

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – UTFPR
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA – DAELT
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL**

GILBERTO GILMAR DYBAS
MARCOS STEENBOCK OSTERNACK
ROGÉRIO TRENTINY DE LIMA

**MANEQUIM AUTOMATIZADO PARA TESTES EM EXPOSITORES
VERTICAIS REFRIGERADOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA
2015

GILBERTO GILMAR DYBAS
MARCOS STEENBOCK OSTERNACK
ROGÉRIO TRENTINY DE LIMA

**MANEQUIM AUTOMATIZADO PARA TESTES EM EXPOSITORES
VERTICAIS REFRIGERADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica – DAELT – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Prof.^a Orientadora: MSc. Rosângela Winter

CURITIBA
2015

GILBERTO GILMAR DYBAS
MARCOS STEENBOCK OSTERNACK
ROGÉRIO TRENTINY DE LIMA

MANEQUIM AUTOMATIZADO PARA TESTES EM EXPOSITORES VERTICAIS REFRIGERADOS

Este Trabalho de Diplomação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de **Tecnólogo em Automação Industrial**, do **Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial**, da **Universidade Tecnológica Federal do Paraná**.

Curitiba, 06 de março de 2015.

Prof. José da Silva Maia, MSc.
Coordenador de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica

Prof. Rafael Fontes Souto, MSc.
Responsável pelo Trabalho de Diplomação da Tecnologia
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica

BANCA EXAMINADORA

Prof. José da Silva Maia, MSc.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof^a. Rosângela Winter , MSc.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Orientadora

Prof. Marcelo Rodrigues, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Daniel Balieiro Silva, MSc.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

RESUMO

OSTERNACK, Marcos Steenbock; LIMA, Rogério Trentiny de; DYBAS, Gilberto Gilmar. Manequim Automatizado para Testes em Expositores Verticais Refrigerados. 78f. Projeto de Pesquisa – Tecnologia em Automação Industrial – UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

A busca constante para aperfeiçoar processos, reduzindo o esforço ou a interferência humana é crescente e cada vez mais presente. Com toda tecnologia, é possível a utilização de sistemas automatizados no teste de eficiência de equipamentos. O teste realizado por pessoas pode levar a fadiga das mesmas, a utilização de um equipamento que não dependa da intervenção humana durante o teste garante eficiência e preservação da saúde dos funcionários envolvidos. Este projeto propõe uma melhoria significativa nos testes dos equipamentos de refrigeração envolvidos, mostrando uma interferência humana nas cortinas de ar em gôndolas de armazenamento de produtos alimentícios, onde pessoas obstruem a circulação do ar com os membros ao efetuar a retirada de produtos, garantindo uma periodicidade nas etapas dos testes. O projeto apresenta a construção de um manequim automatizado com equipamentos adequados e com baixo custo construtivo não podendo ultrapassar os R\$ 3.500,00, que simulará os movimentos humanos interferindo nas cortinas de ar refrigerado.

Palavras-chave: CLP. Motor CC. PWM. Sistema Automatizado.

ABSTRACT

OSTERNACK, Marcos Steenbock; LIMA, Rogério Trentiny de; DYBAS, Gilberto Gilmar. Automated Dummy for Testing in Refrigerated Vertical Displays. 78f. Projeto de Pesquisa – Tecnologia em Automação Industrial – UTFPR – Federal Technology University.

The constant search for improving processes, reducing stress or human interference is growing and increasingly present. With all technology, the use of automated systems in the equipment efficiency test is possible. The test performed by people it can lead to fatigue thereof, the use of a device that does not require human intervention during the testing efficiency and guarantee preservation of the health of the employees involved. This project proposes a significant improvement in tests of refrigeration equipment involved, showing a human interference in the air curtains in food products storage shelves where people obstruct air circulation with members to make the withdrawal of products, ensuring periodicity in steps of testing. The project features the construction of an automated mannequin with adequate equipment and with low constructive cost cannot exceed R\$ 3,500.00, which simulates human movements interfering with refrigerated air curtains.

Keywords: Automated System. Motor CC. PLC. PWM.

LISTA DE ABREVIATURAS, ACRÔNIMOS E SIGLAS.

CC	Corrente Contínua
CLP	Controladores Lógicos Programáveis
CPU	<i>Central Processing Unit</i>
IHM	Interface humano máquina
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i>

LISTA DE FIGURAS.

Figura 1 - Ciclo de processamento.....	14
Figura 2 - Elementos de um Grafcet	16
Figura 3 - Etapa e Ação	16
Figura 4 – Transição	17
Figura 5 - Circuito Motor CC.....	17
Figura 6 - Curvas características de um motor CC	19
Figura 7 - Motor de corrente contínua	20
Figura 8 - Prateleira de testes	22
Figura 9 - Teste cortina de ar	23
Figura 10 – Manequim	23
Figura 11 - Trilho	24
Figura 12 - Base do carro.....	25
Figura 13 - Carro	25
Figura 14 - Rotação da base.....	26
Figura 15 - Confeção do dispositivo de rotacionar	26
Figura 16 – Esfera transferidora.....	26
Figura 17 - Adequação altura	27
Figura 18 - Corte cintura	28
Figura 19 - Dispositivo máquina de vidro	29
Figura 20 - Dispositivo do braço.....	29
Figura 21 - Perfil pernas.....	30
Figura 22 - Rampa	30
Figura 23 - Rampa montada.....	31
Figura 24 - Simulação freezer	31
Figura 25 – Instalação no local do cliente	32
Figura 26 - Sistema motriz	32
Figura 27 - Sistema motriz	33
Figura 28 - Pintura base.....	33
Figura 29 - Potenciômetro 0-10 k Ω	34
Figura 30 - Reforço ombro	35
Figura 31 - Motor movimentação braço.....	36
Figura 32 - Potenciômetro	36
Figura 33 - Fim de curso	36
Figura 34 - Instalação CLP.....	37
Figura 35 - Instalação dos relés	37
Figura 36 - Teste CLP	37
Figura 37 - Doca de carga.....	38
Figura 38 - Conexões	38
Figura 39 - Fluxograma da lógica de funcionamento_1	40
Figura 40 - Fluxograma da lógica de funcionamento_2	41
Figura 41 - Fluxograma da lógica de funcionamento_3	42
Figura 42 - Fluxograma da lógica de funcionamento_4	43
Figura 43 - Bloco de comparação	44
Figura 44 - Bloco de adição.....	44
Figura 45 - Bloco de subtração	44
Figura 46 - Testes finais.....	45
Figura 47 - Arranjo dos cabos	45
Figura 48 - Carro pronto.....	46
Figura 49 - Versão final em testes.....	46

Figura 50 - Versão final em testes 2.....	47
Figura 51 - Sistema de acionamento.....	47
Figura 52 - Teste freezer.....	48
Figura 53 - Teste freezer 2.....	49
Figura 54 - Dispositivo de corrente.....	50
Figura 55 - Amortecedores cintura.....	50
Figura 56 - Detalhes amortecedores.....	51
Figura 57 - Braço manequim.....	51
Figura 58 - Teste eletroímãs.....	52
Figura 59 - Testes garra.....	52
Figura 60 - Teste com lata.....	53
Figura 61 – Motor substituído.....	53
Figura 62 - Bloco de PWM.....	54

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	TEMA	9
1.1.1	Delimitação do tema	10
1.2	PROBLEMAS E PREMISSAS	10
1.3	OBJETIVOS	11
1.3.1	Objetivo geral	11
1.3.2	Objetivos específicos	11
1.4	JUSTIFICATIVA	11
1.5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS	13
2.1.1	Conceito	13
2.1.2	Características	13
2.1.3	Aplicação	15
2.1.4	Linguagem Grafcet	15
2.1.5	Introdução aos elementos de um Grafcet	16
2.2	MOTO REDUTORES CC	17
2.2.1	Conceito	17
2.2.2	Características	19
2.2.3	Aplicação	20
2.3	REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL	21
2.3.1	Conceito	21
2.3.2	Armazenamento de alimentos congelados ou não	21
3	DESENVOLVIMENTO	22
3.1	ESTUDO DOS COMPONENTES E CONTRUÇÃO MECÂNICA	22
3.1.1	Trilho	24
3.1.2	Carro	24
3.1.3	Rotação da base	25
3.1.4	Adequação da altura do manequim	27
3.1.5	Corte da cintura	27
3.1.6	Movimentação da cintura	28
3.1.7	Protótipo do braço	29
3.1.8	Estrutura das pernas	30
3.1.9	Rampa	30

3.1.10	Protótipo do freezer em madeira	31
3.1.11	Instalação no local do trilho	32
3.1.12	Sistema motriz	32
3.1.13	Pintura da base	33
3.2	ESTUDO DOS COMPONENTES E INSTALAÇÃO ELÉTRICA	33
3.3	PROGRAMAÇÃO DO CLP	38
3.4	TESTES E AJUSTES FINAIS	45
3.4.1	Versão final e ajustes no cliente	46
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
4.1	TESTES E RESULTADOS	48
4.1.1	Teste dos ângulos das prateleiras	48
4.2	PROBLEMAS E SOLUÇÕES	49
4.2.1	Corrente na transmissão do movimento da cintura	49
4.2.2	Amortecedores da cintura	50
4.2.3	Braço com eletroímãs	51
4.2.4	Teste sem eletroímã	52
4.2.5	Motor de movimentação do carro	53
4.2.6	Controle dos motores do braço e cintura	54
4.3	MELHORIAS FUTURAS	54
5	CONCLUSÃO	55
	REFERÊNCIAS	56
	APÊNDICE A – PROGRAMAÇÃO CLP	57
	APÊNDICE B – DIAGRAMA ELÉTRICO	72

1 INTRODUÇÃO

A refrigeração de alimentos está presente no dia a dia das pessoas, existindo diversos tipos de equipamentos, desde uma simples geladeira até grandes sistemas frigoríficos.

Pode-se definir como refrigeração todo sistema que tem como objetivo transferir de forma contínua uma energia térmica de uma região de baixa temperatura para outra região de temperatura maior. O objetivo básico do armazenamento refrigerado de alimentos congelados ou não, é a preservação de suas características (STOECKER; JABARDO, 2002).

Grande parte dos alimentos perecíveis no mundo é refrigerada, podendo a refrigeração fazer parte desde o processo de produção, transporte e estocagem desses alimentos.

Os sistemas frigoríficos fornecem as temperaturas necessárias para o correto armazenamento dos produtos, por isso necessitam constantemente de testes para que a sua eficácia seja garantida.

Automatizar estes testes faz-se necessário, pois se busca uma precisão e repetitividade maior dos resultados que são encontrados nos testes com pessoas. Também o ambiente de testes não é favorável para permanência humana, contendo temperatura baixa e umidade alta.

1.1 TEMA

Atualmente há uma grande necessidade de automatização de processos e sistemas, onde a intervenção humana seja a mínima possível. Ribeiro (2003, p. 01) afirma que:

Automação é o controle de processos automáticos. Automático significa ter um mecanismo de atuação própria, que faça uma ação requerida em tempo determinado ou em resposta a certas condições.

No mercado atual há sistemas automatizados direcionados a equipamentos de refrigeração, onde se pode efetuar o controle e monitoramento do processo a distância via sistema supervisório. Grandes redes de supermercados, hipermercados, frigoríficos, entre outros, utilizam-se desses sistemas para garantir o pleno funcionamento dos equipamentos, evitando assim possíveis danos aos seus produtos armazenados (PRISMA REFRIGERAÇÃO, 2013).

O presente estudo surge a partir da necessidade do mercado em melhorar a eficiência dos equipamentos de refrigeração, para isso é indispensável a realização de testes, onde a utilização de mão de obra humana na avaliação de eficácia se torna imprecisa e com alto tempo para coleta dos dados. Segundo Ribeiro (2003, p. 01):

O conceito de automação inclui a ideia de usar a potência elétrica ou mecânica para acionar algum tipo de máquina. Deve acrescentar à máquina algum tipo de inteligência para que ela execute sua tarefa de modo mais eficiente e com vantagens econômicas e de segurança.

1.1.1 Delimitação do tema

Neste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) propõe-se programar um Controlador Lógico Programável (CLP), a fim de que este coordene as manipulações de um conjunto de atuadores e sensores unidos na estrutura de um manequim automatizado.

No escopo da pesquisa proposta foram utilizadas informações sobre manequins, as cortinas de ar formadas pelas gôndolas de refrigeração, CLP, Motores de Corrente Contínua (CC) e testes automatizados. As áreas beneficiadas são os setores de qualidade e desenvolvimento de produto.

Neste caso, optou-se por um manequim automatizado devido à necessidade de repetição cíclica do teste para o estudo da interferência humana nas cortinas de ar formadas pelas unidades frigoríficas.

Trata-se de um projeto de baixo custo não devendo ultrapassar os R\$ 3.500,00, sendo este um fator determinante na escolha dos materiais a serem utilizados. O ambiente em que o manequim está sendo utilizado é hostil, tendo umidade relativa mantida alta a fim de simular condições extremas para o teste.

1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS

Os principais problemas encontrados e que motivaram a elaboração deste TCC foram:

- a) A dificuldade de realizar os testes nos sistemas de refrigeração sem que haja perda de tempo devido à disponibilidade de mão-de-obra;
- b) O tempo necessário para realização do teste, que pode durar mais de 24 horas;
- c) O desgaste físico da pessoa que realiza os testes, pois o procedimento tem que ser repetido muitas vezes durante todo o processo.

Em decorrência dos problemas citados, havia demora em entregar os resultados devido à disponibilidade de mão-de-obra e desgaste dos funcionários envolvidos nos testes. Logo, **como eliminar o desgaste físico dos funcionários nos testes de sistemas refrigerados?**

Com a instalação de um sistema automatizado, os problemas foram eliminados, pois não há mais o desgaste físico dos funcionários.

Algumas condições iniciais devem ser observadas, tais como:

- ✓ O CLP escolhido foi devido ao seu baixo custo;
- ✓ O manequim tem o tamanho de um ser humano para que os testes se aproximem da realidade;
- ✓ Foi utilizado um sistema automático de carregamento das baterias, para que o sistema funcione 24 horas sem interrupções.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Implementar um manequim automatizado que execute os testes da influência humana nos expositores verticais refrigerados de três prateleiras.

1.3.2 Objetivos específicos

- ✓ Estudar os componentes adequados à automação do manequim;
- ✓ Projetar os circuitos elétricos e partes mecânicas do manequim;
- ✓ Adaptar o manequim;
- ✓ Estudar o *software* do CLP;
- ✓ Programar o CLP;
- ✓ Simular o conjunto;
- ✓ Testar em campo.

1.4 JUSTIFICATIVA

Nos expositores de alimentos refrigerados que são encontrados no comércio, faz-se necessário o controle da temperatura do ar que envolve os produtos. Quando o expositor é do tipo fechado com porta, este controle é facilitado, mas no caso dos expositores abertos, este controle é feito criando-se uma cortina de ar simples ou dupla conforme a necessidade que fará a função da porta. Para uma

otimização desta cortina, são necessários testes da influência que a interação humana causa no controle deste produto.

Para que exista uma padronização dos mesmos, fez-se necessária a implementação de um manequim automatizado que simula as interações em condições diversas. A padronização foi necessária para que os resultados encontrados tivessem uma repetitividade e pudessem ser analisados e comparados validando os testes.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Classifica-se o estudo realizado como de natureza científica aplicada, devido ao fato de existir um problema (falta de precisão e desgaste físico nos testes de eficiência nos equipamentos de refrigeração) e uma solução a ser encontrada (CERVO; BERVIAN; SILVA, 2002).

Com relação ao procedimento, a pesquisa classifica-se como de caráter bibliográfico e experimental. Experimental porque, busca manipular diretamente as variáveis relacionadas com o objeto de estudo (CERVO; BERVIAN; SILVA, 2002). A pesquisa bibliográfica é necessária para o aprofundamento na teoria do tema procurando possíveis soluções.

Foi estabelecido um comparativo entre o processo de testes manuais e o automático de modo a verificar as vantagens e a eficácia de um sistema automático de avaliação de eficiência.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para que o desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso ocorresse da melhor forma, fez-se necessário o estudo de dispositivos, tais como o CLP, motores de corrente contínua, sensores, bem como de ferramentas computacionais, como por exemplo, o programa *ISP Soft V2. 02*. Este é recomendado devido a grande flexibilidade na programação, usando a linguagem *ladder ou Grafcet* e tem-se a liberdade de modificar a programação com facilidade. Georgini (2002, p. 84) ressalta:

A primeira linguagem criada para programação de *PLCs* foi a *Linguagem Ladder*. O fato de ser uma linguagem gráfica, baseada em símbolos semelhantes aos encontrados nos esquemas elétricos – contatos e bobinas, foi determinante para aceitação do *PLC* por técnicos e engenheiros acostumados com os sistemas de controle a relés. Provavelmente, é ainda a mais utilizada.

2.1 CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS

2.1.1 Conceito

Os CLPs foram criados na década de 60 dentro das indústrias automotivas como relata Georgini (2002, p. 50):

Na década de 60, o aumento da competitividade fez com que a indústria automotiva melhorasse o desempenho de suas linhas de produção, aumentando tanto a qualidade como a produtividade. Fazia-se necessário encontrar uma alternativa para os sistemas de controle a relés. Uma saída possível, imaginada pela General Motors, seria um sistema baseado no computador.

“O primeiro dispositivo a atender as especificações foi desenvolvido pela *Gould Modicon* em 1969” (GEORGINI, 2002). No início foram chamados de *Programmable Controllers*, e logo após passaram a se chamar *Programmable Logic Controller* (PLCs). Possuíam uma boa flexibilidade sendo que em “uma eventual necessidade de alteração na lógica de controle da máquina era realizada em pouco tempo, apenas com mudanças no programa, sem necessidade de alteração nas ligações elétricas” (GEORGINI, 2002).

2.1.2 Características

Pode-se subdividir a configuração do CLP em variáveis de entrada que são os sinais externos recebidos do processo; as variáveis de saída onde o mesmo coordena o processo através dos pontos de saída e o programa que nada mais é

que a execução de ações de controle oriundas de processos lógicos, ativados pela varredura das entradas e memórias internas (SILVEIRA e SANTOS, 2009).

Composto pela *Central Processing Unit* (CPU) definida por (SILVEIRA e SANTOS, 2009, p. 84) como: “a unidade central de processamento, pode ser encarada como o “cérebro” que controla todas as ações de um PLC e é constituída por um processador, memórias e um sistema de interligação (barramento)”. Pode-se observar na Figura 1 o ciclo de processamento dos dados dentro da CPU.



Figura 1 - Ciclo de processamento
Fonte: SILVA FILHO (2008).

Também estão presentes na CPU as memórias de armazenamento de dados divididas em voláteis e não voláteis definidas por Silveira e Santos (2009, p. 85) como:

Memórias de armazenamento voláteis são aquelas nas quais uma perda, mesmo que breve, de alimentação de energia resultará na perda da informação armazenada. Em contrapartida, memórias de armazenamento não voláteis mantêm sua informação mesmo durante ausência de alimentação, o que às vezes é denominado memória retentiva. Na organização do sistema de memórias dos PLCs, encontraremos o uso de ambos os tipos, incluindo-se ainda, em alguns equipamentos, um sistema de fornecimento de energia via baterias ou acumulador, a fim de manter os dados que estão armazenados em memórias voláteis.

2.1.3 Aplicação

As linguagens de programação são ferramentas de auxílio gráfico ou textual para programação dos controladores lógicos programáveis. Sobre o CLP asseguram Silveira e Santos (2009, p. 83) que:

O princípio fundamental de funcionamento de PLC é a execução por parte da CPU de um programa, conhecido como “executivo” e de responsabilidade do fabricante, que realiza ciclicamente as ações de leitura das entradas, execução do programa de controle do usuário e atualização das saídas.

O CLP da marca *Delta Electronics* modelo DVP20SX2 foi escolhido, pois atende a necessidade do projeto em questão, com um baixo custo de aquisição conforme visto na Tabela 1.

Tabela 1 – Comparativo custo de aquisição CLP.

Marca	Atende ao projeto?	Custo (R\$)	Produto Novo?
Siemens	Sim	R\$ 3800,00	Não
Allen Bradley	Sim	R\$ 3650,00	Não
Delta	Sim	R\$ 850,00	Sim

Fonte: Os Autores

2.1.4 Linguagem Grafcet

A metodologia aplicada na programação do CLP utilizado foi o *Sequence Functional Chart* ou Grafcet como é mais conhecido, trata-se de uma sequência de etapas, transições e ações como pode ser visualizado na Figura 2.

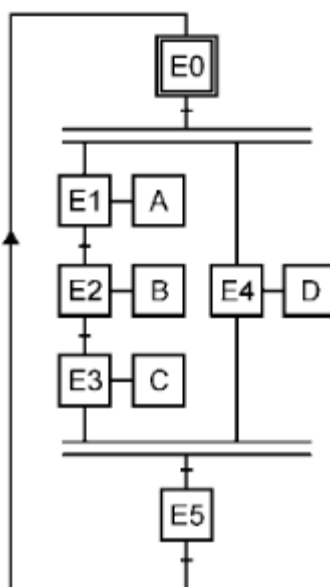


Figura 2 - Elementos de um Grafcet
 Fonte: SILVEIRA E SANTOS (2009).

A utilização de linguagens gráficas tem como uma de suas características facilitarem a visualização de problemas na procura de encontrar uma solução, aproximando a forma de como os homens tratam seus problemas (PIRES, J. Norberto, 2002). Sobre o GRAFCET afirma Pires (2002, p.242) que:

O GRAFCET é uma linguagem gráfica, proposta em França em 1977, para ser usada em controladores lógicos. Foi adaptada em 1988, com ligeiras alterações, como o *standard* IEC 848, com o nome de SFC (*Sequential Function Charts*). Cinco anos mais tarde torna-se no *standard* IEC 1131-3. Hoje, o GRAFCET é bem aceite na indústria, nomeadamente devido a sua simplicidade e clareza na apresentação de problemas e soluções. De certa forma, os diagramas GRAFCET fazem lembrar as redes de *Petri*, muito usadas para simular e visualizar sistemas discretos.

2.1.5 Introdução aos elementos de um Grafcet

Etapas: “Uma etapa é um estado do sistema. Pode estar ativa, altura em que são executadas as ações respectivas ou inativa” (PIRES, 2002). Ações serão mostradas do lado direito da etapa com textos ou equações dentro de retângulos (Figura 3).



Figura 3 - Etapa e Ação
 Fonte: PIZZINO (2007).

Transições: “Uma transição determina a evolução entre etapas. É descrita por uma equação lógica que torna a etapa anterior inativa e a seguinte ativa” (PIRES, 2002). Pode-se observar uma transição em t1 (Figura 4).

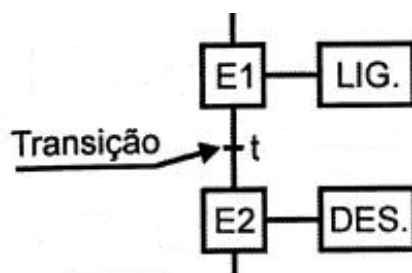


Figura 4 – Transição
Fonte: PIZZINO (2007).

2.2 MOTO REDUTORES CC

2.2.1 Conceito

Nos motores CC “o fluxo magnético do estator é gerado nas bobinas de campo pela corrente contínua, portanto trata-se de um campo magnético cuja intensidade é contínua” (OLIVEIRA, 2014, p. 02). O torque que produz a rotação do motor ocorre através do eletromagnetismo entre o estator e o rotor como cita Oliveira (2014, p. 02): “Quanto ao rotor, que podemos chamar de armadura também é alimentado por tensão contínua e a interação dos campos magnéticos do estator (chamado de campo) e da armadura produzem o torque para a movimentação do rotor”.

Na Figura 5 pode-se observar o circuito elementar do motor CC utilizado no equipamento onde estão indicados todos os elementos necessários para os cálculos.

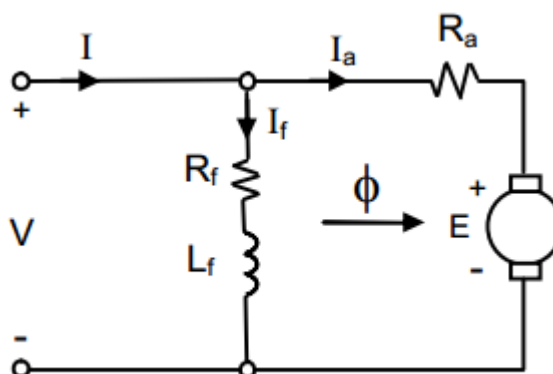


Figura 5 - Circuito Motor CC
Fonte: SIEMENS (2014)

A Lei de Kirchhoff aplicada ao circuito de armadura resulta em Siemens (2014):

$$U_a = R_a * I_a + E \quad (1)$$

Onde:

U_a = Tensão de armadura

R_a = Resistência da armadura

I_a = Corrente de armadura

E = Força Eletromotriz induzida ou Força Contra-Eletromotriz da armadura

Pela Lei da Indução de Faraday, a força eletromotriz induzida é proporcional ao fluxo e à rotação, ou seja, (Siemens 2014):

$$E = k_1 * \varphi * n \quad (2)$$

Combinando as equações. (1) e (2), a expressão para a velocidade do motor CC é dada por (Siemens 2014):

$$n = k_1 * \frac{U_a - R_a * I_a}{\varphi} \quad (3)$$

Onde:

n = velocidade de rotação

k_1 = constante que depende do tamanho do rotor, do número de polos do rotor, e como esses polos são interconectados.

φ = fluxo no entreferro

Admitindo-se que a queda de tensão na armadura é pequena, ou seja, $R_a * I_a \cong 0$, a expressão (1) se reduz a Siemens (2014):

$$n = k_1 \frac{U_a}{\varphi} \quad (4)$$

O conjugado (Torque) do motor é dado por Siemens (2014):

$$C = k3 * I_a * \varphi \quad (5)$$

Onde:

C = conjugado eletromagnético do motor

$K3$ = constante.

Observando o gráfico da Figura 6 pode-se constatar as variações de Torque, corrente e rotação em relação à tensão aplicada.

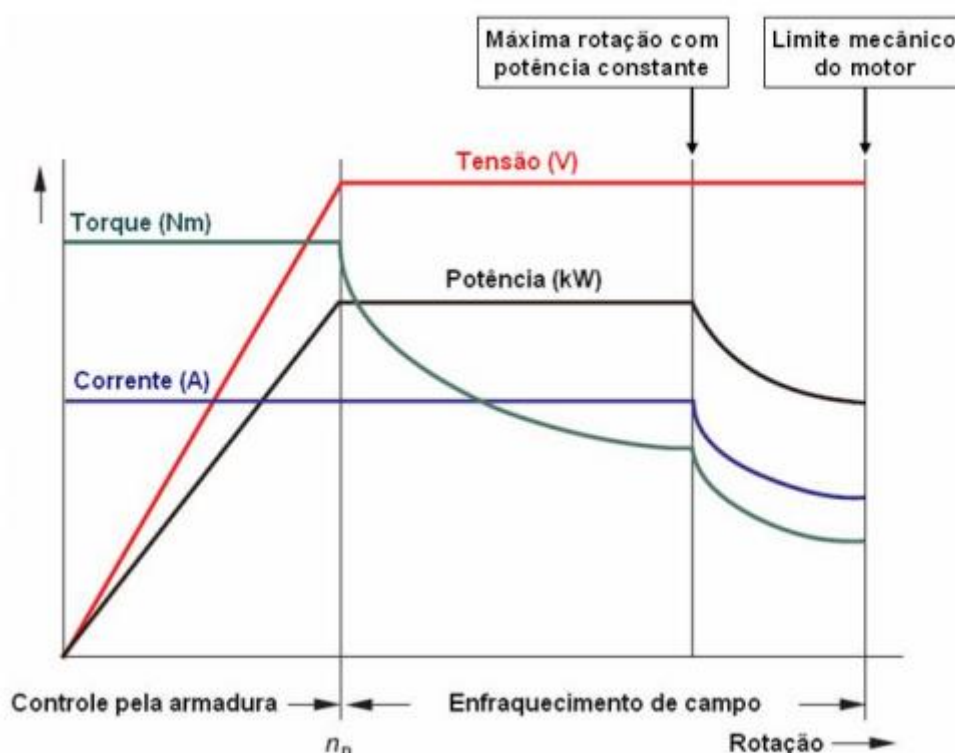


Figura 6 - Curvas características de um motor CC
Fonte: SIEMENS (2014).

2.2.2 Características

Motores CC, assim como os motores de Corrente Alternada são compostos basicamente por duas partes, rotor e estator. A primeira é rotatória, onde circula a corrente elétrica contínua através de um bobinado, também pode ser chamado de armadura. A segunda é fixa, composta por uma estrutura ferromagnética

responsável por produzir um campo magnético constante (PAZOS, FERNANDO, 2002). A Figura 7 ilustra um motor de corrente contínua.

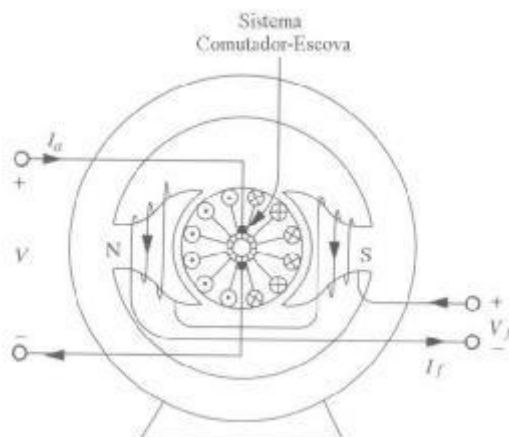


Figura 7 - Motor de corrente contínua
Fonte: SIEMENS (2014).

O estator é composto por uma estrutura ferromagnética com seus polos salientes onde são enroladas as bobinas ou imã permanente para a geração do campo (SIEMENS, 2014):

O rotor é um eletroímã constituído de um núcleo de ferro com enrolamento em sua superfície que são alimentados por um sistema mecânico de comutação. Esse sistema é formado por um comutador, solidário ao eixo do rotor, que possui uma superfície cilíndrica com diversas lâminas às quais são conectados os enrolamentos do rotor; e por escovas fixas, que exercem pressão sobre o comutador e que são ligadas diretamente aos terminais de alimentação. O propósito do comutador é o de inverter a corrente na fase de rotação apropriada de forma a que o conjugado desenvolvido seja sempre na mesma direção.

2.2.3 Aplicação

Os moto redutores CC foram escolhidos, pois atendem a necessidade do projeto, onde se tem o torque suficiente para executar os movimentos, consegue-se controle de velocidade por meio da implementação de um sistema *Pulse Width Modulation* (PWM), que modula a corrente enviada aos motores através de pulsos.

2.3 REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL

2.3.1 Conceito

Para Stoecker e Jabardo (2002), a refrigeração industrial pode ser caracterizada pela sua aplicabilidade, ou pela faixa de temperatura de operação. No quesito de temperatura tem-se como limite inferior podendo atingir a ordem de -60 a -70 °C, enquanto no limite superior podem ser observadas de 15 °C. Já observando sua aplicabilidade, pode-se descrever como o processo utilizado nas indústrias químicas, de alimentos e de processos, dos quais são responsáveis por dois terços das aplicações.

2.3.2 Armazenamento de alimentos congelados ou não

Segundo Stoecker e Jabardo (2002, p.2), “o tempo de exposição da maioria dos alimentos pode ser incrementado através de um armazenamento a baixas temperaturas”.

Os alimentos podem ser definidos como dois grupos de armazenamento: os que necessitam de congelamento e os que não necessitam.

Com base nesse preceito, tem-se alguns alimentos como, banana, maçã, tomate, alface, batata, cebola, entre outros que não necessitam de congelamento. Na Tabela 1 seguem as indicações de melhor armazenamento, considerando fatores econômicos e de acondicionamento. A maioria dos alimentos deve ser armazenadas a temperaturas próximos de 0 °C (32 °F) a fim de preservar suas características (STOECKER; JABARDO, 2002).

Tabela 2 - Temperaturas de armazenamento de alimentos

Produto	Temperaturas de Armazenamento	
	(C)	(F)
Abacate	4 a 13	40 a 55
Alface	0 a 1	32 a 34
Banana	13 a 14	56 a 58
Frango	-1 a 2	30 a 36
Maça	-1 a 0	30 a 32
Tomate	3 a 4	38 a 40

Fonte: (STOECKER; JABARDO, 2002).

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 ESTUDO DOS COMPONENTES E CONTRUÇÃO MECÂNICA

A solicitação do cliente foi de um sistema automatizado que substituísse uma pessoa, na retirada e colocação de produtos em prateleiras distintas de um refrigerador vertical aberto, utilizado principalmente em supermercados para armazenamento de alimentos frios. Com o intuito de entender melhor a necessidade do cliente foi realizada uma visita ao local para avaliar o projeto que mais se adequaria a esta necessidade. Foi verificado que o refrigerador utilizado para testes seria de tamanho externo padrão, instalado em uma sala com fluxo lateral de ar controlado. Para que os testes fossem realizados seria necessário que o dispositivo simulando uma pessoa fizesse a retirada de um produto e saísse próximo ao refrigerador, como se fosse um cliente passando.

Os testes eram realizados com pessoas, mas devido a dificuldade na repetitividade dos mesmos, os resultados não eram confiáveis e impossibilitavam a execução de testes mais longos.

Verificado qual seria o processo, foram feitas medidas externas do refrigerador e altura das prateleiras internas. Observou-se na parte traseira do refrigerador a entrada de uma tubulação junto ao piso. A parte comercial do projeto teria sua principal limitação no custo que deveria ser baixo para ficar dentro do orçamento do setor que era de R\$ 3.500,00. A prateleira pode ser observada nas Figuras 8 e 9.



Figura 8 - Prateleira de testes
Fonte: Aatoria própria.



Figura 9 - Teste cortina de ar
Fonte: Autoria própria.

Para atender aos requisitos de forma e custo, optou-se por um manequim de uso comum em lojas, que além de ser leve, poderia acomodar internamente os componentes elétricos e cabeamento, a pedido do cliente foi escolhido um modelo feminino que pode ser observado na Figura 10.



Figura 10 – Manequim
Fonte: Autoria própria.

3.1.1 Trilho

Para manter a simplicidade do projeto foi definido que o manequim andaria em cima de um carro através de um circuito definido ao redor do refrigerador guiado por um trilho fixado ao piso. Baseado nas medidas do refrigerador foi feito o trilho tubular com as sapatas de fixação. A Figura 11 mostra o trilho.

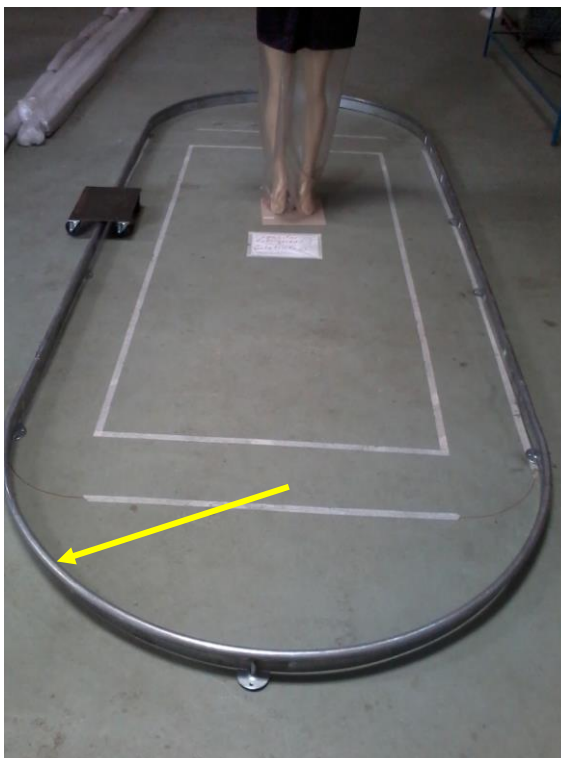


Figura 11 - Trilho
Fonte: Autoria própria.

3.1.2 Carro

A confecção do carro levou em consideração o peso considerável que ele suportaria, pois todo o equipamento ficaria no manequim incluindo sua alimentação realizada por baterias. Partindo de uma base de aço foi montado o sistema de apoio e o de guia com rodízios de borracha, sendo quatro rodízios de apoio no trilho fixados lateralmente a ele e mais quatro de movimentação apoiados no piso, sendo os rodízios dos trilhos fixos e o lado de movimentação com rodízios móveis. A Figura 12 mostra a base do carro e a Figura 13 o carro.



Figura 12 - Base do carro
Fonte: Autoria própria.



Figura 13 - Carro
Fonte: Autoria própria.

3.1.3 Rotação da base

Por uma necessidade do projeto, qual seja a simulação do comportamento humano, o manequim deveria, em cima do carro, ter capacidade de girar 90° e 180°, a partir da posição de frente para o refrigerador. Pela robustez e recomendação do próprio fabricante para projetos de automação, foi escolhido o motor de vidro elétrico Bosch série FPG.

Para criar um sistema de movimento que permitisse o giro de 180°, foram utilizadas duas cremalheiras de máquina de vidro manual do veículo corsa, pois além de reforçadas já eram o par da engrenagem do motor acima mencionado. Foi construída uma plataforma unindo as duas cremalheiras e mais uma meia lua de chapa para completar a plataforma de apoio para a base. Com um eixo central foi construída em perfilado quadrado uma base que abrigou o motor de giro e para dar apoio na plataforma foram utilizadas esferas transferidoras (Figura 16), amplamente utilizadas na indústria. O sistema de rotação da base pode ser visualizado nas Figuras 14 e 15.



Figura 14 - Rotação da base
Fonte: Autoria própria.

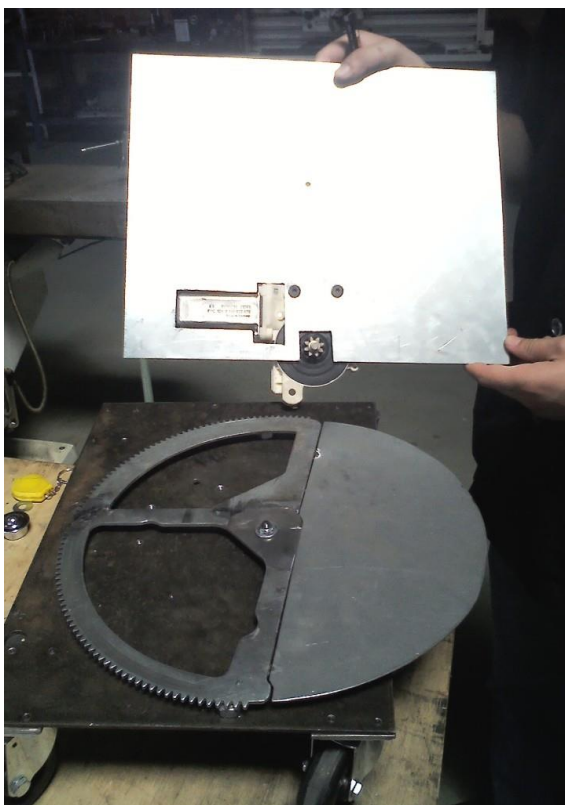


Figura 15 - Confeção do dispositivo de rotacionar
Fonte: Autoria própria.



Figura 16 - Esfera transferidora
Fonte: Autoria própria.

3.1.4 Adequação da altura do manequim

Considerando a altura do carro com a base, foi necessária uma adequação na altura do manequim descontando esta diferença. Optou-se por remover os pés do manequim que não teriam influência significativa no processo do cliente. Na Figura 17 é possível observar esta adequação.



Figura 17 - Adequação altura
Fonte: Autoria própria.

3.1.5 Corte da cintura

Para possibilitar a inclinação do tórax do manequim na aproximação das prateleiras, foi necessário criar uma cintura articulada. Então dividiu-se o manequim na linha de cintura e foi colocada uma dobradiça na linha de inclinação. A Figura 18 mostra o corte.

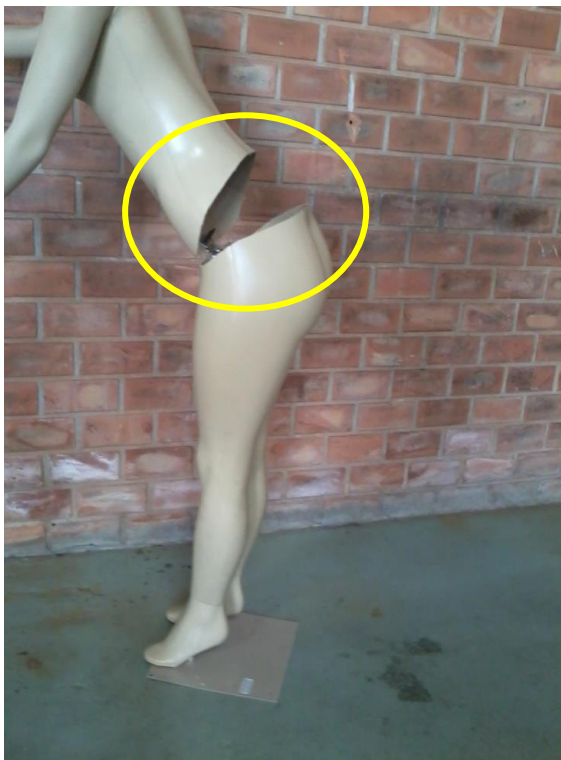


Figura 18 - Corte cintura
Fonte: Autoria própria.

3.1.6 Movimentação da cintura

Com os resultados obtidos na base, optou-se por utilizar também na cintura o motor de vidro elétrico e para resolver o controle em posições intermediárias, foi utilizado um braço articulado que fazia parte da máquina de vidro. Este sistema mostrou-se eficiente e proporcionou a agilidade necessária independente do movimento que fosse exigido: seja parada ou inclinação parcial. A Figura 19 mostra o sistema de movimentação da cintura.



Figura 19 - Dispositivo máquina de vidro
Fonte: Autoria própria.

3.1.7 Protótipo do braço

O braço direito do manequim deveria alcançar as prateleiras tendo o movimento similar ao braço humano. Para conseguir este movimento por meio de um único motor FPG no eixo do ombro, foi criado um protótipo baseado nos braços paralelos utilizados em luminárias; com o giro do motor simulou-se o movimento de esticar e recolher o braço com a dobra de cotovelo visualizado na Figura 20.



Figura 20 - Dispositivo do braço
Fonte: Autoria própria.

3.1.8 Estrutura das pernas

Definido o sistema de acionamento da cintura, foi montada a parte interna das pernas com perfis estruturais de alumínio fixados à base giratória. Na Figura 21 pode-se observar o perfil das pernas.



Figura 21 - Perfil pernas
Fonte: Autoria própria.

3.1.9 Rampa

Com base nas medidas passadas pelo cliente referente às tubulações que entrariam na parte de trás do refrigerador foi necessário criar uma rampa nos trilhos para que a base com o manequim passasse por cima deste obstáculo. As Figuras 22 e 23 mostram a rampa.



Figura 22 - Rampa
Fonte: Autoria própria.



Figura 23 - Rampa montada
Fonte: Autoria própria.

3.1.10 Protótipo do freezer em madeira

Até esta parte do projeto utilizou-se apenas uma haste com a marcação da altura das prateleiras, mas para testes de alcance, fez-se necessário confeccionar uma réplica das prateleiras com sua inclinação e disposição conforme encontrado no cliente. A Figura 24 mostra o teste com o protótipo em madeira.

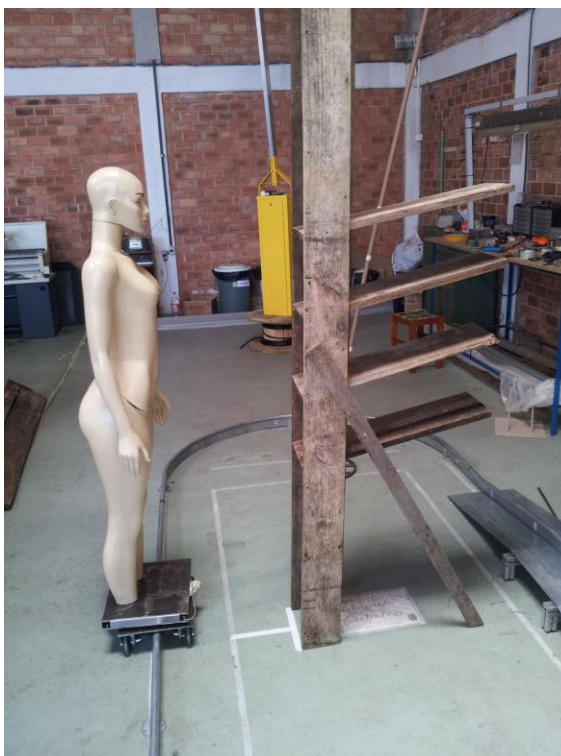


Figura 24 - Simulação freezer
Fonte: Autoria própria.

3.1.11 Instalação no local do trilho

Finalizados os ajustes no trilho foi efetuada a instalação no cliente. Pode-se observar a instalação no cliente na Figura 25.



Figura 25 – Instalação no local do cliente
Fonte: Autoria própria.

3.1.12 Sistema motriz

Para o sistema motriz foram alongados os eixos das roldanas e instaladas engrenagens ligadas por corrente a um eixo passante acima do trilho. Este eixo era acionado pelo conjunto motor FPC + redutor. As relações entre eixo e roldanas eram diretas apenas para deslocar o acionamento para a linha acima do trilho. As Figuras 26 e 27 mostram o sistema motriz.



Figura 26 - Sistema motriz
Fonte: Autoria própria.



Figura 27 - Sistema motriz
Fonte: Aatoria própria.

3.1.13 Pintura da base

Como parte do acabamento final, o manequim foi isolado e a base recebeu uma pintura, a qual pode ser visualizada na Figura 28.



Figura 28 - Pintura base
Fonte: Aatoria própria

3.2 ESTUDO DOS COMPONENTES E INSTALAÇÃO ELÉTRICA

Os estudos foram iniciados pela escolha da fonte de energia para o sistema, optou-se pelo uso de duas baterias de 12 V_{cc} associadas em série perfazendo 24 V_{cc} .

Para as movimentações foram escolhidos motores redutores da série FPC da Bosch, utilizados em vidros elétricos automotivos, devido ao seu baixo custo e ótima qualidade. O modelo adotado foi o FPC 12 v 0 130 822 030 com potência nominal de 9 W, In: 7 A, torque nominal de 11 N.m e rotação de 82 rpm no eixo de saída.

Foram escolhidos fins de curso da Metaltex FM1308, com um contato reversível e capacidade de corrente de 10 A, pelo bom custo/benefício.

Para posicionamento do movimento da cintura e do braço utilizou-se potenciômetros lineares de 10 k Ω operando na faixa de 0-40% do seu limiar que pode ser observado na Figura 29. Através do princípio do divisor de tensão obteve-se uma tensão variando de 0-10 V_{cc} no terminal de saída, aplicando 24 V_{cc} nos terminais extremos.

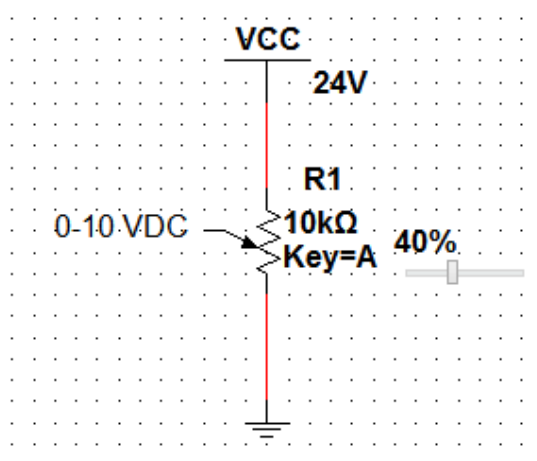


Figura 29 - Potenciômetro 0-10 k Ω
Fonte: Autoria própria

Para proteção do sistema utilizou-se disjuntores de proteção termomagnéticos bifásicos C4 A para o comando e C 16 A para proteção dos motores levando em consideração as correntes nominais dos motores: $3 \times 7 \text{ A} = 21 \text{ A} / 2 = 10,5 \text{ A} + 25\% = 16 \text{ A}$.

No “Apêndice B – DIAGRAMA ELÉTRICO” observa-se o diagrama elétrico do manequim, para um melhor entendimento das conexões elétricas. A Tabela 2 traz a descrição dos materiais utilizados na montagem elétrica do sistema.

Tabela 3 - Lista de Materiais Elétricos Utilizados

Lista de Materiais Utilizados			
Quantidade	Descrição	Modelo	Marca
2	Bateria 12 v 12AH	F-250	Unipower
5	Fim de Curso	FM 1308	Metaltex
1	Motor redutor CC 1/15 cv	DC 20	Diacti
3	Motor redutor CC (vidro elétrico)	FPC 12 v	Bosch
2	Potenciômetro linear	10 k Ω	
1	Chave seletora 2 posições	M20SSR2-B-1A	Metaltex
1	Disjuntor Bipolar 10A	C10A	Steck
1	Carregador de Baterias	CBV 0900	Vonder
1	CPU do PLC	DVP20SX2	Delta
1	Cartão de Entradas e Saídas	DVP-16SP	Delta
5	Relés 24 V _{CC} 6A/240V c/ base	2961105	Phoenix
4	Relés 24 V _{CC} 3A/33 V _{CC} (estado sólido)	2966618	Phoenix
45 m	Cabo 1 mm ²	-	Corfio
30 m	Cabo 2,5 mm ²	-	Corfio
1	Terminais diversos	-	-

Fonte: Aatoria própria.

Com os itens definidos, foi iniciada a instalação definitiva da parte elétrica do manequim, sensores, motores e entrada de energia.

Para fixação do motor do ombro foi feito um reforço interno para sustentar o movimento sem danos ao manequim. Na base foram instaladas as chaves fins de curso dos limites de giro e posição central. No mesmo eixo do motor da cintura foi instalado um potenciômetro responsável por transmitir a posição ao CLP. As Figuras 30, 31, 32 e 33 mostram este sistema.



Figura 30 - Reforço ombro

Fonte: Aatoria própria.



Figura 31 - Motor movimentação braço
Fonte: Autoria própria.



Figura 32 - Potenciômetro
Fonte: Autoria própria.



Figura 33 - Fim de curso
Fonte: Autoria própria

Para instalação do conjunto de relés e do CLP, foi instalado um trilho DIN na estrutura esquerda do manequim e para melhor acesso aos itens foi recortada uma porta de acesso na perna do manequim. Foi instalado um duto próximo à base para saída dos cabos dos motores, entrada dos sensores, das baterias, uma chave seletora na nuca para o início de ciclo e no braço foi instalado o potenciômetro de posição junto com a fiação das bobinas. As Figuras 34, 35 e 36 mostram a instalação.

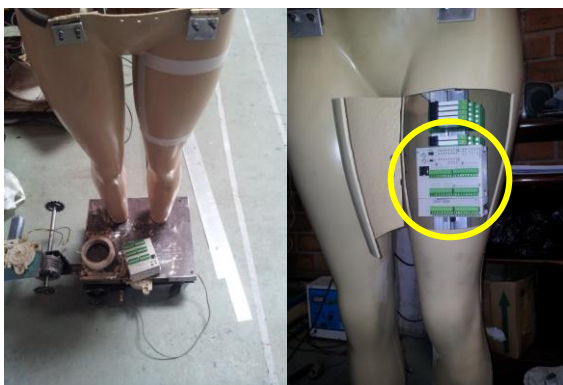


Figura 34 - Instalação CLP
Fonte: Autoria própria.

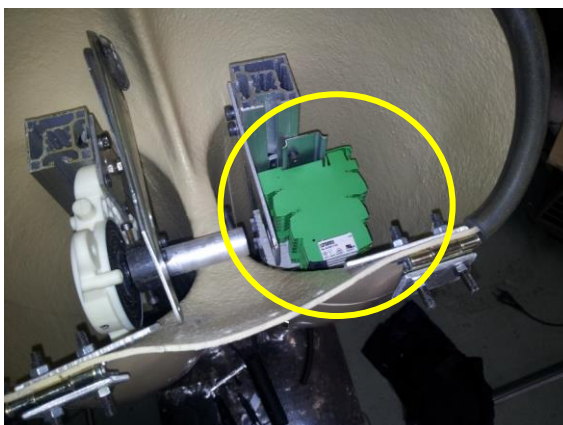


Figura 35 - Instalação dos relés
Fonte: Autoria própria.

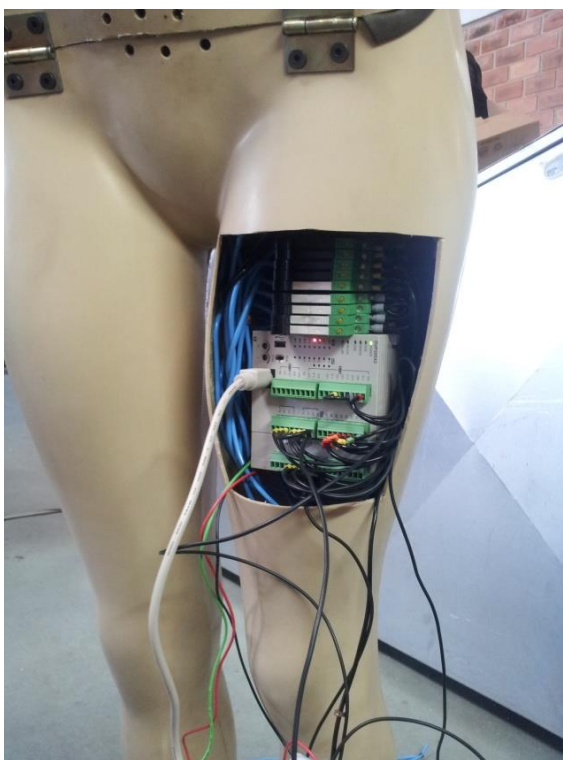


Figura 36 - Teste CLP
Fonte: Autoria própria.

Nos momentos em que o manequim não está em operação, foi previsto que ele fique em uma doca de carga ligada a um carregador de baterias de carga rápida. Para esta conexão no carro foram utilizados contatos móveis de fechadura elétrica HDL e no piso foi criada uma base de nylon angulada com os dois contatos, tal estrutura pode ser visualizada nas Figuras 37 e 38.

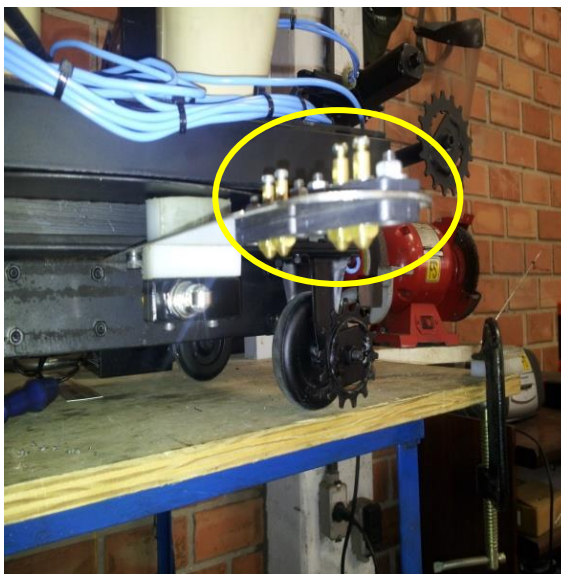


Figura 37 - Doca de carga
Fonte: Autoria própria.



Figura 38 - Conexões
Fonte: Autoria própria.

3.3 PROGRAMAÇÃO DO CLP

A elaboração da programação do CLP necessitou de um estudo prévio dos periféricos instalados no manequim, onde se definiu o modelo do CLP a ser utilizado bem como a necessidade de cartão de expansão de entradas e saídas.

A CPU escolhida foi a DVP20SX2, que possui disponíveis as entradas analógicas necessárias para os potenciômetros de controle de posição do braço e

da inclinação da coluna, acrescentou-se um cartão de expansão do modelo DVP-16SP para atender a demanda de entradas e saídas digitais.

Após a definição do *hardware* partiu-se para o estudo do *software* ISPSOft 2.04, onde se definiu que a estrutura de programação seria feita em formato Grafcet, devida à facilidade de estruturar a lógica de uma maneira confiável e intuitiva para os responsáveis pela manutenção do equipamento.

Com a definição do formato Grafcet para a programação elaborou-se os fluxogramas, que podem ser vistos nas Figuras 39, 40, 41 e 42 e a partir dele se estruturou a lógica do CLP.

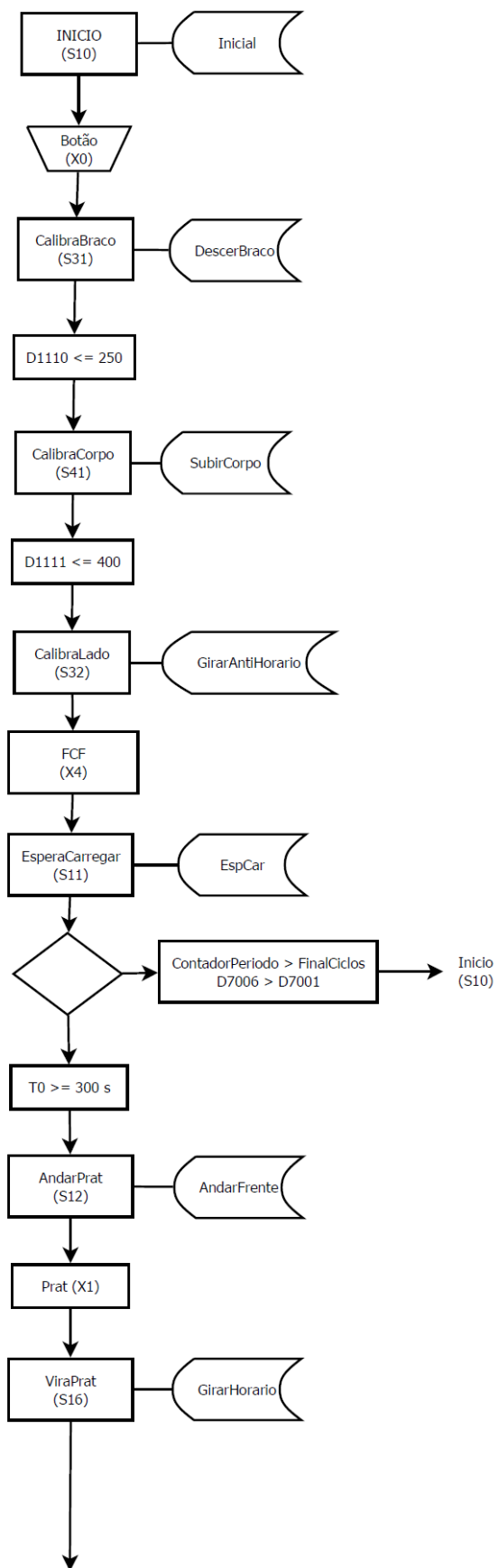


Figura 39 - Fluxograma da lógica de funcionamento_1
Fonte: Autoria própria.

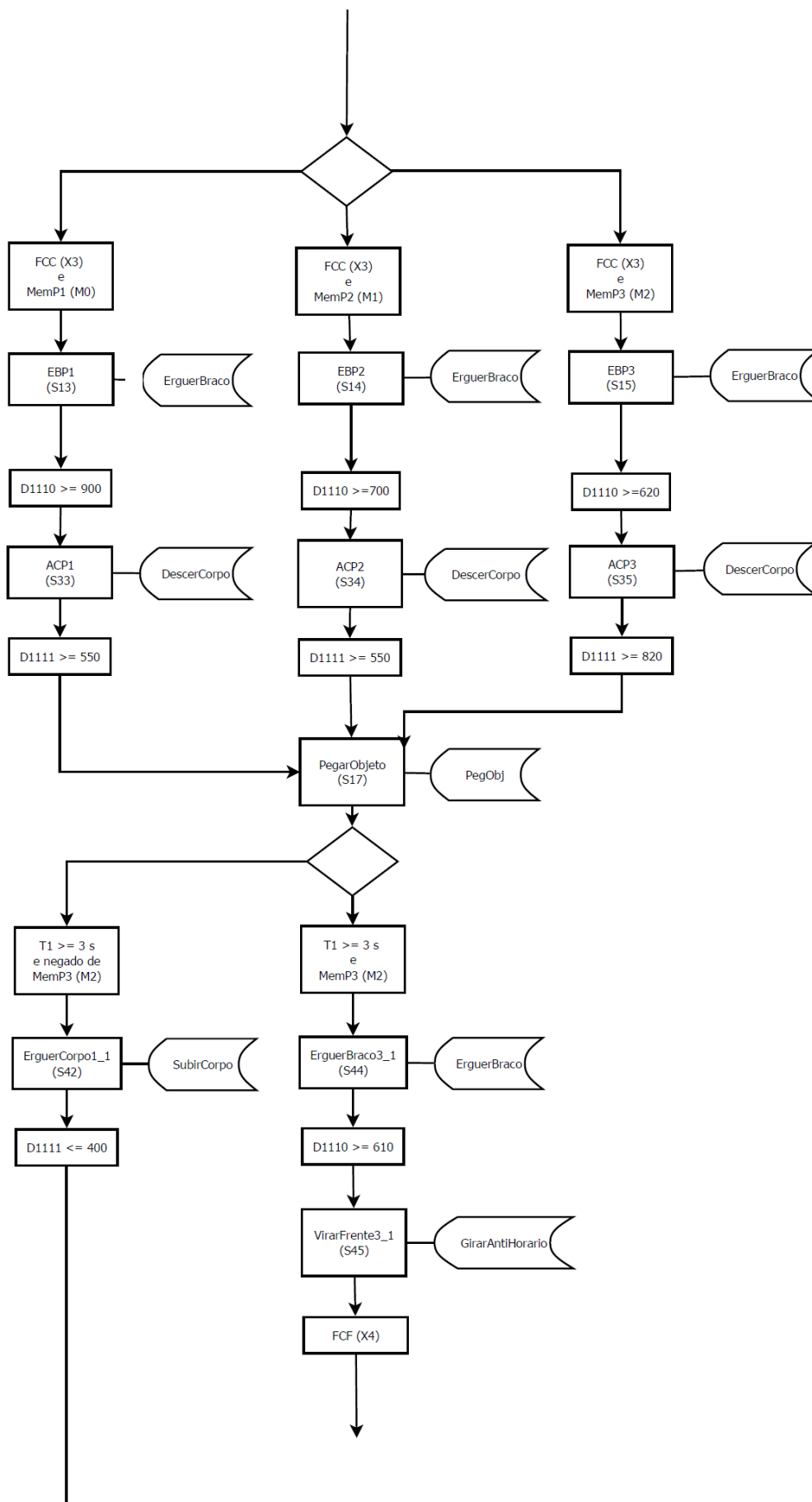


Figura 40 - Fluxograma da lógica de funcionamento_2
 Fonte: Autoria própria.

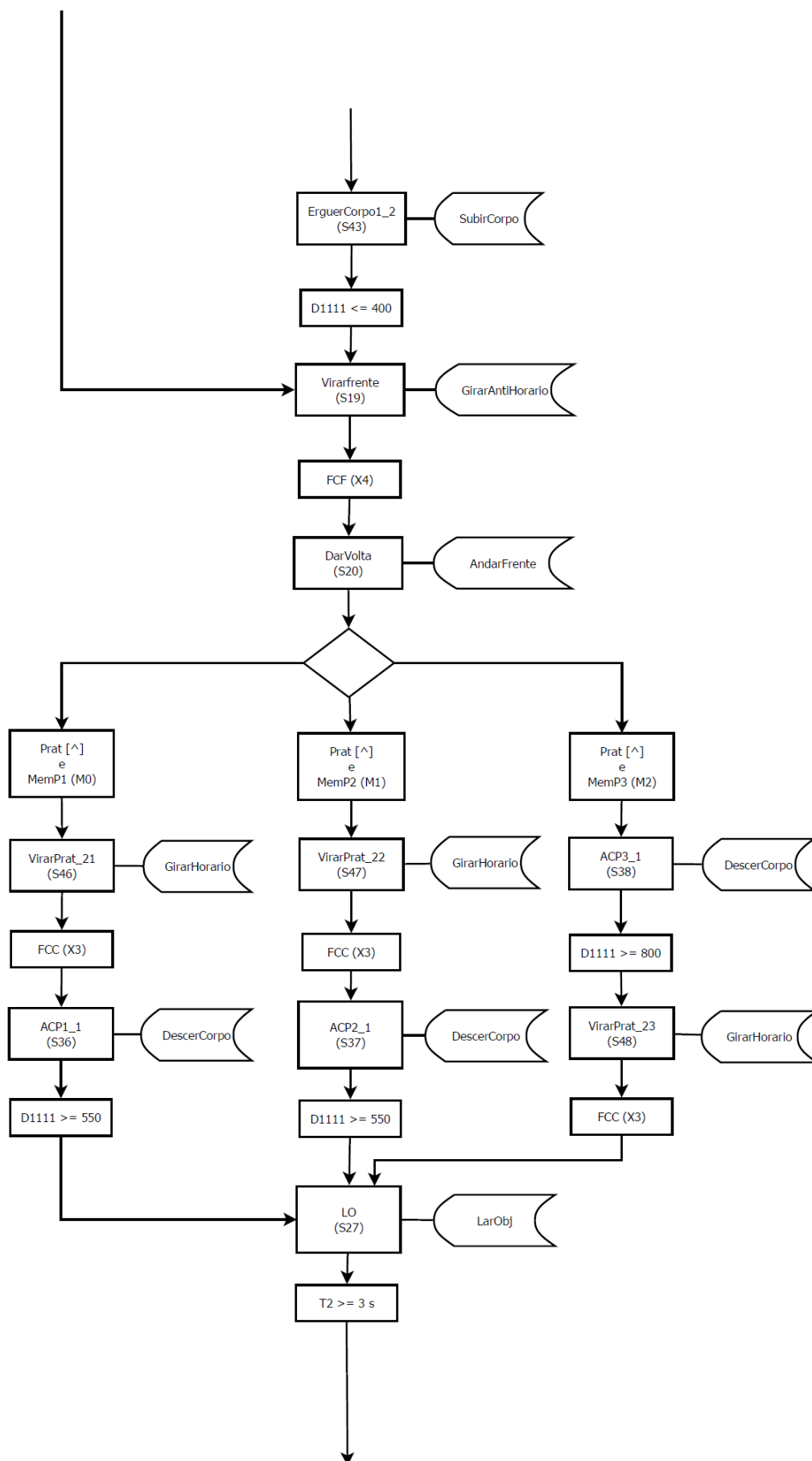


Figura 41 - Fluxograma da lógica de funcionamento_3
 Fonte: Autoria própria.

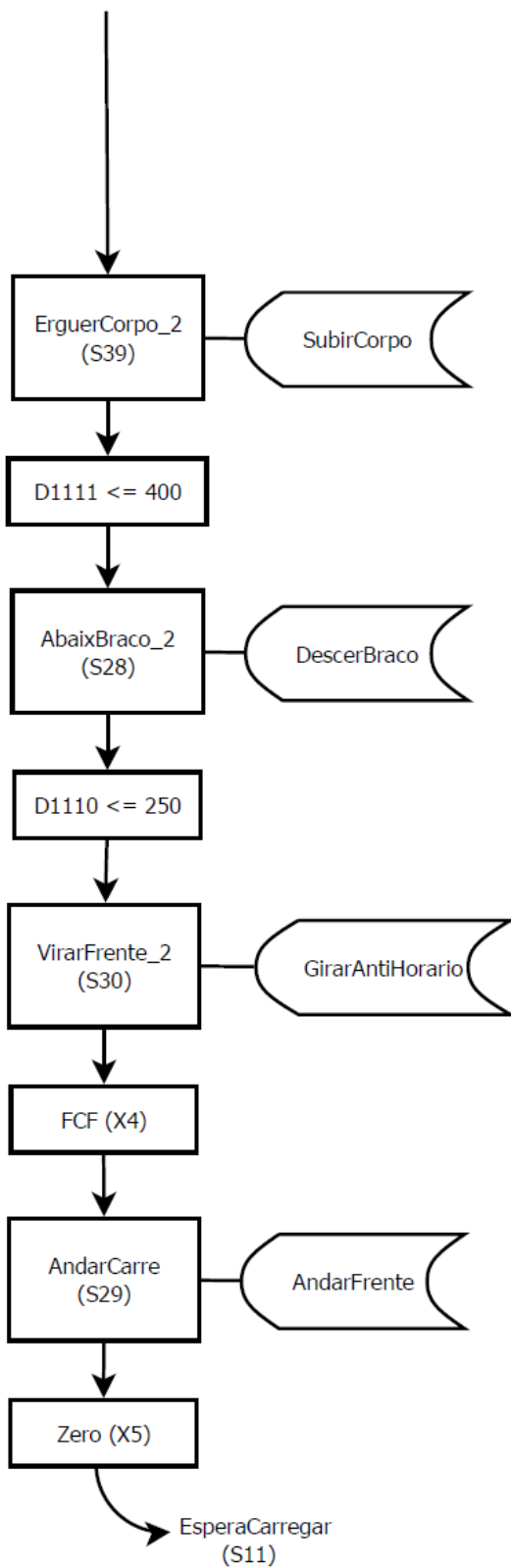


Figura 42 - Fluxograma da lógica de funcionamento_4
Fonte: Autoria própria.

Para comparação entre os valores analógicos e as posições desejadas tanto do braço quanto da cintura, utilizaram-se blocos de comparação (Figura 43). Estes também foram utilizados para comparar quantidades de ciclos desejados com o atual.

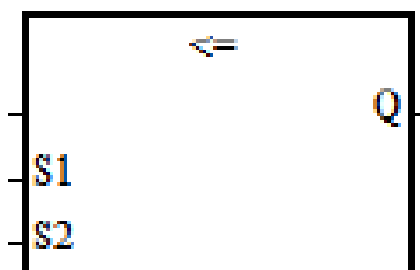


Figura 43 - Bloco de comparação
Fonte: Autoria própria

Os blocos com função de adição (Figura 44) foram utilizados para incrementar valores nos contadores assim contabilizando os ciclos efetuados pelo manequim e posteriormente estes valores foram utilizados para comparação com valores definidos na lógica.

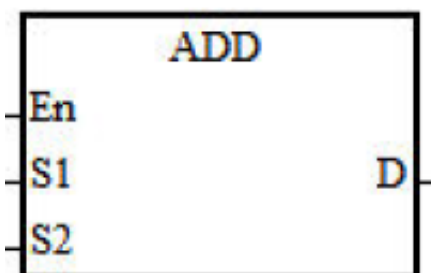


Figura 44 - Bloco de adição
Fonte: Autoria própria

O bloco de subtração (Figura 45) foi utilizado na lógica para zerar o contador de ciclos definidos pelo operador.

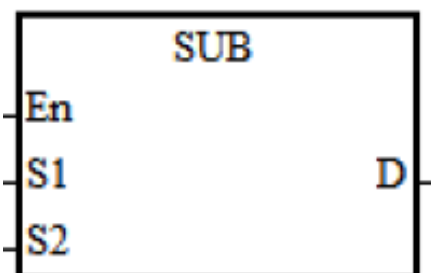


Figura 45 - Bloco de subtração
Fonte: Autoria própria

No “Apêndice A – PROGRAMAÇÃO CLP”, pode-se observar a lógica do CLP, com as etapas, transições e ações.

3.4 TESTES E AJUSTES FINAIS

Com os itens de tração, inclinação e braço ativos e funcionando a contento, foram efetuados os últimos ajustes visuais e acabamentos, fixação das baterias e disjuntores. A Figura 46 mostra o sistema de automação finalizado.

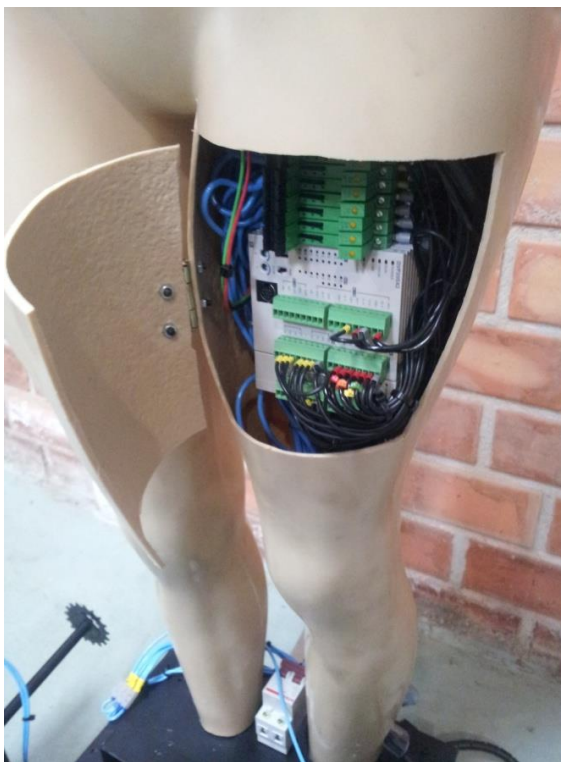


Figura 46 - Testes finais
Fonte: Aatoria própria.

Já em processo de acabamento foi efetuada a organização dos cabos elétricos e periféricos como pode ser observado na Figura 47 e 48.



Figura 47 - Arranjo dos cabos
Fonte: Aatoria própria



Figura 48 - Carro pronto
Fonte: Autoria própria.

3.4.1 Versão final e ajustes no cliente

A versão final para o cliente ainda teve algumas alterações. O sistema utilizado para alimentar o refrigerador seria mais baixo do que o informado anteriormente. Foi feita uma readequação da rampa que teve sua inclinação suavizada, e foram efetuados ajustes de posição no *software*. Pode-se observar a versão final nas Figuras 49, 50 e 51.

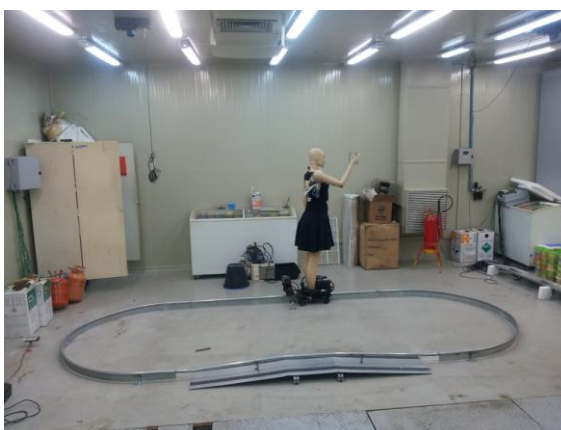


Figura 49 - Versão final em testes
Fonte: Autoria própria.

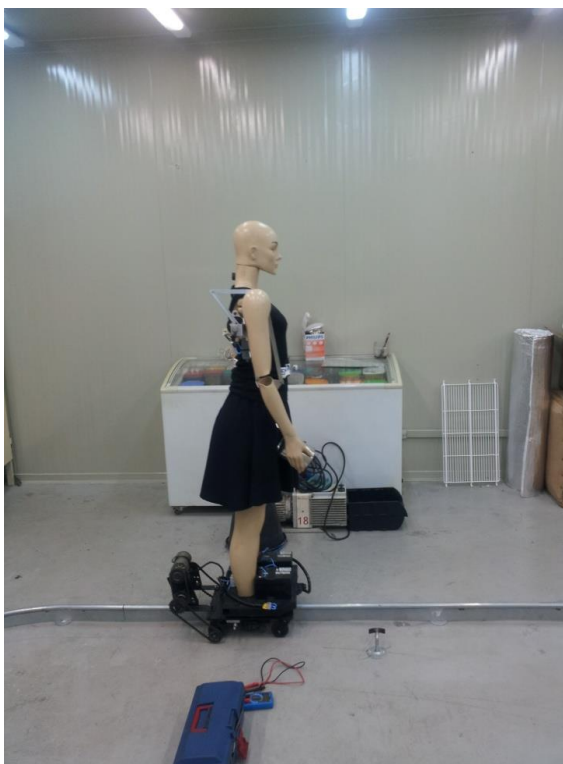


Figura 50 - Versão final em testes 2
Fonte: Autoria própria.

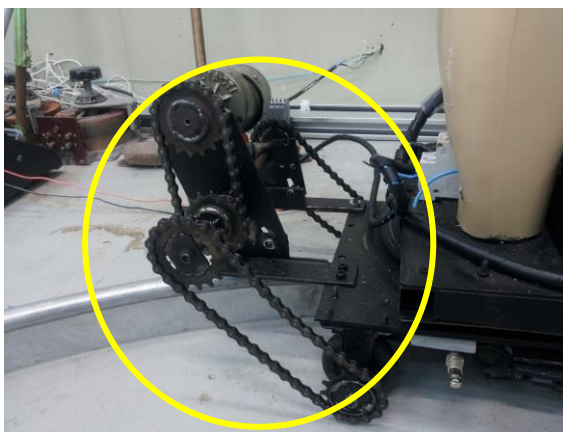


Figura 51 - Sistema de acionamento
Fonte: Autoria própria.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

4.1 TESTES E RESULTADOS

4.1.1 Teste dos ângulos das prateleiras

Com a réplica das prateleiras foi possível começar os testes de inclinação do manequim e adequar a distância de braço *versus* proximidade da cabeça, inclusive durante estes testes ficou definido que para um manequim com articulação somente na cintura, não seria viável alcançar a prateleira mais baixa, pois avaliando a ação humana para este alcance, envolveria flexão de joelho não disponível no escopo do cliente. Demais processos seriam possíveis somente com as três prateleiras superiores. As Figuras 52 e 53 ilustram a situação ora relatada.



Figura 52 - Teste freezer
Fonte: Autoria própria.



Figura 53 - Teste freezer 2
Fonte: Autoria própria.

4.2 PROBLEMAS E SOLUÇÕES

4.2.1 Corrente na transmissão do movimento da cintura

Para controlar a inclinação do manequim inicialmente utilizou-se um motor de limpador de vidros com uma corrente para transmissão mecânica. A linha de cintura criada permitia a inclinação desejada apenas acionando a corrente e ao inverter haveria um retorno à posição ereta, mas na prática este sistema apesar de funcional mostrou-se pouco eficiente, caso fosse necessária uma posição intermediária, mais precisa e por isso teve de ser abandonado ainda durante os testes.

Em substituição a este sistema foi utilizado o sistema de movimentação de vidro elétrico automotivo descrito no item 3.1.6 do desenvolvimento. A Figura 54 ilustra este sistema.



Figura 54 - Dispositivo de corrente
Fonte: Autorial própria.

4.2.2 Amortecedores da cintura

Após a retirada das bobinas, sentiu-se a necessidade de auxiliar o equilíbrio no movimento do tórax para tanto, foram instalados amortecedores a gás de baixa carga apenas para ajudar no equilíbrio e aliviar o esforço do motor. As Figuras 55 e 56 ilustram o sistema de amortecedores.



Figura 55 - Amortecedores cintura
Fonte: Autorial própria.



Figura 56 - Detalhes amortecedores

Fonte: Autoria própria.

4.2.3 Braço com eletroímãs

A ideia inicial era retirar uma lata que já estaria na prateleira por meio de um eletroímã instalado na ponta do braço e depois de uma volta pelo refrigerador a mesma seria devolvida na prateleira. Nos testes de bancada houve sucesso, mas no teste no refrigerador, a fração de segundo que a lata ainda permanecia imantada após desligar o eletroímã era o suficiente para deixar ela fora de posição para a próxima coleta, isto quando ela não era derrubada da prateleira. Após diversos ajustes e pouca melhora na situação decidiu-se por eliminar o sistema com eletroímãs. Este sistema pode ser observado nas Figuras 57 e 58.



Figura 57 - Braço manequim

Fonte: Autoria própria.

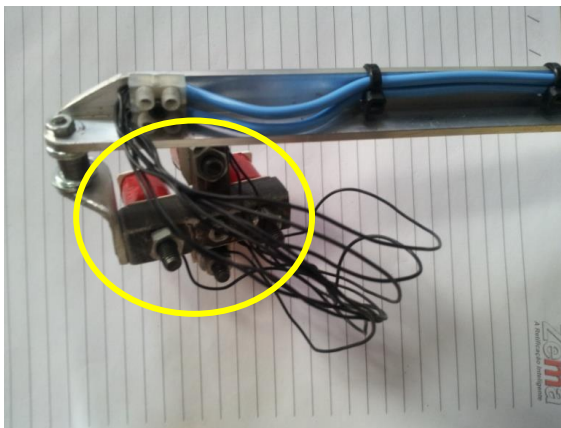


Figura 58 - Teste eletroímãs
Fonte: Autoria própria.

4.2.4 Teste sem eletroímã

Em substituição ao sistema de eletroímã foi feito um protótipo que coletava a lata mecanicamente (Figuras 59 e 60). Apesar de coletar satisfatoriamente, no deslocamento ao redor do refrigerador havia muita oscilação na posição da lata e na devolução não se conseguiu repetitividade ficando, portanto, o sistema com a lata fixa na mão do manequim como solução definitiva.

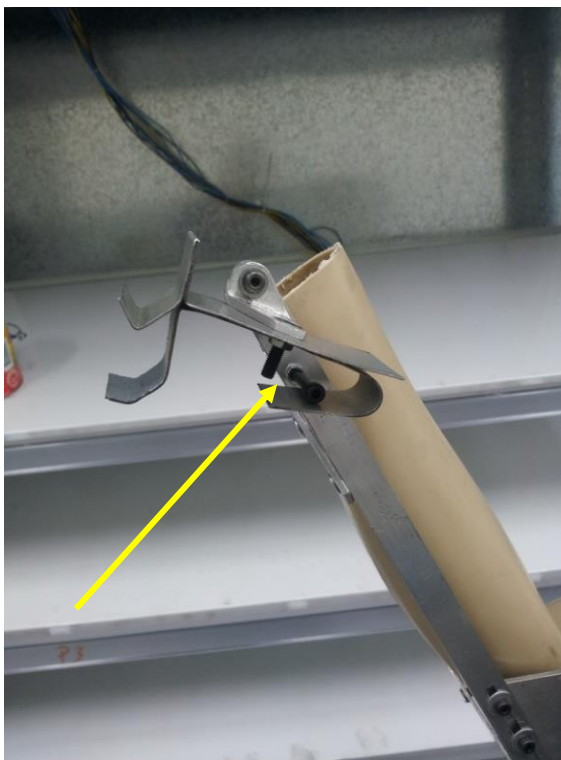


Figura 59 - Testes garra
Fonte: Autoria própria.



Figura 60 - Teste com lata
Fonte: Autoria própria.

4.2.5 Motor de movimentação do carro

Inicialmente utilizou-se o motor redutor da Bosch de vidro elétrico automotivo com rotação nominal de 82 RPM, mas o cliente solicitou que o equipamento se movimentasse com maior velocidade, assim foi instalado um motor redutor de 1/15 cv a 12 V_{cc} com corrente nominal de 30 A e rotação nominal de 150 RPM.

Foi necessário recalcular o disjuntor de proteção dos motores ficando assim: $7 A \cdot 2 + 30 A = 44 A / 2 = 22 A + 25\% = 27,5 A$. Optou-se por utilizar um disjuntor de 25 A devido ao fato dos motores trabalharem abaixo do torque nominal. A Figura 61 ilustra o motor substituído.



Figura 61 – Motor substituído
Fonte: Autoria própria.

4.2.6 Controle dos motores do braço e cintura

Já nos testes houve problemas referentes à movimentação do braço e da cintura, devido à velocidade excessiva nos movimentos. Como solução rápida foi adotado o uso de um bloco de PWM (Figura 62), que controla a largura e a amplitude dos pulsos enviados aos motores, obtendo assim um controle de velocidade na movimentação, melhorando também a precisão no alcance das posições desejadas.

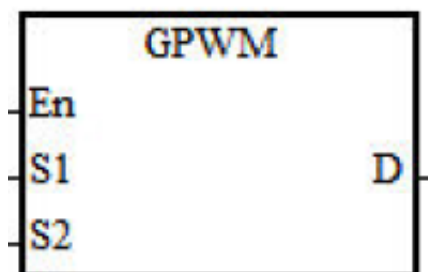


Figura 62 - Bloco de PWM
Fonte: Autoria própria.

4.3 MELHORIAS FUTURAS

Como melhoria para uma possível fabricação em série foi pensado na instalação de uma Interface Humano Máquina (IHM). No caso do protótipo construído o operador tem conhecimento de programação e fará as alterações necessárias.

Com a instalação da IHM pode ser inserido em sua interface todos os itens de parametrização do manequim como quantidade de ciclos de testes, possíveis mudanças nas posições das prateleiras, tempo de carga das baterias.

Também vê-se necessário a implementação de um plano de manutenção caso o manequim venha a ser fabricado em série, o qual facilita as manutenções futuras do mesmo.

5 CONCLUSÃO

Este projeto envolveu diversos conhecimentos e pesquisa sobre materiais e soluções para as necessidades e os problemas que foram aparecendo no decorrer da montagem. Ao final, o cliente ficou satisfeito com o resultado obtido, pois o manequim proporcionou o estudo que ele desejava sem a intervenção humana nos resultados e com repetitividade.

Neste trabalho foram estudados em detalhes os assuntos abordados, bem como aprofundou-se o estudo onde houve maiores dificuldades. Algumas vezes modificou-se a estratégia e foram utilizadas outras opções, como foi o caso da transmissão do movimento da cintura. Inicialmente optou-se por um sistema de correntes e que posteriormente foi substituído por um sistema mecânico de acionamento de vidro elétrico automotivo adaptado e com amortecedores.

Também foram desenvolvidos os conhecimentos na área de programação com o uso do CLP, escolhido pelo seu baixo custo de aquisição. Estudados os componentes adequados à automação do manequim e desenvolvida a construção e programação do CLP utilizado neste estudo.

Foram projetados os circuitos elétricos e as partes mecânicas, dimensionados os disjuntores de proteção, potenciômetros, relés, motores e fontes e todos esses componentes foram adaptados no manequim. Foram realizadas adaptações mecânicas nas pernas, braços e cintura do manequim para que o mesmo obedecesse aos movimentos e ficasse posicionado nos lugares desejados.

O uso do manequim na aplicação do cliente foi simulado por meio de uma prateleira de madeira para fazer os testes de inclinação do manequim e verificado que com a articulação apenas da cintura não seria possível atender a todas as posições nas prateleiras que o cliente solicitava.

Enfim já no cliente, foram realizados os testes e pequenos ajustes finais, como no caso da altura do sistema que precisou ser ajustado devido a informação passada pelo cliente ser diferente da encontrada em campo.

Por fim o projeto atendeu às expectativas do cliente, depois de um determinado tempo que o manequim encontrava-se em suas instalações, observou-se que o mesmo conseguiu atingir a todos os objetivos inicialmente traçados.

REFERÊNCIAS

CERVO, Amado L.; BERVIAN, Pedro A. **Metodologia Científica**. 5ª Edição. São Paulo: Editora *PRENTICE HALL*, 2002.

GEORGINI, Marcelo. **Automação Aplicada**. 3ª Edição. São Paulo: Editora Érica Ltda, 2002.

OLIVEIRA, Luiz Carlos de. **Apostila Motores CC**. Disponível em: <<http://pessoal.utfpr.edu.br/oliveira/arquivos/MotoresCC.pdf>>

PAZOS, Fernando. **Automação de Sistemas & Robótica**. Rio de Janeiro: Axcel Books do Brasil Editora, 2002.

PIRES J. Norberto. **Automação Industrial**. Editora Lidel – edições técnicas, 2002.

PIZZINO, Carlos Alexandre P. **Automação e Controle Discreto**. FUNCEFET – RJ, 2007.

PRISMA REFRIGERAÇÃO. Disponível em: <<http://www.prismarefrigeracao.com.br/servicos.html>>. Acesso em: 09 out 2013

RIBEIRO, Marco Antônio. **Fundamentos da Automação**. 1ª Edição. Salvador: Tek Treinamento & Consultoria Ltda., 2003.

SIEMENS, 2014. Disponível em: <http://www.siemens.com.br/medias/FILES/2910_20060505141908.pdf> Acesso em: 08 jun 2014

SILVA FILHO, Bernardo Severo da. **Curso de Controladores Lógicos Programáveis**. Publicação própria, 2008.

SILVEIRA, Paulo R. da; SANTOS, Winderson E. dos. **Automação e controle discreto**. 9ª Edição. São Paulo: Editora Érica Ltda, 2009.

STOECKER, W. F.; JABARDO, J. M. SAIZ. **Refrigeração Industrial**. 2ª Edição. São Paulo: Editora *Edgard Blücher* Ltda, 2002.

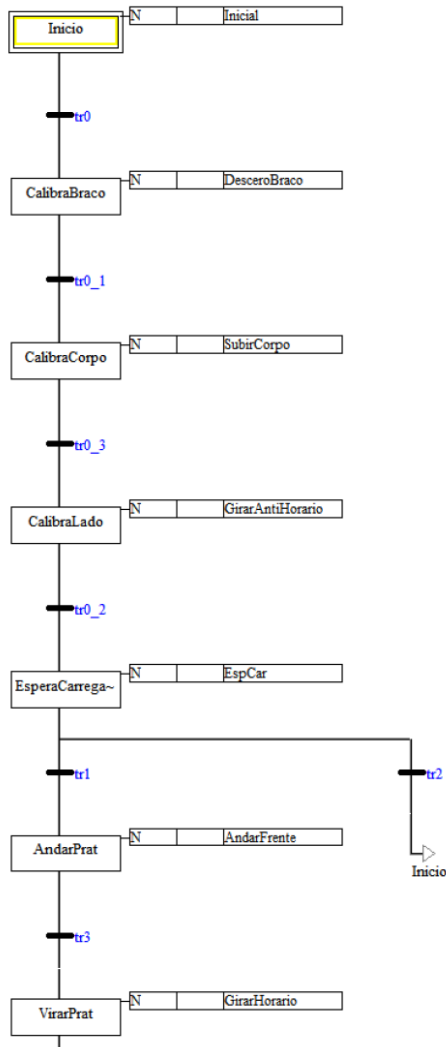
APÊNDICE A – PROGRAMAÇÃO CLP.

Global Symbols

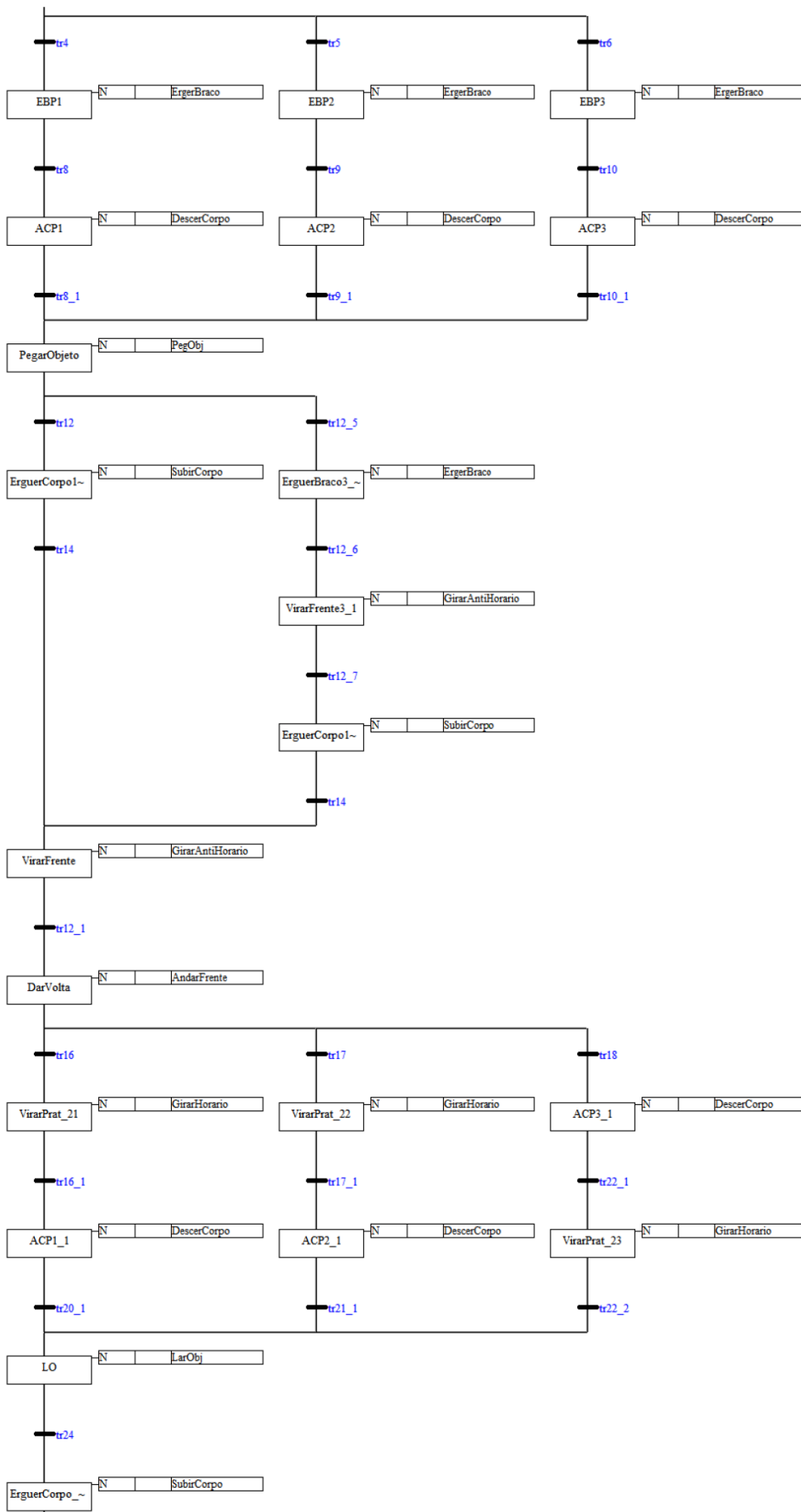
Declaration Type	Identifiers	Address	Type	Initial Value	Identifier Comment
VAR	Zero	X5	BOOL	FALSE	Estado de Repouso e/ou Carregamento
VAR	Prat	X1	BOOL	FALSE	Estado em frente a Prateleira
VAR	MemP4	M3	BOOL	FALSE	Memória da Prateleira 4
VAR	MemP3	M2	BOOL	FALSE	Memória da Prateleira 3
VAR	MemP2	M1	BOOL	FALSE	Memória da Prateleira 2
VAR	MemP1	M0	BOOL	FALSE	Memória da Prateleira 1
VAR	M4S	Y23	BOOL	FALSE	Motor do braço(4) sentido de subir
VAR	M4D	Y22	BOOL	FALSE	Motor do braço(4) sentido de descer
VAR	M3S	Y20	BOOL	FALSE	Motor da cintura(3) sentido de subir o corpo
VAR	M3D	Y21	BOOL	FALSE	Motor da cintura(3) sentido de descer o corpo
VAR	M2H	Y2	BOOL	FALSE	Motor da base(2) girando no sentido Horário
VAR	M2A	Y3	BOOL	FALSE	Motor da base(2) girando no sentido Anti-Horário
VAR	M1T	Y1	BOOL	FALSE	Motor rodas(1) girando para trás
VAR	M1F	Y0	BOOL	FALSE	Motor rodas(1) girando para frente
VAR	Geral	X0	BOOL	FALSE	Chave Geral para o Manquim
VAR	FCT	X2	BOOL	FALSE	Fim de Curso para o manequim virado para tras
VAR	FCF	X4	BOOL	FALSE	Fim de Curso para o manequim virado para frente
VAR	FCC	X3	BOOL	FALSE	Fim de Curso para o manequim virado para a prateleira
VAR	BOB	Y4	BOOL	FALSE	Bobinas da mão

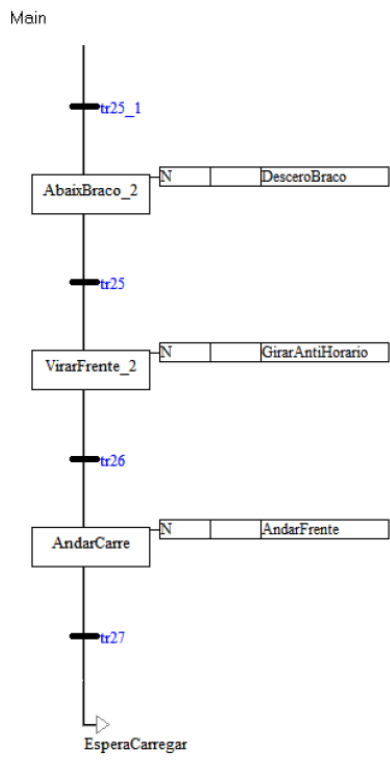
Main

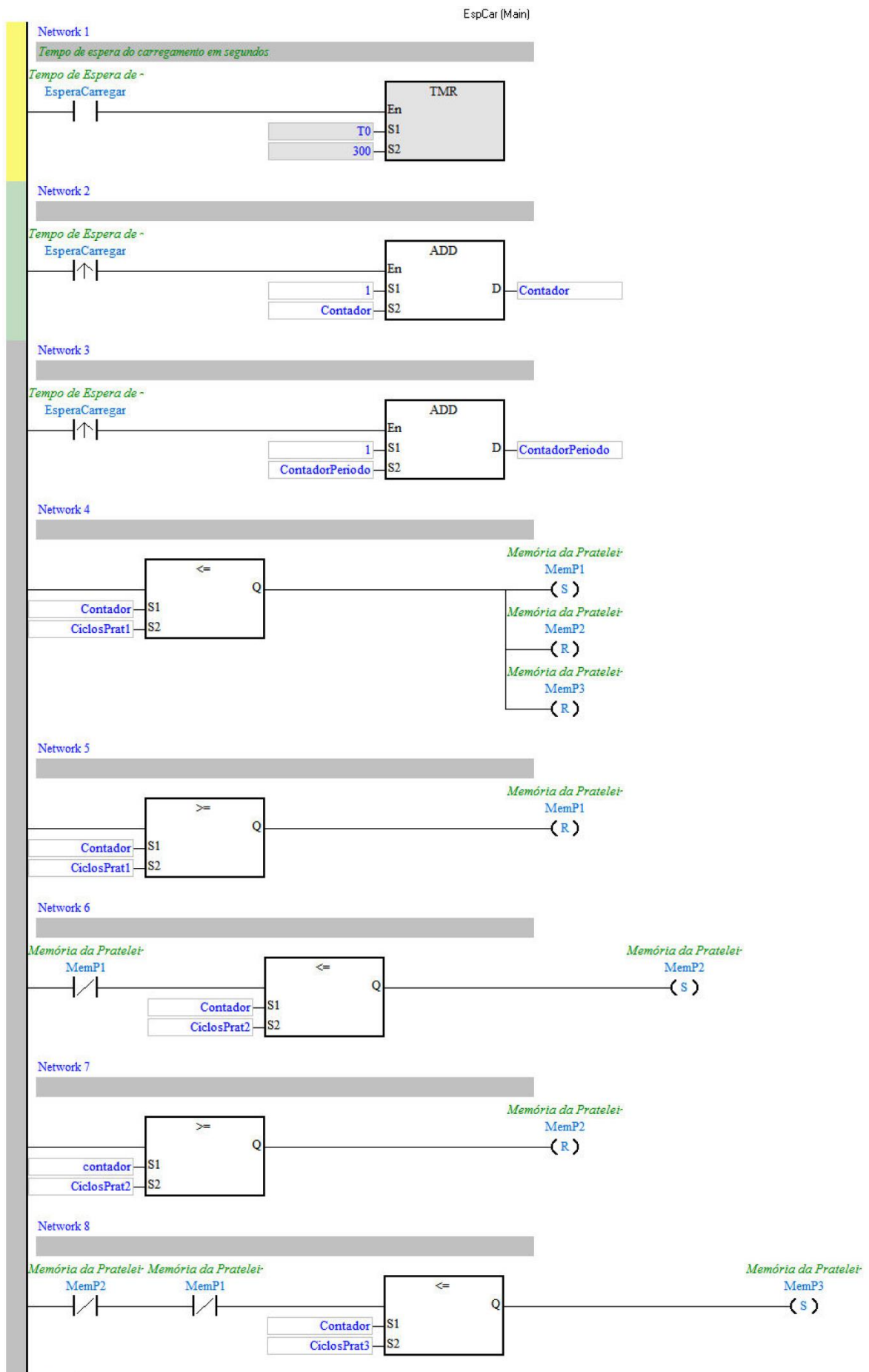
Declaration Type	Identifiers	Address	Type	Initial Value	Identifier Comment
VAR	Inicio	S10	STEP	FALSE	
VAR	EsperaCarregar	S11	STEP	FALSE	Tempo de Espera de Carregar
VAR	AndarPrat	S12	STEP	FALSE	Andar até a prateleira
VAR	EBP1	S13	STEP	FALSE	Posiciona prateleira 1
VAR	EBP2	S14	STEP	FALSE	Posiciona prateleira 2
VAR	EBP3	S15	STEP	FALSE	Posiciona prateleira 3
VAR	VirarPrat	S16	STEP	FALSE	Virar prateleira
VAR	PegarObjeto	S17	STEP	FALSE	Pegar objeto
VAR	AbaixBraco	S18	STEP	FALSE	Abaixar o Braco
VAR	VirarFrente	S19	STEP	FALSE	Virar para Frente
VAR	DarVolta	S20	STEP	FALSE	Dar uma volta
VAR	VirarPrat_2	S26	STEP	FALSE	Virar para a Prateleira
VAR	LO	S27	STEP	FALSE	Largar o Objeto
VAR	AbaixBraco_2	S28	STEP	FALSE	Abaixar o braco
VAR	AndarCarre	S29	STEP	FALSE	Andar para carregar
VAR	VirarFrente_2	S30	STEP	FALSE	Virar para Frente
VAR	Contador	D7000	WORD	0	Contador de voltas
VAR	FinalCiclos	D7001	WORD	0	Fainal dos Ciclos
VAR	CiclosPrat1	D7002	WORD	2	Quantidade de ciclos da prateleira 1
VAR	CiclosPrat2	D7003	WORD	4	Quantidade de Ciclos prateleira 2
VAR	CiclosPrat3	D7004	WORD	6	Quantidade de Ciclos Prateleira 3
VAR	MemResetCiclos	M4	BOOL	FALSE	Memória para Reset dos Ciclos
VAR	ContadorPeriodo	D7006	WORD	0	Contador do periodo de teste
VAR	CalibraBraco	S31	STEP	FALSE	
VAR	CalibraLado	S32	STEP	FALSE	
VAR	ACP1	S33	STEP	FALSE	
VAR	ACP2	S34	STEP	FALSE	
VAR	ACP3	S35	STEP	FALSE	
VAR	ACP1_1	S36	STEP	FALSE	
VAR	ACP2_1	S37	STEP	FALSE	
VAR	ACP3_1	S38	STEP	FALSE	
VAR	ErguerCorpo_2	S39	STEP	FALSE	
VAR	ErguerCorpo	S40	STEP	FALSE	
VAR	CalibraCorpo	S41	STEP	FALSE	
VAR	ErroPotBraco1	M5	BOOL	FALSE	
VAR	ErroPotCorpo	M6	BOOL	FALSE	
VAR	ErroPotBraco2	M7	BOOL	FALSE	
VAR	ErguerCorpo1_1	S42	STEP	FALSE	
VAR	ErguerCorpo1_2	S43	STEP	FALSE	
VAR	ErguerBraco3_1	S44	STEP	FALSE	
VAR	VirarFrente3_1	S45	STEP	FALSE	
VAR	VirarPrat_21	S46	STEP	FALSE	
VAR	VirarPrat_22	S47	STEP	FALSE	
VAR	VirarPrat_23	S48	STEP	FALSE	

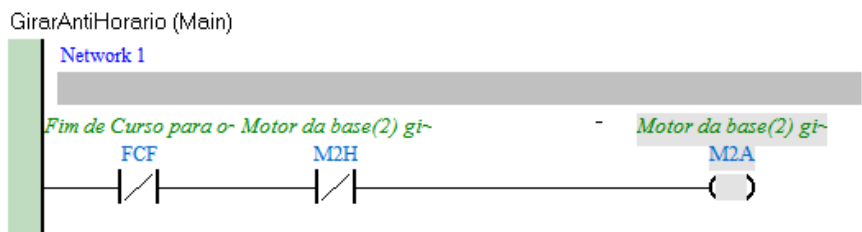
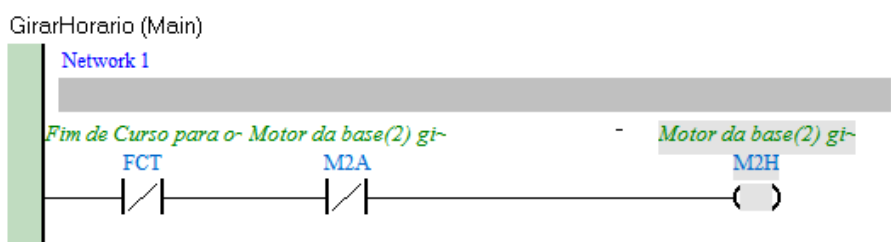
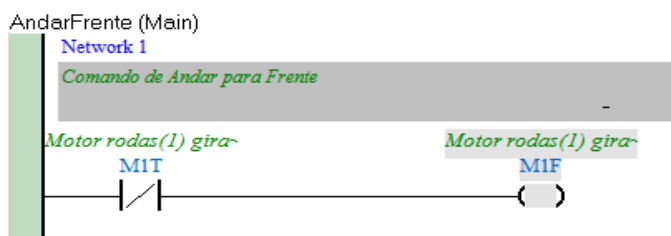
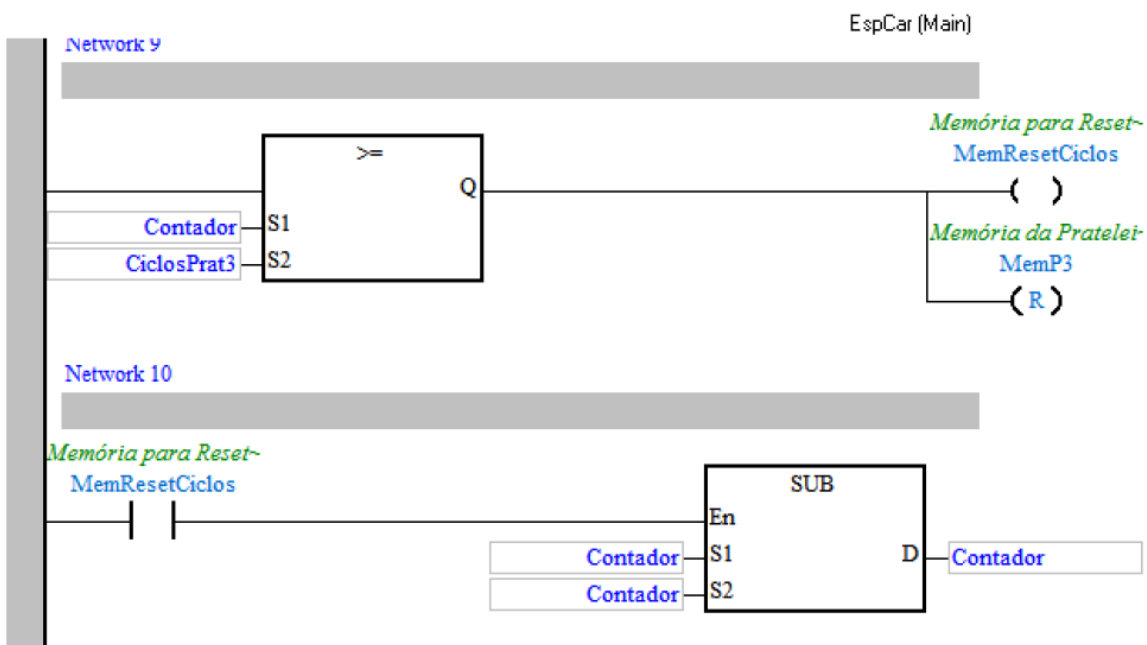


Main

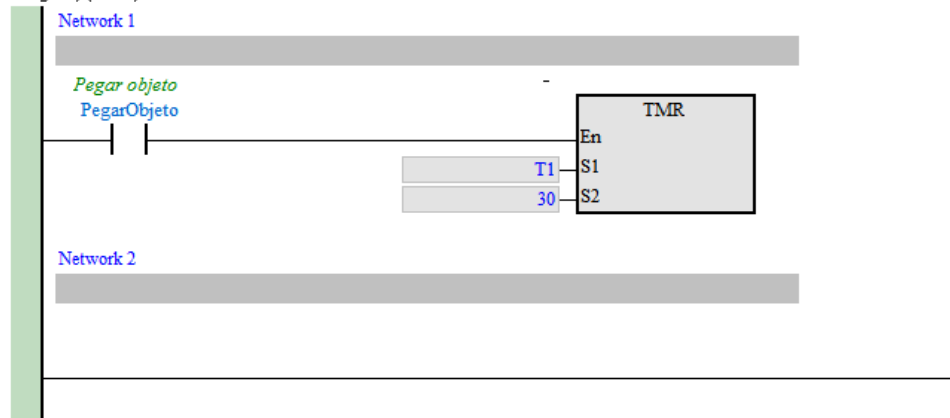




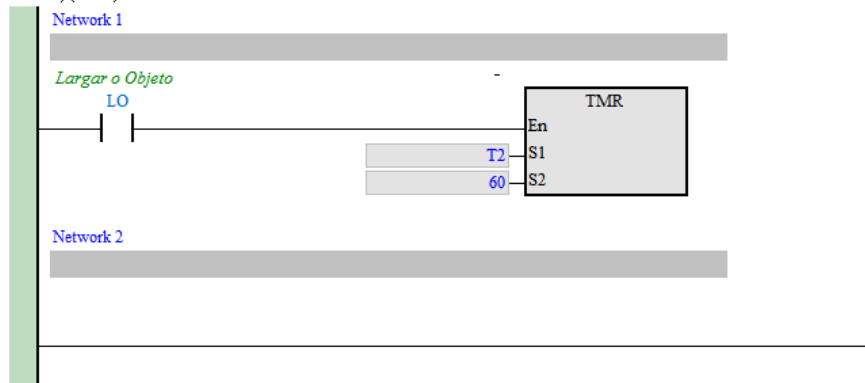


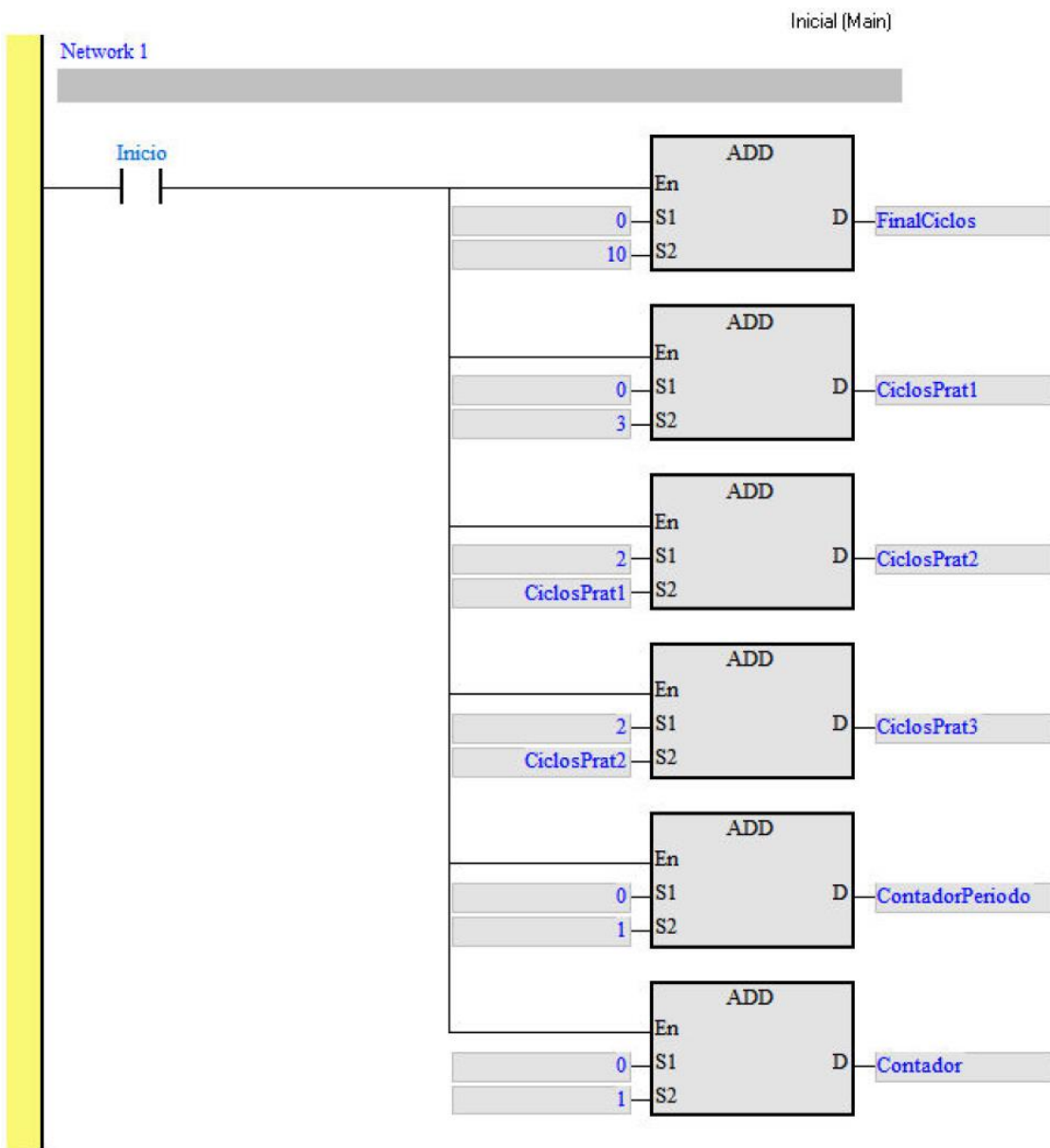


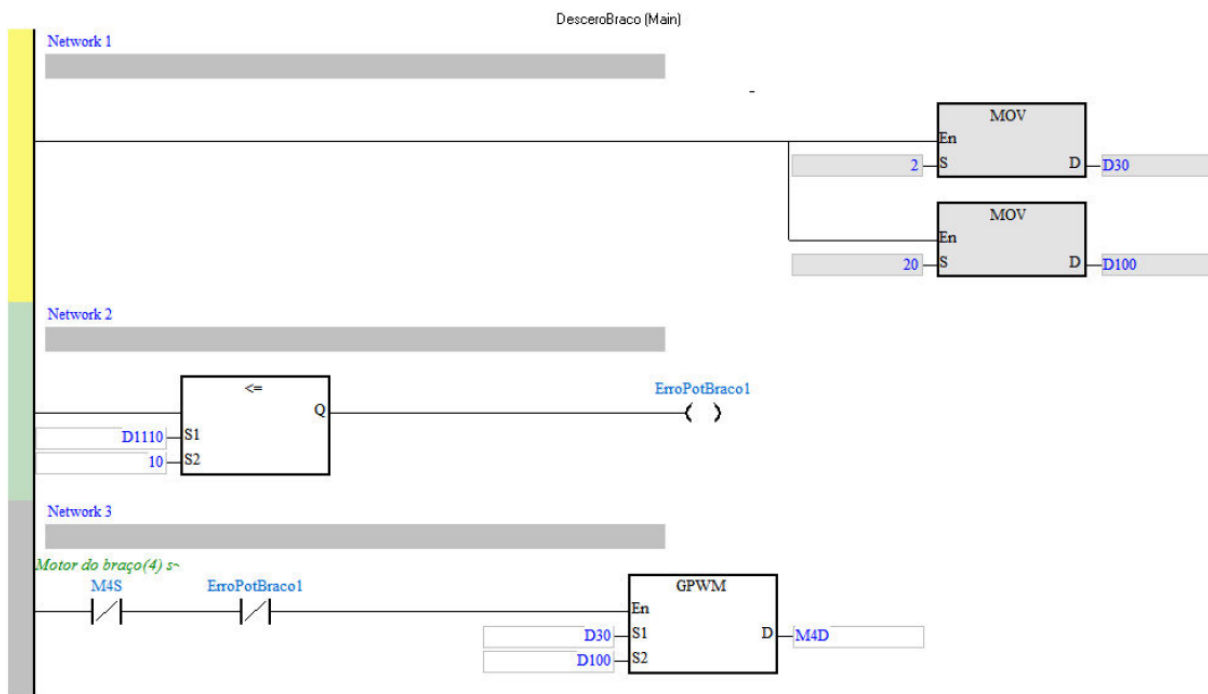
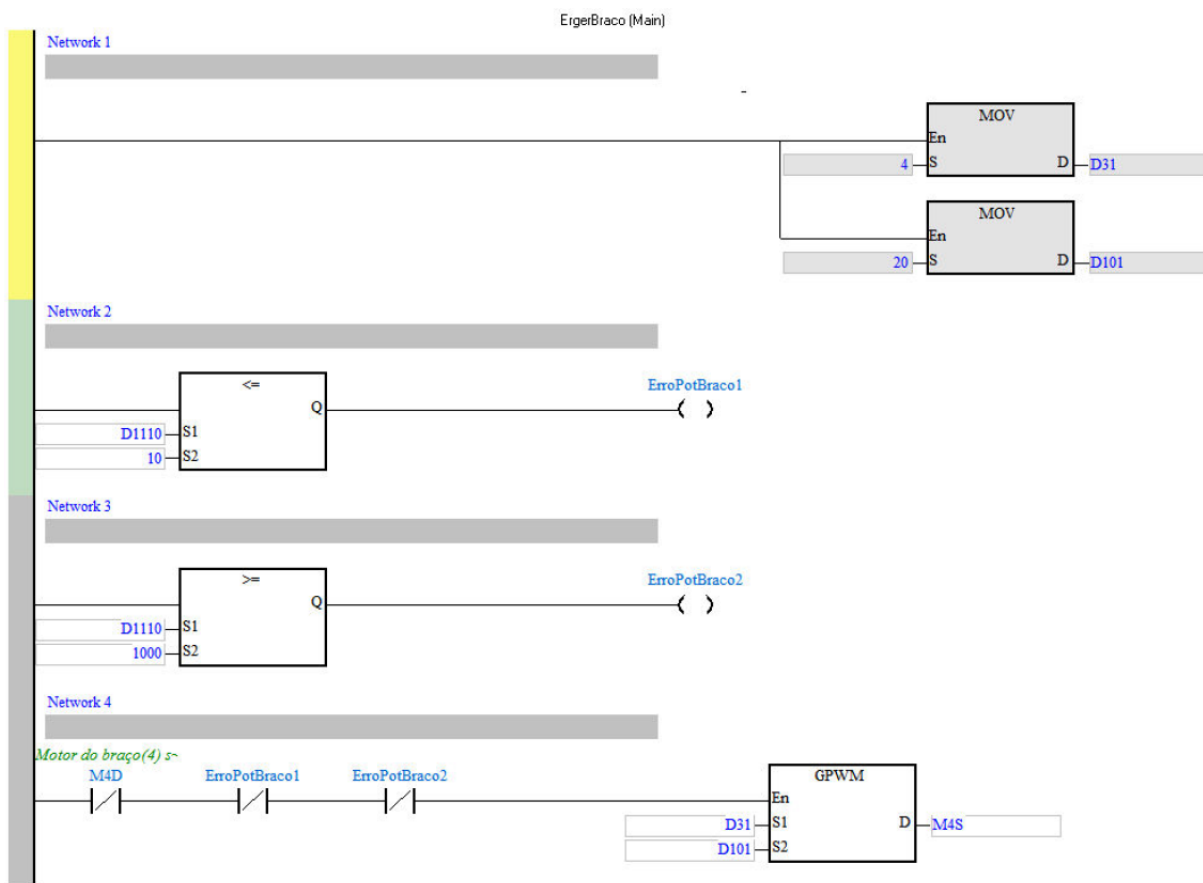
PegObj (Main)

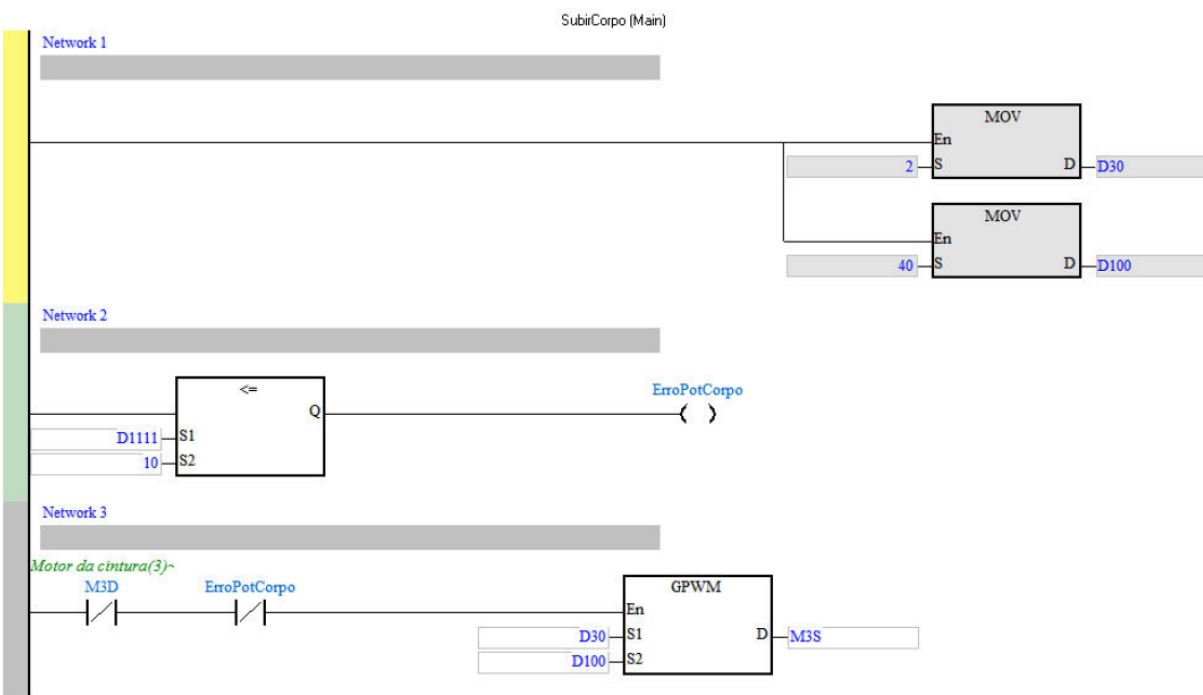
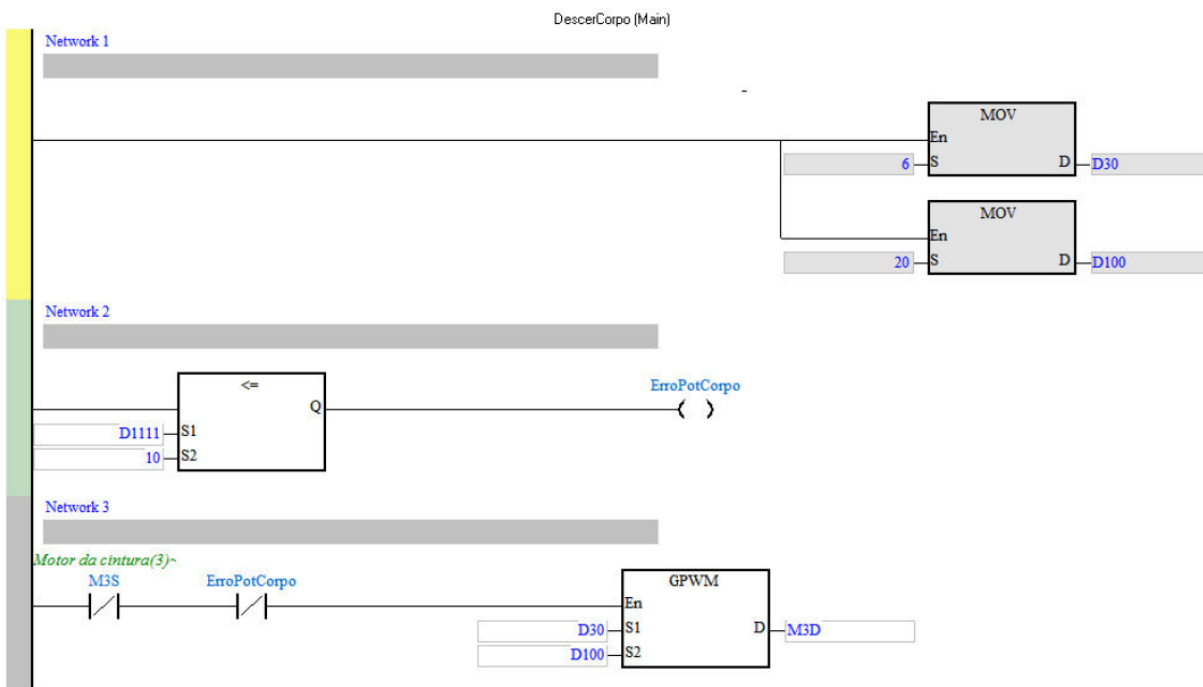


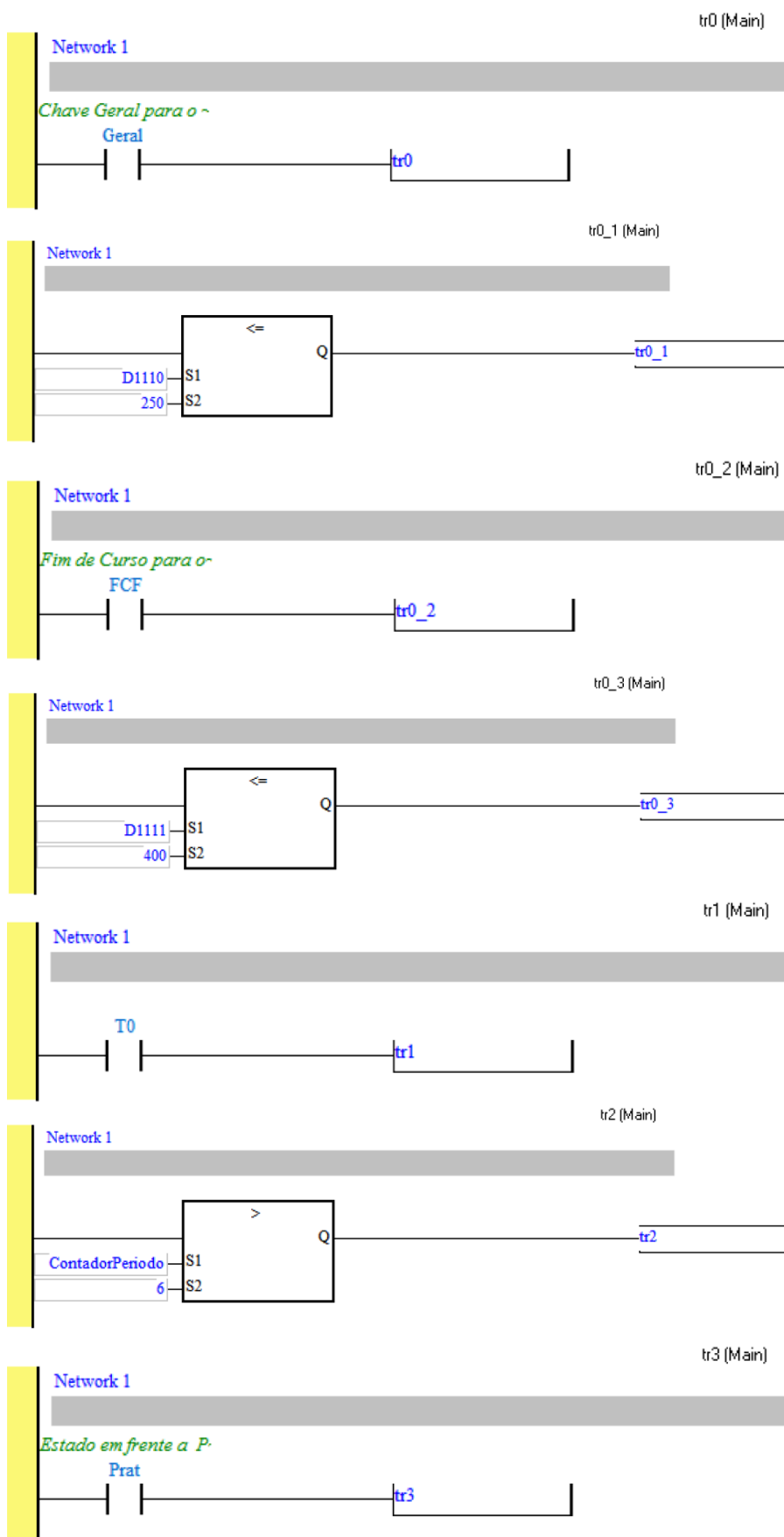
LarObj (Main)

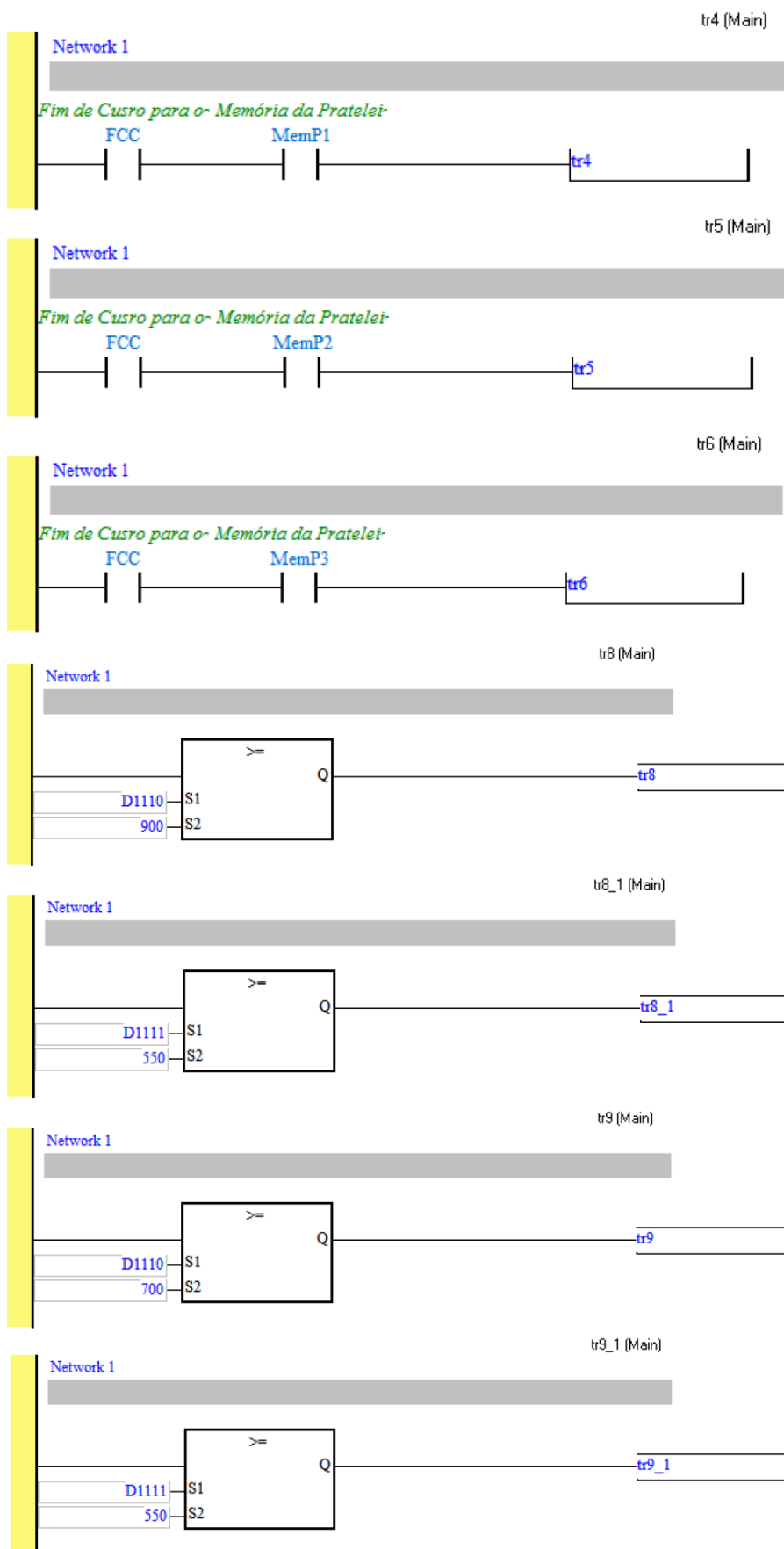


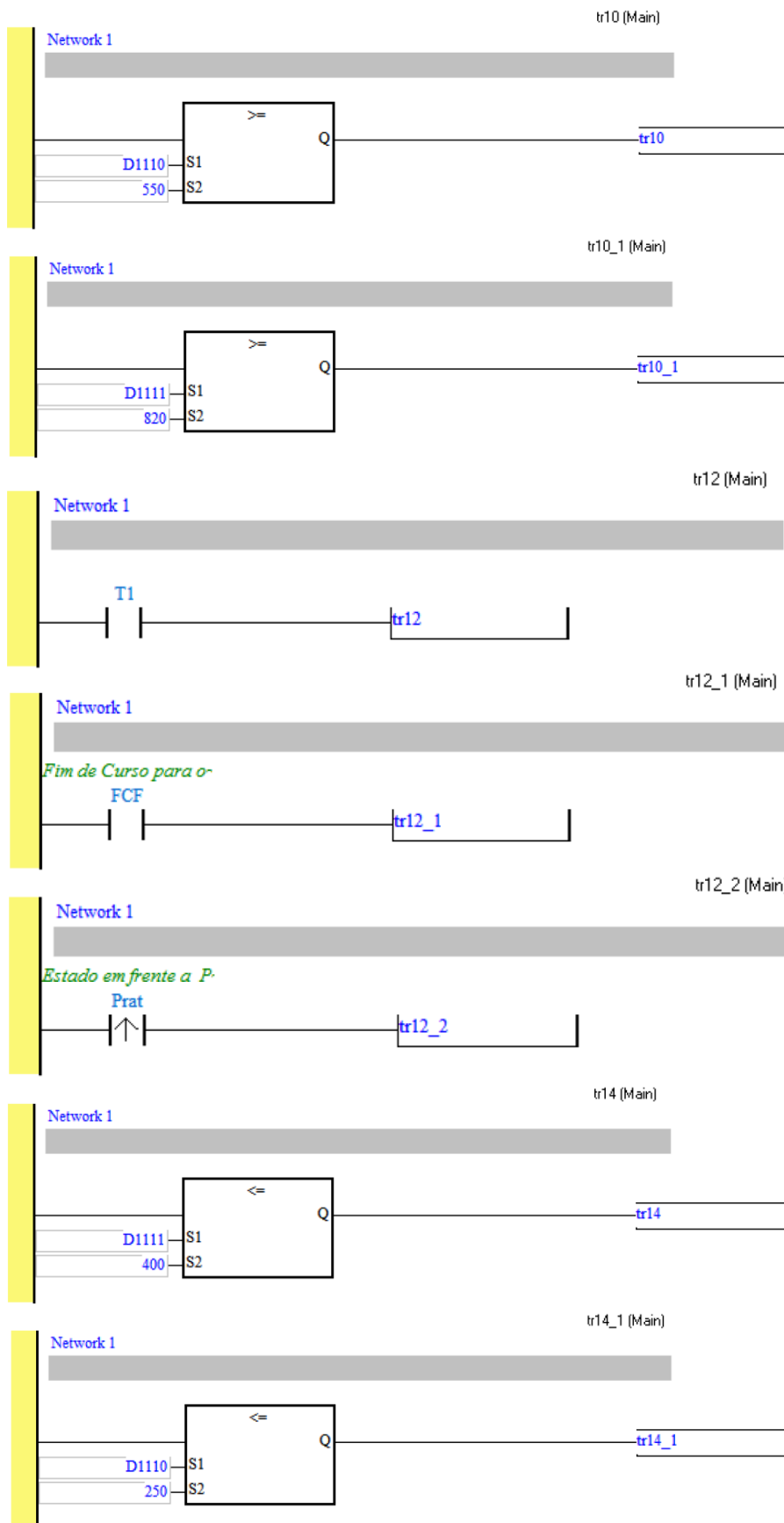


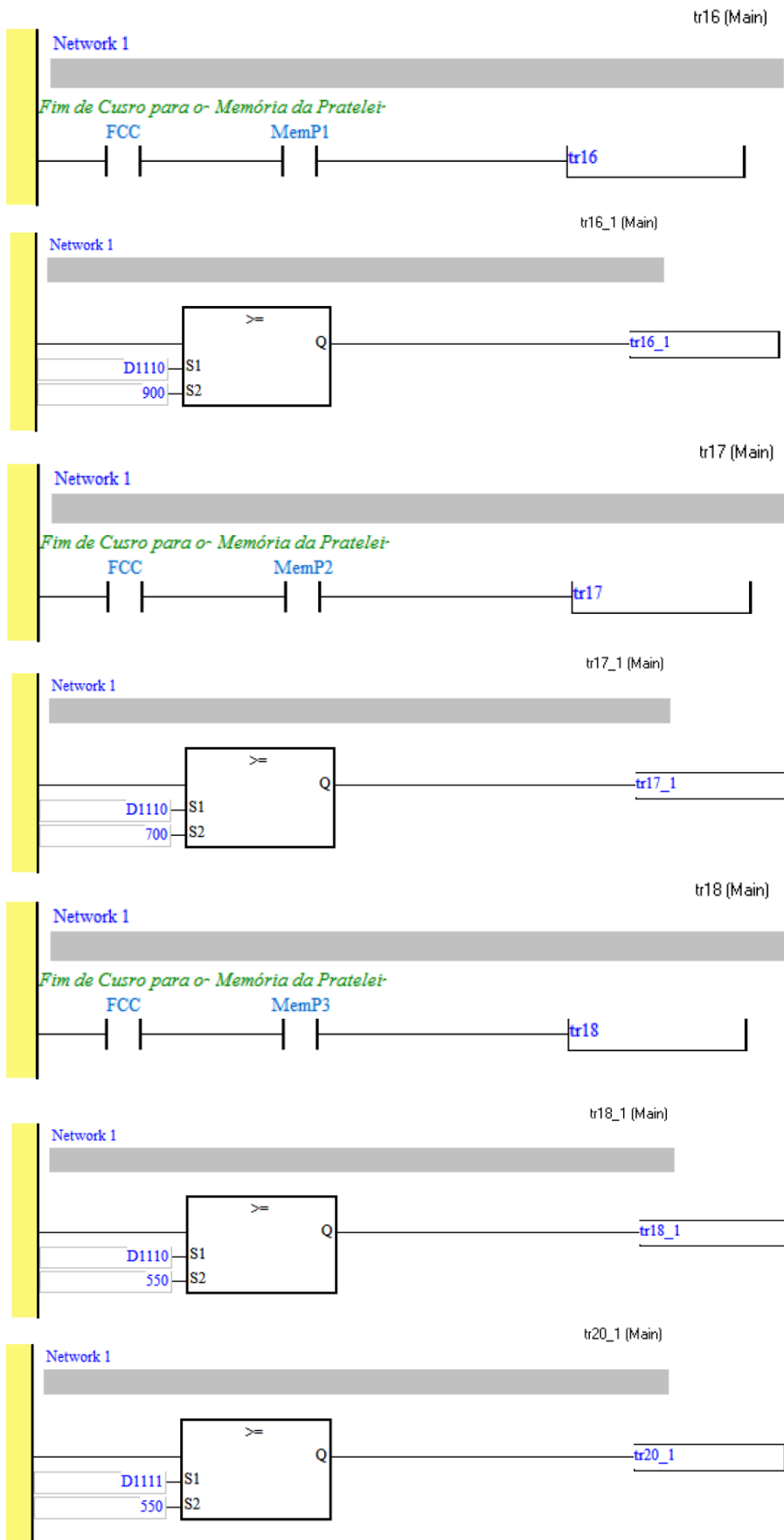


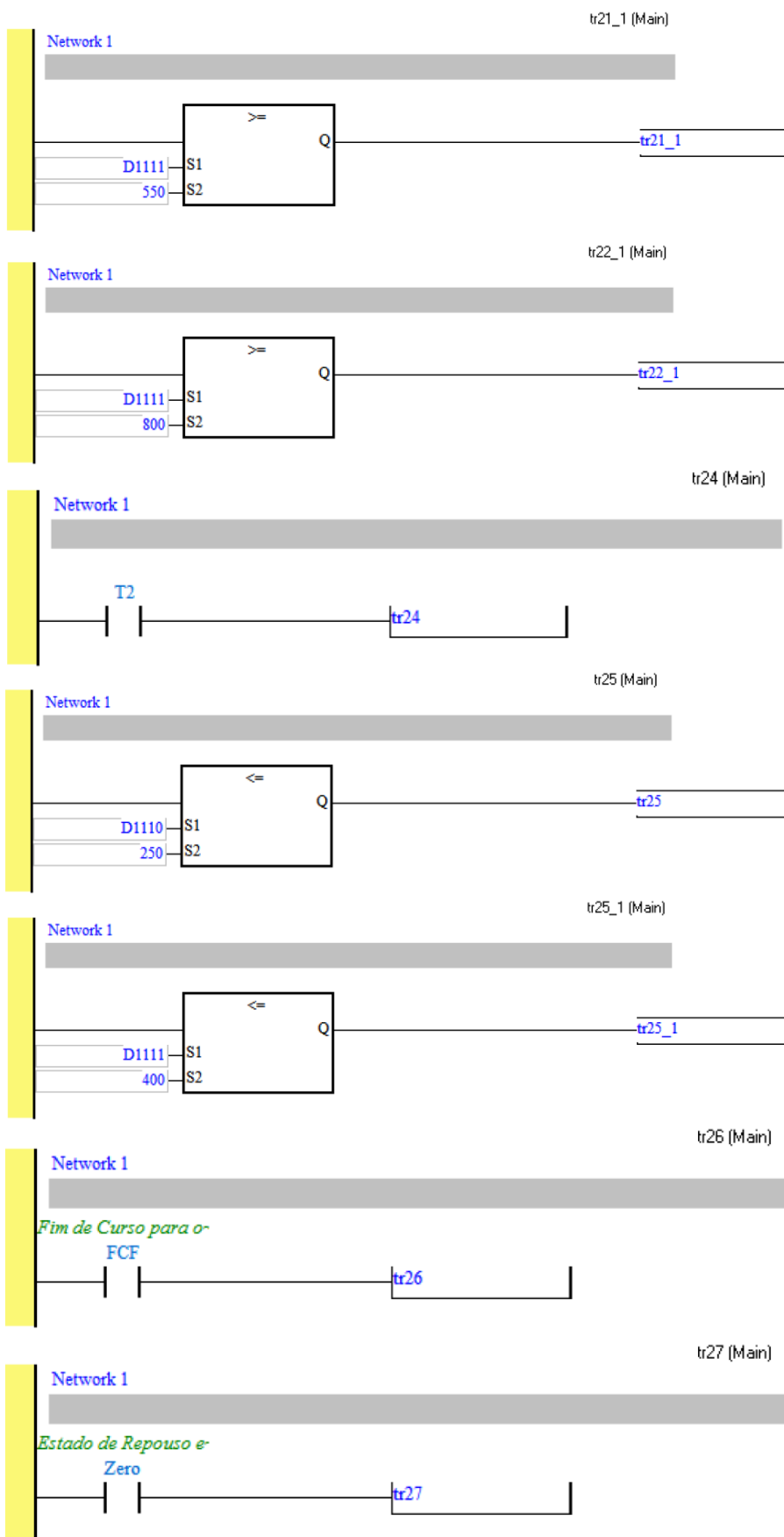




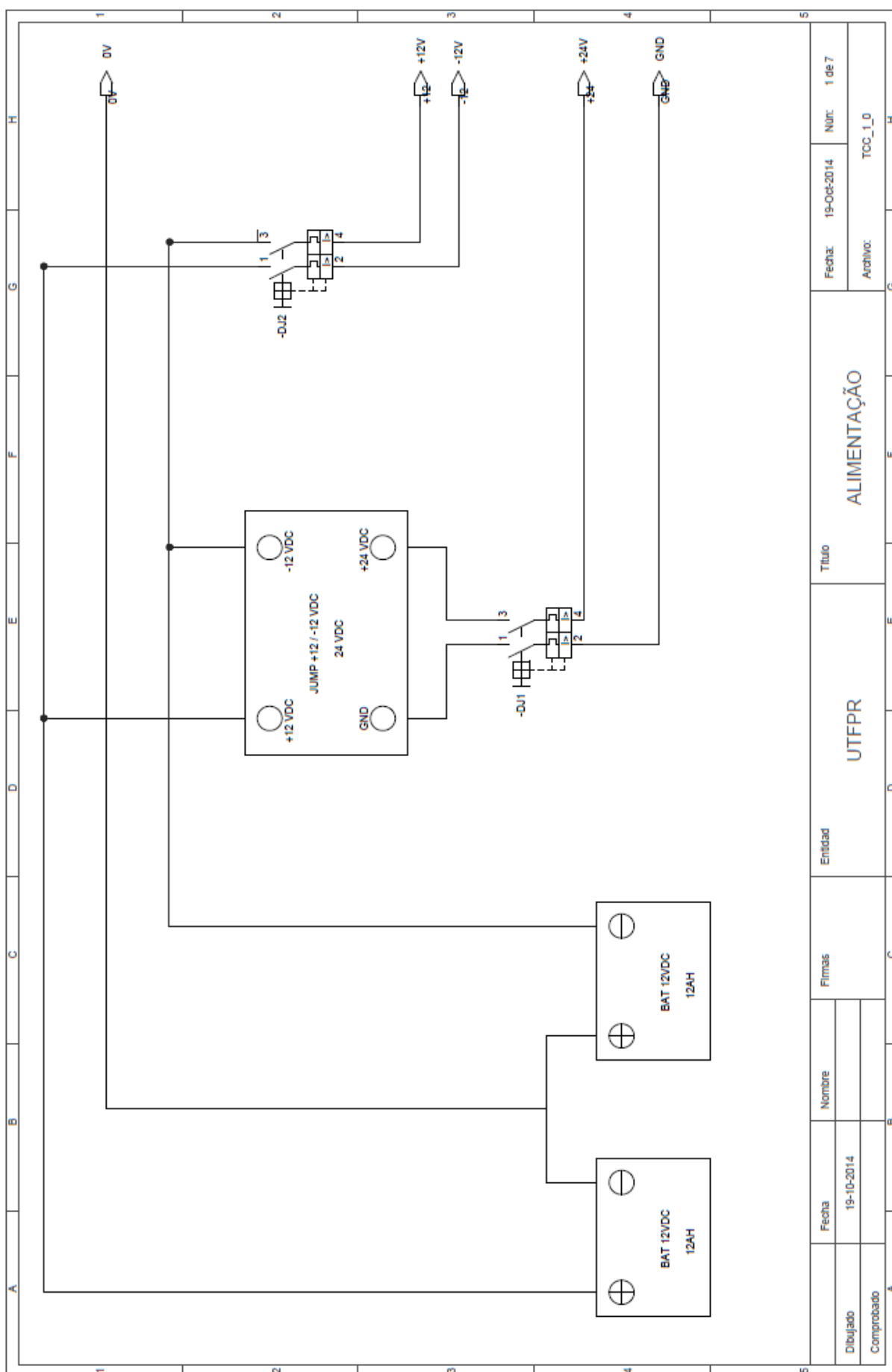


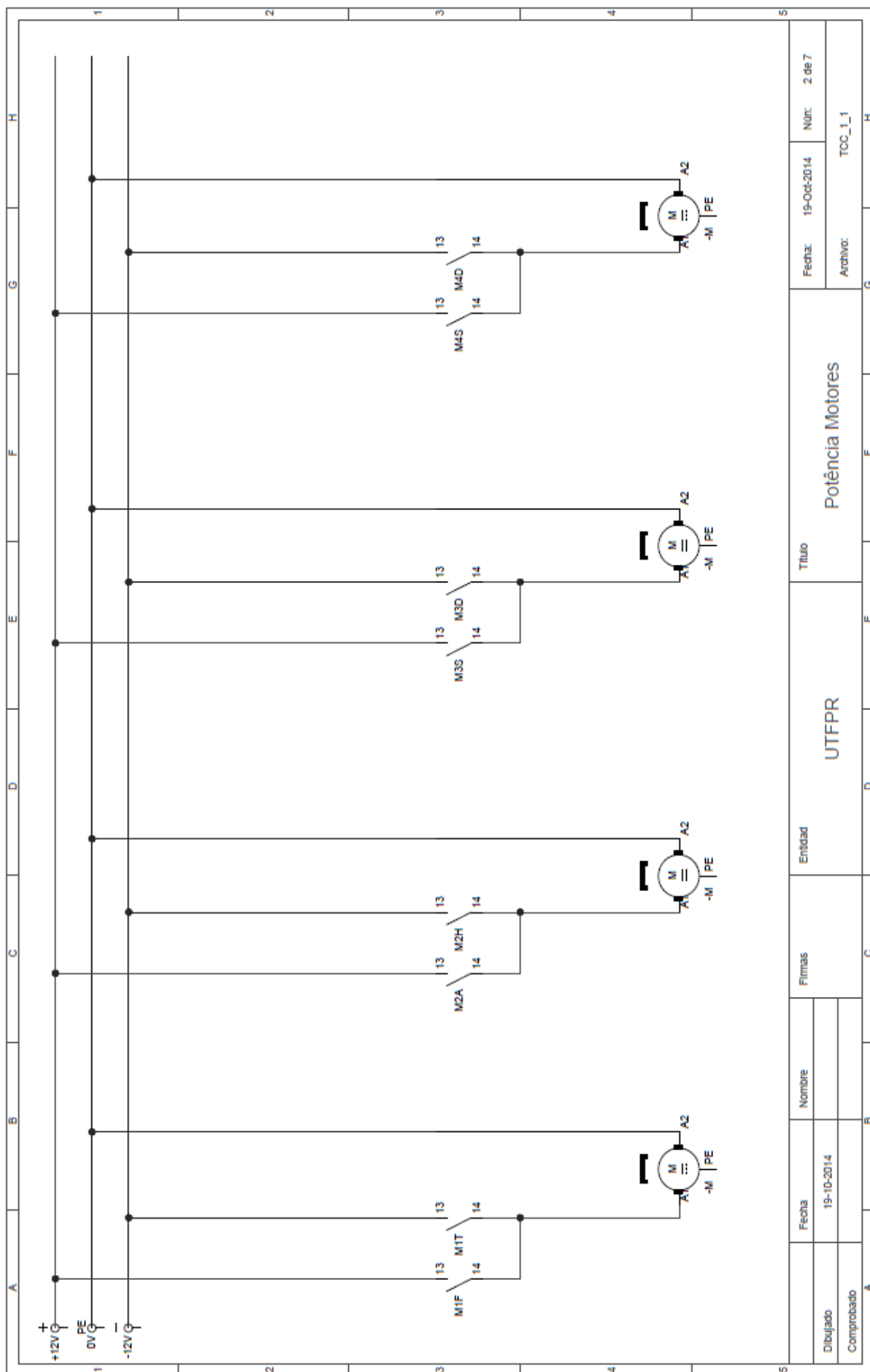




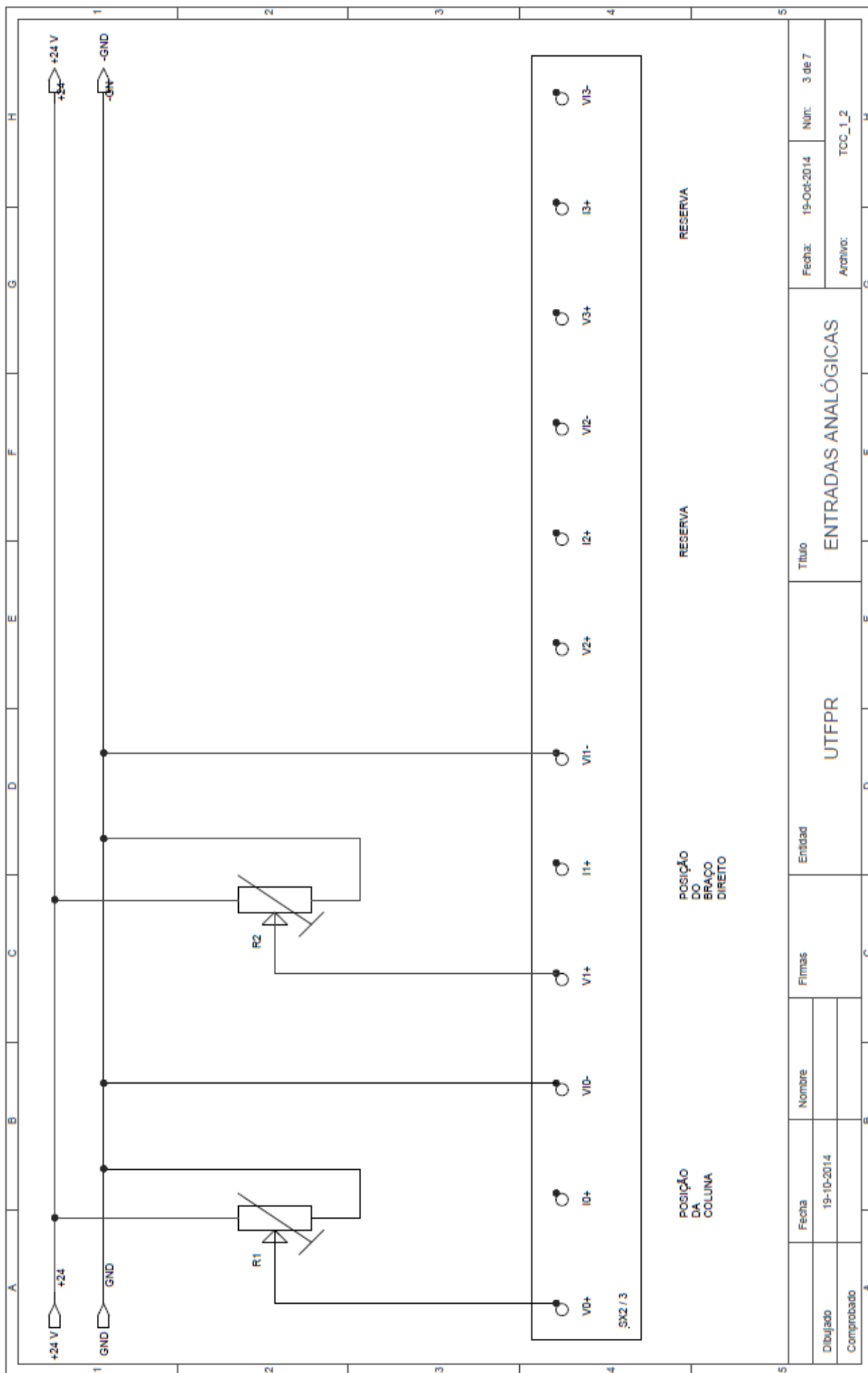


APÊNDICE B – DIAGRAMA ELÉTRICO.

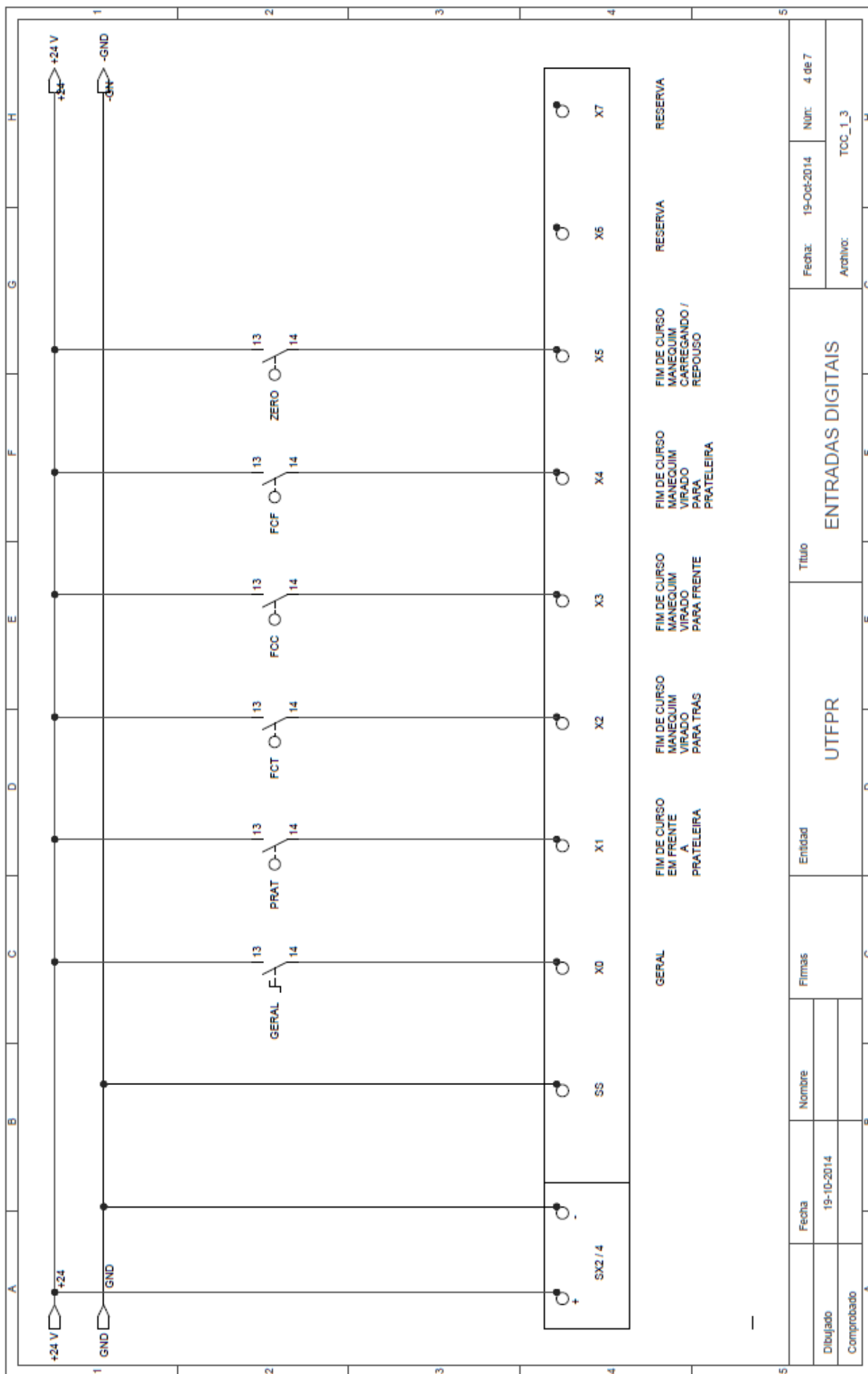


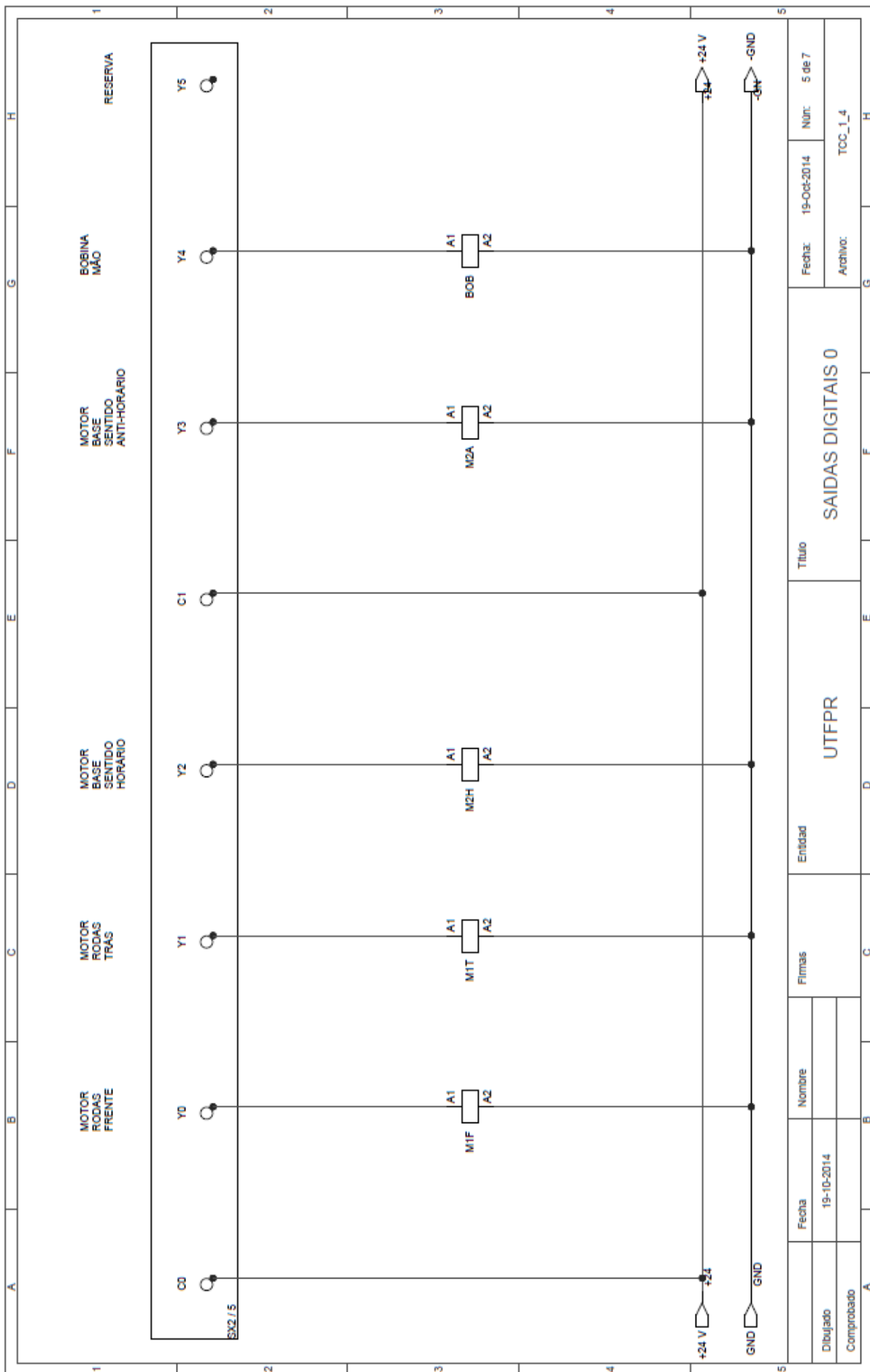


Dibujado		Fecha		19-10-2014		19-Oct-2014		Nº de 7	
Comprobado		Filmas		UTFPR		Título		Potência Motores	
A		B		C		D		E	
F		G		H		Arquivo:		TCC_1_1	



Título		ENTRADAS ANALÓGICAS	
Data		19-Oct-2014	
Nº		3 de 7	
Arquivo		TCC_1_2	
Entidad		UTFPR	
Firmas			
Fecha		19-10-2014	
Nombre			
Dibujado			
Comprobado			





Dibujado		Fecha		19-Oct-2014		Nº de		5 de 7	
Comprobado		Título		SAIDAS DIGITAIS 0		Archivo:		TCC_1_4	
Entidad		UTFPR		Fecha:		19-Oct-2014		Nº de:	
Firmas		Nombre		Título		SAIDAS DIGITAIS 0		Archivo:	
C		D		E		F		G	

