

DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE SISTEMA DE DETECÇÃO E ALARME DE INCÊNDIO: CONFIABILIDADE E IMPACTOS NA ANÁLISE DE RISCO EM INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS

William Guterres Oliveira ⁽¹⁾ (william.guterres@ifba.edu.br), Fernanda dos Passos Ribeiro Araujo ⁽²⁾ (fernanda_passos@ifba.edu.br), Marcus Rafael Martins Oliveira ⁽³⁾ (marcusrafael057@gmail.com), Daniel Souza da Silva ⁽⁴⁾ (seuidi0806@gmail.com), Caio Felipe Lopes Macêdo ⁽⁵⁾ (c10official999@gmail.com)

⁽¹⁾ ⁽²⁾ ⁽³⁾ ⁽⁴⁾ ⁽⁵⁾ Instituto Federal da Bahia – Campus Juazeiro (IFBA); DIREN-CJUA – CCTST/JUA

RESUMO: *Este artigo descreve o desenvolvimento de um protótipo de sistema de detecção e alarme de incêndio para salas de geradores a combustão, alinhado à Instrução Técnica nº 19/2017 do CBMBA e à ABNT NBR 17240. O trabalho possui um duplo objetivo: compreender os princípios de funcionamento desses sistemas e demonstrar como sua confiabilidade impacta diretamente a análise de riscos de uma instalação crítica. O protótipo incorpora sensores de fumaça, chama e temperatura, acionamento automático de portas estanques e um sistema de supressão simulado, servindo como ferramenta didática para capacitação em Segurança do Trabalho. A metodologia incluiu a simulação de cenários de falha e a avaliação da resposta do sistema. Os resultados confirmam que a implantação de sistemas confiáveis de detecção é um componente fundamental para a mitigação de riscos, reduzindo a probabilidade de incidentes graves e fornecendo dados cruciais para uma análise de risco mais precisa e eficaz. Conclui-se que a confiabilidade técnica desses sistemas não é apenas uma exigência normativa, mas um pilar estratégico para a segurança de instalações industriais.*

PALAVRAS-CHAVE: SISTEMA DE DETECÇÃO, ALARME DE INCÊNDIO, GERADORES A COMBUSTÃO, INSTRUÇÃO TÉCNICA Nº 19/ 2017(CBMBA), ARDUINO.

1. INTRODUÇÃO

A segurança contra incêndios em ambientes industriais e de geração de energia é um dos aspectos mais críticos para a proteção patrimonial e a integridade dos trabalhadores. Em plantas que utilizam motores a combustão para geração de energia, os riscos são potencializados pela presença de combustíveis, altas temperaturas, equipamentos elétricos e a necessidade de conformidade com normas técnicas específicas, como a IT 19/2017 do CBMBA, a ABNT NBR 17240 e as Normas

Regulamentadoras NR-10 e NR-12.

Incêndios de origem elétrica, como os que ocorrem em transformadores e subestações, destacam a necessidade de sistemas de detecção e alarme eficazes. A IT 19/2017 estabelece requisitos mínimos para esses sistemas, visando garantir uma resposta rápida e eficaz em situações emergenciais. Paralelamente, a NR-12 exige medidas de segurança em máquinas e equipamentos, incluindo sistemas de parada de emergência e proteção contra incêndio, enquanto a NR-10 aborda os riscos inerentes às instalações e serviços em eletricidade.

O desenvolvimento de protótipos didáticos de sistemas de proteção contra incêndio surge como uma ferramenta valiosa para a formação de técnicos em segurança do trabalho, permitindo a vivência prática de situações que, em condições reais, envolvem altos riscos e custos de implementação. Estudos sobre a preservação de motogeradores e gerenciamento de risco em subestações reforçam a importância de práticas educacionais que unam teoria e aplicação normativa.

Este trabalho busca correlacionar os requisitos da IT 19/2017, da NBR 17240 e das NRs 10 e 12 com a concepção de um protótipo funcional, demonstrando sua aplicabilidade pedagógica e técnica. O objetivo central é apresentar o desenvolvimento e a validação de um protótipo de sistema de detecção e alarme de incêndio para salas de geradores a combustão, destacando sua contribuição como recurso didático e sua conexão com as normativas de segurança vigentes, aprimorando o processo de análise de riscos da instalação.

2. METODOLOGIA

2.1 Referencial Teórico

A segurança contra incêndio em ambientes industriais, especialmente naqueles que abrigam sistemas críticos como geradores a combustão, é um tema que demanda integração entre normativas técnicas, tecnologias de detecção e supressão, e práticas educacionais eficazes. Este referencial teórico aborda os principais fundamentos que embasam o desenvolvimento do protótipo de sistema de detecção e alarme de incêndio proposto, com ênfase na conformidade normativa, na confiabilidade dos sistemas e na aplicação pedagógica.

2.1.1. Normativas Técnicas Aplicáveis

A segurança contra incêndio em instalações industriais é regulamentada por uma série de

normativas nacionais e instruções técnicas que estabelecem requisitos mínimos para projeto, instalação, operação e manutenção de sistemas de proteção. Dentre essas, destacam-se:

Instrução Técnica nº 19/2017 do Corpo de Bombeiros Militar da Bahia (CBMBA): Estabelece diretrizes para sistemas de detecção e alarme de incêndio, enfatizando a necessidade de redundância, confiabilidade e resposta automática em caso de emergência (CBMBA, 2017). A IT 19/2017 também prevê a obrigatoriedade de fontes de energia secundárias e a sinalização audiovisual de alarmes.

ABNT NBR 17240:2010: Norma técnica que especifica os requisitos para projeto, instalação, comissionamento e manutenção de sistemas de detecção e alarme de incêndio. A norma aborda desde a seleção de sensores até a integração com sistemas de supressão, garantindo que os sistemas atendam a padrões nacionais de segurança (ABNT, 2010).

Normas Regulamentadoras NR-10 e NR-12: Emitidas pelo Ministério do Trabalho e Emprego, estas normas tratam, respectivamente, da segurança em instalações e serviços com eletricidade e da segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. A NR-10 exige medidas de controle para riscos elétricos, incluindo prevenção contra incêndios (BRASIL, 2019), enquanto a NR-12 determina a implementação de sistemas de parada de emergência e proteção contra incêndio em máquinas (BRASIL, 2022).

2.1.2. Sistemas de Detecção e Alarme de Incêndio

Sistemas de detecção e alarme de incêndio são compostos por sensores, centrais de controle, dispositivos de sinalização e atuadores. Sua função é identificar precocemente a presença de fogo, fumaça ou calor, alertar ocupantes e acionar automaticamente medidas de controle, como o fechamento de portas corta-fogo e a liberação de agentes extintores.

Estudos como os de Bandeira (2007) e Taveira e Barros (2019) evidenciam a gravidade de incêndios em subestações e equipamentos elétricos, reforçando a importância da detecção precoce para evitar danos materiais e humanos. A confiabilidade desses sistemas é, portanto, um fator crítico para a análise de riscos em instalações industriais.

Tecnologias acessíveis, como microcontroladores (ex.: Arduino) e sensores de baixo custo, vêm sendo utilizadas para prototipagem de sistemas de detecção, conforme demonstrado por Nascimento (2022) e Justa (2016). Essas soluções permitem a simulação de cenários reais com alto valor didático e aplicabilidade em contextos de formação profissional.

2.1.3. Gerenciamento de Riscos e Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva e o gerenciamento de riscos são essenciais para a operação segura de geradores a combustão. Santos (2019) destaca a importância da preservação de motogeradores, incluindo a verificação periódica de sistemas de segurança contra incêndio. Alves, Clems e Karpinski (2015) reforçam a necessidade de documentação e procedimentos claros para operação e manutenção desses equipamentos.

Postigo (2019) aborda o gerenciamento de riscos em subestações elétricas, alinhado à NR-10, e ressalta que a implantação de sistemas confiáveis de detecção contribui para a redução da probabilidade de incidentes graves.

2.1.4. Aspectos Educacionais e Metodologias Ativas

A formação em Segurança do Trabalho demanda a integração entre teoria e prática. Cardoso et al (2024) e Lima e Melo Filho (2021) defendem o uso de atividades práticas e metodologias ativas, como a aprendizagem baseada em problemas, para consolidar o conhecimento técnico.

Prototipagens e simuladores, como o desenvolvido neste trabalho, permitem que estudantes vivenciem situações de risco controlado, facilitando a compreensão de normas complexas e a tomada de decisão em emergências. Já Vasquez (2023) chama atenção para os desafios de financiamento e investimento no ensino profissional, em virtude dos valores repassados aos Institutos Federais (IFs) serem os mesmos de 2015 quando os IFs possuíam um terço do número atual de matrículas, evidenciando a importância de iniciativas que combinem baixo custo e alta aplicabilidade prática, com o objetivo de melhorar a formação profissional dos egressos.

2.2 Materiais e Métodos

Este protótipo foi desenvolvido com componentes eletrônicos de baixo custo, estruturado em torno de um conjunto de sete placas Arduino Nano, cada uma dedicada a uma função específica. O sistema central, programado para monitorar constantemente os sinais dos sensores, integra sensores de chama (KY-026), fumaça (MQ-2), temperatura (termistor PTC), além de servomotores, chaves de fim de curso e um módulo de relé para controlar o desligamento dos geradores.

A placa principal coordena as ações de combate a incêndio com base nos dados recebidos de



dois sensores de chama, um sensor de temperatura, um sensor de calor e do status das portas estanques. Além das funções de detecção e alarme, o sistema atua diretamente na supressão do fogo, acionando a liberação do agente extintor.

Em caso de princípio de incêndio, o sistema emite alertas sonoros e visuais, comanda o fechamento das portas estanques e dispara sprinklers de CO₂ – que, por razões de segurança, são simulados por buzzers no protótipo. A estrutura física, construída em madeira em escala reduzida para simular uma sala de geradores, permitiu a realização de testes controlados com o uso de isqueiros e fumaça artificial.

A Figura 1 ilustra a central de controle, conectada aos sensores e às unidades de acionamento das portas e sprinklers, destacando o fluxo de sinais desde a detecção até as ações finais de desligamento dos geradores, fechamento das portas e liberação do CO₂ simulado.

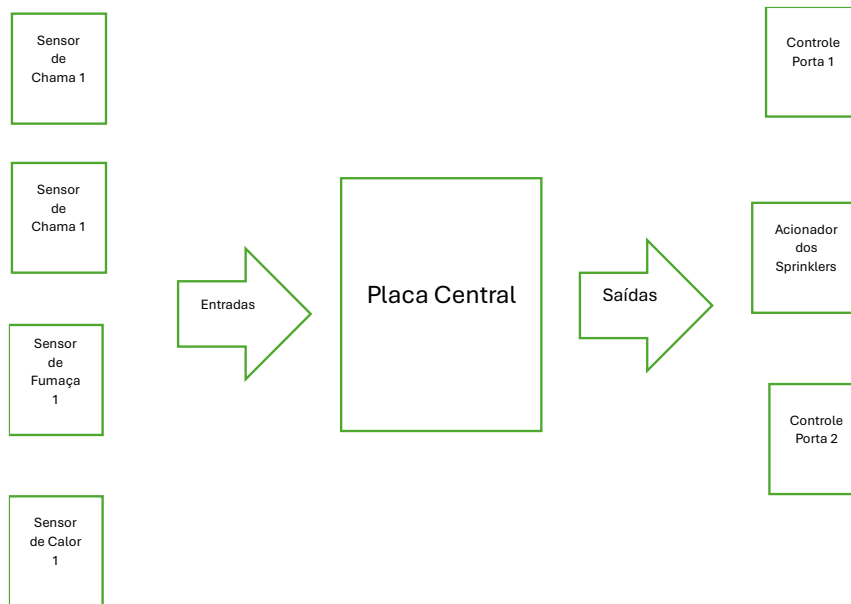
Embora sistemas modernos frequentemente adotem tecnologia sem fio, optou-se por uma arquitetura cabeada neste projeto. Esta escolha evitou o custo e a complexidade de integrar transceptores em um circuito de escala reduzida, alinhando-se ao objetivo didático principal: orientar os estudantes sobre os elementos essenciais para o combate a incêndio em instalações industriais, sem desviar o foco para desafios de comunicação wireless. Soma-se a isto, a relevância de apresentar aos discentes dispositivos utilizados para indicar o fechamento/ abertura de portas como os sensores de fim de curso, cuja função é amplamente citada na NR-12.

Para demonstrar a criticidade de uma fonte auxiliar de energia, os “motores a combustão” são alimentados por uma fonte de 5 VCC, enquanto o sistema de detecção e alarme opera independentemente com uma bateria recarregável.

3. RESULTADOS

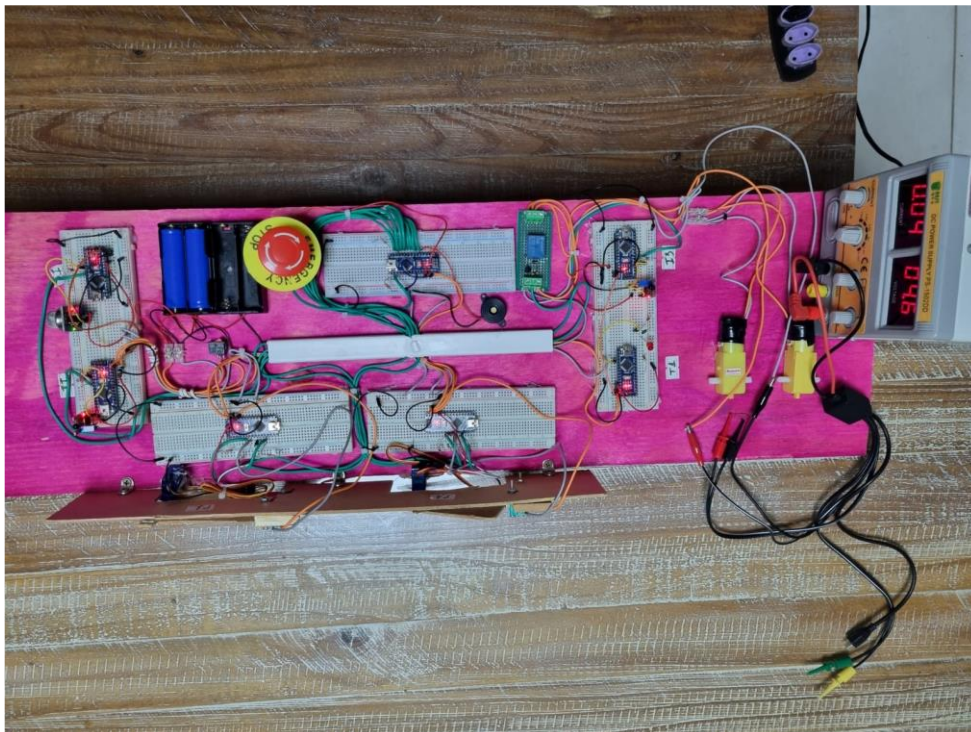
As Figuras 2 e 3 apresentam o protótipo construído para validação do sistema. A Figura 2 mostra a vista superior, evidenciando a disposição da central, sensores e atuadores. Já a Figura 3 ilustra a vista frontal, destacando a simulação da sala de geradores em escala reduzida.

Figura 1 – Arquitetura do Sistema de Proteção



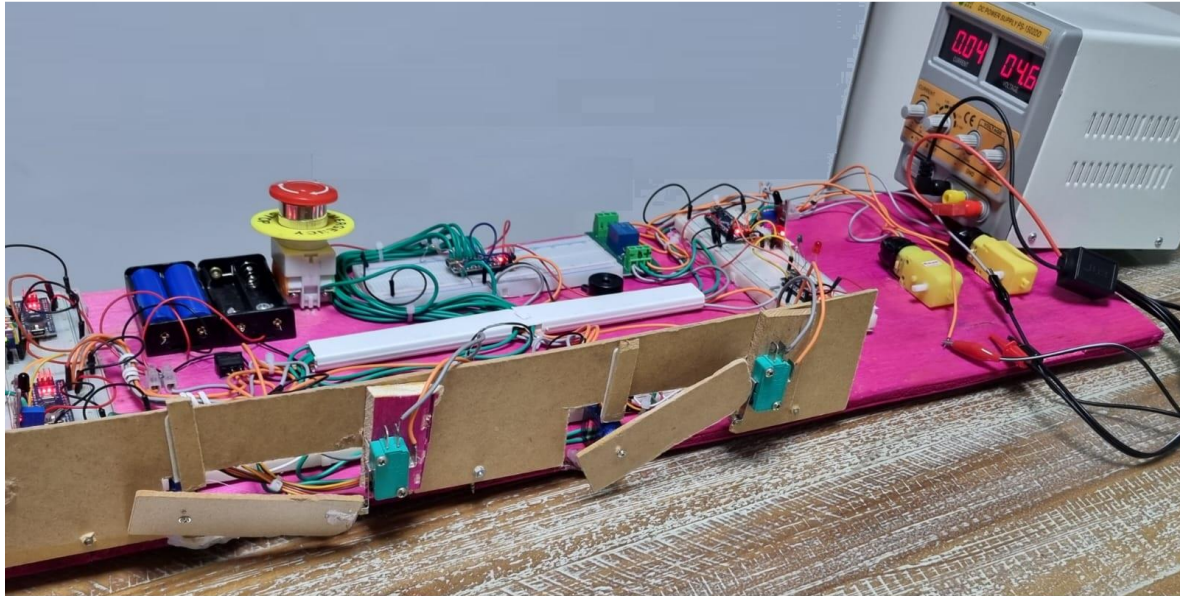
Fonte: Os autores (2025).

Figura 2 – Vista Superior do Protótipo



Fonte: Os autores (2025).

Figura 3 – Vista Frontal do Protótipo



Fonte: Os autores (Os autores).

Os testes realizados evidenciaram que o sistema conseguiu identificar rapidamente a presença de fumaça e chama, acionando o alarme em poucos segundos. O fechamento das portas simuladas ocorreu somente após o acionamento do botão de emergência, garantindo maior segurança operacional. Após a vedação da sala simulada, o acionamento dos sprinklers de CO₂ foi efetivado.

A realização do teste permitiu verificar a conformidade do protótipo aos seguintes pontos da IT 19/2017:

- Utilizar fontes redundantes de energia;
- Fazer uso de sinalização sonora e visual;
- Acionar automaticamente os sistemas de supressão após confirmação de incêndio.

3.1. Discussão

A comparação entre a Figura 1, arquitetura do sistema, e as Figuras 2 e 3, protótipo físico, permite observar a correspondência entre o modelo conceitual e a montagem prática. Enquanto a Figura 1 destaca os fluxos de sinais e interligações entre sensores, central e atuadores, as Figuras 2 e 3 evidenciam a materialização desses elementos em escala reduzida, utilizando Arduino, sensores de chama e fumaça, servomotores e relés. Essa relação confirma a viabilidade de transpor requisitos

normativos e esquemáticos para um protótipo funcional, que pode ser manipulado em contexto didático. Além disso, a utilização de imagens como recurso visual contribui para o processo de ensino e aprendizagem, possibilitando que os discentes integrem os fundamentos normativos e conceituais com a análise prática do sistema. Esse recurso facilita a compreensão de conceitos abstratos, aumenta o engajamento nas aulas e promove a aprendizagem ativa ao aproximar o aluno da realidade das situações de risco controlado.

A análise do protótipo evidencia a possibilidade de unir requisitos normativos e soluções tecnológicas acessíveis em um recurso didático de alto valor para o ensino técnico. Em comparação com as diretrizes da IT 19/2017, observa-se que os principais critérios de redundância, monitoramento e resposta automática foram contemplados. Além disso, o uso pedagógico do protótipo permite superar a limitação de aulas exclusivamente teóricas em cursos de segurança do trabalho, como ressaltado por Lima e Melo Filho (2021) e Cardoso et al (2024).

O sistema apresentado demonstra viabilidade técnica e didática, mas possui limitações relacionadas à escala reduzida e à complexidade dos sistemas reais de detecção e supressão. Entretanto, essas limitações não comprometem sua utilidade no contexto educacional, onde o objetivo principal é promover a compreensão prática dos mecanismos de segurança.

4. CONCLUSÕES

O desenvolvimento do protótipo de sistema de detecção e alarme de incêndio para salas de geradores a combustão mostrou-se eficaz na validação técnica dos requisitos das normativas IT 19/2017, NBR 17240, NR-10 e NR-12, além de sua aplicação didática no ensino de Segurança do Trabalho. O projeto permitiu correlacionar as diretrizes técnicas com práticas pedagógicas acessíveis, contribuindo para o aprendizado prático de futuros profissionais.

Constatou-se que o protótipo reproduziu adequadamente as etapas de detecção, alarme, bloqueio e supressão de incêndio, respeitando critérios normativos e apresentando soluções de baixo custo. A inclusão de sensores de temperatura e o simulador de fonte de energia redundante ampliaram a abrangência didática do projeto, alinhando-se às recomendações de Santos (2019) e Postigo (2019) sobre manutenção e gerenciamento de risco.

Além disso, a utilização de componentes de baixo custo e plataformas abertas, como o Arduino, mostrou-se viável para a criação de recursos educacionais que simulam cenários reais de

forma segura e controlada. Essa abordagem não apenas facilita a compreensão de conceitos complexos, mas também promove a capacitação técnica necessária para atuação em conformidade com as normativas vigentes.

Dessa forma, o trabalho evidencia o potencial de uso de protótipos como instrumentos metodológicos na formação técnica, ao mesmo tempo em que reforça a importância do investimento em práticas educacionais aplicadas e alinhadas às demandas das normas de segurança.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 17240: **Sistemas de detecção e alarme de incêndio – projeto, instalação, comissionamento e manutenção de sistemas de detecção e alarme de incêndio – requisitos**. [S.l.], 2010. 54 p. Acesso em: 18 jul. 2025.

ALVES, E.; CLEMS, E. F.; KARPINSKI, T. **Documentação e implementação de manual de operação e procedimentos de manutenção de grupo motor gerador diesel**. 2015. 94 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Automação Industrial) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/9436>. Acesso em: 18 jul. 2025.

BANDEIRA, D. A. T. **Um estudo exploratório de causas e consequências de incêndios em transformadores de subestação**. 2007. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/5682>. Acesso em 18 jul. 2025.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora nº 10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**. Brasília, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-10.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2025.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora nº 12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos**. Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-12-atualizada-2022-1.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2025.

CARDOSO, A. R.; VIEIRA, F. F.; ALVES, G. A.; SANTOS, K. F. **O uso de atividades práticas no Curso Técnico em Segurança do Trabalho e relevância para a futura atuação profissional do egresso**. Revista Brasileira da Educação Profissional e Tecnológica, [S.l.], v. 3, n. 24, p.1-8e14027, nov. 2024. Disponível em:



<https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/RBEPT/article/view/14027/4264>. Acesso em: 20 mai. 2025.

CBMBA. Instrução Técnica (IT) nº 19/2017. **Segurança contra incêndio em edificações**. Salvador, 2017. Disponível em: http://www.cbm.ba.gov.br/sites/default/files/documentos/2018-10/it_19.2017-sistema_de_deteccao_e_alarme_de_incendio.pdf. Acesso em: 15 mai. 2025

DE ANDRADE LIMA, K. L. R.; DE MELO FILHO, I. J. **Práticas profissionais na educação profissional e tecnológica suportadas pela aprendizagem baseada por problemas: um estudo no curso técnico de segurança do trabalho**. Revista Valore, v. 6, p. 6010, 2021. Disponível em: <https://revistavalore.emnuvens.com.br/valore/article/view/730/765>. Acesso em: 20 mai. 2025.

DOS SANTOS, F. N. **Estudo do Funcionamento e Preservação de Grupos Motogeradores (Gerador Síncrono com Motor Diesel)**. 2019. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Centro Universitário UNIFACVEST, Lages, 2019. Disponível em: <https://www.unifacvest.edu.br/assets/uploads/files/arquivos/ef48e-santos,-f.-n.-estudo-do-funcionamento-e-preservacao-de-grupos-motogeradores.-tcc,-2019..pdf>. Acesso em: 18 jul. 2025.

JUSTA, L. M. **Sistema de detecção e alarme de incêndio com supervisor SCADA**. 2016. 74 f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/35589>. Acesso em: 12. jul. 2025.

NASCIMENTO, M. G. **Proposta de sistema de detecção de incêndio em estrutura urbana com uso de tecnologia embarcada e recursos renováveis de água e energia**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/23048>. Acesso em: 18 jul. 2025

POSTIGO, M. A. O. **Gerenciamento de Risco Aplicado a Uma Subestação De 13,8 KV de uma Empresa do PIM para Atendimento à NR-10**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – PECE, São Paulo, 2019. Disponível em: <https://bdta.abcd.usp.br/item/003099010>. Acesso em: 18 jul. 2025.

TAVEIRA, A. B. S. M.; DE BARROS, A. B. **Incêndios em Subestações Elétricas do Metrô/DF: Proposta de Criação de um Procedimento Operacional Padrão**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Formação de Oficiais) - Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, Brasília, 2019. Disponível em: <https://biblioteca.cbm.df.gov.br/jspui/handle/123456789/65>. Acesso em: 18 jul. 2025.

VASQUEZ, Rafael. **Ensino profissional perde espaço no orçamento público**. Valor Econômico, 30/01/2023. Disponível em: <https://valor.globo.com/brasil/noticia/2023/01/30/ensino-profissional-perde-espaco-no-orcamento-publico.ghtml>. Acesso em: 20 mai. 2025.