ConBRepro
XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
EVENTO ON-LINE
02 a 04 de dezembro de 2026
Inovação e Transformação Digital como Estratégia Competitiva nas Engenharias

Avaliação da Gestão de Riscos Ocupacionais na Manutenção de Máquinas de Via Ferroviária

Giovanna Brito de Araújo
Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas – UTFPR - PB
Sandro César Bortoluzzi
Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas – UTFPR - PB

Resumo: A manutenção de máquinas de via ferroviária compreende atividades de elevado risco ocupacional, nas quais a gestão de segurança e saúde no trabalho exige acompanhamento sistemático e alinhamento com requisitos normativos. Neste contexto, o objetivo deste estudo é construir um modelo de avaliação de desempenho que possa apoiar ações de melhoria na gestão de riscos ocupacionais, em conformidade com as diretrizes da norma ISO 45001. A Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão Construtivista (MCDA-C) foi utilizada como instrumento de intervenção. A pesquisa possui caráter descritivo e abordagem qualiquantitativa. A partir da realidade operacional da área de manutenção, foi possível elaborar o modelo de avaliação de desempenho por meio das fases de estruturação, avaliação e recomendações. O modelo permitiu identificar pontos críticos e elaborar recomendações de melhoria, orientando a tomada de decisão em direção a níveis mais elevados de segurança e conformidade.

Palavras-chave: Gestão de Riscos Ocupacionais, MCDA-C, ISO 45001, Segurança e Saúde no Trabalho, Máquinas de Via.

Assessment of Occupational Risk Management in Railway Track Machinery Maintenance

Abstract: Maintenance of railway track machinery involves high occupational-risk activities, where occupational health and safety management demands systematic monitoring and compliance with regulatory requirements. Against this backdrop, the objective of this study is to develop a performance evaluation model capable of supporting improvement initiatives in occupational risk management, in accordance with the guidelines set out in ISO 45001. The Multicriteria Decision Aid - Constructivist (MCDA-C) methodology was employed as the research intervention tool. This study adopts a descriptive design with a mixed-methods (qualitative and quantitative) approach. Drawing on the operational reality of the maintenance department, the performance evaluation model was developed through three stages: structuring, assessment, and recommendation formulation. The model enabled the identification of critical gaps and the drafting of targeted improvement recommendations, guiding decision-making toward enhanced safety standards and regulatory compliance

Keywords: Occupational Risk Management, MCDA-C, ISO 45001, Occupational Health and Safety, Track Machinery

1. Introdução

A segurança ferroviária é um elemento essencial para a confiabilidade das operações e para a prevenção de acidentes em um ambiente caracterizado por atividades complexas e exposição a diversos perigos. Nesse contexto, o sistema ferroviário exige manutenção rigorosa para garantir que os ativos de infra e superestrutura suportem, com confiabilidade, o tráfego de trens e as forças atuantes. Ressalta-se que a manutenção não deve limitar-se a ações corretivas: cada elemento da Via Permanente requer acompanhamento preventivo e proativo, conciliando produtividade e segurança (Dias; Serra; Lima, 2021).

Essa garantia é assegurada, em grande medida, pelas Máquinas de Via, equipamentos essenciais à conservação da malha, mas que, por sua vez, demandam manutenção em processo de elevada complexidade, sujeito a múltiplas condições inseguras (VALE, 2024). Embora a norma ISO 45001 estabeleça diretrizes claras para a implementação, avaliação e melhoria contínua de sistemas de gestão de segurança e saúde no trabalho, observa-se, na prática, dificuldade em mapear, mensurar e priorizar de forma sistemática e integrada o desempenho das ações de gestão de riscos.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo apoiar a liderança na avaliação e no aprimoramento da gestão de riscos ocupacionais na área de manutenção de Máquinas de Via, por meio da aplicação da Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão Construtivista (MCDA-C), em conformidade com as diretrizes da norma ISO 45001.

Este artigo está dividido em cinco seções. Após esta introdução, que apresenta a contextualização do tema, delimita o problema de pesquisa e define o objetivo do trabalho, a segunda seção traz o referencial teórico, abordando a gestão de riscos ocupacionais, os requisitos da norma ISO 45001 e os fundamentos da Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão Construtivista (MCDA-C). A terceira seção descreve os procedimentos metodológicos adotados. A quarta seção apresenta os resultados obtidos. Por fim, a quinta seção expõe as conclusões, destacando as contribuições, as limitações e as perspectivas de continuidade do estudo.

2. Referencial teórico

2.1 Gestão de riscos ocupacionais e segurança na manutenção

A manutenção é uma parte da organização que tem influência tanto nos custos gerados pelos ativos, quanto nas receitas, pois depende de tal atividade manter os equipamentos da organização com uma disponibilidade adequada para que a mesma possa produzir bens ou serviços com intuito de atender seus clientes (Verri, 2012). Otani e Machado (2008) afirmam que a manutenção, como função estratégica das organizações, é responsável direta pela disponibilidade dos ativos e tem importância capital nos resultados da empresa. Esses resultados serão tanto melhores quanto mais eficaz for a gestão da manutenção.

Nesse contexto, para que haja disponibilidade física de ativos e atendimento ao cliente, é preciso garantir a segurança ocupacional dos envolvidos no processo, sendo assim, é indispensável a gestão de riscos. Segundo Iida e Guimarães (2016), a segurança do trabalho compreende o reconhecimento, a avaliação e o controle das condições perigosas e dos fatores de risco presentes no ambiente laboral, visando prevenir acidentes e proteger a saúde e a integridade física do trabalhador. Para Evangelista (2022), ao analisar diversos indicadores de acidentes no processo de manutenção ferroviária, a gestão de riscos deve ser conduzida de forma mais cuidadosa, em razão das implicações ambientais, sociais e humanas envolvidas nesses sinistros

Simonei (2018) aponta três fatores que ele considera essencial e que podem compor a fórmula de Monteiro (2018) para a gestão de risco no transporte ferroviário, o planejamento,

que envolve a coleta de informação, a organização do trabalho e o método aplicado na gestão, a avaliação, consideradas as ameaças, os riscos e oportunidade de mitigações são analisadas a partir do método utilizado, e o tratamento, a identificação e avaliação das medidas a serem tomadas para mitigar o acidente observado.

A gestão de riscos na manutenção consiste em identificar, avaliar e mitigar todos os riscos potenciais antes, durante e após a execução dos serviços. Essa abordagem não apenas preserva vidas e a integridade física dos trabalhadores, mas também evita perdas operacionais e retrabalhos dispendiosos, contribuindo para uma cadeia produtiva mais confiável (Stahl Engenharia, 2025)

2.2 Sistema de gestão de saúde e segurança ocupacional e ISO 45001

A gestão de saúde e segurança ocupacional compreende o planejamento sistemático e a implementação de medidas e diretrizes voltadas à totalidade dos aspectos relacionados à proteção, à segurança e à integridade do trabalhador em seu ambiente laboral. Trata-se de uma questão inerente à gestão organizacional que, há muito tempo, demanda prioridade destacada nas ações e nas decisões da empresa (Dayankac, 2025)

Conforme Barreto (2011), o sistema de gestão de saúde e segurança ocupacional tem por finalidade promover a qualidade de vida no trabalho, protegendo a saúde e preservando o bem mais valioso da organização, a vida dos trabalhadores. Contudo, nem todas as organizações conseguem implementar um sistema eficiente e eficaz, seja por insuficiência de conhecimento, limitações de recursos financeiros, falta de apoio especializado ou pela existência de fatores que dificultam e comprometem a implantação bem-sucedida do sistema.

A norma internacional ISO 45001:2018 estabelece, de forma estruturada, os requisitos para um sistema de gestão de saúde e segurança ocupacional, com o propósito de permitir à organização proporcionar ambientes de trabalho seguros e saudáveis, prevenir lesões e comprometimento à saúde relacionados à atividade laboral e promover a melhoria contínua do desempenho nessa área. A norma adota uma abordagem por processos, fundamentada no ciclo PDCA, e organiza-se em dez cláusulas que abrangem o contexto da organização, liderança e participação dos trabalhadores, planejamento, apoio, operação, avaliação de desempenho e melhoria contínua (ABNT, 2018).

Conforme Dayankac (2025), a implementação de um sistema estruturado alinhado à ISO 45001 possibilita tratar de forma integrada a segurança e a proteção da saúde no trabalho, harmonizando sinergicamente ações que, frequentemente, são conduzidas de maneira isolada nas organizações. Dessa forma, a norma não apenas orienta o cumprimento de requisitos legais e normativos, mas também oferece um referencial capaz de preencher lacunas estruturais que dificultam a implantação bem-sucedida mencionada por Barreto (2011), ao dispor de diretrizes claras sobre liderança, alocação de recursos, competência, comunicação e participação dos trabalhadores.

2.3 A convergência entre a MCDA-C e a gestão de riscos ocupacionais

A gestão de riscos ocupacionais compreende um processo sistemático de identificação, análise, avaliação e tratamento de perigos, com vistas à proteção da saúde e da integridade dos trabalhadores, conforme estabelecido nos requisitos da norma ISO 45001 (ABNT, 2018). Trata-se, em essência, de um processo decisório no qual múltiplos fatores devem ser reconhecidos, ponderados e priorizados. É nesse ponto que a convergência entre a gestão de riscos e a metodologia MCDA-C se torna evidente, ambos partem da premissa de que o risco não pode ser reduzido a um indicador unidimensional, devendo ser

compreendido em sua totalidade e segundo a percepção daqueles que convivem com ele na prática (Ensslin et al., 2022).

A ISO 45001 exige que a avaliação de riscos considere a diversidade de fatores presentes no ambiente de trabalho (ABNT, 2018). O MCDA-C, por sua vez, oferece um caminho estruturado para realizar essa integração (ENSSLIN; MONTIBELLER NETO; NORONHA, 2001). A fase de estruturação corresponde à etapa de identificação: por meio de entrevistas com o decisor, organizam-se as preocupações e transformam-se em critérios de avaliação, atendendo ao princípio de que o conhecimento sobre o que é relevante deve ser construído a partir da realidade organizacional (ENSSLIN et al., 2001). A fase de avaliação, por sua vez, corresponde à transformação das escalas ordinais em cardinais e identificar as taxas de compensação (Bana e Costa; Vansnick, 1995).

A fase de recomendação alinha-se diretamente ao requisito de tratamento de riscos previsto na Cláusula 6.1 da ISO 45001, ao consolidar o desempenho e direcionar ações de melhoria fundamentadas em dados mensuráveis. Dessa forma, a MCDA-C não apenas atende aos requisitos normativos, mas operacionaliza a própria gestão de riscos, preenchendo a lacuna apontada por Barreto (2011), que é a dificuldade de traduzir requisitos em práticas eficazes quando não há um método estruturado que considere a multiplicidade de fatores e a visão da liderança. Conforme Dayankac (2025), a segurança ocupacional só se efetiva quando há abordagem estruturada, e é exatamente essa estrutura que o MCDA-C proporciona, permitindo que a avaliação de riscos se transforme em conhecimento organizado e em decisões fundamentadas (Ensslin et al., 2022).

3. Metodologia da pesquisa

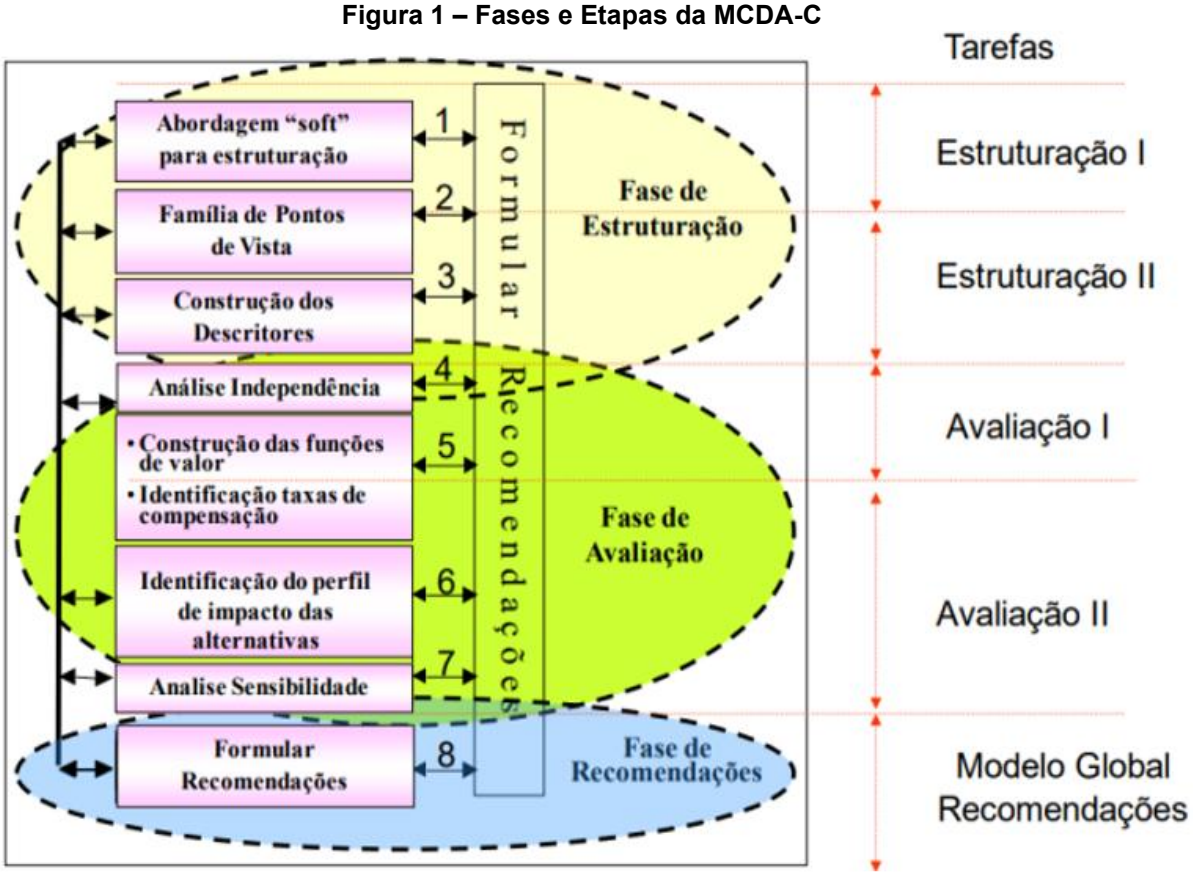
Os processos metodológicos da presente pesquisa a caracterizam como de natureza aplicada, uma vez que esta se concentra em torno dos problemas presentes nas atividades das instituições, organizações, grupos ou atores sociais, sendo este tipo de pesquisa empenhado na elaboração de diagnósticos, identificação de problemas e busca de soluções (Thiollent, 2009).

Este estudo seguiu uma abordagem qualitativa-quantitativa, no qual, de acordo com Caulliraux et al. (2007), na pesquisa cuja abordagem é qualitativa, o ambiente natural é fonte direta para coleta de dados, interpretação de fenômenos e atribuição de significados, já o método de abordagem quantitativa é caracterizado pelo emprego da quantificação por meio de técnicas estatísticas. Nesta pesquisa, a etapa qualitativa envolve a fase de estruturação do modelo e a etapa quantitativa na fase de avaliação do modelo. Em relação aos objetivos, caracteriza-se como pesquisa descritiva, ao estruturar, mensurar e propor melhorias em um modelo de avaliação de riscos.

A Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão Construtivista (MCDA-C) é uma metodologia que apoia na construção de modelos de decisão em ambientes complexos, com múltiplos fatores e critérios. A tomada de decisão complexa considera a perspectiva do decisor no levantamento do problema a ser resolvido (Ensslin et al., 2013).

A organização do processo na MCDA-C desenvolve-se em três fases: estruturação, avaliação e recomendações (Ensslin; Montibeller Neto; Noronha, 2001). Cada uma delas compreende um conjunto de etapas, conforme representado na Figura 1.

Figura 1 – Fases e Etapas da MCDA-C



Fonte: Ensslin et al. (2001)

Na fase de estruturação, por meio de entrevistas semiestruturadas com o decisor, identificaram-se preocupações, dificuldades e valores relacionados à gestão de riscos. Complementarmente, consultaram-se documentos normativos e registros operacionais. As preocupações foram agrupadas em Pontos de Vista Fundamentais (PVFs). Em seguida, construíram-se mapas cognitivos e a Estrutura Hierárquica de Valor (EHV), com os respectivos descritores de desempenho (Ensslin et al., 2013).

A fase de avaliação iniciou-se pela verificação de independência entre os critérios. Em seguida utilizou-se o software M-MACBETH para converter escalas qualitativas em funções de valor e para estabelecer as taxas de compensação entre os critérios, com apoio da matriz de Roberts (1979). A consistência do modelo foi aferida por meio de análise de sensibilidade, com variação de ±10% nas taxas de compensação (Ensslin et al., 2013).

Na fase de recomendação, identificaram-se os pontos de menor desempenho e elaboraram-se ações de melhoria organizadas por meio da metodologia 5W2H, com vistas a elevar o nível de conformidade e segurança, em consonância com a ISO 45001 (Ensslin et al., 2013).

O percurso metodológico ora descrito, estruturação, avaliação e recomendação, estabelece a base para a apresentação do modelo construído e dos achados obtidos. Os resultados, com a estrutura hierárquica de valor, as taxas de compensação, o diagnóstico de desempenho e as proposições de melhoria, são detalhados na seção a seguir.

3.1 Declaração sobre o uso de Inteligência Artificial

Durante a elaboração deste trabalho, foi utilizado o Microsoft Copilot como ferramenta de apoio à revisão gramatical e adequação das referências bibliográficas às normas da ABNT.

O uso da ferramenta limitou-se à normalização do texto, não tendo participado da definição do problema de pesquisa, da construção do modelo metodológico, da coleta e análise dos dados, da interpretação dos resultados ou da elaboração das conclusões, que permaneceram sob integral responsabilidade dos autores.

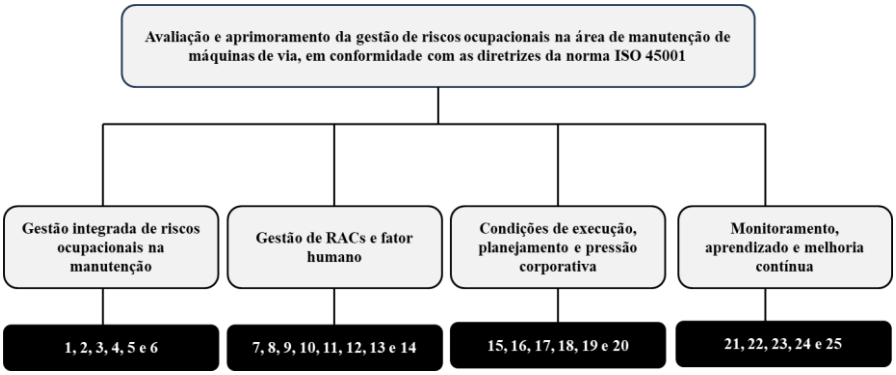
4. Resultados

4.1 Fase de estruturação

A partir da interação com o decisor, definiu-se o contexto decisório da manutenção de máquinas de via voltada à correção geométrica da malha ferroviária e os atores envolvidos no processo. As preocupações identificadas foram agrupadas em 4 Pontos de Vista Fundamentais (PVFs), estruturadas por meio de entrevistas com o decisor e da NBR ISO 45001, que abrangem o contexto organizacional, a liderança, o planejamento, o apoio, a operação e a melhoria contínua do sistema de gestão de segurança e saúde no trabalho.

Na Figura 2 é apresentado os PVFs do modelo de apoio à decisão no contexto da avaliação e aprimoramento da gestão de riscos ocupacionais na área de manutenção de máquinas de via, em conformidade com as diretrizes da norma ISO 45001. Os PVFs elaborados, em conjunto com o decisor são: gestão integrada de riscos ocupacionais na manutenção, gestão de RACs e fator humano, condições de execução, planejamento e pressão corporativa e monitoramento, aprendizado e melhoria contínua.

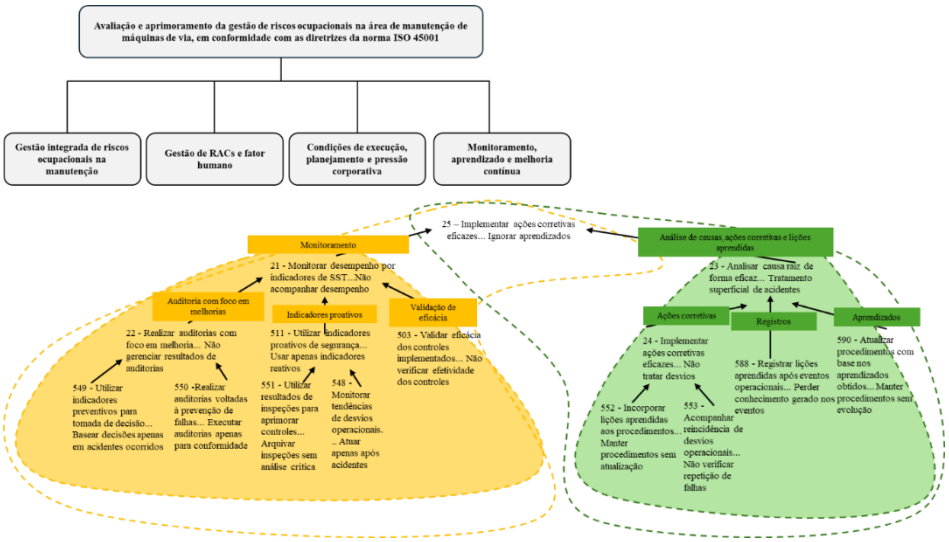
Figura 2 – PVFs do modelo de apoio à decisão



Fonte: Dados da pesquisa (2026)

Na Figura 3, é apresentado o mapa cognitivo do PVF “Monitoramento, Aprendizado e Melhoria Contínua”, evidenciando as relações entre os aspectos relevantes.

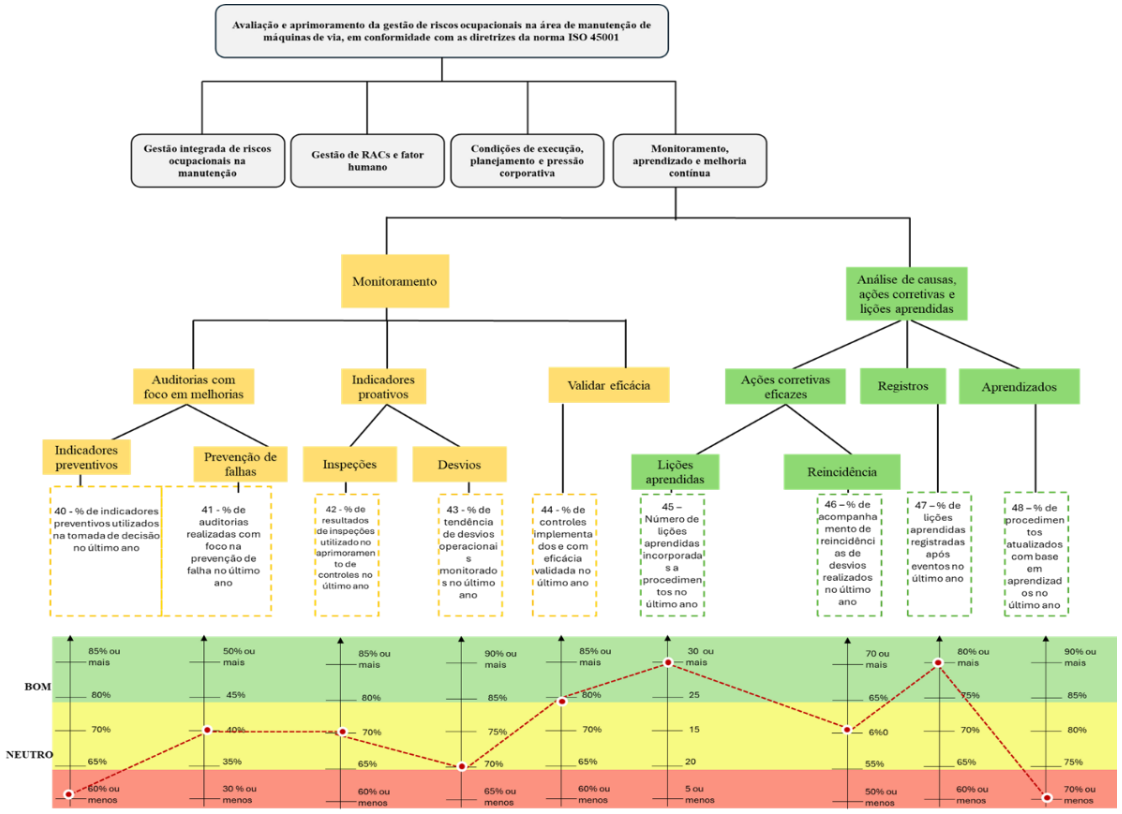
Figura 3 – Mapa cognitivo – Monitoramento, aprendizado e melhoria contínua



Fonte: Dados da pesquisa (2026)

A Figura 4 detalha a Estrutura Hierárquica de Valor do PVF “Monitoramento, aprendizado e melhoria contínua”, com seus descritores e o status quo avaliado.

Figura 4 - Estrutura Hierárquica de Valor do PVF “Monitoramento, aprendizado e melhoria contínua”



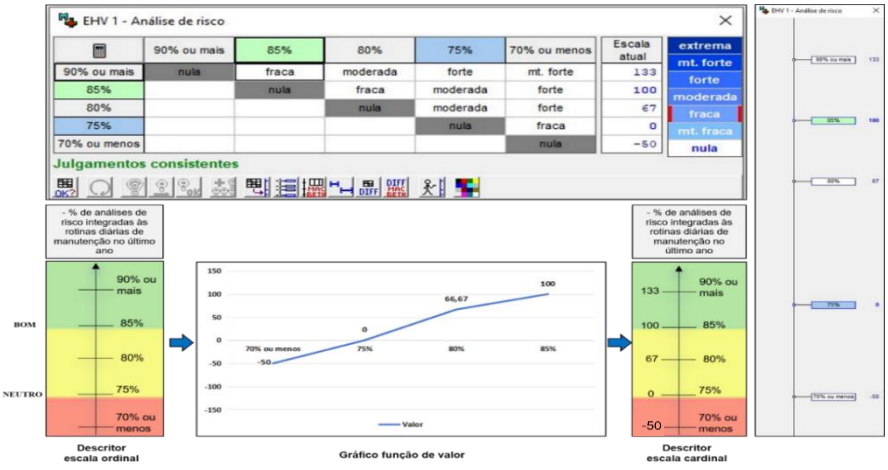
Fonte: Dados da pesquisa (2026)

4.2 Fase de avaliação

Esta seção apresenta os resultados obtidos na fase de avaliação do modelo, etapa em que as escalas qualitativas foram convertidas em medidas quantitativas de desempenho, em conformidade com os princípios da metodologia MCDA-C.

A Figura 5 exemplifica essa conversão, com a Função de Valor construída para o descritor “Análise de Risco”, demonstrando como critérios qualitativos (escalas ordinais) foram transformados em escalas cardinais.

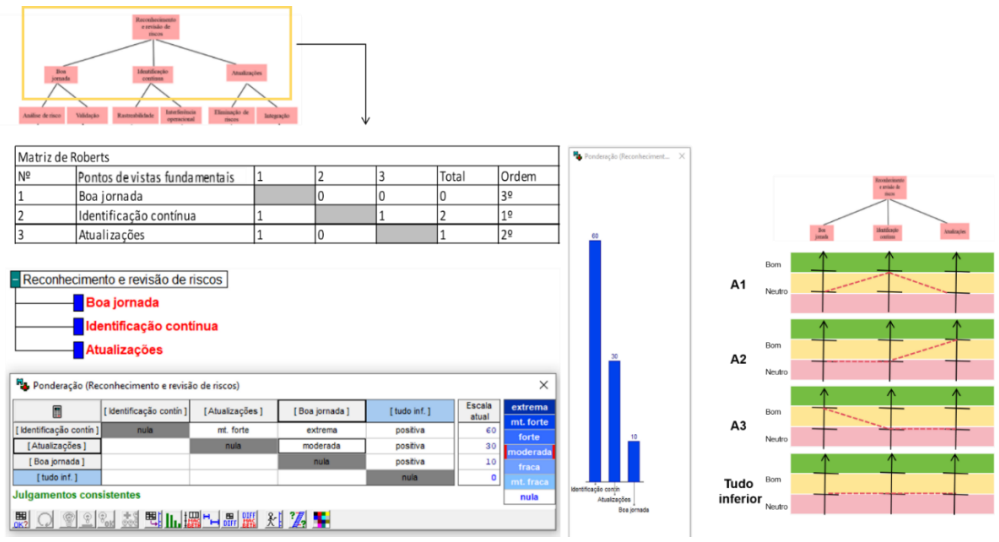
Figura 5 - Transformação da escala ordinal em escala cardinal EHV 1 – “Análise de Risco”



Fonte: Dados da pesquisa (2026)

Em seguida, definiram-se as taxas de compensação. A Figura 6 apresenta o conjunto completo de taxas para a dimensão “Reconhecimento e Revisão de Riscos”.

Figura 6 - Taxas de compensação para “reconhecimento e revisão de riscos”



Fonte: Dados da pesquisa (2026)

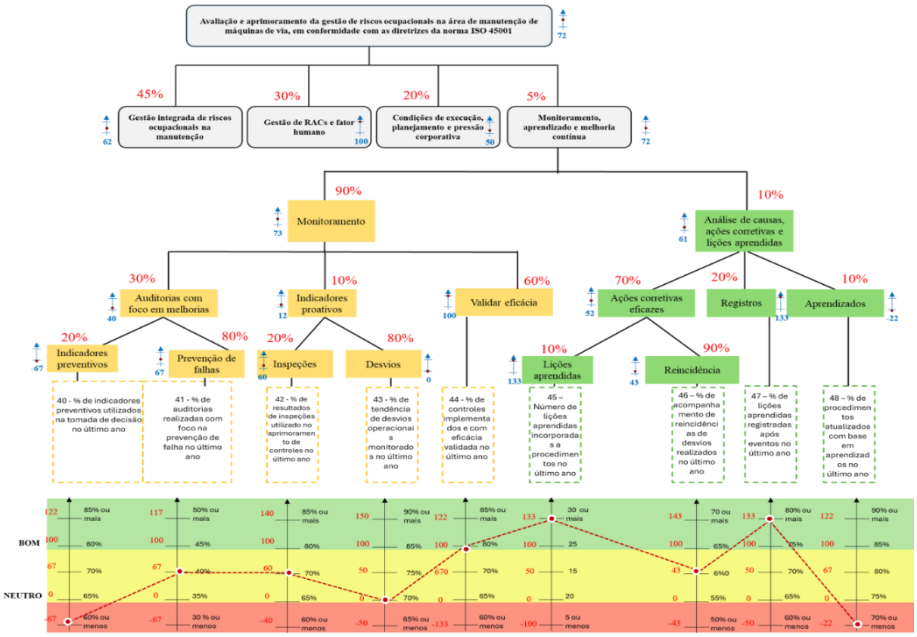
O processo de elaboração das taxas de compensação resultou na seguinte distribuição: Gestão Integrada de Riscos na Manutenção com 45%, sendo a maior taxa, alinhado à prioridade conferida ao planejamento e controle de riscos, Gestão de Riscos e Fator

Humano, com 30%, Condições de Execução das Atividades com 20%, o que corresponde ao controle operacional dos processos e Monitoramento, Aprendizado e Melhoria Contínua com 5%, menor taxa.

A Figura 7, demonstra a integração do modelo a obtenção do desempenho global.

Figura 7 – Desempenho global

.



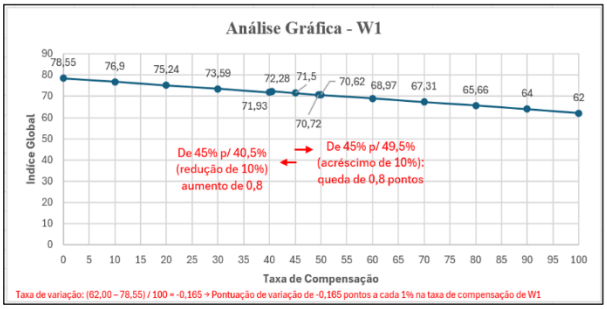
Fonte: Dados da pesquisa (2026)

A Figura 7 apresenta o perfil de impacto do PVF “Monitoramento, Aprendizado e Melhoria Contínua”, comparando o desempenho atual de cada critério com o patamar desejado. A avaliação revelou nível intermediário global, com destaque para o critério “Indicadores Preventivos em situação crítica” (-67), com potencial de evolução a 122 pontos. Essa fragilidade repercute no critério Auditorias com Foco em Melhorias (40), evidenciando que o acompanhamento preventivo ainda não se consolidou, contrariando a recomendação da norma de antecipar riscos antes que se materializem em incidentes.

A análise de sensibilidade da presente pesquisa foi conduzida com base em uma variação de 10% sobre o valor original de cada taxa de compensação, mantendo-se a soma total das taxas de compensação sempre igual a 100% por meio da redistribuição proporcional da diferença entre os demais critérios. Para o critério Gestão integrada de riscos ocupacionais na manutenção (W1), foi calculado o índice global correspondente aos cenários de redução e aumento da taxa de compensação. O resultado foi representado graficamente, permitindo visualizar o comportamento da pontuação global em função da variação de cada taxa de compensação.

Figura 8 – Análise de sensibilidade

	W1	W3	W2	W4	Índice Global
	Taxas de compensação				
Original	45,00%	30,00%	20,00%	5,00%	71,50
+10% em W1	49,50%	27,55%	18,36%	4,59%	70,72
-10% em W1	40,50%	32,45%	21,64%	5,41%	72,28
Status Quo	62	100	50	72	–



Sem alterações nas taxas - desempenho global original

	W1	W3	W2	W4	Global
Taxas de compensação	45,00%	30,00%	20,00%	5,00%	-
Status Quo	62,00%	100,00%	50,00%	72,00%	71,50

Considerando que "W1" não tenha nenhuma contribuição, ou seja, taxa de compensação 0%

	W1	W3	W2	W4	Global
Taxas de compensação	0%	54,55%	36,36%	9,09%	-
Status Quo	62	100	50	72	79,27

Considerando que "W1" tenha contribuição total, ou seja, taxa de compensação 100%

	W1	W3	W2	W4	Global
Taxas de compensação	100%	0%	0%	0%	-
Status Quo	62	100	50	72	62

Considerando 40,5% (redução de 10% na taxa de W1)

	W1	W3	W2	W4	Global
Taxas de compensação	40,50%	32,45%	21,64%	5,41%	-
Status Quo	62	100	50	72	72,28

Considerando 49,5% (aumento de 10% na taxa de W1)

	W1	W3	W2	W4	Global
Taxas de compensação	49,50%	27,55%	18,36%	4,59%	-
Status Quo	62	100	50	72	70,72

Fonte: Dados da pesquisa (2026)

Diante das análises apresentadas, observa-se que o modelo se mostrou robusto. A análise de sensibilidade garante a confiabilidade dos resultados obtidos. Sendo assim, foi possível confirmar que o modelo desenvolvido é consistente e que as conclusões obtidas não se alteram de forma significativa dentro da faixa de variação considerada. Essa verificação reforça a validade dos resultados e embasa com maior segurança as recomendações finais propostas para a gestão de riscos ocupacionais na atividade de manutenção de máquinas de via, em conformidade com os requisitos da norma ISO 45001.

4.3 Fase de recomendações

Foram propostas medidas capazes de impulsionar seu desempenho a um patamar superior, alinhadas aos requisitos da norma ISO 45001, especialmente aos itens referentes a monitoramento e melhoria contínua.

As ações estruturadas para esse critério foram organizadas por meio da metodologia 5W2H, garantindo clareza e viabilidade à implantação. Com a elevação do desempenho de -67 para 122 pontos, em uma escala em que 100 pontos é o nível BOM e 0 pontos é o nível NEUTRO. Desempenho abaixo do NEUTRO são considerados comprometedores e acima de 100 são considerados excelentes. Esse desempenho superior contribui de forma significativa para o fortalecimento do PVF “Monitoramento, aprendizado e melhoria contínua” e, consequentemente, para a elevação do desempenho global da gestão de riscos ocupacionais.

5. Conclusões

O presente trabalho abordou a gestão de riscos ocupacionais nas atividades de manutenção de máquinas de via, ambiente de elevada complexidade e exposição a perigos no setor ferroviário e teve por objetivo estruturar e aplicar um modelo de avaliação de desempenho que apoiasse a liderança na gestão de riscos, alinhando as práticas operacionais e aos requisitos da norma ISO 45001. Para tanto, adotou-se a Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão Construtivista (MCDA-C), percorrendo as fases de estruturação, avaliação e recomendação, nas quais percepções qualitativas foram transformadas em conhecimento organizado e em medidas quantitativas de desempenho.

Como resultado, obteve-se um modelo composto por 4 Pontos de Vista Fundamentais. A aplicação revelou que a gestão de riscos se encontra em nível intermediário, há avanços em inspeções e ações corretivas, mas persistem lacunas expressivas em monitoramento,

registro de ocorrências e aprendizado organizacional. Em especial, o critério “Indicadores Preventivos” apresentou desempenho comprometedor, sinalizando fragilidade na capacidade de antecipar riscos antes que se materializem em incidentes.

A partir desses achados, demonstrou-se que o cumprimento dos requisitos de monitoramento e melhoria contínua preconizados pela ISO 45001 representa não apenas uma exigência normativa, mas um meio eficaz de elevar de forma sustentada a segurança das operações. A MCDA-C mostrou-se uma metodologia adequada para avaliar riscos em atividades complexas, permitindo ao decisor compreender, mensurar e priorizar ações com base em critérios transparentes e alinhados à realidade operacional. O principal fruto desta pesquisa reside em disponibilizar um modelo que não apenas diagnostica a situação atual, mas orienta a tomada de decisão, tornando a gestão de riscos fundamentada e capaz de evoluir continuamente em direção à excelência em segurança e à conformidade com os requisitos de saúde ocupacional.

Reconhece-se, contudo, que os resultados refletem a percepção do decisor e o contexto específico da unidade estudada. A estrutura hierárquica de valor, embora consistente, não se aplica de forma idêntica a outras organizações, pois, na MCDA-C, o modelo é construído a partir da realidade e dos valores de cada decisor. Para aplicação em outros contextos decisórios o modelo precisa ser adaptado a nova realidade. Diante disso, recomenda-se que trabalhos futuros apliquem a metodologia em outros segmentos ferroviários, considerando a visão de múltiplos intervenientes, e que acompanhem a evolução dos indicadores ao longo do tempo, de modo a validar a eficácia das ações implementadas e aprimorar continuamente o instrumento.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 45001:2018: sistemas de gestão de segurança e saúde no trabalho**. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

AN, M.; YAO, C.; BAKER, C. J. A railway risk management system. **Safety Science**, v. 49, n. 7, p. 980-985, 2011.

BALDO, A. R. B. **Avaliação de desempenho multicritério do capital intelectual em uma universidade pública brasileira**. 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2022.

BANA E COSTA, C. A.; VANSNICK, J. C. MACBETH: uma abordagem ao problema de construção de uma função de valor cardinal. **Investigação Operacional**, v. 15, n. 1, p. 17-37, 1995.

BARRETO, M. F. O. Sistema de gestão de saúde e segurança ocupacional em pequenas e médias empresas. **Conexão Ciência**, 2011.

CAULLIRAUX, H. M. et al. Caracterizações dos métodos científicos em Engenharia de Produção: uma análise de periódicos nacionais e internacionais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 27., 2007, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu: Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2007.

DAYANKAC, A. Gestão da segurança ocupacional: sistematicamente eficaz. **DQS Global**, 17 jun. 2025. Disponível em: <https://www.dqsglobal.com/pt/explore/blog/gestao-da-seguranca-ocupacional>. Acesso em: 14 ago. 2026.

DIAS, M.; SERRA, P.; LIMA, R. Manutenção proativa na ferrovia: impactos na segurança e disponibilidade. **Revista Transportes Ferroviários**, v. 29, n. 2, p. 45-58, 2021.

ENSSLIN, L.; MONTIBELLER NETO, G.; NORONHA, V. G. **Apoio à decisão: metodologia multicritério de apoio à decisão construtivista**. Florianópolis: Insular, 2001.

ENSSLIN, S. R.; ENSSLIN, L.; BACK, F.; LACERDA, R. T. O. Improved decision aiding in human resource management: a case using constructivist multi-criteria decision aiding. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 62, n. 7, p. 735-757, 2013.

ENSSLIN, S. R. et al. Constructivist multi-criteria model to support the management of occupational accident risks. **PLOS ONE**, v. 17, n. 10, e0275527, 2022.

EVANGELISTA, I. C. **Análise de acidente em ferrovias em parte da região Sudeste brasileira**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2022.
MONTEIRO, M. S. **A importância da gestão de riscos**. Belém: CONACI, 2018.
OTANI, M.; MACHADO, W. V. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. **Revista Gestão Industrial**, Ponta Grossa, v. 4, n. 2, p. 1-16, 2008.

ROBERTS, F. S. Three representation problems: ordinal, extensive, and difference measurement. In: ROTA, G.-C. (ed.). **Encyclopedia of Mathematics and Its Applications: measurement theory**. New York: Academic Press, 1979. v. 7, p. 101-147.

SIMONEI, F. **Gerenciamento de riscos**. Porto Alegre: SAGAH, 2018. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595023352/>. Acesso em: 10 jul. 2026.

STAHL ENGENHARIA. **Gestão de riscos na manutenção: procedimentos para evitar acidentes e paradas**. 15 set. 2025. Disponível em: <https://stahl.ind.br/tag/industria/>. Acesso em: 10 jul. 2026.

THIOLLENT, M. **Metodologia de pesquisa-ação**. São Paulo: Saraiva, 2009.

VALE S.A. **Requisitos de Atividades Críticas (RAC): PNR-000069, Rev. 11**. Revisão técnica de Giovani Coutinho Lenza. 18 nov. 2024. Disponível em: <https://vale.com/documents/d/guest/pnr-000069-10-pnr-000069-requisitos-de-atividades-criticas-rev10>. Acesso em: 14 ago. 2026.

VERRI, L. A. **Gerenciamento pela qualidade total na manutenção industrial: aplicação prática**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2012.