EEL-USP
Escola de Engenharia de Lorena

USF
UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO

INSTITUTO FEDERAL
Santa Catarina
Câmpus Itajaí

JOÃO ALFREDO SCHULZE HERMANO
MONICA TAIS SIQUEIRA D'AMELIO
MARIANA CONSIGLIO KASEMODEL
CÁSSIO AURÉLIO SUSKI
VICTÓRIA GOMES TEIXEIRA
DÉBORA SOUZA ALVIM

ANÁLISE DE RISCOS DIANTE DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

UM ESTUDO DE CASO CONSIDERANDO RISCOS AMBIENTAIS, OCUPACIONAIS E DE QUALIDADE EM UMA INDÚSTRIA QUÍMICA

Atena Editora
Ano 2025

EEL-USP
Escola de Engenharia de Lorena

USF
UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO

INSTITUTO FEDERAL
Santa Catarina
Câmpus Itajaí

JOÃO ALFREDO SCHULZE HERMANO
MONICA TAIS SIQUEIRA D'AMELIO
MARIANA CONSIGLIO KASEMODEL
CÁSSIO AURÉLIO SUSKI
VICTÓRIA GOMES TEIXEIRA
DÉBORA SOUZA ALVIM

ANÁLISE DE RISCOS DIANTE DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

UM ESTUDO DE CASO CONSIDERANDO RISCOS AMBIENTAIS, OCUPACIONAIS E DE QUALIDADE EM UMA INDÚSTRIA QUÍMICA

Atena Editora
Ano 2025

2025 by Atena Editora
Copyright © 2025 Atena Editora
Copyright do texto © 2025, o autor
Copyright da edição © 2025, Atena Editora
Os direitos desta edição foram cedidos à Atena Editora pelo autor.
Open access publication by Atena Editora

Editora chefe
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Editora executiva
Natalia Oliveira Scheffer
Imagens da capa
iStock
Edição de arte
Yago Raphael Massuqueto Rocha

Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo desta obra, em sua forma, correção e confiabilidade, é de responsabilidade exclusiva dos autores. As opiniões e ideias aqui expressas não refletem, necessariamente, a posição da Atena Editora, que atua apenas como mediadora no processo de publicação. Dessa forma, a responsabilidade pelas informações apresentadas e pelas interpretações decorrentes de sua leitura cabe integralmente aos autores.

A Atena Editora atua com transparência, ética e responsabilidade em todas as etapas do processo editorial. Nosso objetivo é garantir a qualidade da produção e o respeito à autoria, assegurando que cada obra seja entregue ao público com cuidado e profissionalismo.

Para cumprir esse papel, adotamos práticas editoriais que visam assegurar a integridade das obras, prevenindo irregularidades e conduzindo o processo de forma justa e transparente. Nosso compromisso vai além da publicação, buscamos apoiar a difusão do conhecimento, da literatura e da cultura em suas diversas expressões, sempre preservando a autonomia intelectual dos autores e promovendo o acesso a diferentes formas de pensamento e criação.

Análise de riscos diante das mudanças climáticas: um estudo de caso considerando riscos ambientais, ocupacionais e de qualidade em uma indústria química

| Autores:
João Alfredo Schulze Hermano
Monica Tais Siqueira D'Amelio
Mariana Consiglio Kasemodel
Cássio Aurélio Suski
Victória Gomes Teixeira
Débora Souza Alvim

| Revisão:
Os autores

| Diagramação:
Nataly Gayde

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A532 Análise de riscos diante das mudanças climáticas: um estudo de caso considerando riscos ambientais, ocupacionais e de qualidade em uma indústria química / João Alfredo Schulze Hermano, Monica Tais Siqueira D'Amelio, Mariana Consiglio Kasemodel, et al. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2025.

Outros autores
Cássio Aurélio Suski
Victória Gomes Teixeira
Débora Souza Alvim

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-258-3970-7
DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.707251712

1. Mudanças climáticas. 2. Gestão de riscos. 3. Riscos ambientais. 4. Indústria química. I. Hermano, João Alfredo Schulze. II. D'Amelio, Monica Tais Siqueira. III. Kasemodel, Mariana Consiglio. IV. Título.

CDD 363.73874

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
+55 (42) 3323-5493
+55 (42) 99955-2866
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

CONSELHO EDITORIAL

CONSELHO EDITORIAL

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Ariadna Faria Vieira – Universidade Estadual do Piauí
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Cirênio de Almeida Barbosa – Universidade Federal de Ouro Preto
Prof. Dr. Cláudio José de Souza – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Fabrício Moraes de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Glécilla Colombelli de Souza Nunes – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná
Prof. Dr. Joachin de Melo Azevedo Sobrinho Neto – Universidade de Pernambuco
Prof. Dr. João Paulo Roberti Junior – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Juliana Abonizio – Universidade Federal de Mato Grosso
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Prof. Dr. Sérgio Nunes de Jesus – Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

RESUMO

O efeito estufa é um fenômeno importante que ocorre naturalmente e possibilita o desenvolvimento da vida na Terra. No entanto, o aumento da concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera intensifica esse fenômeno e desequilibra a dinâmica dos ecossistemas. Sendo assim, o planeta está experienciando as mudanças climáticas, marcadas por eventos extremos que impactam as atividades econômicas, a sociedade e o meio ambiente. Diante de incertezas e visando o embasamento para tomada de decisão, ferramentas para gestão de riscos são fundamentais em uma organização. A partir desse contexto de potenciais eventos indesejados em decorrência das mudanças climáticas, o objetivo deste trabalho é analisar os riscos aos quais determinada organização está suscetível, considerando possíveis novos cenários e oportunidades. Especialmente em uma indústria química, as mudanças climáticas podem afetar diversas atividades e operações, sendo relevante uma avaliação baseada em riscos ambientais, de segurança ocupacional e de qualidade. Para avaliar de forma eficaz os efeitos das mudanças climáticas na organização, é fundamental compreender respectivos conceitos e impactos, bem como o contexto específico em que está inserida. A partir desse entendimento, é possível desenvolver uma matriz de análise de riscos fundamentada na literatura especializada, permitindo identificar e analisar de forma sistemática os impactos das mudanças climáticas sobre a organização. Com base nessa análise, os riscos associados podem ser avaliados por meio de uma matriz de análise preliminar, proporcionando uma base sólida para o planejamento estratégico e a tomada de decisão. Para avaliar os impactos das mudanças climáticas nas atividades industriais, foi utilizada uma matriz de análise preliminar de riscos. A aplicação da ferramenta permitiu identificar os principais riscos climáticos, com destaque para as ondas de calor, responsáveis por 75% dos eventos mapeados. Apesar de muitos riscos serem considerados improváveis, a alta frequência de eventos com severidade prejudicial e a quantidade expressiva de riscos substanciais evidenciam a vulnerabilidade das operações industriais. As áreas de Produção e Logística foram as mais afetadas, sobretudo quanto à segurança ocupacional e à qualidade dos processos. Com base na análise, foi identificado que 45% dos riscos são classificados como improváveis, 60% como prejudiciais e 45% como substanciais. Esses dados reforçam a importância de um planejamento preventivo robusto, com revisão contínua dos Planos de Contingência e adoção de medidas técnicas para mitigar os efeitos de eventos extremos. Investimentos em tecnologias mais eficientes, infraestrutura resiliente e capacitação das equipes são essenciais para aumentar a resiliência industrial. Assim, torna-se fundamental incorporar a variável climática na gestão de riscos, assegurando a continuidade operacional, a proteção ambiental e a segurança dos trabalhadores.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão de riscos; Eventos climáticos extremos; Meio ambiente; Segurança; Qualidade.

ABSTRACT

ABSTRACT

The greenhouse effect is an important natural phenomenon that enables the development of life on Earth. However, the increased concentration of greenhouse gases in the atmosphere intensifies this phenomenon and disrupts the dynamics of ecosystems. As a result, the planet is experiencing climate change, marked by extreme events that impact economic activities, society, and the environment. Given these uncertainties and aiming to provide a foundation for decision-making, risk management tools are essential in an organization. In this context of potential negative events resulting from climate change, it is necessary to analyze the risks to which a particular organization is susceptible, considering possible new scenarios and opportunities. Especially in the chemical industry, climate change can affect different activities and operations, so it is relevant to conduct a risk assessment based on environmental, occupational safety and quality topics. To effectively assess the impacts of climate change on the chemical industry, it is essential to understand its key concepts and effects, as well as the specific context in which the organization operates. Based on this understanding, it is possible to develop a risk analysis matrix grounded in specialized literature, enabling the systematic identification and analysis of climate change impacts on the organization. From this analysis, associated risks can be assessed through a preliminary risk analysis matrix, providing a solid foundation for strategic planning and decision-making. To evaluate the impacts of climate change on industrial activities, a preliminary risk analysis matrix was used. The application of this tool made it possible to identify the main climate-related risks, with heatwaves standing out, accounting for 75% of the mapped events. Although many risks are considered unlikely, the high frequency of events with harmful severity and the significant number of substantial risks highlight the vulnerability of industrial operations. The Production and Logistics areas were the most affected, particularly regarding occupational safety and process quality. According to the analysis, it was revealed that 45% of the risks are classified as unlikely, 60% as harmful, and 45% as substantial. These findings reinforce the importance of robust preventive planning, including continuous review of Contingency Plans and the adoption of technical measures to mitigate the effects of extreme events. Investments in more efficient technologies, resilient infrastructure, and staff training are essential to increase industrial resilience. Therefore, it is crucial to incorporate the climate variable into risk management to ensure operational continuity, environmental protection, and worker safety.

KEYWORDS: Risk management; Extreme weather events; Environment; Safety; Quality.

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CGV	Cadeia Global de Valor
COV	Compostos Orgânicos Voláteis
EPI	Equipamento de Proteção Individual
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
GEE	Gases de Efeito Estufa
GWP	Global Warming Potential
IBC	Intermediate Bulk Container
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
NIOSH	National Institute of Occupational Safety and Health
OIT	Organização Internacional do Trabalho
ONU	Organização das Nações Unidas
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
PGR	Programa de Gerenciamento de Riscos
PNMC	Política Nacional sobre Mudanças Climática
WRI	World Resources Institute
%	percentual
°C	graus Celsius
ppm	parte por milhão

SUMÁRIO

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 1

2. OBJETIVOS 4

2.1 OBJETIVO GERAL 4

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 4

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 5

3.1 MEIO AMBIENTE 5

3.1.1 Emissões atmosféricas 5

3.1.2 Atividade antrópica 7

3.1.3 Sistema de gestão ambiental 11

3.1.4 Avaliação de riscos climáticos 13

3.2 SEGURANÇA OCUPACIONAL 16

3.2.1 Norma Regulamentadora No. 1 (NR-1) 17

3.2.2 Norma Regulamentadora No. 9 (NR-9) 18

3.2.3 Norma Regulamentadora No. 15 (NR-15) 18

3.2.4 Segurança Ocupacional e mudanças climáticas 19

3.3 QUALIDADE 19

3.3.1 Gestão da Qualidade e mudanças climáticas 21

3.4 GERENCIAMENTO DE RISCO 21

3.4.1 Análise Preliminar de Riscos 23

3.4.1.1 Identificação dos riscos 24

3.4.1.2 Análise dos riscos 25

3.4.1.3 Avaliação dos riscos 25

3.4.1.4 Tratamento dos riscos 27

SUMÁRIO

SUMÁRIO

4. METODOLOGIA 28
4.1 ESCOLHA PELA ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCO 28
4.2 MÉTODO DESENVOLVIDO 28
4.2.1 Matriz para análise preliminar de riscos 28
4.2.2 Entrevistas e *brainstorming* 30

5. DESCRITIVO DOS PROCESSOS ANALISADOS 31
5.1 A INDÚSTRIA 31
5.1.1 Produção 31
5.1.2 Logística 32
5.1.3 Infraestrutura 32
5.1.4 Estação de Tratamento de Efluentes 32

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES 34
6.1 PRODUÇÃO 34
6.2 LOGÍSTICA 37
6.3 INFRAESTRUTURA 39
6.4 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES 41
6.5 ANÁLISES 43

7. CONCLUSÃO 47

REFERÊNCIAS 49

SOBRE OS AUTORES 56

1. INTRODUÇÃO

O mundo passou por uma grande transformação econômica, social e ambiental com a Revolução Industrial do Século XIX. Esse processo foi marcado por inovações como a introdução de máquinas, novas técnicas de fabricação e o uso intensivo de recursos naturais, especialmente combustíveis fósseis como carvão, petróleo e gás natural. Além de melhorias tecnológicas e aumento da variedade de produtos para atender a sociedade, as relações de trabalho e o impacto ambiental do homem na natureza foram alterados em uma proporção sem precedentes (MCNEILL, 2000).

O homem sempre buscou na natureza recursos para satisfazer suas necessidades. A economia passou de um modelo predominantemente agrícola para um enfoque na industrialização em massa. Com o advento de novas tecnologias, como a máquina a vapor, a demanda por matérias-primas como carvão, ferro e madeira aumentou exponencialmente. Para geração de energia e calor, aumentou-se o consumo de combustíveis fósseis. Os processos industriais cada vez mais geraram resíduos que, por sua vez, eram dispostos na natureza. Além disso, os donos dos meios de produção desmataram grande parte da área verde global a fim de expandir os negócios (MCNEILL, 2000).

Esses são exemplos de atividades antrópicas que emitem gases de efeito estufa (GEE) para atmosfera, como o dióxido de carbono, metano, óxido de nitroso e hidrofluorcarbonos. Naturalmente, alguns desses gases são liberados por processos como a respiração de organismos, a decomposição de matéria orgânica e erupções vulcânicas, desempenhando um papel essencial na regulação da temperatura da Terra. No entanto, a Revolução Industrial e o crescimento populacional intensificaram significativamente as emissões de GEE provenientes de atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis, desmatamento e agricultura intensiva. Essas práticas aumentam a concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, superando a capacidade natural do planeta de absorver e equilibrar esses gases (MENDES, 2024).

A acumulação desses gases não apenas intensificou o efeito estufa, como alterou a dinâmica climática da Terra, causando um aumento nas temperaturas globais. O aquecimento global causa o derretimento das calotas polares e das geleiras, que, por sua vez, contribuem para a elevação do nível do mar e alterações nos

padrões de precipitação. Além disso, a intensificação do efeito estufa tem gerado eventos climáticos extremos, como secas prolongadas, furacões mais intensos e inundações, impactando ecossistemas, agricultura e a vida humana. Essas mudanças comprometem a biodiversidade e desafiam a resiliência das sociedades (JUNGES; SANTOS; MASSONI; SANTOS, 2018).

As mudanças climáticas impactam a natureza, a sociedade e as indústrias, remodelando paisagens econômicas e dinâmicas sociais. À medida que eventos climáticos extremos se tornam mais frequentes e severos, indústrias enfrentam interrupções significativas, levando a uma redução na produtividade e ao aumento dos custos operacionais, associados ao aumento de riscos ambientais, de qualidade e de segurança ocupacional (JUNGES; SANTOS; MASSONI; SANTOS, 2018).

No contexto de uma indústria química, o calor excessivo pode impactar a integridade dos produtos e o desempenho das máquinas, resultando em problemas de controle de qualidade. Os riscos associados ao trabalho se intensificam, uma vez que a exposição a temperaturas extremas pode colocar em perigo a saúde dos trabalhadores, aumentando a probabilidade de desidratação, doenças relacionadas ao calor e acidentes no trabalho. Além disso, a forma como a indústria interage com o meio ambiente deve ser reavaliada, uma vez que os processos produtivos podem sofrer diversas alterações diante das mudanças climáticas (DQS DO BRASIL, 2024).

À medida que as indústrias enfrentam esses desafios multifacetados, elas devem adotar estratégias adaptativas e investir em práticas resilientes para mitigar os efeitos adversos do aquecimento global em suas operações e força de trabalho (DQS DO BRASIL, 2024).

A gestão de riscos é fundamental em uma organização, pois a permite identificar, avaliar e mitigar potenciais ameaças que podem impactar as operações, a rentabilidade e a reputação. Ao analisar sistematicamente os riscos - sejam eles provenientes de incertezas financeiras, mudanças regulatórias, interrupções na cadeia de suprimentos ou fatores ambientais - as empresas podem desenvolver estratégias proativas para minimizar impactos negativos. O gerenciamento de risco conduz as organizações a tomar decisões informadas, alocar recursos de forma eficiente e manter a conformidade (ABNT, 2018).

Ao integrar as alterações climáticas em suas estruturas de gestão de riscos, as indústrias podem mitigar perdas potenciais, associadas ao novo contexto, e aproveitar oportunidades de inovação e crescimento, posicionando-se como líderes em um mercado em rápida evolução que também preza pela sustentabilidade e valoriza práticas ecoeficientes (BUREAU VERITAS, 2024).

Atualmente, diversas instituições, como o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC), Organização das Nações Unidas (ONU) e World Resources Institute (WRI), desenvolvem e publicam dados sobre as questões climáticas, informando a sociedade quanto à gravidade do tema e orientando quanto à necessidade de medidas de adaptação e mitigação frente às mudanças climáticas.

Além disso, a Organização Internacional do Trabalho (OIT), a Occupational Safety and Health Administration (OSHA) e o Ministério do Trabalho oferecem um histórico rico de orientações sobre Segurança Ocupacional. Complementarmente, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e estudiosos como Joseph M. Juran e W. Edwards Deming apresentam diversos conceitos e metodologias para a gestão da qualidade nas organizações.

No entanto, essas informações estão dispersas. Para Gil (1996), uma pesquisa é desenvolvida "quando a informação disponível se encontra em tal estado de desordem que não possa ser adequadamente relacionada ao problema".

Diante da urgência do tema de mudanças climáticas e os riscos associados, esse estudo possibilita uma análise contextualizada e que aborda questões relevantes em uma indústria química. Ao explorar questões ambientais, de segurança ocupacional e de qualidade, o presente trabalho visa despertar o interesse de profissionais da área e promover uma reflexão crítica quanto ao protagonismo da indústria na mitigação dos impactos associados às mudanças climáticas.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Esse trabalho tem o objetivo de realizar uma análise de riscos no contexto de uma indústria química diante das mudanças climáticas, uma vez que têm o potencial de impactar as atividades da organização em diferentes questões, como ambiental, de segurança ocupacional e de qualidade.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para atingir o objetivo principal, é fundamental:

a. Compreender os principais conceitos e impactos das mudanças climáticas em uma indústria química;
b. Entender o contexto de uma indústria química;
c. Desenvolver uma matriz para a análise de riscos, baseada na literatura;
d. Identificar e analisar os impactos das mudanças climáticas em uma indústria química, considerando o contexto organizacional;
e. Avaliar os riscos associados por meio de uma matriz de análise preliminar.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 MEIO AMBIENTE

3.1.1 Emissões atmosféricas

Emissão atmosférica pode ser definida como o lançamento na atmosfera de qualquer matéria líquida, sólida ou gasosa, provenientes de diversas fontes como indústrias, veículos, queima de combustíveis fósseis e atividades agrícolas. Essas emissões podem ser classificadas em poluentes atmosféricos e gases de efeito estufa (GEE), que possuem impactos significativos no meio ambiente e na saúde humana (MENDES, 2024).

Para CETESB (2024), poluente é definido da seguinte maneira:

> Qualquer substância presente no ar e que, pela sua concentração, possa torná-lo impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, causando inconveniente ao bem-estar público, danos aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

Os principais poluentes, de acordo com CETESB (2024), são definidos como:

1. Material Particulado (MP): partículas sólidas ou líquidas suspensas no ar, como poeira, fuligem e fumaça. O material particulado pode causar doenças respiratórias e cardiovasculares;
2. Óxidos de Nitrogênio (NOx): resultantes da combustão de combustíveis, os NOx contribuem para a formação de ozônio troposférico, um poluente secundário que afeta a qualidade do ar e pode agravar problemas respiratórios;
3. Dióxido de Enxofre (SO_2): emissões provenientes da queima de carvão e petróleo, é um precursor da chuva ácida, que prejudica ecossistemas aquáticos e terrestres;
4. Monóxido de Carbono (CO): gás tóxico resultante da combustão incompleta de combustíveis, pode causar sérios problemas de saúde, especialmente em ambientes fechados.

O efeito estufa é, essencialmente, um fenômeno natural que permite à Terra manter temperaturas adequadas para o desenvolvimento da vida. A radiação solar de onda curta atinge a superfície terrestre, é parcialmente absorvida pela superfície terrestre e, em seguida, reemitida na forma de onda longa radiação infravermelha (calor). Os responsáveis por esse fenômeno são os gases de efeito estufa, como o dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O), que absorvem a radiação solar e a reemitem, mantendo o calor na atmosfera. No entanto, atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis, o desmatamento e a agricultura intensiva, têm aumentado consideravelmente as concentrações desses gases, intensificando o efeito estufa e, consequentemente, elevando as temperaturas globais (JUNGES; SANTOS; MASSONI; SANTOS, 2018).

A intensificação do efeito estufa resulta em mudanças climáticas significativas, que se manifestam em padrões climáticos alterados, aumento da frequência e intensidade de eventos extremos, como furacões, secas e inundações, e a elevação do nível do mar. Essas mudanças têm implicações profundas para ecossistemas, economias e sociedades em todo o mundo, exacerbando problemas como a insegurança alimentar, a escassez de água e a migração forçada. A resposta a essas questões requer ações coordenadas e urgentes, incluindo a redução das emissões de gases de efeito estufa e a implementação de práticas sustentáveis em diversas esferas, como a energia, a agricultura e o uso do solo (JUNGES; SANTOS; MASSONI; SANTOS, 2018).

De acordo com IPCC (2013), Potencial de Aquecimento Global (Global Warming Potential, GWP) é uma medida que avalia a capacidade de um gás de efeito estufa de reter calor na atmosfera em comparação ao dióxido de carbono (CO_2) ao longo de um período específico, geralmente de 100 anos. De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima, IPCC, o GWP considera tanto a intensidade do efeito estufa de cada gás quanto o tempo que ele permanece na atmosfera antes de ser removido por processos naturais. Essa métrica é essencial para entender o impacto relativo dos diferentes gases nas mudanças climáticas e para formular políticas de mitigação que visem reduzir as emissões de gases de efeito estufa de forma eficaz.

O IPCC, criado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (ONU Meio Ambiente) e pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) em 1988 tem o objetivo de fornecer avaliações científicas regulares sobre a mudança do clima, suas implicações e possíveis riscos futuros, bem como propor opções de adaptação e mitigação (BRASIL, 2022a).

Abaixo algumas considerações sobre os principais GEE.

- Dióxido de Carbono (CO_2): Apresenta GWP de 1; é o gás de efeito estufa mais significativo em termos de volume. Sua principal fonte é a queima de combustíveis fósseis e a desmatamento, que liberam carbono armazenado na biosfera (IPCC, 2013);
- Metano (CH_4): Possui GWP de aproximadamente 28 vezes maior que o CO_2 ao longo de 100 anos. O metano é emitido durante a produção e transporte de carvão, gás natural e petróleo, além de ser liberado por atividades agrícolas, como a digestão de ruminantes e o manejo de resíduos orgânicos (IPCC, 2013);
- Óxido Nitroso (N_2O): Com um GWP de cerca de 298 maior que o CO_2 ao longo de 100 anos, o N_2O é principalmente resultante do uso de fertilizantes nitrogenados na agricultura e de processos industriais. Sua capacidade de retenção de calor na atmosfera é significativa, o que o torna um gás de preocupação em relação às emissões agrícolas (IPCC, 2013);
- Hidrofluorcarbonetos (HFCs): Utilizados em refrigerantes e sistemas de ar-condicionado, os HFCs apresentam GWPs muito elevados, variando de 124 até mais de 14.000, dependendo do composto. Embora representem uma fração menor das emissões de GEE, seu impacto é desproporcional em termos de aquecimento global (IPCC, 2013);
- Ozônio troposférico (O_3 troposférico): Diferente do ozônio estratosférico, é um poluente secundário formado por reações fotoquímicas entre óxidos de nitrogênio (NO_x) e compostos orgânicos voláteis (COVs), sendo prejudicial à saúde humana e à vegetação (IPCC, 2013);
- Trifluoreto de nitrogênio (NF_3): utilizado principalmente na indústria de eletrônicos, possui um potencial de aquecimento global (GWP) extremamente alto e uma longa vida atmosférica, o que o torna um potente gás de efeito estufa (IPCC, 2013);
- Hexafluoreto de enxofre (SF_6): empregado como isolante elétrico em equipamentos de alta tensão, apresenta um dos maiores GWPs entre todos os gases conhecidos, além de ser extremamente estável
- Clorofluorocarbonetos (CFCs): antigamente, eram amplamente utilizados como propelentes e refrigerantes, mas atualmente são proibidos devido ao seu potencial de destruírem a camada de ozônio, embora ainda persistam na atmosfera devido à sua estabilidade química (IPCC, 2013).

3.1.2 Atividade antrópica

A cadeia de valor de uma organização, ao longo de suas etapas, exerce um impacto significativo no meio ambiente. A extração de recursos naturais para a obtenção de matéria-prima, o uso intensivo de energia e água durante os processos produtivos e a emissão de gases de efeito estufa e poluentes atmosféricos durante o transporte e distribuição dos produtos contribuem para a degradação ambiental (PIKETTY, 2014).

No Século XIX, os fluxos de capitais eram principalmente destinados a investimentos em infraestrutura produtiva nos países exportadores de *commodities*. Atualmente, a globalização marca uma nova fase nas relações internacionais, com a livre mobilidade de capital se expandindo para todos os setores das economias ao redor de todo o mundo (ROMEIRO, 1999).

O framework da Cadeia Global de Valor (CGV), rede mundial de processos produtivos, permite entender o impacto das indústrias ao examinar a estrutura e dinâmica das diferentes partes envolvidas ao redor do mundo. O foco da CGV está nas sequências de valor agregado dentro de uma indústria, desde a concepção até a produção e uso final. Ela analisa questões ambientais, condições de trabalho, tecnologias, regulamentações, produtos e processos, oferecendo uma visão abrangente das indústrias globais, tanto em uma concepção "top down" como "bottom up" (GEREFFI; FERNANDEZ-STARK, 2011).

Os interesses econômicos de uma organização podem ser beneficiados por meio do desenvolvimento das relações internacionais. No entanto, o desenvolvimento sustentável também deve ser avaliado no contexto de globalização, pois os impactos da degradação ambiental ultrapassam as fronteiras de cada país e afetam a vida globalmente (BRASIL, 2010c).

As grandes instituições, em função de sua influência, definem a estrutura das Cadeias Globais de Valor através de políticas e regulamentos que impactam diretamente as práticas comerciais. Elas podem facilitar o acesso a mercados, promover acordos comerciais e incentivar a adoção de padrões de sustentabilidade. Com isso, as decisões tomadas por essas instituições afetam não apenas a competitividade das empresas, mas também a forma como os recursos são alocados e como as comunidades são impactadas, no âmbito econômico, social e ambiental (COSTA, 2021).

No final do século XVIII, a Revolução Industrial transformou as economias agrárias em sociedades industrializadas. Esse período foi caracterizado pela introdução de máquinas, novas técnicas de fabricação e o uso intensivo de recursos naturais, especialmente combustíveis fósseis como carvão, petróleo e gás natural. Essa transição não apenas impulsionou o crescimento econômico, mas também teve consequências ambientais severas. Nesse sentido, entende-se que a atividade humana causou mudanças sem precedentes na natureza (MCNEILL, 2000).

Desde a Revolução Industrial, a emissão de gases de efeito estufa (GEE) aumentou significativamente. A concentração de dióxido de carbono, um dos principais GEE, na atmosfera subiu de 280 ppm para cerca de 412 ppm, intensificando o efeito estufa e ocasionando mudanças climáticas. As principais atividades humanas responsáveis pelo aquecimento global, em decorrência do acúmulo de GEE na atmosfera e

intensificação do efeito estufa, incluem a queima de combustíveis fósseis para energia, transporte e indústrias; a conversão do uso do solo; a agropecuária; o descarte de resíduos sólidos e o desmatamento (WWF, 2024).

Dados de instituições globais de proteção ambiental indicam que as emissões globais anuais de gases de efeito estufa cresceram 41% desde 1990. O consumo de energia, para transporte, geração de calor, eletricidade e outras atividades humanas que queimam combustíveis, é responsável por 73% das emissões mundiais de gases de efeito estufa. Em seguida, os setores de maior contribuição são: agropecuária, responsável por 12% das emissões; uso da terra, mudança no uso da terra e silvicultura (6,5%) e processos industriais de produtos químicos, cimento e outros (5,6%) (BRASIL, 2020).

A Figura 1 evidencia o aumento da concentração de dióxido de carbono a partir de 1850 e que, aproximadamente, 53% da emissão de CO_2 em todo o mundo ocorreu a partir de 1990 (BRASIL, 2021).

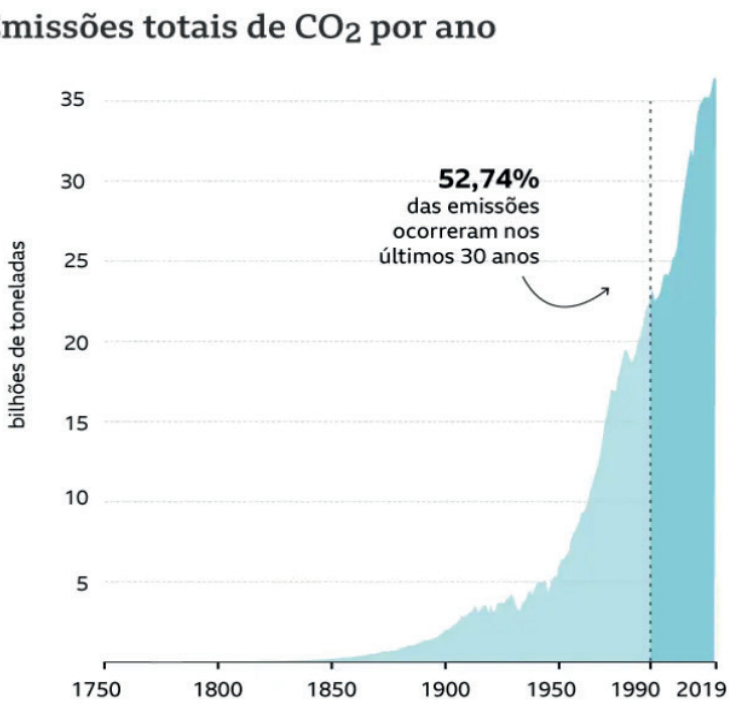

Figura 1 – Emissão Global de CO2 por ano

Fonte: BRASIL (2021) adaptada pelo autor.

Complementarmente, pode-se observar a Figura 2, que evidencia o aumento da temperatura global a partir de 1880. Um dos principais fatores para a anomalia no comportamento da temperatura da superfície da Terra é o aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera (NASA, 2020).

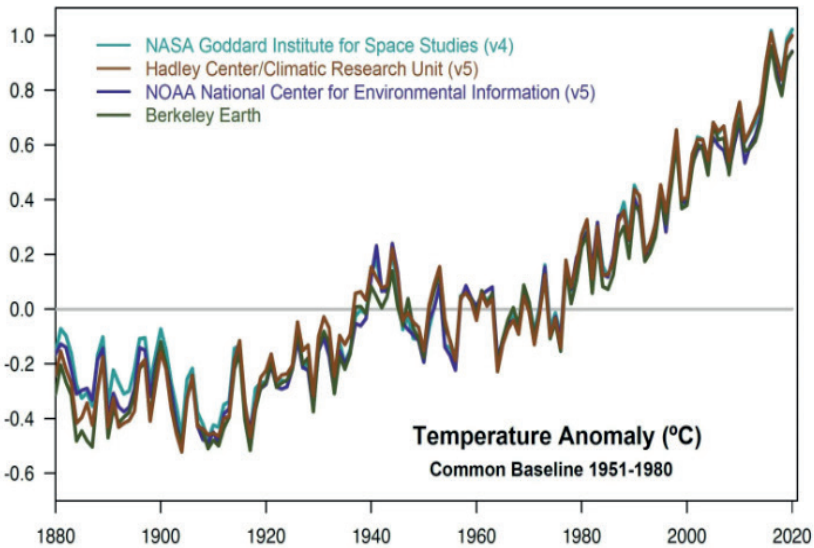

Figura 2 – Anomalia da temperatura entre 1880 e 2019

Fonte: NASA (2020).

Estudos de IPCC (2013) apontam que mais da metade do aumento na temperatura média terrestre entre 1951 e 2010 é atribuído ao aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, em decorrência das atividades humanas. A estimativa para a contribuição do aquecimento induzido pelo homem está entre 0,5°C e 1,3°C. Complementarmente, outros forçamentos antropogênicos, como o resfriamento causado pelos aerossóis, variam de -0,6°C a 0,1°C. As contribuições de forçamentos naturais e da variabilidade interna natural são estimadas entre -0,1°C e 0,1°C. Juntas, essas contribuições explicam o aquecimento observado de aproximadamente 0,6°C a 0,7°C nesse período (IPCC, 2013).

Diante da urgência do tema, foi criado o Acordo de Paris. É um tratado internacional sobre mudanças climáticas, firmado em 2015 durante a 21ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (COP21). O principal objetivo do Acordo é limitar o aumento da temperatura global a menos de 2°C acima dos níveis pré-industriais, com esforços para restringir esse

aquecimento a 1,5°C. Os países signatários se comprometem a apresentar e atualizar suas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs), que são planos de ação para reduzir as emissões de gases de efeito estufa. Além disso, o Acordo de Paris visa incentivar a transparência e a responsabilidade entre os países, estabelecendo mecanismos para monitorar e reportar o progresso em relação às suas atividades quanto às metas climáticas. O tratado reconhece a importância da adaptação às mudanças climáticas e do apoio financeiro para países em desenvolvimento, a fim de promover um desenvolvimento sustentável e resiliente (BRASIL, 2017).

A proposta de limitar o aquecimento global a até 1,5°C está alinhada com os objetivos do Acordo de Paris. Essa meta busca evitar os impactos mais severos das mudanças climáticas, que podem resultar em desastres naturais, perda de biodiversidade, escassez de recursos hídricos e ameaças à segurança alimentar. O limite de 1,5°C é considerado um ponto crítico, além do qual os efeitos adversos se tornam exponencialmente mais graves. Para alcançar essa meta, é necessário implementar uma série de ações, incluindo a redução expressiva das emissões de gases de efeito estufa, a transição para fontes de energia renováveis, a promoção da eficiência energética e a adoção de práticas de uso do solo sustentáveis (BRASIL, 2017). O IPCC destaca que, para manter o aquecimento dentro desse limite, seria preciso alcançar emissões líquidas de carbono zero até 2050. Essa mudança requer um esforço global coordenado, envolvendo governos, indústrias e a sociedade civil, para garantir um futuro sustentável e minimizar os riscos associados às mudanças climáticas (IPCC, 2013).

Em 2024, o mundo ultrapassou pela primeira vez o limite de aquecimento global de 1,5 °C em relação aos níveis pré-industriais, conforme estabelecido pelo Acordo de Paris. Segundo a Organização Meteorológica Mundial, a temperatura média global atingiu 1,6 °C acima dos níveis pré-industriais, tornando 2024 o ano mais quente já registrado. Esse aumento foi impulsionado tanto pelas emissões humanas quanto pelo fenômeno El Niño. Esse marco histórico acende um alerta sobre a iminência de impactos climáticos mais severos e a necessidade urgente de ações mais ambiciosas para conter o aquecimento global (Cannon, 2025).

3.1.3 Sistema de gestão ambiental

O desenvolvimento sustentável é fundamental para equilibrar as necessidades econômicas, sociais e ambientais da atualidade, assegurando que as gerações futuras possam usufruir dos recursos do planeta e não sofram as consequências das alterações climáticas. A integração dos três pilares da sustentabilidade (econômico, social, ambiental) é essencial para enfrentar desafios contemporâneos, como as mudanças climáticas e a desigualdade social, tornando a colaboração entre governos, empresas e sociedade civil imprescindível na construção de um futuro mais justo e sustentável (UNITED NATIONS, 2015).

As demandas da sociedade frente à responsabilidade ambiental têm crescido, seja pela conscientização do tema ou por pressões legislativas. Em resposta, as organizações têm adotado uma abordagem sistemática para a gestão ambiental, implementando sistemas de gestão que visam fortalecer o pilar ambiental da sustentabilidade (ABNT, 2015a).

Uma das principais Normas orientativas quanto à gestão ambiental é a ABNT NBR ISO 14001:2015, cujo objetivo é fornecer às organizações "uma estrutura para a proteção do meio ambiente e possibilitar uma resposta às mudanças das condições ambientais em equilíbrio com as necessidades socioeconômicas" (ABNT, 2015a).

Dentro da sistemática abordada na Norma, estão orientações para (ABNT, 2015a):

> Proteção do meio ambiente pela prevenção ou mitigação dos impactos ambientais adversos; mitigação de potenciais efeitos adversos das condições ambientais da organização; controle ou influência no modo em que os produtos e serviços da organização são projetados, fabricados, distribuídos, consumidos e descartados, utilizando uma perspectiva de ciclo de vida que possa prevenir o deslocamento involuntário dos impactos ambientais dentro do ciclo de vida.

Para manter a conformidade do sistema de gestão ambiental, ABNT (2015a) ressalta itens importantes. Entre eles, o item 4.1 "Entendendo a organização e seu contexto"; 4.2 "Entendendo as necessidades e expectativas de partes interessadas" e 6.1.2 "Aspectos ambientais".

O item 4.1 "Entendendo a organização e seu contexto" sugere que a organização deve "determinar questões externas e internas que sejam pertinentes para o seu propósito e que afetem [ou são capazes de afetar] sua capacidade de alcançar os resultados pretendidos" (ABNT, 2015a).

O item 4.2 "Entendendo as necessidades e expectativas de partes interessadas" orienta a organização quanto a determinação das partes interessadas pertinentes ao sistema de gestão ambiental e respectivas necessidades e expectativas (ABNT, 2015a).

Diretamente relacionado aos itens citados, o 6.1.2 "Aspectos ambientais" orienta que a organização deve "determinar os aspectos ambientais de suas atividades, produtos e serviços os quais ela possa controlar e aqueles que ela possa influenciar, e seus impactos ambientais associados" (ABNT, 2015a). Para isso, a organização deve levar em consideração (ABNT, 2015a): "mudanças, incluindo desenvolvimentos planejados ou novos, e atividades, produtos e serviços novos ou modificados; condições anormais e situações de emergenciais razoavelmente previsíveis".

Em fevereiro de 2024, a International Accreditation Forum e International Organization for Standardization publicaram um Comunicado contemplando atualização das Normas ISO com emendas relacionadas às ações diante das mudanças climáticas (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2024).

Com a emenda mencionada, a International Organization for Standardization (ISO) exige que as organizações analisem a relevância das mudanças climáticas em suas operações. Essa atualização ressalta o comprometimento da ISO com as questões climáticas e incentiva as organizações certificadas a incorporarem análises sobre mudanças climáticas e seus impactos nos negócios, nas comunidades e no contexto organizacional como um todo (BUREAU VERITAS, 2024).

As mudanças climáticas podem alterar a forma como uma organização está estruturada. Eventos climáticos extremos, como inundações e secas, podem danificar instalações de produção, impactando cadeias de abastecimento e afetando organizações de serviços. Nesse sentido, a organização deve avaliar o impacto das alterações climáticas em toda a cadeia de valor e deve realizar análises considerando os riscos aos quais possa estar suscetível (DQS DO BRASIL, 2024).

3.1.4 Avaliação de riscos climáticos

Risco pode ser definido como o potencial associado a consequências adversas para sistemas humanos ou ecológicos, considerando a diversidade de valores e objetivos associados a tais sistemas (IPCC, 2022). Complementarmente, no contexto de mudanças climáticas, IPCC (2022, traduziu-se) define que:

> Os riscos resultam das interações dinâmicas entre os perigos relacionados ao clima e a exposição e vulnerabilidade do sistema humano ou ecológico afetado. Os perigos, a exposição e a vulnerabilidade podem estar sujeitos a incertezas em termos de magnitude e probabilidade de ocorrência, e cada um pode mudar ao longo do tempo e do espaço devido a mudanças socioeconômicas e à tomada de decisões humanas.

Pode-se definir que risco se associa às consequências (impactos) às quais determinado local está sujeito quando há atributos de valor expostos e quando o resultado é incerto (probabilidade de ocorrência de um perigo) (IPCC, 2014).

As alterações climáticas, associadas a processos socioeconômicos, como planos para adaptação e mitigação frente a elas, são fatores que influenciam a definição de perigo, exposição e vulnerabilidade, levando a riscos climáticos e seus efeitos sobre os sistemas naturais e humanos. Essa estrutura é interligada, pois os riscos, ao se materializarem, impactam tanto os processos socioeconômicos quanto o sistema climático (BRASIL, 2024).

O relatório do IPCC de 2014 apresenta os principais efeitos da mudança do clima na América do Sul e Brasil, conforme Quadro 1.

Riscos	Detalhamento
Aumento da temperatura	Aumento da temperatura para a América do Sul até 2100, sendo um aquecimento de +1,7°C até +6,7°C para o Brasil
Variação de precipitação	Aumentos ou diminuições da precipitação para a América do Sul até 2100. Variações na precipitação observadas sugerem uma redução de 22% na região Nordeste do Brasil e na parte Oriental da Amazônia e um acréscimo de 25% no Sul e Sudeste do Brasil. As projeções para 2100 mostram um crescimento dos períodos de seca no Nordeste do Brasil e na Amazônia e de dias e noites mais quentes na maior parte do Sul do Brasil
Escassez hídrica	Risco de escassez de abastecimento de água deverá aumentar devido a reduções de precipitação e do aumento da evapotranspiração nas regiões semiáridas, afetando o abastecimento de água nas cidades, a geração de energia hidroelétrica e com impactos particularmente para a agricultura de subsistência
Disponibilidade de água	Mudanças nas vazões e na disponibilidade de água foram observadas e deverão continuar na América do Sul. O Sul e Sudeste do Brasil serão as regiões mais vulneráveis
Variação no nível do mar	Aumento do nível médio relativo do mar e as atividades humanas sobre os ecossistemas costeiros e marinhos representam ameaças para as populações de peixes, corais, manguezais, o lazer e o turismo, e para o controle de doenças. O nível do mar variou de 2 a 7 mm ao ano no período entre 1950 e 2008
Saúde humana	Mudanças nos padrões de tempo e clima estão afetando negativamente a saúde humana por meio do aumento da morbidade, mortalidade e deficiência, e por meio do aparecimento de doenças em áreas anteriormente não endêmicas. Há uma correlação com nível alto de confiança entre as mudanças climáticas e doenças cardiovasculares e respiratórias, doenças transmitidas pela água (malária, dengue, febre amarela), entre outras. Os riscos para a saúde se exacerbarão com as taxas de crescimento populacional regional e as vulnerabilidades nos sistemas de abastecimento de água, saneamento, gestão dos resíduos, nutrição, poluição, etc.

Quadro 1 – Riscos climáticos

Fonte: Adaptado de Brasil (2024).

A mudança climática exige que a sociedade atue por meio da mitigação e da adaptação. A mitigação envolve a diminuição das emissões de gases de efeito estufa (GEE) para evitar ou minimizar os efeitos das mudanças climáticas, enquanto a adaptação visa reduzir os impactos negativos e aproveitar eventuais oportunidades. A adaptação é necessária, independentemente da quantidade de emissões reduzidas, já que as atividades humanas já alteraram o clima, levando a recordes anuais na temperatura média global (BRASIL, 2024).

Diante do exposto, é evidente que o aquecimento global e a mudança do clima estão relacionados à dependência global nos combustíveis fósseis para suprimento de calor, geração de eletricidade e transporte. Para Viola (2009), exemplos de medidas para redução das emissões de gases de efeito estufa e, portanto, amenizar a intensificação do efeito estufa são: acelerar o ritmo de crescimento da eficiência energética no uso residencial e industrial, nos transportes e no planejamento urbano; usar eficientemente a água no consumo doméstico, agrícola e industrial; aumentar a proporção das energias não-fósseis renováveis (eólica, solar, biocombustíveis e hidrelétrica) na matriz energética mundial; aumentar a reciclagem em todos os níveis da cadeia produtiva e no consumo; incrementar a utilização de técnicas agropecuárias que são virtuosas no ciclo do carbono, como plantio direto, irrigação de precisão e rações de gado que gerem menos metano; estabelecer acordos internacionais que promovam pesquisas integradas interinstitucionais para o desenvolvimento de novas tecnologias de ponta para descarbonizar a matriz energética.

Complementarmente às medidas de mitigação, faz-se necessário que instituições privadas e públicas ajam em planos de adaptação. Em 29 de dezembro de 2009 foi instituída a Política Nacional sobre Mudanças Climática – PNMC. Nessa Lei, adaptação é definida como "iniciativas e medidas para reduzir a vulnerabilidade dos sistemas naturais e humanos frente aos efeitos atuais e esperados da mudança dos climas" (BRASIL, 2009).

Como instrumento da PNMC, há o Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima. O objetivo do Plano é promover a gestão e redução do risco climático no Brasil, aproveitando oportunidades, evitando perdas e construindo instrumentos para a adaptação dos sistemas naturais, humanos, produtivos e de infraestrutura. Para isso, propõe-se integrar a gestão do risco climático nas políticas públicas setoriais e nas estratégias de desenvolvimento nacional, visando influenciar instrumentos de políticas e ampliar a coerência entre elas. A visão para os próximos quatro anos é que todos os setores vulneráveis tenham estratégias estruturadas para a gestão do risco climático (BRASIL, 2016a).

Norteados pela Lei n° 12.187, de 2009, que institui a PNMC, o Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima aborda 11 setores e temas, são eles (BRASIL, 2016): Agricultura, Biodiversidade e Ecossistemas, Cidades, Desastres Naturais, Indústria e Mineração, Infraestrutura (Energia, Transportes e Mobilidade Urbana), Povos e Populações Vulneráveis, Recursos Hídricos, Saúde, Segurança Alimentar e Nutricional e Zonas Costeiras.

Cada capítulo do Volume II – Estratégias Setoriais e Temáticas do Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima traz diretrizes para condução em cada um dos setores citados anteriormente. De acordo com Brasil (2016b), o Capítulo 3 trata da Estratégia de Cidades e tem como objetivo:

> Considerar a lente climática no âmbito das políticas públicas para o planejamento e desenvolvimento urbano e; identificar ações de "não arrependimento" que contribuam diretamente para a redução da vulnerabilidade à mudança do clima e o desenvolvimento de cidades resilientes.

O Capítulo sobre Estratégia de Indústria e Mineração define as seguintes diretrizes para "orientar a criação de políticas que facilitem a adoção de medidas de adaptação pelo setor privado, e promovam a introdução da perspectiva de adaptação na decisão dos atores públicos e privados" (BRASIL, 2016b):

> Aprofundar o conhecimento sobre os impactos e vulnerabilidades específicos para os subsetores industriai; Estabelecer um arcabouço institucional facilitador da implementação das medidas de adaptação; Desenvolver ferramentas de apoio ao processo decisório em Adaptação na Indústria; Sensibilizar as micro e pequenas empresas para introdução do tema de adaptação na agenda de sustentabilidade; Introduzir a consideração do risco climático nas políticas públicas do setor e fomentar sua consideração nas decisões empresariais; Fomentar o segmento da Indústria de bens de capital que favoreçam o aumento da resiliência da sociedade; Fomentar, em conjunto com a Confederação Nacional da Indústria (CNI), uma estratégia de articulação com Sindicatos e Federações de Indústria para o desenvolvimento de estratégias conjuntas de gerenciamento do risco climático em indústrias localizadas em regiões sensíveis; Fomentar práticas de Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE), como ferramenta para incremento da resiliência territorial e industrial.

3.2 SEGURANÇA OCUPACIONAL

A Revolução Industrial teve início na Inglaterra no final do século XVIII e representa um marco na história da humanidade, caracterizado pela transição de uma economia agrária e artesanal para uma baseada na indústria e na manufatura. O novo modelo econômico foi marcado pela mecanização da produção, utilização de novas fontes de energia – como a substituição da madeira por carvão e máquinas a vapor – e a transformação dos meios de produção em capital, através da fabricação de produtos químicos, dos processos de produção do ferro e da indústria têxtil (HOBSBAWM, 1995).

Esse foi um período de grandes transformações econômicas, tecnológicas e sociais. Enquanto os meios de produção passavam por avanço tecnológico, os aspectos laborais eram deteriorados em consequência das precárias condições em que os operadores se encontravam. Os riscos são inerentes ao trabalho, mesmo quando a economia era baseada no artesanato e agricultura. Entretanto, a transformação dos processos industriais piorou as condições de trabalho, uma vez que a produção em larga escala, utilização de máquinas a vapor e fabricação de produtos perigosos aumentou a jornada de trabalho e expos os operadores a diferentes riscos e doenças ocupacionais (ROCHA; LIMA; WALDMAN, 2020).

No início dessas transformações, as indústrias não destinavam recursos para as intervenções necessárias às condições ocupacionais para que o dano à saúde ou à integridade física do trabalhador fosse prevenido. Ao longo da história, então, alguns

marcos ocorreram no âmbito trabalhista. A partir de 1802, as Leis das Fábricas, que visavam proteger mulheres e crianças dos ambientes de trabalho e das jornadas excessivas, começaram a ser aprovadas pelo parlamento britânico. Posteriormente, em 1844, foi publicada a Factories Law 1844, que estabeleceu requisitos como a obrigatoriedade de comunicação e investigação de acidentes fatais e de proteção de máquinas. Nesse mesmo período, em alguns países da Europa, foram aprovadas as primeiras leis relacionadas a acidentes do trabalho (CAMISASSA, 2021).

Mais tarde, no século XX, foram criadas instituições internacionais dedicadas à segurança do trabalho, como: a American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH); o National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) e, no Brasil, a Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho (FUNDACENTRO) (CAMISASSA, 2021).

Em 01 de maio de 1943, foi sancionada a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), pelo então presidente do Brasil Getúlio Vargas. O principal objetivo desse documento é a regulamentar as relações individuais e coletivas do trabalho e proteger os trabalhadores. Alguns dos tópicos abordados na CLT são: Registro do Trabalhador / Carteira de Trabalho; Jornada de Trabalho; Período de Descanso; Medicina do Trabalho; Proteção do Trabalho da Mulher; Organização Sindical; Fiscalização; Justiça do Trabalho e Processo Trabalhista (BRASIL, 1943).

Em 08 de junho de 1978, o Ministério do Trabalho aprova as Normas Regulamentadoras - NR da CLT, relativas à Segurança e Medicina do Trabalho, com o objetivo de reduzir os riscos inerentes ao trabalho, por meio de normas de saúde, higiene e segurança (BRASIL, 1978a).

3.2.1 Norma Regulamentadora No. 1 (NR-1)

O item 1.1.1 da NR-1 estabelece (BRASIL, 1978b):

> O objetivo desta Norma é estabelecer as disposições gerais, o campo de aplicação, os termos e as definições comuns às Normas Regulamentadoras - NR relativas a segurança e saúde no trabalho e as diretrizes e os requisitos para o gerenciamento de riscos ocupacionais e as medidas de prevenção em Segurança e Saúde no Trabalho - SST.

Além das disposições gerais, a norma traz a importância da avaliação de riscos, que deve ser realizada de forma contínua. A NR-1 determina que a organização deve estabelecer o gerenciamento de riscos ocupacionais em suas atividades, incluindo a identificação de perigos, a análise da probabilidade e da gravidade dos acidentes ou doenças ocupacionais e a implementação de medidas de controle, de maneira continuada e atualizada. Além disso, o documento orienta sobre a necessidade de treinamentos e capacitações para que os trabalhadores possam atuar de forma segura em suas funções (BRASIL, 1978b).

3.2.2 Norma Regulamentadora No. 9 (NR-9)

O item 9.1.1 da NR-9 define (BRASIL, 2022b):

> Esta Norma Regulamentadora - NR estabelece os requisitos para a avaliação das exposições ocupacionais a agentes físicos, químicos e biológicos quando identificados no Programa de Gerenciamento de Riscos - PGR, previsto na NR-1, e subsidiá-lo quanto às medidas de prevenção para os riscos ocupacionais.

A Norma estabelece que seu conteúdo, bem como de seus anexos, deve ser utilizado para a prevenção e controle dos riscos ocupacionais decorrentes de agentes físicos, químicos e biológicos. Ressalta a necessidade da adoção das medidas necessárias para a eliminação ou controle das exposições ocupacionais a esses agentes, conforme os critérios estabelecidos nos Anexos, em conformidade com o Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR). A fim de assegurar um ambiente de trabalho seguro e saudável, minimizando os riscos à saúde dos trabalhadores, os principais aspectos que devem ser considerados na identificação das exposições ocupacionais são: descrição das atividades realizadas; identificação dos agentes e das formas de exposição; fatores determinantes da exposição e medidas de prevenção já existentes (BRASIL, 2022b).

A NR-9 e a NR-15 - ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES NR-15 estão interligadas. Enquanto a NR-9 identifica os agentes ambientais - como a exposição ao calor - presentes no local de trabalho, a NR-15 define os critérios para caracterizar a insalubridade das atividades que expõem os trabalhadores a esses agentes, além de estabelecer os limites de tolerância quando aplicáveis (CAMISASSA, 2021).

O Anexo III da NR-9 estabelece os requisitos para a avaliação da exposição ocupacional ao calor e determina que a organização deve adotar medidas de prevenção a esse agente física, de modo que a exposição não cause efeitos adversos à saúde do trabalhador (BRASIL, 2022b).

3.2.3 Norma Regulamentadora No. 15 (NR-15)

De acordo com Camisassa (2021), "trabalho insalubre, portanto, é aquele que expõe o trabalhador a agentes que podem causar danos à sua saúde".

A Norma Regulamentadora No.15 determina quais atividades deverão ser consideradas insalubres e indicar se essa caracterização deve ser realizada por meio de avaliação qualitativa ou quantitativa. Nos casos em que são necessárias avaliações quantitativas, a norma determina os limites de tolerância ou remete expressamente à adoção dos limites constantes em outras normas (CAMISASSA, 2021). A NR-15 define "Limite de Tolerância" como sendo "a concentração ou intensidade máxima ou mínima, relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente, que não causará dano à saúde do trabalhador, durante a sua vida laboral" (BRASIL, 1978c).

O ANEXO N.º 3 - LIMITES DE TOLERÂNCIA PARA EXPOSIÇÃO AO CALOR da NR-15 visa estabelecer critérios para identificar atividades insalubres relacionadas à exposição ao calor em ambientes fechados ou com fontes artificiais de calor e subsidia a metodologia para caracterização dessas atividades (BRASIL, 1978c).

De 24/07/2024 a 17/10/2024, o Ministério do Trabalho e Emprego submeteu à consulta pública o texto técnico para a revisão do Anexo III da Norma Regulamentadora n° 15. O objetivo dessa revisão é estabelecer no Anexo "critérios para caracterizar as atividades ou operações insalubres decorrentes da exposição ocupacional ao calor, seja de fonte artificial ou natural, em ambientes internos ou externos, com ou sem carga solar direta" (TRABALHO, 2024).

3.2.4 Segurança Ocupacional e mudanças climáticas

Os estudos climáticos indicam um aumento na frequência e intensidade de eventos climáticos extremos. Segundo relatório da International Labour Organization, a elevação das temperaturas globais devido às mudanças climáticas resulta na perda de empregos e produtividade, além de tornarem o fenômeno "estresse térmico" cada vez mais comum (ORGANIZATION, 2019).

Para Bitencourt, Maia, Ruas e Cunha (2023), estresse térmico é o "resultado da carga de calor à qual os trabalhadores são expostos, ocorrendo principalmente a partir da combinação entre condições do ambiente de trabalho, atividade física e vestimentas utilizadas pelo trabalhador".

Esse calor excessivo eleva os riscos ocupacionais e a vulnerabilidade dos trabalhadores, uma vez que pode resultar em efeitos adversos como exaustão térmica, câimbras, insolação e, em casos extremos, até a morte (ORGANIZATION, 2019).

As ondas de calor são definidas como períodos de calor intenso que duram pelo menos três dias consecutivos e afetam grandes áreas. Desde 2000, esse fenômeno tem se tornado mais frequente e intenso no Brasil. Diante desse cenário, é essencial que as organizações reconheçam a exposição ocupacional ao calor como um risco significativo, promovendo melhores condições de trabalho em seus ambientes (BITENCOURT; MAIA; RUAS; CUNHA, 2023).

3.3 QUALIDADE

De acordo com a ABNT NBR ISO 9001:2015, "a adoção de um sistema de gestão da qualidade é uma decisão estratégica para uma organização que pode ajudar a melhorar seu desempenho global e a prover uma base sólida para iniciativas de desenvolvimento sustentável" (ABNT, 2015b).

Segundo Crosby (1979), as organizações podem construir uma estrutura robusta de garantia da qualidade que se alinha com seus objetivos empresariais gerais ao focar na prevenção, na conformidade com os requisitos e na melhoria contínua.

A implementação de um sistema de qualidade não apenas reduz os custos associados a defeitos e retrabalho, como também promove uma cultura organizacional que valoriza a excelência. Além disso, o gerenciamento e o controle da qualidade adequados são fundamentais para a tomada de decisões embasadas, permitindo que as organizações identifiquem potenciais riscos, áreas de melhoria e otimizem seus processos (CROSBY, 1979).

"A 'Garantia da qualidade' é um conceito muito amplo e deve cobrir todos os aspectos que influenciam individual ou coletivamente a qualidade de um produto" (BRASIL, 2010a). A gestão de matérias-primas, produtos acabados e os processos de produção estão entre os principais fatores que afetam a qualidade de um produto.

De acordo com Juran e Godfrey (1998), a qualidade de um produto tem relação direta com a qualidade das matérias-primas e insumos envolvidos em seu processo produtivo. Se a organização falhar no controle da qualidade dos insumos, inevitavelmente a qualidade do produto acabado será influenciada.

Complementarmente, o modo como os processos de produção é conduzido tem interferência direta na conformidade com as especificações e qualidade do produto. Segundo Deming (1986), a qualidade deve ser incorporada em todas as etapas do processo produtivo, de modo que a gestão adequada do processo pode reduzir defeitos e aumentar a eficiência.

Portanto, entende-se que estabelecer padrões rigorosos de qualidade durante toda a cadeia de valor é fundamental.

O mapeamento dos processos e a definição de ferramentas de gestão, como Diagrama de Pareto, *Brainstorming*, Diagrama de Causa e Efeito, 5W2H e Diagrama de Ishikawa, são fundamentais para que uma organização identifique a maneira mais eficiente de alcançar seus resultados, em termos de produção e prestação de serviços (LONGARAY; LAURINO; TONDOLO; MUNHOZ, 2017). A aplicação dessas ferramentas deve seguir uma lógica operacional e padrões pré-estabelecidos, baseados no ciclo PDCA, cujo objetivo é a melhoria contínua (PALADINI et al., 2012).

Nesse sentido, a organização deve determinar as entradas requeridas e as saídas esperadas, a sequência e interação de todos os processos associados a seus produtos, serviços e atividades, bem como a forma que fará a gestão da qualidade. Além disso, é importante que a organização aborde os riscos e oportunidades de modo a alcançar os resultados pretendidos e prevenir, ou reduzir, efeitos indesejáveis (ABNT, 2015b).

3.3.1 Gestão da Qualidade e mudanças climáticas

Conforme o Comunicado publicado pela International Accreditation Forum e International Organization for Standardization em 22/02/2024, as Normas ISO da ABNT foram atualizadas com a adição de emendas relacionadas às ações diante das mudanças climáticas (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2024).

O item 4.1 da ABNT NBR ISO 9001:2015, que trata do entendimento da organização e seu contexto, diz (ABNT, 2015b):

> A organização deve determinar questões externas e internas que sejam pertinentes para o seu propósito e para seu direcionamento estratégico e que afetem sua capacidade de alcançar o(s) resultado(s) pretendido(s) de seu sistema de gestão da qualidade.

Com a emenda mencionada, a International Organization for Standardization (ISO) exige que as organizações analisem a relevância das mudanças climáticas em suas operações. Essa atualização ressalta o comprometimento da ISO com as questões climáticas e incentiva as organizações certificadas a incorporarem análises sobre mudanças climáticas e seus impactos nos negócios, nas comunidades e no contexto organizacional como um todo (BUREAU VERITAS, 2024).

As mudanças climáticas representam um desafio crescente para diversas indústrias, influenciando não apenas as condições operacionais, mas também a qualidade e a segurança dos processos produtivos. Um dos efeitos mais evidentes é o aumento das temperaturas, que pode comprometer as condições dos processos e a eficiência dos equipamentos. Além disso, as variações climáticas afetam diretamente o armazenamento e o transporte de ativos. As condições de temperatura e umidade são cruciais para manter a qualidade dos produtos, e mudanças bruscas podem levar à deterioração e desperdício, impactando toda a cadeia produtiva (DQS DO BRASIL, 2024).

Ao determinar o modo como as mudanças climáticas podem influenciar as operações de uma organização, é pertinente a implementação de uma revisão no gerenciamento de riscos, a fim de que todos os potenciais impactos sejam considerados (BUREAU VERITAS, 2024).

3.4 GERENCIAMENTO DE RISCO

A nona edição do estudo "Gerenciamento de riscos 2024: os principais fatores de risco divulgados pelas empresas abertas brasileiras", divulgado pela KPMG, aponta as prioridades durante o gerenciamento de riscos, a partir da análise dos Formulários de Referência de 282 organizações. A pesquisa revela uma crescente conscientização sobre a importância estratégica do gerenciamento de riscos pelas organizações, destacando um maior engajamento ao tema por parte dos tomadores

de decisão e a criação de áreas dedicadas à gestão de riscos. Além disso, uma tendência notável identificada no estudo é o aumento da divulgação de riscos relacionados a questões ambientais, sociais e de governança corporativa, com 89% das empresas mencionando esses aspectos. Nessa edição, observa-se que eventos climáticos extremos têm ganhado maior visibilidade, tornando-se uma crescente preocupação para as organizações (KPMG AUDITORES INDEPENDENTES LTDA., 2024).

De acordo com a ABNT NBR ISO 31000:2018 "Gestão de riscos — Diretrizes", risco é o "efeito da incerteza nos objetivos", podendo ser "positivo, negativo ou ambos, e pode abordar, criar ou resultar em oportunidades e ameaças." (ABNT, 2018).

Além disso, risco é a possibilidade de um evento ocorrer e impactar os objetivos de uma organização, sendo medido em termos de consequências, severidade e probabilidade (Brasil, 2010b).

Gerenciamento de risco é o conjunto de atividades coordenadas de modo a identificar e avaliar os riscos, assim como estabelecer prioridades para atuar nas respectivas causas e consequências. A partir da gestão adequada, é possível aplicar os devidos recursos para controlar riscos existentes e prevenir os futuros. A utilização de padrões e boas práticas já estabelecidas é uma estratégia eficaz para implementar uma abordagem sistemática e organizada na gestão de riscos, promovendo resultados consistentes, incluindo ações para melhoria contínua (Reino Unido, 2004).

Para uma gestão de riscos eficiente e consistente, a ABNT NBR ISO 31000:2018 sugere basear-se em alguns princípios, estrutura e processos, como evidencia a Figura 3 (ABNT, 2018).

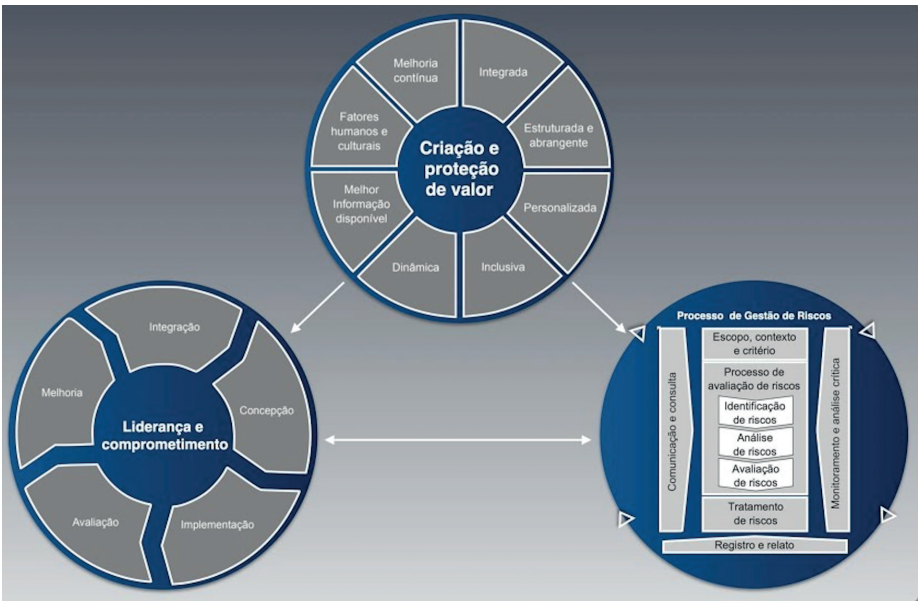

Figura 3 – Princípios, estrutura e processos para o gerenciamento de riscos.
Fonte: ABNT (2018) adaptada pelo autor.

Os princípios da gestão de risco subsidiam a criação e proteção de valor em uma organização, permitindo-a gerenciar os efeitos da incerteza nos seus objetivos, de maneira eficiente e comunicando seu propósito. Alguns dos elementos considerados pela ABNT NBR ISO 31000:2018 é que o gerenciamento de riscos deve ser integrado às demais atividades de uma organização, estruturado, personalizado e dinâmico, de modo a considerar o contexto em que se encontra. Ainda, sugere que as entradas sejam baseadas em dados atuais, mas que considerem um histórico do fenômeno e possibilitem avaliação de tendências futuras. Por fim, a melhoria contínua permite que a organização refine a maneira de gerenciar o risco, ajustando-a às mudanças no ambiente e às lições aprendidas, promovendo uma abordagem cada vez mais eficaz e adaptada às necessidades emergentes (ABNT, 2018).

Com relação à estrutura, a Norma sugere que a liderança de uma organização torne possível a integração da gestão de riscos à todas as atividades, e reforça que todas as partes são responsáveis por gerenciar os riscos. Nesse fato reside a importância de todos os envolvidos entenderem os contextos externo e interno da organização, para que também seja possível a implementação, avaliação e melhoria contínua do gerenciamento de riscos (ABNT, 2018).

Considerando os princípios e a estrutura para o gerenciamento de riscos, é relevante a comunicação quanto a compreensão dos riscos às partes interessadas, para que todos entendam os motivos pelos quais determinadas ações são requeridas e facilite a troca de informações factuais e pertinentes. Paralelamente, definir os objetivos e as técnicas necessárias para o gerenciamento de riscos é importante para um estudo apropriado. Em seguida, inicia-se o processo de identificação, análise e avaliação de riscos. Para isso, convém que a identificação de riscos considere causas e ameaças; que a análise de riscos pondere a severidade e a probabilidade de eventos e consequências e que a avaliação de riscos ajude na ação a ser tomada após todo o processo (ABNT, 2018).

3.4.1 Análise Preliminar de Riscos

A ABNT NBR ISO/IEC 31010 "Gestão de riscos – Técnicas para o processo de avaliação de riscos" é uma norma de apoio à ABNT NBR ISO 31000 que foca na sistemática e métodos específicos para a avaliação de riscos, com base no contexto da organização, na complexidade dos riscos, na natureza dos dados disponíveis e nos objetivos da avaliação. Algumas das técnicas que a Norma apresenta são: *Brainstorming,* Entrevistas estruturadas ou semiestruturadas, Estudo de perigos e operabilidade (HAZOP), Técnica estruturada "E se" (SWIFT), Análise de modos de falha e efeito, Análise de decisão por multicritérios (MCDA) e Análise preliminar de perigos (APP) (ABNT, 2012).

De acordo com a Norma citada, a Análise Preliminar de Risco – APR ou Análise Preliminar de Perigos (APP) é definida como "um método de análise simples e indutivo cujo objetivo é identificar os perigos e situações e eventos perigosos que podem causar danos em uma determinada atividade, instalação ou sistema" (ABNT, 2012).

Essa avaliação é frequentemente conduzida no início de um projeto, quando as informações sobre detalhes e procedimentos operacionais ainda são escassas. Ela pode servir como um ponto de partida para investigações mais detalhadas ou para fornecer dados essenciais na definição do projeto de um sistema. Além disso, é útil na análise de sistemas existentes, ajudando a identificar e priorizar perigos e riscos que precisam de uma análise mais aprofundada, especialmente em situações em que técnicas mais extensivas não são viáveis (ABNT, 2012).

Apesar de não fornecer informações detalhadas sobre os riscos e maneiras concretas para preveni-los, a Análise Preliminar de Riscos é uma etapa relevante que precede estudos mais detalhados. Essa ferramenta resulta em uma matriz abrangente de riscos e condições potencialmente perigosas ao considerar fatores abrangentes, como: matérias-primas e produtos finais, ambiente de trabalho, atividades de operação e manutenção, desastres naturais, equipamentos, disposição e layout das instalações (SAFETY, 2008).

A partir disso, julga-se pertinente, nesta ordem: identificar, analisar, avaliar e tratar os riscos para cada fonte (SANTOS Jr et al, 2018).

3.4.1.1 Identificação dos riscos

A etapa de identificação de riscos é a base para todas as ações de gestão de riscos subsequentes. Essa fase visa reconhecer e descrever de forma detalhada os eventos ou condições que podem impactar um processo (ABNT, 2018).

O objetivo principal da identificação de riscos é elaborar uma lista completa e detalhada dos riscos potenciais que podem influenciar o desempenho e os resultados esperados. Essa fase é crítica para assegurar que as possíveis ameaças e oportunidades sejam reconhecidas e avaliadas posteriormente (INSTITUTE, 2013).

Diversos métodos podem ser aplicados para identificar riscos. O brainstorming é descrito como uma prática comum e eficiente na literatura de gerenciamento de projetos, que envolve a reunião de uma equipe para gerar uma lista de riscos potenciais com base em conhecimento coletivo e experiência (INSTITUTE, 2013). Também é pertinente realizar conversas na forma de entrevistas com especialistas e partes interessadas para mapear riscos associados às atividades avaliadas (ABNT, 2018). Ainda, é útil a aplicação de ferramentas visuais como diagramas de causa e efeito para explorar as relações entre riscos e suas causas (INSTITUTE, 2013).

3.4.1.2 Análise dos riscos

O objetivo da análise de riscos é determinar a magnitude e a importância dos riscos identificados para a organização, a partir de um procedimento técnico, segundo um padrão estabelecido. Essa etapa ajuda a priorizar os riscos com base em sua gravidade, permitindo que os recursos sejam alocados de maneira mais eficiente para a mitigação e prevenção (INSTITUTE, 2013).

A análise envolve a determinação da probabilidade de cada risco ocorrer e o impacto potencial sobre os objetivos do projeto ou da organização. Esse método permite uma avaliação rápida e menos complexa, adequada para uma visão geral inicial. COSO ERM (2004) destaca que a análise qualitativa é útil para identificar e categorizar riscos com base no conhecimento e julgamento da equipe.

A "probabilidade" é a quantificação da chance de um evento de risco ou condição ocorrer (dimensão da incerteza), enquanto "severidade" se refere a magnitude das consequências caso o risco se concretize (dimensão do efeito). A relação entre a probabilidade e a severidade de um risco permite a análise de sua significância: deve ser dada a devida atenção a um risco cuja severidade dos impactos e probabilidade de ocorrência são consideradas altas. De maneira semelhante, a variação da probabilidade e da severidade tornarão o risco mais ou menos grave (INSTITUTE, 2013).

O "Guia para SISTEMAS DE GESTÃO DE SAÚDE E SEGURANÇA INDUSTRIAL" da BSI – British Standards Institution apresenta um modo simples de estimar riscos, a partir de uma matriz que relaciona a probabilidade (primeira coluna) à severidade (primeira linha) do risco, conforme Quadro 2 (BSI, 1996).

	Levemente prejudicial	Prejudicial	Extremamente prejudicial
Altamente improvável	Risco trivial	Risco tolerável	Risco moderado
Improvável	Risco tolerável	Risco moderado	Risco substancial
Provável	Risco moderado	Risco substancial	Risco intolerável

Quadro 2 – Estimativa de risco com base na probabilidade e severidade.

Fonte: adaptado de BSI (1996).

3.4.1.3 Avaliação dos riscos

A avaliação de riscos visa apoiar a tomada de decisões, ao considerar os resultados da análise de riscos e os critérios e contexto de uma organização. Essa comparação ajuda a identificar em quais atividades são necessárias ações e controles adicionais (ABNT, 2018).

As decisões resultantes da avaliação de riscos podem ser: "fazer mais nada; considerar as opções de tratamento de riscos; realizar análises adicionais para melhor compreender o risco; manter os controles existentes" (ABNT, 2018). Além dessas, "se um risco necessita de tratamento; as prioridades para o tratamento; se uma atividade deve ser realizada" (ABNT, 2012).

É importante que as ações a seguidas considerem o contexto mais amplo e as consequências, tanto reais quanto percebidas, para as partes interessadas internas e externas à organização. Além disso, o resultado da avaliação deve ser registrado, comunicado e validado nos níveis adequados da organização (ABNT, 2012).

A avaliação de risco deve ser um processo contínuo. Portanto, as medidas de controle devem ser avaliadas continuamente e ajustadas quando necessário, considerando se ainda são adequadas, suficientes e sempre que houver mudanças nas condições que impactem de maneira significativa os perigos e riscos (BSI, 1996).

O "Guia para SISTEMAS DE GESTÃO DE SAÚDE E SEGURANÇA INDUSTRIAL" da BSI – British Standards Institution orienta quanto controles e ações com base no risco analisado, conforme Quadro 3 (BSI, 1996).

Nível de risco	Ação e cronograma
Trivial	Nenhuma ação é requerida e nenhum registro documental precisa ser mantido.
Tolerável	Nenhum controle adicional é necessário. Pode-se considerar uma solução mais econômica ou o aperfeiçoamento que não imponham custos extras. A monitoração é necessária para assegurar que os controles são mantidos.
Moderado	Devem ser feitos esforços para reduzir o risco, mas os custos de prevenção devem ser cuidadosamente medidos e limitados. As medidas de redução de risco devem ser implementadas dentro de um período de tempo definido. Quando o risco moderado é associado a consequências extremamente prejudiciais, uma avaliação ulterior pode ser necessária, a fim de estabelecer, mais precisamente, a probabilidade de dano, como uma base para determinar a necessidade de medidas de controle aperfeiçoadas.
Substancial	O trabalho não deve ser iniciado até que o risco tenha sido reduzido. Recursos consideráveis poderão ter de ser alocados para reduzir o risco. Quando o risco envolver trabalho em execução, ação urgente deve ser tomada.
Intolerável	O trabalho não deve ser iniciado nem continuar até que o risco tenha sido reduzido. Se não for possível reduzir o risco, nem com recursos ilimitados, o trabalho tem de permanecer proibido.

Quadro 3 – Planejamento de controles a partir da análise de risco.

Fonte: adaptado de BSI (1996).

3.4.1.4 Tratamento dos riscos

O tratamento de riscos visa selecionar e implementar ações para abordar e minimizar os riscos a um nível tolerável (ABNT, 2018). Para BSI (1996), "tolerável, aqui, significa que o risco foi reduzido ao mais baixo nível que é razoavelmente praticável".

O tratamento de riscos deve considerar questões econômicas, obrigações da organização, compromissos voluntários e as expectativas e necessidades das partes interessadas (ABNT, 2018). Assim, segundo ABNT (2018), "convém que a seleção de opções de tratamento de riscos seja feita de acordo com os objetivos da organização, critérios de risco e recursos disponíveis".

Dias (2022) apresenta uma ordem para minimizar o risco:

a. Eliminação do risco: consiste em eliminar a condição perigosa, tornando o risco inexistente, por exemplo através da substituição de produtos, troca de equipamentos ou reparos, permitindo a correção das falhas;
b. Redução: consiste em reduzir a condição perigosa a níveis aceitáveis, como por exemplo, a utilização de quantidades menores de produtos, diminuir o tempo de exposição;
c. Engenharia: consiste em controlar a condição perigosa, como o isolamento de máquinas, sistema de ventilação, monitoramentos;
d. Administrativo: quando os anteriores não se aplicam, a condição perigosa deve ser administrada através de permissões de trabalho, instruções operacionais, placas de advertência, treinamentos;
e. EPI: consiste em fornecer equipamento de proteção individual (EPI) ao trabalhador, como o protetor auricular, luvas, capacetes, botas.

Todas as etapas do gerenciamento de riscos estão sujeitas a não produzir os resultados esperados. Nesse sentido, devem ser pautadas nos conceitos de melhoria contínua, de modo que monitoramentos e análises críticas devem estar na rotina da organização, a fim de assegurar que a identificação, análise, avaliação e as diferentes formas de tratamento de risco se tornem e permaneçam eficazes (ABNT, 2018).

4. METODOLOGIA

Para alcançar o objetivo, é pertinente a aplicação da metodologia "estudo de caso", visando identificar e compreender os riscos decorrentes das alterações climáticas aos quais uma organização pode estar suscetível e, posteriormente, analisá-los.

Inicialmente, faz-se necessário explorar os processos de uma organização. Para que fosse possível desenvolver profundamente a análise de riscos, os processos simulados e descritos na seção 5 foram baseados em uma indústria real, cujas informações específicas foram aproximadas a fim de preservar os dados da organização.

Após conhecimento das atividades, o método foi escolhido e aplicado.

4.1 ESCOLHA PELA ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCO

A técnica de Análise Preliminar de Risco foi escolhida porque permite um gerenciamento inicial dos riscos e eventos perigosos associados a determinada atividade, instalação ou sistema. Essa técnica é pertinente ao considerar que a forma como as mudanças climáticas podem afetar uma organização e as respectivas ações de mitigação e adaptação ainda não estão bem estabelecidas nem descritas em procedimentos. A APR pode ser útil para o início das investigações mais detalhadas ou para fornecer dados importantes para a definição de projetos relacionados ao enfrentamento das mudanças climáticas em uma organização, a partir dos fatores de risco identificados e as respectivas análises e avaliações.

4.2 MÉTODO DESENVOLVIDO

A partir da literatura e estudos sobre análises de risco, foi desenvolvida uma matriz para análise preliminar de riscos. Em seguida, foram conduzidas reuniões e entrevistas com os responsáveis de cada uma das principais áreas da indústria em questão para a coleta de dados e experiências atuais e pretéritas.

4.2.1 Matriz para análise preliminar de riscos

A matriz para análise preliminar de riscos tem a estrutura conforme Quadro 4.

Item	Área	Atividade	Risco qualitativo	Consequência	Causa-raiz	Disciplina	Probabilidade	Severidade	Risco estimado	Tratativas recomendadas

Quadro 4 – Matriz para análise preliminar de riscos.

Fonte: Autoria própria.

A descrição de cada coluna é realizada a seguir:

a. Item: enumeração de cada risco para facilitar a identificação da respectiva linha;

b. Área: denominação da unidade cuja atividade está suscetível ao risco analisado;

c. Atividade: descrição do processo específico relacionado ao item de risco e área. Ajuda a contextualizar o ambiente em que o risco pode se manifestar;

d. Risco qualitativo: descrição do risco identificado para a respectiva unidade e atividade;

e. Consequência: descrição dos efeitos de cada risco, sejam esses já observados ou possíveis de ocorrer;

f. Causa-raiz: identificação das causas de cada perigo e é um campo essencial para desenvolver estratégias de mitigação / adaptação. Para esse estudo relacionado aos impactos das mudanças climáticas, foram considerados os seguintes grupos: Ondas de calor – quando o risco está associado às altas temperaturas, Chuvas torrenciais – quando o risco está associado às fortes chuvas, Estresse hídrico – quando o risco está associado a falta de água;

g. Disciplina: denominação da área de especialização a qual o risco está associado. Para esse estudo que aborda questões ambientais, ocupacionais e de qualidade, foram considerados os seguintes grupos para auxiliar no entendimento: Meio ambiente, Segurança ocupacional, Qualidade;

h. Probabilidade: definição da estimativa da possibilidade de o evento ocorrer. Categoria atribuída através da etapa de entrevistas com a equipe da área e em dados de acidentes anteriores. Para esse estudo foi utilizada a categorização conforme Quadro 2 – Estimativa de risco com base na probabilidade e severidade, apresentada por BSI (1996): Altamente improvável, Improvável, Provável;

i. Severidade: definição da magnitude das consequências caso o risco ocorra. Categoria atribuída através da etapa de entrevistas com a equipe da área e em dados de acidentes anteriores. Para esse estudo foi utilizada a categorização conforme Quadro 2 – Estimativa de risco com base na probabilidade e severidade, apresentada por BSI (1996): Levemente prejudicial, Prejudicial, Extremamente prejudicial;

j. Risco estimado: resultado da relação entre a probabilidade e a severidade do risco. Para esse estudo foi utilizada a categorização conforme Quadro 3 – Estimativa de risco com base na probabilidade e severidade, apresentada por BSI (1996): Risco trivial, Risco tolerável, Risco moderado, Risco substancial, Risco intolerável;

k. Tratativas recomendadas: recomendação de ações para mitigação / adaptação frente ao risco.

4.2.2 Entrevistas e *brainstorming*

Em seguida, foram marcadas reuniões com os responsáveis de cada unidade para que auxiliassem na coleta de informações e preenchimento da matriz, considerando os respectivos conhecimentos no contexto de cada unidade e atividade.

No início de cada reunião, os participantes foram situados sobre os principais conceitos relacionados às mudanças climáticas e o motivo pelo qual o gerenciamento de riscos associado era importante. Feito isso, foram realizadas perguntas como "Quais desafios a unidade enfrenta diante de períodos de fortes chuvas?" e "Como as elevadas temperaturas em alguns dias do ano impactam as atividades da unidade?" com o intuito de orientar os responsáveis a associar as atividades da unidade aos possíveis riscos relacionados às mudanças climáticas.

Depois dessa introdução, os responsáveis estavam familiarizados com o tema e foi possível estabelecer a atividade de *brainstorming*, na qual a discussão se tornava eficaz, os riscos eram preenchidos na matriz e os principais resultados foram obtidos.

5. DESCRITIVO DOS PROCESSOS ANALISADOS

5.1 A INDÚSTRIA

A Chemycal S.A., referida indústria química, produz polímeros termoplásticos e é composta pelas seguintes unidades: Produção, Logística, Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) e Infraestrutura.

Cada área desempenha um papel importante no funcionamento eficiente e sustentável da Chemycal S.A. A Logística garante que todos as matérias-primas e produtos acabados, provenientes da Produção, sejam movimentados e armazenados de forma eficiente; a Infraestrutura fornece o suporte físico e técnico necessário para a operação da planta, e a ETE assegura que os efluentes sejam tratados de forma adequada para proteger o meio ambiente e cumprir com os requisitos legais.

5.1.1 Produção

A unidade produtiva dos polímeros termoplásticos é dividida em duas áreas. A área 1 é constituída por um galpão coberto em que há o reator, o aquecedor de óleo térmico, o trocador de calor e um espaço destinado para o armazenamento temporário de matérias-primas. Na área 2, a céu aberto, há a torre de resfriamento e a tancagem, inserida em bacia de contenção.

Dentro do reator ocorrem as reações de esterificação e polimerização. Para que as condições de processo sejam atingidas, óleo térmico aquecido percorre o interior de uma serpentina inserida no reator. Após a conversão final do produto, de modo a possibilitar o envase, o meio reacional cede calor para óleo térmico resfriado.

A temperatura do óleo térmico é aumentada no aquecedor, cuja fonte de calor é a queima de gás natural. Para ser utilizado após o final da reação, o óleo térmico perde energia para água, que é utilizada como fluido frio do trocador de calor.

Essa água, após a troca de energia com o óleo térmico, apresenta temperatura maior do que a do início do processo. Para que volte à temperatura de fluido frio e possa ser utilizada novamente, a água é direcionada para a torre de resfriamento.

Para a produção do polímero termoplástico, gás refrigerante HFC é utilizado como agente de expansão. Esse fluido é mantido em IBCs (Intermediate Bulk Containers) na área de armazenamento temporário até que seja utilizado no processo.

A área de tancagem é cercada por bacia de contenção, sistema utilizado para prevenir o contato de produtos químicos com o solo e corpos d'água em caso de vazamentos ou derramamentos. A bacia de contenção também serve para acondicionar os despejos no caso da geração de efluentes contaminados com produtos químicos que excedem as especificações permitidas para envio a ETE.

As válvulas e os controladores do aquecedor de óleo térmico, do reator e da tancagem são manualmente operadas por funcionários dedicados e treinados, trajados de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) completos como macacões e luvas de material pesado e resistente à produtos químicos, capacete, protetor auricular, óculos e sapatos de segurança.

5.1.2 Logística

A Logística é responsável por gerenciar o fluxo de matérias-primas e produtos acabados. Os materiais são movimentados e armazenados em áreas específicas, de acordo com as respectivas finalidades.

Algumas matérias-primas chegam até a Chemycal S.A. em caminhão-tanque. A operação do caminhão-tanque é realizada em local descoberto, destinado para descarregamento e por funcionário dedicado, trajado com EPIs semelhantes aos descritos para Produção.

Outra atividade realizada na Logística é a movimentação interna dos materiais por equipamentos de transporte como empilhadeiras. Nesse caso, os operadores transitam entre áreas de armazenamento, linhas de produção e expedição, que podem ser áreas cobertas ou descobertas.

5.1.3 Infraestrutura

A área de Infraestrutura abrange todos os aspectos físicos e técnicos necessários para o funcionamento da planta química, incluindo o suprimento de utilidades como água e energia elétrica, assim como a manutenção de edifícios, equipamentos, ruas internas e outros ativos.

5.1.4 Estação de Tratamento de Efluentes

A ETE recebe os efluentes industriais, provenientes da produção, limpeza e manutenção, mas também pode receber águas pluviais que foram contaminadas por produtos químicos na planta. A Estação de Tratamento de Efluentes os trata de modo a garantir que estejam em conformidade com os regulamentos ambientais antes de serem enviados a um corpo d´água.

Os efluentes industriais passam, de maneira simplificada, por dois processos na ETE: um físico e outro biológico. O processo físico se refere à remoção de sólidos suspensos, através de sedimentação e filtração. Em seguida, bactérias e outros microrganismos são utilizados para decompor matéria orgânica residual.

Durante os primeiros minutos de chuva, águas pluviais provenientes das ruas, telhados, galpões e bacia de contenção da planta industrial são acondicionadas em um reservatório. O volume retido é submetido a análises e, a depender dos resultados, são bombeados diretamente para os corpos d´água ou enviados a ETE para que sejam tratados caso estejam contaminados por produtos químicos.

A ETE opera mediante parâmetros de vazão e limites de propriedades do efluente específicas, os quais não podem ter grande variações para não comprometer a tratabilidade da Estação.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Por meio das entrevistas e *brainstorming*, foram identificadas e analisadas as atividades que poderiam ser impactadas pelas mudanças climáticas, considerando os riscos associados.

A seguir, os resultados consolidados na matriz de riscos são apresentados e discutidos por área da indústria em questão.

6.1 PRODUÇÃO

O Quadro 5 apresenta a matriz para análise preliminar de riscos da Produção.

Item	Área	Atividade	Risco qualitativo	Consequência	Causa-raiz	Disciplina	Probabilidade	Severidade	Risco estimado	Tratativas recomendadas
1	Produção	Aquecimento do reator por óleo térmico	Exposição a ambiente de trabalho com temperatura acima do ideal	Desconforto térmico aos operadores	Ondas de calor	Segurança ocupacional	Provável	Prejudicial	Risco substancial	- Instalação de sistemas de ventilação - Distribuição de bebidas isotônicas para os operadores
2.1	Produção	Uso de gás refrigerante como agente de expansão em processo químico	Aumento na liberação de gás refrigerante	Perda de matéria-prima	Ondas de calor	Qualidade	Altamente improvável	Prejudicial	Risco tolerável	- Isolamento da embalagem ou acondicionamento em local refrigerado diante de extremas condições de calor
2.2	Produção	Uso de gás refrigerante como agente de expansão em processo químico	Aumento na liberação de gás refrigerante	Aumento na emissão de gases de efeito-estufa	Ondas de calor	Meio ambiente	Altamente improvável	Prejudicial	Risco tolerável	- Isolamento da embalagem ou acondicionamento em local refrigerado diante de extremas condições de calor
3.1	Produção	Redução da temperatura de processo por meio da água proveniente da Torre de Resfriamento	Insuficiência na troca de calor do processo por meio da Torre de Resfriamento.	Aumento no consumo de energia elétrica e consequente aumento de emissão indireta de CO_2	Ondas de calor	Meio ambiente	Improvável	Prejudicial	Risco moderado	- Substituição da Torre de Resfriamento por uma mais tecnológica - Reator encamisado anexado à Torre de resfriamento e com uso de água industrial da unidade produtiva
3.2	Produção	Redução da temperatura de processo por meio da água proveniente da Torre de Resfriamento	Insuficiência na troca de calor do processo por meio da Torre de Resfriamento.	Diminuição na eficiência do processo	Ondas de calor	Qualidade	Improvável	Prejudicial	Risco moderado	- Substituição da Torre de Resfriamento por uma mais tecnológica - Reator encamisado anexado à Torre de resfriamento e com uso de água industrial da unidade produtiva
4	Produção	Vazamento na área de tancagem	Acúmulo de água de chuva e efluente na bacia de contenção	Alta geração de efluente na bacia de contenção	Chuvas fortes	Meio ambiente	Provável	Prejudicial	Risco substancial	- Redimensionamento da bacia de contenção - Reavaliação do Plano de Contingência junto com a equipe da Estação de Tratamento de Efluentes
5	Produção	Produtos e matérias-primas nas tubulações externas	Aquecimento dos produtos e matérias-primas.	Perda de produtos e matérias-primas	Ondas de calor	Qualidade	Improvável	Prejudicial	Risco moderado	- Isolamento da tubulação externa

Quadro 5 – Matriz para análise preliminar de riscos da Produção.

Fonte: Autoria própria.

Na área de Produção, a atividade de aquecimento do reator por óleo térmico expõe os operadores a um ambiente de trabalho cuja temperatura é acima do ideal, principalmente em dias de calor extremo. O resultado é o desconforto térmico para os operadores e o risco está inserido no contexto de Segurança ocupacional, pois afeta a saúde e o bem-estar dos trabalhadores. A probabilidade de sua ocorrência foi classificada como provável, uma vez que as ondas de calor são recorrentes em determinadas épocas do ano e não há infraestrutura suficiente para controlar a temperatura interna da área de produção. A severidade foi considerada prejudicial, dado que o desconforto térmico pode levar a problemas de saúde, como desidratação e fadiga, além de comprometer a eficiência e a segurança dos operadores. Com isso, o risco foi estimado como substancial e, para mitigá-lo, as tratativas recomendadas incluem a instalação de sistemas de ventilação, como ventiladores ou ar-condicionado, para reduzir a temperatura no ambiente; e a distribuição de bebidas isotônicas aos operadores para evitar a desidratação e promover a recuperação energética.

Os próximos itens avaliados são provenientes do uso de gás refrigerante como agente de expansão no processo químico, que está suscetível ao aumento na liberação desse gás HFC em decorrência das elevadas temperaturas durante ondas de calor. No que tange aos itens de Qualidade, uma das consequências pode ser a perda de matéria-prima e o respectivo impacto produtivo. Considerando questões ambientais, cita-se a contribuição negativa ao efeito estufa associado ao aumento na emissão do gás. O risco, tanto no contexto de Qualidade como de Meio ambiente, foi classificado como tolerável por ser altamente improvável, embora prejudicial. Uma sugestão para mitigar o risco é o isolamento da embalagem do HFC ou acondicionamento em local refrigerado diante de extremas condições de calor.

A unidade produtiva reduz a temperatura do processo por meio da água proveniente da Torre de Resfriamento. Diante de ondas de calor, a água utilizada pode chegar à Torre de Resfriamento com uma temperatura maior do que a esperada, de modo que a troca de calor pode ser insuficiente. Sendo improvável e prejudicial, o risco para essa atividade foi avaliado como moderado e tem impacto em questões de Qualidade e Meio ambiente. Para Qualidade, uma das consequências pode ser a diminuição da eficiência do processo. Enquanto o impacto para o Meio ambiente é o aumento da emissão indireta de CO_2, em decorrência do aumento no consumo de energia elétrica importada da concessionária. Para mitigação do risco, considera-se a substituição da Torre de Resfriamento por uma mais tecnológica e o uso de um reator encamisado anexado à Torre de resfriamento e com uso de água industrial da unidade produtiva.

Em dias de chuvas fortes, a bacia de contenção da área de tancagem pode não suportar o volume da água de chuva em adição a um eventual vazamento. Desse modo, o risco associado é a alta geração de efluente na bacia de contenção. O

risco da atividade foi classificado como substancial, por ser considerado provável e prejudicial ao Meio Ambiente. Como tratativas, recomenda-se o redimensionamento da bacia de contenção e a reavaliação do Plano de Contingência junto com a equipe da Estação de Tratamento de Efluentes.

Produtos e matérias-primas são transferidos pela unidade produtiva através de tubulações externas, expostas às condições climáticas. Diante de calor extremo, essas substâncias podem ser aquecidas para além do esperado e um risco associado é a perda desses materiais. Em termos de Qualidade, o risco foi classificado como moderado, pois apesar de ser prejudicial, é improvável. Para mitigar o risco, a Produção avalia o isolamento da tubulação.

6.2 LOGÍSTICA

O Quadro 6 apresenta a matriz para análise preliminar de riscos da Logística.

Item	Área	Atividade	Risco qualitativo	Consequência	Causa-raiz	Disciplina	Probabilidade	Severidade	Risco estimado	Tratativas recomendadas
6	Logística	Armazenamento de matérias-primas e produtos acabados nos depósitos logísticos	Aumento de temperatura em embalagens armazenadas em locais descobertos	Rompimento de embalagens e vazamentos causados por reações descontroladas	Ondas de calor	Qualidade	Improvável	Prejudicial	Risco moderado	- Isolamento da embalagem ou acondicionamento em local refrigerado diante de extremas condições de calor - Reavaliação do Plano de Contingência considerando eventos climáticos extremos
7	Logística	Armazenamento de matérias-primas e produtos acabados nos depósitos logísticos	Aumento de temperatura em embalagens armazenadas em locais descobertos	Emissão de VOCs e odor	Ondas de calor	Meio ambiente	Improvável	Prejudicial	Risco moderado	- Isolamento da embalagem ou acondicionamento em local refrigerado diante de extremas condições de calor - Reavaliação do Plano de Contingência considerando eventos climáticos extremos
8	Logística	Armazenamento de matérias-primas e produtos acabados nos depósitos logísticos	Aumento de temperatura em embalagens armazenadas em locais descobertos	Emergências causadas por reações descontroladas	Ondas de calor	Segurança ocupacional	Improvável	Extremamente prejudicial	Risco substancial	- Isolamento da embalagem ou acondicionamento em local refrigerado diante de extremas condições de calor - Reavaliação do Plano de Contingência considerando eventos climáticos extremos
9	Logística	Carregamento e descarregamento de matérias-primas e produtos acabados nos depósitos logísticos	Exposição a ambiente de trabalho com temperatura acima do ideal	Desconforto térmico aos operadores	Ondas de calor	Segurança ocupacional	Provável	Prejudicial	Risco substancial	- Instalação de sistemas de ventilação - Distribuição de bebidas isotônicas para os operadores - Implementação de empilhadeiras elétricas em substituição de paleteiras manuais
10	Logística	Carregamento e descarregamento de matérias-primas e produtos acabados nos depósitos logísticos	Produtos com elevada temperatura nos tanques ou em caminhões-tanque	Emergências causadas por reações descontroladas	Ondas de calor	Segurança ocupacional	Improvável	Extremamente prejudicial	Risco substancial	- Reavaliação do Plano de Contingência considerando eventos climáticos extremos
11	Logística	Carregamento e descarregamento de matérias-primas e produtos acabados nos depósitos logísticos	Produtos com elevada temperatura nos tanques ou em caminhões-tanque	Emergências causadas por reações descontroladas	Ondas de calor	Qualidade	Improvável	Extremamente prejudicial	Risco substancial	- Reavaliação do Plano de Contingência considerando eventos climáticos extremos
12	Logística	Carregamento e descarregamento de matérias-primas e produtos acabados nos depósitos logísticos	Produtos com elevada temperatura nos tanques ou em caminhões-tanque	Emergências causadas por reações descontroladas	Ondas de calor	Meio ambiente	Improvável	Extremamente prejudicial	Risco substancial	- Reavaliação do Plano de Contingência considerando eventos climáticos extremos

Quadro 6 – Matriz para análise preliminar de riscos da Logística.

Fonte: Autoria própria.

Na área Logística, as ondas de calor geram risco de aumento na temperatura de embalagens armazenadas em locais descobertos, relacionado ao armazenamento de matérias-primas e produtos acabados nos depósitos logísticos. No que tange Qualidade, uma das consequências é o rompimento de embalagens e vazamentos causados por reações descontroladas. Considerando questões ambientais, há o aumento na emissão de poluentes, como COV, e de odores. Tanto para Qualidade como para Meio ambiente, o risco foi classificado como moderado por ser improvável e prejudicial. Para mitigar o risco, avalia-se o isolamento das embalagens ou o acondicionamento em local refrigerado diante de extremas condições de calor, além da reavaliação do Plano de Contingência considerando eventos climáticos extremos.

Essa mesma atividade e risco podem gerar emergências causadas por reações descontroladas. Pela óptica de Segurança ocupacional, o risco é substancial por ser extremamente prejudicial apesar de ser improvável. Assim, a reavaliação do Plano de Contingência considerando situações emergenciais diante de eventos climáticos extremos se torna ainda mais relevante.

A atividade de carregamento e descarregamento de matérias-primas e produtos acabados nos depósitos logísticos expõe os operadores a um ambiente de trabalho com temperatura acima do ideal, principalmente em dias de calor extremo. Esse risco resulta em desconforto térmico para os operadores e está inserido no contexto de Segurança ocupacional, pois afeta a saúde e o bem-estar dos trabalhadores. A probabilidade de sua ocorrência foi classificada como provável, uma vez que as ondas de calor são recorrentes em determinadas épocas do ano e não há infraestrutura suficiente para controlar a temperatura interna dos depósitos logísticos. A severidade foi considerada prejudicial, dado que o desconforto térmico pode levar a problemas de saúde, como desidratação e fadiga, além de comprometer a eficiência e a segurança dos operadores. Com isso, o risco foi estimado como substancial e, para mitigá-lo, as tratativas recomendadas incluem a instalação de sistemas de ventilação para reduzir a temperatura no ambiente e a distribuição de bebidas isotônicas aos operadores para evitar a desidratação e promover a recuperação energética. Complementarmente, avalia-se a implementação de empilhadeiras elétricas em substituição de paleteiras manuais.

Logística pode lidar com produtos e matérias-primas com elevada temperatura nos tanques ou em caminhões-tanque na atividade de carregamento e descarregamento. Consequentemente, a área está suscetível a emergências causadas por reações descontroladas, devido às altas temperaturas provenientes das ondas de calor, tendo impacto em questões de Segurança ocupacional, Qualidade e Meio ambiente. Considerando que o risco é improvável, mas extremamente prejudicial, foi classificado como substancial e faz-se necessária a reavaliação do Plano de Contingência considerando eventos climáticos extremos.

6.3 INFRAESTRUTURA

O Quadro 7 apresenta a matriz para análise preliminar de riscos da Infraestrutura.

Item	Área	Atividade	Risco qualitativo	Consequência	Causa-raiz	Disciplina	Probabilidade	Severidade	Risco estimado	Tratativas recomendadas
13	Infraestrutura	Áreas descobertas do site produtivo	Dificuldade na permeabilização da água da chuva no solo	Alagamento de algumas regiões	Chuvas fortes	Meio ambiente	Provável	Levemente prejudicial	Risco moderado	- Melhoria do sistema de permeabilização de solo do site produtivo, considerando condições de chuvas intensas
14	Infraestrutura	Uso de chuveiros de emergência do site produtivo	Aquecimento da água dos chuveiros de emergência	Água dos chuveiros de emergência podem ser menos efetivas ou até perigosas	Ondas de calor	Segurança ocupacional	Provável	Prejudicial	Risco substancial	- Isolamento das linhas de recebimento de água dos chuveiros de emergência
15	Infraestrutura	Uso de água na unidade produtiva	Falta de água na unidade produtiva	Parada da planta diante de falta de água	Estresse hídrico	Qualidade	Altamente improvável	Extremamente prejudicial	Risco moderado	- Reavaliação do Plano de Contingência considerando eventos climáticos extremos

Quadro 7 – Matriz para análise preliminar de riscos da Infraestrutura.

Fonte: Autoria própria.

Sob responsabilidade da área de Infraestrutura, o solo de áreas descobertas do site produtivo está suscetível à dificuldade na permeabilização da água da chuva. Consequentemente, algumas dessas áreas podem alagar em dias de chuvas fortes. Por se tratar de um risco provável e levemente prejudicial, foi classificado como moderado e é pertinente avaliar uma melhoria no sistema de permeabilização de solo do site produtivo.

Também sob responsabilidade da área de Infraestrutura estão os chuveiros de emergência. Em dias de calor extremo, a água que chega a esses equipamentos através da tubulação pode ser muito aquecida. Como consequência, a água dos chuveiros de emergência pode ser menos efetiva ou até perigosas caso utilizadas. Em termos de Segurança ocupacional, o risco foi classificado como substancial, por ser provável e prejudicial. Diante dessa avaliação, é recomendável o isolamento das linhas de recebimento de água dos chuveiros de emergência.

Diante do estresse hídrico enfrentado em épocas do ano, a unidade produtiva pode ser impactada pela falta de água. Embora o risco seja altamente improvável, é extremamente prejudicial, pois a planta está suscetível à parada de produção diante da falta de água. Sendo assim, o risco é moderado e faz-se necessária a reavaliação do Plano de Contingência considerando eventos climáticos extremo.

6.4 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

O Quadro 8 apresenta a matriz para análise preliminar de riscos da Estação de Tratamento de Efluentes.

Item	Área	Atividade	Risco qualitativo	Consequência	Causa-raiz	Disciplina	Probabilidade	Severidade	Risco estimado	Tratativas recomendadas
16	ETE	Recebimento de efluentes para tratamento	Aumento significativo do recebimento de efluentes da unidade produtiva para tratamento	Efluente gerado pode ser superior à quantidade tratável na ETE	Chuvas fortes	Qualidade	Provável	Prejudicial	Risco substancial	- Redimensionamento da Estação de Tratamento de Efluentes - Reavaliação do Plano de Contingência junto com a Produção
17	ETE	Tratamento de efluentes	Equipamentos elétricos ao ar livre atingidos por raios	Quedas de energia e rompimento de cabos de energia elétrica	Chuvas fortes	Qualidade	Altamente improvável	Extremamente prejudicial	Risco moderado	- Gerador dedicado às atividades da Estação de Tratamento de Efluentes - Manutenção corretiva
18	ETE	Tratamento de efluentes	Aumento da temperatura no tratamento de efluentes	Envio do efluente tratado com temperatura superior 40°C (limite)	Ondas de calor	Qualidade	Altamente improvável	Extremamente prejudicial	Risco moderado	- Redimensionamento da Estação de Tratamento de Efluentes - Reavaliação do Plano de Contingência.

Quadro 8 – Matriz para análise preliminar de riscos da Estação de Tratamento de Efluentes.

Fonte: Autoria própria.

A ETE recebe os efluentes da Produção para tratá-los. Em dias de fortes chuvas, o efluente gerado na unidade produtiva pode ser superior à quantidade tratável na ETE, pois pode ser acumulado com a água de chuva nas bacias de contenção. Sob a ótica de Qualidade, o risco é substancial por ser provável e prejudicial. Sendo assim, deve ser analisado o redimensionamento da Estação de Tratamento de Efluentes e reavaliado o Plano de Contingência junto com a Produção, considerando cenário de fortes chuvas e o acúmulo de água e efluente nos canais.

A Estação de Tratamento de Efluentes tem equipamentos elétricos ao ar livre que estão suscetíveis a raios. Esse risco é aumentado diante das fortes chuvas. Como consequência, espera-se rompimento de cabos de energia elétrica e quedas de energia. Embora altamente improvável, o risco é extremamente prejudicial e, portanto, moderado. Desse modo, há um gerador dedicado às atividades da Estação de Tratamento de Efluentes e manutenções corretivas podem ser mais exigidas.

O limite de envio do efluente nessa indústria é de 40°C. Diante ondas de calor, há o risco de aumento da temperatura no tratamento de efluentes. Assim, considerando um risco altamente improvável e extremamente prejudicial, portanto, moderado, é pertinente o redimensionamento da Estação de Tratamento de Efluentes e a reavaliação do Plano de Contingência considerando cenários de calor extremo.

6.5 ANÁLISES

Diante dos riscos associados às mudanças climáticas para as atividades avaliadas, 45% são classificados como improváveis, enquanto 60% são prejudiciais.

Do total, 90% dos riscos estimados são igualmente divididos em moderados e substanciais.

Os gráficos abaixo ilustram essas estatísticas.

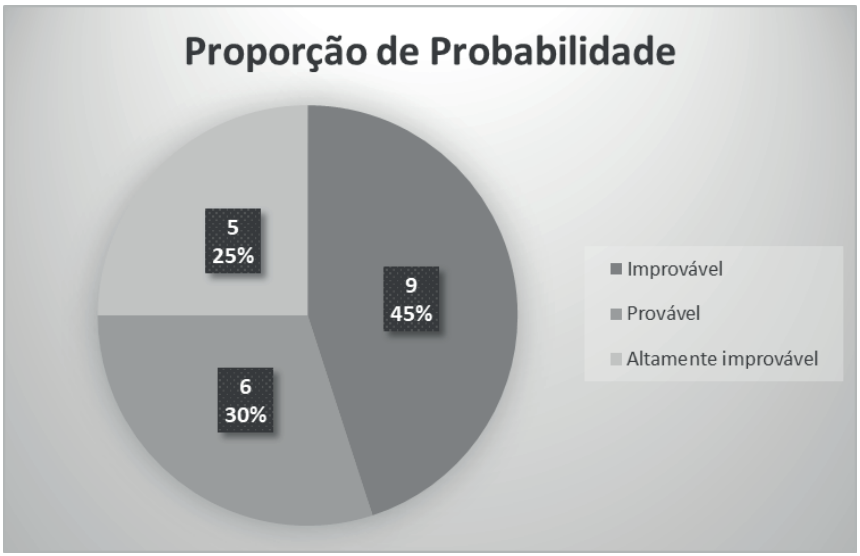

Figura 4 – Gráfico da proporção de Probabilidade.

Fonte: Autoria própria.

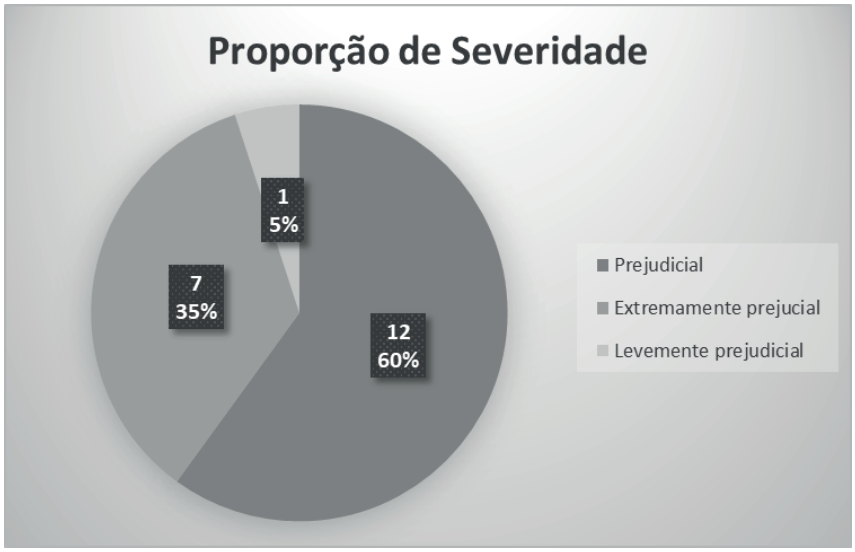

Figura 5 – Gráfico da proporção de Severidade.

Fonte: Autoria própria.

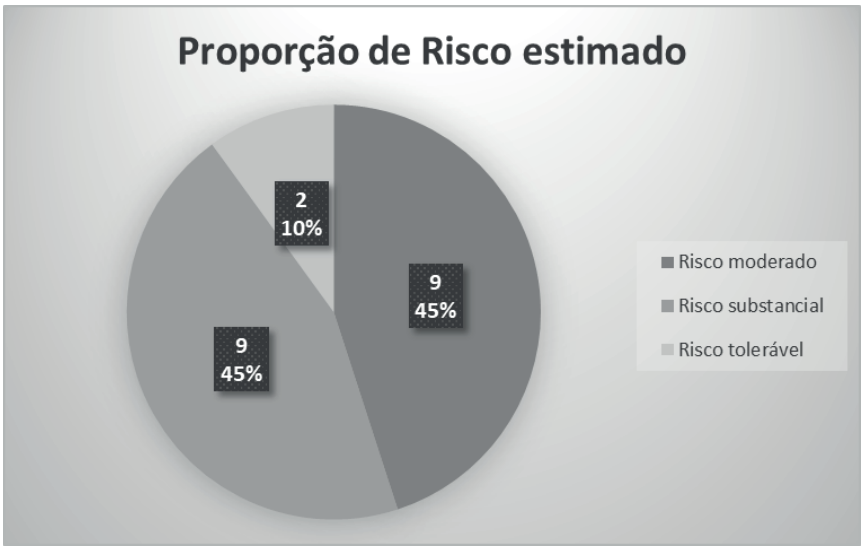

Figura 6 – Gráfico da proporção de Risco estimado.

Fonte: Autoria própria.

O fato de 45% dos riscos serem improváveis sugere que as medidas existentes são eficazes em várias áreas, reduzindo a chance desses riscos se materializarem. Ainda, reforça que a maioria das atividades não sofrerá impacto direto das mudanças climáticas. No entanto, é importante que, mesmo improváveis, esses riscos não devem ser negligenciados e uma reavaliação periódica deve ser realizada, pois podem se tornar mais relevantes em situações específicas ou inesperadas, como diante de condições climáticas extremas ou falhas nos processos.

Em termos de severidade, 60% dos riscos são classificados como prejudiciais. A severidade prejudicial implica que, se esses riscos se concretizarem, seus impactos serão significativos, afetando diretamente a segurança, a continuidade dos processos na planta ou o impacto ambiental. As áreas de Produção e Logística são as responsáveis pela maior contribuição de riscos prejudiciais. Isso sugere que, embora muitos riscos sejam improváveis, os que realmente ocorrem têm o potencial de causar danos aos trabalhadores, à operação ou ao meio ambiente.

A distribuição de 90% dos riscos estimados nas categorias de moderados e substanciais é uma consideração importante. Embora a maioria dos riscos não seja classificada como crítica, o percentual de riscos substanciais (45%) demonstra a necessidade da indústria em desenvolver ações de mitigação eficazes e planos de ação robustos. Em particular, os riscos substanciais requerem uma abordagem mais rigorosa e a implementação imediata de estratégias eficientes, especialmente na área de Produção.

Essa análise destaca a necessidade de um equilíbrio entre a redução da probabilidade de ocorrência dos riscos e o controle eficaz da severidade de sua manifestação, para que a indústria consiga minimizar os impactos negativos dos riscos que está suscetível diante das mudanças climáticas.

Quanto às causas-raiz, avalia-se que 75% dos riscos identificados (15 do total de 20) são provenientes de ondas de calor, conforme mostra a Figura 7.

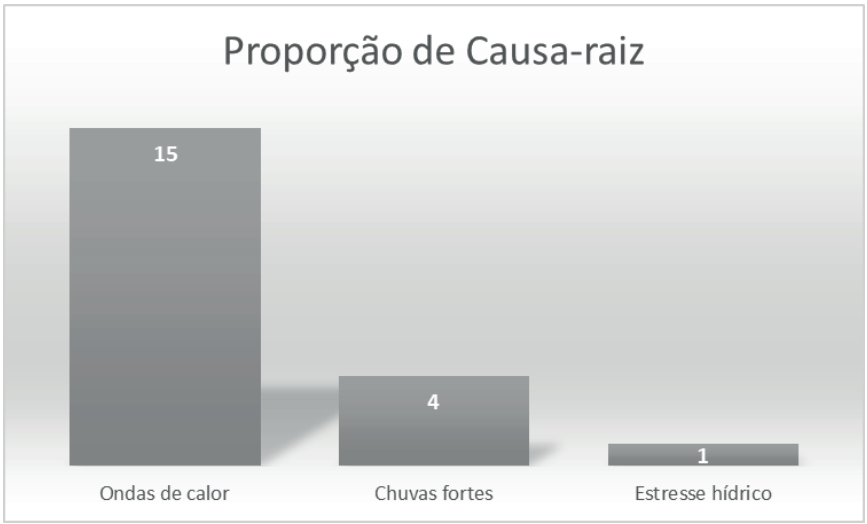

Figura 7 – Gráfico da proporção de Causa-raiz.

Fonte: Autoria própria.

Esse dado evidencia que os riscos associados ao calor extremo requerem maior atenção e geram o maior impacto nas atividades da indústria.

A adoção de medidas preventivas considerando os cenários de calor extremo, como sistemas de ventilação adequados, reavaliação dos Planos de Contingência e melhorias nos processos, são estratégias essenciais para garantir a segurança e o bem-estar dos trabalhadores, além de proteger a integridade dos processos produtivos e do meio ambiente ao redor da indústria.

7. CONCLUSÃO

Os eventos extremos, como ondas de calor, chuvas fortes e estresse hídrico, decorrentes das mudanças climáticas, impactam as atividades econômicas, a sociedade e o meio ambiente.

O estudo de caso desenvolvido permitiu a identificação e análise dos principais impactos das mudanças climáticas e os riscos aos quais determinada indústria química está suscetível, considerando os respectivos aspectos de Segurança ocupacional, Qualidade e Meio ambiente.

A ferramenta escolhida para avaliação das atividades da indústria considerando as mudanças climáticas e os riscos associados foi a matriz para análise preliminar de riscos.

A análise realizada permitiu identificar os principais riscos climáticos que podem impactar as atividades industriais, com destaque para os efeitos das ondas de calor, responsáveis por 75% dos riscos levantados. Embora muitos riscos tenham sido classificados como improváveis, a predominância de severidade prejudicial e o número expressivo de riscos substanciais evidenciam a vulnerabilidade das operações diante das mudanças climáticas. As áreas de Produção e Logística destacam-se como mais suscetíveis, especialmente em relação à segurança ocupacional e à qualidade dos processos.

Como resultado da elaboração da matriz e consolidação dos dados, observou-se que 45% dos riscos são classificados como improváveis, 60% são prejudiciais e 45% são riscos substanciais. Além disso, 75% dos riscos identificados têm como causa-raiz as ondas de calor.

Os dados demonstram a importância de um planejamento preventivo robusto, com a reavaliação periódica dos Planos de Contingência e a implementação de medidas técnicas que mitiguem os efeitos de eventos climáticos extremos. A adoção de tecnologias mais eficientes, a melhoria da infraestrutura e a capacitação contínua das equipes são fundamentais para fortalecer a resiliência da indústria frente aos desafios climáticos. Assim, reforça-se a necessidade de incorporar a variável climática na gestão de riscos industriais como forma de garantir a continuidade operacional, a segurança dos trabalhadores e a proteção ambiental.

Para garantir a continuidade e qualidade das operações, prover um ambiente de trabalho adequado aos funcionários e de modo a se desenvolver de maneira sustentável com o mínimo de prejuízo ao meio ambiente, é fundamental que a indústria invista em medidas operacionais e técnicas considerando os riscos aos quais está suscetível diante dos extremos climáticos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Gestão de Riscos -Diretrizes.** Rio de Janeiro: ABNT NBR ISO 31000, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Gestão de Riscos -Técnicas para o processo de avaliação de riscos.** Rio de Janeiro: ABNT NBR ISO/IEC 31010, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Sistemas de gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso.** Rio de Janeiro: ABNT NBR ISO 14001, 2015a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos.** Rio de Janeiro: ABNT NBR ISO 9001, 2015b.

BITENCOURT, Daniel Pires; MAIA, Paulo Alves; RUAS, Álvaro Cézar; CUNHA, Irlon de Ângelo da. Trabalho a céu aberto: passado, presente e futuro sobre exposição ocupacional ao calor. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, São Paulo, v. 48, n. 13, 2023.

BRASIL, Bbc News. **CO2: os gráficos que mostram que mais da metade das emissões ocorreram nos últimos 30 anos.** 2021. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/geral-59013520. Acesso em 29 set. 2024.

BRASIL. ADAPTACLIMA. **Adaptação à mudança do clima**. c2024. Disponível em: http://adaptaclima.mma.gov.br/adaptacao-a-mudanca-do-clima#I. Acesso em: 28 set. 2024.

BRASIL. **Consolidação das Leis do Trabalho: aprovada pelo Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943**. Rio de Janeiro, 1943.

BRASIL. **Lei nº 12187, de 29 de dezembro de 2009**. Institui a Política Nacional sobre Mudanças do Clima - PNMC e dá outras providências. Brasília, 2009.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. **ACORDO DE PARIS**. 2017. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/acordo-de-paris-e-ndc/arquivos/pdf/acordo_paris.pdf. Acesso em: 27 set. 2024.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. **Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima - IPCC.** 2022a. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/cgcl/paginas/painel-intergovernamental-sobre-mudanca-do-clima-ipcc. Acesso em: 27 set. 2024.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **Portaria n.º 3.214, de 8 de junho de 1978.** Aprova a Norma Regulamentadora (NR) e estabelece disposições sobre segurança e saúde no trabalho. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 8 jun. 1978a. Seção 1, p. 14378.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 01- DISPOSIÇÕES GERAIS e GERENCIAMENTO DE RISCOS OCUPACIONAIS**. Brasília, 1978b.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 09- AVALIAÇÃO E CONTROLE DAS EXPOSIÇÕES OCUPACIONAIS A AGENTES FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS**. Brasília, 2022b.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 15 - ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES**. Brasília, 1978c.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução da Diretoria Colegiada – RDC n° 17, de 16 de abril de 2010, dispõe sobre Boas Práticas de Fabricação de Medicamentos**, 2010a.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instrução Normativa 63/2010. **Estabelece normas de organização e de apresentação dos relatórios e gestão e das peças complementares que constituirão os processos de contas da administração pública federal, para julgamento do Tribunal de Contas da União, nos termos do Art. 7º da Lei nº 8.443, de 1992**. Brasília, 2010b.

BRASIL. Portaria Mma nº 150, de 10 de maio de 2016. **Plano Nacional de Adaptação À Mudança do Clima**. Brasília, 2016a. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-e-biomas/biomas-e-ecossistemas/biomas/arquivos-biomas/plano-nacional-de-adaptacao-a-mudanca-do-clima-pna-vol-i.pdf. Acesso em: 29 set. 2024.

BRASIL. Portaria Mma nº 150, de 10 de maio de 2016. **Plano Nacional de Adaptação À Mudança do Clima**. Brasília, 2016b. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/mudanca-do-clima/clima/arquivos/livro_pna_plano-nacional_v2_copy_copy.pdf. Acesso em: 29 set. 2024.

BRASIL. TRIBUNAL DE JUSTIÇA DO DISTRITO FEDERAL E DOS TERRITÓRIOS. **O Processo de Globalização e a Necessária Sustentabilidade Ambiental.** 2010c. Elaborada pela Juiza Oriana Piske. Disponível em: https://www.tjdft.jus.br/institucional/imprensa/campanhas-e-produtos/artigos-discursos-e-entrevistas/artigos/2011/o-processo-de-globalizacao-e-a-necessaria-sustentabilidade-ambiental-juiza-oriana-piske. Acesso em: 23 set. 2024.

BRASIL, Wri. **4 gráficos para entender as emissões de gases de efeito estufa por país e por setor**. Elaborado por Mengpin Ge, Johannes Friedrich e Leandro Vigna. 2020. Disponível em: https://www.wribrasil.org.br/noticias/4-graficos-para-entender-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa-por-pais-e-por-setor. Acesso em: 23 set. 2024.

BRITISH STANDARDS INTITUTION. **BRITISH STANDARD** 8800:1996: Guia para SISTEMAS DE GESTÃO DE SAÚDE E SEGURANÇA INDUSTRIAL. Londres: BSI, 1996. Disponível em: https://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/manuais/seguranca%20e%20saude%20no%20trabalho/SISTEMAS%20DE%20GESTO%20DE%20SADE%20E%20SEGURANA%20INDUSTRIAL.pdf. Acesso em: 20 set. 2024.

BUREAU VERITAS. **EMPRESAS DEVEM CONSIDERAR RISCOS DA MUDANÇA CLIMÁTICA NO SISTEMA DE GESTÃO ISO**. Disponível em: https://www.bureauveritas.com.br/pt-br/magazine/mudancas-climaticas-normas-iso. Acesso em: 21 set. 2024.

CAMISASSA, M. Q. **Segurança e Saúde no Trabalho: NRS 1 a 37 comentadas e descomplicadas**. 7a edição. São Paulo: MÉTODO, 2021.

Cannon, A.J. **Twelve months at 1.5 °C signals earlier than expected breach of Paris Agreement threshold**. Nat. Clim. Chang. 15, 266–269 (2025). https://doi.org/10.1038/s41558-025-02247-8

CETESB. **Poluentes**. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/. Acesso em: 23 set. 2024.

COSO ERM. **Gerenciamento de Riscos Corporativos - Estrutura Integrada**, 2004.

COSTA, K. V. **Cadeias globais de valor, upgrading ambiental e os objetivos do desenvolvimento sustentável: estabelecendo diálogos entre as diferentes abordagens.** Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2021. (Texto para Discussão, n. 6).

CROSBY, P. **Quality is Free**. New York, New York: McGraw-Hill, 1979.

DEMING, William Edwards. **Out of the Crisis**. Massachusetts: Massachusetts Institute Of Technology, 1986.

DIAS, L. C. **Gerenciamento de Riscos em laboratórios de química e microbiologia na indústria alimentícia**. 2022. 87 f. Monografia (Especialização em

Engenharia de Segurança do Trabalho) – Programa de Eduação Continuada, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022

DQS DO BRASIL. **Atualização ISO: Fortalecer as metas e objetivos climáticos**. Disponível em: https://www.dqsglobal.com/pt-br/academy/sala-de-imprensa/regulamento-iso-atualizado-para-fortalecer-as-metas-e-objetivos-climaticos. Acesso em: 21 set. 2024.

GEREFFI, Gary; FERNANDEZ-STARK, Karina. **GLOBAL VALUE CHAIN ANALYSIS: A PRIMER**. Carolina do Norte: Center On Globalization, Governance & Competitiveness (Cggc) - Duke University, 2011.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1996.

HOBSBAWM, Eric J. **A ERA DAS REVOLUÇÕES**: Europa 1789-1848. 10. ed. São Paulo: Editora Paz e Terra, 1995.

INSTITUTE, Project Management. **A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)**. 5. ed. Atlanta: Project Management Institute, 2013.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **IAF/ISO Joint Communiqué on the addition of Climate Change considerations to Management Systems Standards.** Disponível em: https://iaf.nu/iaf_system/uploads/documents/Joint_ISO-IAF_Communique_re_Climate_Change_Amds_to_ISO_MSS_Feb_2024_Final.pdf. Acesso em: 21 set. 2024.

IPCC. **AR5 Climate Change 2014**: impacts, adaptation, and vulnerability. Impacts, Adaptation, and Vulnerability. 2014. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/. Acesso em: 28 set. 2024.

IPCC, 2013: **Resumo para Decisores. In: Climate Change 2013**: The Physical Science Basis. Contribuição do Grupo de Trabalho I para o Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido e Nova Iorque, NI, EUA.

IPCC, 2021: **Sumário para Formuladores de Políticas. Em: Mudança do Clima 2021**: A Base da Ciência Física. Contribuição do Grupo de Trabalho I ao Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. No Prelo.

IPCC, 2022: **Annex II**: Definitions, Units and Conventions [Al Khourdajie, A., R. van Diemen, W.F. Lamb, M. Pathak, A. Reisinger, S. de la Rue du Can, J. Skea, R. Slade, S. Some, L. Steg (eds)]. In IPCC, 2022: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. radera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.

JUNGES, Alexandre Luis; SANTOS, Vinícius Yuri; MASSONI, Neusa Teresinha; SANTOS, Francineide Amorim Costa. EFEITO ESTUFA E AQUECIMENTO GLOBAL: uma abordagem conceitual a partir da física para educação básica. **Experiências em Ensino de Ciências**, Juazeiro do Norte, v. 13, n. 5, p. 1-26, nov. 2018.

JURAN, Joseph M.; GODFREY, A. Blanton. **JURAN'S QUALITY HANDBOOK**. 5. ed. New York: McGraw-Hill, 1998.

KPMG AUDITORES INDEPENDENTES LTDA. **Resultados da 9ª edição do Estudo de Gerenciamento de Riscos**. Disponível em: https://kpmg.com/br/pt/home/insights/2024/06/gerenciamento-riscos-2024.html. Acesso em: 09 set. 2024.

LONGARAY, André Andrade; LAURINO, Frederico Canuso; TONDOLO, Vilmar Antonio Gonçalves; MUNHOZ, Paulo Roberto. Proposta de aplicação do ciclo PDCA para melhoria contínua do sistema de confinamento bovino: um estudo de caso. **Sistemas & Gestão**, [S.L.], v. 12, n. 3, p. 353-361, 5 set. 2017. Disponível em: https://www.revistasg.uff.br/sg/article/view/1123/718. Acesso em: 22 set. 2024.

MENDES, Paulo Ricardo Amador. **Padrões de emissões atmosféricas**: fontes fixas e móveis. Lorena: Escola de Engenharia de Lorena - EEL/USP, 2024. Color. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4448901/mod_resource/content/0/Aula%205%20-%20Padroes%20de%20emiss%C3%A3o%20atmosf%C3%A9rica.pdf. Acesso em: 23 set. 2024.

MCNEILL, John Robert. **Something new under the sun**: an environmental history of the twentieth-century world. Nova York: W.W. Norton & Company, 2000.

NASA. **Tied for Warmest Year on Record, NASA Analysis Shows.** 2020. Disponível em: <https://www.nasa.gov/press-release/2020-tied-for-warmest-year-on-record-nasa-analysis-shows>. Acesso em: 30 set. 2024.

ORGANIZATION, International Labour. **Working on a warmer planet: The impact of heat stress on labour productivity and decent work**. Geneva: International Labour Office, 2019. Disponível em: https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/@dgreports/@dcomm/@publ/documents/publication/wcms_711919.pdf. Acesso em: 22 set. 2024.

PALADINI, Edson Pacheco et al. **GESTÃO DA QUALIDADE**: teoria e casos. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda., 2012.

PIKETTY, Thomas. **Capital in the Twenty-First Century**. Londres: The Belknap Press Of Harvard University Press, 2014.

REINO UNIDO (UK). HM Treasury. **Management of Risk - Principles and Concepts - The Orange Book**. HM Treasury do HM Government, 2004.

ROCHA, Bruno Augusto Barros; LIMA, Fernando Rister de Souza; WALDMAN, Ricardo Libel. MUDANÇAS NO PAPEL DO INDIVÍDUO PÓS-REVOLUÇÃO INDUSTRIAL E O MERCADO DE TRABALHO NA SOCIEDADE DA INFORMAÇÃO. **Revista Pensamento Jurídico**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 1-21, jul. 2020. Disponível em: https://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/documentacao_e_divulgacao/doc_biblioteca/bibli_servicos_produtos/bibli_informativo/bibli_inf_2006/RPensam-Jur_v.14_n.1.13.pdf. Acesso em: 22 set. 2024.

ROMEIRO, A. R.. **Globalização e meio ambiente**. Campinas: UNICAMP, 1999. (Texto para Discussão, n. 91).

SAFETY, Center For Chemical Process. Guidelines for Hazard Evaluation Procedures. Nova York: Wiley, 2008.

SANTOS Jr, C. L. et al. **Avaliação de riscos ambientais no processo produtivo de uma mineradora no estado de Sergipe**. Encontro Nacional de Engenharia de produção. Enegep: 2018. Disponível em: < https://abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_261_501_35483.pdf>. Acesso em: 12 set. 2024.

SELLTZ, C. et al. **Métodos de Pesquisa nas Relações Sociais**. São Paulo: EDUSP, 1975.

TRABALHO, Mte - Secretaria de Inspeção do. **Consulta Pública - Anexo III - Limites de exposição ocupacional ao calor da NR-15 - ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES**. Disponível em: https://www.gov.br/participamaisbrasil/revisao-anexo-iii-calor-nr15. Acesso em: 22 set. 2024.

UNITED NATIONS. **Causes and Effects of Climate Change**. Disponível em: https://www.un-.org/en/climatechange/science/causes-effects-climate-change. Acesso em: 21 set. 2024.

UNITED NATIONS. **Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development**. 2015. Disponível em: https://sdgs.un.org/2030agenda. Acesso em: 28 set. 2024.

VIOLA, Eduardo. O BRASIL NA ARENA INTERNACIONAL DA MITIGAÇÃO DA MUDANÇA CLIMÁTICA. **Cindes - Centro de Estudos de Integração e Desenvolvimento**, Brasília, p. 1-47, jan. 2009. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/bric/textos/100409_BRICViola1.pdf. Acesso em: 29 set. 2024.

WWF. **As Mudanças Climáticas**. Disponível em: https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/reducao_de_impactos2/clima/mudancas_climaticas2/. Acesso em: 23 set. 2024.

SOBRE OS AUTORES

JOAO ALFREDO SCHULZE HERMANO: Engenheiro Químico graduado em 2025 pela Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo (EEL-USP). Desde 2023, trabalha na área de Segurança e Meio Ambiente (EHSQ) da BASF. Atua em análises de risco e vulnerabilidades, investigações de incidentes, condução de projetos e no controle de acesso de veículos de carga, carros e pessoas. Também calcula e reporta inventários de gases de efeito estufa e poluentes atmosféricos, suporta as unidades produtivas em relatórios de resíduos industriais e na gestão de efluentes. Além disso, conduz auditorias de ISO 14001 e do Sistema de Gestão do Atuação Responsável. Entre 2022 e 2023, atuou na área de Gerenciamento de Produtos da Liebherr Brasil, principalmente na elaboração e análise de relatórios gerenciais e suporte em tratativas técnicas dos produtos da divisão. Em 2021 e 2022, foi monitor de Cálculo 1 na Universidade de São Paulo, em que atuou na explicação de conteúdos do curso e no desenvolvimento de um projeto acadêmico cujo foco era o uso do cálculo diferencial para resolução de problemas relacionados à engenharia sustentável, como emissões de CO2, impactos ambientais causados por poluentes químicos e água mineral contaminada.

MONICA TAIS SIQUEIRA D'AMELIO FELIPPE: Engenheira Química pela Universidade Federal de São Carlos, mestre e doutora em Ciências pelo IPEN/USP, com pós-doutorado no IAG/USP. Atua principalmente nos temas de poluição atmosférica, gases de efeito estufa e adsorção. Sua pesquisa em poluição atmosférica visa a avaliação da qualidade do ar em diversas regiões do Brasil, com foco no estado de São Paulo, utilizando dados de satélite para monitorar aerossóis, monóxido de carbono, dióxido de nitrogênio, ozônio, gases de efeito estufa e queimadas. Desenvolve estudos tanto em grandes metrópoles, com ênfase na poluição veicular, quanto em regiões remotas afetadas pela queima de biomassa. Desenvolveu pesquisa com foco em gases de efeito estufa na Amazônia, em que realizou estágio na NOAA, em Boulder - CO - USA. Na área de adsorção, dedica-se à identificação de bioadsorventes para o tratamento de efluentes industriais. É professora dos cursos de engenharia da Universidade São Francisco desde 2015.

MARIANA CONSIGLIO KASEMODEL: Possui graduação em Engenharia Ambiental pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (2009), mestrado em Química Orgânica e Biológica pelo Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo (2012) e doutorado em Geotecnia Ambiental pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (2017). Atualmente é professora doutora da Escola de Engenharia de Lorena (Departamento de

SOBRE OS AUTORES

Ciências Básicas e Ambientais) da Universidade de São Paulo e vice-coordenadora do curso de Engenharia Ambiental. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Geotecnia Ambiental, atuando principalmente nos seguintes temas: contaminação, metais potencialmente tóxicos, resíduos de mineração e avaliação de áreas degradadas por contaminação

CASSIO AURELIO SUSKI: Possui experiência de dez anos com projetos de adequação de complexos industriais dentro das diretrizes básicas para o desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental dentro de empresas por meio da certificação ISO 14001, assim como atua desde 2017 em projetos de pesquisa de análise de gases de efeito estufa nas principais fontes de emissões relacionadas à Mudança de Uso da Terra e Floresta, Agropecuária, Energia, Resíduos e Processos Industriais e Uso de Produtos, destacando trabalhos em fontes de combustão móveis e estacionárias. Possui ainda experiência em PDI com o desenvolvimento de protótipos, proposição de propriedade intelectual e depósito de patentes, inclusive com transferência de tecnologia para o setor produtivo e está inserido em diversos projetos de pesquisa de construção de inventários de gases de efeito estufa dos modais rodoviário, aéreo, ferroviário e aquaviário, além de participar de estudos de gases gerados por compostagem e por resíduos sólidos urbanos, de forma geral, seja em aterros sanitários ou em processos de reciclagem. Desenvolve ainda trabalhos de medições de concentrações dos poluentes CO, NO, NO2, O3, SO2, CO2, MP10 e MP2.5 a partir do sistema QUALAR da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), de reanálises de Dust, Black Carbon (BC), Organic Carbon (OC) e Dióxido de Enxofre (SO2) do MERRA-2, sensoriamento remoto AOD e FRP pelo MODIS; NO2, O3, CO2, CH4, SO2, HCHO e CHOCHO pelo OMI, CO pelo MOPITT e precipitação pelo GPCP, bem como estudos de modelagem com o modelo de Mesoescala WRF-Chem a fim de analisar o transporte meteorológico-químico de gases poluentes em escala regional, com inclusão de esquemas químicos de aerossol e fase gasosa, derivados de emissão e concentração de tais poluentes.Estudos do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (IVDN) por meio de imagens Datum WGS 1984, Satélite Landsat 8, sensor OLI (Operational Land Imager, bandas 4 e 5) e satélite Sentinel 2 lançado como parte do Programa Copernicus da Agência Espacial Européia, assim com da Temperatura de Superfície Terrestre (TST) com imagem Landsat 8, sensor TIRS (Thermal Infrared Sensor, banda 10) com resolução espacial de 30 metros também continuam em desenvolvimento. Orientou e orienta diversas dissertações de mestrado, com ampla atuação de programa de pós-graduação stricto sensu nas linhas de desenvolvimento tecnológico, aqueci-

SOBRE OS AUTORES

mento global, gases de efeito estufa e eventos extremos, participa de grupo de pesquisa credenciado no CNPQ para dedicar-se ao estudo de temáticas correlatas ao Clima e Ambiente. Graduado em Engenharia de Produção Mecânica pela Universidade Federal de Santa Catarina (2001), Mestrado (2004) e Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais na UFSC (2011) e Pós-Doutorado pela Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC em 2020. Professor do IFSC desde 2010.

VICTÓRIA GOMES TEIXEIRA: Técnica Ambiental formada pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e Engenheira Ambiental formada pela Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo (EEL/USP). Possui experiência nas áreas de Meio Ambiente, com atuação nas empresas Amcor e Tetra Pak, e em Sustentabilidade, na Embraer. Desenvolveu pesquisa no Programa Unificado de Bolsas (PUB/USP) sobre a relação entre a poluição atmosférica e o número de internações por doenças respiratórias. Atuou como estagiária de pesquisa no Instituto Argentino de Oceanografía (CONICET), investigando a influência dos microplásticos na bioacumulação em copépodos. Foi selecionada para participar do programa Dna Women - Develop and Achieve, voltado à capacitação pessoal e profissional para o mercado financeiro.

DÉBORA SOUZA ALVIM: Atuo principalmente nos seguintes temas: poluição atmosférica e análises de compostos orgânicos voláteis (COV) na atmosfera. Trabalho com validação de modelos globais na parte de aerossóis (CAM5-MAM3 e ECHAM-HAM) para o futuro acoplamento desses módulos de aerossóis ao modelo BESM (Brazilian Earth System Model). Realizo também a validação de modelos regionais de qualidade do ar, como o WRF-CHEM, com foco na América do Sul e em regiões do Brasil. Avalio a qualidade do ar na América do Sul e em escala global, utilizando dados de satélite e reanálises para aerossóis, monóxido de carbono, dióxido de nitrogênio, ozônio, gases de efeito estufa, queimadas e outros poluentes. Desenvolvo pesquisas na área de poluição do ar tanto em grandes metrópoles, causada principalmente pela poluição veicular, quanto em regiões remotas, afetadas pela queima de biomassa. Relaciono dados de poluição atmosférica com números de internações hospitalares por problemas respiratórios. Sou graduada em Química pela Universidade de São Paulo (USP), doutora em Ciências pelo IPEN/USP e realizei pós-doutorado em Química da Atmosfera no CPTEC/INPE. Atuo como professora de Química Geral e de Poluição Atmosférica desde 2004 e, atualmente, sou docente da Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo.

EEL-USP
Escola de Engenharia de Lorena

USF
UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO

INSTITUTO FEDERAL
Santa Catarina
Câmpus Itajaí

ANÁLISE DE RISCOS DIANTE DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

UM ESTUDO DE CASO CONSIDERANDO RISCOS AMBIENTAIS, OCUPACIONAIS E DE QUALIDADE EM UMA INDÚSTRIA QUÍMICA

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena
Editora
Ano 2025

EEL-USP
Escola de Engenharia de Lorena

USF
UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO

INSTITUTO FEDERAL
Santa Catarina
Câmpus Itajaí

ANÁLISE DE RISCOS DIANTE DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

UM ESTUDO DE CASO CONSIDERANDO RISCOS AMBIENTAIS, OCUPACIONAIS E DE QUALIDADE EM UMA INDÚSTRIA QUÍMICA

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora
Ano 2025