



MÓDULO DIDÁTICO PARA ACIONAMENTO LOCAL E REMOTO DE MOTORES TRIFÁSICOS

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2023.4474

Rhuan da Silva Nunes - rhuannunes69@gmail.com
Instituto Federal do Ceará

Humberto Pontes Van Ool de Sousa - humberto.pontes12@gmail.com
Instituto Federal do Ceará

César Augusto Victor - cesar-tri@hotmail.com
Instituto Federal do Ceará

Sarah Frota Alves - sarah.frota.alves08@aluno.ifce.edu.br
Instituto Federal do Ceará

José Aglailson Silva de Olivindo - aglailson.olivindo@ifce.edu.br
Instituto Federal do Ceará

Resumo: *As aulas práticas em ambiente laboratorial são de extrema importância para a formação acadêmica dos estudantes de engenharia, portanto a utilização de módulos didáticos proporcionam ao aluno uma pequena amostra do mercado de trabalho. Diversas aplicações industriais podem ser reproduzidas em laboratório com a utilização de equipamentos e materiais acessíveis às instituições de ensino e aos alunos. Portanto, este trabalho tem como objetivo detalhar o desenvolvimento de um módulo didático para acionamento de motores trifásicos de modo local e remoto.*

Palavras-chave: *Inversor de frequência, Sistema supervisor, motor trifásico, bluetooth, módulo didático.*

MÓDULO DIDÁTICO PARA ACIONAMENTO LOCAL E REMOTO DE MOTORES TRIFÁSICOS

1 INTRODUÇÃO

De acordo com as novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para cursos de engenharia, publicadas em 2019 pelo Conselho Nacional de Educação (CNE), tem-se a obrigatoriedade de atividades laboratoriais durante a formação de novos engenheiros (Brasil, 2019). Isso ocorre devido a necessidade dos futuros profissionais vivenciarem, no ambiente acadêmico, situações que são próprias do ambiente profissional. Além da obrigatoriedade dos laboratórios, as novas DCNs ressaltam que os profissionais de engenharia devem estar aptos a equacionar problemas a partir do uso de novas tecnologias e com conhecimentos em múltiplas áreas (Brasil, 2019). Com isso, surge a demanda para que as instituições de ensino atualizem as ementas dos cursos e a estrutura de seus laboratórios.

Uma ação que pode contribuir para adequação dessas novas diretrizes seria a aplicação de metodologias ativas baseadas na teoria da aprendizagem como o “*construcionismo*” de Seymour Papert, que descreve a construção de conhecimento pelo estudante a partir do ato de colocar a “mão na massa” (Papert, 2020). Com isso, espera-se levar conhecimentos práticos aos estudantes de modo a atingir alguns dos tópicos descritos pelas DCNs e suprir as demandas da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei nº 9.394/1996) onde, em seu o artigo 35 inciso IV, ressalta-se a obrigatoriedade de atividades laboratoriais (Brasil, 1996).

Diante do exposto, este trabalho visa apresentar o projeto de um módulo didático para acionamento local e remoto de motores de indução trifásicos. A estrutura montada visa permitir que os estudantes possam simular condições de aprendizagem com foco no desenvolvimento de habilidades que possam contribuir na solução de problemas que venham a vivenciar em um ambiente profissional.

2 TRABALHOS RELACIONADOS

Durante este tópico serão abordados alguns trabalhos que possuem relação com o módulo proposto neste artigo.

O primeiro trabalho é uma plataforma didática desenvolvida por Moraes (2016) que consiste em um sistema supervisório criado no programa ScadaBR. O sistema é capaz de controlar um inversor de frequência usando comunicação *modbus-rtu* que, por sua vez, controla um motor de indução trifásico. Com esse sistema, é possível testar diferentes condições de operações do motor e obter resultados precisos contribuindo para o aprendizado e o aprimoramento dos alunos de engenharia.

Oliveira Júnior (2019) desenvolveu um laboratório remoto utilizado para auxiliar durante as aulas da disciplina de acionamento de motores elétricos. Este laboratório remoto utiliza arquitetura GT-MRE, que possibilita aos estudantes conexão com o laboratório físico e permite alterações dos modos de operação presentes na placa de controle, além da realização de leituras dos sensores de velocidade, corrente e temperatura que foram instalados no laboratório físico.

O sistema didático proposto por Pinheiro *et al* (2023), detalha a criação de uma bancada de ensaios de motores de indução trifásica de rotor gaiola de esquilo. Com o intuito de abordar o acionamento de máquinas durante as aulas, os autores desenvolveram uma bancada para acionamento local, bem como criaram um *software* que permite o acionamento da máquina de indução trifásica de modo remoto. O sistema realiza ainda a captura de dados do funcionamento da máquina que está sob testes.

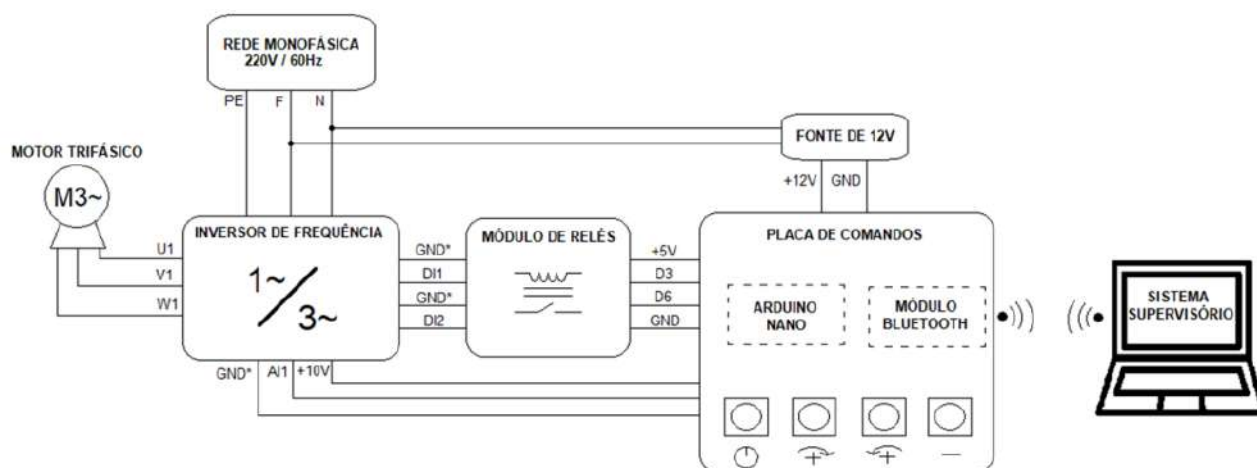
Paula *et al* (2018) descrevem o desenvolvimento de um sistema educacional para acionamento de máquinas com a utilização do módulo IRAM, um componente eletrônico composto por IGBTs. Os autores utilizam um Arduino para realizar o envio de dados e, assim, acionar os motores com o intuito de unir conhecimentos de acionamentos de máquinas com a eletrônica de potência.

Como detalhado nos trabalhos acima, o propósito central dos autores é tornar o ensino de acionamento de máquinas mais dinâmico, a partir da interdisciplinaridade e a criação por parte dos estudantes. No entanto, os trabalhos possuem algumas limitações como: uso de tipos específicos de motor, ausência de interface intuitiva e ausência de modos de acionamento remoto.

3 MÓDULO PROPOSTO - PROTÓTIPO

O módulo confeccionado e apresentado neste trabalho visa a realização de práticas interdisciplinares em cursos de engenharia, com o objetivo central o acionamento de máquinas elétricas trifásicas. Para o desenvolvimento do módulo, foram escolhidos componentes com preços acessíveis para sua confecção, além da escolha de *softwares* gratuitos. A figura 1 apresenta o diagrama estrutural do projeto. Durante os próximos tópicos serão detalhados os materiais utilizados e a metodologia aplicada para o desenvolvimento do módulo.

Figura 1 - Diagrama estrutural do projeto.



Fonte: Autor.

3.1 Materiais

Com o diferencial de realizar o acionamento em dois modos, o módulo desenvolvido possui uma interface local e uma remota (sistema supervisor), para o acionamento das máquinas trifásicas. O sistema supervisor foi desenvolvido em *Python*,

utilizando a plataforma *Visual Studio Code*. Os componentes utilizados na confecção da placa de comandos estão descritos na tabela 1.

Tabela 1 – Materiais utilizados.

Componente	Qtde	Valor (R\$)
Arduino Nano	1	R\$ 40,00
Barra de Pinos Fêmea 1x40	2	R\$ 3,00
Barras de Pinos Macho 1x40	1	R\$ 1,50
Base de Madeira MDF	1	R\$ 70,00
Borne KRE de 3 vias	1	R\$ 2,00
Cap. Eletrolítico 100uF	1	R\$ 0,25
Cap. Eletrolítico 200uF	1	R\$ 0,25
Cap. Poliéster 15nF	4	R\$ 2,00
Chave tátil (Push button)	4	R\$ 6,00
Conector Jack	1	R\$ 1,50
Inversor de Frequência CFW300 WEG®	1	R\$ 1.067,00
LED Amarelo	1	R\$ 0,25
LED Azul	1	R\$ 0,25
LED Verde	1	R\$ 0,25
Mini Jumper	1	R\$ 0,20
Mód. Bluetooth HC-05	1	R\$ 35,00
Módulo Relés - 5V	1	R\$ 30,00
Opto acoplador 4N25	1	R\$ 1,80
Placa Fenolite 20x20cm	1	R\$ 18,00
Resistor 220R	3	R\$ 0,15
Resistor 1kR	1	R\$ 0,15
Resistor 4k7R	4	R\$ 0,15
Resistor 10kR	2	R\$ 0,15
Resistor 12kR	1	R\$ 0,15
Resistor 22kR	1	R\$ 0,15
Total		R\$ 1.283,55

Fonte: Autor.

3.2 Desenvolvimento do módulo

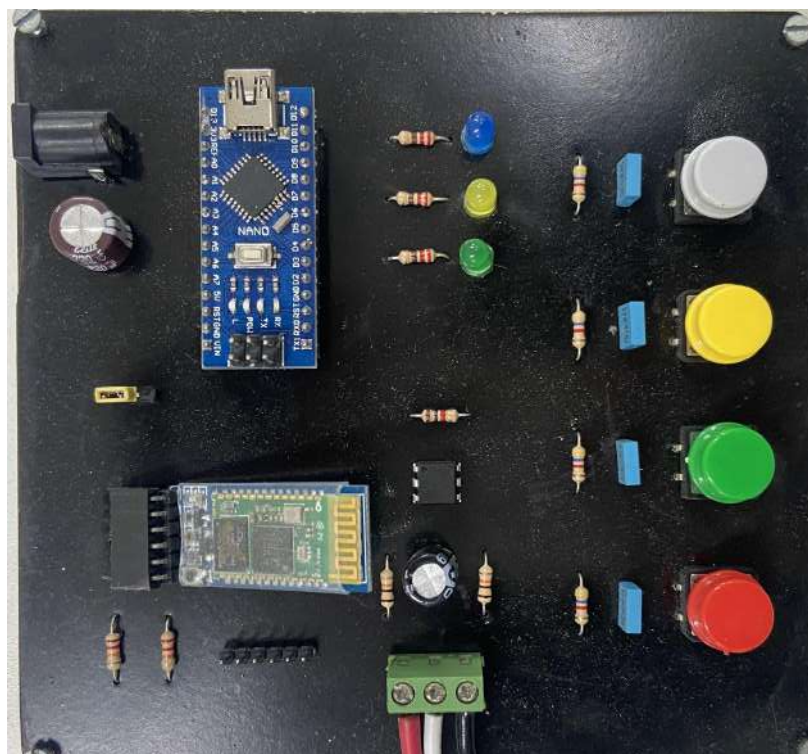
Conforme exposto anteriormente o módulo proposto visa realizar o acionamento de motores trifásicos por meio de dois modos de acionamento, sendo eles: o modo local e o modo remoto.

O modo local consiste no acionamento por meio de botões contidos em uma placa de comandos, figura 2. Nesta placa, tem-se: um Arduino, para processamento das informações; um módulo *bluetooth*, para comunicação com o sistema supervisor; botões, para comando local; e conectores para o módulo relé e alimentação.

O circuito da placa foi desenvolvido utilizando o *software* de desenvolvimento de placas de circuito impresso, *KiCad*. O processo de passagem do circuito para a placa, foi o processo térmico. Na sequência a placa passou pelo processo de corrosão com perclorato, ao fim deste processo com os circuitos formados na placa de fenolite, os componentes foram soldados em seus respectivos locais.

Os botões para comando local possuem as seguintes funções: acionamento, parada, frenagem, aumento e redução da velocidade. A tabela 2 descreve as funcionalidades dos LEDs e botões fixos na placa.

Figura 2 - Placa de comandos.



Fonte: Autor.

Tabela 2 – Descrição das funcionalidades da placa de comandos.

Componente	Função
Botão Vermelho	Habilita ou desabilita as outras funções.
Botão Verde	Acelera no sentido horário.
Botão Amarelo	Acelera no sentido anti-horário.
Botão Branco	Desacelera.
LED Verde	Indica que o motor está ligado no sentido horário.
LED Amarelo	Indica que o motor está ligado no sentido anti-horário.
LED Azul	Indica a intensidade com que o motor está sendo acionado.

Fonte: Autor.

Em conjunto à placa de comandos, foi desenvolvido um sistema supervisor para realizar o acionamento de modo remoto. O sistema supervisor é bem intuitivo e realiza comandos semelhantes aos da placa. O supervisor possui opção de abertura de porta serial, que é responsável por realizar a comunicação com a placa Arduino e permite assim o acionamento de modo remoto. A figura 3 detalha a interface do sistema supervisor produzido.

Em conjunto com a placa de comandos e o sistema supervisor, o módulo conta com um conjunto de relés. Os relés ao serem acionados operam para que ocorra o acionamento do inversor e consequentemente o acionamento do motor.

Figura 3 - Sistema supervisorio.



Fonte: Autor.

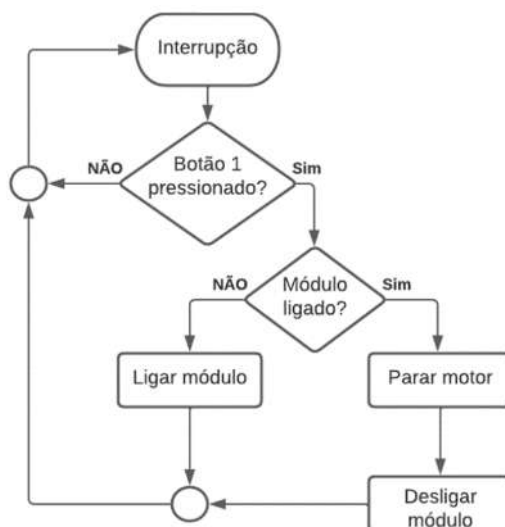
3.3 Acionamento de motores trifásico modo local

Durante este subtópico do artigo será detalhado o funcionamento do módulo com o acionamento no modo local, ou seja, utilizando a placa de comandos.

Conforme exposto na tabela 2, os botões acoplados na placa de comandos possuem diferentes funcionalidades. Os diagramas de blocos 1, 2, 3 e 4 detalham a lógica de acionamento de cada um deles para que ocorra o funcionamento da máquina trifásica.

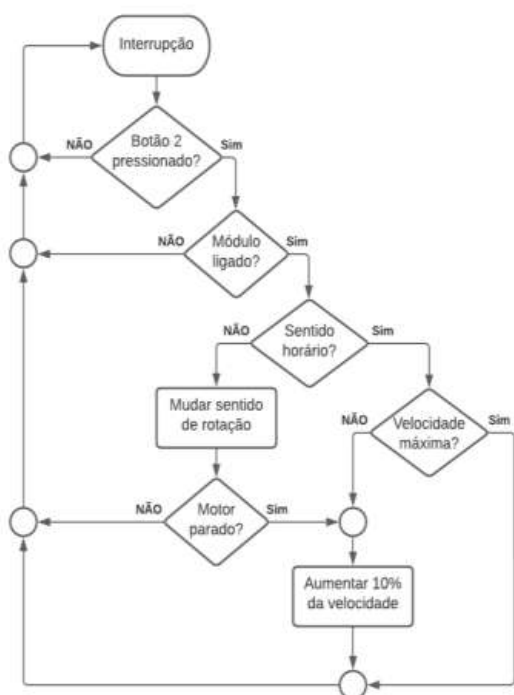
O botão vermelho (botão 1) é o responsável pelo acionamento geral do sistema, realiza a inicialização ou encerra o funcionamento do módulo. Já o botão verde (botão 2) e botão amarelo (botão 3) realizam o aumento da velocidade no sentido horário e aumento no sentido anti-horário, respectivamente. Por outro lado, o botão branco (botão 4) realiza a redução da velocidade em ambos os sentidos de rotação. Estas informações são detalhadas nos diagramas abaixo.

Figura 4 - Lógica do botão vermelho.



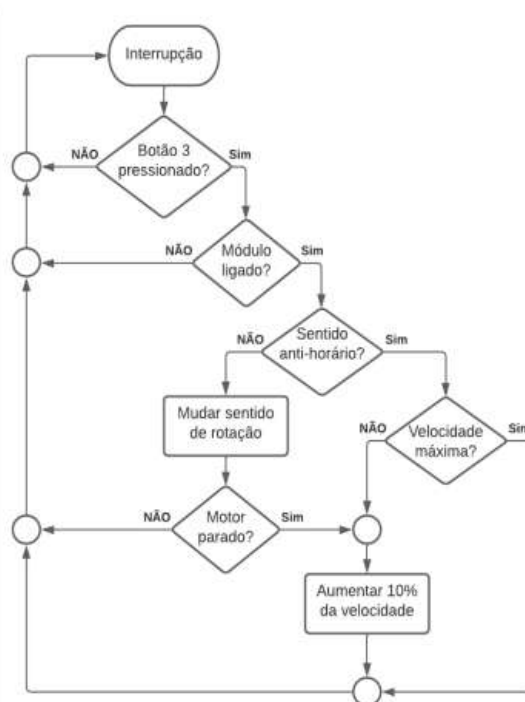
Fonte: Autor.

Figura 5 - Lógica do botão verde.



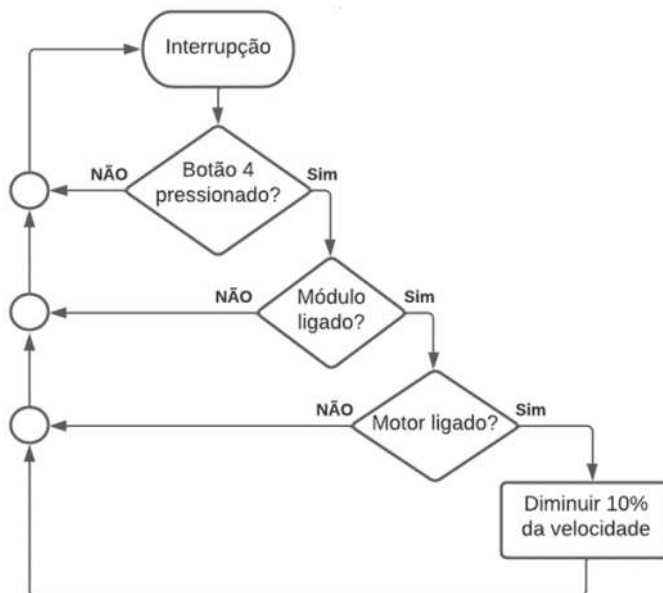
Fonte: Autor.

Figura 6 - Lógica do botão amarelo.



Fonte: Autor.

Figura 7 - Lógica do botão branco.



Fonte: Autor.

3.4 Acionamento de motores trifásico modo remoto

Durante o desenvolvimento do sistema supervisorio buscou-se utilizar componentes intuitivos, tais como: botões nomeados, barra deslizante (*slider*) e imagens que representam o funcionamento do motor. Na figura 8 foram numerados os componentes presentes no supervisorio e na tabela 3 são apresentadas as especificações de cada um.

Figura 8 - Sistema supervisorio enumerado.



Fonte: Autor.

Tabela 3 – Especificações do sistema supervisorio.

Componente	Especificação
1	Local para digitar a porta serial conectada com o módulo HC-05
2	Botão para iniciar a comunicação serial
3	Botão para ligar ou desligar o módulo
4	Botão para mudar a rotação do motor
5	Imagem que representa o estado em que o motor se encontra
6	Indica se a aplicação iniciou
7	Indica se o motor está ligado
8	Indica a velocidade solicitada em %
9	Modifica a velocidade do motor

Fonte: Autor.

A figura 9 detalha as configurações possíveis para o funcionamento do motor.

Figura 9 – Possibilidades de operação do motor.

Figura 9a - Módulo desligado.



Figura 9b - Motor parado.



Figura 9c - Giro sentido horário.



Figura 9d - Giro sentido anti-horário.



Fonte: Autor.

3.4.1 Comunicação do módulo

A comunicação entre o sistema supervisorio e o Arduino é feita de forma serial. Cada função no sistema supervisorio envia um código que o Arduino irá interpretar e realizar a instrução adotada. A tabela 4 apresenta os códigos enviados por cada componente do sistema supervisorio. Os componentes descritos na tabela 4 são os enumerados na figura 8.

Tabela 4 – Especificações do sistema supervisorio.

Componente	Código enviado
3	Envia "ON" ou "OFF"
4	Envia "R"
9	Envia "Dxx", onde xx é igual à velocidade em "%"

Fonte: Autor.

Para comunicar o sistema supervisorio com o computador ou com outro dispositivo, há a presença de um módulo *bluetooth*, configurado para realizar a transmissão e recepção de dados.

3.5 Configuração do inversor

Para controlar motores trifásicos através de um inversor de frequência é necessário configurá-lo de acordo com a aplicação desejada. Para este projeto foram utilizados dois relés para intermediar a comunicação entre o Arduino e o inversor de frequência.

Para aumentar ou reduzir a velocidade do motor, a entrada analógica do inversor foi utilizada. Foi utilizado, também, um optoacoplador, a fim de transformar um sinal PWM de 0 a 5V, em sinal analógico de 0 a 10V. A tabela 5 detalha os códigos utilizados para programar o inversor de frequência CFW300 (WEG, 2017).

Tabela 5 – Parâmetros inversor.

Parâmetro	Valor	Especificação
P204	5	Restaura configurações padrão de 60Hz
P133	3	Frequência mínima em Hz
P134	350	Frequência máxima em Hz
P220	1	Uso sempre remoto (relés)
P222	0	Referência local (IHM)
P231	0	Analógico altera a velocidade
P233	0	Analógico de 0V a 10V
P263	1	DI1 gira e para o motor
P264	8	DI2 muda o sentido de rotação do motor
P265	0	Sem função
P266	0	Sem função

Fonte: Adaptado de WEG.

3.6 Protótipo

A figura 10 expõe o módulo ao final da montagem, onde podem ser observados a placa de comando, o módulo com relés e o inversor de frequência. Foi desenvolvido uma base de MDF para realizar a fixação dos componentes utilizados, bem como para ficar mais semelhante a kits didáticos já existentes.

Figura 10 – Módulo montado.



Fonte: Autor.

4 RESULTADOS

Após a confecção do módulo foram realizados alguns testes para validar seu funcionamento. Durante esta etapa os testes consistiram em validar o funcionamento tanto da placa de comandos, quanto do sistema supervisor. Logo foram testados todos os botões dos dois ambientes.

Para a realização efetiva dos testes, o sistema foi montado em conjunto com um motor trifásico. A montagem do sistema pode ser analisada na figura 11.

Figura 11 – Sistema com o módulo, supervisor e motor.



Fonte: Autor.

Após a montagem do sistema, foi possível realizar os testes. Onde após alguns ajustes, foi validado o funcionamento de todos os botões, tanto os da placa de comandos, quanto os do sistema supervisor. A figura 11 também representa uma das situações de teste do módulo, onde foi realizado o acionamento do motor utilizando o sistema supervisor, comunicando-se com a placa de comandos por meio de um módulo *bluetooth*. Desta forma, foi possível validar a confecção, projeção e configuração do módulo.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho destacou o desenvolvimento de um módulo didático para acionamento de motores trifásicos de modo remoto ou local, para práticas interdisciplinares em cursos de engenharias, visando a utilização de materiais e ferramentas acessíveis para a sua construção. Durante o desenvolvimento do projeto foi possível praticar e visualizar conceitos abordados em disciplinas de cursos de engenharia, tais como: Acionamento de Máquinas Elétricas, Microcontroladores, Sistemas Supervisórios, Programação e Eletrônica.

Buscou-se adotar, neste projeto, configurações e layout que simulam uma aplicação industrial prática, onde o operador de determinada máquina poderá acessar o equipamento através de um painel de controle integrado ou através de um sistema supervisório, possibilitando que o aluno tenha essa vivência.

O módulo foi desenvolvido de forma que os alunos pudessem modificar as configurações do inversor, o sistema supervisório e até mesmo a programação do Arduino. Por fim, pode-se concluir que o uso de módulos didáticos somados à multidisciplinaridade, podem gerar sistemas como os detalhados neste trabalho e ainda é possível observar a aplicação das novas DCNs.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará e ao Laboratório de Eletrônica e Sistemas Embarcados e ao Laboratório de Acionamento de Máquinas Elétricas pelo apoio, financiamento e auxílio no desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Lei n. 9.394/1996.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm>. Acesso em: 04 mar. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parecer CNE/CES nº 2, de 24 de Abril de 2019. Dispõe sobre as Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Graduação em Engenharia.** Disponível em: <http://portal.mec.gov.br>. Acesso em: 04 mar. 2023.

MORAES, A. S. DE., **Desenvolvimento de Sistema Supervisório Didático para Controle de Inversor de Frequência Acionando Motor de Indução Trifásico.** Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Engenharia Elétrica) - Faculdades Integradas de Caratinga. Caratinga. 2016.

OLIVEIRA JÚNIOR, E. T. DE., **Desenvolvimento de um Laboratório Remoto para Práticas e Acionamento de Motores Elétricos na Educação Profissionalizante.** Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Engenharia Elétrica) - Faculdades Integradas de Caratinga. Caratinga. 2016.

PAPERT, S. A. **Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas.** Basic books, 2020.

PAULA, D. D. de et al. **Projeto de sistema de acionamento e controle de máquinas elétricas baseado no módulo iram.** In: GEPOC/UFSM. 11th Seminar on Power

Electronics and Control. 2018. Disponível em:
<https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/553/2020/07/93627-field_submission_abstract_file_2.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2023.

PINHEIRO, V. M. et al. **Desenvolvimento e Implementação de uma Bancada Experimental para Estudo da Máquina de Indução Trifásica de Rotor Bobinado.** Revista Científica UMC, v. 7, n. 3, 2022.

DIDACTIC MODULE FOR LOCAL AND REMOTE ACTUATION OF THREE-PHASE MOTORS

Abstract: Practical classes in the laboratory environment are extremely important for the academic education of engineering students, so the use of didactic modules provides the student with a small sample of the labor market. Several industrial applications can be reproduced in the laboratory with the use of equipment and materials accessible to educational institutions and students. Therefore, this work aims to detail the development of a didactic module to drive three-phase motors locally or remotely.

Keywords: Frequency inverter, Supervisory system, Three-phase motor, Bluetooth, Didactic module.