


RESILIÊNCIA OPERACIONAL E SEGURANÇA DO TRABALHO: UMA ABORDAGEM SISTÊMICA EM AMBIENTES CRÍTICOS

OPERATIONAL RESILIENCE AND OCCUPATIONAL SAFETY: A SYSTEMIC APPROACH TO CRITICAL ENVIRONMENTS

 <https://doi.org/10.63330/aurumpub.041-007>

Leandro Augusto José de Mello

Pós-graduado em Engenharia de Segurança do Trabalho
Faculdade Iguazu
leocg12@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0009-0003-3007-5935>

Diego Sebastian Carvalho de Souza

Mestre em Engenharia Urbana e Ambiental, PUC-RJ
Universidade do Estado do Rio de Janeiro
E-mail: dscs.gp@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-3440-8302>

Thiago Sebastian Carvalho de Souza

Graduado em Administração, Universidade Veiga de Almeida
Universidade Federal Fluminense
E-mail: tsebastian@id.uff.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4825-227X>

Danielle Marçal Vilameá de Souza

Graduado em Arquitetura, Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Universidade do Estado do Rio de Janeiro
E-mail: danielle.marcal.souza@uerj.br
Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-4288-760X>

RESUMO

Este estudo objetiva sistematizar a convergência normativa entre as NR-10, NR-33 e NR-35, estruturando uma governança integrada de riscos que assegure a continuidade operacional e a proteção ao trabalhador em ambientes de missão crítica. A fundamentação teórica baseia-se na resiliência organizacional e na mitigação de falhas latentes em infraestruturas de alta disponibilidade. A trajetória metodológica adotou uma abordagem qualitativa e exploratória, utilizando revisão bibliográfica integrativa articulada à análise de cenários reais em subestações de 25 MVA, limpeza de cisternas e manutenção de fachadas. Para a avaliação técnica, utilizou-se uma Matriz de Riscos Combinados ($R = F \times G$), permitindo a quantificação da severidade em intervenções de alta complexidade. Os resultados qualitativos evidenciam que a transição de modelos fragmentados para uma gestão integrada sob o escopo do Gerenciamento de Riscos Ocupacionais (GRO) consolida a segurança jurídica e a confiabilidade sistêmica. Quantitativamente, a

análise revelou que a atividade de limpeza de cisternas apresenta uma periculosidade constante, com 80% dos riscos situados no patamar "Alto" (IR 6). Já os cenários de manutenção elétrica e de fachadas, embora mais variáveis, concentraram picos de criticidade máxima (IR 9) em 15% das observações, onde a falha de uma barreira única pode resultar em fatalidades. Conclui-se que a adoção de barreiras redundantes e a "tolerância zero" a desvios são determinantes para a preservação da vida e resiliência operacional.

Palavras-chave: Gestão de Riscos Combinados; Confiabilidade Sistêmica; Segurança Elétrica e em Espaços Confinados.

ABSTRACT

This study aims to systematize the normative convergence between NR-10, NR-33, and NR-35, structuring an integrated risk governance framework to ensure operational continuity and worker protection in mission-critical environments. The theoretical foundation is based on organizational resilience and the mitigation of latent failures in high-availability infrastructures. The methodological trajectory adopted a qualitative and exploratory approach, utilizing an integrative bibliographic review articulated with the analysis of real operational scenarios in 25 MVA substations, tank cleaning, and facade maintenance. For technical evaluation, a Combined Risk Matrix ($R = F \times G$) was applied, allowing for the quantification of severity in high-complexity interventions. Qualitative results demonstrate that transitioning from fragmented models to integrated management under the scope of Occupational Risk Management (GRO) consolidates legal safety and systemic reliability. Quantitatively, the analysis revealed that tank cleaning activities present constant hazardousness, with 80% of risks situated at the "High" level (RI 6). In contrast, electrical and facade maintenance scenarios, while more variable, concentrated maximum criticality peaks (RI 9) in 15% of the observations, where the failure of a single barrier can result in immediate fatalities. It is concluded that the adoption of redundant barriers and "zero tolerance" for deviations are decisive factors for life preservation and operational resilience.

Keywords: Combined Risk Management; Systemic Reliability; Electrical and Confined Space Safety.

1 INTRODUÇÃO

A gestão da manutenção em ativos de missão crítica configura-se como um dos paradigmas mais complexos da engenharia de segurança contemporânea. Infraestruturas de alta disponibilidade, tais como centros de processamento de dados, unidades hospitalares de alta complexidade e complexos industriais de elevada potência, operam sob regimes de continuidade sistêmica, onde interrupções não programadas transcendem o prejuízo financeiro, atingindo o limiar da integridade da vida humana. Sob essa ótica, a

manutenção deixa de ser uma atividade meramente reativa para consolidar-se como uma função estratégica voltada à mitigação de falhas latentes em sistemas complexos.

Observa-se que diversas plantas corporativas operam sob parâmetros de projeto que divergem das atuais exigências das Normas Regulamentadoras, o que impõe óbices à adequação legal e à preservação da segurança operacional. Nesse cenário, as intervenções técnicas expõem o capital humano a riscos sobrepostos e simultâneos, envolvendo vetores de energia elétrica, trabalho em altura e atmosferas perigosas em espaços confinados. Essa realidade demanda uma abordagem holística e sistêmica, capaz de integrar múltiplos requisitos normativos em um protocolo unificado de controle.

O problema central deste estudo reside na conciliação entre o rigor normativo e a imperatividade da alta disponibilidade operacional. Conforme postulado por Silva Filho (2021), o gerenciamento de perigos em ecossistemas de alta criticidade requer estruturas metodológicas que superem a fragmentação tradicional da segurança ocupacional. Desta forma, o objetivo desta obra consiste em sistematizar a convergência normativa entre as NR-10, NR-33 e NR-35, estruturando uma governança integrada de riscos que assegure a continuidade do negócio e a proteção ao trabalhador.

A contribuição técnica desta abordagem manifesta-se na proposição de uma arquitetura de análise aplicável a cenários de manutenção crítica, fundamentada nos preceitos de confiabilidade sistêmica e na seletividade de proteções preconizada por Mamede Filho (2017). Assim, a integração desses dispositivos legais sob o escopo do Gerenciamento de Riscos Ocupacionais (GRO) constitui o fator determinante para a resiliência de infraestruturas onde a falha operacional é inadmissível.

A concepção deste estudo fundamenta-se em uma abordagem metodológica qualitativa e aplicada, estruturada por meio de uma exegese técnica das normativas vigentes correlacionada à modelagem de cenários operacionais de alta complexidade.

A análise de um condomínio empresarial com infraestruturas distintas, como subestações de 25 MVA e sistemas de paralelismo de geradores, Troca de vidro de fachada e Limpeza de cisterna permitiram a observação empírica de fenômenos críticos descritos por Kardec e Nascif (2019) sob a ótica da manutenção estratégica permite um olhar holístico sobre um ambiente de trabalho com multi- tarefas. Como principal contribuição e resultado, o trabalho sistematiza uma Matriz de Riscos Combinados ($R = F \times G$), que quantifica a severidade de perigos simultâneos e orienta a hierarquia de controle em intervenções de missão crítica. Os cenários analisados de limpeza de fachada foram apresentados no Trabalho de Mello (2026), mas reanalisado com parâmetros diferentes. Inclusive este é um dos autores deste capítulo.

Os resultados obtidos evidenciam que a transposição de modelos fragmentados para uma governança integrada — alinhada ao Gerenciamento de Riscos Ocupacionais (GRO) — não apenas mitiga a probabilidade de eventos catastróficos, como arco voltaico e intoxicação por H₂S, mas consolida a resiliência operacional como um diferencial competitivo e de segurança jurídica nas organizações.

2 METODOLOGIA

A trajetória metodológica deste capítulo fundamenta-se em uma abordagem qualitativa e exploratória, estruturada por meio de uma revisão bibliográfica integrativa articulada à análise de cenários operacionais reais.

O design da pesquisa visou transcender a teoria genérica, concentrando-se na aplicação de normas regulamentadoras em contextos de engenharia sob condições severas. O recorte temporal de coleta de dados (2020-2026) foi estrategicamente definido para assegurar que a transição normativa da NR-01 e a implementação do Gerenciamento de Riscos Ocupacionais (GRO) constituíssem o eixo central da discussão.

Nesse contexto, a análise integrada de riscos ocupacionais, conforme preconizado por Silva Filho (2021), enfatiza a imperatividade de estruturas normativas e procedimentos sistemáticos para o controle de perigos complexos em ambientes críticos. Esta integração dialoga diretamente com os princípios da confiabilidade operacional e da manutenção estratégica, uma vez que busca mitigar a variabilidade, as falhas latentes e as exposições críticas inerentes a sistemas complexos (Kardec; Nascif, 2019). Sob esta ótica sistêmica, a segurança do trabalho despoja-se de seu caráter acessório para consolidar-se como o núcleo decisório da gestão da manutenção e da resiliência organizacional.

Adicionalmente, em conformidade com as diretrizes da NR-01 (Brasil, 2022), a metodologia incorpora a estruturação do Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR), contemplando a elaboração do inventário de riscos e do plano de ação. Tais instrumentos são tratados não apenas como requisitos de conformidade para inspeção, mas como dispositivos dinâmicos de salvaguarda, devidamente documentados e acessíveis aos trabalhadores, essenciais para a manutenção da integridade funcional em ambientes de missão crítica.

Conforme preconizado por Silva Filho (2021), a análise de riscos em ambientes complexos deve transcender o cumprimento meramente burocrático, integrando os preceitos do Gerenciamento de Riscos Ocupacionais (GRO) ao núcleo estratégico das operações.

O procedimento técnico adotou a abordagem normativa comparativa para correlacionar dispositivos legais a cenários operacionais de missão crítica. Esta escolha justifica-se pela necessidade de observar a interação de vetores de risco distintos em infraestruturas que exigem disponibilidade ininterrupta.

Segundo Kardec e Nascif (2019), a criticidade de tais ativos demanda uma manutenção que assegure a integridade sistêmica, o que, neste estudo, é transposto para três cenários de alta complexidade:

- a) Subestação de 25 MVA com paralelismo de geradores: Representa o risco de alta energia e a imperatividade da continuidade sistêmica, fundamentada nos critérios de seletividade e segurança de Mamede Filho (2017).

- b) Limpeza de tanques (cisternas) de água potável e reuso (ETA/ATA): Introduce a periculosidade de atmosferas perigosas e as dificuldades intrínsecas ao resgate em espaços confinados, sob a ótica da proteção respiratória e monitoramento de gases.
- c) Manutenção de fachada em edificação vertical (20 andares): Materializa o risco de queda em altura sob influência de variáveis climáticas externas e patologias construtivas.

A correlação metodológica desses cenários forma um ecossistema de riscos sobrepostos. Como instrumento de análise, elaborou-se uma Matriz de Riscos específica para cada atividade, estruturada conforme o produto entre frequência e gravidade ($R = F \times G$). Esta técnica de avaliação está em estrita consonância com a NR-01 e as diretrizes de Saliba (2022), que defendem a categorização de riscos para a priorização de medidas preventivas.

Para a quantificação do fator frequência, adotou-se a escala apresentada na Tabela 1, que estabelece critérios de probabilidade variando de 1 (Improvável) a 3 (Muito Provável), considerando o contingente de trabalhadores expostos, a periodicidade das intervenções e o histórico operacional das infraestruturas analisadas.

Tabela 1 – Critérios para Quantificação da Frequência (F)

Nível	Categoria	Descrição Técnica / Periodicidade
1	Improvável	Evento raro, com baixa exposição temporal ou ocorrência excepcional.
2	Provável	Evento possível, com exposição intermitente ou histórico de ocorrências.
	Muito	
3	Provável	Evento recorrente, com exposição contínua ou alta probabilidade de ocorrência.

Fonte: Adaptado conforme critérios da NR-01 e literatura técnica (2026).

De forma análoga à frequência, a magnitude das consequências foi estimada conforme os parâmetros estabelecidos na Tabela 2. Esta escala de severidade considera não apenas o potencial de lesões e agravos à saúde do trabalhador — conforme as diretrizes de Saliba (2022) para a classificação de danos ocupacionais — mas também o impacto sistêmico na continuidade operacional da infraestrutura.

A categorização da gravidade em ambientes de missão crítica exige uma visão multidimensional: o dano é avaliado desde a lesão leve com recuperação imediata até eventos catastróficos que podem resultar em fatalidades ou na indisponibilidade total de serviços essenciais. A partir da interação desses eixos, o Índice de Risco (R) foi quantificado matematicamente pelo produto entre a probabilidade e a severidade, utilizando a expressão fundamental ($R = F \times G$), em alinhamento com os modelos de gestão de riscos discutidos para o cumprimento do PGR/NR-01.

Tabela 2 – Critérios para Classificação da Gravidade (G)

Nível	Classificação	Descrição de Impacto à Saúde e à Operação
1	Leve/Baixa	Lesões autorrecuperáveis ou sem necessidade de afastamento; interrupção sistêmica desprezível.
2	Moderada/Média	Lesões com afastamento temporário ou incapacidade reversível; impacto operacional limitado e contornável.
3	Severa/Alta	Eventos com potencial de fatalidade, incapacidade permanente ou colapso total da infraestrutura de missão crítica.

Fonte: Adaptado conforme critérios da NR-01 e literatura técnica (2026).

A interpretação desse índice e o respectivo escalonamento de urgência estão detalhados no Quadro 3 (Classificação de Riscos). Este quadro estabelece a hierarquia de controle, variando desde o nível "Baixo", onde as ações não são prioritárias, até o nível "Crítico", que exige intervenções emergenciais imediatas. Como apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – IR -Nível de impacto no Sistema

Nível de Risco	Pontuação (IR)	Impacto no Sistema (Perspectiva Sistêmica)	Postura Estratégica e Ação Requerida
Crítico	9	Colapso das barreiras de defesa e iminência de acidente organizacional. Perda total da margem de resiliência, com potencial de danos irreversíveis à vida, ao patrimônio ou ao meio ambiente.	Intervenção Emergencial: Suspensão imediata das operações. Mobilização da alta gestão e implementação de barreiras de engenharia redundantes antes do retorno.
Alto	6	Degradação severa da segurança e vulnerabilidade a falhas latentes. O sistema opera no limite de sua capacidade de tolerância.	Ação Prioritária: Planejamento corretivo em curto prazo (máximo 24h). Revisão imediata dos protocolos operacionais.
Médio	3-4	Desvio dos padrões nominais e erosão gradual das margens de segurança. Risco de incidentes isolados que podem escalar.	Ação Programada: Mitigação através de controles administrativos, reforço de treinamento e monitoramento intensivo.
Baixo	1-2	Variabilidade operacional aceitável. O sistema mantém sua integridade funcional com desvios marginais e controlados.	Monitoramento: Risco tolerável. Manutenção de rotina e análise de tendências para evitar o acúmulo de falhas.

Fonte: Adaptado conforme critérios da NR-01 e literatura técnica (2026).

A convergência entre a natureza dos ambientes de missão crítica e a aplicação de matrizes de risco integradas constitui o cerne metodológico desta abordagem sistêmica. Conforme as premissas de Reason (1990), sistemas complexos são inerentemente suscetíveis a falhas latentes que, se não mapeadas de forma transversal, podem alinhar-se e romper as barreiras de defesa organizacional. Em infraestruturas de missão crítica, onde a tolerância a interrupções é nula, a estruturação da Matriz de Riscos Combinados fundamenta-se na necessidade de gerenciar a interdependência de perigos.

Esta abordagem supera a visão fragmentada da segurança tradicional ao reconhecer que a sobreposição de normas (como as NRs 10, 33 e 35) exige uma barreira de controle multifacetada. Ao utilizar as matrizes como dispositivos de resiliência, o modelo proposto permite a identificação de 'gargalos de

segurança' onde a variabilidade operacional pode escalar para efeitos em cascata. Portanto, a metodologia aqui consolidada não se limita ao cumprimento normativo, mas estabelece, através da integração técnica e estratégica (Kardec; Nascif, 2019), um protocolo de governança voltado à preservação da integridade funcional em cenários de alta severidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação prática da metodologia sistêmica centrou-se em infraestruturas de missão crítica, onde a interrupção de serviços pode acarretar impactos socioeconômicos e riscos ambientais severos. Os cenários analisados revelam que, nestes ambientes, as intervenções de manutenção raramente estão circunscritas a uma única norma regulamentadora. A realidade operacional impõe a coexistência de perigos, exigindo que o gestor de segurança atue sobre a interação de riscos, e não apenas sobre suas manifestações isoladas.

A observação dos ativos evidenciou que falhas de baixa magnitude em componentes individuais podem, através de um efeito em cascata, comprometer a integridade de barreiras de segurança complexas. Conforme a abordagem de Kardec e Nascif (2019), a manutenção nestes contextos deve ser preditiva e estratégica, integrando a segurança como um indicador de confiabilidade.

Análise relativa à atividade de manutenção de subestação, está vinculada a NR 10, esta área é especificamente relacionada a um conjunto de edificações em prédio X, pelo seu tamanho comporta alta e baixa tensão, sendo mais interessante a análise vinculada a alta tensão, cujo o serviço tem características de mais perigoso, sendo passível de uma avaliação mais detalhada. Como apresentado na Tabela 4.

RESILIÊNCIA OPERACIONAL E SEGURANÇA DO TRABALHO: UMA ABORDAGEM SISTÊMICA EM AMBIENTES CRÍTICOS

Tabela 4 – IR -Atividade de Manutenção de Subestação

NÚMERO	PERIGO	RISCO	F	G	IR	CLASSIFICAÇÃO DO RISCO
1	Arco elétrico	Choque elétrico com Risco de Queimaduras graves ou fatalidade	3	3	9	Crítico
2	Contato com parte energizada	Eletrocussão com Risco de Parada cardiorrespiratória	3	3	9	Crítico
3	Falha de LOTO	Energização acidental com Risco de Fatalidade	2	3	6	Alto
4	Curto-circuito	Explosão de painel com Risco de Danos estruturais graves	2	3	6	Alto
5	Falha de aterramento	Choque indireto com Risco de Lesão grave	2	3	6	Alto
6	Sobretensão	Dano sistêmico com Risco de Interrupção operacional	2	3	6	Alto
7	Manobra incorreta	Desarme geral com Risco de Blackout parcial	2	3	6	Alto
8	Painel energizado aberto	Contato acidental com Risco de Lesão grave	3	3	9	Crítico
9	Superaquecimento	Incêndio com Risco de Perda patrimonial	1	3	3	Médio
10	Cabos deteriorados	Curto elétrico com Risco de Incêndio	2	3	6	Alto
11	Ferramenta inadequada	Descarga elétrica com Risco de Queimadura	2	3	6	Alto
12	Iluminação insuficiente	Erro operacional com Risco de Acidente grave	2	3	6	Alto
13	Umidade	Descarga elétrica com Risco de Choque	2	3	6	Alto
14	Equipamento obsoleto	Falha crítica com Risco de Risco severo	2	3	6	Alto
15	Gerador mal sincronizado	Sobrecarga com Risco de Dano sistêmico	2	3	6	Alto
16	Fadiga do operador	Erro humano com Risco de Acidente elétrico	2	3	6	Alto
17	Falta de inspeção	Falha súbita com Risco de Colapso operacional	2	3	6	Alto
18	Falta de sinalização	Acesso indevido com Risco de Acidente grave	2	2	4	Médio
19	Espaço reduzido	Dificuldade de fuga com Risco de Lesão grave	2	3	6	Alto
20	Ausência de treinamento	Procedimento incorreto com Risco de Acidente crítico	2	2	4	Médio

Fonte: Os autores

A análise apresentada na Tabela 4, tem como os cenários de maior periculosidade, notadamente o arco elétrico e a queda de altura, atingem o teto da escala (IR 9), classificando-os como riscos críticos que

exigem a implementação de barreiras de engenharia redundantes e protocolos de isolamento de energias perigosas, como o sistema LOTO.

A predominância de riscos de nível alto (IR 6) indica que, embora as medidas preventivas baseadas nas normas NR-10 e NR-35 estejam tecnicamente estruturadas, o sistema opera com uma margem de resiliência estreita, onde falhas latentes em controles administrativos ou na fadiga de materiais podem elevar o risco residual a patamares inaceitáveis.

Portanto, a eficácia das medidas de controle observadas não reside apenas na conformidade normativa, mas na capacidade de manutenção das barreiras de defesa através de supervisão técnica contínua e checklists pré-operacionais, garantindo que o desvio dos padrões nominais não resulte em incidentes sistêmicos ou fatalidades.

A análise da atividade de limpeza de cisternas revela um cenário operacional de alta periculosidade, onde o risco de asfixia e intoxicação atmosférica atinge o Índice de Risco (IR) 9, caracterizando, segundo a Tabela 5.

Tabela 5 – IR -Atividade de Limpeza de Cisterna

NÚMERO	PERIGO	NORMA VIGENTE	RISCO	F	G	IR	CLASSIFICAÇÃO DO RISCO
1	Atmosfera pobre em O2	NR-33	Asfixia com Risco de Fatalidade	3	3	9	CRÍTICO
2	Presença de H2S	NR-33	Intoxicação com Asfixia de Morte	3	3	9	CRÍTICO
3	Engolfamento	NR-33	Soterramento com Intoxicação de Fatalidade	2	3	6	ALTO
4	Queda no acesso	NR-33	Trauma com Soterramento de Fratura grave	2	3	6	ALTO
5	Ventilação insuficiente	NR-33	Acúmulo de gases com Trauma de Intoxicação grave	2	3	6	ALTO
6	Falha no monitoramento	NR-33	Exposição invisível com Acúmulo de gases de Fatalidade	2	3	6	ALTO
7	Resgate inadequado	NR-33	Atraso socorro com Exposição invisível de Fatalidade	2	3	6	ALTO
8	Iluminação deficiente	NR-33	Tropeço com Atraso socorro de Lesão	2	1	2	BAIXO
9	Escada instável	NR-33	Queda com Tropeço de Fratura	2	1	2	BAIXO

RESILIÊNCIA OPERACIONAL E SEGURANÇA DO TRABALHO: UMA ABORDAGEM SISTÊMICA EM AMBIENTES CRÍTICOS

10	Choque elétrico bomba	NR-33	Eletrocussão com Queda de Fatalidade	2	3	6	ALTO
11	Contaminação biológica	NR-33	Infecção com Eletrocussão de Doença ocupacional	2	3	6	ALTO
12	Falta de PET	NR-33	Execução insegura com Infecção de Acidente crítico	2	3	6	ALTO
13	Comunicação falha	NR-33	Erro coordenação com Execução insegura de Acidente grave	2	3	6	ALTO
14	Fadiga térmica	NR-33	Exaustão com Erro coordenação de Mal súbito	2	3	6	ALTO
15	Acesso restrito	NR-33	Dificuldade evacuação com Exaustão de Lesão grave	2	3	6	ALTO
16	Supervisão ausente	NR-33	Erro procedimento com Dificuldade evacuação de Acidente grave	2	3	6	ALTO
17	Falta de treinamento	NR-33	Procedimento incorreto com Erro procedimento de Lesão grave	2	3	6	ALTO
18	Tempo excessivo confinado	NR-33	Exaustão com Procedimento incorreto de Mal súbito	2	3	6	ALTO
19	Equipamento inadequado	NR-33	Falha operacional com Exaustão de Acidente grave	2	3	6	ALTO
20	Pressão operacional	NR-33	Erro humano com Falha operacional de Acidente	2	3	6	ALTO

Fonte: Os autores

De acordo com a análise realizada por meio da matriz de riscos apresentados na Tabela 5, pode-se adotar como medida de prevenção o sistema de defesa repousa sobre a Permissão de Trabalho (PT) e o monitoramento atmosférico contínuo, que atuam como barreiras preventivas indispensáveis para garantir a integridade da atmosfera interna.

Além disso, a implementação de simulados periódicos de resgate e auditorias operacionais estabelece uma camada de proteção administrativa voltada à resposta a emergências e à correção de falhas latentes.

Essa postura estratégica garante que, mesmo diante da degradação das condições nominais, existam protocolos de engenharia e gestão redundantes capazes de evitar danos irreversíveis. Conclui-se que a

segurança nesta operação não é estática, mas dependente de um monitoramento rigoroso e de uma prontidão operacional que neutralize a erosão das margens de segurança inerentes ao espaço confinado.

A outra atividade analisada é a limpeza de fachada, deste condomínio empresarial, especificamente a realização da limpeza de vidros externos. A Tabela 6, propicia a análise de risco, por meio da matriz.

Tabela 6 – IR -Atividade de Limpeza de Fachada

NÚMERO	PERIGO	NORMA VIGENTE	RISCO	F	G	IR	CLASSIFICAÇÃO DO RISCO
1	Queda de trabalhador	NR-35	Queda em altura com Risco de Fatalidade	3	3	9	CRÍTICO
2	Rompimento ancoragem	NR-35	Queda livre com Risco de Morte	2	3	6	ALTO
3	Quebra de vidro	NR-35	Corte profundo com Risco de Lesão grave	2	3	6	ALTO
4	Queda de material	NR-35	Atingir terceiros com Risco de Lesão grave	2	3	6	ALTO
5	Vento forte	NR-35	Desequilíbrio com Risco de Queda	2	3	6	ALTO
6	Falha linha de vida	NR-35	Queda com Risco de Fatalidade	2	3	6	ALTO
7	Uso incorreto cinto	NR-35	Desconexão com Risco de Queda	2	3	6	ALTO
8	Andaime mal fixado	NR-35	Instabilidade com Risco de Queda grave	2	3	6	ALTO
9	Ferramenta solta	NR-35	Queda objeto com Risco de Trauma	2	3	6	ALTO
10	Fadiga	NR-35	Erro humano com Risco de Acidente	2	3	6	ALTO
11	Chuva	NR-35	Escorregamento com Risco de Queda	2	3	6	ALTO
12	Superfície molhada	NR-35	Escorregão com Risco de Fratura	2	2	4	MÉDIO
13	Falta de APR	NR-35	Execução insegura com Risco de Acidente grave	2	3	6	ALTO

RESILIÊNCIA OPERACIONAL E SEGURANÇA DO TRABALHO: UMA ABORDAGEM SISTÊMICA EM AMBIENTES CRÍTICOS

14	Comunicação falha	NR-35	Erro coordenação com Risco de Acidente	2	2	4	MÉDIO
15	Acesso improvisado	NR-35	Instabilidade com Risco de Queda	2	3	6	ALTO
16	Falta de treinamento	NR-35	Procedimento incorreto com Risco de Queda	2	3	6	ALTO
17	Vidro mal fixado	NR-35	Desprendimento com Risco de Lesão grave	2	3	6	ALTO
18	Falta de isolamento área	NR-35	Atingir pedestre com Risco de Lesão grave	3	3	9	CRÍTICO
19	Exposição solar intensa	NR-35	Mal súbito com Risco de Queda	2	2	4	MÉDIO
20	Equipamento desgastado	NR-35	Falha estrutural com Risco de Acidente grave	3	3	9	CRÍTICO

Fonte: Adaptado de Mello(2026)

A análise da atividade de substituição de vidros em fachadas revela um cenário de alta severidade operacional, onde perigos como a queda de trabalhadores, a falha de isolamento da área e o uso de equipamentos desgastados atingem o Índice de Risco (IR) 9.

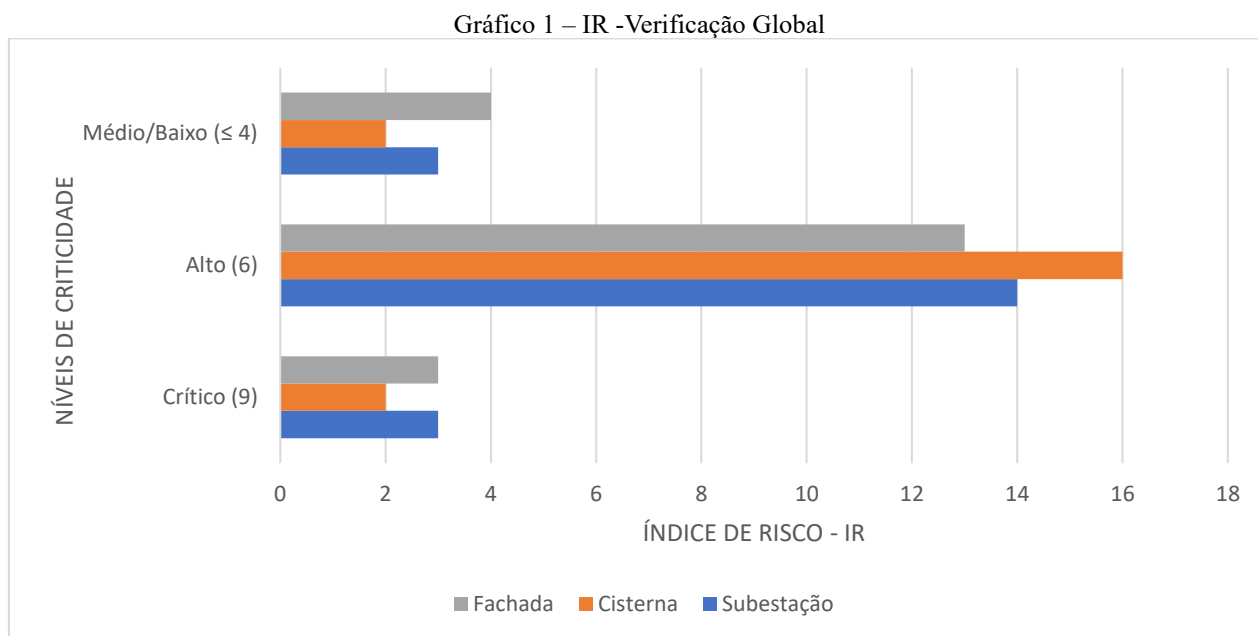
De acordo com os critérios da Tabela 6, essa pontuação sinaliza uma iminência de acidente organizacional, exigindo que a margem de resiliência seja sustentada por barreiras de engenharia e administrativas rigorosas.

Neste contexto, a adoção de linhas de vida certificadas configura-se como a barreira técnica primordial para garantir a retenção de quedas e a integridade física do colaborador. Entretanto, a eficácia dessa barreira física é dependente de um ciclo de gestão contínuo, composto pela inspeção prévia e pelo checklist diário. Essas medidas garantem a detecção precoce de anomalias estruturais ou desgaste de materiais, impedindo que falhas latentes — como o rompimento de ancoragens ou a fadiga de componentes — escalem para eventos catastróficos.

Complementarmente, a supervisão técnica permanente atua como uma camada de proteção dinâmica, capaz de mitigar riscos de nível alto (IR 6) associados ao comportamento humano e às variáveis ambientais, como ventos fortes e o uso incorreto de equipamentos de proteção individual. A integração dessas medidas preventivas assegura que o sistema não apenas cumpra os requisitos normativos da NR-35, mas mantenha uma postura estratégica de vigilância, onde a sobreposição de controles técnicos e

fiscalização contínua neutraliza a erosão das margens de segurança inerentes ao trabalho em altura de grande complexidade.

Para realizar uma análise global foi utilizado o Gráfico 1, com os três cenários, assim amplia-se a percepção dos riscos e atividades



Fonte: Os autores

A análise global dos Índices de Risco (IR) para as atividades de infraestrutura avaliadas demonstra uma elevada carga de periculosidade operacional, com a vasta maioria dos perigos situados em zonas de controle obrigatório (IR 6). O perfil comparativo revela que, embora as naturezas dos riscos sejam distintas — variando entre o ambiente confinado da limpeza de cisternas, a alta tensão nas subestações e o trabalho em altura nas fachadas —, a distribuição da severidade apresenta um padrão de criticidade sistêmica.

A limpeza de cisternas caracteriza-se pela maior constância de risco elevado, concentrando 80% de seus eventos na faixa de Risco Alto, o que demanda um monitoramento administrativo e atmosférico onipresente. Em contrapartida, as atividades de manutenção elétrica e de fachadas, apesar de apresentarem maior variabilidade, detêm os maiores picos de severidade máxima (15% em IR 9), evidenciando cenários onde a falha de uma barreira única pode resultar em fatalidades imediatas.

A integração desses resultados aponta que a resiliência das operações não depende apenas da conformidade individual com as Normas Regulamentadoras (NR-10, NR-33 e NR-35), mas de um modelo de gestão que sustente barreiras preventivas redundantes.

A eficácia observada no controle desses riscos é condicionada à aplicação rigorosa de protocolos de engenharia, como o sistema LOTO e linhas de vida certificadas, sobrepostos por medidas de vigilância ativa, incluindo inspeções prévias, checklists diários e supervisão técnica permanente.

Conclui-se que o panorama global de riscos exige uma postura estratégica de tolerância zero aos desvios em itens críticos e uma manutenção contínua das margens de segurança, garantindo que a integridade física dos trabalhadores seja preservada diante da severidade inerente às atividades de manutenção de serviços essenciais.

4 CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou que a gestão da segurança em ambientes de missão crítica transcende o cumprimento burocrático de normas isoladas, exigindo uma arquitetura de governança integrada fundamentada na resiliência operacional. A análise quantitativa dos cenários de subestações de 25 MVA, limpeza de cisternas e manutenção de fachadas evidenciou que infraestruturas de alta disponibilidade operam sob um regime de riscos sobrepostos, onde a falha de uma barreira única pode desencadear eventos de magnitude catastrófica.

Os resultados obtidos através da Matriz de Riscos Combinados revelaram que, enquanto atividades em espaços confinados (NR-33) apresentam uma periculosidade latente e constante — com 80% dos riscos situados no patamar Alto —, as intervenções elétricas (NR-10) e em altura (NR-35) concentram picos de criticidade máxima (IR 9) em 15% dos cenários avaliados. Esta distinção estatística confirma que a resiliência sistêmica não é um estado estático, mas um resultado da manutenção ativa de barreiras de defesa redundantes, como os protocolos LOTO, as linhas de vida certificadas e o monitoramento atmosférico contínuo.

Conclui-se que a convergência normativa entre as NR-10, NR-33 e NR-35, quando articulada pelo Gerenciamento de Riscos Ocupacionais (GRO), constitui o fator determinante para a continuidade de serviços essenciais e a preservação da vida humana. A postura estratégica de "tolerância zero" a desvios em itens críticos, associada à supervisão técnica permanente e ao ciclo de inspeções diárias, permite que as organizações neutralizem a erosão das margens de segurança inerentes a sistemas complexos. Desta forma, a segurança do trabalho consolida-se não como um óbice operacional, mas como um pilar estratégico de confiabilidade e sustentabilidade jurídica para infraestruturas de alta severidade.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora nº 01**: Disposições Gerais e Gerenciamento de Riscos Ocupacionais. Brasília: MTE, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br>. Acesso em: 13 mar. 2026.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora nº 10**: Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. Brasília: MTE, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br>. Acesso em: 01 mar. 2026.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora nº 33**: Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados. Brasília: MTE, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br>. Acesso em: 01 mar. 2026.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora nº 35**: Trabalho em Altura. Brasília: MTE, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br>. Acesso em: 13 mar. 2026.

KARDEC, Allan; NASCIF, Júlio. **Manutenção**: função estratégica. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2019.

MELLO, Leandro Augusto José de. **A convergência das Normas Regulamentadoras 10, 33 e 35 na gestão de manutenção de ambientes de missão crítica: uma revisão bibliográfica e análise de cenários reais**. 2026. [Inserir o número de folhas] f. [Inserir o Tipo de Trabalho, ex: Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho)] – Faculdade Iguaçu, Capanema, PR, 2026.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações elétricas industriais**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

SALIBA, Tuffi Messias. **Curso básico de segurança e higiene ocupacional**. 9. ed. São Paulo: LTr, 2018.

SILVA FILHO, José Augusto da. **Segurança do trabalho**: gerenciamento de riscos ocupacionais – GRO/PGR. São Paulo: LTr, 2021.