

Proposta de uso do *software* *CADeSIMU*® como ferramenta didática no ensino de comandos elétricos e controladores lógicos programáveis

Otávio Feitosa Silva
Graduando em Engenharia Elétrica
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
ofeitosa94@gmail.com

Herick Talles Queiroz Lemos
Centro de Engenharias – CE
Univeridade Federal Rural do Semi-Árido
herick.lemos@ufersa.edu.br

Resumo— Os comandos elétricos possuem um papel importante no acionamento de máquinas e automação de processos nas indústrias. Dada a relevância desse tema para a formação do profissional de engenharia, este artigo apresenta uma proposta de utilização do *software* *CADeSIMU*® como ferramenta didática para o ensino de comando elétricos e controladores lógicos programáveis (CLPs), com ênfase nas chaves de partida de motores elétricos: direta simples, direta com reversão e estrela-triângulo. Nas simulações propostas, cada tipo de partida foi implementada utilizando-se duas metodologias. Na primeira, a chave foi implementada utilizando-se sua montagem clássica, cuja lógica de acionamento do circuito de comando é baseada no intertravamento de contatos auxiliares de contatores; e, na segunda, a lógica de acionamento do circuito de comando da chave foi programada em um CLP usando a linguagem *ladder* e diagrama de blocos de função (FDB).

Palavras-chave— *CADeSIMU*®, comandos elétricos, controladores lógicos programáveis e partida de motores.

I. INTRODUÇÃO

Constantemente engenheiros eletricitistas são designados para projetar, executar e até vistoriar equipamentos e seu funcionamento, o que torna de suma importância o conhecimento prático acerca do material utilizado no exercício de sua profissão. Dessa maneira, aulas práticas no ensino da engenharia podem ser um diferencial para a atuação do profissional no mercado de trabalho[1].

O seguimento de comandos elétricos está presente de forma maciça nas indústrias. Dessa forma, faz-se necessário que o aluno de engenharia elétrica tenha conhecimento sobre essa área, pois caso esteja exercendo a função de engenheiro no futuro e depare-se com um problema relacionado ao assunto, de modo que, quando engenheiro, possua conhecimento suficiente para tomar as decisões corretas em relação a manutenção, manuseio e orientação de sua equipe [2].

Um dos principais tópicos relacionados a comandos elétricos, é a partida de motores elétricos. Em uma partida direta de um motor de indução trifásica, a sua corrente de acionamento pode chegar a 10 vezes a corrente nominal de funcionamento. Tendo esse problema em vista, foram desenvolvidas manobras de ligação e funcionamento destas máquinas, de forma a reduzir os problemas decorrentes desse pico de corrente [3].

Buscando melhorar ainda mais as operações de motores, além dos métodos de partida, fez-se necessário a otimização desses processos para que sejam mais rápidos, flexíveis e seguros. Na busca desses objetivos, os processos manuais antes usados para realizar esses acionamentos, foram substituídos gradativamente por comandos automáticos, compostos por sensores, atuadores ou dispositivos programáveis. Esse processo de automação fez com a presença do operador em cada etapa do processo fosse desnecessária, visto que o equipamento controlador toma as decisões de acordo com o que é visto pelos atuadores, sensores ou programação [4].

Devido ao alto preço de equipamentos de estudo práticos, faz-se necessário a busca por uma forma alternativa de aprendizado de comandos elétricos. O uso de *softwares* de simulação mostra-se como uma maneira de minimizar esse problema a curto prazo e de forma eficiente, promovendo uma noção básica sobre comandos elétricos [5].

Neste sentido, o presente trabalho apresenta uma proposta de utilizar o *software* *CADeSIMU*® como ferramenta didática de estudo para comandos elétricos e controladores lógicos programáveis (CLP), com ênfase nas partidas de motores elétricos direta simples, direta com reversão e estrela-triângulo.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

Para realizar as simulações das partidas elétricas é necessário antes ter conhecimentos sobre alguns conceitos e equipamentos utilizados nos comandos elétricos.

A. CADeSIMU®

O CADeSIMU® é um *software* gratuito de simulação de acionamentos elétricos e comandos elétricos que permite reproduzir esquemas de comando e força para partidas de motores elétricos. O *software* possui uma grande biblioteca de dispositivos que possibilitam realizar inúmeros acionamentos e ainda observar o estado de cada componente durante a operação. Em caso de algum erro na ligação, o programa irá executar uma procura por curtos-circuitos e ligações em aberto a serem corrigidas [16]. A Figura 7 apresenta a interface do *software* e destaca numericamente a função de cada conjunto barra de comandos.

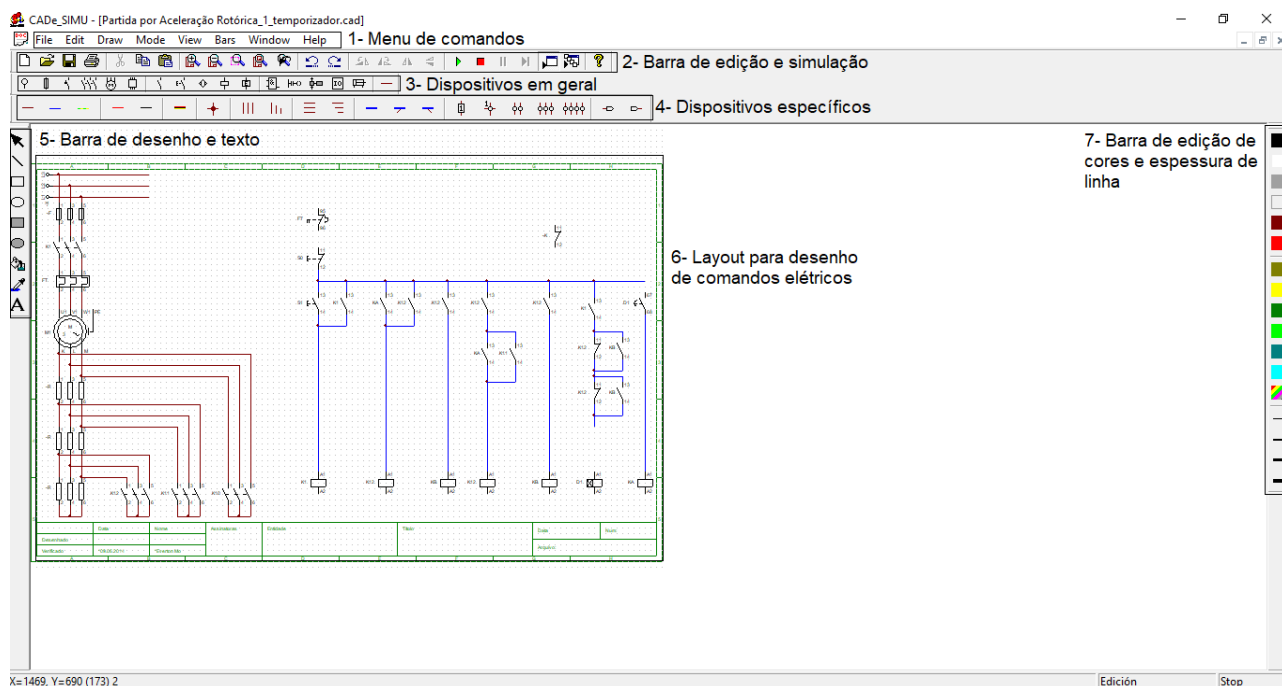


Figura 7: Interface explicada do *software* CADeSIMU®. FONTE: Autoria própria.

No *software* também é possível utilizar um CLP para o circuito de comando, onde sua programação é escrita dentro do próprio *software*, funcionando para linguagem *ladder* ou em diagrama de blocos.

B. Comandos elétricos

Comandos elétricos são dispositivos elétricos ou eletrônicos usados para realizar o acionamento de motores ou outros equipamentos elétricos, permitindo o controle sobre o funcionamento dessas máquinas e proteção contra manuseio equivocado, preservando a integridade do operador e das máquinas [6].

Para montagem de um esquema de acionamento elétrico, é necessário conhecimento a respeito do funcionamento de cada equipamento individualmente, além da representação em desenhos e função a ser executada dentro do conjunto [7]. Os principais componentes são:

- **Botoeira:** A botoeira tem a função de acionamento de motores, seja para controle de energização ou operação de manobra. Existem diversos modelos de botoeiras, podendo variar em relação ao formato, cor, quantidade e tipos contatos e proteção do operador [7].
- **Contator:** É um dispositivo eletromecânico usado para ligar ou desligar à distância o circuito do motor. É constituída por uma bobina que, quando excitada, cria um campo magnético em seu núcleo fixo que atrai o núcleo móvel, de forma a fechar o circuito. Ao extinguir a excitação, o campo magnético se desfaz, abrindo o circuito. Dentro do contator, existem os contatos principais e os auxiliares. Os principais são mais robustos e suportam uma carga mais elevada. Os contatos auxiliares são usados para sinalizações e comando do circuito do motor. Esses contatos podem ser apresentados como NF (normalmente fechado) e NA (normalmente aberto) [8].
- **Relés:** São dispositivos de interrupção eletromecânicos parametrizáveis usados em circuitos de comando e potência, que atuam quando a grandeza que está sendo monitorada atinge um determinado valor programado. Os relés não atuam de forma direta no sistema, eles detectam uma falha e enviam um sinal para outro dispositivo que irá atuar diretamente no sistema. Os relés são geralmente usados em situações de curto-circuito, sobrecarga, variação de frequência ou tensão [9].
- **Fusíveis:** São dispositivos que possuem a função de proteção contra curtos-circuitos. Sua atuação é dada pela fusão de um elemento fusível através do efeito Joule. Este elemento possui um ponto de fusão inferior ao cobre, por exemplo, material este que é normalmente usado em instalações elétricas [8].

- Disjuntores: São dispositivos eletromecânicos com capacidade de interromper circuitos, atuando de forma semelhante aos fusíveis, podendo também funcionar como dispositivo manobra. Seu funcionamento pode ser térmico, magnético ou uma combinação de ambos [8].

Os esquemas de acionamentos elétricos normalmente são representados por diagramas multifilares, dessa forma, se faz necessário conhecer a simbologia que representa cada componente no circuito. A Tabela I apresenta as simbologias literais usadas em esquemas de acionamentos de acordo com a NBR 5280.

TABELA I. Simbologias literais.

Simbologia	Componente	Exemplos
F	Dispositivos de proteção	Fusíveis, para-raios, relés
H	Dispositivos de sinalização	Indicadores acusticos e ópticos
K	Contatores	Contatores de potência e auxiliares
M	Motores	
Q	Dispositivos de manobra para circuitos de potência	Disjuntores, seccionadores, interruptores
S	Dispositivo de manobra, setores auxiliares	Dispositivos e botões de comando
T	Transformadores	

FONTE: Adaptado da NBR 5280.

Outro fator importante para identificação de um circuito de comandos elétricos é a numeração dos contatos e relés, de acordo com as normas NBR 5280 e IEC 113.2.

Para os contatos que representam o terminais de força, a numeração é dada da seguinte forma:

- 1, 3 e 5 = Circuitos de entrada
- 2, 4 e 6 = Circuitos de saída

Para os contatos auxiliares, sua representação numérica é dada por dois dígitos, onde o primeiro indica o número do contato e o segundo indica o tipo, seguindo o padrão abaixo:

- 1 e 2 = Contato NF, sendo 1 a entrada e 2 a saída.
- 3 e 4 = Contato NA, sendo 3 a entrada e 4 a saída.

A Figura 1 ilustra como é feita a numeração para contatos de potencia e contatos auxiliares.

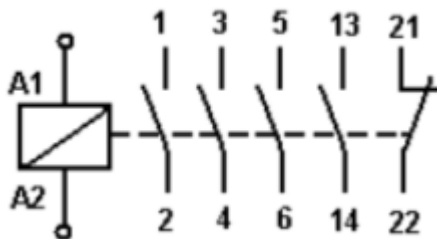


Figura 1. Numeração de um contator de potencia com dois contatos auxiliares. FONTE: Silva,2006.

Relés e contatores tem os terminais de suas bobinas representados por A1 e A2 de acordo com a NBR 5280 e IEC 113.2. Para realizar um esquema de comandos elétricos, faz-se necessário a elaboração de dois circuitos: potência e comando. O primeiro tem a função energização do motor e o segundo de controlar e garantir que as operações sejam realizadas de maneira correta. Existem técnicas usadas em circuitos de comandos que garantem um acionamento seguro de motores. As técnicas de selo e intertravamento são as mais comuns de serem encontradas [10].

- Selo: O selamento é feito pela ligação em paralelo do contato com uma botoeira, de forma a manter a corrente circulando pelo contator, mesmo após o operador ter parado de pressionar o a botoeira. A Figura 2 apresenta um exemplo de selo.

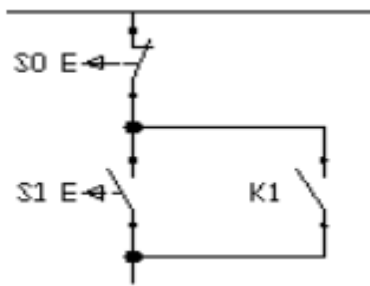


Figura 2. Selo de contator. FONTE: Silva,2006.

- Intertravamento: Caso no circuito existam mais de dois contatores, faz-se necessário o intertravamento para que não ocorram curtos-circuitos indesejáveis. A Figura 3 ilustra um intertravamento.

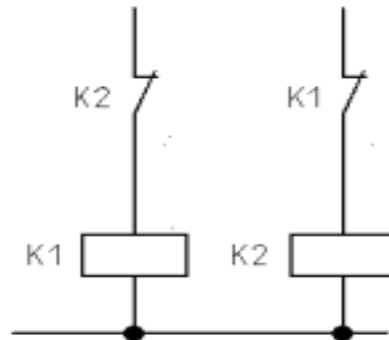


Figura 3. Intertravamento de contatores. FONTE: Silva,2006.

C. Sistemas de partidas de motores

Esquemas de partidas de motores elétricos são realizadas para proporcionar uma série de benefícios tanto para o operador quanto a máquina. Uma série de critérios devem ser levados em consideração ao se adotar um método de partida em um motor, tais como capacidade da instalação e requisitos de carga, assim como o sistema gerador. Normalmente uma partida de motor clássica é composta por dispositivos de proteção contra curto-circuito, seccionamento inteligente, proteção contra sobrecarga, botoeiras, contatos auxiliares entre outros dispositivos [11]. Neste trabalho, três dos principais tipos de partidas são abordados: partida direta, partida direta com reversão de sentido e chave estrela-triângulo.

1) Partida direta simples

É o método mais simples para partida de motores, onde são apenas utilizados os dispositivos básicos necessários para a proteção e a técnica de selamento do circuito [10]. A Figura 4 apresenta o esquema de partida direta.

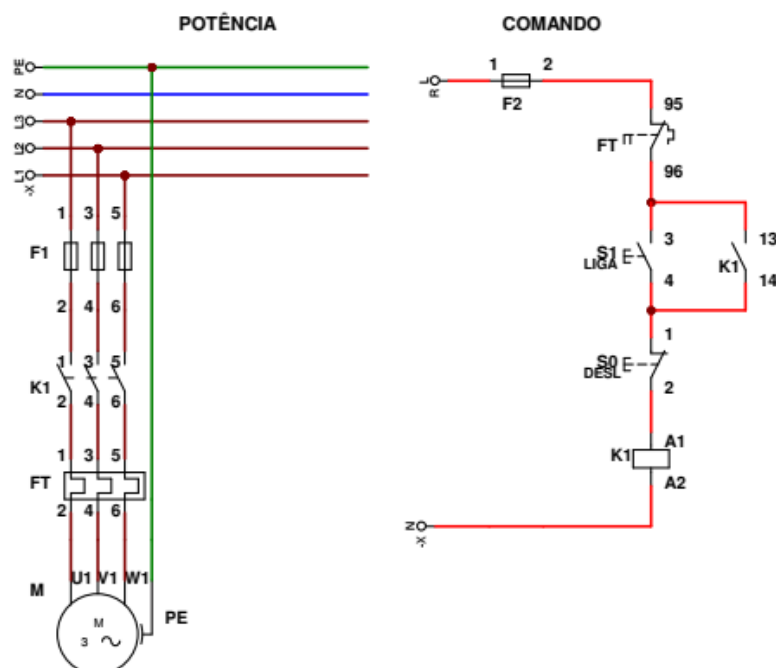


Figura 4: Circuitos de potência e comando para Partida Direta Simples. FONTE: Autoria Própria

2) Partida direta com reversão

Funciona de maneira semelhante a partida direta, adicionando a possibilidade de inversão do sentido de rotação. Inicialmente o motor pode ser ligado em qualquer sentido pelas botoeiras S1 ou S2. Para inverter o sentido de rotação, o circuito deve ser desenergizado pelo acionamento da botoeira S0 ou da botoeira inversa ao sentido que está operando. Em seguida, pressiona-se a botoeira referente ao sentido de rotação desejado [7]. Na Figura 5 é possível observar como é feita a ligação para inversão do sentido, obtida através de dois contatores ligados em paralelo no circuito de força. Na mesma figura também é possível observar a aplicação dos conceitos de selo e intertravamento no circuito de comando.

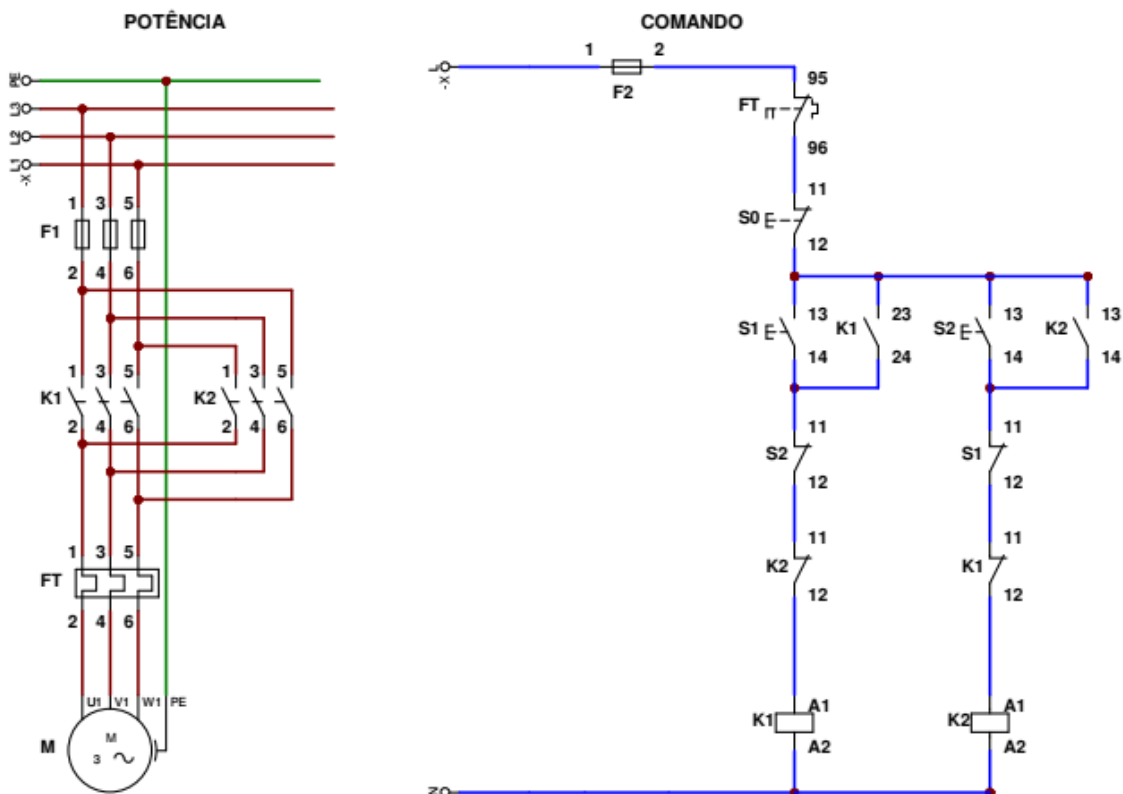


Figura 5: Circuitos de potência e comando para Partida Direta com Reversão. FONTE: Autoria Própria

3) Partida Estrela-Triângulo

Para realizar uma Partida Estrela-Triângulo é necessário um motor com seis terminais, para que sejam manipulados através de 3 contatores. Inicialmente, o motor terá seus terminais ligados em estrela para realizar a partida, de forma a reduzir a tensão de fase e consequentemente a corrente de partida do motor. Após um determinado tempo, é realizada a comutação dos contatos, mudando a ligação dos terminais para triângulo, aumentando a tensão [11]. Esse tempo pode ser determinado por um relé temporizador ou algum dispositivo de controle remoto. A Figura 6 apresenta o circuito de força e de comando para uma partida estrela-triângulo.

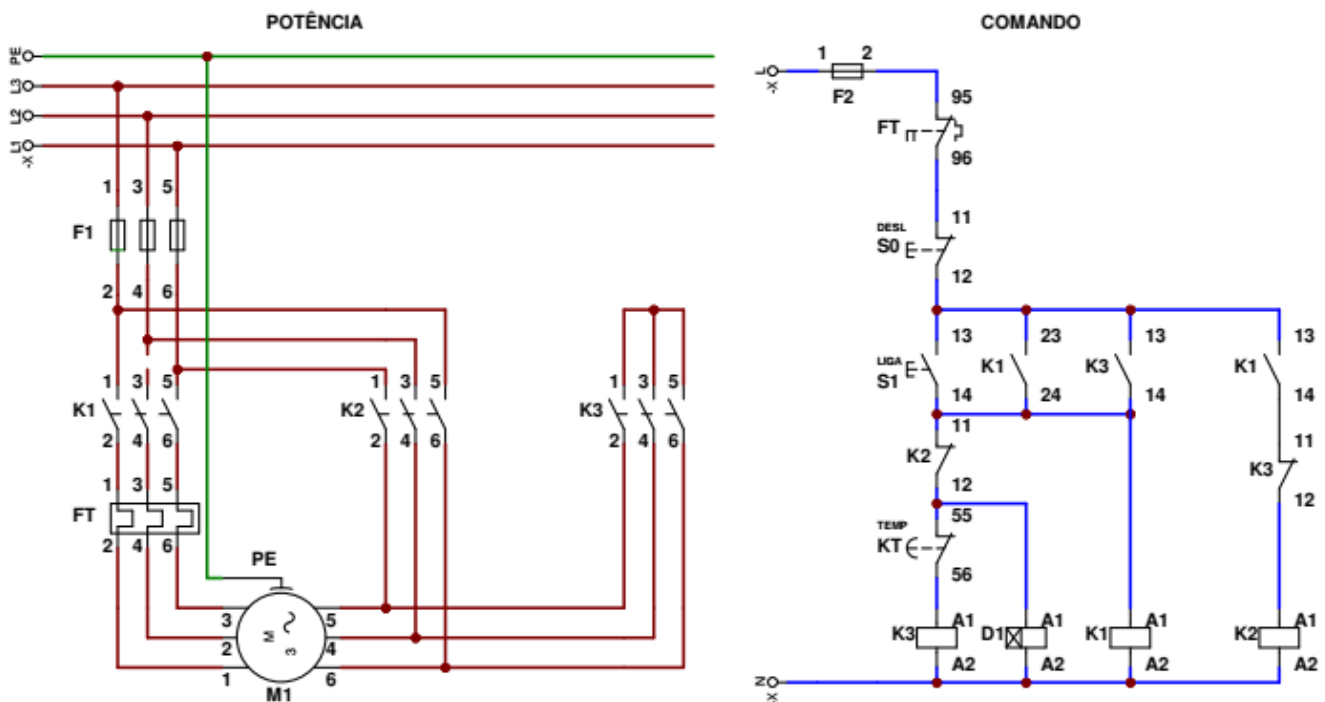


Figura 6: Circuitos de potência e comando para Partida Estrela-Triângulo. FONTE: Autoria Própria

Na Figura 6, o dispositivo representado pela simbologia D1 trata-se de um relé temporizador que irá especificar o intervalo de tempo para a transição da ligação de estrela para triângulo.

D. Controlador Lógico Programável (CLP)

O CLP é um dispositivo digital programável onde são armazenadas instruções de operação controláveis que são implementadas através de entradas e saídas, que podem ser digitais e analógicas. A sua lógica de funcionamento é desenvolvida por *software*, possibilitando o operador controle do acionamento a ser desenvolvido. O principal aspecto a ser levantado acerca do uso de CLP é a possibilidade de controle remoto da operação de processos, otimizando-os e protegendo o controlador contra problemas que podem ocorrer no caso acionamentos manuais [12].

A estrutura básica de uma CLP é formada por entradas e saídas (I/O), CPU (*Central Processing Unit*, em português, Unidade Central de Processamento), memória e entrada de tensão especificada pelo fabricante. A programação de um CLP pode ser realizada em diferentes linguagens, como por exemplo as linguagens *ladder* e diagrama de blocos.

A programação em diagrama de blocos utiliza o conceito de portas lógicas e álgebra Booleana de sistemas digitais onde algumas funções lógicas são usadas para construção de códigos. As funções OR (associação em série), AND (associação em paralelo) e NOT (inversão) e outras funções derivadas são parte da biblioteca para programação em blocos [13].

A linguagem *ladder* também utiliza conceitos de álgebra Booleana, porém a maneira como é escrita difere do diagrama de blocos. O conceito de NA e NF também são utilizados para definir o estado das variáveis de entrada. As variáveis de saídas são tratadas como bobinas que recebem ou não o sinal dos contatos ou das linha de comando formada pela associação de contatos. A escrita do código ocorre por linhas de programação onde as entradas podem ser associadas em série ou em paralelo ligadas a uma saída ou a várias saídas em paralelo [14].

Um *software* é usado para escrever o código de programação que irá conter as instruções de operação requeridas pelo operador, e são enviados da máquina que contém o *software* para o CLP através de um cabo serial de dados. Essas instruções enviadas para o CLP irão ser repassadas para suas entradas e saídas ou salvas em sua memória [12,15].

III. IMPLEMENTAÇÃO DOS ACIONAMENTOS ELÉTRICOS NO CADESIMU®

As partidas em estudo neste trabalho foram implementadas no *software* CAdESIMU®, onde foram reproduzidos os circuitos de força, circuitos de comando e programação de cada partida a partir das ferramentas fornecidas pelo *software*. Na simulação, os diagramas de força foram representados da mesma forma do referencial teórico, enquanto que os circuitos de comando foram implementados no CLP. Os dispositivos necessários para operação de comando foram conectados nas entradas e saídas do CLP, tendo como base os dispositivos apresentados nos circuitos de comando do referencial teórico. Nas simulações também é possível observar como são feitas as alimentações tanto do CLP como dos próprios dispositivos conectados a ele.

A programação lógica também foi escrita dentro do CAdESIMU®, abordando as linguagens de programação *ladder* e diagrama de blocos, disponibilizadas pelo *software*. Para elaboração dos códigos de programação, as variáveis de entrada e saída do CLP foram as mesmas para as duas linguagens, facilitando a assimilação das programações. É importante observar a identificação e a ligação correta de cada variável para que a simulação possa ser realizada de forma correta.

A. Partida Direta Simples

A Figura 8 apresenta como foi feita a conexão dos dispositivos nas entradas e saídas do CLP para partida direta simples. Para ser ligado na simulação, o CLP necessita ser alimentado na entrada LML+ e conectado a um cabo neutro na entrada NM. O disjuntor presente na alimentação atua como proteção para o CLP. Todas as entradas e saídas do CLP também necessitam ser alimentadas e os componentes ligados as saídas devem ser conectados com o neutro. Essa lógica de energização é seguida para todas as simulações deste trabalho. As botoeiras de energização S0 (NA) S1(NF) e o contato auxiliar do relé térmico FT (NF) foram conectados na entrada, enquanto o contato auxiliar de K1 e o sinalizador de operação H1 foram conectados na saída.

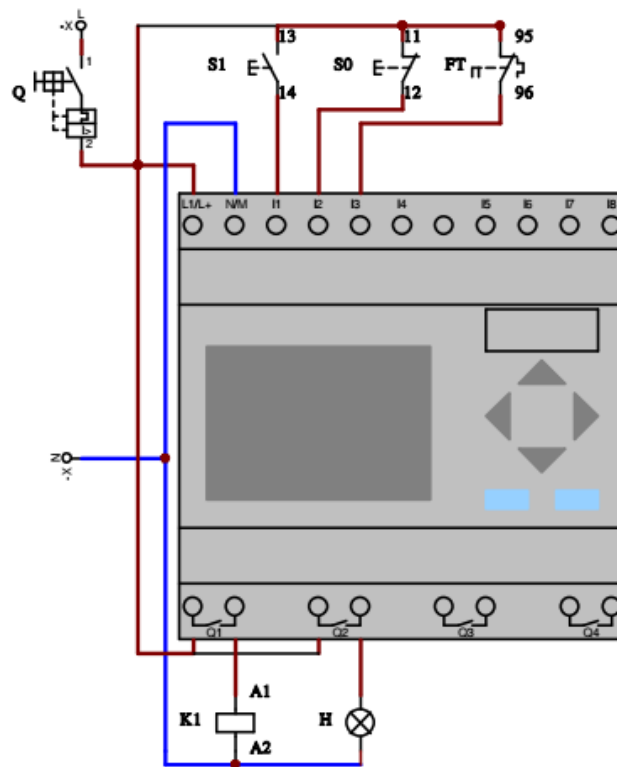


Figura 8: Circuito de comando para partida direta simples comandada por CLP. FONTE: Autoria Própria.

1) Programação em diagrama de blocos

Tendo como base as entradas e saídas especificadas pela ligação do circuito de comando da Figura 8, foi escrita a programação em diagrama de blocos para a partida direta simples apresentada na Figura 9 a seguir.

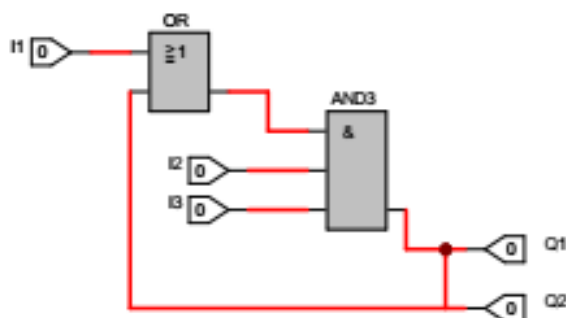


Figura 9: Programação de uma partida direta simples em diagrama de blocos. FONTE: Autoria Própria.

A partida do motor é dada pelo acionamento da entrada I1. O selo necessário para manter o funcionamento da partida foi feito pela conexão do sinal de saída da porta AND3 na porta OR, sendo assim, uma vez acionado, essa realimentação manterá o sistema operacional até que haja um comando de desligamento nas entradas I2, I3 e I4.

2) Programação em linguagem ladder

Tendo como base as entradas e saídas especificadas pela ligação do circuito de comando da Figura 8, foi escrita a programação em linguagem *ladder* para a partida direta simples apresentada na Figura 10.

Para estrutura *ladder*, foram criadas memórias para as entradas I1, I2 e I3 para recepção de nível lógico, para que possam ser usadas como contatos nas linhas de operação. As saídas Q1 e Q2 recebem os sinais de seus respectivos contatos para que possam ser enviados para o CLP. A partida do motor é dada pelo acionamento da entrada I1. Neste caso, o selo foi feito pelo sinal de saída Q1 sendo usado como realimentação e conectado em paralelo com a entrada I1. O sistema só será desligado quando as entradas I2 e I3 forem possuírem nível baixo novamente.

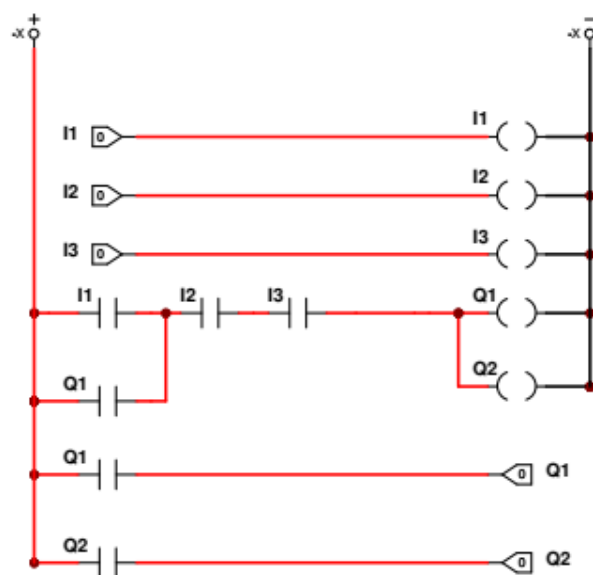


Figura 10: Programação de uma da partida direta simples em linguagem ladder. FONTE: Autoria Própria.

B. 1Partida Direta com Reversão

A Figura 11 apresenta como foi feita a conexão dos dispositivos nas entradas e saídas do CLP para partida direta com reversão.

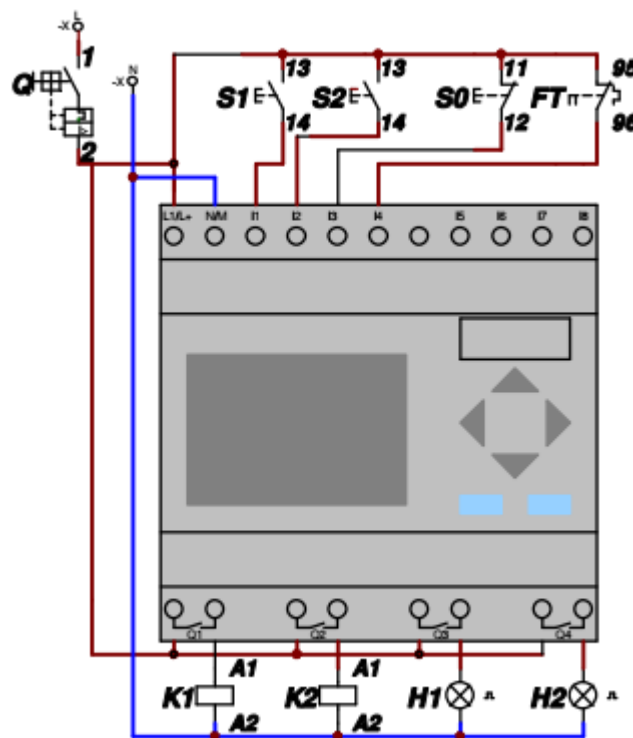


Figura 11: Circuito de comando para partida direta com reversão comandada por CLP. FONTE: Autoria Própria.

As botoeiras de energização S0 (NF), S1 (NA) e S2 (NA) e o contato auxiliar do relé térmico F7 (NF) foram conectados na entrada, sendo que as botoeiras S1 e S2 definem qual o sentido de rotação do motor e S0 é a botoeira de desligamento. Os contatos auxiliares de K1 e K2 e os sinalizadores de operação H1 e H2 que indicam qual o sentido o motor está girando, foram conectados na saída.

1) Programação em diagrama de blocos

Tendo como base as entradas e saídas especificadas pela ligação do circuito de comando da Figura 11, foi escrita a programação em diagrama de blocos para a partida direta com reversão apresentada na Figura 12 a seguir.

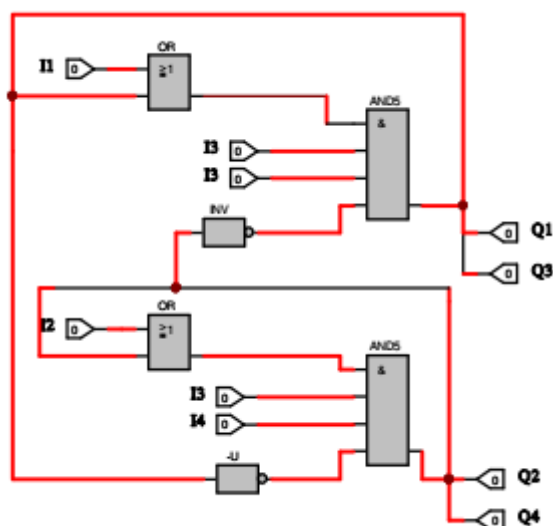


Figura 12: Programação de uma partida direta com reversão em diagrama de blocos. FONTE: Autoria Própria.

Os selos usados nessa partida seguiram a mesma lógica da partida direta. O intertravamento foi implementado invertendo o sinal de saída de um bloco AND4 e sendo levado para o outro bloco AND4, dessa forma, um desses blocos só possuirá saída em sinal alto quando o outro possuir sinal baixo. Quando o primeiro bloco AND4 possuir sinal de nível alto, o motor irá girar no sentido anti-horário e quando o segundo bloco AND4 possuir sinal alto, o motor irá girar no sentido horário. Para

acontecer a inversão de sentido, deve-se primeiro enviar o comando de desligamento na entrada I3, pois não é possível a inversão de sentido com o motor ligado.

2) Programação em linguagem ladder

Tendo como base as entradas e saídas especificadas pela ligação do circuito de comando da Figura 11, foi escrita a programação em linguagem *ladder* para a partida direta com reversão apresentada na Figura 13 a seguir.

A programação seguiu a lógica de criação de memórias para as entradas I1, I2, I3 e I4 em bobinas e contatos Q1, Q2, Q3 e Q4 em sinais de saída para o CLP. Os selos dos contatores foram feitos realimentando as linhas de comando utilizando as saídas Q1 e Q2 convertidas em contatos em paralelo com as entradas I1 e I2 respectivamente. O sinal de entrada I1 na primeira linha e I2 na segunda linha, com a característica de normalmente fechado, executam a função de intertravamento para a partida. Assim como na programação em diagrama de blocos, para que ocorra a inversão de sentido, deve-se primeiro enviar o comando de desligamento na entrada I3.

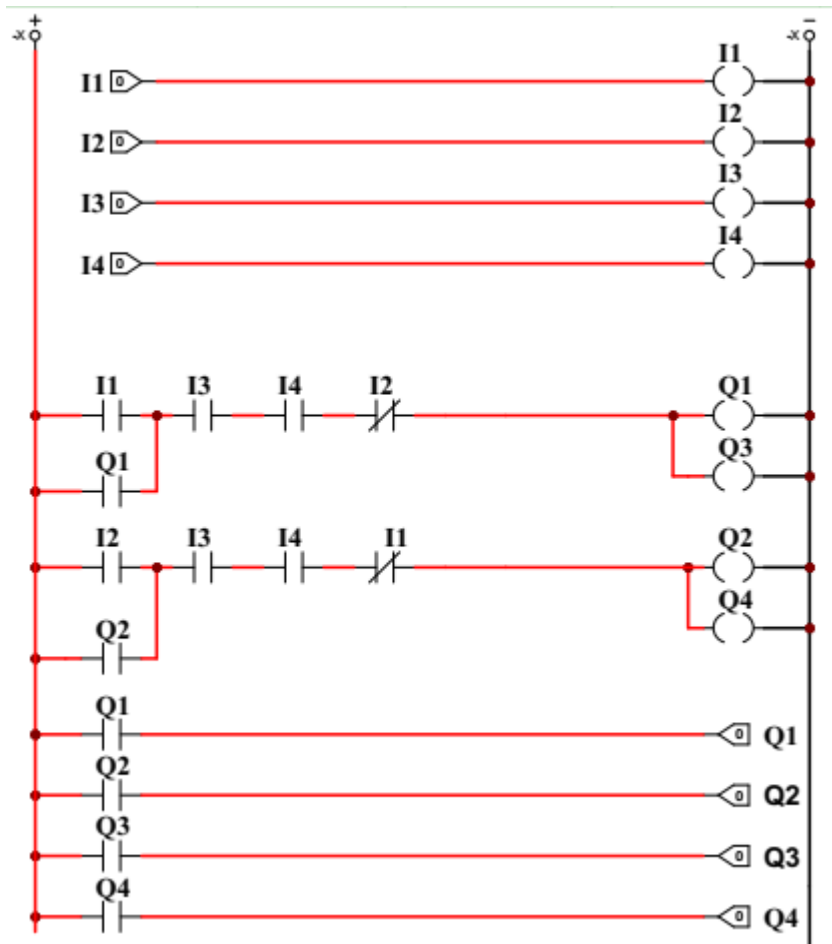


Figura 13: Programação de uma partida direta com reversão em diagrama de blocos. FONTE: Autoria Própria.

A programação seguiu a lógica de conversão dos sinais de entradas I1, I2, I3 e I4 em bobinas e contatos Q1, Q2, Q3 e Q4 em sinais de saída para o CLP. Os selos dos contatores foram feitos realimentando as linhas de comando utilizando as saídas Q1 e Q2 convertidas em contatos, em paralelo com as entradas I1 e I2 respectivamente. O sinal de entrada I1 na primeira linha e I2 na segunda linha, com a característica de normalmente fechado, executam a função de intertravamento para a partida. Assim como na programação em diagrama de blocos, para que ocorra a inversão de sentido, deve-se primeiro enviar o comando de desligamento na entrada I3.

C. Partida Estrela-Triângulo

A Figura 14 apresenta como foi feita a conexão dos dispositivos nas entradas e saídas do CLP para partida estrela-triângulo.

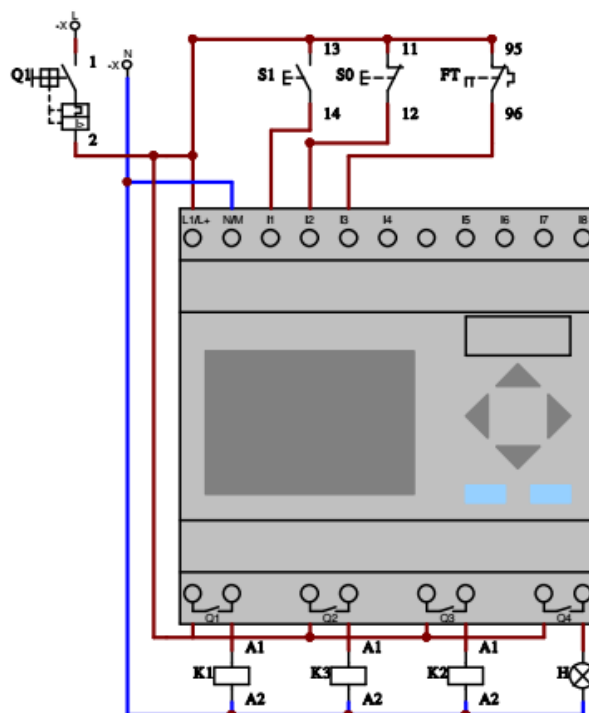


Figura 14: Circuito de comando para partida estrela-triângulo comandada por CLP. FONTE: Autoria Própria.

Para a partida estrela-triângulo, as botoeiras S0 (NA) para ligação, S1 (NF) para desligamento e o relé termico F7 (NF) foram conectados a entrada. Na saída foram conectados os contatos auxiliares de K1, K2 e K3 e o sinalizador de operação H1.

1) Programação em diagrama de blocos

Tendo como base as entradas e saídas especificadas pela ligação do circuito de comando da Figura 14, foi escrita a programação em diagrama de blocos para a partida estrela-triângulo apresentada na Figura 15 a seguir.

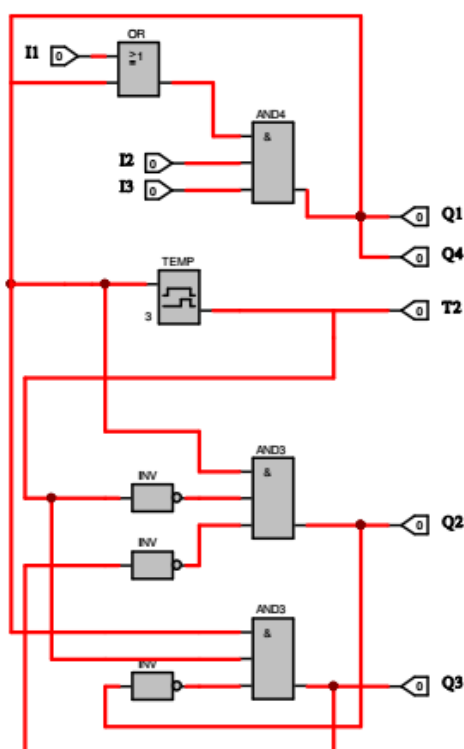


Figura 15: Programação de uma partida estrela-triângulo em diagrama de blocos. FONTE: Autoria Própria.

O diagrama de blocos para a partida estrela-triângulo pode ser dividido em 4 conjuntos de blocos. O primeiro conjunto foi conectado de forma similar à partida direta simples para a ligação da partida em estrela. O segundo conjunto apresenta um

temporizador acionado pelo sinal de saída Q1, que quando receber um sinal de nível alto, irá iniciar a contagem nele programada e ao fim contagem, irá enviar um sinal de nível alto para a saída T2. O terceiro e quarto conjunto acionam os contatos auxiliares para que sejam realizadas a ligação em estrela ou triângulo. Quando a saída Q2 for acionada, a ligação será em triângulo e quando Q3 for acionada a ligação será em estrela. A alimentação do terceiro e quarto conjunto, relacionando os sinais T2, Q1 e Q3 para o acionamento de Q2 e T2, Q1 e Q2 para o acionamento de Q3, executam a função de intertravamento.

2) Programação em linguagem ladder

Tendo como base as entradas e saídas especificadas pela ligação do circuito de comando da Figura 14, foi escrita a programação em linguagem *ladder* para a partida estrela-triângulo apresentada na Figura 16 a seguir.

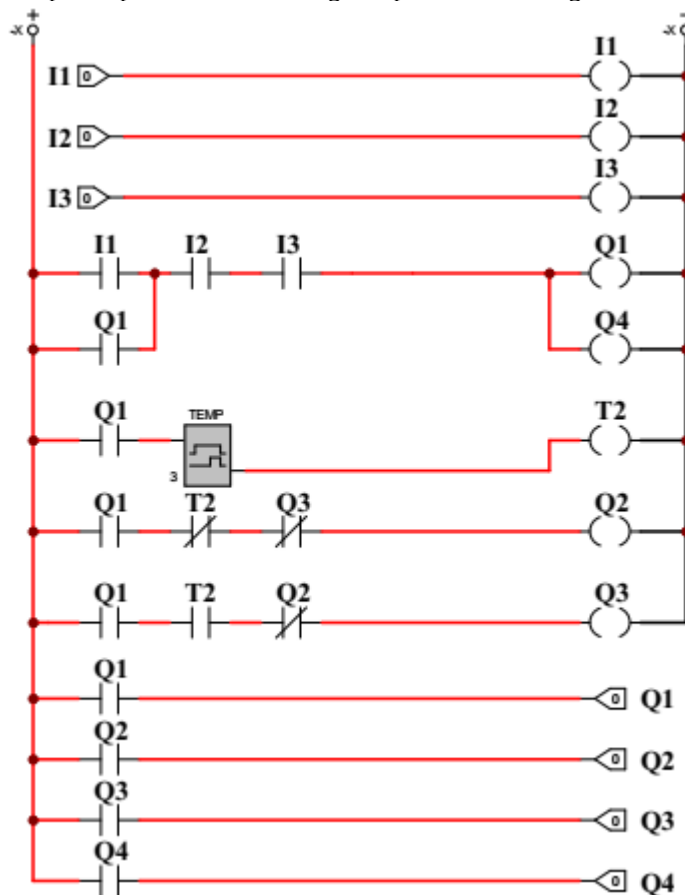


Figura 16: Programação de uma partida estrela-triângulo em linguagem *ladder*. FONTE: Autoria Própria.

Inicialmente, foi criadas as memórias de entrada I1, I2 e I3 e as memórias de saída Q1, Q2, Q3. Assim como na programação em diagrama de blocos, a programação em ladder também pode ser dividida em 4 conjuntos representados pelas 4 linhas de comando executando as mesmas funções dos conjuntos especificados na programação em diagrama de blocos, seguindo os conceitos linguagem ladder. O contato Q1 atuou no selo na primeira linha de comando e as linhas de comando três e quatro irão definir se a ligação estará em estrela ou triângulo, como também executarão a função de intertravamento.

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do *software* CAdESIMU® para o estudo de comando elétricos pode proporcionar ao usuário um mínimo de conhecimento sobre como são feitas as ligações de partidas elétricas, uma vez que as conexões do circuito de força, do circuito de comando e do CLP, na prática, seguem o mesmo caminho do que foi apresentado nas simulações. Tendo em vista projetos futuros, outras partidas podem ser implementadas no *software* como também outros elementos ou dispositivos podem ser adicionados. As simulações também podem servir como base para projetos com objetivos mais práticos como, por exemplo, uma bancada didática, onde as simulações poderiam servir para orientação do princípio do funcionamento da partida em estudo e quais dispositivos seriam necessários para elaboração do projeto.

REFERÊNCIAS

- [1] E. B. de C. Prestes; L. M. Rodrigues, Levantamento sobre a importância de aulas práticas para o ensino superior de engenharia. Bagé: Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 8, n. 1, 2016. Anual.
- [2] J. F. da Silva; T. R. da Silva; A. E. T. de Oliveira; Paineis de comandos elétricos didático com simulação de falhas; 2018
- [3] Análises das correntes de partida de um motor trifásico acionado por chave convencional e por inversor de frequência. Maceió: Ciências Exatas e Tecnológicas, v. 4, n. 1, p.51-62, maio 2017..

- [4] J. F. Konte, J. L. P. Teixeira, P. E. Alves; Curso de Controladores Lógicos Programáveis, 2009, Apostila do curso de controladores lógicos programáveis da UERJ.
- [5] N. S. D. Brito; B. A. de Souza; J. P. Nascimento; C. A. B. da Costa; R. A. Martins. Proposição do uso de softwares de simulação em proteção de sistemas elétricos. In: Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 40., 2012, Belém. Anais... Belém: Universidade Federal do Pará, 2012.
- [6] J. de Souza. Manual de acionamento de comandos elétricos. Centro Estadual de Referência no Ensino Profissional. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Jose_Souza18/publication/316748560_MANUAL_DE_ACIONAMENTOS_E_COMANDOS_ELETRICOS/data/59109d89458515bbcb4d8237/MANUAL-DE-ACIONAMENTOS-E-COMANDOS-ELETRICOS.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2018.
- [7] M. E. da Silva, Curso de comandos elétricos. Piracicaba, 2006. (Apostila)
- [8] COTRIM, A. M. B. Instalações Elétricas. 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. 485 p
- [9] J. M. Filho. Instalações Elétricas Industriais. 8. Ed. Rio de Janeiro, RJ:LTC, 2010
- [10] D. A. V. Tonidaniel. Dispositivos de manobra: contadores. Ouro Preto: Ufop, 2015. 15 slides, color.
- [11] E. Moraes. Partida estrela-triângulo: Do zero ao dimensionamento. São Bernardo dos Campos: Sala da Elétrica, 2006
- [12] A. L. de O. Cavalcanti, Controladores lógicos programáveis. Natal, 2011. (Apostila)
- [13] ARRAY ELETRONICS, SR Intelligent Control User's Manual 2018. Disponível em: <www.array.sh>. Acesso em: 24 ago. 2018.
- [14] SCHNEIDER-ELECTRIC, Twido Suite V2.3 Programming Guide, v.6, Rueil-Malmaison, 2011. Disponível em: <www.schneider-electric.com>. Acesso em: 24 ago. 2018.
- [15] M. F. Tófilo; R. A. Higa. Estudo comparativo entre CLP e microcontrolador em um elevador de baixa complexidade para carga. Estudo de caso. 2014.
- [16] MORAES, Everton. Software de edição e simulação de comandos elétricos. Disponível em: . Acesso em: 18 ago. 2018.

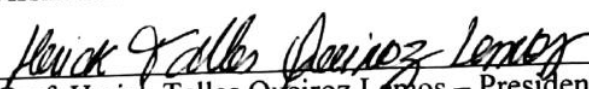


MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA
CENTRO DE ENGENHARIAS

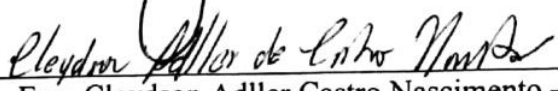
ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA

Às 14:17 horas do dia **seis de setembro** do ano de **dois mil e dezoito**, no Laboratório de Energias Renováveis da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, reuniu-se a banca examinadora constituída pelos docentes **Prof. Herick Talles Queiroz Lemos**, presidente da banca e orientador da Monografia, e **Prof. Dr. Idalmir de Sousa Queiroz Junior**, e o **Eng. Cleydson Adler de Castro Nascimento**, para proceder a avaliação do trabalho de conclusão de curso intitulado “**Proposta de uso do software CAdSIMU® como ferramenta didática no ensino de comandos elétricos e controladores lógicos programáveis**”, do aluno **Otávio Feitosa Silva**. Foram registradas as seguintes ocorrências: após a apresentação do aluno pelo Presidente da banca, ocorreu a apresentação da monografia, seguida dos questionamentos dos membros da banca e sugestões de modificações e correções. Concluída a defesa, procedeu-se o julgamento pelos membros da banca examinadora, em reunião fechada, tendo o aluno obtido as seguintes notas: 10 (dez), 9,5 (nove vírgula cinco) e 9,0 (nove). Apuradas as notas, verificou-se que o aluno foi **aprovado** com média geral 9,5 (nove vírgula cinco), fazendo jus, portanto, ao título de **Bacharel em Engenharia Elétrica**. E para constar, eu, **Herick Talles Queiroz Lemos**, lavrei a presente ata que, após lida e aprovada pelos membros da banca examinadora, será assinada por todos.

Assinatura dos membros da Banca Examinadora.


Prof. Herick Talles Queiroz Lemos – Presidente
UFERSA


Prof. Dr. Idalmir de Sousa Queiroz Junior – Membro
UFERSA


Eng. Cleydson Adler de Castro Nascimento – Membro
Externo

Mossoró, 6 de setembro de 2018.