

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS JATAÍ
BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

MAICK WILLER SILVEIRA ALENCAR

ANÁLISE PRÁTICA DA NORMA REGULAMENTADORA 10 EM UMA
INDÚSTRIA DE PROCESSAMENTO DE CARNES

Jataí - GO

2024

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO
NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Maick Willer Silveira Alencar

Matrícula: 20191020040325

Título do Trabalho: ANÁLISE PRÁTICA DA NORMA REGULAMENTADORA 10 (NR-10)
APLICADA À INDÚSTRIA DE PROCESSAMENTO DE CARNES

Autorização - Marque uma das opções

1. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Jataí, 26/04/25.
Local Data

Maick Willer Silveira Alencar
Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

MAICK WILLER SILVEIRA ALENCAR

**ANÁLISE PRÁTICA DA NORMA REGULAMENTADORA 10 EM UMA
INDÚSTRIA DE PROCESSAMENTO DE CARNES**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Goiás, Câmpus Jataí para obtenção
do grau de bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. André Luiz Silva Pereira.

Jataí - GO

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)

Alencar, Maick Willer Silveira.

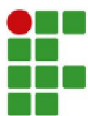
Análise prática da Norma Regulamentadora 10 em uma indústria de processamento de carnes [manuscrito] / Maick Willer Silveira Alencar. - Jataí: IFG, Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica, 2024.

49 f.; il.

Orientador: Prof. Dr. André Luiz Silva Pereira.

Bibliografias.

1. Segurança elétrica. 2. NR-10. 3. Conformidade industrial. 4. EPIs.
I. Pereira, André Luiz Silva. II. IFG, Câmpus Jataí. III. Título.



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS JATAÍ

Folha de Aprovação

MAICK WILLER SILVEIRA ALENCAR

ANÁLISE PRÁTICA DA NORMA REGULAMENTADORA 10 (NR-10) APLICADA À INDÚSTRIA DE PROCESSAMENTO DE CARNES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Monografia defendida e aprovada, em 10 de dezembro de 2024, pela banca examinadora constituída pelos seguintes membros:

BANCA EXAMINADORA

Prof.Dr. André Luiz Silva Pereira
Presidente da banca / Orientador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Câmpus Jataí

Profa. Me. Dori Rodrigues de Souza
Membro
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Câmpus Jataí

Prof. Dr. Fernando Silva Pereira
Membro
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Câmpus Jataí

Documento assinado eletronicamente por:

- **Fernando Silva Pereira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 20/01/2025 17:33:25.
- **Dori Rodrigues de Souza, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 14/01/2025 07:28:55.
- **Andre Luiz Silva Pereira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 13/01/2025 17:13:54.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 13/01/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 605779

Código de Autenticação: c81474f1a0



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Av. Presidente Juscelino Kubitschek,, 775, Residencial Flamboyant, JATAÍ / GO, CEP 75804-714
(64) 3514-9579 (ramal: 9579)

MAICK WILLER SILVEIRA ALENCAR

**ANÁLISE PRÁTICA DA NORMA REGULAMENTADORA 10 EM UMA
INDÚSTRIA DE PROCESSAMENTO DE CARNES**

Trabalho de Conclusão de curso submetido à
Banca Examinadora do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás,
Câmpus Jataí para a obtenção do Grau de
Bacharel em Engenharia Elétrica.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. André Luiz Silva Pereira
Instituto Federal de Goiás, Câmpus Jataí
(Orientador)

Prof.
Instituição

Prof.
Instituição

RESUMO

Este estudo avaliou a conformidade de uma empresa processamento de carnes com a Norma Regulamentadora 10 (NR-10), essencial para garantir a segurança elétrica em ambientes industriais. A NR-10 estabelece diretrizes para a segurança em instalações elétricas e serviços associados, buscando minimizar riscos de acidentes elétricos. O objetivo foi analisar a adequação da infraestrutura, políticas de segurança e práticas operacionais da empresa em relação à NR-10, identificando áreas de conformidade e não conformidade. A metodologia envolveu revisão documental, inspeções in loco e aplicação de um formulário específico para coleta de dados. Foram inspecionadas áreas de produção, manutenção e subestações, com ênfase na verificação do uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs). A análise de ensaios de luvas isolantes de borracha, bastões de manobra e tapetes de borracha isolante indicou que, embora a maioria dos equipamentos cumpra os requisitos normativos, há necessidade de melhorias em controle de qualidade e manutenção regular. A discussão dos resultados destacou a importância da implementação contínua de treinamentos e auditorias regulares para assegurar a conformidade. Concluiu-se que, apesar de avanços significativos, a empresa deve intensificar seus esforços em treinamento e controle de qualidade para garantir a segurança elétrica de seus trabalhadores.

Palavras-chave: Segurança Elétrica; NR-10; Conformidade Industrial; EPIs.

ABSTRACT

This study evaluated the compliance of a meat company with Regulatory Standard 10 (NR-10), essential to guarantee electrical safety in industrial environments. NR-10 establishes guidelines for safety in electrical installations and associated services, seeking to minimize the risk of electrical accidents. The objective was to analyze the adequacy of the company's infrastructure, security policies and operational practices in relation to NR-10, identifying areas of compliance and non-compliance. The methodology involved document review, on-site inspections and application of a specific form for data collection. Production, maintenance and substations areas were inspected, with emphasis on verifying the use of Personal Protective Equipment (PPE). Analysis of tests of insulating rubber gloves, switch poles and insulating rubber mats indicated that, although the majority of equipment meets regulatory requirements, there is a need for improvements in quality control and regular maintenance. Discussion of the results highlighted the importance of continued implementation of training and regular audits to ensure compliance. It was concluded that, despite significant advances, the company must intensify its efforts in training and quality control to guarantee the electrical safety of its workers.

Keywords: Electrical Safety; NR-10; Industrial Compliance; PPE

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Valores de curto-circuito.....	34
Tabela 2 Análise de energia incidente.....	35
Tabela 3 Etiquetas de sinalização.....	35
Tabela 4 Resultados da Inspeção Visual e Tátil.....	37
Tabela 5 Resultados do Teste de Inflabilidade.....	37
Tabela 6 Resultados do Teste de Tensão de Ruptura Dielétrica.....	37
Tabela 7 Resultados do Teste de Flexibilidade e Aderência.....	37
Tabela 8 Resultados da Inspeção Visual e Dimensional.....	39
Tabela 9 Resultados do Teste de Rigidez Dielétrica.....	39
Tabela 10 Resultados do Teste de Resistência Mecânica.....	39
Tabela 11 Resultados do Teste de Resistência à Umidade.....	39
Tabela 12 Resultados do Teste de Rigidez Dielétrica.....	40

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	11
2.1	ELETRICIDADE.....	11
2.2	CORRENTE	11
2.2.1	Características da Corrente	12
2.2.2	Proteção contra Sobrecorrente	13
2.2.3	Corrente de Curto-Circuito	13
2.3	Resistência	13
2.4	Aterramento	15
2.5	ACIDENTES DE TRABALHO NA INDÚSTRIA FRIGORÍFICA.....	16
2.6	NORMA REGULAMENTADORA 10 (NR-10)	25
3	METODOLOGIA.....	26
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
4.1	Análise de Curto-Circuito.....	31
4.2	Resultados dos Ensaios de Luvas Isolantes de Borracha.....	33
4.3	Resultados dos Ensaios de Bastão de Manobra	35
4.4	Ensaio de Tapete de Borracha Isolante.....	36
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
	ANEXOS.....	44
	ANEXO A – Checklist NR-10 e Confiabilidade	44

1 INTRODUÇÃO

A Norma Regulamentadora 10 (NR-10) é uma legislação brasileira que define padrões mínimos para assegurar a segurança e saúde dos trabalhadores envolvidos com instalações elétricas e serviços associados. Estabelecida pela Portaria MTb nº 3.214, de 08 de junho de 1978, a NR-10 é parte da regulamentação dos artigos 179 a 181 da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), modificada pela Lei nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977, referente ao Capítulo V, "Da Segurança e da Medicina do Trabalho".

Desde sua promulgação, a NR-10 passou por várias revisões para se adaptar às evoluções da indústria elétrica e às necessidades sociais. A primeira grande revisão aconteceu em 1983, adicionando referências a normas técnicas oficiais e internacionais. Posteriormente, outras revisões foram realizadas para ajustar a norma às mudanças organizacionais do setor elétrico, especialmente após a privatização em 1998.

Em 2004, a norma foi renomeada para "Segurança em Instalações e Serviços com Eletricidade", e uma Comissão Permanente Nacional sobre Segurança em Energia Elétrica (CPNSEE) foi criada para monitorar sua implementação e propor ajustes necessários. A norma também passou por ajustes em 2016 e 2019, visando harmonizar os requisitos de capacitação e as obrigações dos trabalhadores com as novas versões de outras normas regulamentadoras. Atualmente, a NR-10 está em processo de modernização para atender às novas demandas técnicas e de fiscalização do setor energético. A importância da conformidade com a NR-10 é fundamental para garantir a segurança dos trabalhadores em ambientes com riscos elétricos.

Este estudo avaliou a conformidade da empresa com a Norma Regulamentadora No. 10 (NR-10), destacando a importância crítica de práticas de segurança rigorosas em instalações elétricas. A análise cobriu vários setores da empresa, expondo uma variação significativa na adesão às normas. Enquanto setores como Frigoríficos e Áreas de Resfriamento alcançaram conformidade total.

O objetivo deste estudo é explorar a conformidade de uma indústria de carnes com a Norma Regulamentadora 10 (NR-10), investigando os principais desafios enfrentados no processo de garantir a segurança elétrica no ambiente de trabalho.

Especificamente, serão avaliados os procedimentos e políticas implementados pela indústria para cumprir com a NR-10; identificar principais lacunas ou áreas de não conformidade na infraestrutura elétrica, equipamentos e operações; e analisar os desafios

específicos enfrentados pela indústria ao manter a conformidade com a NR-10, considerando fatores como o ambiente de trabalho, a cultura organizacional e os recursos disponíveis.

A NR-10 é fundamental para assegurar que as práticas relacionadas à instalação, manutenção e uso de equipamentos elétricos sejam seguras e eficazes, minimizando o risco de acidentes e promovendo um ambiente de trabalho seguro para todos os funcionários. A indústria de carnes é conhecida por seu ambiente de trabalho rigoroso e potencialmente perigoso, onde os riscos elétricos são significativos devido ao uso extensivo de maquinário pesado e equipamentos de refrigeração. Incidentes elétricos podem levar a acidentes graves, incluindo choques elétricos, queimaduras e até fatalidades, ressaltando a necessidade de uma adesão estrita às normas de segurança. Uma análise de uma das maiores empresas de alimentos do país e do seu compromisso com a segurança pode servir como um benchmark importante.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ELETRICIDADE

O conceito científico de eletricidade se refere ao estudo dos fenômenos relacionados à carga elétrica, seus efeitos e interações. A eletricidade é uma forma de energia resultante da movimentação ou interação de partículas carregadas eletricamente, como elétrons e prótons. Ela desempenha um papel fundamental em diversos aspectos da física, engenharia e tecnologia modernas, sendo essencial para o funcionamento de dispositivos elétricos, sistemas de energia e comunicações.

Um dos cientistas fundamentais na história do estudo da eletricidade é Michael Faraday, um físico e químico britânico do século XIX. Faraday fez importantes descobertas sobre os fenômenos eletromagnéticos, incluindo a indução eletromagnética e as leis da eletrólise. Seu trabalho foi fundamental para o desenvolvimento da teoria eletromagnética.

James Clerk Maxwell, um físico escocês do século XIX, formulou as equações de Maxwell, que descrevem o comportamento dos campos elétricos e magnéticos e estabelecem as bases da teoria eletromagnética clássica. Suas contribuições foram fundamentais para o entendimento teórico da eletricidade e do magnetismo. Benjamin Franklin, um dos pioneiros no estudo dos fenômenos elétricos, foi o primeiro a propor a teoria de que a eletricidade era uma "substância fluida" que podia ser transmitida de um objeto para outro.

Em praticamente todos os setores da indústria e comércio, os equipamentos e ferramentas utilizados dependem da eletricidade para funcionar. Desde máquinas industriais até computadores e dispositivos eletrônicos, a eletricidade é essencial para realizar uma ampla variedade de tarefas. A eletricidade é utilizada para fornecer iluminação adequada em ambientes de trabalho, e é a base para a operação de sistemas de comunicação, como telefonia, internet e redes de computadores. Muitos processos industriais dependem de sistemas elétricos para controle e automação. Isso inclui desde simples sistemas de controle de temperatura até sofisticados sistemas de produção automatizada.

2.2 CORRENTE

A corrente elétrica é um dos principais parâmetros a serem considerados no projeto, instalação e manutenção de instalações elétricas industriais. Compreender os diferentes tipos

de corrente, suas características e os cuidados necessários é fundamental para garantir a segurança e eficiência das operações em uma indústria de processamento de carnes. Em instalações elétricas industriais, a corrente elétrica pode ser classificada principalmente em dois tipos: corrente contínua (CC) e corrente alternada (CA).

Na CC a corrente elétrica flui em uma única direção. É comum em aplicações que envolvem baterias, sistemas de energia solar fotovoltaica e alguns tipos de motores e equipamentos especializados. Na CA, a corrente elétrica inverte seu sentido periodicamente, comumente em uma frequência de 60 Hz no Brasil. A maioria dos sistemas industriais e comerciais utiliza corrente alternada devido à facilidade de variar o nível de tensão e à eficiência na transmissão de energia.

2.2.1 Características da Corrente

A quantidade de carga elétrica que flui por unidade de tempo é medida em amperes (A). Em instalações industriais, a corrente pode variar significativamente, desde alguns miliamperes (mA) em circuitos de controle até milhares de amperes (kA) em circuitos de potência. Para a corrente alternada, a frequência é um parâmetro crítico, especialmente em sistemas que dependem da sincronização com a rede elétrica ou entre diferentes equipamentos.

A forma da onda de corrente alternada pode ser senoidal, quadrada, triangular, entre outras. A senoidal é a forma de onda padrão para a maioria das aplicações de energia elétrica.

O dimensionamento correto dos condutores é essencial para evitar superaquecimento, quedas de tensão e falhas nos sistemas elétricos. Os condutores devem ser escolhidos com base na corrente máxima que irão transportar, além de considerar fatores como a temperatura ambiente, o tipo de isolamento, e a capacidade de dissipação de calor. A NBR 5410 fornece tabelas e fórmulas para o cálculo da bitola (diâmetro) dos condutores de acordo com a corrente elétrica e outros fatores de correção. Em linhas gerais, os passos para o dimensionamento incluem:

1. **Determinação da Corrente de Projeto:** Calcular a corrente nominal que os condutores devem suportar, considerando a carga total e os fatores de simultaneidade.
2. **Seleção da Bitola do Condutor:** Escolher a bitola adequada com base na corrente de projeto e na capacidade de condução de corrente do material (cobre ou alumínio).
3. **Verificação da Queda de Tensão:** Garantir que a queda de tensão ao longo do condutor não ultrapasse os limites estabelecidos pela norma, geralmente 4% para circuitos terminais.

2.2.2 Proteção contra Sobrecorrente

A proteção contra sobrecorrente é um aspecto vital para a segurança das instalações elétricas. Dispositivos como disjuntores e fusíveis são utilizados para interromper o circuito em caso de sobrecorrente, prevenindo danos aos equipamentos e riscos de incêndio. Disjuntores termomagnéticos são dispositivos rearmáveis que protegem contra sobrecargas e curtos-circuitos. Eles devem ser selecionados com base na corrente nominal do circuito e na corrente de curto-circuito presumida. Fusíveis são dispositivos de proteção de ação rápida ou retardada que interrompem o circuito ao fundir um elemento interno quando a corrente ultrapassa um valor especificado.

2.2.3 Corrente de Curto-Circuito

A corrente de curto-circuito é a corrente elétrica que flui em um circuito durante uma falha de curto-circuito. Essa corrente pode ser várias vezes maior que a corrente nominal do circuito e, portanto, é crucial projetar e dimensionar os sistemas de proteção e os condutores para suportar esses valores extremos. A análise de curto-circuito envolve a determinação dos níveis de curto-circuito esperados e a escolha de dispositivos de proteção adequados para interromper esses altos níveis de corrente rapidamente, bem como condutores, minimizando danos e riscos.

2.3 RESISTÊNCIA

A resistência elétrica é uma das grandezas fundamentais na análise e no projeto de instalações elétricas industriais. Ela representa a oposição ao fluxo de corrente em um condutor e influencia diretamente a eficiência e a segurança dos sistemas elétricos. Ela é medida em ohms (Ω) e é determinada pela fórmula de Ohm:

$$R = \frac{V}{I}$$

onde:

R é a resistência em ohms (Ω),
 V é a tensão em volts (V),
 I é a corrente em amperes (A).

Diferentes materiais têm diferentes resistividades. Metais como cobre e alumínio são comumente usados em instalações elétricas devido à sua baixa resistência. Outros materiais, como aço ou níquel, têm resistência mais alta. A resistência é diretamente proporcional ao comprimento do condutor: Quanto mais longo o condutor, maior a resistência. A resistência é inversamente proporcional à área da seção transversal do condutor. Condutores mais grossos têm menor resistência. A maioria dos materiais aumenta sua resistência com o aumento da temperatura. Em instalações elétricas industriais, isso é especialmente relevante, pois o aquecimento dos condutores pode afetar a eficiência e a segurança do sistema.

A resistência em um sistema elétrico causa perdas de energia na forma de calor. Minimizar a resistência dos condutores e componentes é essencial para aumentar a eficiência energética da instalação. Resistências elevadas podem causar superaquecimento dos condutores, aumentando o risco de incêndios e danos aos equipamentos. A manutenção adequada e o monitoramento da resistência são cruciais para garantir a segurança das instalações. O dimensionamento correto dos condutores envolve a escolha de materiais e bitolas que minimizem a resistência, garantindo que a queda de tensão esteja dentro dos limites permitidos e que a eficiência do sistema seja maximizada.

A queda de tensão é um aspecto crítico no projeto de instalações elétricas. A resistência dos condutores causa uma redução na tensão disponível nos pontos de consumo. A NBR 5410 estabelece limites para a queda de tensão em instalações de baixa tensão, geralmente não excedendo 4% da tensão nominal. A queda de tensão pode ser calculada pela fórmula:

$$\Delta V = I \times R$$

onde:

- ΔV é a queda de tensão em volts (V).
- I é a corrente em amperes (A).
- R é a resistência do condutor em ohms (Ω).

O sistema de aterramento é um componente essencial das instalações elétricas industriais, proporcionando um caminho seguro para a dissipação de correntes de falha e surtos. A resistência de aterramento deve ser mantida a níveis baixos para garantir a segurança. A NBR 5410 recomenda que a resistência de aterramento seja inferior a 10 ohms, embora valores mais baixos sejam preferíveis em muitas situações.

Existem vários métodos para medir a resistência elétrica em instalações industriais, incluindo:

- **Ohmímetro:** Utilizado para medir diretamente a resistência de condutores e componentes.
- **Teste de Queda de Tensão:** Método indireto que utiliza a lei de Ohm para calcular a resistência com base na medição da corrente e da tensão.
- **Teste de Aterramento:** Equipamentos especializados são usados para medir a resistência do sistema de aterramento, garantindo que esteja dentro dos limites seguros.

A manutenção regular e o monitoramento contínuo da resistência são práticas essenciais para garantir a segurança e a eficiência das instalações elétricas. Isso inclui:

- **Inspecções Periódicas:** Verificações regulares dos condutores, conexões e dispositivos de proteção para detectar sinais de corrosão, desgaste ou danos que possam aumentar a resistência.
- **Calibração de Equipamentos de Medição:** Garantir que os equipamentos de medição estejam calibrados e funcionando corretamente para fornecer leituras precisas.
- **Reparos e Substituições:** Intervenções corretivas imediatas para substituir componentes danificados ou com alta resistência.

2.4 ATERRAMENTO

O aterramento é importante nas instalações elétricas industriais, garantindo a segurança dos trabalhadores e a proteção dos equipamentos. Ele proporciona um caminho seguro para a dissipação de correntes de falha, surtos de tensão e descargas atmosféricas. O aterramento elétrico consiste na conexão elétrica de uma parte do sistema elétrico ou de um equipamento ao solo. Essa conexão cria um caminho de baixa resistência para a passagem de corrente elétrica, protegendo os sistemas elétricos e os usuários contra falhas e sobretensões. Ele reduz o risco de choques elétricos em caso de falhas no isolamento dos equipamentos, dissipa as sobretensões causadas por descargas atmosféricas ou manobras na rede elétrica. E proporciona uma referência estável de potencial para o sistema elétrico, melhorando a performance e a segurança. A implementação de um sistema de aterramento é essencial para garantir a segurança e a confiabilidade das instalações elétricas industriais. As principais vantagens incluem redução do risco de acidentes elétricos, como choques e queimaduras, prevenção de danos a equipamentos elétricos sensíveis devido a surtos de tensão ou falhas de isolamento e atendimento às exigências das normas técnicas e regulamentações, como a NBR 5410 e a NR 10.

Existem vários tipos de sistemas de aterramento, cada um adequado a diferentes necessidades e características das instalações industriais. O aterramento funcional serve para

estabelecer uma referência de potencial para os sistemas elétricos, proporcionando estabilidade operacional. O de proteção é destinado a proteger os usuários contra o choque elétrico, conectando partes metálicas não energizadas ao solo e o aterramento contra surtos é implementado para dissipar sobretensões causadas por descargas atmosféricas ou manobras na rede elétrica.

Um sistema de aterramento é composto por diversos componentes que trabalham juntos para garantir a segurança e a eficiência. Os principais componentes incluem eletrodos de aterramento que conectam o sistema elétrico ao solo e podem ser hastes metálicas, malhas ou placas enterradas no solo; condutores de aterramento usados para conectar os eletrodos de aterramento aos equipamentos e às partes metálicas da instalação e conexões e junções que garantem a continuidade elétrica entre os diferentes componentes do sistema de aterramento.

No Brasil, a ABNT NBR 5410 e a NR 10 são as principais normas que regulamentam os requisitos para sistemas de aterramento em instalações elétricas. A NBR 5410 define os critérios para o dimensionamento, instalação e manutenção dos sistemas de aterramento, incluindo a resistência máxima permitida e os métodos de medição. A NR 10 estabelece as diretrizes para a segurança em instalações elétricas e serviços com eletricidade, enfatizando a importância de um sistema de aterramento eficaz para a proteção dos trabalhadores.

O projeto e o dimensionamento de um sistema de aterramento devem levar em consideração vários fatores, como a resistividade do solo, a corrente de falha esperada e a configuração da instalação elétrica. Ele é realizado inicialmente pela análise do solo, por meio da qual é realizada a determinação da resistividade do solo, que influencia diretamente a eficácia do sistema de aterramento.

O dimensionamento dos eletrodos é feito com base na corrente de falha e na resistividade do solo. Já a seleção dos condutores é realizada por meio do dimensionamento dos condutores de aterramento para garantir a dissipação segura das correntes de falha. A manutenção regular e o monitoramento contínuo do sistema de aterramento são essenciais para garantir sua eficácia ao longo do tempo. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

2.5 ACIDENTES DE TRABALHO NA INDÚSTRIA FRIGORÍFICA

Sardá (2017) defende que a atividade laboral na indústria frigorífica é a terceira com maior número de notificações por acidentes no INSS. Aproximadamente 90% dos acidentes são subnotificados. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE),

anualmente ocorrem 5 milhões de acidentes de trabalho no Brasil. O INSS informa somente 718 mil, indicando um índice de subnotificação de 70%, embora a Organização Mundial de Saúde defenda ser de 90%.

Dos trabalhadores que se acidentam no Brasil durante o horário de trabalho, 613 mil são acometidos com sequelas ou algum tipo de incapacidade por causa destes acidentes. 1,627 milhão deixa atividades habituais e 284 mil são internados em razão do acidente.

A NR 36 estabelece os requisitos mínimos para a avaliação, controle e monitoramento dos riscos existentes nas atividades desenvolvidas na indústria frigorífica, na qual destacam-se ou estão associados o ritmo intenso, frio, ruído, posturas inadequadas, riscos de acidentes com amputações, umidade, deslocamento de cargas em excesso, amônia, vasos de pressão, jornadas exaustivas. Ela também prevê pausas de recuperação psicofisiológica ou de recuperação de fadiga.

No entanto, aproximadamente 20% dos trabalhadores da indústria frigorífica se ausentam anualmente por motivos de doenças. Embora exista um projeto de lei que pede a redução da jornada do trabalhador do setor para 36 horas semanais, esta solicitação da Procuradoria do Trabalho foi ignorada pelas empresas do segmento de maneira deliberada. Mesmo assim, a maior empresa do segmento possui 5% de participação da Caixa Econômica Federal (CEF) e recebe recursos do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) com frequência. Trata-se de uma incoerência do Estado em relação à proteção do trabalhador (SARDÁ, 2017). Entre os anos de 2012 e 2016, foram pagos 20 bilhões de reais em benefícios previdenciários somente na indústria frigorífica. Com subnotificações este valor chegaria a 40 bilhões (SARDÁ, 2017).

Em linhas gerais, equipamentos de proteção individual são aqueles que, como seu próprio nome já diz, visam a proteção individual de cada trabalhador, consistindo em dispositivos de proteções específicas para cada parte do corpo, devendo ser utilizado em conformidade com cada tipo de atividade a ser executada. Os equipamentos de proteção devem ser oferecidos, sem nenhum ônus para os empregados, sempre que as medidas de proteção coletiva não oferecerem completa proteção aos operários.

De acordo com Souza et al (2011), os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) são aqueles utilizados individualmente e fabricados pela indústria nacional ou estrangeira, com o objetivo de assegurar a integridade física do trabalhador. Ele não possui ação preventiva. Sua função é a de impedir que um acidente gere lesões graves ao trabalhador e evitar o contato com substâncias químicas que gerem riscos à saúde.

No que diz respeito aos Equipamentos de Proteção Individual (EPI) para a indústria frigorífica, o uso de EPI está regulamentado pela NR-36 do Ministério do Trabalho e Emprego, tendo como objetivo dar proteção ao trabalhador no desenvolvimento de suas atividades. Trata-se de uma responsabilidade dos empregadores o fornecimento, a exigência do uso pelos trabalhadores e a manutenção dos EPI. Na indústria frigorífica não é diferente de outros setores econômicos, devendo serem escolhidos os que mais se adaptam às atividades realizadas, sendo de proteção: auricular, facial, respiratória, para tórax, braços, tronco, abdômen e pernas, para as mãos e para os pés.

Vale destacar que o tipo de luva a ser utilizado depende da atividade desenvolvida pelo trabalhador, existindo diferentes tipos e em diferentes materiais, estando vinculadas ao tipo de substâncias a serem manipuladas. Salienta-se que o uso de EPI não dispensa a necessidade/uso de Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC).

A proteção contra incêndios envolve todos os equipamentos necessários para combater o fogo em seu início, como os extintores de incêndio – estando regulamentados pela NR-23, normas estaduais de corpos de bombeiros e da ABNT –, além de os profissionais serem treinados para agirem em momentos como este, com saídas que possibilitem que os trabalhadores possam abandonar com rapidez o recinto (SILVA, 2011).

Também, é importante que os extintores estejam localizados em uma área de fácil acesso e devidamente sinalizados com cor de fundo vermelho, sendo de forma quadrada ou retangular, cor do símbolo fotoluminescente, margem fotoluminescente e proporcionalidades paramétricas segundo regras da NPT-020 (STOCKMANN, 2012), conforme Figura 1.

Figura 1 - Classificação do fogo e agente extintor

Classes de Fogo			Pó BC	Pó ABC	Pó D	CO ₂	Água	Agente saponificador
		Papel, Madeira						
		Líquidos Inflamáveis						
		Equipamentos Elétricos energizados						
		Fogo de Metais Pirofóricos Mg, Na, Ca, Al, etc						
		Fogo em cozinhas						

Fonte: Ishida (2013).

A referida NR-23, publicada pela Portaria SIT n. 221, de 6 de maio de 2011, expõe que todos os profissionais devem ser capacitados em relação à prevenção de incêndios. O empregador possui a responsabilidade de oferecer o treinamento adequado para tal fim. Os ambientes de trabalho devem oferecer saídas devidamente sinalizada para a evacuação do ambiente de maneira organizada em casos de emergências. Tais saídas devem estar permanentemente abertas e acessíveis, durante a jornada de trabalho.

Como em muitos outros países, as condições de trabalho na indústria de processamento de carnes no Brasil estavam entre as piores antes da norma. Os trabalhadores que cortam gado com maquinário pesado viviam sob pressão para cumprir metas de produção excessivamente altas.

Como resultado, eram forçados a trabalhar em horários prolongados, num ritmo de trabalho extenuante, infraestrutura e sistemas de segurança fracos. Muitos trabalhadores reclamavam de dedos dormentes por trabalhar em geladeiras frias. Alguns morreram por causa disso. Em 2011, o governo registrou 19.453 acidentes - o que representou 2,73% do total de acidentes de trabalho no Brasil, incluindo 32 acidentes fatais. Devido à carga de trabalho excessiva e à falta de proteção adequada, correm o risco de lesões graves sempre que vão trabalhar e temem ser despedidos quando reclamavam (CONTAC-CUT, 2021).

A NR-17 representa um importante avanço na consolidação dos direitos dos trabalhadores, tendo em vista que até a década de 1990 não existiam leis ou normas voltadas especificamente para a oferta de condições ergonômicas favoráveis a execução do trabalho e capazes de reduzir os índices de doenças associadas ao esforço repetitivo ou problemas osteomusculares decorrentes da atividade laboral.

Ao oferecer melhores condições de trabalho, a ergonomia reduz fatores como a fadiga, lesões e acidentes, conseqüentemente, promove o aumento do bem-estar e da produtividade, proporcionando um maior tempo ativo, maior expectativa e qualidade de vida.

Durante uma jornada de trabalho, os profissionais podem assumir inúmeras posturas diferentes e demandar esforços musculares que, no futuro, podem causar doenças ocupacionais relacionadas ao trabalho (DORT).

Ferro (2019), demonstrou que o setor de frigorífico emprega um número expressivo de mão-de-obra. Embora ofereça empregabilidade, o setor é responsável pela maior taxa de acidentalidade dos postos de trabalho na indústria de transformação.

Quando comparado aos demais setores relacionados, o setor de frigoríficos é o maior responsável pela incidência de acidentes de trabalho (FERRO, 2019). Ferro (2019) destaca, ainda, que a indústria de alimentos possui importância estratégica para a economia do país.

Gayer (2013) identificou em seu estudo que a maioria dos trabalhadores (60%) utiliza equipamentos de segurança, contudo 40% não. A autora alerta que ainda que a maioria esteja em conformidade com a NR 36, é necessário que sejam feitas as adequações a fim de atingir os 100%, sendo um meio de prevenção de acidentes e doenças ocupacionais, prevenir ou eliminar os riscos à saúde do trabalhador.

Os riscos associados às máquinas e sistemas de manuseio devem ser objeto de estudos específicos dependendo do ramo. Os problemas de manuseio podem ser abordados a partir do histórico de acidentes ocorridos em cada um dos processos; uma solução pode ser encontrada através do uso de EPIs para pés, pernas, mãos, braços, olhos e rosto. Os riscos relacionados às máquinas podem ser evitados pela proteção segura das instalações. Dispositivos de manuseio mecânico, especialmente transportadores, são extremamente comuns e as garras móveis merecem atenção especial. As máquinas utilizadas para o enchimento e fechamento dos recipientes devem ser fechadas, com exceção das aberturas que permitem a entrada e saída dos produtos (GAYER, 2013).

O acesso às correias transportadoras, tambores, polias e engrenagens deve ser rigorosamente protegido. Para eliminar o risco de cortes, por exemplo, devem ser implementados meios que removam resíduos de metal ou vidros quebrados. Lesões muito graves causadas pela partida inadvertida do mecanismo de transmissão, durante a limpeza ou manutenção, podem ser evitadas por um procedimento estrito de proibição de acesso por travamento. As engrenagens devem ser rigorosamente protegidas. Para eliminar o risco de cortes, por exemplo, devem ser implementados meios que removam resíduos de metal ou vidros quebrados (GAYER, 2013).

As quedas podem ocorrer em pisos irregulares, molhados ou escorregadios, quer pela sua própria natureza, quer pela presença de produtos, resíduos de alimentos gordurosos ou oleosos, ou poeiras, ou finalmente, em câmaras frigoríficas, pela condensação da água. Os revestimentos antiderrapantes e o uso de calçado adequado, com a escolha racional do estofamento, a limpeza cuidadosa e a manutenção correta ajudam a prevenir quedas. A instalação de saliências ao redor das máquinas que contêm água evita que o líquido transborde para o chão. Um sistema de drenagem eficiente também deve facilitar seu fluxo rápido em caso de transbordamento (GAYER, 2013).

Muitos acidentes podem ser evitados se os meios de acesso às instalações e áreas de armazenamento forem seguros, se as escadas forem resistentes e se forem fornecidos dispositivos de prevenção de quedas, como cintos de segurança e cordas salva-vidas (GAYER, 2013).

As instalações elétricas, principalmente em ambientes úmidos, exigem medidas eficazes de aterramento e manutenção para controlar os riscos usuais de choque elétrico. Além do aterramento correto, a instalação de disjuntores diferenciais nas tomadas fornece proteção eficaz a esse respeito. Muitas vezes, portanto, ingredientes, resíduos ou materiais em pó inflamáveis, como pó de grãos, amido ou açúcar de milho (considerados alimentos em vez de produtos químicos perigosos) podem justificar o uso de equipamento de proteção elétrica para eliminar o risco de incêndio durante o manuseio ou transporte (GAYER, 2013).

O incêndio também pode ocorrer durante as operações de soldagem em silos de grãos e moinhos de farinha, devido à presença de poeira orgânica explosiva e combustível. O perigo de explosão também se aplica a fornos ou outros equipamentos de cozinha aquecidos a gás ou óleo, quando não são instalados, usados ou mantidos corretamente (GAYER, 2013).

O controle estrito da saúde dos produtos é essencial em todas as fases da produção de alimentos, por exemplo, em matadouros. A observância das regras de higiene, quer se apliquem ao pessoal ou ao próprio trabalho, é essencial para prevenir a infecção ou contaminação dos produtos. As instalações e equipamentos devem ser projetados para promover a higiene do pessoal: instalações sanitárias bem localizadas, com pias e até chuveiros; fornecimento de roupas de proteção adequadas, mantidas limpas; fornecimento de cremes e loções protetoras, quando necessário (FERRO, 2019).

O controle sanitário igualmente estrito do equipamento é necessário em todas as fases da produção. Na maioria das vezes, em condições normais de operação, as regras de segurança são suficientes para prevenir os perigos associados ao equipamento. Para uma boa manutenção das máquinas, é necessário abri-las, retirar as proteções e desativar os sistemas de travamento. Infelizmente, o equipamento foi projetado para funcionar e sua limpeza costuma ser esquecida. No entanto, é precisamente durante esta operação que ocorre a maioria dos acidentes mais graves. Grampos em movimento, água fervente, respingos de produtos químicos, ácidos ou bases, ou dispositivos de limpeza em operação são a causa de muitos ferimentos, para não falar que os canos de água quente sob alta pressão também são um perigo. A falta de procedimentos de manobra, a falta de treinamento e experiência insuficiente de novos funcionários alistados para uma tarefa de limpeza agravam o problema. O perigo aumenta quando o equipamento a ser limpo é de difícil acesso. Um sistema eficaz de bloqueio

/ proibição de exibição é essencial. A melhor solução reside, no entanto, nos meios de limpeza incorporados nas instalações, como jatos de água a ferver a alta pressão ou escovas automáticas. No entanto, muitas vezes ainda é à mão que é necessário limpar as sujidades, o que constituem um problema (FERRO, 2019).

O estudo de Camargo (2015) investigou a implementação de pausas psicofisiológicas em uma indústria de processamento de frango e por sua vez demonstrou que a empresa cumpre 100% os requisitos da NR36. No estudo de Borsato e Souza (2019) também foi identificado que no frigorífico estudado a análise quantitativa da temperatura e ruído, realizada com equipamentos adequados, mostrou que os funcionários não são expostos a níveis preocupantes destes agentes físicos, pois medidas de proteção são adotadas.

Em sua pesquisa, Túlio (2013) esclarece que é dever do empregador prover seus colaboradores para a prevenção de acidentes, oferecendo boas condições de trabalho. Cabe ao trabalhador seguir as recomendações de segurança que lhes são passadas. De acordo com esta autora, as empresas de frigorífico precisam atender os requisitos previsto nas normas: NR6, NR9, NR15, NR17 e NR36.

Além da vacinação profilática específica contra doenças infecciosas, as medidas preventivas mais eficazes consistem no uso de luvas adequadas, boa higiene pessoal e as instalações sanitárias de que necessita (este é um pré-requisito na indústria alimentar, necessário para a segurança do produto). Os banheiros, incluindo chuveiro e roupas de trabalho adequadas, também são essenciais. Deve ser possível fornecer cuidados médicos por uma pessoa competente, especialmente para o tratamento de ferimentos leves (TULIO, 2013).

Também são frequentes as dermatites de contato e as alergias cutâneas ou respiratórias causadas por produtos orgânicos, animais ou vegetais. A dermatite primária pode ser causada por irritantes como ácidos, álcalis, detergentes e água de limpeza, bem como pela fricção na colheita ou embalagem de frutas e no manuseio do açúcar, amplamente utilizado na indústria alimentícia (TULIO, 2013).

Em muitos estabelecimentos que processam carnes, aves, peixes e outras commodities, o trabalho é altamente repetitivo e exige muita força. Por sua própria natureza, o produto frequentemente requer movimentação manual, como na inspeção ou carregamento de itens frágeis para embalagem, ou ao aumentar a produção sem equipamentos de alto desempenho. Por outro lado, o manuseio manual das caixas no momento do envio pode ser uma fonte de dor lombar. Atenção especial deve ser dada às tarefas que requerem posturas anormais, são dolorosas ou muito repetitivas. A combinação desses fatores agrava o

problema. Esta é a razão pela qual a detecção precoce e o tratamento imediato de casos comprovados são recomendados (TULIO, 2013).

Produtos de controle de pragas, fumigantes e outras substâncias perigosas devem ser monitorados cuidadosamente e usados somente conforme orientação do fabricante. Os pesticidas organofosforados só podem ser usados sob monitoramento biológico, a fim de manter a exposição dentro de limites aceitáveis (TULIO, 2013).

O dióxido de carbono, usado para manter os produtos refrigerados frios durante o transporte, também deve ser submetido a controles rigorosos. A ventilação adequada dos tanques que o contêm evitará seus efeitos nocivos. Os funcionários também estão expostos ao frio ao manusear e armazenar produtos crus no inverno ou ao trabalhar em câmaras frigoríficas sem ventilação. Os trabalhadores da câmara fria podem sofrer com o frio se não estiverem equipados com roupas de proteção adequadas. O risco é aumentado para quem realiza tarefas sedentárias neste tipo de ambiente térmico.

Telas são utilizadas para desviar o fluxo de ar frio dos trabalhadores que estão próximos aos ventiladores. Recomenda-se a rotação do trabalho entre as salas frias e temperadas. Em grandes túneis de congelamento, pode ser fatal para os trabalhadores, mesmo usando as chamadas roupas "de lã", ficar na poderosa corrente de ar frio. O acesso a esses túneis deve ser estritamente proibido quando eles estiverem em operação. Dispositivos de bloqueio eficazes ou protocolos de entrada em espaço confinado devem ser implementados para evitar que os túneis sejam ativados enquanto os trabalhadores estiverem dentro (TULIO, 2013). Toledo (2019) explica que as lesões causadas pelo frio em geral são em função do calor do corpo e consequente redução da temperatura provocada pelo frio das câmaras frigoríficas. Quando isso ocorre, os indivíduos são acometidos pela hipotermia. Ela pode provocar outras lesões e pode ser evitada por meio do uso de EPI adequado para tais espaços.

O calor, muitas vezes associado à alta umidade durante o cozimento e a esterilização, pode criar uma atmosfera fisicamente insuportável, causando, entre outras coisas, insolação e exaustão. É o que acontece, principalmente, em operações em que as soluções evaporam, como na fabricação de extrato de tomate em países onde já faz muito calor. É o que acontece também no matadouro dos frigoríficos. Sistemas de ventilação eficientes são essenciais e atenção especial deve ser dada aos problemas de condensação. O ar condicionado pode ser necessário em algumas áreas (TULIO, 2013).

Para Ferro (2019), a prevenção de acidentes é consequência do desenvolvimento de processos que priorizem a segurança e não o uso de EPI, de modo que os profissionais de

segurança do trabalho devem ser qualificados para a prevenção de acidentes, bem como para o devido diagnóstico de situações de risco.

Ao realizar um estudo em um frigorífico, Sousa (2013) verificou que embora os trabalhadores utilizem EPIs para desenvolver suas tarefas, são expostos constantemente a riscos ergonômicos como: trabalhar em pé, executar outras tarefas além das suas, movimentos repetitivos, movimentos e arremesso de peso, pressão temporal. Os resultados deste estudo evidenciaram que a empresa necessita criar um programa de prevenção de riscos ocupacionais seguindo as normas regulamentadoras do setor, a fim de proporcionar bem-estar aos trabalhadores.

Em concordância com esta afirmação, Camargo (2015) constatou que os Frigoríficos e Indústrias de processamento de carnes e derivados devem seguir os requisitos da NR 36 em relação à jornada de trabalho para que sejam bem equilibradas que garantam a recuperação física do trabalhador. Seguindo as orientações das normas regulamentadoras, é possível minimizar o nível de risco de acidentes e doenças ocupacionais.

Marra (2019) constatou que no frigorífico onde desenvolveu a pesquisa havia deficiência de luz natural e artificial, dificultando as atividades realizadas e expondo os trabalhadores ao risco, sendo preciso realizar as adequações conforme a NR17. Outro fator de risco analisado em seu estudo foi a exposição do trabalhador a temperaturas extremas, não atendendo os requisitos da NR 15. O risco químico foi identificado pelo autor na exposição dos profissionais do frigorífico a produtos químicos que são cotidianamente utilizados no processo de higienização dos espaços para abate, bem como em outros equipamentos utilizados na produção de carne. Também foram identificados riscos no processo de salga e defumação, bem como no uso de objetos perfurocortantes, especificamente facas e serras. Os equipamentos elétricos existentes em áreas com pisos escorregadios oferecem riscos de quedas e choques.

Na pesquisa realizada por Borsato; Souza (2019) para analisar as condições ergonômicas dos trabalhadores em um frigorífico, demonstrou que o frigorífico é um ambiente hostil que pode comprometer a saúde dos trabalhadores, pois, apresenta baixas temperaturas, umidade, repetitividade de movimentos, cadência acelerada, exigência de esforço muscular intenso, ritmos cada vez mais desumanos, mobiliários e postos de trabalho inadequados, máquinas ainda em desacordo com dispositivos previstos na NR 12, sistema elétrico às vezes deficitário, presença de amônia com sistema de controle que, em alguns casos, também apresenta defeitos, passível de vazamentos e, para completar o cenário, a monotonia e fatores psicossociais significativos. Observa-se que a atividade laboral em frigoríficos está entre aquelas com maiores índices de afastamentos do trabalho por motivos de acidentes.

Borsato; Souza (2019) discutem que os profissionais da indústria frigorífica estão de 2 a 3 vezes mais expostos ao risco de acidentes de trabalho. O setor de carnes apresenta os maiores riscos, principalmente nas linhas de abate e corte. É um setor que sofre de elevada rotatividade, de absenteísmo e os trabalhadores desta indústria ficam mais rapidamente desgastados pelo seu difícil trabalho. As quedas porque os profissionais escorregam devido à presença de água, gordura ou sangue nos solos representam 20% dos acidentes com paralisações da indústria de carnes. Outros riscos também estão presentes, aqueles relacionados a máquinas e equipamentos, como máquinas de fatiar, serras e facas.

A automatização de processos que podem ser realizados por máquinas poderia contribuir com a redução da necessidade de exposição dos trabalhadores a riscos tão significativos, de modo que a inovação no setor representa uma possibilidade para a solução da exposição do trabalhador ao risco ocupacional.

Toledo (2019) aponta em seu estudo que o uso de EPIs em frigoríficos é de extrema importância, e que além de medidas de prevenção que devem ser adotadas pela empresa, é necessário também conscientizar os trabalhadores para que eles reconheçam a necessidade de utilizar estes equipamentos para desenvolverem suas tarefas.

Corroborando com esta ideia, Kreutz (2017) em seu estudo sugere que para promover melhorias em relação às normas ergonômicas a empresa pode delegar uma pessoa responsável da empresa para orientar o colaborador com informações relativas à saúde, segurança e ergonomia, e para fiscalizar a realização adequada das tarefas.

2.6 NORMA REGULAMENTADORA 10 (NR-10)

A Norma Regulamentadora 10 (NR-10) foi emitida pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) com a publicação no Diário Oficial através da Portaria GM n.º 3.214, em 08 de junho de 1978. Inicialmente, seu título era "Instalações e Serviços de Eletricidade" e tinha como objetivo regulamentar os artigos 179 a 181 da Lei nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977, que tratam das condições de segurança em instalações elétricas, a qualificação necessária para operar tais instalações e a necessidade de conhecimento em primeiros socorros em casos de choque elétrico. Apesar da intenção inicial de atualizar a norma a cada dois anos, a primeira revisão ocorreu apenas em 1983, quando foi incluída menção às normas técnicas oficiais e a possibilidade de utilizar normas internacionais em caso de falta ou inadequação das normas nacionais.

Na década de 1990, devido à transformação organizacional do setor trabalhista e à privatização do setor elétrico, houve um aumento no número de acidentes de trabalho, o que

demandou uma revisão da norma. O processo de reformulação começou com a criação de um Grupo Técnico (GT/NR-10) em 2000, seguido pela elaboração de propostas de revisão durante as reuniões da Comissão Tripartite Paritária Permanente (CTPP). A revisão da NR-10 foi concluída em 2004, resultando na alteração do título para "Segurança em Instalações e Serviços com Eletricidade" e na inclusão de orientações fundamentais para a aplicação de medidas de segurança em todas as atividades relacionadas à eletricidade.

Em sua terceira atualização, em 2016, foram feitas apenas alterações nos textos dos anexos, enquanto a quarta atualização, em 2019, envolveu mudanças nos requisitos sobre capacitação, direitos e obrigações, alinhando-se à nova versão da NR-01 sobre disposições gerais e gerenciamento de riscos ocupacionais.

3 METODOLOGIA

Este estudo adotou uma abordagem qualitativa, caracterizando-se como um estudo de caso único, focado na análise da conformidade de uma indústria de processamento de carnes, onde o pesquisador está empregado. A metodologia está estruturada em diversas etapas, permitindo uma análise profunda e detalhada das práticas de segurança elétrica da indústria em relação à Norma Regulamentadora 10 (NR-10).

A empresa é uma das maiores no ramo de alimentos do mundo, tem suas raízes na fusão de duas grandes cooperativas brasileiras, que originalmente foram fundadas em 1944 e 1934, respectivamente. A primeira empresa começou como uma pequena empresa familiar em Videira, Santa Catarina, inicialmente focada na produção de linguiças. Com o tempo, expandiu sua linha de produtos e aumentou significativamente sua capacidade de produção, entrando em novos segmentos de mercado, incluindo aves, suínos e produtos lácteos.

A segunda empresa, por sua vez, foi fundada em Concórdia, também em Santa Catarina. A empresa começou com a produção de embutidos e, mais tarde, diversificou para outros produtos de carne, consolidando-se como uma marca líder em inovação e qualidade. É pioneira no Brasil na comercialização de produtos congelados e prontos para consumo, o que revolucionou o mercado de alimentos no país.

Em 2009, após a crise financeira global que afetou várias empresas brasileiras, as duas empresas se fundiram. Esta fusão foi estratégica para combinar forças, otimizar operações e expandir a presença global de ambas as empresas. A empresa é uma potência no setor de alimentos, especialmente na produção de carnes de aves e suínos, além de produtos processados

e prontos para o consumo. A empresa mantém uma forte presença internacional, exportando para dezenas de países em vários continentes.

Inicialmente, foi realizada uma revisão detalhada da documentação interna da indústria, incluindo manuais de segurança, relatórios de inspeções elétricas anteriores, registros de treinamentos de segurança e relatórios de incidentes relacionados a instalações elétricas. Esta etapa ajudou a identificar como os funcionários da indústria tem se esforçam para atender aos requisitos da NR-10 ao longo do tempo.

Foi criado um formulário para avaliar a conformidade da indústria com a NR-10. Este formulário foi desenvolvido com base nas exigências da norma e adaptado para as particularidades da indústria de carnes. O formulário foi aplicado para coletar dados sobre a infraestrutura atual, práticas de segurança e a manutenção de equipamentos elétricos.

Para o trabalho em questão, foram realizadas inspeções diretas nas áreas de produção e manutenção da indústria com intuito de observar as condições das instalações elétricas e a implementação de procedimentos de segurança e o uso de equipamentos de proteção individual. As observações foram meticulosamente documentadas, destacando-se os aspectos de conformidade e áreas de potencial risco.

Com base nas informações coletadas através do formulário e das inspeções, foi realizada uma análise detalhada para determinar o grau de conformidade da indústria com a NR-10. Esta análise considerou as práticas operacionais, a adequação e manutenção dos equipamentos, e a eficácia dos treinamentos e medidas de segurança. Para garantir a confiabilidade das conclusões, os dados obtidos de diferentes fontes (documentação, formulário de conformidade e observações diretas) foram comparados e contrastados. Isso ajudou a identificar consistências e discrepâncias nas informações, fortalecendo a validade dos resultados do estudo.

Essa abordagem metodológica proporcionou uma compreensão abrangente dos desafios e práticas de segurança elétrica na indústria, permitindo a formulação de recomendações direcionadas para melhorias na conformidade com a NR-10 (ANEXO A).

No geral o presente estudo foi realizado com o objetivo de registrar os estudos de curto-circuito, seletividade das proteções e energia incidente nas instalações elétricas de média e baixa tensões da empresa.

A coleta de dados envolveu a revisão de documentação técnica, normas e padrões, e a realização de inspeção de campo. Foram utilizados documentos técnicos e projetos elétricos fornecidos, incluindo diagramas unifilares, especificações de equipamentos e relatórios de manutenção. Normas técnicas como IEEE, NFPA e ABNT foram fundamentais para embasar tecnicamente o estudo (IEEE 1584, 2002; NFPA 70E, 2009; ABNT NBR 14039, 2005).

Inspeções de campo permitiram a realização de medições e verificações dos equipamentos existentes, conforme recomendado por Harrington e Heidkamp (2010).

Para calcular os níveis de energia incidente em curto-circuito, o sistema elétrico foi modelado utilizando o software ETAP: Star - Protection & Coordination, Versão 19.0.1. O processo de modelagem do sistema e a determinação das impedâncias equivalentes foram realizados com base em dados de projetos e nas especificações dos equipamentos. Os cálculos dos níveis de curto-circuito envolvem a análise das impedâncias dos elementos do sistema, como geradores, transformadores, linhas de transmissão e cabos, para determinar a corrente de falta em diferentes pontos da instalação.

Esses cálculos são fundamentais para garantir que as proteções elétricas sejam adequadamente dimensionadas e coordenadas, prevenindo falhas catastróficas. Durante a simulação, são considerados diferentes cenários de falhas, como curto-circuitos trifásicos, bifásicos e fase-terra, para garantir a robustez do sistema em diversas condições operacionais. Conforme descrito por Das (2012) em sua obra sobre análise de sistemas elétricos de potência, a precisão na modelagem e nos cálculos é essencial para assegurar a confiabilidade e segurança do sistema elétrico.

A modelagem do sistema e a determinação das impedâncias equivalentes do sistema foram baseadas nos dados fornecidos pela concessionária de energia e nas especificações dos equipamentos. Simulações de curto-circuito foram realizadas para identificar os níveis de corrente de falta em diversos pontos da instalação, conforme descrito por Das (2012) em sua obra sobre análise de sistemas elétricos de potência.

A definição dos ajustes de proteção envolveu a análise das características e ajustes dos relés de proteção instalados. Os ajustes foram calculados com base nos resultados das simulações de curto-circuito e nas normas técnicas aplicáveis, garantindo a seletividade das proteções. A verificação da seletividade foi realizada para evitar descoordenações que poderiam comprometer a segurança do sistema, conforme os princípios estabelecidos por Blackburn e Domin (2014).

A análise da energia incidente foi conduzida seguindo os critérios da Norma IEEE 1584 (2002). Dados operacionais foram coletados para determinar os tempos de atuação das proteções e as características dos equipamentos. Com essas informações, foram calculados os níveis de energia incidente em diferentes pontos da instalação, classificando os níveis de risco e energia incidente para cada ponto analisado. Esta abordagem é corroborada por Doughty, Neal e Floyd (2008), que destacam a importância de calcular a energia incidente para a

segurança elétrica. Aqui está o trecho corrigido e revisado, incluindo a explicação dos princípios e do processo de análise da energia incidente:

A análise da energia incidente foi conduzida seguindo os critérios estabelecidos pela Norma IEEE 1584 (2002), que fornece um método detalhado para calcular a quantidade de energia liberada durante um arco elétrico e a consequente exposição dos trabalhadores. Esse cálculo é essencial para determinar o nível de risco e para definir as medidas de proteção adequadas.

Primeiramente, são coletados dados operacionais essenciais, como a configuração do sistema elétrico, a corrente de curto-circuito disponível e os tempos de atuação das proteções. Também são consideradas as características dos equipamentos, como os disjuntores e relés, para determinar como eles reagirão durante um evento de curto-circuito. Utilizando esses dados, o sistema elétrico é modelado para simular diferentes cenários de falhas e calcular a energia incidente. O software ETAP, na versão utilizada pela empresa, permite a modelagem precisa dessas condições.

A energia incidente, medida em cal/cm^2 , é calculada para diferentes pontos da instalação, levando em consideração a distância de trabalho e a exposição do trabalhador ao arco elétrico. A energia incidente é a quantidade de energia que uma superfície (como a pele ou as vestimentas de um trabalhador) pode absorver durante o tempo de arco. Com os valores de energia incidente obtidos, os pontos da instalação são classificados de acordo com os níveis de risco. Esses níveis determinam a categoria de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) que os trabalhadores devem usar para se proteger adequadamente contra possíveis queimaduras ou outros danos causados por um arco elétrico.

Doughty, Neal e Floyd (2008) destacam que calcular a energia incidente é fundamental para a segurança elétrica, pois permite que as empresas implementem medidas de proteção baseadas em uma análise quantificada dos riscos, garantindo que os trabalhadores estejam adequadamente protegidos em caso de um evento de arco elétrico.

Para sinalizar painéis e equipamentos, etiquetas foram geradas automaticamente com os níveis de ATPV e a classe de vestimentas necessárias. O processo de geração e afixação das etiquetas foi realizado conforme os resultados obtidos na análise de energia incidente, garantindo a conformidade com as normas de segurança. A utilização de etiquetas ATPV é uma prática recomendada por Capelli-Schellpfeffer, Slivon e Hartel (2005) para aumentar a conscientização e a segurança no ambiente de trabalho.

Os resultados foram revisados detalhadamente para garantir precisão e conformidade com as normas técnicas. A validação em campo incluiu testes e verificações para confirmar a

eficácia dos ajustes de proteção e a precisão dos cálculos de energia incidente. A revisão e validação são passos cruciais para assegurar a confiabilidade dos resultados, conforme enfatizado por Northcote-Green e Wilson (2006). Softwares de simulação elétrica foram utilizados para a modelagem do sistema e simulação de curto-circuito. Software de cálculo de energia incidente foi empregado para determinar os níveis de energia incidente e gerar etiquetas ATPV. Instrumentos de medição, como multímetros e analisadores de energia, foram usados no levantamento de dados em campo.

Durante todas as fases do estudo, foram seguidas rigorosamente as normas de segurança do trabalho, especialmente a NR 10, garantindo a segurança dos trabalhadores envolvidos (Brasil, 2004). A confidencialidade dos dados e informações sensíveis fornecidas pela empresa foi preservada, conforme as diretrizes éticas em pesquisa.

A inspeção foi realizada no dia 21 de março de 2024, sob supervisão do responsável pela manutenção elétrica da empresa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE DE CURTO-CIRCUITO

A análise de curto-circuito é essencial para determinar os níveis de corrente de falta em pontos críticos da instalação elétrica, garantindo a segurança operacional e a integridade dos equipamentos. Na unidade Rio Verde - GO, foram analisados diversos pontos, incluindo a entrada de 138 kV, os barramentos de média tensão (MT) a 13,8 kV e de baixa tensão (BT) a 0,38 kV.

Os resultados da análise indicaram correntes de curto-circuito significativas, com a barra de entrada de 138 kV apresentando uma corrente trifásica de 5,39 kA e fase-terra de 3,74 kA. Nos barramentos gerais MT a 13,8 kV, as correntes de curto-circuito trifásico foram de 10,67 kA e fase-terra de 7,94 kA, valores elevados que requerem atenção especial nas proteções associadas. Já nas barras de baixa tensão, especificamente nas entradas dos quadros gerais de baixa tensão (QGBT), as correntes de curto-circuito trifásico foram de 64,59 kA e fase-terra de 69,87 kA, valores bastante elevados, especialmente em instalações próximas a áreas críticas.

Tabela 1 Valores de curto-circuito

Ponto de Medição	Corrente de Curto-Circuito trifásico (kA)	Corrente de Curto-Circuito fase-terra (kA)
Entrada de 138 kV	5.39	3.74
Barramento Geral MT (13,8 kV)	10.67	7.94
Barramento Geral BT (0,38 kV)	69	69.87

Esses valores indicam que a instalação opera sob condições de alta demanda e riscos consideráveis de curto-circuito. Os quadros de alimentação de cargas e os barramentos de média e baixa tensão são particularmente vulneráveis devido aos altos níveis de corrente de curto-circuito. Os ajustes de proteção dos relés foram baseados nos valores de curto-circuito obtidos e nas normas IEEE 1584 e NBR 14039.

Ajustes de corrente temporizada de proteção devem ser implementados nos relés de diferentes componentes do sistema. Esses ajustes visam garantir que as proteções atuem de maneira coordenada, isolando rapidamente as áreas afetadas em caso de falha. A energia incidente foi calculada para determinar os níveis de risco e as medidas de proteção necessárias

para os trabalhadores. A Tabela 3 apresenta os valores de energia incidente em diferentes pontos da instalação.

Tabela 2 Análise de energia incidente

Ponto de Medição	Energia Incidente (cal/cm ²)	Categoria de Risco NFPA 70E
Entrada de 138 kV	28.00	4
Barramento Geral MT	26.81	4
Barramento Geral BT	93.39	> 4

Esses valores indicam que várias áreas da instalação exigem o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) de alta categoria, conforme especificado pela norma NFPA 70E. No entanto, na entrada de alguns barramentos de baixa tensão, foi identificada a necessidade de serem implementadas medidas para reduzir o nível de energia incidente. Até que sejam executadas, visando a segurança do operador, adotou-se a prática de intervir nesses segmentos dos circuitos apenas quando estiverem desenergizados, conforme recomendação da NR-10.

Com base na análise da energia incidente, foram geradas etiquetas para sinalização dos painéis e equipamentos. As etiquetas fornecem informações sobre a energia incidente, a categoria de risco e as medidas de proteção necessárias. A Tabela 4 mostra um exemplo de etiqueta gerada para um dos disjuntores de média tensão (MT).

Tabela 3 Etiquetas de sinalização

Item	Informação na Etiqueta
Energia Incidente	5.475 cal/cm ²
Categoria de Risco	2
Distância de Aproximação	0.914 m
Nível de EPI Exigido	Categoria 2
Risco de Choque	Tensão: 13.8 kV

Para garantir a coordenação das proteções, é sugerido ajustar parâmetros relés. Recomenda-se um projeto de remanejamento dos alimentadores para operar os transformadores de forma isolada, diminuindo os níveis de curto-circuito e a energia incidente na média e baixa tensão. É fundamental atender às normas NBR 14039, que exigem proteções gerais na média tensão realizadas exclusivamente por meio de disjuntores acionados através de relés secundários com as funções 50 e 51. Portanto, as subestações de Captação, Incubatório e Ração I devem ter proteções com relé secundário instaladas nos cubículos de entrada. Também é recomendável substituir os relés autoalimentados por relés que não sejam autoalimentados e

possuam tecnologia de registro de eventos e faltas, melhorando a confiabilidade e a seletividade do sistema. O quadro 1 resume as recomendações finais para melhoria da seletividade e proteção do sistema.

Quadro 1 Recomendações para proteção do sistema

Ação Recomendada	Justificativa
Remanejamento dos Alimentadores	Diminuir níveis de curto-circuito e energia incidente
Instalação de Proteções com Relé Secundário	Conformidade com NBR 14039
Substituição de Relés Autoalimentados	Melhorar confiabilidade e seletividade
Instalação de Relés de Arco Elétrico	Diminuir valores de energia incidente

Estas recomendações visam aprimorar a segurança e a eficiência operacional da instalação, garantindo que os sistemas de proteção atuem de maneira coordenada em caso de falhas.

4.2 RESULTADOS DOS ENSAIOS DE LUVAS ISOLANTES DE BORRACHA

Os ensaios foram conduzidos conforme as normas IEC 60903 e ASTM D120, que especificam os requisitos para luvas isolantes de borracha utilizadas em trabalhos elétricos. Os ensaios incluíram:

1. **Inspeção Visual e Tátil:** Verificação de defeitos visuais, como furos, rasgos ou imperfeições na superfície das luvas.
2. **Teste de Inflabilidade:** As luvas foram infladas e submersas em água para verificar a presença de vazamentos de ar.
3. **Teste de Tensão de Ruptura Dielétrica:** Aplicação de uma tensão elétrica elevada para determinar a capacidade das luvas de resistir a choques elétricos sem romper.
4. **Teste de Flexibilidade e Aderência:** Avaliação da capacidade das luvas de manter a flexibilidade e aderência adequadas após exposição a tensões elétricas.

Os resultados dos ensaios foram organizados em tabelas para facilitar a análise e a comparação entre diferentes classes de luvas.

Tabela 4 Resultados da Inspeção Visual e Tátil

Classe	Quantidade Inspeccionada	Defeitos Visuais Encontrados	Defeitos Táteis Encontrados
00	85	2	3
0	38	0	1

1	27	0	0
2	4	0	0
4	2	0	0

Tabela 5 Resultados do Teste de Inflabilidade

Classe	Quantidade Testada	Vazamentos Detectados
00	80	2
0	37	1
1	27	1
2	4	0
4	2	0

Tabela 6 Resultados do Teste de Tensão de Ruptura Dielétrica

Classe	Quantidade Testada	Tensão Aplicada (kV)	Luvras Aprovadas
00	78	2500	76
0	36	5000	35
1	26	10000	26
2	4	20000	4
4	2	40000	2

Tabela 7 Resultados do Teste de Flexibilidade e Aderência

Classe	Quantidade Testada	Flexibilidade Mantida (%)	Aderência Mantida (%)
00	76	100	100
0	35	100	100
1	26	100	100
2	4	100	100
4	2	100	100

Os resultados dos ensaios indicam que a maioria das luvas isolantes de borracha cumpriram os requisitos das normas IEC 60903 e ASTM D120. As luvas classe 00 apresentaram o maior índice de defeitos, com acumulado de 10,6% de reprovação e amostras insatisfatórias em quatro dos cinco ensaios realizados. As luvas classe 0, apresentaram soma de 7,9% de reprovação nos ensaios. As luvas classe 1 acumularam 7,4% de reprovação nos ensaios. As luvas classe 2 e classe 4, não apresentaram quaisquer defeitos apontados pelos ensaios e, portanto, 0% foram reprovadas. Os ensaios de flexibilidade e aderência indicaram que a qualidade das luvas foi mantida após todos os demais.

Os ensaios demonstraram que a maioria das luvas isolantes de borracha testadas é adequada para uso correspondente às suas respectivas classes, proporcionando a proteção necessária contra choques elétricos. No entanto, é recomendável que as luvas sejam inspecionadas regularmente para garantir sua integridade e eficácia. A realização de ensaios periódicos, conforme as normas técnicas, é essencial para manter a segurança dos trabalhadores e a confiabilidade dos equipamentos de proteção individual.

4.3 RESULTADOS DOS ENSAIOS DE BASTÃO DE MANOBRA

Os bastões de manobra são ferramentas essenciais para a operação segura de sistemas elétricos de alta tensão. Estes bastões são utilizados para a operação de disjuntores, seccionadores e outros dispositivos elétricos sem a necessidade de contato direto com partes energizadas. A eficácia e a segurança dos bastões de manobra dependem da qualidade do isolamento e da resistência mecânica das ferramentas. Os ensaios de bastões de manobra seguiram as normas IEC 60855-1 e ASTM F711, que estabelecem os requisitos para ferramentas isolantes utilizadas em trabalhos com tensões superiores a 1.000 volts. Os principais ensaios realizados foram:

1. **Inspeção Visual e Dimensional:** Verificação de defeitos visuais e conformidade com as especificações dimensionais.
2. **Teste de Rigidez Dielétrica:** Aplicação de uma tensão elétrica elevada para avaliar a capacidade de isolamento do bastão.
3. **Teste de Resistência Mecânica:** Verificação da resistência do bastão a esforços de flexão e torção.
4. **Teste de Resistência à Umidade:** Simulação de condições ambientais adversas para avaliar a capacidade dos materiais isolantes manterem sua integridade elétrica e mecânica em condições de alta umidade.

Os resultados dos ensaios foram compilados em tabelas para facilitar a análise de dados.

Tabela 8 Resultados da Inspeção Visual e Dimensional

Fabricante	Quantidade Inspeccionada	Defeitos Visuais	Conformidade Dimensional (%)
A	27	0	100

Tabela 9 Resultados do Teste de Rigidez Dielétrica

Fabricante	Quantidade testada	Tensão (kV)	Corrente de Fuga (μ A)	Bastões Aprovados (%)
A	27	100	≤ 5	100

Tabela 10 Resultados do Teste de Resistência Mecânica

Fabricante	Quantidade Testada	Força de Flexão (N)	Força de Tração (N)	Bastões Aprovados (%)
A	27	1650	880	100

Tabela 11 Resultados do Teste de Resistência à Umidade

Fabricante	Quantidade Testada	Tensão (kV)	Corrente de Fuga (μ A)	Bastões Aprovados (%)
A	27	25	≤ 5	100

Os resultados dos ensaios demonstram que os bastões de manobra atendem aos requisitos das normas IEC 60855-1 e ASTM F711.

Os ensaios indicam que não foram encontrados defeitos que impeça o uso dos bastões de manobra em ambientes externos e sistemas de alta tensão até 13,8 kV, proporcionando a proteção necessária contra o choque elétrico e garantindo a segurança dos trabalhadores.

4.4 ENSAIO DE TAPETE DE BORRACHA ISOLANTE

O ensaio de tapetes de borracha isolante é essencial para garantir a segurança dos profissionais que trabalham com sistemas elétricos de alta tensão. Esses tapetes fornecem uma camada de proteção contra o choque elétrico, prevenindo acidentes e garantindo um ambiente de trabalho seguro. O ensaio foi realizado conforme as normas ASTM D178 e IEC 61111, que estabelecem os requisitos para tapetes de borracha isolante. O ensaio realizado foi:

1. **Teste de Rigidez Dielétrica:** Aplicação de uma tensão elétrica elevada para avaliar a capacidade de isolamento do tapete.

Os resultados do ensaio foram compilados em tabela para facilitar a análise comparativa entre as diferentes classes de tapetes de borracha isolante.

Tabela 12 Resultados do Teste de Rigidez Dielétrica

Lote	Quantidade Testada	Tensão Aplicada (kV)	Tapetes Aprovados (%)
0	2	5	25
1	1	10	100
2	44	20	95.6
4	40	40	94.2

Os resultados do ensaio demonstram que os tapetes de borracha isolante das classes 1, 2 e 4 atendem, em grande parte, aos requisitos das normas ASTM D178 e IEC 61111. Os tapetes de classe 0 apresentaram a maior incidência de defeitos.

A taxa de reprovação é maior nas classes 0 e 4, indicando que tapetes mais antigos ou de classes com menor capacidade de isolamento elétrica podem exigir uma atenção maior em inspeções e manutenções. A alta taxa de aprovação para as Classes 2 e 4 reforça que, no geral, a maioria dos tapetes ainda oferece proteção adequada, mas as reprovações em classes específicas destacam pontos de potencial melhoria e reposição.

Os resultados destacam a importância das medidas de segurança em ambientes de alta tensão, alinhando-se com a literatura existente sobre segurança no trabalho em setores de alto risco, como o setor de produção de carne. Este estudo é particularmente relevante quando contextualizado com dados de mortalidade e acidentes em frigoríficos e setores afins, como discutido por autores como CONTAC-CUT (2021), Vasconcellos et al. (2009).

A elevada taxa de mortalidade no setor de carne bovina (15,95 por 100.000 trabalhadores) ressaltada por CONTAC-CUT (2021) é um indicativo da necessidade de aprimorar continuamente as medidas de segurança. A implementação rigorosa de normas, como a NR-10, e a utilização de equipamentos de proteção adequados são essenciais para mitigar esses riscos. A pesquisa de Vasconcellos et al. (2009) reforça a correlação entre o crescimento do setor e o aumento de acidentes e doenças ocupacionais, evidenciando a necessidade de ações preventivas efetivas.

Campos e Roque (2016) sublinham que muitos acidentes poderiam ser evitados com informações e treinamento adequados, um ponto corroborado pelos resultados do presente estudo, que identificaram não conformidades associadas à falta de capacitação dos profissionais. A alta rotatividade de pessoal, conforme discutido, agrava esse problema, uma vez que impede a aquisição de conhecimentos suficientes para uma tomada de decisão segura.

A importância do uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) é destacada por Barzotto (2013), que enfatiza a exposição constante a riscos físicos, químicos, biológicos e ergonômicos nos frigoríficos. Os resultados deste estudo, que mostram variações na qualidade dos tapetes de borracha isolante entre diferentes lotes, reforçam a necessidade de controles rigorosos de qualidade e da utilização de EPIs adequados para garantir a segurança dos trabalhadores.

Duarte (2016) e Araújo et al. (2012) abordam a questão da subnotificação de acidentes e doenças ocupacionais, o que pode mascarar a real gravidade da situação. Esta preocupação é refletida nos resultados, que indicam que, mesmo com a presença de normas e equipamentos de segurança, a conformidade e o treinamento contínuo são essenciais para a efetividade das

medidas preventivas. A análise de Santana e Rodrigues (2012) e Ferro (2019) sobre a distribuição regional dos acidentes em frigoríficos fornece um panorama importante para entender as disparidades e direcionar esforços específicos para áreas mais afetadas. A região Sudeste, com o maior índice de acidentes, destaca-se como uma área que poderia beneficiar significativamente de uma revisão e reforço das práticas de segurança.

Os dados de Ribeiro (2017) sobre a incidência de acidentes e doenças ocupacionais em frigoríficos são particularmente preocupantes, apontando para a necessidade urgente de melhorar as condições de trabalho e implementar medidas preventivas mais rigorosas. Este estudo complementa essas observações, sugerindo que uma abordagem integrada que combine treinamento, uso adequado de EPIs e conformidade com normas de segurança pode reduzir significativamente os riscos.

A implementação da NR-36, conforme descrita, demonstra como regulamentações específicas podem melhorar a segurança e a saúde no trabalho. A experiência da NR-36 oferece um modelo útil para a aplicação de normas como a NR-10 em outros setores, incluindo a manutenção elétrica e produção. A adoção de pausas obrigatórias, adequação de ambientes e ergonomia são práticas que poderiam ser estendidas para melhorar a segurança em ambientes de alta tensão.

A revisão dos procedimentos de segurança e a necessidade de intervenções imediatas nas proteções de Quadros Gerais de Baixa Tensão (QGBTs) de áreas específicas com nível de energia incidente elevado são destacadas pelos resultados deste estudo. A falta de treinamento adequado e a não conformidade no uso de EPIs identificadas são pontos críticos que devem ser abordados para elevar os padrões de segurança e proteger os trabalhadores de riscos elétricos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo sobre a conformidade com a Norma Regulamentadora No. 10 (NR-10) em uma empresa de carnes revelou um panorama misto de aderência às normas de segurança elétrica, destacando tanto áreas de excelência quanto setores que requerem intervenções urgentes e estruturadas. Os resultados enfatizam a importância de uma abordagem sistemática na gestão de segurança elétrica dentro do ambiente industrial, particularmente em setores de alto risco como a indústria frigorífica.

As Normas Regulamentadoras (NRs) são de cumprimento obrigatório para empresas públicas e privadas que possuam empregados cujos contratos são regidos pela Consolidação das Leis Trabalhistas (CLT). A CLT consolidou inúmeros direitos do trabalhador, assegurando a sua proteção física, psicológica e compensando financeiramente sua exposição a riscos, como por exemplo, através do pagamento de adicional de insalubridade e periculosidade.

A análise demonstrou que, embora alguns setores, como frigoríficos e áreas de resfriamento, apresentem uma conformidade exemplar, outros, como subestações e áreas de utilidades, possuem deficiências que precisam ser abordadas para evitar acidentes e garantir a segurança dos trabalhadores. A falta de treinamento adequado em segurança elétrica e o uso inconsistente de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) são lacunas que requerem atenção imediata.

A NR-36, publicada em 2013 pelo Ministério do Trabalho, contribuiu significativamente para a redução de acidentes na indústria frigorífica, sobretudo devido à sua determinação de redução do tempo de exposição dos profissionais às câmaras frias, adequação ergonômica e adaptação do ambiente de trabalho para oferecer menor risco. Estes ajustes são vitais para a prevenção de doenças ocupacionais e acidentes de trabalho.

Os resultados do estudo reforçam a necessidade de uma abordagem rigorosa e contínua na implementação das normas de segurança. A alta taxa de mortalidade no setor de carne bovina destaca a importância de práticas de segurança rigorosas e do uso adequado de EPIs. Muitos acidentes poderiam ser evitados com informações e treinamento adequados, um ponto corroborado pelos resultados deste estudo, que identificaram não conformidades associadas à falta de capacitação dos profissionais.

A importância do uso de EPIs é fundamental para a exposição constante a riscos físicos, químicos, biológicos e ergonômicos nos frigoríficos. A subnotificação de acidentes e doenças ocupacionais pode mascarar a real gravidade da situação. Esta preocupação é refletida nos resultados, que indicam que, mesmo com a presença de normas e equipamentos de segurança,

a conformidade e o treinamento contínuo são essenciais para a efetividade das medidas preventivas.

A distribuição regional dos acidentes em frigoríficos fornece um panorama importante para entender as disparidades e direcionar esforços específicos para áreas mais afetadas. A região sudeste, com o maior índice de acidentes, destaca-se como uma área que poderia beneficiar significativamente de uma revisão e reforço das práticas de segurança.

A implementação da NR-36 demonstra como regulamentações específicas podem melhorar a segurança e a saúde no trabalho. A experiência da NR-36 oferece um modelo útil para a aplicação de normas como a NR-10 em outros setores, incluindo a manutenção elétrica e produção. A adoção de pausas obrigatórias, adequação de ambientes e ergonomia são práticas que poderiam ser estendidas para melhorar a segurança em ambientes de alta tensão.

A revisão dos procedimentos de segurança e a necessidade de intervenções imediatas nas áreas de subestações e de utilidades são destacadas pelos resultados deste estudo. A falta de treinamento adequado e a não conformidade no uso de EPIs identificadas são pontos críticos que devem ser abordados para elevar os padrões de segurança e proteger os trabalhadores de riscos elétricos.

Este estudo sublinha a importância de uma abordagem integrada e contínua para a segurança no trabalho. A conformidade com normas regulamentadoras, o uso adequado de EPIs e o treinamento constante são essenciais para mitigar os riscos e proteger a saúde dos trabalhadores. A experiência e os dados apresentados fornecem um contexto robusto que valida as conclusões deste estudo, apontando para a necessidade de um compromisso contínuo com a melhoria das práticas de segurança no setor elétrico e na indústria de processamento de carnes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, Adely Fátima Dutra Vieira et al. Identificação de fatores de riscos ocupacionais no processo de abate de bovinos. **Cad. Pesq.**, São Luís, v. 19, n. 3, set./dez. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410**: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BARZOTTO, Paula Cristina. **Riscos e acidentes na indústria frigorífica** – processos abate frango Monografia. 69 fls. Pós-graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR. Curitiba, PR, 2013.

BLACKBURN, J. L.; DOMIN, T. J. **Protective Relaying**: Principles and Applications. CRC Press, 2014.

BORSATO, Luiz Fernando Furlan; SOUZA, Sueli Tavares de Melo. Análise ergonômica de uma empresa frigorífica de processamento de carne bovina. **ANAIS**. IX Congresso brasileiro de engenharia da produção, 2019.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora 10 (NR 10)** - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/assuntos/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras/nr-10-seguranca-em-instalacoes-e-servicos-em-eletricidade>. Acesso em: 01 jul. 2024.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora nº 17**. 2. ed. Brasília: MTE, 1987.

CAMARGO, Vanessa Marques. **A implementação de pausas psicofisiológicas em uma indústria de processamento de frango**: a perspectiva dos trabalhadores. Dissertação. 136 fls. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis/SC 2015.

CAMPOS, Ilaine da Silva; ROQUE, Ana Catarina Cantoni. A segurança de trabalhadores de açougues e frigoríficos: uma experiência com a modelagem matemática. **Educação Matemática na Contemporaneidade**: desafios e possibilidades São Paulo – SP, 13 a 16 de julho de 2016.

CAPELLI-SCHELLPFEFFER, M.; SLIVON, C. H.; HARTEL, L. M. **Electrical Safety**: Safety and Health for Electrical Trades. NFPA, 2005.

CONTAC-CUT. **Covid-19**: 30% dos casos confirmados no RS são de trabalhadores de frigoríficos. Disponível em <https://www.cut.org.br/noticias/covid-19-30-dos-casos-confirmados-no-rs-sao-de-trabalhadores-de-frigorificos-11f4>. Acesso em 13 de julho de 2024.

DAS, J. C. **Power System Analysis**: Short-Circuit Load Flow and Harmonics. CRC Press, 2012.

DOUGHTY, R. L.; NEAL, T. E.; FLOYD, H. L. **Predicting Incident Energy to Better Manage the Electric Arc Hazard on 600 V Power Distribution Systems**. IEEE Transactions on Industry Applications, 2008.

DUARTE, Silvana. **O impacto financeiro e social dos acidentes de trabalho e o processo de adoecimento na indústria frigorífica**. Tese. 254 fls. Pós-graduação em Engenharia de Produção. Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis - SC, 2016.

FERRO, Diego Márlon. **Acidentabilidade de trabalhadores da indústria de alimentos: ocorrência por ano e região**. Monografia. 44 fls. Universidade Do Sul De Santa Catarina. Florianópolis/SC 2019.

GAYER, Thais Araujo Alves. **Proposta de adequação de um frigorífico de suínos da cidade de Ponta Grossa à nova NR-36**. Monografia. 85 fls. Universidade Tecnológica Federal Do Paraná. Departamento De Engenharia Especialização Em Segurança Do Trabalho. Ponta Grossa - PR, 2013.

HARRINGTON, H. J.; HEIDKAMP, M. A. **Quality and Safety in the Electric Power Industry**. CRC Press, 2010.

IEEE 1584-2002. **IEEE Guide for Performing Arc Flash Hazard Calculations**. IEEE, 2002.

IEEE Std 242-2001. **Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems**. IEEE, 2001.

ISHIDA, Luiz Takashi. **Análise de riscos contra incêndio e pânico estudo de caso em estabelecimento hoteleiro**. Dissertação. 53 fls. Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Curitiba – PR, 2013.

KREUTZ, Evandro José. **Avaliação ergonômica do posto de trabalho plataforma de evisceração em um frigorífico de abate Horizontina**. Trabalho Final de Curso a. 67 fls. Faculdade Horizontina. Horizontina – RS, 2016.

MARRA, Gabriela Chaves. **Saúde e Processo de Trabalho em Frigorífico: da Necessidade ao Adoecimento**. Tese. 144 fls. Programa de PósGraduação em Saúde Pública. Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca. Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro-RJ, 2019.

NFPA 70E. **Standard for Electrical Safety in the Workplace**, 2009.

NORTHCOTE-GREEN, J.; WILSON, R. **Control and Automation of Electrical Power Distribution Systems**. CRC Press, 2006.

RIBEIRO, Juliana Dias Pinto. **Percepção do trabalhador de frigorífico sobre as suas condições de trabalho, saúde e vida**. Dissertação. 79 fls. Centro Universitário Das Faculdades Associadas De Ensino – FAE. São João Da Boa Vista – SP, 2017.

SANTANA, Naira Ingrid Lemos; RODRIGUES, Gilmara Ribeiro Santos. Acidentes de trabalho em frigoríficos. **Revista Científica. Open Journal Systems**, 14, n. 29, 2012.

SARDA, Sandro. **O trabalho em frigoríficos é a atividade industrial que mais gera adoecimentos no país**, 2017. Disponível em :<
<http://www.anpt.org.br/imprensa/noticias/3092-o-trabalho-em-frigorificos-e-a-atividade-industrial-que-mais-gera-adoecimentos-no-pais> > Acesso em 12 de junho de 2024.

SILVA, Cássia C. M. da. Um olhar crítico sobre a flexibilização da legislação trabalhista no Brasil sob um duplo viés: a flexisegurança e a precarização dos vínculos trabalhistas. **Tuiuti: Ciência e Cultura**, Curitiba, n. 46, p. 95-114, 2011.

SOUZA, Carlos Luiz. **Impactos das inadequações ergonômicas na saúde dos trabalhadores do posto a toaleta da carcaça bovina em um frigorífico**. Monografia de Conclusão do Curso. 48 fls. e PósGraduação e Especialização em Ergonomia. Universidade Federal De Minas Gerais. Belo Horizonte –MG, 2013.

SOUZA, Ellen Lucy Vale de et al. Uso dos equipamentos de proteção individual em unidade de terapia intensiva. **Rev. Enf. Ref.**, Coimbra, v. serIII, n. 4, p. 125-133, jul. 2011.

STOCKMANN, Francielly Baier. **Projeto de prevenção de incêndio e pânico em uma recicladora de tintas em Foz Do Iguaçu – Paraná**. Monografia. 65 fls. Universidade Tecnológica Federal Do Paraná. Medianeira-PR, 2012.

TOLEDO, Livia Pádua Moura Prudente de. **A importância da utilização de vestimentas térmicas em frigoríficos** Taubaté. Monografia. Universidade De Taubaté –SP, 2019.

TÚLIO, Laís Oliveira Sanchik. **Gerenciamento de riscos no Setor de Paletização e Expedição em um Abatedouro de Frango**. Trabalho de Conclusão de Curso. 93 fls. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Tecnologia Departamento de Engenharia de Produção. Maringá - Paraná 2013.

VASCONCELLOS, Marly de Cerqueira; PIGNATTI, Marta Gislene; PIGNATI, Wanderlei Antonio. Emprego e acidentes de trabalho na indústria frigorífica em áreas de expansão do agronegócio, Mato Grosso, Brasil. **Saude soc.**, São Paulo, v. 18, n. 4, p. 662-672, Dec. 2009.

ANEXOS

ANEXO A – CHECKLIST NR-10 E CONFIABILIDADE

1. A manutenção bienal está sendo realizada e dentro do prazo?
2. As não conformidades da manutenção bienal foram resolvidas?
3. Na última manutenção bienal foi realizada a manutenção preventiva do disjuntor de baixa tensão de proteção da saída do transformador?
4. Os diagramas unifilares de baixa tensão e alta tensão estão disponíveis no Prontuário de Instalações Elétricas e encontram-se atualizados?
5. A engenharia está contemplando nos projetos a instalação de cabos de cobre nu #25mm² por toda a extensão de leitos e calhas elétricas?
6. Os cabos estão acondicionados corretamente dentro das calhas e leitos?
7. Os plugues das luminárias foram todos substituídos pelos homologados pela companhia?
8. Está sendo realizado o ensaio de isolamento dos EPI's e EPC's anualmente?
9. Todos os circuitos de comando, estão executados em extrabaixa tensão (em 24 Vcc)?
10. Os circuitos de comando e força estão separados nos leitos/calhas?
11. O Prontuário das Instalações Elétricas (PIE) está atualizado?
12. Existe conjunto de procedimentos e instruções técnicas e administrativas de segurança e saúde, para trabalhos em alta tensão e os envolvidos estão treinados?
13. A documentação das inspeções e medições do sistema de proteção contra descargas atmosféricas SPDA, está atualizada?
14. Existe a especificação de todos os equipamentos de proteção coletiva e individual e o ferramental?
15. Existe a documentação comprobatória da qualificação, habilitação, capacitação, autorização de todos os trabalhadores e dos treinamentos realizados?
16. Existe sistemática de gestão para a contratação de profissionais da área elétrica com certificado de NR10?
17. Existem certificações dos equipamentos e materiais elétricos em áreas classificadas?
18. O relatório técnico das inspeções está atualizado com as recomendações e cronogramas de adequações?

19. O PAE está atualizado para emergências em eletricidade?
20. As intervenções para manutenção em equipamentos e sistemas elétricos acima de 1.000V são realizadas em duplas ou possuem análise de risco e está em procedimento?
21. Qualquer trabalho em instalações elétricas é precedido de nota/ordem?
22. Os trabalhos atendem à norma corporativa de permissão de trabalho?
23. O treinamento de reciclagem bienal foi realizado em um período mínimo de 8 horas contendo conteúdo conforme NR-10?
24. Existe identificação clara dos eletricitistas (SEP) que intervenham em subestações secundárias/principais?
25. Os trabalhadores autorizados a trabalhar em subestações receberam o treinamento de SEP (40hs) e a reciclagem está sendo realizada?
26. Na subestação principal, existe o alarme sonoro/visual para falhas no banco de baterias/retificador ligados diretamente com a guarita principal?
27. Existe estudo de energia incidente nas instalações?
28. Existe algum equipamento com nível de energia incidente maior que categoria IV?
29. Existem tubulações e eletrocalhas que estejam em contato direto com o isopainel?
30. Nos disjuntores de entrada de painéis de média tensão (PMT) e quadros gerais de baixa tensão (QGBT), onde o estudo de energia incidente é maior que categoria IV, os desarmes e rearmes estão sendo executados sob tensão zero?
31. Existe o laudo de aterramento dos equipamentos com data inferior a 1 ano?
32. As análises de óleo dos transformadores da unidade estão ocorrendo conforme periodicidade estabelecida e a unidade não possui nenhuma pendência em relação ao tema?
33. A manutenção preventiva do comutador está sendo realizada em função do número de comutações/tempo conforme especificado pelo fabricante?
34. Os planos de rotas de subestação principal, subestações secundárias e salas de painéis estão sendo executados?
35. Existe plano de manutenção preditiva anual com medição de corrente dos bancos de capacitores e ele está sendo executado com periodicidade de 6 meses?

36. Existe plano de manutenção que contemple a inspeção visual do cabeamento entre o barramento e os componentes elétricos e ele está sendo executado semestralmente?
37. O teste dos retificadores e nobreaks do sistema auxiliar de proteção está sendo realizado a cada 6 meses (1 hora)?
38. Existe o estudo de seletividade da planta?
39. O estudo de seletividade da planta está atualizado?
40. Existe plano de inspeção termográfica para os painéis de baixa tensão e de comando, e está sendo realizado a cada 6 meses?
41. As não conformidades das inspeções termográfica foram corrigidas e foi realizada nova inspeção logo após a correção?
42. Existe plano de inspeção preditiva de termografia semestral nas eletrocalhas?
43. As subestações principais e secundárias possuem roupa e capuz classe IV disponíveis conforme definição do subelemento de sistemas elétricos.
44. Os bancos de capacitores possuem dispositivo para desligamento automático por temperatura (temperatura ambiente em 45°C ou temperatura interna do banco em 50°C)
45. As inspeções termográficas das conexões de alta tensão estão sendo realizadas com periodicidade máxima de 3 meses?