



Isabela Barbosa

APRECIÇÃO DE RISCO, METAVERSO E TÉCNICAS DE
ANÁLISE DE RISCO COMO FERRAMENTAS E ESTRATÉGIAS A
NR-12

Projeto de Graduação

Projeto de Graduação apresentado ao Departamento de
Engenharia Mecânica da PUC-Rio

Orientador: Marcelo Dreux

Coorientador: Rogério Dias Regazzi

Rio de Janeiro
Dezembro de 2024

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Lúcia, ao meu pai, José, à minha irmã, Rafaela, e ao meu cunhado, Kaio, expresso minha profunda gratidão pelo suporte, parceria e compreensão ao longo de todos esses anos. Um agradecimento especial ao meu namorado, Juan, cuja presença foi essencial nesta jornada.

Sou igualmente grata aos meus gatos, que trouxeram conforto em momentos difíceis, especialmente à Banguela, cuja influência transformou minha vida e meu ser. Espero que hoje ela possa estar fazendo por outro alguém o mesmo que fez por mim.

Aos colegas e amigos que compartilharam dessa caminhada, tornando-a mais leve e repleta de aprendizado, meu sincero obrigado.

À Pontifícia Universidade Católica e aos professores do curso de Engenharia Mecânica, registro meu reconhecimento e respeito. Cada um contribuiu significativamente para que eu aprendesse muito mais do que inicialmente esperava.

Ao professor Ronaldo Bastos, com quem tive o privilégio de colaborar como monitora das disciplinas Desenho Técnico I e II, na modalidade AutoCAD, meus agradecimentos pela oportunidade de aprendizado e crescimento profissional. Essa experiência foi fundamental para o meu atual trabalho como Desenhista Técnica, e sou grata à Subsea 7 pela confiança, suporte e compreensão que a equipe e os colegas me proporcionaram.

Por fim, expresso minha imensa gratidão ao meu orientador, Rogério Dias Regazzi, por aceitar o desafio de um tema pouco convencional no curso de Engenharia Mecânica. Sua orientação foi indispensável para que este trabalho unisse teoria, prática e inovação, alinhando-se às tendências tecnológicas atuais. Agradeço, em especial, pelo material cedido pela 3R Brasil Tecnologia, que me permitiu compreender melhor as demandas reais do mercado para soluções de engenharia em operações seguras de máquinas e equipamentos.

A todos, meu mais profundo agradecimento.

RESUMO

APRECIACÃO DE RISCO, METAVERSO E TÉCNICAS DE ANÁLISE DE RISCO COMO FERRAMENTAS E ESTRATÉGIAS A NR-12

A segurança e saúde do trabalhador no Brasil são regulamentadas por Normas Regulamentadoras (NRs), totalizando 38, sendo a NR-12 a principal norma voltada à prevenção de acidentes e doenças relacionadas ao uso de máquinas e equipamentos. Apesar de sua relevância, a NR-12 apresenta desafios para sua implementação devido à subjetividade, abrangência e linguagem técnica, o que dificulta sua interpretação, além dos elevados custos associados ao cumprimento.

Este trabalho propõe uma abordagem sistemática para a apreciação de riscos, utilizando o ciclo PDCA (Planejar, Desenvolver, Checar e Agir) como estrutura para a melhoria contínua, priorizando os riscos mais elevados e integrando metodologias inovadoras para facilitar o processo. Dentre essas metodologias, destaca-se o uso do metaverso como um gêmeo digital, associado ao sensoriamento e layout industrial, promovendo a antecipação de problemas e a implementação eficaz de medidas preventivas.

Como ferramenta-chave, o estudo utiliza a Metodologia HRN (Hazard Rating Number), que consiste na análise de riscos por meio de uma avaliação detalhada dos fenômenos perigosos e na categorização dos riscos com base na norma ABNT NBR 14153. Esta norma estabelece requisitos de segurança e princípios gerais de projeto, oferecendo uma base sólida para a concepção de medidas de segurança alinhadas ao nível de risco identificado. Além disso, são utilizados os conceitos definidos no Glossário do Anexo IV da NR-12: **Análise de Risco**, que combina a especificação dos limites da máquina, identificação de perigos e estimativa de riscos, e **Apreciação de Risco**, que compreende a análise e a avaliação de risco.

O trabalho busca ainda conectar os métodos tradicionais de avaliação de risco com soluções reais e inovadoras, criando ambientes industriais simulados que reproduzem cenários plausíveis para a implementação de medidas práticas e coerentes. O uso do metaverso e da inteligência artificial permite não apenas reduzir custos financeiros e temporais, mas também fomentar a sustentabilidade e a segurança nas indústrias brasileiras, promovendo um ambiente de trabalho mais seguro e adaptado às exigências da NR-12.

Assim, espera-se futuramente oferecer aos empregadores e à indústria em geral um conjunto de ferramentas práticas e inovadoras que facilitem o cumprimento da NR-12 e contribuam para a melhoria contínua das condições de trabalho, com foco no bem-estar dos colaboradores e na eficiência operacional.

Neste TCC focamos nas mudanças e nos principais pontos da NR-12 atual, nas normas e ferramentas mais atuais e nas tendências do legislativo e tecnológica para com a saúde, segurança e conforto nas atividades e operações de máquinas e equipamentos.

Palavras chaves: NR-12, Segurança do Trabalho, Máquinas, Equipamentos, Risco, Apreciação, Norma Regulamentadora, Metaverso.

ABSTRACT

RISK ASSESSMENT, METAVERSE, AND RISK ANALYSIS TECHNIQUES AS TOOLS AND STRATEGIES FOR NR-12

Worker health and safety in Brazil are regulated by Regulatory Standards (NRs), totaling 38, with NR-12 being the main standard aimed at preventing accidents and illnesses related to the use of machinery and equipment. Despite its relevance, NR-12 presents challenges for its implementation due to its subjectivity, scope and technical language, which makes it difficult to interpret, in addition to the high costs associated with compliance.

This paper proposes a systematic approach to risk assessment, using the PDCA (Plan, Develop, Check and Act) cycle as a framework for continuous improvement, prioritizing the highest risks and integrating innovative methodologies to facilitate the process. Among these methodologies, the use of the metaverse as a digital twin stands out, associated with sensing and industrial layout, promoting the anticipation of problems and the effective implementation of preventive measures.

As a key tool, the study uses the HRN (Hazard Rating Number) Methodology, which consists of risk analysis through a detailed assessment of hazardous phenomena and risk categorization based on ABNT NBR 14153. This standard establishes safety requirements and general design principles, offering a solid basis for the design of safety measures aligned with the level of risk identified. In addition, the concepts defined in the Glossary of Annex IV of NR-12 are used: **Risk Analysis**, which combines the specification of machine limits, hazard identification and risk estimation, and **Risk Assessment**, which includes risk analysis and assessment.

The work also seeks to connect traditional risk assessment methods with real and innovative solutions, creating simulated industrial environments that reproduce plausible scenarios for the implementation of practical and coherent measures. The use of the metaverse and artificial intelligence not only reduces financial and time costs, but also fosters sustainability and safety in Brazilian industries, promoting a safer work environment that is adapted to the requirements of NR-12.

Thus, in the future, it is expected to offer employers and the industry in general a set of practical and innovative tools that facilitate compliance with NR-12 and contribute to the continuous improvement of working conditions, with a focus on employee well-being and operational efficiency.

In this TCC, we focus on the changes and main points of the current NR-12, the most current standards and tools, and legislative and technological trends regarding health, safety, and comfort in the activities and operations of machinery and equipment.

Keywords: NR 12, Occupational Safety, Machines, Equipment, Risk, Assessment, Regulatory Standard, Metaverse.

SUMÁRIO

1	Introdução	10
1.1.	Motivação	10
1.2.	Objetivo	11
2	Revisão da Literatura	13
2.1.	Segurança do Trabalho	13
2.2.	NR-12 e fundamentos teóricos	14
2.3.	O metaverso	17
2.4.	A ABNT NBR 14153 e sua relação com a NR-12	18
3	. Metodologia	25
3.1.	Adequação a NR-12	25
3.1.1.	Apreciação de Risco	41
3.2.	Modelagem, Metaverso e Inovação	50
4	Resultados e discussão	57
4.1.	Validação e testes	57
4.2.	O futuro da segurança do trabalho	73
5	Conclusão	79
6	Revisão Bibliográfica	80
7	Anexo 1	82
8	Anexo 2	83
9	Anexo 3	84
10	Anexo 4	85
11	Anexo 5	86

Lista de Figuras

Figura 1 - Normas associadas a NR-12.....	166
Figura 2 - Processo interativo para o projeto de partes de sistemas de comando relacionadas à segurança, conforme NBR 14153. Fonte: ABNT. NBR 14153: Segurança de máquinas – Partes de sistemas de comando relacionadas à segurança – Classificação por categorias de.....	200
Figura 3 - Seleção de Categoria, conforme NBR 14153. Fonte: ABNT. NBR 14153: Segurança de máquinas – Partes de sistemas de comando relacionadas à segurança – Classificação por categorias de segurança. Rio de Janeiro, 2022, p. 28.	233
Figura 4 - Fluxograma de etapas de apreciação e redução de riscos conforme NBR ISO 12100:2019	455
Figura 5 - IMCA 2023 Safety statistics, 2023 um resumo	511
Figura 6 - Modelo de Guindaste em 3D Perspectiva	522
Figura 7 - Modelo de Guindaste em 3D Vista Frontal	533
Figura 8 - Modelo de Guindaste 3D Visualização de Carga ...	544
Figura 9 - Passo a Passo Operação de Içamento	566
Figura 10 - Quadro 1: Acoplamento da carga.....	765
Figura 11 - Quadro 2: Início do içamento	766
Figura 12 - Quadro 3: Dano no equipamento	776
Figura 13 - Quadro 4: Explosão da carga, devido a colisão no convés.....	777
Figura 14 - Quadro 5: Deslizamento de carga e queda no mar (condições ambientais não favoráveis)	77

Lista de tabelas

Tabela 1 - Resumo dos Requisitos por Categoria, conforme NBR 14153. Fonte: ABNT. NBR 14153: Segurança de máquinas – Partes de sistemas de comando relacionadas à segurança – Classificação por categorias de segurança. Rio de Janeiro, 2022, p. 17.	221
Tabela 2 - Nível de Probabilidade de Ocorrência (PO).....	48
Tabela 3 - Nível de Frequência de Exposição (FE)	48
Tabela 4 - Grau de possível Lesão ou Dano (GPL).....	48
Tabela 5 - Nível de número de pessoas envolvidas	49
Tabela 6 - Cronograma de Plano de Ação conforme cálculo do HRN	49
Tabela 7 - HRN Ciclo 1	58
Tabela 8 - Plano de ação de adequação	61
Tabela 9 - HRN Ciclo 2.....	700

Lista de Siglas e Abreviaturas

NR	Norma Regulamentadora
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
OIT	Organização Internacional do Trabalho
CTPP	Comissão Tripartite Paritária Permanente
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
EPI	Equipamento de Proteção Individual
PDCA	Planejar, Desenvolver, Checar e Agir
HRN	Hazard Rating Number
PGR	Programa de Gerenciamento de Riscos
GRO	Gerenciamento de Riscos Ocupacionais
IMCA	International Marine Contractors Association
IA	Inteligência Artificial

1 Introdução

1.1. Motivação

As Normas Regulamentadoras consistem em obrigações, direitos e deveres a serem cumpridos por empregados e trabalhadores, complementando a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT). As Normas Regulamentadoras devem assegurar que o trabalho ocorra em termos seguro e sadio, evitando e prevenindo cenários de acidentes de trabalho e doenças ocupacionais.

As Normas Regulamentadoras pioneiras foram estabelecidas em 1978, dando sequência a criação das demais normas e revisões, visando garantir a saúde e a segurança laboral. A criação e atualização de uma norma é preconizado pela Organização Internacional do Trabalho (OIT), através de um sistema tripartite paritário, onde representantes do governo, de empregadores e colaboradores fazem parte da Comissão Tripartite Paritária Permanente (CTPP), responsável pela construção e revisão de tais normas.

Dentre as 38 Normas, a NR-12, objeto do estudo e criada em 1978, tem como tema a **Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos**,

“Esta norma e seus anexos definem referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para resguardar a saúde e a integridade física dos trabalhadores e estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho nas fases de projeto e de utilização de máquinas e equipamentos” (Brasil, 2024, p.3)

Assim, tratando também de riscos nas fases de fabricação, importação, comercialização, exposição e cessão.

A conformidade com a NR-12, embora traga diversos benefícios, seu cumprimento apresenta uma série de desafios, entre eles, destacam-se o alto investimento na implantação e nas manutenções, o vocabulário técnico e específico, a complexidade das ações necessárias, a abrangência das máquinas e equipamentos aos quais se aplicam a norma, as condições técnicas, a necessidade de treinamento especializado e capacitação, a dificuldade na interrupção da produção, a falta de uma cultura de segurança consolidada e os métodos retrogrados tornam o cumprimento e fiscalização da Norma algo pouco tangível e ambíguo. A acessibilidade, capacitação, prazo para adequação, procedimentação, soluções práticas e cabíveis podem ser providenciadas através da análise e apreciação de risco, provocando a adequação gradual da norma.

1.2. Objetivo

A NR-12 consiste em uma norma regulamentadora cujo um dos pilares é a identificação e a avaliação dos potenciais perigos que podem estar presentes em máquinas e equipamentos. Conforme tais riscos são considerados, permite-se que as instituições possam esclarecer e analisar as probabilidades e até mesmo a gravidade de tais possíveis ocorrências.

Essa análise detalhada possibilita que as medidas preventivas sejam tomadas de maneira eficaz e coerente com as ponderações, reduzindo significativamente o risco e a intensidade de acidentes.

A apreciação de riscos é um processo dinâmico no qual estão envolvidas algumas etapas, como a análise dos perigos identificados; avaliação dos riscos relacionados a cada perigo; e por fim a definição de parâmetros de controle.

Tal avaliação precisa ser realizada em caráter processual e contínuo, uma vez que as condições de trabalho podem mudar ao longo do tempo.

Tendo isso em vista, a capacitação dos profissionais é imprescindível para que a NR-12 seja devidamente garantida. Desse modo, ao fornecerem treinamentos adequados, os empregadores asseguram que os funcionários detenham os conhecimentos necessários para lidarem com o maquinário de forma efetiva e atenta aos possíveis riscos.

Além disso, ter pessoas especializadas em segurança do trabalho em seu corpo de funcionários contribui para a implementação eficaz das medidas de controle.

Pensando nisso, a documentação é um elemento essencial para registrar o cumprimento da NR-12.

É fundamental que a empresa mantenha registros de todas as etapas do processo, desde a identificação dos riscos até a implementação das medidas necessárias. No mais, a documentação visa provar o compromisso da empresa com a segurança da empresa e de seus colaboradores, além de facilitar a auditoria e a avaliação do sistema de gestão de segurança.

Levando em conta o exposto, a NR-12 prevê múltiplos benefícios relacionados à redução de acidentes, a conformidade legal e a promoção da melhoria na qualidade de vida e trabalho. Em suma, entre tais benefícios é possível salientar: a conformidade legal, a contenção e controle do quantitativo de acidentes; o aperfeiçoamento de um ambiente de trabalho que promova a produtividade efetiva; uma melhoria da imagem institucional, posto que o cumprimento da norma demonstra compromisso com seus clientes, colaboradores

e a sociedade de modo amplo; e por fim, a perspectiva econômica, em que se tem custos reduzidos quando há a prevenção.

Por conseguinte, o cumprimento da NR-12 é um investimento em segurança, saúde e bem-estar. Dado que por identificar e monitorar os possíveis riscos, capacitar e treinar os trabalhadores e manter uma cultura de segurança, as empresas conseguem assim construir um ambiente de trabalho mais eficaz, com segurança e produtividade, beneficiando a todos os envolvidos no processo.

2 Revisão da Literatura

2.1. Segurança do Trabalho

Quando o assunto é segurança do trabalho, pode-se dizer que, mesmo sendo o tema relevante no cenário atual, a sua implementação passa por dificuldades tanto no Brasil quanto no exterior. Dentre os inúmeros motivos, destaca-se a ausência de uma cultura organizacional destinada a prevenir doenças e acidentes. Diversas empresas entendem que destinar verbas à segurança não é um investimento, mas sim um custo extra.

É possível perceber a falta de prevenção de acidentes de diversas formas, seja na ausência de treinamentos realizados, na não utilização de Equipamentos de Proteção Individuais (EPI 's) ou no uso de ferramentas e máquinas fora dos padrões normativos. O resultado disso é um cenário de doenças ocupacionais, acidentes sem e com afastamentos, e até mortes. No cenário nacional, os altos índices demonstram a urgência na mudança desse panorama.

Nesse sentido, é primordial implementar gestão de riscos. Tal ferramenta permite identificar e analisar os perigos e as barreiras das atividades exercidas que expõem os trabalhadores a riscos possibilitando assim, a tomada de decisões estratégicas. A ISO 31000 analisa todos os níveis de riscos em uma organização, partindo das atividades operacionais até os produtos e serviços. A implementação dessa norma é um caminho para fazer a segurança do trabalho acontecer de forma eficiente e sustentável.

Uma outra norma importante nesse cenário é a ISO 45001, norma internacional para sistemas de gestão de saúde e segurança ocupacional. Essa norma destaca a importância do envolvimento da liderança e dos trabalhadores no processo contínuo de melhoria da gestão. Além dessa, a ISO 12100 também se destaca como referência na área. Tal norma fornece metodologias para identificar riscos, além de avaliá-los e reduzi-los.

Ainda podem ser citadas, também, outras ferramentas que auxiliam no processo de gestão de riscos, como a matriz de riscos, análise preliminar de riscos e árvore de falhas. Cada empresa deve buscar uma metodologia que se encaixe melhor na sua organização, pois cada uma delas tem níveis diferentes de complexidade.

Desse modo, fica evidente que a legislação e as normas de segurança exercem função primordial na implementação de locais seguros de trabalho. No

Brasil, a quantidade de leis relacionadas ao tema, somadas a todas as normas que existem, tornam o seu cumprimento uma tarefa desafiadora.

2.2. NR-12 e fundamentos teóricos

É sabido que os processos industriais estão cada vez mais dependentes de máquinas e equipamentos. Ao longo dos anos, as empresas foram entendendo que utilizar um método de trabalho mais mecanizado é mais produtivo e, conseqüentemente, mais lucrativo. Diante desse cenário, multiplicaram-se as quantidades de maquinários e ferramentas no cenário industrial.

Como consequência deste fato, diversos desdobramentos surgiram, destacando-se a necessidade da criação de procedimentos e legislação para utilização desses meios. No que se refere à segurança do trabalho, em 1978 foi publicada a **NR-12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos**, tendo até o atual momento passado por mais de vinte revisões.

O objetivo dessa norma é estabelecer medidas de proteção, princípios fundamentais e referências técnicas que preservem a saúde e integridade física de funcionários que estejam expostos à ação de máquinas e equipamentos ou que façam o manuseio das mesmas. Além disso, esse documento visa estabelecer critérios mínimos para evitar acidentes e doenças durante o seu transporte, montagem, instalação, ajuste, operação, limpeza, manutenção, inspeção, desativação e desmonte, como mencionado anteriormente.

Apesar de ter um objetivo muito nobre, a implementação dessa norma no mercado de trabalho não é uma tarefa simples. Primeiramente, sabe-se que para atender aos critérios estabelecidos na norma, é necessário um investimento financeiro por parte das empresas envolvidas no processo. Além disso, há o desafio de conscientizar os empregadores e trabalhadores quanto à necessidade de atendimento a essas regras. Também pode-se destacar dificuldade de interpretação do documento, uma vez que seu texto é abrangente. Ainda, torna-se desafiador estruturar uma forma de fiscalizar os envolvidos no processo para garantir que as exigências sejam cumpridas.

No que se refere aos custos de implementação da NR-12, estes irão variar de acordo com cada empresa. Apesar do direcionamento de recursos financeiros para este fim ser uma dificuldade geral no mercado industrial, acaba sendo mais desafiador para empresas de pequeno e médio porte, uma vez que sua capacidade de investimento é menor. Devido a isso, muitas dessas empresas acabam tendo que depender de incentivos governamentais para garantir a

adequação dos seus maquinários. Ainda assim, essas ações do governo não atingem parcela significativa dessas empresas de pequeno e médio porte, que por sua vez representam a grande maioria no país.

O custo necessário para se adequar à norma pode ser visto de uma outra maneira: como um investimento. É notório que, ao melhorar as condições de segurança, haja também uma redução de custos, como custos com acidentes de trabalho (assistência médica, indenizações, perda de produção pela falta do colaborador, danos materiais, entre outros); custos com multas (sanções administrativas e judiciais, perdas de contratos, dentre outros); e custos com perda de competitividade, uma vez que perda de produtividade e custos, e acidentes de trabalho podem comprometer a imagem da empresa fazendo com que possíveis clientes não optem por escolher seus serviços/equipamentos.

Contudo, ainda há uma considerável parcela de empresas que possuem o pensamento retrógrado de que não vale a pena o investimento, ou simplesmente não conseguem arcar com tal custo. Quanto aos trabalhadores, a dificuldade está em convencer acerca da necessidade de respeitar os padrões de segurança impostos, não só pela NR-12, mas todos eles. No que se refere às máquinas e equipamentos, para garantir o cumprimento das ações mitigadoras de acidentes impostas, é preciso realizar treinamentos e capacitações para os funcionários entenderem, de forma teórica e prática, os riscos e as barreiras de segurança que envolvem a atividade que eles desempenham. O problema é que, mesmo tendo passado por essa etapa, a grande dificuldade está na aplicação do que foi ensinado no dia a dia, na manutenção dessa rotina de cuidados e o principal: no convencimento do colaborador de que fazer o mais fácil/conveniente nem sempre será o mais seguro.

A grande maioria dos trabalhadores que se envolvem com máquinas e equipamentos possui níveis de escolaridade baixa e/ou já trabalham com uma determinada máquina ou equipamento há muito tempo, antes de novas regras surgirem, não tendo passado por nenhum acidente. Isso gera uma falsa sensação de domínio sobre aquela máquina ou equipamento que por sua vez leva ao indivíduo ser relutante ao ter que se adequar a processos mais rigorosos, como é o caso ao se implementar a NR-12.

A complexidade da prática da NR-12 pode ser evidenciada também através das interações que a mesma tem com outras normas. Ela interage diretamente com diversas outras normas regulamentadoras, destacando-se as NR 5, NR 7 e NR 9. Pode-se também relacionar a NR-12 às normas ABNT, como por exemplo

a NBR 14153, que será objeto de estudo mais a frente neste trabalho, a NBR ISO 12100 e a NBR ISO 13852. A imagem abaixo ilustra essa questão:

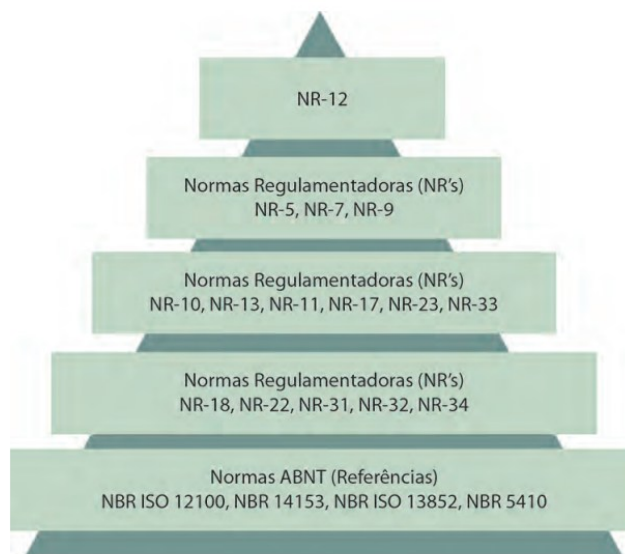


Figura 1 - Normas associadas a NR-12

Um outro aspecto da norma que dificulta sua implementação é a abrangência de seus textos. É claro que, devido à diversidade de equipamentos e máquinas existentes, seria praticamente impossível realizar um texto que atendesse especificamente caso a caso. Essa limitação resulta em diversos problemas, pois quando ocorre uma situação que não se enquadra exatamente nos textos da norma, abre-se uma brecha para o não cumprimento do que é regulamentado. Além disso, mesmo buscando esforços para adequar de alguma maneira, permanece a insegurança jurídica uma vez que não há garantia de que o órgão fiscalizador entenda a solução tomada como eficaz.

Quanto à fiscalização do atendimento à norma, por não haver uma certificação que garanta que a máquina ou equipamento está de acordo com o preconizado na NR-12, acaba ficando a critério do auditor fiscal do trabalho, em vistoria, atestar a conformidade em questão ou não. Toda essa incerteza abre possibilidade de comportamentos ou acordos de cunho ilegal, evidenciando mais um aspecto dificultador da implementação da norma em cenário nacional.

Não se pode deixar de mencionar, por fim, que existem dificuldades técnicas, mecânicas e espaciais. A grande maioria das máquinas e equipamentos já estão posicionados nos locais e já tem sua estrutura e funcionamento definidos. Nem sempre será possível realizar adequação. Há casos, por exemplo, de máquinas produzidas no exterior que seguem normas de outros países e que se

modificadas perdem suas garantias. Esses casos endossam a dificuldade enfrentada pelos empregadores.

Assim, entende-se que a adequação do setor à NR-12 é uma tarefa de complexidade ímpar, e que serão necessários anos de discussões entre os envolvidos na causa para que os requisitos em questão sejam atendidos com sucesso, de forma sustentável. O melhor caminho para isso não é encarar a norma como um problema, mas sim como uma causa nobre essencial visando garantir melhores condições de segurança para os trabalhadores e mais desenvolvimento sustentável para as empresas.

2.3. O metaverso

Conforme estudado, o metaverso consiste em um “universo virtual nas nuvens baseado em realidade aumentada e vai oferecer uma experiência imersiva (dentro do mundo virtual) para as pessoas nesse ambiente paralelo à vida real...”(FERNANDES, 2022,p.1), revelando que pouco a pouco, a tecnologia aumenta as proporções em que impacta a vida da sociedade. Cabe ressaltar que neste mundo virtual não há apenas conteúdos fixos e expositivos, mas este permite e promove intensas interações sociais, proporcionando que os usuários se relacionem de maneira assíncrona e síncrona. Este é construído por meio de tecnologias como: Realidade virtual, Realidade aumentada, Hologramas, Inteligência artificial.

Desse modo, é perceptível que o metaverso contribui para uma aproximação dos pares sociais, pois aqueles que não interagem devido à distância, a fuso horário ou até por fatores econômicos, agora podem experimentar diversos tipos de interação direta com o outro, como jogar, trabalhar, negociar, estudar e até assistir a shows, assim como no mundo físico, ou pode-se dizer que até mais facilmente que no mundo físico.

Em conformidade, é relevante pensar que mesmo com tamanha proporção, o metaverso é altamente influenciado e dirigido por grandes corporativas que fazem parte do mundo real, como a Meta e a Apple, que proporcionam o contato interrelacional do universo virtual e do real.

Voltando-me para o campo da segurança nas indústrias, o metaverso pode contribuir fortemente, principalmente ao pensar em treinamentos. Pensando nisso, como bem ressaltado por Marinho (2023):

“Nesta ótica, Nunes (2020) afirma que a utilização de realidade aumentada em treinamentos permite uma maior imersão, aprendizado mais prático e

intuitivo, redução de riscos de acidentes e, dada escalabilidade, pode reduzir custos de aplicação. O ambiente virtual permite que atividades difíceis e complexas sejam praticadas pelo trabalhador em ambiente sem risco.” (MARINHO, 2023)

Com isso, percebe-se que o metaverso pode ter uma contribuição significativa quanto a aplicação das normas regulamentadoras que preveem a identificação de riscos e os treinamentos necessários para prevenção destes.

A pesquisa qualitativa de Marinho (2023) se dá por meio de um estudo de caso, no qual propõe a aplicação de formulários e entrevistas, propondo um cenário de simulação sobre o uso do metaverso na aplicação da NR-18. Esta apresentou resultados interessantes, ressaltando que “A aceitação de um ambiente virtual, como o Metaverso, para a conscientização sobre a importância do uso de EPIs é encorajadora, com 57,1% dos entrevistados concordando com essa possibilidade.” (MARINHO, 2023). Além disso, um resultado obtido por Marinho que endossa a tese aqui colocada é de que 71,4% dos entrevistados por ele estão de acordo ao se tratar de que o “uso da realidade virtual em treinamentos pode reduzir o número de acidentes de trabalho” (MARINHO,2023).

Portanto, a tese dele permite concluir que tais dados indicam “uma abertura para novas abordagens de treinamento e conscientização. [...] Isso sugere que os operários reconhecem o potencial da realidade virtual em criar ambientes de treinamento mais seguros e realistas.” (MARINHO,2023)

No entanto, dados sobre o uso do metaverso na indústria não são popularizados e disseminados, tampouco de fácil acesso, de modo que isso reflete em falta de informação sobre os possíveis benefícios, reverberando em falta de incentivo e até manutenção de uma ótica pré-conceitual sobre o uso de tamanha tecnologia nas indústrias. Essa rigidez para a tecnologia pode mitigar novas soluções que trazem conforto, performance, inteligibilidade e salubridade no cenário industrial e da segurança do trabalho.

2.4. A ABNT NBR 14153 e sua relação com a NR-12

A ABNT NBR 14153 é a norma de nome **Segurança de máquinas – Partes de sistemas de comando relacionadas à segurança - Classificação por categorias de segurança**, elaborada pela Comissão de Estudo de Segurança de Máquinas de Uso Geral no Comitê Brasileiro de Máquinas e Equipamentos Mecânicos, sendo sua última versão publicada em 2022.

A parte de um sistema de comando, relacionada à segurança, segundo a norma, pode ser categorizado em B, 1, 2, 3 e 4, tais categorias podem ser aplicadas desde comandos específicos de segurança quanto a qualquer tipo de máquina, independente do objetivo final. Além disso, também relata que “*Quanto maior a resistência a defeitos das partes relacionadas à segurança, menor a probabilidade que esta parte falhe no cumprimento de suas funções de segurança*”.

A norma especifica qual o processo para a seleção e projeto de medidas de segurança deve-se seguir para cumprir os requisitos a serem seguidos no projeto, o processo iterativo conta com os passos:

1. Análise do perigo e apreciação de riscos;
2. Decisão das medidas para redução de risco;
3. Especificação dos requisitos de segurança para as partes de sistemas de comando relacionadas à segurança;
4. Projeto;
5. Validação;

Além de incluir outras normas como referências para a execução do passo a passo, conforme a figura a seguir:

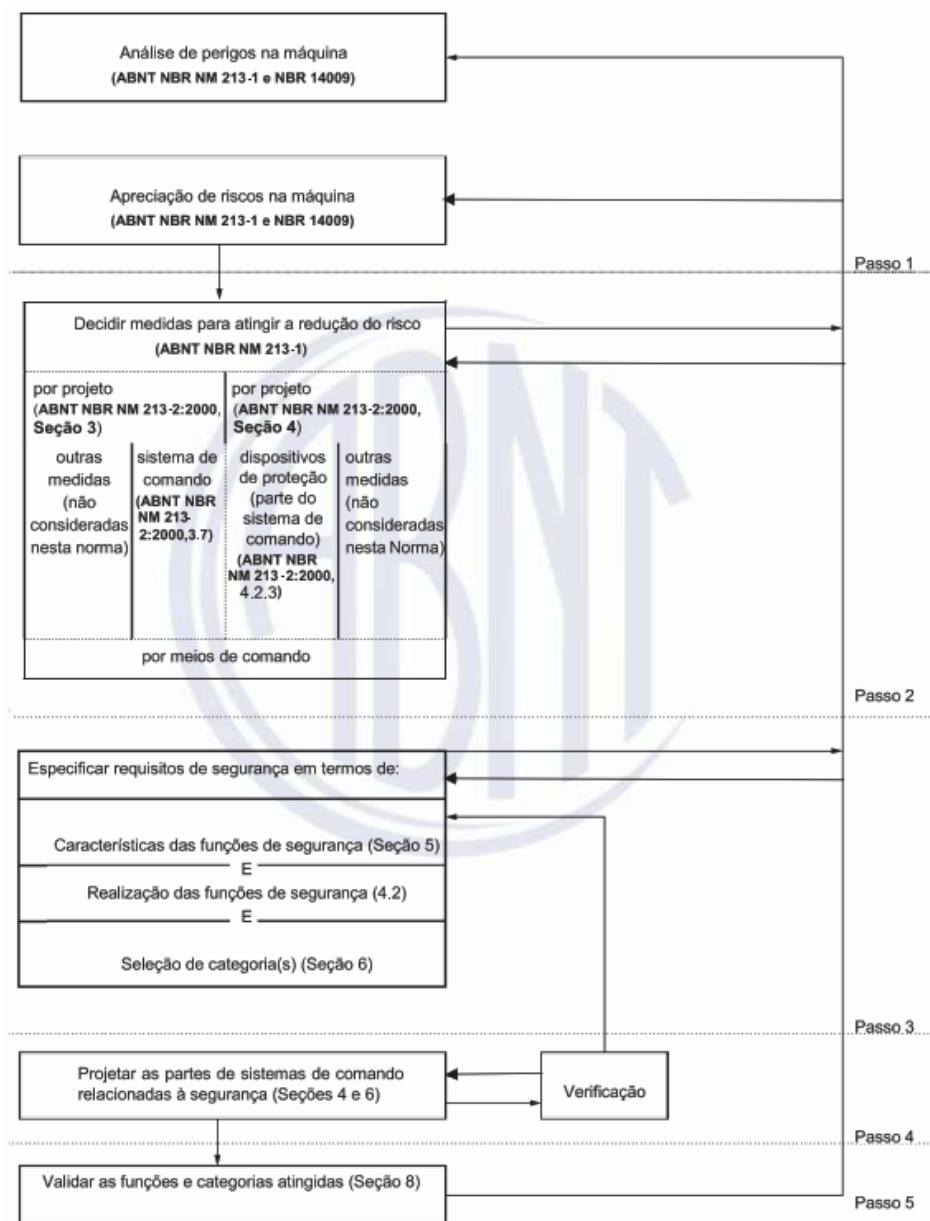


Figura 2 - Processo interativo para o projeto de partes de sistemas de comando relacionadas à segurança, conforme NBR 14153. Fonte: ABNT. NBR 14153: Segurança de máquinas – Partes de sistemas de comando relacionadas à segurança – Classificação por categorias de

Assim como feito no passo a passo é possível encontrar uma tabela com normas que juntas guiam os requisitos para diversas funções de segurança e características das seguintes funções: Função de parada, Função de parada de emergência, Rearme manual, Partida e reinício, Tempo de resposta, Parâmetros relacionados à segurança, Função de comando local, Pausa e Flutuação, falta e retorno das fontes de alimentação.

Posteriormente a norma trata das classificações por categorias. Estas são divididas em B, 1, 2, 3 e 4, de forma que todos devem incorporar as especificações referentes a categoria B, além de aplicar os próprios requisitos.

- Categoria B – A categoria representa os requisitos mínimos para a detecção de falhas. De acordo com as normas relevantes para o equipamento, as partes relacionadas à segurança devem ser projetadas, construídas, selecionadas, montadas e combinadas a fim de atender

- Categoria 1 - Além de contemplar as especificações do item anterior, esta diz que os componentes das partes de segurança devem ser bem ensaiados, tendo assim seus princípios de segurança com funcionamento comprovados.

- Categoria 2 – Em seu texto , segue os requisitos da categoria B e requer que as partes de segurança do equipamento sejam verificadas em intervalos considerados adequados de acordo com o funcionamento deste. As verificações devem ser efetuadas na partida de qualquer máquina, antes de qualquer situação de perigo e periodicamente, concomitante à operação, obedecendo a necessidade de acordo com a avaliação de risco da máquina.

- Categoria 3 – Esta categoria diz que mesmo que exista um defeito isolado nos sistemas de segurança do equipamento, as funções de segurança não sejam perdidas, e se possível, o defeito seja detectado. Para essa categoria, os defeitos avaliados devem ser comuns e de alta probabilidade de ocorrência. A categoria 3 engloba a categoria B e suas necessidades.

- Categoria 4 – Assim como todas as categorias anteriores, segue os requisitos da categoria B como premissa e é similar a categoria 3, porém se o acúmulo de defeitos ocorrer, a perda das funções de seguranças não pode ser uma consequência do fato.

Tabela 1 - Resumo dos Requisitos por Categoria, conforme NBR 14153. Fonte: ABNT. NBR 14153: Segurança de máquinas – Partes de sistemas de comando relacionadas à segurança – Classificação por categorias de segurança. Rio de Janeiro, 2022, p. 17.

Categoria^a	Resumo de requisitos	Comportamento do sistema^b	Princípios para atingir a segurança
B (ver 6.2.1)	Partes de sistemas de comando, relacionadas à segurança e/ou equipamentos de proteção, bem como seus componentes, devem ser projetado, construído, selecionado, montado e combinado de acordo com as normas relevantes, de tal forma que resistam às influências esperadas	A ocorrência de um defeito pode levar à perda da função de segurança	Principalmente caracterizado pela seleção de componentes
1 (ver 6.2.2)	Os requisitos de B se aplicam. Princípios comprovados e componentes de segurança bem testados devem ser utilizados	A ocorrência de um defeito pode levar à perda da função de segurança, porém a probabilidade de ocorrência é menor que para a categoria B	
2 (ver 6.2.3)	Os requisitos de B e a utilização de princípios de segurança comprovados se aplicam A função de segurança deve ser verificada em intervalos adequados pelo sistema de comando da máquina	A ocorrência de um defeito pode levar à perda da função de segurança entre as verificações A perda da função de segurança é detectada pela verificação	Principalmente caracterizado pela estrutura
3 (ver 6.2.4)	Os requisitos de B e a utilização de princípios de segurança comprovados se aplicam As partes relacionadas à segurança devem ser projetadas de tal forma que: — um defeito isolado não leve à perda da função de segurança, e — sempre que razoavelmente praticável, o defeito isolado seja detectado	Quando um defeito isolado ocorre, a função de segurança é sempre cumprida Alguns defeitos serão detectados O acúmulo de defeitos não detectados pode levar à perda da função de segurança	Principalmente caracterizado pela estrutura
4 (ver 6.2.5)	Os requisitos de B e a utilização de princípios de segurança comprovados se aplicam As partes relacionadas à segurança devem ser projetadas de tal forma que: — um defeito isolado não leve à perda da função de segurança, e — o defeito isolado seja detectado durante ou antes da próxima demanda da função de segurança. Se isso não for possível, o acúmulo de defeitos não pode levar à perda das funções de segurança	Quando os defeitos ocorrem, a função de segurança é sempre cumprida Os defeitos serão detectados a tempo de impedir a perda das funções de segurança	Principalmente caracterizado pela estrutura

^a As categorias não objetivam sua aplicação em uma sequência ou hierarquia definidas, com relação aos requisitos de segurança.

^b A apreciação dos riscos indicará se a perda total ou parcial da(s) função(ões) de segurança, consequente de defeitos, é aceitável.

Seguindo o processo interativo mostrado na Figura 2, após selecionar a categoria das partes de sistemas de comando relacionadas à segurança e projetar tais partes é necessário criar um plano de validação, incluindo a validação por análise e a validação por ensaio.

Na validação por análise são usadas ferramentas e é possível visualizar o alcance da redução do risco, são diversas as possibilidades de ferramentas nesses moldes. No mais, se tratando da validação por ensaio, o nome conferido a ele é intuitivo, visto que a sua validação ocorre por meio de ensaios e simulações

no equipamento, deixando claro em sua nomenclatura o processo decorrido, existindo três tipos, o ensaio das funções de segurança, os ensaios das categorias especificadas e o ensaio de dimensionamento e conformidade com parâmetros ambientais.

Para concluir o plano de validação deve ser elaborado um relatório de validação, resumindo todos os ensaios e análises.

O desempenho das partes de segurança deve ser garantido através da manutenção, seja ela preventiva ou corretiva, obedecendo a norma associada.

Após a interação com todo o texto da norma são apresentados os anexos, que complementam e orientam a execução da norma, sendo o anexo B de suma importância para este trabalho.

O anexo B orienta a seleção das categorias citadas acima, é possível compreender o método através da Figura 3 abaixo:

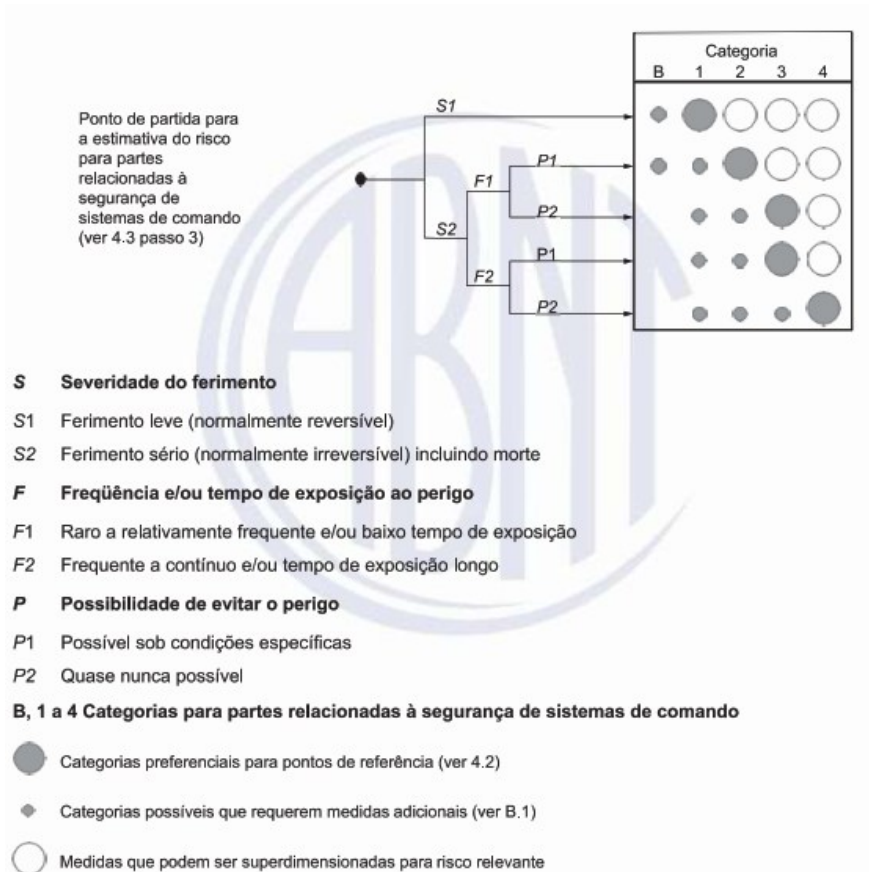


Figura 3 - Seleção de Categoria, conforme NBR 14153. Fonte: ABNT. NBR 14153: Segurança de máquinas – Partes de sistemas de comando relacionadas à segurança – Classificação por categorias de segurança. Rio de Janeiro, 2022, p. 28.

Neste trabalho a classificação da categoria será um fator utilizado posteriormente para a priorização das ações aplicadas para o atendimento da NR-12.

A NBR 14153 fornece as diretrizes técnicas para o projeto e validação dos sistemas de segurança de um equipamento, sendo amplamente utilizada como critério de validação do cumprimento correto da NR-12. Por fim, cabe ressaltar que assim como bem colocado pela Norma aqui analisada e debatida “Medidas práticas incluem redundância, diversidade e monitoração.” (ABNT. NBR 14153: Segurança de máquinas – Partes de sistemas de comando relacionadas à segurança – Classificação por categorias de segurança. Rio de Janeiro, 2022, p. 4).

3 . Metodologia

3.1. Adequação a NR-12

O objetivo é orientar sobre as abrangências da NR-12, sem desconsiderar as demais Normas Regulamentadoras, para promover adequações internas com base em soluções e boas práticas de mercado, além de propor sugestões voltadas para:

1. **Destacar os principais itens da norma aplicáveis à área** por meio de um checklist abrangente e detalhado.
2. **Evidenciar as responsabilidades, exigências e abrangências dos projetos de adequação**, ressaltando a necessidade de profissionais capacitados e habilitados para conduzir tais iniciativas.
3. **Reforçar a importância de produtos e soluções técnicas certificadas, homologadas ou validadas**, garantindo conformidade com os requisitos normativos e de segurança.
4. **Apontar a responsabilidade técnica dos profissionais envolvidos**, bem como a obrigatoriedade de validação das adequações realizadas, conforme exigido pela NR-12.
5. **Destacar a necessidade de projetos específicos de adequação para máquinas e equipamentos**, quando aplicável, considerando as responsabilidades e abrangências associadas.

Em uma primeira abordagem, serão elaborados planos de execução e projetos internos para adequações de máquinas e equipamentos. Posteriormente, conforme o grau de risco identificado, será desenvolvido um plano de ação mais detalhado para a execução de projetos de adequação às exigências da NR-12.

Foram destacados a seguir os seguintes itens da NR-12 para adequação de máquinas e equipamentos:

ITEM 12.2 DA NR-12: ARRANJO FÍSICO E INSTALAÇÕES.

Item 12.2.1.1: é permitida a demarcação das áreas de circulação utilizando-se marcos, balizas ou outros meios físicos.

Item 12.2.1.2: as áreas de circulação devem ser mantidas desobstruídas.

Item 12.2.2: 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.

Item 12.2.5: as ferramentas utilizadas no processo produtivo devem ser organizadas e armazenadas ou dispostas em locais específicos para essa finalidade.

Do anexo da NR-12, Meios de Acesso:

Do item 1 do anexo: as máquinas e equipamentos devem possuir acessos fixados e seguros a todos os seus pontos de operação, abastecimento, inserção de matérias-primas e retirada de produtos trabalhados, preparação, manutenção e intervenção constante.

Do item 1.4 do anexo: nas máquinas e equipamentos, os meios de acesso devem ser localizados e instalados de modo a prevenir riscos de acidente e facilitar o seu acesso e utilização pelos trabalhadores.

ITEM 12.3 DA NR-12: INSTALAÇÕES E DISPOSITIVOS ELÉTRICOS.

Item 12.3.1: 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, conforme previsto nas normas técnicas oficiais e, na falta dessas, nas normas internacionais aplicáveis.

Item 12.3.2: devem ser aterradas, conforme as normas técnicas oficiais vigentes, as carcaças, invólucros, blindagens ou partes condutoras das máquinas e equipamentos que não façam parte dos circuitos elétricos, mas que possam ficar sob tensão.

Item 12.3.4: os condutores de alimentação elétrica das máquinas e equipamentos devem atender aos seguintes requisitos mínimos de segurança. Destaque: não dificultar o trânsito de pessoas e materiais ou a operação das máquinas e não oferecer quaisquer outros tipos de riscos na sua localização.

Item 12.3.5: os quadros ou painéis de comando e potência das máquinas e equipamentos devem atender aos seguintes requisitos mínimos de segurança:

a) possuir porta de acesso mantida permanentemente fechada, exceto nas situações de manutenção, pesquisa de defeitos e outras intervenções, devendo ser observadas as condições previstas nas normas técnicas oficiais ou nas normas internacionais aplicáveis;

b) possuir sinalização quanto ao perigo de choque elétrico e restrição de acesso por pessoas não autorizadas;

c) ser mantidos em bom estado de conservação, limpos e livres de objetos e ferramentas;

d) possuir proteção e identificação dos circuitos; e

e) observar o grau de proteção adequado em função do ambiente de uso.

Item 12.3.8: são proibidas nas máquinas e equipamentos:

a) a utilização de chave geral como dispositivo de partida e parada;

b) a utilização de chaves tipo faca nos circuitos elétricos; e

c) a existência de partes energizadas expostas de circuitos que utilizam energia elétrica.

ITEM 12.4 DA NR-12: DISPOSITIVOS DE PARTIDA, ACIONAMENTO E PARADA.

Item 12.4.1: os dispositivos de partida, acionamento e parada das máquinas devem ser projetados, selecionados e instalados de modo que:

a) não se localizem em suas zonas perigosas;

b) possam ser acionados ou desligados em caso de emergência por outra pessoa que não seja o operador;

c) impeçam acionamento ou desligamento involuntário pelo operador ou por qualquer outra forma acidental;

d) não acarretem riscos adicionais; e

e) dificulte-se a burla.

Item 12.4.9: as máquinas e equipamentos, cujo acionamento por pessoas não autorizadas possam oferecer risco à saúde ou integridade física de qualquer pessoa, devem possuir sistema que possibilite o bloqueio de seus dispositivos de acionamento.

Item 12.4.11: devem ser adotadas, quando necessárias, medidas adicionais de alerta, como sinal visual e dispositivos de telecomunicação, considerando as características do processo produtivo e dos trabalhadores.

Item 12.4.13: os componentes de partida, parada, acionamento e controles que compõem a interface de operação das máquinas e equipamentos fabricados a partir de 24 de março de 2012 devem:

a) possibilitar a instalação e funcionamento do sistema de parada de emergência, quando aplicável, conforme itens e subitens do capítulo sobre dispositivos de parada de emergência, desta NR; e

b) operar em extrabaixa tensão de até 25VCA (vinte e cinco volts em corrente alternada) ou de até 60VCC (sessenta volts em corrente contínua).

Item 12.4.14.1: é permitida a parada controlada do motor, desde que não haja riscos decorrentes de sua parada não instantânea.

ITEM 12.5 DA NR-12 - SISTEMAS DE SEGURANÇA.

Item 12.5.1: as zonas de perigo das máquinas e equipamentos devem possuir sistemas de segurança, caracterizados por proteções fixas, proteções móveis e dispositivos de segurança interligados, que resguardec proteção à saúde e à integridade física dos trabalhadores.

Item 12.5.2: os sistemas de segurança devem ser selecionados e instalados de modo a atender aos seguintes requisitos destacados: ter categoria de segurança conforme apreciação de riscos prevista nas normas técnicas oficiais e estar sob a responsabilidade técnica de profissional legalmente habilitado.

Item 12.5.2.1: a instalação de sistemas de segurança deve ser realizada por profissional legalmente habilitado ou profissional qualificado ou capacitado, quando autorizados pela empresa.

Item 12.5.3: os sistemas de segurança, se indicado pela apreciação de riscos, devem exigir rearme (“reset”) manual.

Item 12.5.3.1: depois que um comando de parada tiver sido iniciado pelo sistema de segurança, a condição de parada deve ser mantida até que existam condições seguras para o rearme.

Item 12.5.4: para fins de aplicação desta NR, considera-se proteção o elemento especificamente utilizado para prover segurança por meio de barreira física, podendo ser:

a) proteção fixa, que deve ser mantida em sua posição de maneira permanente ou por meio de elementos de fixação que só permitam sua remoção ou abertura com o uso de ferramentas;

Item 12.5.6: a proteção deve ser móvel quando o acesso a uma zona de perigo for requerido mais de uma vez por turno de trabalho, observando-se que:

a) a proteção deve ser associada a um dispositivo de intertravamento quando sua abertura não possibilitar o acesso à zona de perigo antes da eliminação do risco; e

b) a proteção deve ser associada a um dispositivo de intertravamento com bloqueio quando sua abertura possibilitar o acesso à zona de perigo antes da eliminação do risco.

Item 12.5.6.1: é permitida a ligação em série, na mesma interface de segurança, de dispositivos de intertravamento de diferentes proteções móveis, desde que observado o disposto na ISO/TR 24.119.

Item 12.5.7: as máquinas e equipamentos dotados de proteções móveis associadas a dispositivos de intertravamento devem:

a) operar somente quando as proteções estiverem fechadas;

b) paralisar suas funções perigosas quando as proteções forem abertas durante a operação; e

c) garantir que o fechamento das proteções por si só não possa dar início às funções perigosas.

Item 12.5.8: os dispositivos de intertravamento com bloqueio associados às proteções móveis das máquinas e equipamentos devem:

- a) permitir a operação somente enquanto a proteção estiver fechada e bloqueada;
- b) manter a proteção fechada e bloqueada até que tenha sido eliminado o risco de lesão devido às funções perigosas da máquina ou do equipamento; e
- c) garantir que o fechamento e bloqueio da proteção por si só não possa dar início às funções perigosas da máquina ou do equipamento.

Item 12.5.10: as máquinas e equipamentos que ofereçam risco de ruptura de suas partes, projeção de materiais, partículas ou substâncias, devem possuir proteções que garantam a segurança e a saúde dos trabalhadores.

Item 12.5.11: as proteções devem ser projetadas e construídas de modo a atender aos seguintes requisitos de segurança:

- a) cumprir suas funções apropriadamente durante a vida útil da máquina ou possibilitar a reposição de partes deterioradas ou danificadas;
- b) ser constituídas de materiais resistentes e adequados à contenção de projeção de peças, materiais e partículas;
- c) fixação firme e garantia de estabilidade e resistência mecânica compatíveis com os esforços requeridos;
- d) não criar pontos de esmagamento ou agarramento com partes da máquina ou com outras proteções;
- e) não possuir extremidades e arestas cortantes ou outras saliências perigosas;
- f) resistir às condições ambientais do local onde estão instaladas;
- g) dificulte-se a burla;
- h) proporcionar condições de higiene e limpeza;

i) impedir o acesso à zona de perigo;

j) ter seus dispositivos de intertravamento protegidos adequadamente contra sujidade, poeiras e corrosão, se necessário;

k) ter ação positiva, ou seja, atuação de modo positivo; e

l) não acarretar riscos adicionais.

Item 12.5.12: quando a proteção for confeccionada com material descontínuo, devem ser observadas as distâncias de segurança para impedir o acesso às zonas de perigo, conforme previsto nas normas técnicas oficiais ou nas normas internacionais aplicáveis.

ITEM 12.6 DA NR-12: DISPOSITIVOS DE PARADA DE EMERGÊNCIA.

Item 12.6.1: as máquinas devem ser equipadas com um ou mais dispositivos de parada de emergência, por meio dos quais possam ser evitadas situações de perigo latentes e existentes.

Item 12.6.2: os dispositivos de parada de emergência devem ser posicionados em locais de fácil acesso e visualização pelos operadores em seus postos de trabalho e por outras pessoas, e mantidos permanentemente desobstruídos.

Item 12.6.3: os dispositivos de parada de emergência devem: possuir acionadores projetados para fácil atuação do operador ou outros que possam necessitar da sua utilização; prevalecer sobre todos os outros comandos; provocar a parada da operação ou processo perigoso em período de tempo tão reduzido quanto tecnicamente possível, sem provocar riscos suplementares; e ter sua função disponível e operacional a qualquer tempo, independentemente do modo de operação;

Item 12.6.5; o acionamento do dispositivo de parada de emergência deve também resultar na retenção do acionador, de tal forma que, quando a ação no acionador for descontinuada, este se mantenha retido até que seja desacionado.

Item 12.6.5.1: o desacionamento deve ser possível apenas como resultado de uma ação manual intencionada sobre o acionador, por meio de manobra apropriada.

Item 12.6.8: a parada de emergência deve exigir rearme ou reset manual a ser realizado somente após a correção do evento que motivou o acionamento da parada de emergência.

ITEM 12.7 DA NR-12: COMPONENTES PRESSURIZADOS.

12.7.1 Devem ser adotadas medidas adicionais de proteção das mangueiras, tubulações e demais componentes pressurizados sujeitos a eventuais impactos mecânicos e outros agentes agressivos, quando houver risco.

12.7.2 As mangueiras, tubulações e demais componentes pressurizados devem ser localizados ou protegidos de tal forma que uma situação de ruptura destes componentes e vazamentos de fluidos não possa ocasionar acidentes de trabalho.

12.7.3 As mangueiras utilizadas nos sistemas pressurizados devem possuir indicação da pressão máxima de trabalho admissível especificada pelo fabricante.

12.7.4 Os sistemas pressurizados das máquinas devem possuir meios ou dispositivos destinados a garantir que:

a) a pressão máxima de trabalho admissível nos circuitos não possa ser excedida; e

b) quedas de pressão progressivas ou bruscas e perdas de vácuo não possam gerar perigo.

Item 12.7.6: os recipientes contendo gases comprimidos utilizados em máquinas e equipamentos devem permanecer em perfeito estado de conservação e funcionamento e ser armazenados em depósitos bem ventilados, protegidos contra quedas, calor e impactos acidentais.

Nota: o enchimento de pneumáticos só poderá ser executado dentro de dispositivo de clausura ou gaiola adequadamente dimensionada, até que seja alcançada uma pressão suficiente para forçar o talão sobre o aro e criar uma vedação pneumática.

ITEM 12.9 DA NR-12: ASPECTOS ERGONÔMICOS.

Item 12.9.1: para o trabalho em máquinas e equipamentos devem ser respeitadas as disposições contidas na Norma Regulamentadora n.º 17 - Ergonomia.

Item 12.9.2: com relação aos aspectos ergonômicos, as máquinas e equipamentos nacionais ou importadas, fabricadas a partir da vigência deste item devem ser projetadas e construídas de modo a atender às disposições das normas técnicas oficiais ou normas técnicas internacionais aplicáveis.

ITEM 12.10 DA NR-12: RISCOS ADICIONAIS.

Item 12.10.1: para fins de aplicação desta NR, devem ser considerados os seguintes riscos adicionais:

a) substâncias perigosas quaisquer, sejam agentes biológicos ou agentes químicos em estado sólido, líquido ou gasoso, que apresentem riscos à saúde ou integridade física dos trabalhadores por meio de inalação, ingestão ou contato com a pele, olhos ou mucosas;

b) radiações ionizantes geradas pelas máquinas e equipamentos ou provenientes de substâncias radiativas por eles utilizadas, processadas ou produzidas;

c) radiações não ionizantes com potencial de causar danos à saúde ou integridade física dos trabalhadores;

d) vibrações;

e) ruído;

f) calor;

g) combustíveis, inflamáveis, explosivos e substâncias que reagem perigosamente; e

h) superfícies aquecidas acessíveis que apresentem risco de queimaduras causadas pelo contato com a pele.

Item 12.10.2: devem ser adotadas medidas de controle dos riscos adicionais provenientes da emissão ou liberação de agentes químicos, físicos e biológicos pelas máquinas e equipamentos, com prioridade à sua eliminação, redução de sua emissão ou liberação e redução da exposição dos trabalhadores, conforme Norma Regulamentadora n.º 9

Item 12.10.3: 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.

Item 12.10.4: devem ser adotadas medidas de proteção contra queimaduras causadas pelo contato da pele com superfícies aquecidas de máquinas e equipamentos, tais como a redução da temperatura superficial, isolamento com materiais apropriados e barreiras, sempre que a temperatura da superfície for maior do que o limiar de queimaduras do material do qual é constituída, para um determinado período de contato.

ITEM 12.11 DA NR-12: MANUTENÇÃO, INSPEÇÃO, PREPARAÇÃO, AJUSTE, REPARO E LIMPEZA.

Item 12.11.1: as máquinas e equipamentos devem ser submetidos a manutenções na forma e periodicidade determinada pelo fabricante, por profissional legalmente habilitado ou por profissional qualificado, conforme as normas técnicas oficiais ou normas técnicas internacionais aplicáveis.

Item 12.11.2: as manutenções devem ser registradas em livro próprio, ficha ou sistema informatizado interno da empresa, com os seguintes dados:

- a) intervenções realizadas;
- b) data da realização de cada intervenção;
- c) serviço realizado;
- d) peças reparadas ou substituídas;
- e) condições de segurança do equipamento;

- f) indicação conclusiva quanto às condições de segurança da máquina; e
- g) nome do responsável pela execução das intervenções.

Item 12.11.3: a manutenção, inspeção, reparos, limpeza, ajuste e outras intervenções que se fizerem necessárias devem ser executadas por profissionais capacitados, qualificados ou legalmente habilitados, formalmente autorizados pelo empregador, com as máquinas e equipamentos parados e adoção dos seguintes procedimentos:

- a) isolamento e descarga de todas as fontes de energia das máquinas e equipamentos, de modo visível ou facilmente identificável por meio dos dispositivos de comando;

- b) bloqueio mecânico e elétrico na posição “desligado” ou “fechado” de todos os dispositivos de corte de fontes de energia, a fim de impedir a reenergização, e sinalização com cartão ou etiqueta de bloqueio contendo o horário e a data do bloqueio, o motivo da manutenção e o nome do responsável;

- c) medidas que garantam que à jusante dos pontos de corte de energia não exista possibilidade de gerar risco de acidentes;

- d) medidas adicionais de segurança, quando for realizada manutenção, inspeção e reparos de máquinas ou equipamentos sustentadas somente por sistemas hidráulicos e pneumáticos; e

- e) sistemas de retenção com trava mecânica, para evitar o movimento de retorno acidental de partes basculadas ou articuladas abertas das máquinas e equipamentos.

ITEM 12.12 DA NR-12: SINALIZAÇÃO.

Item 12.12.1: as máquinas e equipamentos, bem como as instalações em que se encontram, 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.

Item 12.12.1.1: a sinalização de segurança compreende a utilização de cores, símbolos, inscrições, sinais luminosos ou sonoros, entre outras formas de comunicação de mesma eficácia.

Item 12.12.4.1: as inscrições devem indicar claramente o risco e a parte da máquina ou equipamento a que se referem, e não deve ser utilizada somente a inscrição de “perigo”.

Item 12.12.8: para advertir os trabalhadores sobre os possíveis perigos, devem ser instalados dispositivos indicadores, se necessária a leitura qualitativa ou quantitativa para o controle de segurança.

ITEM 12.13 DA NR-12: MANUAIS.

Item 12.13.1: as máquinas e equipamentos devem possuir manual de instruções fornecido pelo fabricante ou importador, com informações relativas à segurança em todas as fases de utilização.

Item 12.13.5: quando inexistente ou extraviado, o manual de máquinas ou equipamentos que apresentem riscos deve ser reconstituído pelo empregador ou pessoa por ele designada, sob a responsabilidade de profissional qualificado ou legalmente habilitado.

Item 12.13.5.1: em caso de manuais reconstituídos, estes devem conter as informações previstas nas alíneas “b”, “e”, “g”, “i”, “j”, “k”, “m”, “n” e “o” do subitem 12.13.4, bem como diagramas de sistemas de segurança e diagrama unifilar ou trifilar do sistema elétrico, conforme o caso.

ITEM 12.14 DA NR-12: PROCEDIMENTOS DE TRABALHO E SEGURANÇA.

Item 12.14.1: devem ser elaborados procedimentos de trabalho e segurança para máquinas e equipamentos, específicos e padronizados, a partir da apreciação de riscos.

Item 12.14.1.1: os procedimentos de trabalho e segurança não podem ser as únicas medidas de proteção adotadas para se prevenir acidentes, sendo considerados complementos e não substitutos das medidas de proteção coletivas necessárias para a garantia da segurança e saúde dos trabalhadores.

Item 12.14.2: ao início de cada turno de trabalho ou após nova preparação da máquina ou equipamento, o operador deve efetuar inspeção rotineira das condições de operacionalidade e segurança e, se constatadas anormalidades que afetem a segurança, as atividades devem ser interrompidas, com a comunicação ao superior hierárquico.

Item 12.14.2.1: não é obrigatório o registro em livro próprio, ficha ou sistema informatizado da inspeção rotineira realizada pelo operador prevista no subitem 12.14.2.

Item 12.14.3: os serviços que envolvam risco de acidentes de trabalho em máquinas e equipamentos, exceto operação, devem ser planejados e realizados em conformidade com os procedimentos de trabalho e segurança, sob supervisão e anuência expressa de profissional habilitado ou qualificado, desde que autorizados.

Item 12.14.3.1: as empresas que não possuem serviço próprio de manutenção de suas máquinas ficam desobrigadas de elaborar procedimentos de trabalho e segurança para essa finalidade.

Item 12.15.1.3: devem ser previstos meios seguros para as atividades de instalação, remoção, desmonte ou transporte, mesmo que em partes, de máquinas e equipamentos fabricados ou importados antes da vigência desta NR.

Item 12.15.2: é proibida a fabricação, importação, comercialização, leilão, locação, cessão a qualquer título e exposição de máquinas e equipamentos que não atendam ao disposto nesta NR.

ITEM 12.16 DA NR-12: CAPACITAÇÃO.

Item 12.16.1: a operação, manutenção, inspeção e demais intervenções em máquinas e equipamentos devem ser realizadas por trabalhadores habilitados ou qualificados ou capacitados, e autorizados para este fim.

Item 12.16.2: os trabalhadores envolvidos na operação, manutenção, inspeção e demais intervenções em máquinas e equipamentos devem receber capacitação providenciada pelo empregador e compatível com suas funções, que aborde os riscos a que estão expostos e as medidas de proteção existentes e necessárias, nos termos da NR-12, para a prevenção de acidentes e doenças.

Item 12.16.3.2: é considerado capacitado o trabalhador de microempresa e empresa de pequeno porte que apresentar declaração ou certificado emitido por entidade oficial de ensino de educação profissional, desde que atenda o disposto no subitem 12.16.3.

Item 12.16.6: a capacitação só terá validade para o empregador que a realizou e nas condições estabelecidas pelo profissional legalmente habilitado responsável pela supervisão da capacitação, exceto quanto aos trabalhadores capacitados nos termos do subitem 12.16.3.2.

Item 12.16.7: até a data da vigência desta NR, será considerado capacitado o trabalhador que possuir comprovação por meio de registro na Carteira de Trabalho e Previdência Social - CTPS ou registro de empregado de pelo menos dois anos de experiência na atividade e que receba reciclagem conforme o previsto no subitem 12.16.8 desta NR.

Item 12.16.8: 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.

Item 12.16.9 : a função do trabalhador que opera e realiza intervenções em máquinas deve ser anotada no registro de empregado, consignado em livro, ficha ou sistema eletrônico e em sua CTPS.

ITEM DA NR-12: 12.17 OUTROS REQUISITOS ESPECÍFICOS DE SEGURANÇA.

Item 12.17.1: as ferramentas e materiais utilizados nas intervenções em máquinas e equipamentos devem ser adequados às operações realizadas.

Item 12.17.2: os acessórios e ferramental utilizados pelas máquinas e equipamentos devem ser adequados às operações realizadas.

Item 12.17.3: é proibido o porte de ferramentas manuais em bolsos ou locais não apropriados a essa finalidade.

Item 12.17.5: para fins de aplicação desta NR, os Anexos contemplam obrigações, disposições especiais ou exceções que se aplicam a um determinado

tipo de máquina ou equipamento, em caráter prioritário aos demais requisitos desta NR, sem prejuízo ao disposto em NR específica.

Item 12.17.5.1: nas situações onde os itens dos Anexos conflitarem com os itens da parte geral da NR, prevalecem os requisitos do anexo.

Item 12.17.5.2: as obrigações dos anexos desta NR se aplicam exclusivamente às máquinas e equipamentos neles contidas.

ITEM 12.18 DA NR-12: DISPOSIÇÕES FINAIS.

Item 12.18.1: o empregador deve manter à disposição da Auditoria-Fiscal do Trabalho relação atualizada das máquinas e equipamentos.

Item 12.18.2: toda a documentação referida nesta NR deve ficar disponível para CIPA ou Comissão Interna de Prevenção de Acidentes na Mineração - CIPAMIN, sindicatos.

Além dos itens dispostos acima, também vale ressaltar a importância dos seguintes outros itens:

Conforme o item 12.1.4: esta NR não se aplica:

a) às máquinas e equipamentos movidos ou impulsionados por força humana ou animal;

b) às máquinas e equipamentos expostos em museus, feiras e eventos, para fins históricos ou que sejam considerados como antiguidades e não sejam mais

empregados com fins produtivos, desde que sejam adotadas medidas que garantam a preservação da integridade física dos visitantes e expositores;

c) às máquinas e equipamentos classificados como eletrodomésticos;

d) aos equipamentos estáticos;

e) às ferramentas portáteis e ferramentas transportáveis (semi estacionárias), operadas eletricamente, que atendam aos princípios construtivos estabelecidos em norma técnica tipo “C” (parte geral e específica) nacional ou, na ausência desta, em norma técnica internacional aplicável;

f) às máquinas certificadas pelo INMETRO, desde que atendidos todos os requisitos técnicos de construção relacionados à segurança da máquina.

Segundo o item 12.39 (a), da NR -12, os sistemas de segurança devem ter categorias de segurança conforme prévia análise de riscos prevista nas normas técnicas oficiais vigentes. A norma técnica vigente que indica a realização do procedimento é a NBR ISO 12100:2013, que define a análise de riscos como a combinação dos riscos em função da gravidade do dano e da probabilidade de ocorrência.

Segundo o item da 12.1.1.1, entende-se como fase de utilização o transporte, montagem, instalação, ajuste, operação, limpeza, manutenção, inspeção, desativação e desmonte da máquina ou equipamento.

Item 12.1.6: é permitida a segregação, o bloqueio e a sinalização que impeçam a utilização de máquinas e equipamentos, enquanto estiverem aguardando reparos, adequações de segurança, atualização tecnológica, desativação, desmonte e descarte.

Item 12.1.8: são consideradas medidas de proteção, a ser adotadas nessa ordem de prioridade:

- a) medidas de proteção coletiva;
- b) medidas administrativas ou de organização do trabalho; e
- c) medidas de proteção individual.

Item 12.1.9: na aplicação desta NR e de seus anexos, devem-se considerar as características das máquinas e equipamentos, do processo, a apreciação de riscos e o estado da técnica.

Item 12.1.9.1: a adoção de sistemas de segurança nas zonas de perigo deve considerar as características técnicas da máquina e do processo de trabalho e as medidas e alternativas técnicas existentes, de modo a atingir o nível necessário de segurança previsto nesta NR.

Item 12.1.9.1.1: entende-se por alternativas técnicas existentes as previstas nesta NR e em seus Anexos, bem como nas normas técnicas oficiais ou nas

normas internacionais aplicáveis e, na ausência ou omissão destas, nas normas Europeias tipo “C” harmonizadas.

Item 12.1.11: as máquinas nacionais ou importadas fabricadas de acordo com a NBR ISO 13849, Partes 1 e 2, são consideradas em conformidade com os requisitos de segurança previstos nesta NR, com relação às partes de sistemas de comando relacionadas à segurança.

Item 12.2.1: nos locais de instalação de máquinas e equipamentos, as áreas de circulação devem ser devidamente demarcadas em conformidade com as normas técnicas oficiais.

3.1.1. Avaliação de Risco

O método relatado consiste em orientar de forma prática e técnica formas de atender a NR-12 e outros requisitos de segurança, conforme citado no tópico acima.

Em uma primeira abordagem, serão elaborados planos de execução e projetos internos para adequações de máquinas e equipamentos. Posteriormente, conforme o grau de risco identificado, será desenvolvido um plano de ação mais detalhado para a execução de projetos de adequação às exigências da NR-12.

A análise e a avaliação de riscos são abordadas tanto na Norma Regulamentadora NR-12 quanto na norma técnica NBR ISO 12100:2019, elaborada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A ISO 12100:2019 foi desenvolvida com o objetivo de orientar projetistas, fabricantes e operadores na interpretação das exigências fundamentais para a segurança de máquinas. Seus princípios estão embasados em um amplo conhecimento acumulado, que inclui a experiência prática no projeto e uso de máquinas, bem como a análise de incidentes, acidentes e riscos associados.

A ocorrência de acidentes pode estar relacionada a diversos fatores, como a omissão de detalhes técnicos, falhas em dispositivos de acionamento e controle de acesso, bem como à insuficiência de treinamento e capacitação dos usuários, entre outros aspectos que contribuem para os riscos.

Para que a adequação seja bem executada, a mesma deve ser realizada em dois ciclos, a redundância do processo garante que nenhuma não conformidade fique para trás.

Deve ser adotada uma abordagem baseada em análises de riscos para a definição da sequência de equipamentos a serem analisados e avaliados no primeiro ciclo de adequações às exigências e recomendações do novo texto da NR-12. Esse processo considera as boas práticas do mercado e incluiu a introdução de medidas de proteção coletiva, como barreiras, botoeiras, intertravamentos, reorganização do layout, controle de acionamento e acesso. Adicionalmente, devem ser implementadas marcações no piso, correntes e sinalizações, enquanto medidas administrativas serão destacadas por meio de procedimentos, instruções de trabalho, controle de acesso e outros itens de documentação interna, tais medidas têm em comum a facilidade de resolução em comparação com as ações que serão implementadas após o segundo ciclo de análise e avaliação. As facilidades das ações estão no custo, pessoal envolvido, tempo de execução, entre outros.

No segundo ciclo de análise e avaliação, devem ser realizadas as atividades principais, com foco na apreciação detalhada das máquinas mais críticas e na elaboração de um plano de ação abrangente para todos os equipamentos avaliados. Essa etapa segue uma abordagem de melhorias contínuas, reavaliando pontos de perigo em máquinas e equipamentos com maior pontuação de risco e aplicando um novo checklist de conformidade com a NR-12. As medidas de proteção e controle implementadas são novamente analisadas para desenvolver um plano de ação atualizado.

As atividades do segundo ciclo são estruturadas da seguinte forma:

1. **Reavaliação e/ou validação dos pontos de perigo e riscos críticos**, acompanhada da elaboração de um plano de ação para melhorias contínuas, priorizando os resultados obtidos na pontuação HRN e nas adequações à NR-12.
2. **Revisão das informações do HRN**, com foco nas adequações já realizadas, sob a perspectiva da segurança do trabalho.
3. **Apreciação de riscos detalhada das máquinas e equipamentos** classificados como mais críticos e/ou de maior categoria de risco, identificados e qualificados na etapa anterior.

Por fim, a análise e avaliação de risco também contemplam medidas de controle implementadas para máquinas e equipamentos com maior pontuação no critério HRN. Esse processo busca assegurar a conformidade contínua com a NR-12 e promover a segurança operacional de forma abrangente.

Elaborando uma estratégia de execução é necessário o conhecimento da equipe, operadores e responsáveis da área de trabalho a ser adequada, além da presença da equipe de segurança do trabalho.

1. Preenchimento de checklist inicial para a identificação de riscos e pontos relevantes para a adequação da NR-12.
2. Elaborar um plano de ação com recomendações e sugestões para ações que podem ser implementadas imediatamente.
3. Rodar o PDCA utilizando o método HNR, já atualizado com as adequações do item 2.
4. Deve-se, então, implementar um Programa de Adequação à NR-12, considerando, em uma primeira análise, as exigências mínimas de conformidade com os itens destacados e aplicáveis da norma às máquinas e equipamentos fixos, não estáticos. Após a implementação das medidas de controle e adequações iniciais, é necessário a reavaliação dos riscos sob a perspectiva da segurança do trabalho. Essa reavaliação deve considerar os principais fatores de risco relacionados às operações e atividades específicas, bem como as medidas de controle coletivas, administrativas e o uso de Equipamentos de Proteção Individual.
5. Com base nos fatores de risco identificados no segundo ciclo do PDCA e na categoria de risco definida pela NBR 14153, deve-se realizar um novo cálculo de HRN, considerando a máquina ou equipamento e as tarefas executadas. Deve-se dar atenção especial à classificação de categorias dos fatores de risco, bem como às medidas de controle e prevenção implementadas no primeiro ciclo do PDCA. Essas ações devem ser direcionadas para garantir a conformidade com o atual texto da NR-12 e a complementação do PGR (Programa de

Gerenciamento de Riscos)/GRO (Gerenciamento de Riscos Ocupacionais) da empresa avaliada.

Para mitigar ações futuras é possível iniciar o processo de adequação através da preparação do layout da área a ser avaliada, que deve visar a saúde, segurança, conforto e condições favoráveis ao resgate, em caso de acidentes, sem que a operacionalidade e performance sejam afetadas. Sempre que possível deve-se desenhar um layout com posicionamento e demarcações das máquinas e equipamentos, demarcação das rotas seguras, bem como pontos de encontro, se aplicável, permeando a necessidade de futuras adequações.

As análises e avaliações de risco nas máquinas mais críticas levam em conta os resultados do HRN, considerando as medidas de controle e proteção já implementadas e em fase de implementação. São examinadas as documentações relacionadas às atividades e operações, o treinamento dos colaboradores e a governança, além das medições, inventários e manuais dos equipamentos, tanto fixos quanto portáteis. Também são observadas as instalações elétricas e hidráulicas, assegurando que as proteções mínimas de segurança e controle, estão sendo respeitadas, conforme outras Normas aplicáveis. O fluxograma a seguir ilustra a execução dos processos de análise e mitigação de

riscos, utilizando o ciclo PDCA como abordagem para adequação e melhoria contínua:

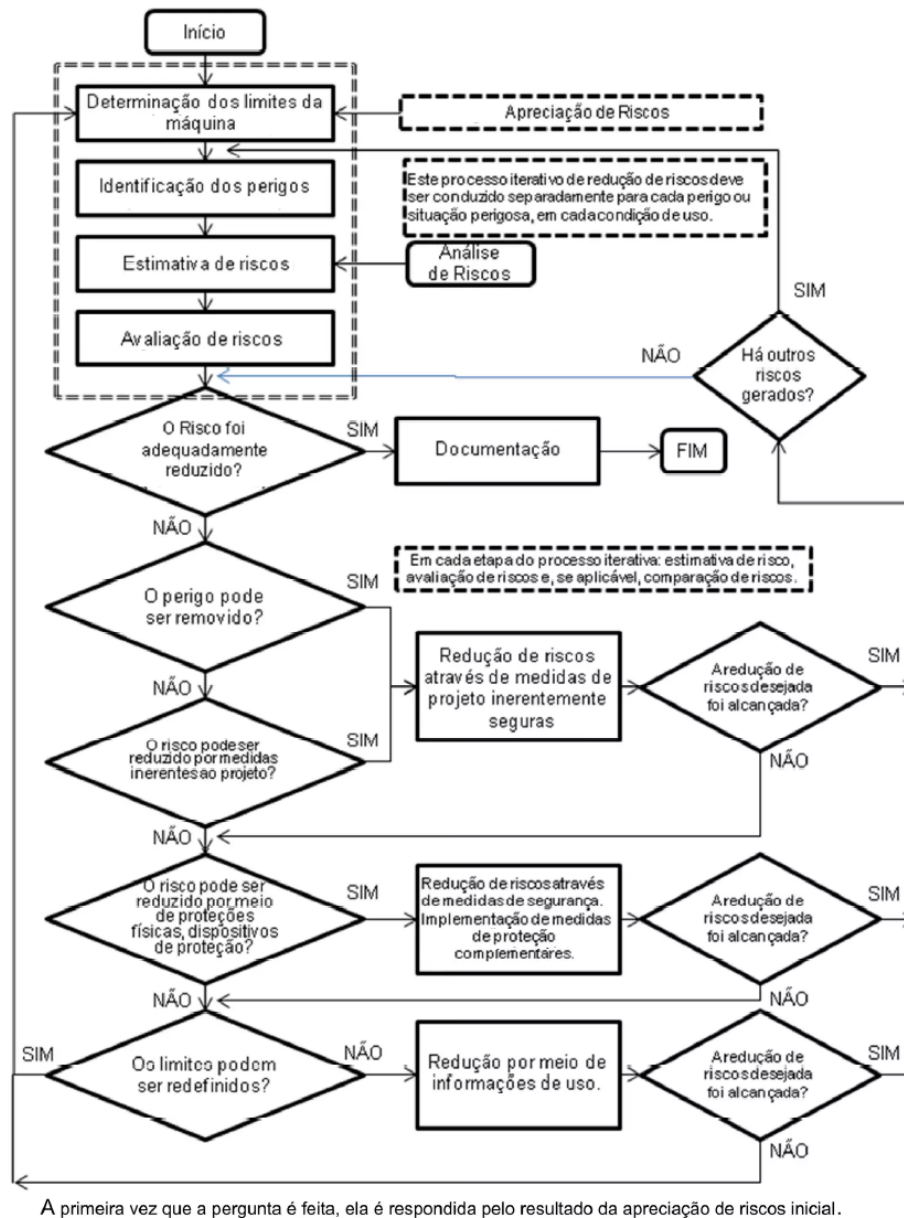


Figura 4 - Fluxograma de etapas de apreciação e redução de riscos conforme NBR ISO 12100:2019

A apreciação de risco é um processo essencial e sistemático para analisar e avaliar os riscos associados a uma máquina, buscando, sempre que necessário, a redução desses riscos. A iteratividade desse processo é fundamental para eliminar ou minimizar os perigos por meio da implementação de medidas de

proteção adequadas. A NBR ISO 12100:2013 descreve as etapas que o projetista deve seguir para realizar a apreciação e a redução dos riscos, incluindo:

- a) Determinação dos limites da máquina, considerando seu uso adequado e formas de mau uso previsíveis;
- b) Identificação dos perigos e situações perigosas associadas;
- c) Estimativa do risco para cada perigo ou situação perigosa;
- d) Avaliação do risco e tomada de decisão sobre a necessidade de redução dos riscos;
- e) Eliminação ou redução do risco associado ao perigo através de medidas de proteção.

As etapas de a) a d) compreendem o processo de apreciação de riscos, enquanto a etapa e) refere-se à redução dos riscos. Para atender à NR-12.

A estimativa de risco deve considerar todas as pessoas, como operadores, que possam estar expostas ao perigo de forma previsível.

Deve também levar em conta todos os modos de operação das máquinas e métodos de trabalho, considerando operações de carga/descarga, ajustes, manutenção, entre outros, e como a exposição ao risco pode afetar a saúde a curto e a longo prazo.

A análise deve considerar os efeitos diretos e acumulados da exposição ao risco, incluindo a interação de perigos múltiplos e, sempre que possível, utilizar dados reconhecidos como apropriados.

Fatores como interação com a máquina, estresse, aspectos ergonômicos, fadiga, habilidades limitadas e outros devem ser considerados, visto que podem afetar diretamente a estimativa de risco.

A estimativa de risco deve avaliar a adequação das medidas de proteção, identificando as circunstâncias que podem resultar em danos e, se necessário, utilizando métodos quantitativos para comparar alternativas de proteção. Medidas que dependem do comportamento humano, como treinamento e uso de EPI, devem ser consideradas com cautela, dado que possuem menor confiabilidade comparadas a medidas técnicas de proteção.

A possibilidade de anular ou burlar as medidas de proteção deve ser levada em conta na estimativa de risco, pois medidas mal projetadas ou difíceis de manter podem ser comprometidas, aumentando o risco de acidentes.

A análise deve considerar se as medidas de proteção são facilmente mantidas e podem fornecer o nível de proteção necessário. Caso contrário, há risco de falha na segurança e aumento do perigo.

A estimativa de risco também deve considerar as informações de uso fornecidas pelos manuais e guias de operação das máquinas, pois elas influenciam diretamente a operação segura.

Para realizar a avaliação de riscos, foi utilizado o método HRN, conforme a NBR ISO 12100:2013. Este método quantitativo auxilia na ordenação dos riscos por critério, facilitando a elaboração do plano de ação para a sua redução. A fórmula utilizada é:

$$HRN = PO \times FE \times GPL \times NP$$

Onde:

- HRN é o valor numérico do grau de risco.
- PO: Probabilidade¹ de Ocorrência.
- FE: Frequência de Exposição.
- GPL: Grau de possível Lesão ou Dano.
- NP: Número de pessoas envolvidas.

Este método facilita a análise e a priorização dos riscos, proporcionando uma abordagem mais clara e objetiva para a implementação de medidas de redução de risco.

Para cada item existe o seguinte critério:

¹ Apesar da definição abaixo segundo o dicionário Oxford Languages:

"número positivo entre zero e um, associado a um evento aleatório, que se mede pela frequência relativa da sua ocorrência numa longa sucessão de eventos." (PROBABILIDADE, 2024) o termo probabilidade, nesse texto, refere-se a uma faixa de valores entre 0,033 e 15, a qual é determinada pela norma NBR ISO 12100, 2013, a fim de classificar o grau do risco, sendo produto dos fatores citados.

Tabela 2 - Nível de Probabilidade de Ocorrência (PO)

Probabilidade de Ocorrência	(PO)
Quase impossível	0,033
Altamente improvável	1
Improvável	1,5
Possível	2
Alguma chance	5
Provável	8
Muito provável	10
Certeza	15

Tabela 3 - Nível de Frequência de Exposição (FE)

Frequência de Exposição	(FE)
Anualmente	0,5
Mensalmente	1
Semanalmente	1,5
Diariamente	2,5
Em termos de hora	4
Certeza	5

Tabela 4 - Grau de possível Lesão ou Dano (GPL)

Grau de possível Lesão	(GPL)
Arranhão / Escoriação	0,1
Dilaceração / Corte / Enfermidade leve	0,5
Fratura leve de ossos – dedos das mãos / dedos dos pés	1
Fratura grave de ossos – mão / braço / perna	2
Perda de 1 ou 2 dedos das mãos / dedos dos pés	4
Amputação da perna / mão, perda parcial da audição ou visão	8
Amputação de 2 pernas ou mãos, perda parcial da audição ou visão em ambos ouvidos ou mãos	10

Enfermidade permanente ou crítica	12
Fatalidade	15

Tabela 5 - Nível de número de pessoas envolvidas

Número de Pessoas envolvidas	(NP)
1 – 2 pessoas	1
3 – 7 pessoas	2
8 – 15 pessoas	4
16 – 50 pessoas	8
Mais do que 50 pessoas	12

Após o cálculo do índice, conforme a máquina, equipamento e atividade, deve ser definido um plano de ação com base no grau do risco obtido.

Tabela 6 - Cronograma de Plano de Ação conforme cálculo do HRN

GRAU DE RISCO - HRN		PLANO DE AÇÃO
0 a 1 - RARO	MANTER AS MEDIDAS DE PROTEÇÃO EXISTENTES; CONSIDERAR POSSÍVEIS AÇÕES DE MELHORIA;	Nenhuma ação
1 a 5 - BAIXO	RISCO ACEITÁVEL, NÃO POTENCIAL, REDUZIDO OU NEUTRALIZADO;	Ponto de monitoramento uma vez a cada 2 anos
5 a 50 - ATENÇÃO	RISCO COM POTENCIAL DE CAUSAR DANOS POUCOS NOCIVOS; RISCO ACEITÁVEL É A PROBABILIDADE DE ALGO MUITO POUCO NOCIVO OU EM RELAÇÃO AO QUAL OS BENEFÍCIOS SÃO MAIORES DO QUE OS RISCOS POTENCIAIS	Ações em até 180 dias
50 a 100 - SIGNIFICATIVO	RISCO COM POTENCIAL DE CAUSAR DANOS; DEVEM SER IMPLEMENTADAS MEDIDAS PREVENTIVAS PARA REDUÇÃO OU NEUTRALIZAÇÃO DO RISCO; GARANTIR A IMPLEMENTAÇÃO DE PROTEÇÕES OU DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA;	Ações em até 90 dias
100 a 500 - ALTO	RISCO COM POTENCIAL IMINENTE DE CAUSAR DANOS; IMPLEMENTAR AÇÃO PREVENTIVA IMEDIATA PARA REDUZIR OU ELIMINAR O RISCO;	Ações em até 60 dias

> 500 - EXTREMO	EXPOSIÇÃO DIRETA AO RISCO COM DANO CERTO DE OCORRER; INTERROMPER A ATIVIDADE IMEDIATAMENTE ATÉ A NEUTRALIZAÇÃO OU REDUÇÃO DO RISCO A PATAMARES ACEITÁVEIS.	Ações imediatas
---------------------------	---	------------------------

Para a estratificação e priorização das análises e adequações de segurança, a classificação dos fatores de risco deve ser realizada de acordo com a norma NBR 14.153. Esse método permite categorizar certos riscos, seguido da aplicação do método HNR, que oferece métricas para a análise e avaliação dos riscos inerentes e residuais, atendendo assim às exigências da NR-12.

No item 4.1 a seguir serão utilizados os métodos em um estudo de caso para comprovar a eficácia do método detalhado acima.

3.2. Modelagem, Metaverso e Inovação

Para fins de estudo de viabilidade e melhor visualização do caso proposto um guindaste foi selecionado como objeto do estudo de caso, essa máquina é amplamente usada no setor offshore para operações de içamentos e movimentações de carga e manobras. O setor offshore oferece muitos riscos em suas atividades, podemos vislumbrar seus números na imagem abaixo, de acordo com relatórios da International Marine Contractors Association (IMCA):

2023 at a glance



958
Total million hours
2022: 629 million hours



490
Million hours offshore
2022: 343 million hours



Line of fire
Most common
cause of LTIs

6

fatalities reported
2022: 6



439
Safety Observation Frequency Rate
2022: 424, was 517 (error discovered)



LTIFR
Lost Time Injury frequency Rate
(Fatalities + LTIs) x 1,000,000 / Total hours worked



0.30
Total LTIFR
2022: 0.32



0.41
Offshore LTIFR
2022: 0.39



TRIR
Total Recordable Injury Rate
(Fatalities + LTIs + Restricted Work Cases + Medical Treatment cases) x 1,000,000 / Total hours worked



1.07
Total TRIR
2022: 1.10



1.47
Offshore TRIR
2022: 1.45



FAR
Fatal Accident Rate
(FAR = Fatalities x 100,000,000 / Total hours worked)



0.63
Total FAR
2022: 0.95



0.41
Offshore FAR
2022: 1.17

Figura 5 - IMCA 2023 Safety statistics, 2023 um resumo

O guindaste é uma máquina amplamente usada no setor offshore para operações de içamentos e movimentações de carga e manobras. O setor offshore oferece muitos riscos em suas atividades, por isso foi selecionada uma máquina de uso constante, devido a alta demanda da operação na indústria óleo e gás.

Para o melhor entendimento da operação selecionada, foi realizado, no software Inventor, da Autodesk, um modelo 3D de um guindaste com um esquema de içamento montado.



Figura 6 - Modelo de Guindaste em 3D Perspectiva



Figura 7 - Modelo de Guindaste em 3D Vista Frontal

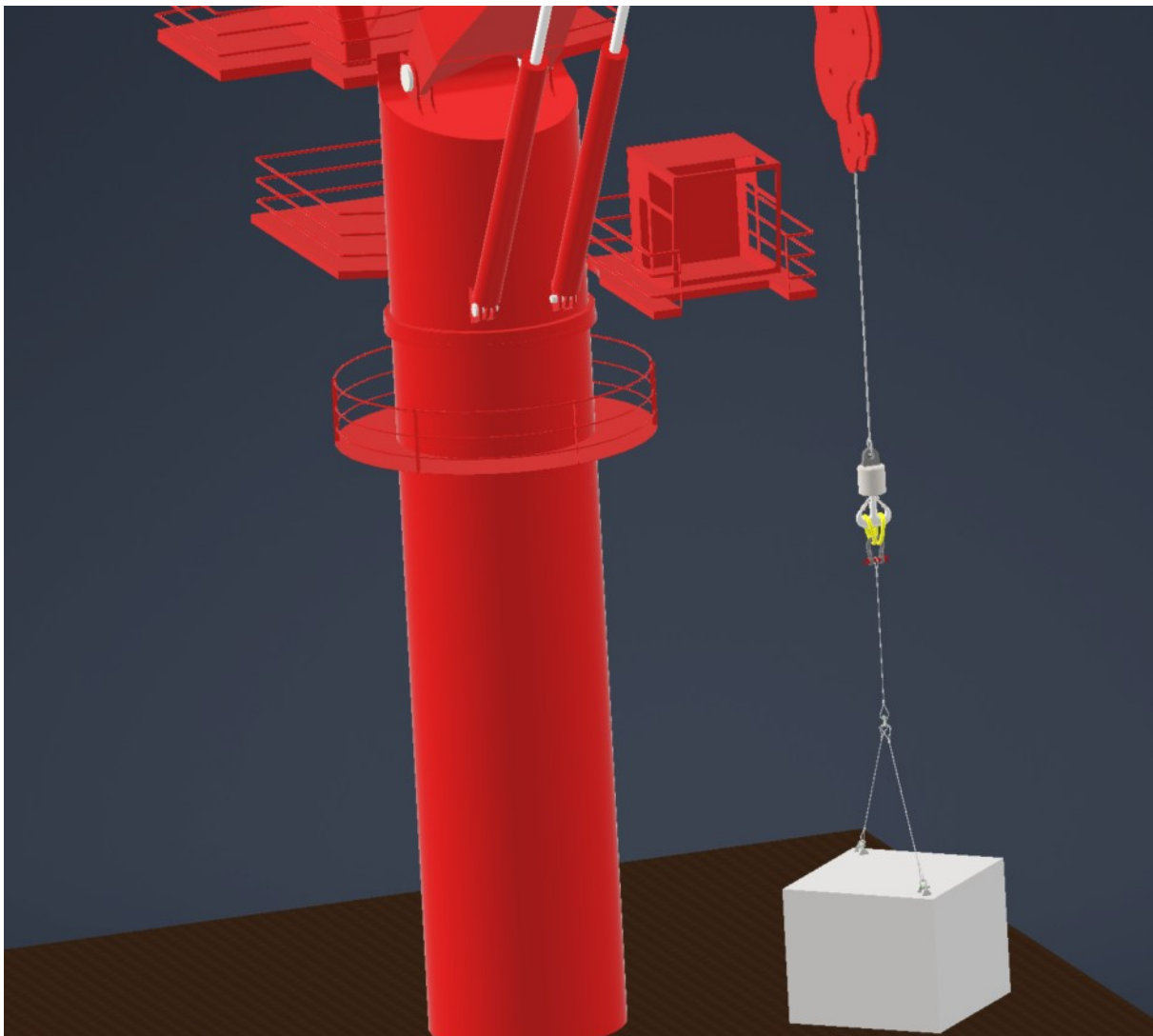


Figura 8 - Modelo de Guindaste 3D Visualização de Carga

Além disso para ilustrar a sequência de passos de um içamento também foi projetado no software AutoCad, Autodesk, as etapas de um içamento rotineiro no cenário offshore, de forma simplificada:

1. A lingada de içamento é preparada e montada na carga, num porto ou numa base operacional;
2. O guindaste é orientado em direção ao porto e o moitão é deslocado até a altura para conexão da lingada;
3. Com o moitão conectado a carga por meio da lingada o operador de guindaste começa a recolher o cabo, iniciando o içamento da carga;
4. Após a carga estar em uma altura segura, o guindaste é orientado em direção ao deck do barco;

5. A carga é deslocada até ser alocada no convés;
6. O moitão é recolhido, posteriormente a desconexão entre a carga e o mesmo.
7. O guindaste é recolhido e o barco se direciona para a região onde a carga deve ser alocada, nesse caso ela será abandonada no mar.
8. Ao chegar na localização do abandono, o moitão é novamente deslocado até a altura para conexão da lingada;
9. Com o moitão conectado a carga por meio da lingada o operador de guindaste começa a recolher o cabo, iniciando o içamento da carga, agora na embarcação;
10. A carga é direcionada a posição de abandono no mar;
11. O operador de guindaste libera o cabo para que o moitão desça até o leito marinho, onde a carga deverá ser abandonada;
12. A lingada é liberada por um ROV e o moitão é recolhido;
13. O guindaste é reposicionado de forma inoperante.

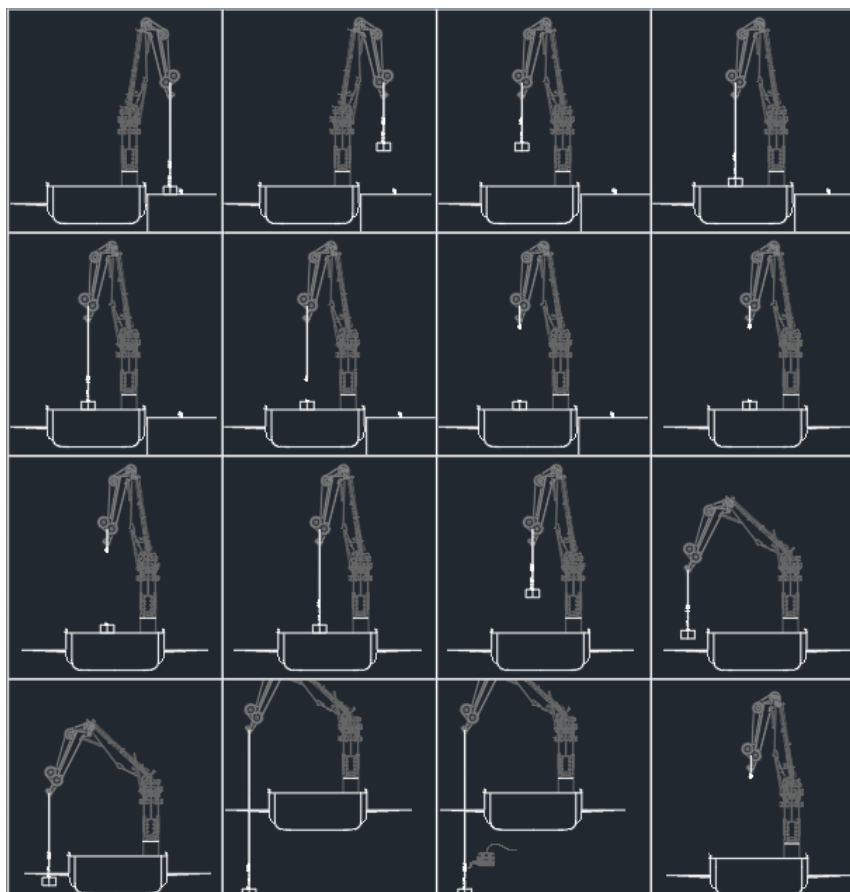


Figura 9 - Passo a Passo Operação de Içamento

Com a tecnologia correta é possível escanear uma área de operação, gerando um arquivo em nuvem de pontos que torna possível que o modelo 3D seja criado fidedignamente. Conectar tais ferramentas com o uso da Inteligência Artificial pode gerar soluções extraordinárias para a engenharia, indústria e segurança do trabalho.

Como adição a esse trabalho foi gerada uma animação para conscientização de alguns riscos na operação de içamento, realizada por um guindaste, através da Plataforma de inteligência artificial Runway.

Utilizando frames das cenas selecionadas, um roteiro bem orientado e testes de cenas foram criadas cenas animadas que conectadas, por um editor de vídeo, geram um filme mostrando as consequências de um acidente. No item 4.2 deste trabalho serão apresentados quadros do filme em questão.

4 Resultados e discussão

4.1. Validação e testes

A metodologia citada no item 3 se inicia na criação de um checklist avaliando a situação atual da máquina, equipamento ou da área a ser avaliado para a adequação a NR-12. O documento deve conter informações gerais, como tipo de máquina/equipamento, fabricante, modelo, ano de fabricação, bem como características técnicas, incluindo capacidade, tempo de operação diário, quantidade de operadores, se há a adequação a NR-12, em quanto tempo o plano de adequação deve ser executado, qual o recurso financeiro disponível para a realização da mesma, quais as medidas de segurança coletivas, administrativas e individuais estão efetivamente implementadas, se existem riscos inerentes a serem considerados conforme a lista abaixo:

1. Risco de contato com partes energizadas da máquina ou equipamento durante sua operação ou manutenção;
2. Perigo de exposição da vestimenta e dos membros superiores e tronco ao movimento de rotação;
3. Risco de ser atingido por cavacos de máquina ou por objetos em queda;
4. Possibilidade de rompimento ou quebra de partes móveis;
5. Deficiência de iluminação na área de execução das atividades;
6. Superfícies aquecidas de componentes metálicos durante a operação;
7. Contaminação por óleos e graxas;
8. Má disposição do arranjo físico e das instalações.
9. Entre outros

Além de identificar todos os itens da NR-12 que são aplicáveis a área e operações realizadas nas máquinas e equipamentos destinados a avaliação.

Após a identificação e elencar qual área ou máquina será prioridade rodamos o primeiro ciclo do método HRN, conforme a tabela abaixo:

Tabela 7 - HRN Ciclo 1

#	Origem / Fonte / Perigo/Tarefa	Probabilidade de ocorrência (PO)	Frequência de Exposição (FE)	Grau da possível lesão (GPL)	Número de pessoas expostas (NP)	HRN	Classificação de risco
1	Massames danificados ou sem inspeção válida	2 Possível	2,5 Diariamente	4 Perda de 1 ou 2 dedos das mãos / dedos dos pés	2 3 - 7 pessoas	40	Atenção
2	Movimentação manual de massames	2 Possível	2,5 Diariamente	2 Fratura grave de ossos - mão / braço / perna	2 3 - 7 pessoas	20	Atenção
3	Pontos de prensamento	2 Possível	2,5 Diariamente	2 Fratura grave de ossos - mão / braço / perna	2 3 - 7 pessoas	20	Atenção
4	Guindaste inoperante - Falha no equipamento	5 Alguma chance	2,5 Diariamente	0,1 Arranhão / Escoriação	1 1 - 2 pessoas	1,25	Baixo
5	Atividades conflitantes	2 Possível	2,5 Diariamente	0,5 Dilaceração / corte / enfermidade leve	1 1 - 2 pessoas	2,5	Baixo
6	Área não isolada	2 Possível	2,5 Diariamente	15 Fatalidade	2 3 - 7 pessoas	150	Alto
7		2	2,5	15	2	150	Alto

	Pessoal não treinado na manobra	Possível	Diariamente	Fatalidade	3 - 7 pessoas		
8	Espaço insuficiente para recebimento das cargas	2	2,5	0,5	2	5	Atenção
		Possível	Diariamente	Dilaceração / corte / enfermidade leve	3 - 7 pessoas		
9	Falta de alinhamento	2	2,5	0,5	2	5	Atenção
		Possível	Diariamente	Dilaceração / corte / enfermidade leve	3 - 7 pessoas		
10	Escorregão, tropeção e queda	2	2,5	0,1	2	1	Baixo
		Possível	Diariamente	Arranhão / Escoriação	3 - 7 pessoas		
11	Falha de Comunicação	8	2,5	12	2	480	Alto
		Provável	Diariamente	Enfermidade permanente ou crítica	3 - 7 pessoas		
12	Movimentação de cargas com auxílio mecânico	2	2,5	0,5	1	2,5	Baixo
		Possível	Diariamente	Dilaceração / corte / enfermidade leve	1 - 2 pessoas		
13	Uso inadequado do EPI.	2	2,5	0,5	2	5	Atenção
		Possível	Diariamente	Dilaceração / corte / enfermidade leve	3 - 7 pessoas		
14	Excesso de carga no guindaste	2	2,5	15	2	150	Alto
		Possível	Diariamente	Fatalidade	3 - 7 pessoas		
15	Obstáculos no caminho	8	2,5	0,1	2	4	Baixo
		Provável	Diariamente	Arranhão / Escoriação	3 - 7 pessoas		
16		5	2,5	15	2	375	Alto

	Falha no uso de cabo guias ou falha da instalação em superfícies apropriada	Alguma chance	Diariamente	Fatalidade	3 - 7 pessoas		
17	Operação inadequada do guindaste (velocidade/moviment inadequado)	2 Possível	2,5 Diariamente	15 Fatalidade	2 3 - 7 pessoas	150	Alto
18	Presença de pessoal não envolvido na movimentação de carga/Presence of	2 Possível	2,5 Diariamente	12 Enfermidade permanente ou crítica	2 3 - 7 pessoas	120	Alto
19	Balanço da carga	8 Provável	2,5 Diariamente	12 Enfermidade permanente ou crítica	2 3 - 7 pessoas	480	Alto
20	Ausência de rota de fuga	2 Possível	2,5 Diariamente	0,5 Dilaceração / corte / enfermidade leve	12 Mais do que 50 pessoas	30	Atenção
21	Limpeza local inapropriada	2 Possível	2,5 Diariamente	0,1 Arranhão / Escoriação	2 3 - 7 pessoas	1	Baixo
22	Ruido	10 Muito provável	2,5 Diariamente	10 Amputação de 2 pernas ou mãos, perda parcial da audição ou visão em ambos ouvidos ou mãos.	4 8 - 15 pessoas	1000	Extremo
23	Choque Elétrico	1 Altamente improvável	2,5 Diariamente	12 Enfermidade permanente ou crítica	1 1 - 2 pessoas	30	Atenção
24	Incêndio Explosão	0,033	2,5	15	2	2,48	Baixo

		Quase impossível	Diariamente	Fatalidade	3 - 7 pessoas		
25	Risco Ergonômico	5	2,5	0,5	2	12,5	
		Alguma chance	Diariamente	Dilaceração / corte / enfermidade leve	3 - 7 pessoas		Atenção
26	Procedimentos inseguros	5	2,5	12	2	300	
		Alguma chance	Diariamente	Enfermidade permanente ou crítica	3 - 7 pessoas		Alto

Após avaliar os riscos é elaborado um plano de ação com base nos resultados, gerando a planilha com os seguintes métodos:

Tabela 8 - Plano de ação de adequação

IDENTIFICAÇÃO DE RISCOS E PLANO DE AÇÃO			
UNIDADE	Nome do Barco/Porto		
ATIVIDADES	Operação de Içamento		
RISCO	CLASSIFICAÇÃO DE RISCO HRN	PLANO DE AÇÃO	PRAZO
Massames danificados ou sem inspeção válida	Atenção	1- Inspeccionar os massames antes da tarefa, garantindo o uso correto; 2- Identificar desenho de lingada para verificar se os massames selecionados estão de acordo com o planejamento da tarefa.	180 dias
Movimentação manual de massames	Atenção	1- Utilizar boas práticas ergonômicas para manusear equipamentos; 2- Não carregar equipamentos	180 dias

		manualmente quando peso for superior a 20kg; 3- Priorizar o transporte de materiais com paleteira ou guindaste; 4- Plano de içamento deve ser realizado para todos os içamentos necessários.	
Pontos de Prensamento	Atenção	1- Selecionar os massames com maior facilidade de acesso; 2- Não posicionar membros entre os massames durante a remoção do mesmo dos cabides, de modo a não se colocar em linha de fogo.	180 dias
Guindaste inoperante - Falha no equipamento	Baixo	1- Solicitar ao guindasteiro que realize o pré-check operacional do equipamento antes de iniciar a atividade; 2- Utilizar plano de içamento de rotina e desenhos de içamento; 3- Inspecionar equipamentos antes de iniciar atividade.	A cada 2 anos
Atividades conflitantes	Baixo	1- Informar-se quanto a realização de outras tarefas na área para evitar o conflito de atividades 2- Caso haja a realização de outras tarefas ou planejamento para realização, informar às operações para estabelecer prioridade.	A cada 2 anos

Área não isolada	Alto	1- Mantenha a área a todo tempo isolada e sinalizada; 2- Elaborar plano para sensoramento de área proibida através de LED	60 dias
Pessoal não treinado na manobra	Alto	1 - Capacitação de pessoas envolvidas na operação, ainda não treinadas ou com treinamentos vencidos. 2- Sinalização e isolamento da área	60 dias
Espaço insuficiente para recebimento das cargas	Atenção	1- Remanejar o layout considerando o bem estar dos operadores e operações futuras 2- Consultar se o espaço disponível no convés é suficiente. Caso o espaço não seja suficiente, o material deverá ser remanejado, com antecedência à manobra	180 dias
Falta de alinhamento	Atenção	1- Assegurar que uma reunião pré tarefa foi executada e todos os membros das operação participaram; 2- Acordar que em caso de	180 dias

		qualquer situação de risco presente, a manobra deve ser parada imediatamente para reavaliação do cenário 3- Acordar um canal de rádio dedicado para todos envolvidos na operação, 4- Verificar se há clareza na mensagem e se não há obstruções no canal dedicado a manobra 5- Verificar se o sinaleiro está identificado e mapeado na atividade 6- Mapear o fluxo de comunicação durante a operação.	
Escorregão, tropeção e queda	Baixo	1- Tenha certeza que o caminho a ser percorrido se encontra livre de obstáculos 2- Garantir que a área esteja devidamente organizada e limpa, evitando riscos de tropeços e escorregos	A cada 2 anos
Falha de Comunicação	Alto	1- Um tradutor deve ser utilizado como; intermediário, se necessário (Integrar tecnologia de IA para tradução, se possível) 2- Linguagem de comunicação comum deve ser acordada antes do início do trabalho; 3- Definir a forma e fluxo de comunicação; 4- Canal de rádio dedicado para a operação livre de interferência deve ser selecionado;	60 dias

Movimentação de cargas com auxílio mecânico	Baixo	1- Identificar se o equipamento atende a NR-12; 2- Avaliar se o equipamento cumpre os requisitos mínimos de segurança e funcionalidade para ser utilizado.	A cada 2 anos
Uso inadequado do EPI.	Atenção	1- Fazer uso somente de EPIs específicos aos riscos e aprovado por órgão competente (C.A Certificado de Aprovação). 2- Fazer uso de EPI dedicados a tarefa, verificar itens no procedimento da tarefa, incluindo cinta ergonômica.	180 dias
Excesso de carga	Alto	1- Atividades de manuseio manual de cargas consideradas de natureza complexa ou de alto risco devem passar por uma análise de risco dedicada; 2- Elaborar um treinamento para técnicas recomendáveis de trabalho manual 3- Não manusear carga com mais de 20Kg; 4- Dividir carga em cargas menores; 5- Certificar que a equipe está completa para realizar o trabalho de forma segura; 6- Avalie a possibilidade/necessidade da movimentação ser feita com um equipamento mecânico; 7- O sinalizador deve estar identificado e dedicado para o	60 dias

		passo a passo da manobra.	
Obstáculos no caminho	Baixo	1- Organize a área da tarefa, com atenção aos obstáculos 2- Rota de Fuga sempre mapeada em caso de emergência	A cada 2 anos
Operação inadequada do guindaste (velocidade / movimento inadequado)	Alto	1 - Durante a manipulação da carga no porto realizar a movimentação do guindaste com velocidade reduzida, seguindo a orientação dada pelo sinaleiro da manobra, via rádio.	60 dias
Presença de pessoal não envolvido na movimentação de carga	Alto	1- Identificação de pessoas autorizadas a acessar a operação (Sensoriamento através de tag no macacão).	60 dias

Balanço da carga	Alto	1- Confirmar o peso real da carga antes do início da operação de içamento. 2- O guindasteiro deverá utilizar as técnicas de abertura de lança e movimento lateral para conter o balanço. 3- A área de armazenamento deve estar livre e sem obstáculos.	60 dias
Ausência de rota de fuga	Atenção	1- As saídas de emergências ou rotas de fugas não devem ser bloqueadas com a movimentação da carga. 2- Deve SEMPRE existir uma rota de fuga disponível. 3- A rota de fuga deve estar sinalizada de forma visível, podendo ser sinalizada com dispositivos luminosos para a fácil identificação de obstrução durante as operações.	180 dias
Limpeza local inapropriada	Baixo	1- Local de trabalho deve se limpo antes e depois da tarefa; 2- Todas as ferramentas devem ser removidas, limpas e retornadas ao lugar correto.	A cada 2 anos
Ruido	Extremo	1- Barreiras acústicas devem ser posicionadas em locais previamente definidos, para não haver perda da visibilidade	Ações Imediatas

		da operação. 2- Definição de sinais luminosos para a comunicação efetiva durante altos níveis de ruído na operação.	
Choque Elétrico	Atenção	1- Inspeção e manutenção das instalações elétricas do equipamento, garantindo a integridade do isolamento 2- Isolamento adequado das partes energizadas, com proteções e barreiras para evitar contato acidental. 3- Sinalização e isolamento da área, mantendo a distância segura de redes elétricas. 4- Aterramento adequado do equipamento, conforme normas técnicas e de segurança. 5- Utilização de ferramentas isoladas para trabalhos em componentes elétricos.	180 dias
Incêndio Explosão	Baixo	1- Implementação de medidas de prevenção e combate a incêndio na plataforma e nas embarcações, conforme normas de segurança. 2- Controle de fontes de ignição em áreas de risco, com procedimentos rigorosos para trabalhos com solda, corte e outros. 3- Armazenamento adequado de materiais inflamáveis, em locais ventilados e seguros, conforme normas técnicas. 4- Treinamento dos trabalhadores sobre os riscos de incêndio e explosão, prevenção e combate a incêndio e procedimentos de	A cada 2 anos

		emergência bem definidos e divulgados.	
Risco Ergonômico	Atenção	1-Adequação do posto de trabalho, com ajustes ergonômicos para reduzir o esforço físico e as posturas inadequadas. 2-Ferramentas ergonômicas para reduzir a força necessária e facilitar a operação. 3- Pausas para descanso durante a jornada de trabalho, para evitar a fadiga e o estresse. 4- Rodízio de tarefas para evitar a repetição de movimentos e reduzir o risco de LER/DORT.	180 dias
Procedimentos inseguros	Alto	1- Implementar procedimentos de trabalho seguros e garantir sua aplicação e atualização. 2- Estabelecer um sistema de permissão de trabalho para atividades de risco. 3- Realizar treinamentos periódicos sobre segurança e procedimentos. 4- Elaborar planos de resposta a emergências.	60 dias

Após executar as medidas de controle podemos ver a grande mudança no segundo ciclo do método HRN:

Tabela 9 - HRN Ciclo 2

#	Origem / Fonte / Perigo/Tarefa	Probabilidade de ocorrência (PO)	Frequência de Exposição (FE)	Grau da possível lesão (GPL)	Número de pessoas expostas (NP)	HRN	Classificação de risco
1	Massames danificados ou sem inspeção válida	0,033 Quase impossível	2,5 Diariamente	4 Perda de 1 ou 2 dedos das mãos / dedos dos pés	2 3 - 7 pessoas	0,66	Raro
2	Movimentação manual de massames	0,033 Quase impossível	2,5 Diariamente	2 Fratura grave de ossos - mão / braço / perna	2 3 - 7 pessoas	0,33	Raro
3	Pontos de prensamento	1 Altamente improvável	2,5 Diariamente	2 Fratura grave de ossos - mão / braço / perna	2 3 - 7 pessoas	10	Atenção
4	Guindaste inoperante - Falha no equipamento	1 Altamente improvável	2,5 Diariamente	0,1 Arranhão / Escoriação	1 1 - 2 pessoas	0,25	Raro
5	Atividades conflitantes	1 Altamente improvável	2,5 Diariamente	0,5 Dilaceração / corte / enfermidade leve	1 1 - 2 pessoas	1,25	Baixo
6	Área não isolada	1	2,5	15	2	75	Significativo

		Altamente improvável	Diariamente	Fatalidade	3 - 7 pessoas		
7	Pessoal não treinado na manobra	0,033	2,5	15	2	2,48	Baixo
		Quase impossível	Diariamente	Fatalidade	3 - 7 pessoas		
8	Espaço insuficiente para recebimento das cargas	1	2,5	0,5	2	2,5	Baixo
		Altamente improvável	Diariamente	Dilaceração / corte / enfermidade leve	3 - 7 pessoas		
9	Falta de alinhamento	1,5	2,5	0,5	2	3,75	Baixo
		Improvável	Diariamente	Dilaceração / corte / enfermidade leve	3 - 7 pessoas		
10	Escorregão, tropeção e queda	1	2,5	0,1	2	0,5	Raro
		Altamente improvável	Diariamente	Arranhão / Escoriação	3 - 7 pessoas		
11	Falha de Comunicação	1	2,5	12	2	60	Significativo
		Altamente improvável	Diariamente	Enfermidade permanente ou crítica	3 - 7 pessoas		
12	Movimentação de cargas com auxílio mecânico	1	2,5	0,5	1	1,25	Baixo
		Altamente improvável	Diariamente	Dilaceração / corte / enfermidade leve	1 - 2 pessoas		
13	Uso inadequado do EPI.	1	2,5	0,5	2	2,5	Baixo
		Altamente improvável	Diariamente	Dilaceração / corte /	3 - 7 pessoas		

				enfermidade leve			
14	Excesso de carga no guindaste	0,033 Quase impossível	2,5 Diariamente	15 Fatalidade	2 3 - 7 pessoas	2,48	Baixo
15	Obstáculos no caminho	1 Altamente improvável	2,5 Diariamente	0,1 Arranhão / Escoriação	2 3 - 7 pessoas	0,5	Raro
16	Falha no uso de cabo guias ou falha da instalação em superfícies apropriada	5 Alguma chance	2,5 Diariamente	15 Fatalidade	2 3 - 7 pessoas	375	Alto
17	Operação inadequada do guindaste (velocidade/moviment inadequado)	1 Altamente improvável	2,5 Diariamente	15 Fatalidade	2 3 - 7 pessoas	75	Significativo
18	Presença de pessoal não envolvido na movimentação de carga/Presence of	0,033 Quase impossível	2,5 Diariamente	12 Enfermidade permanente ou crítica	2 3 - 7 pessoas	1,98	Baixo
19	Balanço da carga	1,5 Improvável	2,5 Diariamente	12 Enfermidade permanente ou crítica	2 3 - 7 pessoas	90	Significativo
20	Ausência de rota de fuga	0,033 Quase impossível	2,5 Diariamente	0,5 Dilaceração / corte / enfermidade leve	12 Mais do que 50 pessoas	0,5	Raro
21		0,033	2,5	0,1	2	0,02	Raro

	Limpeza local inapropriada	Quase impossível	Diariamente	Arranhão / Escoriação	3 - 7 pessoas		
22	Ruido	1,5 Improvável	2,5 Diariamente	10 Amputação de 2 pernas ou mãos, perda parcial da audição ou visão em ambos ouvidos ou mãos.	2 3 - 7 pessoas	75	Significativo
23	Choque Elétrico	0,033 Quase impossível	2,5 Diariamente	12 Enfermidade permanente ou crítica	1 1 - 2 pessoas	0,99	Raro
24	Incêndio Explosão	0,033 Quase impossível	2,5 Diariamente	15 Fatalidade	2 3 - 7 pessoas	2,48	Baixo
25	Risco Ergonômico	1,5 Improvável	2,5 Diariamente	0,5 Dilaceração / corte / enfermidade leve	2 3 - 7 pessoas	3,75	Baixo
26	Procedimentos inseguros	1 Altamente improvável	2,5 Diariamente	12 Enfermidade permanente ou crítica	2 3 - 7 pessoas	60	Significativo

O método em seus primeiros ciclos apresenta um resultado excelente, além de identificar as não conformidades com os itens da NR-12, listados no tópico 3.1 deste trabalho, identifica outros riscos inerentes da operação, mostrando a oportunidade de melhoria contínua e resultados animadores para operações seguras e bem estar do operadores e funcionários.

4.2. O futuro da segurança do trabalho

Como inovações e tendencias tecnológicas que o presente trabalho contempla, considerando os processos detalhados em Autocad 2D e em modelos 3D, com sensores integrados ao modelo e ferramenta de IA, formando o ambiente

do gênero digital, isto é, do Metaverso como mais uma medida de prevenção e controle em atividades e operações de risco, com destaque ao içamento de cargas em ambientes offshore e críticos.

A técnica de sinalização com projetores LED para delimitação de áreas de risco, aproximação e áreas livres apresenta um avanço significativo em segurança, sendo aplicável tanto no contexto da NR-12, durante atividades de içamento, quanto para situações de exposição a agentes de risco como o ruído. Essa abordagem é particularmente eficaz em ambientes ruidosos, onde a inteligibilidade de alertas sonoros pode ser comprometida, demandando soluções complementares.

Soluções propostas:

1. Barreiras Acústicas com Envelopamento 3R-EVA (cortesia 3R Brasil):

- Descrição: Uso de materiais perfurados e envelopamento acústico para isolar partes móveis e atenuar o ruído na fonte.
- Benefícios: Melhoria na segurança ao reduzir a exposição ao ruído e minimizar distrações ou confusões causadas por sons de máquinas e equipamentos.

2. Sinalizações e Alertas Luminosos:

- Descrição: Projeção de limites e áreas seguras com projetores LED, destacando zonas de risco e de operação.
- Aplicações: Essencial em locais onde os alertas sonoros não são suficientes, aumentando a visibilidade e a percepção situacional.

3. Tecnologias Complementares:

- Câmeras com Scanner a Laser: Permitem prever acidentes ao monitorar o ambiente em tempo real.
- Sensores Inteligentes: Monitoram velocidade, direção e sentido do vento, fornecendo dados cruciais para operações de içamento seguras.
- Modelos de Previsão 5.0: Integração de tecnologia 3D e sensores no Metaverso para análise de risco em tempo real, permitindo simulação de cenários e tomada de decisão antecipada.

Cenários 5.0 para Processos de Içamento:

Tal abordagem permite prever, monitorar e simular diferentes cenários durante operações de içamento, otimizando a segurança e prevenindo acidentes. O uso de inteligência artificial e sensores conectados oferece uma visão holística do ambiente, antecipando riscos relacionados à carga, equipamentos e condições ambientais.

Essas inovações promovem um ambiente de trabalho mais seguro e eficiente, alinhado com as demandas atuais de indústria 5.0 e segurança no trabalho.

Com a união dos métodos citados no item 3.2 deste relatório, abaixo temos uma simulação com fim de conscientização, apresentando uma sequência de içamento, quadros 1 e 2, o rompimento do cabo do guindaste, devido a falta de inspeção, quadro 3 e dois cenários como consequências do rompimento do cabo, o primeiro mostra uma explosão no deck do navio, no quadro 4 e o segundo mostra a perda da carga no mar, após o rompimento do cabo, devido a más condições climáticas, quadro 5.

As aplicações do método são inúmeras, vão desde conscientização, a simulação de casos para investigação de causa raiz, treinamento e capacitações, ambientação e indução em plantas, fábricas e bases operacionais e outros, assim como as aplicações, são inúmeros também os benefícios, promovendo cultura organizacional, prevenção de acidentes, adequações a normas e a legislação, provendo capacitação e integração, é possível criar soluções práticas, inovadoras e acessíveis.



Figura 10 - Quadro 1: Acoplamento da carga



Figura 11 - Quadro 2: Início do içamento



Figura 12 - Quadro 3: Dano no equipamento



Figura 13 - Quadro 4: Explosão da carga, devido a colisão no convés



Figura 14 - Quadro 5: Deslizamento de carga e queda no mar (condições ambientais não favoráveis)

5 Conclusão

A partir de métodos coerentes com a aplicação é possível criar um ambiente de trabalho seguro e inovador, mantendo requisitos legais e criando formas de atender as normas e convenções aplicáveis a cada caso. A busca pela melhoria contínua, a união de métodos tradicionais e tecnologia criam um ambiente integrado de visibilidade para novas soluções e identificação de riscos ofuscados pelos riscos comuns as atividades.

O método HRN e a priorização de ações através da NBR 14153 juntas analisam o cenário e as mudanças pertinentes para o atendimento da Norma Regulamentadora 12, sejam elas mínimas ou de maior dificuldade de execução, interligadas ao processo de modelagem 3D, compreensão do passo a passo da operação e a criação da animação permite a visualização e aplicabilidade de medidas de controle e oportunidades de alterações para o bem estar do operador, ganho de performance o atendimento da norma selecionada e uma operação mais segura, alcançando o objetivo inicial da pesquisa.

6 Revisão Bibliográfica

1. ABNT NBR ISO 12100:2013. Segurança de máquinas — Princípios gerais de projeto — Avaliação e redução de riscos.

2. BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos**. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/ctpp/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-12-nr-12>>. Acesso em: 06 de Dez. De 2024.

3. FIBRA. **NR-12: Segurança do trabalho em máquinas e equipamentos**. Manual de orientação sindical e trabalhista. Brasília: Fibra, 2015, V2.

4. ABNT NBR 14153:2022. Segurança de máquinas – Partes de sistemas de comando relacionadas à segurança - Classificação por categorias de segurança. **MANUAL DE APLICAÇÃO DA NR-12. PARTES DE SISTEMAS DE COMANDO DE MÁQUINAS RELACIONADAS À SEGURANÇA**. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/assuntos/inspecao-do-trabalho/manuais-e-publicacoes/manual-de-aplicacao-da-nr-12.pdf>>. Acesso em: 06 de Dez. De 2024.

5. **Como a NR-12 pode reduzir custos e aumentar a eficiência na sua empresa - Blog - ABIMAQ Brasil**. Disponível em: <<https://abimaq.org.br/blogmaq/1971/como-a-nr-12-pode-reduzir-custos-e-aumentar-a-eficiencia-na-sua-empresa>>. Acesso em: 06 de Dez. De 2024.

6. SENAI-SP. (n.d.). **Novo Programa NR-12 apoia indústrias no financiamento de projetos para adequação de máquinas e equipamentos**. SENAI-SP. Retrieved November 26, 2024, Disponível em: <<https://www.sp.senai.br/noticia/novo-programa-nr-12-apoia-industrias-no-financiamento-de-projetos-para-adequacao-de-maquinas-e-equipamentos>>. Acesso em: 06 de Dez. De 2024.

7. FERNANDES, Afonso Fonseca. **O que é METAVERSO?**. BIUS-Boletim Informativo Unimotrisaúde em Sociogerontologia, v. 30, n. 24, p. 1-4, 2022.

8. MARINHO, Matheus Gonçalves. **Análise da percepção de um novo método de treinamento relacionado às práticas da engenharia de segurança por meio da realidade virtual**. 2023.

9. BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Normas Regulamentadoras – NR**. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/assuntos/inspecao-do-trabalho/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/normas-regulamentadoras-nrs>>. Acesso em: 06 de Dez. De 2024.

10. Imca-int.com. Recuperado em 6, 2024, Disponível em: <<https://www.imca-int.com/media/5fddfou0/imca-safety-statistics-2023.pdf>>. Acesso em: 06 de Dez. De 2024.

11. RUNWAY AI. Runway, 2024. Página inicial: IA geradora de vídeos. Disponível em: <<https://runwayml.com/>> Acesso em: 6 de Dez. De 2024.

12. PIKA LABS. Pika, 2024. Página inicial: IA geradora de vídeos. Disponível em: <<https://pika.art/try>>. Acesso em: 06 de Dez. De 2024.

13. PROBABILIDADE. In: Oxford Languages. Oxford: Oxford University Press, 2024.

7 Anexo 1



NR12atualizada2024.
pdf

8 Anexo 2



Guindaste carregado
3D.iam

9 Anexo 3



Passo a passo
lçamento.dwg

10 Anexo 4



Simulação
Ocorrência NR12.mp4

11 Anexo 5



HRN e Plano de
Ação.xlsm

12 Anexo 6

