



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
UNIDADE ACADÊMICA CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA**



IURY RAFAEL PINO DE LIMA

**MEDIDAS DE CONTROLE OCUPACIONAIS EM UM REATOR DE PRODUÇÃO
DE DICLOROETANO**

Maceió/AL
2023

IURY RAFAEL PINO DE LIMA

**MEDIDAS DE CONTROLE OCUPACIONAIS EM UM REATOR DE PRODUÇÃO
DE DICLOROETANO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Química da Universidade Federal de Alagoas como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

Orientadora: Prof. Livia Maria de Oliveira Ribeiro

Coorientadora: Rafaela Gabriel

Maceió/AL
2023

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecária Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale CRB-4/ 661

L732m Iury Rafael Pino de Lima
Medidas de controle ocupacionais em um reator de produção de dicloroetano / Iury Rafael
Pino de Lima. – 2023.
75 f. : il.

Orientadora: Livia Maria de Oliveira Ribeiro.

Coorientadora: Rafaela Gabriel.

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Química) – Universidade
Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia, Maceió, 2023.

Bibliografia: f. 73-75.

1. Reatores químicos. 2. Segurança. 3. Proteção. 4. Prevenção. 5. Riscos ocupacionais.
I. Título.

CDU: 661:547.412.4

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por ter iluminado meus passos durante a graduação em engenharia química, foram anos de aprendizado, superações e desafios, que me fizeram amadurecer bastante.

Agradeço imensamente à minha grande e amada família, em especial meus pais, Riva Rose e Ivon Berto, juntamente com meus 6 irmãos: Ítalo Augusto, Igor Gabriel, Ivens Daniel, Isabelle Louise, Ivan Matheus e Ivy Gabrielli, por serem minha base inspiradora e minha força nos momentos que mais precisei.

À minha namorada, Joyce Almeida, que se tornou o meu maior presente do curso de engenharia química, compartilhando rotina e sendo minha maior incentivadora em todos os momentos.

Aos meus amigos do CTEC, por dividirem comigo as dificuldades diárias com conversas leves, incentivadoras e com boas risadas.

À empresa júnior PROTEQ, aos ciclos de PIBIC e à atlética Fúria, por proporcionarem uma experiência única e marcante na minha vida acadêmica, valeu tudo a pena.

Aos amigos da equipe de Suprimentos – Serviços Industriais NE da Braskem, por serem incríveis durante meu período de estágio, lembrarei para sempre do que vivenciei e dessas pessoas que ganharam minha admiração e respeito.

À equipe de SSMA da Braskem, em especial o Wandesmer Thiago e o Paulo Feitosa, por compartilharem diversos conhecimentos e me apresentarem os conceitos de segurança aplicados na área de produção de Dicloroetano.

Ao corpo docente que faz parte da grade curricular do curso de engenharia química, por ensinar com maestria e paciência, em especial, à professora Lívia Maria de Oliveira Ribeiro, que possui uma didática encantadora e cativante, sendo também meu maior apoio na construção deste trabalho, juntamente com a coorientadora Rafaela Gabriel.

RESUMO

Com o advento do Ministério do Trabalho em 1930 e com a intensificação do processo de industrialização do Brasil, na década de 50, houve uma maior preocupação com o crescente número de acidentes de trabalho que se alastrava nas indústrias. Assim, diante desse quadro caótico, foi criada a Portaria nº 3.214 de 08 de agosto de 1978, do Ministério de Trabalho e Emprego (MTE), em que aprovava as Normas Regulamentadoras (NR's), referentes à Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) e relativas à medicina e segurança do trabalho. Essas leis visam maneiras de prevenção de acidentes, garantindo a integridade física e mental dos trabalhadores, de modo a manter o ambiente de trabalho cada vez mais seguro e confortável. A produção industrial de cloro soda é uma atividade bastante influente no quesito de geração de empregos e renda para o estado de Alagoas, a qual possui um fluxo intenso de engenheiros químicos e estagiários operando em sua aquisição. Essa atividade possui riscos que evidenciam a importância de se estabelecer medidas de controle ocupacionais no ambiente laboral, como por exemplo: manuseio de reatores suscetíveis a descontrole reacional com contínuas transferências de massa e calor, gerando fluídos e resíduos industriais organoclorados. Assim, o presente trabalho teve como objetivo realizar um estudo de campo, tendo como foco os equipamentos de obtenção do Dicloroetano (DCE), avaliando os potenciais riscos dos dois reatores da planta industrial envolvidos no processo. Mesmo sendo uma renomada empresa no Estado de Alagoas, com uma equipe de segurança efetiva, a inexistência de alguns documentos específicos para esses reatores e a grande quantidade de engenheiros químicos operando-os, fez com que essa proposta fosse elaborada. Por conta disso, a elaboração de um Programa de Geração de Riscos – PGR, identificação dos equipamentos de proteção individual e coletivos adequados para a função e um guia de cuidados especiais em sua manutenção serão realizados no presente trabalho.

Palavras-Chave: segurança; proteção; prevenção; riscos.

SUMMARY

With the advent of the Ministry of Labor in 1930 and the intensification of the industrialization process in Brazil in the 1950s, there was growing concern about the increasing number of workplace accidents that were spreading across industries. Thus, faced with this chaotic situation, Ministry of Labor and Employment (MTE) issued Ordinance No. 3,214 on August 8, 1978, which approved the Regulatory Norms (NR's) related to the Consolidation of Labor Laws (CLT) and related to occupational health and safety. These laws aim to prevent accidents, ensuring the physical and mental integrity of workers in order to maintain an increasingly safe and comfortable work environment. The industrial production of chlorine soda is a highly influential activity in terms of job creation and income generation for the state of Alagoas, which has a strong flow of chemical engineers and interns operating in its acquisition. This activity has risks that demonstrate the importance of establishing occupational control measures in the workplace, such as handling reactors susceptible to reaction control with continuous mass and heat transfers, generating organochlorine fluids and industrial waste. Thus, the present study aimed to conduct a field study, focusing on the equipment for obtaining Dichloroethane (DCE), assessing the potential risks of the two reactors of the industrial plant involved in the process. Despite being a renowned company in the state of Alagoas, with an effective safety team, the lack of specific documents for these reactors and the large number of chemical engineers operating them prompted this proposal. Therefore, the development of a Risk Generation Program - PGR, identification of suitable individual and collective protective equipment for the function, and a guide for special care in their maintenance will be conducted in this study.

Keywords: security; protection; prevention; risks.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estatística de acidentes de trabalho (2002 - 2020)	12
Figura 2 - Normas regulamentadoras	15
Figura 3 - Sinalização para espaço confinado	22
Figura 4 - Identificação das cores de sinalização	23
Figura 5 - Processo produtivo na indústria de Cloro Soda	25
Figura 6 - Monitoramento de explosividade em trabalho a quente	31
Figura 7 - Perigos envolvidos na indústria química	42
Figura 8 - Itens do PGR	45
Figura 9 - Indústria de Cloro Soda de Alagoas	47
Figura 10 - Reação de produção de DCE	48
Figura 11 - Fluxograma com o perigo identificado	50
Figura 12 - Níveis de risco	53
Figura 13 - Metodologia 5W2H	54
Figura 14 - Cadeia de eventos para controle de acidentes no reator	58
Figura 15 - Matriz de riscos	61

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classes das instalações, conforme NR-20.....	18
Quadro 2 - Caracterização de espaço confinado	19
Quadro 3 - Procedimentos para emissão de PET	21
Quadro 4 - Riscos ambientais e seus causadores.....	32
Quadro 5 - Riscos de segurança e seus causadores	33
Quadro 6 - Equipamentos de Proteção Individual.....	36
Quadro 7 - Cores e tipos de riscos	43
Quadro 8 - Equipe de DCE.....	48
Quadro 9 - Modelo de Análise Preliminar de Perigos	49
Quadro 10 - Inventário de riscos	53
Quadro 11 - Plano de ação do PGR.....	54
Quadro 12 - Perigos reacionais na produção de DCE	55
Quadro 13 - Modelo de formulário de controle de EPI.....	59
Quadro 14 - Critérios de avaliação de riscos relacionados à segurança do trabalho.....	60
Quadro 15 - Inventário de riscos da área de produção de DCE	62
Quadro 16 - Plano de ação do PGR (Curto prazo)	65
Quadro 17 - Plano de ação do PGR (Médio prazo).....	65
Quadro 18 - Plano de ação do PGR (Longo prazo).....	67
Quadro 19 - Cronograma anual do PGR	68
Quadro 20 - Manual de cuidados especiais para manutenção do reator.....	69

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	11
2.1	Geral.....	11
2.2	Específicos	11
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3.1	Histórico de acidentes industriais	12
3.1.1	Medidas de controle ocupacionais e Normas Regulamentadoras	13
3.2	FISPQ – Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos	23
3.3	Produção industrial de Cloro-Soda	25
3.3.1	Reatores de obtenção de DCE	26
3.3.2	Etapas do processo produtivo de DCE	26
3.4	Trabalhos a quente	29
3.5	Riscos industriais para indústria de cloro soda	31
3.6	Abertura de linhas e equipamentos	34
3.7	Equipamentos de Proteção – EPI’s e EPC’s.....	35
3.7.1	Equipamentos de proteção individual	36
3.7.2	Equipamentos de proteção coletiva	37
3.8	Emergências e Paradas para manutenção	39
3.9	Análise de riscos em reações exotérmicas	41
3.10	Programa de Gerenciamento de Riscos – PGR	43
3.10.1	Inventário.....	44
3.10.2	Plano de ação	45
4	METODOLOGIA.....	47
4.1	Local de estudo	47
4.2	Equipe da área de Dicloroetano	48
4.3	Análise reacional na produção de Dicloroetano	48

4.4	Levantamento dos perigos e riscos	49
4.5	Reconhecimento dos equipamentos de proteção individual e coletiva.....	50
4.6	Identificação dos riscos em espaços confinados para manutenção.....	51
4.7	Aplicação do Programa de Gerenciamento de riscos	52
4.7.1	Critérios de avaliação de riscos	52
4.7.2	Índice de risco.....	53
4.7.3	Modelo de inventário.....	53
4.7.4	Modelo de Plano de ação.....	54
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	55
5.1	Identificação dos principais riscos na reação exotérmica de DCE	55
5.2	Análise preliminar dos perigos da área de DCE	56
5.3	Cadeia de eventos	57
5.4	Lista de controle de EPI.....	59
5.5	Avaliação da matriz de riscos	60
5.6	Elaboração do PGR: Inventário e Plano de ação.....	61
5.6.1	Inventário.....	62
5.6.2	Plano de ação.....	64
5.6.3	Cronograma geral do PGR	68
5.6	Manual de cuidados especiais para manutenção.....	68
5.7	Recomendações gerais de segurança	70
6	CONCLUSÃO.....	72
	REFERÊNCIAS	73

1 INTRODUÇÃO

A segurança do trabalho constitui um conjunto de medidas técnicas, educacionais, médicas e psicológicas utilizadas para prevenir acidentes, seja eliminando condições inseguras do ambiente, seja instruindo ou convencendo as pessoas da utilização de práticas preventivas. Muitas empresas têm os serviços de segurança com a intenção de estabelecer normas, diretrizes e procedimentos, colocando em prática os recursos possíveis para prevenção de acidentes e controle dos resultados alcançados (CHIAVENATO, 2009). Todavia, o ambiente de trabalho ainda é um espaço com elevado índice de doenças e repleto de riscos de ocorrência de acidentes, visto que reúne uma série de atividades que envolvem altura, eletricidade, exposição a microrganismos e agentes físicos e químicos.

Sob essa perspectiva, o aumento do número de acidentes e de fatalidades no trabalho é decorrente das más condições e da insegurança dos ambientes de trabalho aliadas à falta de fiscalização por parte dos órgãos competentes. Assim, para que uma empresa opere e se mantenha dentro dos padrões toleráveis, faz-se necessário a implantação de um Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR), que considere as atividades, rotineiras ou não, de uma planta industrial (SAVAREGO, 2013). Essa ferramenta de controle ocupacional serve para tornar o profissional familiarizado com o processo de trabalho, para coletar informações, identificar os riscos reais e potenciais, além de servir de subsídio para as avaliações qualitativas e quantitativas (WALDHELM NETO, 2022).

Nesse sentido, é primordial destacar também as Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego (NRs) relativas à medicina e segurança do trabalho, as quais estão claramente presentes na realidade da indústria química e na rotina de um engenheiro químico, o qual está propício a fatores que podem proporcionar acidentes de trabalho. Mediante essa situação, o presente estudo tem o propósito de evidenciar e analisar os diferentes riscos associados aos reatores de produção do Dicloroetano (DCE) de uma indústria de cloro-soda, propondo alternativas para instalação de um Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR) e de um guia para uma manutenção segura dos equipamentos, seguindo as legislações ambientais e trabalhistas vigentes, visando reduzir acidentes e garantir uma maior integridade do operador ao lidar com fluídos altamente perigosos, reativos e com a variedade de resíduos industriais gerados no processo.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Desenvolver um Programa de Gerenciamento de Riscos – PGR e um guia de cuidados especiais para manutenção e operação dos reatores de Dicloroetano (DCE) em uma renomada indústria de Cloro Soda localizada no estado de Alagoas.

2.2 Específicos

- Analisar a reação e o funcionamento dos reatores de DCE;
- Levantar riscos ambientais envolvidos na operação e na manutenção com fluídos e resíduos industriais organoclorados;
- Avaliar os Equipamentos de Proteção Individual e Coletivo aplicados no manuseio dos reatores;
- Construir um Programa de Gerenciamento de Riscos - PGR;
- Desenvolver um manual de cuidados especiais para manutenção dos reatores.

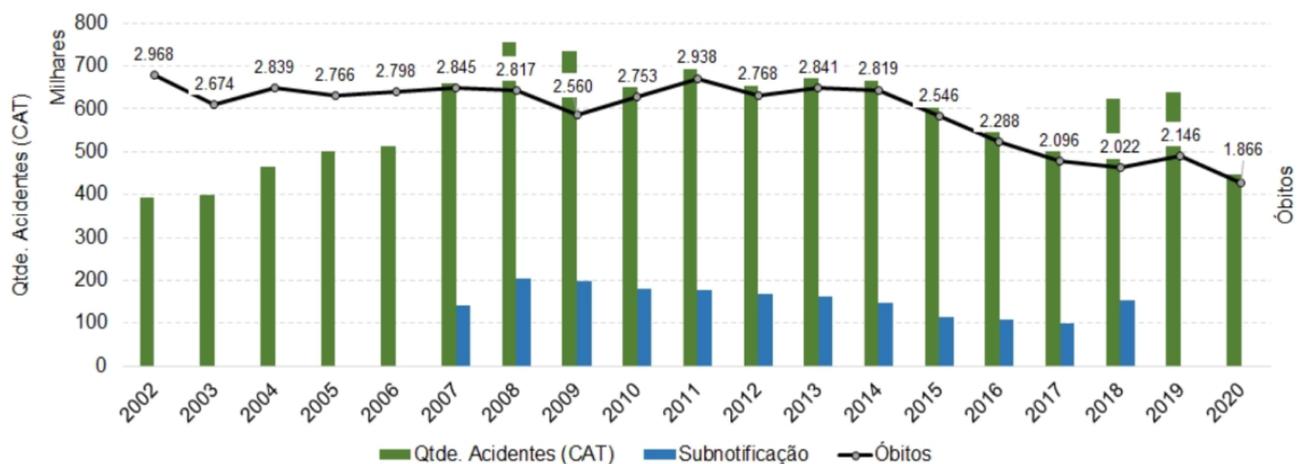
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Histórico de acidentes industriais

Em razão do aumento da produção e ao constante desenvolvimento de novos equipamentos tecnológicos, ainda ocorrem inúmeros acidentes de trabalho no Brasil, que causam prejuízos enormes para o trabalhador acidentado, mas também para os empregadores e, inclusive, para o governo. O documento intitulado “Estratégia Nacional para Redução de Acidentes do Trabalho 2015-2016”, publicado em 2015 pelo Ministério de Trabalho e Emprego, identificou a ocorrência de 2.797 acidentes do trabalho fatais no Brasil, associados a uma taxa de mortalidade de 6,53 indivíduos a cada 100.000 segurados no país. O relatório da Organização Internacional do Trabalho (OIT) estima que mais de dois milhões de pessoas morrem a cada ano devido à ocorrência de acidentes de trabalho (MTE, 2015).

A série histórica de acidentes de trabalho no Brasil no período de 2002 a 2020 demonstrado na Figura 1 evidencia que é preciso avançar mais rápido com a prevenção de acidentes do trabalho. É urgente porque ainda se perde trabalhadores pela falta de prevenção, só em 2020, foram 1.866, excluídos os casos de trabalhadores que registraram óbito por COVID-19, em que apenas os profissionais da Saúde totalizaram 427 (COFEN, 2022).

Figura 1 - Estatística de acidentes de trabalho (2002 - 2020)



Fonte: Disponível em: <https://onsafety.com.br/dia-nacional-de-prevencao-de-acidentes-do-trabalho/>. Acesso em: 20 de nov. de 2022.

Diante dessas avaliações, nota-se que as estatísticas de acidentes de trabalho no país geram grandes impactos na sociedade. No Brasil também existe a subnotificação de acidentes de trabalho por diversos motivos, cerca de 154.561 subnotificações em média por ano, ou seja, pode-se projetar que de fato são mais de 701 mil trabalhadores que foram afetados pela falta de segurança e saúde ocupacional.

De acordo com a Lei 8.213 de 24 de julho de 1991, acidente de trabalho é aquele que ocorre pelo exercício do trabalho, a serviço da empresa, provocando lesão corporal, perturbação funcional ou doença que cause a morte ou perda ou redução permanente ou temporária da capacidade para o trabalho, isto diz respeito também à causa que, não sendo a única, tenha contribuído para o resultado; pode ocorrer no local de trabalho, a serviço da empresa e nos intervalos ou a caminho. Equipara-se ao acidente de trabalho a doença profissional e a doença do trabalho (MTE, 2012).

Outros fatores associados aos acidentes de trabalho e que é crucial analisar com mais atenção ao estabelecer políticas de prevenção de acidentes de trabalho, são os relacionados com o nível educacional dos trabalhadores, o trabalho em período integral, a exposição aos riscos ocupacionais e com as doenças pré-existentes do trabalhador.

Diversas medidas de redução de acidentes foram tomadas ao longo dos anos nas empresas da indústria química. No entanto, ainda hoje, a manipulação incorreta de unidades de processo pelos operadores é vista como principal fonte de acidentes, já que muitos deles são oriundos do uso ineficiente da informação e da falta de treinamento adequado.

A presença de uma condição insegura em indústrias é a circunstância física ou mecânica existente no local, na máquina, no equipamento ou na instalação (que poderia ter sido protegida ou corrigida) e que leva à ocorrência do acidente. Trata-se das condições do ambiente de trabalho que oferecem perigo ou risco ao trabalhador, como, por exemplo, máquinas e equipamentos sem manutenção preventiva, iluminação inadequada, irregularidades técnicas, carência de dispositivo de segurança, desorganização, entre outras.

Diante dos fatos mencionados, para prevenir acidentes de trabalho, é fundamental eliminar as condições inseguras do local, além de realizar treinamentos sobre procedimentos de segurança, orientar e fiscalizar o uso correto do uso de equipamentos de proteção, a fim de evitar atos inseguros e tomar decisões baseadas em fatos, associadas com a análise dos riscos ocupacionais e dialogadas com os trabalhadores, uma vez que uma política relacionada a um programa de ações de prevenção de acidentes de trabalho é o mecanismo mais eficiente para reduzir os impactos dos acidentes de trabalho na sociedade (SOARES, 2018).

3.1.1 Medidas de controle ocupacionais e Normas Regulamentadoras

No contexto da prevenção dos riscos ocupacionais, é fundamental o entendimento dos conceitos de Segurança do Trabalho e Medicina do Trabalho. Na visão de Saliba (2011), a Segurança do Trabalho visa prevenir os acidentes de trabalho oriundos dos mais diversos riscos operacionais presentes nos ambientes de trabalho (eletricidade, proteção de máquinas,

armazenamento, entre outros). O Decreto nº7.602, de 07 de novembro de 2011, o qual dispõe sobre a Política Nacional de Segurança e Saúde no Trabalho, diz que cabe ao Ministério do Trabalho e Emprego, elaborar e revisar, em modelo tripartite (envolvendo instituições governamentais, agências regulamentadoras e outras partes relacionadas) as normas regulamentadoras de segurança e saúde no trabalho. Para isso, é imprescindível focar em três aspectos para melhorar a segurança e saúde do trabalhador, conforme desenvolvimento de ideias elaborado por países da União Europeia:

1. **Antecipação e gerenciamento das mudanças** relacionadas com um contexto verde, tecnologias digitais e transições demográficas;
2. **Melhoria na prevenção de acidentes e doenças do trabalho** e busca por uma filosofia de zero mortes relacionadas com o trabalho;
3. **Aumento da preparação** dos tomadores de decisões para responder às crises de saúde dos trabalhadores atuais e futuras.

Para as principais indústrias, a cultura de prevenção proposta no âmbito do Programa de Gerenciamento de Riscos demandará uma avaliação dos riscos ocupacionais e um controle mais efetivo dos riscos de uma forma contínua. Será necessário monitorar a saúde do trabalhador, melhorar as condições ergonômicas, adotar métodos efetivos de gestão da Segurança e Saúde Ocupacional, usar tecnologias de informação e comunicação e, principalmente, qualificar os profissionais da área de Saúde, Segurança e Meio ambiente.

Nesse cenário, pode-se identificar que as normas regulamentadoras tratam, direta ou indiretamente, dos seguintes pontos: Equipamentos de proteção (individual e coletiva), riscos ocupacionais, parâmetros e limites de exposição, treinamentos e capacitações, documentação, procedimentos e conceitos técnicos e preventivistas, distribuídas de acordo com a Figura 2:

Figura 2 - Normas regulamentadoras



Fonte: Disponível em: <<https://www.tagout.com.br/blog/o-que-sao-as-normas-regulamentadoras/>>. Acesso em: 20 de dez. de 2022.

Nesse caso, essa listagem apresentada é periodicamente ampliada, pela necessidade de regulamentação de atividades e procedimentos que ainda estejam sem formalização, com conceitos dispersos ou sem cobertura prevencionista legal. Os textos existentes também sofrem, em sua maioria, revisões em seus conteúdos para adequação aos critérios legais ou evoluções de tecnologia. Para Gonçalves (2008), as normas regulamentadoras encontram-se em contínuo processo de atualização e modernização em decorrência da acelerada revolução tecnológica, que tem desencadeado profundas mudanças na relação capital-trabalho, objetivando a melhoria das condições ambientais de trabalho, afinal de contas, é missão institucional do Estado velar pela saúde e integridade física de sua força produtiva.

Sob essa perspectiva, para o presente trabalho, foram abordadas as normas regulamentadoras com ênfase nas legislações mais comumente aplicadas à indústria química, conforme evidenciadas a seguir:

- **NR12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos**

A Norma Regulamentadora nº 12 (NR-12) determina as medidas necessárias para resguardar a saúde e a integridade física dos trabalhadores e estabelece os requisitos mínimos

para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho, nas fases de projeto e de utilização de máquinas e equipamentos. Para o atendimento da NR-12, é necessário conhecer os processos de trabalho, os espaços físicos onde estes ocorrem, os tipos de trabalho a serem realizados, os riscos e perigos existentes em cada atividade (BRASIL, 2019).

A NR-12 vem de inúmeras reformulações mais aprofundadas com aspectos técnicos consistentes. Cerca de 25% dos acidentes registrados em todo território nacional é causado pela falta de proteções em máquinas e equipamentos, se este item fosse revisado não só reduziria o número de afastamentos, como também haveria uma redução no custo da empresa com as adequações necessárias

De acordo com a norma, cabem aos trabalhadores cumprir as orientações relativas aos procedimentos seguros de operação, alimentação, limpeza, manutenção, inspeção, transporte, desativação, desmonte e descarte das máquinas. Assim, a NR 12 aborda fatores cruciais para a segurança no manuseio e manutenção de equipamentos industriais, como a análise de risco, a sinalização, os equipamentos elétricos, o acionamento acidental, os dispositivos de partida e parada, o painel elétrico e os requisitos para a área de circulação.

É importante observar que a distância mínima entre máquinas, em conformidade com suas características e aplicações, deve resguardar a segurança dos trabalhadores e permitir a movimentação dos segmentos corporais, em face da natureza da tarefa. As zonas de perigo das máquinas e equipamentos devem possuir sistemas de segurança, caracterizados por proteções fixas, proteções móveis e dispositivos de segurança interligados, e devido a esse fato, não podem ser considerados itens opcionais para qualquer fim.

Em função do risco, poderá ser exigido projeto, diagrama ou representação esquemática dos sistemas de segurança de máquinas, com respectivas especificações técnicas em língua portuguesa, elaborado por profissional legalmente habilitado. Ademais, as máquinas e equipamentos que utilizem, processem ou produzam combustíveis, inflamáveis, explosivos ou substâncias que reagem perigosamente devem oferecer medidas de proteção contra sua emissão, liberação, combustão, explosão e reação acidentais, bem como a ocorrência de incêndio.

A NR 12 ressalta as medidas de segurança nas instalações dos equipamentos, que devem possuir sinalização de segurança para advertir os trabalhadores e terceiros sobre os riscos a que estão expostos, as instruções de operação e manutenção e outras informações necessárias para garantir a integridade física e a saúde dos trabalhadores, sendo fundamental implantar procedimentos de trabalho e segurança para máquinas e equipamentos, específicos e padronizados, a partir da apreciação de riscos.

- **NR 25 – Resíduos industriais**

Os resíduos industriais têm potencial grau de contaminação e riscos para o meio ambiente e a saúde ocupacional dos trabalhadores. Esses riscos podem possuir origens físicas, químicas e biológicas, sendo a sua presença encontrada em diversas formas, tais como líquidos, gases ou sólidos. Todos os trabalhadores que estejam em atividades que envolvam a coleta, manipulação, acondicionamento, armazenamento, transporte, tratamento, e disposição dos resíduos industriais, devem receber os devidos treinamentos (PEREIRA, 2002).

Primeiramente, é imprescindível notar a complexidade que envolve essa norma, por se tratar de resíduos com diferentes composições, com diferentes volumes gerados em relação ao processo produtivo e com distintas potencialidades de toxicidade, o que recomenda que os resíduos sejam caracterizados, quantificados, tratados, reaproveitados e acondicionados adequadamente antes da disposição final, minimizando os impactos ambientais e preservando a integridade da vida, conforme procedimentos, legislações e parâmetros vigentes. Dessa maneira, é proibido o lançamento ou a liberação no ambiente de trabalho de quaisquer contaminantes que possam comprometer a segurança e saúde dos trabalhadores.

A destinação, tratamento e disposição final de resíduos devem seguir a Norma 10.004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas, que classifica os resíduos conforme as reações que produzem quando são colocados no solo:

- Perigosos (Classe 1 – contaminantes e tóxicos)
- Não-inertes (Classe 2 – possivelmente contaminantes); e
- Inertes (Classe 3 – não contaminantes).

Os resíduos das classes 1 e 2 devem ser tratados e destinados em instalações apropriadas para tal fim. As indústrias tradicionalmente responsáveis pela maior produção de resíduos perigosos são as metalúrgicas, as indústrias de equipamentos, as empresas de fundições e a indústria química, pois trabalham com materiais que possuem características como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxidade e patogenicidade com limites maiores que os descritos na norma (BRASIL, 2011).

- **NR 20 - Segurança e Saúde no trabalho com inflamáveis e combustíveis**

A NR 20 estabelece requisitos mínimos para a gestão da segurança e saúde no trabalho contra os fatores de risco de acidentes provenientes das atividades de extração, produção, armazenamento, transferência, manuseio e manipulação de inflamáveis e líquidos combustíveis (BRASIL, 2019).

Tendo em vista as importantes definições, temos que os líquidos inflamáveis são fluídos que possuem ponto de fulgor $\leq 60^{\circ}\text{C}$ (sessenta graus Celsius), já os líquidos combustíveis possuem ponto de fulgor $> 60^{\circ}\text{C}$ (sessenta graus Celsius) e $\leq 93^{\circ}\text{C}$ (noventa e três graus Celsius). Para efeito desta NR, as instalações são divididas em classes, conforme Quadro 1:

Quadro 1 - Classes das instalações, conforme NR-20

Classe I
a) Quanto à atividade:
a.1 - postos de serviço com inflamáveis e/ou líquidos combustíveis.
a.2 - atividades de distribuição canalizada de gases inflamáveis em instalações com Pressão Máxima de Trabalho Admissível - PMTA limitada a $18,0 \text{ kgf/cm}^2$.
b) Quanto à capacidade de armazenamento, de forma permanente e/ou transitória:
b.1 - gases inflamáveis: acima de 2 ton até 60 ton;
b.2 - líquidos inflamáveis e/ou combustíveis: acima de 10m^3 até 5.000m^3 .
Classe II
a) Quanto à atividade:
a.1 - engarrafadoras de gases inflamáveis;
a.2 - atividades de transporte dutoviário de gases e líquidos inflamáveis e/ou combustíveis.
a.3 - atividades de distribuição canalizada de gases inflamáveis em instalações com PMTA acima de $18,0 \text{ kgf/cm}^2$.
b) Quanto à capacidade de armazenamento de forma permanente e/ou transitória:
b.1 - gases inflamáveis: acima de 60 ton até 600 ton;
b.2 - líquidos inflamáveis e/ou combustíveis: acima de 5000m^3 até 50.000m^3 .
Classe III
a) Quanto à atividade:
a.1 - refinarias;
a.2 - unidades de processamento de gás natural;
a.3 - instalações petroquímicas;
a.4 - usinas de fabricação de etanol.
b) Quanto à capacidade de armazenamento de forma permanente e/ou transitória:
b.1 - gases inflamáveis: acima de 600 ton;
b.2 - líquidos inflamáveis e/ou combustíveis: acima de 50.000 m^3 .

Fonte: Brasil, 2019.

No projeto das instalações classes I, II e III devem constar, no mínimo, e em língua portuguesa: a) descrição das instalações e seus respectivos processos através do manual de operações; b) planta geral de locação das instalações; c) características e informações de segurança, saúde e meio ambiente relativas aos inflamáveis e líquidos combustíveis, constantes nas fichas com dados de segurança de produtos químicos, de matérias primas, materiais de consumo e produtos acabados; d) especificação técnica dos equipamentos, máquinas e acessórios críticos em termos de segurança e saúde no trabalho estabelecidos conforme projeto;

e) plantas, desenhos e especificações técnicas dos sistemas de segurança da instalação e f) identificação das áreas classificadas da instalação, para efeito de especificação dos equipamentos e instalações elétricas.

Além disso, as análises de riscos da instalação devem ser estruturadas com base em metodologias apropriadas, escolhidas em função dos propósitos da análise, das características e complexidade da instalação. Nas instalações classe I, deve ser elaborada Análise Preliminar de Perigos/Riscos (APP/APR).

Conforme NR-20, a permissão de trabalho (PT) deve ser elaborada para atividades não rotineiras de intervenção na instalação, baseada em análise de risco, nos trabalhos: a) que possam gerar chamas, calor, centelhas ou ainda que envolvam o seu uso; b) em espaços confinados, conforme Norma Regulamentadora n.º 33; c) envolvendo isolamento de equipamentos e bloqueio/etiquetagem; d) em locais elevados com risco de queda; e) com equipamentos elétricos, conforme Norma Regulamentadora n.º 10 e f) cujas boas práticas de segurança e saúde recomendem.

Diante desse cenário propício a acidentes de trabalho, o empregador deve sinalizar a proibição do uso de fontes de ignição nas áreas sujeitas à existência de atmosferas inflamáveis e os tanques que armazenam líquidos inflamáveis e combustíveis devem possuir sistemas de contenção de vazamentos ou derramamentos, dimensionados e construídos de acordo com as normas técnicas nacionais.

- **NR 33 - Segurança e Saúde nos trabalhos em espaços confinados**

Considera-se espaço confinado qualquer área ou ambiente que atenda simultaneamente aos requisitos contidos no Quadro 2:

Quadro 2 - Caracterização de espaço confinado

O local é destinado a ocupação humana contínua?	Possui meios restritos, limitados, parcialmente obstruídos ou providos de obstáculos na entrada e/ou saída?	Pode ocorrer uma atmosfera perigosa?	É um espaço confinado?
SIM	SIM	SIM	NÃO
SIM	SIM	NÃO	NÃO
SIM	NÃO	SIM	NÃO
SIM	NÃO	NÃO	NÃO
NÃO	SIM	SIM	SIM
NÃO	SIM	NÃO	NÃO
NÃO	NÃO	SIM	NÃO
NÃO	NÃO	NÃO	NÃO

Fonte: BRASIL, 2013.

Nesse caso, a atmosfera perigosa é aquela em que esteja presente uma das seguintes condições: a) deficiência ou enriquecimento de oxigênio; b) presença de contaminantes com potencial de causar danos à saúde do trabalhador ou c) seja caracterizada como uma atmosfera explosiva.

Além desses critérios, os espaços confinados incluem equipamentos comumente utilizados na indústria química, como tanques de armazenamento, torres de destilação, recipientes processuais, poços, silos, cubas, vasos de reação, caldeiras, dutos de ventilação e exaustão, esgotos, túneis, depósitos subterrâneo e linhas de tubulação.

No ato da liberação do serviço deve ser realizada uma reunião pré-trabalho com os membros do grupo que irá executar o serviço. A liberação tem que estar disponível na entrada do espaço confinado, para que qualquer pessoa possa verificar se todos os requisitos da liberação foram checados. Além disso, as áreas onde ocorrerão os trabalhos em espaços confinados devem ser isoladas e sinalizadas, tendo acesso apenas os operadores autorizados. Também devem ser desligadas, bloqueadas, as alimentações e descarregadas todas as tubulações que dão acesso ao espaço confinado, sinalizando através de etiquetas o bloqueio de cada ponto, de tal maneira que todo pessoal que esteja dentro do espaço confinado ou fora dele esteja adequadamente protegido.

O ambiente do espaço confinado deve ser avaliado para se certificar de que não há a presença de: deficiência ou enriquecimento de oxigênio, temperaturas extremas, vapores inflamáveis, explosivos ou tóxicos, devendo ser feitas com o auxílio de instrumentos de leitura direta ou análises químicas, pois os materiais remanescentes podem livrar gases tóxicos ou inflamáveis. O monitoramento deve ser feito durante todo o serviço mantendo as condições atmosféricas aceitáveis na entrada e durante a realização dos trabalhos. Apenas as pessoas qualificadas podem efetuar as medições de ar (BRASIL, 2013).

Os riscos em um espaço confinado podem estar atrelados à atividade que será desempenhada no mesmo ou ainda à integridade do equipamento. As principais atividades realizadas em um espaço confinado, tanto na construção e montagem, como em processos, são principalmente limpeza, inspeção, manutenção.

Na Tabela 1 é possível notar que em um espaço confinado pode ser encontrado uma infinidade de substâncias químicas tóxicas ao ser humano e prejudiciais ao meio ambiente, onde a existência desses contaminantes podem causar consequências, tais como: oxidação, vazamentos, fermentação, decomposição de matéria orgânica e erros operacionais. Para detecção e avaliação sobre a presença de substâncias químicas são usados principalmente dois

parâmetros para a permissão de trabalho em espaços confinados: atmosfera Imediatamente Perigosa à Vida e Saúde (IPVS) e Limite de Tolerância (LT) (NAVARRO, 2012).

Tabela 1 - Parâmetros para substâncias químicas em espaço confinado

Substância	Fórmula	Limite de Tolerância - Brasil	Concentração IPVS
Amônia	NH ₃	20 ppm	300 ppm
Cloro	Cl ₂	0,8 ppm	10 ppm
Dióxido de carbono	CO ₂	3.900 ppm	40.000 ppm
Dióxido de enxofre	SO ₂	4 ppm	100 ppm
Dióxido de nitrogênio	NO ₂	4 ppm	20 ppm
Monóxido de carbono	CO	39 ppm	1.500 ppm
Gás sulfídrico	H ₂ S	8 ppm	300 ppm

Fonte: Filho, 2012.

Os riscos específicos em espaços confinados estão relacionados ao enriquecimento e deficiência de oxigênio, incêndio e explosão e pela presença de substâncias tóxicas (CAMPOS, 2007). Os contratantes e contratados são solidariamente responsáveis pelo cumprimento da NR – 33. É vedada a entrada e a realização de qualquer trabalho em espaços confinados sem a emissão da Permissão de Entrada e Trabalho – PET, conforme mostrada no Quadro 3. É importante que haja uma compartimentação dos procedimentos a serem executados, para facilitar o controle dos riscos. Assim, é coerente que o operador possa interromper suas atividades e abandonar o local de trabalho, sempre que suspeitar da existência de risco grave.

Quadro 3 - Procedimentos para emissão de PET

Guardar o espaço	Posicionar sinais de advertência ou barreiras de forma a manter afastado pessoas não autorizadas.
Isolamento do espaço	Desconectar, trancar ou sinalizar equipamentos que podem ser perigosos ao trabalhador dentro do espaço confinado.
Teste atmosférico	Testar os perigos atmosféricos: oxigênio, gases inflamáveis, tóxicos ou corrosivos.
Eliminação ou controle atmosférico	Eliminação ou controle dos riscos atmosféricos no local, através de métodos de ventilação.
Verificação de equipamentos	Garantir aos trabalhadores equipamentos necessários e em boas condições de uso, com treinamento para seu uso.
Planejar emergências	Informar os procedimentos de resgate e emergência.
Formalizar a permissão de entrada	Após verificação pelo supervisor, assinar a permissão de entrada.
Monitoramento das atividades	Manter a comunicação contínua entre os envolvidos, assim como monitoramento dos riscos de forma a manter as condições do trabalho.

Fonte: Adaptado pelo autor, 2023.

A NR 33 exige que, para situações de perigo, o empregador tenha a descrição de todos os cenários de acidentes, obtidos por meio da análise de riscos, e possua a descrição dos procedimentos de emergência a serem adotados. Nesse caso, para sinalizar que se trata de um espaço confinado e que os cuidados devem ser redobrados, é imprescindível a adoção da placa evidenciada na Figura 3:

Figura 3 - Sinalização para espaço confinado



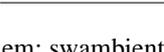
Fonte: BRASIL, 2013.

A placa deve ser fixada no acesso ao equipamento, de tal forma que o vento da região não remova a sua instalação. É de responsabilidade do supervisor de entrada (dono da área) evitar que o equipamento seja aberto. A região deve ser controlada pelo vigia devidamente identificado, de forma a prevenir o acesso de pessoas não autorizadas. É proibido deixar o equipamento com acesso livre, sem a devida placa.

- **NR 26** – Sinalização de Segurança

A NR 26 engloba o conjunto de normas técnicas relativas à sinalização de segurança e a utilização de cores para identificação dos riscos, equipamentos, estruturas e outras características do ambiente de trabalho. As cores devem seguir os padrões normativos, para que possuam fácil compreensão para todos os trabalhadores, garantindo a eficiência das sinalizações. Porém, a instalação da sinalização não substitui outras medidas de controle que devem ser implementadas no local. A Figura 4 representa o padrão adotado para as cores de sinalização:

Figura 4 - Identificação das cores de sinalização

CORES DE SINALIZAÇÃO NBR 7195 de 31.07.1995	
COR	LOCAL DE APLICAÇÃO
	Equipamentos de proteção e combate á incêndios
	Usada em partes móveis e perigosas de máquinas e equipamentos
	Usada para identificar avisos de advertências
	Localização de caixas de primeiros – socorros e EPI's
	Determinar o uso de EPI's
	Marcar os locais onde foi enterrado esse material ou armazenado radioativo
	Faixa para demarcar passagem de pedestres
	Indica coletores de resíduos exceto os provenientes da saúde

Fonte: Disponível em: swambiental.blogspot.com/2015/10/nr-26-sinalizacoes-de-seguranca.html. Acesso em: 22 de mar. de 2022.

Os produtos químicos utilizados no ambiente de trabalho devem possuir rotulagem, ficha de segurança e classificação, sendo esta realizada de acordo com o perigo que o produto pode trazer à saúde e a segurança dos trabalhadores, de acordo com os critérios estabelecidos pelo Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos - GHS, da Organização das Nações Unidas (BRASIL, 2022). Com esse intuito, os rótulos preventivos devem conter: a) identificação dos produtos químicos e sua composição; b) pictograma do perigo; c) advertências; d) frases de perigo; e) frases de precaução e f) informações complementares.

As cores utilizadas para identificar os equipamentos de segurança, delimitar áreas, identificar tubulações empregadas para a condução de líquidos e gases e advertir contra riscos, devem atender ao disposto nas normas técnicas oficiais, a fim de garantir maior conforto, atenção e segurança no manuseio de produtos químicos, como por exemplo, a área de operação envolvendo o meio reacional do 1,2 – Dicloroetano.

3.2 FISPQ – Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos

É um documento que contém informações sobre misturas e substâncias químicas que possuem informações essenciais sobre os riscos inerentes aos produtos. Dessa forma, dado que as substâncias químicas possuem características singulares e que nenhum produto deve ser manuseado sem que se conheçam os riscos associados a ela, deve-se sempre consultar a Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ).

O empregador deve garantir que todos os produtos químicos contenham a ficha de segurança disponível para consulta. Todos os trabalhadores devem receber treinamentos da FISPQ dos produtos químicos. Além de ser essencial para toda substância considerada perigosa, essa ficha também será exigida para produto químico classificado como não perigoso, entretanto, nesse último caso, desde que o uso previsto origine riscos à segurança e saúde dos trabalhadores, englobando materiais diversos que ao serem manipulados e cortados geram poeiras ou são voláteis, passíveis de serem inspirados pelas vias respiratórias ou adsorvidos pela pele.

A FISPQ possui 16 seções obrigatórias onde são encontradas informações sobre: limite de exposição (para efeitos toxicológicos); como descartar resíduos do produto; identificação dos perigos; como minimizar os riscos (quais equipamentos de proteção individual devem ser utilizados); se o produto é classificado como perigoso para o transporte ou não, recomendações de emergência (incêndio, ingestão, derramamento ou vazamento), entre outros, devendo ser elaborada pelo fabricante ou importador do produto, que é o fornecedor deste no mercado (BRASKEM, 2017).

Nesse caso, o DCE, por se tratar de uma matéria-prima para a fabricação de PVC, embalagens, filmes plásticos, recobrimento de fios e cabos elétricos, tem propriedades específicas importantes de destacar, como segue na Tabela 2:

Tabela 2 - Informações sobre as propriedades básicas do DCE

Propriedades	Informações
Estado físico	Líquido
Aparência	Oleoso
Cor	Incolor
Odor	Doce semelhante a clorofórmio
Limiar de odor	22 ppm (reconhecimento) e 26mg/m ³ (detecção)
Ponto de fusão	-35,5°C
Ponto de ebulição	83,5°C
Ponto de fulgor	13°C (vaso fechado)
Limites de explosão	6,2 - 16 vol.%
Temperatura de autoignição	413°C

Fonte: Adaptado pelo autor, 2023.

É possível notar que se trata de um produto que pode gerar perigos peculiares, em que os operadores devem observar uma série de medidas preventivas para garantir sua saúde e segurança.

3.3 Produção industrial de Cloro-Soda

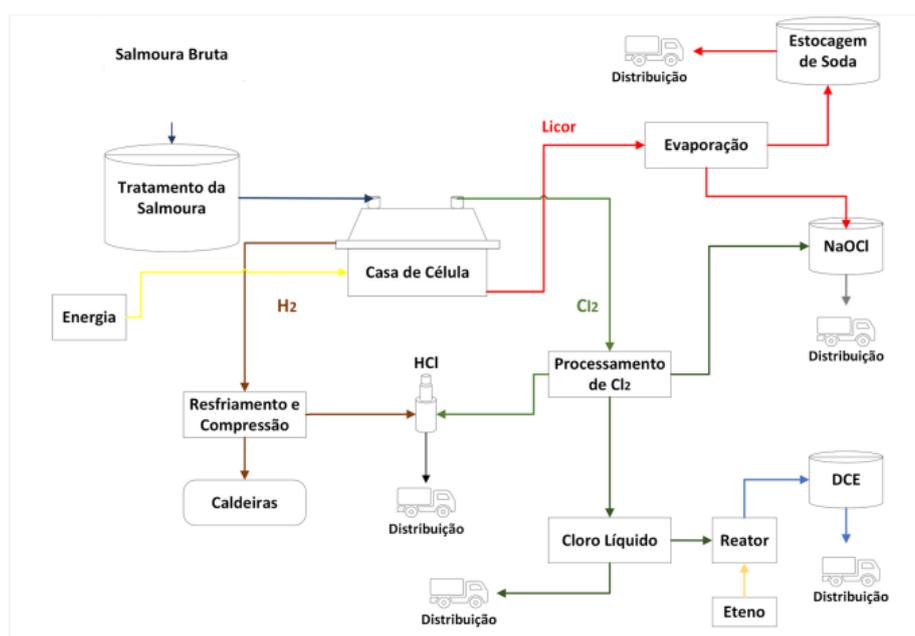
A cadeia produtiva da indústria de cloro-soda inicia-se com a eletrólise da salmoura. Nesta operação, a soda é coproduzida com o cloro, em uma proporção fixa de 1 tonelada de cloro para 1,12 toneladas de soda cáustica, sendo o processo eletrolítico empregado em mais de 95% da produção mundial de cloro. Sendo assim, a indústria de cloro-soda constitui uma das maiores tecnologias eletroquímicas do mundo, sendo classificada como a segunda maior consumidora de eletricidade, com utilização anual de 2.400 bilhões de kWh, em 2006. Já em 2007, a energia elétrica representou pouco mais de 45% do custo total de produção do setor (FERNANDES, 2009).

Diante dessa importância, destaca-se que o cloro resulta da eletrólise da solução de cloreto de sódio (sal grosso) em água, em que o cloro líquido também tem aplicação como matéria-prima no processo produtivo do cloreto de hidrogênio (gás), precursor do ácido clorídrico (líquido a 37%), do hipoclorito de sódio e do dicloroetano, o intermediário da rota de fabricação do PVC.

Atualmente, cerca de 85% do total de EDC produzido no mundo é destinado à produção do MVC e 15% são destinados a produção de solventes clorados. O processo industrial de produção de cloro e álcalis por eletrólise pode ocorrer com o uso de três tecnologias: célula de diafragma, célula de mercúrio e célula de membrana.

Para melhor compreensão do processo produtivo que ocorre na indústria de Cloro soda de Alagoas, temos a Figura 5:

Figura 5 - Processo produtivo na indústria de Cloro Soda



Fonte: Autor, 2022.

O cloro e a soda têm em comum apenas o fato de serem utilizados na sua quase totalidade como insumos de outras indústrias, entretanto, possuem características bem particulares em seu manuseio. É evidente que em seu processo industrial podem ser gerados os seguintes produtos: Cloro; Soda cáustica; Hidrogênio; Hipoclorito de sódio; Ácido clorídrico e o Dicloroetano (DCE).

3.3.1 Reatores de obtenção de DCE

O DCE é obtido pela reação de adição de átomos de cloro em uma molécula de eteno, pela quebra da dupla ligação. A reação é exotérmica, utiliza o catalisador cloreto férrico (FeCl_3) e ocorre em reatores acoplados a resfriadores (trocadores de calor). O 1,2-dicloroetano é um líquido incolor em temperatura ambiente, volátil, solúvel em água e inflamável em altas temperaturas. Fabricado e comercializado na forma líquida, o dicloroetano é obtido pela reação à baixa temperatura do cloro com o etileno, na presença de ferro e oxigênio como catalisadores. Posteriormente, o produto é purificado para a remoção das impurezas orgânicas e inorgânicas, resultantes das lavagens químicas e da destilação efetuadas durante a reação do seu processo de obtenção.

A reação ocorre através da cloração direta do eteno petroquímico, a baixa temperatura e pressão, sendo o cloro alimentado no estado líquido. Para eficiência da reação, a massa circulante deve ter um excesso de Cl_2 , a fim de garantir a reação de todo o eteno injetado no reator. O ar seco pode ser usado no processo com a função de inibir a formação de 1,1,2-Tricloroetano.

Nesse caso, o processo de produção do monômero do PVC inicia-se na área de Oxicloração e/ou Cloração Direta, onde se tem uma reação para produção do DCE (Dicloroetano). Após a sua produção, o Dicloroetano é encaminhado para a área de purificação. Após purificado, ele alimenta um vaso pulmão e depois é enviado as fornalhas de craqueamento de DCE para a produção de MVC (FERREIRA, 1997).

3.3.2 Etapas do processo produtivo de DCE

Os sistemas apresentados e descritos abaixo compõem as principais etapas do processo industrial para produção de DCE:

a) Sistema de reação

A reação de adição entre o cloro e eteno ocorre nos reatores que estão acoplados em resfriadores através do topo do reator pela parte superior, e pelo “U” de reação na parte inferior. Antes de entrar em operação, todo o sistema reator e resfriador devem estar cheios de DCE

líquido até nível normal de operação, com a finalidade de facilitar o contato entre cloro, eteno e o catalisador, provocando a reação. É importante ressaltar que a falta de controle de qualidade das matérias primas referente à umidade ou falha no mandrilhamento dos tubos do resfriador, poderão levar à destruição do reator por ataque químico devido à formação de ácido clorídico em curto espaço de tempo.

Na entrada em operação do reator, há sempre excesso de FeCl_3 na corrente de DCE devido à reação do cloro com a ferrugem e carepas presente nas paredes do reator, dando ao líquido uma coloração mais escura, logo voltando ao normal, mais acentuadamente na primeira partida.

Durante a reação, a presença de oxigênio no processo pode provocar a formação de uma mistura explosiva nos gases de topo dos reatores. Para evitar esta condição, faz-se a introdução de nitrogênio deixando a mistura sempre fora do limite de explosividade.

b) Sistema de purificação

O DCE vindo do reator arrasta consigo cloro livre e cloreto férrico, os quais são impurezas que deixam o produto fora de especificação comercial, necessitando, portanto, de um processo de purificação.

O processo basicamente consiste em diluir estas impurezas em água. Para isto, é provocado, através da circulação do rotor de uma bomba, o contato direto DCE + água. Esta mistura é separada por decantação, onde, o produto com maior densidade, sai desta praticamente livre das impurezas iniciais, mas úmido e ácido, acidez esta resultante da reação entre cloro e água, necessitando ser neutralizado. A esta primeira etapa do sistema de purificação chamamos lavagem aquosa.

A neutralização é feita por hidróxido de sódio (NaOH), utilizando-se o mesmo processo de contato e separação da lavagem aquosa. O DCE deixa esta segunda etapa do sistema de purificação que é chamado de lavagem Cáustica, neutro, porém, úmido, necessitando ser secado.

c) Sistema de secagem

O DCE sai do sistema de purificação livre de impurezas de reação (FeCl_3 , Cl_2 e HCl), a fim de atender à especificação final do produto (umidade máxima), devendo ser secado no sistema de secagem. A umidade do produto é retirada por destilação, aproveitando-se a formação do azeótropo DCE-água, cujo ponto de ebulição é inferior ao do DCE.

Nesse sentido, as correntes separadas na destilação são:

- EDC puro seco, que é então resfriado e enviado para o sistema de estocagem;
- Azeótropo EDC-água que é condensado e retornado ao sistema de purificação.

d) Sistema de estocagem

Quando da necessidade de estocagem de grandes quantidades para transporte à longa distância, o produto é estocado, vendido e transportado úmido, evitando-se todos os cuidados exigidos, a fim de se manter a pureza e o teor de umidade. Sendo assim, essa etapa é feita em tanques comuns, somente com um colchão de água acima do produto, evitando-se as perdas por evaporação e possibilidade de formação de mistura explosiva com o oxigênio do ar.

Por outro lado, como não se conhece proteção anticorrosiva que resista ao ataque químico do EDC, as paredes internas do tanque ficariam expostas ao ar fortemente salino da região, provocando corrosão muito acentuada nestas chapas, reduzindo tremendamente a vida útil do tanque, danificando a selagem do teto flutuante, além de contaminar o produto. Para evitar a formação de misturas explosivas de EDC com o ar, abaixo do teto fixo, quando de algumas operações, tem-se injeção de nitrogênio intermitente no topo do tanque. Este nitrogênio seco reduzirá também a umidade na parte gasosa, colaborando na proteção à corrosão.

e) Sistema de Tratamento de Efluentes

Nesse sistema, com a finalidade de não se permitir danos ao ecossistema da região, motivados por descargas de efluentes industriais (líquidos ou gasosos), foram projetados sistemas para garantir a especificação dos efluentes, deixando-os dentro dos padrões exigidos pela legislação.

No processo de EDC, os seguintes poluentes são gerados:

- EDC;
- Cloro;
- Água Ácida;
- Água Alcalina;
- Gases clorados.

Além disso, as correntes com resíduos poluentes podem ser divididas em:

- Poluentes Líquidos
- Poluentes Gasosos

Dessa maneira, é importante que nessa etapa haja a determinação dos parâmetros físico-químicos do efluente industrial e a avaliação da eficiência para remoção da carga tóxica,

controlando melhor a qualidade do efluente liberado pela empresa no corpo hídrico receptor. Do mesmo modo, é fundamental reduzir a produção dos poluentes gasosos, respeitando os limites definidos na legislação ambiental vigente.

Por apresentarem características diretamente relacionadas à matéria-prima a ser processada, bem como com ao processo industrial empregado, suas diferentes composições físicas, químicas e biológicas recomendam que os efluentes sejam caracterizados, quantificados e tratados adequadamente antes da disposição final no meio ambiente.

Os principais parâmetros relacionados à qualidade da água são: cor, turbidez, DBO (demanda bioquímica de oxigênio), DQO (demanda química de oxigênio), toxicidade, pH e óleos e graxas.

3.4 Trabalhos a quente

O conceito engloba qualquer trabalho que envolva fontes de ignição, tais como centelha (elétrica, mecânica), chamas e gases inflamáveis, descargas de eletricidade estática, superfícies quentes, reações químicas exotérmicas e equipamento elétrico. Assim, é importante ter conhecimento e consultar os desenhos de classificação de área para definir o monitoramento de explosividade (contínuo, inicial somente ou periódico) para liberação de serviço a quente. Nesse sentido, ocorre em uma área a qual a atmosfera explosiva está presente ou pode estar presente, em quantidades tais que requeiram precauções especiais para a construção, instalação e utilização de equipamentos.

A classificação de áreas quanto a atmosferas explosivas de gás é:

- **Zona 0:** Local onde a formação de uma mistura explosiva é contínua ou existe por longos períodos;
- **Zona 1:** Local onde a formação de uma mistura explosiva é provável de acontecer em condições normais de operação do equipamento de processo;
- **Zona 2:** Local onde a formação de uma mistura explosiva é pouco provável de acontecer e, se acontecer, é por curtos períodos estando ainda associada à operação anormal do equipamento de processo.

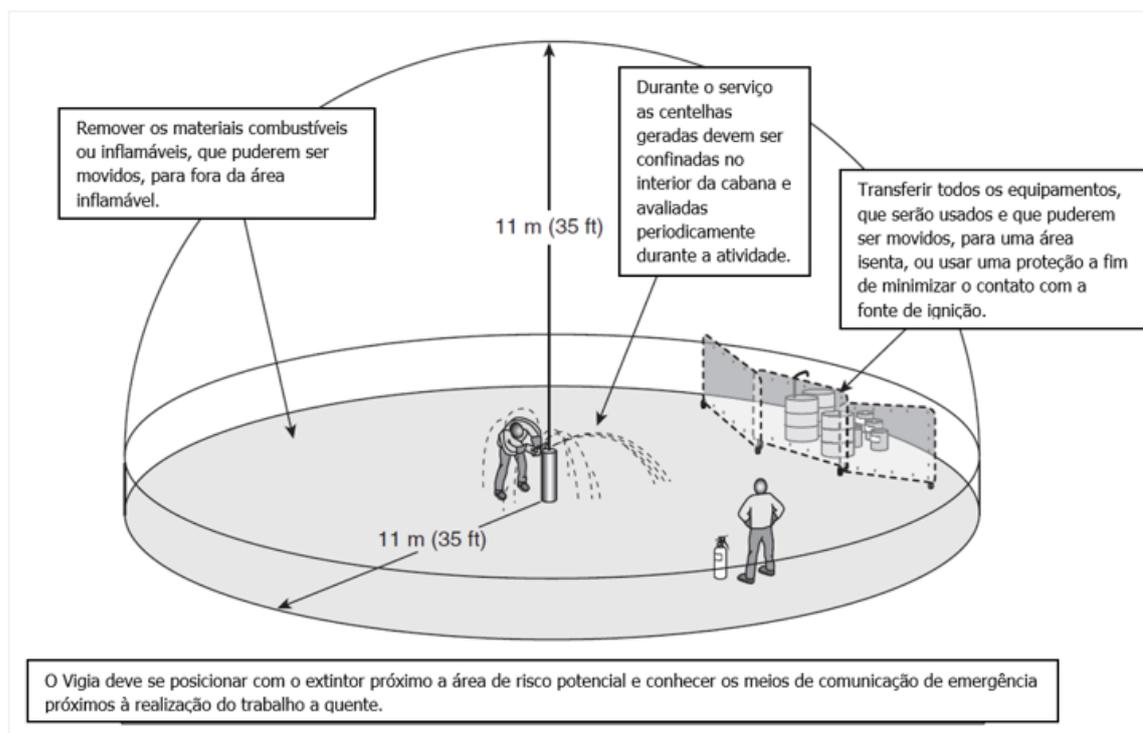
Durante a realização desses serviços, devem-se observar pontos importantes para garantir a segurança do operador:

- Realizar o monitoramento de explosividade antes da liberação do serviço e definir a frequência com que o mesmo deve ser realizado. Não permitir início da atividade caso o valor obtido esteja diferente de zero;

- Garantir que no local de atividades de trabalho a quente os combustíveis sejam removidos ou cobertos e que todos os furos próximos ou penetrações no piso, canaletas e paredes estejam selados ou cobertos com materiais à prova de fogo;
- Garantir que o local onde será realizado o serviço a quente esteja isento de atmosfera explosiva através das manobras operacionais necessárias (inertização, lavagem);
- Assegurar a não existência de serviços próximos que possam afetar e/ou serem afetados pelo trabalho a quente a ser liberado;
- Garantir a devida comunicação do serviço a quente com a sala de controle;
- Orientar os executantes quanto aos riscos do local onde será realizada a atividade;
- Orientar os executantes sobre as instalações e procedimentos para soar um alarme em caso de um incêndio ou outra emergência, e ter um meio de notificar os serviços de emergência.
- Desligar a fonte de ignição e informar o responsável da área imediatamente caso o detector portátil de explosividade alarme ou indique qualquer valor diferente de zero;
- Garantir que a área fique limpa e organizada após o término das atividades;
- Disponibilizar mantas antichamas e extintores de incêndio íntegros e devidamente inspecionados para serem utilizados no serviço, compatíveis com a potencial classe de incêndio.
- Realizar inspeções nos equipamentos e ferramentas antes do uso (inspeções elétricas, proteções, entre outros), conforme os procedimentos específicos;

De maneira ilustrativa, a Figura 6 evidencia um cenário onde ocorre um trabalho a quente:

Figura 6 - Monitoramento de explosividade em trabalho a quente



Fonte: Disponível em: corporatesolutions.swissre.com/brasil-seguros/conhecimento/engenharia-de-riscos/trabalho-a-quente-guia-de-prevencao-de-perdas.html. Acesso em: 15 de out. de 2022.

Caso a medição de explosividade seja diferente de zero, será necessária uma descontaminação adicional ou uma ventilação/exaustão deve ser usada até que a leitura do explosímetro seja zero. Além disso, como precaução, é fundamental que o equipamento que tenha produto inflamável seja removido e as fontes de energia sejam bloqueadas ou isoladas.

Antes do início dos trabalhos a quente, o local deve ser inspecionado, e o resultado da inspeção ser registrado na Permissão de Trabalho. Os Trabalhos a quente somente poderão ser executados em área inflamável caso não haja outro meio prático de realizá-lo ou se o equipamento usado não puder ser transportado a uma área isenta de perigos e riscos. Nestes casos, deve ser providenciado um confinamento do local do trabalho a quente. O confinamento da fonte de ignição tem que ser eficaz e não permitir nenhum contato da mesma (faísca, fagulha, chama) com materiais inflamáveis que possam existir na vizinhança do trabalho a quente.

3.5 Riscos industriais para indústria de cloro soda

3.5.1 Riscos ambientais – Físicos, químicos e biológicos

A Comissão Permanente de Prevenção e Controle de Riscos Ambientais (CPPCRA) classifica o risco ambiental quanto aos agentes físicos, químicos e biológicos existentes nos

ambientes de trabalho e que em função de sua intensidade, concentração, natureza e tempo de exposição, podem vir a provocar graves danos à saúde e à segurança do operador, conforme demonstrado no Quadro 4:

Quadro 4 - Riscos ambientais e seus causadores

Riscos ambientais	Causadores
Físico	Ruídos
	Vibrações
	Umidade
	Temperatura
	Radiações ionizantes
	Radiações não ionizantes
Químico	Reações químicas
	Compostos
	Produtos químicos
	Substâncias
Biológico	Vírus
	Bactérias
	Fungos
	Protozoários
	Parasitas

Fonte: Adaptado pelo autor, 2022.

Dentre os principais causadores dos riscos físicos, o ruído é responsável por causar danos ao sistema auditivo dos trabalhadores, causando uma sensação desagradável aos ouvidos e gerando desconforto psicológico. A exposição à umidade ou a sua falta, pode causar situações extremas, a falta de umidade pode gerar fadiga nos trabalhadores, reduzir o seu rendimento, bem como favorecer erros de percepção e raciocínio ou ocasionar o esgotamento, a desidratação e a câimbras; o excesso de umidade pode provocar o resfriamento dos membros, pés de imersão, ulceração do frio (feridas, bolhas, rachaduras e necroses), doenças reumáticas e respiratórias. As vibrações podem causar distúrbios osteomusculares, labirintite e perda auditiva por condução. As radiações não ionizantes são classificadas como: ultravioleta, radiação visível e infravermelha, laser, microondas e radiofrequências, e os ultrassons, podem provocar alterações na pele, queimaduras, lesões oculares e em outros órgãos. Já as radiações ionizantes, classificadas como: raio x, raio y, partículas alfa, beta e nêutrons, podem gerar efeitos somáticos (em pessoas expostas ao raio) ou genéticos (MACHADO, 2015).

Por outro lado, os causadores dos riscos químicos podem provocar irritações na pele e nos olhos, queimaduras graves e favorecer o aparecimento de doenças respiratórias crônicas, doenças no sistema nervoso, nos rins e fígado. Já os riscos biológicos podem ser encontrados no ambiente, na atividade, equipamento ou material, em que o trabalhador tem contato. Podem

vir a penetrar no corpo humano por via cutânea, digestiva ou respiratória, provocando o aparecimento de inúmeras doenças, especialmente, infecções. Esses riscos estão muito ligados à condição de higienização do ambiente de trabalho.

3.5.2 Riscos de segurança: mecânicos e ergonômicos

Nesse caso, os riscos de segurança são estáticos e estão correlacionados à inadequação do ambiente ao homem (LEMOS, 2010), eles são classificados em mecânicos e ergonômicos, conforme Quadro 5.

Quadro 5 - Riscos de segurança e seus causadores

Riscos de segurança	Causadores
Mecânico	Máquinas
	Ferramentas
	Equipamentos sem proteção
	Higienização
	Falta de organização
Ergonômico	Monotonia
	Trabalho intenso e excessivo
	Situação de estresse
	Desconforto

Fonte: Adaptado pelo autor, 2022.

Assim, dentre os causadores dos riscos mecânicos, compreende-se que o agente de lesão corresponde a tudo aquilo que tem contato com o indivíduo e pode gerar um acidente. Desta forma, os agentes causadores elencados podem proporcionar uma condição insegura, como a presença de falhas físicas, iluminação, condições inadequadas, atos inseguros, comportamento incorreto do trabalhador, relacionado, geralmente, a preguiça, falta de atenção e preparo, imprevisto e estresse (VASCONCELOS, 2018).

Já os riscos ergonômicos estão ligados a fatores responsáveis por gerar, em grande escala, fadiga muscular, estresse e problemas de coluna, assim como, por favorecer o surgimento de doenças ocupacionais, capazes de comprometer parcial ou totalmente a capacidade do trabalhador.

Diante desse cenário, os estudos das causas consideram os riscos enfrentados por trabalhadores diariamente em espaços industriais, o que leva ao conhecimento da área de ergonomia, que tem por objetivo aperfeiçoar o bem-estar humano e o desempenho global do sistema. Com base na legislação, para a aplicação da ergonomia, o empregador deve, do ponto de vista inicial, avaliar a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, e posteriormente, elaborar e implantar soluções ergonômicas (AGAHNEJAD, 2011).

Na busca por incrementar soluções ergonômicas, de modo que se estabeleça segurança ao trabalhador, a análise de riscos é uma boa saída para poder identificar os potenciais perigos no espaço de trabalho e estudar a ocorrência dos possíveis impactos.

3.5.3 Riscos industriais no processo produtivo

Dentre os riscos industriais presentes na indústria de cloro-soda, têm-se os oriundos dos produtos organoclorados, substâncias tóxicas formadas por compostos químicos orgânicos ligados às moléculas de cloro. Entre os organoclorados encontrados, destacam-se os hexaclorobutadienos, pentaclorobutadienos, tetraclorobutadienos e o tetracloroeteno, além de dioxinas e furanos, poluentes extremamente perigosos e bioacumulativos (FERREIRA, 1997).

A formação de subprodutos organoclorados tem início na produção do gás cloro. Os resíduos clorados perigosos são gerados na síntese do dicloreto de etileno (DCE) e do monômero de cloreto de monovinila (VCM), ambos precursores do PVC. Assim, resíduos tóxicos oriundos do EDC e do VCM também são criados e liberados para o meio ambiente nos seguintes eventos: incineração de produtos de PVC no lixo; reciclagem de produtos metálicos que contenham vinil; e combustão e queima acidental de PVC em incêndios de depósitos e lixões. Obviamente, na indústria de cloro-soda esses riscos devem ser mitigados ao máximo para evitar grave contaminação e riscos para o meio ambiente e à saúde ocupacional dos trabalhadores.

3.6 Abertura de linhas e equipamentos

Por ser uma definição comum na operação presente na área de Dicloroetano, as linhas envolvem todas as tubulações, conexões, válvulas, flanges e drenos. Assim, é importante estabelecer requisitos para proteger as pessoas, as instalações e o meio ambiente de liberações não esperadas de materiais perigosos durante a abertura inicial de equipamentos e linhas de processo, garantindo que todos esses trabalhos tenham seus riscos analisados, eliminados e controlados antes do seu início.

Antes dessa abertura de linhas ou equipamentos, é necessária a limpeza do sistema, que deve ser previamente drenado, ventado, despressurizado, purgado, vaporizado e lavado, a fim de eliminar o material perigoso que contenha no sistema. A drenagem deve ser feita para um local seguro, no intuito de evitar contaminação ou risco de incêndio quando se tratar de produto inflamável.

No caso de espaços confinados, comumente são utilizadas duas válvulas e um dreno, que funcionam de maneira segura e simples entre as válvulas do equipamento. A função do

dreno é garantir a integridade da válvula à montante do fluxo. O dreno deve ser direcionado para local seguro, a fim de evitar danos às pessoas ou ao meio ambiente.

Ademais, várias instruções devem ser seguidas para uma operação segura na abertura de linhas e do reator de produção de Dicloroetano, como seguem:

- Necessidade de aterramento temporário, pois é obrigatório na abertura de todas as tubulações ou equipamentos que contenham substâncias inflamáveis que possam ser drenadas e ventiladas;
- Instalação de barreira de contenção nos locais que possam estar expostos a vazamentos de produto durante a abertura inicial;
- Medições e monitoramentos necessários para a execução da atividade;
- Identificação dos pontos "mortos" no sistema que possam causar algum risco de possível projeção de produto, como em tubulação na vertical, trecho confinado entre ventilação, dreno e bloqueio. Nesses casos, deve ser identificada a medida de controle (ex.: mantas, chapa metálica etc.);
- Verificação da existência de instrumento que tenha fonte de radiação ionizante (controlador de nível), pois deve ser fechado, lacrado e devidamente etiquetado;
- Isolamento da área no entorno do serviço para evitar exposição inadvertida de pessoas;
- Necessidade de instalação de preventivas de combate para eventuais emergências.

3.7 Equipamentos de Proteção – EPI's e EPC's

A Norma Regulamentadora 6, vinculada à Portaria n.º 3.214, de 08 de junho de 1978, publicada pelo Ministério de Trabalho e Emprego (MTE), aborda os Equipamentos de Proteção Individual (EPI's), definindo-os como “todo dispositivo ou produto, de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho” (BRASIL, 2018). O EPI, de fabricação nacional ou importada, só pode ser posto à venda ou utilizado com a indicação do Certificado de Aprovação - CA, expedido pelo órgão de âmbito nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho. A seleção do EPI deve ser realizada pela organização com a participação do Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho - SESMT, quando houver, depois de ouvidos empregados usuários e a Comissão Interna de Prevenção de Acidentes – CIPA.

Já os Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC's) podem ser entendidos como os dispositivos ou produtos, de uso coletivo, que são utilizados pelos trabalhadores para proteção frente a possíveis ameaças da segurança e da saúde no trabalho, tais como cones, fitas, plataformas e placas de sinalização, que se encontram no local de trabalho e garantem que todos

os funcionários tenham proteção de forma geral. Assim, salienta-se ainda, que os EPI's e EPC's adequados ao risco de cada atividade e/ou função, devem ser fornecidos aos funcionários pela empresa de forma gratuita, em perfeito estado, tanto de conservação quanto de funcionamento, sempre que houver potencial risco.

3.7.1 Equipamentos de proteção individual

Segundo exposto na NR 6, com foco nos equipamentos de proteção individual comumente utilizados na indústria química, temos o Quadro 6:

Quadro 6 - Equipamentos de Proteção Individual

(continua)

EPI	Tipo	Aplicabilidade
Para proteção da cabeça	Capacete	Protege o crânio contra choques elétricos e agente térmicos.
	Capuz	Protege o crânio e o pescoço contra agente térmicos, abrasivos, escoriantes, químicos e umidade.
Para proteção dos olhos e face	Óculos/Máscara de Solda	Protege contra impactos de partículas volantes, luminosidade intensa, radiação infravermelha e ultravioleta.
	Protetor facial	Protege contra impactos de partículas volantes, luminosidade intensa, radiação infravermelha e ultravioleta, agentes térmicos.
Para proteção auditiva	Protetor auditivo	Protege o sistema auditivo contra níveis de pressão sonora superiores ao estabelecido na NR-15.
Para proteção respiratória	Respirador purificador de ar não motorizado	Peça semifacial filtrante para partículas PFF1/PFF2/PFF3 que busca proteger as vias respiratórias contra poeiras, névoas e fumos.
	Respirador purificador de ar motorizado	Com e sem vedação facial com filtros químicos/combinados para proteger contra materiais particulados, gases e vapores.
	Respirador de adução de ar tipo linha de ar comprimido	Com e sem vedação facial de fluxo contínuo, envolvendo atmosferas com concentração de oxigênio e atmosferas IPVS
	Respirador de adução de ar tipo máscara autônoma	Envolve circuito aberto e fechado de demanda com pressão positiva em atmosferas IPVS.
	Respirador de fuga	Purificador de ar ou máscara autônoma para fuga.

(conclusão)		
EPI	Tipo	Aplicabilidade
Para proteção do tronco	Vestimentas	Protege contra agentes térmicos, mecânicos, químicos, radiação ionizante e precipitação.
Para proteção dos membros superiores	Luvras/Manga/Creme protetor e Braçadeiras	Protege contra agentes abrasivos, escoriantes, perfurantes, elétricos, térmicos, químicos e cortantes.
Para proteção dos membros inferiores	Calçados/Meias/Perneiras e Calça	Protege contra impactos de quedas de objetos, choques e agentes abrasivos, químicos, cortantes e umidade.
Para proteção do corpo inteiro	Macacão e vestimenta de corpo inteiro	Protege contra agentes térmicos, mecânicos, químicos, choques elétricos, umidade e precipitação.
Para proteção contra quedas	Cinturão de segurança com dispositivo trava-queda ou com talabarte	Protege o usuário em trabalhos em altura e contra quedas em operações com movimentação vertical ou horizontal.

Fonte: Autor, 2023.

3.7.2 Equipamentos de proteção coletiva

Por outro lado, tendo como foco os equipamentos de proteção coletiva comumente utilizados na indústria química, temos o enquadramento daqueles instalados para garantir a segurança do trabalho enquanto os operadores executam uma determinada atividade. Assim, os EPC's têm como objetivo:

- Prevenir os trabalhadores ou qualquer terceiro que esteja transitando pelo ambiente de qualquer acidente que possivelmente possa ocorrer;
- Reduzir ou até mesmo anular qualquer risco comum a todos os colaboradores que o ambiente de trabalho possa fornecer;
- Por fim, minimizar perdas e aumentar a produtividade, ao fornecer aos trabalhadores um local de trabalho mais seguro.

Os profissionais da área de Segurança e Saúde do Trabalho, após as inspeções, serão os responsáveis por avaliar e reduzir ou eliminar os riscos presentes no ambiente de trabalho, adotando medidas de prevenção coletivas. A lista de riscos que existe em um ambiente de trabalho é longa e cada atividade industrial envolve exigências quanto ao tipo de EPC necessário ou indicado para reduzir os impactos nos trabalhadores. A seguir, destacamos os equipamentos mais aplicados nas indústrias:

- **Alarmes:** podem ser sonoros e/ou visuais, podendo sinalizar o funcionamento de determinada máquina que oferece risco ou também como um alerta sobre as condições de trabalho.

- **Extintores de incêndio:** presentes em praticamente todos os tipos de ambiente de trabalho, esses devem estar bem localizados, passando por revisões e com data de validade vigente.
- **Placas sinalizadoras:** as placas são orientações, que podem ser fixas ou temporárias. Uma placa de piso molhado é um bom exemplo de placa temporária, já uma placa alertando sobre o uso de abafadores de som em determinado ambiente é um exemplo de placa fixa.
- **Kit de primeiros socorros:** deve possuir todos os itens básicos necessários em caso de acidente;
- **Kit para limpeza** em caso de derramamento biológico, químico ou radiativo;
- **Chuveiros de emergência,** lava-olhos, etc.;
- **Capela Química:** deve ser usada em locais que se manuseiam produtos químicos, protegendo o operador de possível inalação da substância ou de alguma contaminação no ambiente;
- **Exaustores, sistemas de ventilação e de controle de temperatura:** os exaustores são utilizados para retirar gases e vapores produzidos durante a execução das atividades na empresa. Devem ser utilizados em locais onde o trabalhador é exposto a temperaturas elevadas e em ambientes fechados;
- **Redes de proteção e corrimão:** usados geralmente em construções, evitam quedas, dos trabalhadores e de objetos que possam atingir os mesmos;
- **Isolação acústica:** deve ser usada em caso de exposição dos trabalhadores a ruídos constantes que podem ser danosos à audição;
- **Fitas zebreadas:** podem indicar uma barreira para o acesso das pessoas no meio ou como sinalização.
- **Piso antiderrapante:** o piso seguro no ambiente de trabalho é aquele que oferece a adequada aderência aos calçados utilizados pelos trabalhadores naquele ambiente.
- **Enclausuramento:** usado em máquinas e equipamentos barulhentos para reduzir a poluição sonora do ambiente de trabalho.
- **Detectores de fumaça:** bastante empregado nos mais diversos locais de trabalho, atuam na prevenção contra incêndio.
- **Cones:** usados para sinalizar qualquer possível risco no ambiente, como um buraco, um piso escorregadio, etc.

3.8 Emergências e Paradas para manutenção

De maneira geral, podemos entender manutenção como o conjunto de cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento regular e permanente de máquinas, equipamentos, ferramentas e instalações. Esses cuidados envolvem a conservação, a adequação, a restauração, a substituição e a prevenção.

Segundo a ABNT (2014), a manutenção divide-se em preventiva e corretiva. Conforme Castilhos (2002), a manutenção preventiva objetiva a distribuição equilibrada da carga de trabalho, a racionalização do estoque de peças sobressalentes, manter a disponibilidade máxima de máquinas e equipamentos, eliminar a improvisação, eliminar ou amenizar atrasos visando o aumento na produção, substituir imediatamente peças problemáticas, de forma que as demais sejam preservadas, a redução de custos, manutenção de qualidade do produto, preservação do meio ambiente, redução de acidentes de trabalho e aumento da vida útil dos equipamentos. Já a manutenção corretiva ou planejada, caracteriza-se por solucionar uma potencial falha antes mesmo que ela chegue à fase de falha funcional.

Dessa forma, é possível prever quando o funcionamento do equipamento será comprometido, e com isso, consertar o equipamento no momento correto. O principal objetivo da manutenção corretiva é corrigir uma falha em caráter emergencial, buscando retomar a parada de produção no menor tempo possível.

As paradas programadas visam à desmontagem completa da máquina para exame de suas partes e conjuntos. As partes danificadas, após exame, são recondicionadas ou substituídas. A seguir, a máquina é novamente montada e testada para assegurar a qualidade exigida em seu desempenho. Reparos não programados também ocorrem e estão inseridos na categoria conhecida pelo nome de manutenção corretiva (ALMEIDA, 2000).

Nas instalações industriais, as paradas para manutenção constituem uma preocupação constante para a programação da produção. Se as paradas não forem previstas, ocorrem vários problemas, tais como:

- Atrasos no cronograma de fabricação;
- Indisponibilidade da máquina;
- Diminuição ou interrupção da produção;
- Perdas financeiras;
- Rolamentos com possibilidades de apresentar defeitos de fabricação;
- Insatisfação dos clientes;
- Perda de mercado;

- Elevação dos custos.

Desse modo, é fundamental estabelecer uma sistemática para realizações das atividades de liberação para a manutenção dos equipamentos da área de DCE da planta de cloro soda, conforme principais etapas destacadas abaixo:

- Remoção do cloro contido no trecho. Logo em seguida, bloquear as demais entradas e alimentar com eteno até confirmação que o reator está com excesso de eteno, ou seja, cloro ausente;
- Reprocessar todo o DCE contido no mesmo para o decantador com o auxílio da bomba, tendo cuidado para evitar a cavitação;
- Retirar de operação a coluna de tratamento de gases, desalinhando a linha de gases do reator e parando as bombas de dosagem de soda cáustica e sulfito/ureia, caso a parada seja nos dois reatores, caso contrário, manter a outra coluna em operação.
- Desalinhar os gases, bloqueando para incineração e alinhando para a chaminé. Se um reator ficar operando, manter o sistema de tratamento de efluente dos gases de topo do reator também operando e isolar o reator que irá ser entregue a manutenção.
- Com o equipamento drenado, fechar válvulas de saída (fundo) do reator isolando-o do processo e na continuidade, despressurizá-lo.
- Providenciar o raqueteamento e/ou desconexão de todas as linhas que alimentam o reator. Solicitar a abertura da boca de visita superior do reator para o seu enchimento com água e lavagem. Se a liberação do reator for para a realização de serviço interno no equipamento, deve-se proceder com uma ou duas lavagens (aspecto = limpo, pH = neutro e ausência de cheiro de produto no interior do equipamento).
- Concluído o primeiro enchimento, drenar toda água contida no reator para um tanque que será previamente disponibilizado para receber esta água de lavagem;
- Após a conclusão do segundo enchimento, voltar a drenar toda água do reator para um dos tanques acima citados.
- Durante a drenagem lavar a calota superior e paredes do reator utilizando mangueira.
- Providenciar a abertura da boca de visita inferior e intermediária do reator, lavagem do “U” de reação com mangueira de água e a instalação de exaustor na parte superior, promovendo a aeração do equipamento.
- Em seguida, proceder com a aplicação do LOTO (bloqueio de todas energias perigosas) e liberação do equipamento para manutenção.

Tendo em vista esses aspectos, nota-se que os equipamentos que retornam da manutenção, necessitam da conferência de: sistemas de bloqueios, raquetes que foram removidas ou mantidas, alinhamentos que se interligam com outros sistemas, deixando-os em condições normais para a sua recolocação em operação.

Na área de DCE, é possível que haja emergência quando da ocorrência de vazamento de DCE e quando da presença de cloro, eteno e propeno na atmosfera, que serão descobertos pelos detectores instalados estrategicamente em pontos específicos de cada sistema. Além das paradas para manutenção e emergências, há os serviços de rotina, que constam de inspeção e verificação das condições técnicas das unidades das máquinas. A detecção e a identificação de pequenos defeitos dos elementos das máquinas, a verificação dos sistemas de lubrificação e a constatação de falhas de ajustes são exemplos dos serviços da manutenção de rotina.

Por fim, toda indústria química necessita investir em um programa preventivo e bem planejado, controlando com eficiência as ferramentas a serem utilizadas, juntamente com a previsão da vida útil de cada elemento das máquinas, visando assim, uma manutenção com resultados satisfatórios para a produção.

3.9 Análise de riscos em reações exotérmicas

Uma reação descontrolada pode levar a uma série de efeitos, como o transbordo do conteúdo de um reator e até mesmo à sua ruptura, e é fonte de constante atenção dos profissionais da engenharia que atuam na indústria química. Se materiais inflamáveis participam ou são produtos da reação, a ruptura do vaso pode causar fogo e explosão. As reações exotérmicas podem acontecer também nos produtos estocados em tanques, ou mesmo em contêineres utilizados para transporte de produtos químicos (ZURICH, 2006).

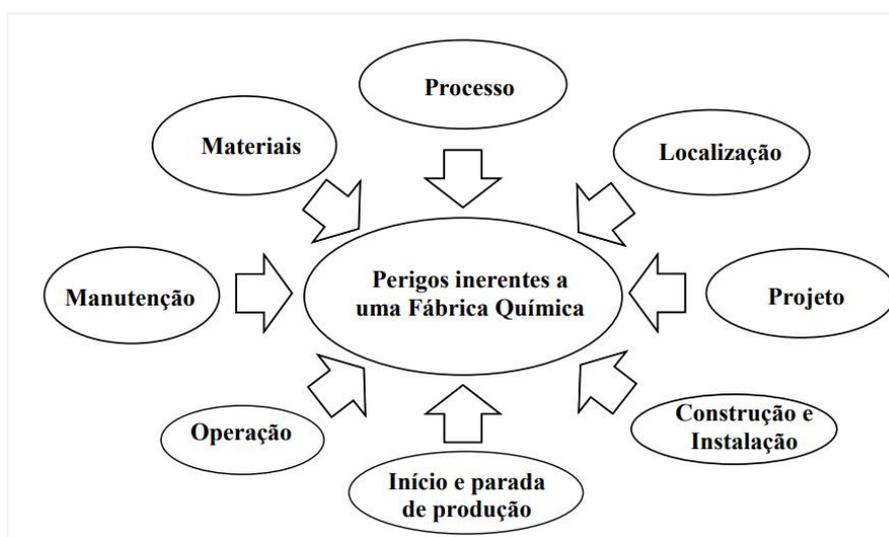
Os riscos inerentes às substâncias e às reações, intencionais ou não intencionais, dessas substâncias, são avaliados pelas suas propriedades. Dentre essas propriedades, devem-se considerar as propriedades físico-químicas (peso molecular, densidade), as térmicas (capacidade calorífica, pontos de fusão, ebulição e sublimação, entalpia de formação, curva de pressão de vapor) e de transporte (viscosidade, condutividade térmica, condutividade elétrica), dentre outras. Com essas informações, pode-se avaliar o comportamento do processo e os possíveis desvios de operação, bem como determinar a eficiência dos sistemas de segurança da planta.

Diante dessa variedade de riscos e desvios possíveis, foi desenvolvido um sistema de gerenciamento de segurança de processos pela ABIQUIM (1997), pautado e organizado em 4 elementos principais, relevantes para a prevenção de grandes acidentes da indústria química:

- **Liderança gerencial:** este elemento estabelece os compromissos de toda a organização com as questões de segurança, por meio da definição de papéis e responsabilidades;
- **Instalações:** compreende práticas para assegurar a continuidade das condições das instalações desde o projeto inicial;
- **Tecnologia:** inclui práticas focadas no estudo do projeto para prevenção de acidentes antes da sua instalação e/ou construção;
- **Recursos humanos:** para garantir a segurança da operação devem ser consideradas as habilidades, os treinamentos, a capacidade e as condições de saúde física e mental dos operadores.

De maneira pragmática, os perigos inerentes aos processos envolvidos em reações exotérmicas devem ser analisados por meio de oito fatores que influenciam no mapeamento de riscos, conforme evidenciados na Figura 7:

Figura 7 - Perigos envolvidos na indústria química



Fonte: Miller, 2004.

Além disso, nessas reações com grande liberação de calor e com trocas térmicas constantes, uma avaliação preventiva a ser feita é a mudança de parâmetros de processo, como pressão, temperatura, concentração das substâncias e tempo de residência (KLETZ, 1998).

Nesse sentido, há diferentes metodologias para a análise qualitativa e quantitativa de riscos, dependendo do grau de perigo dos produtos e processos, quantidades manuseadas e do nível de automatização dos processos, a fim de decidir o grau de profundidade que se pretende alcançar no estudo e qual método deve ser aplicado de modo mais satisfatório para a indústria. Como já mencionado, os cinco riscos existentes são classificados em: riscos químicos, físicos, biológicos, ergonômicos e mecânicos. Cada classificação possui uma cor associada que

contribui para facilitar a leitura do mapa de riscos ambientais, no tocante às reações exotérmicas, garantindo assim, maior seguridade para os trabalhadores, que devem ter conhecimento do Quadro 7 para operar os equipamentos que fazem parte da produção do Dicloroetano, conforme segue:

Quadro 7 - Cores e tipos de riscos

Vermelho	Verde	Marrom	Amarelo	Azul
Químicos	Físicos	Biológicos	Ergonômicos	Mecânicos
Poeiras	Ruído	Vírus	Postura incorreta	Máquinas sem proteção
Fumos	Vibração	Bactérias	Trabalho físico pesado	Choques elétricos
Névoas	Umidade	Protozoários	Treinamento inadequado	Ferramentas defeituosas
Vapores	Pressões anormais	Fungos	Jornada prolongada	Equipamentos inadequados
Gases	Temperaturas extremas	Bacilos	Trabalho noturno	Perigo de incêndio
Produtos químicos	Radiação	Parasitas	Conflitos, tensões emocionais	Material fora de especificação
Substâncias químicas	Alturas extremas	Animais peçonhentos	Desconforto	Armazenamento inadequado
Fumaças	Calor	Suor	Monotonia	Arranjo físico deficiente
Combustíveis em geral	Frio	Águas residuais, efluentes	Responsabilidade excessiva	Instalações perigosas

Fonte: Adaptado pelo autor, 2022.

Portanto, as fábricas que utilizam produtos químicos em reações exotérmicas devem ser projetadas de tal forma que o calor resultante das reações possa ser removido em condições normais de operação. Na fase de projeto, esses riscos são analisados e considerados. Porém, com o passar do tempo, melhorias ou ampliações são feitas nas instalações industriais. Essas modificações, se não forem bem gerenciadas, podem alterar as condições de segurança inicial dos processos.

3.10 Programa de Gerenciamento de Riscos – PGR

O Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR) pode ser implantado por setor, atividade ou unidade operacional, sendo que a empresa será a responsável pela elaboração do documento para cada estabelecimento. Assim, conforme a nova redação da NR-1, a

documentação mínima para o PGR deve constar do inventário de riscos e do respectivo plano de ação.

Com o intuito de elaborar o documento, a empresa deve realizar o levantamento preliminar dos perigos, identificar, avaliar, classificar e controlar os riscos ocupacionais e acompanhá-los através de medidas de prevenção. Dessa maneira, deverá incluir todas as fontes com potencial de causar danos, lesões ou agravos à saúde dos trabalhadores no ambiente laboral, considerando além dos riscos físicos, químicos e biológicos, os riscos ergonômicos e de acidentes (RÖHM, 2020).

De forma mais detalhada, podemos descrever que a normatização citada, compreende as fases de caracterização do processo produtivo, identificação dos aspectos ambientais e de riscos relacionados à saúde e segurança, avaliação e hierarquização destes, além de análise das medidas de minimização ou controle e plano de ação (ANTUNES, 2009).

De acordo com a nova redação da Norma Regulamentadora nº 1, é responsabilidade do empregador: a) cumprir e fazer cumprir as disposições legais e regulamentares sobre saúde e segurança no trabalho; b) informar aos trabalhadores os riscos ocupacionais existentes, as medidas preventivas adotadas, os resultados das avaliações ambientais realizadas e os resultados dos exames complementares dos trabalhadores; c) elaborar ordens de serviço; d) permitir que representantes dos trabalhadores acompanhem a fiscalização dos preceitos legais sobre segurança e saúde no trabalho; e) determinar procedimentos a serem adotados em caso de acidentes ou doenças ocupacionais; f) disponibilizar a Inspeção do Trabalho; e g) implementar as medidas de prevenção para eliminar e minimizar os riscos.

Em relação aos trabalhadores, conforme a NR 1, cabe: a) cumprir as disposições legais e regulamentares sobre saúde e segurança no trabalho, inclusive as ordens de serviço expedidas pelo empregador; b) submeter-se aos exames médicos previstos; c) colaborar com a organização na aplicação das normas regulamentadoras e d) utilizar o equipamento de proteção individual fornecido pelo empregador.

Ademais, o trabalhador poderá interromper suas atividades quando constatar alguma situação de risco grave ou iminente, que possa colocar sua saúde e segurança em risco, devendo comunicar esta situação imediatamente ao seu superior hierárquico.

3.10.1 Inventário

O inventário de riscos ocupacionais deverá consolidar todos os dados levantados nas etapas de identificação de perigos e avaliação dos riscos ocupacionais. É responsabilidade da

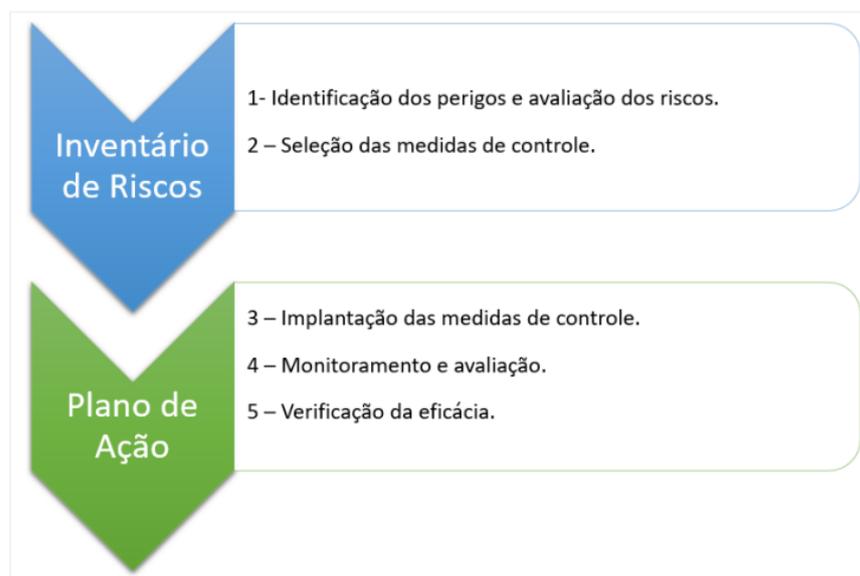
organização manter o histórico das atualizações do inventário de riscos por um período mínimo de 20 (vinte) anos ou por período estabelecido em normatização específica (BRASIL, 2020).

Desse modo, essa ferramenta deve contemplar, no mínimo, as seguintes informações: a) caracterização dos processos e ambientes de trabalho; b) caracterização das atividades; c) descrição de perigos e de possíveis lesões ou agravos à saúde dos trabalhadores, com a identificação das fontes ou circunstâncias, descrição de riscos gerados pelos perigos, com a indicação dos grupos de trabalhadores sujeitos a esses riscos, e descrição de medidas de prevenção implementadas; d) dados da análise preliminar ou do monitoramento das exposições a agentes físicos, químicos e biológicos e os resultados da avaliação de ergonomia nos termos da NR 17. e) avaliação dos riscos, incluindo a classificação para fins de elaboração do plano de ação; e f) critérios adotados para avaliação dos riscos e tomada de decisão.

3.10.2 Plano de ação

De acordo com a NR 1, após a realização da avaliação contida no inventário, os riscos ocupacionais devem ser classificados, com a finalidade de identificar a necessidade da adoção de medidas de prevenção a serem introduzidas, aprimoradas ou mantidas, para elaboração do plano de ação. Também deverá ser definido cronograma para as medidas de prevenção identificadas e desenvolver maneiras de acompanhamento e coleta de resultados. A Figura 8 exemplifica os itens que compõem o PGR:

Figura 8 - Itens do PGR



Fonte: Borges, 2020.

Nesse caso, deverá ser feito um monitoramento de exposição aos riscos pelo menos uma vez ao ano, juntamente com o balanço anual do Programa de gerenciamento de Riscos ou sempre que necessário, quando houver mudança de processo, de equipamento, maquinário, atividades.

É imprescindível estar preparado para cenários de emergências, a fim de estabelecer e manter procedimentos de respostas eficientes às possíveis ocorrências, de acordo com os riscos, as características e o cenário das atividades envolvidas nos reatores. Assim, o PGR se aproxima da estrutura das normas de sistema de gestão em saúde e segurança do trabalho, garantindo um resultado de melhor desempenho na prevenção de acidentes e doenças ocupacionais provenientes dos processos químicos.

4 METODOLOGIA

O desenvolvimento do trabalho se deu através de revisões bibliográficas de artigos, monografias, manuais de operação, legislações de saúde e segurança do trabalho e visita técnica na planta de produção de Dicloroetano. Assim, foi realizado o estudo de caso da empresa alagoana e observados pontos de melhorias para a devida adequação às Normas regulamentadoras, o que permitiu coletar informações que embasaram a elaboração do Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR) e a construção do manual para a manutenção do reator. Portanto, com o intuito de detalhar a metodologia empregada neste projeto, destacam-se os tópicos abaixo:

4.1 Local de estudo

O estudo foi realizado em uma renomada indústria alagoana de Cloro Soda, conforme Figura 9, localizada no bairro Pontal da Barra, em Maceió, especificamente na área de produção de Dicloroetano. A empresa está inserida no setor químico e petroquímico, que tem participação relevante em inúmeras cadeias produtivas e é essencial para o desenvolvimento econômico local. Criada em agosto de 2002, é hoje a maior produtora de resinas termoplásticas nas Américas e a maior produtora de polipropileno nos Estados Unidos.

Figura 9 - Indústria de Cloro Soda de Alagoas



Fonte: Disponível em: <<https://blogdoplastico.wordpress.com/2021/02/09/braskem-retoma-operacao-na-planta-de-cloro-soda-em-maceio-com-sal-importado/>>. Acesso em: 25 de out. de 2022.

Nesse caso, apesar da planta industrial ser focada na produção de resinas de polietileno (PE), polipropileno (PP) e policloreto de vinila (PVC), além de insumos químicos básicos como eteno, propeno, benzeno, cloro, soda e solventes, a etapa intermediária de produção de DCE ainda é vista como uma das mais perigosas por englobar reações exotérmicas e com risco de explosividade, o que evidencia a importância de um controle eficiente e sem falhas.

4.2 Equipe da área de Dicloroetano

Para o presente trabalho, foi de suma relevância entender a composição da equipe que atua diretamente na área de produção do reator de DCE, como destacado no Quadro 8, e com isso, ter conhecimento das funções mais expostas aos riscos envolvidos.

Quadro 8 - Equipe de DCE

Gerente de planta
Coordenador de Engenharia de Produção
Engenheiros de Produção
Estagiário de Engenharia de Produção
Técnicos de Segurança do Trabalho
Estagiários de Saúde, Segurança e Meio Ambiente
Operadores da empresa e terceirizadas

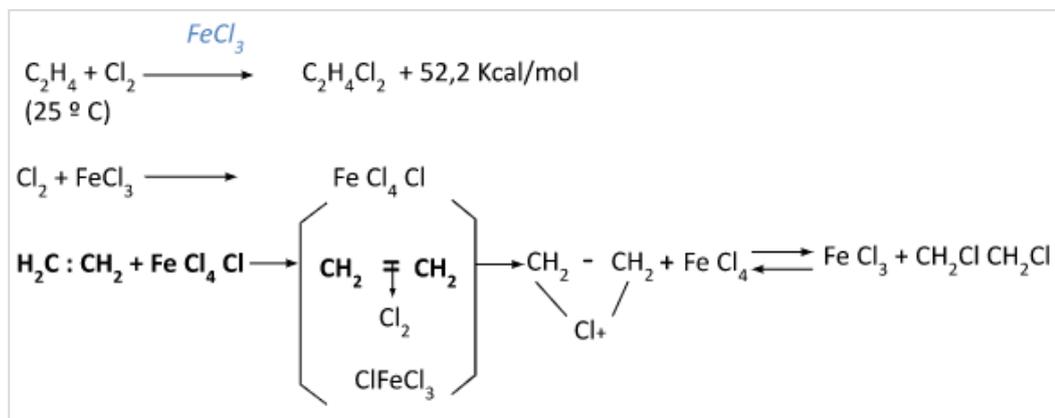
Fonte: Autor, 2023.

Durante a visita, foi possível acompanhar o Diálogo Diário de Segurança (DDS), uma reunião diária entre funcionários, técnicos e gerentes para discutir preocupações, riscos e procedimentos de segurança no trabalho, em que se observou um quantitativo imensurável de trabalhadores atuando diariamente em diferentes setores na produção de 1,2-Dicloroetano.

4.3 Análise reacional na produção de Dicloroetano

Sob esse aspecto importante, partimos do pressuposto de reconhecer os riscos da reação que envolve a cloração direta do eteno, em estado gasoso a baixa temperatura de pressão, e o cloro alimentado no estado líquido. Assim, sintetizando o mecanismo de formação do 1,2-Dicloroetano, observados no manual de operação da indústria, temos a Figura 10 abaixo:

Figura 10 - Reação de produção de DCE



Fonte: Braskem, 2017.

É fundamental salientar três parâmetros propícios a gerar grandes riscos para a equipe da área de DCE:

- Falta de controle de qualidade das matérias primas: pode levar à destruição do reator por ataque químico devido à formação de ácido clorídico em curto intervalo de tempo.
- O oxigênio presente na corrente de cloro líquido inibe a formação de 1,1,2 Tricloroetano, porém, pode provocar a formação de mistura explosiva nos gases de topo dos reatores.
- Os resíduos industriais gerados nos reatores e em contato com os operadores podem ocasionar grandes acidentes.

Diante disso, notou-se que o processo de produção de Dicloroetano estava associado a uma série de variáveis que interferem nas especificações do produto final, como por exemplo, o valor do peso final de DCE e a quantidade de hidrocarbonetos leves, hidrocarbonetos pesados, acidez, alcalinidade, ferro, umidade, garantindo ainda que o cloro esteja ausente. Vale destacar que por se tratar de conceitos relativos a reações exotérmicas, foi crucial entender a interferência da cinética química e de calor de reação, uma vez que o calor gerado nas reações exotérmicas implica no aumento da temperatura da reação, influenciando diretamente na velocidade das reações químicas e na probabilidade de ocorrer explosividade.

Portanto, com o estudo das variáveis da reação e com a respectiva sensibilidade intrínseca, evidenciou-se a necessidade de minimizar ainda mais os riscos associados ao processo e garantir a integridade física dos trabalhadores.

4.4 Levantamento dos perigos e riscos

Para elaboração do formulário de Análise Preliminar de Perigos (APP), onde consta todas as informações acerca dos riscos e perigos identificados, foram observadas as diretrizes existentes para identificação de perigos e riscos na NBR ISO 45001 de 2018, que trata sobre Sistema de Gestão de Saúde e Segurança do Trabalho (SGSST). O Quadro 9 mostra o modelo de APP utilizada no trabalho:

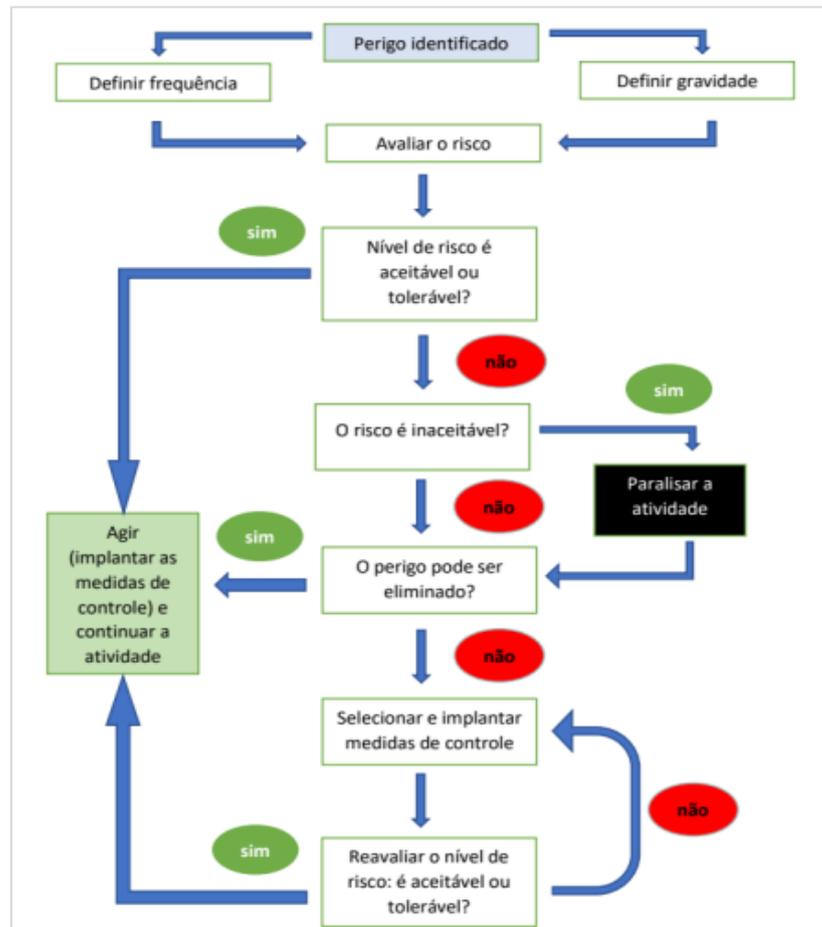
Quadro 9 - Modelo de Análise Preliminar de Perigos

MODELO DE ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS (APP)				
Etapas do processo	Trabalhadores expostos	Agente	Riscos associados	Fonte de perigo

Fonte: Autor, 2023.

As empresas onde os sistemas de gestão integrada estão implantados corroboram para o aperfeiçoamento de práticas seguras e o cumprimento de procedimentos, normas e leis relativas ao assunto. Conforme mostrado na Figura 11, a APP é considerada uma fase preliminar, que antecede a avaliação de riscos, pois possui características qualitativas do processo.

Figura 11 - Fluxograma com o perigo identificado



Fonte: Borges, 2020.

A Análise Preliminar de Perigos (APP) utilizada neste projeto tratou de uma técnica estruturada que tem por finalidade identificar os perigos presentes numa instalação, que podem ser ocasionados por eventos indesejáveis. Pode ser utilizada nas etapas de projeto ou em unidades que já estão em operação, permitindo, neste último caso, a revisão dos aspectos de segurança existentes. (SAVAREGO, 2013).

4.5 Reconhecimento dos equipamentos de proteção individual e coletiva

Segundo as normas regulamentadoras, é de competência do Serviço Especializado em Segurança e Medicina do Trabalho (SESMT), da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA) ou do profissional tecnicamente habilitado, o desenvolvimento e a recomendação

quanto à utilização dos EPI's adequados para as atividades desenvolvidas. Assim, por meio de uma visão mais analítica, foram perceptíveis dois fatores relevantes acerca dos equipamentos de proteção individual, conforme descritos abaixo:

- **Correlação dos equipamentos de proteção com as atividades realizadas, avaliando as devidas adequações e os requisitos técnicos:** nesse caso, para a realização de qualquer atividade técnica nos equipamentos, deve ser emitida uma permissão de trabalho, que confere se há uma devida correlação entre os equipamentos de proteção individual com as atividades desenvolvidas. Assim, ficou evidente que há uma grande diversificação de tarefas que necessitam de requisitos peculiares para que realmente se garanta a proteção do operador, o que destaca a importância de uma gestão eficiente de EPI. Muitas vezes, cumprir com essas adequações envolve custos financeiros e um grande planejamento, o que expõe os trabalhadores a riscos graves durante esse intervalo de decisão dos gestores. Assim, todas as obrigações contidas na NR-6 devem ser cumpridas com responsabilidade e o sistema de gestão precisa ter total controle do fornecimento, das trocas e da sua correta utilização na rotina da fábrica.
- **Validade dos equipamentos de proteção e higienização:** sob essa perspectiva, ainda há um grande desafio em monitorar e acompanhar o prazo de validade dos mais diversos EPI's, juntamente se há uma devida higienização após o seu uso, já que os resíduos retidos nesses equipamentos podem gerar consequências irreparáveis para a saúde do trabalhador.

Diante desse cenário de equipamentos de proteção coletiva, percebeu-se que o investimento é mais pautado na utilização de alarmes, algumas placas sinalizadoras, corrimão, espumas mecânicas e utilização de exaustores, entretanto, ainda há muito para se aperfeiçoar em quesito de saúde e segurança aos operadores da planta de DCE.

4.6 Identificação dos riscos em espaços confinados para manutenção

No tocante à manutenção interna de reatores e demais equipamentos da planta de DCE, é inevitável discorrer acerca de espaços confinados, já que se trata do local em que a maioria das atividades corretivas e preventivas é realizada, comum em período de paradas e emergências. O efetivo controle dos riscos nas operações em espaços confinados está diretamente relacionado à sistemática de capacitação continuada, investimento em ferramentas, máquinas e equipamentos, além de estratégias e procedimentos de trabalho para os diversos tipos de espaços confinados, suas características construtivas, a geometria do ambiente, os produtos envolvidos, bem como, o planejamento de ações em emergência.

Nesse sentido, pela grande diversidade e recorrência de serviços de manutenção em espaços confinados, evidenciou-se a necessidade de elaborar um manual contendo um checklist dos principais procedimentos a serem executados como cuidados especiais dos trabalhadores, assim, essa ferramenta possibilitaria a identificação dos pontos primordiais na rotina de reparos, levantando possíveis problemas e conseqüentemente, prevenindo riscos e gastos desnecessários, de forma a padronizar as tarefas que envolvem prevenção pessoal, além de definir as medidas de controle a serem aplicadas.

É importante mencionar que a empresa já contém uma série de documentos para o trabalho em espaços confinados, em contrapartida, há uma necessidade clara de elaborar esse material de apoio com ênfase nas adequações e atualizações da NR-33.

4.7 Aplicação do Programa de Gerenciamento de riscos

Considerando o que está disposto pela NR-01 e observando a necessidade de alinhar os parâmetros de riscos relacionados à saúde e segurança do trabalho, de forma a realizar uma avaliação mais detalhada e integrada, conforme revisão bibliográfica, foi possível a identificação de um método adaptado e simplificado que englobasse a identificação dos riscos ocupacionais e dos perigos encontrados na área de produção de Dicloroetano. Tendo como referência as disposições da NR 1, observou-se que é responsabilidade da organização: evitar que os riscos ocupacionais sejam originados no trabalho; identificar os perigos e possíveis lesões ou agravos à saúde; avaliar os riscos ocupacionais indicando o nível de risco; classificar os riscos ocupacionais para determinar a necessidade de adoção de medidas de prevenção; implementar medidas de prevenção, de acordo com a classificação de risco e na ordem de prioridade; e acompanhar o controle dos riscos ocupacionais.

Sob essa perspectiva e sabendo que a própria organização tem liberdade para selecionar as ferramentas e técnicas para avaliar os riscos, segmentou-se o PGR levando em consideração os quatro fatores destacados abaixo:

4.7.1 Critérios de avaliação de riscos

Os critérios de avaliação foram organizados com base nas legislações trabalhistas, considerando os pontos mais relevantes para entendimento da indústria de Cloro-Soda, como segue:

- 1) **Severidade (S):** Representa o dano, risco ou perigo identificado;
- 2) **Frequência (F):** Indica a probabilidade de ocorrer um evento danoso;
- 3) **Extensão (E):** Considera como o dano, risco ou perigo pode se dispersar, caso se concretize;

- 4) **Custos/Complexidade técnica para implantação ou correção (C):** Parâmetro para avaliar o custo e a complexidade técnica que está associada a cada uma das alternativas possíveis.

4.7.2 Índice de risco

Para melhor entendimento do impacto dos perigos associado à produção do DCE no reator, foi definido o Índice de Risco (IR), obtido pela multiplicação da pontuação de cada um dos parâmetros, conforme mostrado na equação abaixo:

$$IR = S \cdot F \cdot E \cdot C$$

Note que a pontuação total varia entre o intervalo de 1 e 2.560, em que o resultado se subdivide em quatro níveis de risco, como mostra a Figura 12.

Figura 12 - Níveis de risco

Risco ou Perigo	Intervalo de Pontuação	Medidas
Baixo	1 - 191	Não há necessidade de implantar medidas além das já existentes, somente manter a periodicidade destas.
Moderado	192 - 599	Há necessidade de adotar medidas além das existentes, devendo estas serem monitoradas e tratadas para não evoluírem.
Elevado	600 - 999	Controles adicionais devem ser implantados para minimizar ou mitigar o risco/perigo.
Muito Elevado	1000 - 2560	Os controles existentes são insuficientes. Métodos alternativos ou ferramentas adicionais para realização da atividade deverão ser considerados.

Fonte: Adaptado pelo autor, 2023.

A partir dessa informação, foi possível priorizar as ações mais emergenciais para adoção de medidas preventivas e corretivas, conforme inventário de riscos.

4.7.3 Modelo de inventário

Com as informações coletadas na etapa de identificação e avaliação de riscos, foi desenvolvido um modelo de formulário contendo o inventário exigido pelo PGR, o que acrescentou principalmente as recomendações para controle dos riscos identificados, servindo também como base para a construção do plano de ação.

Quadro 10 - Inventário de riscos

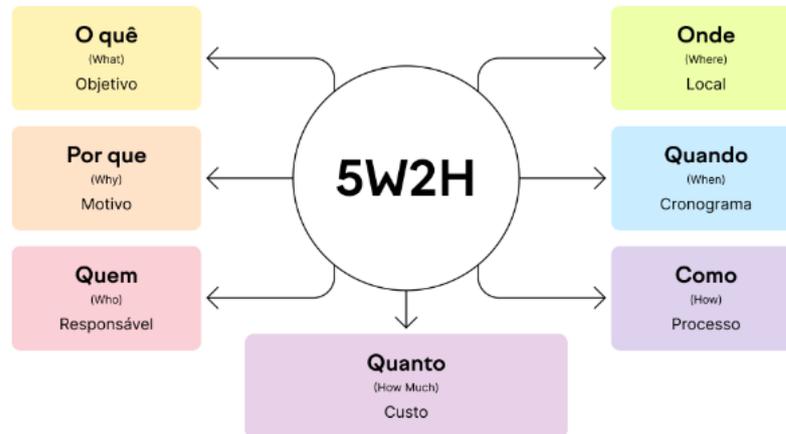
MODELO DE INVENTÁRIO DE RISCOS										
Etapas do processo	Trabalhadores expostos	Agente	Riscos associados	Fonte de perigo	Avaliação dos riscos				Índice de Risco (IR)	Medidas de controle recomendadas
					S	F	E	C		

Fonte: Autor, 2023.

4.7.4 Modelo de Plano de ação

Para essa etapa do trabalho, a metodologia utilizada para elaboração do modelo de plano de ação foi a ferramenta de gestão de qualidade 5W2H, conforme detalhamento da Figura 13:

Figura 13 - Metodologia 5W2H



Fonte: Disponível em: <<https://pt.semrush.com/blog/metodo-5w2h/>>. Acesso em: 21 de mar. de 2023.

Nessas circunstâncias, para uma melhor adequação do método, houve a descrição da avaliação dos principais riscos encontrados e foram acrescentadas informações sobre os agentes causadores dos perigos classificados como moderado, elevado ou muito elevado, conforme inventário e o modelo de formulário contido no Quadro 11:

Quadro 11 - Plano de ação do PGR

Descrição do Perigo	What (O que)	Why (Porque)	Where (Onde)	When (Quando)	Who (Quem)	How (Como)	How Much (Quanto custará)

Fonte: Autor, 2023.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Por meio da metodologia aplicada, o intuito é reduzir os potenciais riscos ocupacionais presentes no manuseio, operação e manutenção dos reatores de DCE da renomada indústria alagoana de Cloro-Soda, propondo-se alternativas adequadas para garantir segurança na manipulação de equipamentos que envolvem reações exotérmicas perigosas, as quais podem causar graves efeitos ao meio ambiente e à vida dos inúmeros operadores da planta industrial. Além disso, as medidas de controle ocupacionais minimizarão e controlarão as falhas do processo, tendo como base o mapeamento de riscos do Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR) e a elaboração de um guia de cuidados especiais, conforme a análise segmentada nos tópicos abaixo:

5.1 Identificação dos principais riscos na reação exotérmica de DCE

Neste item, apresenta-se uma listagem das causas típicas que levam perigo aos processos envolvendo reações químicas exotérmicas, como a que envolve a produção de Dicloroetano. Essas razões foram levantadas através dos estudos de análise de riscos de reações similares, conforme Quadro 12.

Quadro 12 - Perigos reacionais na produção de DCE

Perigos reacionais	Causas
Projeto inadequado dos equipamentos	Alta viscosidade e agitação ineficiente
	Área de troca de calor insuficiente
	Balanco de energia inconsistente
Perda do controle das condições de reação	Falha de controle operacional
	Contaminação do catalisador
	Matéria-prima fora da especificação
	Aumento do tempo de residência quando há interrupção do processo
Ocorrência de reações secundárias	Decomposição exotérmica dos produtos
	Formação de misturas de gases
Liberação descontrolada de substâncias inflamáveis, tóxicas e corrosivas	Corrosão dos equipamentos
	Aumento significativo da temperatura especificada
	Aumento significativo da pressão especificada
Alta taxa de produção de calor no processo	Falta ou excesso de inibidores
	Não observância de reações paralelas possíveis
	Não observância da cinética reacional
	Erro da alimentação do reagente em excesso

Fonte: Autor, 2023.

Diante das informações, nota-se que as causas das reações descontroladas, em sua maioria, estão relacionadas às falhas operacionais. Somado a isso, pode-se determinar que a

manutenção da documentação utilizada e gerada dos estudos reacionais também é necessária para o gerenciamento das modificações e da manutenção do estado de segurança das instalações. Para uma avaliação de segurança do processo ainda mais profunda envolvendo reações químicas, algumas averiguações são requeridas, como o balanço de reação, dados de entalpia, cinética da reação, dados físico-químicos dos reagentes e do produto, entre outras. A falta dessas informações pode comprometer diretamente o resultado do estudo.

5.2 Análise preliminar dos perigos da área de DCE

A gestão da saúde e segurança no trabalho possui como um de seus pilares, a correta identificação dos perigos existentes nas atividades laborais e nos ambientes de trabalho. A partir dela e da consecutiva avaliação dos riscos é que serão desenvolvidos os controles necessários e seu efetivo controle, em acordo com a política de saúde e segurança no trabalho da organização. De maneira geral, a identificação preliminar dos perigos e riscos existentes, consiste na aplicação de técnicas estruturadas para a sua devida caracterização. Além disso, essas técnicas permitem um estudo mais detalhado de cenários acidentais na indústria química.

Na ocasião da pesquisa de campo realizada, foi observado o processo produtivo, como também as atividades laborais exercidas pelos colaboradores, o arranjo físico, o armazenamento e disposição de materiais, bem como as máquinas e equipamentos que estão envolvidos para que o processo aconteça. Além disso, foi visto a diversidade de documentos relacionados à segurança do trabalho que precisam estar atualizados conforme legislações trabalhistas.

Nesse sentido, após a realização da visita técnica na planta de Dicloroetano, acompanhado por um técnico de segurança do trabalho da empresa, foi possível determinar os principais pontos de atenção da rotina dos trabalhadores, conforme destacados abaixo:

- Adequação à sinalização de segurança, conforme NR-26;
- Fios de eletricidade atravessando o local de acesso aos equipamentos;
- Falta de identificação dos equipamentos;
- Meios de acesso irregulares, com escadas improvisadas e saliências no solo;
- Falta de isolamento em espaços confinados;
- Grande variedade de riscos e atividades perigosas recorrentes;
- Adequação dos procedimentos adotados com a NR-33;
- Distância entre os equipamentos de proteção a incêndio para a planta industrial;
- Contato direto com a corrosão das tubulações e dos equipamentos, sem pintura e com desgaste evidente;
- Vazamento de gases desconhecidos.

Diante disso, foram identificados riscos envolvendo substâncias, eventos e operações que podem resultar em danos graves dentro da organização. No primeiro momento, reconheceram-se os agentes agressivos, fontes, possibilidades de liberação, alvos e possibilidades de exposição, para que, em seguida, definir as medidas protetivas e preventivas, por meio do inventário de riscos e do plano de ação que compõem o Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR).

É crucial evidenciar que a disseminação de conceitos e tópicos de legislação, o uso ferramentas de identificação, análise e controle de riscos como a APR – Análise Preliminar de Riscos, a APP – Análise Preliminar de Perigos, a AST - Análise de Segurança da Tarefa, entre outros, juntamente com a capacitação de trabalhadores, contribui significativamente para a conscientização de ações preventivas e melhoramento dos níveis de segurança.

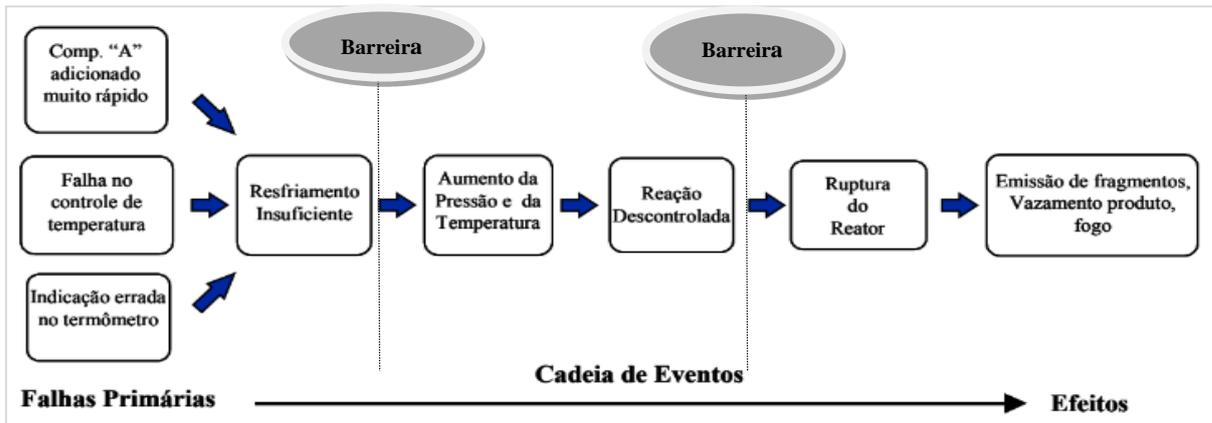
5.3 Cadeia de eventos

Nesse caso, sabe-se que a qualidade final de um estudo de análise de riscos de determinado processo varia mediante as características peculiares de cada instalação e da capacitação das pessoas. Em se tratando de reatores de produção de Dicloroetano, é muito importante que seja analisada a cadeia de eventos de um determinado cenário acidental para que as medidas de segurança propostas sejam efetivas.

A Figura 14 mostra um diagrama de uma cadeia de eventos adaptada para um reator em batelada para conhecimento dos trabalhadores que atuam no setor, com informações ricas e visíveis que podem facilitar o entendimento dos operadores quanto aos efeitos ocasionados devido às falhas de processo, servindo também como estratégia para a redução dos riscos com vistas à redução da probabilidade e da severidade dos acidentes potenciais.

Sob esse cenário, evidencia-se que a barreira 1 se caracteriza por um sistema de segurança ativo (uso de controles, intertravamentos e dispositivos de emergência que atuam na posição de segurança, que detectam desvios potenciais do processo e atuam de forma corretiva), no qual o monitoramento da temperatura e/ou pressão do reator limita o incremento da temperatura por acionamento do dispositivo de controle de alimentação desse reator. Já a barreira 2 é um sistema de segurança passivo (eliminação ou minimização do perigo por meio do desenho das instalações que pode não eliminar totalmente, mas pode reduzir sua frequência ou a sua consequência no caso da materialização do perigo, sem a necessidade de acionar algum dispositivo), que indicaria até onde a pressão de projeto do reator suportaria a reação. Neste caso, outras medidas organizacionais importantes, como manutenção preventiva do reator, são necessárias para mitigar os possíveis cenários acidentais.

Figura 14 - Cadeia de eventos para controle de acidentes no reator



Fonte: Adaptado pelo autor, 2023.

Portanto, a análise da cadeia de eventos é um elemento crucial para que a equipe possa determinar qual o ponto mais eficaz para a interrupção da cadeia de eventos que poderá levar ao acidente, sendo um método que deve ser aplicado juntamente com as demais medidas de segurança e com os respectivos equipamentos de proteção, a fim de garantir o devido controle dos riscos.

5.4 Lista de controle de EPI

Com o intuito de melhor monitorar a correlação dos equipamentos de proteção com as atividades técnicas realizadas e acompanhar de forma mais visível o seu prazo de validade e seu período de higienização, foi desenvolvido o formulário contido no Quadro 13, a ser preenchimento obrigatoriamente entre o empregador e empregado:

Quadro 13 - Modelo de formulário de controle de EPI

Cargo:		Nome do trabalhador:		Matrícula:				
Nº botina:	Nº calça:	Nº camisa:	Data da requisição:	Data prevista de devolução:				
Descrição da atividade a ser desenvolvida:								
Os equipamentos de proteção coletiva estão em condições adequadas de uso e foram testados devidamente? (Sim ou Não) – empregador responder com plena convicção e garantir a segurança do local.								
Termo de Responsabilidade								
Declaro, para os efeitos legais, que recebi os Equipamentos de Proteção Individual relacionados abaixo e estou ciente das obrigações constantes na NR – 6 da Portaria n.º 3214/78 (complemento do Capítulo V, Título II da lei n.º 6514/77 da CLT) do Ministério do Trabalho, Portaria SIT n.º 194, de 07 de dezembro de 2010 e em especial o Subitem 6.7.1, que determina: Cabe ao empregado quanto ao EPI:								
<ol style="list-style-type: none"> 1. Usar, utilizando-o apenas para a finalidade a que se destina; 2. Responsabilizar-se pela guarda e conservação; 3. Comunicar ao empregador qualquer alteração que o torne impróprio para uso; 4. Cumprir as determinações do empregador sobre o uso adequado. 								
Declaro também, que me encontro ciente e coloco minha anuência à disposição do Art. 462 / Parágrafo 10 da CLT, autorizando o desconto proporcional ao custo da reparação do dano que eventualmente vier a provocar nos EPI's, em razão do mau uso, já que atesto tê-los recebido em perfeitas condições de uso; e da disposição legal constante na NR-1 / subitem 1.8.1, de que constitui ato faltoso a recusa injustificada ao uso do EPI ora fornecido pela Empresa, nos locais determinados de acordo com as normas vigentes, incorrendo nas penalidades da lei.								
_____ Ass.: Empregador			_____ Ass.: Empregado					
01 – Desgaste natural do colaborador		02 – Mudança de função		03 – Desgaste anormal				
		05 – Extravio / mal-uso		04 – Desligamento				
				06 – Mudança posto de trabalho				
Aquisição				Devolução				
Descrição do EPI fornecido	Qtd.	Validade	Como higienizar?	CA	Assinatura	Observações:		
						Data	Motivo	Assinatura

Fonte: Autor, 2023.

Note que essas informações podem ser facilmente integradas ao sistema eletrônico da empresa para possível consulta de dados e pleno monitoramento das medidas de segurança.

5.5 Avaliação da matriz de riscos

Sob essa ótica de quantificar e avaliar os riscos, evidencia-se o conceito de Índice de Risco (IR) tendo como base quatro (4) parâmetros, conforme o detalhamento no Quadro 14:

Quadro 14 - Critérios de avaliação de riscos relacionados à segurança do trabalho

Parâmetros de avaliação	Agente/Risco	Descrição	Valor
Severidade (S)	Aplicável a todos	Gravíssimo - pode ocasionar a morte do trabalhador, doenças ou lesões permanentes.	8
		Grave - pode ocasionar lesões graves com incapacidade temporária absoluta ou parcial, mas de pequenas e médias proporções.	5
		Moderado - pode ocasionar lesões menores ao trabalhador com a redução temporária da capacidade laborativa, mas de baixa gravidade.	3
		Leve - não ocasionam lesões aos trabalhadores.	1
Frequência (F) de exposição ao agente	Aplicável a todos	Ocorrência contínua - ou com periodicidade alta, considerando as condições normais de operação.	8
		Ocorrência periódica - considerando a parada do processo produtivo.	5
		Ocorrência reduzida - Não esperando ocorrer durante as condições normais de operação. Corresponde a situações de emergência, acidentais ou pontuais.	3
Extensão (E)	Aplicável a todos	Impacto atinge mais de 80% dos trabalhadores ligados a etapa do processo produtivo avaliado.	8
		Impacto atinge entre 51% e 80% dos trabalhadores ligados a etapa do processo.	5
		Impacto atinge entre 11% e 50% dos trabalhadores ligados a etapa do processo.	3
		Impacto atinge até 10% dos trabalhadores ligados a etapa do processo.	1
Custos/Complexidade (C) técnica para implantação	Aplicável a todos	Metodologia de prevenção com custo e complexidade técnica elevada .	1
		Metodologia de prevenção/correção com custo e complexidade técnica média .	3
		Metodologia de prevenção/correção com custo e complexidade técnica reduzida .	5

Fonte: Adaptado pelo autor, 2023.

Tendo em vista o cruzamento das pontuações obtidas pelos critérios definidos para análise de riscos, gerou-se uma matriz de riscos, a qual identifica e determina a proporção dos

perigos, permitindo visualizar as ações de controle prioritárias. A Figura 15 mostra a relevância dos riscos de acordo com o intervalo de pontuação obtido:

Figura 15 - Matriz de riscos

MATRIZ DE RISCOS																			
	Severidade (S) e Extensão (E)																		
	(C)	(F)	1				3				5				8				(S)
			1	3	5	8	1	3	5	8	1	3	5	8	1	3	5	8	(E)
Custos ou Complexidade técnica para implantação ou correção (C) e Frequência (F)	1	1	1	3	5	8	3	9	15	24	5	15	25	40	8	24	40	64	
	1	3	3	9	15	24	9	27	45	72	15	45	75	120	24	72	120	192	
	1	5	5	15	25	40	15	45	75	120	25	75	125	200	40	120	200	320	
	1	8	8	24	40	64	24	72	120	192	40	120	200	320	64	192	320	512	
	3	1	3	9	15	24	9	27	45	72	15	45	75	120	24	72	120	192	
	3	3	9	27	45	72	27	81	135	216	45	135	225	360	72	216	360	576	
	3	5	15	45	75	120	45	135	225	360	75	225	375	600	120	360	600	960	
	3	8	24	72	120	192	72	216	360	576	120	360	600	960	192	576	960	1536	
	5	1	5	15	25	40	15	45	75	120	25	75	125	200	40	120	200	320	
	5	3	15	45	75	120	45	135	225	360	75	225	375	600	120	360	600	960	
	5	5	25	75	125	200	75	225	375	600	125	375	625	1000	200	600	1000	1600	
	5	8	40	120	200	320	120	360	600	960	200	600	1000	1600	320	960	1600	2560	

Legenda: (S) Severidade, (E) Extensão, (C) Custos ou Complexidade Técnica para implantação ou correção, (F) Frequência.

Fonte: Adaptado pelo autor, 2023.

Vale destacar que essas informações são imprescindíveis para composição do inventário de riscos que contempla o PGR, já que é possível determinar, diante da variedade de riscos, aqueles que terão uma atenção maior para serem solucionados com precaução, segurança e eficiência.

5.6 Elaboração do PGR: Inventário e Plano de ação

Conforme estabelece a nova redação da NR 1, a avaliação de riscos deve constituir um processo contínuo e ser revista a cada dois anos, ou quando ocorrer alguma dessas situações:

- após implementação das medidas de prevenção, para avaliação de riscos residuais;
- após inovações e modificações nas tecnologias, ambientes, processos, condições, procedimentos e organização do trabalho que impliquem em novos riscos ou modifiquem os riscos existentes;
- quando identificadas inadequações, insuficiências ou ineficácias das medidas de prevenção;
- na ocorrência de acidentes ou doenças relacionadas ao trabalho;
- quando houver mudança nos requisitos legais aplicáveis.

Assim sendo, é importante observar criticamente o funcionamento desse documento na rotina da organização, com o intuito de controlar os constantes riscos em que os trabalhadores estão expostos. Portanto, há uma necessidade clara de analisar cautelosamente o PGR por meio

de seu inventário, do seu plano de ação e de um cronograma anual de acompanhamento das principais responsabilidades.

5.6.1 Inventário

No inventário evidenciado no Quadro 15, há a descrição de vinte (20) perigos identificados durante a visita técnica, segmentando a análise por meio da etapa do processo envolvido, trabalhador exposto, agente ocupacional principal, riscos associados, fonte principal de perigo, dados da matriz de riscos (IR) e as medidas de segurança recomendadas, como segue:

Quadro 15 - Inventário de riscos da área de produção de DCE

(continua)

INVENTÁRIO DE RISCOS										
Etapas do processo	Trabalhador exposto	Agente	Riscos associados	Fonte de perigo	Avaliação dos riscos				Índice de Risco (IR)	Medidas de controle recomendadas
					S	F	E	C		
Produção de DCE	Equipe da área de DCE	Acidentes	Lesões Graves, Traumatismo craniano	Ausência de EPI para a cabeça e olhos e ouvidos	5	8	5	3	600	Adoção de equipamento de proteção individual (EPI) para corpo humano e cartilha informativa (NR 6)
Produção de DCE	Equipe da área de DCE	Acidentes	Lesões, contaminação, queimaduras, choque	Contato acidental com partes do reator	5	5	5	3	375	Treinamentos periódicos e adoção de placas indicativas de sinalização (NR 12 e NR 17)
Manutenção do reator	Operadores	Ergonômico	Cansaço físico, dores musculares	Má postura para executar as atividades	3	8	5	5	600	Adoção de pausas regulares, alongamentos e cartilha informativa (NR 17)
Manutenção do reator	Equipe da área de DCE	Físico	Irritação nos olhos, cansaço/fadiga visual	Iluminação do ambiente	3	8	5	5	600	Adoção de procedimento para avaliar periodicamente a iluminação (NR 17)
Manutenção do reator	Operadores	Físico	Perda auditiva permanente, Trauma acústico	Ruído proveniente de maquinário	5	8	3	3	360	Adoção do equipamento silencioso. Protetor auricular tipo concha. Limitar exposição (NR 15)
Manutenção do reator	Operadores	Acidentes	Falta de ar, quedas, tonturas e morte	Falta de adequação a NR-33	8	5	3	3	360	Atualizações dos procedimentos para manutenção em espaços confinados. (NR 33)
Produção de DCE	Equipe da área de DCE	Resíduos industriais	Danos a qualidade do ar	Emissão de gases oriundas do maquinário	8	8	5	3	960	Procedimento para controle ambiental de emissões atmosféricas (CONAMA)

(continuação)

Etapas do processo	Trabalhador exposto	Agente	Riscos associados	Fonte de perigo	S	F	E	C	Índice de Risco (IR)	Medidas de controle recomendadas
Manutenção do reator	Operadores	Acidentes	Dor, inchaço, lesões, aumento da pressão arterial	Picada de animais peçonhentos	5	3	3	5	225	Adoção de Kit de primeiros socorros e inspecionar o local de trabalho antes das atividades. (NR 17)
Produção de DCE	Equipe da área de DCE	Físico	Contaminação, Incêndio, explosão, choques	Liberação de energia não controlada por defeito na fiação	8	3	3	3	216	Adoção de plano de atendimento a emergência e de extintor do tipo pó químico (NR 16)
Produção de DCE	Equipe da área de DCE	Acidentes	Lesões e quedas	Ausência de demarcação nas áreas	5	5	8	5	1000	Demarcação de áreas de circulação e desobstrução do maquinário (NR 12 e NR 17)
Produção de DCE	Operadores	Ergonômico	Problemas de coluna, nas articulações	Levantamento e transporte manual de materiais	5	8	5	3	600	Pausas periódicas, alongamentos e treinamentos. Atualizar análise ergonômica de trabalho.
Produção de DCE	Equipe da área de DCE	Resíduos industriais	Contaminação do solo e água	Falta de segregação e destinação incorreta de resíduos	5	8	5	1	200	Treinamentos e adoção de contêineres com identificação dos resíduos (NR 25)
Manutenção do reator	Operadores	Acidentes	Perda da Fauna/Flora, Incêndio	Fagulhas oriundas do processo	8	5	3	5	600	Armazenamento em distanciamento seguro. Treinamentos periódicos. (NR 23)
Produção de DCE	Equipe da área de DCE	Acidentes	Lesões gravíssimas	Falta de identificação dos equipamentos	8	5	5	5	1000	Investimento em equipamentos de proteção coletiva e pintura de equipamentos (NR 12)
Produção de DCE	Equipe da área de DCE	Acidentes	Quedas e lesões	Pisos irregulares	5	8	8	3	960	Treinamentos periódicos e adoção de placas sinalizadoras (NR 12 e NR 17). Piso antiderrapante. Meios de acesso seguros.
Manutenção do reator	Equipe da área de DCE	Acidentes	Lesões gravíssimas, contaminação por produto químico	Falta de manutenção no equipamento	8	5	5	1	200	Adoção do Kit de mitigação ambiental e checklist para inspecionar equipamentos (NR 25)
Produção de DCE	Equipe da área de DCE	Acidentes	Quedas e lesões	Distância entre os equipamentos	5	8	5	1	200	Adoção de procedimentos e placas para melhor locomoção na área e seguir NR.

(conclusão)

Etapas do processo	Trabalhador exposto	Agente	Riscos associados	Fonte de perigo	S	F	E	C	Índice de Risco (IR)	Medidas de controle recomendadas
Produção de DCE	Equipe da área de DCE	Resíduos industriais	Contaminação do solo, da água e do corpo humano, Irritação da pele	Má segregação de Resíduos Perigosos	8	5	3	1	960	Contratação de empresa especializada para aplicação de treinamentos e identificação do local apropriado (NR 25)
Produção de DCE	Equipe da área de DCE	Químico	Grave contaminação e irritação da pele	Rompimento de tubulação e vazamentos de DCE	8	3	5	1	960	Realização de inspeções e manutenções periódicas. (NR 12)
Produção de DCE	Equipe da área de DCE	Químico	Lesões gravíssimas, morte, grave contaminação	Descontrole na reação de produção de DCE	8	3	5	1	960	Cumprimento das legislações e monitoramento.

Fonte: Autor, 2023.

É possível verificar que dos perigos levantados, após análise, que dois deles são classificados com nível de risco muito elevado, em que o controle existente é dito insuficiente para garantir a devida segurança no processo, referentes à falta de identificação dos equipamentos e à ausência de demarcação nas áreas, devendo, portanto, ser priorizadas no plano de ação. No mais, dez (10) são classificados como elevado, o que demonstra a importância de estabelecer medidas adicionais para mitigar os perigos, e oito (8) são ditos moderado, por haver necessidade de adotar medidas além das existentes. Note que nenhum dos riscos levantados foi classificado com o nível baixo (intervalo de pontuação entre 1 e 191).

5.6.2 Plano de ação

Diante do inventário de riscos, foi construído o plano de ação. O mesmo foi segmentado de acordo com a priorização dos atos utilizando a metodologia 5W2H, em que se desenvolveram três (3) intervalos, como segue:

- **Curto prazo (1 ano)** – para as ações de maior prioridade (Risco muito elevado).
- **Médio prazo (2 anos)** - prazo para as ações de média prioridade (Risco elevado).
- **Longo prazo (3 anos)** – prazo para as ações de baixa prioridade (Risco moderado).

Quadro 16 - Plano de ação do PGR (Curto prazo)

PLANO DE AÇÃO – PGR (Curto prazo)							
Perigo	What (O que)	Why (Porque)	Where (Onde)	When (Quando)	Who (Quem)	How (Como)	How Much (Quanto custará)
Ausência de demarcação nas áreas	Demarcação das áreas de circulação e desobstrução do maquinário.	Para minimizar os perigos existentes.	Área de produção de DCE	1 ano	Equipe de SSMA da empresa	Através da realização de orçamentos para verificar o custo-benefício	Não aplicável
Falta de identificação dos equipamentos	Investimento em pinturas e disponibilização de artifícios visuais sobre o equipamento.	Para minimizar os perigos existentes.	Área de produção de DCE	1 ano	Equipe de SSMA da empresa	Através da realização de orçamentos para verificar o custo-benefício	Não aplicável

Fonte: Autor, 2023.

Quadro 17 - Plano de ação do PGR (Médio prazo)

(continua)

PLANO DE AÇÃO – PGR (Médio prazo)							
Perigo	What (O que)	Why (Porque)	Where (Onde)	When (Quando)	Who (Quem)	How (Como)	How Much (Quanto custará)
Ausência de EPI para a cabeça, olhos e ouvidos	Compra de equipamento de proteção individual	Para minimizar os perigos existentes.	Área de produção de DCE	2 anos	Suprimentos e SSMA	Através da realização de orçamentos para verificar o custo-benefício	Não aplicável
Má postura para executar as atividades	Adoção de pausas regulares	Para minimizar os perigos existentes.	Área de manutenção do reator	2 anos	Equipe de SSMA da empresa	Realização de pausas periódicas e treinamentos	Não aplicável
Iluminação do ambiente	Contratação de empresa para avaliação periódica da iluminação	Para minimizar os perigos existentes.	Área de manutenção do reator	2 anos	Suprimentos e SSMA	Através da realização de orçamentos	Não aplicável
Emissão de gases oriundas do maquinário	Contratação de empresa para controle de emissões atmosféricas	Para minimizar os perigos existentes.	Área de produção de DCE	2 anos	Suprimentos e SSMA	Através da realização de orçamento para verificar o custo-benefício	Não aplicável
Levantamento e transporte manual de materiais	Análise ergonômica de trabalho - AET periodicamente.	Para minimizar os perigos existentes.	Área de produção de DCE	2 anos	Equipe de SSMA da empresa	Através da realização de orçamentos para verificar o custo-benefício	Não aplicável

(conclusão)

Perigo	What (O que)	Why (Porque)	Where (Onde)	When (Quando)	Who (Quem)	How (Como)	How Much (Quanto custará)
Falta de segregação e destinação incorreta de resíduos	Contratação de empresa especializada para aplicação de treinamentos relacionados a segregação de resíduos	Para minimizar os perigos existentes.	Área de produção de DCE	2 anos	Suprimentos e SSMA	Através da realização de orçamentos para verificar o custo-benefício	Não aplicável
Fagulhas oriundas do processo	Adequação do arranjo físico para execução de atividades elétricas nas oficinas e redução de fios na planta industrial	Para minimizar os perigos existentes.	Área de manutenção do reator	2 anos	Equipe de SSMA da empresa	Através de uma análise crítica na parada de manutenção e entender a viabilidade de um projeto elétrico. Treinamento.	Não aplicável
Pisos irregulares	Adequação do arranjo físico de forma que a passagem dos trabalhadores para os outros setores não traga riscos a sua saúde	Para minimizar os perigos existentes.	Área de produção de DCE	2 anos	Suprimentos, SSMA e Engenharia	Através da realização de orçamentos para verificar o custo-benefício	Não aplicável
Rompimento de tubulação e vazamentos de DCE	Contratação de empresa terceirizada para manutenções periódicas do sistema	Para minimizar os perigos existentes.	Área de produção de DCE	2 anos	Suprimentos e SSMA	Através da realização de orçamentos para verificar o custo-benefício	Não aplicável
Descontrole na reação de produção de DCE	Estudo frequente sobre os possíveis desvios da reação	Para minimizar os perigos existentes.	Área de produção de DCE	2 anos	Equipe de Engenharia e SSMA	Através da realização de orçamentos para verificar o custo-benefício	Não aplicável

Fonte: Autor, 2023.

Quadro 18 - Plano de ação do PGR (Longo prazo)

PLANO DE AÇÃO – PGR (Longo prazo)							
Perigo	What (O que)	Why (Porque)	Where (Onde)	When (Quando)	Who (Quem)	How (Como)	How Much (Quanto custará)
Contato acidental com partes do reator	Compra de placas indicativas e treinamentos	Para minimizar os perigos existentes.	Área de produção de DCE	3 anos	Suprimentos e SSMA	Através da realização de orçamentos para verificar o custo-benefício	Não aplicável
Ruído proveniente de maquinário	Contratação de empresa para avaliação periódica dos ruídos	Para minimizar os perigos existentes.	Área de manutenção do reator	3 anos	Suprimentos e SSMA	Através da realização de orçamentos para verificar o custo-benefício	Não aplicável
Falta de adequação a NR-33	Atualização de procedimentos com adequações da NR-33	Para minimizar perigos em espaço confinado	Área de manutenção do reator	3 anos	Equipe de SSMA da empresa	Através da revisão de documentos sobre a NR 33 e treinamento	Não aplicável
Picada de animais peçonhentos	Treinamentos periódicos de como agir em caso de emergência	Para minimizar os perigos existentes.	Área de manutenção do reator	3 anos	Suprimentos e SSMA	Através da realização de orçamentos para verificar o custo-benefício	Não aplicável
Liberação de energia não controlada por defeito na fiação	Contratação de serviço especializado para ajuste da fiação.	Para minimizar os perigos existentes.	Área de produção de DCE	3 anos	Suprimentos e SSMA	Através de orçamentos para projetos elétricos preventivos	Não aplicável
Falta de manutenção no equipamento	Criação de checklist para inspeção de segurança do maquinário	Para minimizar os perigos existentes.	Área de manutenção do reator	3 anos	Equipe de SSMA da empresa	Através da realização de orçamentos para verificar o custo-benefício	Não aplicável
Distância entre os equipamentos	Estudo sobre o layout da planta e otimização do espaço seguindo as NR's	Para minimizar os perigos existentes.	Área de produção de DCE	3 anos	Suprimentos e SSMA	Através da realização de orçamentos para verificar o custo-benefício	Não aplicável
Má segregação de Resíduos Perigosos	Compra de contentores com identificação para separação de resíduos	Para minimizar os perigos existentes.	Área de produção de DCE	3 anos	Suprimentos e SSMA	Através da realização de orçamentos para verificar o custo-benefício	Não aplicável

Fonte: Autor, 2023.

5.6.3 Cronograma geral do PGR

Com o intuito de organizar os prazos e as atividades gerenciais da organização, foi desenvolvido um cronograma com as principais ações a serem monitoradas, conforme Quadro 19:

Quadro 19 - Cronograma anual do PGR

Ações	Planejamento anual do PGR											
	2023 – 2024											
	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR
Elaboração anual do PGR												
Divulgação do PGR												
Treinamento de riscos e NR's												
Monitoramento dos agentes ocupacionais												
Fornecimento dos EPI's adequados												
Treinamento de conscientização do uso dos EPI's												
Reconhecimento e avaliação dos riscos												

Fonte: Autor, 2023.

5.6 Manual de cuidados especiais para manutenção

Diante do objetivo de desenvolver um manual de cuidados especiais que necessita ser adotado na manutenção dos equipamentos e com o intuito de evitar contaminação com produtos organoclorados, foi construído o checklist do Quadro 20 contendo orientações gerais e também os específicos a serem adotados em espaço confinado, trabalho a quente e durante a realização de abertura de linhas e equipamentos, como segue:

Quadro 20 - Manual de cuidados especiais para manutenção do reator

MANUAL DE CUIDADOS ESPECIAIS			
ORIENTAÇÕES GERAIS	CIENTE		
	SIM	NÃO	N/A
Ter ciência de todas as regras e política de Saúde e Segurança da empresa			
Ter responsabilidade com o uso obrigatório de EPI			
Não transitar em local perigoso ou proibido			
Andar sempre na faixa ou dentro dos limites demarcados pela linha amarela			
Usar corrimão em escadas			
Participar dos exames periódicos quando convocado			
Posicionar-se corretamente ao exercer a atividade			
Ajudar a manter o ambiente higienizado e limpo			
Comunicar-se com outros trabalhadores apenas em locais adequados			
Comunicar aos responsáveis de SSMA quaisquer irregularidades e incidentes			
Paralisar imediatamente as tarefas quando detectar situação de risco			
PROCEDIMENTOS BÁSICOS PARA MANUTENÇÃO EM ESPAÇO CONFINADO			
Descrição da atividade e do equipamento:			
Data de execução:	STATUS		
Nome completo do executor:	SIM	NÃO	N/A
Tarefas a serem verificadas:			
O espaço confinado está devidamente cadastrado			
O supervisor de entrada, o vigia e os trabalhadores autorizados estão devidamente capacitados para atuar nessa manutenção			
O espaço confinado está devidamente sinalizado			
A Permissão de Entrada e Trabalho foi devidamente preenchida e assinada			
A análise preliminar de risco (APR) está devidamente atualizada			
Há ciência dos procedimentos de isolamento			
Há ciência dos parâmetros para o teste inicial e final da atmosfera			
Há ciência sobre bloqueios, travamento e etiquetagem			
Há ciência sobre a realização de purga ou lavagem			
Há ciência sobre a ventilação e a exaustão do equipamento			
Há conhecimento dos procedimentos de emergência e resgate			
Os equipamentos elétricos são a prova de explosão			
Todos os EPI's e EPC's foram testados e verificados para a atividade específica			
Outras observações:			

Fonte: Autor, 2023.

É fundamental ainda o debate entre os envolvidos de forma a sintonizar as informações e as etapas dos trabalhos e, por fim, a emissão da PET - Permissão de Entrada e Trabalho para o efetivo início das atividades com as salvaguardas já implantadas. Todas as fontes de energia como: elétrica, mecânica, hidráulica, pneumática, química, térmica, radioativa, gravitacional e potencial devem ser identificadas e controladas.

5.7 Recomendações gerais de segurança

Tendo como base a FISPQ do Dicloroetano e as normas regulamentadoras vigentes, em especial a NR 12 – Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos, destacam-se as principais recomendações para manter a integridade física e mental dos trabalhadores:

- Em caso de ingestão: caso sinta indisposição, contate um médico, um centro de informação toxicológica;
- Em caso de contato com a pele: lave com água em abundância;
- Em caso de contato com a pele (ou com o cabelo): retire imediatamente toda a roupa contaminada. Enxágue a pele com água/tome uma ducha;
- Em caso de inalação: remova a pessoa para local ventilado e a mantenha em repouso numa posição que não dificulte a respiração;
- Em caso de contato com os olhos: enxágue cuidadosamente com água durante vários minutos. No caso de uso de lentes de contato, remova-as, se for fácil.
- Em caso de incêndio: para a extinção utilize dióxido de carbono (CO₂), pó de extinção, espuma, areia para extinguir;
- Descarte o conteúdo/recipiente em um centro de recebimento de resíduos perigosos ou especiais, em conformidade com a regulamentação local, regional ou internacional;
- A manipulação do produto pode resultar em acumulação de cargas eletrostáticas e se deve utilizar os procedimentos adequados de ligação à terra;
- Não entrar na área de incêndio sem equipamento protetor adequado, incluindo proteção respiratória;
- Contenha o vazamento, se puder ser feito com segurança;
- Remover fontes de ignição. Usar com cuidado especial para evitar cargas de eletricidade estática. Evitar chamas abertas. Não fumar. Evitar qualquer contato direto com o produto;
- Prevenir a entrada em bueiros e águas públicas. Notificar as autoridades se o líquido entrar nos esgotos ou águas públicas;
- Manusear os recipientes vazios com cuidado, porque os vapores residuais são inflamáveis;
- Recomenda-se ventilação mecânica. Usar equipamento à prova de explosão. Fontes para lavagem dos olhos e chuveiros de segurança para emergência devem estar disponíveis nas imediações de qualquer potencial de exposição;

- A distância mínima entre máquinas, em conformidade com suas características e aplicações, deve resguardar a segurança dos trabalhadores durante sua operação, manutenção, ajuste, limpeza e inspeção, e permitir a movimentação dos segmentos corporais, em face da natureza da tarefa;
- O piso do local de trabalho onde se instalam máquinas e equipamentos e das áreas de circulação deve ser resistente às cargas a que estão sujeitos e não deve oferecer riscos de acidentes;
- Os circuitos elétricos de comando e potência das máquinas e equipamentos devem ser projetados e mantidos de modo a prevenir, por meios seguros, os perigos de choque elétrico, incêndio, explosão e outros tipos de acidentes;
- As zonas de perigo das máquinas e equipamentos devem possuir sistemas de segurança, caracterizados por proteções fixas, móveis e dispositivos de segurança interligados, que resguardem proteção à saúde e à integridade física dos trabalhadores.
- A sinalização de segurança compreende a utilização de cores, símbolos, inscrições, sinais luminosos ou sonoros, entre outras formas de comunicação de mesma eficácia.
- A sinalização de segurança deve ficar destacada na máquina ou equipamento, ficando em localização claramente visível e sendo de fácil compreensão.
- Devem ser elaborados procedimentos de trabalho e segurança para máquinas e equipamentos, específicos e padronizados, a partir da apreciação de riscos.
- Deve ser realizada capacitação para reciclagem do trabalhador sempre que ocorrerem modificações significativas nas instalações e na operação de máquinas ou troca de métodos, processos e organização do trabalho, que impliquem em novos riscos.

6 CONCLUSÃO

Diante dos resultados coletados que possibilitaram elaborar o Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR) e desenvolver um manual de cuidados especiais para manutenção do reator de produção de Dicloroetano, o estudo de campo foi uma estratégia fundamental para realizar a gestão integrada dos riscos e perigos existentes na empresa alagoana de Cloro Soda e para associar com os processos de melhoria da área nos quesitos de saúde e segurança dos trabalhadores envolvidos.

Com base nas informações levantadas durante a visita técnica, os perigos foram categorizados na avaliação de riscos e consolidados no inventário. Ao final, com todos os elementos perigosos destacados, foi possível concluir a prioridade de focar na identificação dos equipamentos e na demarcação das áreas de circulação, ambas pautadas em medidas protetivas coletivas, já que evidentemente englobam os riscos mais sensíveis para serem mitigados/minimizados e são classificados como risco muito elevado, otimizando assim, custos, tempo e soluções eficientes. Além disso, apesar da indústria seguir as legislações de segurança do trabalho e meio ambiente, nota-se a necessidade de estabelecer procedimentos para monitoramentos periódicos do maquinário e do processo produtivo, estabelecendo medidas de controle preventivas, fornecendo treinamentos específicos e acompanhando as atualizações das normas regulamentadoras.

Nesse sentido, é importante destacar que o presente trabalho abre caminhos a outros estudos, tanto em direção à prevenção quanto à mitigação dos incidentes envolvendo reações exotérmicas, espaços confinados, trabalho a quente, produtos químicos e diferentes cenários de riscos presentes nas mais diversas indústrias químicas. As organizações precisam entender que a prioridade deve ser sempre a integridade física e mental do trabalhador, a fim de gerar resultados inimagináveis de maneira segura.

Por fim, com base disposto ao longo do trabalho, conclui-se que o objetivo geral e os objetivos específicos foram atendidos e validados, pois foram apresentadas diversas análises, teóricas e práticas, que proporcionam melhorias e conhecimentos essenciais relacionados à atividade da indústria estudada.

REFERÊNCIAS

ABNT. **Associação Brasileira de Normas Técnicas – Manutenção**, 2014.

ABIQUIM – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA QUÍMICA. **Guia para implementação de segurança de processo**, São Paulo: Abiquim, 1997.

AGAHNEJAD, P. Análise ergonômica no posto de trabalho numa linha de produção utilizando o método Niosh: **Um estudo de caso no polo industrial de Manaus**. 2011. 92p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade do Pará. Belém, 2011.

ALMEIDA, M. T. **Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade**. 2000.

ANTUNES, Fernando J.A. **Metodologia integrada de avaliação de impactos ambientais e de riscos de segurança e higiene ocupacionais**, 2009.

BRASIL. Decreto-Lei n.º 5.452, de 1º de maio de 1943. **Aprova a Consolidação das Leis do Trabalho**, 2022.

BRASIL. Ministério da economia. Secretaria Especial de Previdência e Trabalho. **NR 1: Disposições Gerais e Gerenciamento de Riscos Ocupacionais**. Brasília: Ministério da Economia, 2020.

BRASIL. Ministério da economia. Secretaria Especial de Previdência e Trabalho. **NR 6: - Equipamento de proteção individual**. Brasília: Ministério da Economia, 2018.

BRASIL. Ministério da economia. Secretaria Especial de Previdência e Trabalho. **NR 12: - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos**. Brasília: Ministério da economia, 2019.

BRASIL. Ministério da economia. Secretaria Especial de Previdência e Trabalho. **NR 20: - Segurança e Saúde no Trabalho com Inflamáveis e Combustíveis**. Brasília: Ministério da economia, 2019.

BRASIL. Ministério da economia. Secretaria Especial de Previdência e Trabalho. **NR 25: - Resíduos Industriais**. Brasília: Ministério da economia, 2011.

BRASIL. Ministério da economia. Portaria MTP nº2.770. **NR 26: Sinalização de segurança**. Brasília: Ministério da economia, 2022.

BRASIL. Ministério da economia. Secretaria Especial de Previdência e Trabalho. **NR 33: - Trabalho em espaço confinado**. Brasília: Ministério da economia, 2013.

BORGES, Kleber Lucio. **Guia para a elaboração do PGR - Programa de Gerenciamento de riscos ocupacionais**. Porto Velho: Amazon Digital Services Llc - Kdp Print Us, 2020.

BRASKEM S.A. **Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos - 1,2 - Dicloroetano - de acordo com ABNT NBR 14725-4**, 2017.

CAMPOS, A. A. M. **Espaço confinado – Processo seguro: A gestão de segurança e saúde deve ser planejada. Programada. Implementada e avaliada.** Revista Proteção. N. 182. São Paulo. Fevereiro de 2007.

CASTILHOS, João S. **Manutenção.** Caxias do Sul: 2ed. 2002.

CHIAVENATO, Idelberto. **Recursos humanos:** edição compacta. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

COFEN. CONSELHO FEDERAL DE ENFERMAGEM. **Observatório da enfermagem,** 2022.

FILHO, M. B. C. **Programa de Gestão de Segurança e Saúde em Espaços Confinados.** Escola Técnica de São Sebastião. São Sebastião. 2012.

FERNANDES, E. **O Setor de Soda-Cloro no Brasil e no Mundo.** BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n.29, p.279-320, 2009.

FERREIRA, H. S., LOPES, M. F. S. **Simulação de uma fornalha industrial para o craqueamento térmico do 1,2-Dicloroetano.** Anais Assoc. Brás. Quím., 46(2), 125-131, 1997.

GONÇALVES, E.A. **Manual de Segurança e Saúde no Trabalho.** São Paulo: Editora LTR, 2008.

KLETZ, T. **What went wrong? Case histories of process plant disasters.** 4th Ed. Houston, Texas: Gulf Publishing Company, 408p. 1998.

LEMOS, M.P.A. **A metodologia da análise ergonômica do trabalho como suporte investigativo da proposta de automação em um posto de trabalho.** 2010. 74f. Monografia (TCC). Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2010.

MACHADO, D. B. **Segurança do Trabalho: Um estudo de caso.** 2015. 64f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho). Universidade Tecnológica Civil. Curitiba, 2015.

MILLER, KIIHNE, G.M. **Curso de Treinamento:** seminário de segurança de processos. Guaratinguetá, São Paulo. BASF S.A. 2004. 80p.

MTE. **Ministério Do Trabalho E Emprego.** Brasília: Ministério da economia, 2012.

MTE. **Ministério Do Trabalho E Emprego.** Brasília: Ministério da economia, 2015.

NAVARRO, Antonio Fernando. **Orientações técnicas para a realização do trabalho seguro em espaços confinados.** Rio de Janeiro. 2012.

PEREIRA, J.A. **Geração de resíduos industriais e controle ambiental.** Belém: UFPA, 2002.

RÖHM, D.G; LUCIANO, É.L.; ROSA, J.L; TIRELLI, M.A.; OKANO, M.T; RIBEIRO, R.B. **Gerenciamento de riscos ocupacionais: uma nova proposta de Segurança do Trabalho.** South American Development Society Journal, 2020.

SALIBA, T.M. **Curso básico de segurança e higiene ocupacional.** São Paulo: LTr, 2011.

SAVAREGO, Simone A; LIMA, Edson R. **Tratado prático de saúde e segurança do trabalho.** São Paulo: Yendis Editora, 2013.

SOARES, Guilherme Moffati. **Segurança no trabalho vinculado a produtividade,** 2018. 33f. TCC (Graduação) – Curso de Ciências Militares, Academia Militar das Agulhas Negras, Resende, 2018.

VASCONCELOS, A. B. **Aplicação do método simplificado de avaliação de riscos de acidentes, durante a fabricação de sabões e detergentes sintéticos em uma indústria química.** 2018. 51f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2018.

WALDHELM NETO, Nestor. **O que é PGR: Quem assina, elabora, vigência e muito mais,** 2022.

ZURICH ENGENHARIA DE PROCESSOS. **Riscos das reações químicas** – reações de “runaway”- riscos, prevenção e controle. Zurich Brasil Seguros S.A., São Paulo, Informativo n. 9, 2006.