

## DESENVOLVIMENTO DE UM CLP PARA ENSINO EM SISTEMAS HIDRÁULICOS E PNEUMÁTICOS



10.56238/edimpecto2025.005-007

**Raphael Lopes Martins**

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

**Adriana da Silva Torres**

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

**Moisés de Matos Torres**

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

---

### RESUMO

O objetivo deste trabalho é criar um controlador lógico programável (CLP) para uso na bancada de pneumática do laboratório de mecânica da UFVJM. Ele foi criado a partir de um microcontrolador ATmega328, reguladores de tensão 7805 para controlar os sinais de entrada e módulos relé para controlar os sinais de saída. O CLP possui um leitor de cartão de memória SD para ler e interpretar uma programação feita previamente em um *software*. Este *software* foi criado com o uso do Processing®, especificamente para programar o CLP a partir de uma linguagem gráfica. O *software* apresenta uma interface intuitiva com todos os símbolos de entrada e saídas necessários para criar uma lógica de programação na linguagem Ladder. Assim, todo o trabalho permite entender melhor como deve ser o funcionamento elétrico e microcontrolado de um CLP, criado para ensino na disciplina de sistemas hidráulicos e pneumáticos. Vislumbra, também a possibilidade de otimização do equipamento para permitir até sua aplicação industrial.

**Palavras-chave:** CLP, Processing, Linguagem Ladder, ATmega328, Regulador de tensão, Módulo Relé.



## 1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento da demanda de fabricação de produtos para atenderem às necessidades dos consumidores, as empresa precisaram projetar linhas de produção que sejam capazes de construir seus produtos de forma rápida e com um bom padrão de qualidade. A automação industrial, surgiu como uma alternativa para essas empresas (ANDRADE, 2018). Ela não só conseguiu coordenar todo o processo produtivo, como também proporcionou a garantia da manutenção dos padrões de qualidade, visto que as atividades de fabricação eram executadas por máquinas programadas. Entretanto, essas empresas ainda se viam muito afetadas com as inovações de seus produtos. Sempre que seus produtos eram inovados, também era necessário a modificação de toda ou da maior parte de sua linha de produção (ANDRADE, 2018). Essas modificações geravam intensos gastos na implementação da nova linha para a fabricação dos novos modelos de produtos.

O Controlador Lógico Programável (CLP), mostrou-se uma ótima ferramenta para a modificação de funções de uma linha produtiva sem a necessidade de reformular painéis de comandos que controlavam algumas máquinas (ANDRADE, 2018). O CLP, como o próprio nome diz, é um equipamento eletrônico (*hardware*) que pode ser programado, para diferentes aplicações industriais.

De acordo com Andrade (2018), para a NEMA (*National Electrical Manufacturers Association*) o CLP é um aparelho eletrônico digital que utiliza memória programável para armazenar internamente instruções e para implementação de funções específicas, tais como lógica, sequenciamento, temporização, contagem aritmética entre outros.

Visto a importância desse dispositivo eletrônico para a indústria em geral e para o ensino de sistemas hidráulicos e pneumáticos (SHP) dentro das instituições de ensino, o presente trabalho se propôs a construir e testar o funcionamento de um CLP de baixo custo. Este foi construído a partir de um circuito integrado (CI) microcontrolado, no qual pode ser utilizada uma programação contendo instruções para seu funcionamento. O CI reconhece a programação na linguagem C, entretanto para se adequar aos padrões de CLP's existentes, foi desenvolvido um *software* para que toda a programação seja feita na linguagem Ladder (ANDRADE, 2018).

O CLP produzido será doado junto com o *software* de sua programação, para que seja usado para ensino nas aulas da matéria de SHP do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

## 2 OBJETIVOS

A seguir são apresentados os objetivos geral e específicos deste trabalho.



## 2.1 OBJETIVO GERAL

Construção de um CLP a partir de um microcontrolador e desenvolvimento de um *software* para sua programação na linguagem Ladder.

## 2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- a) Construção de um CLP a partir de um microcontrolador do modelo Atmega328p.
- b) Desenvolvimento de um circuito para chaveamento de uma tensão acima da suportada pelo microcontrolador.
- c) Regulagem de tensão dos sinais de entrada. Estes serão regulados de 24 volts para 5 volts.
- d) Elaboração de um programa com uma interface gráfica para a programação do CLP a partir de uma linguagem Ladder.
- e) Elaboração de um programa em linguagem C, para ser armazenado dentro da memória do microcontrolador. Este deverá ser capaz de compreender e executar o que foi previamente programado em Ladder na interface gráfica criada no outro programa.

## 3 ESTADO DA ARTE

Neste capítulo, será apresentado o significado e a aplicação do CLP. Além disso será apresentado os componentes que podem compor seu *hardware*. Por fim, será apresentado os *softwares* usados para criar uma programação gráfica e também a programação do CLP.

### 3.1 CLP

Controlador Lógico Programável (CLP) ou *Programmable Logic Controller* (PLC), é um dispositivo eletrônico digital como o mostrado na Figura 1, capaz de ser programado via *software* para realizar alguma tarefa de controle específica em uma máquina ou em outras aplicações industriais (ANDRADE, 2018).

O CLP possui 3 partes que devem ser levadas em consideração. Entradas, saídas e módulo de programação (ANDRADE, 2018). As entradas do CLP representam sua parte sensível. São elas que recebem os sinais provenientes de um sistema. Para CLP's com entradas digitais, existem apenas duas variáveis possíveis no seu funcionamento. Elas detectam apenas os estados de ligado ou desligado, ou seja, eletronicamente detectam apenas 0 ou 1. Já as saídas do CLP são os executores de ordem (ANDRADE, 2018). Por exemplo, são as portas que, após receberem informações do processamento do programa, enviam um pulso para comutar a válvula de um atuador pneumático.

De acordo com Andrade (2018), o módulo de programação do CLP é composto por CPU, processador e memória. Esta parte corresponde ao cérebro do CLP. É nela que é armazenado o



programa contendo as instruções para a interpretação dos sinais que chegarão nas suas portas de entrada.

O valor de um CLP mais simples da marca Siemens®, mesma marca de CLP utilizada no laboratório de pneumática da Engenharia Mecânica da UFVJM, gira em torno de 2000 reais (PRODUTO.MERCADOLIVRE, 2018).

Figura 1: Imagem de um modelo de CLP.

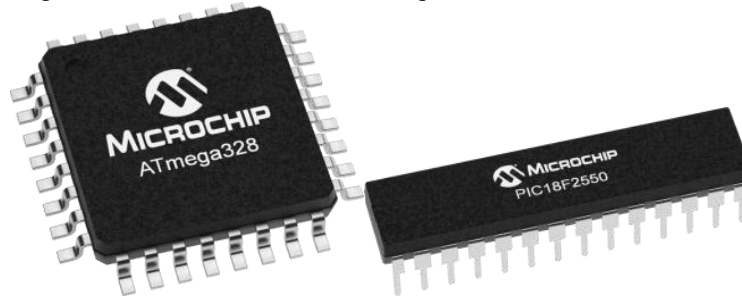


Fonte: MERCADO LIVRE, 2018.

### 3.2 MICROCONTROLADORES

Microcontroladores são CI's (circuitos integrados), como mostrado na Figura 2, que podem ser programados via *software* para exercer uma função determinada pelo programador (AURELIANO, 2018). Existem vários tipos de microcontroladores no mercado, como por exemplo: 8051, PIC 16F877A, Atmega328P ou PIC16F628A. Neste trabalho, optou-se por utilizar um microcontrolador fabricado pela empresa Atmel. Os microcontroladores da empresa Atmel, são CI's que possuem uma programação clara e dinâmica baseada na linguagem C, porém com uma biblioteca própria. Também são os CI's mais utilizados atualmente, por sua instintiva interligação com diversos tipos de sensores e módulos de sensores existentes (HOME.ROBOTICLAB.EU, 2018).

Figura 2: Imagem representativa de dois modelos de chips microcontroladores existentes no mercado

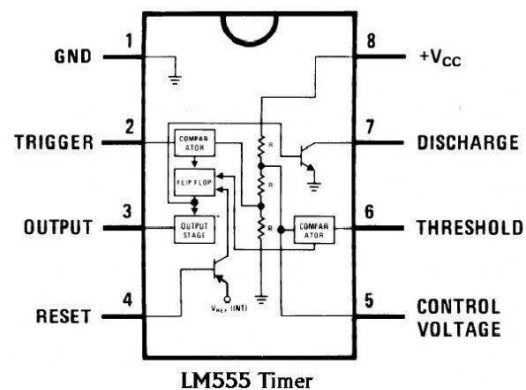
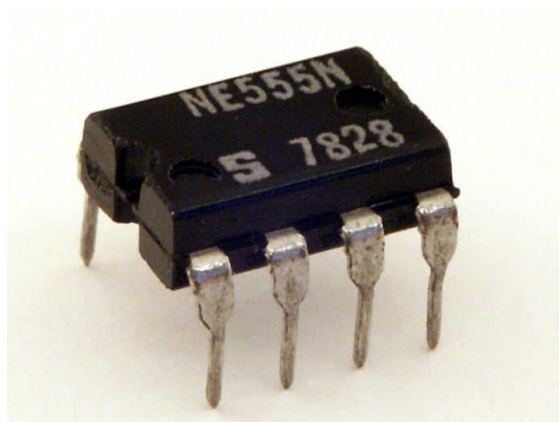


Fonte: MICROSHIP, 2018.

### 3.3 CIRCUITO INTEGRADO

Circuito integrado, como o apresentado na Figura 3, é um circuito eletrônico que incorpora miniaturas de diversos componentes eletrônicos (transistores, diodos, resistores, capacitores) que são “gravados” sobre uma pequena lâmina de silício (NEWTECK, 2018). O chip é montado e selado em uma proteção de plástico ou cerâmica. De dentro da proteção, saem terminais que são conectados internamente aos componentes eletrônicos por fios condutores.

Figura 3: Imagem representativa de um circuito integrado usado para criação de oscilações digitais.



Fonte: EMBARCADOS, 2018, AUTOCOREROBOTICA, 2018.

### 3.4 PLACA ARDUINO

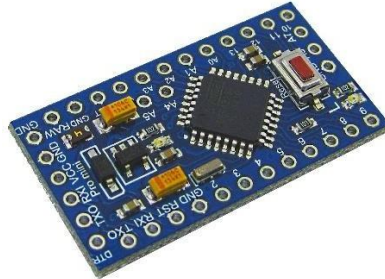
Arduino é uma placa embarcada que facilita a programação de um microcontrolador específico. Exemplos de placas Arduino são mostrados na Figura 4. Geralmente os microcontroladores utilizados na placa Arduino são CI's da empresa Atmel. A função de embarcado da placa se expressa em suas conexões, que têm por finalidade facilitar o contato com os terminais do CI.

Além de facilitar o contato com os terminais do chip microcontrolador, o Arduino também possui reguladores de tensão que permitem que a placa seja alimentada com até 12 Volts



(ARDUINO, 2018). Ela também possui um chip conversor USB Serial que permite não só a comunicação do computador com o microcontrolador, como também processa a passagem da programação do computador para a memória interna do chip.

Figura 4: Imagem representativa de uma placa embarcada do modelo Arduino Pro Mini de 5 volts e 16MHz.

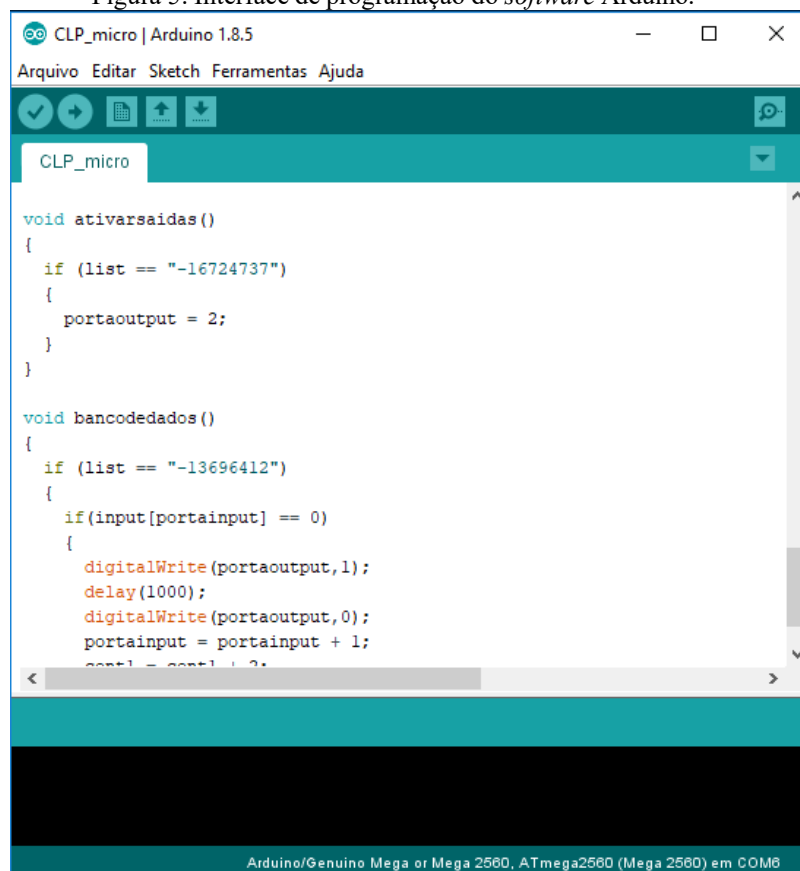


Fonte: YOUROBOT-ELECTRONICS, 2018.

### 3.5 SOFTWARE ARDUINO

O *software* Arduino é um programa livre fabricado pela empresa italiana Arduino e é usado para programar vários microcontroladores da empresa Atmel. Sua programação utiliza linguagem em C, porém o programa possui uma biblioteca própria para sua utilização.

Figura 5: Interface de programação do *software* Arduino.

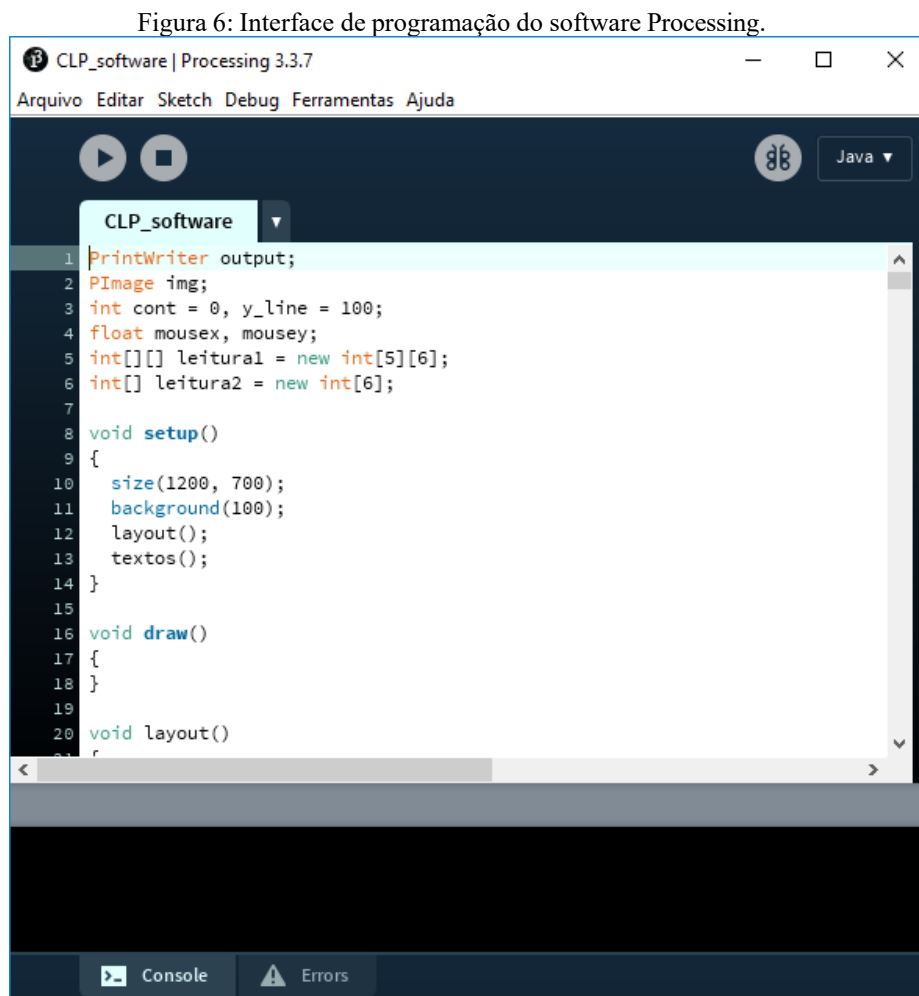


Fonte: Próprio autor.



### 3.6 SOFTWARE PROCESSING

O Processing é um programa livre desenvolvido pelo MIT (Massachusetts Institute of Technology) e baseado no *software* Arduino. Ele serve não só para programar os chips da Atmel, mas também para criar interfaces gráficas para interação, como jogos, painéis de controle e até mesmo plotar gráficos bi e tridimensionais. Sua programação é baseada em C, C++ e Java, contudo possui uma biblioteca própria para utilização. A Figura 6 apresenta a interface do programa.

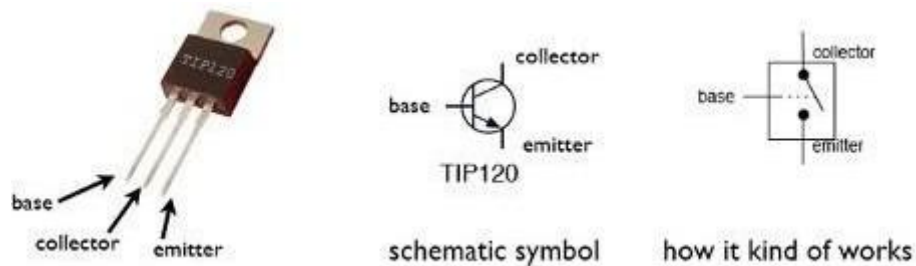


Fonte: Próprio autor.

### 3.7 TIP120

O TIP120, como o mostrado na Figura 7, é um transistor NPN de média potência, utilizado para aplicações de chaveamento e amplificação (BAUDAELETRÔNICA, 2018). Ele funciona basicamente como um “interruptor eletrônico”. A tensão necessária para seu acionamento na base é de 5 Volts, podendo chavear uma tensão de até 60 Volts no coletor-emissor.

Figura 7: Símbolo elétrico e o modelo de funcionamento de um transistor TIP120.

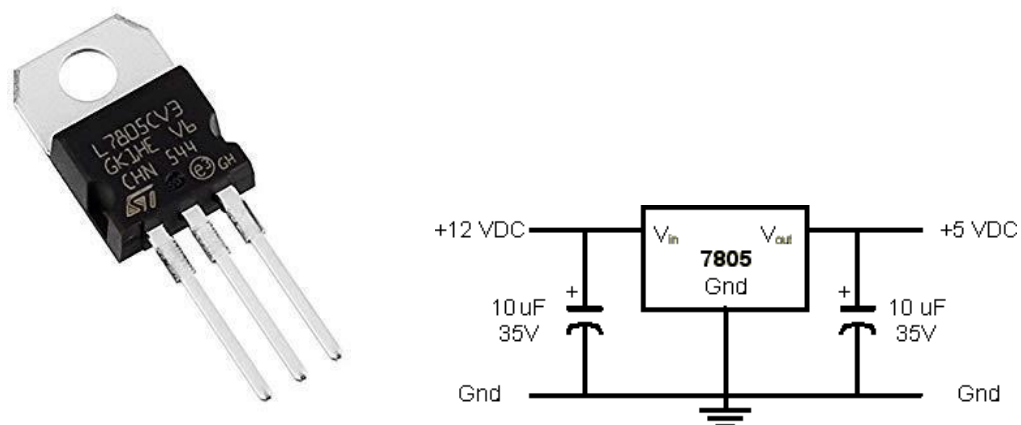


Fonte: MERCADOLIVRE, 2018.

### 3.8 REGULADOR DE TENSÃO 7805

O 7805, como apresentado na Figura 8, é um regulador de tensão capaz de regular tensões de entrada de até 25 Volts, e as convertendo em tensões de 5 volts. Ele é capaz de suportar uma corrente de até 1,5 A (SPARKFUN, 2018).

Figura 8: Regulador de tensão 7805 e o diagrama elétrico de sua ligação



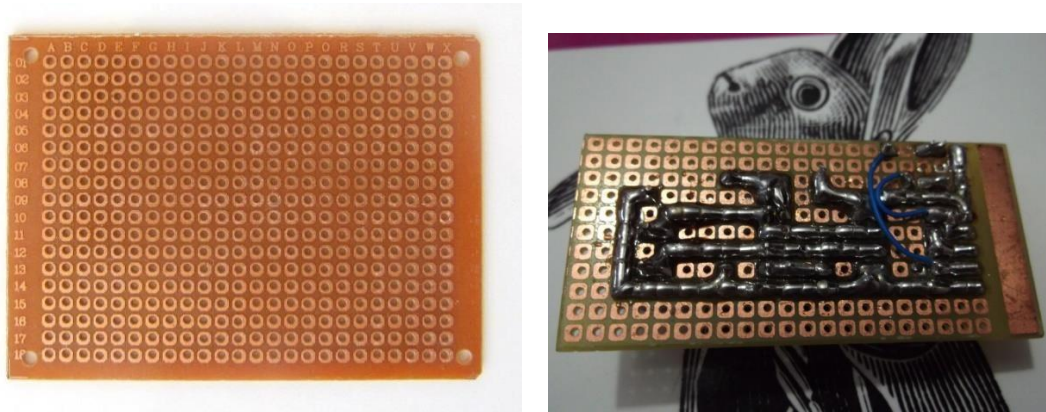
Fonte: AMAZONA, 2018. QUORA, 2018.

### 3.9 PRINTED CIRCUIT BOARD (PCB) ILHADA

A PCB ilhada é uma placa de fenolite com terminais contendo cobre. Esta placa permite que protótipos de circuitos elétricos sejam confeccionados apenas ligado as “ilhas” de cobre com estanho para formar as trilhas. Ou seja, formam-se trilhas sem a necessidade de corroer a placa em percloroeto de ferro como normalmente é feito uma PCB.



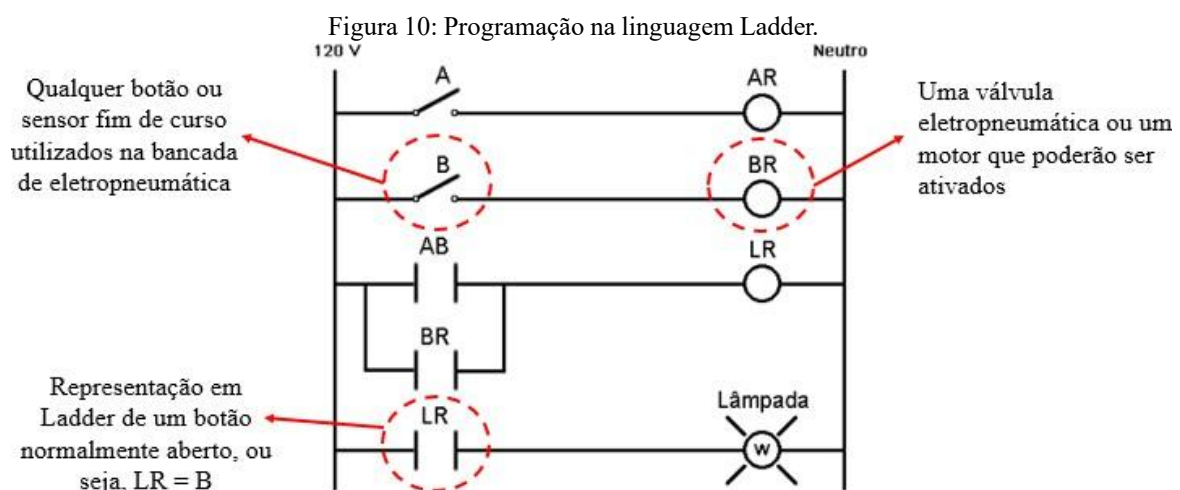
Figura 9: PCB ilhada e a maneira como são formadas as trilhas de estanho sobre sua superfície.



Fonte: ARDUINOLANDIA, 2018, LABORATORIODEGARAGEM, 2018.

### 3.10 LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO LADDER

A linguagem Ladder, como mostrado na Figura 10, foi a primeira linguagem de programação desenvolvida pra CLP (SILVEIRA, 2018). Ela é uma linguagem muito parecida com os diagramas elétricos, visto que se originou para os substituir. A programação Ladder utiliza lógica de relés, com chaves e bobinas, sendo assim mais simples e fácil de ser assimilada por operadores com conhecimentos de circuitos e comandos elétricos (ENSINANDO ELÉTRICA, 2018). Compõe-se de vários circuitos dispostos horizontalmente, com a bobina na extremidade direita, alimentados por duas barras verticais laterais. Por esse formato é que recebe o nome de *ladder* que significa escada, em inglês.



Fonte: CITISYSTEM, 2018. Adaptado.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo serão apresentados os materiais utilizados para construir o CLP. Também serão apresentados os métodos utilizados para montar a parte eletrônica e o *software* responsável por programar o equipamento em uma linguagem gráfica.

## 4.1 MATERIAIS

Nesta seção, apresentam-se os materiais utilizados para o desenvolvimento do CLP.

- a) Placa Arduino Pro Mini 16MHz 5 Volts;
- b) Placa de fenolite ilhada;
- c) Módulo SD Card;
- d) Resistores de 220 ohms;
- e) Transistor TIP120;
- f) Regulador de tensão LM7805;
- g) Jumpers macho x macho;
- h) Jumpers fêmea x fêmea;
- i) Caixa de mdf;
- j) Bornes para encaixe de pino banana

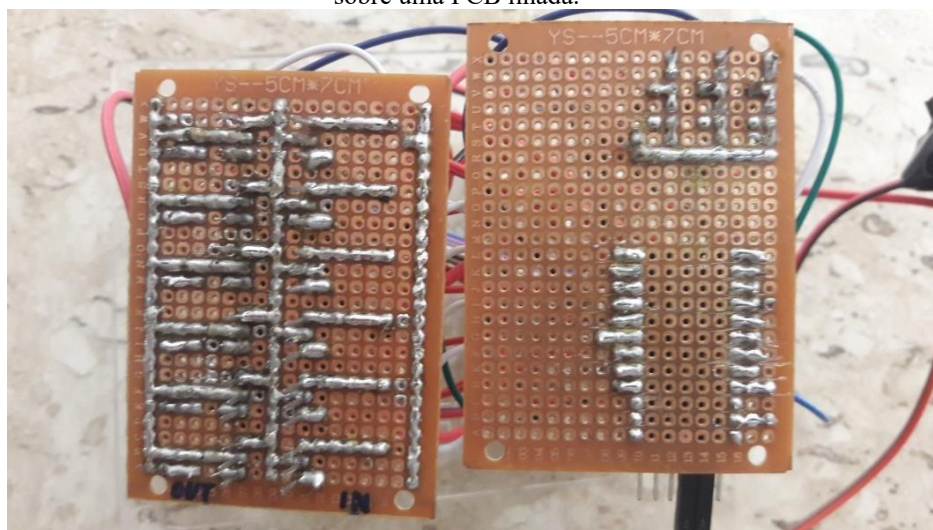
## 4.2 METODOLOGIA

Nesta seção, apresenta-se a metodologia utilizada para a construção do CLP. Além do mais, mostra-se como foi criado e como pode ser utilizado o *software* para sua programação.

### 4.2.1 Construção da parte eletrônica

Para iniciar o desenvolvimento do CLP, utilizou-se placas de fenolite ilhadas para montagem do protótipo do circuito, como pode ser visto na Figura 11. Sobre a placa de fenolite, soldou-se a placa do Arduino pro mini.

Figura 11: Imagem representativa do desenvolvimento do CLP deste trabalho a partir da soldagem de componentes sobre uma PCB ilhada.

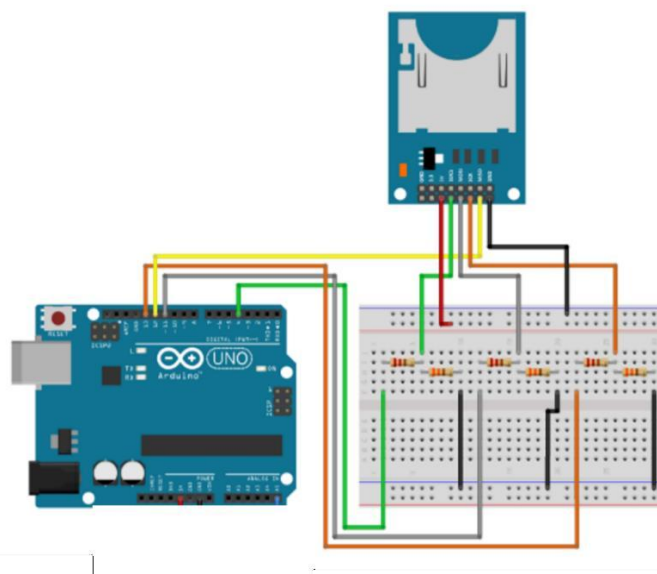


Fonte: Próprio autor.

Em seguida, fez-se as ligações do módulo SD Card com a placa Arduino. Este módulo irá permitir que informações presentes dentro de um mini cartão SD sejam lidas e posteriormente interpretadas pela programação.

Alguns pinos do módulo SD Card suportam no máximo uma voltagem de 3.3 Volts. Como a placa Arduino fornece uma tensão maior, que é de 5 Volts, foi necessário a criação de um pequeno circuito divisor de tensão para atingir a tensão necessária. A Figura 12 mostra o esquema da ligação do módulo:

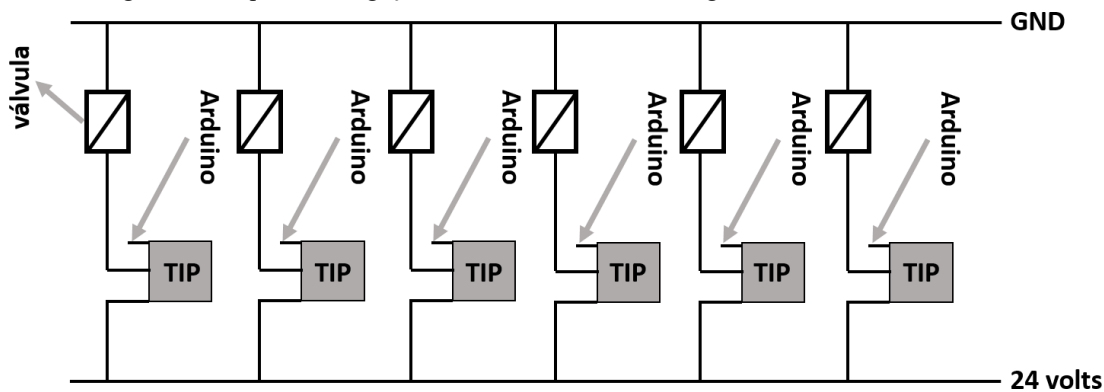
Figura 12: Forma elétrica de ligação do módulo do cartão SD do CLP deste trabalho.



Fonte: FILIPEFLOP, 2018.

As válvulas eletropneumáticas e eletro hidráulicas das bancadas de sistema hidráulico e pneumático, necessitam de 24 Volts para serem ativadas. Entretanto o microcontrolador da placa Arduino fornece apenas 5 Volts. Para proporcionar a ativação dessas válvulas, desenvolveu-se um circuito para chaveamento dos 24 Volts a partir do uso de transistores do modelo TIP120. Estes transistores funcionam basicamente como interruptores. A partir de um sinal de apenas 5 Volts que chegam em sua base, eles são capazes de acionar um circuito elétrico de até 60 Volts. Portanto, mostram-se suficientes para o nosso projeto. A Figura 13 mostra o projeto para chaveamento utilizando esses transistores TIP120.

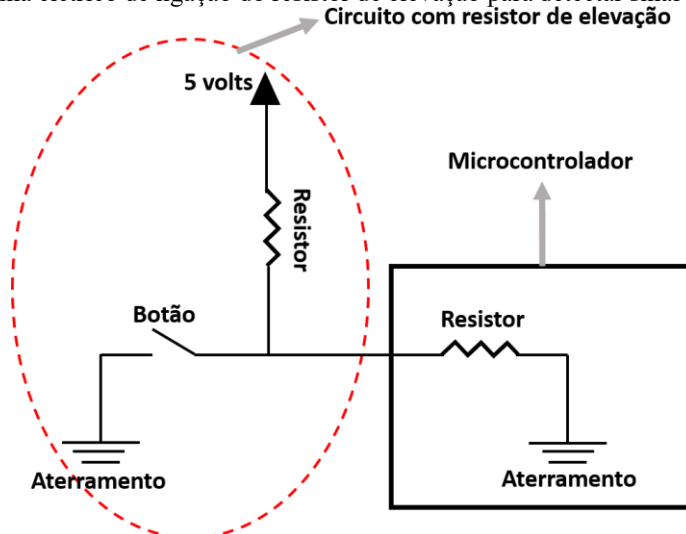
Figura 13: Esquema de ligação dos transistores TIP120 ligados dentro do CLP deste trabalho



Fonte: Próprio autor.

Para a detecção das entradas do CLP, adotou-se uma técnica para monitoramento de entrada de sinal no microcontrolador, chamada de resistor de elevação ou em inglês *pullup resistor*. Essa técnica visa a utilização de um resistor um botão e o aterramento do próprio chip para detectar a chegada ou não de sinais elétricos nas portas digitais do microcontrolador. A Figura 14 mostra um esquema elétrico de como utilizar este resistor de elevação:

Figura 14: Esquema elétrico de ligação do resistor de elevação para detectar sinal nas entradas do CLP.

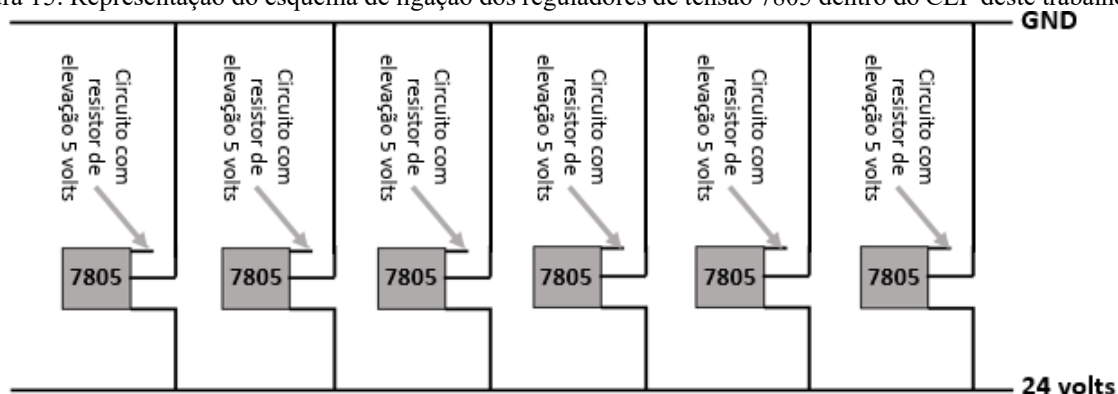


Fonte: Próprio autor.

Como pode ser visto na Figura 14, quando o botão é pressionado, o microcontrolador lê 0 Volts. Enquanto o botão não é pressionado, o resistor de elevação junto com um resistor que já existe dentro do microcontrolador, formam juntos um divisor de tensão, que permite a leitura de uma valor de tensão acima de 0 Volts pelo pino digital do chip. Assim o microcontrolador é capaz de detectar quando um botão é acionado ou não. Ressalta-se que esse botão representa qualquer sensor digital, usado na bancada de pneumática do laboratório da Engenharia Mecânica, que pode ser acionado.

Embora o circuito do resistor de elevação tenha sido montado da mesma forma mostrada no esquema da Figura 14. Para atingir os 5 Volts de entrada do circuito, primeiro a tensão de 24 Volts precisou ser regulada. O papel da regulação da voltagem, coube ao regulador de tensão 7805. Ao todo, utilizou-se seis destes reguladores para a detecção de seis entradas diferentes do CLP. O circuito montado para regulação de tensão foi esquematizado como mostrado na Figura 15:

Figura 15: Representação do esquema de ligação dos reguladores de tensão 7805 dentro do CLP deste trabalho.

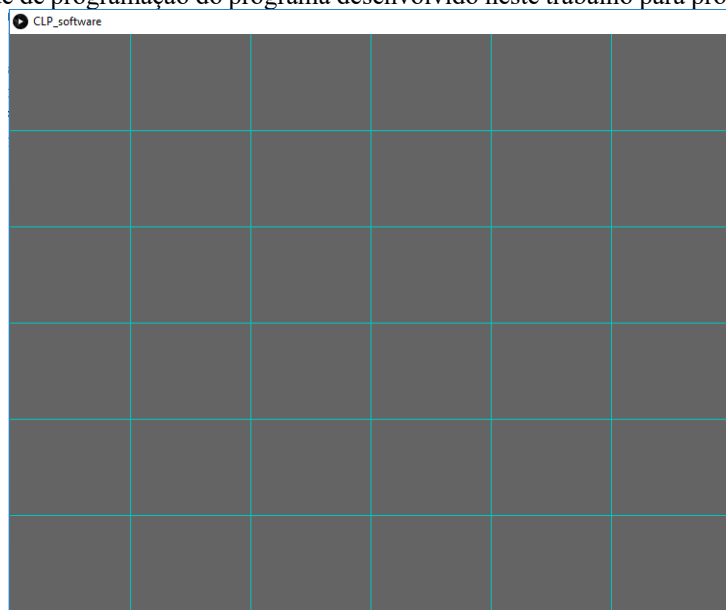


Fonte: Próprio autor.

#### 4.2.2 Criação do *software* para programar o CLP a partir de uma linguagem Ladder

Para criar um *software* com interface gráfica para programação em Ladder, utilizou-se o *software* Processing. Nele foi programado em linguagem C e C++ a lógica para apresentação e funcionamento de todo o programa. Na interface do programa criado existe uma grade com vários quadrados na esquerda. É nestes quadrados que o usuário deverá montar a lógica de programação em Ladder.

Figura 16: Grade de programação do programa desenvolvido neste trabalho para programar o CLP

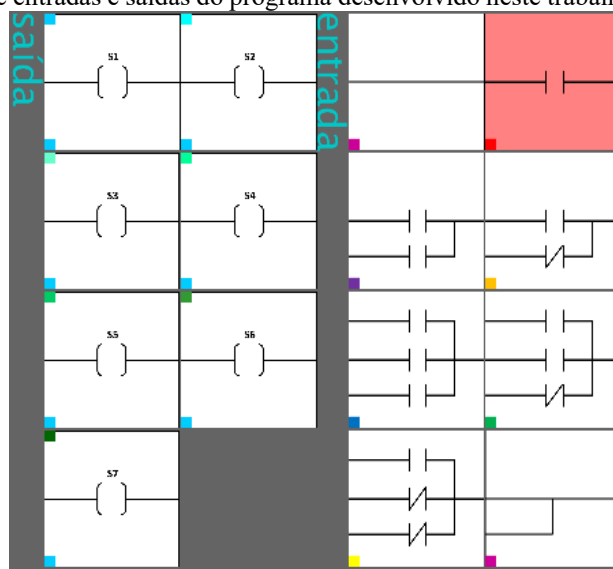


Fonte: Próprio autor.



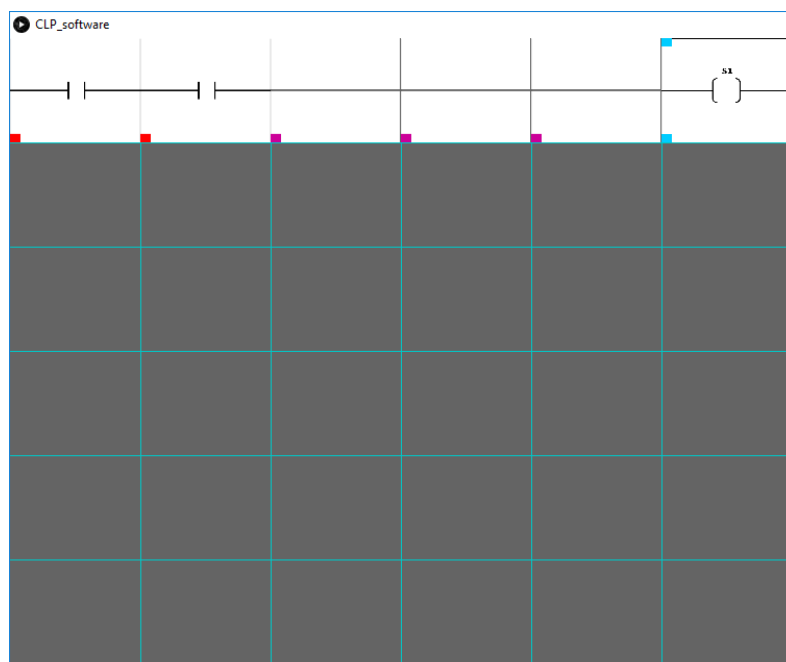
No lado direito da interface, como pode ser visto na Figura 17, encontram-se os símbolos das entradas e saídas. Estes símbolos poderão ser selecionados na direita e posicionados sobre a grade da esquerda, como mostra a Figura 18. A seleção de entradas e saídas é confirmada por uma coloração vermelha que fica sobre o item que foi clicado.

Figura 17: Símbolos de entradas e saídas do programa desenvolvido neste trabalho para programar o CLP



Fonte: Próprio autor.

Figura 18: Imagem da grade de programação do software desenvolvido neste trabalho com uma linha de programação em LADDER montada.



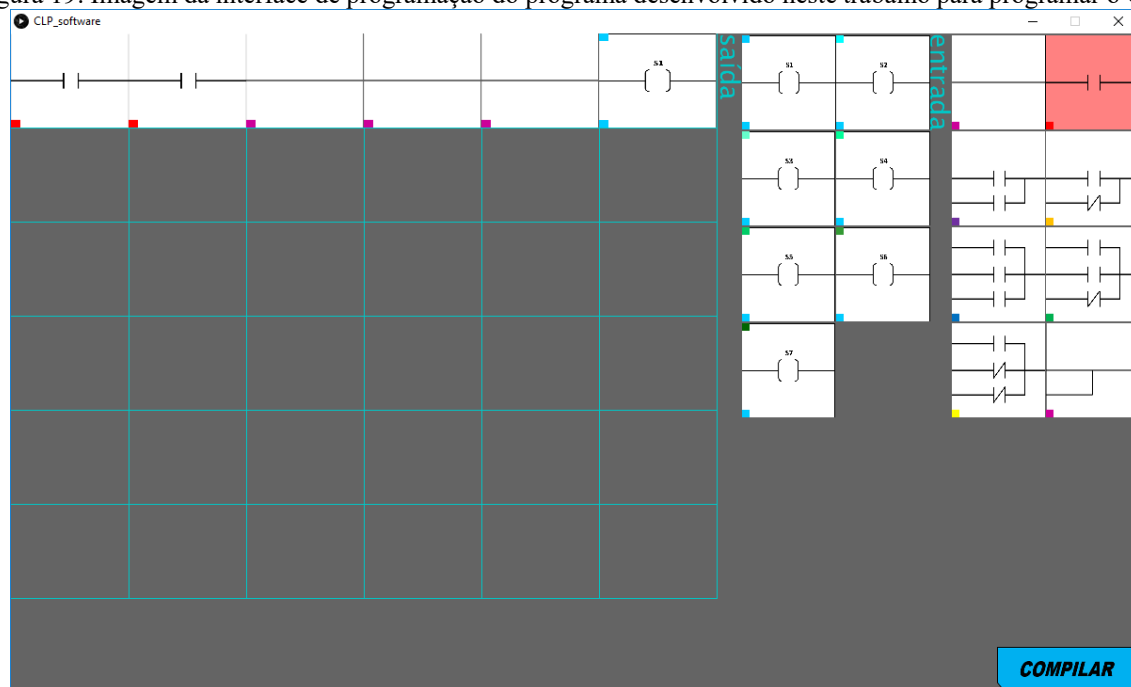
Fonte: Próprio autor.

Depois dos símbolos serem selecionados e posicionados para montar a programação em Ladder, clica-se no botão “compilar” para armazenar a programação feita em um arquivo



denominado “**clp.txt**”. A Figura 19 mostra a interface de programação completa com o botão “**compilar**”.

Figura 19: Imagem da interface de programação do programa desenvolvido neste trabalho para programar o CLP



Fonte: Próprio autor.

#### 4.2.3 Criação do *software* para o microcontrolador interpretar as informações contidas no arquivo “**clp.txt**”

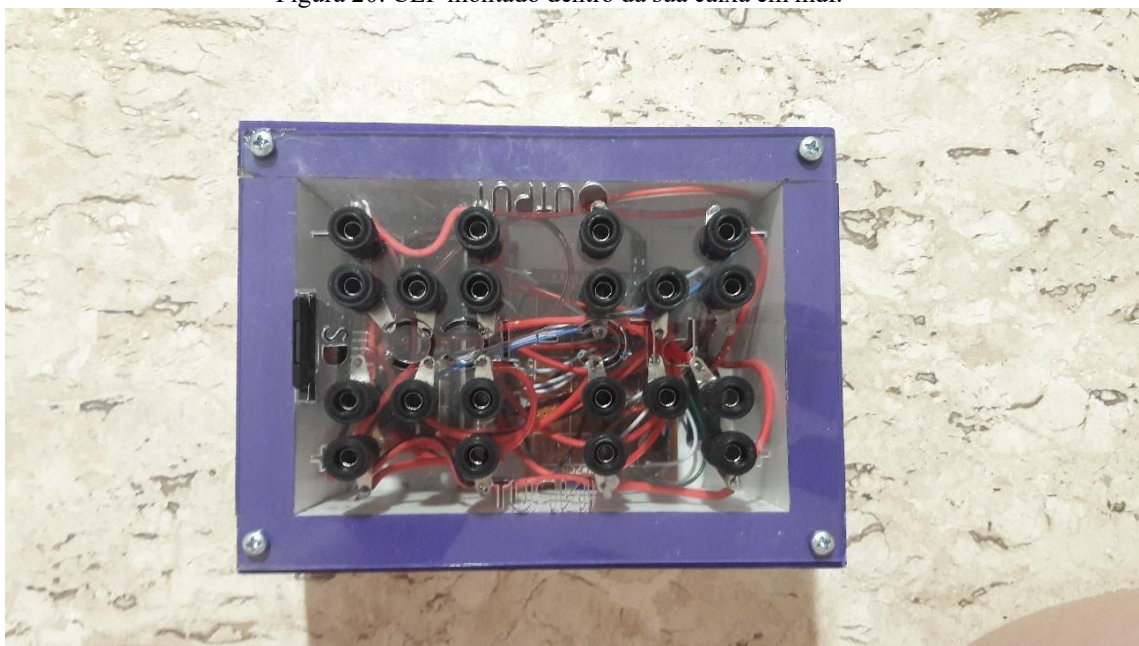
O software que foi compilado para ser armazenado dentro do microcontrolador, foi criado com o auxílio do programa Arduino. Nele desenvolveu-se uma programação em linguagem C para interpretar as informações que foram previamente geradas na interface gráfica e armazenadas dentro do arquivo “**clp.txt**”. Esse arquivo então será colocado dentro de um cartão de memória para ser interpretado pelo microcontrolador com o auxílio do módulo SD card.

#### 4.2.4 Construção de uma caixa para armazenar o circuito elétrico

Para armazenar e proteger o circuito elétrico, criou-se uma caixa de mdf branco com as seguintes dimensões: 160 mm de altura por 120 mm de largura e 70mm de profundidade. Estas dimensões são compatíveis com o local onde ficam os painéis da bancada de sistema hidráulico e pneumático do laboratório de mecânica da UFVJM.

Criou-se também um design para o painel frontal do CLP, delimitando os lugares para posicionar os bornes e o módulo de cartão SD. Esse design foi enviado para uma gráfica que o cortou à laser em uma placa de acrílico com 2 mm de espessura. Como mostrado na Figura 20.

Figura 20: CLP montado dentro da sua caixa em mdf.



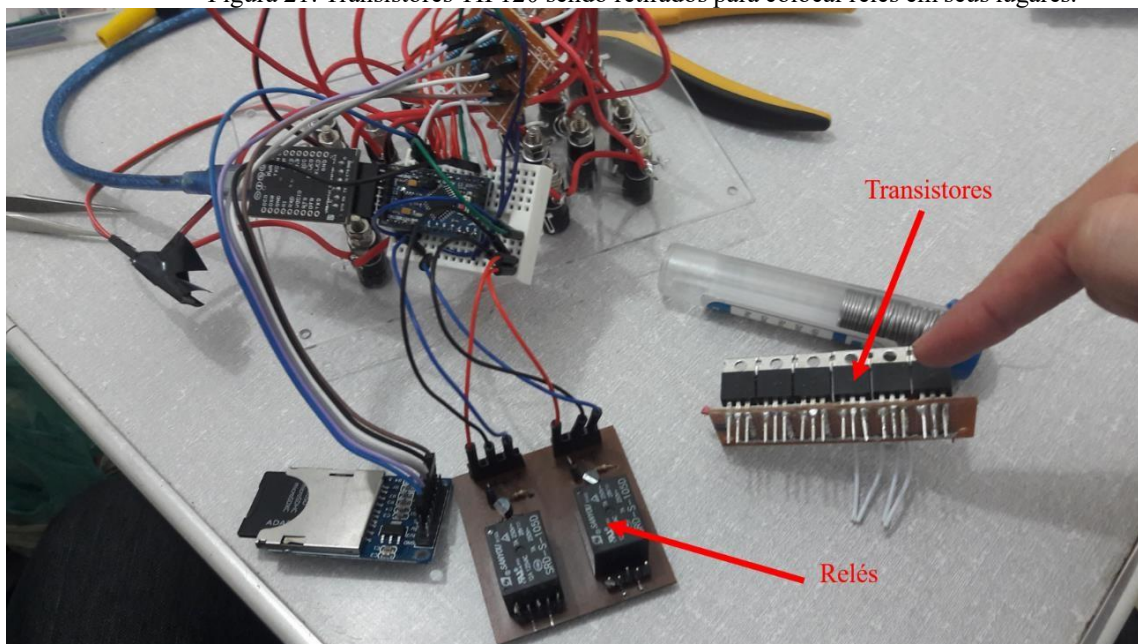
Fonte: Próprio autor.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os testes foram realizado na bancada de pneumática do laboratório da engenharia mecânica da UFVJM. Verificou-se no primeiro teste que o CLP não executava as funções contidas no arquivo “**clp.txt**”. Abriu-se o CLP para analisar se era alguma falha do circuito, entretanto não era. Descobriu-se que as informações contidas dentro do cartão de memória, não eram lidas devido a um problema com a biblioteca “**SD.h**” do *software* Arduino. O problema foi resolvido quando o código responsável pela configuração inicial do módulo de cartão SD, foi todo deslocado para o final da função “void setup()”.

Já no segundo teste, verificou-se que as válvulas pneumáticas não comutavam quando o CLP enviava algum comando. Constatou-se através da medição da tensão com um multímetro que estava chegando apenas 4,5 volts na válvula. Isso ocorria devido a contatos inconvenientes das trilhas de estanho que sofreram processo corrosivo. Para se evitar que o problema corrosivo continuasse afetando o circuito com transistores, estes foram trocados por seis módulos relé.

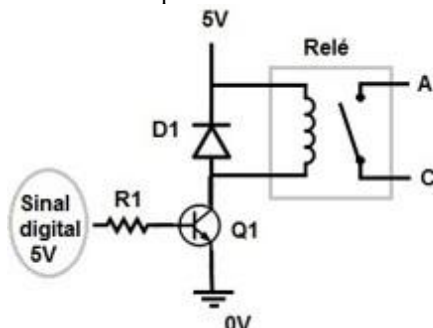
Figura 21: Transistores TIP120 sendo retirados para colocar relés em seus lugares.



Fonte: Próprio autor.

Eventualmente, para acionar um relé pelo microcontrolador, fez-se necessário montar um circuito de segurança, como o mostrado na Figura 22, contendo um transistor BC337, um diodo 1N4007 e o relé a ser utilizado.

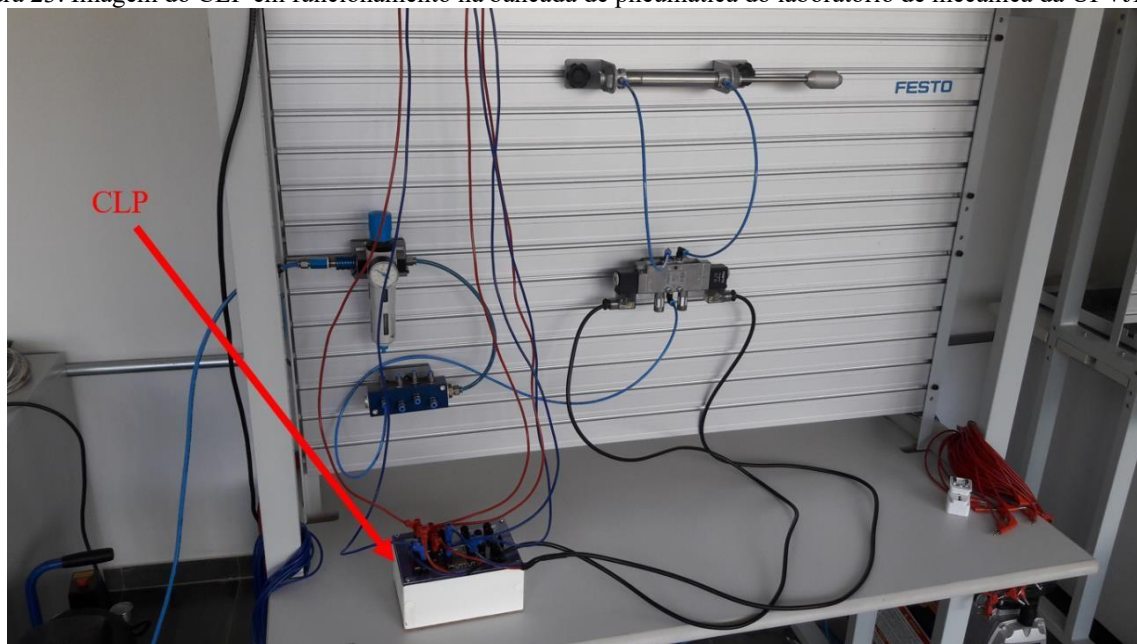
Figura 22: Esquema elétrico para acionar um relé a partir de um sinal de 5 volts proveniente do microcontrolador.



Fonte: ENGENHEIRANDO, 2018. Adaptado.

Por fim, realizou-se o terceiro teste, utilizando os relés para acionar as saídas do CLP em vez de transistores. Desta forma, quando o CLP enviava um comando para alguma de suas saídas previamente programadas, o relé do CLP ativava o relé da válvula pneumática, fazendo-a comutar.

Figura 23: Imagem do CLP em funcionamento na bancada de pneumática do laboratório de mecânica da UFVJM.



Fonte: Próprio autor.

## 6 CONCLUSÃO

Concluiu-se que o CLP produzido funcionou no terceiro teste, visto que conseguiu ativar as válvulas pneumáticas. O fato de ativar as válvulas significa que o microcontrolador foi capaz de interpretar o que estava escrito dentro do cartão SD e em seguida executar funções enviando sinais para ativar os módulos relé.

A implicação disso é que, criou-se um controlador lógico programável de baixo custo, que realmente pode ser programado via linguagem Ladder para executar funções de ativação de válvulas eletropneumáticas. É de baixo custo pois, gastou-se aproximadamente 150 reais para construir todo o equipamento.

Contudo, muito ainda pode ser feito para melhorar o funcionamento dele. Talvez essas otimizações poderão ser realizadas por outros alunos em algum projeto de iniciação científica da engenharia mecânica da UFVJM.

No que diz respeito ao *software* para programar em Ladder, pode-se adicionar diversos novos símbolos de entrada para diversificar as combinações de programação a ser construída. Nele também pode ser adicionado *displays* para mostrar e interpretar sinais provenientes de sensores analógicos e não apenas sensores digitais como as botoeiras ou sensores fim de curso, usados em conjunto com os atuadores.

No *software* do microcontrolador deve ser incluído em seu banco de dados todas as possibilidades de combinações de sinais digitais detectados ou combinações de sensores ativados. Só assim ele poderá ser totalmente confiável para interpretar as informações que estarão presentes no cartão de memória.





No CLP pode ser adicionado durante sua otimização mais entradas que irão detectar não só sinais digitais como também sinais analógicos.

Portanto a concretização deste projeto é muito importante para o avanço na fronteira da redução de custos para o desenvolvimento de controladores lógicos para máquinas. Além do mais, permitirá que mais alunos possam entrar em contato com esse tipo de equipamento durante sua formação acadêmica, visto que o equipamento que antes existia no laboratório da Engenharia Mecânica, não funcionava de forma adequada.



## REFERÊNCIAS

AMAZON. Versatile I 7805 m 7805 5v voltage regulator. Disponível em: <https://www.amazon.in/Versatile-7805-5v-voltage-regulator/dp/B00KHK1C6Y> Acesso em: 28 de julho de 2018.

ANDRADE, Camila. O que é CLP: Tudo sobre a programação Ladder. Disponível em: <https://www.saladaeletrica.com.br/o-que-e-clp/> Acesso em: 28 de julho de 2018.

ARDUINO. Arduino Products. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Main/Products> Acesso em: 28 de julho de 2018.

ARDUINOLANDIA. Placa perfurada de fenolite – PCB ilhada. Disponível em: <https://www.arduinoilandia.com.br/placa-perfurada> Acesso em: 28 de julho de 2018.

AURELIANO, Andre. Microcontroladores. Disponível em: <https://fiozera.com.br/microcontroladores-914a59cbf7de> Acesso em: 28 de julho de 2018.

AUTOCOREROBÓTICA. 555 – CI Temporizador. Disponível em: <https://www.autocorerobotica.com.br/produto/ne555.html> Acesso em: 28 de julho de 2018.

BAUDAELETRÔNICA. Transistor NPN TIP120. Disponível em: <http://www.baudaeletronica.com.br/transistor-npn-tip120.html> Acesso em: 28 de julho de 2018.

EMBARCADOS. Conheça o circuito integrado 555. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/circuito-integrado-555/> Acesso em: 28 de julho de 2018.

ENGENHEIRANDO. Acionando 110/220V com sinais de 5V. Disponível em: <http://engenheirando.com/eletronica/rees/> Acesso em: 28 de julho de 2018.

ENSINANDO ELÉTRICA. Programação em Ladder. Disponível em: <https://ensinandoeletrica.blogspot.com/2017/03/programacao-em-ladder.html> Acesso em: 28 de julho de 2018.

HOME.ROBOTICLAB.EU. Microcontroladores e Robótica. Disponível em: <http://home.roboticlab.eu/pt/microcontrollers> Acesso em: 28 de julho de 2018.

LABDEGARAGEM. PCB ilhada e solda. Disponível em: <http://labdegaragem.com/forum/topics/pcb-ilhada-e-solda> Acesso em: 28 de julho de 2018.

MERCADOLIVRE. Kit 3x Tip120npn (to-220). Disponível em: [https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-693105077-promoco-kit-3x-tip120-transistor-tip-120-npn-to-220-\\_JM](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-693105077-promoco-kit-3x-tip120-transistor-tip-120-npn-to-220-_JM) Acesso em: 28 de julho de 2018.

MERCADOLIVRE. Clp – Cp- ws12/8di8do2ai2ao Oem- Usb E Rs485 Modbus Rtu. Disponível em: [https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-692335993-clp-cp- ws138di8do2ai2ao-oem-usb-e-rs485-modbus-rtu-\\_JM](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-692335993-clp-cp- ws138di8do2ai2ao-oem-usb-e-rs485-modbus-rtu-_JM) Acesso em: 28 de julho de 2018.

MICROCHIP. ATmega328. Disponível em: <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega328> Acesso em: 28 de julho de 2018.





NEWTECK. O que é circuito integrado. Disponível em: <http://www.newteck-ci.com.br/circuitos-integrados.php> Acesso em: 28 de julho de 2018.

PRODUTO.MERCADOLIVRE. Cpu S7 1200 1214 Dc/dc/dc. Disponível em: [https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-904069241-cpu-s7-1200-1214-dcdcdc-\\_JM](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-904069241-cpu-s7-1200-1214-dcdcdc-_JM) Acesso em: 28 de julho de 2018.

QUORA. How do i design a fixed power supply using 7805. Disponível em: <https://www.quora.com/How-do-I-design-a-fixed-power-supply-using-7805-IC> Acesso em: 28 de julho de 2018.

SILVEIRA, Cristiano Bertulucci. Como funciona a linguagem Ladder. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/linguagem-ladder/> Acesso em: 28 de julho de 2018.

SPARKFUN.  $\mu$ A7800 SERIES POSITIVE-VOLTAGE REGULATORS. Disponível em: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/LM7805.pdf> Acesso em: 28 de julho de 2018.

THOMSEN, Adilson. Como gravar dados no Cartão SD com Arduino. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/cartao-sd-com-arduino/> Acesso em: 28 de julho de 2018.

YOUROBOT-ELETRONICS. Arduino pro mini 5v 16Mhz. Disponível em: <http://www.yourobot-electronics.com/product/arduino-pro-mini-5v-16mhz-compatible%C3%ADvel> Acesso em: 28 de julho de 2018.