

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

JOÃO GABRIEL BRUNETTO KOPSEL
SABRINA DA SILVEIRA HAUSCHILD

APLICAÇÃO DA NORMA REGULAMENTADORA 12 NO SETOR DE MÁQUINAS
EM UMA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS DO OESTE CATARINENSE

Xanxerê, SC

2025

JOÃO GABRIEL BRUNETTO KOPSEL
SABRINA DA SILVEIRA HAUSCHILD

APLICAÇÃO DA NORMA REGULAMENTADORA 12 NO SETOR DE MÁQUINAS
EM UMA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS DO OESTE CATARINENSE

Monografia apresentada ao
Curso de Engenharia
Mecânica do Câmpus
Xanxerê do Instituto
Federal de Santa Catarina
para a obtenção do diploma
de Bacharel em Engenharia
Mecânica.

Orientador: Me. Vanessa
Milhomem Schmitt

Xanxerê, SC

2025

K83a Kopsel, João Gabriel Brunetto.
Aplicação da norma regulamentadora 12 no setor de máquinas em uma indústria de laticínios do oeste catarinense / João Gabriel Brunetto Kopsel, Sabrina da Silveira Hauschild. – Xanxerê, 2025.
127 p. : il., color.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina - Câmpus Xanxerê. Graduação em Engenharia Mecânica.

Orientação: Vanessa Milhomem Schmitt.

Inclui referências.

1. NR 12. 2. Segurança no trabalho. 3. Modelagem 3D. 4. Proteção de máquinas. I. Hauschild, Sabrina da Silveira. II. Schmitt, Vanessa Milhomem. III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina. IV. Título.

JOÃO GABRIEL BRUNETTO KOPSEL
SABRINA DA SILVEIRA HAUSCHILD

APLICAÇÃO DA NORMA REGULAMENTADORA 12 NO SETOR DE MÁQUINAS
EM UMA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS DO OESTE CATARINENSE

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título em Bacharel em Engenharia Mecânica, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, e aprovado na sua forma final pela comissão avaliadora abaixo indicada.

Xanxerê, 17 fevereiro de 2025.

Prof. Vanessa Milhomem Schmitt, Me
Orientador
Instituto Federal de Santa Catarina

Prof. Rogério Ferreira Rezende, Me.
Instituto Federal de Santa Catarina

Hebert Bridi Magnavita, Esp.
SESI FIEMG

A Jorge Miguel Hauschild (*in memoriam*)
pai e sogro amado, que compartilhou conosco
conhecimento e momentos valiosos.
Sua presença e ensinamentos permanecerão
eternamente em nossas lembranças,
e sua memória será sempre guardada com
carinho em nossos corações.

AGRADECIMENTOS

A realização deste Trabalho de Conclusão de Curso representa o encerramento de um ciclo acadêmico repleto de desafios, aprendizados e crescimento. No entanto, essa trajetória não foi percorrida sozinha. Por isso, expressamos aqui nossa profunda gratidão a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para que este momento se tornasse possível.

Aos nossos familiares, pelo apoio incondicional, pelo incentivo constante e pela compreensão ao longo desta jornada. Em especial, a **Rudinei, Cleuza e Ana Karolina**, que estiveram sempre ao nosso lado, oferecendo suporte, palavras de encorajamento e, acima de tudo, amor e confiança em nossa capacidade.

Uma homenagem especial a **Jorge (in memoriam)**, pai e grande inspiração para esta trajetória. Ainda que não tenha tido a oportunidade de cursar o ensino superior, sua dedicação como profissional e seu compromisso com o trabalho deixaram um legado de esforço, perseverança e integridade. Seu exemplo nos mostrou que o conhecimento vai além das salas de aula, sendo construído também na experiência, na resiliência e na paixão por aquilo que fazemos. Seu legado permanece vivo em cada uma de nossas conquistas, e este trabalho é, em parte, uma forma de honrar tudo o que nos ensinou.

À nossa orientadora, **Vanessa**, manifestamos nossa mais sincera gratidão pela paciência, dedicação e valiosas contribuições ao longo deste processo. Seu conhecimento e apoio foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho, e sua orientação foi essencial para que pudéssemos superar os desafios enfrentados.

Ao **Laticínios Oliveira**, agradecemos pela oportunidade de desenvolver este trabalho em suas instalações, pelo suporte e pela confiança depositada em nós. A experiência adquirida foi de grande importância para a consolidação de nosso conhecimento e para o sucesso deste projeto.

Aos colegas, amigos, professores e membros da banca avaliadora que, direta ou indiretamente, contribuíram para nossa formação, deixamos nosso reconhecimento e apreço. Cada troca de conhecimento, cada conselho e cada momento de incentivo foram fundamentais para nossa trajetória acadêmica.

Por fim, este trabalho representa não apenas o fim de uma etapa, mas o início de novos desafios e oportunidades. E nele está refletido o apoio, a inspiração e a dedicação de cada pessoa que fez parte dessa caminhada. A todos, nosso mais

sincero e profundo agradecimento.

**"No que diz respeito ao empenho,
ao compromisso, ao esforço, à dedicação,
não existe meio termo."**

— Ayrton Senna, 1993

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo aplicar a Norma Regulamentadora 12 (NR 12) no setor de máquinas da Indústria de Laticínios Oliveira, localizada em Vargeão, Santa Catarina, visando garantir a conformidade com as exigências de segurança do trabalho nos equipamentos eletromecânicos utilizados no processo de resfriamento por amônia. O estudo envolveu a análise de equipamentos como compressores de amônia, bombas e motores, com o intuito de identificar e corrigir não conformidades relacionadas à segurança e proteção dos operadores. A metodologia adotada incluiu a aplicação de um checklist de segurança com base na NR 12, a avaliação do Índice de Proteção (IP) segundo a NBR IEC 60529, e o desenvolvimento de modelos tridimensionais das proteções necessárias, utilizando o software SolidWorks. Os resultados indicaram que, embora a maioria dos equipamentos estivesse em conformidade, foram identificadas inconformidades nas proteções das polias dos compressores de amônia, que necessitam de ajustes. Além disso, a análise do IP revelou que os compressores não atendiam ao grau de proteção adequado, sendo necessária a implementação de novas proteções. O estudo também incluiu uma análise orçamentária para a implementação das modificações propostas, considerando os custos de materiais e fornecedores. As conclusões apontam para a necessidade de adequação das proteções dos compressores, bem como a importância do monitoramento contínuo e da manutenção preventiva dos equipamentos, com a recomendação de futuras ações para garantir a segurança e a conformidade com as normas regulamentadoras.

Palavras-chave: NR 12. Segurança no trabalho. Modelagem 3D. Proteções de máquinas.

ABSTRACT

This study aims to apply Regulatory Standard 12 (NR 12) in the machinery sector of Oliveira Dairy Industry, located in Vargeão, Santa Catarina, to ensure compliance with workplace safety requirements for the electromechanical equipment used in ammonia refrigeration processes. The research focused on equipment such as ammonia compressors, pumps, and motors, with the goal of identifying and addressing safety-related non-compliances to protect operators. The methodology included the application of a safety checklist based on NR 12, evaluation of the Protection Index (IP) according to NBR IEC 60529, and the development of 3D models for necessary protective measures using SolidWorks software. Results showed that while most equipment was compliant, issues were found in the protection of the ammonia compressors' pulleys, which required adjustments. Additionally, the IP analysis revealed that the compressors did not meet the required protection level, necessitating the implementation of new safeguards. The study also included a cost analysis for the proposed modifications, considering material costs and suppliers. Conclusions emphasize the need to address the compressor pulley protections and the importance of continuous monitoring and preventive maintenance of equipment, with recommendations for future actions to ensure safety and regulatory compliance.

Keywords: NR 12. Workplace safety. 3D modeling. Machine protections.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Linha cronológica.....	18
Figura 2. Planta fabril Indústria e Comércio de Laticínios Oliveira.....	19
Figura 3. Como identificar o IP.....	21
Figura 4. Elementos o significados do código IP.....	22
Figura 5. Dínamo, gerador de energia elétrica.....	23
Figura 6. Desenho comentado por Sears e Zemansky.....	24
Figura 7. Componentes motor elétrico.....	25
Figura 8. Classificação dos motores elétricos.....	26
Figura 9. Compressor de amônia alternativo.....	28
Figura 10. Princípio de funcionamento de um compressor alternativo.....	28
Figura 11. Classificação dos principais tipos de bombas.....	29
Figura 12. Visão lateral e frontal do fluxo de fluido interno de uma bomba centrífuga..	30
Figura 13. Elementos de uma bomba centrífuga.....	31
Figura 14. Rotores.....	32
Figura 15. Etapas da metodologia.....	34
Figura 16. Tanque de armazenamento de amônia.....	39
Figura 17. Manômetros do tanque de armazenamento.....	40
Figura 18. Válvulas de Segurança do tanque de armazenamento.....	41
Figura 19:(A) Detectores de amônia e (B) central de controle de detectores.....	41
Figura 20. Compressor de amônia 01.....	42
Figura 21. Compressor de amônia 02.....	43
Figura 22. Compressor de amônia 03.....	43
Figura 23. Isolamento das tubulações.....	44
Figura 24. Evaporadores de amônia (forçadores).....	45
Figura 25. Válvulas solenoides.....	46
Figura 26. Controladores de Temperatura.....	46
Figura 27. Torre de resfriamento 01.....	47
Figura 28. Torres de resfriamento 02 e 03.....	47
Figura 29. Separador de líquidos.....	48
Figura 30. Análise gráfica dos resultados.....	51
Figura 31. Análise gráfica dos resultados.....	52
Figura 32. Modelagem tridimensional da proteção dos motores.....	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Riscos de cada equipamento.....	57
Quadro 02 – Check List de Máquinas e Equipamentos - NR 12.....	60
Quadro 03 – Check List de Máquinas e Equipamentos - NR 12.....	64
Quadro 04 – Levantamento de custos.....	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CAD – Computer-Aided Design

CLT – Consolidação das Leis do Trabalho

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IFSC – Instituto Federal de Santa Catarina

IP – Proteção Internacional

LTDA – Limitada

MTE – Ministério do Trabalho e Emprego

NBR – Norma Brasileira

NR – Norma Regulamentadora

SC – Santa Catarina

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 Objetivos	16
1.1.1 Objetivo geral	16
1.1.2 Objetivo específico	16
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 Sobre a Empresa: Uma Breve Contextualização Histórica	17
2.2 Norma Regulamentadora 12	19
2.2.1 NBR IEC 60529	20
2.3 Equipamentos	23
2.3.1 Motores	23
2.3.2 Compressores de amônia	27
2.3.3 Bombas	29
3 METODOLOGIA	33
3.1 Primeira Etapa	34
3.2 Segunda Etapa	37
3.3 Terceira Etapa	37
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	38
4.1 Análise dos resultados	38
4.1.1 Mapeamento e detalhamento dos equipamentos em funcionamento	38
4.1.2 Análise dos Riscos	49
4.1.3 Análise do checklist	50
4.1.4 Aplicação da NBR IEC 60529	51
4.1.5 Modelamento tridimensional	53
4.1.6 Orçamento	54
4.2 Discussão dos resultados	56
4.2.1 Aplicação do checklist	56
4.2.2 Índice de proteção	57
4.2.3 Modelamento tridimensional	58
5 CONCLUSÃO	22

1. INTRODUÇÃO

O processo produtivo em massa, conhecido como fordismo, trouxe consigo grandes avanços tecnológicos, impulsionando radicalmente o setor industrial de grande produção com baixo custo. No decorrer das últimas décadas observou-se, em cenário nacional, o crescente progresso industrial buscando a excelência na produção tecnológica (Gorender, 1997).

Gradativamente as pequenas e médias empresas têm automatizado seus processos, deixando para trás a produção manual, a fim de se manterem na competição comercial. De acordo com Junior *et al.* (2003, p. 1) “a automação industrial consiste em manipular vários processos na indústria por meios mecânicos e automáticos, substituindo o trabalho humano por diversos equipamentos”.

Segundo Leopoldi (1994 *apud* Caputo e Melo, 2009, p. 514) o processo de automação industrial teve início no Brasil durante meados dos anos 1950 com a produção de automóveis e eletrodomésticos. As grandes indústrias da época necessitavam de um grande número de trabalhadores, pois mesmo que inovador, o método de linha de montagem criado por Henry Ford ainda demandava de uma vasta mão de obra.

Não há dúvidas que a automação industrial foi de grande valia em todo o país, contudo, atrelados a ela vieram alguns pontos negativos, como por exemplo, a negligência da segurança do trabalhador. Fato que pode ser observado ainda nos dias atuais, conforme registros do sistema eSocial do Ministério do Trabalho e Emprego, em 2023 ocorreram 499.955 acidentes de trabalho, sendo que deste total 2.888 resultaram em mortes.

Diante desse cenário, o governo instituiu normas regulamentadoras destinadas a orientar empregadores e colaboradores sobre práticas e procedimentos que visam preservar a segurança e a saúde dos indivíduos nos diversos setores de trabalho (Brasil, 2024).

Este estudo concentrou-se na análise da Norma Regulamentadora 12 (ABNT NR 12), que versa sobre segurança do trabalho em máquinas e equipamentos. Trata-se de uma das diretrizes fundamentais na área da segurança ocupacional, compilando as normas a serem observadas para prevenir acidentes decorrentes de descuidos por parte dos trabalhadores ou falhas mecânicas.

O estudo foi conduzido em uma empresa de laticínios em Vargeão, Santa Catarina, com foco no setor de compressão e distribuição de amônia. Este setor é composto por cinco motores assíncronos de gaiola, três compressores de amônia alternativos e duas bombas centrífugas. O objetivo foi adequar esses equipamentos às exigências da NR12, garantindo segurança para os operadores e conformidade com as normas.

Ante ao exposto, este estudo teve como problema central a averiguação de anomalias identificadas nos equipamentos eletromecânicos do setor em questão por meio da aplicação de um checklist, o qual foi elaborado seguindo a norma pertinente. Com isto, foi possível identificar os problemas relacionados à segurança dos trabalhadores envolvidos no processo do setor de máquinas.

Ademais, o presente projeto aponta quais ações devem ser tomadas para solucionar os problemas identificados, bem como o modelamento das proteções que se mostraram necessárias aos equipamentos do local. Estes projetos foram elaborados utilizando modelagem computacional tridimensional, e tem seus custos de fabricação apresentados no tópico 4.1.4 deste trabalho, que trata da análise dos resultados.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Aplicar a norma regulamentadora 12 (NR 12) nos equipamentos eletromecânicos do setor de máquinas de resfriamento de amônia da indústria de laticínios no município de Vargeão para adequação à segurança do trabalho, propondo medidas corretivas para garantir a segurança operacional e a adequação normativa.

1.1.2 Objetivo específico

- Realizar um mapeamento e análise das desconformidades referentes à NR 12 nos equipamentos;
- Propor medidas corretivas para os pontos em desconformidade;
- Desenvolver modelos tridimensionais para futura implementação de barreiras de proteção nos equipamentos, conforme NR 12;
- Apresentar custos para fabricação.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Inicialmente abordou-se a trajetória da empresa desde sua fundação até os dias atuais. A seção subsequente discute a Norma Regulamentadora 12 (NR12) e suas aplicações. A seção seguinte foi dedicada aos equipamentos localizados na casa de máquinas da empresa, sendo subdividida em três partes distintas: a primeira aborda os motores, a segunda os compressores, e a última discorre sobre as bombas. Subsequente a isto, apresenta-se o funcionamento do conjunto de equipamentos. Por fim, será apresentada a ferramenta computacional que foi utilizada para projetar as proteções das máquinas.

2.1 Sobre a Empresa: Uma Breve Contextualização Histórica

A Indústria e Comércio de Laticínios Oliveira LTDA foi estabelecida na década de 1980 por Arlindo Alves de Oliveira, com sede em Vargeão, oeste de Santa Catarina. Nos estágios iniciais de sua operação, a empresa embarcou em uma produção modesta, empregando aproximadamente 6.000 litros de leite por dia. Durante este período, a produção foi diversificada e incluiu algumas variedades de queijo, como queijo prato, mussarela e parmesão, além de produtos derivados do soro, como iogurte e ricota.

Cerca de uma década após sua fundação, a Indústria e Comércio de Laticínios Oliveira LTDA passou por uma transição significativa, quando foi assumida por Carlos Alves de Oliveira, um dos filhos de Arlindo. Carlos, que já era proprietário de uma distribuidora de frios e laticínios na cidade de Joinville-SC, trouxe consigo novas perspectivas e direções para a empresa em seu estágio inicial.

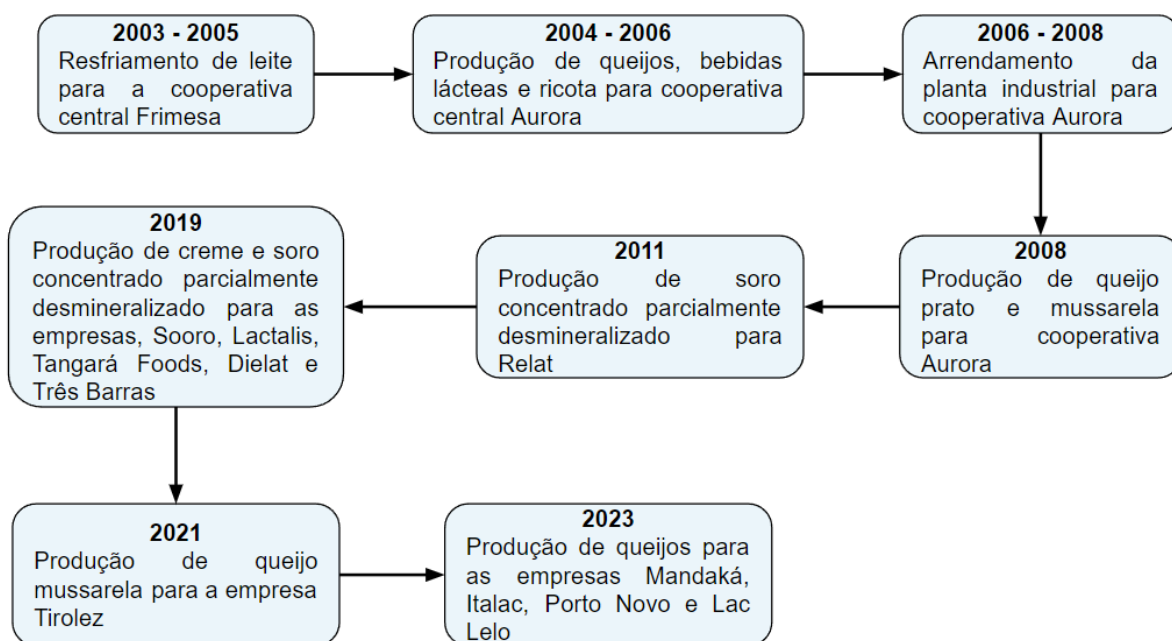
Durante um período de 15 anos, Carlos trabalhou ao lado de sua esposa, engajando-se na negociação de importantes acordos comerciais e implementando medidas para aumentar a eficiência e a produtividade da indústria de laticínios. Ao longo desse tempo, a empresa passou por várias transformações em suas instalações fabris, migrando de processos predominantemente manuais para métodos mais tecnológicos e menos dependentes de esforço físico.

Posteriormente a empresa foi assumida por seu filho, Carlos Eduardo Alves de Oliveira, que continua a dirigir a empresa até os dias atuais. Carlos Eduardo introduziu uma visão de progresso ainda mais ampla, resultando em um aumento

significativo na produção da empresa. Sob sua gestão, a produção diária da empresa passou de 30.000 litros para uma média de 280.000 litros, representando um crescimento substancial e demonstrando seu compromisso com o desenvolvimento e expansão do negócio.

A sequência temporal apresentada na Figura 1 delinea os diversos marcos da história da empresa.

Figura 1. Linha cronológica.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Desde o ano de 2020 a empresa vem trabalhando juntamente com uma desenvolvedora e montadora de máquinas para indústria de laticínios, visando automatizar seus processos, reduzir perdas e melhorar gradativamente a qualidade de seus produtos. Atualmente a planta fabril conta com máquinas automatizadas capazes de produzir um alto volume com mínima intervenção humana.

Os equipamentos utilizados pela empresa requerem a integração de diversos

sistemas auxiliares para o desempenho de suas funções, incluindo sistemas de bombeamento e acionamento, sistemas de fornecimento de vapor e água e dispositivos de segurança mecânicos e elétricos¹.

A Figura 2 ilustra a planta fabril da empresa registrada com o auxílio de um drone no ano de 2023.

Figura 2. Planta fabril Indústria e Comércio de Laticínios Oliveira.



Fonte: Laticínios Oliveira LTDA (2023).

2.2 Norma Regulamentadora 12

A exigência por máquinas mais robustas na indústria resultou na necessidade de aprimorar as condições de segurança para os trabalhadores envolvidos nos processos automatizados. Com o objetivo de minimizar acidentes e doenças ocupacionais, o governo instituiu a Norma Regulamentadora 12, a qual estabelece os requisitos necessários para a proteção de máquinas e equipamentos (Coelho Junior *et al.* 2018).

Segundo a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) redigida na lei nº 6.514

¹ Informações da seção 2.1 foram retiradas do documento de Sistema e Gestão da Qualidade dos Alimentos, que se encontra no acervo de documentos da empresa Laticínios Oliveira LTDA. O documento de que se trata foi elaborado pela Coordenadora do Controle de Qualidade, Angela Maria Coldebella Agliardi.

de 22 de dezembro de 1977,

As normas regulamentadoras consistem em obrigações, direitos e deveres a serem cumpridos por empregadores e trabalhadores com o objetivo de garantir trabalho seguro e sadio, prevenindo a ocorrência de doenças e acidentes de trabalho.

O princípio geral que serve de base para a **NR 12** está claramente definido na seguinte citação, a qual estabelece diretrizes essenciais para a segurança no trabalho, especialmente no que se refere ao uso, fabricação e comercialização de máquinas e equipamentos.

12.1.1 Esta Norma Regulamentadora (NR) e seus anexos estabelecem referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores. Além disso, definem requisitos mínimos para prevenir acidentes e doenças ocupacionais nas fases de projeto e uso de máquinas e equipamentos, abrangendo também sua fabricação, importação, comercialização, exposição e cessão, em qualquer contexto econômico.

O cumprimento desta norma deve ocorrer sem prejuízo à observância das demais NRs aprovadas pela Portaria MTb nº 3.214, de 8 de junho de 1978, bem como das normas técnicas oficiais e normas internacionais aplicáveis. Na ausência ou omissão destas, podem ser utilizadas, opcionalmente, normas europeias tipo “C” harmonizadas. (MTE, 2022)

Para garantir a conformidade da indústria com as normas regulamentadoras, o projeto também se fundamentou na NBR IEC 60529, que estabelece os graus de proteção para máquinas e equipamentos.

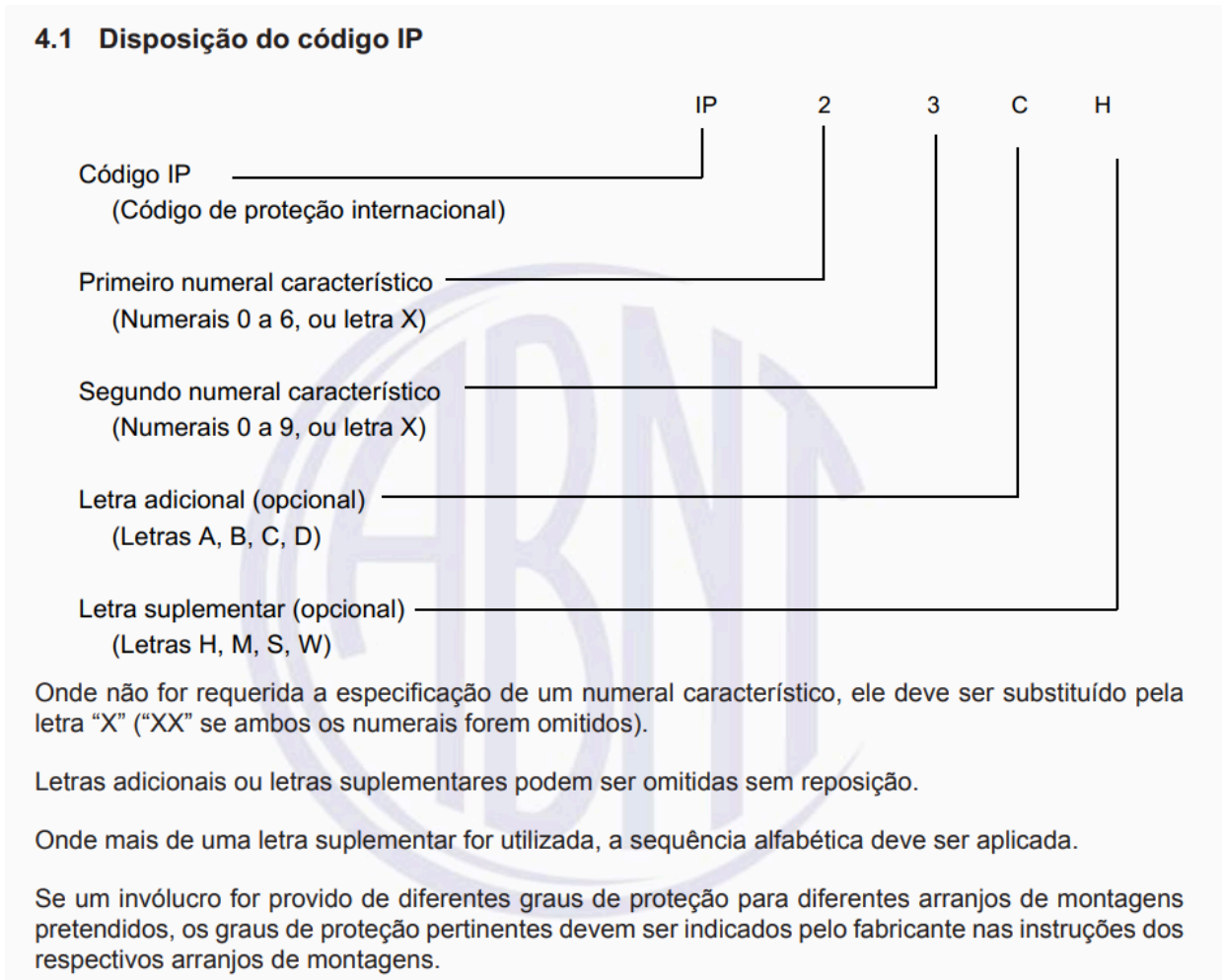
2.2.1 NBR IEC 60529

Trata-se de uma norma brasileira elaborada com conteúdo técnico, estrutura e redação idênticos aos da IEC 60529:2013, desenvolvida pelo *Technical Committee Degrees of Protection Provided by Enclosures* (IEC/TC).

“Esta Norma define um sistema para a classificação dos graus de proteção providos para os invólucros dos equipamentos elétricos com tensão nominal não superior a 72,5 kV” (NBR IEC 60529, p.9, 2017).

Para identificar o grau de proteção necessário, é preciso determinar o IP do equipamento em questão seguindo a série apresentada na Figura 3.

Figura 3. Como identificar o IP.



Fonte: NBR IEC 60529 (2017).

Em seguida, deve-se consultar as tabelas apresentadas na Figura 4 para obter as informações correspondentes.

Figura 4. Elementos e significados do código IP.

Elemento	Numeral ou letras	Significado para proteção do equipamento	Significado para proteção de pessoas	Ref.
Código de letras	IP	–	–	–
Primeiro numeral característico	0 1 2 3 4 5 6	Contra o ingresso de objetos sólidos estranhos (não protegido) ≥ 50 mm de diâmetro ≥ 12,5 mm de diâmetro ≥ 2,5 mm de diâmetro ≥ 1 mm de diâmetro protegido contra poeira totalmente protegido contra poeira	Contra o acesso às partes perigosas com: (não protegido) dorso da mão dedo ferramenta fio fio fio	Seção 5
Segundo numeral característico	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	Contra o ingresso de água com efeitos prejudiciais (não protegidos) gotejamento vertical gotejamento (inclinação 15°) aspersão projeções d'água jatos d'água jatos potentes imersão temporária imersão contínua jatos d'água com alta pressão e temperatura	–	Seção 6
Letra adicional (opcional)	A B C D	–	Contra o acesso às partes perigosas com: dorso da mão dedo ferramenta fio	Seção 7
Elemento	Numeral ou letras	Significado para proteção do equipamento	Significado para proteção de pessoas	Ref.
Letra suplementar (opcional)	H M S W	Informação suplementar específica para: Equipamentos de alta-tensão Em movimento durante o ensaio com água Em repouso durante o ensaio com água Condições climáticas	–	Seção 8

Diante do exposto, identificou-se que o grau de proteção (IP) dos equipamentos presentes no setor é 65. Esse grau de proteção indica que os equipamentos devem estar totalmente protegidos contra a entrada de poeira e resistentes a jatos de água provenientes de qualquer direção, conforme estabelecido pela NBR IEC 60529. Essa identificação orientou as ações subsequentes de adequação.

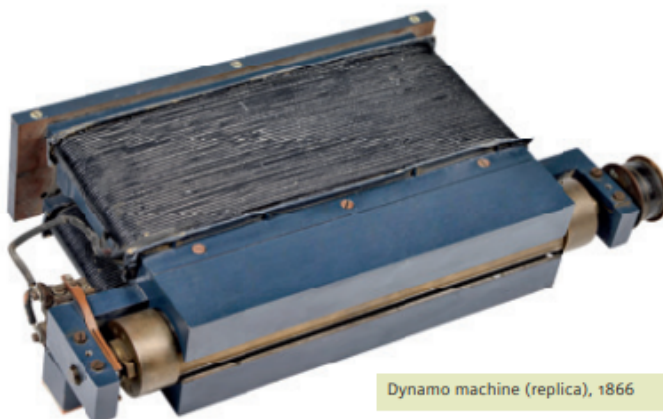
2.3 Equipamentos

Como descrito na seção 1, a casa de máquinas da empresa é constituída por motores, compressores e bombas, os quais são utilizados para auxiliar as máquinas no processo produtivo. A seguir, serão apresentados os diversos tipos em que esses equipamentos estão categorizados e quais são utilizados na empresa.

2.3.1 Motores

Durante a metade do século XIX, a segunda fase da revolução industrial trouxe para a humanidade duas invenções que perduram contemporaneamente, o motor a combustão interna e o motor elétrico. Em 1866 o alemão Werner von Siemens, engenheiro eletricista e criador da multinacional Siemens, desenvolveu a invenção mais significativa da época, o gerador de energia elétrica, mais conhecido como dínamo, exibido na Figura 5 (Bähr, 2016).

Figura 5. Dínamo, gerador de energia elétrica.



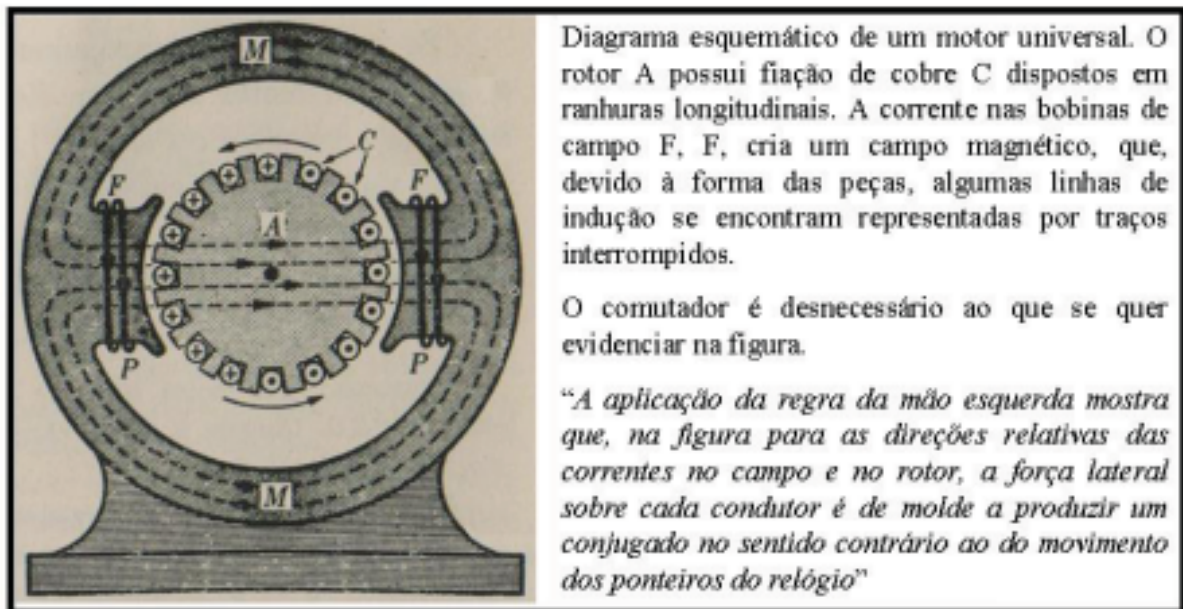
Dynamo machine (replica), 1866

Fonte: Siemens AG (2016).

O princípio de funcionamento do dínamo de Siemens é o que fundamenta o funcionamento dos motores elétricos atuais. Como afirma Mamede Filho (2007) “O motor elétrico é uma máquina que transforma energia elétrica em energia mecânica de utilização”.

Por meio de absorção de energia elétrica, um campo magnético é criado em torno do rotor que faz o mesmo girar. Tal acontecimento pode ser compreendido claramente com a visualização do diagrama desenvolvido por Sears e Zemansky, conforme mostra a Figura 6.

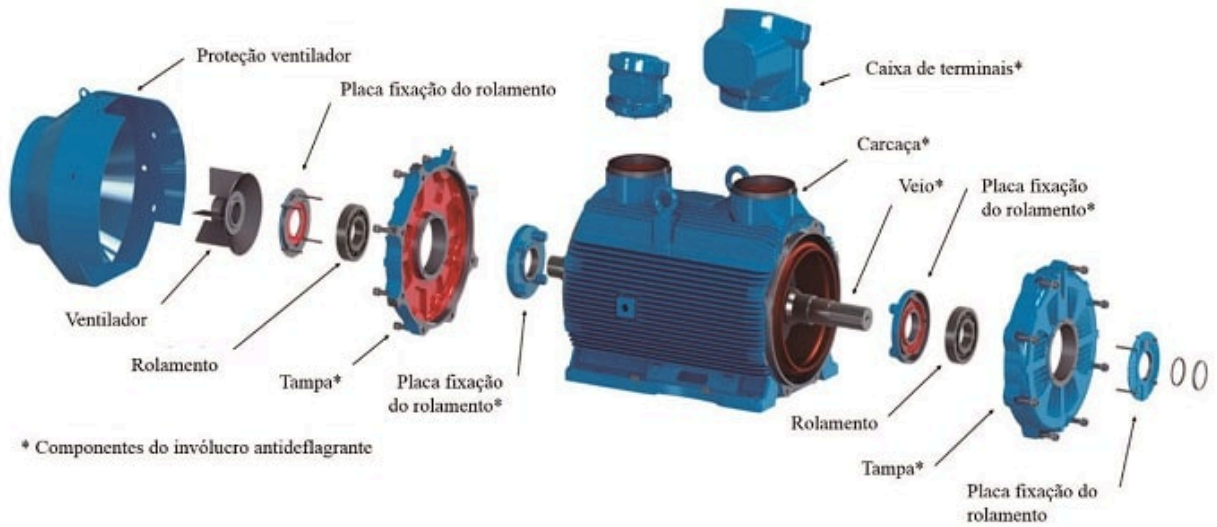
Figura 6. Desenho comentado por Sears e Zemansky.



Fonte: Young e Freedman (2008).

Motores elétricos convencionais possuem muitos componentes que permitem uma alta eficiência e durabilidade. A Figura 7 detalha minuciosamente os componentes internos e externos de um motor elétrico convencional:

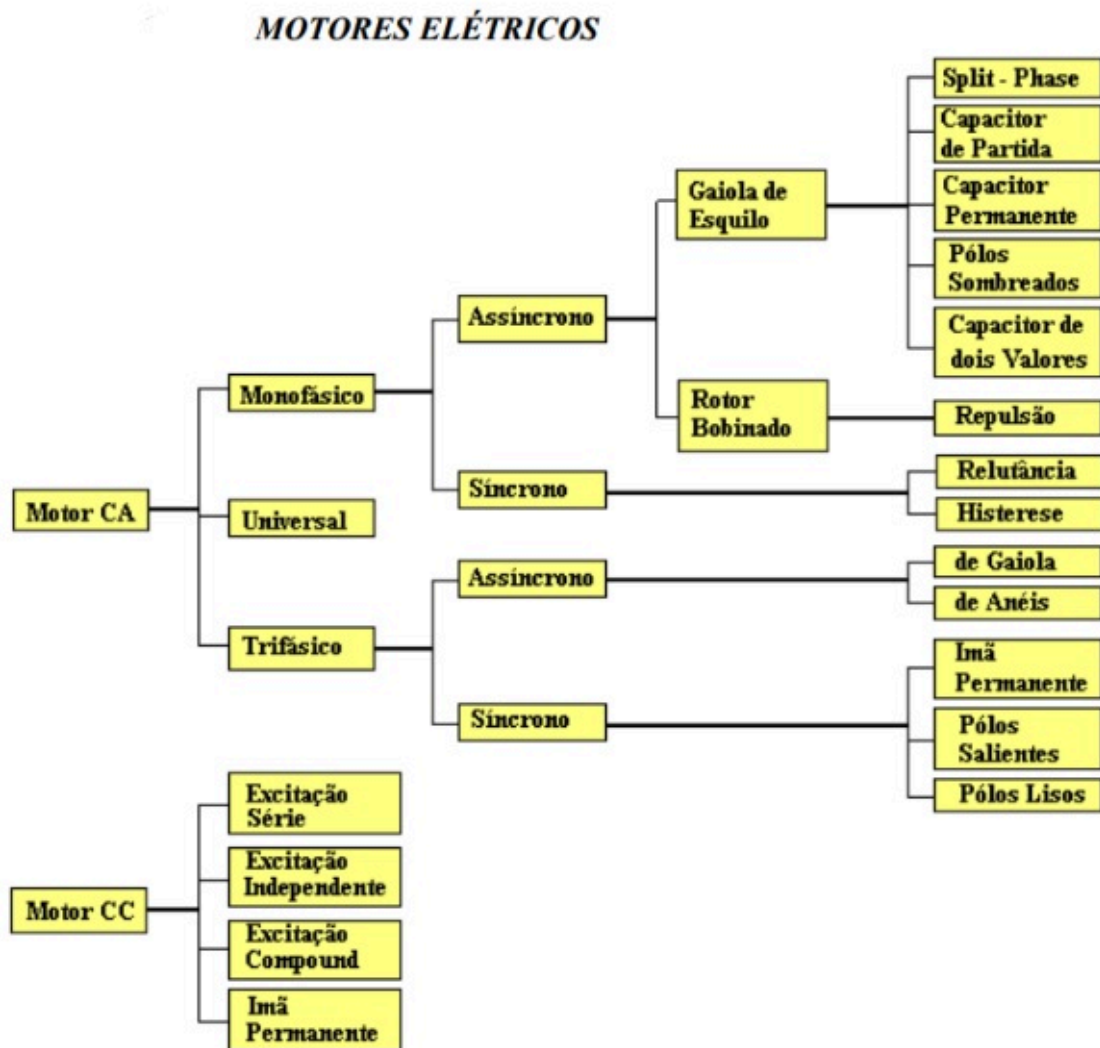
Figura 7. Componentes motor elétrico.



Fonte: Abecom (2022).

Existem diversos tipos de motores elétricos, que se classificam inicialmente em motores de corrente alternada (CA) e motores de corrente contínua (CC). O diagrama da Figura 8, desenvolvido e apresentado pela fabricante de motores Weg em seu manual de treinamento para clientes, ilustra os diversos tipos e as respectivas classificações dos motores.

Figura 8. Classificação dos motores elétricos.



Fonte: Weg (2019).

De acordo com a classificação mencionada, os motores utilizados pela empresa são do tipo assíncrono de gaiola. Esses motores apresentam riscos devido às partes móveis expostas, como o eixo e as polias. Conforme as exigências da NR12, se faz necessário instalar proteções físicas, como carenagens e dispositivos de bloqueio, para impedir o acesso a essas partes perigosas durante a operação. Além disso, dispositivos de parada de emergência devem ser integrados para atender integralmente às normas de segurança estabelecidas.

Tais motores são utilizados para realizar trabalho em bombas por meio de acoplamento direto com o eixo do motor e em compressores de amônia por meio de transmissão com polias e correias.

O acoplamento de motores elétricos a bombas de deslocamento é um processo crucial para assegurar a transferência eficiente de energia. Neste

processo, o motor elétrico é conectado ao eixo da bomba, permitindo que o movimento rotacional do motor seja transmitido diretamente para a bomba. Esse acoplamento pode ser realizado de várias formas, incluindo acoplamentos rígidos e flexíveis, conforme as exigências específicas da aplicação (Marinho, 2021).

Nos compressores, o motor elétrico aciona a polia, a qual transmite o movimento por meio de uma correia para a polia seguinte no compressor. Esse processo possibilita que o compressor execute a compressão do gás.

2.3.2 Compressores de amônia

Desde tempos antigos, a refrigeração e conservação de alimentos têm sido fundamentais para a sustentação da vida. Até meados do século XIX, os sistemas de refrigeração eram rudimentares. Em 1824, Michael Faraday, um físico e químico britânico, começou a explorar a liquefação da amônia em seus estudos. Inspirado por essas descobertas, Ferdinand Carré patenteou em 1850 um sistema de absorção de calor que utilizava água-amônia (Pearson, 2005).

Através desses estudos, a amônia foi incorporada em indústrias para refrigeração de alimentos em grande escala. Na empresa em questão, utiliza-se compressores de amônia para refrigeração de câmaras frias e resfriamento de água.

Neste estudo estão incluídos três compressores alternativos, os quais, conforme observado por Silva (2005), “são os mais utilizados em sistemas de refrigeração. Encontram-se em estágio de desenvolvimento bastante avançado e são amplamente utilizados em sistemas de pequena e média capacidade.”

A Figura 9 ilustra um modelo de compressor apresentando suas características componentes.

Figura 9. Compressor de amônia alternativo.



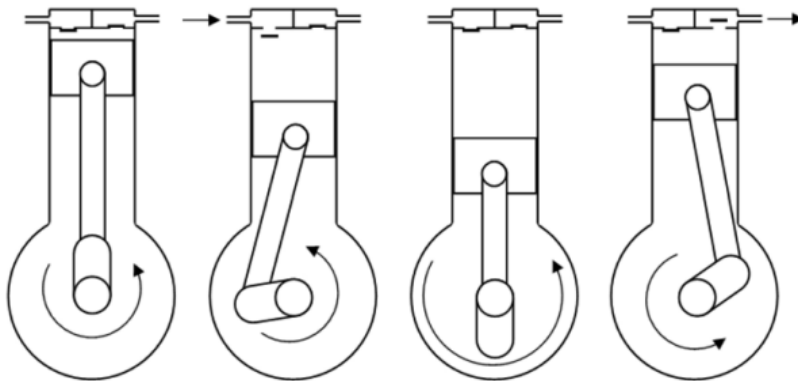
Fonte: Mycom (2024).

O funcionamento de um compressor de amônia é descrito de forma simples, operando por meio de êmbolos e pistões que aumentam a pressão do fluido refrigerante, conforme explicado por Silva (2005):

Durante a expansão do êmbolo, gás refrigerante é aspirado pela válvula de admissão, que pode estar localizada no próprio êmbolo ou no cabeçote. Durante a compressão, o êmbolo comprime o refrigerante, empurrando-o para fora através da válvula de descarga, localizada normalmente no cabeçote do cilindro.

O procedimento supracitado pode ser observado na Figura 10.

Figura 10. Princípio de funcionamento de um compressor alternativo.



Fonte: Silva (2005).

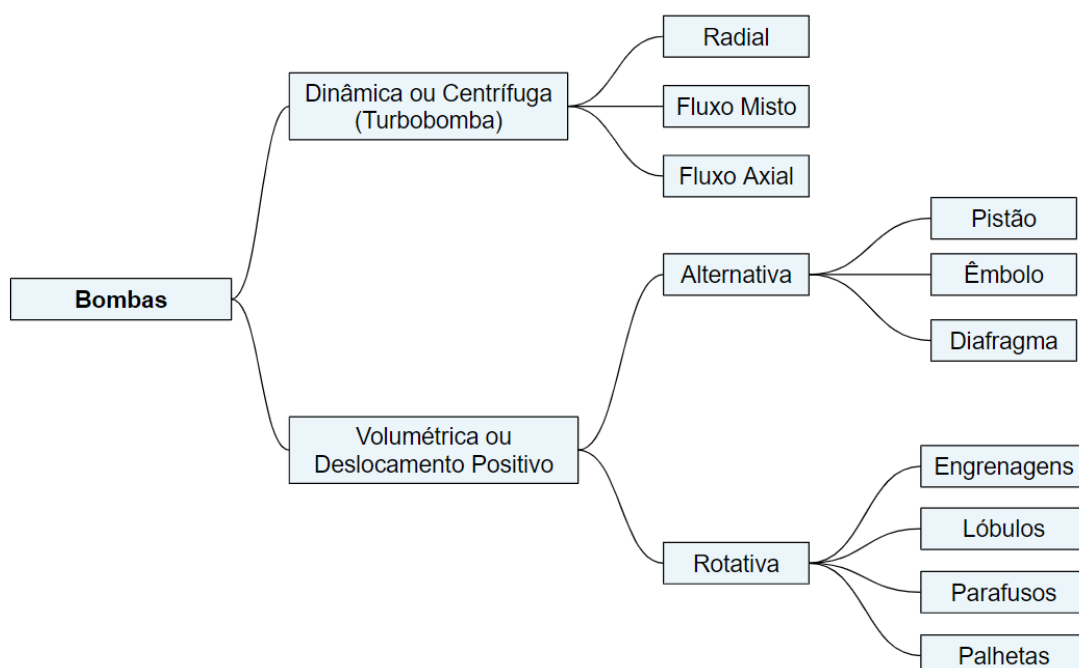
2.3.3 Bombas

Ao longo da história, a distribuição de água tem representado um desafio constante para a humanidade. Essa questão tem impulsionado a busca por soluções alternativas para a captação e distribuição de recursos hídricos, culminando no desenvolvimento das primeiras tecnologias de bombeamento, as quais surgiram no antigo Egito e passaram por um desenvolvimento significativo durante a Revolução Industrial do século XVIII (Luxemburg, 1912).

No século XX, com os avanços na engenharia mecânica e de materiais, as bombas industriais se tornaram mais eficientes, duráveis e versáteis. Segundo a Eletrobrás *et al.* (2009, p. 17) o funcionamento da bomba se dá através da transferência de energia ao fluido com intuito de conduzi-lo de um ponto a outro, tal energia é oriunda de uma fonte motora qualquer que confere parte desta para o fluido em forma de energia de pressão, energia cinética ou ambas. Em razão disso, a pressão e a velocidade do líquido são aumentadas.

As bombas são categorizadas com base em sua aplicação específica ou na metodologia de transferência de energia para o fluido, e suas instalações podem apresentar inúmeras formas a depender de sua execução (Brasil, 2010, p. 62). O diagrama apresentado na Figura 11 ilustra a classificação dos principais tipos de bombas de acordo com o método empregado para essa transferência de energia.

Figura 11. Classificação dos principais tipos de bombas.



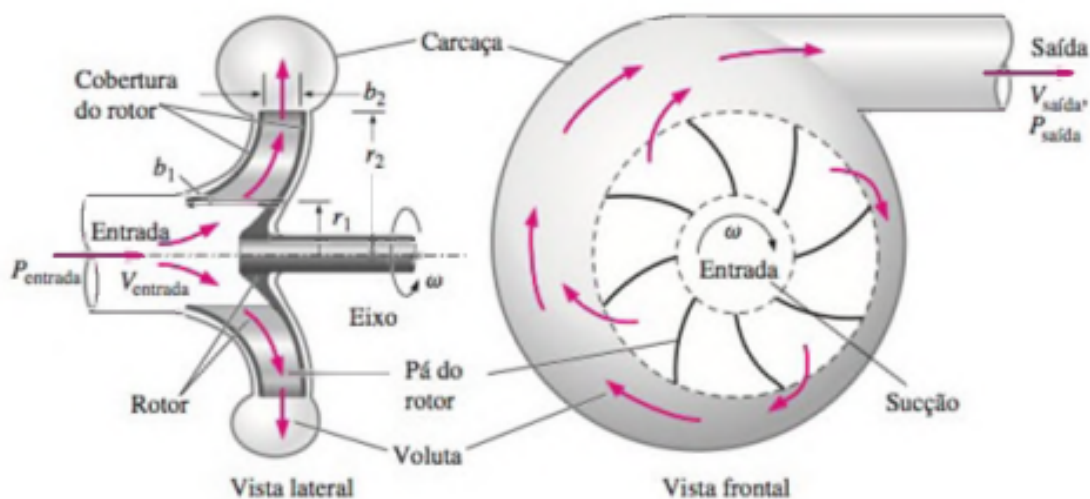
Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

A empresa supracitada trabalha com bombas centrífugas de fluxo axial, empregadas no transporte de amônia para resfriamento de água e de câmaras de estocagem de produtos. De acordo com Brasil (2010, p. 75):

Essas bombas são caracterizadas por possuírem um órgão rotatório dotado de pás, chamado rotor, que exerce sobre o líquido forças que resultam da aceleração que lhe imprime. Essa aceleração, ao contrário do que se verifica nas bombas de deslocamento positivo, não possui a mesma direção e o mesmo sentido do movimento do líquido em contato com as pás [...]. A descarga gerada depende das características da bomba, do número de rotações e das características do sistema de encanamentos ao qual estiver ligada.

A Figura 12 apresenta a visão lateral da bomba, na qual pode-se visualizar o sentido do fluxo do fluido.

Figura 12. Visão lateral e frontal do fluxo de fluido interno de uma bomba centrífuga.

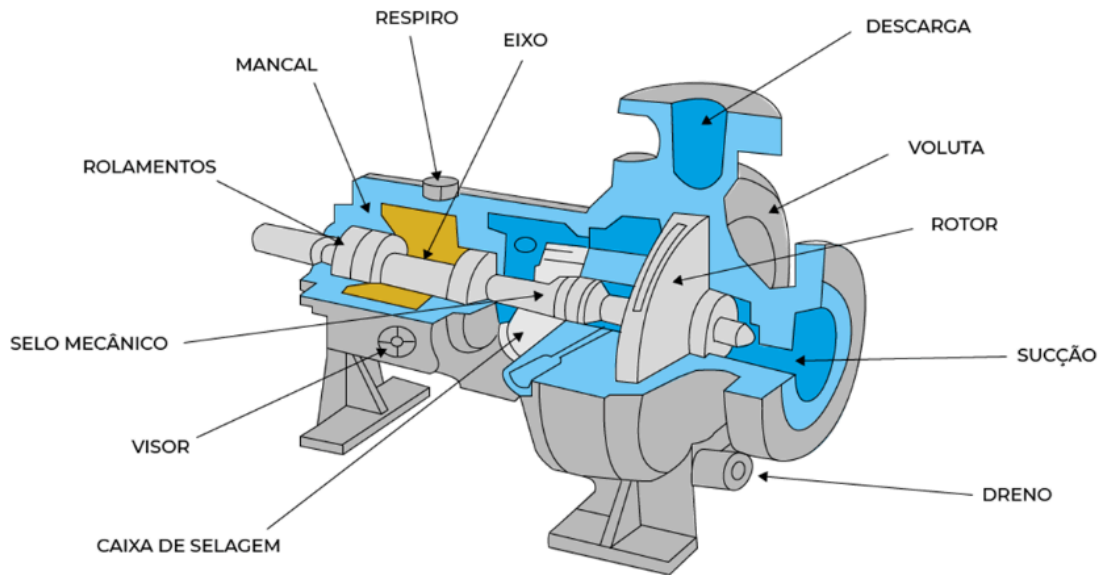


Fonte: Çengel e Cimbala (2007).

Além do rotor, a carcaça é outro componente fundamental das bombas centrífugas, podendo ser classificada como do tipo voluta ou difusor. Contudo, há elementos compartilhados por todas as bombas, os quais são subdivididos em extremidade úmida e extremidade mecânica. Na extremidade úmida encontram-se os componentes hidráulicos, como impulsor e carcaça. Já a extremidade mecânica comporta componentes que suportam o impulsor, como o eixo, a vedação, a luva do eixo e os rolamentos (Vedan, 2022).

A Figura 13 ilustra todos os componentes de uma bomba centrífuga de deslocamento axial descritos anteriormente e os demais secundários.

Figura 13. Elementos de uma bomba centrífuga.



Fonte: Vedan, Alex (2022).

As bombas centrífugas caracterizam-se por possuírem três tipos de rotores: fechados, semiabertos e abertos. Figueira Junior (2017) define que rotores fechados podem ser também denominados de rotores com fluxo induzido. Estes rotores possuem um fluxo mais suave com pequenos desgastes, contudo com baixo rendimento, recomenda-se o uso para fluidos com baixa viscosidade e sem partículas sólidas. Segundo a Eletrobrás *et al.* (2009) os rotores semiabertos apresentam um rendimento superior em comparação aos rotores fechados, contudo, estão sujeitos a um desgaste mais elevado e a um aumento do fluxo turbulento. Ademais, observa-se que os rotores abertos são mais apropriados para fluidos de alta viscosidade e que contêm partículas sólidas. Estes rotores geram fluxos com características de turbulência mais pronunciadas do que os rotores semiabertos, resultando em um desgaste ainda mais significativo. A Figura 14 exhibe os tipos de rotores.

Figura 14. Rotores.



Rotor fechado



Rotor semi-aberto



Rotor aberto

Fonte: Figueira Junior (2017).

3 METODOLOGIA

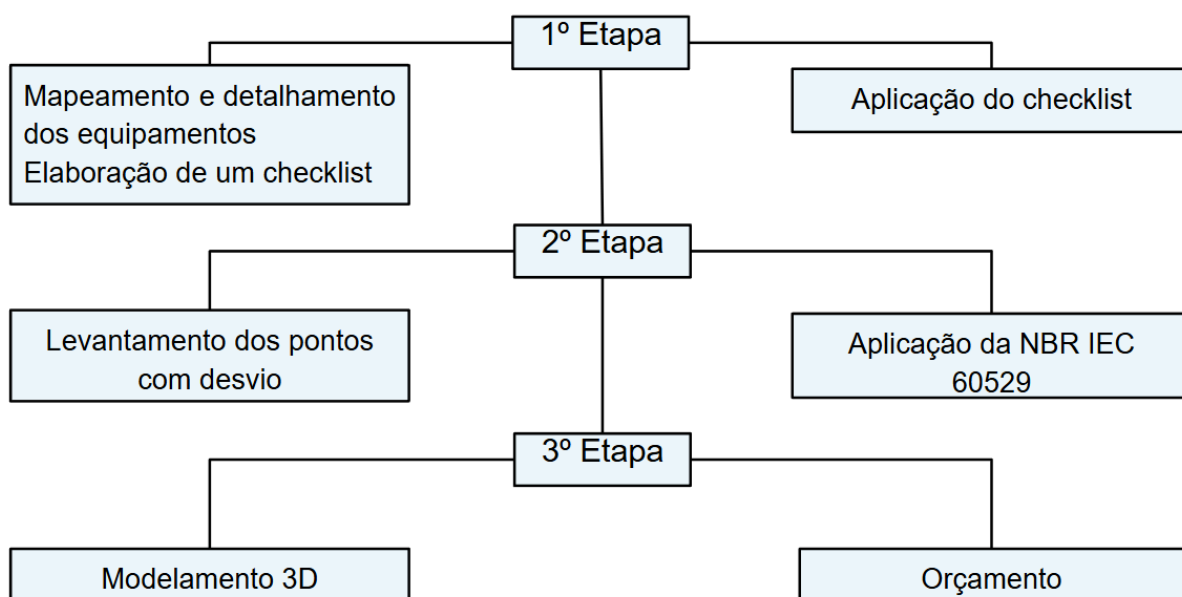
A pesquisa foi de natureza aplicada, um tipo de pesquisa caracterizado por seu foco na aplicação prática de teorias e conhecimentos para resolver problemas específicos e reais. Esse tipo de pesquisa busca transformar o conhecimento teórico em soluções práticas, visando impactos diretos e benefícios concretos em contextos específicos (Silva e Menezes, p. 20, 2001).

Já em relação ao ponto de vista da abordagem do problema, a presente pesquisa é qualitativa, que por sua natureza, foca na compreensão profunda dos fenômenos sociais. Ela visa identificar e tornar explícitos os problemas, permitindo que esses possam ser analisados e compreendidos de maneira mais detalhada (Creswell, 2014). Esta abordagem é predominantemente exploratória, a qual busca captar as nuances e complexidades dos contextos investigados, proporcionando uma base para a formulação de hipóteses e a proposição de soluções (Denzin e Lincoln, 2011).

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, a pesquisa caracteriza-se como bibliográfica e inclui a análise de estudos de caso. Segundo Gil (1991) uma pesquisa bibliográfica é “elaborada a partir de material já publicado, constituído principalmente de livros, artigos de periódicos e atualmente com material disponibilizado na Internet”.

A metodologia da pesquisa foi estruturada em três etapas distintas. O detalhamento sequencial do projeto está ilustrado no fluxograma apresentado na Figura 15.

Figura 15. Etapas da metodologia.



Fonte: Autores (2024).

3.1 Primeira Etapa

Para a identificação de eventuais desvios, foi realizado o mapeamento e detalhamento dos equipamentos em funcionamento no setor e posteriormente foi desenvolvido um checklist com base nos princípios estabelecidos pela NR-12. O modelo do checklist pode ser visualizado no Quadro 02 e foi aplicado a todos os equipamentos descritos na seção 2.4. Essa abordagem garantiu a conformidade e a segurança operacional de cada equipamento, permitindo a detecção e correção de possíveis irregularidades.

Equipamento:				
Item	Atende			
	Sim	Não	Parcial	N/A
Existe análise de risco específica para sistemas de resfriamento por amônia e seus componentes (compressores, bombas e motores)?				
O equipamento possui manual de instrução atualizado e acessível no local de trabalho?				
Há procedimentos claros para operação e emergência em caso de falha nos				

compressores, bombas ou motores?				
O profissional responsável pela operação tem treinamento para manutenção segura desses equipamentos?				
Os operadores são treinados conforme a NR-12 e NR-36 para manuseio seguro da amônia e seus equipamentos auxiliares?				
O sistema de compressores possui dispositivos de segurança contra sobrepressão e vazamento?				
As bombas e motores possuem proteção adequada contra superaquecimento e falha mecânica?				
As áreas onde os compressores e bombas estão instalados possuem sinalização de risco adequada?				
Existe ventilação adequada para dispersão de gases em caso de vazamento na linha de resfriamento?				
Há sensores de detecção de vazamento de amônia e alarmes de segurança funcionando?				
As manutenções preventivas dos compressores, bombas e motores são realizadas e registradas?				
Os equipamentos possuem válvulas de alívio de pressão e estão em conformidade com a NR-13?				
Existe um plano de emergência para evacuação em caso de falha catastrófica dos componentes do sistema?				
Os trabalhadores possuem acesso imediato a EPIs adequados, como máscaras com filtro para amônia?				
O transporte e armazenamento da amônia seguem as normas de segurança e são compatíveis com os compressores utilizados?				
O sistema conta com procedimentos para neutralização de vazamentos e contenção de falhas em compressores e bombas?				

Existe um plano de capacitação contínuo para operação segura dos motores e sistemas auxiliares?				
O ambiente de trabalho está devidamente sinalizado e livre de obstruções para evacuação?				
As condições de ergonomia e segurança dos operadores foram avaliadas em relação aos componentes mecânicos?				
O plano de contingência em caso de emergência é revisado periodicamente para incluir riscos de falha mecânica?				
Todos os equipamentos possuem proteção de acordo com a normativa?				

Quadro 02 – Check List de Máquinas e Equipamentos - NR 12.

Fonte: Autores (2025).

A aplicação deste checklist foi realizada diretamente no local de operação, com uma verificação minuciosa de cada item listado. Durante a inspeção, foram analisados os equipamentos de resfriamento por amônia, incluindo compressores, bombas e motores, garantindo que a NR-12 fosse seguida corretamente. A verificação detalhada envolveu a conferência de manuais, inspeções físicas, análise de dispositivos de segurança e a funcionalidade de sistemas de emergência. Esse procedimento permitiu identificar potenciais riscos e assegurar que as condições de trabalho atendem aos requisitos regulamentares, garantindo um ambiente seguro para os operadores. Os resultados alcançados estão disponíveis para consulta no Apêndice A.

3.2 Segunda Etapa

Após a aplicação do checklist, foi realizada a análise dos dados coletados e a aplicação da NBR IEC 60529, determinando os graus de proteção necessários para os equipamentos. Como resultado, os dispositivos foram avaliados e ajustados para atender plenamente aos requisitos estabelecidos pela normativa, garantindo sua conformidade e adequação às especificações de proteção exigidas.

3.3 Terceira Etapa

Foi empregada a versão 2024 do software SolidWorks para a realização da modelagem tridimensional das proteções necessárias. Essas proteções foram projetadas conforme os parâmetros estabelecidos pela NBR IEC 60529, que define os graus de proteção com base no Índice de Proteção (IP) de cada equipamento, conforme detalhado na subseção 2.2.1 deste documento. Adjunto a isto, foram elaborados modelos de plano de pintura e plano de solda que podem ser visualizados no Apêndice B deste documento.

Além disso, foram pesquisados e comparados valores de materiais em sites de fornecedores especializados, possibilitando a obtenção de cotações precisas. Esse levantamento permitiu a análise dos custos envolvidos na fabricação das proteções, viabilizando a escolha de fornecedores que oferecessem melhor custo-benefício para uma futura implementação do projeto.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo tem como objetivo apresentar os resultados obtidos a partir da aplicação do checklist de segurança e conformidade nos sistemas de resfriamento por amônia, bem como oferecer uma discussão detalhada sobre os mesmos.

4.1 Análise dos resultados

Para a análise dos resultados, foram respondidas pelos pesquisadores² 21 perguntas relacionadas a aspectos essenciais de segurança e operação para todos os equipamentos listados no Quadro 1, incluindo compressores, bombas, motores, tanques de armazenamento e outros componentes críticos. Seguindo esta análise foi possível desenvolver o modelamento e orçamentos apresentados.

4.1.1 Mapeamento e detalhamento dos equipamentos em funcionamento

Considerando que todos os equipamentos descritos operam de forma integrada para facilitar o processo produtivo da empresa. Nesta seção, será discutido o funcionamento conjunto desses elementos.

A Nota Técnica nº 03/2004 do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) estabelece que:

Em geral, define-se refrigeração como o processo de redução de temperatura de um corpo. O surgimento de novas tecnologias de refrigeração tornou-se essencial para o desenvolvimento e a manutenção de uma gama de atividades industriais, dentre elas a indústria alimentícia em geral, os frigoríficos, a indústria de pescado, as fábricas de gelo, os laticínios e a indústria de bebidas.

Segundo o MTE (2004), a refrigeração com circuito fechado foi desenvolvida por Oliver Evans em meados de 1800 e implementada na indústria por volta da metade do século XX. O resfriamento de amônia é caracterizado por sua eficiência, embora exija a adoção de medidas de segurança rigorosas. Os equipamentos mencionados funcionam em conjunto com o objetivo de resfriar um local ou produto específico dentro da empresa. O circuito operacional é composto por cinco estágios distintos.

² Os pesquisadores desempenharam suas atividades na empresa durante o período correspondente à aplicação da pesquisa, estando diretamente envolvidos no processo do setor em análise.

1º Estágio: Tanque de armazenamento de amônia.

O circuito de resfriamento tem início no tanque de armazenamento de amônia, onde todo o líquido refrigerante é armazenado. O tanque em questão está ilustrado na Figura 16.

Figura 16. Tanque de armazenamento de amônia.



Fonte: Autores (2024).

O resfriamento de amônia é altamente eficiente, porém requer a implementação de rigorosas medidas de segurança, diante disto, a empresa UNIGEL (2021), elaborou uma ficha de informação de segurança de produtos químicos da amônia, a qual traz orientações referentes ao tanque e a forma adequada de armazenamento. O documento em questão afirma que o tanque deve ser colocado em local seco, arejado, protegido da luz e a prova de fogo, bem como suportar pressões de 15 kgf/cm² em temperatura ambiente, ademais, necessita estar posto em superfície impermeável e possuir barreiras de contenção em caso de vazamentos.

O Ministério do Trabalho e Emprego (2004) especifica diversos perigos associados à amônia que podem afetar indivíduos expostos a essa substância:

O gás é um irritante poderoso das vias respiratórias, olhos e pele. Dependendo do tempo e do nível de exposição podem ocorrer efeitos que vão de irritações leves a severas lesões corporais. A inalação pode causar dificuldades respiratórias, broncoespasmo, queimadura da mucosa nasal, faringe e laringe, dor no peito e edema pulmonar. A ingestão causa náusea, vômitos e inchaço nos lábios, boca e laringe. Em contato com a pele, a amônia produz dor, eritema e vesiculação. Em altas concentrações, pode haver necrose dos tecidos e queimaduras profundas. O contato com os olhos em baixas concentrações (10 ppm) resulta em irritação ocular e lacrimejamento. Em concentrações mais altas, pode causar

conjuntivite, erosão na córnea e cegueira temporária ou permanente. Reações tardias podem acontecer, como catarata, atrofia da retina e fibrose pulmonar. A exposição a concentrações acima de 2.500 ppm por aproximadamente 30 minutos pode ser fatal.

Ante a isso, foram implementados diversos dispositivos de segurança para assegurar a proteção dos colaboradores da empresa. Entre esses dispositivos estão manômetros para monitoramento da pressão interna do tanque, válvulas de segurança e sistemas de detecção de amônia. Tais dispositivos podem ser observados nas Figuras a 17, 18 e 19.

Figura 17. Manômetros do tanque de armazenamento.



Fonte: Autores (2024).

Os manômetros possibilitam o monitoramento contínuo da pressão interna do tanque, permitindo aos colaboradores a adoção de medidas preventivas em resposta a qualquer anomalia detectada. A monitoração da pressão é essencial para a manutenção da segurança operacional e a prevenção de acidentes, uma vez que variações inesperadas na pressão podem indicar falhas no sistema que requerem intervenção imediata (Nielsen, 2011).

Figura 18. Válvulas de Segurança do tanque de armazenamento.



Fonte: Autores (2024).

As válvulas de segurança são ativadas quando a pressão interna do tanque atinge níveis críticos, com o objetivo de aliviar a pressão ao liberar a substância para o ambiente. Essa liberação é feita de forma controlada, garantindo que a amônia seja dissipada a uma distância segura dos colaboradores (Efgem, 2014).

Figura 19:(A) Detectores de amônia e (B) central de controle de detectores.



(A)

Fonte: Autores (2024).



(B)

Segundo a empresa Clean Environment Brasil (2012) o sistema “deve possuir detectores de amônia em quantidade ideal, estrategicamente instalados nos pontos mais críticos da operação, e interligados por um painel central [..], que gere a

tomada de decisão, seja ela o acionamento de um alarme de reconhecimento, ou evacuação, além de o acionamento de ventiladores e fechamento de válvulas”.

2º Estágio: Compressores de amônia.

A amônia é introduzida nos compressores, conforme ilustrado nas Figuras 20, 21 e 22, onde é submetida a um processo de condensação, no qual transita do estado líquido para o estado gasoso. Após essa transformação, o gás é conduzido através de tubulações até o equipamento destinado a utilizá-lo (Borgnakke e Sonntag, 2018).

Figura 20. Compressor de amônia 01.



Fonte: Autores (2024).

Figura 21. Compressor de amônia 02.



Fonte: Autores (2024).

Figura 22. Compressor de amônia 03.



Fonte: Autores (2024).

Para prevenir a condensação da umidade atmosférica devido às baixas temperaturas da amônia, as tubulações são isoladas termicamente com uma camada de isopor e alumínio, como mostra a Figura 23. “O isolamento da linha de sucção também evita a condensação e congelamento da umidade do ar ambiente sobre os tubos da linha de sucção (Matos, 2023)”.

Figura 23. Isolamento das tubulações.



Fonte: Autores (2024).

Dado o exposto anteriormente e considerando que a tubulação atravessa a fábrica acima do forro, a aplicação de isolamento térmico é fundamental para evitar a formação de goteiras e a proliferação de contaminantes associados à presença de água. O isolamento térmico previne o resfriamento excessivo da tubulação, o que poderia levar à condensação e subsequente acúmulo de água, criando um ambiente propício ao crescimento de microorganismos e ao desenvolvimento de problemas relacionados à umidade (Kothandaraman, 2006).

3º Estágio: Evaporadores de amônia.

De acordo com Oliveira (2018) evaporadores “são qualquer superfície de transmissão de calor na qual o líquido refrigerante é vaporizado visando remover calor do ambiente ou produto”, garantindo assim a qualidade do produto. No sistema em questão, a amônia é transportada por tubulações que refrigeram o ar interno dos evaporadores, enquanto os ventiladores dispersam o ar resfriado para o ambiente desejado. A Figura 24 (A) e (B) apresenta os modelos de evaporadores utilizados na empresa.

Figura 24. Evaporadores de amônia (forçadores).



(A)

(B)

Fonte: Autores (2024).

Sabe-se que a quantidade de amônia que entra no equipamento deve ser rigorosamente controlada para evitar a formação de gelo nas tubulações. Para assegurar esse controle, válvulas solenóides apresentadas na Figura 25 são instaladas previamente na entrada dos evaporadores. As válvulas de controle são equipamentos que, automaticamente, regulam a pressão, vazão e determinados parâmetros para funcionamento ideal dos equipamentos (MMA, 2009).

Figura 25. Válvulas solenoides.



Fonte: Autores (2024).

Essas válvulas são reguladas por termostatos ajustáveis, como ilustrado na Figura 26, que permitem a definição da temperatura desejada. Os termostatos transmitem sinais elétricos para as bobinas das válvulas; ao serem magnetizadas, essas bobinas acionam ou bloqueiam o êmbolo da válvula, controlando o fluxo de amônia (Borgnakke e Sonntag, 2018).

Figura 26. Controladores de Temperatura.



Fonte: Autores (2024).

4º Estágio: Torre de resfriamento de água.

Em várias fases do processo, o leite é resfriado utilizando trocadores de calor de placas que operam com água gelada. A água é resfriada nas torres de resfriamento, cada uma equipada com uma tubulação de amônia disposta em formato de serpentina. Nesse sistema, a água escorre pelas paredes da tubulação, realizando a troca de calor (Kothandaraman, 2006). A empresa possui três torres de resfriamento que podem ser visualizadas nas Figuras 27 e 28 sendo uma delas exclusivamente dedicada ao resfriamento dos cabeçotes dos compressores de amônia.

Figura 27. Torre de resfriamento 01.



Fonte: Autores (2024).

Figura 28. Torres de resfriamento 02 e 03.



Fonte: Autores (2024).

5º Estágio: Separador de Líquidos.

Durante o estágio de compressão da amônia, parte do óleo responsável pela lubrificação dos componentes internos dos compressores é comprimido e transportado por todo o processo juntamente com a amônia. Ademais, partículas de água presente dentro das tubulações também são transportadas. Para evitar que estas substâncias indevidas retornem aos compressores e possam danificar o equipamento em questão, o separador de líquidos é adicionado na linha de processo em vista de separar o gás amônia dos líquidos (Smith, 2018). O separador de líquidos é mostrado na Figura 29.

Figura 29. Separador de líquidos.



Fonte: Autores (2024).

A cada quinze dias, os líquidos armazenados no separador atingem níveis elevados e requerem drenagem. Este processo é realizado em galões contendo água, o que ajuda a reduzir a dispersão de amônia que ainda permanece em estado líquido. O separador está equipado com sensores de nível de segurança e alarmes sonoros para monitorar a condição interna do tanque e garantir a operação segura do sistema. Após a separação dos componentes, a amônia é reencaminhada para a fase de compressão, reiniciando assim o ciclo do processo.

4.1.2 Análise dos Riscos

A segurança no ambiente industrial é um fator crucial para garantir a integridade dos trabalhadores e a eficiência operacional. O setor de refrigeração industrial com amônia apresenta riscos elevados, exigindo assim, medidas preventivas rigorosas. No Quadro 1, são apresentados os principais riscos associados a cada equipamento, juntamente com um quadro comparativo que destaca o nível de risco, impacto potencial e as medidas preventivas adotadas.

Quadro 01 – Riscos de cada equipamento.

Equipamento	Nível de Risco	Impacto Potencial	Medidas Preventivas
Tanques de Armazenamento	Alto	Vazamento tóxico, risco de explosão	Sensores de vazamento, ventilação adequada, monitoramento contínuo
Compressores de Amônia	Alto	Superaquecimento, falha mecânica, liberação de gás	Inspeções frequentes, manutenção preventiva, isolamento térmico
Tubulações de Amônia	Médio	Corrosão, vazamentos, congelamento	Revestimento térmico, inspeção visual, testes de pressão
Evaporadores	Médio	Formação de gelo, falha na refrigeração	Controle de temperatura, manutenção contínua, equipamentos de proteção
Torres de Resfriamento	Médio	Acúmulo de bactérias, vazamento, falha mecânica	Tratamento da água, limpeza regular, monitoramento de desempenho
Bombas	Médio	Vazamento de fluido, superaquecimento, falha mecânica	Inspeções periódicas, manutenção preventiva, proteção contra sobrecarga
Motores	Médio	Superaquecimento, falha elétrica, risco de curto-circuito	Monitoramento térmico, aterramento adequado, inspeção dos cabos elétricos

Fonte: Autores (2025).

4.1.3 Análise do checklist

Através dessa verificação, foram avaliados critérios como a conformidade com a norma regulamentadora (NR-12), a integridade dos sistemas de proteção, e a eficácia dos dispositivos de segurança e emergência. Os dados coletados permitem identificar não conformidades e áreas que requerem melhorias, visando garantir um ambiente de trabalho seguro, eficiente e em conformidade com as exigências legais. O Quadro 03 apresenta os resultados detalhados dessa análise, juntamente com as observações pertinentes para cada equipamento avaliado.

Quadro 03 – Check List de Máquinas e Equipamentos - NR 12.

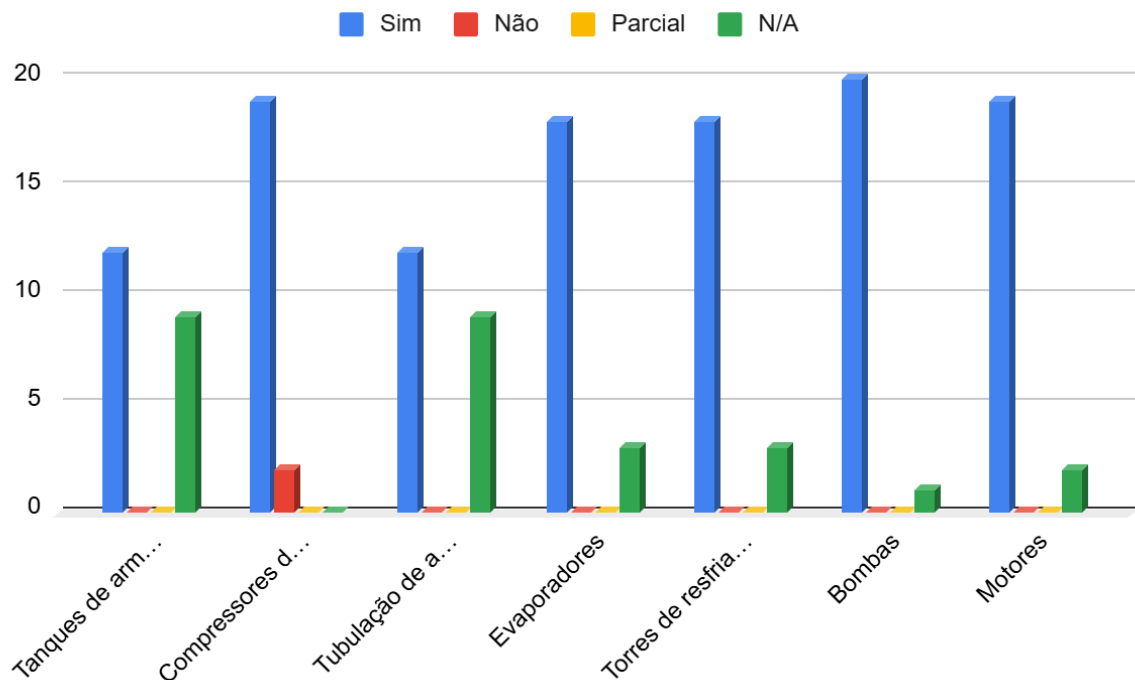
EQUIPAMENTO	CONFORME				OBSERVAÇÕES
	Sim	Não	Parcial	N/A	
Tanques de armazenamento	12	0	0	9	
Compressores de amônia	19	2	0	0	As proteções das polias não atendem a normativa
Tubulação de amônia	12	0	0	9	
Evaporadores	18	0	0	3	
Torres de resfriamento	18	0	0	3	
Bombas	20	0	0	1	
Motores	19	0	0	2	

Fonte: Autores (2025).

Na Figura 30 pode-se observar um gráfico que apresenta uma visão geral dos resultados obtidos a partir da aplicação do checklist de segurança e conformidade nos diversos equipamentos do sistema de resfriamento por amônia. Cada barra representa a quantidade de respostas para as categorias "Sim", "Não", "Parcial" e "N/A" para cada equipamento avaliado, como tanques de armazenamento,

compressores, bombas, motores e outros. Através desse gráfico, é possível observar de forma visual a distribuição das conformidades e não conformidades encontradas, facilitando a análise dos pontos críticos que demandam maior atenção e as áreas que estão atendendo corretamente às normas de segurança e operação.

Figura 30. Análise gráfica dos resultados.



Fonte: Autores (2025).

4.1.4 Aplicação da NBR IEC 60529

A análise dos resultados de identificação do Índice de Proteção (IP), conforme a norma NBR IEC 60529, permite entender como a proteção contra elementos sólidos e líquidos é modelada em equipamentos, como compressores, para garantir sua adequação a diferentes condições ambientais.

Seguindo as instruções apresentadas na Figura 3, identificou-se que o IP dos compressores do setor é 20, mas que as proteções empregadas atualmente não estão em conformidade com o grau de proteção requerido na NBR IEC 60529. Com isto foi possível seguir a tabela apresentada na Figura 31.

Figura 31. Análise gráfica dos resultados.

Elemento	Numeral ou letras	Significado para proteção do equipamento	Significado para proteção de pessoas	Ref.
Código de letras	IP	–	–	–
Primeiro numeral característico	0	Contra o ingresso de objetos sólidos estranhos (não protegido)	Contra o acesso às partes perigosas com: (não protegido)	Seção 5
	1	≥ 50 mm de diâmetro	dorso da mão	
	2	≥ 12,5 mm de diâmetro	dedo	
	3	≥ 2,5 mm de diâmetro	ferramenta	
	4	≥ 1 mm de diâmetro	fio	
	5	protegido contra poeira	fio	
	6	totalmente protegido contra poeira	fio	
Segundo numeral característico	0	Contra o ingresso de água com efeitos prejudiciais (não protegidos)	–	Seção 6
	1	gotejamento vertical		
	2	gotejamento (inclinação 15°)		
	3	aspersão		
	4	projeções d'água		
	5	jatos d'água		
	6	jatos potentes		
	7	imersão temporária		
	8	imersão contínua		
	9	jatos d'água com alta pressão e temperatura		

Fonte: Adaptado de NBR IEC 60529 (2017).

Deste modo, verificou-se que o primeiro numeral aponta que equipamento necessita proteção contra o ingresso de objetos sólidos com diâmetro maior ou igual a 12,5 mm, como dedos. Isso significa que, embora não seja totalmente protegido contra poeira ou objetos pequenos, há uma proteção mínima contra contato com partes internas do equipamento que poderiam representar um risco.

Já o segundo numeral indica que o equipamento não possui proteção contra o ingresso de água. Portanto, esse equipamento não pode ser exposto a umidade ou líquidos sem que haja risco de danos internos ou falha no funcionamento.

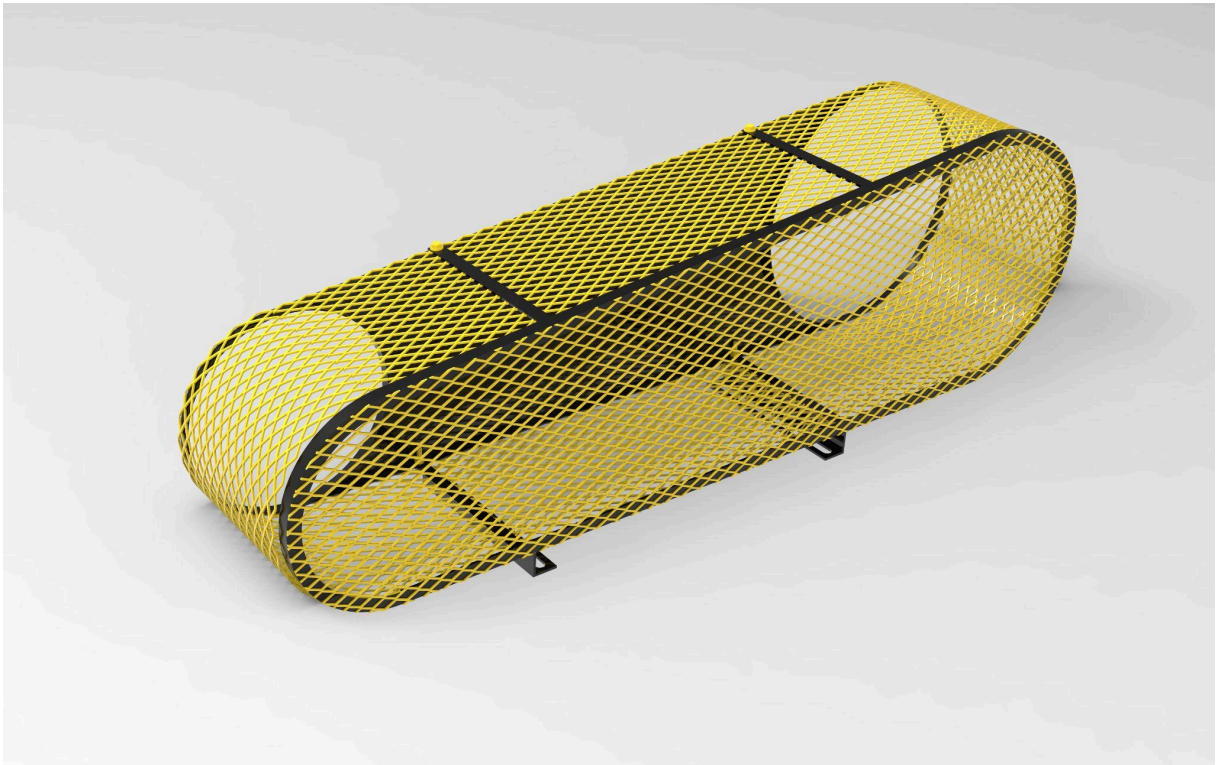
4.1.5 Modelamento tridimensional

O modelamento tridimensional da proteção para o motor foi desenvolvido com base nas especificações da NBR IEC 60529, com foco na segurança e eficiência operacional. A proteção foi projetada considerando os requisitos de segurança para impedir o acesso as polias do motor e evitar danos causados por possíveis falhas ou acidentes.

O modelo tridimensional que pode ser visualizado na Figura 32 apresenta a estrutura de proteção, composta por chapas metálicas que cobrem o motor e suas partes mais vulneráveis. As chapas metálicas são projetadas para resistir a impactos e impedir que objetos maiores do que 12,5 mm, como mãos ou ferramentas, entrem em contato com os componentes do motor, oferecendo proteção de acordo com a norma IP20.

O modelo tridimensional, com as devidas considerações de montagem e acesso, garante uma abordagem eficaz para proteger tanto o motor quanto os operadores, permitindo a manutenção da segurança e da operação eficiente do sistema.

Figura 32. Modelagem tridimensional da proteção dos motores.



Fonte: Autores (2025).

4.1.6 Orçamento

O orçamento apresentado no Quadro 04 foi elaborado com base nas especificações dos materiais necessários para a execução do projeto - (Consultar Apêndice C), incluindo chapas, barras, cantoneiras, parafusos, porcas e arruelas. Os preços apresentados são estimativas de mercado, obtidas a partir de fornecedores especializados em materiais metálicos e fixadores. As cotações foram consultadas em fornecedores reconhecidos, como Aço Brasil, Aços Villares, Fixar e Metalúrgica Gerda, com a finalidade de garantir a qualidade e a conformidade dos produtos. É importante ressaltar que os valores podem variar dependendo da quantidade solicitada, localização e condições de mercado, sendo recomendada a solicitação de cotações personalizadas diretamente com os fornecedores para maior precisão.

Quadro 04 – Levantamento de custos.

Descrição	Dimensões	Material	Quant.	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Chapa Expandida #0,5mm	321 x 335 mm	ASTM A36	1	120,00	120,00
Chapa Expandida #0,5mm	335 x 700 mm	ASTM A36	1	240,00	240,00
Chapa Expandida #0,5mm	335 x 750 mm	ASTM A36	1	260,00	260,00
Chapa Expandida #0,5mm	627 x 335 mm	ASTM A36	1	280,00	280,00
Chapa Expandida #0,5mm	335 x 310 mm	ASTM A36	1	150,00	150,00
Chapa Expandida #0,5mm	858 x 335 mm	ASTM A36	1	380,00	380,00

Chapa Expandida #0,5mm	335 x 326 mm	ASTM A36	1	140,00	140,00
Chapa Expandida #0,5mm	335 x 224 mm	ASTM A36	1	100,00	100,00
Chapa #20mm	540 x 1830 mm	ASTM A36	1	1.200,00	1.200,00
Barra Chata #1" x 5 mm	334,60 mm	ASTM A36	4	50,00	50,00
Cantoneira de Abas #2"	360 mm	ASTM A36	2	80,00	160,00
Cantoneira Abas Iguais #1"	4213 mm	ASTM A36	1	150,00	150,00
Parafuso Sextavado M10 40 mm	-	ASTM A36	4	5,00	20,00
Arruela Lisa M10	-	ASTM A36	2	0,50	1,00
Porca Sextavada M10	-	ASTM A36	4	2,00	8,00
TOTAL					3.259,00

Fonte: Autores (2025).

4.2 Discussão dos resultados

A discussão abordará as principais observações feitas em relação à conformidade dos equipamentos e proteções com as normas técnicas aplicáveis, bem como os desafios e as soluções propostas para garantir a segurança e a eficiência operacional. Serão ainda explorados os aspectos econômicos, técnicos e práticos envolvidos na implementação das modificações, com o objetivo de fornecer uma compreensão clara das ações necessárias para a melhoria do sistema.

4.2.1 Aplicação do checklist

A análise dos resultados obtidos a partir da aplicação do checklist de segurança e conformidade nos sistemas de resfriamento por amônia revela informações cruciais sobre as condições operacionais e de segurança dos equipamentos. Através das respostas obtidas, podemos identificar tanto as áreas que atendem adequadamente às normas de segurança, quanto aquelas que necessitam de ajustes e melhorias para garantir a conformidade com as regulamentações pertinentes.

1. Tanques de Armazenamento: Os tanques de armazenamento apresentaram resultados positivos, com todos os itens avaliados sendo considerados em conformidade (12 respostas "Sim"). Já as respostas "N/A" (9) indicam que, para muitos itens, não foram aplicáveis os critérios de verificação durante a inspeção. Isso se justifica pela natureza do equipamento ou pela ausência de alguns parâmetros que não se aplicam à situação atual, o que não compromete a segurança geral.
2. Compressores de Amônia: Os compressores de amônia, embora em sua maioria em conformidade (19 respostas "Sim"), apresentaram duas respostas "Não". A principal questão identificada foi relacionada à proteção das polias, que não atende completamente à normativa vigente. Este ponto é crítico, pois as polias podem representar riscos de segurança significativos caso não possuam as devidas proteções. A correção dessa não conformidade é essencial para garantir a integridade dos operadores e a conformidade do sistema com as normas de segurança.
3. Tubulação de Amônia: A tubulação de amônia, como os tanques de armazenamento, apresentou ótimos resultados, com 12 respostas "Sim" e 9 respostas "N/A", o que sugere que a maior parte dos critérios de segurança e

operação não são aplicáveis à tubulação durante a inspeção. A ausência de respostas "Não" e "Parcial" indicou que os sistemas de tubulação estão em bom estado e operando dentro dos padrões de segurança exigidos.

4. Evaporadores e Torres de Resfriamento: Os evaporadores e as torres de resfriamento também apresentaram resultados satisfatórios, com a maioria dos itens avaliados sendo considerados em conformidade (18 respostas "Sim" para ambos). No entanto, para ambos os equipamentos, 3 respostas "N/A" foram registradas. Isso indica que certos aspectos não são pertinentes ao tipo de verificação realizada. No geral, ambos os equipamentos estão funcionando conforme as exigências.
5. Bombas: As bombas se destacaram como o equipamento mais conforme, com 20 respostas "Sim" e apenas 1 resposta "N/A". Não foram identificados itens críticos ou não conformidades ("Não"), o que sugere que o sistema de bombas está operando de maneira eficiente e segura.
6. Motores: Os motores também apresentaram bons resultados, com 19 respostas "Sim" e 2 respostas "N/A". Assim como as bombas, a grande maioria dos aspectos está em conformidade. As respostas "N/A" indicam que alguns critérios não foram aplicáveis ao momento da inspeção, mas não comprometem a análise geral.

4.2.2 Índice de proteção

A análise do Índice de Proteção (IP) dos compressores, de acordo com a norma NBR IEC 60529, indicou que, embora os equipamentos possuam a classificação IP20, a proteção atualmente aplicada não atende plenamente aos requisitos dessa norma. A classificação IP20 estabelece que o equipamento deve ser protegido contra o ingresso de objetos sólidos com diâmetro superior a 12,5 mm, como dedos, porém, não há exigência de proteção contra a entrada de poeira ou líquidos. A proteção existente, no entanto, não garante a segurança necessária conforme estipulado para o IP20, o que representa um risco para a integridade do compressor e para a segurança dos operadores.

A análise gráfica dos resultados, apresentada na figura associada, evidencia que as proteções atuais não estão em conformidade com as especificações de segurança, principalmente no que diz respeito à proteção contra objetos sólidos de

dimensões superiores a 12,5 mm. Dessa forma, é imprescindível a substituição das proteções atuais por outras que atendam corretamente aos requisitos da NBR IEC 60529, assegurando a proteção adequada contra riscos mecânicos.

Embora o compressor esteja instalado em um local protegido, sem exposição direta a líquidos ou poeira, a necessidade de proteção contra o ingresso de objetos sólidos permanece relevante, visto que o risco de contato acidental com componentes internos do equipamento pode comprometer sua operação e a segurança dos operadores. Assim, a adoção de uma proteção conforme o IP20 se torna essencial para garantir a conformidade normativa e a segurança operacional.

4.2.3 Modelamento tridimensional

O modelamento tridimensional da proteção do compressor foi desenvolvido com base nas especificações da NBR IEC 60529, visando à segurança e eficiência operacional. O modelo tridimensional, representado na figura 34, descreve a aplicação de chapas metálicas destinadas a cobrir as partes mais vulneráveis do compressor, evitando o contato com objetos sólidos de diâmetro superior a 12,5 mm, como ferramentas ou partes do corpo humano. As chapas metálicas foram projetadas para resistir a impactos, garantindo a proteção do equipamento e a segurança dos operadores, em conformidade com a classificação IP20.

Além da proteção física proporcionada pelas chapas metálicas, o modelamento também levou em consideração aspectos relacionados à montagem e ao acesso para manutenção do equipamento. A implementação dessa proteção contribui para a continuidade segura da operação, sem comprometer a eficiência do sistema. A conformidade com os requisitos da norma IP20, portanto, assegura que o equipamento esteja protegido contra riscos mecânicos, mantendo-se dentro dos parâmetros de segurança estabelecidos.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo a análise e a aplicação da Norma Regulamentadora 12 (NR 12) no setor de máquinas da Indústria de Laticínios Oliveira, localizada no município de Vargeão, Santa Catarina. A pesquisa buscou garantir a adequação dos equipamentos eletromecânicos, particularmente os compressores, bombas e motores, às exigências de segurança do trabalho, conforme estipulado pela legislação vigente.

Para tanto, foram adotadas metodologias que envolveram a utilização de um checklist de segurança, a análise do Índice de Proteção (IP) segundo a NBR IEC 60529, bem como o desenvolvimento de modelagens tridimensionais das proteções necessárias.

Os resultados obtidos indicaram que a maior parte dos equipamentos avaliados encontra-se em conformidade com os requisitos da NR 12, destacando-se as bombas e os motores, que apresentaram um desempenho satisfatório em relação às normas de segurança e operacionalidade. Contudo, algumas inconformidades foram observadas, especialmente no que diz respeito à proteção das polias dos compressores de amônia, as quais necessitam de ajustes urgentes para garantir a segurança dos operadores e a plena conformidade com a NR 12.

A análise do Índice de Proteção (IP), com base na NBR IEC 60529, evidenciou que a proteção atualmente aplicada aos compressores de amônia não atende integralmente ao grau de proteção necessário. Identificou-se que os equipamentos necessitam de uma atualização nas proteções contra o ingresso de objetos sólidos de diâmetro superior a 12,5 mm, conforme exigido pela norma. As modelagens tridimensionais, desenvolvidas com o auxílio do software SolidWorks, possibilitaram a visualização das modificações necessárias, com foco na segurança, sem comprometer a eficiência do sistema.

Em termos de viabilidade econômica, os custos envolvidos para a implementação das modificações propostas foram analisados, considerando-se os materiais e fornecedores disponíveis. O orçamento demonstrou ser viável, garantindo que as ações corretivas possam ser realizadas de forma eficiente e dentro de um custo aceitável para a empresa.

Em síntese, os objetivos propostos foram atendidos, e o estudo contribuiu de

maneira significativa para a melhoria da segurança operacional da indústria em questão. Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se a implementação das correções identificadas, com particular atenção à adequação das proteções das polias dos compressores, bem como o monitoramento contínuo das condições de trabalho e manutenção preventiva dos equipamentos, a fim de garantir a conformidade permanente com as normas de segurança.

REFERÊNCIAS

ABNT. Norma Brasileira nº 60529:2017, de 24 de abril de 2017. **Graus de Proteção Providos Por Invólucros (Códigos Ip)**. Rio de Janeiro.

AÇO BRASIL. **Aços e metais**. Disponível em: <https://www.acobrasil.com.br/>. Acesso em: 9 fev. 2025.

AÇOS VILLARES. **Aços especiais e planos**. Disponível em: <https://www.acosvillares.com.br/>. Acesso em: 9 fev. 2025.

ARAÚJO JÚNIOR, Antônio Pereira de; CHAGAS, Christiano Vasconcelos das; FERNANDES, Raphaela Galhardo. Uma rápida análise sobre automação industrial. **Redes Para Automação Industrial**, Natal, p. 1-5, 2003. Disponível em: https://www.dca.ufrn.br/~affonso/FTP/DCA447/trabalho1/trabalho1_6.pdf. Acesso em: 28 fev. 2024.

BÄHR, Johannes. **Werner von Siemens**. Berlin: Siemens Historical Institute, 2016. 41 p. Disponível em: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:ee53cb794036c44e60f800e7fa562d6785c5140b/085-shi-communication-lifelines-5-werner-von-siemens-2016-w eb-e.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2024.

BORGNACKE, Claus; SONNTAG, Richard Edwin. **Fundamentals of Thermodynamics**. 10. ed. Danvers: Wiley, 2018. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=IB7zDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 26 ago. 2024.

BRASIL, Alex Nogueira. **Máquinas Termohidráulicas de Fluxo**, p. 62-91, 2010. Disponível em: https://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/5817712/LOQ4015/capitulo3_bombasc lassificacaoedescricao.pdf. Acesso em: 14 abr. 2024.

BRASIL. Norma Regulamentadora nº 12, de 1978. **Norma Regulamentadora 12**. Brasília, 29 fev. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social /conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-re gulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-12-n r-12>. Acesso em: 06 mar. 2024.

BRASÍLIA. Ministério do Meio Ambiente : Mma. Ministério. **Recomendações sobre operação e manutenção de sistemas de refrigeração por amônia**. 2009. Elaborado pelo Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: https://www.protocolodemontreal.org.br/site/images/publicacoes/setor_manufatura_e equipamentos_refrigeracao_arcondicionado/Recomendaes_sobre_Comissionamento _e_Inicio_de_Operacoes_de_Sistemas_de_Refrigeracoes_por_Amonia_-_Guia_3.p df. Acesso em: 17 ago. 2024.

CAPUTO, Ana Cláudia; MELO, Hildete Pereira de. A Industrialização

Brasileira nos Anos de 1950: Uma Análise da Instrução 113 da SUMOC. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 39, n. 3, p. 514, 28 set. 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ee/a/ZpgwjzqDRC9bT4YrFhfxcvC/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 06 mar. 2024.

CLEAN ENVIRONMENT BRASIL. **Sistemas de Detecção de Amônia**. Campinas, 2012. Color. Disponível em: https://www.clean.com.br/Menu_produtos/Gases/Amonia/Amonia.pdf. Acesso em: 16 ago. 2024.

COELHO JUNIOR, Averaldo Alencar *et al.* A Importância da NR-12 Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos. **Semana Acadêmica**, Fortaleza, v. 01, n. 000143, p. 3-16, nov. 2018. Disponível em: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_alencar_v00.pdf. Acesso em: 09 abr. 2024.

CRESWELL, J. W. (2014). **Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches**. Sage Publications. Disponível em: https://ucg.ac.me/skladiste/blog_609332/objava_105202/fajlovi/Creswell.pdf. Acesso em: 06. ago. 2024.

ÇENGEL, Yunus A.; CIMBALA, John M.. **Mecânica dos Fluidos Fundamentos e Aplicações**. São Paulo: Bookman, 2007. p.836.

DENZIN, N. K., & Lincoln, Y. S. (2011). **The SAGE Handbook of Qualitative Research**. Sage Publications.

EFFGEM, José Dimas. **Utilização de Válvulas de Segurança e Alívio em Compressores, Vasos e Caldeiras**. Espírito Santo: Jde Consultoria e Treinamento Empresarial, 2014. Color. Disponível em: https://www.creaes.org.br/img/Palestra_Valvulas_Seguranca_Alivio.pdf. Acesso em: 05 ago. 2024.

ELETROBRÁS; PROCEL; CNI; IEL. **Bombas: guia básico**. 2009. Publicado por Portal da Indústria. Disponível em: <https://static.portaldaindustria.com.br/media/uploads/arquivos/Bombas.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2024.

FIGUEIRA JÚNIOR, Edson Alves. **Estudo e Concepção de Rotores de Disco para Bombeamento de Fluidos Abrasivos**. 2017. 118 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/22716/1/EstudoConcepcaoRotores.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2024.

FIXAR. **Fixadores e componentes industriais**. Disponível em: <https://www.fixar.com.br/>. Acesso em: 9 fev. 2025.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

GORENDER, Jacob. Globalização, tecnologia e relações de trabalho. **Revistas Usp**, São Paulo, p. 311-311, 1997. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/8TW9fXgDfpK3n37KyjDnpQb/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 28 fev. 2024.

KOTHANDARAMAN, C.P. **Fundamentals of Heat and Mass Transfer**. 6. ed. Daryaganj: New Age Publihers, 2006. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5464110/mod_book/chapter/23393/Heat%20and%20Mass%20Transfer%20by%20kothadaraman.pdf. Acesso em: 26 ago. 2024

LEOPOLDI, Maria Antonieta. **O difícil caminho do meio: Estado, burguesia e industrialização no segundo governo Vargas (1951-54)**. 1994. Disponível em: https://scholar.google.com.br/citations?view_op=view_citation&hl=pt-BR&user=6kx4sycAAAAJ&citation_for_view=6kx4sycAAAAJ:d1gkVwhDpl0C. Acesso em: 12 mar. 2024.

LUXEMBURG, Rosa. **A Acumulação do Capital**. Paris: Librairie Francois Maspero, 1912. Disponível em: <https://www.trama.ufscar.br/wp-content/uploads/2013/10/A-Acumula%C3%A7%C3%A3o-do-Capital.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2024.

MAMEDE FILHO, João. Motores Elétricos. In: MAMEDE FILHO, João. **Instalações Elétricas Industriais**. 7. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2007. Cap. 6, p. 264-297. Disponível em: <http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM249/Instalacoes%20EI%E9tricas%20Industriais-Jo%E3o%20Mamede%20Filho%207%AA%20Edi%E7%E3o/6.Motores%20eletricos.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2024.

MARINHO, Gustavo. **Bombas de Deslocamento Fixo vs Deslocamento Variável**. 2021. Disponível em: <https://hidraulicaepneumatica.com/bombas-de-deslocamento-fixo-vs-deslocamento-variavel/>. Acesso em: 31 jul. 2024.

MATOS, Rudmar Serafim. **Refrigeração**. 2023. Disponível em: <http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TMEC153/Apostila/Apostila%20Refrigera%E7%E3o.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2024.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NOTA TÉCNICA N° 03/2004: Refrigeração Industrial por Amônia: Riscos, Segurança e Auditoria Fiscal**. Brasília: Secretaria de Inspeção do Trabalho (Sit), 2005. 31 p. Disponível em: http://www.segurancaotrabalho.eng.br/manuais_tecnicos/pub_cne_refrigeracao.pdf. Acesso em: 02 jul. 2024.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **No Brasil foram registrados 2.888 acidentes fatais em 2023, segundo dados do eSocial**. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/noticias-e-conteudo/2024/Julho/no-brasil-foram-registrados-2-888-acidentes-fatais-em-2003-segundo-dados-esocial#:~:text=O%20sistema%20registrou%20em%202023%20um%20total%20de%20499.955%20acidentes%20de%20trabalho>. Acesso em: 19 ago. 2024.

METALÚRGICA GERDAU. **Produtos de aço**. Disponível em: <https://www.gerdau.com.br/>. Acesso em: 9 fev. 2025.

MYCOM. **Compressor Alternativo | Série W**. Disponível em: <https://mayekawa.com.br/produto/compressor-alternativo-serie-w/>. Acesso em: 26 abr. 2024.

NILSEN, M. **Industrial Instrumentation**. 2011. Disponível em: https://kanchiuniv.ac.in/coursematerials/Industrial_Instrumentation_K_Saraswathi.pdf. Acesso em: 26 ago. 2024.

OANES, Sam. **The History of SolidWorks**. 2024. Disponível em: <https://www.goengineer.com/blog/history-of-solidworks>. Acesso em: 29 jul. 2024.

OLIVEIRA, Alessandra Lopes de. **Evaporadores**. 2018. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4444130/mod_resource/content/1/Aula4evaporador2018.pdf. Acesso em: 29 jul. 2024.

PEARSON, Andy. Carbon dioxide—new uses for an old refrigerant. **International Journal Of Refrigeration**, [s. l.], v. 28, p. 1140-1148, dez. 2005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0140700705001660>. Acesso em: 26 abr. 2023

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. **Atlas**, Florianópolis, v. 3, n. 0018, p. 19-23, 2001. Disponível em: file:///C:/Users/ACER/Downloads/Apostila_Metodologia%20-%20Silva%20e%20Meneses.pdf. Acesso em: 04 ago. 2024.

SILVA, Marcelino Nascimento da. **Eficiência Energética em Sistema de Refrigeração Industrial e Comercial**. Rio de Janeiro: Procel/Enebras, 2005. Disponível em: https://wiki.sj.ifsc.edu.br/images/9/92/0_Eficiencia_energetica_sistemas_de_refrigera%C3%A7%C3%A3o.pdf. Acesso em: 26 abr. 2024.

SMITH, Joseph Mauk *et al.* **Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics**. 8. ed. New York: Mc Graw Hill, 2018. Disponível em: [https://www.eng.uc.edu/~beaucag/Classes/ChEThermoBeaucage/J.M.%20Smith,%20Hendrick%20Van%20Ness,%20Michael%20Abbott,%20Mark%20Swihart%20-%20Introduction%20to%20Chemical%20Engineering%20Thermodynamics-McGraw-Hill%20Education%20\(2018\).pdf](https://www.eng.uc.edu/~beaucag/Classes/ChEThermoBeaucage/J.M.%20Smith,%20Hendrick%20Van%20Ness,%20Michael%20Abbott,%20Mark%20Swihart%20-%20Introduction%20to%20Chemical%20Engineering%20Thermodynamics-McGraw-Hill%20Education%20(2018).pdf). Acesso em: 24 ago. 2024.

UNIGEL. **Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos**. 2014. Disponível em: https://www.unigel.com.br/wp-content/uploads/2021/10/FISPQ_AMONIA-INDUSTRIAL_AGROBA_AGROSE_REV00.pdf. Acesso em: 12 jul. 2024.

VEDAN, Alex. **Bomba Centrífuga: quais pontos de análise de vibração**. 2022. Disponível em: <https://traction.com/blog/bomba-centrifuga>. Acesso em: 14 abr. 2024.

Você conhece quais os principais tipos de motores elétricos? 2022.

Elaborada pela empresa Abecom. Disponível em:

<https://www.abecom.com.br/tipos-de-motor-eletrico/>. Acesso em: 15 abr. 2024.

WEG. Módulo 1 Comando e Proteção. 2019. Disponível em:

[https://docente.ifsc.edu.br/rafael.grebogi/MaterialDidatico/Eletromecanica/Eletricidade%20Industrial%20\(OLD\)/M1%20-%20Comando%20e%20Prote%C3%A7%C3%A3o.pdf](https://docente.ifsc.edu.br/rafael.grebogi/MaterialDidatico/Eletromecanica/Eletricidade%20Industrial%20(OLD)/M1%20-%20Comando%20e%20Prote%C3%A7%C3%A3o.pdf). Acesso em: 31 jul. 2024.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A.. **Física I.** São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2008. Disponível em:

<https://www.optima.ufam.edu.br/Downloads/Fisica-I.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2024.

APÊNDICE A – Título do apêndice

Os apêndices são textos e/ou documentos elaborados pelo próprio autor para complementar o texto principal. É UM ELEMENTO OPCIONAL.

ANEXO A – Título do anexo

Elemento opcional. O anexo é um “texto ou documento” não elaborado pelo autor, que serve de fundamentação e comprovação.