



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA

THAIS MARIA ALVES DE PONTES SOUZA

**ANÁLISE DA SEGURANÇA NO PROCESSO DE TRANSPORTE DE CARGAS
SUSPENSAS**

Recife

2025

THAIS MARIA ALVES DE PONTES SOUZA

**ANÁLISE DA SEGURANÇA NO PROCESSO DE TRANSPORTE DE CARGAS
SUSPENSAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Química na Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título do grau de Bacharel em Engenharia Química.

Orientadora: Mayara Ferreira Barbosa

Recife
2025

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE**

Souza, Thais Maria Alves de Pontes.

Análise da segurança no processo de transporte de cargas suspensas / Thais
Maria Alves de Pontes Souza. - Recife, 2025.

56 p. : il., tab.

Orientador(a): Mayara Ferreira Barbosa

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia Química -
Bacharelado, 2025.

Inclui referências.

1. Movimentação de cargas. 2. Otimização. 3. Riscos operacionais. 4.
Segurança do trabalho. I. Barbosa, Mayara Ferreira. (Orientação). II. Título.

660 CDD (22.ed.)

THAIS MARIA ALVES DE PONTES SOUZA

**ANÁLISE DA SEGURANÇA NO PROCESSO DE TRANSPORTE DE CARGAS
SUSPENSAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Química na Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título do grau de Bacharel em Engenharia Química.

Aprovado em: 18/12/2025

Banca examinadora

Prof. Dra. Mayara Ferreira Barbosa (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Felipe Pedro da Costa Gomes (Examinador interno)
Universidade Federal de Pernambuco

M.a Luara Ribeiro Viana Brandão (Examinador interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Aos meus pais, que são meus maiores exemplos de amor, esforço e coragem. Esta conquista é de vocês tanto quanto minha.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus e a Nossa Senhora por sua infinita bondade, bênçãos e intercessão em todos os momentos da minha vida.

Agradeço a professora Mayara Ferreira por ter acreditado na minha proposta de tema e pela orientação na conclusão deste trabalho.

A minha mãe, Jaqueline, que sempre foi meu abrigo e minha fonte inesgotável de amor. Sua presença iluminou os dias mais difíceis e tornou as conquistas ainda mais especiais. Dedico este trabalho com a gratidão de quem carrega o exemplo de ternura e força que só a senhora possui.

Ao meu pai, Otoniel, pela dedicação incansável, pelas suas palavras de incentivo nos momentos de incertezas e por estar sempre ao meu lado. Se hoje chego até aqui, é porque me ensinou a persistir, a acreditar e nunca desistir. Obrigada por ser minha inspiração diária.

Ao meu irmão Rafael, que, de forma única, contribuiu para que eu chegasse até aqui, com apoio, risadas e incentivo nos momentos em que mais precisei.

Ao meu fiel companheiro Sirius, meu pitoquinho, cuja presença trouxe leveza, carinho e amor durante as longas horas de estudo.

Ao meu namorado Rafael, pela paciência, amor e companheirismo. Obrigada por estar ao meu lado em cada pequena etapa e por transformar uma aula comum no início de uma das histórias mais especiais da minha vida.

Aos amigos da faculdade, em especial André e Diane, por todos os nossos planejamentos, horas de estudo, momentos de leveza, suporte e até mesmo os “planos infalíveis”. A graduação ficou muito mais divertida com vocês.

A todos da White Martins, LM Wind Power e CBA que colaboraram com o meu aprendizado e crescimento, ter feito parte dessas equipes moldaram a profissional que sou.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Arquitetura do Google <i>BigQuery</i>	25
Figura 2- Matriz de risco.....	27
Figura 3- Diagrama de causa e efeito.....	27
Figura 4- Fluxo do incidente (Estudo de caso 1).....	31
Figura 5- Diagrama de causa e efeito (Estudo de caso 1).....	32
Figura 6- Fluxo do incidente (Estudo de caso 2).....	37
Figura 7- Diagrama de causa e efeito (Estudo de caso 2).....	38
Figura 8- Fluxo do incidente (Estudo de caso 3).....	42
Figura 9- Diagrama de causa e efeito (Estudo de caso 3).....	43
Figura 10- Dashboard de acompanhamento.....	48
Figura 11- Checklist de pré e pós uso.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Comparações gerais entre as pontes rolantes atuais e do século XIX.....	18
Tabela 2- Comparações gerais entre os pórticos atuais e do século XIX.....	19
Tabela 3- Comparações gerais entre as empilhadeiras atuais e do século XX.....	20
Tabela 4- Comparações gerais entre os guindastes atuais e do século XX.....	21

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Descrição dos fatores de risco (Estudo de caso 1).....	32
Quadro 2- Melhorias técnicas propostas caso 1.....	34
Quadro 3- Matriz de Riscos 1 (inicial).....	35
Quadro 4- Matriz de Riscos 1 (final).....	36
Quadro 5- Descrição dos fatores de risco (Estudo de caso 2).....	38
Quadro 6- Melhorias técnicas propostas caso 2.....	40
Quadro 7- Matriz de Riscos 2 (Inicial).....	41
Quadro 8- Matriz de Riscos 2 (final).....	41
Quadro 9- Descrição dos fatores de risco (Estudo de caso 3).....	43
Quadro 10- Melhorias técnicas propostas caso 3.....	45
Quadro 11- Matriz de Riscos 3 (Inicial).....	46
Quadro 12- Matriz de Riscos 3 (final).....	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

NR-	Norma Regulamentadora
OSHA -	<i>Occupational Safety and Health Administration</i> (Administração de Segurança e Saúde Ocupacional)
ILO-	<i>International Labour Organization</i> (Organização Internacional do Trabalho)
NBR-	Norma Brasileira
ABNT-	Associação Brasileira de Normas Técnicas
SAP-	Sistemas, Aplicações e Produtos em Processamento de Dados
ERP-	<i>Enterprise Resource Planning</i> (Planejamento de Recursos Empresariais)
IA -	Inteligência Artificial
APR-	Análise Preliminar de Riscos
SSMA-	Segurança, Saúde e Meio Ambiente
EPI-	Equipamento de Proteção Individual
PxS-	Perigo <i>versus</i> Severidade

RESUMO

O transporte de cargas suspensas é uma operação comumente realizada em setores como construção civil, indústrias de base e logística, desempenhando papel fundamental na movimentação de materiais de grande porte. Apesar de grande relevância, a atividade apresenta um elevado potencial de risco, já que envolve a utilização de equipamentos de içamento, movimentação em altura e a interação direta de trabalhadores em áreas críticas. Nessa realidade, o estudo apresentado neste trabalho teve como objetivo a avaliação do processo de transporte de cargas suspensas, identificando e classificando riscos, além de propor formas de mitigá-los. Para tanto, foram consideradas referências bibliográficas, as normas regulamentadoras existentes no Brasil e práticas de segurança aplicáveis no setor industrial. Foram abordados três casos e as suas análises abrangeram fatores como condições do ambiente, treinamento técnico da equipe e inspeção de equipamentos, possibilitando a identificação de falhas críticas e de oportunidades de melhoria. Baseada nesta avaliação, foram sugeridas medidas preventivas, como treinamentos periódicos, implementação de dispositivos de segurança e estratégia de controle de riscos. E com o auxílio de *dashboard* de acompanhamento e *checklist* de pré e pós uso, foi possível propor práticas capazes de minimizar a ocorrência de acidentes e aumentar a eficiência operacional.

Palavras-chave: Movimentação de cargas. Otimização. Riscos operacionais. Segurança do trabalho

ABSTRACT

The transport of suspended loads is a common operation in sectors such as civil construction, heavy industries, and logistics, playing a fundamental role in moving large materials. Despite its great relevance, the activity presents a high risk potential, as it involves the use of lifting equipment, movement at height, and the direct interaction of workers in critical areas. In this context, the study presented in this work aimed to evaluate the suspended load transport process, identifying and classifying risks, as well as proposing ways to mitigate them. For this purpose, bibliographic references, existing regulatory standards in Brazil, and safety practices applicable to the industrial sector were considered. Three cases were analyzed, addressing factors such as environmental conditions, technical training of the team, and equipment inspection, which enabled the identification of critical failures and improvement opportunities. Based on this evaluation, preventive measures were suggested, such as periodic training, the implementation of safety devices, and risk control strategies. With the support of a monitoring dashboard and pre and post-use checklists, it was possible to propose practices capable of minimizing the occurrence of accidents and increasing operational efficiency.

Keywords: Load handling. Optimization. Operational risks. Occupational safety.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	17
2.1 TRANSPORTE DE CARGAS NA HISTÓRIA.....	17
2.2 PONTES ROLANTES.....	17
2.3 PÓRTICOS	18
2.4 EMPILHADEIRAS	19
2.5 GUINDASTES	20
2.6 SEGURANÇA DO TRABALHO NO ÂMBITO INDUSTRIAL.....	21
2.6.1 ACIDENTE COM EQUIPAMENTO DE TRANSPORTE DE CARGA SUSPENSA	22
2.7 FERRAMENTA DE ANÁLISE DE DADOS	22
2.7.1 SAP	22
2.7.1.1 GESTÃO DE INCIDENTES	23
2.7.1.2 AVALIAÇÃO OPERACIONAL DE RISCO	23
2.7.1.3 PERMISSÃO DE TRABALHO	24
2.7.2 GOOGLE BIGQUERY	24
2.8 A TECNOLOGIA NA OTIMIZAÇÃO DA SEGURANÇA INDUSTRIAL	25
3. METODOLOGIA	28
3.1 MATERIAIS UTILIZADOS.....	28
3.2 MAPEAMENTO DOS ACIDENTES.....	28
3.3 ESTUDO DE CASO.....	28
3.3.1 ESTUDO DE CASO 1: QUEDA DE CARGA EM INDÚSTRIA	28
3.3.2 ESTUDO DE CASO 2: COLISÃO COM PONTE ROLANTE.....	29
3.3.3 ESTUDO DE CASO 3: TOMBAMENTO DE PÓRTICO EM TERMINAL PORTUÁRIO	29
3.4 CRIAÇÃO DE <i>DASHBOARD</i> DE ACOMPANHAMENTO	29
3.5 CRIAÇÃO DE <i>CHECKLIST</i> DE PRÉ E PÓS USO	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1 CASO 1	31
4.2 CASO 2	36
4.3 CASO 3	42
4.4 <i>DASHBOARD</i> DE ACOMPANHAMENTO	47
4.5 <i>CHECKLIST</i> DE PRÉ E PÓS USO	48

5. CONCLUSÕES.....	51
REFERÊNCIAS	52

1. INTRODUÇÃO

A movimentação de cargas suspensas se encaixa como uma das atividades operacionais mais críticas no ambiente industrial, pois há o envolvimento de sistemas de amarração, maquinários de içamento e operação em áreas de elevado risco. Apesar do foco da análise ser na área industrial, a atividade ocorre corriqueiramente em outros setores, como construção civil, configurando assim um processo de grande importância econômica e operacional (*Global Rigging, 2024*). No entanto, essa operação por ter a associação de condições ambientais e a interação humana, se configura de alto risco, já que podem resultar em acidentes de grandes proporções (Kim; Choi, 2021).

Estudos apontam que os acidentes relacionados à movimentação de cargas são os que ocorrem com maior frequência em indústrias, destacando como principais causas as quedas de materiais, quebra nos cabos de aço e erros operacionais (Navarro, 2006). Essas ocorrências colocam em risco a vida dos trabalhadores, envolvidos ou não na atividade, como também configuram grande perda financeira para as empresas. Por isso, a literatura enfatiza a necessidade da existência de um plano de gestão de riscos e da aplicação de novas tecnologias de monitoramento como ferramentas para mitigar a probabilidade de falhas (Chang *et al.*, 2023).

A legislação brasileira possui normas regulamentadoras (NRs) que explicam como devem proceder tais atividades. A movimentação de cargas está prevista nas NR-11 e NR-12, que estabelecem requisitos mínimos de segurança para equipamentos de transporte, armazenamento e manuseio de cargas (Ministério do Trabalho e Emprego, 2005, Normas Regulamentadoras - NR 11- NR 12). A atualização recorrente dessas normas reflete a necessidade de adaptação à realidade das indústrias brasileiras e o avanço tecnológico (BRASIL, 2022). Já no âmbito internacional, as diretrizes de segurança são definidas por organizações como a *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA) e a *International Labour Organization* (ILO), que por muitas vezes são utilizadas como parâmetro comparativo para práticas seguras (ILO, 2019) (OSHA, 2022).

No entanto, apesar de existirem regras claras e de amplo acesso à boa parte da população, em especial a aqueles que atuam na área industrial, não são suficientes para eliminação dos riscos (DAL' IGNA, 2019). A cultura da segurança em primeiro lugar, o treinamento contínuo e a adoção de medidas de controle são elementos

indispensáveis para a prevenção efetiva de acidentes. Nesse sentido, técnicas como a análise preliminar de riscos (APR) e o HAZOP vêm sendo aplicadas com constância na identificação de cenários de risco, auxiliando na busca por barreiras de mitigação, permitindo assim uma abordagem mais estruturada e eficiente (Li *et al.*, 2023). A importância da eficiência operacional associada à segurança, como a manutenção preditiva e a utilização de tecnologia, como sensores, tem sido apontada como tendência em atividades de risco.

Portanto, por mais que já subsistam estudos e normas atreladas a segurança no transporte de cargas suspensas, ainda existem problemáticas na interligação da teoria e da prática que precisam ser sanadas, como é o caso do uso de tecnologias e padronização de procedimentos. Este trabalho tem como objetivo geral a análise e otimização do processo de movimentação de cargas suspensas, através do estudo de caso e fundamentado nas NRs correspondentes. Buscando o monitoramento de possíveis riscos e proporcionando maior eficiência e segurança na atividade foram elaborados os seguintes objetivos: Levantar casos de riscos operacional, mapear inconsistências nos procedimentos de segurança, sugerir a implementação de dispositivos eletrônicos a fim de melhorar a segurança e criar painéis de acompanhamento para os funcionários.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A presente seção apresentará uma visão geral dos principais conceitos e fundamentos relacionados ao tema.

2.1 TRANSPORTE DE CARGAS NA HISTÓRIA

O transporte e movimentação de cargas são uma necessidade humana muito antiga, muito antes mesmo da possibilidade de existir um meio de documentação. O primeiro modelo de movimentação pré-histórica, se dava por meio da tração humana, onde o ser humano utilizava a sua força para fazer toda e qualquer tipo de movimentação, sendo posteriormente conhecido como o período de desenvolvimento das primeiras ferramentas. O segundo momento marcante da humanidade foi a mitigação da tração humana e o início da tração animal. Essa troca possibilitou que viagens tornadas mais curtas e cargas mais expressivas fossem movimentadas, permitindo mais um avanço na humanidade (Shai *et al.* 2016).

O terceiro e último momento marcante na movimentação de cargas, foi a revolução industrial. Nesse novo salto tecnológico, ocorreu a criação de maquinários para as mais variadas indústrias, e o pontapé para o desenvolvimento de técnicas, máquinas que facilitam o transporte de materiais pesados, como era o caso dos metais. No século XIX, o engenheiro William Fairbairn desenvolveu e patenteou em 1850 o primeiro guindaste tubular de ferro (*Fairbair Cranes*), muito usado em estaleiros (BIAS, 2021). E nessa mesma época surgiram as primeiras pontes rolantes (*bridge cranes*), instaladas em fábricas para movimentação de locomotivas. Em sequência serão apresentados alguns tipos de transportes de cargas suspensas, como: pontes rolantes, pórticos, empilhadeiras e guindastes.

2.2 PONTES ROLANTES

Historicamente, o primeiro registro da existência de ponte rolante movida à vapor é de 1830, até meados de 1840. Tendo como seu criador, o Ludwig Stuckenholz. Já na atualidade, as máquinas são movidas por motores elétricos e redutores, que açãoam as rodas e fazem com que a ponte se movimente, conforme apresentado na Tabela 1 (DEMAG CRANES & COMPONENTS, 2025).

As pontes são fundamentais para siderúrgicas, portos, montadores e várias outras indústrias e algumas de suas principais características são a automatização, alta capacidade de movimentação e boa eficiência energética (Ferrus Filho *et al.*, 2024).

Tabela 1- Comparações gerais entre as pontes rolantes atuais e do século XIX

Aspecto	Século XIX (origem)	Atualidade	Referências
Energia e sistema de açãoamento	Manual ou a vapor	Elétrica, com motores de alto rendimento, inversores de frequência e até recuperação de energia	ATHERTON, 1940
Controle	Alavancas manuais ou operador em cabine fixa	Controles remotos sem fio, cabines móveis, automação e até operação autônoma	ATHERTON, 1940
Estrutura	Aço rebitado, vigas simples e pesadas	Aços de alta resistência, vigas otimizadas, estruturas mais leves e duráveis	ATHERTON, 1940
Capacidade de carga	5 a 30 toneladas (limite comum no século XIX)	De 1 t até 1000 toneladas	ATHERTON, 1940
Segurança	Sem sistemas de proteção sofisticados, risco alto de acidentes	Limitadores de carga, sensores anti-colisão, freios redundantes e anti-sway (redução de balanço)	BRASIL, 1978

Fonte: A autora (2025)

2.3 PÓRTICOS

Os pórticos rolantes são muito parecidos com a ponte rolante, no entanto, ao invés de se apoiar em trilhos suspensos, eles possuem duas pernas que correm sobre os trilhos no solo- RMG, ou rodas de borracha- RTG. Permitindo assim o seu uso em áreas externas, como em portos, estaleiros e pátios industriais. Os primeiros exemplares foram criados no final do século XIX, e assim como a ponte rolante, eram movidos a vapor. A sua estrutura era muito mais pesada e de pouca mobilidade, por causa das estruturas de aço maciço. Já na atualidade, há uma distribuição de peso maior e com maior mobilidade, e por consequência, maior transporte de cargas, tendo alguns modelos com a incrível marca de 2000 toneladas (KINGDA CRANE, 2023), como é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2- Comparações gerais entre os pórticos atuais e do século XIX

Aspecto	Século (XIX/XX)	Atualidade (séc. XXI)	Referências
Energia e sistema de açãoamento	Vapor → Motores elétricos simples	Motores híbridos e elétricos	ATHERTON, 1940
Estrutura	Pesada, aço rebitado, pouca mobilidade	Aço de alta resistência, rodas de borracha ou trilhos, estrutura mais leve e robusta	ATHERTON, 1940
Capacidade	20–100 toneladas	40–60 toneladas (portos de contêineres) até 2000 toneladas (estaleiros)	ATHERTON, 1940
Controle	Manual, operador em cabine fixa	Controle remoto, automação, operação semi autônoma ou autônoma	ATHERTON, 1940
Segurança	Limitada, alto risco	Sensores anti-colisão, limitadores de carga, câmeras, redundância	BRASIL, 1978
Aplicações típicas	Carvão, grãos, ferrovias, estaleiros	Portos de contêineres, construção naval, energia eólica offshore	ATHERTON, 1940

Fonte: A autora (2025)

2.4 EMPILHADEIRAS

As empilhadeiras são máquinas criadas no início do século XX para a movimentação de cargas pesadas em distâncias maiores. Os primeiros exemplares surgiram na Europa para fins industriais e até mesmo militares, mais especificamente na parte logística (PINOTTI, 2021).

Atualmente o seu uso é quase integralmente industrial, sendo muito comum em centros logísticos, armazéns, mineração e tantas outras atividades. E isso se deve muito ao avanço da tecnologia e também da segurança (PINOTTI, 2021). Na Tabela 3 são apresentadas as comparações de alguns aspectos conforme os anos.

Tabela 3- Comparações gerais entre as empiladeiras atuais e do século XX

Aspecto	Século (XX)	Atualidade (séc. XXI)	Referências
Energia e sistema de acionamento	Combustão (gasolina ou diesel)	Elétricas (baterias de chumbo e íon-lítio)	ATHERTON, 1940
Tecnologia de controle	Mecânica simples	Sistema eletrônico, com a presença de sensores inteligentes	ATHERTON, 1940
Capacidade	3 a 5 toneladas	1 a 50 toneladas	ATHERTON, 1940
Controle	Manual	Manuais e sistemas semi-autônomos	ATHERTON, 1940
Segurança	Limitada, alto risco	Maior cuidado com a ergonomia, presença de alarmes e controles específicos	BRASIL, 1978
Aplicações típicas	Indústria, ferrovias e outros	Centros logísticos, indústrias diversas e outros	ATHERTON, 1940

Fonte: A autora (2025)

2.5 GUINDASTES

Os primeiros guindastes surgiram na Grécia, em meados do século V, movidos por força animal ou humana, sendo comumente utilizados para o transporte de materiais que posteriormente serviriam para construções arquitetônicas. Alguns anos depois, durante a Revolução Industrial houve um grande avanço tecnológico nesse maquinário, como a produção, que passou a utilizar ferro fundido e por isso tinha uma capacidade de carga muito maior (PIEVE, SANTOS, 2017).

Como apresentado na Tabela 4, nos dias de hoje ainda são muito utilizados e bem mais tecnológicos, devido aos avanços nos estudos do maquinário e na segurança. Mas para utilizá-los corretamente se faz necessário conhecer as especificações dos materiais que se deseja transportar, o peso da carga e também o ambiente que está inserida (SAMPAIO, MARCELO, 2018).

Tabela 4- Comparações gerais entre os guindastes atuais e do século XX

Aspecto	Século (XX)	Atualidade (séc. XXI)	Referências
Energia e sistema de açãoamento	Combustão ou motores elétricos simples	Motores híbridos e elétricos	ATHERTON, 1940
Tecnologia de controle	Controle mecânico simples	Controle computadorizado	ATHERTON, 1940
Capacidade	Cargas pesadas, mas com limitação de estabilidade	Cargas pesadas e com bom sistema de estabilidade	ATHERTON, 1940
Segurança	Pouca segurança	Sistemas automatizados anti-colisão e de limite de carga	BRASIL, 1978
Aplicações típicas	Construção civil e portos	Obras verticais, construção civil, offshore e outras.	ATHERTON, 1940

Fonte: A autora (2025)

2.6 SEGURANÇA DO TRABALHO NO ÂMBITO INDUSTRIAL

A segurança na indústria pode ser caracterizada como a união de variadas ações que tem como objetivo final prezar pela proteção dos trabalhadores em seu ambiente de trabalho, evitando acidentes e minimizando ameaças que possam a vir prejudicá-los (DAL' IGNA, 2019). Para que essa atividade seja de fato realizada, são estabelecidas regras e normas específicas, de modo a garantir que o máximo de atividades e situações sejam contempladas e analisadas com a criticidade necessária (Brasil, 1978).

Para um melhor entendimento do que é responsabilidade da segurança em unidades fabris, é preciso compreender onde atuam cada uma das entidades responsáveis. De acordo com o Ministério do Trabalho e Emprego (BRASIL, 1978).

- Empresa: São os responsáveis pelos acidentes que vierem a acontecer nas suas dependências. A legislação brasileira a considera responsável por todos os equipamentos, ferramentas e estrutura que o trabalhador tenha contato;
- Ministério do trabalho: São os responsáveis pela fiscalização do cumprimento das NRs;

- CIPA: Internos à empresa, atuam na prevenção de acidentes e doenças ocupacionais;
- Ministério público (Federal e Estadual): Atuam quando há riscos ambientais e a saúde coletiva.

2.6.1 ACIDENTE COM EQUIPAMENTO DE TRANSPORTE DE CARGA SUSPENSA

Em 2011, uma grande empresa do ramo metalúrgico reportou um acidente na sua unidade, no estado de Minas Gerais que ocasionou a morte de um funcionário (DIÁRIO DO AÇO, 2011).

Os principais pontos levantados para análise deste acidente foram:

- Falha mecânica: cabo de aço não suportou a carga ou se o mesmo se encontrava desgastado;
- Falta de treinamento ou supervisão: falta de normas de segurança visuais ou auditivas e treinamentos adequados;
- Manutenção preventiva: falta de inspeções regulares dos cabos de aço, sistema de suporte e mecanismos de frenagem.

Com base nesses tópicos, algumas implicações foram levantadas, como a importância dos procedimentos operacionais de segurança com claras definições e periodicamente revisados, o papel fundamental da manutenção preventiva e não apenas a corretiva, treinamentos periódicos para reconhecimento de riscos pela operação e a responsabilidade que a empresa tem de garantir condições de segurança para os seus funcionários.

O acidente reforça a importância do cumprimento das Normas Regulamentadoras, como é o caso da NR-11 e NR-12. Casos como o descrito acima demonstram os impactos operacionais e preventivos que estão associados a movimentação de cargas, corroborando assim para a adoção de medidas de melhoria contínua nas áreas de segurança e saúde do trabalho.

2.7 FERRAMENTAS DE ANÁLISE DE DADOS

2.7.1 SAP

O SAP (*Systems, Applications, and Products in Data Processing*) é uma empresa de tecnologia com foco em soluções para indústrias. Os softwares

desenvolvidos por eles estão presentes nas mais diversas empresas do mundo, trazendo eficiência e qualidade operacional, como é o caso da sua plataforma mais utilizada, o ERP (Enterprise Resource Planning), com cerca de 300.000 clientes em mais de 170 países (SAP S/4HANA Overview, 2025).

Apesar de ter uma grande utilização em processos, planejamento, qualidade e tantas outras aplicações, existem funcionalidades voltadas à segurança (EHS / S-4HANA para EHS), como é o caso da requisição de materiais, que engloba os EPIs disponibilizados pela unidade e também o registro formal de incidentes, quase-acidentes, treinamentos, inspeções e auditorias (SAP S/4HANA Overview, 2025).

As funcionalidades do SAP quando bem integradas e havendo o registro regular, facilitam muito a visualização dos dados enviados pelas áreas, ajudando na tomada de decisões, criação de planos de melhoria ou até mesmo intervenções (Al Marri *et al.*, 2025).

2.7.1.1 GESTÃO DE INCIDENTES

É possível ter uma gestão de incidentes, onde é permitido o registro de diferentes tipos de incidentes e acidentes, como também observações de segurança. Com ele é possível rastrear informações e atividades, ter relatórios, alertas e além disso, há possibilidade de integração entre os outros módulos ERP existentes (SILVA *et al.*, 2021).

- Notificações, atribuições de tarefas e investigação de causas
- Relatório em tempo real com exibição de taxas de incidentes, localização, grau de severidade e outros filtros específicos de acordo com a necessidade
- Integração com ERP e RH, para que após o incidente os envolvidos sejam localizados e as suas ordens de serviço, manutenção ou análise preliminar de risco (APR) sejam avaliadas.

2.7.1.2 AVALIAÇÃO OPERACIONAL DE RISCO

É uma ferramenta para identificação de perigos e de avaliação dos riscos associados a ele (severidade, exposição e outros), definição de limites e monitoramento do funcionamento dos controles de riscos. O seu uso é voltado para

uma ação preventiva (FRANCHI et al., 2023). Os principais recursos dessa funcionalidade são:

- Identificação de perigos- criação de relatórios de observações, inspeções, observações e checklist de condições não seguras.
- Ações de mitigação- Criação de tarefas para mitigação dos riscos como treinamentos e procedimentos, que serão acompanhados até a sua conclusão.
- Relatórios e dashboards de risco - Análise visual dos riscos por filtros de categoria, localização ou tipo, dando assim condições à priorização dos recursos disponíveis.

2.7.1.3 PERMISSÃO DE TRABALHO

Essa funcionalidade busca que os trabalhos realizados sejam feitos com grande criticidade, necessidade de autorização do técnico de segurança do trabalho, isolamento de energia, bloqueios, ou seja, checagens de segurança de modo geral. Com isso, todas as características da atividade e os seus possíveis problemas serão devidamente avaliados e mitigados antes da execução (BATISTA, 2020).

- Permissão de trabalho- Documento de controle das condições de segurança, controle de riscos e aprovações.
- Planejamento e checagem de medidas de segurança- checklists de pré-trabalho como bloqueios de energia, autorização do liberador da atividade e instruções específicas que podem variar com o tipo de empresa.

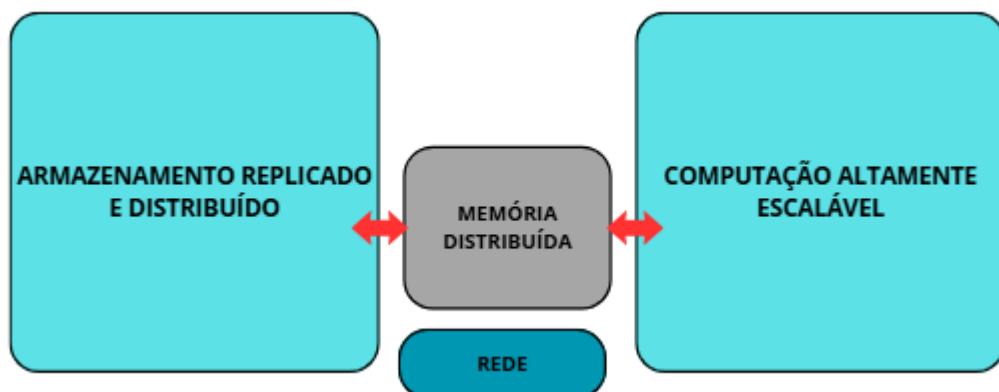
2.7.2 GOOGLE BIGQUERY

Atualmente há uma grande necessidade de automatizar o recebimentos de dados e integrá-los com IA (inteligência artificial). Para atender essa demanda das indústrias 4.0, alguns softwares já incorporaram em seu sistema tais recursos. O *Google BigQuery* é uma plataforma que une e analisa os dados recebidos com o auxílio da IA e de outras funcionalidades como *machine learning* (aprendizado de máquina), pesquisa e *Business Intelligence* (Inteligência empresarial) (GOOGLE CLOUD, 2025).

Um grande atrativo dessa ferramenta é a sua capacidade de armazenamento de grandes volumes de dados em pouco tempo, mesmo que eles se encontrem em uma base de dados complexa. Essas características do *BigQuery* são relevantes quando é desejado ter informações sólidas e confiáveis de incidentes, inspeções, manutenções preventivas e até mesmo sensores de monitoramento, já que esses dados podem ser requeridos futuramente em auditorias do trabalho (HORCADES; NAMEKATA, 2024).

O *BigQuery* proporciona a criação de modelos preditivos, que ajudam a antecipar os riscos presentes. Ou seja, há uma análise do histórico de falhas e acidentes em cada um dos equipamentos da unidade, possibilitando assim uma sinalização de prováveis futuros acidentes. Além disso, também tem integração com o *Power BI*, o que facilita a visualização em *dashboards* interativos e personalizados. Por ter os seus dados protegidos em ambientes seguros e auditáveis, ele contribui com a transparência das informações, fator esse muito importante em auditorias de segurança, sejam elas externas ou internas. Como é apresentado na Figura 1, o *BigQuery* tem uma estrutura em nuvem bem distribuída, que conta com o armazenamento replicado, processamento escalável e uma camada de memória distribuída, o que garante mais segurança e organização dos dados entre os servidores existentes (GOOGLE CLOUD,2025).

Figura 1- Arquitetura do Google *BigQuery*



Fonte: Google (2025) (adaptado pela autora)

2.8 A TECNOLOGIA NA OTIMIZAÇÃO DA SEGURANÇA INDUSTRIAL

A segurança no transporte de cargas suspensas pode ser ampliada com a

implementação de dispositivos de sinalização e monitoramento. Destacam-se alguns elementos, como sensores de velocidade, sinalização luminosa e reconhecimento de presença (Anjos, 2018) (Silva, 2018).

Os sensores de velocidade têm como função o monitoramento da velocidade dos movimentos de translação e elevação da carga, de modo a garantir que a movimentação seja segura, como relata o item 11.1.3 da NR-11:

Os equipamentos utilizados na movimentação de materiais, tais como ascensores, elevadores de carga, guindastes, monta-carga, pontes-rolantes, talhas, empilhadeiras, guinchos, esteiras-rolantes, transportadores de diferentes tipos, serão calculados e construídos de maneira que ofereçam as necessárias garantias de resistência e segurança e conservados em perfeitas condições de trabalho (BRASIL, 2016).

A inserção desse tipo de sensor permite que a atuação mecânica se dê de forma preventiva, com alertas visuais ou até mesmo sonoros para o operador, e corretiva, que seria algo muito mais invasivo, como o bloqueio da operação. Esses dispositivos também contribuem na redução de esforços mecânicos, prolongando a vida útil dos cabos e polias, o que melhora a estabilidade e consequentemente a segurança (BRASIL, 2016).

Outro dispositivo que engrandece a automação, são as lâmpadas de sinalização. São alertas visuais para todos presentes no ambiente e podem ser utilizadas de duas maneiras: luzes piscantes que são acionadas sempre que a máquina estiver em movimento, ou projetores de área, que demarcam uma zona de potencial perigo. Esses dois tipos de sinais luminosos aumentam a percepção dos trabalhadores, reduzindo possíveis acidentes ou incidentes, além de atenderem aos requisitos de comunicação visual estabelecidos pelas Normas Regulamentadoras NR-11 e 12 (BRASIL, 2022).

A percepção de pessoas no trajeto a ser realizado é possível por meio de sensores de proximidade ou barreiras fotoelétricas. O objetivo de tais dispositivos é ter uma resposta rápida e eficiente sempre que alguém estiver na área de risco, como a interrupção do movimento da carga, redução da velocidade e até mesmo enviar um sinal para outros dispositivos que irão emitir alertas sonoros e visuais como advertência. Tal medida é consideravelmente relevante em ambientes onde há um grande fluxo de pessoas ou tenham visibilidade comprometida devido ao tamanho dos objetos presentes na área (Anjos, 2018).

O estudo da implementação desses tipos de dispositivos deve acontecer após uma criteriosa análise do diagrama de causa e efeito e a matriz de risco da atividade de transporte de cargas suspensas, que estão representadas nas Figuras 2 e 3, respectivamente. Por fim, para cada análise de probabilidade e impacto será atribuída uma nota de um a cinco. Posteriormente os valores serão multiplicados (probabilidade x impacto) e o seu resultado poderá ser definido com base no resultado da multiplicação: insignificante- 1 a 5, moderado- 6 a 15 e catastrófico- acima de 16.

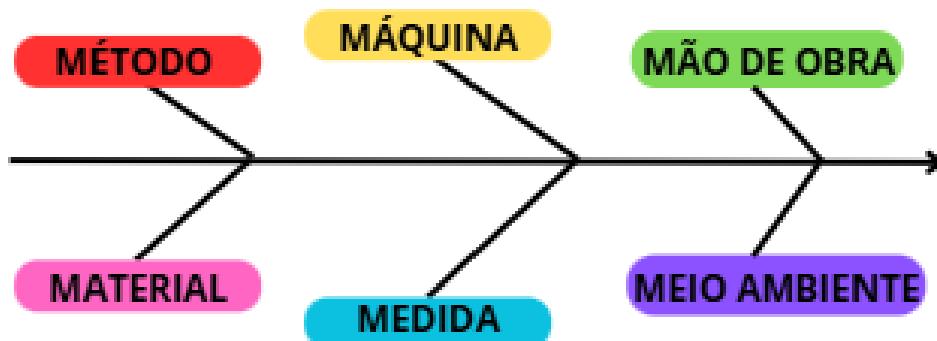
Figura 2- Matriz de Risco

PROBABILIDADE	ALTA	MÉDIA	ALTA	ALTA
MÉDIA	BAIXA	MÉDIA	ALTA	ALTA
BAIXA	BAIXA	BAIXA	BAIXA	MÉDIA
	INSIGNIFICANTE	MODERADO	CATASTRÓFICO	

IMPACTO

Fonte: ABNT NBR IEC 31010:2021

Figura 3- Diagrama de causa e efeito



Fonte: A autora (2025)

3. METODOLOGIA

3.1 MATERIAIS UTILIZADOS

O *software* utilizado para gestão e integração dos dados que serão posteriormente analisados é o SAP (*Systems, Applications, and Products in Data Processing*), além disso, o *Google Bigquery* foi usado para a análise de fluxos maiores de dados e o *Microsoft Power BI* foi usado para criação de *dashboards* para gerência e funcionários.

3.2 MAPEAMENTO DOS ACIDENTES

A metodologia do presente trabalho fundamenta-se em análises de estudos de caso. Para tanto, foram avaliados três acidentes, de modo a permitir a análise das falhas operacionais, dos fatores contribuintes e as suas consequências. Essa escolha teve como objetivo o aprofundamento da compreensão dos riscos em contextos reais.

Os casos do presente trabalho foram selecionados com base nas experiências da autora em diferentes áreas industriais. Para tal serão apresentados e analisados os seus Fluxos do Incidente e Diagrama de Causa e Efeito. Posteriormente as melhorias do processo serão divididas com base na responsabilidade dos setores, como:

- Engenharia: planejamento, desenvolvimento e otimização dos sistemas produtivos;
- Manutenção: garantia da confiabilidade e segurança dos ativos físicos;
- Segurança, saúde e meio ambiente (SSMA): proteção das pessoas, meio ambiente e cumprimento da legislação vigente;
- Gestão: coordenação de decisões e alinhamento estratégico.

3.3 ESTUDOS DE CASO

3.3.1 ESTUDO DE CASO 1: QUEDA DE CARGA EM INDÚSTRIA

O primeiro caso a ser estudado ocorreu em uma indústria do setor metalúrgico. Durante a movimentação da carga com a ponte rolante, o gancho do equipamento não suportou o peso devido à falha em um laço de segurança, e por isso ocorreu uma

queda da carga no chão da fábrica. O incidente gerou os seguintes pontos para análise:

- Lesão moderada em um operador que passava próximo, que ficou afastado por 20 dias;
- Danos significativos na carga transportada;
- Parada temporária da operação para investigação e limpeza.

3.3.2 ESTUDO DE CASO 2: COLISÃO COM PONTE ROLANTE

O acidente em estudo ocorreu em uma área industrial onde acontecia diariamente a movimentação de estruturas pesadas de aço utilizando pontes rolantes com capacidade de até 10 toneladas. A atividade possuía trajetos pré-determinados e restrição de circulação na área de operação.

Durante a movimentação de uma peça de 9,2 toneladas e dimensões aproximadas de 7m x 3m x 0,4m, uma das pontes colidiu com uma estrutura de apoio por causa da falta de sinalização adequada e baixa visibilidade do operador.

3.3.3 ESTUDO DE CASO 3: TOMBAMENTO DE PÓRTICO EM TERMINAL PORTUÁRIO

O último estudo de caso ocorreu em um terminal portuário de grande porte, onde aconteciam todos os dias o carregamento e descarregamento de containers. Para execução da atividade eram usados guindastes pórticos, com capacidade de até 40 toneladas. A equipe envolvida nas atividades era composta por profissionais qualificados e habilitados, e as operações seguiam normas nacionais de segurança.

No entanto, durante uma movimentação rotineira de um container de 5 toneladas, o pórtico sofreu um tombamento lateral, atingindo assim a área de circulação de veículos operacionais.

3.4 CRIAÇÃO DE DASHBOARDS DE ACOMPANHAMENTO

Como medida para obter as informações relacionadas aos acidentes ocorridos, e os futuros resultados de indicadores, desenvolveu-se um *dashboard* interativo utilizando o *Power BI*. Todo o processo de criação envolveu a consolidação dos dados

de segurança existentes, utilizando o *Google BigQuery*, que foi a plataforma onde os dados foram organizados e processados em tabelas contendo todos elementos relevantes, como descrição do acidente, o tipo, alarmes, desvios e históricos de acidentes operacionais. Mas para ter os dados alimentando o *PowerBI*, se fez necessário a criação de *views*, que são camadas de dados que facilitam a leitura dos dados, fazendo com que seja possível obtê-los de maneira direta.

A integração entre o *BigQuery* e o BI foi realizada por meio do conector já existente na plataforma, o que permitiu a importação dos dados sem problemas. A interface foi projetada de modo a buscar maior interação com o público, tendo filtros de informações personalizados, como período, unidade, tipo de atividade e ações de segurança.

A ferramenta contribui nas tomadas de decisões integradas, servindo assim como instrumento para futuras auditorias de órgãos públicos, externas e internas, além de também ter importante papel no controle do desempenho operacional.

3.5 CRIAÇÃO DE *CHECKLIST* DE PRÉ E PÓS USO

A fim de tornar o processo de transporte mais seguro e eficiente, se fez necessário o desenvolvimento de *checklists* para avaliação das condições do equipamento e dos seus acessórios, além de também ter um campo direcionado ao operador, onde se questiona o seu estado físico e mental para realização da atividade.

A implementação dessa verificação ajuda nas tomadas de decisão tanto por parte do operador, que pode se recusar a realizar a atividade, caso alguma condição não esteja adequada, ou por parte da equipe de manutenção, para programação de paradas para manutenções preventivas.

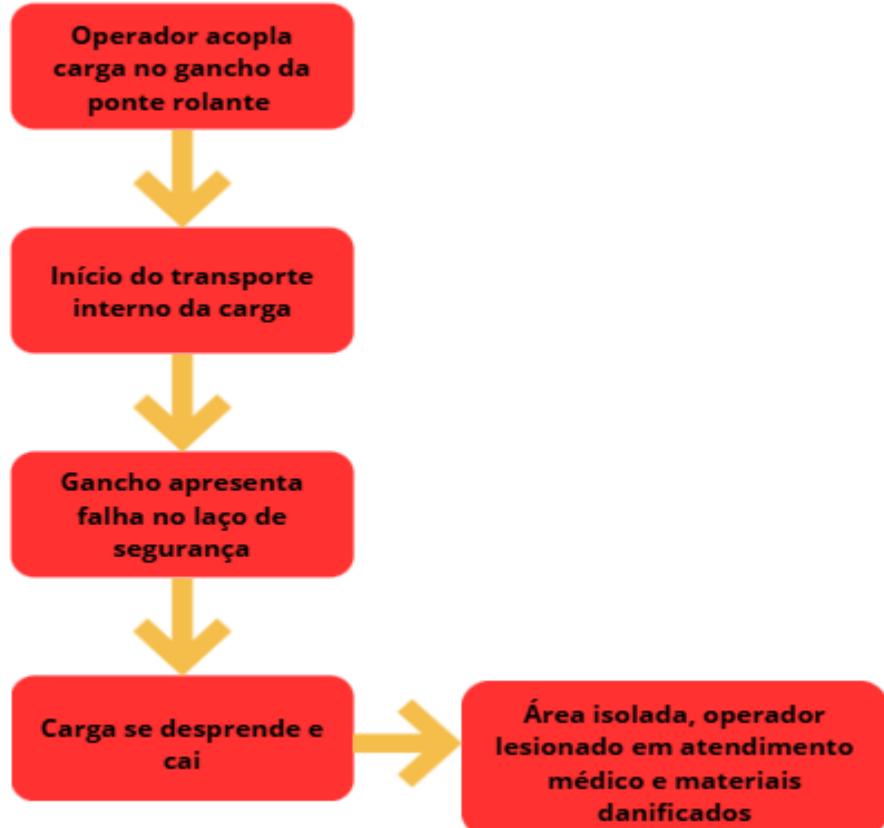
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nessa seção os casos apresentados anteriormente serão analisados detalhadamente a fim de trazer métodos de mitigar possíveis problemas que possam se assemelhar a estes.

4.1 CASO 1

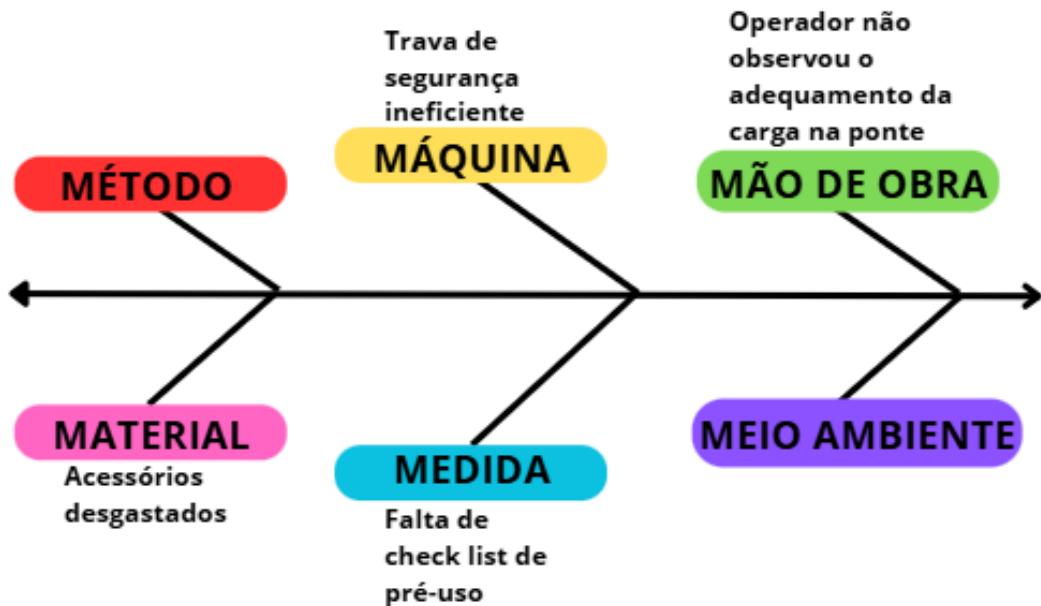
Como foi detalhado anteriormente, o incidente ocorreu por falha do gancho da ponte rolante por conta de desgaste no laço de segurança. A fim de analisar essa situação, utilizam-se algumas ferramentas visuais, como o Fluxo de incidente (Figura 4) e o Diagrama de Causa e Efeito (Figura 5) para representar graficamente as conexões entre as possíveis causas e por fim encontrar a raiz do problema.

Figura 4- Fluxo do incidente (Estudo de caso 1)



Fonte: A autora (2025)

Figura 5 - Diagrama de causa e efeito (Estudo de caso 1)



Fonte: A autora (2025)

Após a observação do Diagrama de Causa e Efeito é possível predizer que houve um conjunto de falhas da operação e supervisão. Como apresentado no Quadro 1 abaixo:

Quadro 1- Descrição dos fatores de risco (Estudo de caso 1)

Fator de risco	Descrição
Manutenção insuficiente	O ganho e as cintas não passaram por uma avaliação de pré uso
Sobrecarga	O peso da carga excedeu a capacidade nominal da ponte rolante, o que não foi observado pelo operador inicialmente
Falta de barreiras	Operadores circulando em área próxima ao local de içamento, mas sem segregação dos riscos

Fonte: A autora (2025)

A partir dos levantamentos realizados, é observado que o incidente não foi apenas causado por falhas individuais, mas sim de uma série de fatores contribuintes. Dentre todos esses fatores levantados, um deles é o não cumprimento, ou cumprimento parcial de Normas Regulamentadoras, conforme apresentado abaixo:

- **NR-12: Segurança no trabalho em máquinas e equipamento:**
- Inspeção do gancho de segurança

- Ideal: Inspeção de rotina dos equipamentos/ componentes da máquina;
 - Situação real: Indícios de falta de inspeção adequada do equipamento, já que houve a detecção de desgaste.
 - Análise de risco da operação:
 - Ideal: Realização prévia da APR, isolamento de área demarcada como zona de perigo;
 - Situação real: O operador atingido circulava livremente próximo a área de movimentação de carga;
 - Capacitação e treinamento:
 - Ideal: Treinamentos específicos e recorrentes com orientações pertinentes sobre a atividade;
 - Situação real: Indícios de treinamento insuficiente na inspeção visual da operação
 - Controle de acesso a área de risco:
 - Ideal: Controle rígido de acesso e demarcação de área
 - Situação real: Circulação normal em área de risco
 - Integridade dos acessórios da máquina:
 - Ideal: Uso de travas de segurança com certificação e validade atestada
 - Situação real: Acessório usado além do prazo de validade estipulado pelo fabricante.
-
- **NR-06: Equipamento de Proteção Individual**
 - Ideal: Disponibilização de EPIs, treinamento e uso efetivo;
 - Situação real: Falta de evidência de supervisão comportamental.

Com base na situação real do acidente, foram propostas algumas melhorias de processo que são capazes de diminuir a probabilidade de recorrência do incidente, conforme o Quadro 2 abaixo.

Quadro 2- Melhorias técnicas propostas caso 1

Área da melhoria	Descrição
Engenharia	Instalação de barreiras físicas durante a execução da atividade, como fita zebra ou correntes zebradas
	Instalação de sensores de presença com infravermelho na máquina. O sensor irá detectar o calor emitido por corpos em movimento, sinalizando ao operador que prontamente verificará a área.
	Instalação de sensor de célula de carga. Assim que a carga for elevada a variação de resistência gerada pela deformação gerará um sinal elétrico de modo proporcional ao peso
Manutenção	Inspeção surpresa dos maquinários (com recorrência)
Segurança, saúde e meio ambiente	Revisão dos procedimentos de segurança anualmente
	Auditoria na área e verificação das condições do operador e da APR
	Controle da data de validade dos acessórios da máquina
Segurança, saúde e meio ambiente/ Gestão direta	Treinamento e reciclagem dos operadores responsáveis pela atividade
	Controle dos EPIs fornecidos

Fonte: A autora (2025)

As melhorias listadas se baseiam nas definições presentes nas NR- 12 e 06, atuando fortemente na fonte do risco e na redução da exposição, de modo a fortalecer o sistema de segurança da unidade fabril.

Por fim, realizou-se a última análise comparativa por meio da Matriz de riscos inicial e pós implantação das melhorias propostas. Inicialmente tinha-se um cenário de alto risco, devido às combinações de fatores com alta probabilidade de ocorrência grave. Em seguida, tendo as melhorias implementadas, especialmente a instalação de sensores, a probabilidade de reincidência foi diminuída de maneira drástica.

Apesar de não haver alteração da severidade da atividade, por causa da raiz da operação que continua sendo a mesma, houve uma boa redução na questão da

probabilidade, fazendo com que o risco associado passe a ser classificado como moderado. Conforme os Quadros 4 e 5, as mudanças de cenário reforçam a necessidade e importância de medidas que tornem o ambiente mais seguro.

Quadro 3- Matriz de Riscos 1 (inicial)

CENÁRIO INICIAL	PERIGO (P)	SEVERIDADE (S)	PXS	NÍVEL
Circulação na área de içamento e movimentação de carga	4	5	20	Catastrófico
Falta de sensor de presença	4	4	16	Catastrófico
Manutenção preventiva inadequada	5	5	25	Catastrófico
Não realização de checklist de pré e pós uso	5	4	20	Catastrófico

Fonte: A autora (2025)

Quadro 4- Matriz de Riscos 1 (Final)

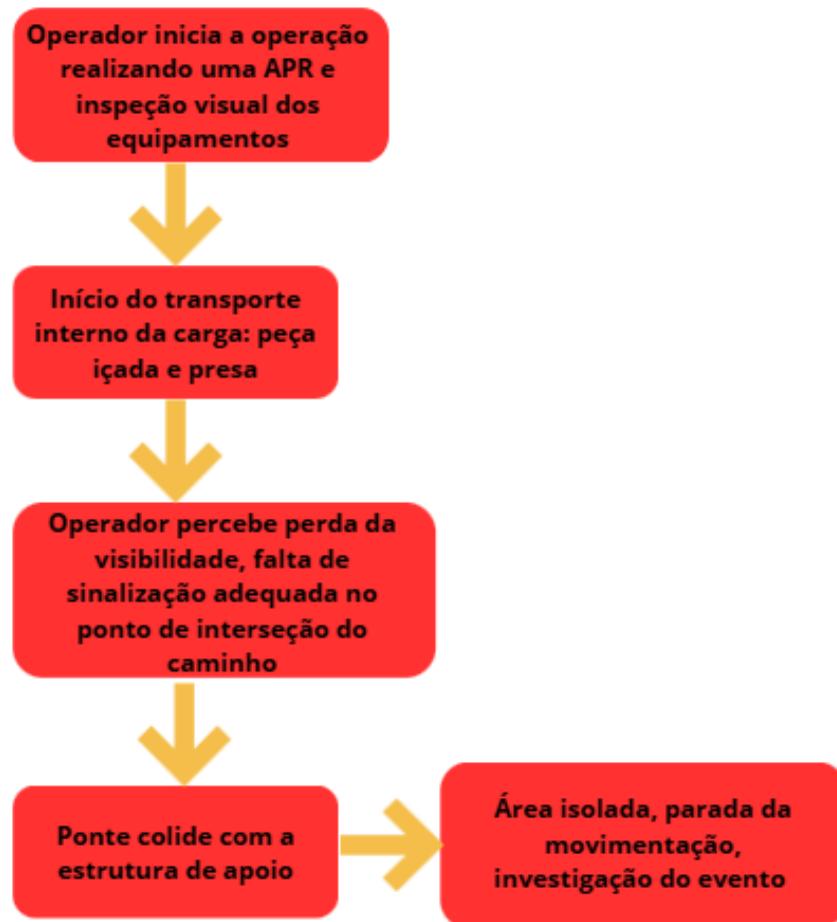
CENÁRIO APÓS IMPLEMENTAÇÕES	PERIGO (P)	SEVERIDADE (S)	PXS	NÍVEL
Circulação na área de içamento e movimentação de carga	1	5	5	Insignificante
Sensor de presença	2	4	8	Moderado
Manutenção preventiva	2	5	10	Moderado
Checklist de pré e pós uso	2	4	8	Moderado

Fonte: A autora (2025)

4.2 CASO 2

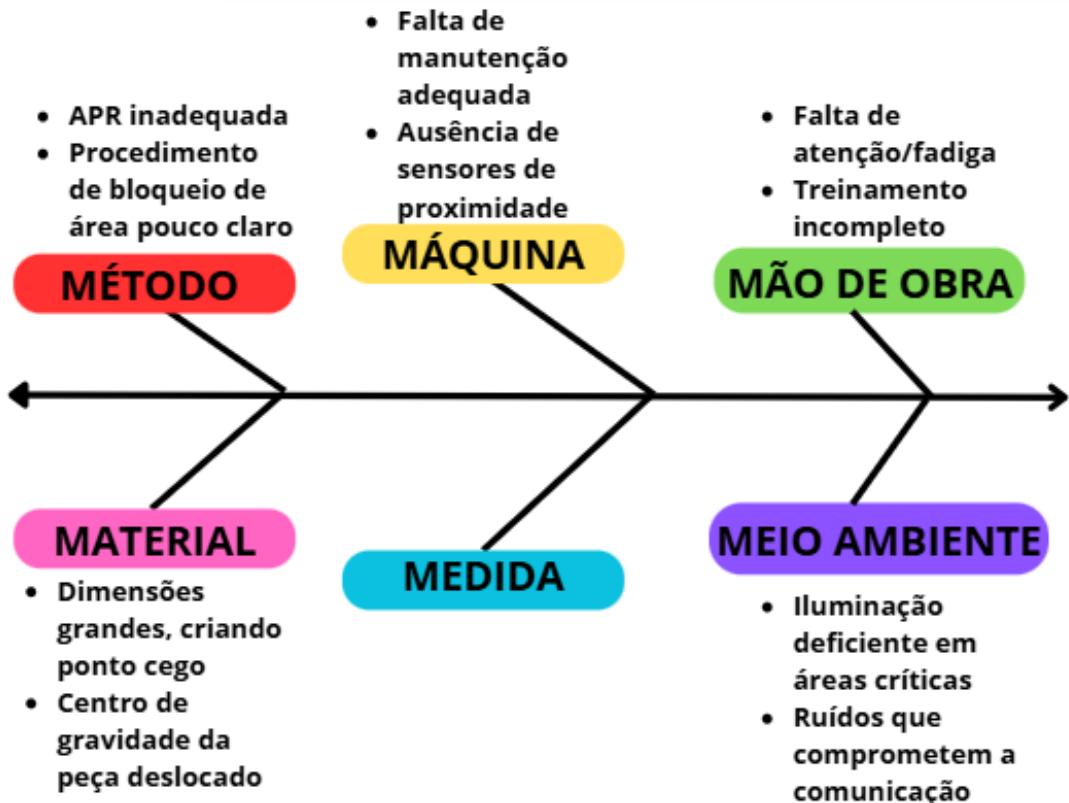
O segundo caso foi ambientado numa indústria onde ocorria a movimentação de estruturas pesadas, mas que por causa da baixa visibilidade do operador, a falta de sinalização e o peso da carga muito próximo do limite, houve a ocorrência de um acidente. Seguindo o que foi feito no estudo de caso anterior, foi elaborado um Fluxo do incidente (Figura 6) e um Diagrama de Causa e Efeito (Figura 7) para realizar ligações entre as causas do acidente e, por fim, propor melhorias para o processo.

Figura 6- Fluxo do incidente (Estudo de caso 2)



Fonte: A autora (2025)

Figura 7- Diagrama de causa e efeito (Estudo de caso 2)



Fonte: A autora (2025)

Com base nas informações presentes no diagrama acima é possível compilar os principais fatores de risco envolvidos na atividade e as suas características, como apresentado no Quadro 5.

Quadro 5- Descrição dos fatores de risco (Estudo de caso 2)

Fator de risco	Descrição
Visibilidade reduzida	Presença de obstáculos, posição incorreta do operador e dimensões da carga criam pontos cegos
Sinalização inadequada	Sinalização insuficiente em áreas críticas
Manutenção inefficiente	Equipamento com folgas (imprecisão da ponte)
Treinamento insuficiente	Dificuldade em identificar situações de risco previamente

Dimensões da carga	Peça maior do que o recomendado e centro de gravidade deslocado
--------------------	---

Fonte: A autora (2025)

De forma semelhante ao acontecido no Caso 1, o acidente ocorreu por causa de diversos fatores de riscos que não foram devidamente avaliados e corrigidos previamente, e além disso, o não cumprimento das Normas Regulamentadoras.

- **NR-11: Transporte e Manuseio de cargas**
- Sinalização da área
 - Ideal: Área bem sinalizada, com demarcação das zonas de perigo;
 - Situação Real: Sinalização inadequada no trajeto seguido.
- Visibilidade do trajeto
 - Ideal: Operador com visão livre ou apoio de sinaleiro em situações de baixa visibilidade;
 - Situação real: Baixa visibilidade do operador e falta de apoio técnico
- Manutenção preventiva da ponte
 - Ideal: Verificações periódicas da situação do maquinário, buscando prever problemas;
 - Situação real: Aparente falta de inspeções periódicas devido a falta de sensores, sinalização e desalinhamento do maquinário.
- **NR-12: Segurança no trabalho em máquinas e equipamento**
- Dispositivos de segurança
 - Ideal: Máquina equipada com alarmes sonoros e/ou visuais para alertar possível proximidade
 - Situação real: Não havia sistema de sinalização sonoro ou visual
- Procedimento operacional
 - Ideal: Documento contendo possíveis problemas e verificações prévias, comunicação em situações de emergência e controle de rota
 - Situação real: Atividade sendo executada sem alinhamento com o procedimento operacional.
- **NR-01: Disposições Gerais e Gerenciamento de Riscos Ocupacionais**
- Controle de riscos operacionais
 - Ideal: Riscos previamente identificados e documentados e suas medidas

- preventivas
- Situação real: Medidas não implementadas corretamente

Após análise da situação real, algumas propostas de melhoria foram levantadas a fim de diminuir a probabilidade de novos acidentes, conforme o Quadro 6 a seguir.

Quadro 6- Melhorias técnicas propostas caso 2

Área da melhoria	Descrição
Engenharia	Instalação de barreiras físicas durante a execução da atividade, como fita zebra ou correntes zebradas
	Instalação de sensores de presença com infravermelho na máquina. O sensor irá detectar o calor emitido por corpos em movimento, sinalizando ao operador que prontamente verificará a área.
	Restrição de dimensão e peso de carga adequada para movimentação
Manutenção	Inspecções preventivas regulares
Segurança, saúde e meio ambiente	Revisão dos procedimentos de segurança anualmente
	Auditória na área e verificação das condições do operador e da APR
Segurança, saúde e meio ambiente/ Gestão direta	Treinamento e reciclagem dos operadores responsáveis pela atividade
Gestão	Melhoria na iluminação das áreas de transporte de carga

Fonte: A autora (2025)

Por fim, foram criadas duas Matrizes de Riscos, sendo elas direcionadas para o cenário inicial (Quadro 7) e final da atividade (Quadro 8). Inicialmente tem-se um cenário de risco alto, mas que tende a diminuir consideravelmente à medida que as propostas acima são implementadas.

Quadro 7- Matriz de Riscos 2 (Inicial)

CENÁRIO INICIAL	PERIGO (P)	SEVERIDADE (S)	PXS	NÍVEL
Visibilidade reduzida	5	5	25	Catastrófico
Sinalização inadequada	5	4	20	Catastrófico
Manutenção preventiva insuficiente	5	5	25	Catastrófico
Dimensão e centro de gravidade da carga deslocado	5	4	20	Catastrófico

Fonte: A autora (2025)

Quadro 8- Matriz de Riscos 2 (Final)

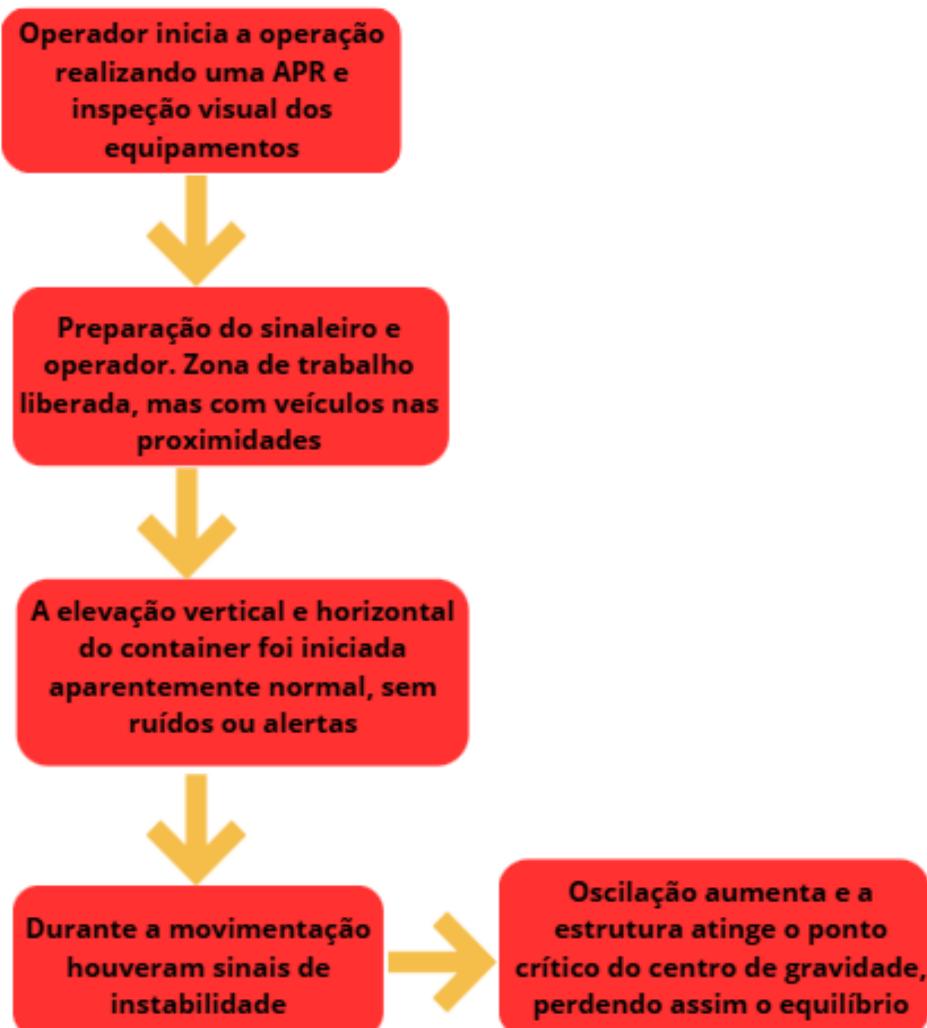
CENÁRIO APÓS IMPLEMENTAÇÕES	PERIGO (P)	SEVERIDADE (S)	PXS	NÍVEL
Visibilidade do operador ajustada	3	5	15	Moderado
Sinalização adequada	2	4	08	Insignificante
Manutenção preventiva periódica	1	5	05	Insignificante
Dimensão e centro de gravidade da carga coerente	2	4	08	Insignificante

Fonte: A autora (2025)

4.3 CASO 3

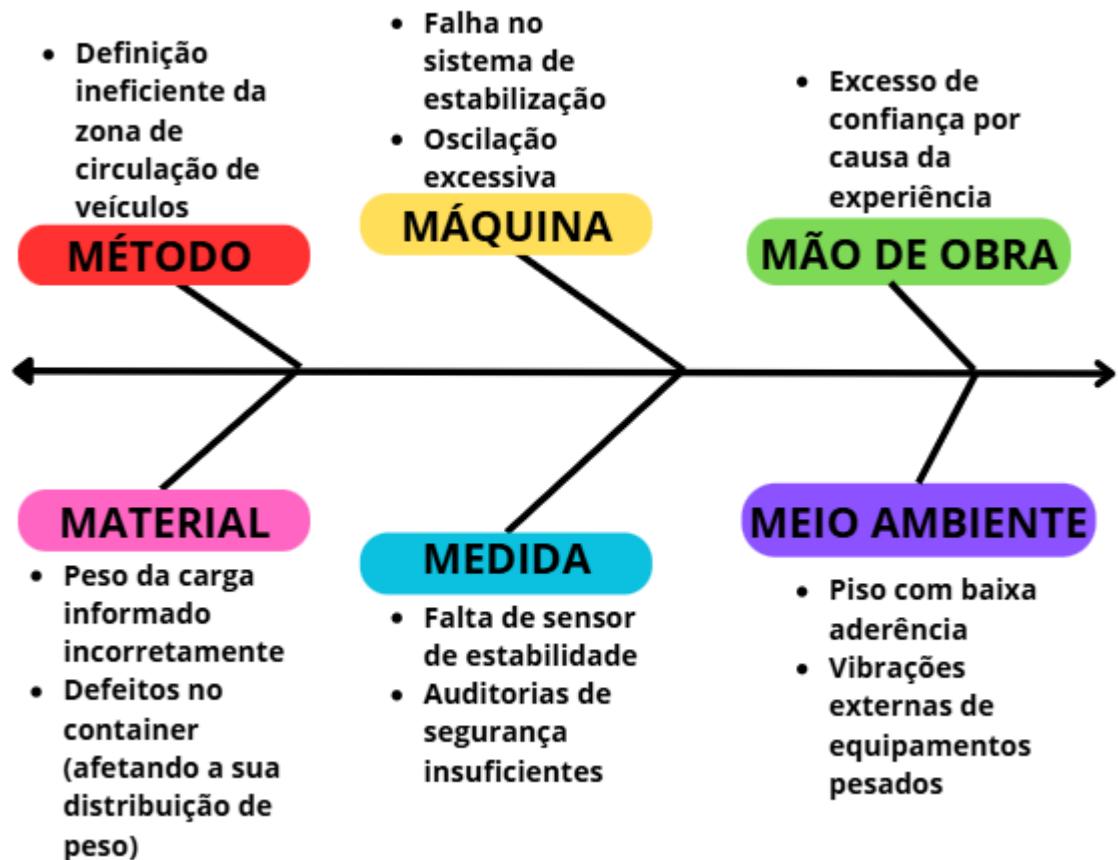
No terceiro e último caso em análise, o evento ocorreu dentro de um terminal portuário, ambiente comumente conhecido por ter rotinas logísticas intensas. No entanto, ao contrário do que foi visto nos outros dois casos, as normas de segurança foram seguidas à risca e todos os profissionais envolvidos eram devidamente qualificados e treinados. Tendo em vista todos esses pontos positivos, se faz necessário um estudo mais aprofundado para ter certeza das causas do tombamento. Seguindo o modelo de raciocínio utilizado nos estudos anteriores, realizou-se um Fluxo de incidente (Figura 8) e um Diagrama de Causa e Efeito (Figura 9) para entender melhor como se deu o acidente.

Figura 8- Fluxo do incidente (Estudo de caso 3)



Fonte: A autora (2025)

Figura 9- Diagrama de causa e efeito (Estudo de caso 3)



Fonte: A autora (2025)

Tendo em vista as causas levantadas anteriormente, no Quadro 9 foi feito um compilado dos principais fatores que ocasionaram o acidente, bem como as suas características.

Quadro 9- Descrição dos fatores de risco (Estudo de caso 3)

Fator de risco	Descrição
Instabilidade estrutural	Falha em componentes da estrutura do maquinário, como trincas, fadiga e outras. Essas falhas reduzem a capacidade de equilíbrio durante a operação.
Zona de circulação definida incorretamente	Falha na delimitação da área permitida para circulação de veículos.
Carga desbalanceada	Peso mal distribuído, alterando assim o centro de gravidade do material e por consequência, tendo esforço nas laterais além do esperado.

Ausência de sensores de estabilidade	Falta de um sistema automático de alarme, que detectaria o problema antes do acontecimento e por consequência, diminuindo a probabilidade de falha.
Piso com baixa aderência	Piso com problemas na aderência, fazendo com que o maquinário não consiga se estabilizar para realização da atividade.

Fonte: A autora (2025)

Com essas descrições fica perceptível que houveram alguns descumprimentos das Normas Regulamentadoras, como é descrito abaixo:

- **NR-29- Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde no Trabalho Portuário**
- Sinalização da área
 - Ideal: Área bem sinalizada, com demarcação das zonas de perigo;
 - Situação Real: Sinalização inadequada no trajeto seguido.
- Estabilidade da carga
 - Ideal: Verificação por duas pessoas da estabilidade da carga, a fim de não existir erros;
 - Situação real: Ocorrência de tombamento da carga
- **NR-11: Transporte e Manuseio de cargas**
 - Ideal: Visibilidade integral do operador durante a movimentação;
 - Situação real: Visibilidade limitada
- Equipamento de movimentação
 - Ideal: Veículos com dispositivos de segurança como sensores e sistemas/alarmes funcionais;
 - Situação real: Falha no sistema de estabilização
- **NR-01: Disposições gerais e Gerenciamento de riscos operacionais**
- Identificação dos riscos residuais
 - Ideal: Identificação de todos os riscos inerentes a atividade;
 - Situação real: Os riscos não foram mapeados de maneira satisfatória
- **NR-12: Segurança no trabalho em máquinas e equipamento**
- Inspeções periódica
 - Ideal: Auditorias frequentes para verificação da realização das

- atividades;
- Situação real: As rondas de segurança não foram realizadas periodicamente e acabaram não sendo suficientes.

Baseando-se em todos os pontos analisados, foram propostas algumas melhorias técnicas em diversas áreas, a fim de que acidentes como este não voltem a ocorrer.

Quadro 10- Melhorias técnicas propostas caso 3

Área da melhoria	Descrição
Engenharia	Instalação de barreiras físicas durante a execução da atividade, como fita zebra ou correntes zebradas
	Instalação de sensores de presença com infravermelho na máquina. O sensor irá detectar o calor emitido por corpos em movimento, sinalizando ao operador que prontamente verificará a área.
	Instalar câmeras na parte externa do equipamento, permitindo que o operador tenha a visualização de toda a área de movimentação
	Sistemas de telemetria, para monitoramento da estabilidade
	Restrição de dimensão e peso de carga adequada para movimentação
Manutenção	Inspeções preventivas regulares
Segurança, saúde e meio ambiente	Revisão dos procedimentos de segurança anualmente
	Revisão do mapa de tráfego interno da unidade
	Auditoria na área e verificação das condições do operador e da APR
Segurança, saúde e meio ambiente/ Gestão	Posicionamento de sinalizadores treinados em pontos estratégicos
Segurança, saúde e meio ambiente/ Gestão direta	Treinamento e reciclagem dos operadores responsáveis pela atividade

Fonte: A autora (2025)

Ao final de tudo, criou-se duas Matrizes de Riscos que apresentam os cenários inicial e final (depois das melhorias), conforme os Quadros 11 e 12, respectivamente.

Quadro 11- Matriz de Riscos 3 (Inicial)

CENÁRIO INICIAL	PERIGO (P)	SEVERIDADE (S)	PXS	NÍVEL
Colisão por baixa visibilidade	5	5	25	Catastrófico
Interferências no trajeto	4	5	20	Catastrófico
Tombamento por instabilidade	5	5	25	Catastrófico
Falta de fiscalização rotineira da atividade	4	4	16	Catastrófico

Fonte: A autora (2025)

Quadro 12- Matriz de Riscos 3 (Final)

CENÁRIO APÓS IMPLEMENTAÇÕES	PERIGO (P)	SEVERIDADE (S)	PXS	NÍVEL
Visibilidade ajustada	1	5	05	Insignificante
Trajeto delimitado	2	5	10	Moderado
Instalação de sensor de estabilidade	1	5	05	Insignificante
Fiscalização periódica	2	4	08	Insignificante

Fonte: A autora (2025)

Por fim, é perceptível que as mudanças propostas reduzem o perigo da atividade de maneira considerável e além disso, também contribui para que não haja a recorrência do acidente.

4.4 DASHBOARD DE ACOMPANHAMENTO

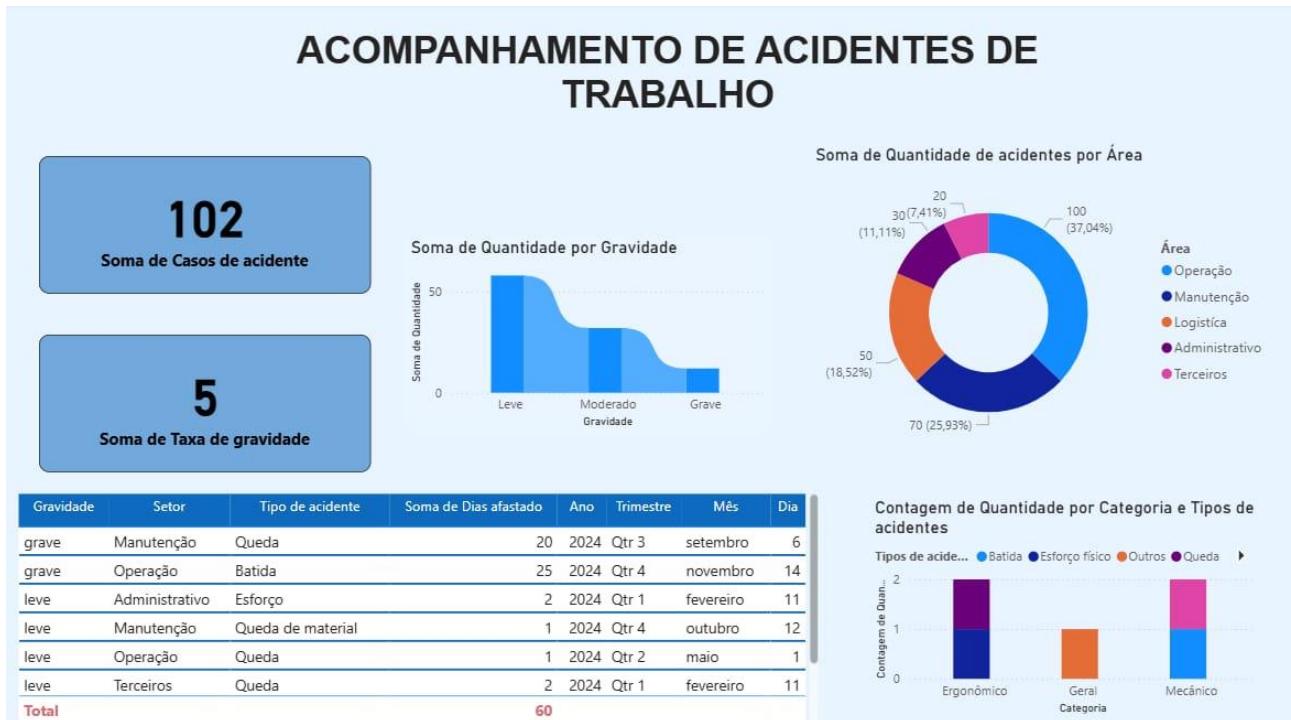
A criação do *dashboard* de acompanhamento surgiu da necessidade de acompanhamento diário dos acidentes de trabalho que venham a ocorrer na unidade. A centralização das informações relacionadas à área de SSMA- Segurança, Saúde e Meio Ambiente não se trata apenas de uma medida facilitadora para a equipe responsável, mas também de transparência da empresa com seus funcionários e os órgãos fiscalizadores competentes.

Os dados que inicialmente estavam distribuídos nas mais diversas plataformas agora se encontram integrados às bases de dados de acidente, incidente e com isso consolidando dados de indicadores (frequência de acidentes, gravidade, setor de ocorrência e alguns outros). A ferramenta vem como auxílio visual, acompanhamento de tendências e identificação de pontos críticos, que posteriormente poderão ser

atacados com maior direcionamento.

A Figura 10 apresenta um protótipo do *dashboard* de acompanhamento, nele é possível visualizar dados como: acidentes por mês, quantidade de acidentes, a taxa de gravidade, os tipos de acidentes e a setorização.

Figura 10- DASHBOARD de acompanhamento



Fonte: A autora (2025)

4.5 CHECKLIST DE PRÉ E PÓS USO

A fim de facilitar a identificação e compreensão da situação que se encontram os maquinários que serão utilizados nas atividades de transporte de carga suspensa, desenvolveu-se um *checklist* geral, onde o operador poderá fazer a sua avaliação individual das condições do equipamento e também uma breve avaliação do seu estado atual.

A Figura 11 apresenta um modelo simplificado e direto para verificações simples, mas eficazes. Com o preenchimento deste documento o operador fica assegurado que a área responsável pela atividade ou até mesmo co-responsável terá o conhecimento de eventuais problemas do equipamento, assim colaborando com a propagação da segurança durante a realização das atividades.

O documento deverá ficar na área de realização do trabalho durante toda a sua execução, juntamente com a APR do funcionário. Além disso, ficará retido pela gerência de segurança por cinco anos, assegurando assim a realização segura e sendo um instrumento de averiguação e comparação em momentos que se faça necessário.

Figura 11- Checklist de pré e pós uso

					ATENÇÃO	PREENCHER TODOS OS TÓPICOS RELACIONADOS A ATIVIDADE QUE SERÁ EXECUTADA									
ATIVIDADE		NOME DA EMPRESA													
FUNCIONÁRIO		DATA XX/XX/XXXX													
NATUREZA DA ATIVIDADE															
NÚMERO	TÍTULO DA TAREFA	DATA DE INÍCIO	DATA DE CONCLUSÃO	DURAÇÃO DA ATIVIDADE	CLASSIFICAÇÃO					ATENÇÃO					
					RUIM	RAZOÁVEL	BOA	1	2		3	4	5	6	7
1	AUTOAVALIAÇÃO (PRÉ ATIVIDADE)														
1.1	VOCÊ SE SENTE BEM PRA REALIZAR A ATIVIDADE?														
1.2	QUALIDADE DO SONO														
1.3	HABILITAÇÃO PRA REALIZAÇÃO DA ATIVIDADE														
2	RISCOS ENVOLVIDOS NA ATIVIDADE														
2.1	TRABALHO À QUENTE														
2.2	TRABALHO À FRIO														
2.3	QUEDAS														
2.4	MOVIMENTAÇÃO DE CARGA														
2.5	QUÍMICOS														
2.6	EQUIPAMENTOS MÓVEIS														
3	EPIS														
3.1	CALÇADO DE SEGURANÇA														
3.2	CAPACETE														
3.3	ÓCULOS DE SEGURANÇA														
3.4	PROTEÇÃO AUDITIVA														
3.5	PROTEÇÃO RESPIRATÓRIA														
3.6	LUVAS														
3.7	CINTO DE SEGURANÇA														
4	MAQUINÁRIO														
4.1	ACESSÓRIOS														
4.2	CINTOS DE SEGURANÇA														
4.3	CABINE														
4.4	CABOS DE AÇO														
4.5	FINS DE CURSO														
4.6	LIMITE DE CARGA														
4.7	PONTOS DE PEGA														
4.8	LIMITE DE CARGA														
5	ÁREA E AMBIENTE														
5.1	PISO														
5.2	ILUMINAÇÃO														
5.3	OBSTÁCULOS NA ÁREA DE PASSAGEM														
5.4	ESPAÇO PARA GIRO E TRANSLAÇÃO														
5.5	ISOLAMENTO DA ÁREA														
6	AUTOAVALIAÇÃO (PÓS ATIVIDADE)														
6.1	INTERROMPI A ATIVIDADE AO IDENTIFICAR RISCOS?														
6.2	MINHA POSTURA FOI ADEQUADA DURANTE A REALIZAÇÃO DA ATIVIDADE?														
6.3	UTILIZEI CORRETAMENTE OS ACESSÓRIOS DISPONIBILIZADOS PARA A ATIVIDADE?														
6.4	ME SENTI SEGURO DURANTE A ATIVIDADE?														

ATENÇÃO: A ATIVIDADE NÃO DEVE SER EXECUTADA CASO HAJA ALGUM ITEM MARCADO COMO RUIM

ATENÇÃO: NÃO DEVE EXECUTAR A ATIVIDADE CASO A AUTOAVALIAÇÃO TENHA MARCAÇÕES RUIM E RAZOÁVEL

ASSINATURA DO RESPONSÁVEL PELA ATIVIDADE:

ASSINATURA DO TÉCNICO DE SEGURANÇA RESPONSÁVEL:

Fonte: A autora (2025)

5. CONCLUSÕES

Neste trabalho foram analisados casos de acidentes de trabalho relacionados com o transporte de cargas suspensas. Para tal foram realizados fluxos de incidentes, diagramas de Ishikawa, matrizes de riscos, desenvolvimento de melhorias técnicas aplicáveis, *dashboard* e *checklist* de pré e pós uso. Ao desenvolver as propostas de melhorias técnicas foi visualizado que se faz necessária a atuação de uma equipe multidisciplinar, a fim de prever e corrigir os erros de maneira ágil e eficaz.

As modificações sugeridas em sua grande maioria, permearam as áreas de engenharia, manutenção e segurança, focando em pontos que muitas vezes são vistos, mas que tendem a ser minimizados ou até mesmo eliminados quando se fala em melhoria. No entanto, tais mudanças são fundamentais para garantia da segurança e qualidade de vida dos funcionários e consequentemente, do bom funcionamento das unidades fabris. A implementação do painel de acompanhamento se apresenta como uma porta de entrada para uma indústria mais tecnológica e segura.

Por fim, a elaboração do presente trabalho possibilitou a visualização do quanto necessário é a adoção de barreiras de segurança, análise crítica, monitoramento constante e ações de melhoria para minimizar riscos e garantir a segurança de todos que de alguma forma estão inseridos nas atividades. Além disso, garantir um processo seguro é uma grande oportunidade de ter processos otimizados, profissionais capacitados e também reforça a possibilidade de crescimento em todas as áreas da indústria.

REFERÊNCIAS

ALMARRI, M.; ALSHAMMARI, F.; RAZA, S.; KHAN, M. Enterprise Resource Planning Systems for Health, Safety and Environment Management — Analyzing Critical Success Factors. **Sustainability**, [S. I.], v. 17, n. 7, p. 2947, 2025. DOI: 10.3390/su17072947. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/17/7/2947>. Acesso em: 15 out. 2025.

ANJOS, Eudisley Gomes dos. **Utilização de acelerômetros em uma rede de sensores sem fios de alta qualidade para monitoramento de trens**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/19533>. Acesso em: 22 de out. 2025.

ABNT NBR IEC 31010:2021 – *Gestão de riscos — Técnicas para o processo de avaliação de riscos*. Rio de Janeiro: ABNT, 2021. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=465355>. Acesso em: 18 set. 2025.

ATHERTON, William Henry. ***Hoisting machinery: comprising cranes, derricks, grabs, skip hoists and allied equipment***. London: Technical Press, 1940. Disponível em: <https://delibra.bg.polsl.pl/Content/25635/hoisting.pdf>. Acesso em: 29 dez. 2025.

BATISTA, João Maria. **Proposta de permissão de trabalho digital em uma fábrica de celulose**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização (Indústria 4.0) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2020. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/25949>. Acesso em: 04 de out. 2025.

BIAS – Bristol Industrial Archaeological Society. Stothert and Pitt Steam Fairbairn Crane. **BIAS Journal**, p. 16-24, 2021. Disponível em: https://b-i-a-s.org.uk/wp-content/uploads/2021/01/BIAS_Journal8_STOTHERT_AND_PITT_STEAM_FAIRBAIRN_C_RANE.pdf. Acesso em: 12 out. 2025.

BRASIL. Norma Regulamentadora nº 11: Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais. **Ministério do Trabalho e Emprego**, 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria->

[permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/nr-11-atualizada-2016.pdf](https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-11-atualizada-2016.pdf). Acesso em: 25 nov. 2025.

BRASIL. Norma Regulamentadora nº 12: Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos. **Ministério do Trabalho e Emprego**, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-12-atualizada-2022-1.pdf>

Acesso em: 25 nov. 2025.

BRASIL. Portaria n.º 3.214, de 8 de junho de 1978: Aprova as Normas Regulamentadoras – NRs, relativas à Segurança e Saúde no Trabalho. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 1978. Disponível em: https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/assuntos/inspeciao-do-trabalho/seguranca-e-saude-no-trabalho/sst-portarias/1978/portaria_3-214_aprova_as_nrs.pdf Acesso em: 25 nov. 2025.

CHANG, H.-K.; LU, L.-M.; LIAO, H.-C.; YU, W.-D.; LIM, Z.-Y. Real-Time Safety Warning System for Lifting Operations in Construction Sites. **Engineering Proceedings**, v. 38, n. 1, p. 3, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/engproc2023038003>. Acesso em: 25 nov. 2025.

DAL' IGNA, Tatiana. **Gestão da cultura de segurança do trabalho: estudo de caso de uma indústria metalúrgica**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2019. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/24526>. Acesso em: 4 out. 2025.

DEMAG Cranes & Components. História. Wetter: Demag Cranes & Components, [s. d.]. Disponível em: <https://www.demagcranes.com/pt-br/empresa/historia>. Acesso em: 19 set. 2025.

DIÁRIO DO AÇO. Acidente de trabalho mata metalúrgico. Timóteo, 21 jan. 2011. Disponível em: <https://www.diariodoaco.com.br/noticia/0008885-acidente-de-trabalho-mata-metalurgico>. Acesso em: 24 set. 2025.

FERRUS FILHO, A.; CORSI, B. B. G.; SHIRASHI, E. E.; ANDRADE, G. C. de; DEMOV, J. P.; ARAÚJO, L. R. de. DIRETRIZES TÉCNICAS E NORMATIVAS PARA DIMENSIONAMENTO DE PONTES ROLANTES. **Revista Contemporânea**, [S. I.], v.

4, n. 12, p. e6991, 2024. DOI: 10.56083/RCV4N12-169. Disponível em: <https://ojs.revistacontemporanea.com/ojs/index.php/home/article/view/6991>. Acesso em: 4 out. 2025.

FRANCHI, M. R.; QUADROS, B. C. de; AMARAL, F. G. Matriz de nível de risco ocupacional: proposta de um modelo segundo os requisitos normativos da Norma Regulamentadora nº 01. **Revista da Escola Nacional da Inspeção do Trabalho**, v. 6, p. 376-389, 2023. Disponível em <https://revistaenit.trabalho.gov.br/index.php/RevistaEnit/article/download/184/112/98>. Acesso em: 15 out. 2025.

GLOBAL RIGGING. The economic impact of efficient crane dismantling in ports: a comprehensive analysis. 2024. Disponível em: <https://www.globalrigging.com/post/the-economic-impact-of-efficient-crane-dismantling-in-ports-a-comprehensive-analysis>. Acesso em: 18 set. 2025.

GOOGLE CLOUD. BigQuery: data warehouse em nuvem. Disponível em: <https://cloud.google.com/bigquery>. Acesso em: 24 set. 2025.

HORCADES, Ana Luiza; NAMEKATA, Renata M. A competência exclusiva da inspeção do trabalho na fiscalização da segurança e saúde do trabalhador. **Revista da Escola Nacional da Inspeção do Trabalho**, v. 8, p. 36, 2024. Disponível em: <https://revistaenit.trabalho.gov.br/index.php/RevistaEnit/article/download/226/128/1262>. Acesso em: 4 out. 2025.

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION (ILO). Safety and Health at Work. **Organização Internacional do Trabalho**, 2019. Disponível em: <https://www.ilo.org/media/93756/download>. Acesso em: 18 set. 2025.

KINGDA CRANE. *2000t Gantry Crane for Shipbuilding erected successfully in Nantong Port, China*. Nantong, China: Kingda Crane, 1 set. 2023. Disponível em: <https://www.kingdacrane.com/news/gantry-crane-for-shipbuilding.html>. Acesso em: 21 set. 2025.

KIM, Y.; CHOI, J. Safety and Health in the Use of Machinery. **International Labour Organization**, 2021. Disponível em: https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/%40ed_protect/%40protr

[av/%40safework/documents/normativeinstrument/wcms_164653.pdf](https://www.safework.gov.au/documents/normativeinstrument/wcms_164653.pdf). Acesso em: 18 set. 2025.

LI, Hua; XUE, Xicheng; WANG, Yanbin.; WU, Lizhou; LI, Xinhong. A Transfer Learning Methodology for Recognizing Unsafe Behavior during Lifting Operations in a Chemical Plant. **Processes**, v. 11, n. 3, p. 971, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/pr11030971>. Acesso em: 18 set. 2025.

NAVARRO, Antonio Fernando. **Acidentes causados durante a movimentação de cargas: uma análise estatística dos acidentes.** 2006. Disponível em: https://www.editoraroncarati.com.br/v2/phocadownload/artigos_e_estudos/Accidentes_Causados_Durante_a_Movimentacao_de_Cargas.pdf. Acesso em: 4 out. 2025.

OSHA – OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION. Crane, Derrick and Hoist Safety – Overview. Departamento do Trabalho dos EUA, 2022. Disponível em: <https://www.osha.gov/cranes-derricks>. Acesso em: 18 set. 2025.

PAIVA, Z. P. de. **Segurança na movimentação de cargas pesadas em parques de energia eólica: uma revisão da literatura.** 2022. 68 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/9120>. Acesso em: 18 set. 2025.

PIEVE, Clóvis dos Santos da; SANTOS, Michel dos. **Máquinas de Elevação e Transporte: Guindaste.** Campo Grande: Centro Universitário Anhanguera, 2017. Disponível em: <https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/8765/1/02%20-%20M%c3%a1quina%20de%20eleva%c3%a7%c3%a3o%20e%20transporte.pdf>. Acesso em: 10 out. 2025.

PINOTTI, João Pedro; BLASIOLI, Willian Fernando. **Empilhadeiras.** Araçatuba: Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium UniSALESIANO, 2021. Trabalho da disciplina de Sistema de Movimentação e Transporte. Disponível em: <https://www.fernandoeguia.com/uploads/6/4/0/5/6405834/empilhadeiras.pdf>. Acesso em: 15 out 2025.

SAMPAIO, Marcelo Nascimento. **Manutenção de Guindastes.** trabalho de conclusão

de curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Centro Universitário Anhanguera Educacional, Santo André, 2018. 31 f. Disponível em: <https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/26882/1/Marcelo%2BNascimento%2BATIVIDADE%2B3%2B%282%29.pdf>. Acesso em: 10 out. 2025.

SAP. Discover the environment, health, and safety modules in SAP S/4HANA. Disponível em: <https://learning.sap.com/learning-journeys/discover-the-environment-health-safety-modules-in-sap-s-4hana>. Acesso em: 24 set. 2025.

SHAI, Itzhaq; GREENFIELD, Haskel Joseph; BROWN, Annie; ALBAZ, Shira. The importance of the donkey as a pack animal in the Early Bronze Age Southern Levant: a view from Tell es-Safi/Gath. *Zeitschrift des Deutschen Palästina-Vereins*, v. 132, n. 1, p. 1-25, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/305767865_The_Importance_of_the_Donkey_as_a_Pack_Animal_in_the_Early_Bronze_Age_Southern_Levant_A_View_from_Tell_es-SafiGath. Acesso em: 4 out. 2025.

SILVA, Caroline Martirena Monks da; SILVA, Marco Antonio Garcez da; PEREIRA, Aline Soares; FRANZ, Luis Antonio dos Santos; BEMVENUTI, Renata Heidtmann. Utilização das tecnologias da indústria 4.0 na segurança e saúde do trabalhador: uma revisão sistemática da literatura. **Brazilian Journal of Production Engineering**, v. 7, n. 5, p. 252–268, 2021. DOI: 10.47456/bjpe.v7i5.37022. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/bjpe/article/view/37022>. Acesso em: 12 out. 2025.

SILVA, Julio Cesar da. **Sistema totalmente não-invasivo para determinação da velocidade de rotação do eixo, torque e rendimento em motores de indução em operação.** 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/12973>. Acesso em: 22 out. 2025.

TIAN, Jiahao; LUO, Sang; WANG, Xinming; HU, Jing; YIN, Jun. Crane Lifting Optimization and Construction Monitoring in Steel Bridge Construction Project Based on BIM and UAV. **Advances in Civil Engineering**, v. 2021, p. 1–16, 2021. DOI: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1155/2021/5512229>. Acesso em: 18 set. 2025.