



Ensino de comandos e acionamentos elétricos usando os softwares CAdE SIMU e PC SIMU.

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2025.6372

Autores: GERONIMO BARBOSA ALEXANDRE

Resumo: O artigo aborda o ensino de comandos e acionamentos elétricos utilizando os softwares CAdE SIMU e PC SIMU para simular diferentes métodos de partida em motores de indução trifásicos, como partida direta, sequencial, estrela-triângulo e compensadora. Destaca-se a importância dessas ferramentas na análise prévia do funcionamento dos circuitos elétricos, evitando erros técnicos e facilitando o aprendizado. O estudo, de natureza aplicada e experimental, integra abordagens qualitativas e quantitativas, sendo desenvolvido no contexto da disciplina de Máquinas e Acionamentos Elétricos do curso de Engenharia de Controle e Automação do IFPB Campus Cajazeiras. Os resultados demonstram as vantagens de cada método de partida, como a redução da corrente de arranque e o impacto na rede elétrica, além da eficácia da integração entre os softwares para uma visualização realista dos acionamentos de motores simulados. Conclui-se que a combinação de teoria, simulação e prática é essencial para a formação.

Palavras-chave: : Ensino, Acionamentos elétricos, Simulação elétrica, CAdE SIMU, PC SIMU, Ensino, Acionamentos elétricos, Simulação

ENSINO DE COMANDOS E ACIONAMENTOS ELÉTRICOS USANDO OS SOFTWARES CADE SIMU E PC SIMU

1 INTRODUÇÃO

Os motores de indução trifásicos (MIT) correspondem a cerca de 60% da energia elétrica em países industrializados, evidenciando a preferência desse tipo de máquina rotativa devido a vantagens como baixo custo, fácil manutenção e aplicação prática simples (OLIVEIRA 2021 apud YGOR 2010 et al., p.12). Logo, “o motor elétrico é o equipamento responsável pela transformação de energia elétrica em energia mecânica, sendo, na maioria dos segmentos econômicos rurais e industriais, a principal forma de uso final da energia elétrica. No Brasil, os motores representam mais de 50% do uso final da energia elétrica da indústria. Desde o início de sua utilização, houve redução de seu peso e aumento do seu rendimento, especialmente pela melhoria da tecnologia dos materiais isolantes, dos materiais magnéticos e do projeto como um todo” (COSTA 2019 apud OLIVEIRA FILHO 2010 et al., p. 11).

Assim, para uma maior eficiência na aplicação dos componentes que fazem parte de um painel dedicados para a operação de um motor trifásico, foram desenvolvidas ferramentas que permitem analisar o funcionamento dessas máquinas antes da aplicação prática. Essas ferramentas digitais possibilitam a criação e o teste de circuitos elétricos por simulação digital, contribuindo para o estudo e o entendimento dos princípios de acionamento e controle dessas máquinas.

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo realizar simulações de arranques em motores elétricos trifásicos por meio dos programas CADe SIMU e PC SIMU. Onde, serão desenvolvidos acionamentos de diferentes métodos, como partida direta, com reversão, partidas sequenciais, partida estrela-triângulo e da mesma forma a partida compensadora.

Foi utilizado o CADe SIMU v4.0 nas simulações dos acionamentos e o PC SIMU v3.0, para visualizar em um formato mais realista as simulações feitas no CADe SIMU.

“O CADe SIMU é um *software* para o desenvolvimento de projetos para a área de eletrotécnica que devam desenvolver e implementar diagramas de comandos elétricos, tudo isso de forma bem prática e acessível pois não há necessidade de utilização de uma ligação elétrica real para a simulação do *software* que é totalmente feita na própria interface dele e com o auxílio de uma simbologia própria para a modelagem e em seguida efetivar de fato sua simulação” (GUIMARÕES, 2018, p. 23).

Já o PC SIMU, “Esse é um *software* complementar ao CADe SIMU pois ele deve ser usado para ser possível visualizar, de forma gráfica, a simulação feita no CADe SIMU. Para isso ele conta com uma biblioteca com imagens de equipamentos reais para ajudar ao usuário entender de forma melhor o que ocorre no CADe SIMU. Para se conseguir fazer a comunicação entre os dois *softwares* basta associar os elementos de cada um com os seus respectivos correspondentes através de seus endereços e saídas” (GUIMARÕES, 2018, p. 23).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

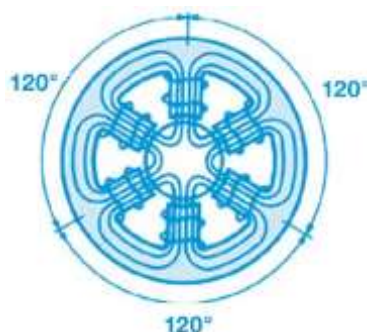
O motor usado nos testes de simulação é o trifásico, por ser mais comum nas atividades indústrias, e também por ser mais versátil quando se vai utilizar no circuito elétrico, “[...] com sua construção simples, custo reduzido e grande versatilidade de adaptação às cargas dos mais diversos tipos e melhores rendimentos. Tendo suas aplicações tanto para o uso

residencial, comercial e industrial; tais como: tornos, fresas, misturadores, esteiras, pontes rolantes, silos, bombas d'água, dentre outras" (WEG, 2024). Dessa forma, o motor elétrico é mais acessível em termos didáticos para uma compreensão mais abrangente dos testes de simulações a serem feitas.

Um enrolamento trifásico (Figura 1) consiste em três enrolamentos monofásicos espaçados de 120° . Quando esses enrolamentos são alimentados por uma corrente, cria-se um campo magnético.

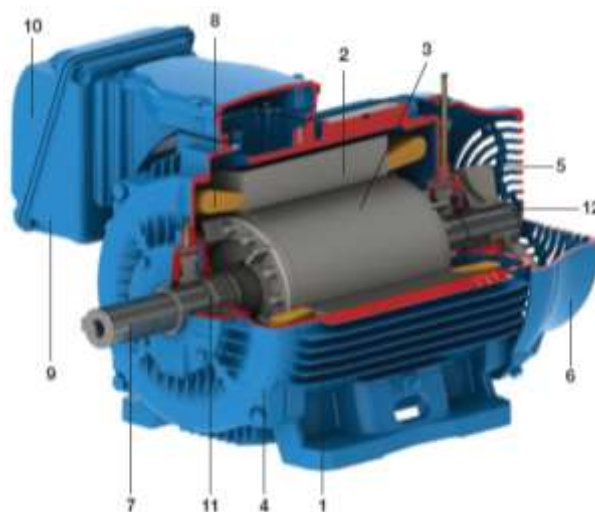
"Assim, quando um enrolamento trifásico é alimentado por correntes trifásicas, cria-se um "campo girante", como se houvesse um único par de polos girantes, de intensidade constante. Este campo girante, criado pelo enrolamento trifásico do estator, induz tensões nas barras do rotor (linhas de fluxo magnético cortam as barras do rotor), que por estar curto-circuitadas geram correntes, e, conseqüentemente, um campo no rotor, de polaridade oposta à do campo girante do estator. Como campos opostos se atraem e como o campo do estator é rotativo, o rotor tende a acompanhar a rotação deste campo. Desenvolve-se então, no rotor, um conjugado motor que faz com que ele gire, acionando a carga" (WEG, 2024).

Figura 1 – Exemplo de um enrolamento trifásico.



Fonte: WEG (2024, p. 13).

Figura 2 – Motor de indução trifásico (MIT).



Fonte: WEG (2024, p. 13).

O motor trifásico (Figura 2) é estruturado basicamente em duas partes: rotor e estator. Claro que, também existe outros periféricos que também são importantes que compõem o motor elétrico, porém, não serão explorados detalhes a respeito.

O estator é uma parte muito importante do motor elétrico. Ele é consiste em uma estrutura fixa envolvida no rotor (parte girante da máquina), o estator pode interagir e gerar um campo magnético que é capaz de transformar energia elétrica em mecânica nos motores elétricos.

Essa parte do motor tem como característica, a carcaça (1) que é uma estrutura de suporte que cobre os componentes que constituem o motor, é construída de ferro fundido com aço ou alumínio para resistir a corrosões. O núcleo de chapas (2), são feitas de aço magnético. E o enrolamento trifásico (8), é composto por seis bobinas divididas em três conjuntos, sendo um para cada fase, formando juntos um circuito balanceado, o qual é conectado à rede trifásica de alimentação.

O rotor é a parte rotativa do motor elétrico. Ele gira dentro do estator (onde é gerado o campo magnético) e é responsável por converter energia elétrica em energia mecânica. Para produzir este movimento rotacional, o rotor interage com o campo eletromagnético gerado pelo estator. Esta inter-relação entre estator e rotor é, portanto, fundamental quando se consideram motores elétricos.

Outras características essenciais do MIT, como o eixo (7), servem para transmitir a potência mecânica gerada pelo motor. A placa central (3) possui as mesmas propriedades da placa do estator. A barra de curto-circuito e o anel (12) são feitos de alumínio e inseridos em uma única peça sob pressão. Componentes do motor de indução trifásico (MIT) como tampa (4), ventilador (5), tampa guia (6), caixa de ligação (9), terminais (10) e mancais (11) não serão danificados. O foco do aprofundamento é um trabalho mais detalhado em peças importantes, como rotor e estator.

No que se refere a rede de alimentação dos motores elétricos trifásicos, as tensões trifásicas mais comuns usadas nas redes industriais, segundo a WEG são as de baixa tensão de 220 V, 380 V e 440 V e a de alta tensão de 2.300 V, 4.160 V e 6.600 V. Então, as simulações iram ser testadas com a rede de alimentação de baixa tensão com corrente alternada (AC).

Em relação à rede de alimentação para motores trifásicos, segundo dados da WEG, as tensões trifásicas mais comuns em redes industriais são a baixa tensão 220V, 380V e 440V e a alta tensão 2.300V, 4.160V e 6.600V. Será usada uma rede de alimentação de corrente alternada (CA) de tensão nas simulações.

O motor trifásico possui vantagens satisfatórias, além de sua construção simples, é confiável e durável, o seu custo de manutenção é baixo, com eficiência energética, como também auto partida, versatilidade e o custo é mais acessível.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, experimental e descritiva, com abordagem qualitativa e quantitativa. A pesquisa aplicada visa solucionar problemas práticos relacionados à eficiência energética e à sustentabilidade. O aspecto experimental ocorre através da montagem e teste de um sistema real, enquanto a abordagem descritiva documenta e analisa os resultados obtidos. A metodologia qualitativa permite uma compreensão aprofundada das condições de operação e dos desafios enfrentados na instalação, enquanto a abordagem quantitativa proporciona uma avaliação objetiva do desempenho técnico e da viabilidade econômica do sistema. O estudo também considera aspectos normativos e de segurança relacionados ao acionamento de máquinas elétricas.

3.1 A Disciplina de Máquinas e Acionamentos Elétricos

A disciplina de Máquinas e Acionamentos Elétricos do curso de Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação do IFPB Campus Cajazeiras possui um conteúdo amplo e uma carga horária limitada a 67 horas/relógio, sendo quatro horas-aula por semana, incluindo o tempo necessário para a avaliação dos alunos no semestre.

O curso é pensado para que seja feito teoria, simulação e prática, nesta ordem, cobrindo todo o conteúdo programático da ementa do componente curricular. O semestre letivo é composto por 20 semanas, onde será trabalhado o conteúdo da disciplina e as atividades avaliativas, bem como as visitas técnicas as empresas parceiras. Para o semestre 2025.1, o conteúdo da disciplina foi organizado como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Conteúdo programático da disciplina Redes de Distribuição.

Semana	Conteúdo
1	Apresentação do curso e estratégias de ensino
2	Visão geral de um acionamento elétrico
3-4	Comandos elétricos – Teoria e Prática
5-6	Partida direta/reversão – Simulação e Prática
7-8	Partida sequencial – Simulação e Prática
9-10	Partida estrela-triângulo – Simulação e Prática
11-12	Partida com chave compensadora – Simulação e Prática
13-14	Partida com inversor de frequências – Simulação e Prática
15-16	Partida com <i>soft-starters</i> – Simulação e Prática
17-18	Partida com uso de CLP – Simulação e Prática
19-20	Montagem de quadro elétricos de comando e proteção

Fonte: Autores (2025).

A avaliação da primeira unidade é composta por duas atividades, sendo uma atividade de simulação usando os *softwares* CAdE SIMU e PC SIMU em um case real da indústria local e uma atividade prática, onde o aluno irá montar um dos métodos de acionamentos tradicionais (partidas clássicas) vistos na unidade, após a montagem o professor insere erros na montagem, para que o aluno resolva, desta forma visa-se desenvolver o raciocínio lógico do aluno na resolução de problemas na área.

A avaliação da segunda unidade é semelhante a Unidade I, sendo composta por simulação e prática, contudo nesta unidade é abordado os acionamentos eletrônicos (inversor e *soft-starters*), além da construção das lógicas de comando, o aluno aprende a parametrização dos equipamentos eletrônicos.

Por fim na Unidade III, os alunos elaboram (uso do *software* Eplan Electric 08) e montam quadros elétricos colocando em prática os diversos acionamentos estudados de maneira integrada, numa aplicação real das indústrias locais parceiras.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção serão apresentados os resultados da simulação das partidas direta, sequencial de dois motores, estrela-triângulo e chave compensadora para motores de indução trifásicos usando as ferramentas CAdE SIMU e PC SIMU.

4.1 Partida Direta

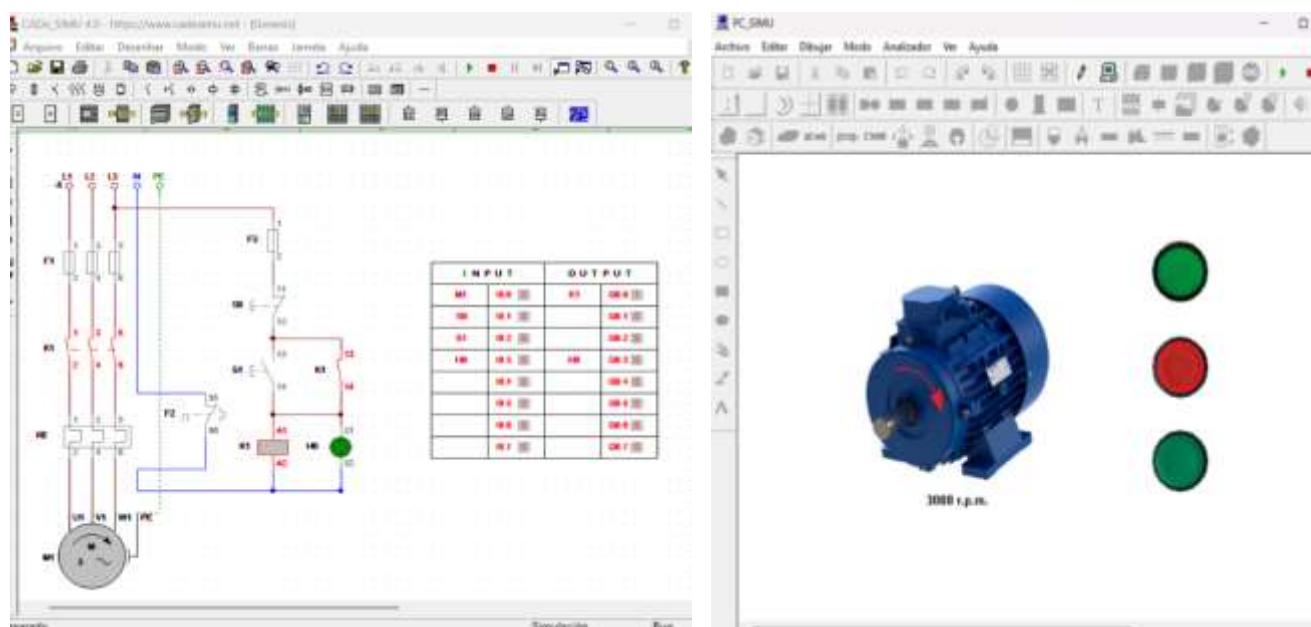
No foco inicial, é destacado o primeiro projeto a ser discutido (Figura 3), é uma simulação básica de um acionamento direto de um motor elétrico de indução trifásico (MIT).

Na Figura 3(a) é ilustrado os diagramas de comando e força da partida direta, onde observamos as ligações da proteção (fusíveis e relé térmico) e o acionamento do contactor trifásico, foi usado dois botões um liga e um desliga. Observamos também o contato de selo feito pelo contato aberto do contactor (K1). Foi inserida um sinaleiro para sinalizar o estado do motor.

Para simular no PC SIMU, foi preciso fazer a integração dos dois *softwares* trabalhados. Para isso, foi adicionado um componente no CADe SIMU chamando de *Exchange PC_SIMU entries* (entradas) e *Exchanging departures PC_SIMU* (saídas) para enviar o comando para o PC SIMU, e observar de forma mais realista como funciona o sistema montado na simulação desse projeto. Na Figura 3 é ilustrado a integração das duas ferramentas na simulação da partida direta do motor de indução.

Figura 3 –Integração do CADe SIMU com o PC SIMU, para simular uma partida direta. (a) Diagramas de comando e força. (b), a representação do funcionamento.

(a) (b)



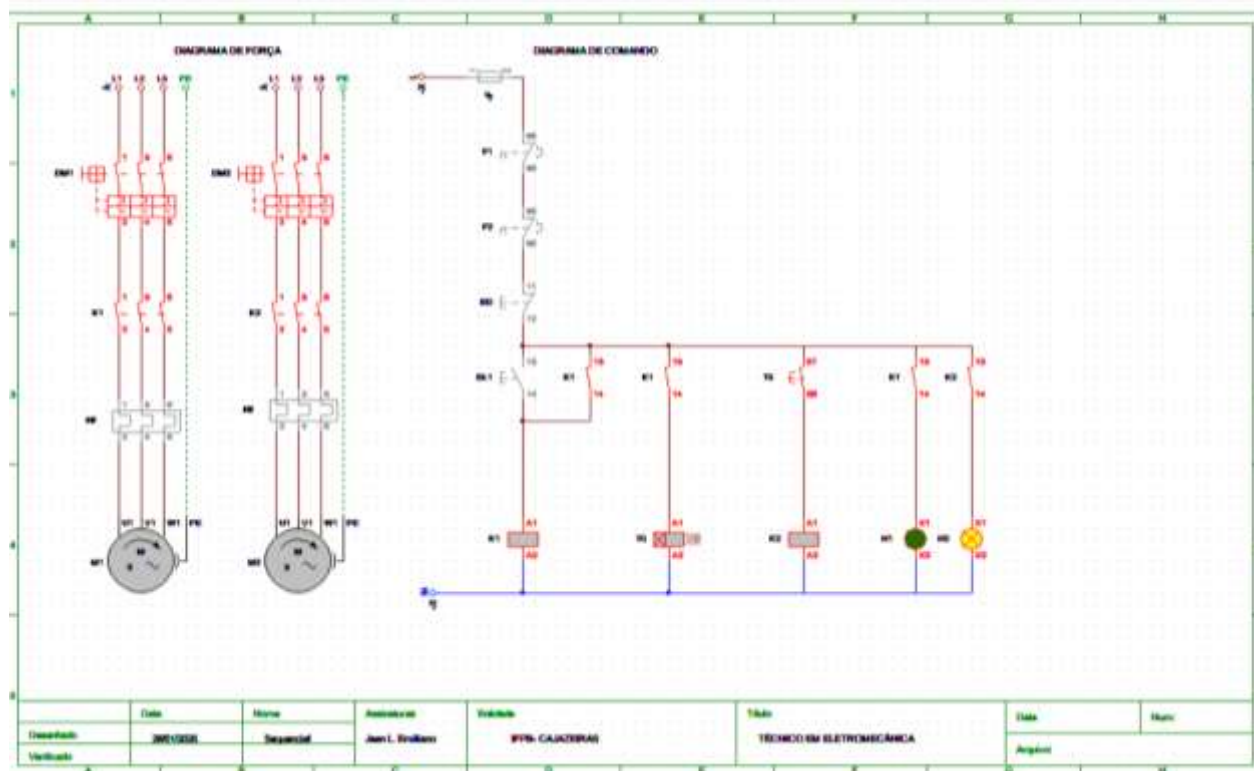
Fonte: Autores (2025).

A Figura 3(b), possui componentes em 3D disponíveis no PC SIMU, como o motor de indução trifásico, as botoeiras (NA, NF) e uma sinalização visual (H0). Para fazer a integração entre os dois *softwares* usados nas simulações, basta inserir as tabelas de entrada e saída no CADe SIMU e informar os respectivos endereços, já no PC SIMU é o informado os endereços inseridos no CADe SIMU. Desta forma há a comunicação automática entre os *softwares*.

4.2 Partida sequencial de dois motores

Na simulação sequencial (Figura 4), será executada uma partida direta com dois motores de indução trifásicos (MIT). Nesse caso, ambos os dispositivos são acionados de maneira direta, ou seja, quando o primeiro contactor (K1) é energizado, o motor associado é ligado com potência máxima, assim como acontece com o segundo contactor (K2). Portanto, caso os dois motores sejam conectados ao mesmo tempo, isso resultará em uma corrente de partida de alta magnitude, provocando quedas de tensão e impactando outras cargas presentes na rede elétrica.

Figura 4 – Simulação da partida sequencial de dois motores de indução.



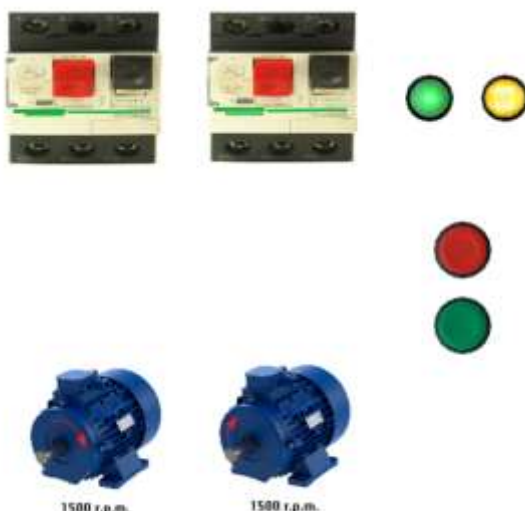
Fonte: Autores (2025).

A solução adotada envolveu a utilização de um temporizador com retardo na comutação (T0), programado para 5 segundos e associado a um contato NA do contator K1. Inicialmente, o primeiro motor é ligado. Em seguida, o contato K1 no temporizador é acionado, dando início à contagem de 5 segundos para o ligamento do segundo motor elétrico.

É importante destacar algumas observações relevantes nesta simulação. Cada motor deve possuir proteção individual contra curto-circuito, de modo que, caso ocorra um curto no M1, isso não afete ou danifique o M2. Além disso, os disjuntores motores (DM1 e DM2), presentes no diagrama de força e conectados à rede dos motores elétricos, têm a função de proteger o sistema contra curtos-circuitos. Dessa forma, se o M1 sofrer um curto, o disjuntor DM1 se abre, interrompendo o fluxo de corrente. Portanto, o objetivo desses disjuntores é garantir a proteção dos cabos e das cargas da rede. Outro ponto importante é que os relés térmicos (F1 e F2) são componentes específicos para os motores, protegendo-os contra sobrecargas causadas por aquecimento excessivo.

Também foram incluídas duas sinalizações (H1 e H2), associadas aos contatos dos contatores (K1 e K2), que são ativadas quando os motores M1 e M2 estão em operação. Quando o primeiro motor é ligado, uma luz de sinalização verde é acesa. Já o segundo motor, ao ser acionado após a contagem do temporizador, aciona uma luz de sinalização amarela. Na Figura 5 é ilustrada a interface homem máquina desenvolvida no PC SIMU para o comando e a supervisão da partida sequencial de dois motores de indução trifásicos.

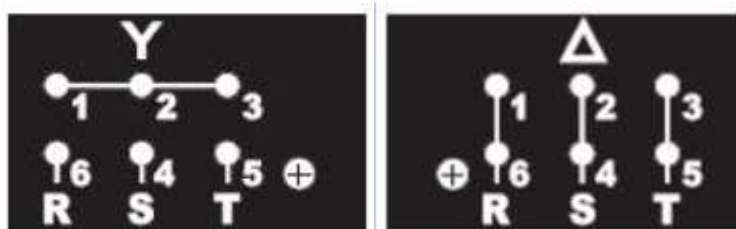
Figura 5 – Tela do PC SIMU para a partida sequencial de dois motores de indução.



4.3 Partida estrela-triângulo

Na simulação da partida estrela-triângulo, foi escolhido o motor de indução trifásico de 6 terminais e três contatores. A ligação estrela-triângulo é um esquema que reduz a força máxima da corrente em um motor trifásico. Ela consiste em deixar a partida mais uniforme, otimizando a tensão que reduz a corrente e o arranque do motor. Na Figura 6, é apresentada os esquemas de ligações estrela (Y) e triângulo (Δ) de um motor elétrico trifásico de 6 terminais de entrada. Essas sequências de ligações são encontradas em placas de identificação acopladas nos motores.

Figura 6 – Sequencias de ligações estrela (Y) e triângulo (Δ).



Fonte: www.mundodaeletrica.com.br/ligacao-estrela-o-que-e-e-onde-e-aplicada/

Na simulação (Figura 7), o contator K1 está conectado diretamente à rede. O segundo contator está ligado em triângulo aos demais contatores no diagrama de força, enquanto o terceiro contator é configurado em estrela. De forma simplificada, em relação ao princípio de funcionamento dessa partida, inicialmente, é realizada uma ligação em estrela no motor durante a fase de acionamento. Essa conexão é responsável por reduzir a corrente de partida abaixo do valor nominal. Quando o motor sai da inércia e alcança uma velocidade específica, após 3 segundos (conforme programado no temporizador localizado no diagrama de comando), a passagem de corrente é interrompida no contator configurado em estrela (K3), e o contator ligado em triângulo (K2) – estabelecido por um circuito fechado – é ativado. Dessa maneira, o motor começa a operar em estrela.

O diagrama de comandos foi projetado para coordenar a interação entre os contatores. Quando o comando é acionado, a corrente elétrica alimenta a bobina do primeiro contator, conectado à rede, bem como a do terceiro contator e do temporizador. Após energizar o contato temporizado NF com um contato de selo da K3, ao final da contagem de segundos, o

contato de K3 é aberto, e a corrente passa a alimentar o contator configurado em triângulo. Além disso, foram instaladas duas lâmpadas para indicar em qual configuração o motor elétrico está operando. A lâmpada de cor amarela sinaliza que o motor está em estrela, enquanto a luz azul (a outra lâmpada) indica que ele está em triângulo.

Figura 7 – Simulação da partida estrela-triângulo no CADe SIMU 4.0.

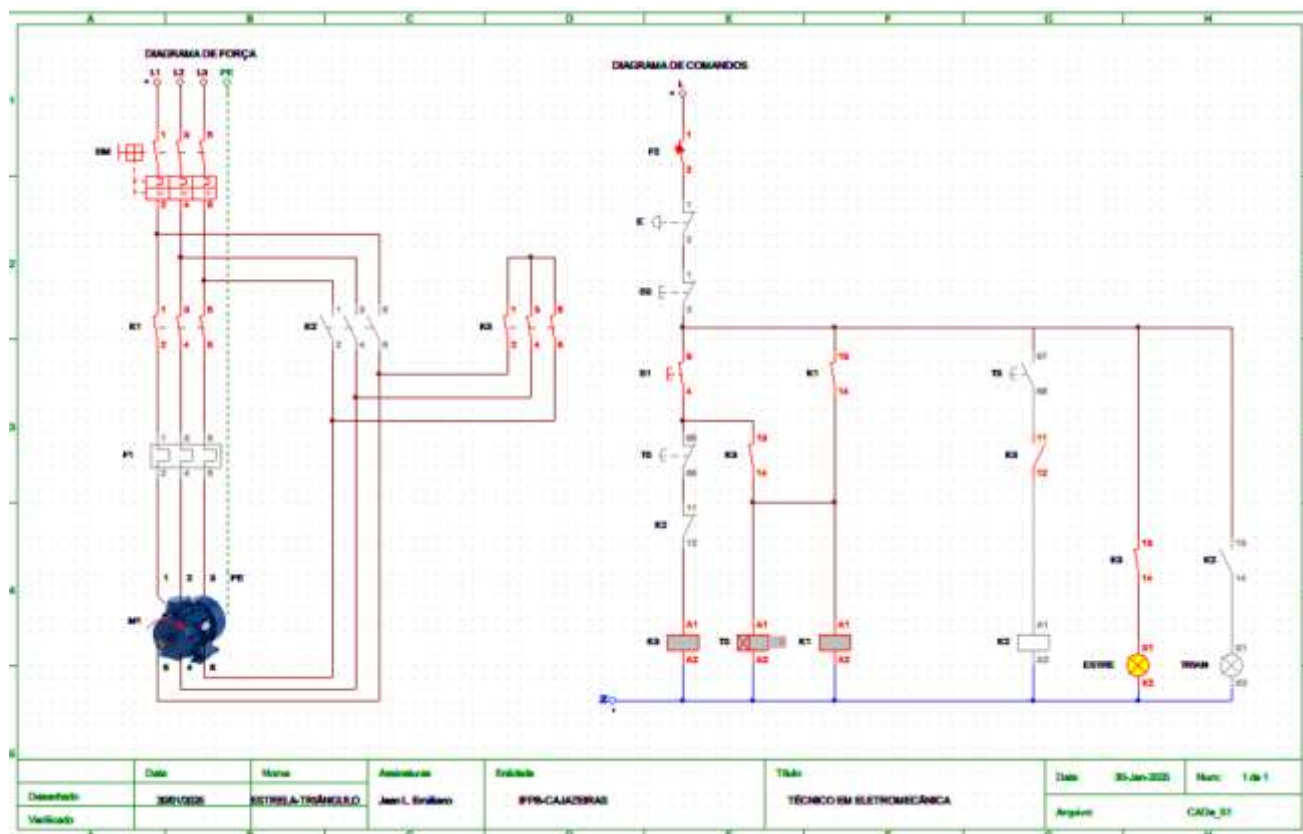
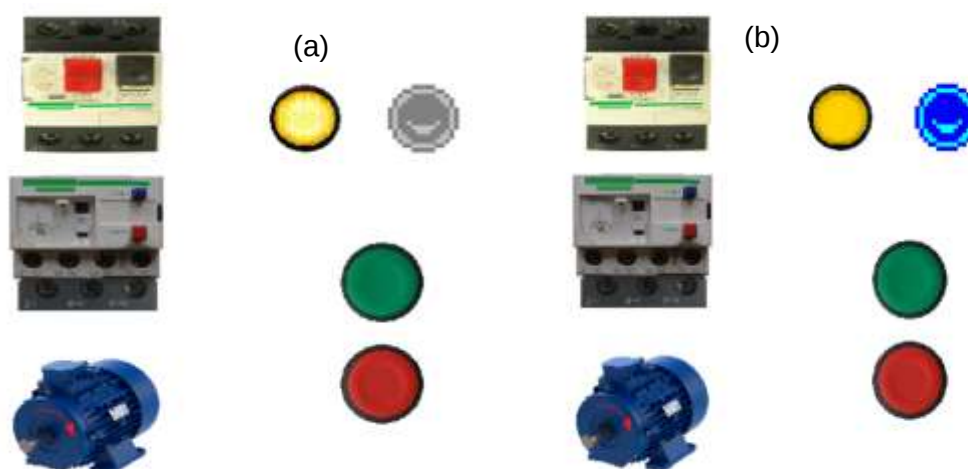


Figura 8 – Tela do PC SIMU. (a) Ligação em estrela, sinalizador visual de cor amarelo. (b) Ligação em triângulo, sinalizador de cor azul.



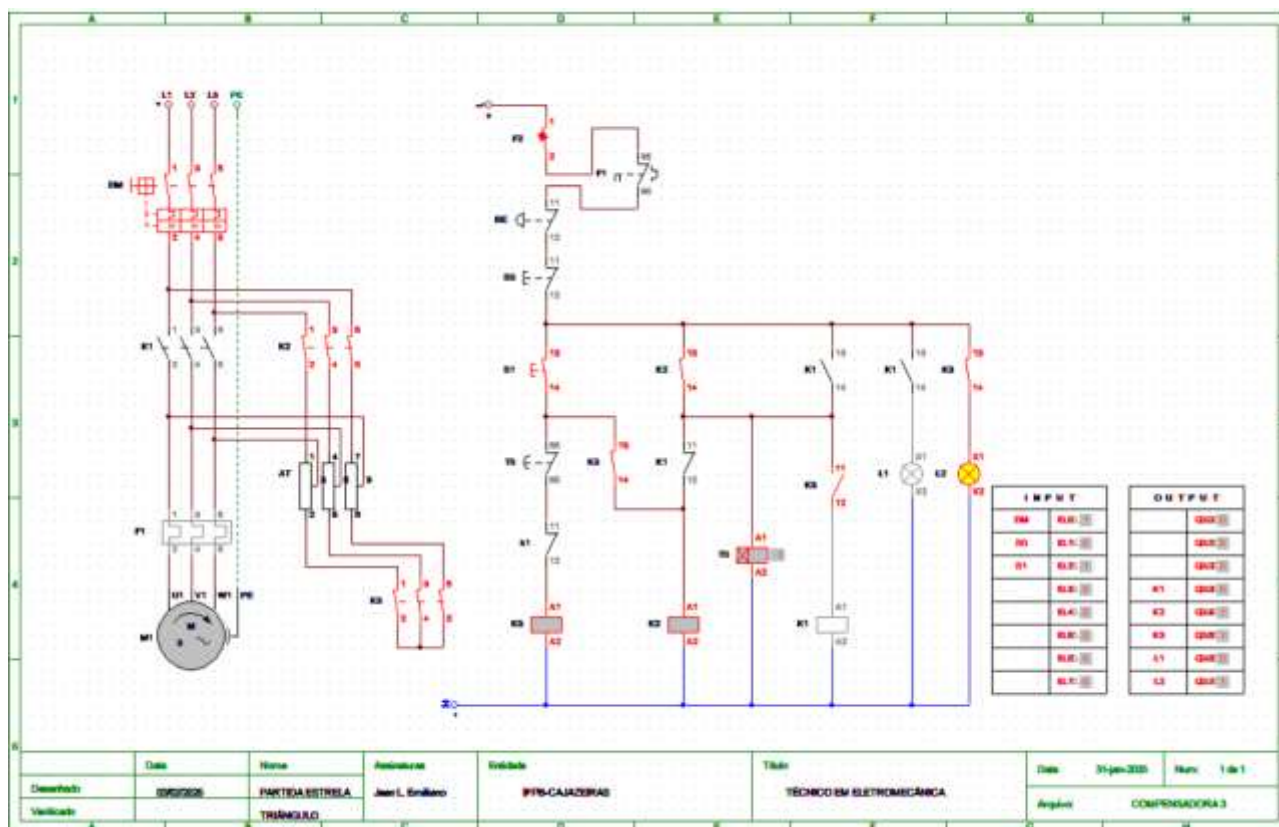
Diferentemente da partida direta, a ligação estrela-triângulo permite que o motor elétrico não inicie com sua potência máxima. Na Figura 8 é ilustrada a tela de comando e supervisão desenvolvida no PC SIMU para a partida estrela-triângulo do motor de indução trifásico.

4.4 Partida com chave compensadora

A partida compensadora, também chamada de chave de partida compensadora é uma ligação muito usada para reduzir a corrente de partida de um motor trifásico. Assim, a principal função desta partida é reduzir a corrente de partida por meio da tensão aplicada aos enrolamentos do motor. A conexão da chave compensadora permite que a ligação do transformador (autotransformador) altere o TAP para menor tensão, como também para maior. Quando motor elétrico é acionado, a ligação compensadora proporciona uma redução na tensão aplicada, assim como também ocorre com a ligação estrela-triângulo. O autotransformador é um transformador especial, com o secundário derivando do próprio primário. Para a utilização em chaves compensadoras os pontos centrais são chamados de TAP, existindo normalmente os TAP's de 65%, 80% e 90% (SOUZA, 2009).

Na simulação da chave compensadora (Figuras 9 e 10), seguindo a lógica de instalação adotada nas análises anteriores, foram utilizados três contatores, sendo o terceiro conectado em estrela. Além disso, foi incorporado um autotransformador (AT), responsável por ajustar o TAP (derivações), direcionando a corrente total aplicada na rede para o dispositivo, onde a tensão de alta intensidade, onde vão ser ajustadas.

Figura 9 – Simulação de um acionamento com chave compensadora.



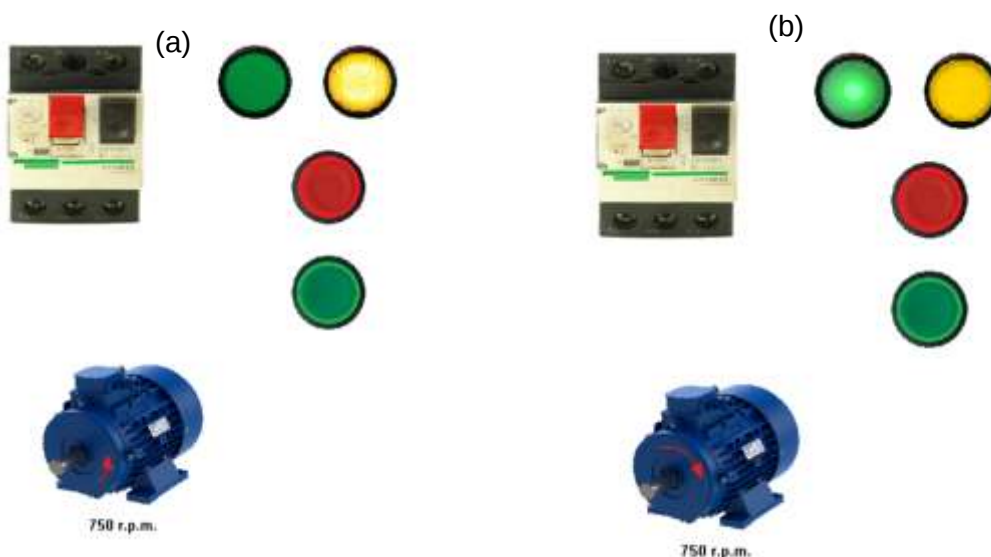
Fonte: Autores (2025).

Portanto, esse dispositivo pode reduzir ou elevar a tensão que vai ser direcionada para o motor elétrico. Sequencialmente, quando o comando de partida é acionado, a corrente energiza a bobina do contator K3, viabilizando a passagem para o contato da K2 e iniciando a contagem do temporizador.

Logo, os contatos presentes no circuito de força e no circuito de comandos se fecham, permitindo o acionamento do motor elétrico em baixa tensão, em razão das derivações do autotransformador. Após o término da contagem do temporizador, os contatos no diagrama de comandos e os contatores auxiliares no diagrama de força se abrem, dando início ao fechamento dos contatos ligados ao contator de rede (K1). A partir desse instante, o motor elétrico passa a ser alimentado tanto pelas cargas acumuladas no autotransformador quanto pela fase da rede, sendo possível alternar a velocidade do motor elétrico.

Em síntese, a simulação foi configurada para reduzir e aumentar a tensão aplicada diretamente ao motor durante a partida. A tensão nominal é ajustada por meio de derivações no autotransformador, que podem variar de 25%, 65% ou até 80%. Em relação a corrente elétrica, se manifesta de forma diferente, por exemplo, se a tensão for reduzida para 25%, a corrente da partida direta de 12,5%.

Figura 10 – Partida compensadora (a) Tensão reduzida, sinalização visual em cor amarela. (b) Tensão nominal da rede, sinalização visual em cor verde.



Fonte: Autores (2025).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Decorrente das simulações implementadas, conclui-se que, na partida direta, o motor é alimentado diretamente à rede, logo, o motor recebe a tensão nominal desde o início do arranque. A corrente pode chegar no motor maior que a sua nominal. Essa ligação é utilizada em motores menores ou quando a rede elétrica suporta altas correntes. A vantagem desse motor é a simplicidade e o baixo custo, porém o impacto na rede e no sistema mecânico pode ser forte.

A partida direta com reversão, também recebe fortes tensões, e em consequência, correntes elétricas mais elevadas. Porém, o que diferencia essa ligação é a capacidade de mudar o sentido do giro de horário para anti-horário no motor. Desse modo, essa ligação possibilita inverter o sentido de rotação, permitindo seu controle, porém ainda mantém as correntes elevadas da partida direta.

Na partida sequencial a tensão nominal é a mesma da direta, porém há uma redução na força da corrente, pois os motores não são ligados ao mesmo tempo, para evitar que a

potência da corrente elétrica alimente os dois motores ao mesmo tempo. Nessa ligação, os motores são ligados um após o outro. Nesse sentido, a corrente individual mandada para cada um dos motores ainda permanece alta, porém como os motores não são ligados juntamente, a corrente total é reduzida por alguns segundos antes do arranque do segundo motor. Essa aplicação é ideal quando se tem múltiplos motores. Sua vantagem é reduzir o impacto no circuito elétrico, porém requer um sistema de controle mais robusto.

Diferente das outras já citadas, a partida estrela-triângulo, durante o arranque há uma redução, pois, está ligada em estrela, após a contagem do temporizador, o motor passa para triângulo mudando para a tensão nominal. Na ligação estrela a tensão é reduzida, implicando também na redução da corrente em mais ou menos 1/3 aplicado no motor elétrico. Essa ligação é aplicada em motores de média e alta potência com intuito de reduzir a intensidade da corrente de arranque e o força sobre a rede.

Por fim, a partida compensadora, a tensão sobre o motor é reduzida durante o acionamento, e após um tempo, começa a operar na nominal. A tensão reduz de 50%, 60% até 80% da tensão nominal, também reduzindo a corrente. É usado em motores de alta potência, quando a ligação estrela-triângulo não dá conta. Sua vantagem é que pode reduzir a tensão de partida conforme for necessário, também reduz a corrente de forma mais eficiente, mas o custo é um pouco mais elevado.

Assim o CADe SIMU e o PC SIMU são ferramentas essenciais para realizar simulações do funcionamento prévio de um motor elétrico antes de sua instalação, esse método previne possíveis erros técnicos na instalação, como também, serve para testar a lógica do circuito elétrico. Quando o CADe SIMU é integrado ao PC SIMU, dar pra ver de uma maneira mais realista de como o motor vai se comportar.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal da Paraíba Campus Cajazeiras.

REFERÊNCIAS

Apresentadas em ordem alfabética e de acordo com a ABNT NBR 6023.

Livros:

Um autor:

MORAES, Everton. **Guia lide industrial**. São Paulo: Sala da Elétrica, 2014.

SOUZA, Giovani Batista de. **Procedimento experimental 04: partida compensadora**. Araranguá: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, 2009.

Monografias, dissertações e teses:

OLIVEIRA, Wilknis Deyvis Silva. **Controle de partida de um motor de indução trifásico a vazio por soft-starter**. 2021. 71 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2021.

GUIMARÃES, Tiago Estevão. **Aplicações práticas e didáticas da utilização dos softwares CADe SIMU e PC SIMU para a simulação computacional de comandos elétricos**. 2018. 55 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Controle e Automação, Escola de Minas Colegiado do Curso de Engenharia de Controle e Automação, Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP, Ouro Preto, 2018.

Internet:

CADe SIMU. **Download do software CADe SIMU.** Disponível em: <https://www.cadesimu.net/>. Acesso em: 15/06/2025.

Mundo da Elétrica. **Ligação estrela-triângulo.** Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/ligacao-estrela-o-que-e-e-onde-e-aplicada/>. Acesso em: 17/06/2025.

PC SIMU. **Download do software PC SIMU.** Disponível em: <https://plc247.com/download-cade-simu-v4-pc-simu-v3-software/>. Acesso em: 15/06/2025.

WEG (Santa Catarina) (org.). **Guia de especificação: motores elétricos.** Santa Catarina: WEG, 2024. 68 p. Disponível em: <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h32/hc5/WEG-motores-eletricos-guia-de-especificacao-50032749-brochure-portuguese-web.pdf>. Acesso em: 15 junho 2025.

Normas:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410:** Instalações Elétricas de Baixa Tensão. Rio de Janeiro, 2004.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR-10:** Segurança em instalações e serviços em eletricidade. Rio de Janeiro, 2004.

TEACHING ELECTRICAL COMMANDS AND DRIVES USING CADE SIMU E PC SIMU SOFTWARE

Abstract: The article discusses the teaching of electrical commands and drives using the CADe SIMU and PC SIMU software to simulate different starting methods for three-phase induction motors (MIT), such as direct, sequential, star-delta, and compensator starting. It highlights the importance of these tools in the preliminary analysis of electrical circuits, preventing technical errors and facilitating learning. The study, which is applied and experimental in nature, integrates qualitative and quantitative approaches and was developed within the context of the Electrical Machines and Drives course in the Control and Automation Engineering program at IFPB Campus Cajazeiras. The results demonstrate the advantages of each starting method, such as reduced inrush current and minimized impact on the electrical grid, as well as the effectiveness of integrating the software for realistic visualization of the simulated drives motors. It concludes that combining theory, simulation, and practice is essential for training skilled professionals, emphasizing the role of digital tools in technical education.

Keywords: Technical education, Electrical drives, Electrical simulation, CADe SIMU, PC SIMU.

