

O uso do simulador cade_simu como ferramenta preparatória para aulas práticas de laboratório: estudo de caso em partida estrela-triângulo

Vitor Amadeu Souza¹; 0009-0002-1857-6799

1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.
vitor.amadeu@foa.org.br

Resumo: Este trabalho propõe a aplicação do simulador CADe_simu como ferramenta preparatória para aulas práticas de laboratório no ensino de sistemas de partida estrela-triângulo de motores de indução trifásicos. A pesquisa foi desenvolvida através da implementação de um modelo de circuito de comando e força no ambiente virtual, demonstrando as potencialidades da ferramenta para preparar os estudantes para as atividades práticas posteriores. A metodologia adotada incluiu a construção do modelo no CADe_simu, análise das funcionalidades pedagógicas do simulador e fundamentação teórica sobre os benefícios de seu uso preparatório baseada na literatura especializada. A análise teórica e a implementação prática no simulador indicam que o uso de simuladores digitais como ferramenta preparatória pode proporcionar maior compreensão conceitual dos circuitos elétricos, reduzir o tempo necessário para montagem em laboratório, minimizar riscos de acidentes e melhorar o aproveitamento das aulas práticas. O estudo conclui que ferramentas como o CADe_simu constituem recursos pedagógicos com potencial fundamental na fase preparatória do ensino prático de engenharia elétrica, podendo otimizar o tempo de laboratório e proporcionar experiência prévia segura com os sistemas a serem implementados fisicamente.

Palavras-chave: CADe_simu. Simulação preparatória. Ensino de engenharia elétrica. Laboratórios virtuais. Partida estrela-triângulo.

INTRODUÇÃO

A complexidade crescente dos sistemas elétricos industriais e a necessidade de formar profissionais capacitados para lidar com tecnologias avançadas tem demandado novas abordagens pedagógicas que integrem ferramentas digitais ao processo de ensino-aprendizagem (Feisel; Rosa, 2005). O ensino de engenharia elétrica enfrenta desafios constantes relacionados à necessidade de equilibrar conhecimento teórico e habilidades práticas, especialmente no que se refere às atividades de laboratório.

Segundo Nedic, Machotka e Nafalski (2003), as atividades práticas em laboratórios de engenharia elétrica tradicionalmente apresentam desafios significativos, incluindo limitações de tempo, riscos de segurança, custos elevados de equipamentos e a necessidade de supervisão constante. Neste contexto, os simuladores computacionais emergem como ferramentas complementares valiosas, permitindo que os estudantes se familiarizem com os circuitos e sistemas antes da implementação física (Gomes; Bogosyan, 2009).

O CADe_simu é um software de simulação desenvolvido especificamente para circuitos elétricos de comando e força, caracterizado como uma ferramenta educacional voltada para propósitos didáticos e de treinamento (Softonic, 2021). Este simulador oferece uma interface intuitiva que permite a modelagem de diversos componentes elétricos, incluindo contadores, relés temporizadores, motores e dispositivos de proteção, proporcionando uma experiência virtual próxima à realidade dos laboratórios físicos (Heradio *et al.*, 2016).

A partida estrela-triângulo representa um dos métodos mais importantes para acionamento de motores de indução trifásicos, sendo amplamente estudada nos cursos de engenharia elétrica devido à sua relevância prática e didática (Chapman, 2012). Este método permite a redução da corrente de partida através da alteração temporária da configuração dos enrolamentos, constituindo um excelente exemplo para demonstrar conceitos de comando elétrico, temporização e proteção (Fitzgerald; Kingsley; Umans, 2003).

Diversos autores têm destacado a importância dos simuladores como ferramentas preparatórias para atividades práticas. Segundo Potkonjak *et al.* (2016), o uso de simuladores antes das aulas de laboratório permite que os estudantes compreendam

previamente o funcionamento dos circuitos, reduzindo significativamente o tempo necessário para a montagem física e minimizando erros de conexão que poderiam causar danos aos equipamentos.

A segurança em laboratórios de engenharia elétrica é uma preocupação constante, especialmente quando se trabalha com circuitos de força envolvendo motores de potência elevada (Aktan *et al.*, 1996). O uso de simuladores como ferramenta preparatória permite que os estudantes identifiquem previamente potenciais riscos e compreendam os procedimentos de segurança necessários antes do contato com equipamentos reais (Dormido, 2004).

O presente trabalho tem como objetivo analisar a aplicação do simulador CADe_simu como ferramenta preparatória para aulas práticas de laboratório, utilizando como estudo de caso a implementação de um sistema de partida estrela-triângulo. A pesquisa visa demonstrar as vantagens pedagógicas desta abordagem e sua contribuição para a melhoria da qualidade do ensino prático em engenharia elétrica.

MÉTODOS

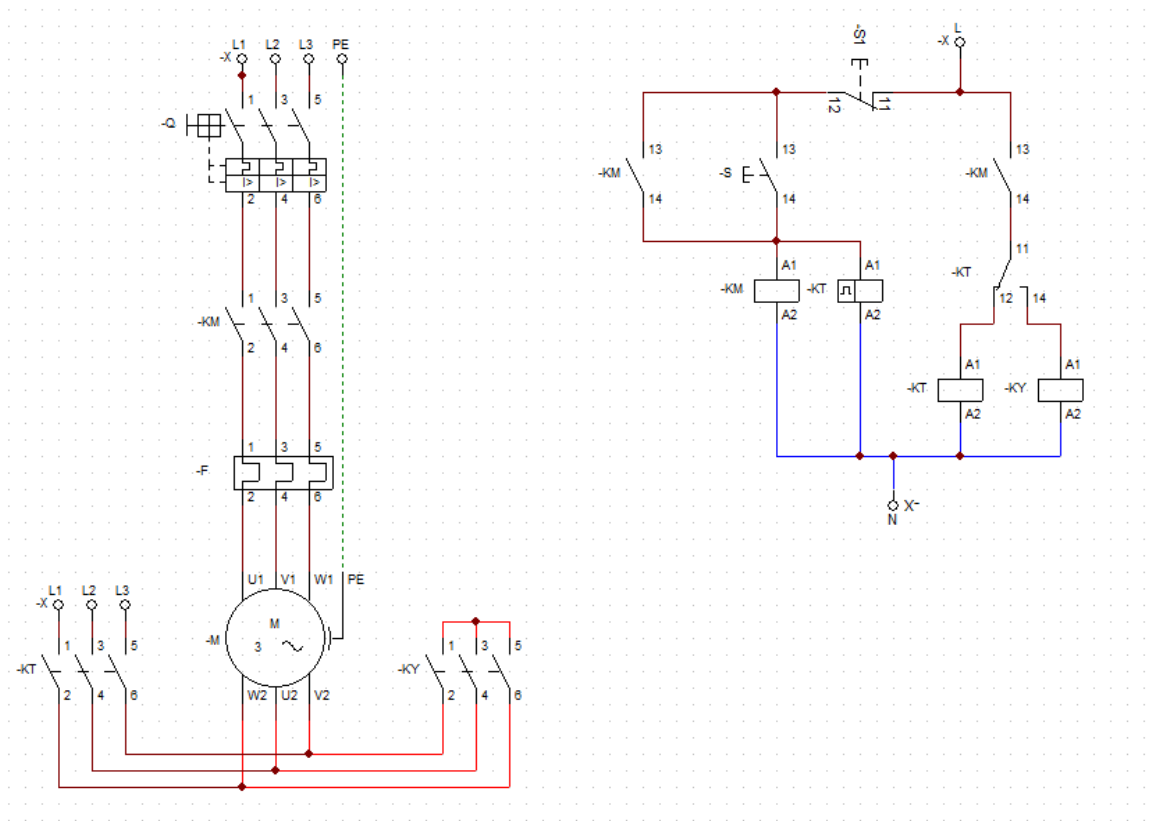
A metodologia adotada neste estudo baseou-se na implementação e análise qualitativa de um circuito de partida estrela-triângulo no simulador CADe_simu, focando em suas potencialidades como ferramenta preparatória para atividades práticas de laboratório através de fundamentação teórica na literatura especializada. O desenvolvimento da pesquisa seguiu as seguintes etapas: análise das funcionalidades do simulador, implementação do modelo virtual, avaliação teórica das vantagens pedagógicas baseada em estudos similares e proposição de estratégias de uso preparatório.

Para a implementação do modelo virtual, utilizou-se como referência os diagramas padrão de partida estrela-triângulo apresentados por Boldea e Nasar (2010) e as especificações técnicas descritas por Sen (2013). O circuito foi modelado considerando tanto o circuito de comando quanto o de força, incluindo todos os dispositivos necessários para uma implementação real posterior.



O modelo implementado no simulador incluiu os seguintes componentes: contatores principais, contator estrela, contator triângulo, relé temporizador, dispositivos de proteção (fusíveis e relé térmico) e elementos de comando (botões de partida e parada). Esta configuração representa os circuitos utilizados em aulas práticas de laboratório (Hughes; Drury, 2013). A Figura 1 apresenta o circuito montado no simulador.

Figura 1 - Circuito simulado no CADe_simu



Fonte: O autor.

A validação da proposta metodológica foi realizada através da comparação entre as funcionalidades disponíveis no simulador e os requisitos pedagógicos identificados na literatura especializada. Utilizaram-se como referência os trabalhos de Ma e Nickerson (2006) sobre métodos eficazes de ensino em engenharia elétrica assim como as diretrizes estabelecidas para atividades práticas em laboratórios educacionais.

A análise das potenciais vantagens do uso preparatório do simulador foi estruturada considerando quatro dimensões principais: segurança, eficiência pedagógica, economia de

recursos e qualidade da aprendizagem, fundamentada em estudos similares encontrados na literatura. Esta abordagem multidimensional permite uma avaliação abrangente dos benefícios potenciais proporcionados pela ferramenta (Dorf; Svoboda, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise revelou que o simulador oferece recursos pedagógicos que contribuem substancialmente para a preparação dos estudantes antes do contato com equipamentos reais. Uma das principais vantagens identificadas refere-se à possibilidade de familiarização prévia com os componentes e suas representações simbólicas. O CADe_simu apresenta símbolos padronizados conforme as normas internacionais, permitindo que os estudantes se habituem à simbologia elétrica antes da montagem física (IEC 60617-2, 1996).

A funcionalidade de simulação dinâmica do CADe_simu permite aos estudantes observar a sequência operacional completa da partida estrela-triângulo, incluindo a temporização e o intertravamento entre contatores. Esta visualização é fundamental para a compreensão dos princípios de funcionamento, especialmente considerando que tais fenômenos ocorrem rapidamente nos equipamentos reais e podem ser difíceis de acompanhar durante as aulas práticas (Kosow, 2002).

O simulador oferece recursos de análise que permitem identificar erros de projeto antes da implementação física. Durante a modelagem virtual, é possível detectar problemas como falta de intertravamento, dimensionamento inadequado de dispositivos de proteção ou sequências operacionais incorretas (Bolton, 2015). Esta capacidade de validação prévia é particularmente valiosa, pois evita danos a equipamentos e situações de risco durante as atividades práticas.

A interface gráfica do CADe_simu demonstrou-se intuitiva e adequada para fins educacionais. A possibilidade de visualizar simultaneamente os circuitos de comando e força, juntamente com a indicação visual dos estados dos componentes, facilita a compreensão global do sistema (Guru; Hiziroglu, 2001). Esta visualização holística é especialmente importante para estudantes em fase inicial de aprendizado, que frequentemente têm dificuldade em correlacionar os circuitos de comando e força.

O aspecto da segurança representa uma das vantagens mais significativas do uso preparatório do simulador. Conforme destacado por Rashid (2017), atividades práticas com motores elétricos envolvem riscos inerentes relacionados a choques elétricos, arcos voltaicos e danos por curto-circuito. O uso do CADe_simu permite que os estudantes cometam erros e aprendam com eles em um ambiente completamente seguro, desenvolvendo confiança e competência antes do manuseio de equipamentos reais.

O simulador também se mostrou eficaz na demonstração de conceitos abstratos relacionados ao comando elétrico. A visualização dos contatos auxiliares, a lógica de intertravamento e os circuitos de auto-retenção podem ser claramente observados na simulação, facilitando a compreensão destes conceitos fundamentais (Wildi, 2006). Esta capacidade de visualização de conceitos abstratos é particularmente importante no ensino de sistemas de comando, onde a compreensão da lógica de funcionamento é essencial.

CONCLUSÕES

O presente estudo demonstrou que o simulador CADe_simu constitui uma ferramenta preparatória de elevado valor pedagógico para atividades práticas de laboratório em engenharia elétrica. A análise da implementação do circuito de partida estrela-triângulo evidenciou múltiplas vantagens que contribuem significativamente para a melhoria da qualidade do ensino de laboratório.

As principais vantagens identificadas incluem a familiarização prévia dos estudantes com componentes e simbologia elétrica, a possibilidade de compreensão antecipada dos princípios de funcionamento, a identificação e correção de erros em ambiente seguro, e a otimização do tempo de laboratório. Estes benefícios se traduzem em maior aproveitamento das atividades práticas e melhor preparação dos estudantes para desafios reais da engenharia elétrica.

O aspecto da segurança emerge como um dos benefícios mais relevantes do uso preparatório do simulador. A possibilidade de experimentar e cometer erros em ambiente virtual elimina riscos associados ao manuseio de equipamentos de alta potência, contribuindo para a formação de profissionais mais conscientes dos aspectos de segurança em instalações elétricas.

Para trabalhos futuros, sugere-se a realização de estudos comparativos quantitativos sobre o desempenho de estudantes que utilizam simuladores preparatórios versus aqueles que não utilizam, bem como a análise de outros simuladores disponíveis no mercado. Também se recomenda o desenvolvimento de metodologias específicas para integração otimizada de ferramentas virtuais e atividades práticas no currículo de engenharia elétrica.

REFERÊNCIAS

- AKTAN, B.; BOHUS, C. A.; CROWL, L. A.; SHOR, M. H. Distance learning applied to control engineering laboratories. *IEEE Transactions on Education*, v. 39, n. 3, p. 320-326, 1996.
- BOLDEA, I.; NASAR, S. A. *The induction machines design handbook*. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2010.
- BOLTON, W. *Control engineering*. 3. ed. Harlow: Pearson Education, 2015.
- CHAPMAN, S. J. *Electric machinery fundamentals*. 5. ed. New York: McGraw-Hill, 2012.
- DORF, R. C.; SVOBODA, J. A. *Introduction to electric circuits*. 9. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2014.
- DORMIDO, S. Control learning: present and future. *Annual Reviews in Control*, v. 28, n. 1, p. 115-136, 2004.
- FEISEL, L. D.; ROSA, A. J. The role of the laboratory in undergraduate engineering education. *Journal of Engineering Education*, v. 94, n. 1, p. 121-130, 2005.
- FITZGERALD, A. E.; KINGSLEY, C.; UMANS, S. D. *Electric machinery*. 6. ed. New York: McGraw-Hill, 2003.
- GOMES, L.; BOGOSYAN, S. Current trends in remote laboratories. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, v. 56, n. 12, p. 4744-4756, 2009.
- GURU, B. S.; HIZIROGLU, H. R. *Electric machinery and transformers*. 3. ed. New York: Oxford University Press, 2001.
- HERADIO, R.; DE LA TORRE, L.; GALAN, D.; CABRERIZO, F. J.; HERRERA-VIEDMA, E.; DORMIDO, S. Virtual and remote labs in education: a bibliometric analysis. *Computers & Education*, v. 98, p. 14-38, 2016.
- HUGHES, A.; DRURY, B. *Electric motors and drives: fundamentals, types and applications*. 4. ed. Oxford: Newnes, 2013.

IEC 60617-2. Graphical symbols for diagrams - Part 2: Symbol elements, qualifying symbols and other symbols having general application. Geneva: International Electrotechnical Commission, 1996.

KOSOW, I. L. Electric machinery and transformers. 2. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1991.

MA, J.; NICKERSON, J. V. Hands-on, simulated, and remote laboratories: a comparative literature review. ACM Computing Surveys, v. 38, n. 3, p. 7-es, 2006.

MOHAN, N.; UNDELAND, T. M.; ROBBINS, W. P. Power electronics: converters, applications, and design. 3. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2003.

NASAR, S. A.; UNNEWEHR, L. E. Electromechanics and electric machines. 1. ed. New York: John Wiley & Sons, 1979.

NEDIC, Z.; MACHOTKA, J.; NAFALSKI, A. Remote laboratories versus virtual and real laboratories. Proceedings of the 33rd Annual Frontiers in Education Conference, v. 1, p. T3E-1-T3E-6, 2003.

POTKONJAK, V.; GARDNER, M.; CALLAGHAN, V.; MATTILA, P.; GUETL, C.; PETROVIĆ, V. M.; JOVANOVIĆ, K. Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: a review. Computers & Education, v. 95, p. 309-327, 2016.

RASHID, M. H. Power electronics: circuits, devices & applications. 4. ed. Boston: Pearson, 2017.

SEN, P. C. Principles of electric machines and power electronics. 3. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2013.

WILDI, T. Electrical machines, drives and power systems. 6. ed. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall, 2006.

BOLDEA, I.; NASAR, S. A. The induction machines design handbook. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2010.

MA, J.; NICKERSON, J. V. Hands-on, simulated, and remote laboratories: a comparative literature review. ACM Computing Surveys, v. 38, n. 3, p. 7-es, 2006.

SOFTONIC. Cade Simu - Download. Softonic, 2021. Disponível em: <https://cade-simu.en.softonic.com/>. Acesso em: 01 ago. 2025.