



Universidade Federal de Pernambuco  
Departamento de Engenharia Mecânica

## **ME472 - Laboratório de Automação e Controle**

### **Projeto Final: Máquina de Sucos**

Recife, Novembro de 2023

## 1 Introdução

Na disciplina de automação industrial os alunos estudam as linguagens de programação de CLPs na norma IEC-61131-3 [1]. Dentre as cinco linguagens, o Diagrama em Ladder (LD) e Sequenciamento de gráficos de funções (SFC) são os utilizados nas práticas de Laboratório da disciplina ME472 Laboratório de Automação e Controle que são realizadas no Laboratório de Automação Industrial do DEMEC (LAI). O SFC descreve graficamente o comportamento seqüencial de um programa de controle e é derivado das técnicas de modelagem por Redes de Petri e da norma IEC 848 que define o padrão Grafcet [2].

Nesta disciplina os alunos começam se familiarizando com a programação usando o Unity Pro, que é uma ferramenta de programação, depuração e simulação para os CLPs modelos Modicon M340 e M580 da Schneider Electric. Essa familiarização acontece através da programação de dois exercícios básicos: O semáforo de duas vias com passagem para pedestres e o Elevador de três andares.

Enquanto no primeiro exercício os alunos se familiarizam com a programação usando SFC para resolver um problema tipicamente sequencial, no segundo eles devem se familiarizar, além da programação em LD, com os recursos disponíveis (módulos) na bancada de CLPs do laboratório. A figura 1 mostra o CLP M340 e a configuração de blocos na bancada do Laboratório.



**Figura 1.** CLP Modicon M340 e sua configuração na bancada do LAI

Uma vez os alunos familiarizados com os recursos da bancada e so software Unity Pro para programação do CLP os alunos devem resolver um problema de automação de um dispositivo envolvendo o projeto e implementação que envolve três diferentes ferramentas vistas de forma teórica na disciplina Automação Industrial:

- Programação do CLP para atingir o comportamento especificado;
- Programação da IHM para desenvolver a comunicação homem-maquina necessária para o adequado funcionamento do sistema;
- Programação do sistema SCADA, de forma a supervisionar o funcionamento do equipamento, permitindo gerar relatórios de uso de recursos assim como tratamento de alarmes.

O desenvolvimento da aplicação acontece no decorrer de 3 atividades práticas onde os alunos desenvolvem gradativamente a solução do problema integrando no fim todos os componentes e testando se as funcionalidades especificadas foram atingidas de forma satisfatória. Desde o período de 2018.1 estas atividades práticas são desenvolvidas usando um protótipo de Máquina de sucos desenvolvida no DEMEC [5].



**Figura 2.** *Protótipo da Máquina de Sucos do LAI*

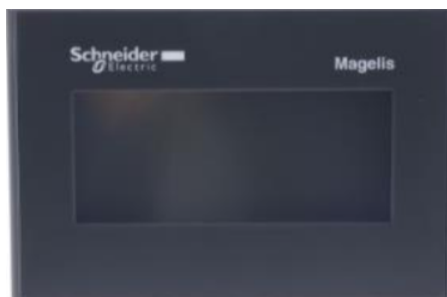
A figura 2 mostra o protótipo da máquina de sucos em funcionamento no LAI.

A máquina de suco, representa o processo a ser automatizado, o qual é formado pelos insumos necessários para a preparação dos sucos e os equipamentos onde a preparação acontece, incluindo os dispositivos sensores e atuadores. Os dispositivos sensores e atuadores devem ser preparados para funcionarem de acordo com as entradas/saídas do CLP, ou seja, entradas/saídas digitais de 0V ou 24V, e entradas/saídas analógicas de 0 a 10V. A Figura 3 mostra a Bancada de CLP disponível no laboratório para realizar a automação do processo de preparação de sucos atendendo a demanda de usuários, que deverá ser feita via IHM.



**Figura 3.** *Bancada do CLP para automação da máquina de sucos*

Note-se que na bancada está instalada e conectada ao CLP uma IHM modelo HMISTO511 da Schneider Electric como a mostrada na figura 4.



**Figura 4.** Interface Homem-Maquina modelo HMISTO511 da Schneider Electric

Apesar do protótipo construído estar ainda em funcionamento, alguns aspectos do projeto precisam ser aprimorados. Por exemplo, o compartimento de preparação das bebidas, não é higiênico suficiente para ser usado a médio e longo prazo, pois não é desmontável e lavável. Também aconteceu a quebra do misturador e os sensores de detecção de copo funcionam de forma interrompida devido à dependência do alinhamento perfeito para funcionarem adequadamente. Outro problema detectado é que o processo de lavagem automática da máquina na troca do tipo de suco não funciona de forma eficiente.

O objetivo deste projeto é construir um novo protótipo de máquina de suco, de forma a melhorar os problemas de projeto detectados no protótipo anterior, e, aproveitando a necessidade de atualização, incluir novas especificações além das que usualmente eram solicitadas na solução do problema, de forma a abranger o uso de mais recursos disponíveis na configuração atual do CLP na nossa bancada.

---

## 2 Especificações

O objetivo do Projeto Final consiste na construção de uma máquina capaz de preparar dois tipos de sucos diferentes, podendo variar a concentração do suco, a quantidade de suco (cocos de 150ml ou 300ml). A seguir elencamos as especificações a serem atendidas:

1. A máquina de suco deverá usar fontes de 24V e 10V a qual serão subministrados através dos respectivos conectores no painel da máquina (10V, 24V e GND).
2. Os reservatórios da água para preparação e do descarte devem ter capacidade para armazenar até 10L;
3. Estes reservatórios devem estar equipados com sensores de nível que detectem os limites mínimos adequados para o funcionamento da máquina;
4. O local onde os copos são colocados no momento em que o suco é dispensado deve ter sensores que detecte se tem copo e a capacidade do mesmo, e a saída dos mesmos deve estar disponível em conectores devidamente identificados no painel da máquina;
5. O acionamento das bombas peristálticas e do misturador deverá ser feito diretamente pelas saídas digitais do CLP e através de conectores disponibilizados no painel;
6. No painel deve ter três lâmpadas sinalizadoras (uma vermelha, uma verde e outra amarela) as quais deverão ser acionadas através de conectores no painel (24V ligada - 0V desligada);
7. As garrafas que contêm o concentrado devem ser pesadas usando um sensor de carga que forneça uma saída entre 0 e 10V na faixa de capacidade das mesmas (entre 500 e 600ml);
8. O compartimento de preparação deve ser de aço inox com duas saídas no fundo, uma para o descarte e outra para o dispensador, e uma tampa projetada de forma que a água entre em forma de pequenos jatos diretamente nas paredes do compartimento, o concentrado entre por conexões individuais na parte

superior da tampa. A tampa deve ter ligado a ela o misturador, que poderá ser montado e desmontado facilmente para a retirada do compartimento quando seja necessária a sua higienização de forma externa;

9. A localização dos diferentes dispositivos (reservatórios, bombas, etc) devem seguir os seguintes critérios: Minimizar a quantidade de mangueira necessária para a interconexão dos mesmos, facilidade de acesso quando for necessário o reparo;
10. A maquina de sucos deve ter um visual limpo, os cabos devem ser ocultos e devidamente identificados;
11. A área ocupada pela maquina não poderá exceder de  $1000mm \times 800mm \times 500mm$ ;
12. A cavidade para colocar o copo de suco a ser dispensado deve ter capacidade para copos plásticos descartáveis de até 350 ml.

### 3 Materiais

Serão fornecidos componentes mecânicos e eletrônicos para o desenvolvimento do projeto. Cada turma deverá utilizar os componentes fornecidos, definir os materiais adicionais e processos de fabricação a serem utilizados que melhor se adequem aos requisitos descritos anteriormente.

#### Motor DC

Será fornecido um Motor de corrente continua com redutor para o acionamento do misturador. A seguir serão apresentados os dados técnicos sobre as características elétricas e mecânicas do motor.



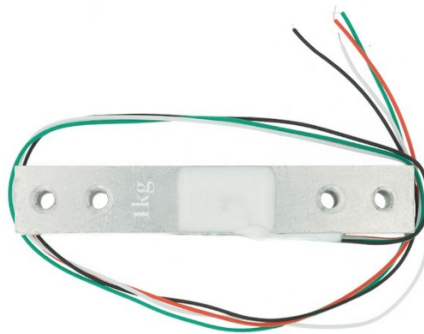
**Figura 5.** Motor DC.

Especificações do Motor CM36-555	
Tensão de operação	24 V
Stall torque	70 kgf.cm
Velocidade nominal	45 RPM
Corrente nominal	300 mA

**Tabela 1.** Especificações do Motor DC.

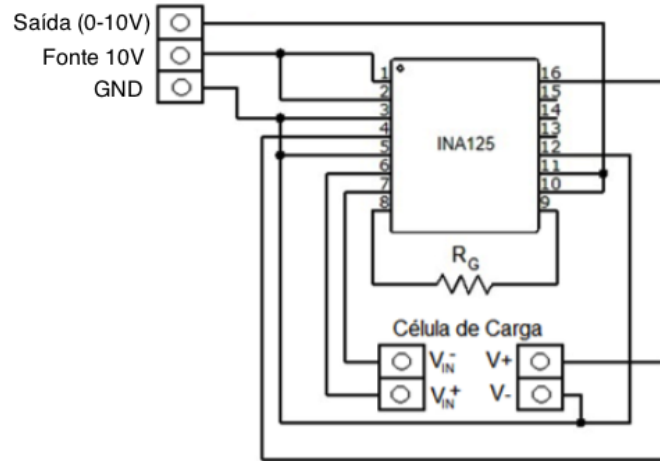
#### Célula de carga

Para determinar o quantidade de insumo (concentrado de caju e uva) será usada uma célula de carga de 1Kg.



**Figura 6.** Célula de carga 1Kg

Para transformar a leitura do peso de elevador será usado um circuito baseado no INA125 como mostrado na Figura 7. Neste circuito o ganho da saída do circuito em relação a variação de tensão na célula de carga pode ser ajustado através do resistor  $R_G$



**Figura 7.** Circuito com amplificador industrial para a célula de carga

### Botões com Leds

A solicitação do andar será feito usando botões com Leds como os mostrados na seguinte Figura:

**Figura 8.** Pacote com 5 botões com Led

### Lâmpadas de cores

Serão subministradas três lâmpadas acionadas por 24V, uma vermelha, uma amarela e outra verde.



**Figura 9.** Lâmpada 24V de cores diferentes

### Reservatório 10L

Serão subministradas dois reservatórios com capacidade de 10L para serem usados como abastecimento de água e para coletar o descarte dos sucos preparados no caso de ser necessário.



**Figura 10.** Reservatórios de 10L para água com torneira

### **Garrafas para armazenamento dos insumos**

Serão subministradas duas garrafas de 600 ml para serem usadas como abastecimento do concentrado usado na preparação dos sucos. As tampas da garrafa possuem o niple para conexão com as respectivas bombas peristálticas através de mangueiras.



**Figura 11.** Garrafa 600ml com tampa de vedação e niple



## Bombas peristálticas

Serão subministradas quatro bombas peristálticas accionada por motores de CC de 24V. Dois delas são do modelo G928 e dois do modelo G328.



**Figura 12.** Bomba peristáltica modelo G928.

Especificações do modelo G928	
Tensão de operação	24 V
Cabeça da bomba	Bomba peristáltica de rolo
Suporte de rolo	aço inoxidável 304
Fluxo	500 ml/min
Material do tubo:	Tubo de silicone vulcanizado
	platina de grau alimentício
Tamanho do tubo:	6,4mm × 9,6mm
Material da cabeça:	PC transparente
Instalação	plano

**Tabela 2.** Especificações do modelo G928.



**Figura 13.** Bomba peristáltica modelo G328.

Especificações do modelo G328	
Tensão de operação	24 V
Cabeça da bomba	Bomba peristáltica de rolo
Suporte de rolo	ABS
Fluxo	80 ml/min
Material do tubo:	Tubo de silicone transparente
Tamanho do tubo:	2,5mm × 4mm
Material da cabeça:	PC transparente
Instalação	plano

**Tabela 3.** Especificações do modelo G328.

## Sensor de nível em líquidos

Serão subministradas dois sensores XKC-Y25-NPN-24V para medir níveis de líquidos em recipientes de espessura inferior a 20 mm.





**Figura 14.** Sensor de nível de líquidos em recipientes.

Especificações do modelo XKC-Y25-NPN-24V	
Tensão de alimentação	5 - 24 V
Precisão	$\pm 1,5mm$
Material:	PVC
Tempo de resposta	500ms
Espessura da indução	20 mm

**Tabela 4.** Especificações do modelo XKC-Y25-NPN-24V.

## Sensores Ópticos

Dois sensores ópticos serão fornecidos para serem utilizados como sensores de presença e tamanho (capacidade) do copo. Tratam-se dos sensores de proximidade infravermelho do modelo E18-D80NK.



**Figura 15.** Sensor de Proximidade Infravermelho.

Especificações dos sensor E18-D80NK	
Tensão de operação	5 - 24 V
Corrente	$\leq 25 \text{ mA}$
Distância de detecção	3-80 cm

**Tabela 5.** Especificações do sensor E18-D80NK.

## Estrutura Mecânica

A estrutura mecânica deve ocupar uma área menor do que  $1000mm \times 800mm \times 500mm$ ; (*Altura  $\times$  Largura  $\times$  Profundidade*). Deve possuir uma estrutura interna para suporte de todos os componentes e equipamentos, considerando o seu peso máximo durante a operação. Os componentes devem ser colocados em lugares de fácil acesso, atendendo a uma localização que minimize a quantidade de mangueiras a serem usadas.

O compartimento de preparação deve ser facilmente desmontável, em aço inox, e garantir a funcionalidade para preparação de sucos, auto-limpeza e descarte do seu conteúdo.

Na frente deve possuir o painel com os conectores de acesso aos equipamento, fontes de tensão necessárias e os elementos indicadores (lâmpadas). O acesso aos equipamentos e componentes deve ser pela parte de trás.

## 4 Avaliação

A avaliação do Projeto Final acontecerá em duas etapas. As avaliações ocorrerão na forma de apresentação de slides contendo descrições detalhadas do que foi desenvolvido durante a etapa correspondente. As etapas de avaliação são:

- **Apresentação Parcial do Projeto** - Deverá ser apresentada a solução proposta pela equipe contendo: o esquema mecânico, os circuitos elétricos e o material empregado na construção.

- **Apresentação Final do Projeto** - Demonstração prática do funcionamento completo do sistema e entrega do relatório do projeto.

Os testes a serem realizados na Apresentação Final consistirão em submeter o sistema a uma rotina padrão de funcionamento para avaliar o desempenho do sistema. As datas das apresentações seguirão o cronograma previsto no **Plano de Aulas** da disciplina.

---

## Referências

- [1] van der Wal, E., Introduction into IEC 1131-3 and PLCopen In: IEE Colloquium on The Application of IEC 61131 to Industrial Control: Improve Your Bottom Line Through High Value Industrial Control Systems, 1999. p. 2/1-2/8
- [2] Miyagi, P . E. Controle programável . São Paulo: Edgard Blücher, 1996. 194p.
- [3] Schneider Electric. Software de programação Unity Pro (Nível 1). Apostila - Julho 2009.
- [4] Schneider Electric. Software de programação Unity Pro (Nível 2). Apostila - Julho 2009.
- [5] Matias, Leidiane do Nascimento. Projeto e Construção de uma Máquina de sucos programável por CLP. Trabalho de Conclusão de Curso, Engenharia Mecânica, UFPE, 2017.