
FOCOÁGIL: Estudo de caso sobre quedas de tensão e surtos no acionamento de motores

Lucas da Silva de Oliveira¹, Luan Vinícius Franco Barbosa², Luis Eduardo da Silva Micheluzzi Alfaro³, Natan Cremonez Rozin⁴, Nicolly Bock Andrade⁵, Fernando Schmitz Smokovicz⁶

RESUMO

Os motores de indução trifásicos desempenham papel vital nos sistemas industriais, contudo, sua eficiência operacional é frequentemente ameaçada por instabilidades elétricas na rede de alimentação. Este artigo apresenta um estudo de caso focado nos desarmes intempestivos e na queima crônica de compressores na empresa Eletrofrio Refrigeração Ltda. O objetivo geral deste trabalho consiste em propor o desenvolvimento da FocoÁgil, uma ferramenta gerencial da qualidade baseada na filosofia Ágil para otimizar o mapeamento de falhas elétricas. Metodologicamente, a pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso aplicado de abordagem qualitativa e técnica, estruturado em duas etapas principais: o diagnóstico técnico-operacional em campo e a modelagem conceitual da solução dividida em um fluxo de seis passos. Embora a ferramenta ainda esteja em fase de planejamento para a implementação prática na rotina diária da empresa, o modelo teórico desenvolvido já projeta melhorias significativas. Como principais considerações finais, evidencia-se que a aplicação futura do framework propiciará impactos positivos na manutenção, tais como a redução de retrabalhos, maior agilidade técnica e a padronização dos processos por meio de indicadores de confiabilidade, pavimentando o caminho para futuras integrações com Inteligência Artificial.

Palavras-chave: Metodologia. Qualidade. Controle. Padronização. Qualidade de energia. Estudo de caso. Surtos elétricos.

¹ Lucas da Silva de Oliveira – Graduando do curso Tecnologia em Automação Industrial - E-mail: lucabrsil28@gmail.com

² Luan Vinícius Franco Barbosa – Graduando do curso Tecnologia em Automação Industrial - E-mail: luanvfbarbosa@gmail.com

³ Luis Eduardo da Silva Micheluzzi Alfaro – Graduando do curso - Tecnologia em Automação Industrial E-mail: Luis.micheluzzi077@gmail.com

⁴ Natan Cremonez Rozin – Graduando do curso - Tecnologia em Automação Industrial E-mail: crnatan@hotmail.com

⁵ Nicolly Bock Andrade – Graduanda do curso - Tecnologia em Automação Industrial E-mail: colly.bock@gmail.com

⁶ Fernando Schmitz Smokovicz – Docente do curso – E-mail: fernando.smokovicx@sistemafiep.org.br

FOCOÁGIL

Case study on voltage drops and surges in motor operation at Elétrofrio.

ABSTRACT

Three-phase induction motors play a vital role in industrial systems; however, their operational efficiency is frequently threatened by electrical instabilities in the power supply network. This article presents a case study focused on unexpected tripping and chronic compressor burnout at the company Eletrofrio Refrigeração Ltda. The main objective of this study is to propose the development of FocoÁgil, a quality management tool based on the Agile philosophy to optimize the mapping of electrical failures. Methodologically, the research is characterized as an applied case study with a technical and qualitative approach, structured into two main stages: operational-technical diagnosis in the field and the conceptual modeling of the solution divided into a six-step workflow. Although the tool is still in the planning phase for practical implementation within the company's daily routine, the developed theoretical model already projects significant improvements. As the main final considerations, it is evident that the future application of the framework will yield positive impacts on maintenance, such as rework reduction, increased technical agility, and process standardization through reliability indicators, paving the way for future integrations with Artificial Intelligence.

Key words: Methodology. Quality. Control. Standardization. Power quality. Case study. Electrical surges.

1 INTRODUÇÃO

Os motores de indução trifásicos são elementos vitais na infraestrutura industrial moderna, atuando como a força motriz de compressores, bombas e sistemas de ventilação. A ampla adoção dessas máquinas se deve à sua reconhecida robustez construtiva, confiabilidade e viabilidade econômica em termos de manutenção. Contudo, a eficiência operacional desses ativos está intrinsecamente ligada à qualidade da energia elétrica disponível na planta. Distúrbios e instabilidades na rede de alimentação representam ameaças severas à integridade física dos componentes e à continuidade dos processos produtivos.

Em cenários de manufatura e refrigeração industrial, fenômenos como quedas de tensão, surtos e transitórios de manobra — frequentemente agravados por problemas de seletividade nos sistemas de proteção — convertem-se em desarmes indesejados e estresse térmico nos enrolamentos. O desafio se intensifica significativamente quando o sistema exige a partida simultânea de múltiplas cargas de grande porte, momento em que a rede é submetida a severas correntes de pico. Compreender a dinâmica dessas anomalias e identificar suas causas raízes é um requisito fundamental para mitigar perdas financeiras e interrupções inesperadas na linha de produção.

Diante desse cenário, este artigo apresenta um estudo de caso conduzido na empresa Eletrofrio Refrigeração Ltda., focado nas ocorrências de desligamentos intempestivos durante o acionamento concomitante dos motores de sua câmara de resfriamento. A relevância deste estudo reside na necessidade de alinhar o diagnóstico técnico de engenharia a uma resposta gerencial rápida e adaptável. Para tanto, o objetivo geral deste trabalho é propor o desenvolvimento de uma ferramenta da qualidade estruturada sob a ótica da filosofia Ágil. Pretende-se, com isso, fornecer um método visual e dinâmico que otimize o fluxo de análise de falhas elétricas, servindo como suporte estratégico para a tomada de decisão e para a elevação da confiabilidade dos acionamentos da planta.

2 Fundamentação Teórica

2.1 Internet das Coisas (IoT) no Cenário Industrial

O conceito de Internet das Coisas (*Internet of Things* — IoT), cunhado originalmente por Kevin Ashton, descreve uma infraestrutura de comunicação baseada na convergência entre o ambiente físico e o ecossistema digital por meio da interconexão de dispositivos. Essa tecnologia viabiliza que elementos físicos e maquinários industriais sejam equipados com sensores e sistemas embarcados, tornando-os capazes de realizar a coleta, a transmissão e o processamento de dados em tempo real.

No contexto manufatureiro, a aplicação da IoT estabelece redes inteligentes e integradas que conectam múltiplos sistemas operacionais. Conforme apontam Colombo e Lucca Filho (2018), a introdução dessa arquitetura no ecossistema industrial gera incrementos expressivos na eficiência dos processos, no monitoramento ativo das atividades e na assertividade da tomada de decisões fundamentadas em dados empíricos. A associação entre sensores e atuadores otimiza o comportamento dos acionamentos industriais, assegurando níveis elevados de controle, precisão e confiabilidade para a operação das máquinas.

2.2 Acionamentos Industriais e Motores de Indução Trifásicos

Os acionamentos industriais compreendem o conjunto de componentes eletromecânicos e eletrônicos responsáveis por prover a força motriz e o controle necessários para a execução de tarefas automatizadas, garantindo a eficiência e a segurança operativa do maquinário. Entre as principais atribuições desses sistemas, destacam-se a partida e a parada de motores, o controle de velocidade, sentido de rotação, torque, além do gerenciamento de variáveis físicas como temperatura e pressão.

No âmbito desses acionamentos, o motor de indução trifásico consolida-se como um dos ativos mais empregados. Trata-se de uma máquina de corrente

alternada cujo princípio de funcionamento baseia-se na interação eletromagnética entre o campo magnético girante, gerado nos enrolamentos do estator, e as correntes elétricas induzidas nas barras ou bobinas do rotor (CHAPMAN, 2013). O campo girante, estabelecido por meio de uma alimentação trifásica simétrica e equilibrada, induz tensões no circuito rotórico que, conseqüentemente, originam o torque mecânico necessário para movimentar a carga acoplada.

2.3 Dinâmica dos Surtos Elétricos nos Sistemas de Potência

Apesar da robustez intrínseca aos motores de indução trifásicos, o desempenho e a integridade desses equipamentos sofrem influência direta de distúrbios oriundos da rede de alimentação, dentre os quais se destacam os surtos elétricos. De acordo com os preceitos da norma IEEE 1100 (2005), os surtos elétricos, ou transitórios de tensão, configuram-se como variações abruptas, de elevada energia e curta duração na forma de onda da tensão, sobrepondo-se à frequência industrial fundamental do sistema elétrico.

As fontes geradoras dessas sobretensões transitórias são classificadas na literatura técnica entre origens externas e internas:

- **Descargas Atmosféricas:** Representam a causa natural mais severa de surtos impulsivos de alta magnitude. Conforme estabelece a norma ABNT NBR 5419 (2015), ainda que as instalações disponham de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA), as ondas transitórias remanescentes que atingem os terminais dos equipamentos possuem potencial para degradar gradativamente o isolamento dielétrico dos motores, cenário que se agrava em circuitos caracterizados por condutores longos e sem elementos de supressão específicos.
- **Manobras de Chaveamento:** Constituem a causa interna mais frequente de transitórios oscilatórios nas redes industriais. Tais distúrbios decorrem de operações rotineiras de energização e desenergização de cargas indutivas e capacitivas significativas, tais como bancos de capacitores para correção de

fator de potência, transformadores e linhas de distribuição. Fenômenos de religamento automático de disjuntores também induzem regimes transitórios severos, especialmente quando executados na presença de cargas com magnetização remanescente.

2.4 Diretrizes para Estratégias de Proteção Elétrica

A atenuação dos impactos severos causados por surtos elétricos na operação de motores de indução requer o planejamento e a implementação de estratégias de proteção coordenadas. A seleção técnica dos dispositivos de mitigação e supressão é condicionada por fatores como a natureza predominante dos distúrbios, a extensão e características dos cabos de alimentação, a classe de tensão nominal do sistema e as limitações de investimento econômico da planta. O emprego sistemático dessas barreiras visa assegurar a seletividade da proteção e salvaguardar a continuidade operacional dos acionamentos.

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso de natureza aplicada, fundamentado em uma abordagem mista que associa a investigação técnica à análise qualitativa de processos. O estudo está voltado à resolução de um problema real de engenharia identificado no ambiente industrial da empresa Eletrofrío Refrigeração Ltda. Para assegurar o rigor científico e a eficiência prática, o desenvolvimento do trabalho foi estruturado em duas macroetapas consecutivas: o diagnóstico técnico-operacional e a modelagem ágil da solução.

3.1 Etapa 1: Diagnóstico Técnico-Operacional e Coleta de Dados

A fase inicial consistiu no levantamento sistemático de informações em campo para compreender a dinâmica da planta e mapear as variáveis elétricas envolvidas. Essa etapa foi operacionalizada por meio dos seguintes procedimentos:

- **Visita Técnica e Observação Direta:** Realização de inspeção nas instalações da empresa com o propósito de avaliar a arquitetura de acionamento, identificar as condições de operação e registrar o comportamento do sistema elétrico durante a partida concomitante dos motores da câmara de resfriamento.
- **Pesquisa de Campo Qualitativa:** Aplicação de questionários estruturados e condução de entrevistas com o corpo técnico e profissionais de manutenção diretamente envolvidos no processo. Essa ação visou levantar o histórico de falhas de desligamento, mapear intervenções preditivas ou corretivas anteriores e coletar as percepções da equipe quanto à recorrência dos distúrbios.
- **Monitoramento Elétrico:** Análise dos dados gerados por instrumentos de medição e monitoramento da rede de distribuição da planta. O foco desta atividade concentrou-se na verificação de flutuações e quedas de tensão, registro de regimes transitórios de manobra e caracterização das correntes de pico nos momentos de partida das cargas de refrigeração.

Os dados técnicos e operacionais consolidados foram tabulados e confrontados com a literatura científica de proteção e acionamentos elétricos, permitindo o isolamento das causas prováveis do problema.

3.2 Etapa 2: Modelagem Ágil e Proposição de Soluções da Qualidade

A segunda etapa do estudo consistiu na transposição do diagnóstico de engenharia para um plano de ação gerencial focado em melhoria contínua. Para tanto, os fatores causais identificados na fase anterior foram submetidos a sessões de *brainstorming* e a critérios de priorização por meio de uma matriz de decisão.

O diferencial metodológico desta fase reside na convergência entre as ferramentas tradicionais da qualidade e os princípios da filosofia Ágil. A partir das causas priorizadas, estruturou-se o desenvolvimento de uma ferramenta visual e iterativa de gestão de falhas, concebida para acelerar o fluxo de tomada de decisão

e respostas a anomalias elétricas. O artefato gerado foi avaliado sob critérios estritos de viabilidade técnica, segurança normativa, confiabilidade operacional e impacto econômico na planta. Por fim, estabeleceram-se indicadores de desempenho (KPIs) específicos para o monitoramento contínuo dos acionamentos, viabilizando o ciclo de retroalimentação e a sustentabilidade das melhorias propostas na infraestrutura da Eletrofrio.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Diagnóstico Técnico-Operacional e Identificação de Falhas

A aplicação da metodologia proposta nas etapas de diagnóstico técnico-operacional permitiu mapear o cenário de instabilidade elétrica e a incidência de queima de compressores na empresa Eletrofrio Refrigeração Ltda. Durante as fases de coleta de dados, vistorias em campo e realização de entrevistas com o corpo técnico, identificou-se um conjunto multifatorial de causas para o problema crônico nos sistemas de acionamento.

Os principais fatores críticos mapeados compreenderam:

- **Perturbações na Rede:** Surtos elétricos severos oriundos da rede de distribuição da concessionária de energia.
- **Fatores Operacionais Externos:** Manuseio incorreto e parametrização inadequada dos equipamentos por parte de equipes terceirizadas.
- **Déficit de Monitoramento:** Ausência de monitoramento em tempo real das grandezas elétricas, incluindo a detecção de correntes de retorno de energia pelo condutor neutro.
- **Despadronização de Hardware:** Elevada diversidade na arquitetura de montagem dos painéis elétricos, variando de forma assistêmica o emprego de chaves de partida suave (*softstarters*) e inversores de frequência.

Ademais, constatou-se a impossibilidade prática de realizar testes funcionais em painéis de grande porte na planta, além de uma dificuldade crônica em correlacionar as falhas ocorridas e parametrizá-las de forma sistêmica. Essa fragmentação de dados impedia o estabelecimento de diagnósticos preditivos e ações corretivas globais.

4.2 Desenvolvimento e Estrutura da Ferramenta FocoÁgil

Visando mitigar os efeitos das falhas diversificadas e solucionar a lacuna na parametrização dos distúrbios, desenvolveu-se uma ferramenta gerencial denominada FocoÁgil. A solução proposta foi estruturada em um fluxo operacional composto por seis passos fundamentados nos princípios de agilidade e melhoria contínua (Ciclo PDCA adaptado), conforme detalhado na Imagem 1.

Imagem 1 — Fluxo Operacional da Ferramenta FocoÁgil.



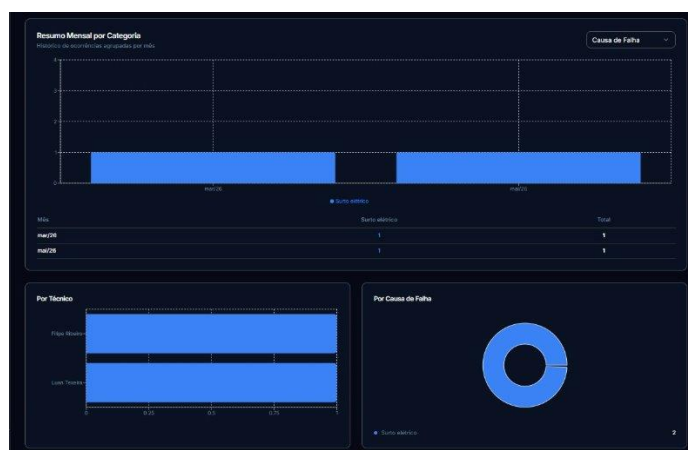
Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

4.3 Análise de Desempenho e Indicadores de Manutenção

Os resultados mais expressivos da implementação do sistema FocoÁgil concentram-se nas etapas de Monitoramento (Passo 5) e Documentação (Passo 6), materializadas pela interface *web* do framework. O monitoramento contínuo viabilizou

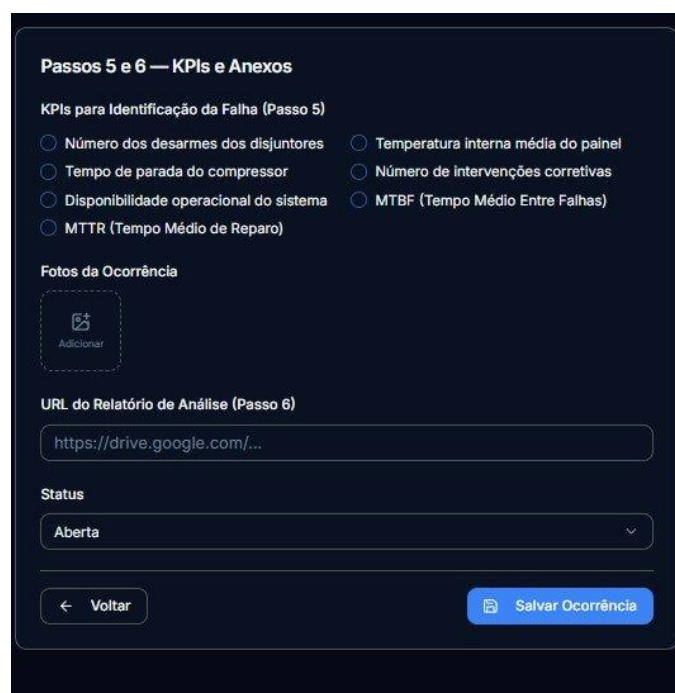
a estruturação de um painel de controle (*dashboard*) dinâmico (Imagem 2 e Imagem 3), agrupando o histórico de ocorrências por período mensal, técnico responsável e natureza da falha.

Imagem 2 — Dashboard.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Imagem 3 — Controle passo 5 e passo 6.

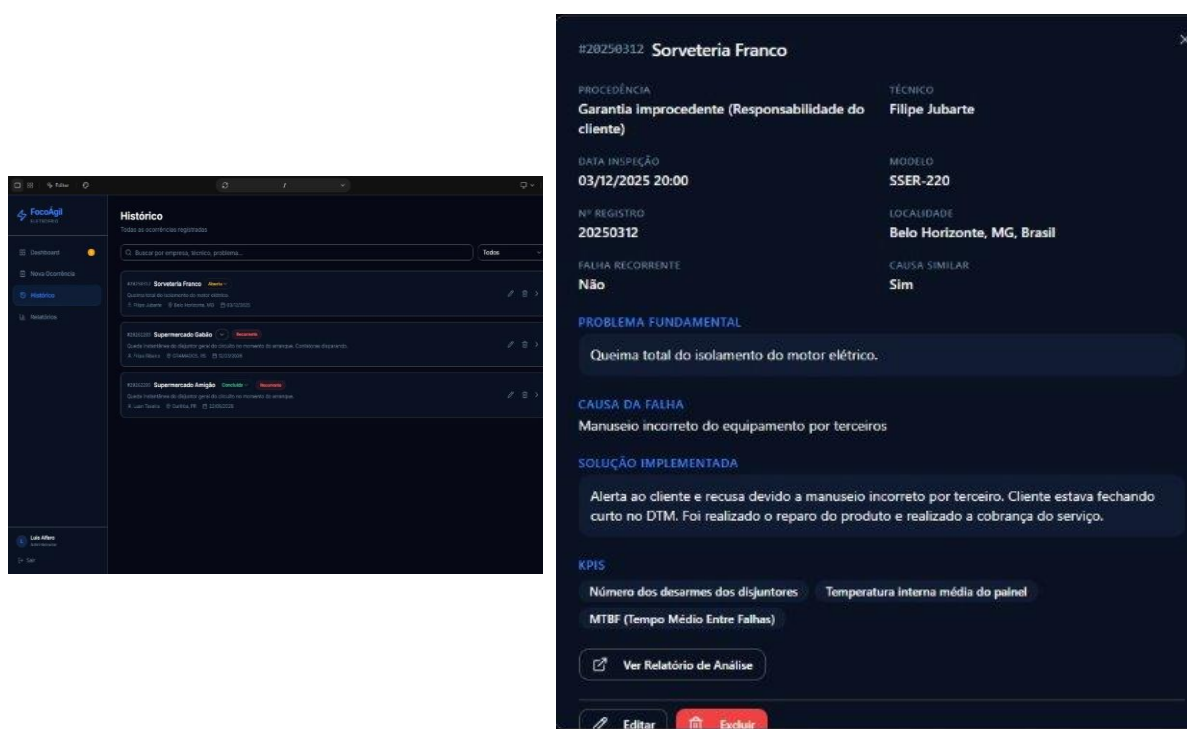


Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

No âmbito da gestão da manutenção industrial, a ferramenta viabilizou a parametrização e o acompanhamento sistemático de Indicadores Chave de Desempenho (KPIs) cruciais para avaliar a confiabilidade dos motores de indução trifásicos.

A fase de Documentação (Passo 6) permitiu a consolidação de um banco de dados centralizado que ilustra a aplicabilidade real do sistema na tomada de decisões comerciais e de engenharia. A Imagem 4 e Imagem 5 exemplificam o padrão de rastreabilidade gerado a partir de dados reais coletados em campo.

Imagem 4 — Histórico geral e individual.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Em suma, a introdução da ferramenta FocoÁgil transforma o gerenciamento de anomalias elétricas na Eletrofrío. A transição de um cenário de dados descentralizados para um novo ecossistema governado por métricas claras proporcionará a redução de retrabalhos, maior agilidade no tempo de resposta do atendimento técnico, padronização de processos e o embasamento de decisões em

evidências empíricas. Essa reestruturação não apenas favorece a prevenção proativa de novas falhas nos acionamentos industriais, como também prepara a infraestrutura tecnológica da empresa para futuras integrações com soluções baseadas em Inteligência Artificial.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo teve como principal objetivo analisar as instabilidades elétricas e as falhas crônicas no acionamento dos compressores da empresa Eletrofrío Refrigeração Ltda., propondo um método de intervenção estruturado. A partir do diagnóstico técnico inicial, evidenciou-se a diversidade de anomalias que atingem os equipamentos — como surtos na rede elétrica e manuseio incorreto por terceiros — e a dificuldade da organização em correlacionar e parametrizar essas ocorrências de forma sistêmica. Com a concepção conceitual da ferramenta FocoÁgil, considera-se que o objetivo de propor uma solução metodológica inovadora, visual e padronizada foi plenamente cumprido.

Embora a aplicação prática e integral do framework ainda esteja em fase de planejamento para a operação diária da empresa, o desenvolvimento do modelo já projeta uma transformação significativa na forma como as anomalias serão gerenciadas. A aplicação futura da ferramenta prevê impactos altamente positivos na rotina de manutenção, destacando-se a redução de retrabalhos, maior agilidade no tempo de resposta do atendimento técnico e o embasamento de decisões estratégicas em dados concretos gerados pelos indicadores (KPIs). A consolidação desse novo processo padronizado fornecerá a base necessária para a prevenção proativa de novas falhas nos motores de indução trifásicos.

Para dar continuidade a este estudo e viabilizar a transição da teoria para a prática, definiram-se os próximos passos metodológicos a serem trilhados. As ações futuras englobam a identificação e o agrupamento do banco de dados pré-existente da empresa, a adequação final da plataforma à realidade operacional dos técnicos

em campo e a execução de um plano de treinamento abrangente, estabelecendo-se claramente os níveis de acesso de administradores e usuários. Após a implementação oficial da plataforma, sugere-se a condução de um plano de auditoria interna para validar a precisão dos relatórios de falhas emitidos. Por fim, a estruturação gerada pelo FocoÁgil abre perspectivas promissoras para estudos futuros focados na integração desse ecossistema de dados a ferramentas de Inteligência Artificial.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 5419**: Proteção contra descargas atmosféricas. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ALVES, Helder Henrique de Campos. **Estudo dos sistemas de partida dos motores de indução trifásicos - MIT**. Ilha Solteira: Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2021. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/3d6cc548-6b24-45f6-a5d7-e1cfd1c15603/content>. Acesso em: 23 mar. 2026.

ANTARES ACOPLAMENTOS. **Motores industriais**: o coração da geração de energia na indústria. [S. l.]: Antares Acoplamentos, [202-?]. Blog. Disponível em: <https://www.antaresacoplamentos.com.br/blog/motores-industriais-o-coracao-da-geracao-de-energia-na-industria>. Acesso em: 21 jun. 2026.

BRASIL. Ministério da Fazenda. Secretaria da Receita Federal. **Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica (CNPJ)**: consulta Eletrofrio Refrigeração Ltda – 76.498.179/0001-10. Brasília, DF: Receita Federal, 2026. Disponível em: https://solucoes.receita.fazenda.gov.br/Servicos/CNPJVA/Cnpjva_Solicitacao.asp. Acesso em: 21 jun. 2026.

CHAPMAN, Stephen J. **Fundamentos de máquinas elétricas**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013. Disponível em: https://pubhtml5.com/bnvn/wloe/Fundamentos_de_Maquinas_Eletricas/. Acesso em: 23 mar. 2026.

CHAPMAN, Stephen J. **Máquinas elétricas**. 5. ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 2013.

COLOMBO, A. L. C.; LUCCA FILHO, O. A. **Internet das Coisas (IoT)**: conceitos e aplicações. São Paulo: Érica, 2018.

ELETROBRAS. **Manual de selo Procel de economia de energia:** motores elétricos trifásicos. Rio de Janeiro: Eletrobras, 2014. Disponível em: https://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_18/2014/04/22/6281/Motor_e_letrico.pdf. Acesso em: 23 mar. 2026.

ELETROFRIO REFRIGERAÇÃO LTDA. **Site institucional.** Curitiba: Eletrofrio, 2026. Disponível em: <https://eletrofrio.com.br>. Acesso em: 06 abr. 2026.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações elétricas industriais.** 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017. Disponível em: <http://livros1.com.br/pdf-read/livar/INSTALA%C3%87%C3%95ES-EL%C3%89TRICAS-INDUSTRIAIS.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2026..

SANTOS, J. F. **Resumo:** fusíveis e disjuntores. [S. l.]: Academia.edu, [201-?]. Disponível em: https://www.academia.edu/17552452/Resumo_FUSIVEIS_E_DISJUNTORES. Acesso em: 21 jun. 2026.

SILVA, R. M. **Principais tipos de disjuntores.** [S. l.]: Academia.edu, [201-?]. Disponível em: https://www.academia.edu/36304715/Principais_tipos_de_Disjuntores. Acesso em: 21 jun. 2026.



Esta obra está licenciada com Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.
[Recebido/Received: Dezembro 18 2024; Aceito/Accepted: Janeiro 29, 2025]