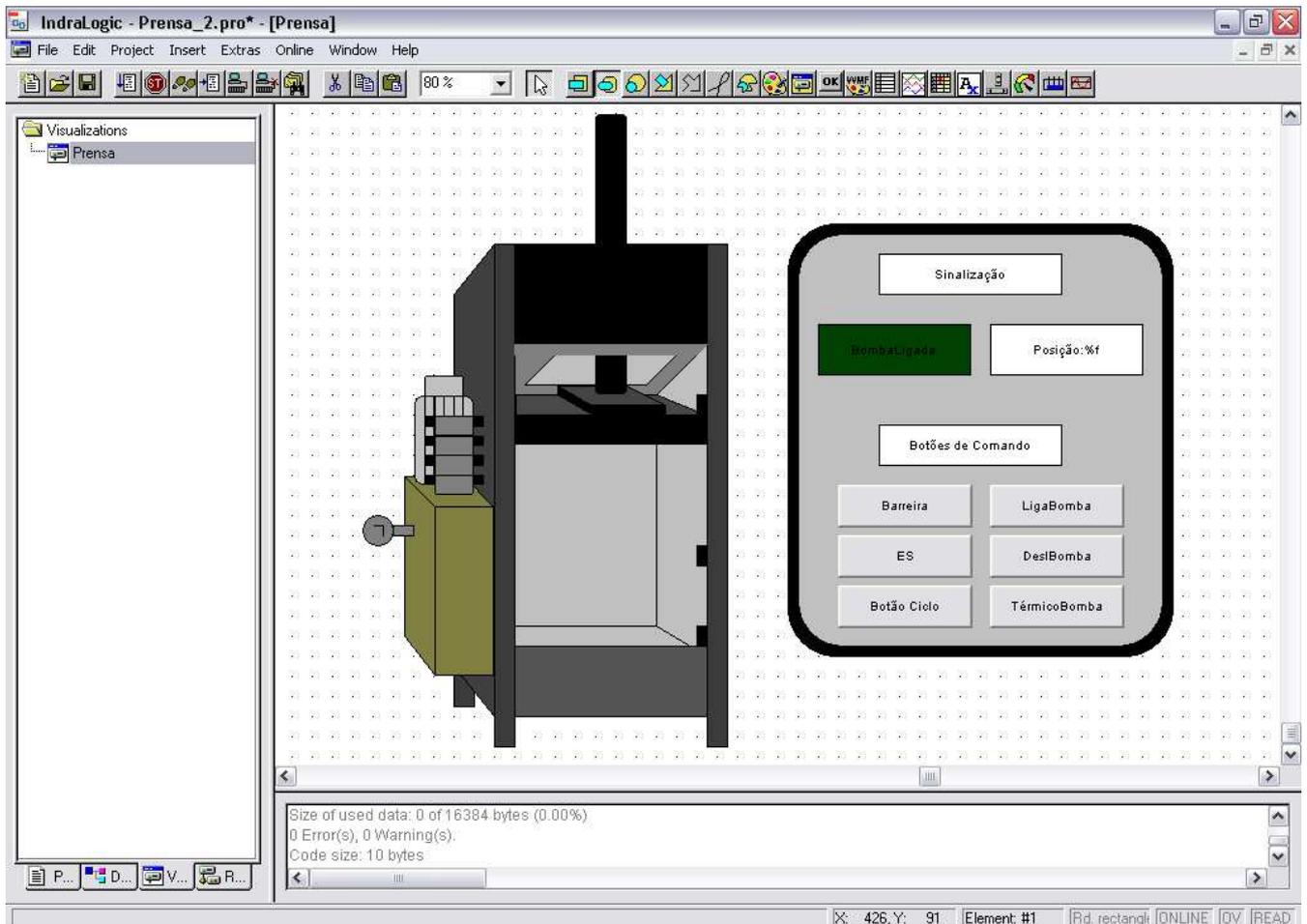


Figura 29. Interface do software de programação de CLP – Simulação da Prensa.

3.2. Projeto Módulo de Testes

O projeto do Módulo de testes proposto neste trabalho teve o objetivo de suprir as necessidades básicas dos Engenheiros de Aplicação da empresa em que o trabalho e a pesquisa de campo foram desenvolvidos, porém, o projeto foi elaborado levando em consideração a falta de recursos para a construção do mesmo, tornando a tarefa de desenvolvimento mais árdua, exigindo com que se trabalhasse acima de tudo buscando a viabilidade do projeto e realizando a previsão de utilização de alguns componentes já existentes na empresa.

Tabela 1. Lista de Materiais Utilizados

Quantidade	Descrição
01 peça	Chave on/off gangorra com led 40V/10 ^a
01 peça	Fonte de Alimentação input 80-260V output 24V/5 ^a
01 peça	Disjuntor bipolar 6 ^a
01 peça	Fusível de 2 ^a
08 peça	Led vermelho
04 peça	Potenciômetro 10K Ω
08 peça	Resistor 1,2K Ω
04 peça	Resistor 14K Ω
12 peça	Chave on/off alavanca 10A/250VAC
26 peça	Borne de conexão para cabos
01peça	Tomada de força 3P+T
01peça	Cabo de força 3P+T
01peça	Maleta de alumínio
01peça	IHM VCP 11 Indra Control Bosch Rexroth
01peça	CLP Bosch Rexroth CML10, 8ED/4SD, ethernet, Memória de programa 3MB, memória de dados 1MB.
01peça	Módulo de 8 saídas Digitais 24Vcc/2A Bosch Rexroth
01peça	Módulo de 8 entradas analógicas 0..10V/10V/4..20mA/+25V/0..50V/0..40mA-16Bits Bosch Rexroth
01peça	Módulo de 2 saídas analógicas 0..10V/+10V – 13Bits
01peça	Módulo de 2 saídas analógicas 0..10V/0..20mA/4..20mA – 16Bits.

3.3. Lay Out do Módulo de testes

O planejamento do Lay Out dos componentes foi elaborado a partir de uma maleta em material alumínio adquirida na empresa para o desenvolvimento do módulo. Com a maleta em mãos, foram adquiridas todas as suas medidas e feita uma página de lay out no caderno de projeto.

O próximo passo foi o preparo da disposição dos componentes que foi elaborada de forma que unisse a praticidade da utilização e o atendimento das necessidades dos usuários. Na figura 30 podemos constatar a página de lay out dos dispositivos utilizados, elaborada no caderno de projetos que mais tarde será proposto.

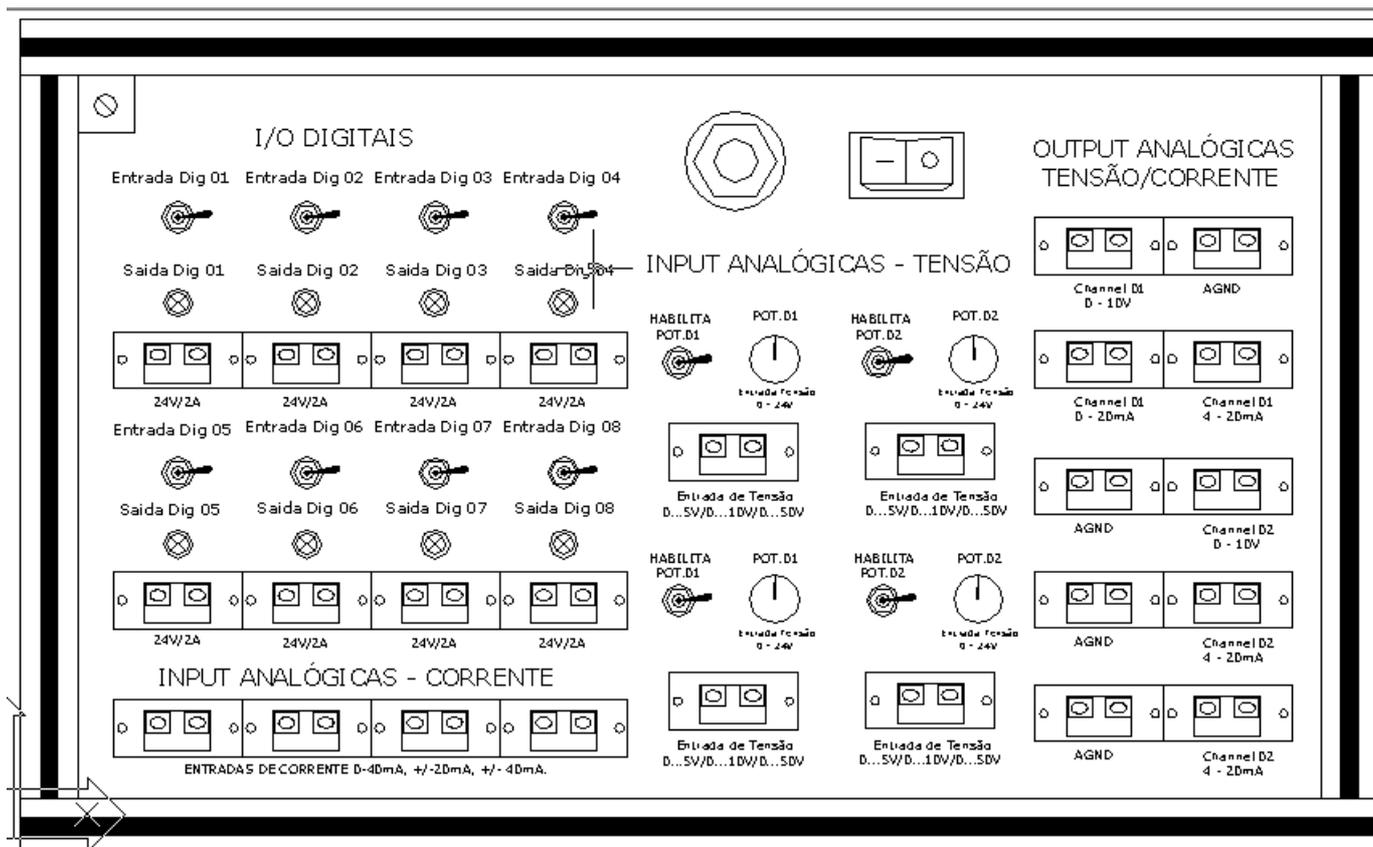


Figura 30. Página de Lay Out dos comandos da Maleta.

Na figura 31 está ilustrado o lay out dos dispositivos utilizados no módulo de testes.

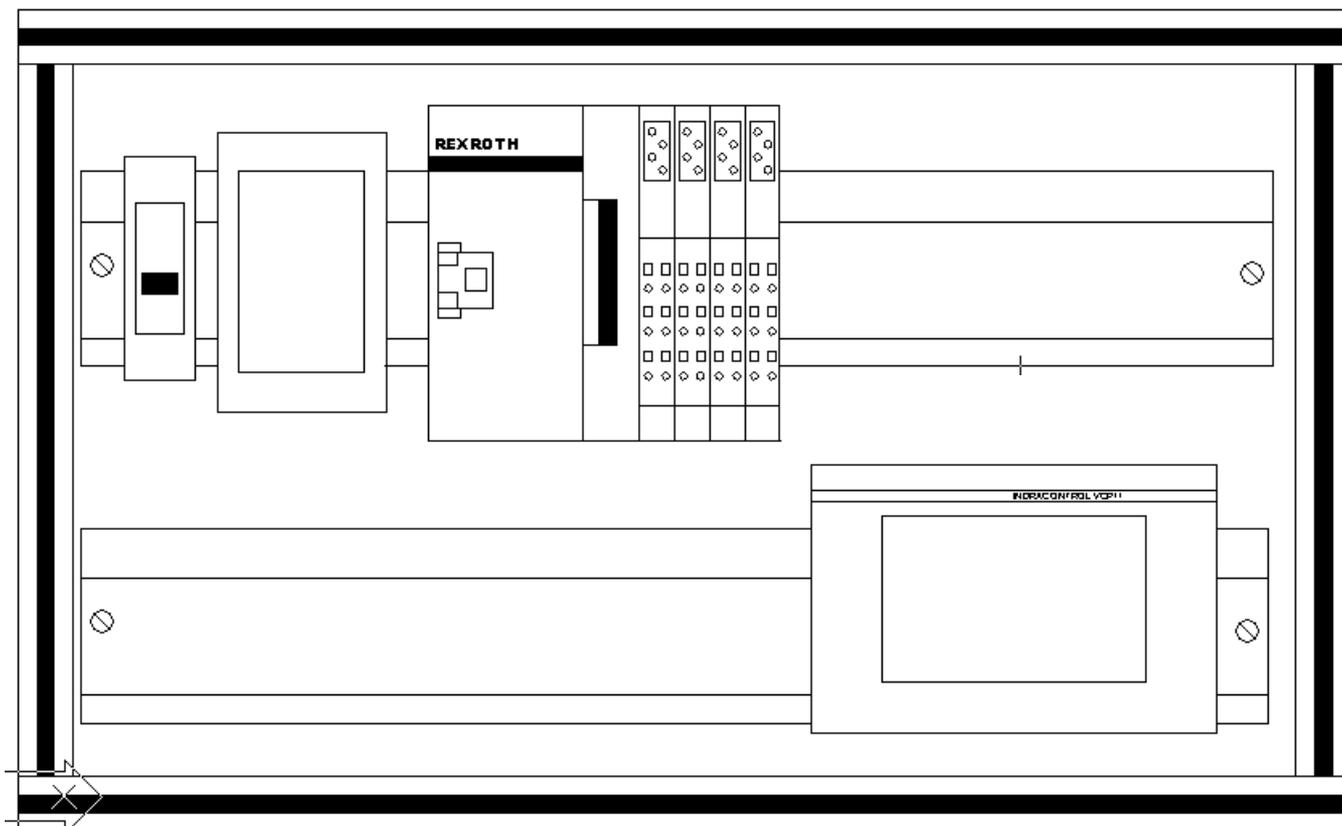


Figura 31. Lay Out dos dispositivos utilizados.

3.4. Circuito Elétrico

Como essa proposta de projeto foi desenvolvida já levando em consideração alguns materiais disponíveis na empresa e prevendo sua alimentação de forma que pudesse ser ligada tanto em 127V quanto em 220V, a mesma foi projetada utilizando uma fonte de alimentação com capacidade de entrada de 80 a 260V e fornecendo em sua saída os sinais de 0V e 24V, sinais esses, já levados em consideração a tanto para a alimentação do CLP quanto da IHM e seus demais dispositivos

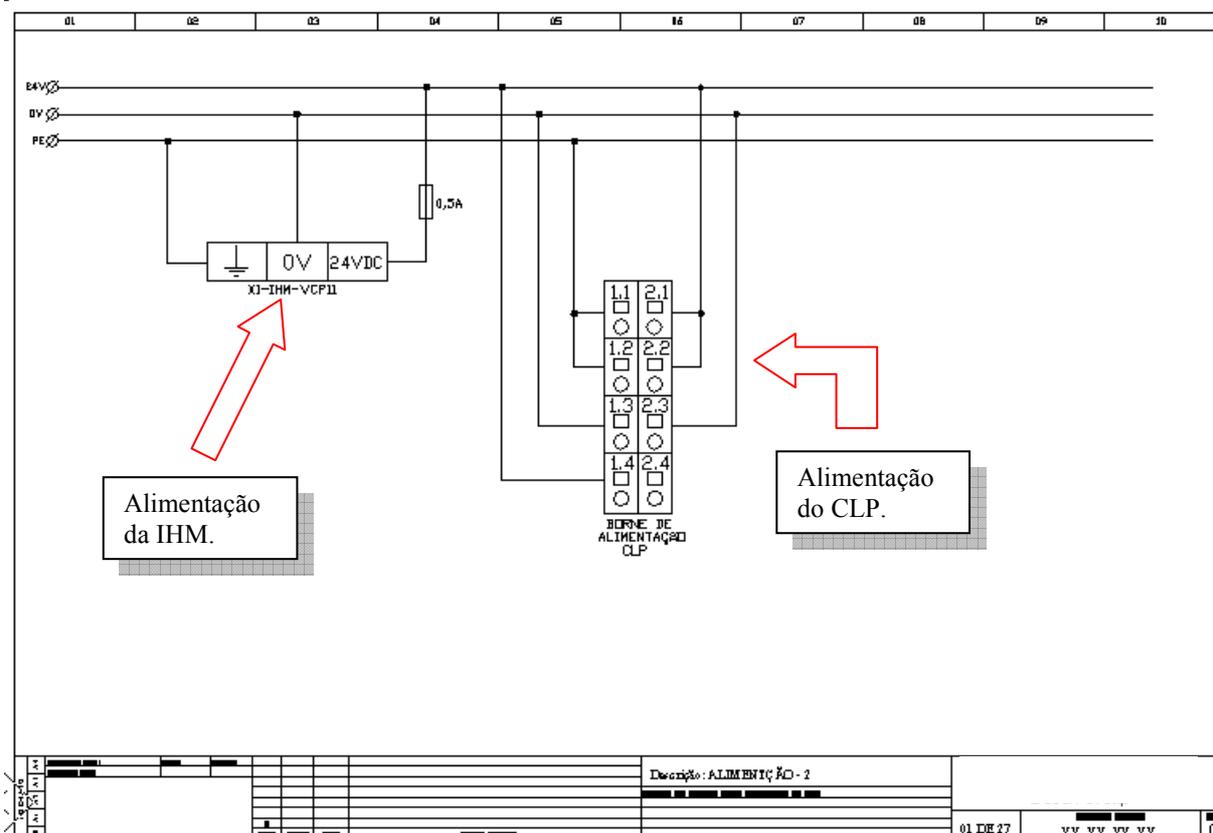


Figura 33. Página de alimentação 2 do Módulo.

A utilização dos Led's foi feita referente ao cálculo da corrente que seria utilizada para o uso do devido resistor através da Lei de OHM, assim designada em homenagem ao seu formulador Georg Simon Ohm, indica que a diferença de potencial (V) entre dois pontos de um condutor é proporcional à corrente elétrica (I) que o percorre. Lei essa que é demonstrada a seguir:

Equação 1. Fórmula Correspondente a Lei de Ohm.

$$V = R I$$

Onde, V é a diferença de potencial elétrico (ou tensão, ou ddp) medida em Volts, R é a resistência elétrica do circuito medida em Ohms e I é a intensidade da corrente elétrica medida em Ampères. Para cada saída digital foi criada uma saída alternativa ligada em bornes de ligação de saída, oferecendo assim 24V/2A em cada uma delas, fazendo com que o usuário do módulo além de poder realizar a simulação do funcionamento do CLP através de led's, o usuário pode também realizar simulações através das saídas de ligação por meio de bornes, com isso ele poderá alimentar

e operar utilizando o programa, dispositivos que sejam alimentados com 24V/2A conforme é mostrado na figura 34.

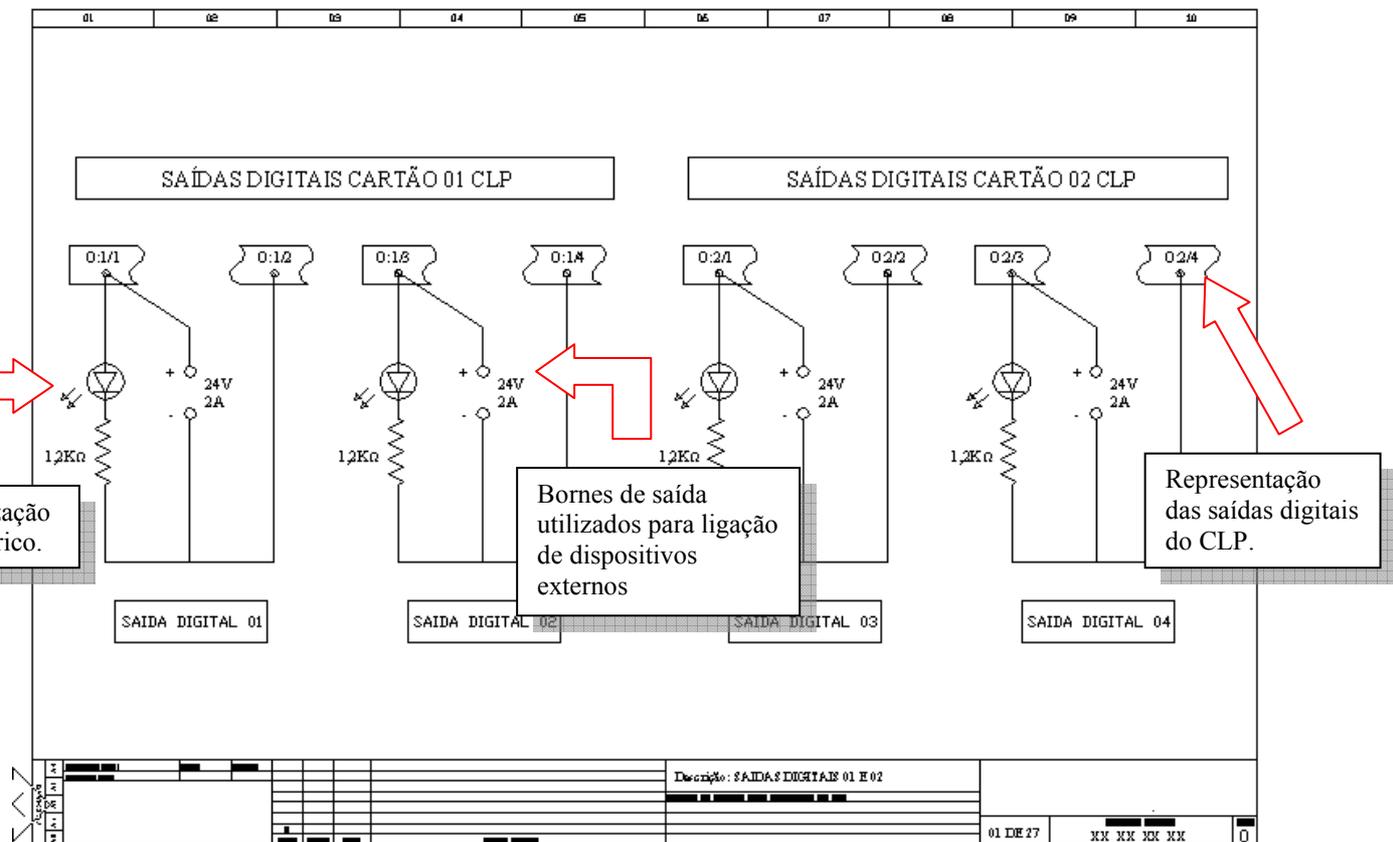


Figura 34. Simbologia de Representação de Saídas Digitais do CLP.

De uma forma semelhante com a que foi desenvolvida a parte do projeto relacionada às saídas digitais, foi elaborado a parte do projeto relacionada às entradas analógicas utilizando um circuito divisor de tensão, que nada mais é que uma técnica de projeto utilizada para criar uma tensão elétrica (V_{out}) que seja proporcional à outra tensão (V_{in}) e sua fórmula e circuito são dadas a seguir:

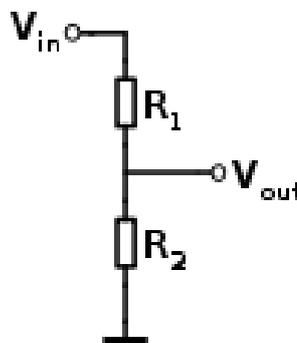


Figura 35. Circuito divisor de tensão

Equação 2. Fórmula Circuito divisor de tensão.

A tensão de saída, V_{out} , é dada pela fórmula

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{in}$$

Equação 3. Fórmula Circuito divisor de tensão Simplificada.

A partir desta fórmula, fazendo $R_1 = R_2$, temos que

$$V_{out} = \frac{1}{2} \cdot V_{in}$$

Note que esta regra funciona apenas caso o divisor não possua nenhuma carga, ou seja, a resistência de carga é infinita e toda a corrente que flui através de R_1 vai para R_2 . Se a corrente flui para uma resistência de carga (através de V_{out}), esta resistência deve ser considerada como se estivesse em paralelo com R_2 para que se possa determinar a tensão em V_{out} .

Nesta página onde é representado o módulo de entradas analógicas do projeto, foi incluso no circuito uma chave seletora on/off com a função de habilitar o funcionamento do potenciômetro que realizará a função de simular um sinal de entrada analógica de tensão, esta mesma entrada analógica está ligada a bornes de ligação para conexão de saída externas no caso da utilização de um sensor de pressão por exemplo ou algum outro dispositivo similar é o que mostra a figura 36.

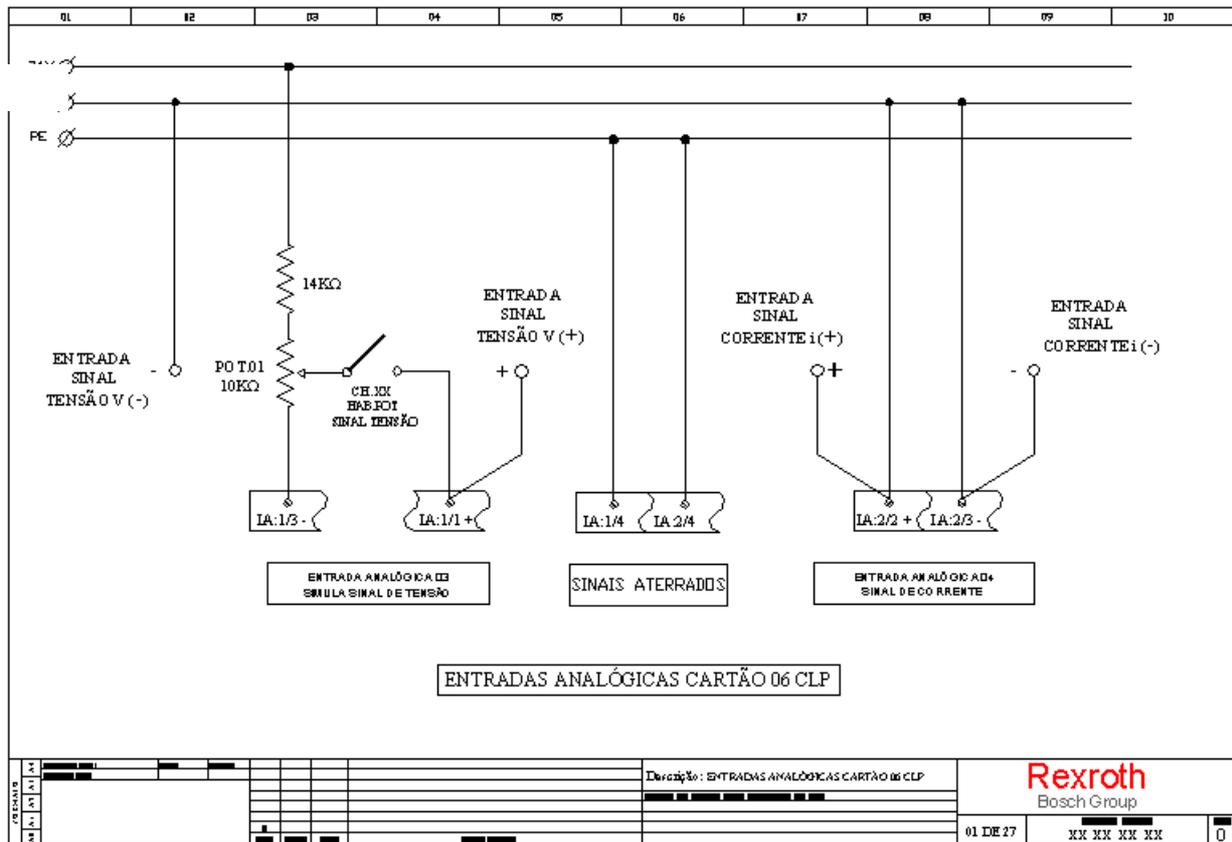


Figura 36. Entradas Analógicas do Cartão de CLP.

Assim como será ilustrado na figura 37, o projeto é finalizado com a ilustração do módulo de saídas analógicas do CLP onde podemos observar a representação das saídas analógicas e seus bornes de ligação.

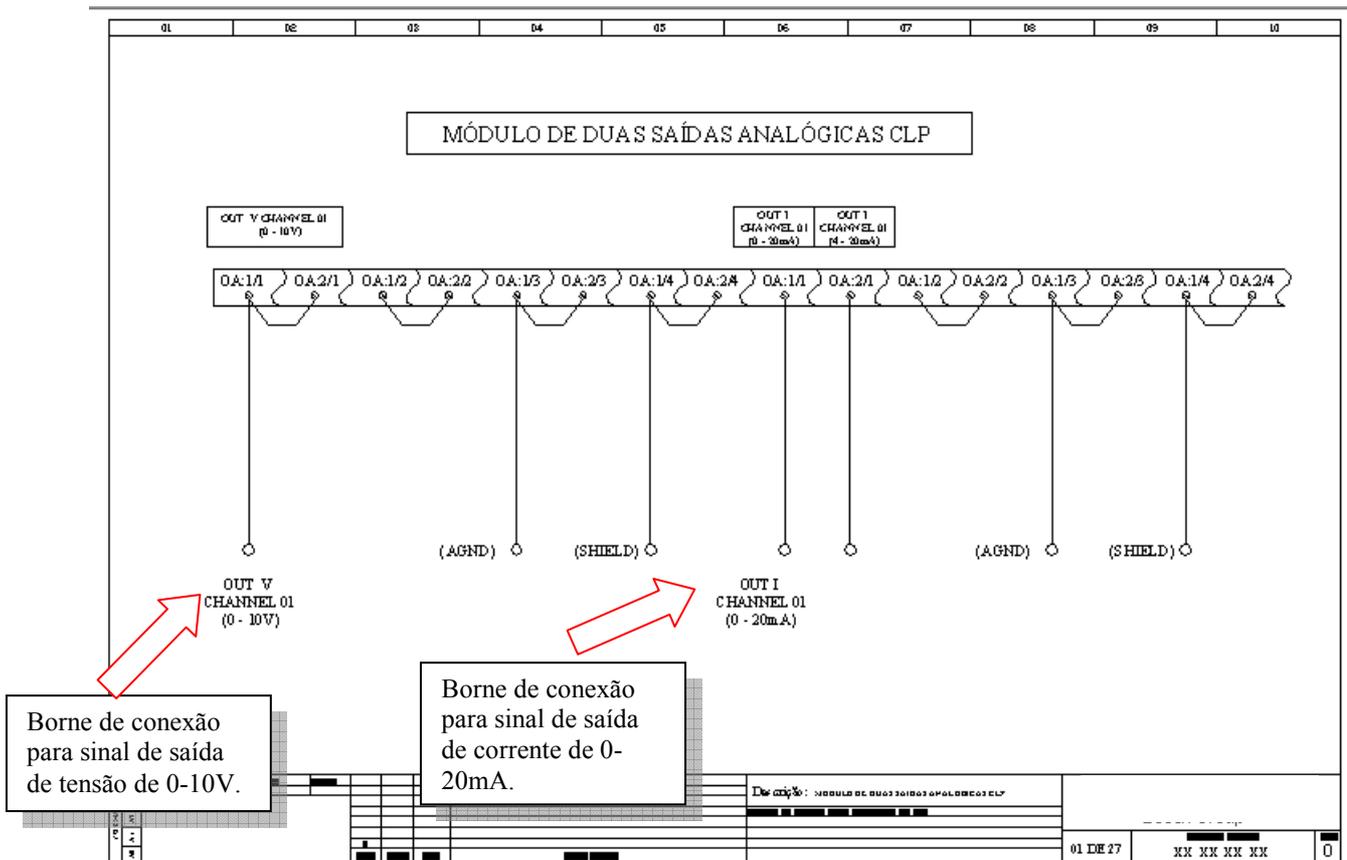


Figura 37. Saídas Analógicas do Cartão de CLP.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As informações sobre este assunto e as implicações técnicas da norma IEC 61131-3 são muitas, deixando bastante espaço para crescimento e diferenciação. Isto torna esta norma propensa para evoluir muito neste século.

A norma IEC 61131-3 causará um grande impacto em toda indústria de controle industrial. Certamente a mesma não ficará restrita para o mercado de CLP convencionais. Atualmente, a ela já é adotada no mercado de Motion Control, sistemas distribuídos e sistemas de controle baseados em PC/Softlogic, incluindo pacotes SCADA. E as áreas de aplicação continuam crescendo.

Ter uma norma sobre uma ampla área de aplicação proporciona muitos benefícios para os usuários e programadores. Os benefícios da adoção da norma são vários, dependendo da área de aplicação. Alguns exemplos são:

- redução do desperdício de recursos humanos, no treinamento, depuração, manutenção e consultoria;
- destinar maior atenção para a solução de problemas através da reutilização de software em alto nível;
- eliminação de erros e dificuldade de entendimento;
- utilização de melhores técnicas de programação em um ambiente mais amplo: indústria de controle em geral;
- combinação de diferentes componentes de diferentes programas, locais, empresas e mesmo países.

Em relação ao programa desenvolvido para testes, pôde-se aplicar algumas das linguagens contidas na Norma IEC citada assim como, através da simulação feita pelo software criou-se uma real necessidade para a utilização do Módulo de testes proposto através do projeto mencionado neste trabalho.

Este projeto foi desenvolvido com base em reais necessidades do dia a dia de profissionais atuantes nesta área de engenharia de automação e através dele conseguiu-se adquirir um melhor entendimento sobre a Norma IEC 61131-3 tanto quanto as linguagens de programação que a contemplam.

O desenvolvimento do projeto como um todo, permitiu um aprofundamento no estudo de circuitos elétricos assim como, na prática e estudo para elaboração de esquemas elétricos, aprendizado sobre circuitos hidráulicos, programação de CLP entre outras aplicações reais de engenharia elevando o nível de conhecimento e de certa forma preparando para as atividades e desafios do dia a dia da engenharia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Fonseca, O. Marcos. **Curso Norma IEC 61131-3 para Programação de Controladores**. São Paulo: ISA, 2004.

Gurgel, Renato. **Treinamento de Linguagem de programação**. Campinas: Bosch Rexroth, 2003.

Ascencio, Ana Frnanda Gomes. **Pascal (Linguagem de programação de computador)**. São Paulo: Makron, 1999.

Georginni, Marcelo. **Automação Aplicada**. São Paulo: Érica 2005.

Silveira, Paulo. **Automação e Controle discreto**. São Paulo Érica 2006.

Albuquerque, Romulo. **Análise de Circuitos em Corrente contínua**. São Paulo: Érica, 1995.

Georginni, Marcelo. **Automação Aplicada: descrição e implementação de sistemas seqüenciais com PLC's**. São Paulo: Érica 1971.

GLOSSÁRIO

Borne	Material utilizado para realizar uma conexão entre fios e cabos.
Fonte de Alimentação	Uma fonte de alimentação é um aparelho ou dispositivo eletrônico constituído por 4 blocos de componentes elétricos: um transformador de força (que aumenta ou reduz a tensão), um circuito retificador, um filtro capacitivo e/ou indutivo e um regulador de tensão.
Motion Control	O controle de movimento é um sub-campo da automação, na qual a posição e / ou velocidade de máquinas são controladas usando algum tipo de dispositivo como uma bomba hidráulica, atuador linear, ou um motor elétrico, geralmente um servo.
Prensa Hidráulica	Ferramenta mecânica utilizada para conformação de materiais laminados, bem como, outros tipos de materiais.

APÊNDICE – PROJETO MÓDULO DE TESTES

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10																			
<h2>Esquema Elétrico</h2> <h3>Módulo de Testes para Programas de CLP</h3>																												
<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>9</td> <td>10</td> <td>11</td> <td>12</td> <td>13</td> <td>14</td> </tr> </table>							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Descrição: Capa			01 DE 27		XX XX XX XX		0
1	2	3	4	5	6	7																						
8	9	10	11	12	13	14																						

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20																								
<h2>SIMBOLOGIA</h2> <table border="1"> <thead> <tr> <th>SÍMBOLO</th> <th>DESCRIÇÃO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>CHAVE GANG/CREA.COM/LED</td> </tr> <tr> <td></td> <td>POTENCIÔMETRO DE 2V</td> </tr> <tr> <td></td> <td>LED</td> </tr> <tr> <td></td> <td>FUSÍVEL</td> </tr> <tr> <td></td> <td>POTENCIÔMETRO</td> </tr> <tr> <td></td> <td>ENTRADA CLP</td> </tr> <tr> <td></td> <td>SÁIDA CLP</td> </tr> <tr> <td></td> <td>DIFERENCIAL</td> </tr> <tr> <td></td> <td>ATERRAMENTO</td> </tr> <tr> <td></td> <td>BORNES DE CONEXÃO</td> </tr> <tr> <td></td> <td>CONTATO USUO GERAL ABERTO/FECHADO</td> </tr> </tbody> </table>										SÍMBOLO	DESCRIÇÃO		CHAVE GANG/CREA.COM/LED		POTENCIÔMETRO DE 2V		LED		FUSÍVEL		POTENCIÔMETRO		ENTRADA CLP		SÁIDA CLP		DIFERENCIAL		ATERRAMENTO		BORNES DE CONEXÃO		CONTATO USUO GERAL ABERTO/FECHADO
SÍMBOLO	DESCRIÇÃO																																
	CHAVE GANG/CREA.COM/LED																																
	POTENCIÔMETRO DE 2V																																
	LED																																
	FUSÍVEL																																
	POTENCIÔMETRO																																
	ENTRADA CLP																																
	SÁIDA CLP																																
	DIFERENCIAL																																
	ATERRAMENTO																																
	BORNES DE CONEXÃO																																
	CONTATO USUO GERAL ABERTO/FECHADO																																
<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>9</td> <td>10</td> <td>11</td> <td>12</td> <td>13</td> <td>14</td> </tr> </table>							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Descrição: SIMBOLOGIA			01 DE 27		XX XX XX XX		0					
1	2	3	4	5	6	7																											
8	9	10	11	12	13	14																											

