

Hierarquização de procedimentos críticos com PROMETHEE II: uma abordagem multicritério para a gestão sustentável de riscos ocupacionais

Dioni Padilha (BSBr SCHOOL) *dionipdl@gmail.com*

Gláucio Silva (BSBr SCHOOL) *ssglaucio061@gmail.com*

Marcos Diez Wagner Santos (BSBr SCHOOL) *marcosdiezw@gmail.com*

Luiz Frederico Horácio de S. de B. Teixeira (CASNAV / IME) *luiz.frederico@ime.eb.br*

Marcos dos Santos (ESCOLA NAVAL) *marcos.santos1@marinha.mil.br*

Resumo

Este artigo propõe um modelo de priorização estratégica de procedimentos operacionais baseado em análise de riscos, superando abordagens que avaliam riscos de forma isolada. O problema de pesquisa consiste em como hierarquizar procedimentos considerando simultaneamente múltiplos riscos ocupacionais com importâncias distintas, de modo a apoiar decisões de prevenção e alocação de recursos. O objetivo foi aplicar um método de Apoio Multicritério à Decisão (MCDA) para transformar avaliações de risco em um ranking global de criticidade dos procedimentos. Metodologicamente, os procedimentos foram tratados como alternativas e os riscos como critérios, com pesos obtidos por ponderação direta e normalizados. Utilizou-se o método PROMETHEE II com função de preferência estrita (binária), gerando uma matriz de sobreclassificação e, posteriormente, fluxos positivo, negativo e líquido para estabelecer a ordenação completa. Os resultados evidenciaram que a criticidade global não depende apenas da severidade nominal de um risco específico, mas também do perfil combinado e cumulativo de exposições ao longo dos critérios. Observou-se, por exemplo, liderança do procedimento P8 (Substituição de Transformador com Guindauto) no ranking, enquanto o procedimento P1 (Entrada em Espaço Confinado) apresentou alta dominância em critérios de maior peso, porém com saldo inferior devido ao aumento do fluxo negativo. Conclui-se que o modelo fornece uma estrutura transparente e reproduzível para priorização de procedimentos e pode ser aplicado a organizações com processos formais de avaliação e quantificação de riscos, com perspectivas de evolução por meio de análises de sensibilidade e funções de preferência graduais.

Palavras-chave: *Apoio à Decisão Multicritério (MCDA); PROMETHEE II; Pesquisa Operacional aplicada à governança de dados; Gestão de riscos ocupacionais; Segurança do trabalho.*

Abstract

This paper proposes a strategic prioritization model for operational procedures based on risk analysis, overcoming approaches that assess risks in isolation. The research problem is how to rank procedures while simultaneously considering multiple occupational risks with different importance levels, in order to support prevention decisions and resource allocation. The objective was to apply a Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) method to transform risk assessments into an overall criticality ranking of procedures. Methodologically, procedures were modeled as alternatives and risks as criteria, with weights obtained through direct rating and normalized. The PROMETHEE II method was applied using a strict (binary) preference function, producing an outranking preference matrix and, subsequently, positive, negative and net flows to derive a complete ordering. The results indicate that overall criticality is not driven solely by the nominal severity of a single risk, but also by the combined and cumulative exposure profile across criteria. For instance, procedure P8 (Transformer Replacement using a truck-mounted crane) led the ranking, whereas procedure P1 (Confined Space Entry) showed strong dominance on the highest-weighted risks but achieved a lower net flow due to a higher negative flow. The study concludes that the proposed model provides a transparent and reproducible framework for prioritizing procedures and can be applied to organizations with formal processes for risk assessment and quantification, with future work including sensitivity analyses and gradual preference functions.

Keywords: *Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA); PROMETHEE II; Operations Research applied to data governance; Occupational risk management; Occupational safety.*

1. Introdução

Nas atividades diárias de qualquer organização, emergem situações que colocam em perigo a saúde e a segurança das pessoas, possibilitando diversos tipos de danos. A gestão de riscos ocupacionais em organizações de alta complexidade, especialmente como empresas do setor elétrico, exige decisões sistemáticas sobre onde concentrar esforços de controle e melhoria. As Normas Regulamentadoras oferecem orientações e diretrizes para tratar essas problemáticas e, como resultado, têm sido desenvolvidos planos que buscam identificar, sinalizar, evitar e mitigar riscos.

A Norma Regulamentadora nº 1 (NR-1) estabelece que as organizações devem avaliar e classificar os riscos ocupacionais relativos aos perigos identificados em seus

estabelecimentos, a fim de manter informações que permitam adotar medidas de prevenção e elaborar e executar planos de ação adequados. Cada organização deve selecionar as ferramentas e técnicas de avaliação de riscos mais adequadas às suas circunstâncias particulares (NR-1, item 1.5.4.4).

Em conformidade com a norma ISO 9000, as atividades das empresas se desenvolvem por meio de procedimentos de trabalho, cada qual envolvendo tarefas e riscos próprios. Diante disso, a identificação e avaliação individualizada de riscos mostram-se insuficientes quando se busca determinar a criticidade dos procedimentos de trabalho e definir prioridades na elaboração de planos de ação.

Em ambientes onde coexistem dezenas de procedimentos padronizados, cada um com múltiplos riscos associados, gestores de segurança e de operações frequentemente enfrentam o desafio de decidir quais procedimentos devem ser priorizados na alocação de recursos, treinamentos, revisões de instruções de trabalho e investimentos em controle. A ausência de um critério estruturado e transparente de priorização pode levar a decisões baseadas em percepções individuais, em eventos recentes (viés de recência) ou em pressões operacionais de curto prazo, o que nem sempre reflete a real criticidade dos procedimentos do ponto de vista do risco ocupacional. Surge, então, um problema de decisão multicritério: como hierarquizar procedimentos de trabalho quando cada um deles é descrito por um vetor de riscos de natureza e magnitude distintas?

Nesse contexto, os métodos de apoio multicritério à decisão (MCDA) oferecem um conjunto de ferramentas adequadas para integrar, em uma mesma base de decisão, diferentes critérios de avaliação de risco, permitindo comparar alternativas de forma sistemática e alinhada às preferências do decisor. Entre esses métodos, destaca-se o PROMETHEE II, pertencente à família dos métodos de sobreclassificação (ou outranking), que permite ordenar um conjunto de alternativas a partir da comparação par a par em múltiplos critérios, considerando tanto a intensidade das diferenças de desempenho quanto a importância relativa de cada critério. A aplicação de PROMETHEE II ao contexto de segurança do trabalho possibilita construir um ranking de criticidade de procedimentos, a partir das informações já consolidadas nas matrizes de risco e avaliações do PGR, contribuindo para decisões mais coerentes e justificáveis sobre priorização de tratativas.

Diante desse cenário, este trabalho busca responder à seguinte questão de pesquisa: como hierarquizar, de forma estruturada e transparente, a criticidade dos procedimentos de

trabalho a partir dos riscos ocupacionais que os compõem, utilizando um método multicritério de sobreclassificação? Para responder a essa questão, o objetivo geral deste estudo é propor e aplicar um modelo de apoio à decisão baseado no método PROMETHEE II para priorizar procedimentos de trabalho em função dos riscos associados.

A relevância deste estudo reside tanto no plano prático quanto no científico. Do ponto de vista prático, o modelo proposto oferece aos gestores de segurança e operações uma ferramenta estruturada para orientar a priorização de intervenções em procedimentos que concentram maior risco global, contribuindo para a redução de acidentes, melhoria da eficiência e uso mais racional de recursos. Do ponto de vista científico, o trabalho avança na integração entre MCDA e gestão de riscos ocupacionais ao deslocar o foco da análise de “riscos isolados” para a criticidade sistêmica de procedimentos, demonstrando o potencial do PROMETHEE II como suporte à decisão em contextos regulados por normas de saúde e segurança no trabalho.

Como forma de validação e exemplificação da abordagem proposta, apresenta-se uma aplicação no setor de energia elétrica, utilizando dados fornecidos pela empresa Centrais Elétricas de Santa Catarina (CELESC).

2. Referencial Teórico

2.1. Segurança do Trabalho

Segundo Moreira (2021), a segurança do trabalho é o conjunto de medidas técnicas, administrativas, médicas e educacionais adotadas para prevenir acidentes e doenças ocupacionais, preservando a integridade e a capacidade de trabalho dos empregados. O autor ressalta que a segurança do trabalho desempenha papel fundamental tanto para o bom funcionamento das organizações quanto para a preservação da saúde dos trabalhadores, sendo sustentada por um conjunto de Normas Regulamentadoras que buscam padronizar processos e estabelecer formas de garantir ambientes laborais mais seguros (MOREIRA, 2021).

Neste trabalho, entende-se segurança do trabalho como o sistema integrado de práticas, procedimentos e controles voltados à identificação, avaliação e mitigação de riscos ocupacionais, com o objetivo de preservar a integridade física e mental dos trabalhadores e assegurar a continuidade segura das operações. Para fins de padronização conceitual, adotam-se neste trabalho as definições a seguir, fundamentadas na literatura e nas normas técnicas pertinentes, as quais serão utilizadas ao longo do texto.



Perigo: fonte com o potencial de causar lesões ou agravos à saúde. Elemento que isoladamente ou em combinação com outros tem o potencial intrínseco de dar origem a lesões ou agravos à saúde. (NR-1)

Risco ocupacional: combinação da probabilidade de ocorrer lesão ou agravo à saúde causados por um evento perigoso, exposição a agente nocivo ou exigência da atividade de trabalho e da severidade dessa lesão ou agravo à saúde. (NR-1)

Risco bruto: risco em que não há ações de controle (Cardella, 2008). Assim, corresponde ao impacto, antes de qualquer medida preventiva ou mitigatória.

Risco líquido: risco após a implementação do sistema de controle (Cardella, 2008)

Grupo Homogêneo de Exposição (GHE): grupo de trabalhadores que experimentam exposição semelhante, de forma que o resultado fornecido pela avaliação da exposição de qualquer trabalhador do grupo seja representativo da exposição do restante dos trabalhadores do mesmo grupo. (NR 1, 1995)

Inventário de riscos: registro consolidado dos dados da identificação dos perigos e das avaliações dos riscos ocupacionais, conforme o disposto na NR-1 (item 1.5.7.3.1).

Procedimento: forma especificada de executar uma atividade ou um processo (ISO 45001:2018)

Procedimento de trabalho: Sequência documentada de ações ou tarefas a serem executadas para realizar um trabalho, com as descrições pertinentes, os meios materiais e humanos necessários, os riscos envolvidos e as orientações para evitar acidentes e outros danos, conforme o disposto na ISO 9000:2005, na NR-12 (item 12.14.1) e na NR-10 (item 10.11.1).

Análise preliminar de perigos (APP): Método de análise simples e indutivo cujo objetivo é identificar os perigos e situações e eventos perigosos que podem causar danos em uma determinada atividade, instalação ou sistema. É mais comumente realizada no início do desenvolvimento de um projeto quando há pouca informação sobre detalhes do projeto ou procedimentos operacionais e pode muitas vezes ser uma precursora para estudos adicionais ou fornecer informações para a especificação do projeto de um sistema. Ela também pode ser útil ao analisar os sistemas existentes para priorizar os perigos e riscos para análise adicional ou quando as circunstâncias impedem a utilização de uma técnica mais extensiva.

2.2 Apoio à Decisão Multicritério e outras metodologias de análise

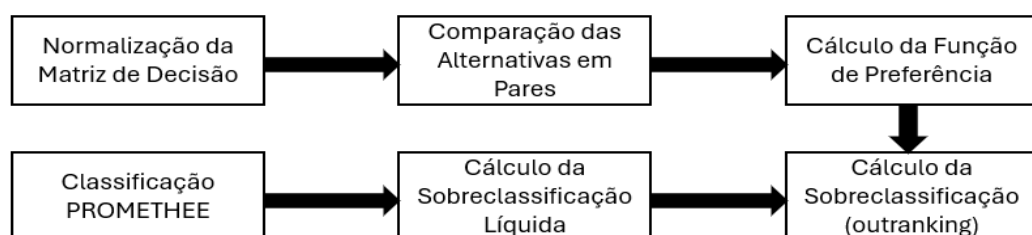
Dentro da Engenharia de Produção, a Pesquisa Operacional (PO) é um campo abrangente e multidisciplinar, que comumente faz uso de elementos da matemática, estatística e probabilidade para a solução de problemas reais do cotidiano. Uma das técnicas de PO mais consagradas é o Apoio à Decisão Multicritério (ADM), também conhecido como Análise de Decisão Multicritério, em tradução livre do inglês Multi-criteria Decision Analysis (MCDA). (TEIXEIRA et al. 2024; TEIXEIRA, 2020).

Em contextos marcados por múltiplas variáveis e metas distintas, os métodos de decisão multicritério oferecem uma estrutura analítica consistente para apoiar a seleção entre alternativas em competição. Ao ponderar simultaneamente diferentes critérios, essas abordagens permitem uma análise mais completa e equilibrada das opções disponíveis. Modelos como AHP, TOPSIS, ELECTRE e PROMETHEE têm se destacado nesse domínio, sendo amplamente aplicados em áreas como finanças, saúde, educação e gestão pública, em razão de sua aptidão para lidar com cenários complexos e favorecer decisões mais bem fundamentadas e alinhadas aos objetivos estratégicos (TAHERDOOST e MADANCHIAN, 2023; TEIXEIRA *et al.* 2019; ARULDOSS *et al.* 2013).

2.2.1 Os Métodos PROMETHEE e PROMETHEE II

PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) é um método de MCDA para determinar a ordem (prioridade) na análise. As principais características são simplicidade, clareza e estabilidade. É apropriado utilizá-lo porque o critério de dominância alegado usado no PROMETHEE é baseado no uso de valores em relações de sobreclassificação (outranking). Assim, é possível obter uma solução ou resultado a partir de várias alternativas para tomar uma decisão (BRANS e VINCKE, 1985; MAHESSYA e TRISNA, 2025)

Figura 1. Processo do Método PROMETHEE



Fonte: Mahessya1, Trisna (2025)

Segundo Brans et. al (2005), a maioria dos problemas humanos possui natureza multicritério, envolvendo critérios tecnológicos, econômicos, ambientais e sociais. Um problema multicritério é definido pela maximização simultânea de um conjunto de critérios de avaliação $\{g_1, g_2, \dots, g_k\}$ sobre um conjunto finito de alternativas $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$. Para superar as limitações da dominância, os métodos de sobreclassificação, como o PROMETHEE, buscam enriquecer a relação de dominância de forma realista, sem transformar completamente o problema em um problema de critério único (como fariam as funções de utilidade). O objetivo é reduzir o número de incomparabilidades de forma confiável.

O PROMETHEE requer dois tipos de informação adicional, que são considerados claros e fáceis de definir tanto para analistas quanto para tomadores de decisão, que se referem a informação entre os critérios (pesos de importância) e intra-critérios (funções de preferência). Cada critério $g_j(a)$ recebe um peso $w_j \geq 0$ que representa sua importância relativa no modelo de decisão. Esses pesos compõem o vetor $w = (w_1, \dots, w_k)$ e ponderam a contribuição de cada critério na agregação das preferências par-a-par, de modo que critérios com maior w_j influenciam mais o grau de sobreclassificação entre alternativas (BRANS; VINCKE, 1985; POHL e GELDERMANN, 2024). Por conveniência, os pesos são frequentemente normalizados (sem perda de generalidade) para $\sum_{j=1}^k w_j = 1$ (ou, de forma equivalente, 100%), pois o resultado depende das proporções entre os pesos. No presente estudo, os pesos dos riscos (critérios) são obtidos por elicitação estruturada (Ponderação Direta) e, em seguida, normalizados para garantir comparabilidade.

Segundo Brans e Vincke (1985), a comparação entre alternativas é realizada par a par em cada critério $g_j(a)$. Para um par (a_m, a_n) , define-se a diferença de desempenho $d_j(a_m, a_n)$ (em geral, $d_j(a_m, a_n) = g_j(a_m) - g_j(a_n)$ quando o critério é de maximização; para critérios de minimização, adota-se convenção equivalente por inversão do sinal ou transformação do critério, mantendo “maior é melhor”). Essa diferença é então convertida em um grau de preferência unicritério $P_j(a_m, a_n) \in [0,1]$, por meio de uma função de preferência que traduz a intensidade com que a é preferida a b no critério j . Em termos gerais, diferenças pequenas podem ser tratadas como indiferença (preferência nula ou baixa), ao passo que diferenças suficientemente grandes conduzem à preferência forte (próxima de 1), sendo comum o uso de limiares de indiferença q e de preferência p para representar essas zonas de decisão. A combinação entre o critério $g_j(a)$ e a função $P_j(a)$ define o chamado critério generalizado, que

permite modelar preferências não lineares e incorporar julgamentos práticos do decisor. No presente estudo, adotou-se uma função de preferência estrita (binária) como caso particular, em que $P_j(a_m, a_n) = 1$ quando a supera b no critério j , e $P_j(a_m, a_n) = 0$ caso contrário, simplificando a comparação intra-critério e mantendo a lógica de sobreclassificação exigida pelo PROMETHEE II (BRANS; VINCKE, 1985; POHL e GELDERMANN, 2024).

O PROMETHEE II, é uma variável do método original no qual se busca obter uma ordenação completa das alternativas a partir dos graus de preferência par a par. Para cada par (a_m, a_n) , define-se inicialmente um índice de preferência global $\pi(a_m, a_n) \in [0,1]$, obtido pela agregação ponderada das preferências unicritério $P_j(a_m, a_n)$ pelos pesos w_j . Em seguida, calculam-se os fluxos de sobreclassificação: o fluxo positivo $\phi^+(a)$, que representa a intensidade com que a alternativa a sobreclassifica as demais, e o fluxo negativo $\phi^-(a)$, que expressa a intensidade com que a é sobreclassificada pelas demais alternativas. O PROMETHEE II combina ambos em um fluxo líquido

$$\Phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a),$$

no qual valores maiores indicam alternativas globalmente mais preferíveis no conjunto de critérios. Assim, para quaisquer a e b , estabelece-se a preferência do PROMETHEE II por a_m sobre a_n quando $\Phi(a_m) > \Phi(a_n)$, e indiferença quando $\Phi(a_m) = \Phi(a_n)$. Ao sintetizar os fluxos em um único indicador, o PROMETHEE II elimina incomparabilidades presentes no PROMETHEE I, porém pode reduzir nuances interpretativas, pois alternativas com perfis distintos de ϕ^+ e ϕ^- podem apresentar valores de Φ próximos.

Além do ranqueamento por meio do fluxo líquido $\Phi(a)$, o PROMETHEE II permite uma análise descritiva das alternativas, examinando como cada critério contribui para suas preferências par a par. Para isso, pode-se considerar, para cada critério j , as preferências unicritério $P_j(a_m, a_n)$ e sintetizá-las em medidas por alternativa (por exemplo, fluxos positivos/negativos calculados apenas no critério j ou contribuições ponderadas na preferência global), obtendo um vetor do tipo $\{\phi_1(a), \phi_2(a), \dots, \phi_k(a)\}$. Esse “perfil” evidencia pontos fortes e fracos de cada alternativa ao longo dos critérios, apoiando a interpretação do ranking e a explicitação dos trade-offs subjacentes ao resultado. No presente estudo, como $P_j(a_m, a_n)$ é binária, o perfil por critério pode ser interpretado como a frequência/intensidade com que uma alternativa supera as demais em cada critério, ponderada pelos pesos.

2.2.2 FMEA, SP e Ponderação Direta

FMEA é uma metodologia analítica utilizada para assegurar que os problemas potenciais tenham sido considerados e abordados, ao longo de todo o processo de desenvolvimento de produtos e processos. Parte da avaliação e análise é a estimativa de risco.

Um dos fatores mais importantes para a implementação bem-sucedida de um programa FMEA é a oportunidade, sendo que a metodologia é concebida para ser uma ação “antes-do-evento” e não um exercício “após-o-fato”.

Um dos passos importantes no processo de FMEA é a avaliação de risco, realizada com base em três critérios: severidade, ocorrência e detecção (CHRYSLER LLC *et al.*, 2008).

Conforme desenvolvido por CHRYSLER LLC *et al.*, a metodologia FMEA utiliza uma ferramenta denominada Número de Prioridade de Risco, que é o produto das classificações de Severidade (S), Ocorrência (O), e Detecção (D), conforme a Equação (1):

$$NPR = S \times O \times D$$

Previamente, os valores de severidade, ocorrência e detecção são definidos para cada risco. A escala tradicional do FMEA adota valores de 1 a 10 para cada uma destas variáveis, de modo que o valor do NPR poderia variar entre 1 e 1000.

Existe ainda uma Avaliação de Riscos Alternativa que considera somente os critérios de severidade e ocorrência. Neste estudo, consideramos que o conceito de Ocorrência, conforme desenvolvido por CHRYSLER LLC *et al.* (2008), é equivalente ao de Probabilidade adotado pelas Normas Regulamentadoras, referindo-se à chance de um evento acontecer com base na sua frequência. Para fins de padronização terminológica e para evitar ambiguidades, daqui em diante substituir-se-á a palavra Ocorrência por Probabilidade.

A Avaliação de Riscos Alternativa que só considera Severidade e Probabilidade será chamada de SP ($S \times P$), elaborada com base nos conceitos de CHRYSLER LLC *et al.* (2008).

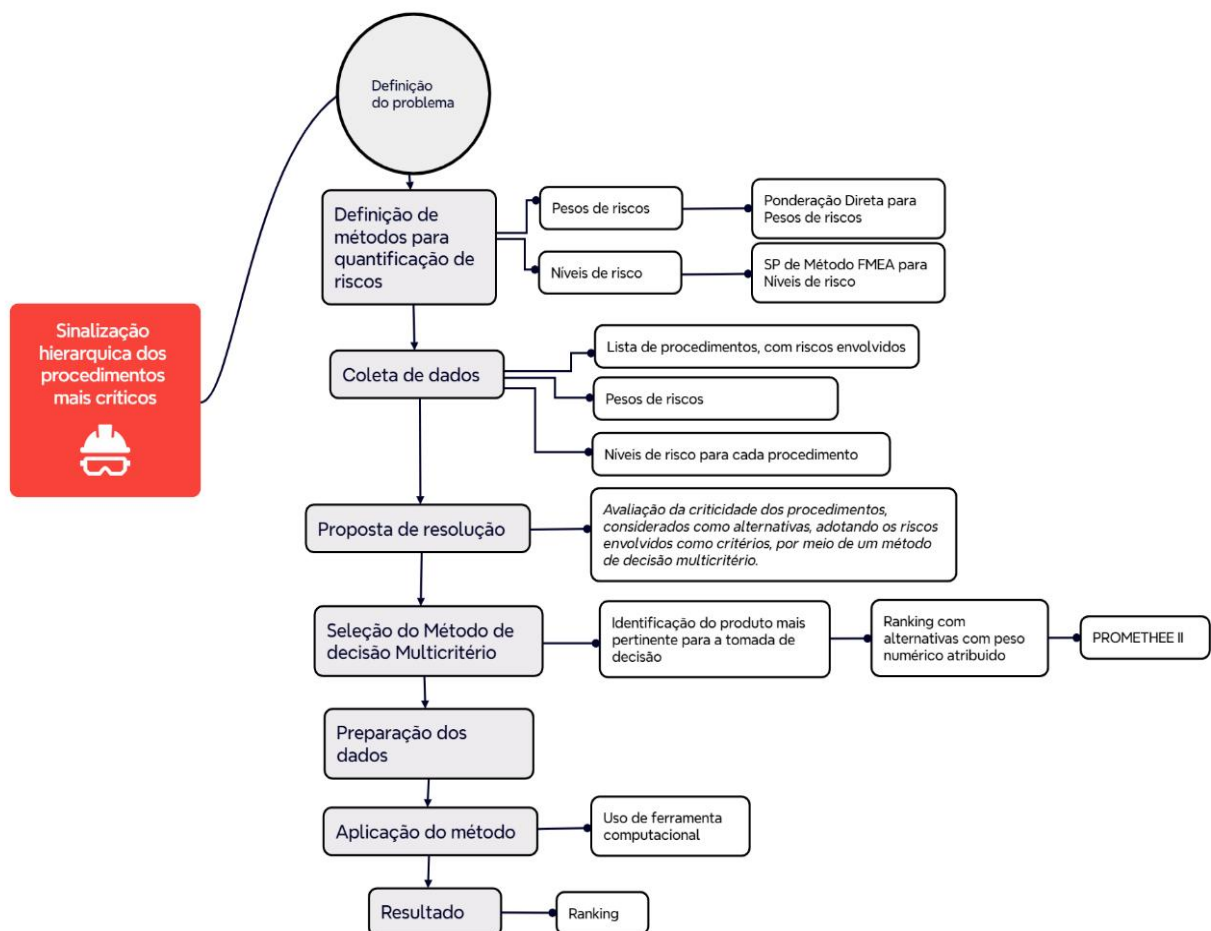
A Ponderação Direta (Direct Rating, DR) é um método que permite que a cada critério sejam atribuídos pontos arbitrários ou outras métricas. Esses pontos são posteriormente normalizados em pesos, dividindo-se cada total de pontos pela soma total de pontos (LAKMAYER; DANIELSON, 2025)

3. Metodologia

A pesquisa possui caráter aplicado e abordagem quantitativa, com utilização de método MCDA para hierarquizar procedimentos de trabalho quanto à criticidade de riscos ocupacionais. O objeto da análise é um conjunto finito de procedimentos padronizados (alternativas) descritos por um conjunto de riscos ocupacionais (critérios), conforme registros e avaliações do PGR/inventário de riscos disponibilizados pela organização analisada.

A estrutura segue uma sequência lógica vertical (espinha dorsal) de seis etapas principais, enriquecida por ramificações que detalham ferramentas e insumos. Abaixo está a explicação detalhada de cada fase:

Figura 2. Fluxograma metodológico



1. **Definição do Problema:** O processo inicia-se com a definição do problema, que está diretamente ligada à "Sinalização do procedimento mais crítico".

2. **Coleta de Dados:** Nesta etapa, realizam-se a "Listagem de procedimentos" e a definição de "Riscos quantificados". Para suportar esta análise de riscos, o fluxograma integra

metodologias auxiliares como o a Avaliação SP do Método FMEA e a Ponderação Direta, ambos submetidos a um "Comitê de especialistas".

3. Proposta de Resolução: Aqui ocorre a avaliação conceitual. Os procedimentos são considerados como alternativas e os riscos envolvidos são adotados como critérios para a análise multicritério.

4. Seleção do Método: O foco desta fase é a "Identificação do produto mais pertinente para a tomada de decisão" e o estabelecimento de um ranking com alternativas que possuem peso numérico atribuído. É nesta etapa que se define o uso específico do PROMETHEE II.

5. Aplicação do Método: A execução do método PROMETHEE II é realizada com o suporte de uma "ferramenta computacional".

6. Resultado: O fluxo termina com a geração de um Ranking Final, que hierarquiza os procedimentos analisados.

3.1. Pertinência do uso de métodos de cálculo no contexto de avaliação de riscos

A NR-1 estabelece que o PGR (Programa de Gerenciamento de Riscos) deve conter, no mínimo, o inventário de riscos e o plano de ação. (NR-1, item 1.5.7.1). Para cada risco deve ser indicado o Nível de Risco Ocupacional, determinado pela combinação da severidade das possíveis lesões ou agravos à saúde com a probabilidade de sua ocorrência. (NR-1, item 1.5.4.4.2). Daqui conclui-se que o Nível de Risco Ocupacional é uma função da severidade e da probabilidade, o que demonstra que usar para tal fim o método SP é totalmente pertinente.

Na confecção dos inventários de riscos os profissionais de segurança realizam uma análise crítica e atribuem valores de probabilidade e severidade para cada risco, usando o método SP, descrito na seção **2.2.2**, e conforme as seguintes escalas:

Probabilidade:

- 1 - Muito Baixa: histórico inexistente ou praticamente nulo.
- 2 - Baixa: evento improvável, raros registros de ocorrência.
- 3 - Média: pode ocorrer ocasionalmente, há registros anteriores.
- 4 - Alta: ocorre com frequência em condições semelhantes.
- 5 - Muito Alta: evento esperado ou quase certo de ocorrer.

Severidade:

- 1 - Muito Leve: sem lesão ou impacto mínimo, sem afastamento.
- 2 - Leve: lesão leve, primeiros socorros, sem afastamento.
- 3 - Moderada: lesão com afastamento temporário ou tratamento médico.
- 4 - Grave: lesão séria, incapacidade parcial permanente.
- 5 - Muito Grave: morte ou incapacidade total permanente.

Nível de Risco:

- 1 – 5: Insignificante: risco aceitável, manter controles existentes.
- 6 – 10: Baixo: risco tolerável, monitorar e melhorar se viável.
- 11 – 15: Moderado: risco moderado, requer plano de ação.
- 16 – 20: Alto: risco significativo, ação corretiva prioritária.
- 21 – 25: Crítico: risco inaceitável, interromper atividade imediatamente.

Os valores do nível de risco representam a quantificação dos riscos associados a cada GHE. Assim, para cada procedimento específico, são obtidos valores de risco próprios.

Tabela 1. Tabela de valores de Nível de risco em função da Severidade e Probabilidade

		SEVERIDADE				
		1	2	3	4	5
PROBABILIDADE	1	1	2	3	4	5
	2	2	4	6	8	10
	3	3	6	9	12	15
	4	4	8	12	16	20
	5	5	10	15	20	25

Ainda, pode-se observar que diferentes procedimentos de trabalho apresentem valores distintos para os mesmos riscos, em função da adoção de medidas de controle com diferentes níveis de eficácia ou impacto. Dessa forma, obtêm-se valores distintos de risco líquido. Em um cenário mais grave, pode até ocorrer que, em determinados procedimentos de trabalho, ainda não tenham sido adotadas medidas de controle para riscos específicos, o que resulta em níveis de risco mais elevados, caracterizando riscos brutos.

Complementarmente, pode se realizar a valoração hierárquica numérica de todos os riscos em função da sua severidade “em absoluto”, isto é, independentemente do contexto específico de cada procedimento. Neste estudo, esta análise fundamenta-se no contexto da Análise Preliminar de Perigos (APP), deve ser realizada por um especialista ou por um comitê de especialistas. Para essa finalidade, neste estudo propõe-se o método de Ponderação Direta (DR). As valorações obtidas, após a normalização, são denominadas Pesos dos Riscos.

3.2 Construção da base única de decisão (matriz de desempenho)

Os dados foram organizados em planilha com uma aba contendo a lista de riscos e seus pesos e abas contendo os valores por procedimento. A ferramenta computacional lê a aba de riscos, normaliza os pesos e, em seguida, lê as abas dos procedimentos (P1...P25), consolidando os valores em uma matriz com linhas = procedimentos e colunas = riscos, cujos elementos representam o “nível” atribuído a cada risco em cada procedimento (Tabela 2).

Tabela 2. Matriz de desempenho

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
P1	15	15	0	20	6	2	4	5	6	0	25	0	0	0	0	0	25
P2	10	15	3	12	4	3	8	1	12	2	5	20	4	1	3	15	0
P3	10	10	0	9	2	1	5	1	9	2	5	20	4	0	4	10	0
P4	15	15	0	0	2	2	9	8	12	1	8	20	4	0	20	15	0
P5	10	15	3	12	4	3	8	1	12	2	5	20	4	1	3	15	0
P6	5	15	0	0	1	1	1	4	6	1	1	15	0	3	0	0	0
P7	10	15	3	12	4	3	8	1	12	2	5	20	4	1	3	15	0
P8	20	15	6	10	6	1	9	12	8	2	15	0	2	8	8	0	0
P9	10	10	4	0	1	1	9	2	9	1	3	0	0	6	0	0	0
P10	15	10	6	0	1	1	4	3	9	2	9	0	2	4	0	0	0
P11	5	10	3	10	8	1	5	4	3	1	8	0	0	6	0	0	0
P12	10	10	6	10	6	1	1	6	6	1	4	0	8	6	3	0	0
P13	5	5	6	10	8	1	4	3	3	1	5	0	2	3	0	0	0
P14	15	15	3	10	4	1	9	2	3	1	15	0	1	3	8	0	0
P15	15	15	3	10	4	1	9	2	3	1	15	0	1	3	0	0	0
P16	15	15	3	10	4	1	9	2	3	1	15	0	1	3	0	0	0
P17	5	10	3	5	3	1	3	6	3	1	0	0	2	3	0	0	0
P18	5	5	6	10	8	1	4	3	3	1	5	0	2	3	0	0	0
P19	5	5	6	10	8	1	4	3	3	1	5	0	2	3	0	0	0
P20	5	5	6	10	8	1	4	3	3	1	5	0	2	3	0	0	0
P21	5	5	6	10	8	1	4	3	3	1	5	0	2	3	0	0	0
P22	4	6	0	0	0	1	2	4	0	0	3	0	0	0	1	0	0
P23	10	15	3	12	4	3	8	1	12	2	5	20	4	1	3	15	0
P24	10	15	3	12	4	3	8	1	12	2	5	20	4	1	3	15	0
P25	10	15	3	12	4	3	8	1	12	2	5	20	4	1	3	15	0
PESOS	0,09474	0,10526	0,06316	0,10526	0,03158	0,02105	0,01053	0,01053	0,05263	0,01053	0,07368	0,08421	0,04211	0,06316	0,04211	0,08421	0,10526

4. Resultados e Discussão

4.1 Matriz de preferência e cálculo de sobreclassificação

Aplicou-se o PROMETHEE II com função de preferência estrita (binária). Para cada par de procedimentos (i, j) e para cada risco (critério), atribuiu-se $P_j(i, j) = 1$ quando i apresenta criticidade superior a j no critério j , e $P_j(i, j) = 0$ caso contrário. Em seguida, as preferências unicritério foram agregadas pelos pesos dos riscos, resultando em uma matriz de preferência global $\pi(i, j)$, que expressa o quanto um procedimento tende a sobreclassificar outro no conjunto de critérios (Tabela 3).

Tabela 3. Matriz de preferência

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25
P1	0,000	0,395	0,516	0,308	0,395	0,416	0,395	0,284	0,521	0,424	0,511	0,489	0,513	0,324	0,324	0,324	0,526	0,513	0,513	0,513	0,513	0,571	0,395	0,395	0,395
P2	0,316	0,000	0,318	0,145	0,000	0,592	0,000	0,250	0,497	0,466	0,511	0,368	0,492	0,274	0,295	0,295	0,647	0,492	0,492	0,492	0,492	0,661	0,000	0,000	0,000
P3	0,261	0,000	0,000	0,105	0,000	0,521	0,000	0,179	0,355	0,316	0,379	0,203	0,463	0,242	0,274	0,274	0,513	0,463	0,463	0,463	0,463	0,587	0,000	0,000	0,000
P4	0,311	0,184	0,408	0,000	0,184	0,482	0,184	0,261	0,553	0,374	0,511	0,532	0,532	0,295	0,295	0,295	0,561	0,532	0,532	0,532	0,532	0,595	0,184	0,184	0,184
P5	0,316	0,000	0,318	0,145	0,000	0,592	0,000	0,250	0,497	0,466	0,511	0,368	0,492	0,274	0,295	0,295	0,647	0,492	0,492	0,492	0,492	0,661	0,000	0,000	0,000
P6	0,116	0,021	0,142	0,032	0,021	0,000	0,021	0,084	0,192	0,189	0,216	0,189	0,216	0,113	0,113	0,113	0,216	0,216	0,216	0,216	0,216	0,274	0,021	0,021	0,021
P7	0,316	0,000	0,318	0,145	0,000	0,592	0,000	0,250	0,497	0,466	0,511	0,368	0,492	0,274	0,295	0,295	0,647	0,492	0,492	0,492	0,492	0,661	0,000	0,000	0,000
P8	0,311	0,324	0,474	0,432	0,324	0,518	0,324	0,000	0,505	0,521	0,445	0,366	0,453	0,261	0,303	0,303	0,605	0,453	0,453	0,453	0,453	0,666	0,324	0,324	0,324
P9	0,147	0,063	0,118	0,111	0,063	0,229	0,063	0,000	0,000	0,026	0,155	0,037	0,295	0,084	0,084	0,084	0,226	0,295	0,295	0,295	0,295	0,347	0,063	0,063	0,063
P10	0,150	0,216	0,263	0,111	0,216	0,274	0,216	0,000	0,195	0,000	0,189	0,200	0,308	0,084	0,084	0,084	0,253	0,308	0,308	0,308	0,308	0,426	0,216	0,216	0,216
P11	0,103	0,129	0,168	0,232	0,129	0,282	0,129	0,008	0,213	0,153	0,000	0,071	0,174	0,058	0,058	0,058	0,245	0,174	0,174	0,174	0,174	0,416	0,129	0,129	0,129
P12	0,189	0,145	0,192	0,287	0,145	0,429	0,145	0,042	0,224	0,221	0,218	0,000	0,326	0,147	0,168	0,168	0,424	0,326	0,326	0,326	0,326	0,545	0,145	0,145	0,145
P13	0,113	0,074	0,129	0,232	0,074	0,271	0,074	0,008	0,182	0,137	0,042	0,013	0,000	0,055	0,055	0,055	0,242	0,000	0,000	0,000	0,000	0,289	0,074	0,074	0,074
P14	0,116	0,226	0,384	0,250	0,226	0,374	0,226	0,000	0,437	0,353	0,324	0,326	0,326	0,000	0,042	0,042	0,432	0,326	0,326	0,326	0,326	0,545	0,226	0,226	0,226
P15	0,074	0,184	0,353	0,250	0,184	0,332	0,184	0,000	0,395	0,311	0,282	0,284	0,284	0,000	0,000	0,000	0,389	0,284	0,284	0,284	0,284	0,503	0,184	0,184	0,184
P16	0,074	0,184	0,353	0,250	0,184	0,332	0,184	0,000	0,395	0,311	0,282	0,284	0,284	0,000	0,000	0,000	0,389	0,284	0,284	0,284	0,284	0,503	0,184	0,184	0,184
P17	0,074	0,026	0,074	0,168	0,026	0,161	0,026	0,000	0,132	0,118	0,013	0,003	0,111	0,008	0,008	0,008	0,000	0,111	0,111	0,111	0,111	0,303	0,026	0,026	0,026
P18	0,113	0,074	0,129	0,232	0,074	0,271	0,074	0,008	0,182	0,137	0,042	0,013	0,000	0,055	0,055	0,055	0,242	0,000	0,000	0,000	0,000	0,289	0,074	0,074	0,074
P19	0,113	0,074	0,129	0,232	0,074	0,271	0,074	0,008	0,182	0,137	0,042	0,013	0,000	0,055	0,055	0,055	0,242	0,000	0,000	0,000	0,000	0,289	0,074	0,074	0,074
P20	0,113	0,074	0,129	0,232	0,074	0,271	0,074	0,008	0,182	0,137	0,042	0,013	0,000	0,055	0,055	0,055	0,242	0,000	0,000	0,000	0,000	0,289	0,074	0,074	0,074
P21	0,113	0,074	0,129	0,232	0,074	0,271	0,074	0,008	0,182	0,137	0,042	0,013	0,000	0,055	0,055	0,055	0,242	0,000	0,000	0,000	0,000	0,289	0,074	0,074	0,074
P22	0,000	0,005	0,005	0,000	0,005	0,018	0,005	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,003	0,003	0,037	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,005	0,005
P23	0,316	0,000	0,318	0,145	0,000	0,592	0,000	0,250	0,497	0,466	0,511	0,368	0,492	0,274	0,295	0,295	0,647	0,492	0,492	0,492	0,492	0,661	0,000	0,000	0,000
P24	0,316	0,000	0,318	0,145	0,000	0,592	0,000	0,250	0,497	0,466	0,511	0,368	0,492	0,274	0,295	0,295	0,647	0,492	0,492	0,492	0,492	0,661	0,000	0,000	0,000
P25	0,316	0,000	0,318	0,145	0,000	0,592	0,000	0,250	0,497	0,466	0,511	0,368	0,492	0,274	0,295	0,295	0,647	0,492	0,492	0,492	0,492	0,661	0,000	0,000	0,000

A partir da matriz $\pi(i, j)$, obtiveram-se três medidas síntese por procedimento: fluxo positivo $\phi^+(i)$ (intensidade com que i sobreclassifica os demais), fluxo negativo $\phi^-(i)$ (intensidade com que i é sobreclassificado) e fluxo líquido $\Phi(i) = \phi^+(i) - \phi^-(i)$, que define o ranking completo no PROMETHEE II. Os resultados consolidados encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4. Matriz de fluxos

	Procedimento	ϕ^+	ϕ^-	ϕ	Ranking
P8	P8 - SUBSTITUIÇÃO DE TRANSFORMADOR DE DISTRIBUIÇÃO TRIFÁSICO COM USO DO GUINDAUTO	0,41304825	0,09989035	0,31315789	1
P1	P1 - ENTRADA EM ESPAÇO CONFINADO	0,43629386	0,18267544	0,25361842	2
P2	P2 - INSPEÇÃO GERAL ROTINEIRA EM SUBESTAÇÕES	0,3372807	0,10296053	0,23432018	3
P7	P7 - INSPEÇÃO TERMOGRÁFICA NAS LINHAS DE TRANSMISSÃO	0,3372807	0,10296053	0,23432018	3
P5	P5 - INSPEÇÃO TERMOGRÁFICA NAS SUBESTAÇÃO	0,3372807	0,10296053	0,23432018	3
P23	P23 - FISCALIZAÇÃO E ACOMPANHAMENTO DE OBRAS EM SE	0,3372807	0,10296053	0,23432018	3
P24	P24 - FISCALIZAÇÃO E ACOMPANHAMENTO DE OBRAS EM REDE DE DISTRIBUIÇÃO	0,3372807	0,10296053	0,23432018	3
P25	P25 - COMISSIONAMENTO EM SE	0,3372807	0,10296053	0,23432018	3
P4	P4 - MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM BANCOS DE BATERIAS ÁCIDAS OU ALCALINAS	0,38464912	0,19002193	0,19462719	4
P14	P14 - LOCALIZAÇÃO DE FALHAS NO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO TRANSFORMADOR	0,27554825	0,14736842	0,12817982	5
P16	P16 - LOCALIZAÇÃO DE FALHAS NO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO NA BT	0,23739035	0,15833333	0,07905702	6
P15	P15 - LOCALIZAÇÃO DE FALHAS NO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE MT	0,23739035	0,15833333	0,07905702	6
P3	P3 - COLETA DE ÓLEO EM TRANSFORMADORES NAS SUBESTAÇÕES	0,27182018	0,2502193	0,02160088	7
P12	P12 - DESLIGAMENTOS PROGRAMADOS PARA TRABALHOS EM RD	0,23980263	0,2191886	0,02061404	8
P10	P10 - SUBSTITUIÇÃO DE MEDIDOR DE UNIDADE CONSUMIDORA DO GRUPO B	0,21447368	0,28311404	-0,06864035	9
P11	P11 - UTILIZAÇÃO DO DISPOSITIVO DE ABERTURA COM CARGA (DAC)	0,15438596	0,28322368	-0,12883772	10
P9	P9 - INSTALAÇÃO DE VISOR CIRCULAR (LENTE) NAS TAMPAS DE CAIXA DE MEDIÇÃO EM POLICARBONATO	0,14594298	0,33377193	-0,18782895	11
P19	P19 - ABERTURA E FECHAMENTO DE CHAVE FACA	0,09440789	0,30153509	-0,20712719	12
P13	P13 - ABERTURA E FECHAMENTO DE RELIGADOR MONOFÁSICO TRIPSAVER	0,09440789	0,30153509	-0,20712719	12
P21	P21 - ABERTURA E FECHAMENTO DE CHAVE FUSÍVEL	0,09440789	0,30153509	-0,20712719	12
P18	P18 - ABERTURA E FECHAMENTO DE CHAVE FUSÍVEL RELIGADORA	0,09440789	0,30153509	-0,20712719	12
P20	P20 - SUBSTITUIÇÃO DE ELOS FUSÍVEIS	0,09440789	0,30153509	-0,20712719	12
P6	P6 - MEDIÇÃO DE EQUIPOTENCIALIZAÇÃO DE MALHA DE ATERRAMENTO EM SUBESTAÇÕES	0,13311404	0,38640351	-0,25328947	13
P17	P17 - INSTALAÇÃO E RETIRADA DE GRAMPO DE LINHA VIVA	0,07412281	0,4129386	-0,33881579	14
P22	P22 - HOMOLOGAÇÃO DE MATERIAIS	0,00427632	0,4870614	-0,48278509	15

A análise dos fluxos líquidos revela nuances que transcendem as avaliações de risco tradicionais, focadas estritamente na severidade isolada. Um achado fundamental do estudo foi a liderança do procedimento P8 (Substituição de Transformador com Guindauto) no ranking de criticidade ($\Phi = 03131$), superando atividades de alta severidade nominal como o P1 (Entrada em Espaço Confinado), que ocupou a terceira posição.

Essa hierarquização é fundamentada na lógica de sobreclassificação do PROMETHEE II: enquanto o P1 concentra riscos de severidade aguda e pontual, o P8 apresenta uma estrutura de riscos difusos e cumulativos que superam as demais alternativas na maioria dos critérios avaliados. O elevado Fluxo Positivo do P8 ($\phi^+ = 0,413$) indica que sua dominância advém da multiplicidade de perigos simultâneos, sugerindo que a gestão de segurança deve expandir seu foco da intensidade do dano potencial para a complexidade sistêmica da operação.

Ademais, observou-se um agrupamento significativo entre procedimentos com fluxos líquidos próximos a $\Phi = 0234$. Essa convergência aponta para uma consistência nos perfis de risco deste estrato, o que justifica a padronização de medidas de controle e a otimização dos recursos para esse grupo específico.

A baixa classificação do P22 (Homologação de Materiais), com fluxo líquido de $\Phi = -0,482$, atesta a coerência do modelo. Por ser uma atividade administrativa com

exposição controlada, o P22 atua como uma "linha de base", confirmando a sensibilidade do algoritmo em distinguir riscos operacionais críticos de riscos de processo de baixa magnitude.

Por fim, o fato de o procedimento P1 ter obtido o maior valor de fluxo positivo ($\phi^+ = 0,43629$), ao mesmo tempo em que apresentou um valor de fluxo líquido inferior ao do procedimento P8, requer uma análise complementar. A Tabela 5 apresenta a matriz de preferência por critério referente ao P1.

Tabela 5. Tabela de preferência de P1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
P1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P2	1	0	0	1	0,25	0	0	0,75	0	0	1	0	0	0	0	0	1
P3	1	1	0	1	0,75	0	0	0,75	0	0	1	0	0	0	0	0	1
P4	0	0	0	1	0,75	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
P5	1	0	0	1	0,25	0	0	0,75	0	0	1	0	0	0	0	0	1
P6	1	0	0	1	1	0	0,5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
P7	1	0	0	1	0,25	0	0	0,75	0	0	1	0	0	0	0	0	1
P8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
P9	1	1	0	1	1	0	0	0,5	0	0	1	0	0	0	0	0	1
P10	0	1	0	1	1	0	0	0,25	0	0	1	0	0	0	0	0	1
P11	1	1	0	1	0	0	0	0	0,5	0	1	0	0	0	0	0	1
P12	1	1	0	1	0	0	0,5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
P13	1	1	0	1	0	0	0	0,25	0,5	0	1	0	0	0	0	0	1
P14	0	0	0	1	0,25	0	0	0,5	0,5	0	1	0	0	0	0	0	1
P15	0	0	0	1	0,25	0	0	0,5	0,5	0	1	0	0	0	0	0	1
P16	0	0	0	1	0,25	0	0	0,5	0,5	0	1	0	0	0	0	0	1
P17	1	1	0	1	0,5	0	0	0	0,5	0	1	0	0	0	0	0	1
P18	1	1	0	1	0	0	0	0,25	0,5	0	1	0	0	0	0	0	1
P19	1	1	0	1	0	0	0	0,25	0,5	0	1	0	0	0	0	0	1
P20	1	1	0	1	0	0	0	0,25	0,5	0	1	0	0	0	0	0	1
P21	1	1	0	1	0	0	0	0,25	0,5	0	1	0	0	0	0	0	1
P22	1	1	0	1	1	0	0,25	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1
P23	1	0	0	1	0,25	0	0	0,75	0	0	1	0	0	0	0	0	1
P24	1	0	0	1	0,25	0	0	0,75	0	0	1	0	0	0	0	0	1
P25	1	0	0	1	0,25	0	0	0,75	0	0	1	0	0	0	0	0	1
PESOS	9,47%	10,53%	6,32%	10,53%	3,16%	2,11%	1,05%	1,05%	5,26%	1,05%	7,37%	8,42%	4,21%	6,32%	4,21%	8,42%	10,53%

Observa-se que o P1 sobreclassifica todos os demais procedimentos nos riscos 4, 11 e 17, sendo que tais riscos possuem pesos elevados no modelo (10,53%, o maior peso atribuído, e 7,37%, o quarto maior). Por outro lado, o P1 é sobreclassificado por todos os demais procedimentos nos riscos 3, 6, 10, 12, 14, 15 e 16, o que contribui para um valor relativamente elevado de fluxo negativo ($\phi^- = 0,1826$).

Esse resultado evidencia que, embora o P1 não apresente o maior fluxo líquido, sendo superado pelo P8, ele concentra desempenho crítico em determinados riscos de elevada relevância. Tal comportamento indica a necessidade de atenção específica a esses riscos, bem como a adoção de medidas preventivas direcionadas.

5. Considerações Finais

Este trabalho teve por objetivo propor e aplicar um modelo de apoio multicritério à decisão, baseado no método PROMETHEE II, para hierarquizar a criticidade de procedimentos de trabalho a partir dos riscos ocupacionais que os compõem. A partir das informações já consolidadas no PGR e nas matrizes de risco da empresa do setor de energia elétrica estudada, foi possível construir um ranking de procedimentos que explicita, de forma estruturada e transparente, quais ações demandam maior prioridade na alocação de recursos de prevenção, treinamento e controle.

Os resultados obtidos indicam que o modelo multicritério capturou adequadamente a complexidade do problema, integrando, em uma única base de decisão, diferentes dimensões de risco (como probabilidade, severidade e frequência), bem como elementos associados à viabilidade de tratamento (esforço de implementação, custo, tempo etc.). O ranking gerado permite aos gestores direcionar intervenções para um subconjunto de procedimentos com criticidade global mais elevada, reduzindo a probabilidade de decisões pautadas apenas em percepções individuais, experiências recentes ou pressões operacionais de curto prazo.

A abordagem proposta contribui para a construção de sistemas sustentáveis de gestão da segurança do trabalho, ao reforçar a ideia de que a sustentabilidade organizacional também depende da gestão sistemática dos riscos ocupacionais. Ao utilizar dados já existentes (provenientes do PGR e de registros internos) dentro de um arcabouço formal de MCDA, o modelo favorece práticas de governança de dados de risco, transformando informações dispersas em insumo estruturado para decisões estratégicas e táticas na área de SST. Além disso, o uso do PROMETHEE II se configura como uma forma de inovação na gestão de riscos, ao incorporar ferramentas analíticas avançadas ao processo decisório, sem perder a aderência às normas regulamentadoras vigentes.

Como limitações, destaca-se que o estudo foi conduzido em um único contexto organizacional, com um conjunto específico de procedimentos e critérios definidos em conjunto com especialistas da empresa. Os pesos atribuídos e os parâmetros do modelo refletem, portanto, a visão de um grupo de decisores em um recorte setorial particular, o que restringe a generalização direta dos resultados. Ademais, embora o PROMETHEE II ofereça boa capacidade de ordenação, outras famílias de métodos multicritério poderiam produzir ordenações alternativas ou complementares a depender do modelo de preferência adotado.



Como perspectivas para trabalhos futuros, sugere-se: aplicar o modelo em outros contextos organizacionais e setores intensivos em risco, avaliando sua robustez e capacidade de generalização; comparar os resultados obtidos com outros métodos de MCDA, como ELECTRE, AHP ou MACBETH, explorando convergências e divergências das hierarquizações; integrar a abordagem proposta a sistemas informatizados de gestão de riscos e de gestão ambiental, ampliando as possibilidades de monitoramento contínuo, atualização automática de dados e suporte em tempo real às decisões gerenciais. Tais desdobramentos podem fortalecer, de maneira integrada, a segurança do trabalho, a sustentabilidade operacional e a governança de dados nas organizações.

REFERÊNCIAS

ARULDOSS, M.; LAKSHMI, T. M.; VENKATESAN, V. P. **A survey on multi criteria decision making methods and its applications**. American Journal of Information Systems, v. 1, n. 1, p. 31-43, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9000: Sistemas de gestão da qualidade — Fundamentos e vocabulário**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 45001: Sistemas de gestão de saúde e segurança ocupacional — Requisitos com orientação para uso**. Rio de Janeiro, 2018.

BRANS, J. P.; VINCKE, P. A preference ranking organization method (The PROMETHEE method for multiple criteria decision-making). *Management Science*, v. 31, n. 6, p. 647-656, 1985.

BRANS, J. P.; VINCKE, P.; MARESCHAL, B. How to select and how to rank projects: the PROMETHEE method. *European Journal of Operational Research*, v. 24, n. 2, p. 228-238, 1986.

BRASIL. Norma Regulamentadora NR-1: Disposições gerais e gerenciamento de riscos ocupacionais. *Diário Oficial da União*, Brasília, 25 mar. 2024.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Instrução Normativa nº 1, de 20 de dezembro de 1995. *Diário Oficial da União*, Brasília, 20 dez. 1995.

BRASIL. Norma Regulamentadora NR-12: **Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos**. *Diário Oficial da União*, Brasília, 2010.

BRASIL. Norma Regulamentadora NR-10: **Segurança em instalações e serviços em eletricidade**. *Diário Oficial da União*, Brasília, 2004.

CARDELLA, Benedito. **Segurança no trabalho e prevenção de acidentes: uma abordagem holística**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

CHRYSLER LLC; FORD MOTOR COMPANY; GENERAL MOTORS CORPORATION. **Análise de modo e efeitos de falha potencial (FMEA): manual de referência**. 4. ed. São Paulo: AIAG, 2008.



LAKMAYER, S.; DANIELSON, M. *Efficient weight ranking in multi-criteria decision support systems. Electronics*, v. 14, p. 1237, 2025. DOI: 10.3390/electronics14071237.

MAHESSYA, Raja Ayu; TRISNA, Novi. *Application of PROMETHEE II method in decision-making for grant distribution in academic environment*. Proceedings on Engineering Sciences, v. 7, n. 2, p. 841-852, 2025. DOI: 10.24874/PES07.02.012.

MOREIRA, Tiago de Souza. **Legislação e segurança do trabalho**. 2021. 25 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Norte do Paraná (UNOPAR), Londrina, 2021.

POHL, E.; GELDERMANN, J. **PROMETHEE-Cloud: A web app to support multi-criteria decisions**. *EURO Journal on Decision Processes*, v. 12, art. 100053, 2024. DOI: 10.1016/j.ejdp.2024.100053.

TAHERDOOST, H.; MADANCHIAN, M. *Multi-Criteria Decision Making (MCDM) Methods and Concepts. Encyclopedia*, v. 3, n. 1, p. 77-87, 2023. DOI: 10.3390/encyclopedia3010006.

TEIXEIRA, Luiz Frederico Horácio de Souza de Barros; RIBEIRO, P. C. C.; GOMES, C. F. S.; SANTOS, M. **Utilização do Método SAPEVO-M com parâmetros do Modelo SCOR 12.0 para ranqueamento dos fornecedores em uma cadeia de suprimentos de material hospitalar da Marinha do Brasil**. Revista Pesquisa Naval, v. 31, p. 54-66, 2019.

TEIXEIRA, Luiz Frederico Horácio de Souza de Barros. **Análise dos testes de aderência em tábuas atuariais: uma contribuição para o Sistema de Proteção Social dos militares das Forças Armadas**. 2020. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2020. DOI: 10.22409/TPP.2020.m.10479532770.

TEIXEIRA, Luiz Frederico Horácio de Souza de Barros et al. **Aplicação do método ELECTRE I para aquisição de ventiladores mecânicos não invasivos em uma operadora de saúde**. In: ANAIS DO LVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 2024, Fortaleza, 2024.