



## INTEGRAÇÃO ENTRE ARDUINO E ELIPSE E3: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE ACIONAMENTOS ELÉTRICOS

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2024.5026

**Autores:** MATHEUS DA SILVEIRA, SAULO AUGUSTO RIBEIRO PIERETI, RUAN CARLOS RAMOS DA SILVA, FRANCISCO GABRIEL DA SILVA BERTELS, MARCUS VINICIUS MARTINS ALMEIDA, PEDRO OURIVES NETO

**Resumo:** Devido à ampla aplicação dos Motores de Indução Trifásicos no setor industrial e à considerável corrente elétrica que estes motores podem demandar no momento da partida, é crucial que os profissionais da área da Engenharia Elétrica possuam conhecimento abrangente sobre os métodos de acionamento para suavizar esse pico de corrente. Nesse contexto, este trabalho apresenta os resultados do desenvolvimento de uma bancada didática de baixo custo para o ensino de Acionamentos Elétricos por meio do software supervisor Elipse E3 e do microcontrolador Arduino. Essa bancada possibilita que os discentes selecionem o método de acionamento para o Motor de Indução Trifásico (MIT) e monitorem em tempo real seus parâmetros elétricos por meio de um sistema supervisor. Portanto, este trabalho detalha o processo de concepção, construção e testes dessa bancada didática para o laboratório de Acionamentos Elétricos do IFMT - Campus Cuiabá.

**Palavras-chave:** motor de indução trifásico; acionamentos elétricos; supervisor; arduino; bancada didática.

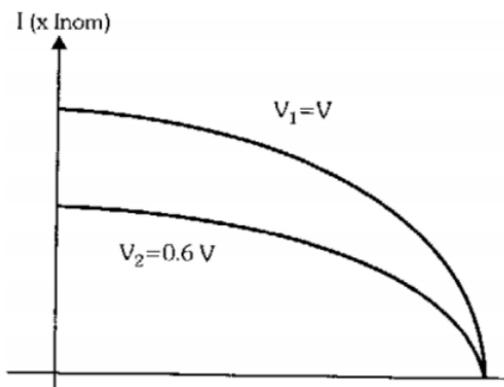
# INTEGRAÇÃO ENTRE ARDUINO E ELIPSE E3: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE ACIONAMENTOS ELÉTRICOS

## 1 INTRODUÇÃO

O Motor de Indução Trifásico (MIT) é uma Máquina Elétrica de Corrente Alternada (CA) e possui alta aplicação em âmbito industrial devido a sua simplicidade, baixo custo, robustez e eficiência, proporcionando assim uma baixa manutenção, fazendo com que estes motores representem 46% das cargas elétricas em nível global (SOUZA, 2019). Entretanto, este tipo de motor pode ter uma Corrente de Partida (IP) até dez vezes o valor da Corrente Nominal (IN), tornando a partida deste motor um momento crítico, pois esta alta corrente pode provocar acentuada queda de tensão no sistema de alimentação da rede e superdimensionamento dos condutores e dos dispositivos de proteção (FRANCHI, 2008).

A Figura 1 mostra que a corrente demandada por um motor é função da tensão aplicada nele. Assim torna-se notório a utilização de técnicas para acionamento de motores, de modo a reduzir a tensão no instante de partida, e depois aplicar a tensão nominal quando o motor já estiver em velocidade de trabalho.

Figura 1 – Relação da corrente em função da tensão no motor.



Fonte: Adaptado de FRANCHI (2008).

Existem vários métodos para a redução da tensão no instante da partida, que são empregadas de acordo com o motor e a aplicação. Com estes métodos de acionamentos é possível reduzir a corrente no momento da partida em até 25% do valor que teríamos em partida direta (NASCIMENTO, 2018). Os métodos mais comumente empregados são a partida estrela-triângulo, partida chave compensadora e partida série-paralelo, há também métodos de acionamentos por meio de dispositivos eletrônicos, em que é possível ter uma redução ainda maior da corrente de partida.

Diante do exposto, se faz necessário a utilização de bancadas didáticas que permitam ao discente além de montar e testar os métodos de acionamentos, também visualizar a suavização da corrente de partida, os níveis de tensão aplicados no motor e outros parâmetros através de telas e animações no supervisor.

Porém, as bancadas didáticas disponíveis nos laboratórios de acionamentos do Instituto Federal de Mato Grosso Campus Cuiabá (IFMT - Campus Cuiabá) não possuem recursos visuais para interpretação das medidas elétricas do MIT no instante da partida, entre elas a Corrente Elétrica. Vale ressaltar também, que os recursos para aquisição de novos equipamentos para os laboratórios estão cada vez mais escassos e as bancadas disponíveis comercialmente são de elevado custo.

Nesse contexto, este trabalho apresenta os resultados de um projeto de pesquisa realizado no IFMT - Campus Cuiabá de forma a minimizar os problemas relatados acima. Para isso, foi confeccionado uma bancada didática de baixo custo que permite realizar o acionamento de um MIT em partida direta e estrela-triângulo, sendo possível monitorar e controlar o estado deste motor e verificar os parâmetros de tensão e corrente elétrica no display presente na bancada. Além disso, esta bancada está integrada a um supervisor que também permite monitorar e controlar este MIT.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O ensino de acionamentos elétricos consiste principalmente em aulas práticas realizadas em laboratórios, nas quais os discentes montam e testam métodos de acionamento para motores elétricos usando kits e bancadas didáticas. No entanto, como apontado por Oliveira *et al.* (2020), esses recursos, além de terem um custo elevado, carecem de aplicação e contextualização com as situações reais encontradas na prática profissional. Além disso, as bancadas disponíveis nos laboratórios de acionamentos elétricos do IFMT - Campus Cuiabá não permitem a comunicação com sistemas supervisórios. Isso indica que não apenas é impossível controlar remotamente o motor de indução trifásico (MIT), mas também não é possível visualizar seus parâmetros através de telas e animações. Isso, por sua vez, limita a capacidade de compreender e visualizar as condições presentes no ambiente industrial.

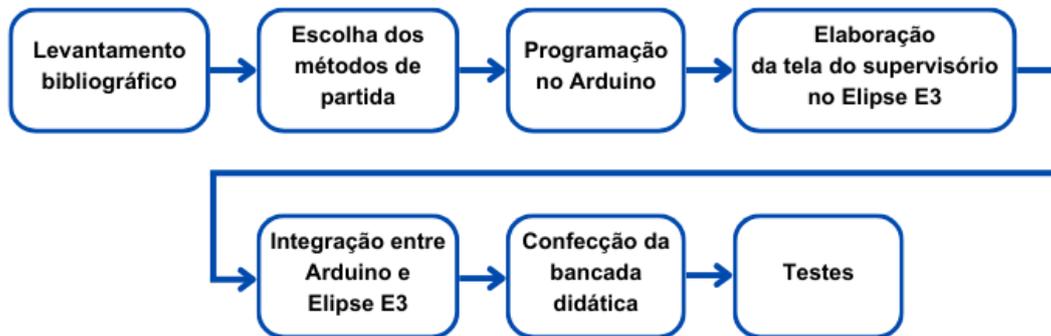
Para abordar essa lacuna, foi desenvolvida uma bancada didática com o objetivo de realizar o acionamento de motores de indução trifásicos por meio de diferentes métodos em um sistema supervisório. Nesta bancada, a plataforma Arduino desempenha um papel crucial, sendo responsável pela lógica de programação dos métodos de acionamento, envio e recebimento de sinais para a bancada didática e para o supervisor, além de realizar a leitura dos sensores que monitoram os parâmetros do MIT. Com isso, torna-se possível controlar o MIT tanto por meio da bancada quanto pelo supervisor. O monitoramento dos parâmetros do MIT é feito no supervisor por meio da tela de um computador. Isso permite que os discentes realizem as práticas de acionamento do MIT com maior facilidade e entendimento do processo. Por meio dos sensores, é possível visualizar no supervisor os valores de tensão e corrente elétrica do MIT, inclusive no momento de partida, que é um aspecto importante no estudo dessa disciplina.

De acordo com Souza (2016), o software supervisório Elipse E3 é amplamente utilizado na indústria e é compatível com a maioria dos equipamentos de controle disponíveis no mercado, incluindo o Arduino. Por esse motivo, optou-se por utilizar o Elipse E3 neste projeto. Além disso, é importante mencionar que o Elipse E3 oferece uma versão demo gratuita (JEVEAUX, 2019). Quanto à plataforma Arduino, o hardware pode ser adquirido a baixo custo, e o software de programação é de código aberto. Por fim, é relevante destacar que essa plataforma oferece a capacidade de criar projetos para controlar situações reais (GONÇALVES, SILVA, BATISTA, 2015), o que justifica sua escolha para este projeto.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento deste projeto iniciou-se pelo levantamento bibliográfico de conteúdos relacionados a pesquisa, como acionamentos elétricos, motor de indução trifásico, plataforma Arduino e sistemas supervisórios. Posteriormente, foram seguidas as etapas descritas pelo fluxograma ilustrada pela Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma seguido para desenvolvimento da bancada didática.

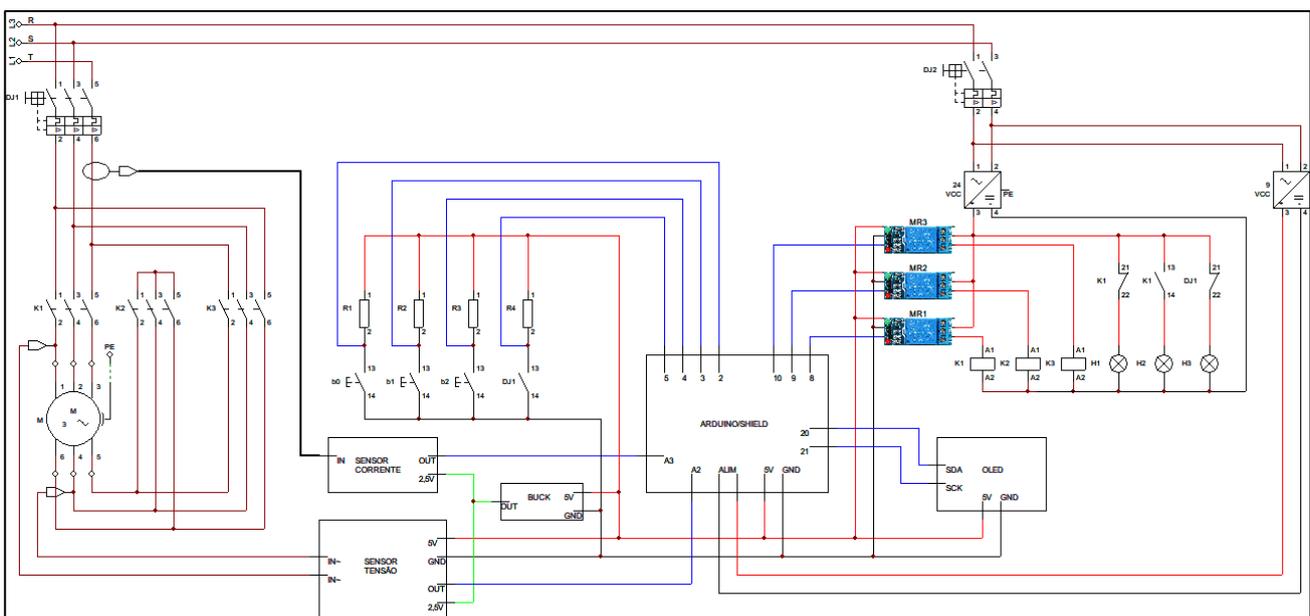


Fonte: Dos autores (2022).

#### 3.1 Escolha dos métodos de partida

Os métodos de partida contemplados para desenvolvimento da bancada didática foram a partida direta e a partida estrela-triângulo (Y- $\Delta$ ). A escolha por estes métodos se deve ao fato de que a partida direta é o primeiro método de estudo na disciplina de acionamentos elétricos, e os demais métodos são desenvolvidos e comparados com ela, como é o caso da partida estrela-triângulo, que é o primeiro método de partida abordado que visa a suavização da corrente de partida quando comparado a partida direta. Após esta decisão, foi desenvolvido o diagrama de força que permite o acionamento de um MIT pelos dois métodos, em momentos distintos. A Figura 3 ilustra o diagrama de força e de controle projetado para a bancada didática.

Figura 3 – Diagrama de força e controle desenvolvido para a bancada didática.

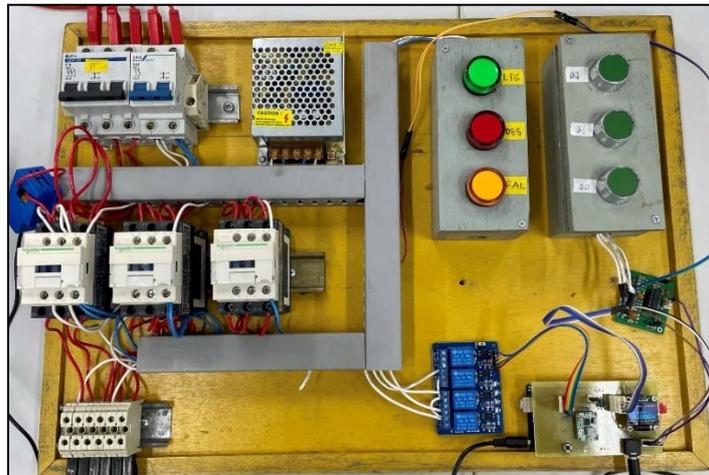


Fonte: Dos autores (2022).

### 3.2 Plataforma Arduino

Foi realizado a programação na plataforma Arduino para se ter o monitoramento e controle do MIT conforme as conexões representadas no diagrama geral do projeto. Porém, esta programação foi realizada em blocos, iniciando-se pela leitura das botoeiras e controle do MIT para a execução da partida direta e estrela-triângulo. Em seguida foi elaborado a programação para leitura da corrente e tensão elétrica do MIT por meio de sensores. Para a corrente utilizou-se o sensor não invasivo SCT-13 30A, e para tensão foi desenvolvida em laboratório uma placa eletrônica para aquisição deste sinal com amplificadores operacionais. Durante esta etapa de programação, foi confeccionado uma bancada provisória para realizar estes testes iniciais, conforme representado na Figura 4.

Figura 4 – Bancada provisória para testes.



Fonte: Dos autores (2022).

### 3.3 Supervisório Elipse E3

A versão utilizada deste supervisório foi a de demonstração, pois assim foi possível desenvolver e utilizar uma interface sem custos, porém limitada a alguns fatores, como por exemplo tags e tempo de execução do servidor, mas nada impeditivo ao projeto em questão. A primeira ação realizada foi desenvolver o layout da tela para o supervisório desta bancada didática. Após várias ideias e discussões, chegou-se no resultado representado na Figura 5.

Figura 5 – Layout do supervisório desenvolvido para a bancada didática.



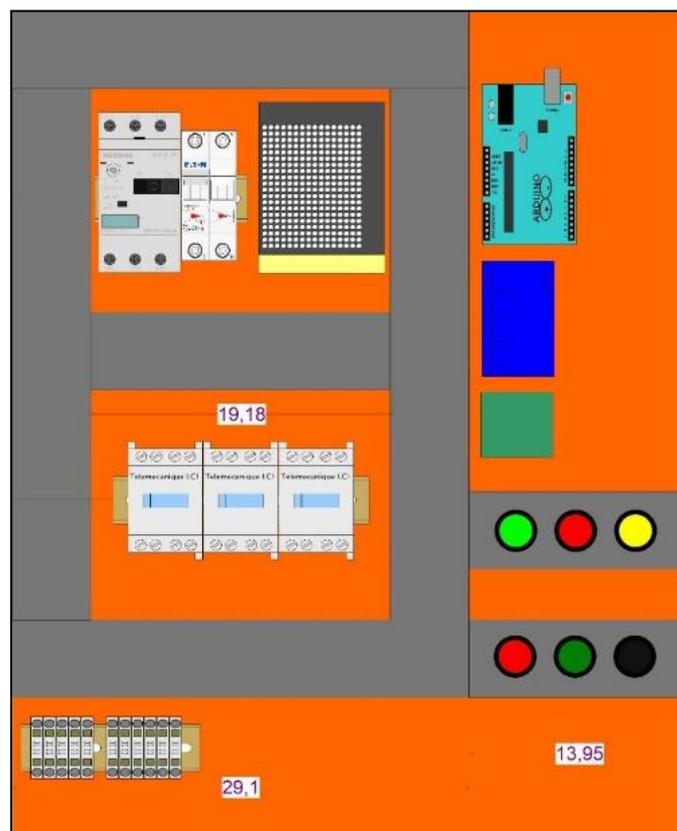
Fonte: Dos autores (2022).

Na parte central da tela está o MIT, na cor vermelha, que indica que está desligado. Ao ligá-lo, a cor do MIT é alterada para verde, o mesmo ocorre com os contatores K1, K2 e K3, à direita do MIT. Da mesma forma que há na bancada os botões para controle do MIT, há também no supervisor, sendo possível acionar fisicamente e virtualmente o MIT em partida direta ou em estrela-triângulo, assim como efetuar o desligamento do sistema. A barra lateral direita mostra os principais parâmetros elétricos do MIT, como a tensão e corrente. Existe também a opção de configurar o tempo de comutação da partida estrela-triângulo. A corrente fica sendo demonstrada por meio do gráfico em função do tempo. Após definição do layout, foi realizado os testes de comunicação entre o Arduino e o Elipse E3, para isso foi utilizado a biblioteca com o protocolo de comunicação modbus.

### 3.4 Confecção da bancada didática

Após vários testes com a bancada provisória de testes, tornou-se necessário desenvolver o layout para a bancada didática do projeto. Após discussões, chegou-se no layout do quadro de comando representado na Figura 6.

Figura 6 – Layout desenvolvido para confecção da bancada didática.



Fonte: Dos autores (2022).

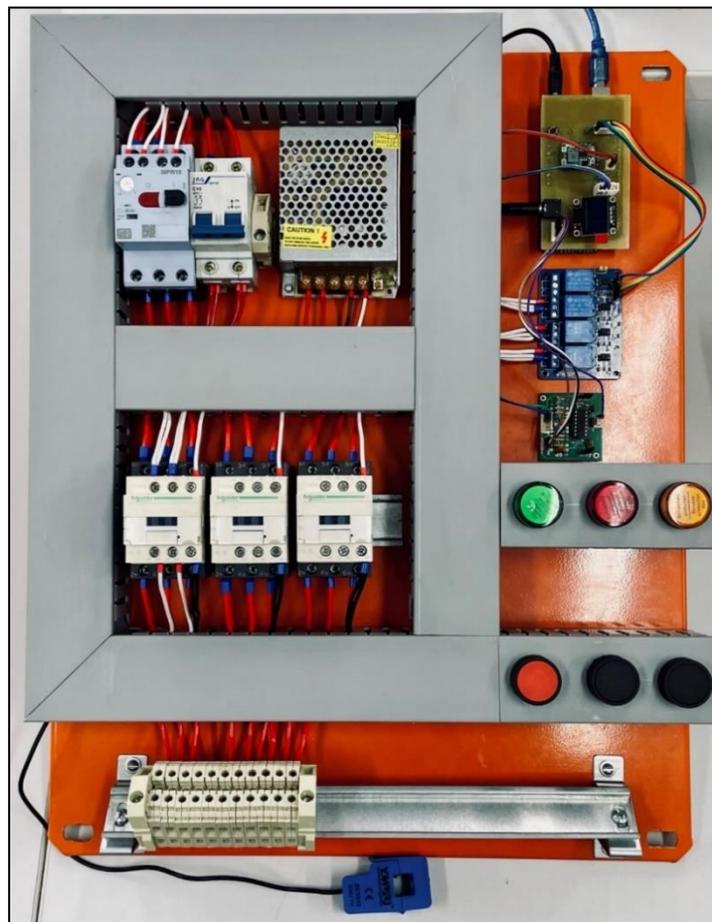
A parte de alimentação elétrica da bancada está na parte superior do quadro de comando, com a fonte de 24VCC, disjuntor motor que faz a proteção do diagrama de força e o disjuntor termomagnético que faz a proteção do diagrama de controle. Na parte central do quadro estão os contatores, responsáveis por alimentar e realizar a conexão do MIT em estrela e em triângulo, ambos os contatores são de 24VCC. Na parte inferior estão os bornes, onde é conectada a alimentação da bancada e também os seis terminais do MIT. Na região lateral direita do quadro está toda a parte de controle eletrônico do projeto, com

Arduino, módulo relé e sensor de tensão. É possível visualizar ainda as botoeiras para ligar/desligar o MIT, assim como os leds de sinalização que indicam o estado do motor (desligado, ligado e em falha).

Para construir esta bancada, utilizamos componentes adquiridos conforme a taxa de bancada do edital em que o projeto foi submetido e aprovado, totalizando R\$1000,00 em despesas. Além disso, alguns componentes foram reaproveitados de laboratórios onde não estavam sendo utilizados, o que contribuiu para reduzir os custos do desenvolvimento do projeto.

O resultado da montagem do quadro de comando conforme o layout está representado na Figura 7. Finalizada a confecção, foram realizados testes para verificar o comportamento de todo o projeto, que será discutido nos resultados e discussões.

Figura 7 – Bancada didática desenvolvida.

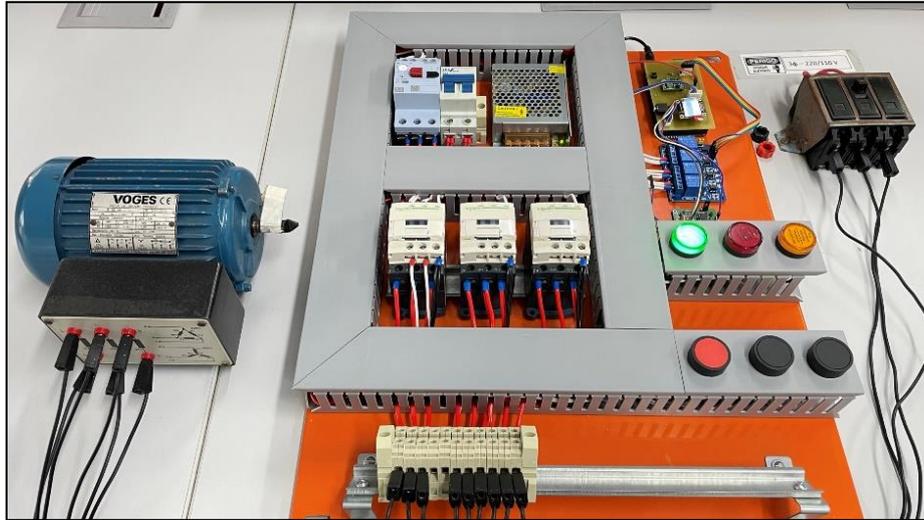


Fonte: Dos autores (2022).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a bancada didática confeccionada, foram realizados testes no laboratório de acionamentos elétricos do IFMT - Campus Cuiabá para analisar o comportamento de todos os dispositivos presentes no projeto. A Figura 8 mostra a bancada didática com todas as conexões realizadas e pronta para os testes. Neste momento inicial do teste, em que o MIT ainda não havia sido acionado, a tela do supervisor estava conforme ilustrado pela Figura 5, indicando que o motor e os contatores estavam desligados, bem como, indicando os valores de tensão e corrente “zerados”.

Figura 8 – Bancada didática conectada para testes.



Fonte: Dos autores (2022).

Nota-se pela Figura 8, que há um led de sinalização ligado. Trata-se do led H1, que pelo diagrama geral do projeto (Figura 3), indica que o MIT está desligado. Ao pressionar b1 na bancada ou no supervisor, o MIT é ligado em partida direta, o led H2 efetua essa sinalização (Figura 9). Pelo display é possível visualizar as grandezas elétricas instantâneas deste MIT, como tensão e corrente, conforme mostra a Figura 10.

Figura 9 – Led de sinalização H2 informando o estado do MIT (ligado).



Fonte: Dos autores (2022).

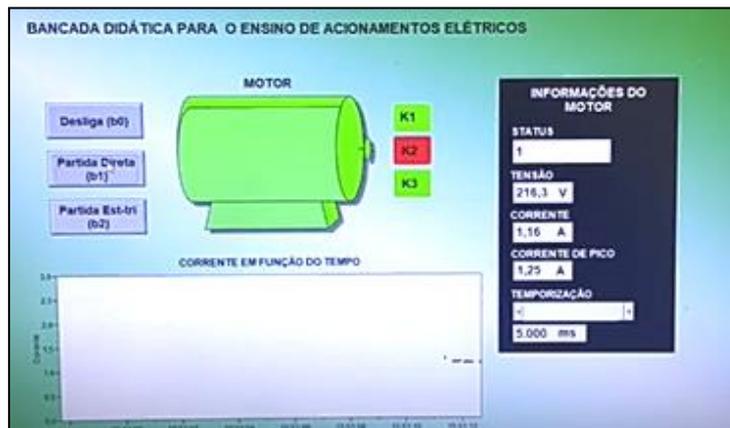
Figura 10 –Display da bancada indicando a tensão e corrente elétrica do MIT em partida Direta.



Fonte: Dos autores (2022).

Para esta situação, a tela do supervisor fica conforme a Figura 11. Percebe-se o MIT na cor verde, bem como os contatores K1 e K3, responsáveis por alimentar o motor e realizar a conexão triângulo do mesmo. Nota-se também os valores de tensão e corrente elétrica deste MIT na barra lateral de informações, sendo que a corrente também é representada em função do tempo no gráfico. A qualquer momento este motor pode ser desligado pressionando a botoeira b0 na bancada ou no supervisor.

Figura 11 – Tela do supervisor com o MIT acionado em Partida Direta.



Fonte: Dos autores (2022).

Ao pressionar b2 pela bancada ou pelo supervisor, o MIT é ligado em partida estrela-triângulo, o led H2 informa que este motor está ligado (Figura 9). Pelo display é possível visualizar as grandezas elétricas instantâneas deste MIT, como tensão e corrente. A Figura 12 nos mostra o display no momento em que o motor está conectado em estrela, antes da comutação para triângulo.

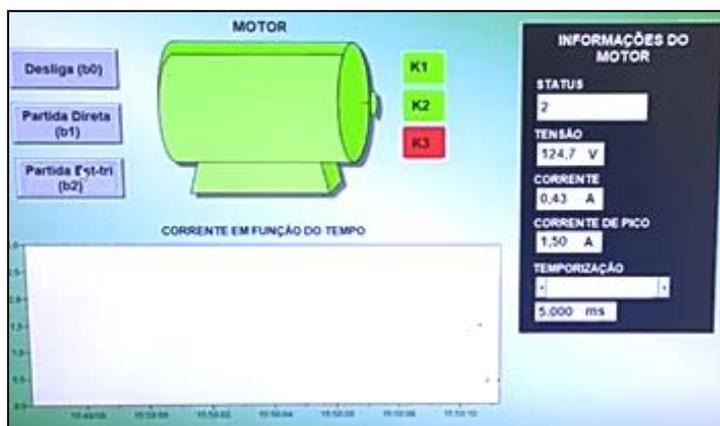
Figura 12 – Display da bancada indicando a tensão e corrente elétrica do MIT na conexão estrela.



Fonte: Dos autores (2022).

Para esta situação, a tela do supervisor ficou conforme a Figura 13. Percebe-se o MIT na cor verde, bem como os contatores K1 e K2, responsáveis por alimentar o motor e realizar a conexão estrela do mesmo. Após transcorrido o tempo de comutação, o motor será conectado em triângulo. A Figura 14 nos mostra essa situação, com os contatores K1 e K3 na cor verde.

Figura 13 – Tela do supervisor com o MIT conectado em estrela.



Fonte: Dos autores (2022).

Figura 14 – Tela do supervisor com o MIT conectado em triângulo.



Fonte: Dos autores (2022).

Em todos os momentos descritos acima, caso ocorra uma sobrecarga ou curto-circuito no MIT, o disjuntor motor irá atuar, protegendo o MIT e todos os componentes de força, por meio da abertura de seus contatos principais no diagrama de força. Além disso, este disjuntor por meio de seus contatos auxiliares, irá informar pelo display e pelo led H3 a situação de falha por sobrecarga, conforme ilustra as Figuras 15 e 16.

Figura 15 – Display da bancada indicando que o disjuntor motor está atuado (em falha).



Fonte: Dos autores (2022).

Figura 16 – Leds de sinalização H1 e H3 indicando o estado do MIT (desligado e em falha).



Fonte: Dos autores (2022).

Nesta situação de falha, se b1 ou b2 forem pressionados, não será possível ligar o MIT, pois os contatos auxiliares do disjuntor motor irão impedir a ligação no diagrama de controle. Este intertravamento foi garantido por meio de conexões entre dispositivos e também pela programação no Arduino.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram encontradas algumas dificuldades durante o desenvolvimento deste projeto, começando pela programação no Arduino e pelo entendimento do software supervisor Elipse E3, especialmente na integração entre essas duas plataformas. No entanto, graças aos esforços de todos os membros da equipe, conseguimos gerar ideias e progredir na execução do projeto. A maior dificuldade encontrada estava relacionada à interferência que a plataforma Arduino sofria durante o chaveamento dos contatores. Em alguns testes, o Arduino reiniciava, o que resultava na perda de comunicação com o supervisor e desligamento do MIT.

Apesar desses desafios, os resultados obtidos nos permitem concluir que o objetivo geral da pesquisa foi alcançado. Foi possível criar uma bancada didática com custo acessível para o acionamento de motores de indução trifásicos integrada a um sistema supervisor. Essa bancada será utilizada nos laboratórios de acionamentos elétricos do IFMT - Campus Cuiabá, permitindo que os professores das disciplinas relacionadas aos métodos de partida de motores a utilizem como demonstração aos discentes. Isso contribuirá para a melhoria do ensino e aprendizado desses conteúdos nos cursos da área de Engenharia Elétrica.

Para trabalhos futuros, há diversas oportunidades de aprimoramento da bancada didática desenvolvida, especialmente para resolver as interferências no Arduino. Além disso, seria interessante incluir o método de partida chave-compensadora e série-paralelo nesta bancada, abrangendo assim os métodos de partida mais tradicionais para MIT. Por fim, poderá ser explorada a integração do Elipse E3 com algum aplicativo para dispositivos móveis (celulares), para proporcionar uma experiência mais versátil e acessível aos usuários. Essas melhorias potenciais não apenas refinariam a funcionalidade da bancada didática, mas também expandiriam suas capacidades de ensino na área de acionamentos elétricos.

## AGRADECIMENTOS

Os autores expressam sua gratidão ao IFMT - Campus Cuiabá pelo edital de fomento à pesquisa que possibilitou a aquisição dos materiais necessários para o desenvolvimento deste projeto.

## REFERÊNCIAS

FRANCHI, C. M. **Acionamentos Elétricos**. São Paulo: Erica, 2008.

GONÇALVES, A. J.; SILVA, J. R. da; BATISTA, J. C. **Sistema Didático de Automação Baseado em Computador para Seleção de Esferas**. UTFPR. Curitiba. 2015.

JEVEAUX, B. T. **Protótipo de Sistema SCADA Elipse E3 com Transação de Dados em Nuvem de Serviços Microsoft Azure**. UFES. Vitória. 2019.

OLIVEIRA, Gabriel Antônio Francisco de *et al.* **Desenvolvimento de uma Bancada Didática de Instalações Elétricas Prediais, de Baixo Custo, para Utilização em Laboratórios de Engenharia Elétrica e Cursos Afins**. RCT: Revista de Ciência e Tecnologia, 2020. IFMG e CEFET-MG.

NASCIMENTO, G. **Comandos Elétricos: Teoria e Atividades**. São Paulo: Erica, 2018.  
SOUZA, C. M. N. de. **Sistema de Segurança Residencial Utilizando a Plataforma Arduino e o Supervisório Elipse E3**. UDESC. Joinville. 2016.

SOUZA, D. F. de; KANASHIRO, A. G; SALOTTI, F. A. M. **Avaliação histórica do desempenho de motores elétricos de indução**. Revista: Eletricidade Moderna. Aranda, 2019.

## INTEGRATION BETWEEN ARDUINO AND ELIPSE E3: A PROPOSAL FOR TEACHING ELECTRICAL DRIVES

**Abstract:** *Due to the wide application of Three-Phase Induction Motors in the industrial sector and the considerable electrical current that these motors can require at the time of starting, it is crucial that professionals in the field of Electrical Engineering have comprehensive knowledge about the drive methods to smooth this peak. chain. In this context, this work presents the results of the development of a low-cost teaching bench for teaching Electrical Drives using the Elipse E3 supervisory software and the Arduino microcontroller. This bench allows students to select the drive method for the Three-Phase Induction Motor (MIT) and monitor its electrical parameters in real time through a supervisory system. Therefore, this work details the process of design, construction and testing of this didactic bench for the Electrical Drives laboratory at IFMT - Cuiabá Campus.*

**Keywords:** *three phase induction motor; electric drives; supervisory; arduino; didactic workbench.*

