

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

IDAER MOMETTI STEFANI

**UMA SOLUÇÃO DE PROJETO DE AUTOMAÇÃO DA MONTANHA-
RUSSA ZYKLON 40**

VIÇOSA
2012

IDAER MOMETTI STEFANI

**UMA SOLUÇÃO DE PROJETO DE AUTOMAÇÃO DA MONTANHA-
RUSSA ZYKLON 40**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal de Viçosa, para a obtenção dos créditos da disciplina ELT 490 – Monografia e Seminário e cumprimento do requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. M.Sc. Alexandre Santos Brandão

VIÇOSA
2012

IDAER MOMETTI STEFANI

**UMA SOLUÇÃO DE PROJETO DE AUTOMAÇÃO DA MONTANHA-
RUSSA ZYKLON 40**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal de Viçosa, para a obtenção dos créditos da disciplina ELT 490 – Monografia e Seminário e cumprimento do requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovada em 01 de novembro de 2012.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. M.Sc. Alexandre Santos Brandão - Orientador
Universidade Federal de Viçosa

Prof. Dr. André Gomes Tôrres - Membro
Universidade Federal de Viçosa

Prof. Dr. Denilson Eduardo Rodrigues - Membro
Universidade Federal de Viçosa

“O prazer no trabalho aperfeiçoa a obra.”

(Aristóteles)

*Dedico este trabalho à
minha mãe, Alaudenice, e ao
meu irmão Ivo que sempre
estiveram ao meu lado durante
estes anos de graduação.*

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a minha mãe que sempre esteve do meu lado me apoiando e sem ela eu não teria chegado onde estou. Ao meu irmão por compartilhar das minhas experiências e fazer disso um incentivo para sua formação.

Aos professores do Departamento de Engenharia Elétrica pelos ensinamentos e por me guiarem durante esta caminhada. Em especial ao Prof. Alexandre Santos Brandão que me orientou no desenvolvimento deste trabalho e sobre tudo me proporcionou a oportunidade de tê-lo como orientador.

Agradeço a empresa Millennium Park por contribuir com material para pesquisa e desenvolvimento desse trabalho. Em especial aos funcionários pelo apoio e compreensão.

Agradeço aos amigos que fizeram parte da minha graduação, especialmente aos da república que foram como verdadeiros irmãos durante estes anos.

A todos que colaboraram de alguma forma na elaboração desse trabalho, o meu agradecimento.

Idaer Mometti Stefani

Resumo

A Automação de um sistema é a aplicação de técnicas, softwares e equipamentos específicos em uma determinada máquina, com o objetivo de aumentar a sua eficiência substituindo algumas tarefas da mão-de-obra humana e realizando outras que o homem não consegue realizar. Este trabalho apresenta uma solução de projeto de automação da montanha-russa modelo Zyklon Z40, com o intuito que esta possa operar com maior segurança, visando também maximizar o número de pessoas a serem transportadas por hora. Para essa automação, têm-se como saídas os sistemas de freios (acionados por válvulas elétricas), contatoras (que acionam motores) e luzes indicativas. Já para as entradas, têm-se botoeiras e sensores. A solução da proposta foi apresentada uma linguagem de programação do tipo Ladder para controlar esses dispositivos de uma forma que a montanha russa opere como o desejado. Os resultados obtidos mostram que o controle automático da montanha-russa Zyklon Z40 por um CLP atende as necessidades de projeto, aumentando o fluxo de pessoas em 35,65% por hora, através de uma redução do tempo de liberação dos carros de 45,84 s para 33,81 s.

Sumário

| | | |
|-------|---------------------------------------|----|
| 1 | Introdução..... | 13 |
| 1.1 | Zyklon Z40 | 14 |
| 1.2 | Itens Básicos da Zyklon Z40 | 15 |
| 1.2.1 | Corrente de Elevação..... | 15 |
| 1.2.2 | Freios | 16 |
| 1.3 | Fluxo de Carros na Zyklon Z40..... | 17 |
| 1.4 | Estado Operacional da Zyklon Z40..... | 18 |
| 1.5 | Sistema de Sensoriamento | 19 |
| 1.6 | Controlador Lógico Programável | 20 |
| 1.7 | Linguagem de Programação | 22 |
| 1.8 | Objetivos..... | 24 |
| 1.8.1 | Objetivo Geral | 24 |
| 1.8.2 | Objetivo Específicos..... | 24 |
| 2 | Materiais e Métodos | 25 |
| 2.1 | Modo de operação da Zyklon Z40..... | 25 |
| 2.2 | Componentes Reaproveitados | 26 |
| 2.3 | Metodologia..... | 28 |
| 3 | Resultados e Discussões..... | 30 |
| 4 | Conclusões..... | 43 |
| | Referências Bibliográficas | 44 |

Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1: Montanha-Russa modelo Zyklon Z40..... | 14 |
| Figura 2: Motor da corrente de elevação. | 15 |
| Figura 3: Freio de Emergência. | 16 |
| Figura 4: Freio de Parada..... | 17 |
| Figura 5: Fluxo de Carros numa Montanha-Russa..... | 18 |
| Figura 6: Sensores Indutivos. | 20 |
| Figura 7: Controlador Lógico Programável CLIC 02. | 21 |
| Figura 8: Configuração de contato no diagrama Ladder. | 23 |
| Figura 9: Barramento Ladder. | 23 |
| Figura 10: Fluxograma demonstrativo do circuito da montanha-russa Zyklon Z40..... | 32 |
| Figura 11: Programação Ladder da partida estrela-triângulo para o motor da corrente de elevação..... | 33 |
| Figura 12: Programação Ladder para os acionamentos do motoredutor da saída, da motoredutor da chegada e do freio da chegada..... | 34 |
| Figura 13: Programação Ladder para a liberação do freio de saída. | 34 |
| Figura 14: Programação Ladder para a liberação dos freios de emergência, nesse caso em particular para liberação do Freio 2. | 35 |
| Figura 15: Programação Ladder sobre o tempo limite para cada setor, nesse caso em particular para o Setor 1. | 37 |
| Figura 16: Programação Ladder para seqüência de liberação dos freios de emergência. | 38 |
| Figura 17: Programação Ladder para seqüência de liberação dos freios de emergência. | 39 |
| Figura 18: Programação Ladder travamento dos freios de emergência através da flag M08 que indica o acionamento da emergência. | 40 |
| Figura 19: Programação Ladder responsável pelo acionamento da emergência..... | 41 |
| Figura 20: Programação Ladder para o acionamento da luz de emergência. | 42 |
| Figura 21: Programação Ladder para o acionamento da luz geral. | 42 |

Figura 22: Programação Ladder para o acionamento das luzes que sinalizam a liberação dos freios de emergência.42

Lista de Tabelas

| | |
|--|----|
| Tabela 1: Unidades Básicas..... | 22 |
| Tabela 2: Unidades de Expansão..... | 22 |
| Tabela 3: Entradas da Programação Ladder..... | 30 |
| Tabela 4: Saídas da Programação Ladder..... | 31 |
| Tabela 5: Tempo em segundos de cada setor..... | 36 |

1 Introdução

A Automação de um sistema consiste em tornar automáticas atividades repetitivas com o uso de técnicas, softwares e equipamentos que efetuam coleta de dados e atuam nos processos, minimizando a necessidade da interferência humana e resultando em uma maior velocidade de operação, redução de erros e maior controle [01].

Um dos principais dispositivos utilizados no processo de automação são os CLPs (Controladores Lógicos Programáveis) que surgiram com o intuito de substituir os painéis de controle com relés, diminuindo assim o alto consumo de energia, a difícil manutenção e modificação de comandos, além das custosas alterações de fiação. Um CLP consiste basicamente na unidade central de processamento (CPU), que controla toda sua atividade. Há também uma interface de entradas e saídas do sistema, onde são conectados fisicamente os dispositivos de campo (interruptores, sensores, botoeiras, etc.). O processamento é feito em tempo real, ou seja, as informações de entradas são analisadas e comparadas com as informações residentes na memória e, por fim, as decisões são tomadas e os comandos são executados por suas saídas de acordo com o ambiente do processo.

Uma das aplicações em que se podem usar os CLPs é no monitoramento das operações de uma montanha-russa. Neste caso, ele regula a velocidade dos carros, a fim de garantir que eles não cheguem muito perto um do outro. Em adição, ele alerta os operadores humanos para problemas técnicos ou obstruções pista, habilitando freios da montanha-russa, evitando, portanto, qualquer possível acidente.

As montanhas-russas são movidas quase inteiramente pelas forças inerciais, gravitacionais e centrípetas. Os parques de diversões estão constantemente apostando em montanhas-russas mais rápidas e complexas, mas o princípio fundamental permanece o mesmo.

Uma montanha-russa é parecida com um trem de passageiros: ela consiste em uma série de vagões que se movem sobre trilhos. Mas, ao contrário de um trem de passageiros, ela não possui motor ou fonte de energia própria. Na maior parte do percurso, a montanha-russa é movida apenas pelas forças de inércia e da gravidade. A única aplicação de energia ocorre

bem no início da viagem, quando o carro é puxado até o topo da montanha-russa. O propósito dessa ascensão inicial é propiciar certo acúmulo de energia potencial. Quando começa a descer, a gravidade faz com que toda a energia potencial armazenada seja convertida em energia cinética [10].

1.1 Zyklon Z40

A montanha-russa modelo Zyklon Z40 fabricada pela Pinfari desde 1986 mostrada na Figura 1 é a mais comum no mundo. Ela é uma montanha-russa do tipo itinerante, toda feita em aço, possui quatro carros, capaz de um transportar quatro pessoas cada um. Estes carros saem individualmente da plataforma de embarque e percorrem 335 metros de trilho num tempo estimado de 1 min. e 20 seg. até retornarem à plataforma, para que seja feito o desembarque das pessoas [02].

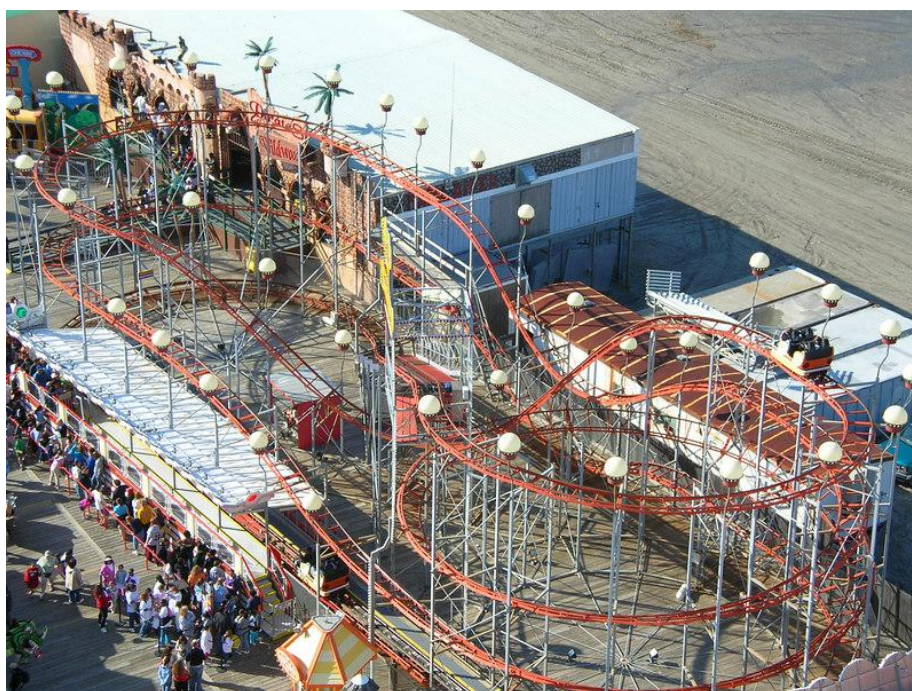


Figura 1: Montanha-Russa modelo Zyklon Z40.

Esses modelos de montanha-russa operam através de controles manuais que acionam relés e contatoras. Estes, por sua vez, ligam motores e válvulas de ar, fazendo com que a confiabilidade do processo recaia ao operador da montanha-russa, tal fato limita a capacidade de transporte e reduz a segurança do equipamento.

1.2 Itens Básicos da Zyklon Z40

A montanha-russa Zyklon Z40 tem como componentes básicos para seu funcionamento a corrente de elevação, onde os carros adquirem a energia potencial necessária para percorrer todo o percurso, e os freios que são responsáveis pela desaceleração dos carros, a fim de evitar colisões e poder parar os mesmo com segurança no final do percurso para desembarque dos passageiros [11].

1.2.1 Corrente de Elevação

Os carros da montanha-russa não têm motor próprio, na maior parte do trajeto, eles são movidos pela gravidade e pela quantidade de movimento (o produto da massa de um corpo pela sua velocidade de deslocamento). Para ter quantidade de movimento, é preciso que o carro seja levado até o topo da montanha-russa.

O mecanismo de elevação tradicional consiste em uma longa corrente em forma de anel percorrendo a rampa de subida por baixo da pista. A corrente passa em torno de uma engrenagem no topo e outra na base da rampa de subida, a qual é tracionada por um redutor acoplado a um motor de indução trifásico de 15 CV representado na Figura 2.



Figura 2: Motor da corrente de elevação.

O motor faz girar a corrente para movê-la continuamente rampa cima, como uma correia transportadora. O carro prende-se à corrente através de ganchos articulados. Quando o carro chega à base da rampa, os ganchos prendem-se aos elos da corrente. Uma vez preso, a corrente simplesmente puxa o carro até o topo. Ao chegar lá, a corrente é liberada e o carro inicia a sua descida.

1.2.2 Freios

A montanha-russa necessita de um sistema de freios para que os carros possam parar com precisão no final do percurso ou em caso de emergência. Vale ressaltar que os freios não são montados no próprio carro, mas sim, nos trilhos.

Os freios presente na montanha-russa são acionados por um sistema pneumático, alimentado por uma fonte de ar comprimido. Válvulas acionadas eletricamente por meio de bobinas direcionam esse ar através de tubulações até cilindros. Estes fazem a transferência dessa energia pneumática em energia mecânica, abrindo e fechando os freios da montanha-russa. Quando o carro precisa parar, o freio é fechado, assim uma lamina de ferro presa embaixo do carro ao entrar nesse freio gera uma fricção para desacelerá-lo gradualmente [03] [05].

O sistema de freios é dividido em dois seguimentos:

- Freios de emergência: São freios presentes no meio do circuito da montanha-russa como visto na Figura 3. Taís freios só são utilizados em casos de emergência, exemplo, no caso de um dos carros pare no meio do percurso, esse sistema de freio é acionado parando os demais carros e evitando uma possível colisão.

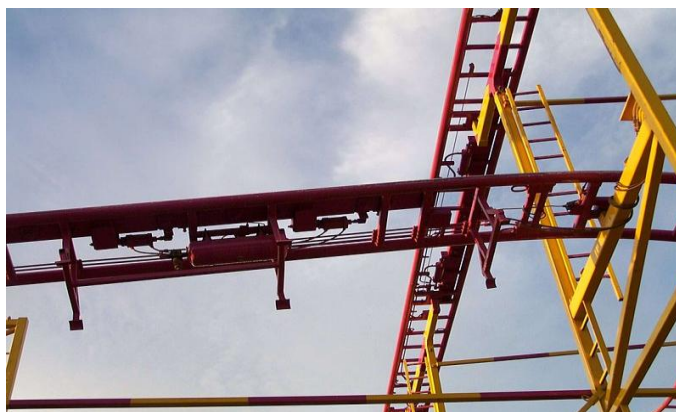


Figura 3: Freio de Emergência.

- Freios de parada: São freios presentes na plataforma de embarque e desembarque, utilizados tanto para liberação dos carros para a pista, quanto para desaceleração e parada dos carros ao completar o percurso. Sendo assim, eles são habilitados continuamente pelos operadores da montanha-russa, ao fazerem o embarque e desembarque dos passageiros. Esses freios sempre estão acompanhados por um motoredutor acoplado a um pneu como visto na Figura 4, que tem a função puxar os carros assim que o freio é liberado.



Figura 4: Freio de Parada.

1.3 Fluxo de Carros na Zyklon Z40

Um aspecto muito importante em uma montanha-russa diz respeito ao fluxo de carros, afinal para evitar uma colisão entre eles durante o percurso, faz necessário garantir uma distância de segurança. Em outras palavras, um carro só pode sair para a pista após que o último carro a deixar a plataforma esteja a uma distância segura, como mostrado na Figura 5. Esta distância é determinada pelos freios de emergência, pois entre os carros deve existir dois freios de emergência. Caso um dos carros pare durante o percurso, o sistema terá dois freios de emergência que poderão ser acionados, dando uma dupla chance de evitar um possível acidente. Isto caracteriza um sistema redundante de segurança.



Figura 5: Fluxo de Carros numa Montanha-Russa.

Quando acionada emergência, todos os freios são fechados e a corrente de elevação e desligada, assim o fluxo de carros na montanha-russa é parado por completo e a liberação do sistema é feita de maneira parcial. Isto se denomina “efeito cascata”. Neste caso, os freios são liberados um a um, sendo que a ordem de liberação é feita do fim do percurso ao início.

1.4 Estado Operacional da Zyklon Z40

Grande parte das montanhas-russas modelo Zyklon Z40 foram produzidas nos anos 80, logo seus sistemas operacionais estão obsoletos se comparados com os atuais [2]. Dado que a vida útil dos brinquedos de parque de diversão é longa chegando a atravessar décadas de operação, a solução de manutenção desses equipamentos é investir em novas tecnologias, visando trazer diversão a milhares de pessoas com segurança garantida [6].

Montanhas-Russas mais modernas utilizam de CLPs para monitorar todos os aspectos de sua operação[11]. Logo esta é uma alternativa modernizar os modelos Zyklon Z40. Seu sistema de operação é todo manual, munido apenas de painéis de controle a base de contadores e relés para fazer a lógica operacional. O investimento em um CLP proporcionaria uma maior segurança aos passageiros, reduziria a mão de obra humana e aumentaria a produção, afinal, com um CLP, o monitoramento dos carros na pista seria contínuo possibilitando um maior fluxo.

1.5 Sistema de Sensoriamento

Os sensores são os elementos que fornecem informações sobre o sistema, correspondendo às entradas do controlador. Esses podem indicar variáveis físicas, tais como pressão e temperatura, ou simples estados, tal como um fim-de-curso posicionado em um cilindro pneumático.

Os sensores mais conhecidos tem suas saídas do tipo (I/O), on-off, saídas binárias, no entanto esses sensores, são considerados sensores discretos. Dentre os sensores discretos há duas grandes classes: contato mecânico, e sensor de proximidade [13].

Os sensores de contato mecânico são elementos geralmente construídos com um corpo robusto, seu acionamento é exercido por uma força de um objeto no sensor realizando assim a detecção. Estes dispositivos sofrem bastante contato mecânico e conseqüentemente há desgaste sobre essas peças com maior atrito, para diminuir esses desgastes os dispositivos apresentam algumas características para cada aplicação como rodas, hastes, antenas, amortecedores entre outros, essas características são fundamentais para um bom funcionamento do dispositivo.

Os sensores de proximidade podem detectar objetos pela proximidade, presença ou passagem de corpos sólidos, líquidos e gasosos. Sua construção é composta por elementos eletrônicos sendo capaz de filtrar vibrações mecânicas. Esses dispositivos são bastante utilizados nas indústrias para detecção, pois apresentam características diversas para suas aplicações. Os principais tipos de sensores utilizados são: sensores indutivos, sensores capacitivos e sensores fotoelétricos.

Para o monitoramento dos carros da montanha-russa durante o percurso selecionou-se sensores de proximidade pelo fato deste sensor não necessitar de um contato físico para atuar, isso proporciona maior durabilidade, alta velocidade de comutação e maior nível de confiabilidade. Quanto ao tipo, escolheu-se o sensor indutivo, dado que, a estrutura dos carros é metálica e esse sensor realiza a detecção de objetos metálicos e suportam ambientes agressivos.

Nesses sensores indutivos, a detecção é feita através da incidência de um campo magnético oscilante sobre o espaço, na presença de objetos que tenham características magnéticas como ímãs, materiais ferrosos e mesmo materiais diamagnéticos (que dispersam

as linhas de força de campo magnético) esse campo magnético sofre uma interferência, e essa variação é sentida pelo oscilador conectado à bobina e o sensor comuta. No caso específico deste trabalho, o sensor irá trabalhar como um contato NA para corrente contínua [9].



Figura 6: Sensores Indutivos.

1.6 Controlador Lógico Programável

O controlador lógico programável (CLP) surgiu com o intuito de substituir o sistema a relés, tornando a instalação e o funcionamento mais confiável, otimizando espaços, reduzindo custo e facilitando a identificação de problemas [07].

O CLP é um aparelho eletrônico digital que utiliza uma memória programável para armazenar internamente instruções e para implementar funções específicas, tais como lógica, seqüenciamento, temporização, contagem e aritmética, controlando, por meio de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas ou processos. As linguagens de programação utilizada nos CLPs assemelham visualmente aos esquemas dos circuitos lógicos a relés, no entanto, tornou-se um motivo relevante para essa nova tecnologia ter aceitação no mercado [01].

O controlador lógico programável CLIC 02, representado pela Figura 7, foi escolhido para utilização e implementação deste trabalho. Sua escolha foi baseada na questão de ser um equipamento ideal para aplicações de pequeno e médio porte em tarefas de intertravamento, temporização, contagem e operações matemáticas básicas, substituindo os contatores

auxiliares, temporizadores e contadores eletromecânicos. Isto irá reduzir e facilitará significativamente as atividades de manutenção. Devido ao grande número de entradas e saídas presente no sistema será anexado quatro módulos de expansão do tipo I/O.

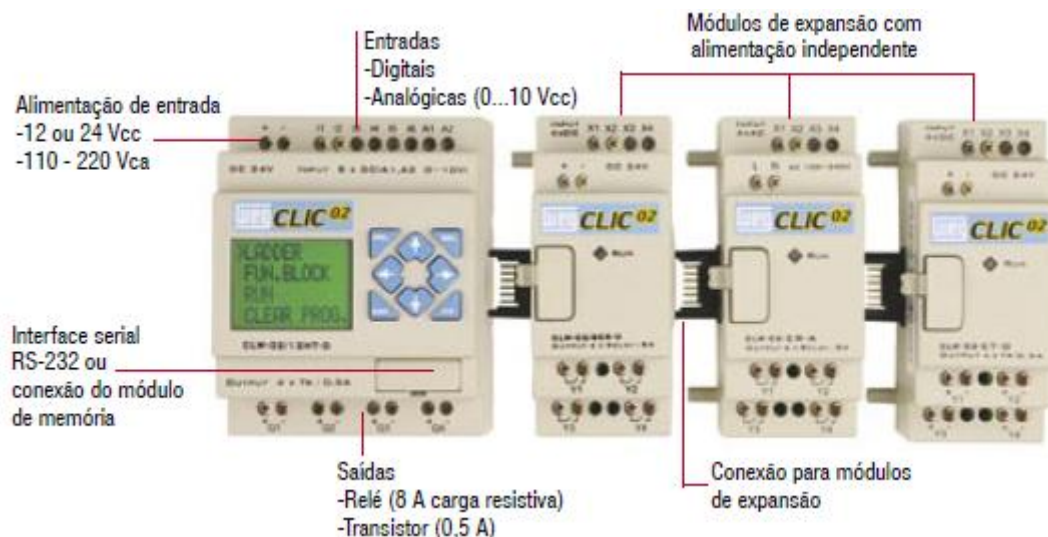


Figura 7: Controlador Lógico Programável CLIC 02.

O controlador lógico programável CLIC 02, fabricado pela WEG, pode ser programado diretamente pelo display ou pode-se utilizar o software CLIC 02 Edit, através de microcomputadores, facilitando sua programação. Com o uso dessa ferramenta de programação, tem-se como vantagens:

- Programação em Ladder (diagrama de contatos) ou em Blocos Lógicos (FBD);
- Armazenamento dos programas em arquivos;
- Documentação impressa do programa com comentários das linhas e das variáveis de endereçamento;
- Simulação total do funcionamento do programa sem precisar ter um CLIC conectado no micro computador;
- Monitoração on-line dos parâmetros e da lógica do programa;
- Edição e visualização de mensagens;
- Alteração on-line de parâmetros (temporizadores, contadores, etc.).

Esse microcontrolador CLIC 02 possui vários modelos, os quais estão listados na Tabela 1. O modelo a ser utilizado no projeto será o CLW-02/20VR-D, por possuir maior número de saídas à relé (maior capacidade de carga), alimentação 24 Vcc, onde um conjunto de baterias mantém seu funcionamento em caso de falta de energia (recurso disponível no painel elétrico da Zyklon Z40) e ainda possibilita o acoplamento de módulos de expansão (modelo CLW-02/8ER-D). Estes textos são uma adaptação de [04].

Tabela 1: Unidades Básicas.

| | Modelo | Tensão de Alimentação | Entradas | | | Saídas Digitais | | RTC (Relógio) | Entrada Rápida (1kHz) | Saída Pulsada (PWM) | Comunicação em Rede |
|-----------|-------------------|-----------------------|----------|-------------|----------------------|-----------------|------------|---------------|-----------------------|---------------------|---------------------|
| | | | Digital | Tensão | Analogica 0...10 Vcc | Relé | Transistor | | | | |
| 10 pontos | CLW-02 / 10HR-A | 100~240 Vac | 6 | 100~240 Vac | - | 4 | - | Sim | - | Não | Não |
| | CLW-02 / 12HR-D | 24 Vcc | 6 (8) | 24 Vcc | 2* | 4 | - | Sim | 2 (I1 e I2) | Não | Não |
| | CLW-02 / 12HT-D | 24 Vcc | 6 (8) | 24 Vcc | 2* | - | 4 | Sim | 2 (I1 e I2) | Sim | Não |
| 20 pontos | CLW-02 / 20HR-A | 100~240 Vac | 12 | 100~240 Vac | - | 8 | - | Sim | - | Não | Não |
| | CLW-02 / 20HR-D | 24 Vcc | 8 (12) | 24 Vcc | 4* | 8 | - | Sim | 2 (I1 e I2) | Não | Não |
| | CLW-02 / 20HT-D | 24 Vcc | 8 (12) | 24 Vcc | 4* | - | 8 | Sim | 2 (I1 e I2) | Sim | Não |
| | CLW-02 / 20VR-D | 24 Vcc | 8 (12) | 24 Vcc | 4* | 8 | - | Sim | 2 (I1 e I2) | Não | Sim |
| | CLW-02 / 20VT-D | 24 Vcc | 8 (12) | 24 Vcc | 4* | - | 8 | Sim | 2 (I1 e I2) | Sim | Sim |
| | CLW-02 / 20HR-12D | 12 Vcc | 8 (12) | 12 Vcc | 4* | 8 | - | Sim | 2 (I1 e I2) | Não | Não |

Tabela 2: Unidades de Expansão

| Modelo | Tensão de Alimentação | Entradas | | | Saídas Digitais | | RTC (Relógio) | Entrada Rápida (1kHz) | Saída Pulsada (PWM) | Comunicação em Rede |
|----------------|-----------------------|----------|-------------|----------------------|-----------------|------------|---------------|-----------------------|---------------------|---------------------|
| | | Digital | Tensão | Analogica 0...10 Vcc | Relé | Transistor | | | | |
| CLW-02 / 8ER-A | 100~240 Vac | 4 | 100~240 Vac | - | 4 | - | Não | - | Não | Não |
| CLW-02 / 8ER-D | 24 Vcc | 4 | 24 Vcc | - | 4 | - | Não | - | Não | Não |
| CLW-02 / 8ET-D | 24 Vcc | 4 | 24 Vcc | - | - | 4 | Não | - | Não | Não |

1.7 Linguagem de Programação

A fim de evitar dúvidas e ambigüidades nas implementações, foi criado um comitê da IEC responsável pela unificação e padronização dos símbolos gráficos, seqüências dos sistemas e dos componentes utilizados pelos diferentes fabricantes de CLP. Esse comitê é responsável pela especificação das etapas de projeto, desde *hardware*, teste, documentação, programação, comunicação e instalação. Com isso foi criada a norma internacional IEC 61131-3 que define os pontos de intertravamento de sistemas seqüenciais, objetivando a visibilidade, equipamentos, manuais, linguagens de programação e sistemas de comunicação [14].

A norma IEC 61131-3 padronizou cinco linguagens de programação, sendo duas textuais e três gráficas, que atualmente são utilizadas por quase todos os controladores lógicos programáveis, customizadas, de acordo com o fabricante.

Dentre as linguagens de programação de CLP, a escolhida para o desenvolvimento do projeto foi à linguagem gráfica Ladder. Esta linguagem é compatível com o CLP adotado para a automatização. Essa linguagem é a mais utilizada e é também a de mais fácil manutenção e alteração de lógicas. Os símbolos utilizados na linguagem Ladder são encontrados facilmente em projetos de eletrotécnica, onde são utilizados contatores para acionamento de equipamentos elétricos. Isso facilita o desenvolvimento de uma lógica de programação, bem como a manutenção das linhas de código e implementação da lógica [01] [07].

O Ladder é baseado em símbolos semelhantes aos encontrados nos esquemas elétricos (contatos e bobinas). Contatos normalmente abertos (NA) e normalmente fechados (NF) são utilizados para compor as seqüências da programação, como mostra a Figura 8.



Figura 8: Configuração de contato no diagrama Ladder.

Para que um dispositivo de saída (bobina, contador, temporizador, etc.) seja ativado é necessário “energizá-lo logicamente”. Para isso considera-se que entre as barras verticais exista uma diferença de potencial (a barra da esquerda positiva e a da direita negativa) e que entre elas existam contatos que formam a lógica de controle, como na Figura 9.

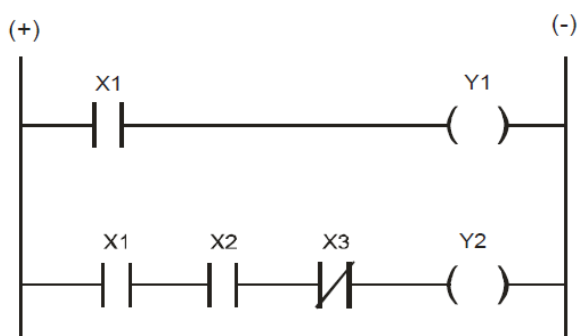


Figura 9: Barramento Ladder.

Quando o programa em Ladder é executado, uma corrente tentará ser formada através das linhas e de seus contatos. Se os contatos em uma linha permitirem a formação e passagem dessa corrente, o elemento de saída será ativado.

A lógica existente entre os barramentos segue os conceitos encontrados na disciplina de Eletrônica Digital [12].

Por fim, vale dizer que a linguagem Ladder permite programar desde funções binárias básicas até funções digitais complexas, que fornecem as decisões que serão tomadas pelo CLP em relação ao atuador ligado a ele.

1.8 Objetivos

1.8.1 Objetivo Geral

Este trabalho consiste em automatizar uma montanha russa modelo Zyklon Z40 com o intuito que esta possa operar com maior segurança, visando também maximizar o número de pessoas a serem transportadas por hora.

1.8.2 Objetivo Específicos

- Identificar um controlador lógico programável (CLP), que consiga monitorar todos os aspectos da operação da montanha-russa Zyklon Z40.
- Fazer um levantamento sobre o modo de operação da montanha-russa Zyklon Z40.
- Analisar os componentes já instalados, para que possam ser aproveitados no projeto de automação com o intuito de reduzir custos.
- Estudar formas de automatizar o sistema.
- Elaborar uma linguagem Ladder para controlar os dispositivos da montanha-russa para que esta opere como o proposto.

2 *Materiais e Métodos*

Para um projeto de automação de um sistema já em operação, é necessário um levantamento geral para analisar seu modo de operação, os componentes que podem ser aproveitados e os possíveis itens passíveis de automatização.

2.1 *Modo de operação da Zyklon Z40*

Ao se ligar o sistema da Zyklon Z40, a primeira tarefa do operador é ligar o compressor, para que a pressão de ar chegue a um nível onde as demais funções sejam liberadas. Em seguida, com o nível de ar alto, pressiona-se um botão de liberação dos freios de emergência. Essa liberação é feita de forma parcial, onde cada botão libera um determinado freio. Isto é feito em seqüência, saindo do freio mais próximo do fim do trajeto até o freio que libera os carros para pista. Na próxima etapa, liga-se a corrente de elevação. Neste ponto, a Zyklon Z40 esta apta a funcionar.

Durante o funcionamento da Zyklon Z40, todos os freio de emergência estão aberto, sendo assim os carros passam livremente por estes. O único freio que permanece fechado é o do fim do percurso (denominado de “freio de chegada”) fica fechado. Sua finalidade é parar o carro com segurança na plataforma de desembarque. Após total parada, o operador libera este freio e um motoredutor puxa o carro ate o local de desembarque dos passageiros.

A liberação dos carros para pista também é tarefa do operador, o qual aciona uma botoeira se a corrente de elevação estiver ligada e uma distancia mínima de liberação seja verificada. Comumente, adota-se como distância segura o espaçamento linear entre de dois freios de emergência.

Em casos de emergência como, por exemplo, um carro ficar travado no freio de chegada ou um dos carros parar no meio de percurso, o operador deve acionar o botão de emergência para evitar uma possível colisão. Ao acionar este botão, todos os freios de emergência se fecham e a corrente de elevação é desligada e assim deve-se fazer o processo

de liberação enunciado acima ao se ligar o sistema. Vale comentar que um nível de ar baixo também gera um processo de emergência.

2.2 Componentes Reaproveitados

O projeto de automatização adotado consiste em instalar um CLP para monitorar e controlar todos os aspectos operacionais da Zyklon Z40. Assim será analisada quais as entradas e as saída desse sistema, logo se tem os componentes que serão reaproveitados.

Lista de entradas do sistema:

Botoeiras

- I1 – Botoeira para liberação do freio da saída (Freio 1) *
- I2 – Botoeira para liberação do freio da descida grande (Freio 2)*
- I3 – Botoeira para liberação do freio da segunda descida (Freio 3)*
- I4 – Botoeira para liberação do freio sobre a plataforma (Freio 4)*
- I5 – Botoeira para liberação do freio da terceira descida (Freio 5)*
- I6 – Botoeira para liberação do freio da ultima curva (Freio 6)*
- I7 – Botoeira para liberação do freio de chegada (Freio 7)*
- I8 – Botoeira para emergência*
- I9 – Botoeira para liberação do Sistema*
- IB – Botoeira para ligar motor da corrente*
- IC – Botoeira para desligar motor da corrente*

Sensores

- X1 – Sensor da saída (Sensor 1)
- X2 – Sensor antes do Freio 2 (Sensor 2)

X3 – Sensor antes do Freio 3 (Sensor 3)

X4 – Sensor antes do Freio 4 (Sensor 4)

X5 – Sensor antes do Freio 5 (Sensor 5)

X6 – Sensor antes do Freio 6 (Sensor 6)

X7 – Sensor de chegada (Sensor 7)

X8 – Sensor de pressão de ar*

XB – Sensor que liga a contato do motoredutor da saída*

XC – Sensor que liga a contatora do motoredutor do freio de chegada*

Lista de saídas do sistema:

Válvulas

Y1 – Válvula do Freio 1*

Y2 – Válvula do Freio 2*

Y3 – Válvula do Freio 3*

Y4 – Válvula do Freio 4*

Y5 – Válvula do Freio 5*

Y6 – Válvula do Freio 6*

Y7 – Válvula do Freio 7*

Luzes Indicativas

Y8 – Luz indicativa de liberação do Freio 6 *

Y9 – Luz indicativa de liberação do Freio 5 *

YA – Luz indicativa de liberação do Freio 4 *

YB – Luz indicativa de liberação do Freio 3 *

YC – Luz indicativa de liberação do Freio 2 *

Q7 – Luz indicativa para avisar que os freios estão aptos a serem liberados

Q8 – Luz de emergência

Chaves Magnéticas

Q1 – Contatora do motor da corrente (Primeira) *

Q2 – Contatora do motor da corrente (Segunda) *

Q3 – Contatora do motor da corrente (Contato fechado) *

Q4 – Contatora do motoredutor da saída *

Q5 – Contatora do motoredutor da chegada *

Todos os itens das duas listas que vem seguido de um “*” referem-se a componentes já existentes no sistema, logo, pode-se observar que poucos componentes deverão ser adquiridos. Basicamente, dentre os itens de aquisição estão os sensores de monitoramento eo CLP.

2.3 Metodologia

Após analisar o modo de operação da montanha-russa Zykilon Z40 fica evidente que o fator limitante de carros presentes no percurso é o número de freios, pois entre um freio e outro só pode ter apenas um carro. Sendo assim, o percurso foi dividido em setores: corrente de elevação (Setor 1), descida grande (Setor 2), segunda descida (Setor 3), caracol (Setor 4), terceira descida (Setor 5), curva da chegada (Setor 6) e plataforma (Setor 7).

Estes setores são monitorados por sensores de passagem, de modo ao passar pelo sensor, o carro está iniciando o trânsito em um novo setor e finalizando a passagem pelo setor anterior. Tais setores têm início antes de um freio de emergência e se encerram antes do próximo freio de emergência. Os sensores que indicam liberação dos carros para pista (sensor de saída) ou finalização do percurso (sensor de chegada) são instalados após os freios de

parada, pois marcam, especificamente o início e o fim do trajeto da montanha-russa. Além disso, estes freios de parada só são acionados pelos operadores da montanha-russa.

Fica claro que os freios de emergência são mais eficazes se ficarem fechados, sendo liberados somente para a passagem dos carros quando o sistema estiver trabalhando em modo de operação normal. Logo, se ocorrer uma falha no sensor que acusa a presença de um carro no freio, este já estará fechado impossibilitando sua passagem. Se o freio ficasse aberto essa falha poderia acarretar a presença de dois carros num setor, fato que afetaria a segurança da montanha-russa.

Para que o operador não precise abrir os freios de emergência toda vez que um carro for passar por ele, essa função será de responsabilidade dos sensores limitantes dos setores da montanha-russa, instalados antes destes freios.

A fim de detectar problemas, os carros da montanha-russa terão um tempo limite para completar cada setor, sendo este tempo extrapolado, o sistema entra em emergência, alertando os operadores sobre esse possível problema, mantendo os freios fechados.

Para a liberação dos carros para pista, vários fatores devem ser atendidos, dentre eles estão: pressão do ar em um nível aceitável, sistema de freios deve estar liberado, corrente de elevação deve estar ligada e os carros não podem estar no primeiro setor, que é entre o sensor de saída e o sensor antes do freio da descida grande (Freio 2).

Sendo estes itens atendidos, o freio de saída pode ser liberado para o funcionamento, caso contrário este fica desabilitado, mantendo assim o carro preso na plataforma de embarque.

O acionamento dos motoredutores presentes na plataforma de embarque e desembarque pode ocorrer de maneira direta por se tratar de motores de pequeno porte que não acarretam grandes distúrbios à rede durante sua partida. Já o motor da corrente de elevação deve ter sua partida na forma estrela-triângulo, que proporciona redução na corrente de partida.

3 *Resultados e Discussões*

Com base nos dados apresentados ao longo dessa monografia e utilizando-se os conhecimentos prévios de automação industrial, obteve-se como resultado principal a programação em Ladder, que automatiza a montanha-russa Zyklon Z40. O código Ladder será mostrado na sequência deste capítulo, evidenciando cada parte da programação e descrevendo as partes envolvidas nas linhas do referido programa.

Inicialmente, apresenta-se a Tabela 3 com as entradas do sistema e a Tabela 4 com as saídas do sistema, pois estes endereços foram utilizados para a programação. Eles representam cada equipamento (que atua ou recebe atuação) presente na montanha-russa e, portanto, foram necessários para elaboração da lógica de intertravamento proposta nesse trabalho.

Tabela 3: Entradas da Programação Ladder.

| Entradas | | | |
|------------------|--|-----------------|--|
| Botoeiras | | Sensores | |
| Entrada | Descrição | Entrada | Descrição |
| I01 | Botoeira para liberação do freio da saída (Freio 1) | X01 | Sensor da saída (Sensor 1) |
| I02 | Botoeira para liberação do freio da descida grande (Freio 2) | X02 | Sensor antes do Freio 2 (Sensor 2) |
| I03 | Botoeira para liberação do freio da segunda descida (Freio 3) | X03 | Sensor antes do Freio 3 (Sensor 3) |
| I04 | Botoeira para liberação do freio sobre a plataforma (Freio 4) | X04 | Sensor antes do Freio 4 (Sensor 4) |
| I05 | Botoeira para liberação do freio da terceira descida (Freio 5) | X05 | Sensor antes do Freio 5 (Sensor 5) |
| I06 | Botoeira para liberação do freio da última curva (Freio 6) | X06 | Sensor antes do Freio 6 (Sensor 6) |
| I07 | Botoeira para liberação do freio de chegada (Freio 7) | X07 | Sensor da chegada (Sensor 7) |
| I08 | Botoeira para emergência | X08 | Sensor de pressão de ar |
| I09 | Botoeira para liberação do Sistema | X0B | Sensor que liga a contatora do motorreductor da saída |
| I0B | Botoeira para ligar motor da corrente | X0C | Sensor que liga a contatora do motorreductor do freio de chegada |
| I0C | Botoeira para desligar motor da corrente | | |

Tabela 4: Saídas da Programação Ladder.

| Saídas | | | | | |
|------------|---|-------------------|--|-------------------|--|
| Válvulas | | Luzes Indicativas | | Chaves Magnéticas | |
| Saída | Descrição | Saída | Descrição | Saída | Descrição |
| Y01 | Válvula de acionamento do freio da saída (Freio 1) | Y08 | Luz indicativa de liberação do Freio 6 | Q01 | Contatora do motor da corrente (Primeira) |
| Y02 | Válvula de acionamento do freio da descida grande (Freio 2) | Y09 | Luz indicativa de liberação do Freio 5 | Q02 | Contatora magnética do motor da corrente (Segunda) |
| Y03 | Válvula de acionamento do freio da segunda descida (Freio 3) | Y0A | Luz indicativa de liberação do Freio 4 | Q03 | Contatora do motor da corrente (Contato Fechado) |
| Y04 | Válvula de acionamento do freio sobre a plataforma (Freio 4) | Y0B | Luz indicativa de liberação do Freio 3 | Q04 | Contatora do motoredutor da saída |
| Y05 | Válvula de acionamento do freio da terceira descida (Freio 5) | Y0C | Luz indicativa de liberação do Freio 2 | Q05 | Contatora do motoredutor da chegada |
| Y06 | Válvula de acionamento do freio da última curva (Freio 6) | Q07 | Luz indicativa para avisar que os freios estão aptos a serem liberados | | |
| Y07 | Válvula de acionamento do freio de chegada (Freio 7) | Q08 | Luz de emergência | | |

Como forma de facilitar a compreensão do projeto a Figura 10 traz um fluxograma demonstrando as etapas a serem percorridas pelos carros da montanha-russa Zyklon Z40. Nesse está à disposição dos freios e sensores de acordo com os setores predeterminados no projeto.

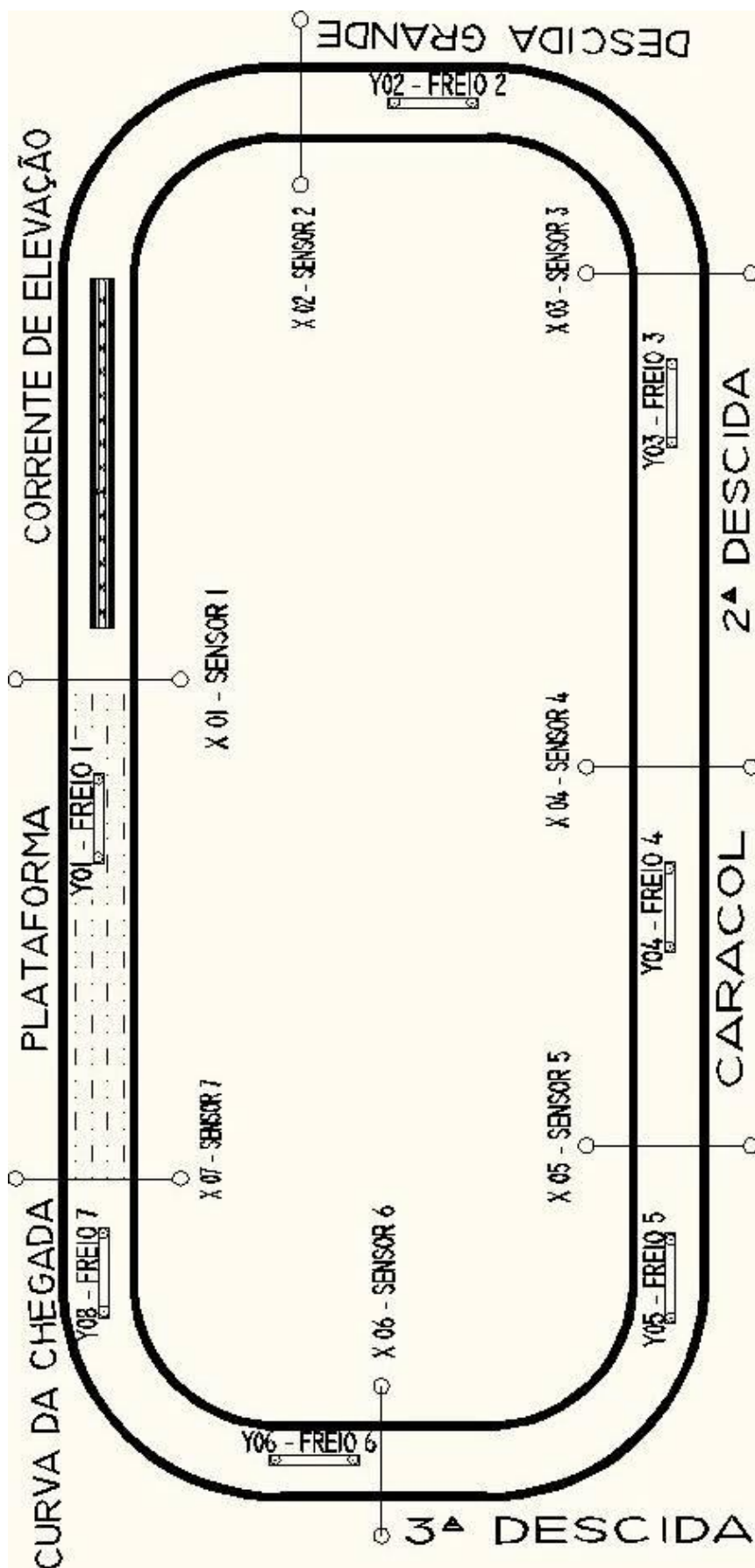


Figura 10: Fluxograma demonstrativo do circuito da montanha-russa Zyklon Z40.

Na Figura 11, têm-se a programação Ladder da partida estrela-triângulo para o motor da corrente de elevação.

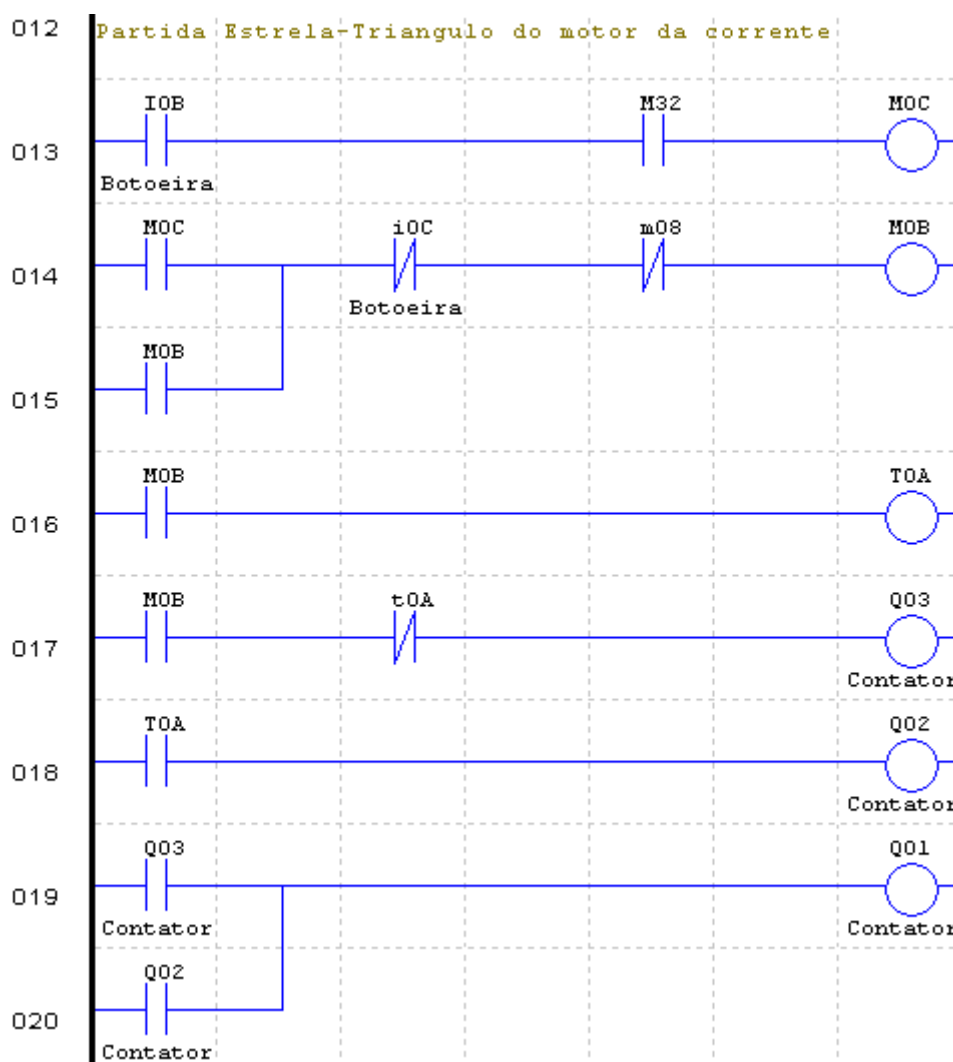


Figura 11: Programação Ladder da partida estrela-triângulo para o motor da corrente de elevação.

Nota-se inicialmente um intertravamento do botão que liga o motor (I0B), sendo estes a flag m08 que representa a emergência, que no caso está barrado. Logo se esse a emergência é acionada o motor está impossibilitado de ligar. Já a flag M32 refere-se a seqüência de liberação do sistema da montanha-russa, onde ele só é acionado após a Freio 2 ser liberado. Por fim, tem-se o botão de desligamento i0C, que ao ser acionado corta a realimentação da flag M0C.

Assim que acionado a flag M0C, a contatora Q01 será ligada e o temporizador T0A disparará, que é um temporizador de retardo de energização, ao ser energizado irá desabilitar a contatora Q03 e habilitar a contatora Q02 ligando assim a “segunda” do motor trifásico.

Na Figura 12, têm-se as linhas de programação que traz o acionamento freio da chegada, do motoredutor de saída e de chegada; que ocorrem de maneira direta sem intertravamentos.

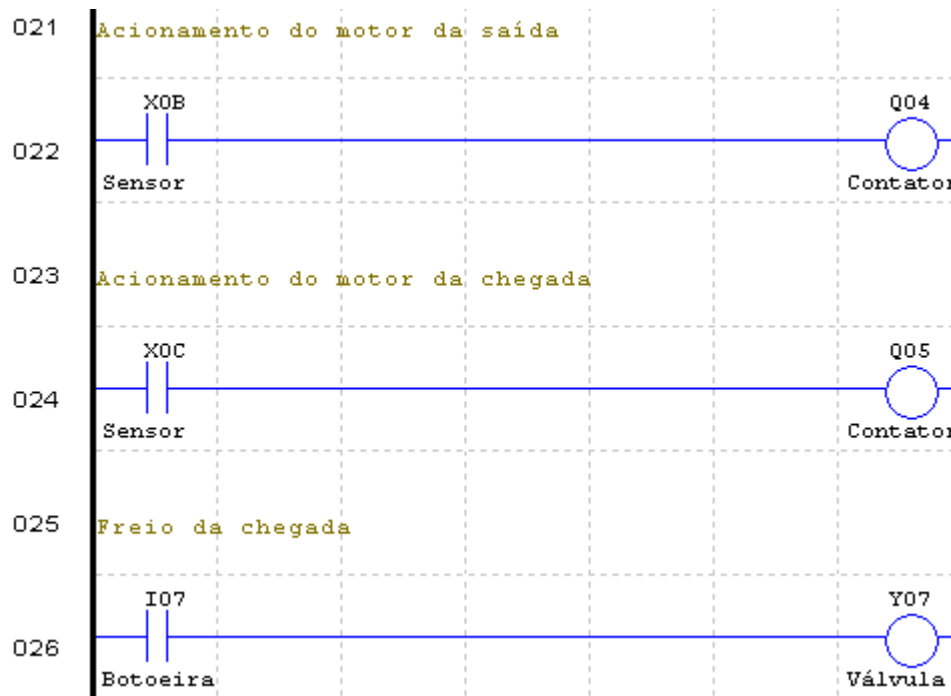


Figura 12: Programação Ladder para os acionamentos do mortoredutor da saída, da motoredutor da chegada e do freio da chegada.

As próximas figuras trarão a lógica para o sistema de freios, começando pela Figura13 que esboça o intertravando para a liberação do freio de saída (Y01).

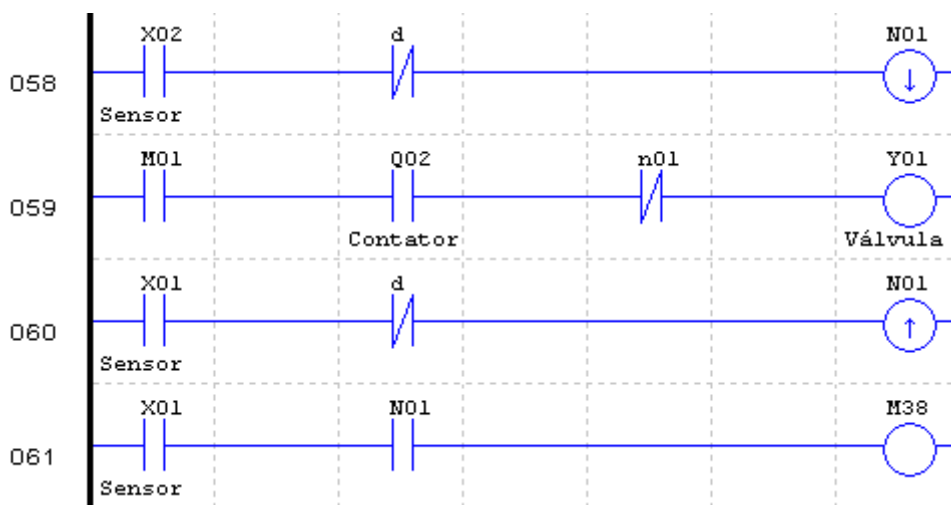


Figura 13: Programação Ladder para a liberação do freio de saída.

A flag M01, quando acionada, libera o freio da saída, se a contatora Q02 do motor da corrente de elevação estiver acionada (caracterizando que a corrente esta em funcionamento) e a flag n01 estiver desacionado. Com respeito a flag N01, toda vez que um carro se encontra no setor entre o freio de saída e o Freio 2 este esta setado, pois ao passa pelo sensor X01 a flag N01 é setada e ao passar pelo sensor X02 ele é resetado. Assim quando um carro estiver nesse setor o freio da saída permanecerá fechado, determinado assim a distancia de liberação dos carros para a plataforma, além disso, se algum carro sair mesmo com o freio de saída fechado ao passar pelo sensor X01 e a flag N01 estiver setada, a flag M38 será ligada, acionando conseqüentemente a emergência.

A Figura 14 apresenta uma lógica um pouco diferente da anterior, pois agrega o acionamento dos freios de emergência e monitoramento dos setores para garantir a distância mínima de dois freios entre os carros.

A explicação inicia-se pela linha 054, onde está a saída Y02 que remete na liberação do Freio 2, sendo que esta pode ser ligada pelo temporizador T02 ou pela flag M02. Se a flag M32 estiver setada assume-se que o Freio 2 esta liberado. No caso do temporizador T02, que é do tipo de retardo na desenergização, têm-se a contagem do tempo em que o Freio deve ficar aberto para a passagem de carro, após sua passagem pelo sensor X02. Isso é válido se a flag n02 estiver resetada.

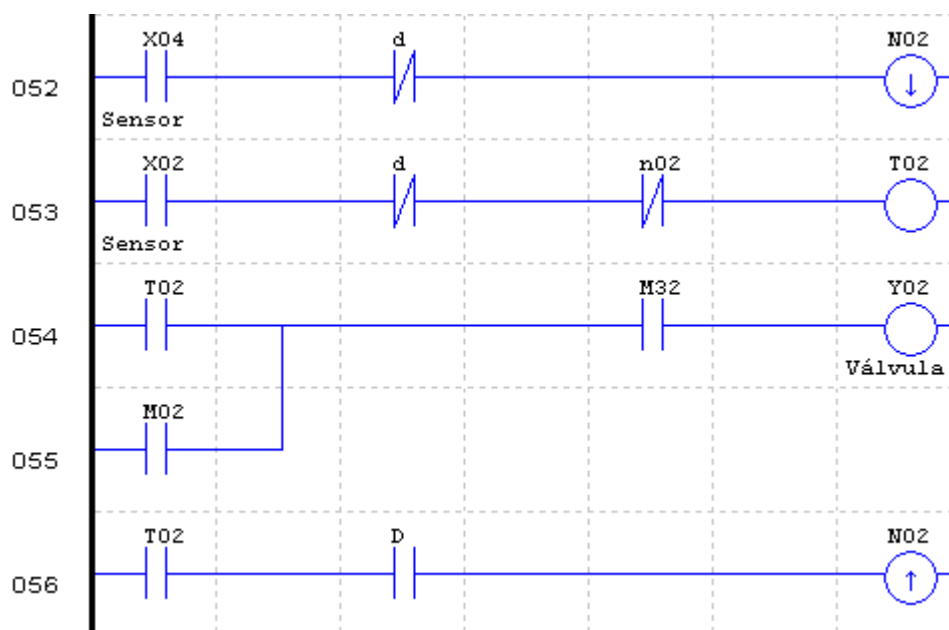


Figura 14: Programação Ladder para a liberação dos freios de emergência, nesse caso em particular para liberação do Freio 2.

A flag N02, temos que este faz o controle do percurso, onde não havendo nenhum carro antes dos dois próximos freios, o freio que ele está monitorando pode ser liberado, mantendo sempre a distância de segurança adotada para o projeto. Esse controle se dá na seguinte forma, logo após a liberação do freio que a flag monitora; ela é setada, ficando neste estado até que o carro passe pelo sensor do segundo freio a frente, caracterizando que o carro cumpriu o trajeto proposto e assim o próximo carro pode entrar nesse setor.

A partir desse ponto a programação Ladder se repete para os demais freios de emergência, trocando apenas as flags, temporizadores e saídas. Isto se dá até o carro cruzar o sensor do freio de chegada, demarcando, portanto, o fim do trajeto da montanha-russa.

Como parte da próxima etapa de explicações sobre a programação Ladder é demonstrado como se deu a solução para o problema do tempo limite que cada carro tem para trafegar por um setor e a solução de emergência caso esse tempo seja extrapolado.

Primeiramente, foram coletados os tempos em segundos que os carros demoram para completar cada setor da montanha-russa Zyklon Z40. Como esses tempo tem uma certa variação foi montado a Tabela 3 para melhorar a base de dados.

Tabela 5: Tempo em segundos de cada setor.

| | Carro 1 | Carro 2 | Carro 3 | Carro 4 | Carro 5 | Carro 6 | Carro 7 | Carro 8 | Média | Desvio Padrão |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|---------------|
| Setor 1 | 33,6 | 34,6 | 34,1 | 33,7 | 33,7 | 34,1 | 33,4 | 33,3 | 33,81 | 0,42 |
| Setor 2 | 12,17 | 11,9 | 12,1 | 12,0 | 11,9 | 11,5 | 12 | 12,2 | 12,03 | 0,33 |
| Setor 3 | 16,1 | 16,4 | 15,5 | 15,6 | 16,1 | 16,1 | 16,3 | 16,3 | 16,01 | 0,30 |
| Setor 4 | 5,8 | 5,3 | 5,4 | 5,5 | 5,2 | 5,7 | 5,2 | 5,2 | 5,41 | 0,23 |
| Setor 5 | 3,5 | 3,2 | 3,8 | 3,3 | 3,3 | 3,8 | 3,6 | 3,6 | 3,54 | 0,23 |
| Setor 6 | 8,6 | 7,7 | 8,8 | 9,0 | 9,3 | 9,1 | 8,6 | 8,2 | 8,66 | 0,51 |

Analisando a tabela, observa-se que nenhuma variação de tempo de um carro para outro num determinado setor foi maior que 2 segundos, assim foi possível trabalhar com uma margem de tempo pequena para observar o comportamento de um carro defeituoso (mais lento que os demais ou que esteja parado no meio do percurso). Considerando o maior tempo coletado em cada setor e somando dois segundos sobressalentes, tem-se uma padronização

para os tempos de cada setor já com uma margem superior de tempo. Assim cada setor ficou com o seguinte tempo relacionado:

- Corrente de Elevação (Setor 1): 36,6 s
- Descida Grande (Setor 2): 14,2 s
- Segunda Descida (Setor 3): 18,4 s
- Caracol (Setor 4): 7,8 s
- Terceira Descida (Setor 5): 5,8 s
- Curva da Chegada (Setor 6): 11,3 s

Outra observação importante fornecida pela Tabela 3, é que o tempo decorrido da liberação de um carro para pista ate a liberação do próximo é sempre maior que a soma dos tempos de dois setores, eliminado o primeiro setor, fato que permite que carro percorra a distância de segurança de dois freios de emergência antes que o próximo carro chegue até o sensor que demarca que está entrando no setor coberto por esses freios.

Com essa base de tempo elaborou-se a programação Ladder da Figura 15. Ao passar pelo sensor X01, a flag M11 é setada e assim o temporizador T11 (tipo de retardo de energização) é disparado e caso a flag M11 não seja resetada ao passar pelo sensor X02, o temporizador irá emitir sinal alto na saída e a emergência será acionada.

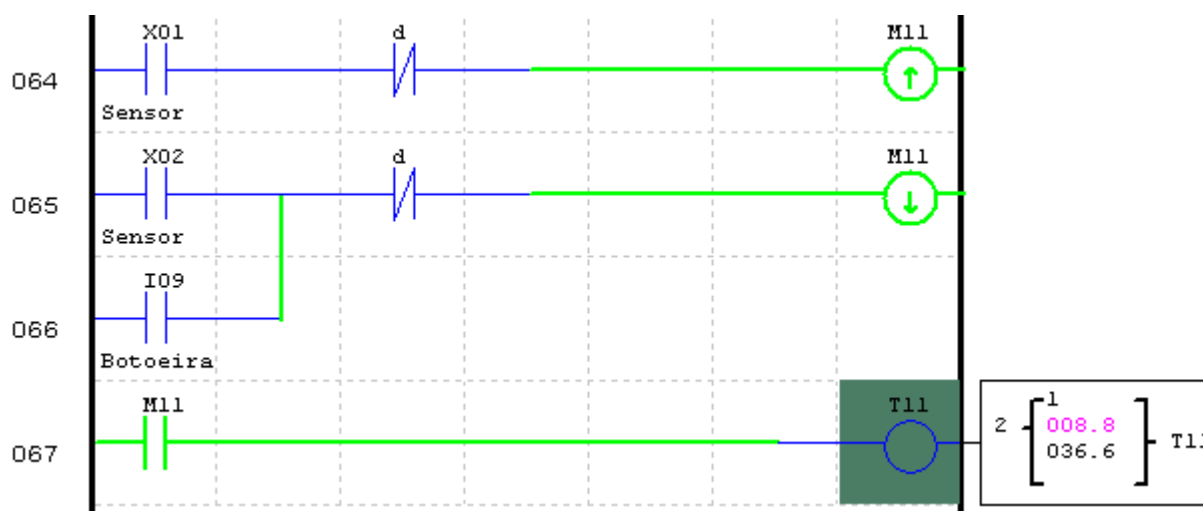


Figura 15: Programação Ladder sobre o tempo limite para cada setor, nesse caso em particular para o Setor 1.

Supondo que, com a emergência acionada, os carros estejam parados e não haverá passagem pelos sensores, a flag M11 não será resetada acarretando um estouro do temporizador, fazendo com que a emergência fique acionada. Logo, foi criada uma função lógica OU, onde o botão de liberação do sistema I09 pode resetar a flag M11 e desacionar a emergência.

Essa lógica se estende para os demais setores, sendo que apenas o botão I09 é mantido inalterado, já as outras variáveis são substituídas pelas presentes no determinado setor a ser monitorado.

Agora será mostrada a programação Ladder para realizar a liberação parcial dos freios de emergência, como enunciada na seção 2.1. Essa programação está apresentada nas Figuras 16 e 17.

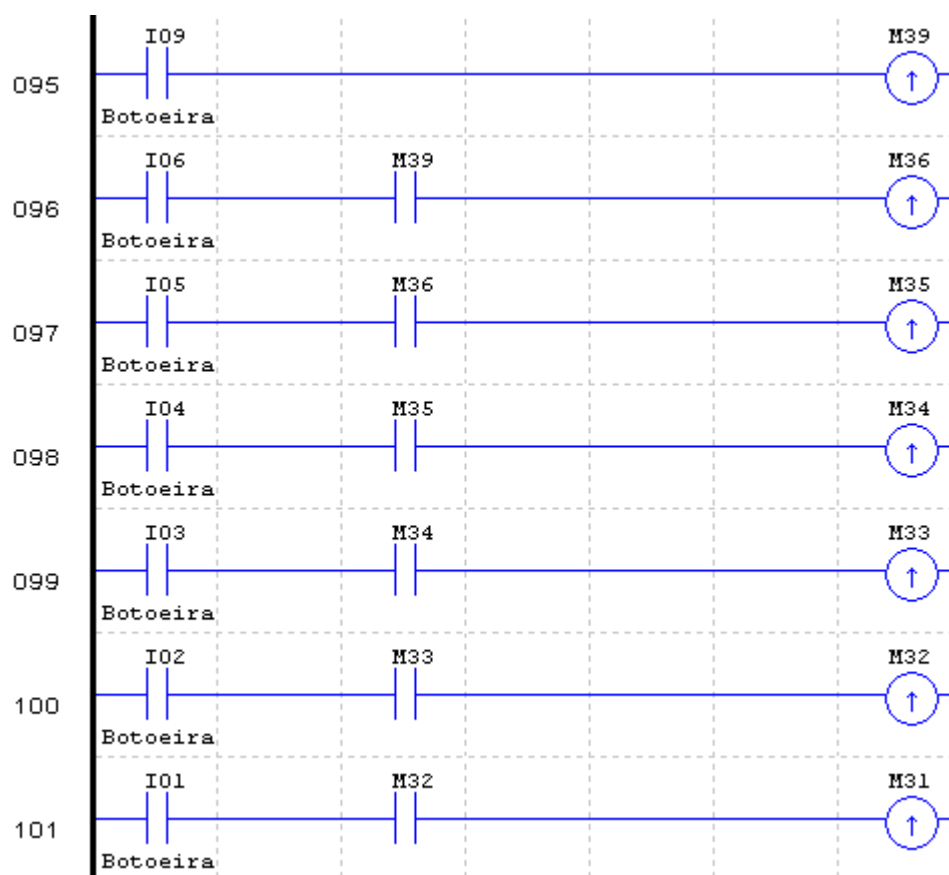


Figura 16: Programação Ladder para seqüência de liberação dos freios de emergência.

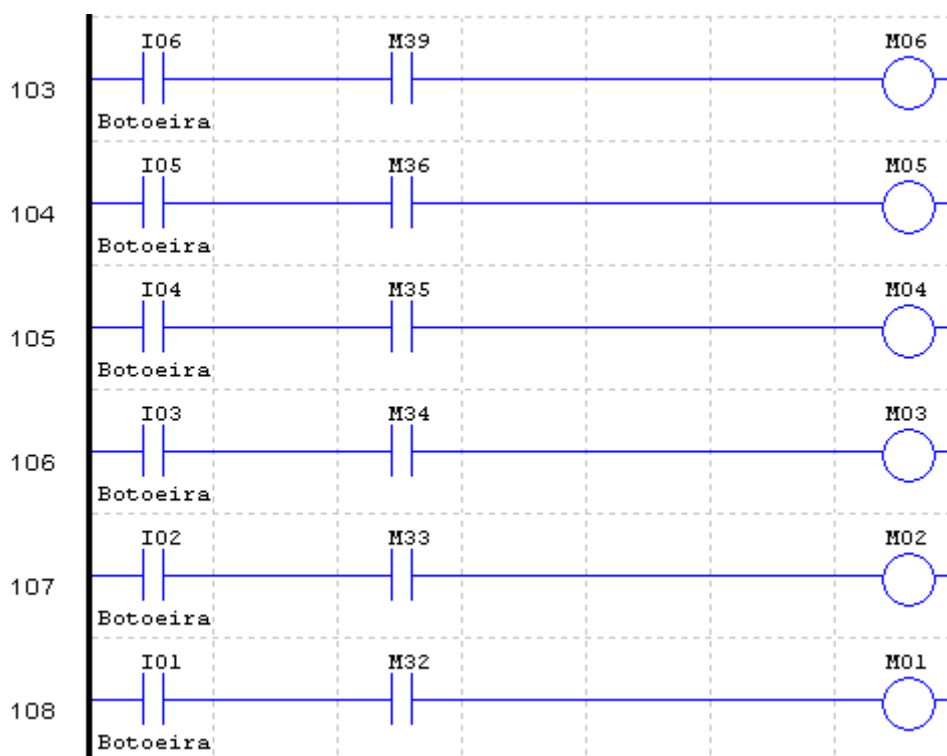


Figura 17: Programação Ladder para seqüência de liberação dos freios de emergência.

Lembrando que ao ligar o CLP, as flags M39 a M31 estão resetadas e assim os botões de acionamento dos freios I06 ao I01 estão impossibilitadas de acionar as flags M06 a M01 (devido à lógica apresentada na Figura 22) responsáveis pela liberação dos freios Y01 ao Y06. Logo para ocorrer essa liberação deve-se iniciar setando a flag M39 através do botão I09, que é o botão de liberação do sistema, e a partir desse, setar a flag M36 através do botão I06, até que o sistema de freios esteja todo liberado para operação. Vale observar que essa liberação só ocorre nessa ordem, qualquer outra ação será descartada pela lógica.

No caso do processo de emergência ser acionado, a flag M08 irá resetar as flags M39 a M31 travando os freio de emergência e o freio da saída da montanha-russa, parando o funcionamento da mesma. Essa lógica vem representada na Figura 18.

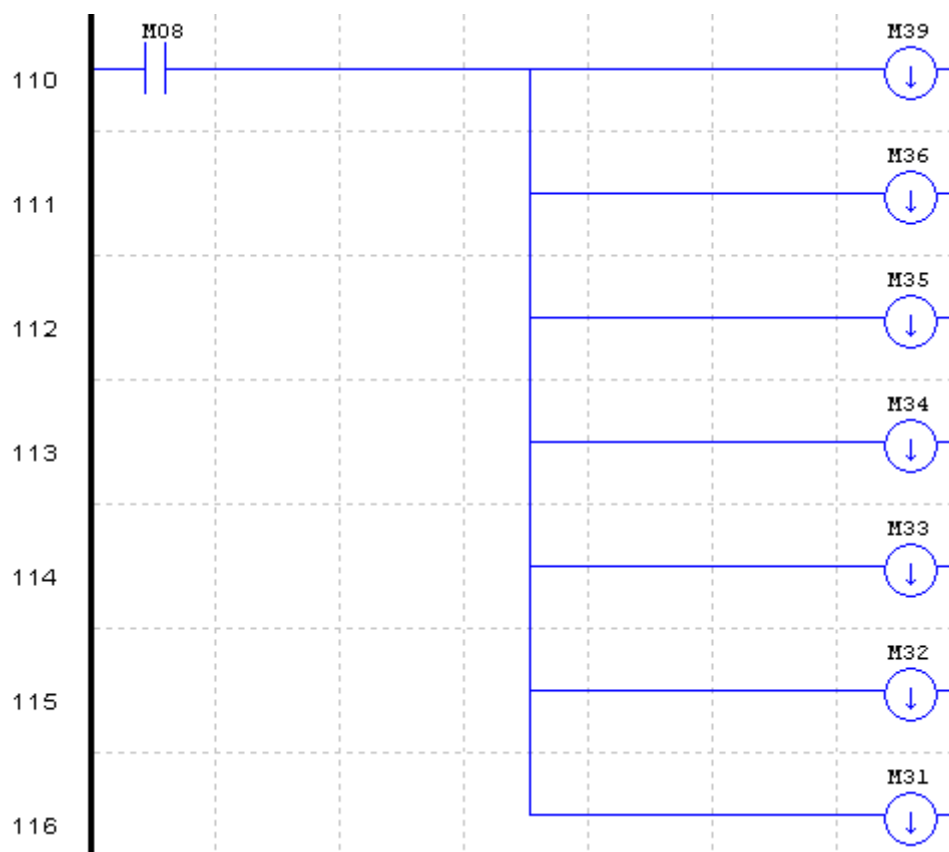


Figura 18: Programação Ladder travamento dos freios de emergência através da flag M08 que indica o acionamento da emergência.

Da mesma forma que os freios foram liberados quando o CLP foi ligado o processo de liberação segue do mesmo modo para o travamento dos freios via acionamento da emergência.

Agora são apresentados todos os eventos que podem acarretar o acionamento da emergência através da Figura 19, que traz as flags, botões e sensores que estão conectados a flag M08 já descrito acima como sendo o responsável pelo intertreamento das lógicas propostas para automatização da montanha-russa.

Começado pelo contato I08 que é o botão de emergência, assim que pressionado ele aciona a flag M08, em seguida, vem o contato NF x08 que representa o sensor de pressão de ar, o qual fornece sinal lógico baixo quando a pressão de ar está em um nível menor que o adotado para o funcionamento da montanha-russa, mantendo, portanto, o estado de emergência acionado. Para os contatos T11 ao T16, tem-se os temporizadores que contam o tempo que os carros levam para atravessar cada setor. Se este tempo estourar o temporizador fornecerá sinal alto, acionando a flag M08. Por fim, tem-se a flag M38, que ao ser acionada indica a presença de dois carros no primeiro setor, acionando a emergência.

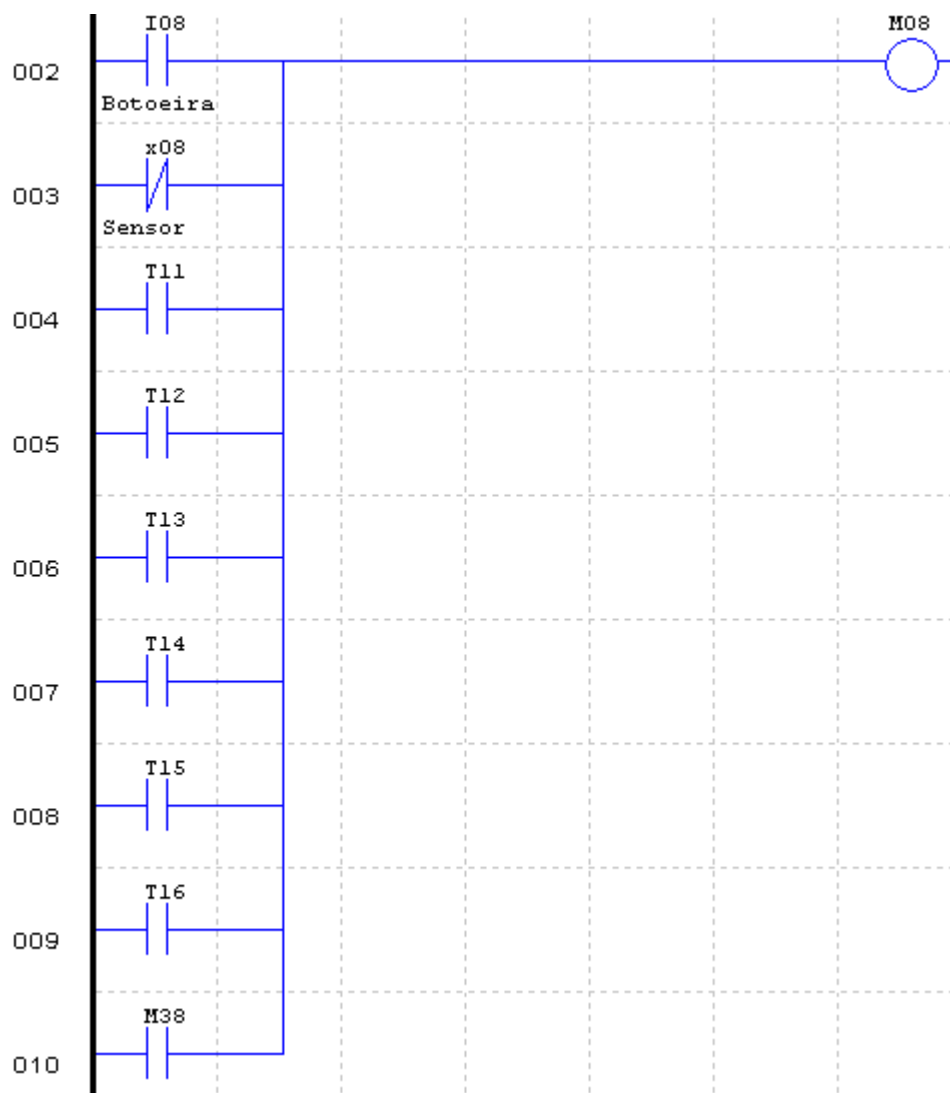


Figura 19: Programação Ladder responsável pelo acionamento da emergência.

Para encerrar a programação Ladder implementada para automatizar a montanha-russa Zyklon Z40, tem-se a lógica mostrada nas Figuras 20, 21 e 22. Nessas figuras temos os flags que acionam as luzes indicativas para monitoramento do funcionamento da montanha-russa. Na Figura 20, a flag M08 aciona a luz de emergência; na Figura 21, a flag M39 aciona a luz geral, e, na Figura 22, a flag M36 aciona a luz que indica a liberação do Freio 6, a flag M35 aciona a luz que indica a liberação do Freio 5, a flag M34 aciona a luz que indica a liberação do Freio 4, a flag M33 aciona a luz que indica a liberação do Freio 3 e a flag M32 aciona a luz que indica a liberação do Freio 2.

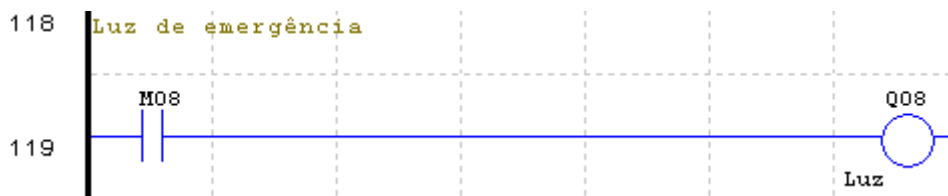


Figura 20: Programação Ladder para o acionamento da luz de emergência.

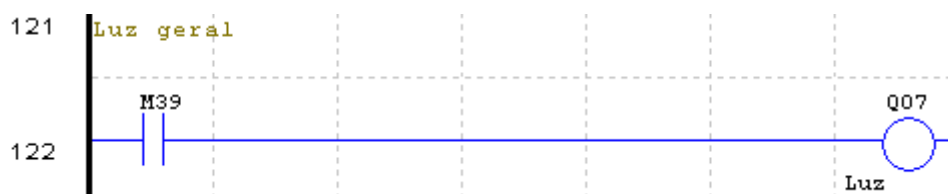


Figura 21: Programação Ladder para o acionamento da luz geral.

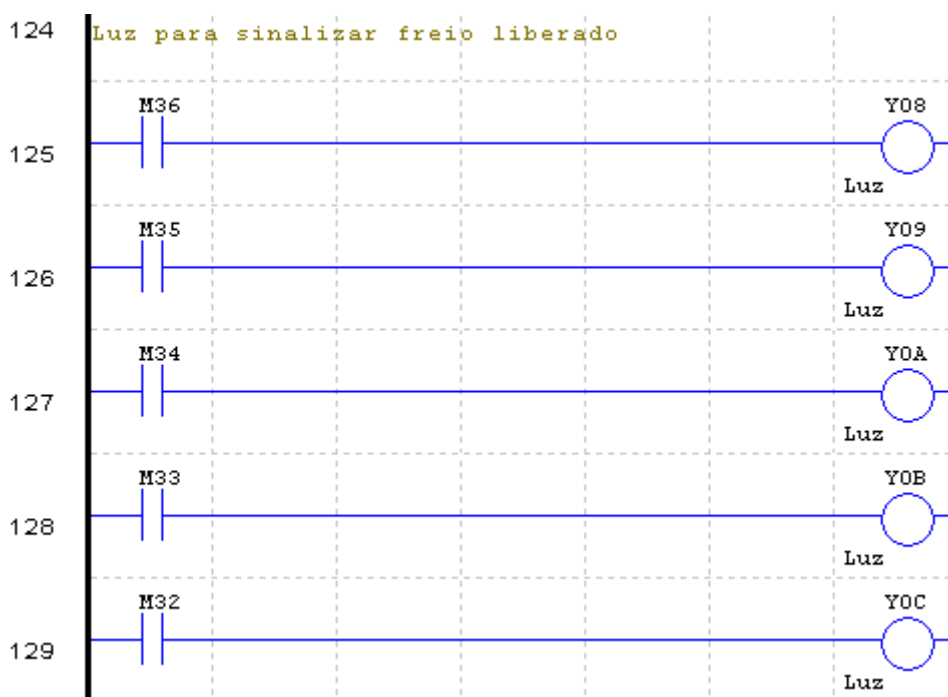


Figura 22: Programação Ladder para o acionamento das luzes que sinalizam a liberação dos freios de emergência.

Após uma coleta dos tempos de liberação de carros na montanha-russa Zyklon Z40 obteve-se uma média de 45,84 segundos entre um carro e outro, isso resulta num fluxo de 314 passageiros por hora. Comparando com a média obtida no projeto que é de 33,81 segundos, que fornece um fluxo de 428 passageiros por hora, tem-se um aumento de 35,65 %.

4 Conclusões

Este trabalho, apresenta uma proposta de implementação, através de um CLP programado com lógica Ladder, para automação e controle de uma montanha-russa modelo Zyklon Z40. Logo, algumas considerações foram levantadas, sendo uma delas, a falta de material bibliográfico referente ao assunto.

O controlador lógico programável adotado para o projeto atendeu as expectativas, e devido à disponibilidade deste no laboratório de automação industrial da instituição testes através de simulações em bancada comprovou sua eficiência.

O projeto consistiu em estudar todos os manuais, diagramas elétricos e formas de operação da Zyklon Z40 e conseguiu-se, a partir destes dados, verificar todos os motores, sistema de alimentação pneumática e elétrica da mesma. Com essas informações, em paralelo com as disciplinas de graduação que tratavam de automação industrial, tornou-se possível a elaboração da programação Ladder. Concluiu-se que o programa criado se adequou à proposta deste trabalho, ou seja, a montanha-russa Zylon Z40 poderá operar com maior segurança respeitando as condições importas ao projeto graças ao monitoramento contínuo fornecido pelo CLP, e decorrente deste, o intervalo de liberação dos carros pode ser reduzido de 45,84 segundos para 33,81 segundos, aumentando o fluxo de passageiros em 35,65% por hora.

Portanto, fica claro que os objetivos previamente dispostos foram atingidos com eficiência, sendo este projeto totalmente funcional, e confirma-se a possibilidade que este trabalho seja futuramente implementado para a automatização das montanhas-russas modelo Zyklon Z40, colaborando assim com a segurança nos parques de diversões.

Referências Bibliográficas

- [01] NATALE, F. *Automação Industrial*. 8a Edição. São Paulo: Editora Érica, 2006.
- [02] Disponível em: <<http://www.pinfari.com>> . Acesso em: 12 jun. 2012.
- [03] Negri, J. *Sistemas hidráulicos e pneumáticos para automação e controle*. Disponível em: <<http://www.laship.ufsc.br/PDF/ApostilaPDF/>>. Acesso em: 24 out. 2011.
- [04] WEG. *Micro Controlador Programável*. CLIC-02, Manual do Usuário.
- [05] Disponível em: <<http://www.norgren.com.br/>> . Acesso em: 17 jan. 2012.
- [06] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15926**: Equipamentos de parques de diversão.
- [07] ANTONELLI, P. L. *Apostila de Introdução aos Controladores Lógicos Programáveis (CLPs)*. Apostila de Curso de CLP Básico. 1998.
- [08] RUBIO, M. G. *Curso de Introdução à Instrumentação em Engenharia Módulo Básico*. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. 2000.
- [09] Disponível em: <<http://www.sense.com.br>>. Acesso em 18 out. 2012.
- [10] Disponível em: < <http://www.cbmr.com.br/>>. Acesso em 3 out. 2012.
- [11] Disponível em: < <http://www.ultimaterollercoaster.com>>. Acesso em 6 out. 2012.
- [12] CAPUANO, F. G.; IDOETA, I. V. *Elementos De Eletronica Digital*. [S. l.]: Editora Érica. 1984.
- [13] CATRUCCI, P.; MORAES, C. C. *Engenharia de Automação Industrial*. 2ª Ed. São Paulo: Editora LTC, 2007.
- [14] LEWIS, R.W. *Programming industrial control system using IEC 1131-3 - IEC Control*. IEE Control Eng. Series 50, 1997.